



REVUE SCIENTIFIQUE

ANNALES

DE L'UNIVERSITE DE PARAKOU

(République du Bénin)

SERIE

LETTRES, ARTS ET SCIENCES HUMAINES

(LASH)

Vol. 5, n°1, Juin 2022

ISSN: 1840-9539

eISSN: 1840-9547

Revue Semestrielle Pluridisciplinaire

ANNALES DE L'UNIVERSITE DE PARAKOU

SERIE

"LETTRES, ARTS ET SCIENCES HUMAINES"

(LASH)

ORGANE DE GESTION

COMITE D'EDITION

Président :	Prof. SOGBOSSI BCCO Bertrand
Vice-Président :	Prof. BACO Mohamed Nasser
Membres :	Prof. ALODE SALAKO Alexandre Dr. MC, ONIBON DOUBOGAN Yvette Dr. GANDONOU Diane

COMITE DE PUBLICATION

Directeur:	Prof. KISSIRA Aboubakar
Secrétaire:	Prof. GNELE José Edgard
Membres :	Dr. MC, AGUESSY Constant Y. Dr. MC, HADONOU Comlan Julien Dr. MA, DAKO-KPACHA Sabine M.

COMITE DE LECTURE

Les évaluateurs (referees) sont des scientifiques choisis selon leurs domaines et spécialités.

COMITE SCIENTIFIQUE

Prof. HOUSSOU Christophe S. (Géographie, Bénin)	Prof. BOKO Michel (Géographie, Bénin)
Prof. ALOKO N'Gessan Jérôme (Géographie, RCI)	Prof. N'BESSA Benoît (Géographie, Bénin)
Prof. MENGHO Bonaventure (Géographie, Congo)	Prof. HOUNDENOU Constant (Géographie, Bénin)
Prof. TCHAMIE Thiou, Université de Lomé (Togo)	Prof. TENDE Brice (Géographie, Bénin)
Prof. ZOUNGRANNA T. Pierre (Géographie, B. Faso)	Prof. DOSSOU-GUEDEGBE Odile (Géographie, Bénin)
Prof. OGOUWALE Euloge (Géographie, Bénin)	Prof. CLEDJO Placide (Géographie, Bénin)
Prof. VISSIN Expédit W. (Géographie, Bénin)	Prof. TOHOZIN Antoine (Géographie, Bénin)
Prof. AMADOU Boureïma (Géographie, Niger)	Prof. SOKEMAHOU Yves (Géographie, Togo)
Prof. BIO BIGOU Bani Léon (Géographie, Bénin)	Prof. BIKPO KOFFIE Céline Y. (Géographie, RCI)
Prof. AÏNAMON Augustin (Anglais, Bénin)	Prof. KOUSSOUHON Léonard (Anglais, Bénin)
Prof. MEDEGAN Ambroise (Anglais, Bénin)	Prof. HOUNGNIHIN Rock (Sociologie, Bénin)
Prof. TOSSOU Okry Pascal (Lettres Modernes, Bénin)	Prof. ZANOU Clémence (Anglais, Bénin)
Prof. AMOUZOUVI Dodji (Sociologie, Bénin)	Prof. KPATCHAVI Adolphe (Sociologie, Bénin)
Prof. TINGBE-AZALOU Albert (Sociologie, Bénin)	Prof. SANNI AMADOU Mouftaou (Démographie, Bénin)
Prof. MOUMOUNI M. Ismael (Agro-Sociologie, Bénin)	Prof. BACO Mohammed Nasser (Agro-Sociologie, Bénin)
Prof. IMOROU Abou-Bakari (Sociologie, Bénin)	Prof. KISSIRA Aboubakar (Géographie, Bénin)
Prof. GNELE José Edgard (Géographie, Bénin)	Prof. ABOUDOU Y.M A. Ramanou (Géographie, Bénin)
Prof. GOMEZ C. Ansèque (Géographie, Bénin)	Prof. TOTIN V. Henri Sourou (Géographie, Bénin)
Prof. AMOUSSOU Ernest (Géographie, Bénin)	Prof. VODOUNOU Jean Bosco K. (Géographie, Bénin)

ISSN : 1840-9539 eISSN : 1840-9547

NOTES AUX AUTEURS

1 - Conditions de publication :

Annales de l'Université de Parakou Série « Lettres, Arts et Sciences Humaines » publient des articles originaux, rédigés en français ou en anglais. C'est une revue ouverte à tous les spécialistes des Lettres et Sciences Humaines. Dans cette vision pluridisciplinaire, les thèmes abordés doivent être obligatoirement en lien avec l'espace, l'environnement, la société, la population, les langues et le développement.

Présentation du manuscrit : Tout manuscrit soumis à examen doit être saisi dans le logiciel Word, police Times New Roman, taille 12, interligne 1 (simple). Sa longueur totale doit être comprise entre **13 et 18 pages** environ. Il doit respecter les normes usuelles de l'écriture scientifique et comporter les éléments suivants :

- **un titre**, écrit en majuscule, court et très explicite ;
- **un ou des nom(s) d'auteur(s)** dont le nom en majuscule et les initiaux du ou des prénoms en majuscule ; Ex : SOSSOU Koffi Laurent, suivis des affiliations (noms et adresse des institutions). Le nom de l'auteur répondant doit être identifié par un astérisque (*) et son adresse électronique ;
- **un résumé** en français et en anglais (250 mots maximum) rédigé en trois paragraphes concis (justification, méthodologie, principaux résultats chiffrés) et des mots clés (key words) (4 ou 5 au plus) ;
- **une introduction** qui fait le point de la littérature récente sur le sujet et soulève de façon précise la problématique de la recherche ;
- **une méthodologie**, décrivant clairement les méthodes de collecte et de traitement des données et celles d'analyse des résultats obtenus avec les références si nécessaire ;
- **les résultats** dont les titres sont alignés à gauche en numérotation décimale : titre de niveau 1 en gras (12 pts avant, 6 pts après) ; titre de niveau 2 en gras et italique (6 pts avant, 6 pts après) ; titre de niveau 3 en italique non gras (6 pts avant, 6 pts après) ; Les illustrations (tableaux, figures et photos) doivent être claires et facile à reproduire, annoncées et commentées puis bien insérées dans le texte à la bonne place.
Les tableaux sont numérotés en chiffres romains et leurs titres (en corps 10 et 6 pts après) sont placés en haut. Ceux de grandes dimensions et de format paysage sont à éviter.
Quant aux autres illustrations comportant une légende courte et explicite, elles sont numérotées en chiffres arabes et leurs titres (en corps 10 et 6 pts après) sont placés en bas. Les photos peuvent être en couleur pour la version électronique et leurs titres sont portés en bas suivis de leurs sources / auteurs (Prise de vue : H. Soglohoun, mai 2014).
- **une discussion** : tout en apportant les interprétations approfondies des résultats, on montre aussi les liens de l'étude avec les travaux récents et similaires ;
- **une conclusion**

- **les références bibliographiques** : cette rubrique est transcrite en Times New Roman, corps 10, minuscule, interligne simple avec un espace de 6 pts après. Elle doit respecter les normes couramment admises dans les revues internationales et indiquer le nom de tous les auteurs. La liste des références doit exclusivement comporter les auteurs cités dans le texte dans l'ordre alphabétique. A cet effet, il faut distinguer les cas suivants :
 - **Dans le corps du manuscrit**, on peut citer un ou deux noms (A. Dansou, 2014, p. 31) ou selon les travaux de A. Dansou (2014, p. 31). A partir de trois auteurs, on utilise « *et al.* » ; (G. Boni *et al.*, 2017, p. 8) ou selon les travaux de G. Boni *et al.* (2017, p. 8). Pour un même auteur avec plus d'une référence par année, il faut préciser (E. Sossou, 2015a, 2015b).
 - **Dans les références bibliographiques**, les auteurs cités doivent être présentés comme ci-après.
 - Pour les ouvrages, Ex : IGUE O. John, 1995, *Le territoire et l'Etat en Afrique, les dimensions spatiales du développement*, Editions Karthala, Paris, 270 p.
 - Pour les articles, Ex : LAVIGNE DELVILLE Philippe, OUEDRAOGO Hubert et TOULMIN Camilla, 2002, Dynamiques foncières et interventions publiques : enjeux, débats actuels et expériences en cours sur les politiques foncières en Afrique de l'Ouest in *Pour une sécurisation foncière des producteurs ruraux*. Actes de séminaire international, GRAF/GRET/IIED, pp. 17-35.
 - Pour les informations extraites d'un site web, Ex : VEZIN-LE-COQUET, 2000, *Suivi et réduction des pesticides en milieu urbain*, <http://www.audiar.org/environ>, 52 p. Consulté le 23/03/2008 à 11h GMT

NB :

- Seuls les textes rédigés conformément à ces instructions seront **acceptés à l'évaluation**.
- Vos manuscrits peuvent être envoyés à l'adresse : annalesuplash@gmail.com

Pour toutes informations, veuillez contacter :

- Dr. KISSIRA Aboubakar, Professeur Titulaire et Directeur de Publication
 - Tél. : (229) 97 53 02 99 / 95 95 21 19 ; aboubakarkissira@gmail.com
- Dr. GNELE José Edgard, Professeur Titulaire et Secrétaire de Publication
 - Tél. : (229) 95 97 20 27 / 66 28 43 23 ; josedgnele@gmail.com

ANNALES DE L'UNIVERSITE DE PARAKOU

SERIE "LETTRES, ARTS ET SCIENCES HUMAINES" (LASH)

