



HAL
open science

PROBLEMATIQUE DE LA DEGRADATION DE LA QUALITE DE L'AIR DANS LA VILLE DE KINSHASA

Rodriguez Yombo Phaka, Holy Holenu Mangenda, Alexis Vuni Simbu, Jules Aloni Komanda, Ruffin Bakambana Ndambi

► To cite this version:

Rodriguez Yombo Phaka, Holy Holenu Mangenda, Alexis Vuni Simbu, Jules Aloni Komanda, Ruffin Bakambana Ndambi. PROBLEMATIQUE DE LA DEGRADATION DE LA QUALITE DE L'AIR DANS LA VILLE DE KINSHASA. 2021. hal-03274352v2

HAL Id: hal-03274352

<https://hal.science/hal-03274352v2>

Preprint submitted on 14 Aug 2021 (v2), last revised 31 Jan 2022 (v6)

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

PROBLEMATIQUE DE LA DEGRADATION DE LA QUALITE DE L'AIR DANS LA VILLE DE KINSHASA

YOMBO PHAKA Rodriguez⁽¹⁾, HOLENU MANGENDA Holy⁽²⁾, VUNI SIMBU Alexis⁽²⁾,
ALONI KOMANDA Jules⁽²⁾, BAKAMBANA NDAMBI Ruffin⁽²⁾

1. *Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Département de Physique, B.P. 190, Kinshasa XI, R.D. Congo*
2. *Université de Kinshasa, Faculté des Sciences, Département des Géosciences, B.P. 190, Kinshasa XI, R.D. Congo*

holyholen@gmail.com, vunitresor@gmail.com, rodriguez2yombe@gmail.com

RESUME

Cette étude porte sur la question de la qualité de l'air dans la ville de Kinshasa, capitale de la République Démocratique du Congo (RDC). Elle est basée sur l'étude de la répartition spatiale des espèces en trace comme le NO₂ et le CO dans cette ville. Les deux espèces ciblées dans cette étude, sont les majeurs contribuant de la dégradation de la qualité de l'air tel que promulgué par l'Organisation Mondiale de la Santé. La surveillance en temps réel de la concentration chimique de ces espèces est fortement recommandée. Les données brutes ont été collectées pendant trois jours, en effectuant des mesures mobiles à bord d'une voiture. La concentration chimique en NO₂ a été prélevée grâce au système DOAS (Differential Optical Absorption Spectroscopy) et sa répartition spatiale a été réalisée grâce aux levés GPS. Les mesures en concentration de NO₂ sont valables sur une distance couvrant un rayon de 1 Km à partir de chaque point de prélèvement. Le résultat de cette étude a montré que les communes de Limete et de la Gombe (tronçon poids lourds) sont beaucoup plus frappées par la pollution en NO₂, suivi des grands carrefours avec des zones d'animation commerciale intense comme à la commune de Mont ngafula (marché Matadi mayo) ou au rond-point Ngaba. La concentration en CO a été prélevée grâce à un capteur LOW Cost, donnant des mesures in situ. L'instrument utilisé étant de faible précision, l'analyse quantitative de CO n'a pas été faite. Néanmoins, le signal de CO a été détecté dans presque toutes les communes de la ville de Kinshasa.

Mots clés : Pollution de l'air ; Qualité de l'air ; Ville de Kinshasa

ABSTRACT

This study addresses the issue of air quality in the city of Kinshasa, capital of the Democratic Republic of Congo. It is based on the study of the spatial distribution of trace species such as NO₂ and CO in the communes of the city. The two species targeted in our study are the major contributors to the degradation of air quality as promulgated by the World Health Organization. Real-time monitoring of the chemical concentration of these species is highly recommended. Raw data were collected over three days, using mobile measurements in a car. The chemical concentration of NO₂ was sampled using the DOAS (Differential Optical Absorption Spectroscopy) system and its spatial distribution was carried out using GPS surveys. The NO₂ concentration measurements are valid over a distance covering a radius of 1 km from each sampling point. The result of our study showed that the commune of Limete and La Gombe (heavy goods vehicle road) are much more affected by NO₂ pollution, followed by large crossroads with areas of intense commercial activity such as the commune of Mont ngafula (Matadi mayo market) or the Ngaba traffic circle. The CO concentration was sampled using a LOW Cost sensor, giving in situ measurements. The instrument used being of low precision, the quantitative analysis of CO was not done. Nevertheless, the CO signal was detected in almost all communes of the city of Kinshasa.

Keywords: Air pollution; Air quality; Kinshasa city

1. INTRODUCTION

Tout comme l'eau et le sol, l'air est un élément essentiel et vital pour tout être vivant (Vennin, A. 2000). La question de sa qualité est d'une importance planétaire, mais en Afrique cette question est peu ou pas du tout abordée, or d'après l'Organisation Mondiale de la Santé « OMS », la pollution de l'air est à l'origine de près de 200.000 décès chaque année en Afrique (WHO, 2016). Si cette question sur la dégradation de la qualité de l'air reste pendante, le continent Africain atteindrait 600.000 décès, en 2050. D'après la dernière base de données sur la qualité de l'air en milieu urbain, 98% des villes de plus de 100 000 habitants dans les pays à faible revenu ne respectent pas les lignes directrices de l'OMS relatives à la qualité de l'air (WHO, 2019).

Les lignes directrices de l'OMS en rapport avec la qualité de l'air sont basées sur le contrôle et la surveillance en temps réel de la concentration chimique des polluants comme les particules matières (PM), l'ozone (O₃), le dioxyde d'azote (NO₂), le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde de soufre (SO₂), le plomb (Pb) et autres. Les teneurs en concentrations de ces polluants de l'air sont règlementés et publiés chaque année dans les différents rapports de l'OMS. La concentration annuelle de NO₂ ne doit pas dépassée la valeur de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO, 2006) et l'exposition à des longues durées à ce seuil, conduit aux maladies respiratoires et cardiovasculaires. La norme pour l'Union européen est fixée à 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, pour les particules fines de diamètre inférieur à 10 microns (PM₁₀) en moyenne annuelle et 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, à ne pas dépasser sur 24 heures. Les normes pour le NO₂ sont identiques quels que soient les pays, cependant la différence dans les valeurs limites de PM₁₀ dans l'air peut être très importante selon les pays pris en compte. Ces polluants de l'air ont plusieurs sources d'émissions, à l'exemple du trafic routier intense et les feux des biomasses comme principales sources d'émission du NO₂ et des PM.

