

**REPUBLIQUE DU SENEGAL
UNIVERSITE ASSANE SECK
DE ZIGUINCHOR**



UFR : Sciences et Technologies

Département : Géographie

Master : Espace, Société et Développement

Option : Environnement & Développement

Mémoire de Master

**Impact de la pollution de l'air sur la santé de la
population dakaroise : cas des stations
expérimentales de Medina et Bel-Air**

Présenté par : Oumar TOURE

Sous la Direction de : Dr Ibrahima MBAYE

Soutenue le 16 Octobre 2023

Maître de conférences (CAMES)/UASZ

Composition du jury :

Nom et prénom (s)	Grade	Qualité	Etablissement
FALL Aidara Chérif Amadou Lamine	Maître de Conférences	Président	UASZ
WADE Cheikh Tidiane	Maitre-Assistant	Examineur	UASZ
MBAYE Ibrahima	Maître de Conférences	Directeur de mémoire	UASZ

Année universitaire : 2022-2023

Liste des abréviations et acronymes

ACP	: Analyse en Composantes Principales
ADEME	: Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
ADSL	: Asymmetric Digital Subscriber Line
AlaU	: Acide delta aminolévulinique Urinaire
ANSD	: Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie
APHEIS	: Air Pollution and Health: An European Information System
ASN	: Association Sénégalaise de Normalisation
BRT	: Bus Rapid Transit
BTX	: Benzène, Toluène, Xylènes
CAP	: Centre AntiPoison
CC16	: Clara Cell Protein
CE	: Commission Européenne
CETUD	: Conseil Exécutif des Transports Urbains de Dakar
CGQA	: Centre de Gestion de la Qualité de l'Air
CHNU	: Centre Hospitalier National Universitaire
CHAN	: Centre Hospitalier Abass Ndao
CO	: Monoxyde de Carbone
CO₂	: Dioxyde de Carbone
COV	: Composés Organiques Volatils
COVID	: Corona Virus Diseases
COVNM	: Composés Organiques Volatils Non Méthaniques
DEEC	: Direction de l'Environnement et des Etablissements classés
DEPCLUNG	: DEPosition, Clearance, LUNG
ERPURS	: Evaluation des Risques de la Pollution Urbaine pour la Santé
FANN	: Centre Hospitalier Universitaire De Fann
FMPO	: Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odontologie de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar
GPx	: Glutathion Peroxydase
GSH	: Glutathion Réduit

GST	: Glutathion S-Transférase
HAP	: Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
HOGGY	: Hôpital Général de Grand-Yoff
HPD	: Hôpital Principal de Dakar
LDH	: Lactate Deshydrogenase
LRTAP	: Long-Range Transboundary Air Pollution (pollution atmosphérique transfrontalière à longue distance)
MDA	: MalonDiAldéhyde
MNT	: Maladies Non Transmissibles
NMMAPS	: National Morbidity Mortality and Air Pollution Study
NO	: Monoxyde d'azote
NO₂	: Dioxyde d'azote
NO_x	: Oxydes d'Azote
NS	: Norme Sénégalaise
O₃	: Ozone
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
ORL	: Oto-Rhino-Laryngologie
ORS	: Observatoire Régional de Santé
PAMU	: Programme d'Amélioration de la Mobilité Urbaine
PD	: Particule Diesel
PM	: Particulate Matter
PMF	: Positive Matrix Factorization (débit maximal probable)
POLCA	: Pollution des Capitales Africaines
PPZ	: Protoporphyrines-Zinc dans les hématies
RBP	: Retinol-Binding Protein (Protéine de liaison du rétinol)
SICAP	: Société immobilière du Cap-Vert
SO₂	: Dioxyde de soufre
SOD	: Superoxyde Dismutase
TER	: Train Electric Rapid
UNEP	: Programme des Nations Unies pour l'Environnement
US EPA	: United States Environmental Protection Agency
UV	: Ultra-Violet

Dédicaces

- A ma mère et mon père, merci pour votre amour, votre bienveillance et votre soutien inconditionnels, faire votre fierté est ma raison de vivre
- Au Professeur Daouda Cissé pour son accompagnement, son soutien et ses conseils
- Au Dr Ibrahima MBAYE
- A mon frère et à mes sœurs
- A toute la famille TOURE
- A la famille THIOUB
- A mes amis de « KAW »
- Aux enseignants du département de Géographie
- A mes camarades de promotion
- A mes amis de l'université
- A Mr Abdou Aziz MBODJ
- A Mr Ibrahima MANGA et sa famille

A tous, merci pour vos soutiens et encouragements ;

**Que le TOUT PUISSANT vous accorde sa bénédiction à la hauteur des valeurs
que vous nous avez transmises.**

Remerciements

Nos sincères remerciements s'adressent à notre **Directeur de mémoire, Dr Ibrahima MBAYE**, pour avoir accepté de nous encadrer dans le cadre de ce travail. De par sa rigueur et son exigence, il a été et sera pour toujours un guide et une référence dans ce qui fut nos premiers pas dans le monde de la recherche scientifique. Ses critiques constructives, ses recommandations mais surtout sa patience ont été primordiales dans la réalisation de ce document. De ce fait, nous tenons, de par ces quelques lignes, à lui magnifier notre gratitude pour nous avoir initié à la recherche. Merci.

Aux membres du jury, **Mr Aidara Chérif Amadou Lamine FALL** et **Mr Cheikh Tidiane WADE**, nous sommes très sensibles à l'honneur que vous nous faites d'accepter de juger ce travail, malgré vos occupations. Nous vous remercions pour votre contribution à notre formation.

Nous tenons à remercier tout le personnel enseignant et administratif du département de géographie ; avec une mention spéciale au personnel enseignant qui ont été une véritable source d'inspiration tout le long de notre cursus.

Nous adressons également nos remerciements à l'encontre de nos camarades de promotion. Le partage de ce parcours avec ces personnes fut l'une de nos plus belles expériences de vie. Leur solidarité ainsi que leur esprit de compétition ont rythmé ces longues et très agréables années universitaires.

Une mention spéciale au **Docteur Babacar DIOP** du département d'anglais et à sa famille. Tonton mille fois merci

Nous tenons également à remercier tout le personnel du ministère de l'environnement et particulièrement le Centre de Gestion de la Qualité de l'Air CGQA par le biais de sa **directrice Madame Aminata DIOKHANE**. Leur disponibilité ainsi que leur aide furent indispensables pour la réalisation de ce projet de recherche.

Nos remerciements sont adressés aux populations de Médina et de Bel-Air ainsi qu'à leurs administrateurs municipaux de par leur disponibilité et leur participation aux entretiens et questionnaires.

Nous tenons à spécialement remercier la **famille THIOUB : tonton BASS, tata ADAMA, ABDOU** et tout le reste de la famille. Ils ont été ma famille d'accueil à mon arrivée à Ziguinchor et ont montré un soutien indéfectible et inconditionnel dans mon parcours personnel et universitaire. Ils ont su dissiper nos doutes persistants en nous conférant un cadre sécurisant et confiant pour parvenir à réussir. Alors du fond du cœur, Merci.

Nous ne pouvons pas citer de noms sans en omettre d'autres. La liste est loin d'être exhaustive. C'est pourquoi, nous exprimons notre reconnaissance à toutes ces personnes que nous avons omises de citer.

Enfin, nos vifs remerciements à toutes ces merveilleuses personnes, qui de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce projet de recherche.

Que le TOUT PUISSANT vous accorde sa bénédiction à la hauteur des valeurs que vous nous avez transmises.

SOMMAIRE

LISTE DES ABREVIATIONS ET DES ACRONYMES

DEDICACES

REMERCIEMENTS

TABLE DES MATIERES

RESUME

ABSTRACT

INTRODUCTION GENERALE

PREMIERE PARTIE : CADRE THEORIQUE ET METHODOLOGIQUE DE LA POLLUTION DE L'AIR

Chapitre 1 : Cadre d'étude7

1. Analyse conceptuelle7

1.1 Définitions de la pollution atmosphérique7

1.2 Les sources des polluants de l'air9

1.3 Les différents types de polluants.....18

2. Problématique25

2.1 Contexte25

2.2 Situation géographique des stations cibles29

2.3 Justification.....32

2.4 Etat de l'art33

2.5 Questions de recherche36

2.6 Objectifs de recherche.....36

2.7 Hypothèses.....37

Chapitre 2 : Cadre Méthodologique.....38

1. Enquête de terrain38

2. L'échantillonnage.....39

3. Traitement et analyse des données44

DEUXIEME PARTIE : ETAT DE LA QUALITE DE L'AIR A DAKAR ENTRE 2010 ET 2017

Chapitre 1 : Etude et normalisation de la pollution de l'air au CGQA.....47

1. Historique.....47

2. Indice de la Qualité de l'air (IQA)48

2.1 Qu'est-ce que l'IQA ?.....48

2.2 Comment fonctionne l'IQA ?49

2.3 Comment l'IQA est-il calculé ?.....49

2.4	Que signifient les classes de l'IQA ?.....	50
3.	Polluants suivis.....	50
4.	Stations	52
5.	Normes réglementaires	56
Chapitre 2 : Etude des Variations de la qualité de l'air entre 2010 et 2017 à Médina et Bel-Air		58
1.	Validité des données.....	58
2.	Concentrations des polluants.....	61
3.	Les dépassements de seuil et leurs conséquences	66
4.	Indice de la qualité de l'air	71
TROISIEME PARTIE : IMPACTS SANITAIRES ET STRATEGIES DE LUTTE CONTRE LA POLLUTION DE L'AIR		
Chapitre 1 : Pollution atmosphérique et santé		76
1.	Effet des polluants sur l'organisme humain.....	76
2.	Relation entre la pollution atmosphérique et certaines maladies associées	80
2.1	Au niveau Mondial.....	80
2.2	Au Sénégal	84
2.3	A Médina et Bel-Air.....	92
Chapitre 2 : Stratégies de gestion des impacts sanitaires de la pollution de l'air a medina et Bel-Air		99
1.	Stratégies communautaires.....	99
1.1	La sensibilisation des populations	99
1.2	Une gestion communautaire des activités de transport et de commerce	101
2.	Stratégies mise en place par les collectivités territoriales de la Médina et de Bel-Air.....	103
2.1	L'amélioration des secteurs du transport urbain.....	104
2.2	Elargissement des compétences et des activités du CGQA	105
CONCLUSION GENERALE		
Liste des figures		
Liste des Photos		
Liste des cartes		
Liste des Tableaux		
Bibliographie		
Annexe		

Résumé

Ce présent mémoire se donne comme objectif d'évaluer l'impact de la pollution de l'air sur la santé de la population dakaroise. Cette étude porte particulièrement sur deux zones dont les activités entraînent une pollution atmosphérique à savoir Médina et Bel-Air. La méthodologie adoptée s'est essentiellement appuyée sur la documentation, la collecte des données qui s'est basée sur un questionnaire soumis à la population cible et des entretiens réalisées auprès des personnes ressources, le traitement et l'analyse des données brutes. Ce processus a abouti à un certain nombre de résultat.

Les résultats obtenus nous ont permis de déterminer une multitude de sources d'émission de polluants dans l'atmosphère dakarois mais deux secteurs se distinguent principalement à savoir les activités industrielles principalement situées à Bel-Air ainsi que le secteur du transport. Avec ces données, nous avons identifié une saisonnalité de la pollution atmosphérique à Dakar avec notamment une pollution plus accentuée et présente en saison sèche pendant les mois de Janvier à Mai et de mi-October à Décembre. Pendant la saison des pluies, les émissions de polluants dans l'atmosphère sont plus réduites à cause du lessivage des particules dans l'atmosphère.

La responsabilité des effets la pollution atmosphérique sur la détérioration de la santé a été mis en avant avec les maladies respiratoires et cardiaques qui sont les principales altérations résultantes de la pollution de l'air. L'augmentation des consultations médicales liées à la pollution est un indicateur flagrant du danger des polluants atmosphériques sur la santé des populations.

Les stratégies de lutte contre la pollution atmosphérique au niveau de Dakar doivent impérativement s'articuler sur ces deux secteurs à savoir : l'industrie et le transport. Accompagné de l'élargissement des compétences et prérogatives du CGQA

Abstract

The purpose of this brief is to assess the impact of air pollution on the health of the Dakar population. This study focuses in particular on two areas whose activities cause air pollution, namely Medina and Bel-Air.

The methodology adopted was mainly based on documentation, data collection based on a questionnaire submitted to the target population and interviews with contact persons, processing and analysis of the raw data. This process has resulted in a number of outcomes.

The results obtained have allowed us to identify a multitude of sources of emissions of pollutants into the Dakar's atmosphere but two sectors are mainly distinguished: industrial activities mainly located in Bel-Air and the transport sector.

With these data, we have identified a seasonality of air pollution in Dakar with notably a more pronounced pollution and present in the dry season during the months of January to May and from mid-October to December.

During the rainy season, emissions of pollutants to the atmosphere are reduced due to the leaching of particles into the atmosphere.

Responsibility for the effects of air pollution on the deterioration of health has been highlighted with respiratory and cardiac diseases which are the main alterations resulting from air pollution. The increase in medical consultations related to pollution is a clear indicator of the danger of air pollutants on the health of populations.

Strategies to combat air pollution at the Dakar level must focus on these two sectors: industry and transport. The extension of the CGQA's powers and prerogatives would make it possible to have reference data in order to identify and develop trend solutions on the basis of verified hypotheses.

INTRODUCTION GENERALE

L'évolution humaine est caractérisée par une augmentation considérable de la qualité de vie ainsi que des techniques d'exploitation des ressources. Cela se manifeste par une croissance de la démographie mondiale couplée à l'expansion fulgurante des milieux urbains. Le paysage mondial actuel est totalement différent de celui observé pendant la période précédant la révolution industrielle. En effet, le développement de l'industrie est le principal atout que l'homme s'est doté pour dominer son environnement et ainsi aménager l'espace en fonction de ses besoins (LEROY-LADURIE, 2009).

Face à cette révolution, le monde connaît des mutations les plus extrêmes avec principalement l'utilisation du charbon pour alimenter les nouvelles machines à vapeur entraînant de même une forte croissance de la demande en ressources minières ainsi qu'un développement continu des techniques et procédés utilisés (GIEC, 2019). On observe à partir de là un changement considérable dans le quotidien des hommes. En effet, le développement industriel a entraîné une croissance de tous les autres secteurs à savoir l'économie, le transport, le social, la santé entre autre. Cette révolution a beaucoup impacté sur le quotidien de l'homme en permettant à ce dernier d'évoluer avec son milieu de façon considérable ; mais elle s'est faite en négligeant un certain nombre d'aspects lié à notre environnement. Elle se traduit principalement par une altération (de courte ou longue durée) des caractéristiques de notre écosystème (WOOLHOUSE et GOWTAGE-SEQUERIA, 2005).

L'environnement est l'ensemble de toutes les influences directes et indirectes exercées sur l'être vivant et de ses relations avec le reste du monde. En effet, les espèces vivantes dépendent les uns des autres et de leur milieu, ce qui compose ainsi d'innombrables éléments influant les uns sur les autres, qu'on appelle les facteurs écologiques (ADEME, 2014).

C'est pendant cette période post-industrialisation que l'homme prend réellement conscience des conséquences de ce nouveau mode de vie et voit également l'émergence de nouvelles notions telles que la pollution et celle qui nous intéresse principalement, à savoir la pollution atmosphérique ou pollution de l'air.

