

PROFILS TEMPORELS ET NIVEAU GLOBAL DE LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE DES MÉNAGES DE LA VILLE DE ZINDER, NIGER.

Mahamadou ZAKARI¹, Abdou KAILOU DJIBO², Souleymane KEITA³, Fabrice PAUL NGUEMA⁴

¹Département Hygiène-Sécurité-Environnement, IUT, Université de Zinder, Laboratoire Ville et Développement Territorial Durable au Sahel (VIDET-Sahel), BP : 656 Zinder, Niger. Email : mounir_zakari@yahoo.fr

²Département Aménagement du Territoire et Urbanisme, IUT, Université de Zinder, Laboratoire Ville et Développement Territorial Durable au Sahel (VIDET-Sahel), BP : 656 Zinder. Email : kailou20012001@yahoo.fr

³Département Génie Civil, Ecole Nationale d'Ingénieurs (ENI) Abderhamane Baba Touré, 410 Av. Van Vollenhoven, Bamako, Mali. Email : soulkei_ml@yahoo.fr

⁴Faculty of Agronomy and Agricultural Science, School Of Wood, Water and Natural Resources, University of Dschang, P. O. Box 786, Ebolowa, Cameroon. Email : paul.nguema@univ-dschang.org

Résumé : Au Niger, malgré une urbanisation relativement tardive par rapport aux autres pays d'Afrique, la pollution atmosphérique est un défi. Cette étude vise donc à élucider la problématique de la pollution atmosphérique à travers la détermination de profils temporels et du niveau global de la pollution de l'air ambiant des ménages de la ville de Zinder. Ainsi, certains polluants gazeux (HCOH, COVT) et particulaires (PM₁, PM_{2,5}, PM₁₀) ont fait l'objet de surveillance durant 12 mois à l'aide d'un moniteur multifonctionnel. Les résultats mettent en exergue l'importance de la pollution particulaire qui dépasse les valeurs guides de l'OMS. En outre, 1,2 jours par semaine présentent un niveau global de pollution allant de 30% à 80%, ce qui signifie une qualité de l'air ambiant de pauvre à dangereuse.

Mots-clés : Pollution de l'air, profils temporels, Zinder, Niger.

Abstract: In Niger, despite relatively late urbanization compared to other African countries, air pollution is a challenge. This study aims to elucidate the problem of air pollution through the determination of temporal profiles and the overall level of ambient air pollution in households in the city of Zinder. Thus, some gaseous (HCOH, TVOC) and particulate pollutants (PM₁, PM_{2.5}, PM₁₀) were monitored for 12 months using a multifunctional monitor. The results highlight the importance of particulate pollution, which exceeds the WHO guideline values. In addition, 1.2 days per week have an overall level of pollution ranging from 30% to 80%, which means ambient air quality from poor to dangerous.

Keywords : Air Pollution, Temporal Profiles, Zinder, Republic of Niger.

Introduction

Le Conseil de l'Europe (CEC, 1991) a défini la pollution atmosphérique dès 1967 comme résultant de « la présence d'une substance étrangère dans l'air ou une variation importante dans les proportions de ses composants susceptible, compte tenu des connaissances scientifiques du moment, de provoquer un effet nocif, de créer une nuisance ou un gêne ». C'est donc un sujet complexe.

La pollution atmosphérique a des origines naturelles (émissions par la végétation, érosion du sol, volcans, océans, etc.) mais aussi anthropiques à travers les activités résidentielles, les activités industrielles et agricoles, le chauffage, la production énergétique, le transport, les feux de savane etc.. Les polluants issus des activités humaines forment un cocktail de gaz et d'aérosols. On y trouve les oxydes d'azote (NO_x), le dioxyde de soufre (SO₂), les composés organiques volatils (COVs), les particules de diamètre inférieur à 10 µm, celles inférieures à 2,5 µm et celles inférieures à 1 µm (respectivement appelées PM₁₀, PM_{2,5}, et PM₁), les métaux lourds, les hydrocarbures aromatiques polycycliques, les pesticides et beaucoup d'autres composés à l'état de gaz ou d'aérosols (INERIS,

2017). Conséquemment, c'est un sujet polymorphe (Charvolin et al., 2015). Des études ont mis en exergue, très malheureusement les caractères toxicologiques (Quénel et al., 2003) et écotoxicologiques (Avognon-Houéto, 1997 ; Moudachirou, 2005) de la plupart de ces polluants.