SOMMAIRE

N°	Titres et auteurs	Pages
1	Accès à la terre et conditions socio-économiques de la femme en milieu rural dans la commune de Dogbo (Sud-Ouest du Bénin) DOSSOUMOU Cochikpa Hervé, *KADJEBIN Toundé Roméo Gislain et ODJOURÉ Jules	1
2	Apport de l'iconographie à l'histoire de l'Égypte antique : le cas de la palette de Narmer (3300 Av. J.C.) APISAY Eveline Ayafor	18
3	Mobilité urbaine et dégradation de la qualité de l'air dans l'Agglomération de Cotonou au sud du Bénin TONATO Arsène, ADJIRE Clément, AZALOU TINGBE Fanes, GNELE José Edgard et CLEDJO Placide	31
4	Résilience des systèmes alimentaires des communautés rurales face aux changements climatiques au Nord du Burkina Faso OUEDRAOGO Arnaud	47
5	Purs et faux verbes parasyntétiques : regards lexicographique et morphosémantique KOAMA Clément	62
6	Résilience du système éducatif burkinabè en situation d'urgence sanitaire : le Covid-19 fait cas d'école à Ouagadougou OUEDRAOGO Issiaka	75
7	Le conte et l'éducation à la gestion des conflits : analyse des situations conflictuelles et de leur mode de résolution dans les contes africains KOFFI Anvilé Marie Noëlle	94
8	Pour une planification de l'usage des langues nationales dans le système scolaire au Sénégal : analyse diachronique et perspectives SENE Oumar	110
9	Les sites d'exploitation artisanale de l'or, un « eldorado » pour les artisans miniers dans le village de Djikando au Burkina Faso *SOW Jacqueline et TOE Patrice	123

DEPOT LEGAL

N° 14136 du 06/07/22, 3^{ème} Trimestre, BNB

MOBILITE URBAINE ET DEGRADATION DE LA QUALITE DE L'AIR DANS L'AGGLOMERATION DE COTONOU AU SUD DU BENIN

TONATO Arsène, ADJIRE Clément, AZALOU TINGBE Fanes, GNELE José Edgard et CLEDJO Placide

tonarso@yahoo.fr

Date de réception : 11/01/2022 Date d'acceptation : 27/04/2022

Résumé

Au Bénin, la croissance démographique et spatiale a des effets sur l'évolution des mobilités urbaines. Il s'ensuit, des émissions de gaz imputables aux déplacements. La recherche vise à évaluer les conséquences environnementales générées par les flux des déplacements sur les populations de l'Agglomération de Cotonou. L'approche méthodologique adoptée est axée sur la recherche documentaire, la collecte de données auprès d'un échantillon par commune. Le traitement des données et l'analyse des résultats sont réalisés à l'aide du modèle Pression, Etat, Impacts et Réponses. L'évaluation du niveau de la pollution générée par le trafic motorisé s'est faite avec des capteurs solaires "CairPol" installés sur les carrefours OPT-PK3 (Akpakpa) et Akossombo-Vèdoko. Les polluants mesurés sont le monoxyde de carbone, le dioxyde de soufre et le couple ozone/dioxyde d'azote. Un dispositif complémentaire composé de voiles de couleur blanche a été mis en place sur les grandes artères pour apprécier le niveau de pollution après analyse au laboratoire. Il ressort des résultats que le transport à deux roues constitue le mode de déplacement le plus utilisé (56,2 %). Selon 83,3 % des usagers, la congestion du trafic et la pénibilité de la circulation traduisent les conditions difficiles de déplacement et participent aux émissions de polluants dans l'air. L'analyse montre une concentration bimodale des polluants (CO et SO₂) dont les pics s'observent entre 7h et 9h du matin et entre 18h et 20h du soir. Quant aux concentrations moyennes journalières de SO₂, elles dépassent la norme béninoise. La cartographie spatiale révèle une variation sur l'ensemble du territoire ce qui montre que la dispersion des polluants dans l'air dépend de l'état de l'atmosphère. L'observation au microscope et à la loupe des débris de voiles montrent de sables grossiers, fins et de la poussière (70 %), des débris végétaux (10 %), des fils nylon (10 %), etc. Cette situation de pollution n'est pas sans conséquences sur la santé des populations et sur l'environnement.

Mots-clés : Agglomération de Cotonou, mobilité urbaine, environnement, qualité de l'air.

Abstract

In Benin, demographic and spatial growth had effects on urban mobility evolution. As a result, it has gas emissions in urban area because of traffic. The research aims to assess the environmental consequences generated by the flow's movement on peoples of Cotonou. The methodological approach adopted is based on the documentary research and the data collection from a sample per municipality. The Data processing and analysis of results are carried out using the Pressure, Conditions, Impacts and Responses models. Assessment of the pollution level, generated by motorized traffic was done with solar sensors measure of the atmospheric pollution "CairPol", installed at the OPT-PK3 (Akpakpa) and Akossombo-Vèdoko's crossroads. The measured pollutants are the monoxide of carbon, the sulfur dioxide and the couple ozone/dioxide of nitrogen. An additional device of white veils has been put at the major arteries to assess the level of pollution after laboratory analysis. The results show that two-wheeled transport is the most used mode of travel (56.2%). According to 83.3% of peoples, traffic congestion and traffic difficulty are reflected the difficult conditions to move and contribute to the emission of pollutants into the air. The analysis shows a bimodal concentration of pollutants (CO and SO₂) whose peaks are observed between 7am and 9am and between 6pm and 8 pm. As for the daily average concentrations of SO₂, they exceed the Beninese standard. Spatial mapping reveals a variation throughout the territory, which shows that the dispersion of pollutants in the air depends on the state of the atmosphere. The microscope and magnifying glass observations of sails debris, shows coarse and fine sand and dust (70%), plant debris (10%), nylon threads (10%), etc. This situation of pollution is not without consequences for the people health and environment.

Keywords: Cotonou agglomeration, urban mobility, environment, air quality.

Introduction

En Afrique subsaharienne, les décennies postindépendances ont vu la naissance de grandes concentrations urbaines sous les effets conjugués d'une immigration rurale et d'une croissance naturelle forte (O. Al. Maghraoui, F. Vallet, J. Puchinger et B. Yannou, 2017, p. 1). La population a considérablement et rapidement cru dans les principales villes, produisant des

agglomérations millionnaires (H. Yaye Saidou, 2014, p. 14). Dans cette dynamique, le Bénin connaît une croissance urbaine très remarquable avec un taux d'urbanisation qui est passé entre 1992 et 2002 de 35,7 à 38,9 % avant d'atteindre 44,6 % en 2013. Cet accroissement rapide entre 2002 et 2013 est dû au développement rapide de certaines communes comme Cotonou, Abomey-Calavi, Sèmè-Kpodji et Porto-Novo (D. Houssou, 2016, p. 6).

Sur le plan de la mobilité urbaine, l'agglomération de Cotonou est caractérisée par l'importance et la prédominance des conducteurs de taxis motos "zémidjan". En effet, « la demande de déplacements en taxis-motos est prépondérante sur les axes de l'agglomération, atteignant parfois 80 % environ des déplacements en transport » (P. Glayre et P. Christe, 1996, p. 6), ce qui lui vaut un succès par rapport aux autres modes de transport. Ce succès est dû à l'offre de service exceptionnelle en fréquence, en coût, en temps de parcours et desserte offerte, ainsi qu'à l'accessibilité de certaines zones difficiles. Toutefois, malgré son niveau de service très élevé, « ce mode n'est pas pris en compte spécifiquement dans l'organisation des déplacements. Il est considéré comme facteur d'insécurité dans le trafic et source de nombreuses pollutions » (A. Tonato, 2012, p. 12). Le système de planification de l'agglomération de Cotonou est débordé par une croissance démographique et spatiale (un zonage inadapté et un sous-équipement crucial). Il en résulte une détérioration générale de l'environnement urbain et la disparition des systèmes de transport en commun au profit des taxis-motos (J. E. Gnélé, 2010, p. 14).

Ainsi, avec le développement rapide et incontrôlé de l'agglomération de Cotonou et l'apparition de moyens et d'infrastructures de transport y afférents, de nombreuses nuisances sont apparues dont notamment la pollution et l'insécurité routière. Il importe donc de se poser la question de savoir quelles sont les conséquences environnementales des flux de déplacements au sein de l'agglomération de Cotonou ? L'objectif de cette recherche est d'évaluer les conséquences générées par les flux des déplacements sur les populations de l'agglomération de Cotonou.

1- Présentation du milieu de recherche

L'espace d'étude appelé « Agglomération de Cotonou » est l'ensemble urbain formé par la ville de Cotonou et les communes d'Abomey-Calavi et de Sèmè-Kpodji. Le secteur de recherche est situé dans la partie méridionale du Bénin entre 6°20' et 6°45' Nord et 2°10' et 2°45' Est. Du point de vue de sa délimitation administrative, l'Agglomération de Cotonou est limitée au nord par les communes de Zè, de Sô-Ava (Lac Nokoué), d'Aguégués et de Porto-Novo au sud par l'océan Atlantique, à l'est par la république du Nigeria, et à l'ouest par les communes de Ouidah et de Tori Bossito. Selon la Société d'Etude Régionale d'Habitat et d'Aménagement Urbain (SERHAU) SA (2009, p. 25), elle s'étend sur une superficie de 83 600 ha dont 25 000 ha en conurbation (Figure 1).

Au plan administratif, les trois (3) communes constituant l'agglomération sont subdivisées en vingt-huit (28) arrondissements regroupant une population de 1 558 071 habitants (INSAE, 2015), soit environ 1/6 de la population nationale sur moins de 1 % de la surface du territoire national. L'extension spatiale urbaine de l'agglomération s'appuie sur les routes nationales inter-Etat (RNIE) n°1 et 2.