Les contraintes liées à la pollution de l'air ont toujours fait partie du quotidien de l'homme, mais jamais la situation n'a été aussi alarmante pour les populations. En effet, les pollutions de l'air sont multiples et anciennes. Elles ont des conséquences sur la santé humaine mais aussi sur la biosphère, en particulier la végétation, l'atmosphère et les climats de la planète (PLOPPER et al., 1992 ; BROECKAERT et BERNARD, 2000). Le philosophe romain SÉNÈQUE se plaignait déjà de l'air pollué de Rome durant l'Antiquité. En effet, il y a 2000 ans, SENEQUE écrivait dans les presses universitaires de Bordeaux (rapporté par SALOMON, 2003) : "Dès que j'aurai laissé derrière moi l'oppressant air de la ville et la puanteur des fumantes cheminées qui, une fois leurs feux allumés, vomissent toutes les pestilentes fumées et suies qu'elles contiennent, je me sentirai tout à fait un autre homme". De même il se réjouissait que " la providence, la divinité qui régit le monde, a ordonné aux vents de se déplacer et de se répandre de toutes parts de façon à nous défendre contre la pollution". Des mesures réalisées sur des sédiments du lac d'Anterne (Haute Savoie) (ARNAUD et al, 2006) ont montré que la période romaine était caractérisée par une contamination au plomb plus importante que celle liée à l'utilisation d'essences plombées dans les années 1970. Le maximum de contamination, interviendrait en 220 après JC, à l'apogée de la civilisation romaine dans les Alpes. Cette contamination serait liée à l'importance économique des villes et à une forte activité industrielle dans certaines régions.

Ainsi, petit à petit, l'homme prend conscience que la pollution peut rendre malade et que les effets sur la santé peuvent être irréversibles. Ces pollutions sont en partie la conséquence des concentrations humaines dans les villes et les régions, accompagnées de nombreuses combustions de matériaux divers à usage domestique, industriel, ou autre. A cela, s'ajoute un manque de considération du problème de pollution des populations qui accusaient les municipalités de vouloir nuire à la prospérité des villes.

La pollution a augmenté depuis la fin du XIXe jusqu'au milieu du XXe, avec la croissance de la production industrielle qui, en l'absence de réglementation contraignante, s'accompagnait d'une augmentation des rejets dans l'atmosphère. La prise de conscience des dangers pour la santé humaine de la pollution atmosphérique a été effective au milieu du XXe siècle à la suite d'épisodes de pollutions atmosphériques, maintenant célèbres, qui ont entraîné une augmentation significative de la mortalité et de la morbidité.

C'est de par ces épisodes de pollution que l'opinion publique s'est tournée vers des stratégies de lutte avec notamment la mise en place de certaines normes à respecter pour permettre une diminution des rejets dans l'atmosphère. Cela va sans dire que cette résolution n'est pas facile à faire respecter vue que les objectifs et intérêts de tous les acteurs divergent quelque peu.

L'agglomération de Dakar qui sur 550 km² (0,3% du territoire national), accueille 80% des activités économiques et industrielles nationales, présente l'image de bon nombre des villes des pays de l'Afrique Sub-Saharienne. Près de 30% de la population vit à Dakar. Cette forte densité est due aux flux migratoires des populations rurales attirées par les opportunités économiques. Le trafic automobile est particulièrement dense, les véhicules, dans leur grande majorité sont vétustes et utilisent du carburant diesel notamment dans le secteur des transports en commun.

Les conséquences d'une telle urbanisation mal maîtrisée sont, entre autre, une dégradation manifeste de la qualité de l'air dont le secteur des transports reste le principal responsable (BANQUE MONDIALE, 2003).

C'est ainsi que nous avons jugé nécessaire d'évaluer les contaminants responsables de la pollution atmosphériques au Sénégal et plus précisément à Dakar la capitale. Pour cela, nous avons effectué un stage au Centre de Gestion de la qualité de l'air (CGQA) du Ministère de l'environnement et du développement durable, une enquête de terrain au niveau des professionnels de santé et de la population des quartiers de Médina et de Bel Air.

Les objectifs de notre travail étaient de :

- catégoriser la qualité de l'air à Dakar en fonction des résultats obtenus lors des collectes.
- évaluer l'impact de ces polluants sur la santé des populations à Médina et Bel-Air
- mettre en avant les stratégies de gestion des impacts sanitaire de la pollution de l'air sur la santé des populations de Médina et Bel-Air

Notre document est structuré en 3 sections avec une première partie portant sur les cadres théorique et méthodologique avec notamment les notions générales sur la pollution de l'air. La deuxième partie est axée sur l'étude de l'évolution de la Pollution de l'air au cours des saisons et celle sur l'impact sanitaire de cette dernière sur la population de Médina et Bel-Air. La troisième partie a permis de développer sur les stratégies de gestion des impacts sanitaires de la pollution de l'air initiées par la communauté locale et les collectivités territoriales.

**PREMIERE PARTIE : CADRE THEORIQUE ET
METHODOLOGIQUE DE LA POLLUTION DE L'AIR**

Chapitre 1 : Cadre d'étude

1. Analyse conceptuelle

1.1 Définitions de la pollution atmosphérique

Définir la pollution atmosphérique n'est pas un exercice simple. Depuis 1968, le Conseil de l'Europe proposait la définition suivante : « Il y a pollution atmosphérique lorsque la présence d'une substance étrangère ou d'une variation importante dans la proportion de ses composants est susceptible de provoquer un effet nocif, compte tenu des connaissances scientifiques du moment, ou de créer une nuisance ou une gêne ». Il a fallu attendre 1996 pour que cette notion soit précisée dans la législation française. Selon l'article 2 de la loi n° 96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie, « Constitue une pollution atmosphérique l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer les changements climatiques, à détériorer les biens matériels, à provoquer des nuisances olfactives excessives ».

Suite à ces définitions, d'autres ont suivi avec des terminologies identiques mais des formulations différentes. Parmi celles-ci, nous pouvons en citer certaines :

- la pollution de l'air (ou pollution atmosphérique) est un type de pollution défini par une altération de la pureté de l'air, par une ou plusieurs substances ou particules présentes à des concentrations et durant des temps suffisants pour créer un effet toxique ou écotoxique.¹

¹ Source : <https://www.techno-science.net/glossaire- définition/Pollution-de-l-air.html>

- la pollution atmosphérique résulte d'un apport de gaz et de particules émis par l'activité humaine mais également par des constituants naturels (poussières volcaniques, pollen des arbres et des plantes, feux de forêt, etc.). Elle varie selon l'influence du vent, de la chaleur, de la lumière mais également selon la présence ou l'absence de pluies (WATTS, 1988).

- la pollution atmosphérique est un type de pollution caractérisé par une altération des niveaux de qualité et de pureté de l'air. Cette dégradation est généralement causée par un ou plusieurs éléments (particules, substances, matières, ...) dont les degrés de concentration et les durées de présence sont suffisants pour produire un effet toxique et/ou écotoxique.²

L'ensemble de ces définitions nous permet de distinguer trois éléments incontournables que sont l'émission de polluants, la dégradation de la qualité de l'air et l'effet de ces polluants sur la santé de l'homme. En effet, la pollution de l'air se caractérise principalement par la nature des polluants qui s'échappent dans l'atmosphère ; une nature conditionnée à son tour par la source d'émission de ces polluants.

Le Conseil de l'Europe dans sa déclaration de mars 1968 propose cette définition : "il y a pollution atmosphérique lorsque la présence d'une substance étrangère ou une variation importante dans la proportion de ses composants est susceptible de provoquer un effet nocif, compte tenu des connaissances scientifiques du moment, ou de créer une nuisance ou une gêne". Ainsi, ce sont ces polluants qui déterminent la gravité ou encore l'impact environnemental et sanitaire de la pollution atmosphérique (Conseil de l'Europe, 1968).

² Source : http://Svt-Pollution-De-l-Air/44373913.html#google_vignette, consulté le 12 janvier 2022

Ces différentes définitions suscitent aussi des questions qui permettront peut-être de prendre conscience de la gravité de la situation dans laquelle se trouve notre planète due principalement à l'activité de l'homme :

- D'où proviennent ces polluants ?
- Comment peuvent-ils affecter à ce point notre environnement ou même notre santé ?

1.2 Les sources des polluants de l'air

L'air est composé d'oxygène (21%), d'azote (78%) et d'argon (0,95%). Il est plus ou moins contaminé par des polluants gazeux, liquides ou solides d'origine naturelle (émissions par la végétation, les océans, les volcans, ...) ou produits par des activités humaines (pots d'échappements des véhicules, cheminées d'usines, feux domestiques, brûlage de déchets, ...) (POUYE, 2012).

Les sources de pollution atmosphérique peuvent être naturelles ou anthropiques (liées aux activités de l'homme). Les rejets dans l'atmosphère résultant des activités humaines viennent s'ajouter à des constituants d'origine naturelle souvent de même nature que les polluants. L'atmosphère n'est pas homogène sur toute son épaisseur, on peut la découper en strates qui sont déterminées par plusieurs propriétés physiques telles que la pression, la température, la densité, ... Quatre strates composent l'atmosphère qui sont, en fonction de l'altitude : la troposphère, la stratosphère, la mésosphère et la thermosphère. Celle qui nous intéresse le plus est la troposphère, qui a une limite supérieure de 15km, sa température décroît avec l'altitude et peut atteindre -50°C .

C'est dans cette zone que sont émis les polluants qui ont tendance à s'y accumuler à cause d'une différence de pression et d'un manque de convection avec la stratosphère.

Donc les phénomènes de pollution ont lieu dans la troposphère qui est la plus basse couche de l'atmosphère et où des quantités de plus en plus importantes de gaz et de particules potentiellement nuisibles sont émises et entraînent des dommages à la santé humaine et à l'environnement (DIEDHIOU, 2017).

Les polluants de l'air sont nombreux et variés. De nombreux gaz, matières et produits peuvent participer d'une manière ou d'une autre à la pollution de l'air à partir du moment où ils peuvent être suffisamment volatils ou fins pour rester temporairement ou de manière permanente dans l'air. Ces substances sont considérées comme des polluants avérés ou suspectés qui agissent en synergie entre eux et/ou avec d'autres paramètres (UV solaire, ozone, hygrométrie, acides, etc.) (BOUSSOUARA, 2010).

- **Les sources naturelles**

La pollution n'est pas seulement un phénomène à imputer aux activités de l'homme. La nature produit également ses propres polluants qui altèrent, dans une moindre mesure, la qualité de l'air.

Elle provient des volcans, des feux de forêts, des sels des océans, des poussières de l'espace, des pollens des arbres et plantes, des marécages et des zones humides, ou autres sources qui ne sont pas influencées par les humains.

Ces différents éléments peuvent se subdiviser en deux groupes selon la nature chimique :

- la pollution inorganique regroupant la poussière et les gaz émis par les éruptions volcaniques, les particules soulevées par le vent au-dessus des océans, les sables soulevés par les tempêtes dans les déserts etc.

- la pollution organique qui comprend la fumée et la poussière émises par les feux de forêts, les particules des plantes (pollens et spores de moisissures par exemple) et les substances volatiles produites par les plantes (UNEP, 2011).

A Dakar, la pollution d'origine naturelle est principalement due à la poussière désertique en provenance du Sahara. L'épisode de pollution aux particules du 27 Décembre 2016 à Dakar, ayant débuté la veille, témoigne de cette source désertique de pollution avec des pics de plus de 850 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (plus de 3 fois la norme). En effet, ce nuage de poussière désertique en provenance du Sahara déclenche chez les populations exposées des crises d'asthmes et des maladies respiratoires, particulièrement chez les personnes sensibles. Cet épisode de pollution d'origine naturelle s'est prolongé jusqu'au 31 Décembre 2016 (CGQA,2017).

- **La pollution anthropique**

Cette forme de pollution provient des multiples activités de l'homme telles les cheminées industrielles, le transport, les gaz d'échappement des voitures et camions, l'agriculture, les centrales électriques qui fonctionnent au charbon, au pétrole ou gaz, aux activités minières, aux décharges et à l'incinération des déchets (UNEP, 2011). La pollution de l'air d'origine humaine peut aussi être divisée en deux groupes en fonction des caractéristiques de l'émission :

- les émissions réglementaires de polluants tels les oxydes d'azote (NO_2), le dioxyde de soufre (SO_2), le monoxyde de carbone (CO), et beaucoup d'hydrocarbures : les « composés organiques volatiles » qui sont placés sous la surveillance de spécialistes,
- les émissions accidentelles, qui ont lieu par exemple lors de la destruction de bâtiments anciens, l'exploitation des carrières, les catastrophes industrielles ou les fuites qui peuvent découler des activités des usines.

La pollution émane donc des sources variées qui rejettent des polluants dits primaires, substances dangereuses directement émises dans l'atmosphère et des polluants dits secondaires (exemple : ozone), substances qui deviennent dangereuses après avoir été émises dans l'atmosphère ou qui ont pour origine des réactions chimiques dans l'air (UNEP, 2011).

La figure 1 met en avant les sources de pollution de l'air les plus fréquentes à Dakar selon les ménages interrogés. On note que la pollution d'origine automobile et celle industrielle sont identifiées comme les principaux responsables de la dégradation de la qualité de l'air à Dakar.

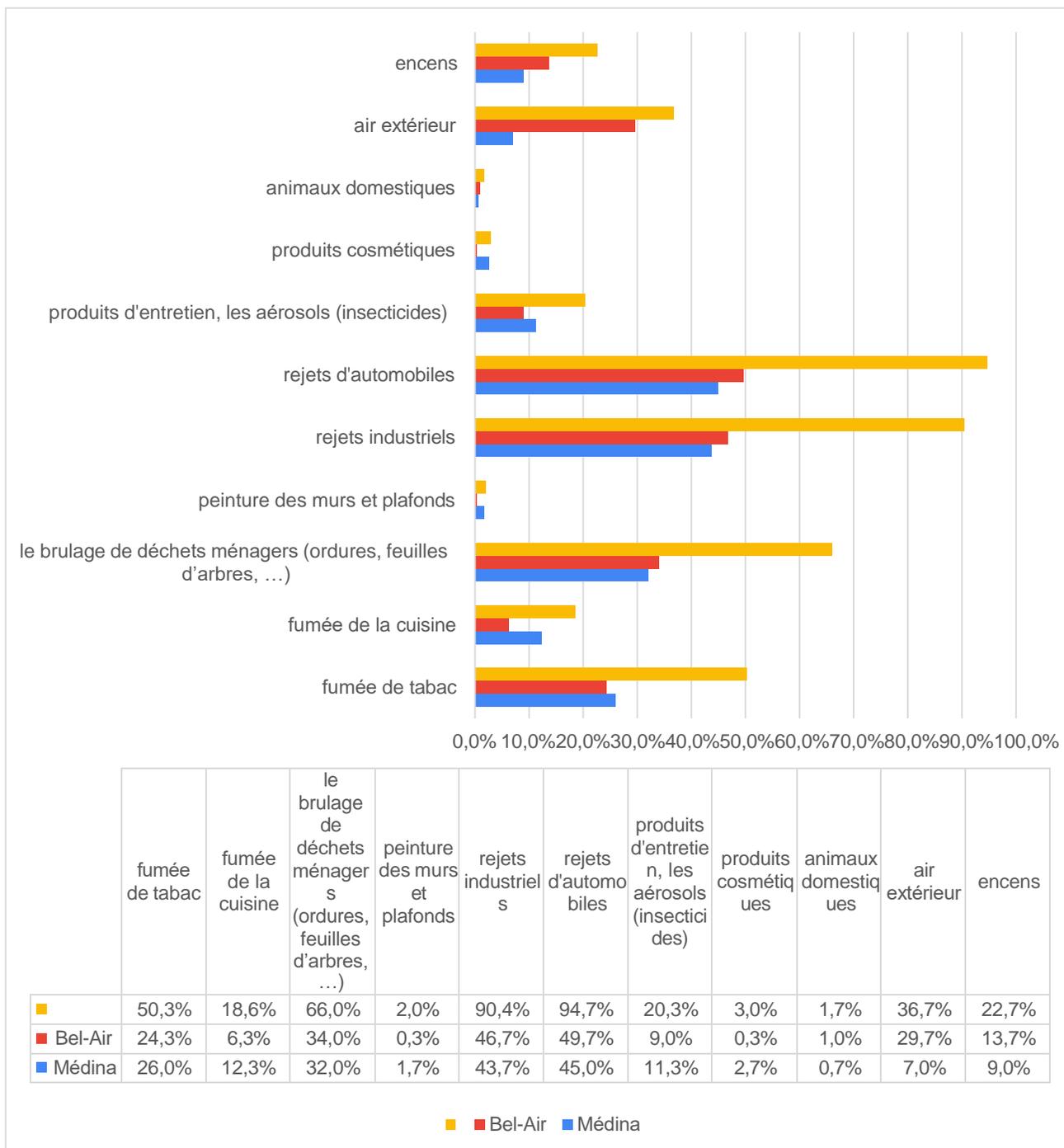


Figure 1: Fréquence des causes de la pollution de l'air à Médina et à Bel-Air selon les ménages (Données d'enquête, Février 2023)

- **La pollution d'origine automobile**

Le développement des transports automobiles constitue un problème majeur d'environnement dans les pays les plus industrialisés mais également dans le reste du monde. En effet, il est la cause d'une importante pollution atmosphérique et de bien d'autres dégradations écologiques dont l'importance prend de plus en plus d'ampleur étant donné les conséquences sur l'environnement (GUEYE, 2008).