Kinshasa, capitale de la République Démocratique du Congo « RDC », ville de près de 12 millions d'habitants (UN, 2016), est aussi fortement frappée par la pollution de l'air comme le signale les rapports de l'OMS (WHO, 2019). Dans cette ville, on estime que la pollution de l'air dépasse parfois le seuil toléré par OMS, pendant les heures de grand trafic automobile et le soir au coucher du soleil. En 2016, le rapport de l'OMS indique qu'il circule dans l'air de Kinshasa, 63,2 microgrammes par mètre cube des particules fines (PM 2,5) dangereuses pour la santé c'est-à-dire 6 fois le seuil annuel recommandé dans une ville (WHO, 2019). On trouve aussi à Kinshasa plusieurs phénomènes confirmant la présence des sources d'émissions de polluant de l'air. On trouve par exemple un trafic routier intense dans la ville de

Kinshasa, avec presque 90% des vieux véhicules en mauvais état, ne disposant pas même de pot catalytique ni d'autres dispositifs d'épuration de gaz. Et ces véhicules utilisent de l'essence produite par la compagnie nationale de raffinage (CORAF) avec une teneur en plomb égale à 0,10 g/l, or il n'existe pas de seuil au-dessous duquel l'exposition au plomb n'aurait pas d'effets nocifs (WHO, 2019).

Le phénomène de la dégradation de la qualité de l'air jusqu'ici fait peu d'attention et des chercheurs et d'autorités dans la ville de Kinshasa. La population locale ignore complètement les conséquences sanitaires dues aux émissions des espèces polluantes. Le pouvoir publique ne prend presque aucune décision allant dans le sens de freiner ce fléau qui pourtant a un impact négatif dans la santé de la population et sur l'environnement. La ville ne dispose même pas d'une stratégie de collectes des données en rapport avec la pollution de l'air. Or, la gestion d'un problème comme celui de la pollution de l'air passe obligatoirement par une bonne connaissance du phénomène qui, selon les régions, varie. Cette connaissance passe par une collecte de données, lesquelles seront utilisées principalement pour mener des études, qui par la suite serviront dans le domaine de la prévention et de la gestion des épisodes de pics de pollutions (Yombo, 2018).

II. MATERIELS ET METHODES

II.1. Description du milieu d'étude

La ville de Kinshasa a aujourd'hui la forme d'une tortue géante dont la tête constitue la partie urbanisée comprenant 22 communes avec une superficie totale est de 590 km² qui représente seulement 6% de la superficie globale. Les 94% qui restent du corps représentent les deux communes urbano-rurales lesquelles s'étendent sur environ 9375 km². Il s'agit de N'sele et Maluku plus une partie de la commune du Mont Ngafula, dans sa moitié Sud (Yina, 2016). Elle est située entre 4°00' et 5°00' de latitude sud et entre 15°00' et 15°30' de longitude est avec (Elle est bornée) au nord le fleuve Congo et le territoire de Mushie, au nord-est par les territoires de Bagata et de Kenge, au sud les territoires de Popokabaka, Kimvula et Madimba, et à l'ouest le territoire de Kasangulu (Figure 1).

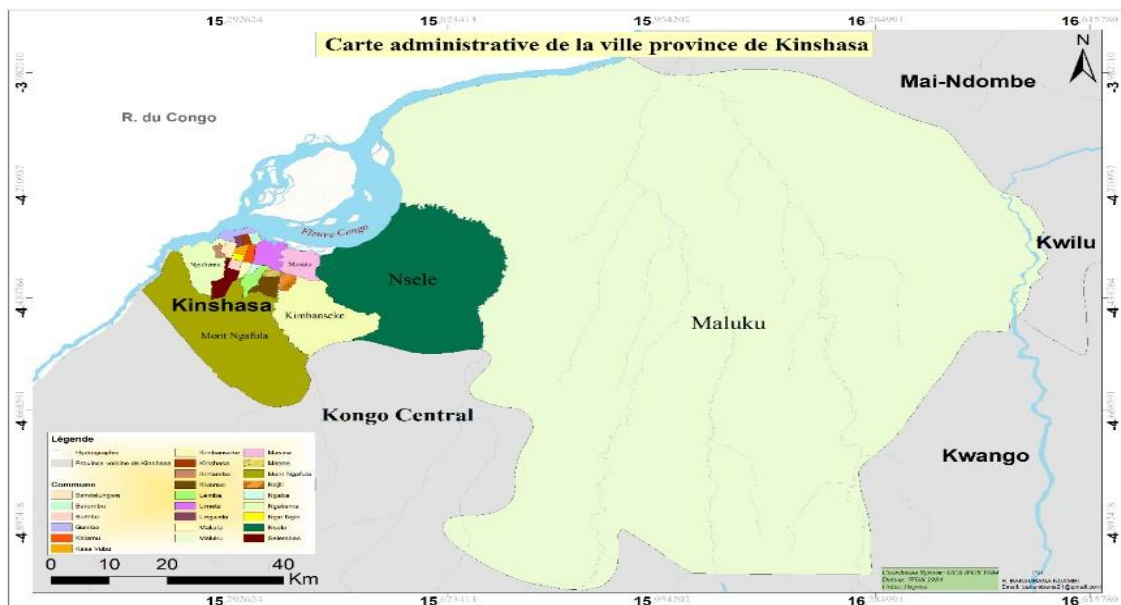


Figure 1 : Carte administrative de la ville de Kinshasa

II.2. Méthodologie

a. Expérimentation et description des matériels

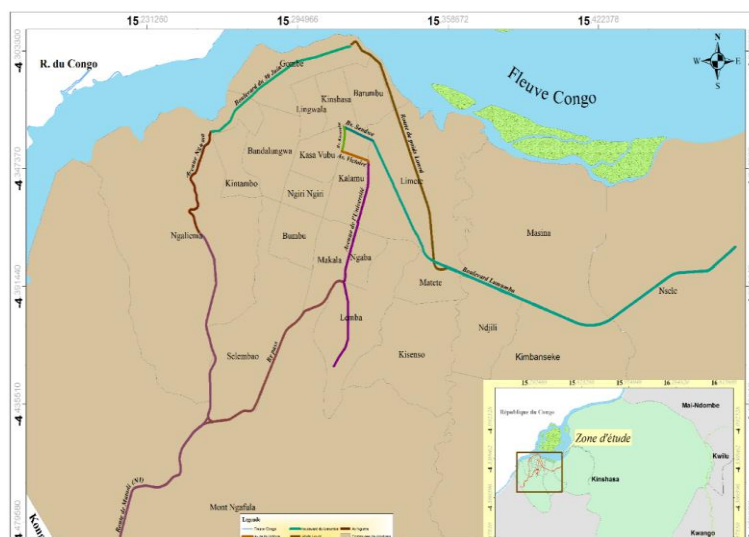


Figure 2 : itinéraires parcourus pour la prise des mesures mobiles

Les mesures de la concentration de NO₂ ont été effectuées dans la ville de Kinshasa pendant 2 jours du mois de Novembre 2019 et 1 jour du mois de février 2020 : 14 Novembre, 16 Novembre et 6 Février 2020 et 1 jour de mesures du CO effectué le 20 Novembre 2019. Les mesures ont été faites à bord d'une voiture selon l'itinéraire montré sur la figure 9 et décrit dans le tableau 1.

