



Mise en place d'un Système IoT à bas coût pour la surveillance de la qualité de l'air à Niamey (Niger)

Phd. Seydou-Kaocen MAIGA

StarSys Labo (Maroc)

Abstract: Niamey, the capital of Niger, is experiencing unprecedented population growth, and this with a multiplication of peripheral neighborhoods, and therefore means of transport causing an increasingly significant emission of gases polluting the atmosphere, making the air sometimes unbreathable in certain places. Urban residents on the periphery, for their part, do not hesitate to burn their household waste anarchically, which thus contributes to pollution.

Thus, air pollution is a major issue in all regions, especially in Niamey, where rapid urbanization and natural phenomena such as harmattan contribute to the degradation of air quality. In the absence of fixed monitoring stations and air quality measurements, and data accessible to the general public, this study proposes the design and deployment of a low-cost intelligent system (IoT) for real-time monitoring of fine particles (PM_{2.5} and PM₁₀).

A prototype based on an ESP8266 microcontroller and a PMS5003 sensor was deployed at three urban sites for 45 days. The results show average PM_{2.5} concentrations reaching 189 µg/m³ in some neighbourhoods, far exceeding WHO recommendations. On the other hand, pollution peaks are observed daily during peak hours and during episodes of harmattan or winter. It should also be noted that due to many ongoing works in the capital, raising waves of dust, this could cause an increase in measures.

The study demonstrates the feasibility of an affordable environmental monitoring network and proposes its integration into the municipal urban management strategy.

Keywords: IoT; pollution atmosphérique; Niamey; capteurs low-cost; smart city;

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.19555061>

1 Résumé

Niamey la capitale du Niger connaît une croissance démographique sans précédent, et cela avec une multiplication des quartiers périphériques, et donc des moyens de transport provoquant une émission de plus en plus importante de gaz polluant l'atmosphère, rendant l'air parfois irrespirable à certains endroits. Les citoyens de la périphérie quant à eux n'hésitent pas à brûler anarchiquement leurs déchets ménagers qui contribuent ainsi à la pollution.

Ainsi, la pollution atmosphérique constitue un enjeu majeur toutes les Régions, notamment à Niamey, où l'urbanisation rapide et les phénomènes naturels tels que l'harmattan contribuent à la dégradation de la qualité de l'air. En l'absence de stations fixes de surveillance et de mesures de la qualité de l'air, et de données à la portée du grand public, cette étude propose la conception et le déploiement d'un système intelligent (IoT) à bas coût pour le suivi en temps réel des particules fines (PM2.5 et PM10).

Un prototype basé sur un microcontrôleur ESP8266 et un capteur PMS5003 a été déployé sur trois sites urbains pendant 45 jours. Les résultats montrent des concentrations moyennes de PM2.5 atteignant 189 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dans certains quartiers, dépassant largement les recommandations de l'OMS. D'autre part, les pics de pollution sont quotidiennement observés aux heures de pointe et durant les épisodes d'harmattan ou d'hiver. Il faut aussi noter que du fait de nombreux travaux en cours dans la capitale, soulevant des vagues de poussières, cela pourrait provoquer la hausse des mesures.

L'étude démontre la faisabilité d'un réseau de surveillance environnementale abordable et propose son intégration dans la stratégie municipale de gestion urbaine.

Mots-clés : IoT, pollution atmosphérique, Niamey, capteurs low-cost, smart city.

2 Introduction

Dans toute ville qui se veut moderne, de nos jours, la surveillance de la qualité de l'air est un élément essentiel de la Gouvernance environnementale, car les citoyens veulent de plus en plus profiter des espaces verts municipaux, pour non seulement leurs sorties, mais aussi leurs loisirs.

Dans les pays en développement, les infrastructures de mesure sont souvent limitées en raison du coût élevé des stations conventionnelles.

À Niamey, la croissance démographique, l'augmentation du trafic routier et les tempêtes de poussière saisonnières aggravent les niveaux de pollution atmosphérique. Ces derniers temps, dans la capitale, nous assistons à de nombreux brûlages anarchiques des déchets, dérangeant les citoyens et polluent l'environnement. Toutefois, les données quantitatives restent rares.

