

République du Bénin
UNIVERSITE D'ABOMEY-CALAVI
Faculté des Sciences Humaines et Sociales

Département de Géographie et Aménagement du Territoire

BenGéo

Revue semestrielle de Géographie du Bénin

Volume Thématique

**« Dynamique démographique et dégradation des
écosystèmes naturels, »**

ISSN 1840-5800

Décembre 2021



Une mare pour le lavage des linges, le bain, eau de boisson à Gangban (Ouinhi). Cet usage multiple expose la population à plusieurs pathologies influençant ainsi l'hygiène et l'assainissement dans les ménages du plateau d'Agonlin

Toute reproduction, même partielle de cette revue est rigoureusement interdite. Une copie ou reproduction par quelque procédé que ce soit, photographie, microfilm, bande magnétique, disque ou autre, constitue une contrefaçon passible des peines prévues par la loi 84-003 du 15 mars 1984 relative à la protection du droit d'auteur en République du Bénin.

Edition initiale, Janvier 2022

Directeur de Publication

Toussaint Vigninou (PT)

Chef du Département de Géographie et Aménagement du Territoire

Directeur de Publication Adjoint

Sylvain A. Vissoh (MC)

Rédacteur en Chef

Vincent O.A. Orékan (PT)

Rédacteur-Adjoint

Ibouraïma Yabi (PT)

Comité de Rédaction

Moussa Gibigaye (PT), Eric Tchibozo (PT), Léocadie Odoulami (PT), Ismaïla Toko Imorou (PT), Thiéry Azonhè (PT), Cyr Gervais Eténé (MC), Expédit Vissin (PT), Yves A. Tohozin (PT), Benjamin Allagbé (MC)

Comité Scientifique

Michel Boko (PT, Bénin), Expédit Vissin (PT), Jean Cossi Houndagba (MC), Omer Thomas (MC), Élisabeth Dorier-Apprill (PT, France), Jérôme Aloko (PT, Côte d'Ivoire), Thiou Tchamié (PT, Togo), Brice A. Sinsin (PT, Bénin), Tanga-Pierre Zoungrana (PT, Burkina Faso), Robert Ziavoula (PT, Congo), Benoît N'Bessa (PT, Bénin), Henri K. Motcho (PT, Niger), Christophe Houssou (PT, Bénin), Constant Houndénou (PT, Bénin), Odile Dossou Guèdègbé (PT, Bénin), Placide Clédjo (PT, Bénin), Léon Bani Bio Bigou (PT, Bénin), Edinam Kola (PT, Togo), Antoine Tohozin (PT, Bénin), Yolande Berton-Ofouéme (PT, Congo), Céline Yolande Koffie-Bikpo (PT, IGT, Abidjan),.

Mise en page

Hermann A. Plagbéto (Dr)

Correspondance

Comité de Rédaction de la Revue de Géographie BenGéo

Département de Géographie et Aménagement du Territoire,

01BP526 COTONOU (République du Bénin)

GSM: 0022996159897//95142480

E-mail: dgatflash.uac@gmail.com

TRAFIC AUTOMOBILE, QUALITE DE L'AIR ET RISQUES SANITAIRES DANS LA VILLE DE PARAKOU AU NORD-BENIN

CAR TRAFFIC, AIR QUALITY AND HEALTH RISKS IN THE CITY OF PARAKOU IN NORTHERN BENIN

**FADEGNON Maurice Ayédjo, ALLAGBE Benjamin S.,
BALOUBI M. David, JOHNSON Christan**

*Laboratoire d'Etudes des Dynamiques Urbaines et Régionales (LEDUR), EDP-
ECD, UAC mfadegnon@yahoo.fr, ballagbel@yahoo.fr, d.baloubi@yahoo.fr*

Résumé

La ville de Parakou, un peu plus au nord-Bénin connaît depuis quelques années des problèmes de pollution de l'air liée au trafic automobile dont le flux ne cesse de croître. Ce qui constitue un risque de santé publique, objet de cette étude. Le contrôle technique des gaz d'échappement notamment du monoxyde de carbone (CO), un gaz toxique et potentiellement mortel, effectué sur 713 véhicules à essence révèle que 5,46 % de ces véhicules sont des pollueurs. Ce sont pour la plupart des automobiles sans pots catalytiques, vieilles en moyenne de plus de 15 ans qui utilisent à 69 % de l'essence de la contrebande, une essence de qualité douteuse. Ainsi, le CO rejeté dans l'air ambiant à Parakou présente parfois des valeurs au-delà de la réglementation en vigueur. Ce qui dégrade fortement la qualité de l'air, affecte la santé humaine et constitue un risque de santé publique. En dehors des usagers de la route (automobilistes et motocyclistes), les agents de sécurité, les vendeurs à la sauvette, les vendeurs installés aux abords immédiats des carrefours et les mendiants, qui passent un temps relativement long (8 heures moyenne) aux carrefours sont les plus exposés. Les principaux risques sanitaires qu'ils encourent, à court terme sont les gênes respiratoires, la toux, les irritations des yeux, les crises d'asthme, l'apparition de maladies respiratoires et les irritations des voies respiratoires. A long terme, ils pourront développer des maladies respiratoires représentant environ 5 % des causes en consultation dans cette ville ou cardiovasculaires qui peuvent dans les cas les plus graves conduire à la mort.

Mots clés : Trafic automobile, pollution de l'air, risques sanitaires, Parakou.

Abstract

The city of Parakou, a little further north in Benin, has been experiencing air pollution problems for several years linked to automobile traffic, the flow of which continues to grow. This constitutes a public health risk, the subject of this study. The technical control of exhaust gases, in particular carbon monoxide (CO), a toxic and potentially fatal gas, carried out on 713 gasoline-powered vehicles reveals that 5.46 % of these vehicles are polluters. These are mostly cars without catalytic converters, on average more than 15 years old, which use 69 % contraband gasoline, a gasoline of dubious quality. Thus, the CO released into the ambient air in Parakou sometimes has values beyond the regulations in force. This greatly degrades air quality, affects human health and constitutes a public health risk. Apart from road users (motorists and motorcyclists), security guards, street vendors, vendors located in the immediate vicinity of intersections and beggars, who spend a relatively long time (8 hours on average) at intersections are the most exposed. The main health risks they incur in the short term are respiratory discomfort, coughing, eye irritation, asthma attacks, the onset of respiratory diseases and irritation of the respiratory tract. In the long term, they may develop respiratory illnesses representing about 5 % of the causes in consultation in this city or cardiovascular illnesses which can in the most serious cases lead to death.

Keywords: Car traffic, air pollution, health risks, Parakou.