Table 1 : Coordonnées temporelles et spatiales de la zone d'expérimentation

Jour	Intervalle de temps	Distance parcourue	Itinéraires et communes traversées
14 novembre 2019	9h-16h	500 km	UniKin (4.41°S, 15.31°E) Kasangulu () Kitambo Magasin Gare centrale Kinkole ()
16 novembre 2019	9h-16h	500 km	UniKin (4.41°S, 15.31°E) Kasangulu () Kitambo Magasin Gare centrale Kinkole ()
19 novembre 2019	9h-16h	500 km	UniKin (4.41°S, 15.31°E) Kasangulu () Kitambo Magasin Gare centrale Kinkole ()

Le dispositif expérimental utilisé dans la prise de mesure est basé sur un spectromètre UV-VIS, un GPS, une fibre optique orientée au zénith et un ordinateur assurant le fonctionnement de tout le système et la sauvegarde des données mesurées chaque minute (figure 3). Les équipements sont placés à bord d'une voiture permettant de faire les mesures mobiles. Le spectromètre UV-VIS est un spectromètre AVANTES qui couvre la gamme spectrale 290 - 450 nm avec 0.7 nm de résolution. Ce spectromètre est de type Czerny-Turner avec une focale de 150 mm, une fente d'entrée de 50 µm de largeur, et un réseau de 1200 l/mm. Ce type de spectromètre a été choisi pour sa gamme de longueurs d'onde qui correspond à la signature spectrale des gaz qui intéressent l'étude. Le spectromètre est directement connecté à un ordinateur qui contrôle l'acquisition et l'enregistrement des spectres. Avec ce système automatisé, nous pouvons enregistrer les données chaque minute.



Figure 3. Le spectromètre AVANTES ULS2048XL-USB utilisé dans la prise des mesures. Connexion PC-spectromètre (a), connexion Fibre-spectromètre (b)

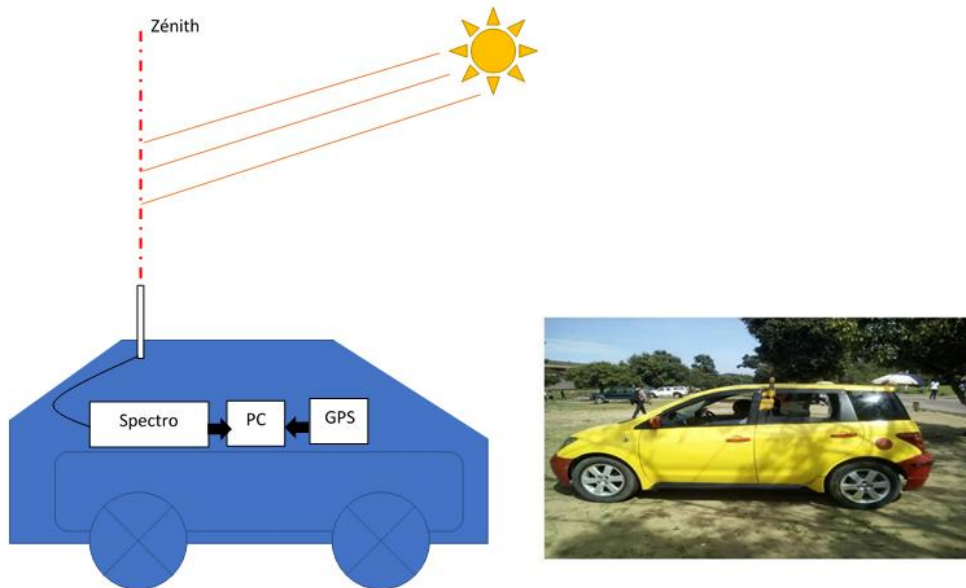


Figure 4. Système mobile utilisé dans nos mesures

b. Détermination de la concentration de NO_2

Pour avoir les quantités ou la concentration des différents polluants chimiques recherchés, mesurés à partir des données brutes enregistrées, nous avons utilisé le logiciel QDOAS. Le programme QDOAS (Fayt et al., 2011), développé à l'Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique (IASB), procède à un ajustement par moindres carrés multilinéaires permettant de déterminer les colonnes obliques de chaque espèce absorbant le long du trajet optique (Danckaert et al. 2017). Les paramètres de configuration du logiciel QDOAS pour l'analyse de NO_2 sont celles exploitées aussi dans (Yombo et al., 2021).

Le logiciel QDOAS, exploite les équations de la spectroscopie d'absorption différentielle (DOAS : (Differential Optical Absorption Spectroscopy) qui est basée sur la loi de Beer-Lambert (figure 5). D'après cette loi, il existe une relation linéaire entre le coefficient d'absorption d'un signal lumineux qui traverse une cuve (un espace) et la concentration de l'espèce chimique absorbante que contient la cuve. Comme chaque type de molécule et chaque gaz dispose de sa propre signature spectrale d'absorption optique, sorte d'empreinte digitale, il est possible de les identifier et d'en déterminer la concentration. Cette loi établit une relation entre la quantité de lumière absorbée par les molécules et le nombre de molécules présente dans le champ lumineux selon la relation (1).