Nous allons dans cette étude procéder à des mesures de la qualité de l'air en nous appuyant sur les valeurs des microparticules PM_{2.5} (celles dont le diamètre $\leq 2,5$ micromètres), et PM₁₀ (diamètre ≤ 10 micromètres). Ce sont des particules en suspension dans l'air composée de substances diverses d'origine naturelles ou issues des activités de l'homme. Elles sont considérées comme étant des polluants atmosphériques, et identifiées et classées selon leurs diamètres.

L'Internet des Objets (IoT) offre une alternative viable grâce à des dispositifs à faible coût capables de collecter et transmettre des données en temps réel. Cette étude vise à évaluer la faisabilité d'un tel système dans le contexte nigérien.

3 Matériels et Méthodes

3.1 Architecture du système

Le prototype comprend :

- Microcontrôleur : ESP8266
- Capteur de particules : PMS5003
- Capteur MQ-135 gas sensor
- Transmission : WiFi
- Plateforme cloud : ThingSpeak
- Fréquence d'acquisition : 5 minutes.

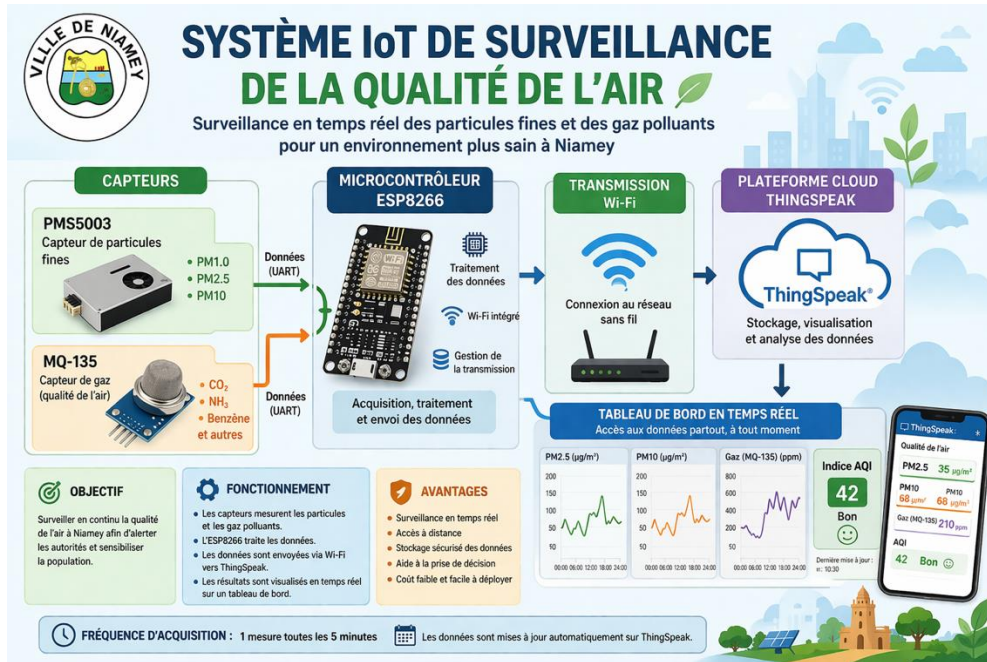


Figure 1. Dispositif de mesure et transfert de données.

3.2 Sites de déploiement

Trois zones représentatives ont été choisies :

1. Axe routier à forte circulation
2. Stade GSK
3. Quartiers périphériques (Niamey 2000, Koirategui).

3.3 Traitement statistique

La Moyenne arithmétique

La concentration moyenne est calculée par :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

La Moyenne

L'écart-type

La dispersion des mesures est donnée par :

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

Exemple pour PM2.5 (axe routier à forte circulation) :

- Moyenne : 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Écart-type estimé : 47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Cela montre une forte variabilité liée aux conditions météorologiques, à la pollution provoquée par l'homme, et au trafic.