A Dakar, les activités de transport constituent une des jointures essentielles des dynamismes socio-économiques de la ville mais également l'une des principales sources de pollution atmosphérique. En effet, la ville de Dakar est structurée de telle sorte que le centre-ville, incorporant la majeure partie des activités administratives et économiques, se situe à l'extrême sud de la ville. Cette structuration entraîne une mobilité principalement axée sur cette zone du centre-ville entraînant un flux considérable des transports urbains durant toute la journée. Médina et Bel-Air se présente dans cette configuration comme les deux seules voies d'accès au centre-ville.

La majorité des ménages interrogés soit 81,3% affirme utiliser les moyens de transport en commun tels que les « cars rapides », les TATA ou encore les bus Dakar Deem Dikk alors que 48% d'entre eux effectue parfois leur trajet par moto.

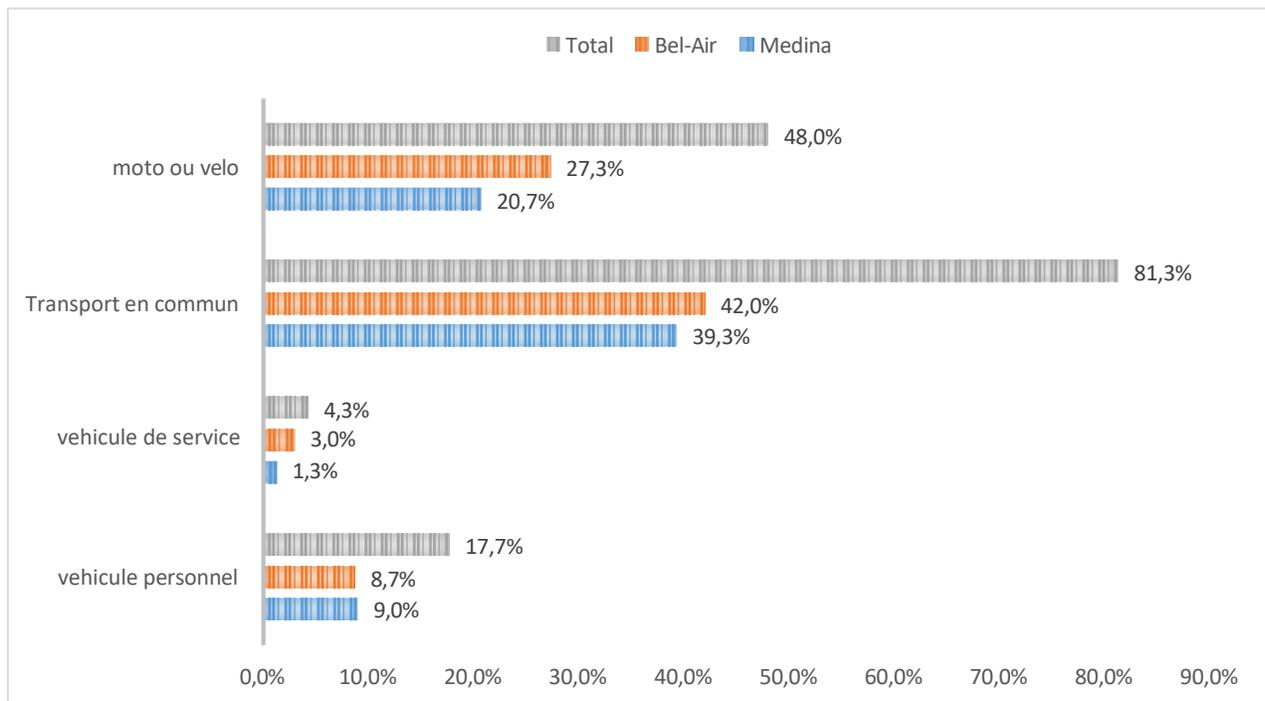


Figure 2: Fréquence d'utilisation des différents types de moyens de transport à Médina et à Bel- Air selon les ménages (Données d'enquête, Février 2023)

Cette utilisation des moyens de transport en commun s'explique par la distance entre le domicile et le lieu de travail de ces usagers. En effet, 64,1% des ménages interrogés se situent à plus de 1km de leur lieu de travail avec 26,4% qui se situent à plus de 5km.

Une étude a été effectuée à Taïwan pour mesurer la pollution atmosphérique liée au trafic automobile. Pour les zones de conduite, pendant les trois jours de surveillance, des concentrations minimales de CO₂ trouvées étaient de 408.5, 395.0 et 410.0 ppm et la concentration maximale était supérieure à 3000 ppm (CHUN-FU et al., 2015). Ces résultats obtenus à Taïwan, qui est une ville avec une circulation dense corroborent la relation entre la concentration de certains polluants comme le CO et la dégradation de la qualité de l'air (TOURE et al., 2019).

- **La pollution industrielle**

La révolution industrielle est synonyme d'innovations et de progrès techniques. Elle s'accompagne également de bouleversements sociaux sans précédents : exode rural et urbanisation croissante, production à grande échelle de produits manufacturés, déploiement des transports... Ce changement de modèle économique repose en très grande partie sur l'exploitation et l'utilisation massive du charbon, à l'origine de grands accidents sanitaires liés à une pollution atmosphérique de proximité, qui émailleront l'Europe et les Etats-Unis des XIX^e et XX^e siècles (GUILLOSSOU, 2022).

Les activités industrielles sont considérées comme les principales sources d'émissions de polluants atmosphériques du fait de l'échelle importante sur laquelle ces polluants agissent sur l'atmosphère. En effet, la pollution industrielle impacte sur un très large périmètre avec la source d'émission comme épigentre ; les facteurs climatiques comme le vent ou encore l'humidité peuvent affecter la circulation des polluants dans l'atmosphère.

Parmi les épisodes de forte pollution causés par les activités industrielles, on peut citer le grand smog de Londres en décembre 1952. Cette épisode s'est déroulée durant la période allant du vendredi 5 au mardi 9 décembre 1952 et est considéré comme la pire pollution atmosphérique de toute l'histoire du Royaume-Uni.

Au Sénégal, la zone industrielle est principalement située au niveau de la région de Dakar ; plus précisément près du port de Dakar à Hann Bel-Air. Cette proximité des activités industrielles avec les habitations domestiques rend la question de la pollution industrielle plus préoccupante avec des potentiels épisodes de fortes pollutions de l'air qui peuvent découler de ces activités.

Le 24 mars 1992, une explosion de citerne d'ammoniac au niveau du port de Dakar a causé la mort de 129 individus et engendré 1150 blessés.

Ce phénomène a permis de mettre en évidence et de confirmer les risques environnementales et sanitaires de ces activités utilisant des quantités importantes de substances chimiques.

- **Les sources de pollution intérieure**

Outre les activités industrielles et de transport urbain, d'autres sources de pollution peuvent aussi être observées même si leurs effets sont localisés à des échelles moins importantes. En effet, la pollution de l'air peut se retrouver à l'intérieur des habitats avec des polluants tels que la fumée de Tabac, les produits d'entretien, les produits cosmétiques ou encore les produits d'encens (figure 3).

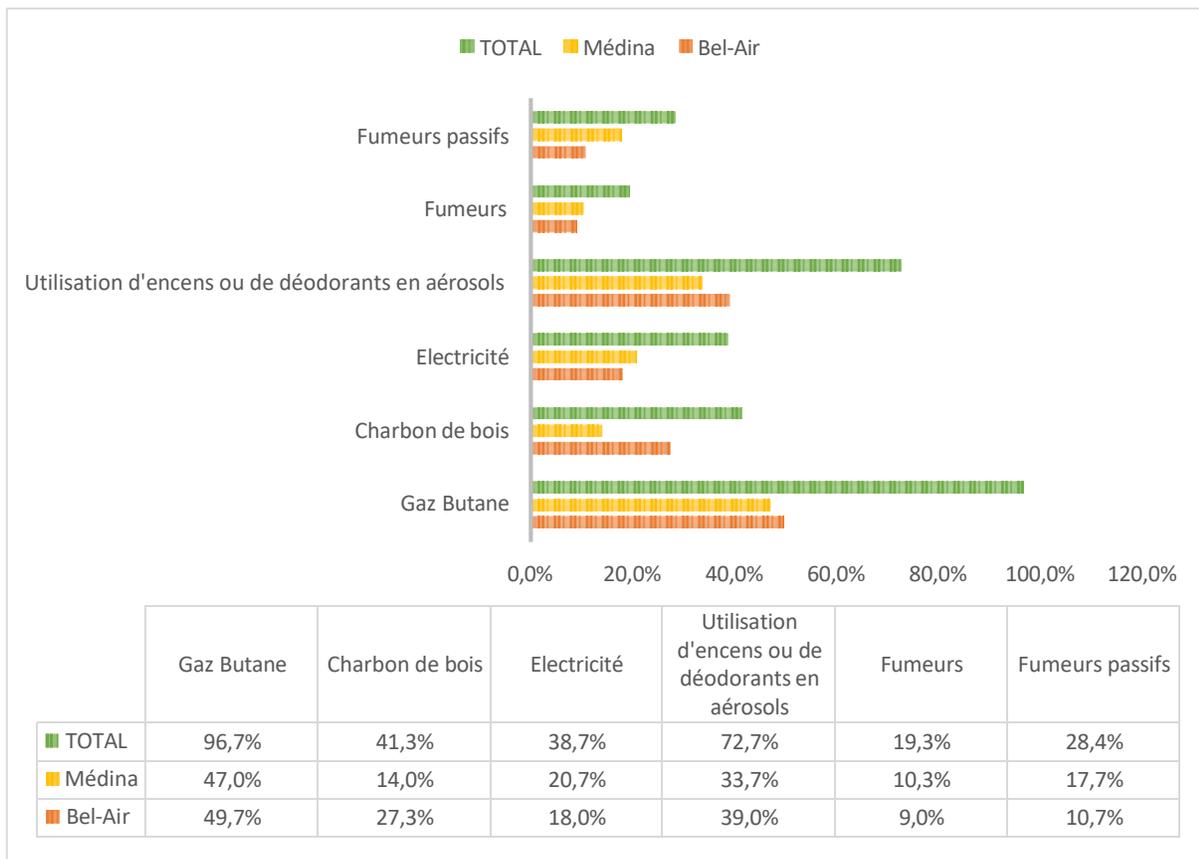


Figure 3: Fréquence des causes de pollution de l'air intérieur à Médina et à Bel-Air selon les ménages (Données d'enquête, Février 2023)

Ces sources de pollution sont principalement des résultantes de notre mode de vie avec comme exemple les fumeurs de cigarette qui représente une bonne partie de la population. En effet, 28,4% des ménages interrogés, lors de notre enquête, affirment cohabiter avec un fumeur ce qui les expose également aux polluants issus de la fumée (on observe 19,3% de fumeurs dans l'effectif total) (figure 3).

Les produits d'encens sont également catalogués comme des polluants atmosphériques pouvant altérer la santé des populations. Ces produits dégagent de la fumée aromatisée qui dans un espace clos peut entraîner des perturbations de la santé. C'est le même procédé qui est observé avec les produits d'entretien et cosmétiques pouvant contenir des substances nocives pour la santé de l'homme.

Les sources d'énergie utilisées dans les ménages peuvent également altérer la qualité de l'air du milieu intérieur. En effet, le gaz butane ou encore le charbon de bois utilisé comme source d'énergie peuvent dégager certains gaz qui à force de s'accumuler peuvent altérer la qualité de l'air ambiant.

L'absence ou le défaut de ventilation peut augmenter le niveau de pollution à l'intérieur des locaux en empêchant un recyclage qui permettrait de diluer l'air pollué des pièces et d'éliminer les polluants vers l'extérieur. Des températures trop élevées ou une forte humidité peuvent aussi faire augmenter les concentrations de certains polluants (JEZIORO et al, 2005).

1.3 Les différents types de polluants

Quelle que soit leur origine, les polluants de l'atmosphère peuvent être gazeux ou solides. Leur présence modifie les caractéristiques physico-chimiques de l'atmosphère. La nocivité des différentes substances est liée soit à leurs caractéristiques intrinsèques soit à celles des substances adsorbées à la surface des particules. Elle est liée à la concentration en polluants et à la durée d'exposition de la cible à la substance. Les effets sanitaires aigus sont les plus documentés.

Toutefois il ne faut pas négliger les effets à long terme liés à une accumulation par exposition chronique ou les effets de synergie liés à l'exposition à plusieurs substances simultanément (DIEME, 2012). Les activités humaines de production industrielle et énergétique sont, avec les transports, les principales sources de polluants primaires avec l'émission de certaines substances telles que le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde de carbone (CO₂), le dioxyde de soufre (SO₂), les oxydes d'azote (NO_x), les hydrocarbures, les métaux lourds, le Plomb, le chlore et les poussières. Ces différents polluants sont émis de façon anthropique en quantités importantes et sont également les mieux connus car les plus fréquemment rencontrés. Ces éléments peuvent aussi se combiner avec d'autres substances (souvent en faible quantité) pour donner un cocktail de polluants. La concentration de ces polluants primaires est maximale à la source d'émission. Ces polluants voient leur concentration diminuer à mesure que la masse d'air s'éloigne de la source, suite à leur dispersion sous l'action du vent, et à leur transformation chimique. D'autres polluants nommés « polluants secondaires » résultent de la transformation par photochimie de plusieurs polluants dont principalement les oxydes d'azote et les hydrocarbures (COV en particulier).

- **L'ozone (O₃)**

L'ozone est un gaz naturellement présent dans la haute atmosphère (stratosphère). Il s'y forme par dissociation de l'oxygène sous l'effet des ultraviolets. Cette formation est en équilibre avec la décomposition par des radiations lumineuses de plus grande longueur d'onde. Au niveau de la basse couche de l'atmosphère, l'ozone est un polluant dit « secondaire » car il n'est pas émis directement. Il est l'un des principaux composés formés par photochimie notamment lors de la réaction des NO_x et des COV.