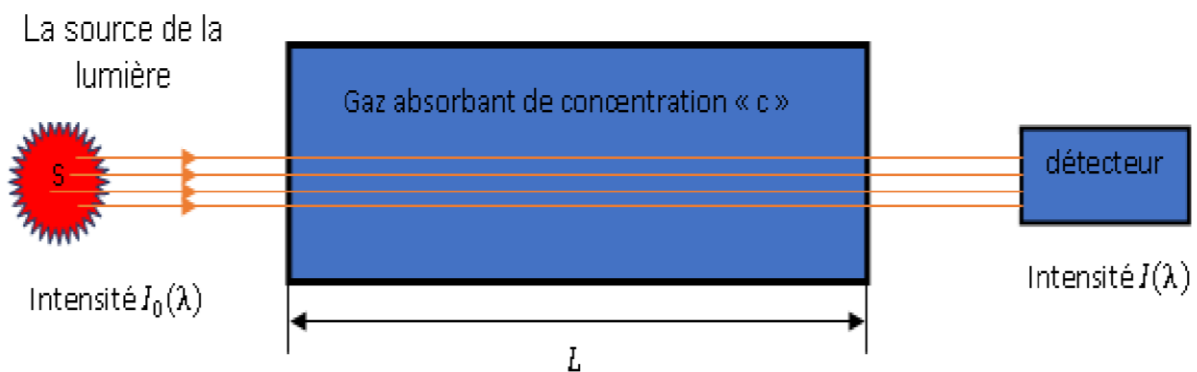


Figure 5. Illustration de la loi de Beer-Lambert (Yombo et al, 2019).

$$C.L = \frac{\ln \left[\frac{I_0(\lambda)}{I(\lambda)} \right]}{\sigma(\lambda)} = \frac{D(\lambda)}{\sigma(\lambda)} \quad (1)$$

Où $I_0(\lambda)$ est l'intensité initiale, $I(\lambda)$ est l'intensité de la radiation après passage à travers une épaisseur L d'un absorbeur de concentration uniforme c , $\sigma(\lambda)$ est la section efficace de cet absorbeur. Si la longueur du chemin optique L est connue, on peut calculer la concentration c de l'espèce moléculaire le long du chemin optique.

Il est à rappeler que dans le cas de l'atmosphère il y a plusieurs espèces présentes absorbantes, la loi de Beer Lambert tel que réellement exploitée dans QDOAS est donc modifiée, pour prendre en compte toutes les conditions physico-chimiques de l'atmosphère. La technique d'analyse est développée de façon approfondie par Danckaert et al. (2017). L'analyse DOAS nous fournit donc des colonnes obliques (en anglais, SCD pour Slant Column Density): la concentration de gaz intégrée sur le trajet dans l'atmosphère. La colonne oblique dépend donc de la longueur du chemin parcouru, de la géométrie d'observation et des conditions météorologiques (plus ou moins de diffusion selon la couverture nuageuse). On veut en dériver la colonne verticale (VCD pour Vertical Column Density), qui est la concentration de gaz intégrée sur un chemin vertical à travers l'atmosphère. La colonne verticale ne dépend plus du trajet des photons, ni de la géométrie d'observation et est donc la même pour toutes les élévations ; elle peut donc être comparée à d'autres mesures. On définit le facteur de proportionnalité entre SCD et VCD, par un facteur de masse d'air (AMF : Air Mass Factor):

$$VCD = \frac{SCD}{AMF} \quad (2)$$

Dans notre étude, nous avons donc exploitée l'équation (2) pour extraire les colonnes verticales troposphériques de NO_2 dans les mesures mobiles effectuées dans la ville de Kinshasa. Un algorithme a été donc développé, résolvant l'équation (2) dans l'objectif d'extraire l'information de la concentration verticale troposphérique de NO_2 . Cet algorithme est directement inspiré des recherches menées par Yombo et al., 2021.

Le Global Positioning System (GPS) a servi à la localisation du site, de même qu'un décamètre, une boussole, un carnet de terrain. Les logiciels de cartographie Arcgis, Arcmap, Qgis, et de traitement de textes (MS Word) et de Graphiques (Excel) ont été utilisés. Pour les mesures de CO, nous avons utilisé un capteur chimique lowcost.

III. RESULTATS ET DISCUSSION

La figure 6 montre les différentes valeurs de NO_2 mesurée le 16 novembre 2019 dans la partie ouest de la ville de Kinshasa.

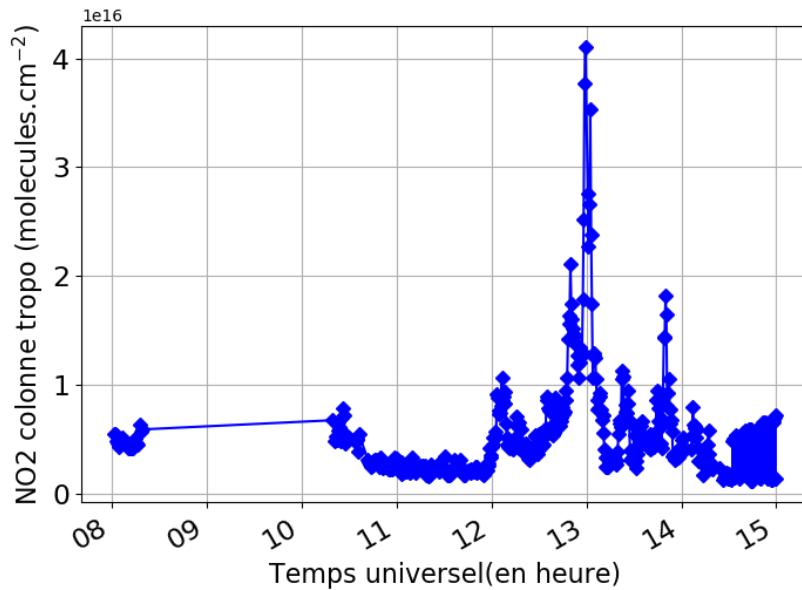


Figure 6. Concentration de NO_2 mesurée dans les communes de la ville de Kinshasa le 16 novembre 2019 entre 8h et 15h.

La figure 6 montre les concentrations du NO_2 troposphérique dérivé des mesures mobile du 16 novembre 2019 en fonction des points de mesure montrent que le premier pic de NO_2 a été enregistré au rond-point Ngaba (figure 6), un carrefour caractérisé par un trafic routier intense (figure III.15). Le même comportement a été observé dans tous les autres carrefours de la ville de Kinshasa. Le pic le plus marquant a été enregistré aux alentours de Kingabwa entre 12h et 13h.

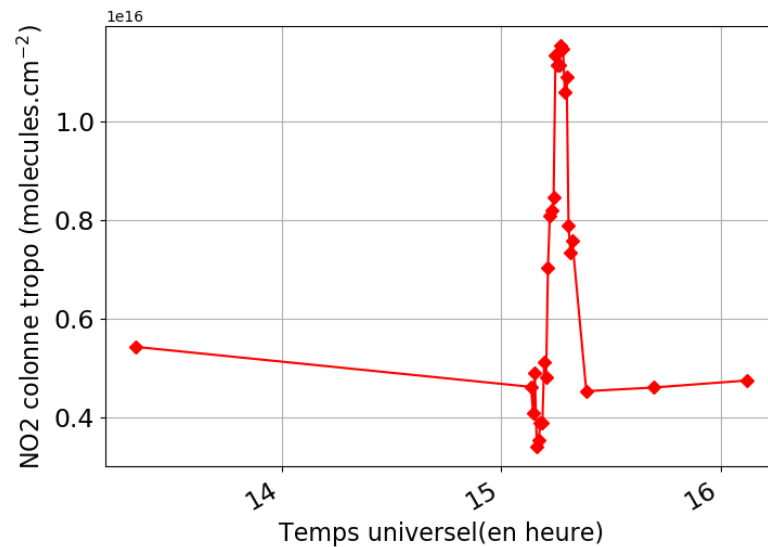


Figure 7. Concentration de NO_2 mesurée dans la commune de Masina à Pascal le 14 novembre 2019 entre 13h et 17h30 UT.