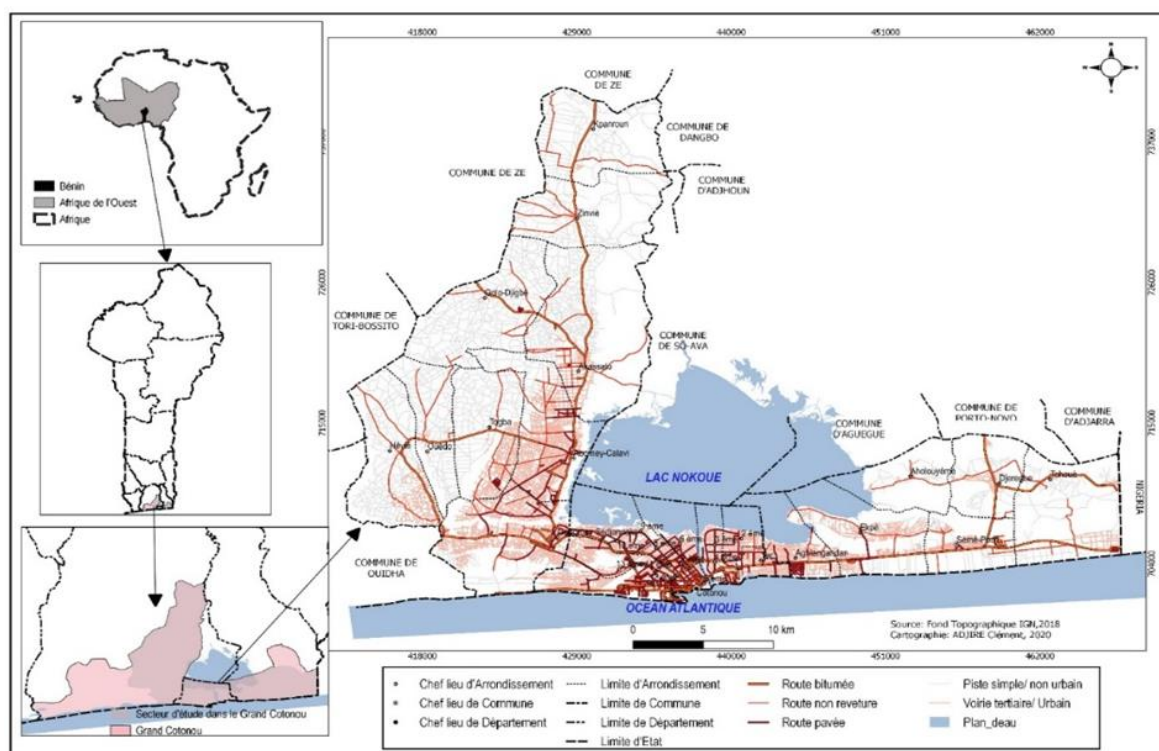


Figure 1 : Situation géographique de l'agglomération de Cotonou

2- Matériels et méthodes

L'approche méthodologique adoptée comprend : la revue documentaire, les travaux de terrain, le traitement des données et l'analyse des résultats.

2.1. Données utilisées

Les données du monoxyde de carbone (CO), du dioxyde de soufre (SO₂) et du couple ozone/dioxyde de soufre (O₃/NO₂) issues des capteurs "CairPol" (MCVDD, 2019-2020) installés au rond-point Akossombo-Vêdoko et au rond-point OPT-PK3 Akpakpa sont utilisées.

Les données de la distribution spatiale du CO et le SO₂ issues des images de Sentinel-5P des mois d'octobre, novembre et décembre 2019 de l'Agence Spatiale Européenne (ESA) sont utilisées.

2.2. Matériel et outils

Les outils tels que des grilles d'observations et des questionnaires ont été utilisés pour collecter les données. L'appareil photographique numérique est utilisé pour la prise de vues afin de bien décrire la mobilité et le logiciel QGIS 3.12 a permis d'effectuer certaines analyses spatiales ; la manipulation des couches vectorielles importées, la finalisation et la sortie des cartes. Le tableur Excel pour la représentation graphique des résultats, la conversion et l'importation ou l'exportation des données sous d'autres formats compatibles avec d'autres programmes informatiques. L'application KoboCollect v2021.2.4 est utilisée pour la collecte des données sur le terrain.

2.3. Echantillonnage

L'échantillonnage est fait à partir des investigations menées et des connaissances reçues dans le domaine de la mobilité urbaine. Il est identifié des axes stratégiques et des giratoires à Cotonou, à Abomey-Calavi et à Sèmè-Podji. Il est également basé sur un sondage au sein des ménages actifs en matière de déplacement. La zone de collecte est stratifiée selon les trois

communes. La recherche prend en compte 72841 ménages sur les 361433 que comptent les communes d'Abomey-Calavi, Cotonou et Sèmè-Kpodji réunies. L'échantillonnage est fait suivant le protocole de Schuarzt (1995) cité par M. R. Adoukonou (2017, p. 24). $n = \frac{Z\alpha^2 \times p q}{d^2}$

Avec n (la taille de l'échantillon), $Z\alpha$ (écart fixé à un 1,96 ce qui correspond à un degré de confiance de 95% pour une marge d'erreur égale à 5 %) ; p (proportion de ménages couverte par la recherche dans les trois communes, 72841 soit 20,15 %), $q=1-p$ (Probabilité de non réalisation de l'évènement et d (le degré de précision qui est 0,05). En procédant au remplacement, nous avons : $n = \frac{1,96^2 \times 0,20 (1-0,20)}{0,05^2} = 245,86 \quad n \approx 246$.

Ainsi, 246 ménages sont retenus. Cet effectif est proportionnellement réparti par commune. Par application des données sur les ménages issus du RGPH 4 (2013), la taille de l'échantillon pour chaque commune se présente dans le tableau I ci-après :

Tableau I : Taille de l'échantillon par commune

N°	Désignation secteur	Population	Nombre de ménage	Taille de l'échantillon
1	Abomey-Calavi	656 358	145 510	99
2	Cotonou	679 012	166 433	113
3	Sèmè-Kpodji	222 701	49 490	34
Total		1 558 071	361 433	246

Source : INSAE - RGPH 4, 2013 - Enquête de terrain, 2019

2.4. Travaux de terrain

Les données relatives au transport ont été obtenues suivant les recommandations formulées par O. Prince Dagnon (2007, p. 45). Il s'agit de compter le trafic et d'enquêter auprès de la population sur la demande en transport.

La collecte des données est faite numériquement à partir de l'application KoboCollect v2021.2.4. Un sondage aléatoire simple a été réalisé dans les zones fortement densifiées et au sein des ménages. L'évaluation du niveau de la pollution générée par le trafic motorisé sur les artères s'est basée essentiellement sur des données du monoxyde de carbone (CO), du dioxyde de soufre (SO₂) et du couple ozone/ dioxyde de soufre (O₃/NO₂) mesurées au rond-point Akossombo-Védoko et au rond-point OPT-PK3 Akpakpa.

La collecte a nécessité l'utilisation de deux capteurs "CairPol" électrochimiques à énergie solaire pour mesurer les polluants. Ils sont installés sur la RNIE 1, principale artère de traversée de la ville de Cotonou dont l'un au rond-point Akossombo-Védoko et l'autre au rond-point OPT-PK3 Akpakpa. Le choix des polluants mesurés (CO, SO₂, O₃ et NO₂) s'appuie sur la disponibilité des données existantes fournies par des capteurs. En l'absence d'un nombre suffisant de capteurs de mesure des polluants pouvant couvrir tout l'espace d'étude, un dispositif complémentaire composé de fanions à voile de couleur blanche de type serviette hygiénique muni d'un topper, d'un insert absorbant et d'un dos, découpées en coupons de 0,16 m² (0,40 x 0,40) a été placé au niveau de quarante (40) points de relevés retenus le long des grandes artères dans l'agglomération de Cotonou (Figure 2).

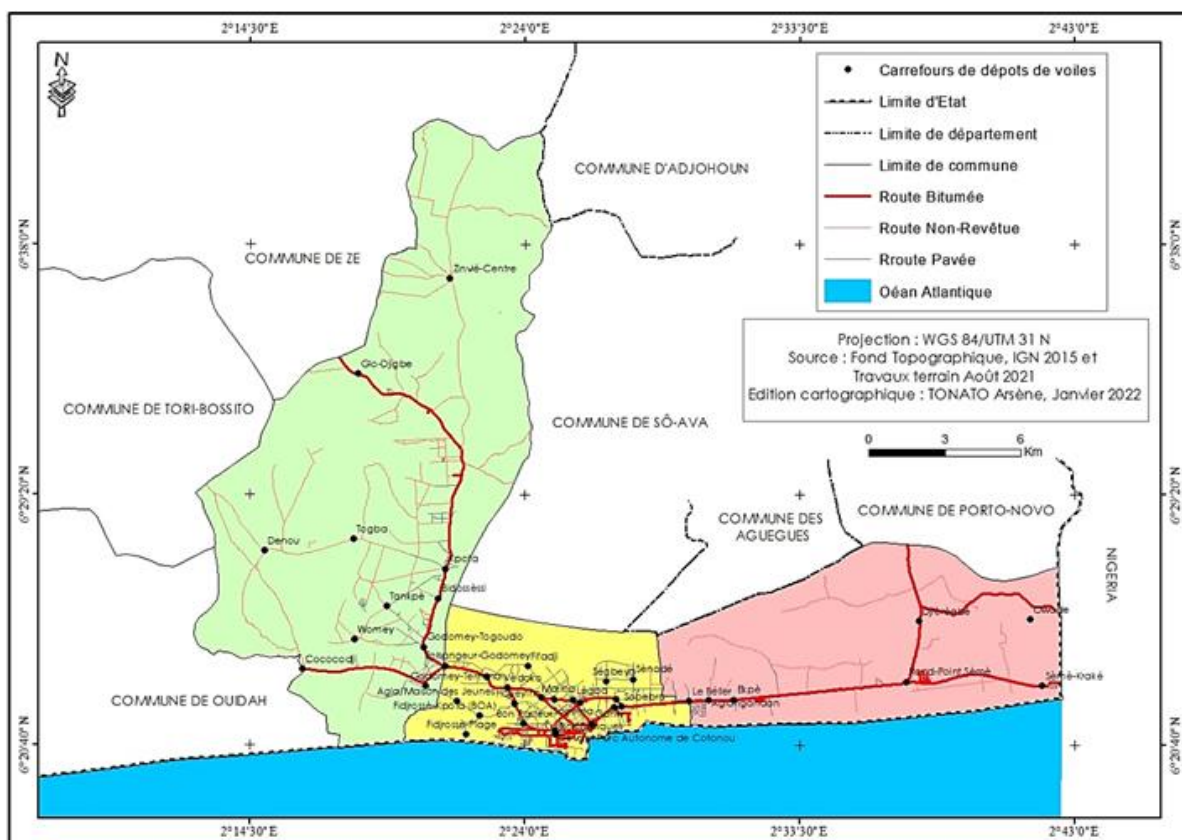


Figure 2 : Points de relevé du dispositif complémentaire dans l'Agglomération de Cotonou

2.5 Techniques de traitement et analyse des données

Pour le traitement des données fournies par les capteurs "CairPol", les moyennes des mesures relevées pour chaque polluant ont été calculées et représentées sous forme de graphiques.