Sa concentration varie durant la journée et les pics maximaux sont obtenus à partir de midi avec les maximas de températures. L'ozone constitue donc un bon traceur de pollution dans la mesure où il est facile à mesurer (MERBITZ et al., 2012).

L'ozone est un puissant oxydant qui résulte de la réaction de recombinaison d'un atome d'oxygène (O) avec une molécule de dioxygène (O₂). Dans la troposphère, l'atome d'oxygène nécessaire est introduit par photodissociation du dioxyde d'azote (NO₂), sous l'action du rayonnement solaire. En milieu non pollué, le NO formé réagit avec l'ozone pour former le NO₂. Il existe ainsi un ensemble de réactions conduisant à un équilibre entre le NO₂, NO et O₃. En milieu pollué, notamment dans les grandes agglomérations, le cycle équilibré NO_x/O₃ est perturbé par la présence de COV qui déplacent l'équilibre vers une plus grande formation de l'ozone. La teneur de ce polluant est en constante augmentation dans l'hémisphère nord et sa concentration a été multipliée par cinq en un siècle, passant de 10 ppm en 1874 à 50 ppm actuellement (MORIN et al., 2009).

- **Les oxydes d'azote (NO_x)**

Malgré la présence de quantités importantes de NO_x dans l'atmosphère, on parle surtout du monoxyde d'azote (NO) et du dioxyde d'azote (NO₂) en ce qui concerne la pollution de l'air. En effet NO et NO₂ sont des gaz toxiques contrairement au N₂O. Ils participent également à des réactions photochimiques importantes dans la troposphère. Les oxydes d'azote NO_x (NO et NO₂) issus des activités anthropiques proviennent principalement de la combustion de combustibles fossiles (essence, gazole, fiouls, ...) ou de biomasse. (SPLF, 2015). A l'échelle planétaire, les orages, les éruptions volcaniques et l'activité bactérienne produisent de très grandes quantités de NO_x (JACOB, 1999). Toutefois, en raison de la répartition de ces émissions sur la surface terrestre, les concentrations atmosphériques d'oxyde d'azote demeurent très faibles.

En revanche en milieu urbain, ses concentrations peuvent atteindre des valeurs très élevées. Ces oxydes d'azote sont impliqués dans la formation de l'ozone troposphérique. Le secteur des transports est responsable de plus de 60% des émissions et notamment les moteurs diesel qui en rejettent deux fois plus que les moteurs à essence catalysés.³

- **Les composés organiques volatils (COV)**

Les COV regroupent une large diversité d'espèces. Les COV sont définis comme "tout composé organique ayant à 293,15°K une pression de vapeur de 0,01 kPa ou plus" (directive européenne 1999/13/CE). Ces espèces sont formées d'atomes d'hydrogène et de carbone. Les atomes d'hydrogène peuvent être substitués par des atomes tels que les halogènes, l'oxygène, le soufre, l'azote ou le phosphore. Ils regroupent une multitude de substances appartenant à différentes familles chimiques (hydrocarbures aromatiques, cétones, alcools, alcanes, aldéhydes, etc.). Il est fréquent de distinguer séparément le méthane (CH₄) qui est un COV particulier, naturellement présent dans l'air. On parle alors de COV méthaniques et de COV non méthaniques (KRICHNER S, 2011).

De manière simplifiée, les COV sont des gaz émis par la combustion de carburants ou l'évaporation de solvants contenus dans certains matériaux et produits. Leur point commun est de s'évaporer plus ou moins rapidement à température ambiante et de se retrouver dans l'air (OQAI, 2011). Les COV peuvent être biogéniques (origine naturelle) ou anthropogéniques (activités humaines). Les émissions liées au transport automobile peuvent constituer jusqu'à 25 % des émissions totales de COV. On les retrouve aussi en atmosphère intérieure, dans l'habitat, où ils sont présents dans de nombreux produits et matériaux (mousses isolantes, peintures, moquettes, linoléum, vernis etc.) ou issus de l'utilisation de produits domestiques (bombes aérosols, produits insecticides, cosmétiques, parfums ; colles ; produits de nettoyage, ...).

³ Source : <http://www.citepa.org/fr/veille-air-climat>

Les processus de combustion lors de la cuisson des aliments au gaz ou dans la fumée de tabac produisent aussi des COV de manière non négligeable. Les COV sont impliqués dans la pollution photochimique de l'air c'est à dire qu'en se dégradant dans l'atmosphère, ils perturbent les équilibres chimiques avec pour conséquence la formation ou l'accumulation dans l'environnement de composés nocifs dont l'ozone dans la basse atmosphère (<http://www.citepa.org/fr/veille-air-climat> ; SAX et al., 2006 ; DUONG et al., 2011 ; CARAZO FERNANDEZ et al., 2013).

- **Le monoxyde de carbone (CO)**

Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz incolore, inodore et insipide produit par la combustion incomplète de toute matière organique, incluant les carburants fossiles (dérivés du pétrole), les déchets et le bois. Les principales sources anthropiques de monoxyde de carbone sont de loin le transport (véhicules diesels), mais aussi le secteur industriel et le chauffage au bois. Une fois dans l'atmosphère, il se transforme éventuellement en dioxyde de carbone (CO₂), un des plus importants gaz à effet de serre. En milieu urbain, on observe les concentrations maximales de CO aux heures de pointe de circulation automobile, à proximité des autoroutes et des grandes artères urbaines (WILLIAMS et al., 2002 ; FORSTER et al., 2006).

- **Le dioxyde de soufre (SO₂)**

Le dioxyde de soufre (SO₂) est un gaz incolore dont l'odeur est âcre et piquante. Il provient principalement de procédés industriels et de la combustion de carburants fossiles contenant du soufre. Des concentrations élevées de ce polluant peuvent être observées à proximité de sources industrielles. À la suite de réactions chimiques dans l'atmosphère, le SO₂ se transforme en sulfates (sous forme liquide ou solide). Dans la nature, les volcans sont responsables de la majeure partie des émissions de produits soufrés (DIEME et al., 2012).

- **Les particules en suspension (« Particulate Matter, PM »)**

Les particules en suspension (PM) ou aérosols sont des systèmes colloïdaux, liquides ou solides en suspension dans l'air. Les particules en suspension proviennent des sources naturelles, comme les sels marins, les particules volcaniques, les poussières désertiques, les petites gouttes d'eau (brouillard), les microorganismes et des sources anthropiques (combustion industrielle, chauffage domestique, incinération de déchets, transport). Les particules en suspension sont un ensemble hétérogène de substances et leur composition varie en fonction de leur source d'émission. On distingue :

- les particules primaires, directement émises dans l'atmosphère. Elles sont majoritairement issues de toutes les combustions incomplètes liées aux activités industrielles ou domestiques, ainsi qu'aux transports. Elles sont aussi émises par l'agriculture (épandage, travail du sol, etc.). Elles peuvent également être d'origine naturelle (érosion des sols, pollens, feux de biomasse, etc.).

- les particules secondaires, formées dans l'atmosphère suite à des réactions physico-chimiques pouvant impliquer le dioxyde de soufre (SO₂), les oxydes d'azote (NO_x) ou les composés organiques volatils (COV), voire des particules primaires.

Ces particules sont classées en fonction de leur taille :

- PM₁₀ : particules de diamètre inférieur à 10 micromètres. Elles sont retenues au niveau du nez et des voies aériennes supérieures ;

- PM_{2.5} : particules de diamètre inférieur à 2,5 micromètres. Elles pénètrent profondément dans l'appareil respiratoire jusqu'aux alvéoles pulmonaires et peuvent passer dans la circulation sanguine (SQUINAZI et al., 2008 ; NDONG, 2019).

- **Les éléments traces métalliques**

Les éléments traces métalliques (ou métaux lourds) restent une préoccupation de surveillance de la qualité de l'air. Les effets de ces polluants sont divers et dépendent de l'état chimique sous lequel on les rencontre (métal, oxyde, sel, organométallique). Différents métaux peuvent contaminer l'atmosphère comme le plomb (Pb), le Mercure (Hg), l'Arsenic (As), le Cadmium (Cd) et le Nickel (Ni). Historiquement le plomb (Pb), interdit dans l'essence au Sénégal depuis 2006, reste présent dans la combustion de combustibles fossiles comme le charbon, les fiouls et les carburants. La présence de plomb en quantité non négligeable dans les batteries de véhicules et dans les gaz des pots d'échappement constitue ainsi une problématique environnementale et sanitaire (ARITA et COSTA, 2009).

Les autres métaux peuvent être émis de façon anthropique en fonction des activités de l'homme. C'est ainsi que des émissions d'arsenic (As) sont issues de combustibles fossiles tels les fiouls lourds ou le charbon. Certains procédés industriels sont à l'origine d'émissions d'arsenic notamment dans la production de verre et de métaux (LAUWERYS, 2007).

Les émissions de cadmium (Cd) sont induites principalement par le processus de traitement des déchets, le secteur de la métallurgie des métaux et dans une moindre mesure lors de la combustion de charbons, du fioul lourd et de la biomasse. Les études de Cabral et al. (2012) ont mis en évidence des teneurs élevées de cadmium dans la décharge à ciel ouvert de Mbeubeuss.

Les émissions anthropiques de mercure (Hg) sont issues, au Sénégal, de sources multiples : incinération de déchets contaminés par le Hg, activités d'orpaillage (extraction artisanale de l'or surtout à Kédougou), fabrication d'agrégats dans les cimenteries (fours à ciment notamment).

Le mercure est aussi utilisé comme amalgame dentaire dans les activités de dentisterie pour obturer les cavités cariées des dents (CHARPIN et al., 2016).

- **BTX (Benzène, Toluène, Xylènes)**

Les BTX sont des composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) libérés lors de l'évaporation des carburants (remplissage des réservoirs), ou par les gaz d'échappement.

Ils sont émis majoritairement par le trafic automobile, le reste des émissions provenant de processus industriels et éventuellement d'usage domestique de solvants. Le plomb n'est pas suivi et n'est plus un indicateur de la pollution automobile, car il a été supprimé de l'essence au Sénégal depuis 2006.

2. Problématique

2.1 Contexte

Les régions africaines ne partagent pas les mêmes préoccupations que celles européennes concernant la pollution atmosphérique. En effet, les différences de développement entre les pays régissent d'une certaine manière les caractéristiques de la qualité de l'air dans ces zones.

En Europe, la principale source de pollution reste le secteur de l'énergie (70% des émissions d'oxydes de soufre et 21% des émissions d'oxydes d'azote). Mais le transport routier a aussi une part importante, puisqu'il est à l'origine de la majorité des émissions de monoxyde de carbone (CO), de NO_x et de particules de diamètre inférieur à 2,5 µm (PM_{2,5}). Ces polluants sont directement inhalés par les populations dans les grandes zones urbanisées (VALARI, 2012).

La capitale sénégalaise concentre de nombreux facteurs de dégradation de la qualité de l'air, qui en font l'une des villes les plus polluées » du monde. En 2018, Dakar se classait à la 56e position du classement de l'OMS sur quelque 3.500 villes. (AGENCE FRANCE PRESSE (AFP), 2019).

Cette forte présence humaine sur ce « petit espace » s'explique par le fait que le département de Dakar accueille l'essentiel des infrastructures politiques, économiques et sociales du pays. En effet, Dakar est un pôle de tout premier ordre sur le domaine administratif, politique, économique, industriel, commercial, artisanal comme en témoigne du reste la présence des seuls aéroports, port et gare ferroviaire de dimension internationales du pays.

La situation géographique de Dakar (presqu'île) empêche l'extension spatiale de la ville. Cette situation a certes comme principale conséquence : de très fortes densités, mais elle pose aussi le problème de la cohabitation entre les industries et les populations (NDIAYE, 2008).

Outre le caractère industriel de Dakar, l'urbanisation croissante ainsi que le développement économique et démographique de la région ont également entraîné une croissance du secteur relatif au transport.

Au Sénégal, le parc automobile national a progressé de 7,4% en 2013 contre 7,3% en 2012 et le nombre de véhicules est passé de 275 374 en 2012 à 292 428 en 2013. La répartition de ces véhicules sur le territoire national demeure inégalitaire. En effet, 72,8% des véhicules du parc automobile restent concentrés à Dakar. De plus, ce parc automobile national est constitué, dans sa grande majorité, de véhicules d'occasion. En effet, jusqu'en 2013, seuls 27,2% des véhicules du parc automobile sont achetés à l'état neuf (ANSD, 2016).

Cette concentration de véhicule dans la capitale conduit à des niveaux de pollution plus élevée en zone urbaine (NGUEMA MENYE, 2017).

Les sources d'émissions de polluants chimiques des régions africaines sont conditionnées par des facteurs sociologiques, climatiques et économiques (POUYE, 2012).

Les principales sources de la pollution atmosphérique à Dakar sont donc les activités industrielles et les trafics routiers (cars rapides, camions, bus, ...), grands consommateurs de produits énergétiques. La gestion de cette pollution au niveau des trois secteurs centraux, de l'environnement, de l'énergie et des transports doit revêtir principalement des aspects techniques, informationnels et surtout législatifs et réglementaires (CGQA, 2011).

A Dakar, bien que la pollution ne soit pas évaluée quantitativement, il apparaît lors des analyses des statistiques sénégalaises qu'elle est en augmentation constante depuis des années (CABRAL et al 2012, DIEME 2012).

L'organisation et la gestion des espaces publics en milieu urbain sont au centre des préoccupations de la puissance publique. Cet intérêt est lié dans les pays en développement aux nombreux dysfonctionnements recensés dans la ville. Ces difficultés sont entretenues par la démographie galopante, l'urbanisation informelle et à l'accroissement des activités industrielles, commerciales entre autres. À Dakar, la question de la mobilité urbaine est exacerbée par les puissants mouvements pendulaires entre la ville centrale et la périphérie amplifiés par les stationnements anarchiques et par l'inorganisation des modes de transports urbains (CGQA, 2011). Ces facteurs de pollution sont des vecteurs de « maladies pulmonaires chroniques obstructives » et de maladies cardiovasculaires. Certains ont proposé, en guise de prévention, la création au Sénégal d'un « programme » dédié à la prévention des maladies respiratoires et « intégré » au « système d'alerte » sur la qualité de l'air mis en place par le gouvernement, qui a créé depuis 2009 le CGQA (proposition donnée par le professeur de médecine NAFISSATOU TOURE, chef du service de pneumologie du CHNU de FANN, à Dakar).

Le CGQA, placé sous la tutelle du ministère de l'Environnement, a mis au point l'indice de la qualité de l'air (IQA), un paramètre servant à mesurer la qualité de l'air à l'aide d'un réseau de sept stations réparties sur le territoire national. L'IQA est publié quotidiennement, à travers une messagerie électronique, sur le site internet « www.air-dakar.org », depuis 2010. En cas d'alerte, ses communiqués sont envoyés aux médias locaux, dont l'Agence de Presse Sénégalaise.

Dans le cadre de notre étude, les stations de mesure situées au niveau de la Médina et de Bel-Air ont été choisies de par leur situation géographique et leur importance dans la dynamique économique de la région mais également de par la qualité de l'air enregistrée au niveau des sites.

2.2 Situation géographique des stations cibles



Légende

- Zone d'Etude
- ⊕ station de mesure de la qualité de l'air

OpenStreetMap

Source: DTGC/ ANAT/ OSM
Projection: WGS 1984
Elipsoïde: UTM Zone 28 N
Réalisation: Oumar Touré,
Juin 2022

Carte 1: Situation des stations de mesures de la qualité de l'air de Médina et Bel-Air

➤ La station de médina

Médina est l'une des 19 communes d'arrondissement de la ville de Dakar (Sénégal). Elle fait partie de l'arrondissement de Dakar Plateau et est située dans la partie sud de la capitale, limitrophe de Dakar-Plateau.