Introduction

La pollution des villes due au rejet des gaz d'échappement dans l'atmosphère n'est pas un phénomène nouveau. Elle se caractérise par la présence d'épaisses fumées noires sur les axes routiers où la circulation est dense et au niveau des carrefours munis de feux de signalisation. Aujourd'hui, au regard du risque majeur que constitue cette forme pollution en matière de santé publique (Mama *et al.*, 2013) dans les villes africaines au sud du Sahara, elle retient presque toutes les attentions (Botero, 2020) et devient de plus en plus inquiétante (Jones *et al.*, 2016). Bien d'études y ont été consacrées pour non seulement faire l'inventaire des facteurs déterminants de la pollution atmosphérique dans les grands centres urbains mais également évaluer les risques sanitaires subséquents. Qu'il s'agisse des moteurs à essence ou des moteurs diesels, ils demeurent une source importante de pollution atmosphérique (Bahino, 2018). En

2018, l'OMS estime à 7 millions environ le nombre de personnes qui meurent chaque année à cause de l'exposition aux particules fines contenues dans l'air pollué. L'Organisation de Coopération et de Développement Economiques (OCDE) a quant à elle dénombré en 2013, 700 000 décès prématurés liés à la pollution de l'air en Afrique (Roy, 2016). Ces polluants toxiques pour la plupart, pénètrent dans l'organisme humain par voie inhalatoire (Badyda *et al.*, 2013 ; Wang *et al.*, 2013) et peuvent être à l'origine des affections comme les accidents vasculaires cérébraux, les cardiopathies, les cancers du poumon, les bronchopneumopathies chroniques obstructives et les infections respiratoires, notamment la pneumonie, les maladies cardio-respiratoires, l'asthme, les cancers broncho-pulmonaires, la stérilité masculine, etc. (Agodokpessi, 2011 et Lawin *et al.*, 2018). Ils peuvent même pénétrer profondément dans l'organisme et atteindre certains organes comme les organes où s'effectuent les échanges d'oxygénation du sang et les alvéoles (Cachon, 2013 ; Firmin et Billet, 2013). La pollution automobile est donc un danger (Tra et Adou, 2017). De telles situations amènent parfois des autorités municipales à mettre en place des mesures ou politiques parfois contraignantes visant à minimiser ou à contrôler le désastre (Sleiman *et al.*, 2021).

A l'instar des grandes villes ouest-africaines, Parakou, troisième ville à statut particulier (la loi n°98-005 du 15 janvier 1999 portant organisation des communes à statut particulier en République du Bénin) et capitale du nord-Bénin, connaît depuis quelques années, des problèmes de pollution de l'air liés au trafic routier en croissante évolution et plus particulièrement le trafic automobile. La croissance démographique de cette ville (la population de Parakou est passée de 60 915 en 1979 à 255.000 habitants en 2014) qui évolue concomitamment avec le développement des infrastructures et des activités économiques (N'bessa, 1997) a entraîné le renforcement du parc automobile surtout avec la création de l'Université de Parakou qui fait désormais de la cité des Kobourou (autre appellation de la ville de Parakou en lien avec la dynastie royale), une ville universitaire. Du coup la circulation se densifie. Et les autorités municipales sont obligées d'adopter la politique des feux tricolores à certains grands carrefours pour réguler un tant soit peu la circulation. A ces points névralgiques se forment un amas de poussières noires chargées de gaz tels que le dioxyde de carbone (CO₂), le dioxyde de soufre (SO₂),

les oxydes d'azote (NO_x), le benzène, et particulièrement le monoxyde de carbone (CO), un gaz incolore, inodore, toxique et potentiellement mortel. Par le biais de ces gaz d'échappement qu'elles rejettent dans la nature, ces automobiles surtout celles munies de moteur à essence peuvent être des sources importantes de pollution de l'air dans la ville de Parakou. Ce qui pourrait constituer un risque sanitaire en termes de maladies non transmissibles. Flatin et *al.* (2018) avaient déjà identifié la pollution de l'air qui s'est aggravée ces dernières années avec l'augmentation du nombre de véhicules à moteur à Parakou comme un facteur déclencheur de la rhinite allergique (RA). Or, le volume de gaz d'échappement émis en milieu urbain varie en fonction de la densité du trafic. Etudier l'impact du trafic automobile sur la qualité de l'air à certains points névralgiques de la ville de Parakou notamment le carrefour des 3 banques en plein cœur de la ville, le carrefour Al-Houda, un peu plus au nord, le carrefour Hubert Maga à l'entrée sud de la ville et le carrefour Mathieu Kérékou sur la voie de Djougou et examiner les risques sanitaires auxquels sont exposés les usagers de la route, revient à prendre en compte ou à considérer non seulement l'âge de mise en circulation des automobiles, leur flux et la qualité de l'énergie qu'elles utilisent mais aussi à contrôler techniquement le monoxyde de carbone qu'elles émettent et de les comparer à la norme en vigueur au Bénin. Après avoir présenté le cadre de l'étude et décrit l'approche méthodologique, nous présenterons les résultats dans la deuxième section puis suivront l'analyse des résultats et les discussions. Afin d'améliorer la qualité de l'air dans la ville de Parakou, des propositions seront formulées dans la conclusion.

I- Méthodologie

1.1. Présentation du cadre d'étude

Notre étude s'est déroulée dans la ville de Parakou. En dehors de ses caractères commercial, administratif et de transit anciennement reconnu elle est devenue une ville universitaire avec la création de l'Université de Parakou en 2002 et une ville moderne avec la mise en place des infrastructures marchandes, routières (dans le cadre du programme Asphaltage) et hôtelières. Elle est située, plus au nord, au centre de la République du Bénin à 407 kilomètres de Cotonou. La commune de Parakou est limitée au nord par la commune de N'Dali, au sud, à l'est et à l'ouest par la commune de Tchaourou. La cité des

Koburu s'étend sur une superficie de 441 km² soit 0,39 % de la superficie du territoire national. Elle se trouve à 9°20' de latitude nord et à 2°35' de longitude Est (DGAT-MISD, 2001). Elle bénéficie d'un climat tropical humide de type soudanien caractérisé par une saison pluvieuse qui s'étend de mai à octobre et une saison sèche allant de novembre à avril. C'est un nœud de transit situé sur le corridor Cotonou-Niamey (Allagbé, 2017) où beaucoup d'automobiles à quatre (04) roues et plus passent. Terminus de la voie ferrée, Parakou est une ville carrefour en pleine expansion qui dispose de cinq principaux axes routiers donnant accès à la ville. Il s'agit de Cotonou-Parakou, Djougou-Parakou, N'Dali-Parakou, Kabo-Parakou, Pèrèrè-Parakou. Les deux derniers axes sont les seuls à ne pas être bitumés. C'est aussi une ville à statut particulier (les articles 2 et 4 du titre I de la loi n°98-005 du 15 janvier 1999 portant organisation des communes à statut particulier en République du Bénin la consacrent). Elle est constituée de trois (03) arrondissement : 1^{er} arrondissement, 2^{ème} arrondissement et 3^{ème} arrondissement. Sa population est en pleine expansion. Entre 1992 et 2002, cette population est passée de 103577 habitants (RGPH2) à 149819 habitants en 2002 (RGPH3) pour atteindre au dernier recensement de 2013 255478 habitants dont 127 328 hommes et 128 150 femmes (RGPH4). Cette population, selon les projections de l'INSAE pourrait atteindre 513.308 habitants en 2025. Cette croissance démographique est en lien avec l'évolution du parc automobile, aujourd'hui source de rejet de gaz toxiques notamment le monoxyde de carbone dans l'atmosphère. La figure n°1 situe la ville de Parakou avec les grands carrefours ciblés.