Ensuite, les données ont été comparées aux normes contenues dans le décret n° 2001-110 du 04 avril 2001 fixant les normes de qualité de l'air au Bénin et aux lignes directrices de l'Union Européenne et de l'OMS (Tableau II).

Tableau II : Normes et lignes directrices relatives à la qualité de l'air

Désignation du polluant	Normes Bénin	Normes OMS	Normes UE	Observations
Monoxyde de carbone (CO)	40 mg/m ³ soit 40.000 µg/m ³ moyenne sur 1 heure 10.000 µg/m ³ moyenne sur 8 heures	10 mg/m ³ soit 10.000 µg/m ³	10 mg/m ³ soit 10.000 µg/m ³	Valeur limite à ne pas dépasser
Dioxyde d'azote (NO ₂)	150 µg/m ³ moyenne sur 24 heures 100 µg/m ³ moyenne annuelle	40 µg/m ³ moyenne annuelle soit 200 µg/m ³ moyenne horaire	200 µg/m ³ moyenne horaire	Valeur limite à ne pas dépasser
Dioxyde de soufre (SO ₂)	200 µg/m ³ moyenne sur 24 heures	20 µg/m ³ moyenne sur 24 heures soit 500 µg/m ³ moyenne sur 10 minutes	350 µg/m ³ moyenne horaire	Valeur limite à ne pas dépasser
Ozone (O ₃)	0,08 ppm moyenne sur 8 heures	100 µg/m ³ moyenne sur 8 heures	18 000 µg/m ³ .h. sur 1 heure	Valeur limite à ne pas dépasser

Source : MCVDD, 2001 - OMS, UE, FR, 2005

S'agissant du traitement des données issues des voiles, le niveau de la pollution a été évalué suivant une méthode empirique. Les données sur la numérotation des voiles, leur identification et localisation ont été implémentées dans KoboCollect afin de faciliter via une base de données, la cartographie du niveau global de la pollution. Par ailleurs, pour garantir l'efficacité de l'analyse, le déploiement des voiles sur le terrain a été fait à la même date et leur repli, après 2 semaines d'exposition. Les voiles sont alors classées en trois catégories suivant leur état de saleté (moins sale, sale et très sale). Elles sont ensuite minutieusement secouées pour en extraire les déchets absorbés. Ceux-ci sont envoyés au laboratoire de zoologie de la Faculté des Sciences Techniques (FAST) de l'UAC pour en identifier les composantes à l'aide du microscope et de la loupe.

Une première observation a été faite à la loupe binoculaire (10x) et d'objectif (4x) pour identifier les éléments macroscopiques. La deuxième observation faite au microscope numérique binoculaire sur platine, avec un objectif E-PLAN agrandi 4x, 10x, 40x, et 100x a permis de mieux identifier avec précision les éléments microscopiques qui ont été identifiés et photographiés à l'aide d'un appareil photo numérique intégré (16M QUAD Camera).

Le traitement des images prises par le Sentinel-5P a été fait numériquement à partir des concentrations atmosphériques de gaz à l'état de traces, d'aérosols et de nuages. Le principe est basé sur le calcul de la masse surfacique et l'extraction de la colonne des gaz atmosphériques. La masse surfacique est une grandeur physique qui mesure la masse par unité de surface. Son unité de mesure dans le Système International d'Unités est le kilogramme par mètre carré (kg/m^2 ou $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$). Dans cette étude, l'unité retenue est en $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}$. Pour un corps homogène d'épaisseur constante, la masse surfacique est le rapport de sa masse sur sa surface $\beta = m/s$ ou le produit de sa masse volumique par son épaisseur : $\beta = \rho$.

Pour un corps non homogène, la masse surfacique correspond à l'intégrale de la masse volumique selon l'épaisseur de l'objet : $\beta = \int \rho dz$. L'algorithme « Extract by mask » du logiciel ArcGis a permis d'extraire la zone d'étude à partir de la scène couvrant le Bénin. Cette opération a été effectuée après le filtrage des données sous le logiciel ESA SNAP 6.0. Les images traitées ont permis de calculer les paramètres statistiques tels que la moyenne (\bar{x}) et l'écart type (σ) pour déterminer les seuils élevés et bas des concentrations du CO et du SO₂.

3- Résultats et discussion

3.1. Résultats

3.1.1 - Etat de la mobilité et ses conséquences dans l'agglomération de Cotonou

La connaissance des déplacements à travers le point de vue des ménages de l'Agglomération de Cotonou a permis de tirer de nombreux éléments d'analyse.

3.1.1.1 - Modes de déplacement

Dans l'agglomération de Cotonou on distingue une multitude de modes de déplacements utilisés par les populations (Figure 3).

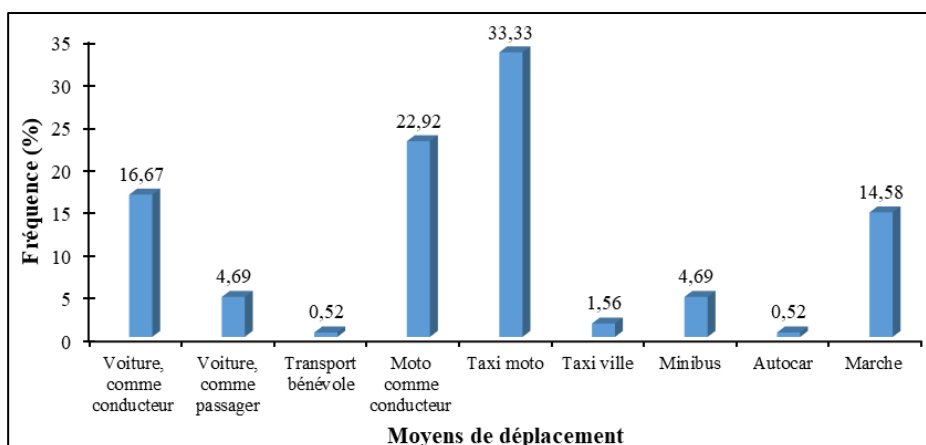


Figure 3 : Répartition des modes de déplacements dans l'agglomération de Cotonou

Source : Enquêtes de terrain, juillet 2021.

De l'analyse de la figure 3, ces modes de déplacements peuvent être regroupés en quatre grandes catégories. Par ordre d'importance, on note une large dominance des engins à deux (2) roues en usage privé ou taxis (56,25 %). Viennent ensuite les voitures (quatre roues) en usage particulier, de services ou en taxis (21,36 %), la marche en courte et longue distances (14,58 %) et enfin les véhicules (minibus, bus, camionnettes et autres camions) qui assurent le transport en commun et celui des biens (6,77 %).

3.1.1.2 - Causes de la congestion du trafic dans l'agglomération de Cotonou

Dans l'agglomération de Cotonou, les déplacements sont surtout orientés Est-Ouest et vis-versa et suivant la principale artère de traversée en absence d'axes de contournement. De cette situation et de l'avis de 33,37 % des usagers enquêtés, découle la congestion du trafic. En effet, la congestion du trafic est généralement perçue comme source de pénibilité de la circulation et de difficultés de déplacements avec des conséquences plutôt d'ordres économique et social. Et sa survenue serait le fait de plusieurs raisons (figure 4).

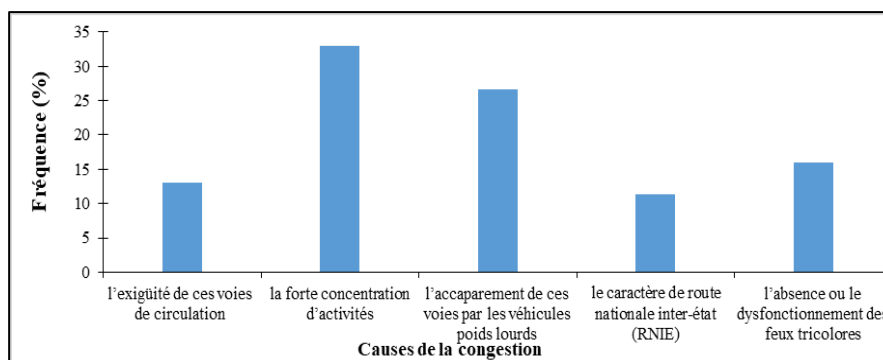


Figure 4 : Causes de la congestion sur les artères de l'agglomération de Cotonou

Source : Enquêtes de terrain, juillet 2021.

