

Titre : 20e Colloque de la Relève VRM

Sylla Gaoussou

Doctorat en études Urbaines

Centre Urbanisation–Culture et Société (UCS) de l’Institut National de la Recherche Scientifique (INRS) – Montréal (Canada).

Directeur : Cédric Brunelle

Co-directeur : Philippe Apparicio

[Gaoussou.sylla@inrs.ca](mailto:Gaoussou.sylla@inrs.ca)

### **Texte de présentation**

#### **Titre : Pollutions atmosphérique et sonore à Abidjan**

Les pollutions atmosphériques et sonores sont un enjeu environnemental et de santé publique dans de nombreuses villes tant du Nord que des Suds (Mbow-Diokhane 2019). En milieu urbain, les sources de ces nuisances sont aujourd’hui bien connues, notamment les activités industrielles (Alvarez et al. 2020) et surtout, la circulation routière (Okokon et al. 2018). D’autres sources, comme la poussière (De Longueville et al. 2010) et la combustion de biomasse (Glandus et Beltrando 2013) sont spécifiques aux villes des Suds. Concernant les impacts en termes de santé des populations urbaines, ces nuisances sont associées à une charge de mortalité, de morbidité, d’années de vies perdues très élevées dans le monde (OMS 2011). En effet, la pollution de l’air est associée à des maladies respiratoires et cardiovasculaires (Fasola et al. 2021). Quant à la pollution sonore, elle est directement liée à la gêne, aux maux de tête, au stress, à des troubles du sommeil (Banerjee 2012).

L’identification des sources de ces deux nuisances, leur modélisation et cartographie intra-urbaine, leurs impacts sur la santé des populations urbaines et l’identification des populations les plus affectées ont fait l’objet d’une multitude de recherches dans de nombreuses villes à travers le monde. Toutefois, ces études ont été très majoritairement réalisées dans les villes du Nord (Khan et al. 2018). Dans une revue de la littérature portant sur les pollutions atmosphériques et sonores provenant du trafic routier Khan et al. (2018) ont montré que sur 57 articles scientifiques collectés sur la période 1999 – 2017, la plupart ont été faits en Europe

(n = 43) et en Amérique du Nord (n = 9). Les villes des Suds étaient très sous-représentées avec seulement quatre études pour la région Asie et aucune étude pour la région Afrique. Or, les villes des Suds, notamment celles de l'Afrique de l'Ouest, font face à des changements majeurs : des démographies et urbanisations accélérées générant un étalement non maîtrisé, une croissance exponentielle du parc automobile (vétuste de surcroît), une forte industrialisation (liée en partie au secteur informel), et ce, dans un contexte d'absence de réseaux de surveillance des polluants et de faible application des législations en vigueur. Cela s'applique à Abidjan.

Avec une population d'environ six millions, Abidjan est le cœur d'une circulation routière importante et dense. Le parc automobile de la ville ne cesse de croître et reste vétuste. Selon Konan et Echui (2017), en 2016, sur les 636 551 véhicules que compte le pays, 80% circulent dans la seule ville d'Abidjan. Toujours selon ces auteurs, 77 % de ces 509 240 véhicules sont des véhicules d'occasion importés ayant une moyenne d'âge de plus de dix ans. Déjà en 2012, Echui rapportait qu'avec un taux d'accroissement de l'ordre de 7,2 % par an, le parc automobile d'Abidjan pourrait d'atteindre un million de véhicules à l'horizon 2020 (Echui 2012). À défaut de statistique récente, on peut supposer que ce chiffre est désormais atteint. Il en résulte des problèmes de congestion de plus en plus importants aggravés par la forme et l'état du réseau routier (rues étroites et nids-de-poule). Les embouteillages de plus en plus fréquents contribuent ainsi à augmenter les émissions polluantes et le bruit (Dombia et al. 2021). À cela s'ajoutent de nombreuses sections non goudronnées qui font augmenter les niveaux des polluants particuliers. Gnamien et al. (2021) rapportant les chiffres du MCLAU de 2015, signalent qu'à peine plus de la moitié des routes d'Abidjan sont pavées.