1.2. Matériel et méthodes

1.2.1. Données

La présente étude est réalisée suivant une approche méthodologique participative qui tient compte de tous les usagers qui ont une meilleure connaissance et un degré d'analyse du phénomène de pollution de l'air liée au trafic automobile dans la ville de Parakou et plus particulièrement au niveau de ses grands carrefours. Pour bien la mener, plusieurs techniques et outils de collecte de données ont été utilisés. Ainsi les données recueillies sont à la fois qualitatives et quantitatives.

1.2.2. Méthodes d'étude

Il s'agit ici d'une étude descriptive et analytique de type transversale dont l'objectif est de mesurer le taux de concentration du monoxyde de carbone contenu dans la fumée rejetée dans l'atmosphère par les automobilistes et de le comparer aux normes béninoises afin d'en examiner les risques sanitaires. Elle s'est déroulée à la fin de la troisième semaine et au début de la quatrième semaine du mois de mai 2021. Elle prend en compte toutes les catégories d'automobiles à quatre roues et plus dont le poids total est inférieur à 3500 kg (taxis et particuliers ou utilitaires) et supérieur à 3500 kg (poids lourds) et les usagers des carrefours Al-Houda et 3 banques qui ont marqué leur accord. Bien qu'ils soient aussi des sources d'émission de gaz polluants, les véhicules à deux et trois roues notamment les motocycles ne sont pas concernés par cette étude.

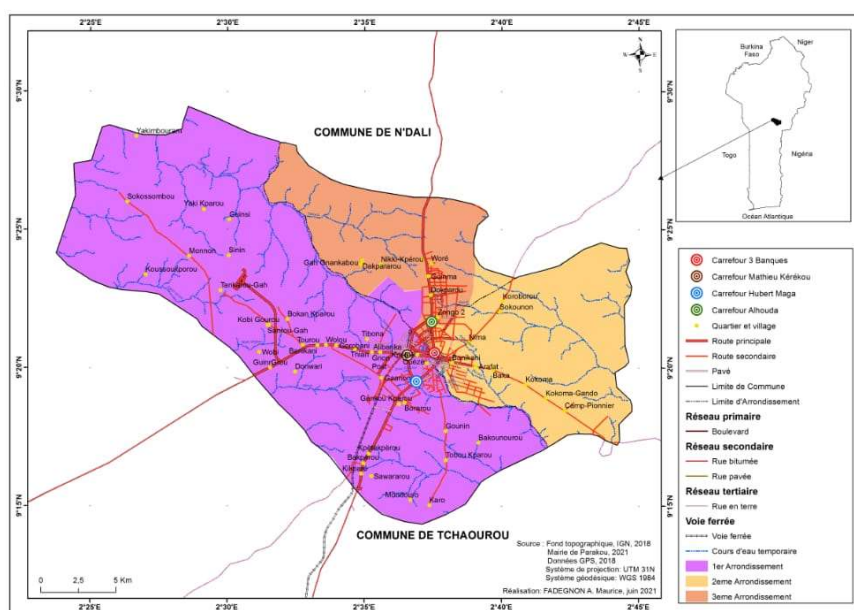


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude (ville de Parakou et ses carrefours ciblés)

La méthodologie utilisée étant basée sur les approches théorique et empirique, elle a consisté à effectuer non seulement de la recherche documentaire avec l'utilisation abondante de la webographie (consultations des publications en ligne) mais aussi des travaux de

terrain notamment l'observation directe, l'enquête par questionnaire, l'entretien individuel et la prise des mesures des différents gaz dont principalement le monoxyde de carbone issus des pots d'échappement (les contrôles techniques).

Pour mieux analyser les risques sanitaires liés à l'exposition à l'air pollué des carrefours, des registres des centres de santé publics et privés ont été également consultés pour voir les affections les plus fréquentes en consultation dans la cité des Koburu.

En ce qui concerne les contrôles techniques, trois campagnes étalées sur deux (02) semaines ont été effectuées à différents endroits caractérisés par de fortes concentrations des automobilistes. Il s'agit de quatre (04) carrefours. Le premier est le carrefour 3 banques où convergent plusieurs axes routiers notamment aéroport-BOA, Dépôt-Orabank, marché arzèkè-tribunal. Le deuxième est le carrefour Al-Houda qui relie les axes routiers : dépôt-Zongo, Ganou-Zongo, Ladjifarani-Zongo et Centre-ville-Zongo. Ces deux carrefours sont munis des feux tricolores. Le troisième est le carrefour Hubert Maga à l'entrée sud de la ville et le dernier est le carrefour Mathieu Kérékou situé non loin de l'usine Coteb sur la route nationale inter-état N°6 (RNIE6). Les deux derniers carrefours ne bénéficient pas de feux tricolores mais sont munis de trafics à sens giratoire. La première campagne s'est déroulée le vendredi 14 mai 2021, la deuxième le lundi 17 mai 2021 et la dernière le mardi 18 mai 2021. Les résultats de la prise des mesures (bilan sur l'état polluant du véhicule par rapport à sa date d'immatriculation et à la législation en vigueur) sont générés automatiquement par l'analyseur de gaz qui a été configuré conformément aux dispositions du chapitre 3 du Décret n°2001-110 du 04 avril 2001 fixant les normes de qualité de l'air en République du Bénin. Cette réglementation fixe la quantité de CO en durée moyenne sur 1 heure à 40 mg/m^3 et sur 8 heures à 10 mg/m^3 . Lorsque les données issues du contrôle technique sont en phase avec les normes en vigueur, les résultats sont « acceptables » ; mais lorsqu'elles sont en déphasage de ces normes, c'est-à-dire au-delà de la valeur guide, les résultats sont « rejetés ». A cet effet, les véhicules sont répertoriés en six (06) catégories (V1 à V6) :

1- Les véhicules mis en service avant le 01/10/86 (V1) : seul le contrôle du CO corrigé au ralenti est à effectuer. La mesure ne doit pas excéder 4,50 % vol.

2- Les véhicules mis en service entre le 02/10/86 et le 31/12/92 et les véhicules utilitaires (communément appelés les véhicules personnels) mis en service entre le 02/10/86 et le 30/09/94 (V2) : seul le contrôle du CO corrigé au ralenti est à effectuer. La mesure ne doit pas excéder 3,50 % vol.

3- Les véhicules catalysés : ils sont obligatoirement équipés de pots catalytiques. Il y a deux catégories :

- Les véhicules catalysés mis en service avant le 02/07/2002 (V3). La mesure limite du CO au ralenti accéléré est 0,30 %vol. La mesure Lambda compris entre 0,97 et 1,03 au ralenti accéléré. La mesure limite du CO au ralenti ne doit excéder 0,50 %vol. A ce niveau pas de contrôle du Lambda au ralenti.
- Les véhicules catalysés mis en service à compter du 02/07/2002 (V4). La mesure limite du CO au ralenti accéléré est 0,20 %vol. La mesure Lambda compris entre 0,97 et 1,03 au ralenti accéléré. La mesure limite du CO au ralenti ne doit excéder 0,30 %vol. A ce niveau pas de contrôle du Lambda au ralenti.