La figure 4 montre que la congestion de la circulation est due à des facteurs comme la forte concentration des activités (32 %), l'accaparement de la voirie par les véhicules poids lourds (26 %), le dysfonctionnement et l'absence des feux tricolores (15 %), l'exiguïté des voies (12,5 %) et enfin dans certains cas, le caractère des routes telles les nationales inter-états (11 %). Le plus grand pôle économique, que constitue l'agglomération de Cotonou et la présence en son sein du Port de Cotonou et d'autres équipements générateurs de trafic sont sans nul doute à l'origine de la concentration des activités et de la circulation. Une telle situation participe, d'une part aux émissions de polluants divers et d'autre part, à la dégradation de la qualité de l'air dans ladite agglomération.

3.1.2. Types de polluants émis et leur concentration dans l'air ambiant de Cotonou

Des observations faites et de l'analyse des relevés, il ressort que les polluants identifiés dans l'air ambiant de l'agglomération de Cotonou sont notamment le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde de soufre (SO₂), l'ozone troposphérique (O₃) et le dioxyde d'azote (NO₂).

2.1.2.1 Monoxyde de carbone à Cotonou : source, concentration et répartition

Le monoxyde de carbone est un gaz inodore et incolore, qui provient de la combustion incomplète, à haute température, des carburants et des combustibles. Les concentrations du CO constituent un traceur intéressant pour la circulation routière, étant donné que le trafic routier est la principale source d'émission, et que le CO est toujours produit localement. Les concentrations moyennes sur 8h glissantes du CO au niveau des deux importants carrefours, presque incontournables dans la traversée de l'agglomération de Cotonou sont traduites dans la figure 5 comme ci-après.

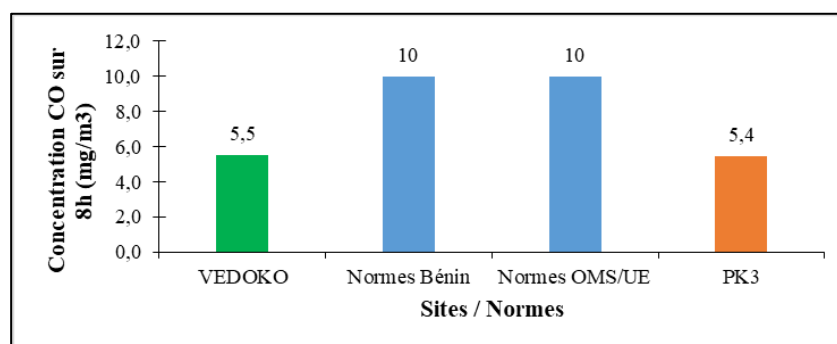


Figure 5 : Comparaison des concentrations moyennes en CO à Cotonou avec les normes
Source : Données des capteurs, MCVDD, 2019-2020.

L'analyse de la figure 5 permet de noter que les moyennes de concentrations sur 8 h glissantes sont quasi similaires sur les deux sites identifiés (5,5 et 5,4). En rapport avec les normes du Bénin et celles de l'OMS, ces concentrations sont loin d'atteindre la valeur seuil (10 mg/m³ sur 8h). Il est à noter que généralement, les concentrations maximales du CO sont observées dans les zones à trafic intense. Mais, cette concentration peut aussi subir une rapide dispersion notamment dans les zones à caractère ouvert. Les concentrations horaires de CO dans l'agglomération de Cotonou calculées sur une période de 9 mois (juin 2019 à février 2020) sont représentées par la figure 6.

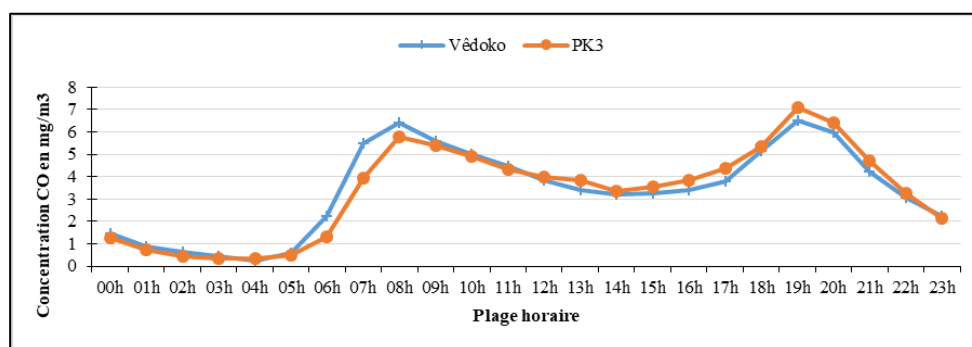


Figure 6 : Concentration moyenne journalière du CO à Akossombo Védoko et OPT PK3
Source : Données des capteurs, MCVDD, 2019-2020

L'analyse montre une concentration bimodale du CO. En effet, deux pics de concentrations se dégagent dont le premier entre 7h et 9h, et le deuxième entre 18h et 20h. Ces deux pics correspondent aux deux périodes de pointe dans le trafic de l'agglomération. Ainsi, les concentrations moyennes sont plus élevées à ces heures car il y a plus de trafic en matinée, où

les gens se rendent sur leur lieu de travail et en soirée à leur retour. Toutefois, cette quantité de CO émis à ces différents points n'est pas sans effets sur l'environnement.

De la distribution spatiale des concentrations du CO dans l'agglomération de Cotonou, il se dégage la figure 7 réalisée à partir des données de l'image Sentinel 5P des mois d'octobre, novembre et décembre 2019.

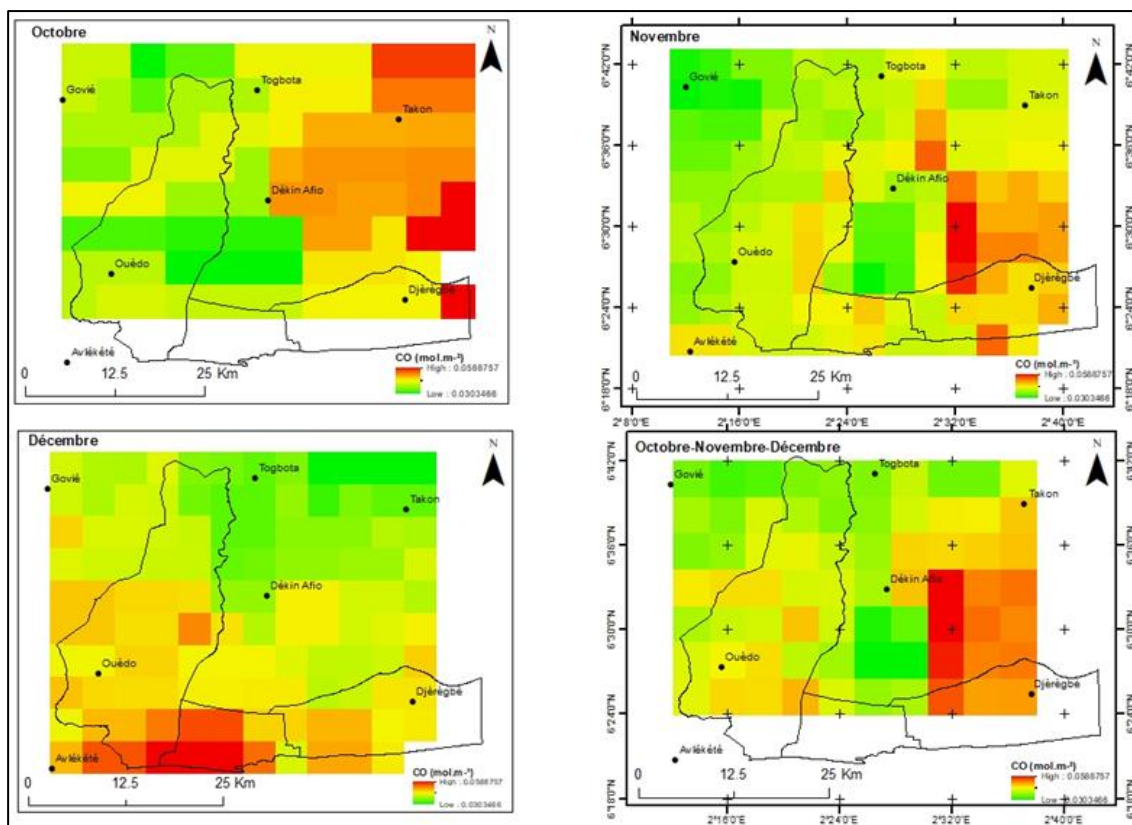


Figure 7 : Distribution spatiale du CO dans l'agglomération de Cotonou (2019)

Source : Image Sentinel 5P des mois d'octobre, novembre et décembre 2019

La molécule de CO est formée lors de la combustion incomplète de matières organiques, comme le carburant. L'observation des concentrations dans l'air ambiant permet de noter une variation inter mensuelle (Figure 7).

Le mois d'octobre enregistre une distribution spatiale plus importante et plus dense dans la zone nord Est de la commune de Sèmè-Kpodji (localités de Dékin Afio, Takon et Djèrègbé). Il est observé dans le mois de novembre une forte concentration de CO dans la commune de Sèmè-Kpodji contrairement à Cotonou et Abomey-Calavi où la distribution est plus faible et moyenne par endroit. Quant au mois de décembre, la concentration est très forte dans la partie sud de Cotonou et d'Abomey-Calavi. Cette concentration observée dans la zone sud est due à l'influence de l'harmattan enregistré pendant le mois de décembre. Cet alizé continental qui souffle du nord vers le sud vient limiter la propagation des concentrations de CO vers le nord. Ceci justifie la concentration de CO au sud dans le mois de décembre et la tendance de sa dispersion vers le nord dans le mois d'octobre.