Le 14 novembre 2019, nous avons aussi effectué des mesures dans la commune de Limete, quartier industriel. La présence des industries dans cette zone nous a motivé de faire les mesures statiques pour essayer de comprendre l'impact de la présence des activités industrielles dans la chaîne d'émission des polluants de l'air à Kinshasa. Les résultats montrés sur les figures 7 et 8 attestent qu'il y a bien une forte émission de NO₂ dans cette zone. Les valeurs les plus élevées observées dans cette zone industrielle sont parfois 4 fois supérieures à celles observées dans les autres coins de la ville.

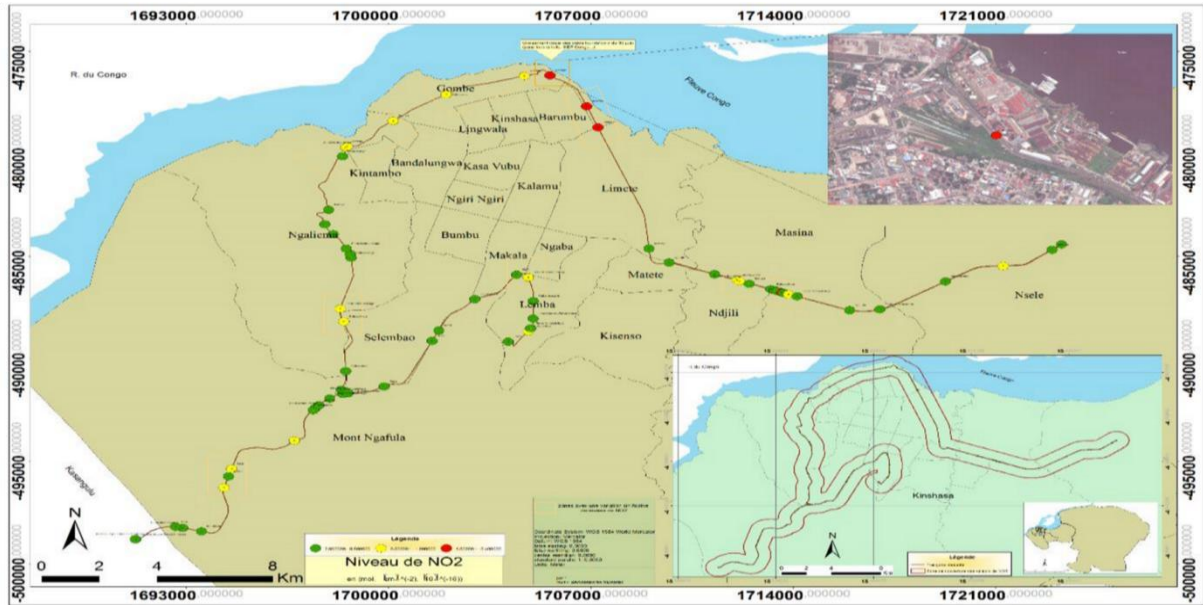


Figure 8. Cartographie de la concentration en dioxyde d'azote à Kinshasa.

La figure 9 montre la distribution spatiale de NO₂ qu'enregistrée et plotée dans la figure III.11. L'analyse cartographique de la concentration de l'air de Kinshasa en dioxyde d'azote nous montre quatre zones dont les zones les plus susceptibles sont en rouge. Ces zones en jaune représentent la présence du trafic intense.

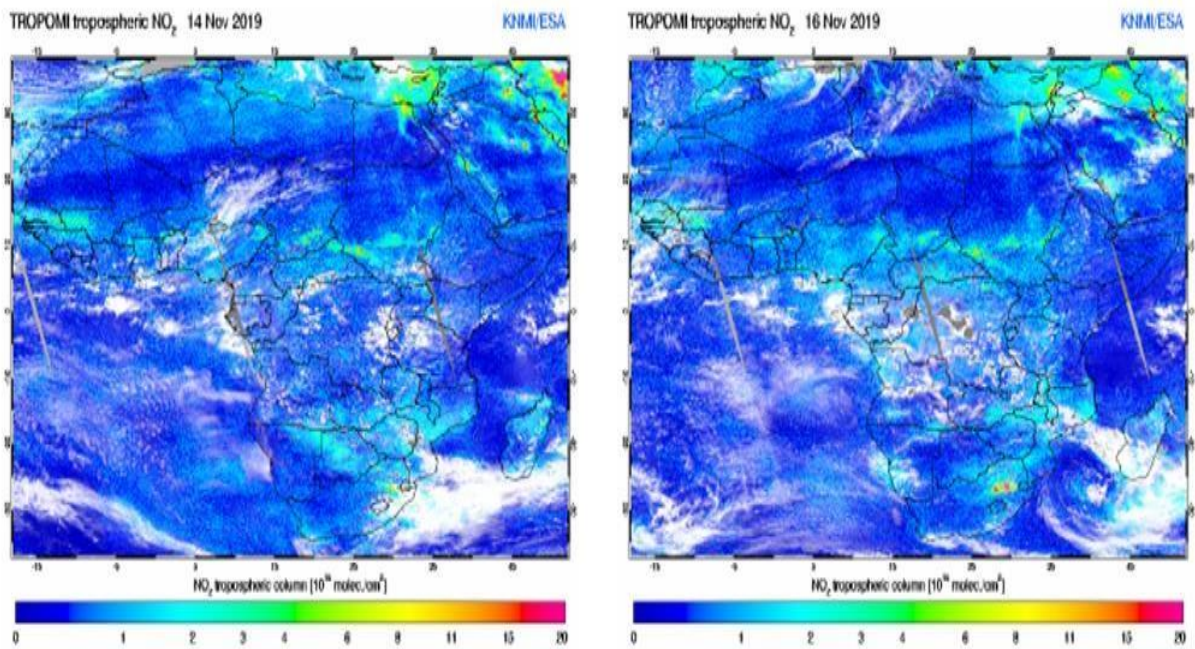


Figure 9. Mesure de la concentration en dioxyde d'azote le 14 et 16 novembre 2019 par l'ESA.