4- Les véhicules catalysés EOBD : Ce sont des véhicules obligatoirement équipés de pots catalytiques et d'une prise EOBD. A ce niveau, le test conjugue premièrement le test EOBD, puis à la suite le test de gaz. Il y a deux (02) catégories :

- Les véhicules catalysés EOBD mis en service avant le 01/07/2002 (V5). La mesure limite du CO au ralenti accéléré est 0,30 %vol. La mesure Lambda compris entre 0,97 et 1,03 au ralenti accéléré. La mesure limite du CO au ralenti ne doit excéder 0,50 %vol. A ce niveau pas de contrôle du Lambda au ralenti.
- Les véhicules catalysés EOBD mis en service à compter du 01/07/2002 (V6). La mesure limite du CO au ralenti accéléré est 0,20 %vol. La mesure Lambda compris entre 0,97 et 1,03 au ralenti accéléré. La mesure limite du CO au ralenti ne doit

excéder 0,30 %vol. A ce niveau pas de contrôle du Lambda au ralenti.

NB : Le ralenti accéléré est compris entre 2500 et 3000 Tours/min.

Lorsque les gaz mesurés sont hors limite, la vérification de l'air ambiant s'il n'est pas pollué est faite et l'on refait un zéro. Au cas où le problème persiste, un ajustage est refait. Mais pour l'O₂ et le NO_x la vérification se fait au niveau de la connectique du capteur.

Quant à l'enquête socio-épidémiologique, elle a été un peu plus longue que le contrôle technique. Elle a duré presque deux mois (du 18 avril au 10 juin 2021) et a été faite sur la base d'un questionnaire ou formulaire rempli sur l'application de collecte de données mobiles KoBo Toolbox (KoBocollect v1.29.3). Elle a pris en compte non seulement les automobilistes inspectés mais aussi les autres usagers. A cet effet, quatre (04) variables essentielles ont été mesurées : l'âge des véhicules, la qualité du carburant utilisé (en lien avec la source d'approvisionnement), la durée de l'exposition au niveau des carrefours (Al-Houda et 3 Banques) munis de feux tricolores et les affections fréquentes en consultation dans les hôpitaux et centres de santé. Certains résultats sont générés automatiquement. D'autres ont été obtenus après traitement des informations collectées au logiciel tableur Excel. Ce qui a permis de présenter les données collectées sous forme de tableaux et de graphiques.

1.2.3. Technique d'échantillonnage et taille de l'échantillon

Pour atteindre les objectifs de cette étude, les pots d'échappement de 713 automobiles utilisant uniquement de l'essence (moteurs à essence) ont fait de façon aléatoire l'objet de contrôle technique au niveau des quatre (04) carrefours retenus. Toutefois, en tenant compte de l'immatriculation des véhicules, aucun d'eux n'a été analysé deux fois. Dans le cadre des enquêtes socio-épidémiologiques, en dehors des 713 automobilistes, 85 autres usagers qui empruntent les rues qui mènent au carrefour Al-Houda et 3 Banques ont été retenus de façon raisonnée pour la collecte desdites informations. Au total, elles sont 798 personnes capables de fournir des informations nécessaires tant qualitatives que quantitatives à être interrogées pour ce volet de l'étude.

1.2.4. Population d'enquête

La population cible concernée par cette enquête est constituée des usagers des principaux axes routiers ciblés. Ces usagers sont principalement composés des motocyclistes, des automobilistes, des vendeurs à la sauvette (vendeurs ambulants) et des commerçants installés aux abords immédiats des carrefours, des agents de sécurité chargés de réguler la circulation (policiers) et de quelques piétons. Des personnes ressources ont été consultées pour mieux cerner l'objet d'étude. Il s'agit des agents de la Direction des services techniques de la mairie, des cadres de la Direction départementale du cadre de vie et du développement durable (DDCVDD) Borgou-Alibori et des agents de santé : médecins cliniciens surtout.

1.2.5. Outils et techniques de collecte des données

Les techniques et outils utilisés pour la collecte des données sont l'entretien individuel réalisé sur la base d'un guide d'entretien, l'enquête par questionnaire, l'observation directe à l'aide d'une grille d'observation surtout par rapport aux comportements des usagers de la route en stationnement au moment où le feu passe au rouge et le contrôle technique (mesure des gaz des pots d'échappement) sur la base d'une fiche qui classe les véhicules cette fois-ci en trois catégories selon la périodicité des visites techniques : trois mois pour les taxis interurbains, six mois pour les poids lourds et un an pour les particuliers ou les utilitaires.

La plupart des informations collectées sur le terrain par le biais de ces outils ci-dessous énumérés ont été complétées par des informations d'ordres général et spécifique et statistiques obtenues au niveau du Centre national de sécurité routière Borgou-Alibori, Atacora-Donga basé à Parakou et de l'Hôpital d'Instruction des armées (HIA) par l'entremise de la consultation des registres médicaux de 2019 à 2020.

1.2.6. Matériels

Plusieurs matériels ont été utilisés parmi lesquels on compte les matériels de terrain : un GPS (pour prendre les coordonnées géographiques des points de prélèvement) ; un appareil photo numérique de marque canon, de résolution 16 mega pixels (pour les prises de vue), un analyseur de gaz de marque CAPELEC (CAP 3201-GAZ V3.30) (pour mesurer les différents gaz qui s'envolent par le pot

d'échappement des automobiles) et quatre tablettes pour la collecte électronique des données.



Photo n°1 : Un exemplaire de l'analyseur de gaz utilisé

Prise de vue : FADEGNON, juin 2021

1.2.7. Traitement des données

A la suite de la collecte des données sur la base de ces techniques et outils prés cités, le dépouillement des fiches d'enquête et de la grille d'observations a été faite de façon manuelle. Notons que les informations quantitatives ont été traitées à l'aide des logiciels Word et Excel Ces logiciels ont également permis de présenter les données collectées sous forme de tableaux de synthèse et de contingence, de faire les représentations graphiques et d'autres calculs à des fins utiles.

1.2.8. Modèle d'analyse

Après le traitement des données, l'analyse des résultats a été faite suivant le modèle PEIR (Pression, Etat, Impacts, Réponse). A l'issue de cette approche méthodologique et de ce modèle d'analyse utilisés, les différents résultats obtenus sont présentés ci-dessous.

II. RESULTATS ET DISCUSSION

2-1 Caractérisation du trafic automobile à Parakou

Difficile d'avoir des données exactes sur le nombre de véhicule en circulation dans la municipalité de Parakou. Le registre à ce niveau, s'il n'est pas mal tenu, c'est qu'il n'existe du tout pas. Cependant, des statistiques recueillies au CNSR Parakou révèlent qu'entre le 1^{er} Janvier et le 31 mars 2021, 4.960 automobiles sont passées au contrôle technique. Pendant les trois jours qu'a duré le contrôle technique, 1061 véhicules toutes catégories confondues ont été recensés. Il s'agit des véhicules à moteur diesel (non pris en compte dans cette étude) et des véhicules à moteur à essence qui ont fait l'objet d'inspection comme l'indique la figure I.