2.1.2.2 - Dioxyde de soufre à Cotonou : source, concentration et répartition

Les émissions de soufre dans l'atmosphère peuvent être naturelles (océaniques ou continentales) ou anthropiques. Lorsqu'elles sont anthropiques, elles proviennent des activités de transport. La figure 7 donne un aperçu des relevés au niveau des carrefours Akossombo Védoko et OPT PK3 Akpakpa.

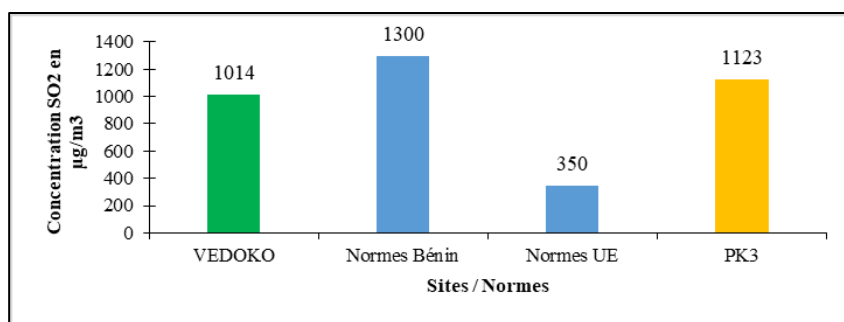


Figure 8 : Concentrations moyennes (sur 1h) du SO₂ à Cotonou avec les normes du Bénin et de l’UE
Source : Données des capteurs, MCVDD, 2019-2020

Il ressort de la figure 8 que les émissions de SO₂ au niveau des carrefours ciblés ne dépassent pas le seuil admis en République du Bénin. Toutefois, on n’en est pas très loin. La concentration de SO₂ dans l’air au niveau du carrefour PK3 dépasse de plus de 100 µg/m³ celle de Vêdoko. La comparaison des normes avait déjà montré une plus grande tolérance des polluants au niveau de la législation béninoise, comparativement à celles de l’UE et de l’OMS. Les valeurs obtenues pour le SO₂ dépassent donc largement celles prescrites par l’UE et l’OMS. Or, à trop forte dose sur une durée prolongée d’exposition, il peut se produire de graves effets sur la santé humaine. Toutefois, il faut noter qu’en outre du trafic routier le SO₂ provient également des activités industrielles. Mais, en absence de celles-ci dans le milieu, le niveau des émissions de SO₂ constaté n’est pas négligeable et sa répartition sur les deux sites de concentration suivant les variations horaires dans l’air de l’agglomération est traduite par la figure 9.

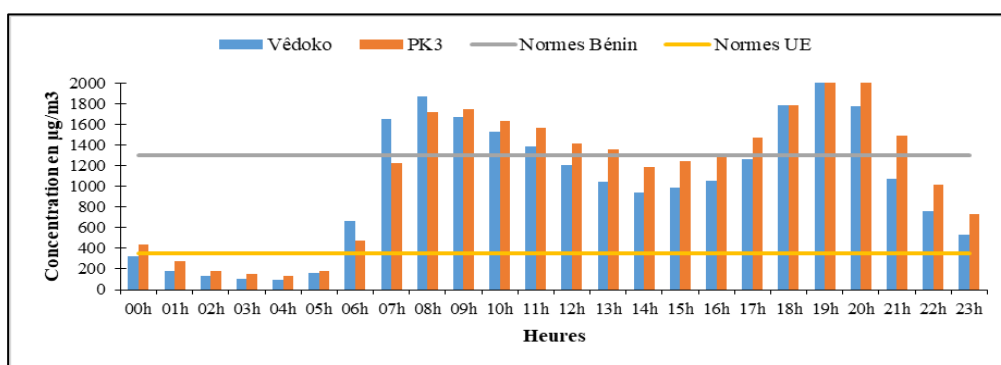


Figure 9 : Concentration moyenne journalière du SO₂ à Vêdoko et OPT/PK3 Akpakpa
Source : Données des capteurs, MCVDD, 2020

L’analyse de la figure 9 permet de noter une variation en fonction de la succession du jour et de la nuit. La plus grande part des émissions se déroulent dans la journée avec une forte concentration à 19 h quel que soit le site considéré et les plus faibles valeurs à 4h du matin. Ainsi, l’analyse de la concentration de SO₂ dans l’air montre deux pics et une distribution bimodale (entre 7 et 9 h et entre 18 et 20 h). Il en ressort que les heures de pointe du matin et du soir constituent les moments critiques où le SO₂ se trouve en grande quantité dans l’air ambiant. En effet, à ces heures, la circulation est au ralenti à cause des embouteillages et de l’engorgement des voies, ce qui favorise l’émission et la concentration de certains polluants comme le SO₂. On observe également en journée, un léger fléchissement de la concentration de SO₂ en début d’après-midi, et une reprise dès 17h. Cette ondulation des taux de concentrations de polluants vient confirmer le caractère pendulaire de la mobilité au sein de l’Agglomération de Cotonou. Ainsi, les concentrations de SO₂ en ces moments de fort trafic, dépassent largement les seuils à ne pas franchir définis par la législation en vigueur.

De la distribution spatiale des concentrations du SO₂ dans l'agglomération de Cotonou, il se dégage la figure 10 réalisée à partir des données des mois d'octobre, novembre et décembre 2019.

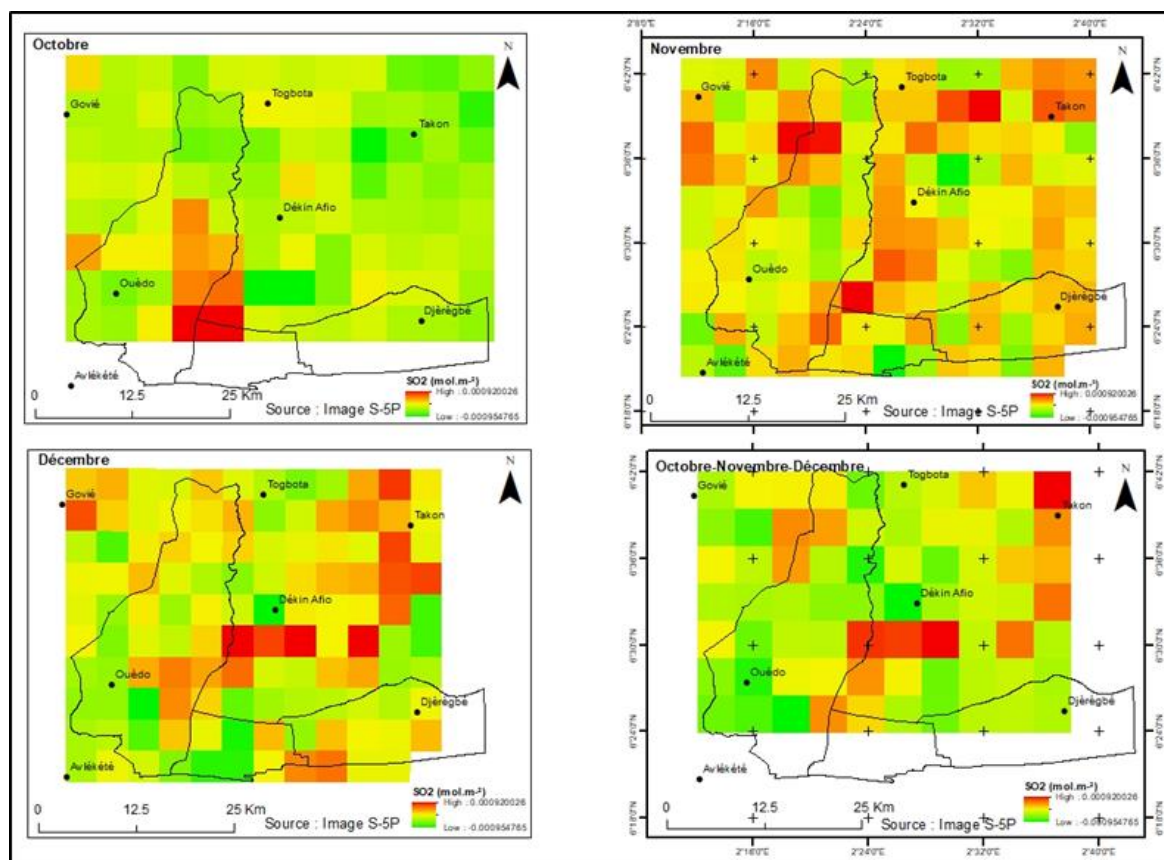


Figure 10 : Distribution spatiale du SO₂ dans l'agglomération de Cotonou (2019)
Source : Image Sentinel 5P, octobre, novembre et décembre, 2019

Les concentrations de SO₂ dans l'air ambiant dépendent directement des émissions. En effet, la diminution des émissions se traduit par une diminution similaire des niveaux de concentrations. Il ressort de l'analyse de la figure 10 que le mois d'octobre est faible en concentration de SO₂. La concentration la plus élevée dans ce mois s'observe dans la zone frontalière entre Abomey-Calavi et Cotonou. Quant aux mois de novembre et de décembre, il est enregistré une concentration spatiale de SO₂ la plus élevée. Les pixels qui indiquent la variation de la concentration de SO₂ sont presque équitablement répartis sur l'ensemble de l'espace cartographié.

2.1.2.3 - Ozone troposphérique (O₃) et dioxyde d'azote (NO₂) dans l'air de Cotonou

Le dioxyde d'azote provient principalement du trafic routier et des installations de combustion. Les oxydes d'azote (monoxyde d'azote et dioxyde d'azote), associés aux composés organiques volatils, interviennent en tant que précurseurs dans la formation de l'ozone. C'est pourquoi, sont présentées les variations des émissions de l'ozone troposphérique avec le dioxyde d'azote. La figure 11 présente les niveaux de concentrations dans l'air ambiant au niveau de Vèdoko et Akpakpa.