Située au nord-ouest de Dakar-Plateau, elle en est séparée par l'avenue Malick Sy de l'anse des Madeleines à l'autoroute A1. Au sud, la commune est bordée par le littoral de l'anse des Madeleines au Canal 4. A l'Ouest, le boulevard de Gueule Tapée, marque la limite avec Gueule Tapée-Fass-Colobane. Au nord, elle s'étend jusqu'à la rue 34, au mur de la caserne de Colobane, puis l'autoroute A1 la sépare de Hann Bel-Air.

Pendant longtemps, la ville n'a été constituée que du Plateau et de la Médina. C'est le Gouverneur William Ponty qui en 1914 a créé officiellement par décret le quartier de la Médina. En plein contexte d'épidémie de peste, il était urgent pour l'administration coloniale de construire de nouveaux quartiers salubres pour héberger les sénégalais et surtout pour les séparer des quartiers du Plateau effrayés par les épidémies à répétition de choléra, de fièvre jaune, de peste, de variole, etc.

Aujourd'hui la Médina est un des quartiers les plus peuplés de Dakar où toutes les infrastructures sont présentes (eau, téléphone, ADSL, électricité, routes goudronnées, ...). De nombreux fonctionnaires y habitent. C'est un quartier assez défavorisé si on le compare aux nouveaux quartiers des SICAP, mais la frénésie immobilière qui touche le centre de Dakar donne de la valeur à tout le secteur. C'est surtout un vieux quartier où les maisons commencent à accuser le poids des années. La configuration de la zone de Médina avec sa position géographique l'oblige à être un carrefour du transport urbain. Ce caractère ajouté à la présence d'activités commerciales intensifs entraîne une insalubrité marquante dans la zone couplée à un dynamisme démographique dense.

Le manque d'assainissement caractérisé par l'insalubrité et les eaux usées s'accumulant au fur et à mesure au niveau des canalisations non-entretenu es est également un problème que les populations identifient dans leur quotidien.

La pollution de l'air sévit surtout en milieu urbanisé et dans les zones d'activités, non seulement par la suite de concentration des industries et des foyers domestiques, mais aussi à cause de la circulation des véhicules à moteurs (GUEYE, 2008).

La station de mesure de la Médina a été installée précisément dans l'enceinte de l'hôpital Abass Ndao de Dakar situé en face du rond-point Casino Sahm. C'est ce rond-point qui joue le rôle de croisement entre l'avenue Cheikh Anta Diop et le Boulevard Gueule Tapée avec notamment des infrastructures commerciales comme le supermarché Casino. Ce lieu est jonché de nombreux commerces, marchés (Tilène et le marché hebdomadaire du mercredi) et de services publics. C'est l'une des voies principales qui mènent vers le centre-ville avec notamment des véhicules de tout genre qui y circulent. La configuration de la zone est idéale pour permettre de mesurer les concentrations de polluants présents sur place. En effet, c'est une station de type suburbain qui se situe en bordure de route au niveau d'une intersection munie de feux rouges comme le précise le CGQA (coordonnées géographiques : 14°41'14"N et 17°26'54"O).

La station installée au niveau de ce carrefour mesure le CO, les particules de PM₁₀ ainsi que les NO_x, avec le NO₂ et le NO ; qui sont les principaux polluants d'origine automobile.

➤ **La station de Bel-Air**

Cette station se situe au niveau du port autonome de Dakar, dans la zone industrielle dakaroise. En effet, la commune d'arrondissement de Bel-Air peut être considérée comme la capitale des entreprises industrielles à Dakar. La commune de Hann Bel-Air fait partie de l'arrondissement de Grand Dakar.

Ce quartier est assez étendu avec une superficie de 1297 ha comme l'indique le site web de la mairie, il se situe à l'est de la capitale, en bordure de l'océan, entre Patte d'Oie et Dakar-Plateau.

Le village de Hann ou Yarakh est le noyau originel de la commune d'arrondissement. Les quartiers Hann pêcheurs et Hann Plage forment le village traditionnel fondé par les pêcheurs « Lébous » à proximité de la plage de la Baie de Hann. Dès 1745, le naturaliste britannique Adanson mentionnait le village de Yarakh sur la cartographie de la faune et de la flore en Afrique de l'Ouest.

Grâce à sa configuration, la Baie de Hann est un site propice pour pratiquer les activités de pêche à savoir des espaces dédiés pour étaler et réparer les filets, le parking de pirogues. La géomorphologie de la Baie offre un endroit idéal pour amarrer les pirogues et se protéger contre les vents et marées.

Avec une population atteignant les 67 000 habitants, La commune d'arrondissement de Hann Bel Air est la zone la plus industrialisée du Sénégal avec un taux avoisinant les 70%. Il existe toutes sortes d'industries à cause de sa proximité avec le Port Autonome de Dakar. C'est donc une zone industrielle qui joue un grand rôle pour le développement économique du pays (CGQA, 2011).

La station de Bel-Air est donc de type industriel qui mesure essentiellement le SO₂, les PM₁₀ et PM_{2,5}, les NO_x, avec le NO₂, le NO et les BTX.

2.3 Justification

Le choix de notre sujet et notre zone d'étude s'inscrit dans la logique de prise de conscience de l'état critique de notre environnement. En effet, la pollution de l'air représente de nos jours l'un des principaux problèmes du quotidien des populations. Au Sénégal, la région de Dakar concentre la généralité des inquiétudes en ce qui concerne cette pollution.

Cette région, étant la capitale, concentre l'essentielle des activités économiques du territoire. Ceci est dû à une augmentation démographique incomparable par rapport aux autres régions et une expansion urbaine et économique incontrôlée. Ce contexte renforce de plus le choix de notre sujet et le choix de zone d'étude. De ce fait, dans la région de Dakar, nous avons choisi comme cadre d'étude les zones de Medina et de Bel-Air. Ces deux sites font partie du programme de recherche du CGQA du fait que ceux sont des zones essentielles dans la compréhension du processus de pollution de la région de par leur localisation géographique. En effet, Medina est une zone urbaine avec une forte concentration démographique et automobile du fait que c'est un carrefour incontournable dans la vie sociétale dakaroise. Alors que la zone de Bel-Air a un caractère industriel avec l'association des activités industrielles avec les habitations domestiques. Ce qui justifie que ces 2 zones concentrent des quantités inquiétantes de particules polluantes susceptibles d'altérer la santé des populations.

2.4 Etat de l'art

Elle vise à faire le bilan de ce que l'on sait déjà sur notre question de recherche. Elle a été analytique et a consisté à identifier des tendances, des orientations, en discutant les conséquences des choix de ces orientations, en mettant les auteurs en dialogue entre eux ; et en soumettant leurs idées et leurs travaux à la critique. En effet, pour réaliser ce travail, une bonne documentation a été utile et a constitué une nécessité. Notre sujet de recherche ayant porté sur la pollution de l'air et ses effets sur la santé humaine, cela nous a imposé de beaucoup privilégier la consultation des ouvrages, essais, articles, thèses et mémoires.

Cela est d'autant plus nécessaire qu'il s'agit d'un sujet d'actualité qui nous concerne principalement et que son évolution nous pousse à y prêter constamment attention. On s'est appuyé sur des bibliothèques numériques comme celle de l'Université Cheikh Anta Diop ou encore ResearchGate.

Au Sénégal, des études ont été réalisées pour déterminer les caractéristiques de la qualité de l'air principalement à Dakar, zone la plus polluée du pays. C'est le cas avec des programmes ou projets tels que la thèse de El hadji Thierno DOUMBIA (Doumbia, 2012) qui s'est inscrit dans le cadre du programme POLCA ou encore le Projet ChairPol Dakar piloté par Pr Mamadou FALL (FALL, 2014).

Cette thèse qui s'est inscrite dans le cadre du programme POLCA (Pollution des Capitales Africaines) a eu pour principal objectif de caractériser la pollution particulaire sur des sites « trafic » de deux capitales africaines Dakar (Sénégal) et Bamako (Mali) et d'étudier son impact toxicologique sur l'appareil respiratoire. Quant au projet ChairPol, il est un projet sous régional sur la pollution de l'air qui a contribué au développement du domaine de l'éco-santé en Afrique de l'Ouest. Le Projet (2014-2019) a été surtout axé sur la pollution urbaine de l'air et ses impacts sur les maladies respiratoires non transmissibles (MNT). L'étude a été menée dans plusieurs pays dont le Sénégal où la thématique a été essentiellement axée sur la pollution chimique de l'air à Dakar.

Ces études ont permis de caractériser la qualité de l'air dans différentes villes de la région et en plus ont permis d'étudier l'impact de ces polluants sur la santé des populations. Ces études sur l'impact sanitaires de la pollution atmosphérique sont plus détaillées dans des thèses telles que celle de DENIS DIEME en 2011 qui s'est basé sur la caractérisation physico-chimique et l'étude des effets toxiques sur des cellules pulmonaires BEAS-2B des polluants particuliers de la ville de Dakar (Sénégal). Cette étude, qui est la première du genre au Sénégal, consistait d'une part au prélèvement et à la détermination des caractéristiques physiques et chimiques de particules atmosphériques PM_{2,5} collectées sur 2 sites urbains (Dakar) sous influence automobile (Fann ou P1 et Faidherbe ou P2) et sur un site rural (Ngaparou ou R).

Et d'autre part, elle a consisté à évaluer les mécanismes physiopathologiques sous-jacents impliqués dans la toxicité induite par ces particules lors de l'exposition de cellules pulmonaires humaines.

La thèse soutenue par Mathilde CABRAL en 2012 a permis de mettre en avant les effets d'une exposition des populations (enfants et adultes) à des polluants atmosphériques spécifiques. Cette enquête épidémiologique porte sur l'impact sanitaire de la décharge de Mbeubeuss, réceptacle de l'ensemble des déchets ménagers et industriels de Dakar (Sénégal), sur la population résidant à proximité. Les déchets, stockés sans être recouverts, sont source de pollution atmosphérique et des sols, notamment par le plomb et le cadmium. L'objectif de cette étude était de déterminer, après caractérisation chimique des échantillons de sol et de particules atmosphériques, l'imprégnation de la population (enfants et adultes) à ces deux métaux et de rechercher leur éventuel impact sur la fonction rénale.

Au niveau international, des études telles que SHAH et al en 2015 qui a porté sur le thème de « Exposition à court terme à la pollution atmosphérique et aux accidents vasculaires cérébraux : revue systématique et méta-analyse » ou encore ROCHAT et al en 2012 qui étudie la question du rôle de la pollution atmosphérique dans l'asthme ont participé à la caractérisation de la pollution atmosphérique dans certaines régions européennes. Elles ont cependant mis plus l'accent sur les effets sanitaires néfastes qui peuvent être mis en relation avec la pollution atmosphérique.

Au-delà du cadre de la documentation, les stages dans les institutions concernées par notre thématique (comme le CGQA) nous ont permis d'intégrer les nouvelles approches de collecte de données de ces dernières et les intégrer dans notre méthodologie. Ainsi, nous avons pu rendre ces données plus fiables et plus précises tout en densifiant considérablement notre base de données.

2.5 Questions de recherche

➤ Question Principale

Quel est l'impact de la pollution de l'air sur la santé des populations de la Médina et de Bel-Air à Dakar ?

➤ Questions Spécifiques

- QS 1 : Comment évolue la pollution de l'air à Médina et à Bel-Air (Dakar) au cours des saisons ?
- QS 2 : Quels sont les indicateurs de l'impact de la pollution de l'air sur la santé des populations de Médina et de Bel-Air (Dakar) ?
- QS 3 : Quelle relation existe-t-il entre la pollution de l'air et la santé des populations de la Médina et Bel-Air (Dakar) ?

2.6 Objectifs de recherche

➤ Objectif Principal

Comprendre l'impact de la pollution de l'air sur la santé de la population dakaroise : cas de la Médina et de Bel-Air.

➤ Objectifs spécifiques

- OS 1 : Décrire l'évolution de la pollution de l'air à Dakar dans les stations expérimentales de Médina et Bel-Air au cours des saisons.
- OS 2 : Identifier les indicateurs de l'impact de la pollution de l'air sur la santé des populations de Medina et Bel-Air.
- OS 3 : Analyser les relations entre la pollution de l'air et la santé des populations de Médina et Bel-Air.

2.7 Hypothèses

➤ Hypothèse Principale

La pollution de l'air altère la santé des populations de Médina et de Bel-Air (Dakar)

➤ Hypothèses spécifiques

- HS 1 : La pollution de l'air à Médina et Bel-Air est une pollution saisonnière.
- HS 2 : Les maladies relatives à la pollution de l'air deviennent de plus en plus fréquentes au fil des années.
- HS 3 : Les périodes de forte dégradation de la qualité de l'air entraînent une détérioration de la santé des populations de la Médina et de Bel-Air

Chapitre 2 : Cadre Méthodologique

1. Enquête de terrain

Les enquêtes de terrain constituent une partie essentielle de la collecte de données et s'appuient sur un stage, un questionnaire, des guides d'entretien et l'observation.

Le stage a été effectué au niveau du CGQA et nous a permis de mieux comprendre les processus de pollution atmosphérique caractéristique à la ville de Dakar.

Nous avons également participé à l'exploitation des données de mesures de la qualité de l'air collectées entre la période allant de 2010 à 2017 des stations de mesure expérimentales de Médina et Bel-Air ; tout en s'appuyant sur la documentation fournie par le centre. Ce stage s'est déroulé pendant la période du 19 Novembre 2021 au 20 Février 2022.

Le questionnaire est destiné à la population des zones cibles (Médina et Bel-Air) ; nous avons précisément ciblé les ménages pour collecter des données sociales et quantitatives.

Les guides d'entretien sont soumis aux professionnels de santé ainsi qu'aux administrateurs municipaux. Les entretiens avec les professionnels de santé se sont déroulés au niveau de deux (2) structures médicales (le Centre Hospitalier Universitaires de FANN et le Centre Hospitalier Abass Ndao) et a concerné des docteurs chefs de service (pneumologie, urgences, maternité, urologie et réanimation), des docteurs, des infirmiers et des aides soignant. Les personnels du CAP ainsi que du service de physiologie de la FMPO ont également été enquêtés. Ces entretiens nous ont permis de comprendre les différentes maladies associées à la pollution de l'air et également la perception du corps médical par rapport à cette problématique.

Un conseiller municipal de chaque zone d'étude a été soumis à un entretien pour avoir une idée sur les politiques et projets municipaux engagés pour lutter contre la pollution atmosphérique.

Ces activités se sont déroulées pendant la période allant du 28 Décembre 2022 au 26 février 2023.

Certaines difficultés ont été rencontrées au cours de ce mémoire parmi lesquelles on peut citer :

- L'attente dans le but d'obtenir l'autorisation de stage au niveau du CGQA a duré presque une année du fait des directives ministérielles liées à la situation COVID. Néanmoins, ce stage fut indispensable pour acquérir les données des mesures de polluants atmosphériques à Dakar.

- Les enquêtes de terrain ont également pris du temps causé par un manque d'information d'une partie de la population abordée sur la question de la pollution atmosphérique mais également par le manque de temps du corps médical pour participer aux entretiens.

- Un manque de données de mesure et de référence des acteurs municipaux ajouté à la petite marge de manœuvre des politiques municipales sur la question de la pollution atmosphérique ont plombé les démarches concernant les entretiens avec les personnes d'intérêts de ces administrations.