Dans les pays du nord l'adoption du « Clean Air Act » dans les années 50, la signature de la Convention de Genève sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance en 1979 et la création de l'Agence Européenne de l'Environnement en 1990 ont permis d'élucider les contours de la problématique de la pollution atmosphérique. Par contre, dans les pays d'Afrique subsaharienne, l'avancée est timide malgré qu'elle soit classée comme étant la partie du monde la plus polluée après l'Asie du Sud pour ses teneurs en particules fines selon le troisième rapport annuel du Health Effects Institute (HEI) et de l'Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). En effet, à l'exception du Sénégal qui dispose d'une Structure de Gestion de la Qualité de l'Air depuis 2007 calquée au modèle DPSIR (Drivers, Pressure, State, Impact, Responses), dans les autres pays de l'Afrique de l'Ouest notamment, il manque de mécanisme intégré permettant d'appréhender les problèmes de la pollution de l'air. Heureusement, ces dernières années, grâce aux programmes AMMA, POLCA, DACCIWA, ChairPol, PASMU, des villes comme Bamako, Cotonou, Abidjan, Korhogo et Yaoundé font l'objet des études mettant en interaction émissions, pollution atmosphérique et effets sur la santé (Adon et al., 2020).

A l'instar des autres pays du Sahel, au Niger également, l'urbanisation se manifeste par les phénomènes de l'étalement des villes existantes et par l'émergence de nouveaux centres urbains. La ville de Zinder qui est concernée par cette étude connaît une croissance urbaine de 4,7% entre 2001 et 2012, ce qui constitue un facteur de mutation socio-économiques et environnementale de taille (Adamou, 2020, Zakari et al., 2020).

1. Matériels et Méthodes

1.1. Matériels

Les mesures ont été effectuées avec le moniteur de la qualité de l'air du model IGERESS WP3960S qui est une marque appartenant à VSON TECHNOLOGY. Il a la taille d'un smartphone. Il mesure simultanément sept paramètres à savoir : les Formaldéhydes, les Composés Organiques Volatils Totaux, les PM₁, les PM_{2,5}, les PM₁₀, l'humidité relative et la température. Il renseigne également sur le niveau global de la pollution calculé à partir des différents paramètres mesurés qui va de 0% à 100%.

1.2. Méthodes

Les mesures se sont déroulées de janvier à décembre 2020 sur 12 sites (soit 12 cours de ménages) répartis dans les 5 arrondissements de la ville. Chaque site a fait l'objet d'une surveillance durant un mois en raison de 3 mesures journalières : 5h-8h ; 12h-16h et 22h-2h. L'éloignement des sites des grands carrefours routiers pour minimiser l'interférence de la pollution liée au trafic était le principal critère de choix des sites. Le traitement des données a été fait avec le logiciel Openair description of package tools for the analysis of air pollution data version :2.8-6 (Carslaw and Ropkins, 2012) développé dans le but de traiter les données atmosphériques.

2. Résultats

2.1. Profils temporels de la Pollution particulaire

Les résultats des profils horaire, journalier et mensuel sont présentés dans les figures 1, 2, 3 respectivement pour les PM_{10} , $PM_{2,5}$ et PM_{10} . On constate une variation similaire de ces 3 paramètres. Le profil horaire moyen présente des valeurs maximales à 6h du matin et des valeurs minimales vers 22h pour les PM_{10} avec respectivement $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le profil hebdomadaire fait ressortir des valeurs maximales le jeudi et minimales le samedi avec des concentrations moyennes respectivement de $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Sur le profil mensuel, les pics sont surtout observés durant les mois de décembre, janvier et février et les valeurs minimales en juillet.

De manière générale, nous avons remarqué que les PM_{10} , $PM_{2,5}$ et PM_{10} sont fortement et positivement corrélées. Ainsi, la corrélation entre PM_{10} et PM_{10} , PM_{10} et $PM_{2,5}$, et PM_{10} et $PM_{2,5}$ est de l'ordre de 0,99.