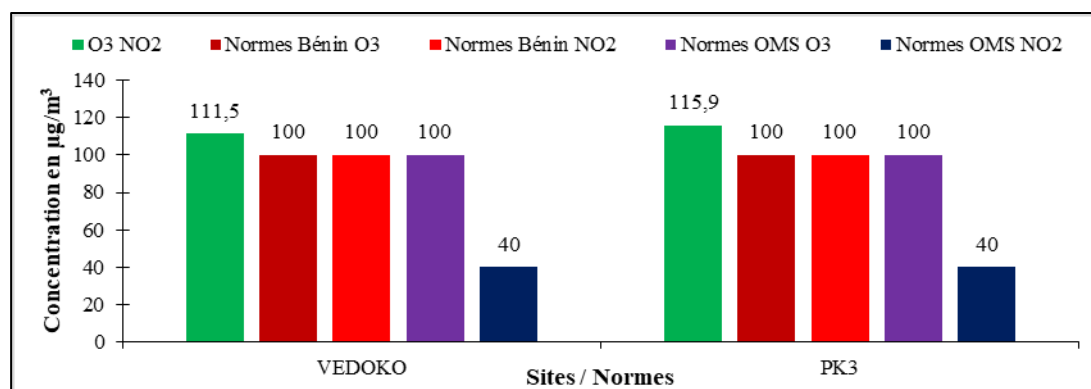


Figure 11 : Concentrations moyennes de O₃ et NO₂ à Cotonou
Source : Données des capteurs, MCVDD, 2019-2020

Il ressort de la figure 11 que les concentrations de l’ozone troposphérique (O₃) et du dioxyde d’azote (NO₂) dans l’air de Cotonou dépassent les seuils de l’OMS et du Bénin. Or, en milieu urbain, les émetteurs de dioxyde d’azote sont essentiellement les véhicules motorisés. Ainsi, dans le cas de Cotonou, le trafic routier reste la principale cause de la pollution par ce type d’émissions. Mieux, par le fait de l’engorgement du trafic urbain, les concentrations horaires de NO₂ peuvent parfois atteindre des niveaux élevés à plus de 100 µg/m³ comme le montre la figure 12.

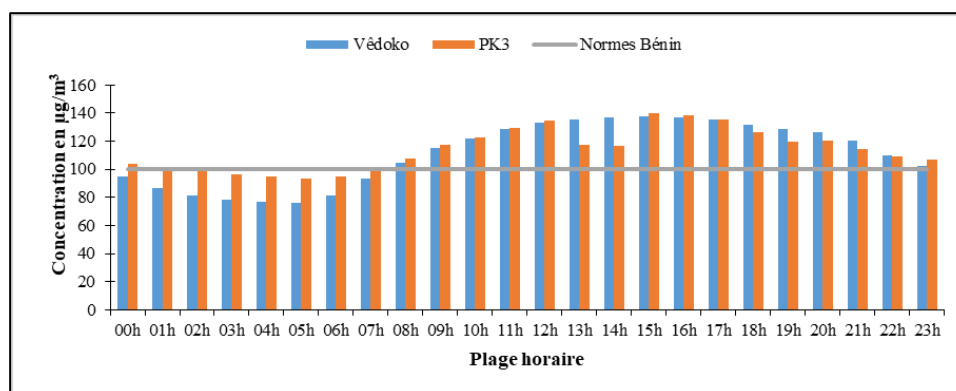


Figure 12 : Concentration moyenne journalière du O₃ et du NO₂ aux carrefours Védoko et PK3 Akpakpa
Source : Données des capteurs, MCVDD, 2019-2020

De l’analyse de la figure 12 il ressort que la concentration O₃ NO₂ est présente sur les deux carrefours enquêtés. La tendance est juste en dessous de la norme du Bénin pendant la nuit entre 00h et 7h du matin. Au-delà, elle dépasse la norme entre 8h et 23h avec un pic entre 13h et 15h.

2.1.3. Evaluation du niveau de la pollution par les voiles déployés sur les carrefours

De l’observation à l’œil nu des extraits des débris recueillis à partir des voiles sur une feuille blanche, il ressort des composés volatiles de dimensions extrêmement très petites (Planche 1).



Photo 1 : Polluants déposés sur un papier



Photo 2 : Polluants dans une boîte de pétrie

Planche 1 : Composantes de polluants issues de l’exposition des voiles

Prise de vues : A. Tonato, juillet 2021

La planche 1 illustre les composantes des polluants issues de l'exposition des voiles. La photo 1 montre ces polluants sur un papier blanc et la photo 2, dans une boîte de pétrie.

De l'observation faite au laboratoire à l'aide du microscope d'environ 0.05g de l'échantillon des débris ci-dessus, il se dégage quatre catégories d'éléments que sont les niches d'hyménoptères, le sable, les débris végétaux et les cocons d'insectes (Planche 2).

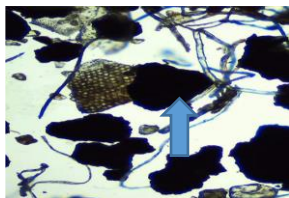


Photo 3 : Niche des hyménoptères

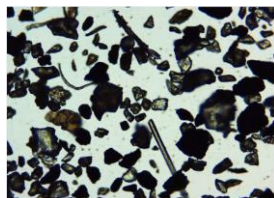


Photo 4 : Sable grossier

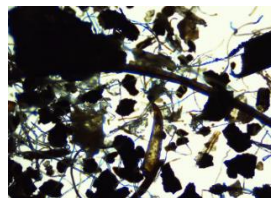


Photo 5 : Débris végétaux

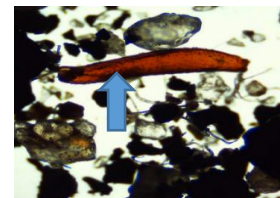


Photo 6 : Cocon d'insectes

Planche 2 : Contenus des débris issus des voiles déployées dans l'agglomération de Cotonou
Prise de vues : A. Tonato, juillet 2021

L'analyse de ces photos montre que les sables grossiers, fins et la poussière sont prédominants (70 %). Viennent ensuite respectivement, les débris végétaux (10 %), les fils nylon (10 %), les restes et cocons d'insectes (9 %) et les restes de pollens (1 %). Ainsi, le vent qui souffle dans l'agglomération est chargé de plusieurs éléments imperceptibles à l'œil nu qui s'infiltrent par les parois nasales, buccales et des yeux, pouvant à terme, induire des affections diverses (oculaires, dermatologiques, respiratoires et cardiovasculaires).

3. Discussion

L'analyse de l'offre et la demande en transport permet de noter que les véhicules à deux roues dominent les modes de déplacement utilisés par les populations dans l'Agglomération de Cotonou. Ce constat est conforme avec les travaux de P. Briot (2011, p. 4) qui affirme qu'un seul mode de transport se taille la part du lion. Il s'agit des zemidjans qui assurent près de deux trajets sur trois et qui sont devenus le symbole de la capitale économique du Bénin.

La forte concentration des activités et l'accaparement de la voirie par les véhicules poids lourds sont entre autres, à l'origine de la congestion du trafic. Cette congestion augmente les émissions au niveau des moteurs en combustion et favorise la forte concentration des polluants dans l'air. La recherche a montré que la fréquence des embouteillages le long des principales artères de traversée de l'Agglomération de Cotonou favorise les émissions des gaz et constitue une réelle source de pollution. Ces résultats sont en conformité avec celui de IPCC (2014, p. 103), qui a démontré que les embouteillages augmentent non seulement la pollution locale de l'air mais entraînent aussi des pertes économiques importantes en raison du temps perdu et d'une consommation d'essence et d'émission de gaz accrues. A ce jour, la base de données la plus complète de la qualité de l'air dans les pays côtiers de l'Afrique de l'Ouest est celle réalisée dans le cadre du projet DACCIWA (Dynamics-Aerosol-Chemistry-Cloud Interactions in West Africa). Elle apporte une vision générale de la problématique sur ce territoire et fournit notamment des données sur la qualité de l'air en 2016 dans l'Agglomération de Cotonou.

Par ailleurs, en termes de qualité de l'air, les concentrations moyennes en polluants gazeux ne dépassent pas toujours les seuils fixés, mais l'on observe des pics en fonction des heures de pointe. L'analyse de l'évolution inter mensuelle des concentrations moyennes de O₃ et NO₂ à Cotonou montre que les valeurs les plus fortes sont enregistrées pendant la grande saison sèche, précisément entre janvier et février. L'ozone (troposphérique) se forme par réaction photochimique à partir des oxydes d'azote. Les oxydes d'azote sont fortement impliqués dans toute la chimie de la troposphère et de la stratosphère. Les sources des oxydes d'azote peuvent être d'origine anthropique ou naturelle. Les émissions anthropiques dues aux combustibles

fossiles résultent majoritairement des transports terrestres et aériens et des centrales électriques. La localisation de l'Agglomération de Cotonou dans une région tropicale joue un rôle clé sur le bilan des oxydes d'azote, à cause des processus dynamiques liés à la convection, qui permet une élévation des gaz et particules émis en surface jusque dans la troposphère libre, où la durée de vie des oxydes d'azote (Nox) est plus grande. Ceci peut expliquer les fortes valeurs obtenues en janvier et février, correspondant à la période la plus sèche de l'année. Ces résultats corroborent ceux obtenus par M. Saunois (2009, p. 23), V. Thouret *et al.* (2009, p. 6159) et A. Minga *et al.* (2010, p. 897) dont les études ont montré que Cotonou est dans une région qui se caractérise par l'influence combinée des flux de mousson, d'harmattan et de la convection qui explique une très grande variabilité inter mensuelle des concentrations d'ozone troposphérique, et surtout les valeurs obtenues pendant la grande saison sèche (décembre à mars) qui correspond à l'occurrence au temps d'harmattan au sud (décembre à février). Une cohérence s'observe également avec les résultats obtenus par E. Lavaine (2016, p. 160) qui a montré que la dispersion et le transport des polluants dans l'air dépendent de l'état de l'atmosphère et des conditions météorologiques. Par ailleurs, la quantité de monoxyde de carbone émis aux différents points de l'Agglomération de Cotonou n'est pas sans effets sur l'environnement. Il influence indirectement l'effet de serre car il influe sur le pouvoir d'oxydation de l'atmosphère terrestre. De ce fait, il contribue à augmenter les concentrations de méthane (CH₄) et d'oxydes nitreux (N₂O).