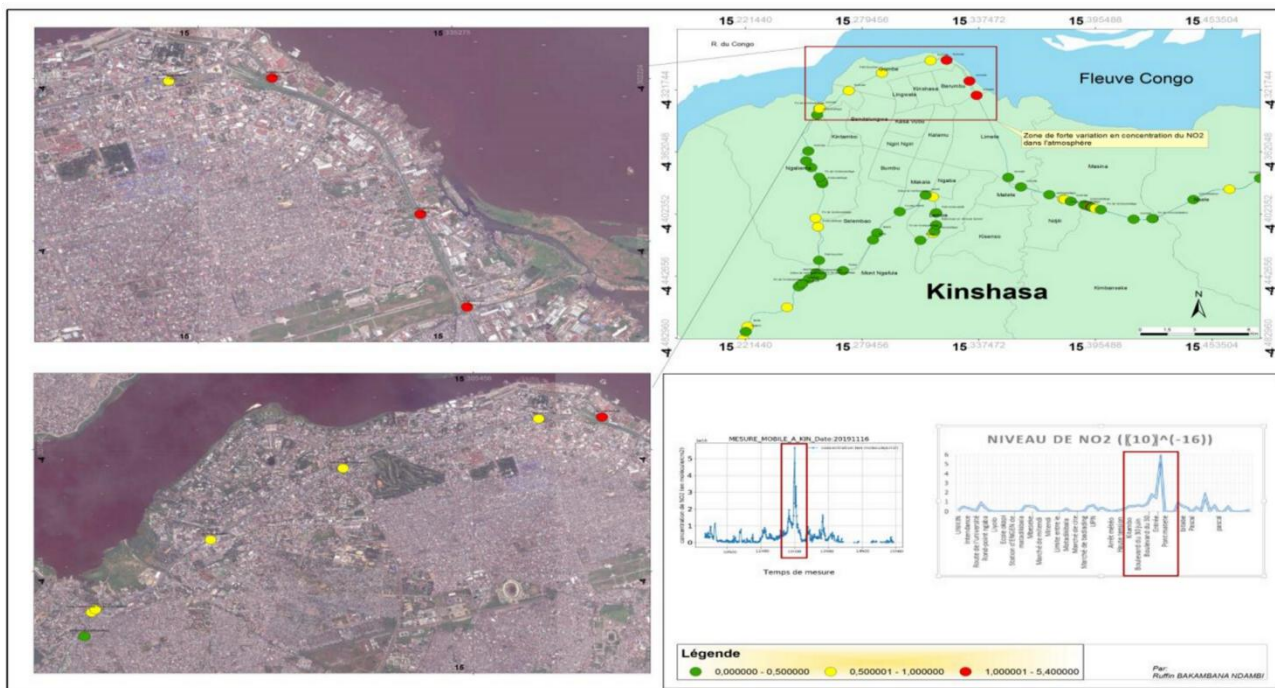


Figure 10. Zone à forte concentration en dioxyde d'azote à Kinshasa

Outre les mesures faites sur le NO_2 , nous avons aussi effectué des mesures sur le monoxyde de carbone (CO) qui est l'une des espèces influençant la qualité de l'air. L'instrument utilisé pour ces mesures étant peu sensible, nous n'avons pas produit un résultat quantitatif du CO cependant (figure 2 montre la signature spectrale du CO démontrant bien la présence de cette espèce dans la ville de Kinshasa. Pour collecter les données, plusieurs descentes sur le terrain ont été nécessaires en utilisant le spectromètre. Embarqué et placé dans un carton afin d'éviter l'exposition aux poussières et à la chaleur au cours de mesures (figure 2) l'itinéraire avait connu comme point départ jusqu'à l'aéroport de N'djili comme point d'arrivée à la destination.

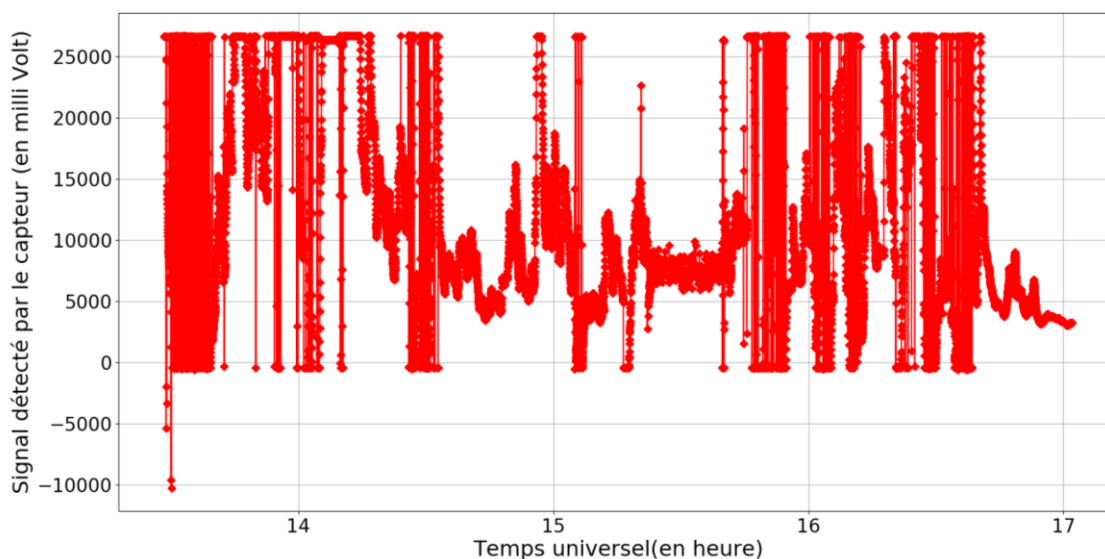


Figure 11. Détection du signal de NO_2 dans la ville de Kinshasa, à l'aide d'un capteur électrochimique lowcost

Le suivi de la pollution de l'air est une pratique bien établie dans les pays développés, des stations fixes mesurent en continu la qualité de l'air, priorisant les polluants réglementés, c'est-à-dire ceux pour lesquels des valeurs-limites d'exposition ont été définies. Par-contre en République Démocratique du Congo en générale et à Kinshasa en particulier, la question sur la qualité de l'air n'est pas au centre de nos politiques environnementales. La problématique sur la pollution de l'air dans la capitale Congolaise demeure méconnue.