Outre le transport routier, d'autres sources particulières à Abidjan peuvent aussi contribuer à des niveaux de pollution atmosphérique et sonore élevés. Premièrement, bien que vivant en milieu urbain, certains ménages continuent d'utiliser les systèmes traditionnels. Selon l'institut national de la statistique, 42,4 % des ménages d'Abidjan utilisent le charbon de bois pour la cuisson, 4 % utilisent le bois de chauffe, 40,4% utilisent le gaz et 13,2 % utilisent d'autres sources. Deuxièmement, Abidjan se situe dans les zones côtières du golfe de Guinée (Adon 2019). Dans cette zone, le climat est de type équatorial marqué par quatre saisons, dont deux saisons sèches (décembre à mars puis août à septembre) et deux saisons des pluies (avril à juillet puis octobre à novembre) (Bahino 2018). Aussi, Adon (2019) rapporte que la grande saison sèche (décembre-mars) qui correspond à la période de l'harmattan est très propice à

l'émission et au transport de la poussière du Sahara, ce qui contribue à augmenter très significativement la pollution particulaire. Malgré ces facteurs principaux contribuant à des niveaux de pollution élevés dans la ville, Abidjan ne dispose pas de véritables réseaux de surveillance des pollutions et très peu d'études y sont réalisées.

Concernant la pollution atmosphérique, les rares études portent uniquement sur la caractérisation des polluants gazeux et particulaires à Abidjan (Bahino et al. 2018 ; Adon et al. 2020). Par exemple, Bahino et al. (2018) ont mesuré à l'aide des échantillonneurs passifs les concentrations des polluants gazeux ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{HNO}_3$  et  $\text{O}_3$ ) sur 21 sites fixes dans le district d'Abidjan. L'étude rapporte que les polluants  $\text{NH}_3$  ( $102,1 \pm 9,1$  ppb),  $\text{NO}_2$  ( $25,0 \pm 1,7$  ppb) et  $\text{O}_3$  ( $18,8 \pm 3,0$  ppb) avaient les concentrations les plus élevées sur l'ensemble des sites. Aussi, l'étude précise que les concentrations de  $\text{SO}_2$  ( $0,2$  à  $3662 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) étaient largement supérieures aux normes de l'OMS alors que les concentrations du  $\text{NO}_2$  ( $2$  à  $175 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) étaient inférieures à celle de l'OMS. Cette étude a utilisé une méthode géostatistique (le krigeage) afin de produire une cartographie des polluants. Bien que le krigeage soit une méthode bien moins précise que la LUR (Hoek et al. 2008), leurs résultats ont permis pour la première fois d'avoir une idée de la distribution spatiale de ces polluants à travers la ville. L'étude rapporte que les concentrations de  $\text{NO}_2$  étaient plus élevées à proximité du port et des zones industrielles à proximité et au centre-ville là où le trafic est dense.

Concernant le bruit, l'une des rares études disponibles a été réalisée par (Koné et Anoh 2018). Celle-ci mettait en évidence l'environnement bruyant autour des écoles et de leurs impacts sanitaires dans la commune d'Adjamé. Dans cette étude, les auteurs ont eu recours à une collecte fixe, utilisant un sonomètre (SDA KIM-17017) qui a été placé dans les salles de classe et autour des établissements scolaires. La collecte s'est déroulée sur 4 jours en raison d'une école par jour. Les valeurs maximales enregistrées, qui variaient de 63 dB à 94 dB, sont au-dessus des normes de l'OMS et des normes de la législation ivoirienne (40 dB).

Ces études portant sur Abidjan permettent de tirer quelques conclusions. À notre connaissance, il n'existe aucune étude à Abidjan qui analyse simultanément les pollutions atmosphériques et sonores. Aussi, il n'existe aucune étude à Abidjan basée sur la collecte extensive (collecte mobile avec des capteurs portables à faible coût), qui modélise à l'aide de LUR ou l'exposition en temps réel les différentes pollutions afin de mettre en évidence leur distribution spatiale à une échelle fine.

Dans ce contexte, Abidjan est un laboratoire qui mérite d'être exploité, un terrain idéal pour

cette thèse.

### **Questions de recherche et hypothèses**

Fort du constat relatif à la faiblesse des connaissances sur les pollutions atmosphériques et sonores à Abidjan, le projet de recherche visera à répondre à deux questions de recherche principales :

**1-** Quelles sont les concentrations et les distributions spatiales des pollutions atmosphériques (gazeux et particulaires) et sonores à Abidjan ?

**2-** Quels sont les facteurs de la circulation routière influençant significativement les niveaux de concentrations et d'expositions des populations ?

En s'appuyant sur les constats émis dans la revue de littérature sur les pollutions atmosphériques et sonores dans les villes des Suds, plusieurs hypothèses peuvent être émises pour ces deux questions de recherche.