Au regard des résultats obtenus sur la qualité de l'air à Cotonou, on peut voir que malgré la prise du décret sur la qualité de l'air au Bénin, certains polluants restent présents dans l'air ambiant avec de fortes et dangereuses concentrations. En effet, les concentrations de SO₂ pendant les moments de trafic dense, dépassent largement les seuils définis par la législation. C'est ce que confirment les résultats obtenus par D. Mama *et al.* (2013, p. 377), qui a montré qu'à certains endroits comme le carrefour Tokpa, le SO₂ se trouvait à des taux élevés avec une valeur maximale de 2632 µg/m³ alors qu'elle ne devrait pas dépasser les 500 µg/m³ en moyenne sur 10 minutes selon l'OMS.

L'Agglomération étant située en zone côtière, subit les influences des courants marins et de l'humidité de l'air. Or, en présence d'eau, le SO₂ forme de l'acide sulfurique (H₂SO₄) qui contribue, comme l'ozone, à l'acidification de l'environnement. En effet, dans l'atmosphère, le SO₂ se transforme principalement en acide sulfurique, qui se dépose au sol et sur la végétation. Cet acide contribue, en association avec d'autres polluants, à l'acidification et à l'appauvrissement des milieux naturels. Selon M. Adon (2011, p. 17), par effet corrosif, il participe aussi à la détérioration des matériaux utilisés dans la construction des bâtiments, la dégradation des forêts, l'altération des sols, la disparition de la faune aquatique.

Conclusion

La mobilité au sein de l'Agglomération de Cotonou est marquée par une forte concentration démographique, une forte concentration des activités qui induit une migration journalière aussi bien depuis les autres communes qu'à l'intérieur de l'agglomération par des liaisons routières. Elle est marquée également par une augmentation soutenue du taux de motorisation, surtout les engins à deux roues et les voitures privées, une dégradation continue des conditions de circulation liées à l'insuffisance du niveau de service de la voirie et à la faiblesse des capacités de stationnement. Cette situation qui entretient la congestion du trafic dans l'agglomération participe à la dégradation de la qualité de l'air ambiant à travers les concentrations des polluants émis par les véhicules. Les concentrations varient dans le temps et dans l'espace, mais sont calquées sur le niveau de densité du trafic suivant les horaires de la journée. Il importe pour les autorités en charge des communes de cette agglomération de mettre en place une politique de mobilité urbaine durable qui s'inscrit dans un modèle multi acteur et multifactoriel.

Références bibliographiques

- ADON Marcellin, 2011, Etude des concentrations de gaz atmosphériques et estimation des flux de dépôt sec à l'échelle des principaux écosystèmes africains. Océan, Atmosphère. Université Paul Sabatier-Toulouse III, 291 p.
- AL MAGHRAOUI Ouail, VALLET Flore, PUCHINGER Jakob et YANNOU Bernard, 2017, Un cadre conceptuel pour concevoir le système de mobilité urbaine. Laboratoire Génie Industriel, Centrale Supélec, Université Paris-Saclay ; IRT System X, Paris-Saclay, France. 8 p.
- BLAVIER Géraldine et DEBROCK Katrien, 2011, Chapitre 14. Monoxyde de Carbone (CO), Les données de l'IBGE : "Air – données de base pour le plan", Bruxelles Environnement - Dep. Plan Air, Climat et Energie et Observatoire des données de l'environnement, 10 p.
- BRIO Pascal, 2011, Les zémidjans de Cotonou, un obstacle à une mobilité urbaine durable ? Cotonou face à la contrainte énergétique et environnementale. Travail de séminaire sur politique urbaine et écologie. Institut des Hautes Etudes Internationales et du Développement – Genève I. 23
- CACHON Fresnel Boris A., 2013, Etude de la pollution atmosphérique en Afrique Sub-Saharienne : Cas de Cotonou (Benin) – Caractérisation physicochimique des matières particulaires d'origine urbaine et impact toxicologique sur des cellules épithéliales bronchiques humaines (BEAS-2B) cultivées in vitro. Thèse de doctorat en cotutelle de l'université du Littoral Côte d'Opale (UCEIV EA4492) et Ecole Doctorale 104 Science de la Matière du Rayonnement et de l'Environnement avec l'Université d'Abomey-Calavi, Bénin, Laboratoire de Biochimie et Biologie Moléculaire, Ecole Doctorale, Sciences de la Vie. 282 p.
- CODJO-SEIGNON L. M. Karine, HOUSSOU Vincentia M. C., KOSSOLOU Philippe, SOPOH Ghislain E. et AINA Martin P., 2021, « Variations temporelles de la pollution de l'air à deux ronds-points de la ville de Cotonou (Bénin) », *Journal of Public Health Research*, Vol 10, n° 4, 2193, pp. 608-616
- GLAYRE Philippe et CHRISTE Pascal, 1996, Etude du plan de circulation de Cotonou. Rapport de synthèse, octobre 1996. MEHU, MTPT et MISP, Cotonou Bénin. 32 p.
- GNELE José Edgard, 2010, Dynamique de planification urbaine et perspective de développement durable à Cotonou (République du Bénin). Thèse de doctorat unique de l'UAC en géographie et géoscience de l'environnement, spécialité dynamique des écosystèmes, aménagement du territoire et politique environnementale, 338 p.
- GRHS, 2013, Planification et conception pour une mobilité urbaine durable - Rapport mondial sur les établissements humains 2013, UN-HABITAT, xx p.
- HOUSSOU David, 2016, Rapport national du Bénin pour Habitat III à Quito (Equateur). Ministère du Cadre de Vie et du Développement Durable, Cotonou, 53 p.
- INSAE, 2015, Que retenir des effectifs de population en 2013 ? Direction des Etudes Démographiques, Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique, Ministère du Développement, de l'Analyse Economique et de la Prospective, République du Bénin. 35 p.
- IPCC, 2014, Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R. K. Pachauri and L. A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 p.
- LAVAINÉ Emmanuelle, 2016, « L'impact de la production d'énergie sur les pathologies respiratoires : le cas de la raffinerie des Flandres », *Direction générale du Trésor, « Économie & prévision »*, vol 1, n° 208-209, pp. 157 à 175.
- MAMA Daouda, DIMON Biao, AINA Martin, ADOUNKPE Julien, AHOMADEGBE Mathias, YOUSAO Alassane, KOUAZOUNDE Jacques, PEDRO Kouanda Séidou et MOUDACHIROU Mansourou, 2013, « Transport urbain au Bénin et pollution atmosphérique : évaluation quantitative de certains polluants chimiques de Cotonou », *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(1), pp. 377-386.
- MEHU, 2001, Décret n° 2001-110 du 04 avril 2001 fixant les normes de la qualité de l'air en république du Bénin, 24 p.
- MINGA Alexis, THOURET Valérie, SAUNOIS Marielle, DELON Claire, SERÇA Dominique, 2010, Qu'est-ce qui a causé les concentrations extrêmes d'ozone sur Cotonou en décembre 2005 ? Chimie et physique de l'atmosphère, Union européenne des géosciences, 2010, 10 (3), pp. 895-907.
- PRINCE-DAGNON Olga, 2007, Guide des collectivités locales pour la gestion de la mobilité urbaine : Dépôt légal : n°3567 du 27 novembre 2007 4ème trimestre Bibliothèque Nationale (Bénin). 194 p.

SAUNOIS Marielle, 2009, Bilan de l’ozone troposphérique en Afrique : Apport du programme AMMA-Chimie. Océan, Atmosphère. Université Paul Sabatier - Toulouse III, 205 p.

SERHAU SA., 2009, Stratégie de développement urbain de l’Agglomération de Cotonou, Rapport définitif, Cotonou, 81 p.

THOURET Valérie, SAUNOIS Marielle, MINGA Alexis, MARISCAL Armand, SAUVAGE Bastien, SOLETE A., AGBANGLA D., NEDELEC Philippe, MARI Céline, REEVES Claire and SCHLAGER Hans, 2009, « Overview of two years of Ozone radiosoundings over Cotonou in the frame of AMMA : overview », *Atmos. Chem. Phys.*, 9, pp. 6157-6174.

TONATO Arsène, 2012, Mobilité urbaine sur la principale artère de traversée de l’agglomération de Cotonou : Axe Akassato – Godomey – Sèmé-Kpodji via Cotonou. Mémoire de master spécialisé en génie urbain - Option : Maintenance et gestion des infrastructures et équipements communaux (MGIEC); Institut International d’Ingénierie, de l’Eau et de l’Environnement (2IE) Ouagadougou, 53 p.

YAYE SAIDOU Hadiara, 2014, Se déplacer à Niamey, mobilité et dynamique urbaine. Thèse de doctorat, spécialité géographie en cotutelle entre l’Université de Grenoble, France et l’Université Abdou Moumouni, Niamey. Laboratoire PACTE, Ecole doctorale SHPT, 337 p.