Plusieurs études récentes montrent que la ville de Kinshasa est fortement frappée par la pollution de l'air. Les derniers rapports de l'OMS indiquent qu'il circule dans l'air de Kinshasa des particules fines dangereuses pour la santé (WHO 2016, 2017, 2018, 2019). Dans la figure 13, nous montrons l'évolution de la répartition de PM2.5 tel que promulgué par l'OMS depuis 2016. Yombo et al, (2018) a montré la ville de Kinshasa est aussi frappée par la pollution en dioxyde d'azote, en formaldéhyde et en aérosols. (Yombo et al 2018; Katoto et al, (2020). Cette pollution est vue depuis le satellite depuis 2010 jusqu'aujourd'hui comme on peut le voir sur la figure 14.

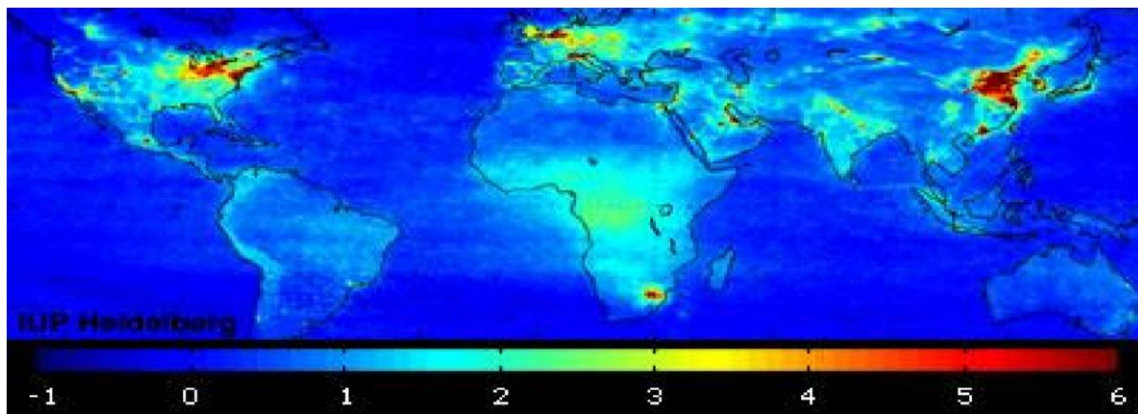


Figure 12. La présence de NO_2 sur la zone de Kinshasa, mesures faites avec le satellite OMI Niveau de NO_2 en (mol/cm^2).

La présence de cette pollution peut être directement liée aux multiples sources d'émissions existantes à Kinshasa et aussi dans ses alentours. Parmi ces sources, on compte la présence de la forêt dense située loin de la ville de Kinshasa, comme on peut le voir sur la figure 14. Pendant la saison sèche, les paysans habitant les alentours de Kinshasa brûlent la forêt dans le but soit de produire soit le charbon de bois utilisé pour la cuisson des aliments soit pour la préparation de champs d'agriculture (voir figure 14).



Figure 13. Forêt tropicales d'Afrique centrale

Parmi les sources d'émissions des pollutions observées, on peut citer aussi le trafic routier intense dans la ville de Kinshasa. Ce trafic est non seulement intense mais aussi caractérisé par une forte présence des véhicules vétustes des occasions d'Europe en mauvais état, dégageant une fumée en pleine circulation.



Figure 14. Véhicules fumant en circulation à Kinshasa

Le secteur des transports est aujourd'hui le premier responsable d'émission de gaz à effet de serre. L'impact négatif des carburants sur le réchauffement climatique et sur la qualité de l'air est en effet connu depuis longtemps. Dès 1983, l'organisation mondiale de la santé avait publié un rapport¹ établissant ce fait. Aujourd'hui, les véhicules thermiques émettent en moyenne moins de CO₂ qu'il y a vingt ans, qu'ils fonctionnent à l'essence ou au gazole. La combustion des moteurs des véhicules automobiles provoque également des émissions de dioxyde d'azote (NO₂), responsable de maladies cardiaques et vasculaires. Selon l'OMS, à des concentrations dépassant 200 µg/m³, sur de courtes durées, le NO₂ entraîne une inflammation importante des voies respiratoires. C'est en outre le principal agent responsable de la formation des aérosols de nitrates, qui représentent une proportion importante des PM_{2.5} et d'ozone, en présence de rayons ultraviolets.

Au niveau mondial, selon les estimations de l’OMS publiées en mars 2014, près de 7 millions¹ de personnes sont décédées prématurément en 2012 une sur huit du fait de l’exposition à la pollution de l’air intérieur comme extérieur, dont 3,7 millions à cause des sources urbaines et rurales de pollution extérieure. Ces chiffres correspondent au double des estimations de l’année précédente. Ce sont les pays à revenu faible ou intermédiaire en Asie du Sud-Est et dans la région OMS du Pacifique occidental qui subissent la charge la plus lourde liée à la pollution de l’air en 2012, avec un total de 2,6 millions de décès prématurés liés à la pollution extérieure¹, soit 88 % du nombre global de décès prématurés.

Evaluations publiée par l’Organisation mondiale de la santé en mars 2014 comporte une ventilation des décès attribués à ces maladies, indiquent que la grande majorité des décès liés à la pollution atmosphérique sont des maladies cardiovasculaires selon les propositions suivantes :

Décès dus à la pollution extérieure :

- 40 % cardiopathies ischémiques ;
- 40 % accident vasculaire cérébral ;
- 11 % bronchopneumopathies chroniques obstructives (BPCO) ;
- 6 % cancer du poumon ;
- 3 % infections aiguës des voies respiratoires inférieures chez l’enfant.

Décès dus à la pollution intérieure :

- ✓ 34 % - accident vasculaire cérébral ;
- ✓ 26 % - cardiopathies ischémiques ;
- ✓ 22 % - bronchopneumopathies chroniques obstructives ;
- ✓ 12 % - infections aiguës des voies respiratoires inférieures chez l’enfant ; □ 6 % - cancer du poumon.