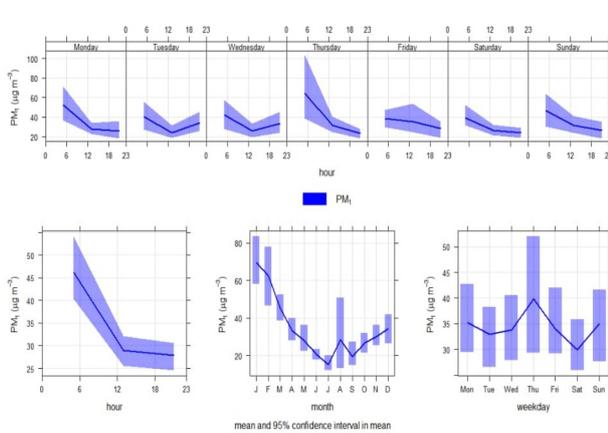


figure 1. Profils temporels des PM_{10}

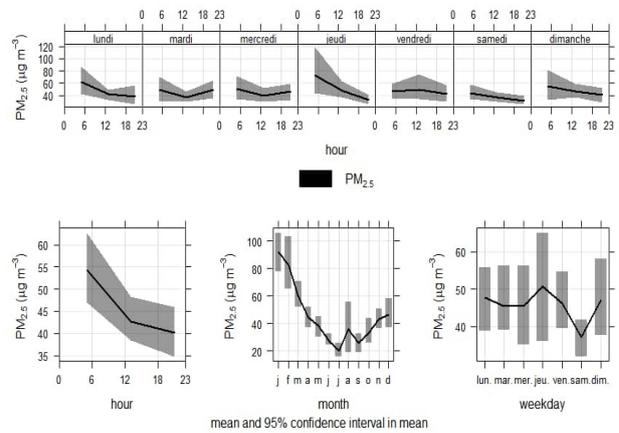


figure 2. Profils temporels des $PM_{2,5}$

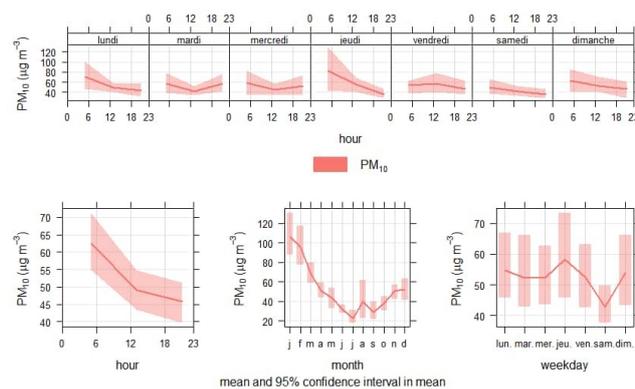


figure 3. Profils temporels des PM_{10}

2.2. Profils temporels des composés organiques volatils et du formaldéhyde

Les figures 4 et 5 montrent les profils des COVT et de HCOH. Le profil horaire montre une variation de la pollution en COVT et HCOH sous forme de V. Il est ainsi observé une augmentation entre 12 et 20h avec un pic de $0,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à 20h pour les COVT. Le profil journalier montre des variations non significatives entre $0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $0,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les COVT durant les jours de la semaine. Le profil mensuel montre que la concentration des COVT et HCOH est plus importante en avril, mai et juin avec des valeurs maximales en mai ($0,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Les faibles valeurs sont observées en décembre avec des valeurs moyennes autour de $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