2. L'échantillonnage

N'ayant pas eu connaissance d'études antérieures sur les sites choisis, qui ont montré la proportion de personnes victimes des effets de la pollution environnementale de l'air, nous allons nous baser sur la formule de Schwartz (SCHWARTZ, 1993) qui permet de déterminer la taille d'un échantillonnage pour une enquête. En effet, cette formule se base sur des théories statistiques très complexes pour calculer la taille d'un échantillon en fonction de la marge d'erreur tolérée.

$$N = z^2 \times p (1 - p) / m^2$$

N = taille de l'échantillon

z = niveau de confiance selon la loi normale centrée réduite (pour un niveau de confiance de 95%, $z = 1,96$; pour un niveau de confiance de 99%, $z = 2,575$)

p = proportion estimée de la population qui représente la caractéristique (lorsqu'elle est inconnue, on utilise $p = 0,5$ ce qui correspond au cas le plus défavorable c'est-à-dire la plus grande)

m = marge d'erreur tolérée (par exemple on veut connaître la proportion réelle à 5% près)

Avant de nous lancer dans les calculs, nous avons pris en compte deux facteurs essentiels que sont :

- **La taille de la population mère :**

Plus la précision recherchée est importante, plus on a besoin d'un échantillon de plus grande taille. Cependant, lorsqu'il s'agit de très grandes populations, la taille de la population n'a pas d'influence sur la taille de l'échantillon.

Dans notre situation, la population mère des deux zones d'étude était trop importante pour considérer de prendre le 1/10 de la population cible. Ces zones cumulent à eux deux plus de 30000 ménages.

- **La variabilité des caractéristiques de la population mère :**

Plus la population mère qui nous intéresse est diverse et présente des caractéristiques variées, plus il faudra interroger de personnes. A l'inverse, plus cette population est homogène et moins il faudra interroger de personnes.

Les effets de la pollution atmosphérique sont ressentis par l'ensemble des personnes exposées même si certains sont plus susceptibles que d'autres. Dans notre situation, nous avons mis de côté l'hypersensibilité de cette portion de la population et mettre en avant la sensibilité générale.

Les caractéristiques de notre milieu d'enquête sont satisfaisantes pour nous permettre d'utiliser cette formule de Schwartz pour calculer la taille de notre échantillon.

Nous retenons d'après cette formule une proportion théorique de 50%. On désire obtenir une précision de plus ou moins 6% et on choisit un risque de 5% pour un écart réduit de 1,96.

$$p = 50\% = 0,5$$

$$m = 6\% = 0,06$$

$$z = 95\% = 1,96$$

$$N = z^2 \times p (1 - p) / m^2$$

$$N = (1,96)^2 \times 0,5 (1 - 0,5) / (0,06)^2$$

$$N = 267$$

Afin d'améliorer la précision, nous avons porté la taille à $N = 300$

Vu que nous avons Médina et Bel-Air comme zones d'étude, nous allons donc répartir cet effectif entre ces deux milieux en prenant en compte la distance par rapport aux stations de mesure présentes sur place.

$$N_{\text{Bel-Air}} = N_{\text{Médina}} = N / 2 = 150$$

$N_{\text{Bel-Air}}$ représente le nombre de ménages interrogés à Bel-Air

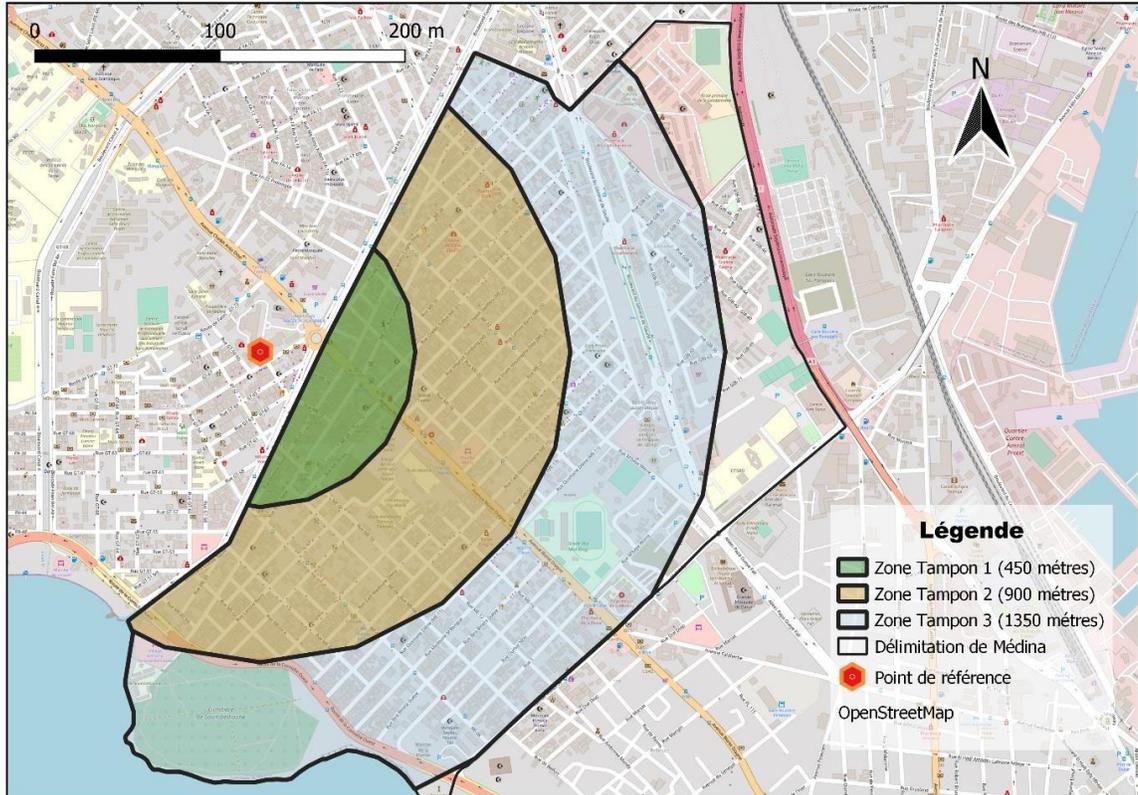
$N_{\text{Médina}}$ représente le nombre de ménages interrogés à Médina

N représente l'effectif total interrogé soit 300 ménages

Chaque zone aura un échantillon de 150 ménages répartis entre 3 zones tampons préalablement identifiées.

Chacune des zones d'étude est divisée en 3 secteurs définis selon leur distance par rapport à un point de référence identifié au préalable. Ce point fait référence à la station de mesure présente sur place et la distance entre les secteurs est adaptée à la superficie de chacune des deux zones d'étude. Dans chaque secteur, on procédera à l'enquête de 50 sujets ce qui fera un total de 150 personnes dans chaque milieu.

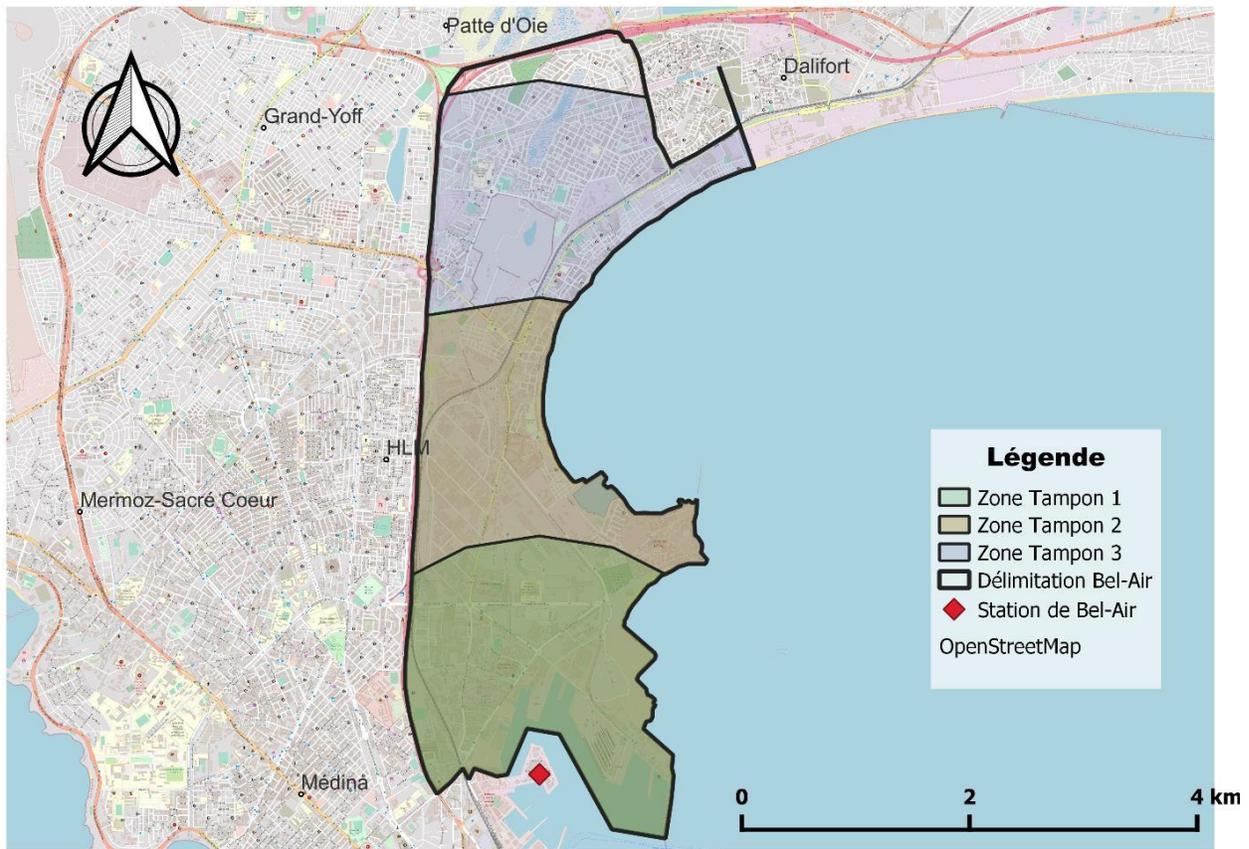
- Pour la zone de Médina, la principale source de pollution de l'air est d'ordre automobile avec un carrefour automobile incontournable présent au niveau du Rond-Point Sahn. La station de mesure a été installée au niveau de ce carrefour.



Carte 2: carte de délimitation en zone de la Médina (Dakar) (réalisé par Oumar Touré, 20 mars 2023)

C'est dans ce contexte que cette position servira de référence pour pouvoir déterminer les zones tampons de 450 mètres.

- Pour la zone de Bel-Air, la principale source de pollution atmosphérique est d'ordre industrielle et automobile avec une zone élargie concentrant essentiellement des industries et entreprises ayant des relations avec les activités portuaires. Nous prendrons la station de mesure présente au niveau du port comme position de référence pour délimiter des zones tampons de 3km.



Carte 3: Carte de délimitation en zone de Bel-Air (Dakar) (Réalisé par Oumar Touré, 2 Avril 2023)

Tableau 1: Tableau de répartition des effectifs selon la zone d'étude.

Zone d'étude	Zone Tampon 1	Zone Tampon 2	Zone Tampon 3	Ni	N
Médina	50	50	50	150	300
Bel-Air	50	50	50	150	

Ni = effectif total des 3 secteurs d'une zone d'étude

N = effectif total des zone d'études

3. Traitement et analyse des données

Dans cette phase, toutes les données recueillies sur le terrain ont fait l'objet d'un travail d'analyse pour vérifier certaines informations acquises lors des enquêtes de terrain. En effet, ce travail nous a permis de confirmer, d'infirmer ou de corriger les informations tirées de l'exploitation des supports visuels.

Le traitement et l'analyse des données suivent l'étape de la collecte et nécessitent l'usage d'outils informatiques à l'aide d'un certain nombre de logiciels que sont :

- Les logiciels Excel et Word, indispensables au traitement des données dans ce travail de recherche. Le logiciel Word nous a aidé à la rédaction du document, alors qu'Excel a été utilisé pour le traitement des graphiques, tableaux et diagrammes ;
- Qgis 3.24 est un logiciel qui nous a permis de faire la cartographie.
- Google forms est le logiciel qui nous a permis de procéder au dépouillage et au traitement des données d'enquête.
- Rstudio est le logiciel utilisé pour les calculs statistiques

En se basant sur les données de l'annuaire des statistiques sociales et sanitaires publié annuellement par le Ministère de la Santé, nous avons établi une liste des maladies enregistrées au sein de cette annuaire ayant une relation avec la pollution atmosphérique. Cette sélection s'est faite avec la collaboration du docteur exerçant au sein du service médical de l'Université Assane Seck de Ziguinchor, Mr Diedhiou. Sur la base de ces données, nous avons déterminé la relation de corrélation entre ces maladies et les variations de données climatiques telles que la température et l'humidité. Le calcul des coefficients de corrélation entre les maladies relatives à la pollution de l'air et les données météorologiques s'est fait à partir du logiciel Rstudio. C'est l'absence de données mensuelles sur les maladies liées à la pollution de l'air qui nous a forcé à nous orienter vers les données annuelles disponibles.

Les structures de santé ne disposent pas de données de référence ou relatifs aux maladies liées à la pollution atmosphérique ; et des projets d'études sont en cours d'élaboration pour remédier à cela.

**DEUXIEME PARTIE : ETAT DE LA QUALITE DE L'AIR A
DAKAR ENTRE 2010 ET 2017**

Chapitre 1 : Etude et normalisation de la pollution de l'air au CGQA

L'intérêt de ce travail se base sur le fait que les données de concentration de polluants dans les villes tropicales sont peu exploitées. Les études reposent sur la concentration des polluants dans ces villes. Des concentrations sont désormais mesurées dans la ville de Dakar grâce à la création d'un centre de gestion de la qualité de l'air (CGQA) en 2009 et qui a été inauguré le 17 mars 2010. Ce CGQA a été financé par le Fonds Nordique de Développement. Ce fonds s'inscrit dans le Programme d'Amélioration de la Mobilité Urbaine (PAMU) créé par le Conseil Exécutif des Transports Urbains de Dakar (CETUD).

Le CGQA dépend de la DEEC. Un suivi de la pollution de l'air est donc possible depuis le début de l'année 2010. Les concentrations de sept polluants différents sont accessibles sur la ville grâce à l'implantation de cinq stations installées dans plusieurs zones de la ville. Le CGQA de Dakar publie, mensuellement et trimestriellement, un rapport sur la qualité de l'air de Dakar. Le lieu d'implantation est un élément très important pour l'étude des concentrations relevées dans chaque station, car en fonction du lieu, les conditions climatiques et l'exposition aux émissions des transports ne seront pas les mêmes. Les mesures sont effectuées toutes les heures, mais durant plusieurs heures, voire plusieurs jours de l'année 2010, les concentrations n'ont pas pu être relevées à cause de coupures d'électricité fréquentes dans la ville.

1. Historique

La création du CGQA a été possible grâce à un financement du Fonds Nordique de Développement qui a financé la composante 4 du PAMU mis en œuvre par le CETUD.

En raison de ses objectifs de veille environnementale sur la pollution atmosphérique, le CGQA a été placé sous la tutelle de la DEEC.

Ce centre dispose aujourd'hui d'un laboratoire de référence et de sept stations fixes de mesure de la pollution de l'air répartis à travers la ville de Dakar. Ces stations fixes sont complétées par un laboratoire mobile qui effectue des mesures dans des endroits ciblés.