CONCLUSION

La pollution de l'air tue. C'est un constat aujourd'hui largement accepté, au-delà de quelques invincibles scepticismes, mais qui en rejoignent d'autres, comme en ce qui concerne le réchauffement climatique par exemple. Les études se suivent et les résultats se ressemblent. Car, si l'on sait aujourd'hui que la pollution a un impact sur la santé humaine, ce que l'on ignore en revanche, c'est l'ampleur de cet impact, l'étendue des dégâts, qui enquête après enquête, au fil de l'évolution des techniques d'investigation et de l'amélioration des analyses et des mesures scientifiques, s'avère de plus en plus importante. La prise de conscience récente du problème ancien que constitue la pollution de l'air, qu'elle soit d'origine naturelle ou anthropique, a aujourd'hui laissé place à une urgence à faire respecter le droit de chaque homme à vivre dans un environnement sain et non nocif pour sa santé. Le temps n'est plus aujourd'hui à tirer la sonnette d'alarme. Le temps est à la réaction rapide, ferme, dépassionnée, mais efficace. Il en va de la santé humaine autant que de la santé de notre développement. Ce travail a été orienté dans le sens de faire un état des lieux sur cette problématique de la pollution de l'air dans les différentes communes de la ville de Kinshasa. Nous avons ainsi effectué les mesures de la teneur en NO₂ et CO, deux espèces impactant de façon considérable la qualité de l'air dans la ville de Kinshasa. Les mesures de NO₂ sont basées sur la technique

DOAS (Differential Optical Absorption Spectroscopy), une technique bien connue dans la communauté scientifique mondiale et utilisée ce dernier temps pour la mesure des polluants atmosphériques dans les grandes villes. Un capteur lowcost a été utilisé aussi pour mesurer la teneur en CO dans la ville de Kinshasa. Afin de prendre en compte la distribution spatiale des espèces ciblées, nous avons jugé bon de faire des observations mobiles, à bord d'une voiture pendant deux jours pour la mesure du NO₂ (14 novembre et 16 novembre 2019) et un jour pour le CO (06 Février 2020).

Les résultats de l'ensemble d'étude sur la pollution en dioxyde d'azote (NO₂) montrent que les zones à trafic routier intense sont beaucoup plus impactées par les valeurs plus grandes de NO₂. Ces zones sont : les carrefours de Rond-point Ngaba, de l'UPN, de Matadi Kibala et de Bitabe. Les régions industrielles des communes de la Gombe, et de Limete, ont particulièrement attiré notre attention dans le sens où les valeurs observées dépassaient fortement celles observées dans d'autres coins de la ville. Nous avons remarqué aussi que la teneur en NO₂ était moins importante dans les parties de la ville à trafic fluide, ou les activités de commerces ne gênent pas la bonne circulation des véhicules, et où on ne retrouve pas les quelques industries de la ville. Le petit capteur Lowcost utilisé pour mesurer la teneur en CO ne nous a pas permis de quantifier les valeurs détectées mais le signal enregistré lors de mesures montre bel et bien qu'il y a la présence de CO dans la ville de Kinshasa.

Cette étude se présente donc dans la vision de donner un état de lieux sur le phénomène de la pollution de l'air dans la capitale congolaise. Ce résultat test, de sondage, montre bien que la ville est fortement polluée. Dans le futur, l'idéal est d'envisager l'intégration de plusieurs stations, certaines fixes et d'autres mobiles pour la collecte en temps réel des données sur la qualité de l'air.

Ces observations sur la pollution de l'air peuvent bien être utilisées dans l'étude sur l'aménagement des espaces dans l'objectif de rendre l'air de la ville plus propre. Les résultats de cette étude ont montré aussi que l'un de facteurs influençant cette pollution dans la ville de Kinshasa est le trafic routier intense. Ainsi donc, nous recommandons aux autorités urbaines ce qui suit :

1. Aménager des gares-routières, arrêts de bus et parkings afin de réduire les embouteillages dans la ville ;
2. Réduire l'importation des vieux véhicules dans la ville de Kinshasa ;
3. Imposer l'utilisation des dispositifs d'épuration de gaz d'échappement des véhicules sur l'ensemble de la ville ;
4. Instaurer un système de circulation alternée ;
5. Faire la promotion des transports de masse ;
6. Installer plusieurs stations de mesure des polluants atmosphériques à travers la ville ;
7. Faire plus des vulgarisations médiatiques du phénomène de la pollution de l'air ;
8. Mettre en place un système efficace de gestion des poubelles et immondices ;

9. Mener des études plus approfondies dans ce domaine de pollution de l'air dans toutes les cités et villes de la RDC.

REFERENCES

1. Danckaert, T., Fayt, C., Van Roozendaal, M., DE SMEDT, I., LETOCART, V., MERLAUD, A. and PINARDI, G. (2017): QDOAS Software user manual, BIRA, Brussel.
2. HABARIM, J.P. (2009) : Etude floristique, phytogéographique et phytosociologiques de la végétation de Kinshasa et des basses terres adjacentes à l'est de la République Démocratique du Congo, thèse de doctorat en biologie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa.
3. Katoto, P. D. M. C., Byamungu, L., Brand, A. S., Mokaya, J., Strijdom, H., Goswami, N., De Boever, P., Nawrot, T. S. and Nemery, B (2020): Ambient air pollution and health in Sub-Saharan Africa: Current evidence, perspectives and a call to action, *Environ. Res.*, 173(February), 174–188, doi:10.1016/j.envres.2019.03.029, 2019.
4. Sportisse, B. (2008). *Pollution atmosphérique*, Springer-Verlag France, Paris,
5. Vennin, A. (2000) : *La qualité de l'air, normes et procédures*, Imprimerie Nationale Paris,
6. UN, 2016: *The world's cities in 2016*. UN Dept. of Economic and
7. *Social Affairs Data Booklet*, 29 pp.
8. World Health Organization (2019): *Global ambient air quality database (update 2018)*. Geneva : World Health Organization, 2018.
9. World Health Organization (2016): *Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease*, Geneva, Switzerland. [online] Available from: <http://www.who.int>, 2016.
10. World Health Organization (2014): *IQAir: World Air Quality Report, 2014 World Air Qual. Rep.*, 1–22, 2014.
11. Yombo, R., Pinardi, G., Merlaud, A., Fayt, C., Roozendaal, M. Van and Mbungu, J.-P (2019): *Téledétection de la pollution en dioxyde d'azote et en formaldéhyde dans l'atmosphère de Kinshasa à partir d'une station de mesure des polluants atmosphériques*, *Ann. LA Fac. DES Sci.*, 1, 11–24, 2019
12. Yombo, R., (2018): *Etude et installation d'une station de mesure des polluants atmosphériques A Kinshasa*, Mémoire DEA, Université de Kinshasa.

COMITÉ DE LECTURE

1. *Professeur Louis Bernard Tchoukoua: Ecole Supérieure Nationale de Yaoundé/Cameroun E-mail: tchoukoua@yahoo.fr*
2. *Professeur Lelo Nzuzi Francis: Université de Kinshasa/RDCongo, E-mail: lelonzuzi@gmail.com*
3. *Professeur ISAAC DIANSAMBU: Ecole Régionale d'Aménagement des forêts tropicales/RDCongo E-mail: i.diansambu@eraift-rdc.org*