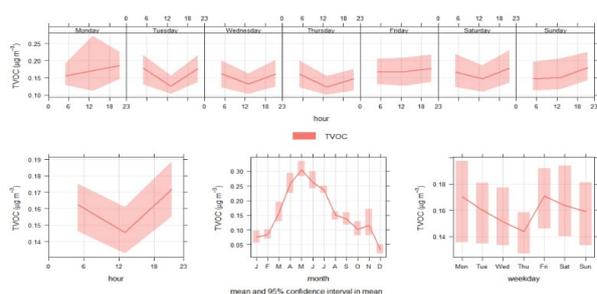


Figure 4. Profils temporels des COVT

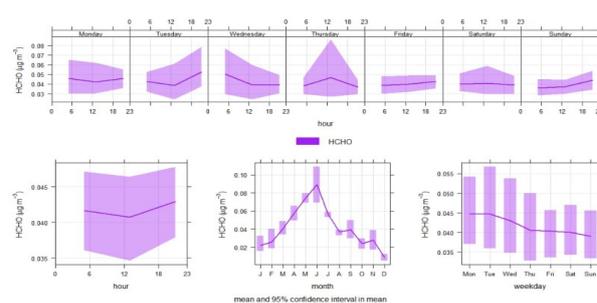


Figure 5. Profils temporels du HCOH

2.3. Conditions climatiques et pollutions particulaires et gazeuses

La figure 6 superpose les conditions climatiques notamment l'humidité relative (RH) et la température (figure 6a) et la pollution particulaire (figure 6b).

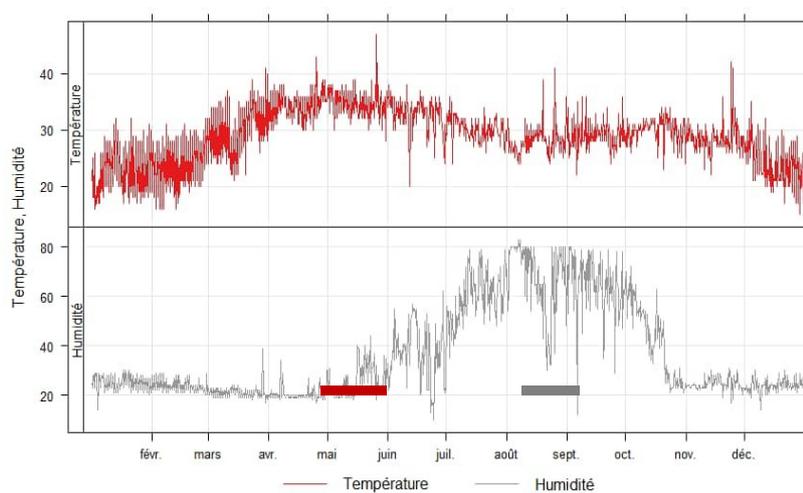


figure 6a. Variation de la température et de l'humidité relative

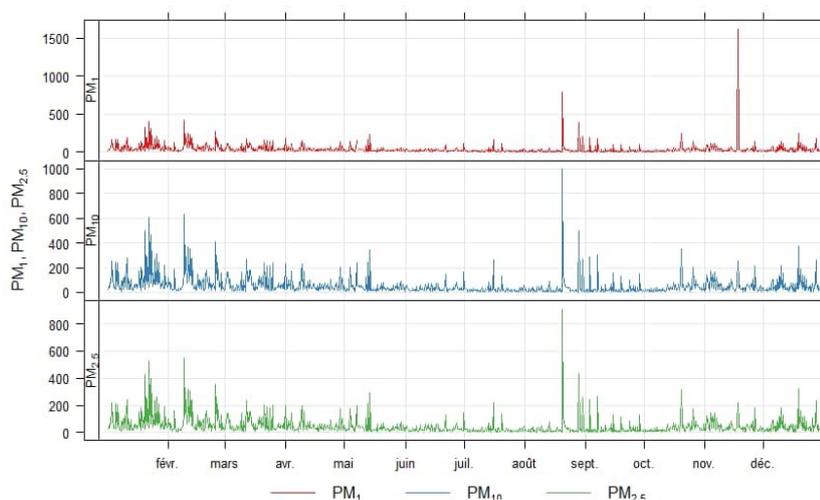


figure 6b. Variation de la pollution particulaire

figure 6. Conditions climatiques et pollutions particulaires

Il ressort de la figure 6a que la température et l'humidité relative ont des variations souvent opposées. Trois parties se distinguent correspondant aux saisons de Zinder : la saison froide (Harmattan) de novembre à février, la saison chaude de mars à mai et la saison des pluies à partir de juin.

On constate au niveau de la pollution particulaire quelques crêtes allant de novembre jusqu'en mars et durant le mois de septembre. Pour les autres mois, la variation est quasi linéaire à part quelques faibles pics sporadiques. Les valeurs moyennes annuelles tournent autour de $52,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM_{10} et $45,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les $\text{PM}_{2,5}$, qui dépassent largement les Valeurs Guides de l'OMS pour les polluants classiques de la qualité de l'air extérieur fixées respectivement à 20 et $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ par an (OMS, 2015).