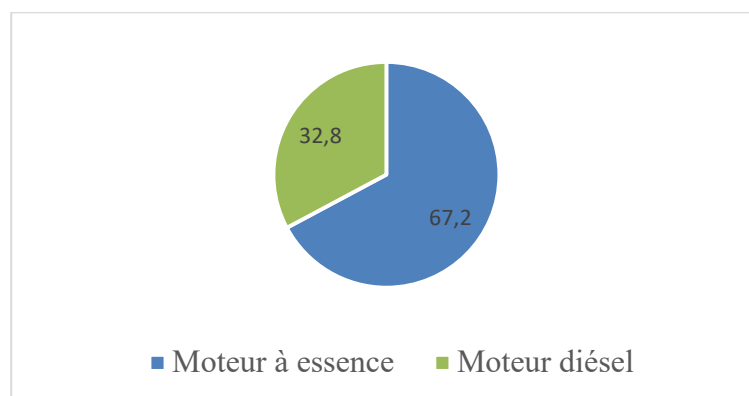


Figure 2 : Répartition des véhicules recensés par catégorie de moteur à Parakou

Source : Résultats d'enquête de terrain, mai 2021

Les véhicules à moteur à essence circulent majoritairement (67,2 %) dans la ville de Parakou malgré son caractère de ville de transit où les moteurs diesels (32,8 %) sont très sollicités. Faute de matériels techniques qui effectuer le contrôle technique au niveau des moteurs diesel, ce sont donc uniquement les véhicules à moteur essence qui sont au cœur de cette étude.

2.2. L'âge des véhicules contrôlés

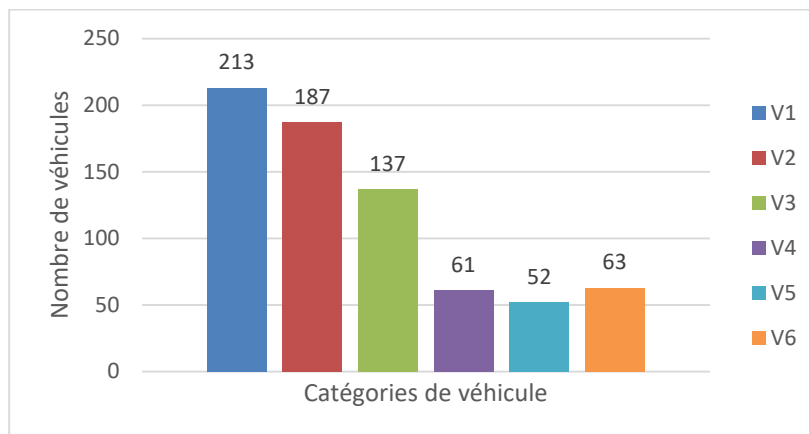


Figure 3 : Répartition des véhicules inspectés (contrôlés) par catégorie

Source : Résultats d'enquêtes de terrain, mai 2021

Les véhicules V1 représentent 29,87 % des automobiles contrôlés, les véhicules V2 26,22 %, les véhicules V3 19,21 %, les véhicules V4 8,55 %, les véhicules V5 7,29 % et les véhicule V6 8,83 %. Sur les artères de la ville de Parakou circulent 56,1 % de véhicules non munis de pots catalytiques. Leurs âges varient entre 35 et 27 ans. Quant à ceux qui en sont munis, ils représentent 43,89 % et sont âgés de 19 ans au plus. Ce sont pour la plupart des « venus de France » c'est-à-dire des véhicules d'occasion. Ceci peut expliquer la forte concentration de CO enregistré au niveau certains véhicules. Les résultats de l'ensemble des véhicules inspectés sont consignés dans le tableau I

2.3. Qualité du carburant utilisé par les automobiles

Les véhicules à moteur à essence qui sillonnent les rues de Parakou utilisent du carburant provenant de deux circuits distincts : le circuit informel et le circuit formel. La figure 4 nous en donne une idée précise.

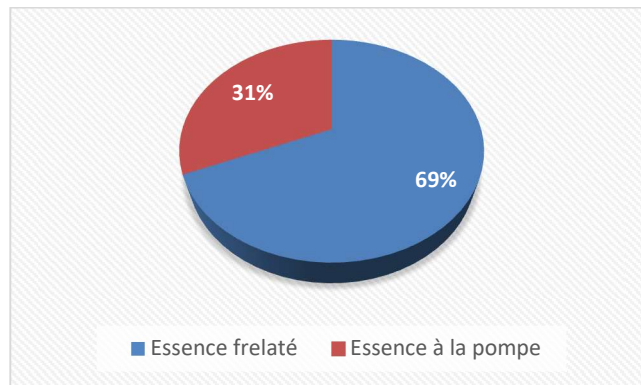


Figure 4 : Répartition des automobiles par qualité de carburant utilisé

Source : Résultats d'enquêtes de terrain, mai 2021

L'analyse de cette figure 4 montre clairement que 69 % des véhicules à moteur à essence (soit 489 véhicules) utilisent de l'essence de la contrebande ; donc de l'essence de qualité douteuse communément appelée « essence kpayo ». Les 31 % restant (soit 224 véhicules) utilisent de l'essence des stations-services. Ce sont pour la plupart des véhicules administratifs et utilitaires. Le carburant de la contrebande est très prisé et utilisés à Parakou par les automobilistes et ceci pour plusieurs facteurs dont notamment :

- la proximité de la ville de Parakou du Nigéria (au plus 70 kilomètres sur l'axe Parakou-Kabo- frontière du Nigéria) qui est l'un des plus gros producteurs de pétrole en Afrique de l'ouest. Au regard de la porosité des frontières, ce carburant produit au Nigéria (pays situé à l'est du Bénin) alimente le circuit informel au Bénin,
- le coût relativement bas de ce carburant en provenance du Nigéria (entre 275 et 400 francs le litre) comparativement à celui servi par les stations-services (entre 500 et 550 francs le litre),
- la disponibilité de ce carburant à tous les coins de rue sauf en temps de pénurie due souvent aux crues du fleuve Okpara et à des mesures répressives prises par les autorités nigérianes. Cette situation pourrait expliquer les concentrations de gaz au niveau des pots d'échappement des automobiles contrôlées à Parakou dans le cadre de la présente étude.



Photo n°2 : Le trafic routier un soir au carrefour Al-Houda à Parakou

Prise de vue : FADEGNON, juin 2021

2.4. Concentration des différents gaz dans les pots d'échappement

Les résultats obtenus après l'analyse des pots d'échappement au niveau des quatre (04) carrefours ont révélé que pour l'ensemble des automobiles soumises au contrôle (713), deux groupes se dégagent. Le premier est constitué des automobiles dont les gaz sont en dessous de la valeur limite ; donc résultats acceptables. Par contre, le second groupe est composé des automobiles rejetées du fait du dépassement des valeurs seuils limites (tableau I) non catalysées, mise en service à compter du 01.10.1986, les concentrations de gaz enregistrées varient entre pour le NOx, entre pour le CO2 et entre pour le SO2.