On s'attend à mesurer des niveaux de pollution dépassant très largement les recommandations de l'OMS pour les polluants particulaires et le bruit, mais pas forcément pour les polluants gazeux (surtout le dioxyde d'azote). Concernant la concentration des polluants, on s'attend à identifier des distributions spatiales différentes pour les polluants particulaires ( $PM_{2,5}$  et  $PM_{10}$ ) versus le polluant gazeux ( $NO_2$ ), et ce, en raison des particularités de la forme urbaine d'Abidjan.

On suppose que le type de rue, la proximité aux axes majeurs ont un impact important sur les niveaux de concentration et d'exposition des populations.

### **Objectifs généraux de recherche**

L'objectif principal de la thèse est de connaître les niveaux de concentration et d'exposition et la répartition intra-urbaine des pollutions afin de poser un diagnostic d'équité environnementale. Les trois objectifs spécifiques de cette recherche sont proposés comme suit :

**1-** Identifier les facteurs qui concourent à augmenter ou à diminuer les pollutions dans l'environnement urbain abidjanais.

**2-** Produire des cartes du polluant gazeux ( $NO_2$ ) et particulaires ( $PM_{2,5}$  et  $PM_{10}$ ) afin d'explorer leurs concentrations à travers la ville.

**3-** Produire une carte du bruit routier pour le  $L_{Aeq,30s}$ , afin d'explorer ses variations spatiales à travers la ville.

**4-** Faire une classification de l'environnement urbain à une échelle fine à partir de ces deux

nuisances (pollutions atmosphériques et bruit).

### **Méthodologie**

**Collecte de données** : La collecte mobile extensive réalisée avec des vélos instrumentés de plusieurs capteurs du bruit et de pollution de l'air à faible coût (920 km en 75h pendant 5 jours).

**Traitement des données** : Modélisation avec la méthode Land Use Regression (LUR) avec le logiciel R.

### **Résultats**

#### 1- Les niveaux de concentration des polluants

| Polluants         | Concentration moyenne  |
|-------------------|------------------------|
| $L_{Aeq,30s}$     | 75,7 dB(A)             |
| NO <sub>2</sub>   | 91,4 µg/m <sup>3</sup> |
| PM <sub>2,5</sub> | 23,3 µg/m <sup>3</sup> |
| PM <sub>10</sub>  | 90,6 µg/m <sup>3</sup> |

#### 2- Les facteurs qui concourent à influencer les niveaux des polluants

Les autoroutes, routes primaires, secondaires et la présence de feu tricolores et les routes asphaltées sont associées à une augmentation du bruit, contrairement à la vitesse du cycliste. Cela est aussi valable pour les trois polluants atmosphériques.

#### 3- Production des cartes des polluants

La carte du bruit révèle que les niveaux les plus élevés sont observés pour les grands axes (autoroute ou voie rapide, routes primaire, secondaire et tertiaire) La distribution du NO<sub>2</sub> est bien différentes des particules. Les valeurs les plus fortes se localisent dans les communes centrales et les plus faibles dans les communes périphériques. Les cartes des deux polluants particulaires sont très semblables avec de forte concentration dans les communes défavorisées avec une forte densité de population et des rues en terre. On peut déduire que le NO<sub>2</sub> est surtout lié à la circulation et les particules à la poussière ambiante.