4 Résultats

4.1 Statistiques descriptives

Les moyennes observées dépassent largement les seuils OMS en matière de Qualité de l'Air (valeurs de références PM2.5 : 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et PM10 : 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

L'écart-type pour PM2.5 sur l'axe routier est estimé à 47 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, indiquant une variabilité importante.

4.2 Tables

Table 1. Tableau des résultats des mesures.

Site	PM2.5 Moy ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10 Moy ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM2.5 Max	PM10 Max
Axe routier	125	154	189	298
Stage GSK	117	132	160	290
Quartier périphérique	108	150	196	209

5 Discussions

Les résultats montrent une pollution significative dans les zones à forte activité humaine. Les pics observés confirment l'influence du trafic routier et des conditions climatiques sahéliennes, ainsi que les incivilités de brûlage anarchique des déchets opérés dans certains quartiers périphériques.

Beaucoup d'études indiquent qu'une concentration de particules PM2,5 égales ou inférieure à 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ peut-être considérée comme saine avec très peu de risque en cas d'exposition. En revanche, si le taux de concentration atteint ou dépasse 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ **sur une période de 24 heures**, l'air sera considéré comme malsain et peut aggraver les problèmes respiratoires des personnes souffrant déjà d'asthme.

« La pollution atmosphérique induit des effets aux niveaux respiratoire et cardiovasculaire pouvant conduire à un décès prématuré. Elle contribue également au développement de maladies telles que le diabète et les maladies neurodégénératives, et elle affecte la santé de l'enfant depuis son plus jeune âge. En 2013, la pollution de l'air extérieur a été classée cancérigène par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC). »

Ainsi, en 2021, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a redéfini les seuils de référence sur la qualité de l'air par rapport à ceux figurant dans les lignes directrices de 2005, les ramenant à des valeurs inférieures. Ainsi, pour les PM2,5, il est recommandé une concentration de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ contre 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2005 sur 24 heures, et pour les particules PM10, une concentration journalière de 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ contre 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ auparavant.

Dans le cas précis de cette étude au Niger, nous avons observé des concentrations exceptionnelles, et très variables de ces dernières particules (PM10) selon les quartiers. Ainsi, sur des lieux publics tels que le stade General Seyni Kountché, les mesures révèlent des concentrations de moyennes annuelles pouvant dépasser les 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tout

comme à Banizoumbou. Et pourtant, des endroits y sont aménagés pour des balades quotidiennes, alors même que l'air y est très pollué.

C'est pour cela que cette étude pourra certainement aider la municipalité à prendre des mesures draconiennes de réduction de la pollution urbaine, ce qui améliorera drastiquement la santé des citoyens.

Le système IoT présente :

- Un coût estimé à moins de 320.000 xOF par station
- Un taux de transmission de données de 93 %
- Une installation simple et adaptable partout.

Ces caractéristiques en font une solution pertinente pour un déploiement municipal élargi.

6 Conclusion

Cette étude démontre la pertinence d'un système IoT à bas coût pour la surveillance de la qualité de l'air à Niamey pour informer non seulement les citoyens pour les risques liés à leur santé, mais aussi pour la ville afin que les autorités prennent les mesures idoines.

Les données collectées mettent en évidence des niveaux de pollution très supérieurs aux normes internationales. L'extension de ce réseau pourrait contribuer à une meilleure planification environnementale et à la protection et au renforcement de la Santé publique au Niger.

REFERENCES

- [1] Emmendoerffer, A., & Bouet, C. (2025, mars). *Impact des poussières désertiques sur la qualité de l'air et la santé publique en Afrique du Nord et de l'Ouest : Analyse des concentrations de PM10 et risques sanitaires*. Congrès Français sur les Aérosols 2025, Paris, France.
- [2] Santé publique France. (2021, 22 septembre). *Pollution de l'air : l'OMS révisé ses seuils de référence pour les principaux polluants atmosphériques*. <https://www.santepubliquefrance.fr/les-actualites/2021/pollution-de-l-air-l-oms-revisé-ses-seuils-de-reference-pour-les-principaux-polluants-atmospheriques>