Tableau I : Résultats des prises de mesures (contrôle technique)

Catégories de véhicule selon la périodicité du contrôle technique									
Date	3 mois		6 mois		1 an		TOTAL		
	Conf	Rej	Conf	Rej	Co nf	Re j	Co nf	R ej	Total
14/05	34	05	45	01	57	02	136	08	144
17/05	92	03	155	04	104	04	351	11	362
18/05	35	04	60	11	92	05	187	20	207
TOTAL	161	12	260	16	253	11	674	39	713

Conf = confirmé ou acceptable, Rej = rejeté

Source : Résultats d'analyse technique, mai 2021

Sur les 713 automobiles inspectées, 5,46 % présentent des taux de concentration en CO au-dessus du seuil fixé par la réglementation béninoise (soit 39 véhicules). Il s'agit bien des véhicules à pots catalytiques et sans pot catalytiques.

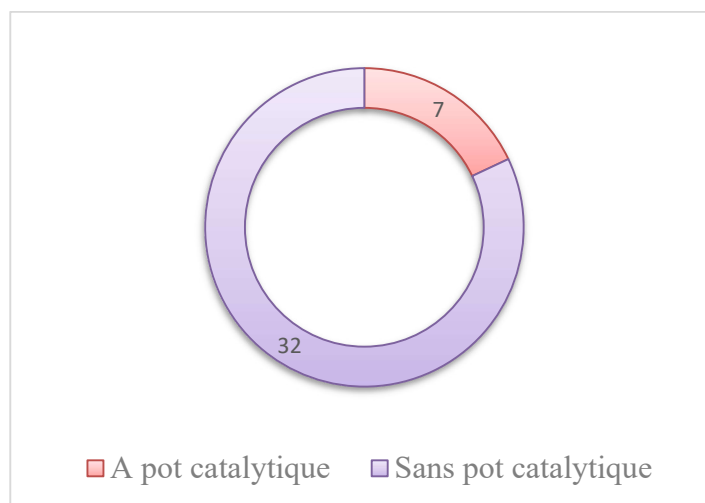


Figure 5 : Répartition des véhicules rejetés selon le pot catalytique

Source : Résultats d'enquêtes de terrain, mai 2021

La figure 5 montre qu'à Parakou, ce sont les véhicules sans pot catalytique qui polluent plus l'air ambiant (82,05 %).

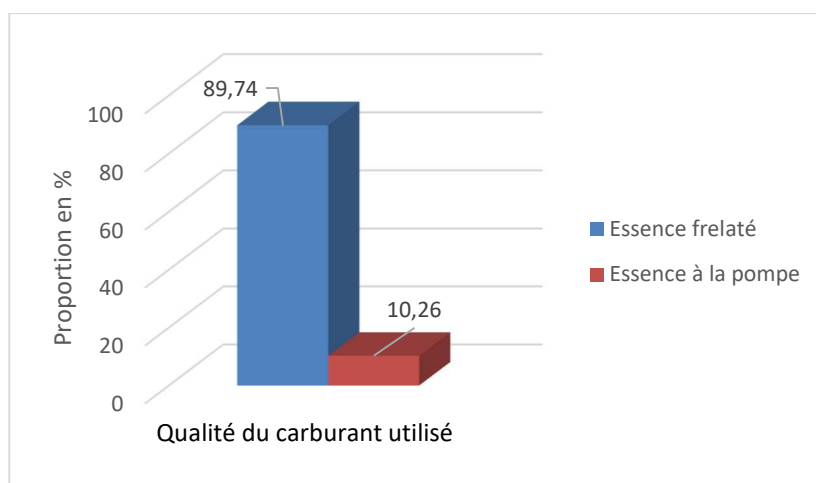


Figure 6 : Répartition des véhicules rejetés selon la qualité du carburant utilisé

Source : Enquêtes de terrain, mai 2021

Ces résultats consignés au niveau de la figure 6 révèlent que 90 % des automobiles rejetées sont utilisatrices de l'essence provenant du circuit informel. Elles donc sont responsables à 90 % de la pollution atmosphérique dans la cité des Kobourou.

2.5. Qualité de l'air

Le bilan de la qualité de l'air à Parakou indique clairement, avec l'émission de substances nocives par les automobiles dans l'atmosphère que la qualité de l'air s'est détériorée ou se détériore de jour en jour. La qualité du carburant utilisé en est l'un des facteurs majeurs. A cela s'ajoute l'âge avancé des automobiles qui pour la plupart sont vieilles de près de 30 ans (depuis leur première date de mise en circulation). Les dépassements des seuils enregistrés au niveau des 25 automobiles rejetées (3,51 %) en sont une illustration parfaite.

2.6. Comportement des usagers face aux gaz d'échappement

Les résultats des observations faites au niveau des carrefours Al-Houda et 3 banques révèlent que les usagers de ces deux carrefours sont allergiques aux gaz d'échappement émis aussi bien par les motocyclistes que les automobilistes. A ces points névralgiques de la ville, la plupart des usagers qui marquent l'arrêt s'ils ne se frottent pas les yeux ou ne se raclent pas les narines les minutes d'après leur stationnement, c'est qu'ils sont soit en train de tousser, d'éternuer ou soit de réajuster leurs masques (mesures préventives mises en place dans le cadre de la lutte contre le COVID 19) pour ne pas inhaler l'air chargé de gaz nocifs et nuisibles. Ces différents gestes observés témoignent combien de fois l'atmosphère à ces différents carrefours est invivable pour les usagers de la route. « Quand nous marquons l'arrêt au feu rouge, l'air que nous respirons nous irrite la gorge et nous donne des picotements aux yeux » a lâché une institutrice motocycliste qui accuse les « gros camions » (selon ses propres termes en parlant des camions poids lourds) d'en être à l'origine.

2.7. Durée de l'exposition et les populations à risques.

La durée de l'exposition à l'air chargé de gaz des pots d'échappement notamment le monoxyde de carbone (CO) au niveau des carrefours, varie en fonction de l'arrivée de chaque usager à ces lieux, du sens de circulation et de l'objet de sa présence en ces lieux.

Ainsi, les motocyclistes et les automobilistes passent en moyenne entre deux feux (rouge et vert) soixante (60) minutes.

Les plus exposés à cette pollution sont les vendeurs à la sauvette et ceux installés aux abords immédiats des carrefours qui passent en moyenne 12 heures de temps (de 8h à 20h), les policiers 12 heures également (de 7h à 19h dans la journée et de 19h à 7h dans la soirée), les mendiants (hommes, femmes et enfants) en moyenne 10 heures (de 8heures à 18 heures)

2.8. Les antécédents médicaux

Tableau II : Répartition des personnes rencontrées au niveau des carrefours de Parakou selon leurs antécédents médicaux

Maladies	Automobilistes en %	Autres usagers en %
Irritation oculaire	13,32	9,41
Gênes respiratoires	7,15	7,05
Cancers (foie, gorge, seins, sang)	0,70	2,35
Asthme	4,48	4,70
Diabète	6,31	5,88
Drépanocytose	4,06	9,41
Troubles digestifs	6,73	4,70
Asthme	6,45	8,23
Irritation des voies respiratoires	12,24	9,41
Paludisme	27,06	27,05
Toux	11,50	11,76

Source : Résultats d'enquête, juin 2021

Ce tableau montre que chez les automobilistes interrogés, il existe d'irritations oculaires (13,32 %), d'irritation des voies respiratoires (12,24) et de toux (11,5 %). Seulement que le paludisme reste le premier antécédent médical avec 27,06 %. Le même constat est fait chez les autres usagers de la route à Parakou : 9,41 % d'irritations oculaires, 9,41 % d'irritation des voies respiratoires et 11,76 % de toux. Le paludisme reste également à ce niveau le premier antécédent médical.