Pour la pollution des COVT et HCOH (Figures 4 et 5), les pics sont observés globalement durant les mois les plus chauds (mars, avril, mai). Cependant, sur une bonne partie de l'année, les valeurs enregistrées sont quasi nulles.

2.4. Niveau Global de Pollution (NGP)

Le NPG qui varie de 0% à 100% est affiché directement sur l'écran du moniteur. La figure 7 montre une relation assez forte entre le NPG et les variables PM_1 , $\text{PM}_{2,5}$ et PM_{10} . Par contre, les HCOH et COVT ne sont pas corrélés avec le NPG.

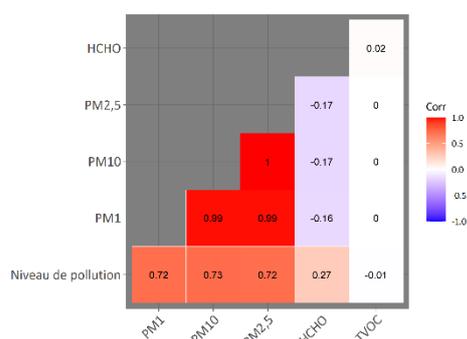


figure 7. Corrélation entre NGP et les polluants



figure 8. Moyenne mensuelle du NGP

Il ressort de la lecture de la figure 8 qui présente les moyennes mensuelles du NGP, que le NGP présente des niveaux les plus élevés durant les mois de janvier et février (valeurs > 30%) et les plus bas en août et septembre (valeurs de l'ordre de 11%). Le traitement des données journalières montre que 17,5% des valeurs du NGP sont supérieures à 30%, ce qui signifie que globalement dans une semaine, 1,22 jours présentent une qualité allant de pauvre à dangereuse.

3. Analyse et Discussions

Les résultats de cette étude montrent qu'à Zinder, la pollution particulaire est plus préoccupante que celle des COVT et du formaldéhyde. Les valeurs moyennes journalières et annuelles dépassent largement les valeurs guides de l'OMS, ce qui présage des risques sanitaires. En effet, les études épidémiologiques ont prouvé que les particules sont associées à plusieurs pathologies comme l'asthme et la broncho-pneumopathie chronique obstructive (Boublil et al., 2013 ; Michael et al., 2013). Quant aux études biologiques, elles ont montré l'impact inflammatoire de l'aérosol urbain en Afrique (Val et al., 2013).

Les résultats des profils temporels de la pollution par les particules grossières (PM₁₀) ont montré que 16,4% des concentrations journalières dépassent la limite définie par l'Agence de protection environnementale américaine selon les travaux de Ozer (2005) à Niamey au Niger, ce qui corrobore nos résultats. Nos résultats sont aussi en accord avec les mesures effectuées par d'autres études à Dakar, à Cotonou, et à Abidjan (Adon et al., 2020).

La caractérisation de la pollution par les COVs est complexe du fait que ces composés sont formés par une multitude de composantes. Dans le cas de cette étude, la pollution des COVT et de HCOH est insignifiante avec 350 jours de l'année qui enregistrent une concentration inférieure à 0,1 µg/m³.

Enfin, cette étude a permis de caractériser la présence d'une pollution particulaire très importante durant l'harmattan à Zinder. Ce résultat confirme beaucoup d'autres travaux comme celui de Goudie (1996) et plus récemment celui d'Adon et al. (2020) qui ont montré l'importance des poussières minérales dans les villes d'Afrique subsaharienne notamment au Sahara qui est considéré comme étant l'épicentre de la pollution particulaire de la Terre.

Conclusion

Cette étude donne un aperçu de la pollution de l'air ambiant dans les ménages de Zinder. Le choix des sites exclut l'influence directe de la pollution anthropique urbaine liée au trafic routier notamment car la ville ne dispose pas d'industrie. La pollution particulaire est la plus significative et est présente pratiquement toute l'année, avec des variations temporelles.