Les missions du CGQA sont :

- D'assurer la veille sur la pollution de l'air ambiant,
- D'informer le public sur l'état de la qualité de l'air,
- De fournir à l'état des rapports sur la pollution de l'air pour une prise de décision.
- D'évaluer les rejets de polluants à la source,
- De favoriser la mise en place d'un observatoire de la qualité de l'air.

2. Indice de la Qualité de l'air (IQA)

2.1 Qu'est-ce que l'IQA ?

L'indice de qualité de l'air (IQA) indique l'état journalier de la qualité de l'air. Il renseigne sur le niveau de pollution de l'air et les impacts sanitaires qui peuvent en découler après quelques minutes ou des jours après l'exposition à la pollution atmosphérique.

Parmi les utilisateurs de ce système, l'Agence Américaine de Protection de l'Environnement (USEPA) a développé un IQA pour cinq principaux polluants réglementés par la loi sur la qualité de l'air (l'ozone de surface, les particules de poussières, le monoxyde de carbone, le dioxyde de soufre et le dioxyde d'azote). Pour chaque polluant, l'USEPA a déterminé des standards pour protéger contre les effets sanitaires.

2.2 Comment fonctionne l'IQA ?

L'IQA est imaginé comme une règle mesurant entre 0 et 500. Plus la valeur de l'IQA est élevée, plus le niveau de pollution de l'air est grand et plus l'impact sanitaire négatif est important.

Par exemple, une valeur d'IQA de 50 représente une bonne qualité de l'air et un faible potentiel d'impact négatif sur la santé, alors qu'une valeur d'IQA de 300 représente un air de qualité « dangereuse ».

La valeur de 100 correspond globalement au standard pour un polluant en-dessous duquel la santé des populations est préservée. Ainsi, des valeurs inférieures à 100 sont satisfaisantes. Quand les valeurs sont supérieures à 100, la qualité de l'air affecte d'abord la santé des populations sensibles, puis celle de tout le monde quand l'IQA devient plus élevé.

Au Sénégal, le Centre de Gestion de la Qualité de l'Air a adopté quatre classes d'IQA et chaque classe correspond à un niveau d'impact sanitaire selon le groupe de population.

2.3 Comment l'IQA est-il calculé ?

L'indice pour un polluant donné correspond à sa concentration exprimée en pourcentage de sa valeur limite.

$$\text{IQA} = (\text{Concentration du Polluant} / \text{valeur limite du Polluant}) * 100$$

Les valeurs limites d'émissions de polluants ont été établies par l'Association Sénégalaise de Normalisation (ASN).

Pour évaluer la qualité de l'air globale pour une station de surveillance particulière, un indice est calculé pour chaque polluant mesuré et le maximum est considéré comme l'indice de qualité de l'air pour cette station de surveillance, car il représente le plus mauvais (le pire) des polluants mesurés.

2.4 Que signifient les classes de l'IQA ?

➤ **Bon** : l'IQA est satisfaisant et la pollution de l'air pose très peu ou pas de risque sanitaire.

➤ **Moyen** : l'IQA est acceptable. Toutefois, pour certains polluants, il peut y avoir de légers risques sanitaires pour un nombre limité de personnes. Par exemple, les personnes qui sont d'habitude sensibles à l'ozone pourraient manifester quelques symptômes.

➤ **Mauvais** : Certains groupes de personnes sont particulièrement sensibles aux effets nocifs de certains polluants. Ceci signifie qu'ils sont susceptibles d'être affectés pour les plus basses valeurs que le grand public. C'est le cas pour les enfants et les adultes en activité à l'extérieur.

Les personnes atteintes de maladies respiratoires sont soumises à un risque élevé en cas d'exposition à l'ozone, alors que les gens atteints de maladies cardiaques le sont en cas d'exposition au monoxyde de carbone. Avec des valeurs d'IQA entre 150 et 200, tout le monde peut commencer à sentir des effets sanitaires qui sont plus sérieux chez les gens des groupes sensibles.

➤ **Très Mauvais** : Des valeurs d'IQA supérieures à 200 déclenchent une alerte sanitaire, car chacun peut ressentir de sérieux effets sur sa santé. Avec des valeurs d'IQA supérieures à 300, toute la population est affectée. L'alerte générale doit être déclenchée et des mesures d'urgence doivent être prises.

3. Polluants suivis

Compte tenu du nombre élevé de polluants dans l'atmosphère seuls quelques-uns sont suivis, car d'une part, ils sont représentatifs des types de pollution (industrielle, automobile ou surfacique) et d'autre part, leurs effets nuisibles pour l'environnement et/ou la santé ont été démontrés.

On parle alors d'indicateurs de pollution atmosphérique qui font l'objet de réglementations.

Le CGQA assure la surveillance des polluants atmosphériques suivants :

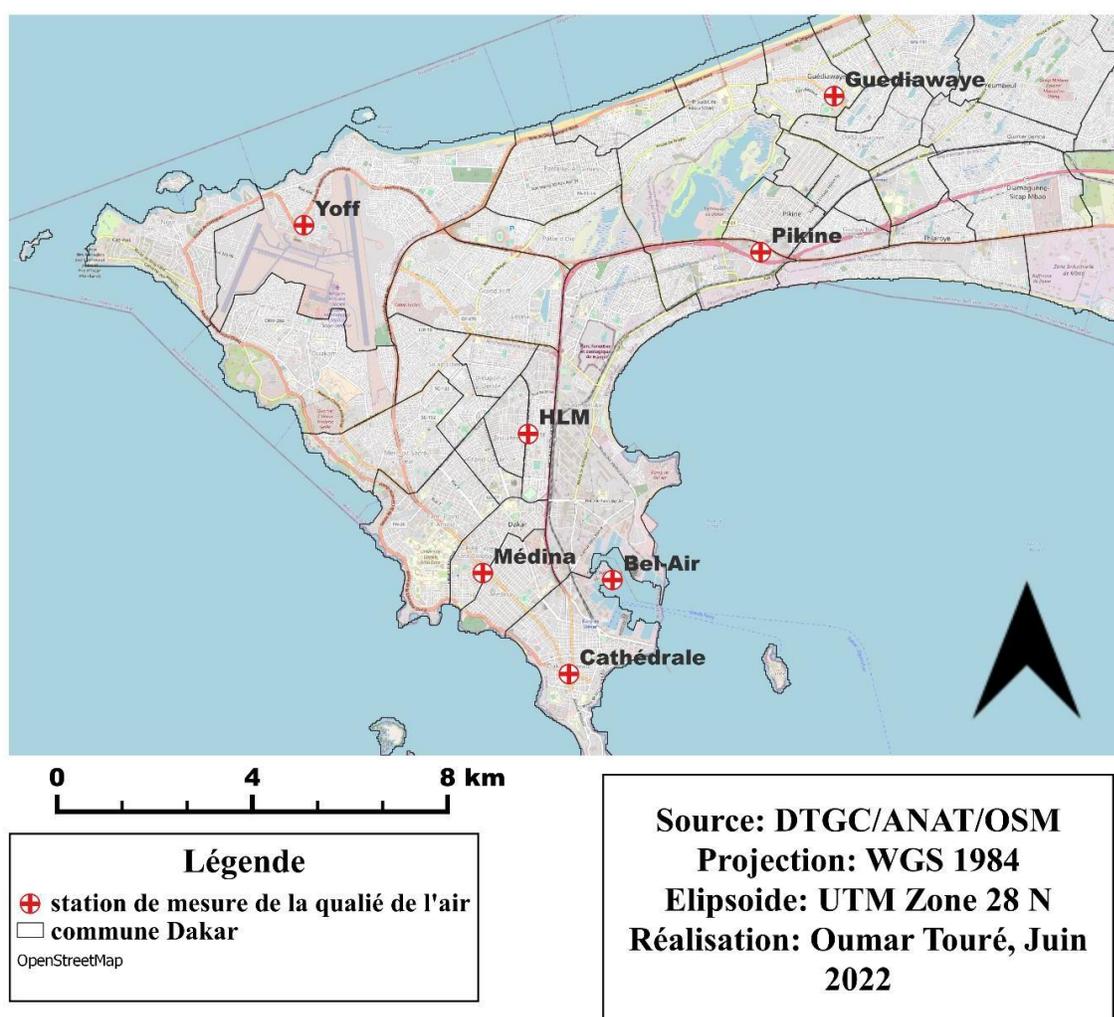
Tableau 2: Origines et impacts sanitaires des principaux polluants suivis par le CGQA au niveau des stations expérimentales (Dakar) (Atelier de partage du projet « Suivi de la pollution de l'air

Polluants suivis	Origine	Impact Sanitaire
Oxyde d'azote (NOx)	Transport et installations de combustion	Crises d'asthme, sensibilité des bronches aux infections chez l'enfant
Ozone (O ₃)	Transformation NOx et hydrocarbures par rayonnements solaires	Toux, irritations oculaires, etc.
Benzène toluène xylène (BTX)	Transport, industrie nature	Troubles du système nerveux, perte de conscience
Particules de poussières PM _{2,5} et PM ₁₀	Transport, industrie et nature (poussières et vents de sable...)	Pathologies respiratoires et cardiovasculaires
Monoxyde de Carbone (CO)	Transport	Intoxication chronique, maux de tête, vertiges, problèmes cardio-vasculaires
Dioxyde de soufre (SO ₂)	Combustion fuel et charbon	Symptômes respiratoires aigus chez l'adulte et baisse capacité respiratoire chez l'enfant

Le choix de ces polluants a été justifié par le fait que (comme annoncé plus haut) ces substances sont effectivement toxiques pour l'homme. Cependant, d'autres polluants pourraient éventuellement être rajoutés dans l'avenir après une évaluation de la pertinence de leur choix.

4. Stations

Sept stations de mesures sont installées à travers la ville de DAKAR par le CGQA.



Carte 4: Répartition des stations de mesure de la pollution de l'air à Dakar



Photo 1: Station de mesure des polluants atmosphériques du CGQA à Dakar (Oumar Touré, 14 Novembre 2023)



Photo 2: Station de mesure des polluants atmosphériques du CGQA à Dakar (Oumar Touré, 14 Novembre 2023)

Les stations permettent de mesurer les concentrations de polluants atmosphériques présents dans l'atmosphère. En effet, comme nous pouvons le voir sur la photo 2, l'air est acheminé au niveau des boîtiers de mesure par le biais de tube installé au niveau du toit des stations et ainsi acheminer des quantités d'air ambiant jusqu'au boîtiers.

Chaque boîtier installé permet de mesurer un polluant spécifique avec un résultat directement enregistré au niveau du serveur principal situé dans les locaux du CGQA. C'est sur la base de ces mesures que la qualité de l'air est déterminée après traitement via différentes techniques et méthodes d'analyse.

Tableau 3: Nature des polluants mesurés en fonction du type de station (Dakar) (Atelier de partage du projet « Suivi de la pollution de l'air » dans le cadre du PATMUR, 18/02/2022)

Nom station	Type de station	Polluants mesurés							
		SO ₂	NO _x	NO ₂	PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃	CO	BTX
Boulevard de la république	Trafic routier en zone urbain	X	X	X	X	X	X	X	X
Médina	Trafic routier en proche banlieue		X	X	X			X	
HLM₄	Périurbain	X	X	X	X		X		
Bel-Air	Industriel	X	X	X	X	X			X
Yoff	Régional de fond		X	X	X		X		
Guédiawaye	Trafic routier en banlieue	X	X	X	X	X	X	X	
Pikine	Trafic routier en banlieue	X	X	X	X	X	X	X	

Une station mobile est aussi à disposition pour faire des relevés dans des milieux dépourvus de stations ou microcapteurs.



*Photo 3: Camion de laboratoire mobile du CGQA (Dakar)
<https://www.denv.gouv.sn/stations-cgqa/>, le 15 Décembre 2021)*

Outre ces stations, on note également quelques projets qui sont en développement ou en cours d'exécution concernant l'augmentation des stations dans la région, l'installation des microcapteurs, ou encore la mise à niveau des instruments.

On peut noter le déploiement de 20 (vingt) microcapteurs d'air ambiant qui est en cours avec pour objectif d'utiliser ces technologies à moindre coût en complément des stations de référence comme l'indique le CGQA. Cela permettra de combler les lacunes de données à court terme et améliorer le maillage du réseau de mesure.

5. Normes réglementaires

Certains polluants du compartiment atmosphérique sont réglementés par le Code de l'environnement et les directives européennes 2004/107/CE et 2008/50/CE, compte tenu de leurs effets sur la santé et l'environnement.

Les valeurs recommandées par l'Organisation Mondiale pour la Santé sont fondées sur des études épidémiologiques et toxicologiques. Elles ont pour principal objectif d'être des références pour l'élaboration des réglementations internationales et Européennes.

Il s'agit de niveaux d'exposition (concentration d'un polluant dans l'air ambiant pendant une durée déterminée) pour lesquels ou en dessous desquels les effets sont considérés comme acceptables (BLIEFERT, 2011).

Au niveau international, des plafonds d'émissions pour certains polluants sont fixés dans la cadre du protocole de Göteborg (LRTAP), dans le cadre de la convention de Genève. Ce protocole a été révisé en 2012 et fixe des objectifs de réduction des émissions de certains polluants à horizon 2020, par rapport aux émissions de 2005. Les normes nationales sont instaurées en fonction de l'économie, de la faisabilité technologique, de l'équilibre entre les risques sanitaires et de divers autres facteurs politiques et sociaux (OMS, 2005).

La norme sénégalaise NS 05-062 relative à la pollution atmosphérique est étiquetée dans le code de l'environnement. Cette norme a été adoptée par le comité technique de normalisation dans le domaine de l'environnement et des ressources naturelles (ASN/CT5). L'avant-projet qui a abouti à la norme a été préparé et rédigé par la DEEC, par ailleurs structure assurant la présidence du Comité Technique. La présente norme vient compléter le décret N°2001-282 du 12 avril 2001 portant application de la loi N°2001-01 du 15 janvier 2001 portant Code de l'Environnement (Code de l'environnement 2001).

Tableau 4: Nouvelles normes et valeurs limites fixées pour les différents types de polluant (Atelier de partage du projet « Suivi de la pollution de l'air » dans le cadre du PATMUR, 18/02/2022)

Polluants (en µg/m3)	Moyenne temporelle	Valeurs limites		
		Directives OMS (2005)	Directives OMS (2021)	NS-05-062 (Octobre 2018)
SO2	10 minutes	500	-	500
	Journalière	20	40	50
NO2	Journalière	-	25	25
	Annuelle	40	10	40
O3	8 Heures	100	100	100
CO	Horaire	30 000	-	30 000
	8 Heures	10 000	10000	10 000
PM10	Journalière	50	45	150
	Annuelle	20	15	40
PM2,5	Journalière	25	15	75
	Annuelle	10	5	25

Chapitre 2 : Etude des Variations de la qualité de l'air entre 2010 et 2017 à Médina et Bel-Air

1. Validité des données

Le fonctionnement du réseau de suivi de la pollution de l'air présente un niveau faible quant à la qualité des données. En effet, le pourcentage de données validées doit être compris entre 70% et 75% des données collectées, pour permettre des résultats significatifs à l'échelle de l'année. A partir de ces tableaux ou figures, nous pouvons déduire que le seuil défini préalablement n'a pas été atteint par la plupart des polluants.