2.9. Fréquence des maladies en consultation

En 2019, d'après les registres de relevés épidémiologiques de l'Hôpital d'Instruction des armées (HIA) dans le 1^{er} arrondissement de Parakou, 6542 consultations ont été enregistrées (consultation non

hospitalisée et hospitalisée) dont 3552 femmes soit 54,29 %. Les maladies de l'appareil respiratoire notamment les affections à des voies supérieures, les maladies chroniques des voies respiratoires inférieures et autres maladies respiratoires représentent 5,79 % dans l'ensemble des causes en consultations. Les hommes sont les plus touchés : 54,08 % et c'est la tranche de 15 ans et plus qui bat le record avec 61,47 % des consultants respiratoires. Les enfants de 0 à 4 ans représentent 25,85 %. Les enfants de 5 à 14 ans sont les moins touchés (12,68 %). Par contre en 2020, même si le taux de consultation (5,13 %) et la tranche d'âge la moins touchée (5 à 14 ans) sont restés presque identique qu'à celui de 2019, ces maladies ont touché plus les femmes (54,22 %) que les hommes (45,78 %) et les enfants de 0 à 4 ans sont les plus touchés (65,06 %). Les automobilistes (4,48 %) et les autres usagers (4,7 %) asthmatiques pourront être plus sensibles à cette forme de pollution.

En outre, si en 2020 aucun décès n'a été enregistré, l'année 2019 a connu elle un cas de décès (une femme de la tranche 15 ans et plus). Même s'il est difficile d'affirmer de but en blanc que ce décès est directement lié à l'inhalation de l'air pollué par le monoxyde carbone, il reste tout de même un indicateur de ce que les maladies respiratoires peuvent être causes de décès à Parakou. Toutefois, le paludisme sous toutes ses formes (simple confirmé, grave et autres) reste la première cause en consultation à l'HIA de Parakou en 2020 (15,15 %).

2.10 Les risques sanitaires liés à l'exposition à l'air pollué

La présence des gaz de façon général et du monoxyde de carbone en particulier dans l'air constitue un risque pour la santé des habitants de Parakou et de ceux qui sont en séjour temporaire à Parakou (quelques semaines voire quelques mois). Les principaux risques sanitaires liés à la pollution de l'air auxquels ils sont exposés sont, à court terme, les gênes respiratoires, la toux, les irritations des yeux, les crises d'asthme, l'apparition de maladies respiratoires, les irritations des voies respiratoires. A long terme, ils pourront développer des maladies respiratoires ou cardiovasculaires qui peuvent dans les cas les plus graves conduire à la mort.

2.11. Discussion

La plupart des études menées sur la qualité de l'air en milieu urbain au Bénin s'effectuent généralement dans les grandes agglomérations du sud-Bénin notamment à Cotonou, Porto-Novo et Abomey-Calavi. Le trafic routier dans ces villes est assez dense avec des bouchons ou engorgements par endroits communément appelés « go slow » qui handicapent la libre circulation des personnes et des biens. La présente étude réalisée à Parakou, l'une des plus grandes agglomérations de la partie septentrionale du Bénin se veut être une étude d'anticipation qui tire la sonnette d'alarme. Les signes de velléité et de nuisance sont déjà perceptibles surtout au niveau des carrefours munis de feux tricolores.

Âge des véhicules

La pollution de l'air ambiant par les gaz d'échappement en milieu urbain est tributaire de l'âge des véhicules qui y circulent. La présente étude révèle que la plupart des véhicules à essence en circulation à Parakou sont des véhicules d'occasion vieux en moyenne d'au moins 10 à 15 ans. En outre, les véhicules à pots catalytiques polluent moins que ceux non catalysés. Ces résultats confirment les résultats auxquels sont parvenus Aihounon Aïkpé F.J. et al. (2015) et Joumard R. (2003) et traduisent bien l'efficacité de la politique anti-pollution mise en œuvre depuis 2004 avec la prise du décret n°2004-710 du 30 décembre 2004 portant obligation d'importer des véhicules automobiles équipés de pots catalytiques.

Qualité du carburant utilisé

Le taux de concentration du monoxyde de carbone rejeté dans l'air par les pots d'échappement des véhicules automobiles à essence varie en fonction de la qualité du carburant. Plus le carburant est de bonne qualité, la teneur en CO de l'air ambiant est faible et s'il est de qualité douteuse, cette teneur en CO de l'air ambiant est élevée. De la même manière, le moteur à essence sans pot catalytique émet dans l'atmosphère plus de CO que le moteur à pot catalytique.

Concentration du CO

Le Monoxyde de carbone est un gaz produit lors de la combustion incomplète du carburant dans les moteurs des véhicules et rejeté dans l'air ambiant. L'environnement de la ville de Parakou garde une forte teneur en ce gaz provenant des gaz d'échappement des automobiles à

essence. Parfois, cette teneur en CO dépasse le seuil fixé par la réglementation en vigueur au Bénin (10 mg/m³). Le rejet de certains véhicules après le contrôle technique dû aux taux de concentration du monoxyde de carbone indique clairement que dans cette partie du nord-Bénin, des véhicules à essence sont des pollueurs. Ces résultats obtenus sont en phase avec ceux auxquels sont parvenus Mama D., et al (2013) dans la ville de Cotonou, capitale économique du Bénin.

Risques sanitaires liés à la mauvaise qualité de l'air

La pollution au monoxyde de carbone de l'air ambiant en milieu urbain à Parakou pose de sérieux problèmes de santé publique. En effet, Fourn L. et Fayomi E.B. (2006) avaient déjà démontré que compte tenu de sa densité, le monoxyde de carbone, au lieu de monter dans l'atmosphère stagne. Ce qui fait qu'il a des impacts évidents sur la santé des usagers de la route à travers la respiration de l'air chargé de ce gaz qui le rend impropre à la consommation. La plupart des maladies qui en découlent sont des maladies respiratoires beaucoup plus manifestes comme l'ont démontré Aihounou Aïkpé F.J. et al (2015) dans leurs études chez les enfants, les personnes âgées, les femmes enceintes et les personnes sensibles comme les asthmatiques.