L'étude a aussi mis en exergue le poids de la synergie des polluants à travers les statistiques sur le NGP. La pollution atmosphérique est donc une réalité à Zinder comme dans les autres villes du Niger qui est un pays au cœur du Sahara, où la poussière est quasi « chronique ». Il est donc urgent de créer un cadre réglementaire et de contrôle de la qualité de l'air au Niger.

Références

- Adamou A., 2020 : Morphologie urbaine à Zinder : densités urbaines et mise en valeur des espaces résidentiels, *Revue congolaise de Communication, Lettres, Arts et Sciences Sociales (CLASS), les Villes Africaines, LES EDITIONS HEMAR, N°9*.
- Adon AJ, C. Liousse, E. T. Doumbia, A. Baeza-Squiban, H. Cachier, J.F. Léon, V. Yoboué, A. B. Akpo, C. Galy-Lacaux, B. Guinot, C. Zouiten, H. Xu, E. Gardrat, and S. Keita, 2020: Physico-chemical characterization of urban aerosols from specific combustion sources in West Africa at Abidjan in Côte d'Ivoire and Cotonou in Benin in the frame of the DACCIWA program, *Atmos. Chem. Phys.*, **20**, 5327–5354.
- Avognon-Houéto L., 1997 : Journée de réflexion sur la pollution atmosphérique au Bénin. *Rapport de travaux-Cotonou, MEHU*, 40 p.
- Boubilil L., Assemat E., Borot M.-C., Boland S., Martinon L., Sciare J., Baeza-Squiban A., 2013: Development of a repeated exposure protocol of human bronchial epithelium in vitro to study the long-term effects of atmospheric particles, *Toxicol. In Vitro*, **27**, 533–542.
- Carslaw D. and Ropkins K., 2012: Openair, An R package for air quality data analysis, *Environ., Modelling and Software*, **27**--28:52-61.
- CEC, 1991: Handbook for Urban Air Improvement, Commission of the European Communities. *Environmental Resources Ltd, London*, 340p.
- Charvolin F., Frioux S., Kamoun L., Mélard F., et Roussel I., 2015 : Un air familier ? Sociohistoire des pollutions atmosphériques, *Presse des mines, Sciences sociales*, Paris.
- Goudie AS., 1996: Climate: Past and present. In: *Adams WM, Goudie AS, Orme ARD, eds. The physical geography of Africa. New York : Oxford University Press*, 34-59.
- INERIS, 2017 : Pollution atmosphérique : mesurer, prévoir et agir, *INERIS mag, n°41*.
- Michael S., Montag M., Dott W., 2013: Proinflammatory effects and oxidative stress in lung macrophages and epithelial cells induced by ambient particulate matter, *Environ. Pollut.* **183**, 19–29.
- Moudachirou M., 2005 : Étude de la pollution atmosphérique de la ville de Cotonou. *Rapport final*.
- OMS, 2015 : Directives de la qualité de l'air de l'organisation mondiale de la santé - janvier 2015, *Bruxelles environnement-ibge, collection fiches documentées, thématique air*.
- Ozer P., 2005 : Estimation de la pollution particulaire naturelle de l'air en 2003 à Niamey (Niger) à partir de données de visibilité horizontale Environnement, *Risques & Santé*, Volume **4**, Numéro 1, 43-9.
- Quénel P., Dab W., Festy B., Viau C. et Zmirou D., 2003 : Qualité de l'air ambiant, *In Environnement et santé publique- Fondement et pratiques*, pp 291- 315.
- Val S., Liousse C., Doumbia E. H. T., Galy-Lacaux, C., Cachier H., Marchand N., Badel A., Gardrat E., Sylvestre A. and Baeza-Squiban A., 2013: Physico-chemical characterization of African urban aerosols (Bamako in Mali and Dakar in Senegal) and their toxic effects in human bronchial epithelial cells: description of a worrying situation, *Part. Fibre Toxicol.*, **10**(1), 10.

Zakari M.M., Nguema R. P., Adamou A., Esly E. and Zakari A., 2020: Air Pollution linked to Road Traffic: Assessment of Carbon Monoxide (CO) Emissions in Zinder City, Niger Republic. *European International Journal of Science and Technology*, 9(10), 111-120.