## Références bibliographiques

- 1- Adon, Aka Jacques. 2019. « Evaluation de l'impact sur la santé de l'aérosol de combustion pour différentes sources urbaines en Afrique de l'Ouest en saison sèche et humide : caractérisation physico-chimique et toxicologique. » Phdthesis, Université Paul Sabatier - Toulouse III.
- 2- Alvarez, C.M., R. Hourcade, B. Lefebvre et E. Pilot. 2020. « A scoping review on air quality monitoring, policy and health in west african cities. » *International Journal of Environmental Research and Public Health* 17 (23): 1-28. Scopus. doi:10.3390/ijerph17239151.
- 3- Bahino, Julien. 2018. « Analyse de la qualité de l'air dans les zones urbaines en Afrique : caractérisation de la pollution gazeuse des espèces chimiques NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, HNO<sub>3</sub>, NH<sub>3</sub> et O<sub>3</sub> à Abidjan et Cotonou. » Theses, Université Félix Houphouët-Boigny. <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-02202221>.
- 4- Banerjee, Dibyendu. 2012. « Research on Road Traffic Noise and Human Health in India: Review of Literature from 1991 to Current. » *Noise and Health* 14 (58): 113. doi:10.4103/1463-1741.97255.
- 5- De Longueville, Florence, Yvon-Carmen Hountondji, Sabine Henry et Pierre Ozer. 2010. « What Do We Know about Effects of Desert Dust on Air Quality and Human Health in West Africa Compared to Other Regions? » *Science of The Total Environment* 409 (1): 1-8. doi:10.1016/j.scitotenv.2010.09.025.
- 6- Doumbia, Madina, Adjon A. Kouassi, Siélé Silué, Véronique Yoboué, Cathy Liousse, Arona Diedhiou, N'Datchoh E. Touré, Sékou Keita, Eric-Michel Assamoi, Adama Bamba, Maurin Zouzoua, Alima Dajuma et Kouakou Kouadio. 2021. « Road Traffic Emission Inventory in an Urban Zone of West Africa: Case of Yopougon City (Abidjan, Côte d'Ivoire). » *Energies* 14 (4). Multidisciplinary Digital Publishing Institute:
- 7- Echui, Aka Desiré. 2012. « EDUCI ... Edition Universitaires de Côte d'Ivoire. » <http://www.revues-ufhb-ci.org/?parcours=revues&desc=5&arti=1253>.
- 8- Fasola, Salvatore, Sara Maio, Sandra Baldacci, Stefania La Grutta, Giuliana Ferrante, Francesco Forastiere, Massimo Stafoggia, Claudio Gariazzo, Camillo Silibello, Giuseppe Carlino, Giovanni Viegi et on behalf of the BEEP Collaborative Group. 2021. « Short-Term Effects of Air Pollution on Cardiovascular Hospitalizations in the Pisan Longitudinal Study. » *International Journal of Environmental Research and Public Health* 18 (3). Multidisciplinary Digital Publishing Institute: 1164. doi:10.3390/ijerph18031164.
- 9- Glandus, Lise-Marie et Gérard Beltrando. 2013. « Les déplacements urbains et la pollution de l'air dans des villes intermédiaires : enjeux politiques et environnementaux. » *Norois. Environnement, aménagement, société* (226). Presses universitaires de Rennes: 25-40. doi:10.4000/noroi.4538.
- 10- Gnamien, Sylvain, Véronique Yoboué, Cathy Liousse, Money Ossouhou, Sékou Keita, Julien Bahino, Silué Siélé et Lamine Diaby. 2021. « Particulate Pollution in Korhogo and Abidjan (Cote d'Ivoire) during the Dry Season. » *Aerosol and Air Quality Research* 21 (1). Taiwan Association for Aerosol Research:
- 11- Hoek, Gerard, Rob Beelen, Kees de Hoogh, Danielle Vienneau, John Gulliver, Paul Fischer et David Briggs. 2008. « A Review of Land-Use Regression Models to Assess Spatial Variation of Outdoor Air Pollution. » *Atmospheric Environment* 42 (33): 7561-7578. doi:10.1016/j.atmosenv.2008.05.057.
- 12- Khan, Jibran, Matthias Ketzel, Konstantinos Kakosimos, Mette Sørensen et Steen Solvang Jensen. 2018. « Road Traffic Air and Noise Pollution Exposure Assessment – A Review of Tools and Techniques. » *Science of The Total Environment* 634: 661-676. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.03.374.
- 13- Koné, Tintcho, Assétou et Paul Kouassi Anoh. 2018. « etude de l'impact des nuisances sonores sur la sante des acteurs éducatifs des établissements scolaires de la commune d'adjame. » (1). *Espace territoires sociétés et santé*: 120-132.
- 14- Mbow-Diokhane, A. 2019. « Air Quality in African Cities. » *Advances in 21st Century Human Settlements*: 297-311. Scopus. doi:10.1007/978-981-13-3471-9\_9.
- 15- Okokon, Enembe O., Pekka Taimisto, Anu W. Turunen, Olanrewaju A. Amoda, Abolaji E. Fasasi, Lewis Gregory Adeyemi, Jukka Juutilainen et Timo Lanki. 2018. « Particulate Air Pollution and Noise: Assessing Commuter Exposure in Africa's Most Populous City. » *Journal of Transport & Health* 9.
- 16- OMS. 2011. « Burden of Disease from Environmental Noise: Quantification of Healthy Life Years Lost in Europe: » 128.