Conclusion

Sur les artères de la ville de Parakou circulent plus de vieux véhicules d'occasion dont l'âge moyen oscille entre 10 et 15 ans. Ce sont pour la plupart des moteurs qui consomment de l'essence de la contrebande provenant du géant voisin, le Nigéria. Compte tenu de cette situation, ils émettent dans l'atmosphère de la ville de Parakou des gaz en particulier le monoxyde de carbone qui, à des concentrations données, détériorent la qualité de l'air et devient des risques de santé publique. Les usagers de la route (automobilistes et autres usagers) sont exposés à cette pollution à des irritations oculaires et nasales et à des maladies respiratoires et cardiovasculaires. Parakou n'échappe donc pas à la pollution de l'air due aux automobiles même si actuellement les embouteillages encore appelés système de « go slow » ne se font pas encore observés. Si dans un élan pro-activiste des stratégies et plans d'action dans le secteur du trafic routier notamment dans le trafic automobile ne sont pas mises en œuvre, cette ville, qui, pourtant se

présente aujourd'hui comme une ville d'avenir peut se révéler comme une ville à destination dangereuse au regard des risques pour la santé humaine que représente l'air qui y est respiré, du fait de sa pollution par les gaz d'échappement aussi bien des motocyclistes que des automobilistes. A cet effet, priorité doit être donnée à l'application des dispositions du décret n°2004-710 du 30 décembre 2004 portant obligation d'importer des véhicules automobiles équipés de pots catalytiques et à la mise en place d'un service municipal de contrôle et d'hygiène environnemental qui travaillera en étroite collaboration avec le CNSR, la Direction départementale du cadre de vie et la police environnementale dotée de pouvoir répressif comme l'affirmait Agodokpessi (2011).

Remerciements : Nos remerciements vont à l'endroit du Chef d'agence du Centre National de Sécurité Routière M. Hilaire AFFOUKOU et son collaborateur le Chef Division Inspection Périodique des véhicules (C/DIPV) M. Ghislain BOCOVO pour leur appui technique dans la collecte des données notamment la prise des mesures de concentration des gaz d'échappement des moteurs à essence.

Bibliographie

- Agodokpessi, G., Adjobimey, M., Hinson, V., Fayomi, B. (2011).** Pollution atmosphérique et pathologie respiratoire en milieu urbain et tropical à Cotonou, Bénin. *Med Trop*, 71(1) (71), 1-4.
- Ahounou Aïkpé F.J., Avagbo J.M., Gbaguidi M.A., Agbojogbé W.D., Gbénou J.D. et Dansou P.H (2015).** Pollution atmosphérique par émission de gaz d'échappement des véhicules. *J. Rech. Sci. Univ. Lomé (Togo)*, 2015, Série B, 95-101.
- Badyda, A.J., Dabrowiecki, P., Lubinski, W., Czechowski, P.O., Majewski, G. (2013).** Exposure to traffic-related air pollutants as a risk of airway obstruction. *Adv. Exp. Med. Biol.* 755, 35–45.
- Bahino J.** Analyse de la qualité de l'air dans les zones urbaines en Afrique : caractérisation de la pollution gazeuse des espèces

chimiques NO₂, SO₂, HNO₃, NH₃ ET O₃ à Abidjan et Cotonou. Physique Atmosphérique et Océanique [physics.aoph]. Université Félix Houphouët-Boigny, 2018. Français. fftel-02202221f

Botero N. (2020), « La pollution atmosphérique dans les commentaires de la presse en ligne : attribution de responsabilités, culpabilisation et stigmatisation » in SAPIO Giuseppina, BAZIN Maëlle, LAMBERT Frédéric, Stigmatiser. Discours médiatiques et normes sociales, Le Bord de l'eau, Lormont, p. 65-79.

Cachon F.B.A. (2013). Étude de pollution atmosphérique en Afrique Sub-Saharienne : Cas de Cotonou (Bénin) : Caractérisation physicochimique des matières particulaires d'origine urbaine et impact toxicologique sur des cellules épithéliales bronchiques humaines (BEAS-2B) cultivées in vitro. Sciences agricoles. Université du Littoral Côte d'Opale; Université d'Abomey-Calavi (Bénin), 2013.

DGAT-MISD (2001). Atlas monographique des communes du Bénin. Cotonou ; MISD ; pp 8-10.

Firmin S. et Billet S. (2013). Évaluation des risques sanitaires liés à la pollution automobile : études in vitro et in vivo de la neurotoxicité des particules d'échappement diesel Anses Bulletin de veille scientifique n° 21 Santé / Environnement / Travail • Juillet 2013. URL https://bvs.anses.fr/sites/default/files/BVS-mg-021-Firmin_Billet.pdf

Flatin M.-C., Adé S., Hounkpatin S.-H.-R., Ametonou B., Vodouhé U.-B. et Adjibab W., (2018). Symptômes de la rhinite allergique dans Parakou, Bénin : Prévalence, gravité et les facteurs associés. European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases Volume 135, Issue 1, Février 2018, Pages 33-36

Fourn L. et Fayomi E.B. (2006). Pollution atmosphérique en milieu urbain à Cotonou et à Lokossa, Bénin. Bull. Soc. Pathol. Exot., 99 (4), pp. 264-68.

- Jones, S., Tefe, M., Zephaniah, S., Tedla, E., Appiah-Opoku, S., & Walsh, J. (2016).** Public transport and health outcomes in rural sub-Saharan Africa – A synthesis of professional opinion. *Journal of Transport & Health*.
- Joumard R. (2003).** Les enjeux de la pollution de l'air des transports (Actes du 12e colloque international). *Transports et pollution de l'air*, juin 2003, Avignon, France, pp. 233-240.
- Lawin, H., Ayi Fanou, L., Hinson, A. V., Stolbrink, M., Houngbegnon, P., Kedote, N. M., Mortimer, K. (2018).** Health Risks Associated with Occupational Exposure to Ambient Air Pollution in Commercial Drivers: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*, 15(9). doi: 10.3390/ijerph15092039
- Mama D., Dimon B., Aïna M., Adoukpè J., Ahomadégbé J., Pédro Kouanda S. et Moudachirou M. (2013).** Transport urbain au Bénin et pollution atmosphérique : évaluation quantitative de certains polluants chimiques de Cotonou. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7 (1) : 377-86.
- N'BESSA, B. (1997).** Porto-Novo et Cotonou (Bénin) : origine et évolution d'un doublet urbain. Thèse d'Etat ès Lettres. Université de Bordeaux Talence, 456 pages.
- OMS (2018).** Communiqué de presse sur neuf personnes sur 10 respirent un air pollué dans le monde. <https://www.who.int/fr/news/item/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action> (consulté le 15 juin 2021 à 9h35)
- Roy R. (2016).** "The cost of air pollution in Africa", OECD Development Centre Working Papers, OECD Publ. Paris, (333), 56, doi:10. 1787/18151049, 2016.
- Sleiman L., Crifo P. et Schmutz B. (2021)** « Des centres plus verts, des banlieues plus grises ? ». In IPP n°65, mai 2021. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-03225456/document>
- Tra F. et Adou Y.M.C. (2017)** Transport Routier Et Pollution De L'air : Etude De La Conscience Environnementale Des Automobilistes Dans La Commune De Cocody (Abidjan)

Wang, J., Hu, Z., Chen, Y., Chen, Z., Xu, S., (2013). Contamination characteristics and possible sources of PM10 and PM2.5 in different functional areas of Shanghai, China. *Atmos. Environ.* 68, 221–229.