Pour la station de Bel-Air, comme nous pouvons le voir sur certaine année, la fréquence seuil n'a pas été atteinte comme pour l'année 2013 qui enregistre des données valides inférieures à 65% pour tous les polluants. Les données sur le NO₂ ne sont disponibles que pour les années comprises entre 2010 et 2013. Celles sur les PM₁₀ et PM_{2,5} (qui sont les principaux polluants) sont disponibles sur toute la durée de l'étude (2010 – 2017) de même que celles sur le SO₂ (tableau 5)

Tableau 5: Evolution de la fréquence d'apparition des polluants à Bel-Air (Dakar) (30/05/2022, données du CGQA)

Polluants	Années							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
PM ₁₀	94%	91%	67%	57%		74%	81%	75%
PM _{2,5}	85%	90%	87%	63%		52%	63%	30%
NO ₂	75%	77%	73%	65%				
SO ₂	92%	70%	67%	57%		94%	39%	

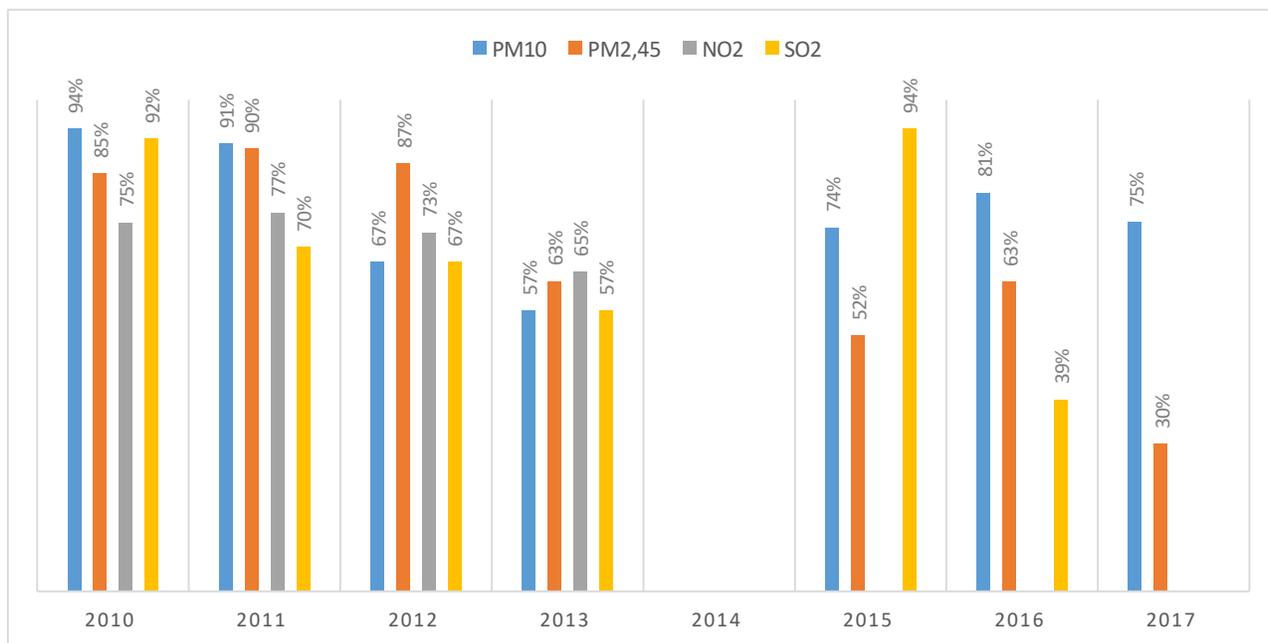


Figure 4: Evolution interannuelle de la fréquence d'apparition des polluants à Bel-Air (Dakar)

Quant à la station de Médina, les données valides sont plus faibles avec plus de 50% des données qui n'ont pas atteint la fréquence seuil. Pour les données liées au polluant NO₂, on observe que toutes les données disponibles sont enregistrées pendant la période 2010-2013. En effet, à partir de 2014, on n'enregistre pas d'observations de NO₂ alors que les données liées aux particules PM₁₀ sont disponibles sur toute la période d'étude même si plus de la moitié des données n'a pas atteint la fréquence seuil (tableau 6).

Tableau 6: Evolution de la fréquence d'apparition des polluants à la Médina (Dakar) (30/05/2022, données du CGQA)

Polluants	Années							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
PM ₁₀	76%	87%	69%	59%	49%	36%	75%	44%
NO ₂	44%	87%	74%	25%				

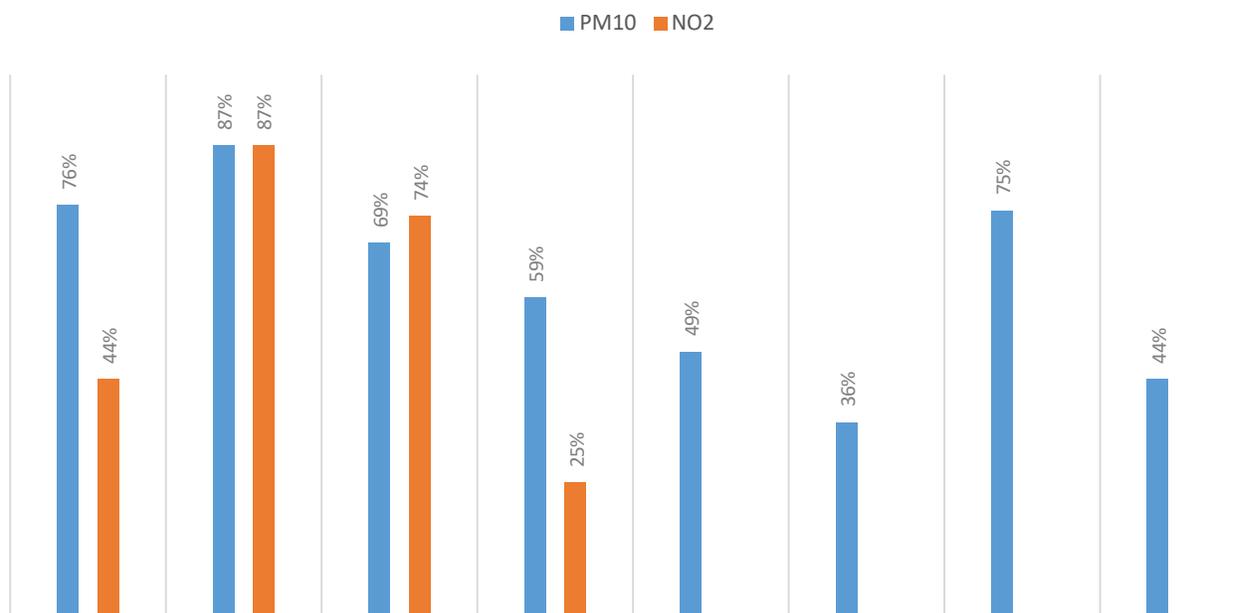


Figure 5: Evolution interannuelle de la fréquence d'apparition des polluants à la Medina (Dakar) (30/05/2022, données du CGQA)

En prenant compte la validité des données disponibles, on note que les polluants qui permettent une analyse assez fiable de leur évolution sont principalement les PM₁₀ et PM_{2,5}. Les données liées au polluant SO₂ ont aussi à prendre en compte même si on note deux années n'ayant pas enregistrées de données (2014 et 2017). Les observations liées au CO ne permettent pas d'analyser son évolution ni son impact sur l'environnement sur le long terme.

L'année 2014 se caractérise par un manque de données concernant tous les polluants ; ce qui nous oblige à ne pas considérer cette période dans notre analyse.

2. Concentrations des polluants

La figure 6 met en évidence l'évolution des concentrations de PM_{10} à la station de Bel-Air ; ce qui nous a permis de déterminer une période de faibles concentrations observées pendant la saison des pluies à savoir entre Juin et Octobre.

Les pluies contribuent au lessivage des particules dans l'atmosphère et empêchent leur remobilisation par les activités humaines à partir de la surface du sol.

Les concentrations moyennes mensuelles, enregistrées au cours de la période d'étude, sont très majoritairement supérieures à la valeur guide de l'OMS ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) et également à la norme NS-05-062 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) pendant la période correspondante à la saison sèche. En effet, les concentrations les plus élevées sont enregistrées pendant la saison sèche comme en mars 2012 avec une valeur égale à $365,63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ou encore en janvier 2015 avec une concentration de $306,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$. L'année 2012 présente les concentrations les plus élevées pour les PM_{10} avec une moyenne annuelle de $170,92 \mu\text{g}/\text{m}^3$, supérieure aux valeurs guides annuelles de l'OMS ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et du Sénégal NS-05-062 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Il en est de même pour toutes les concentrations annuelles enregistrées qui sont supérieures aux normes réglementaires (tableau 7).

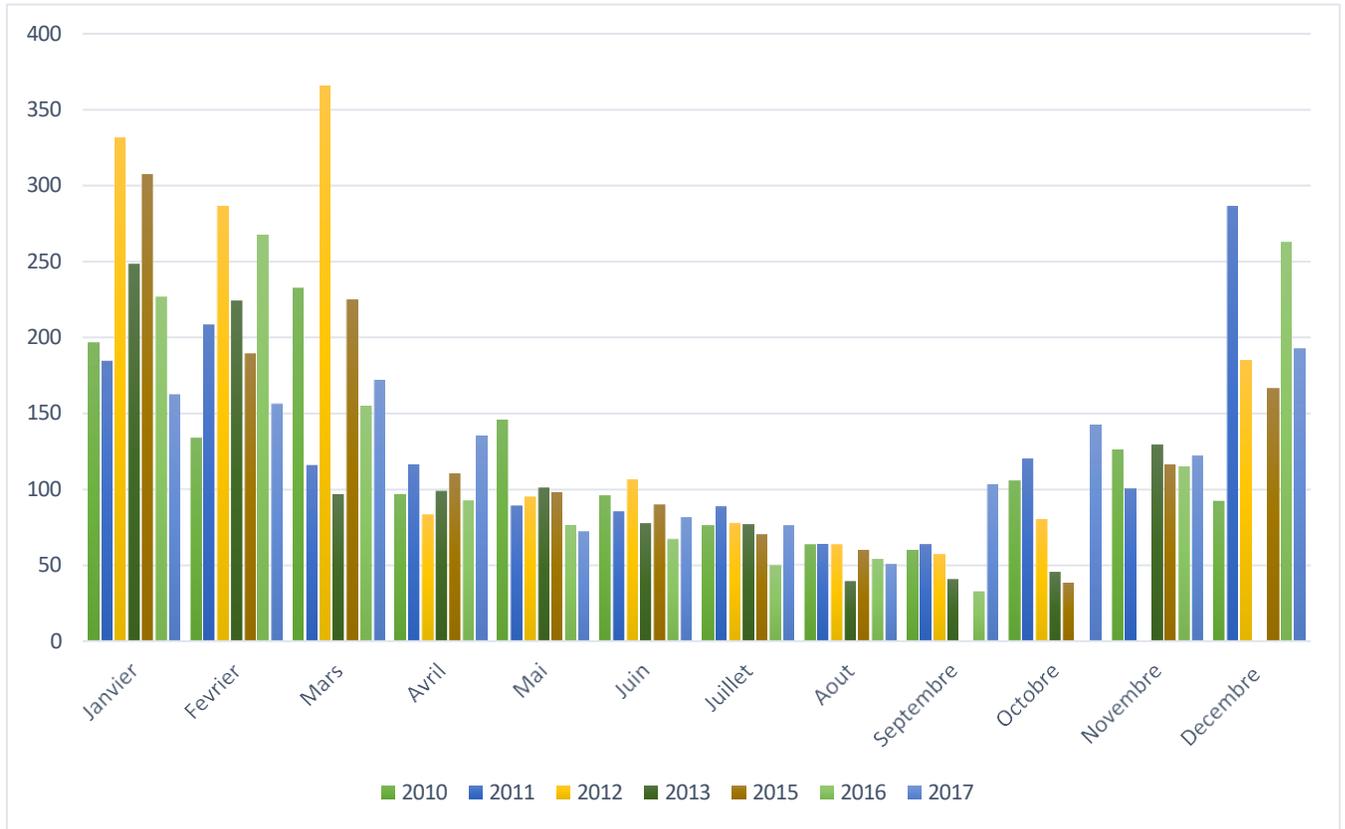


Figure 6: Concentrations moyennes mensuelles de PM10 entre 2010 et 2017 à Bel-Air (Dakar) (30/05/2022, données du CGQA)

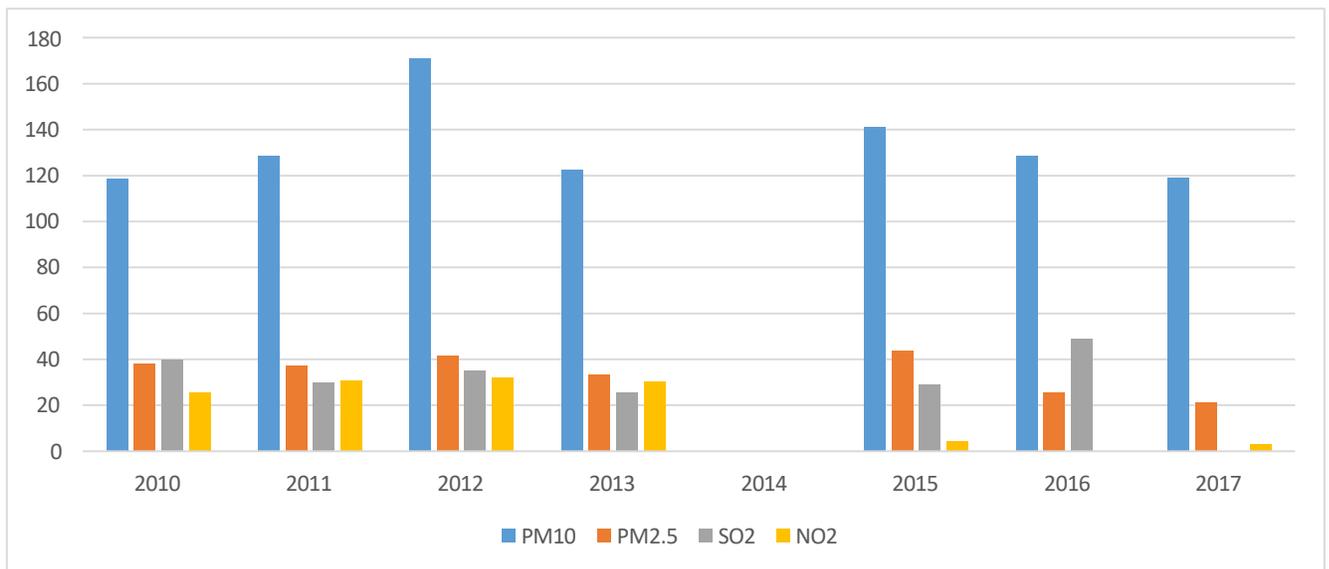


Figure 7: Concentrations moyennes annuelles des polluants à Bel-Air (Dakar) entre 2010 et 2017(30/05/2022, données du CGQA)

Tableau 7: Concentrations moyennes annuelles des polluants à Bel-Air (Dakar) entre 2010 et 2017 (30/05/2022, données du CGQA)

Polluants	Années							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
PM ₁₀	118,6	128,55	170,92	122,37	-	141,3	128,68	119
PM _{2,5}	37,95	37,25	41,63	33,52	-	43,82	25,65	21
SO ₂	39,78	29,85	35,19	25,27	-	28,84	48,84	
NO ₂	25,81	30,87	31,8	30,41	-	4,39		2,94

Les particules PM_{2,5} qui sont les plus dangereux pour la santé humaine connaissent également des niveaux de concentration qui sont élevés voire supérieures aux valeurs guides établies (tableau 7).

En effet, avec des concentrations moyennes annuelles réglementaires qui sont de l'ordre de 5 µg/m³ pour l'OMS et de 25 µg/m³ pour le Sénégal NS-05-062, nous pouvons énoncer que seule l'année 2017 présente une concentration moyenne annuelle inférieure à la norme réglementaire sénégalaise (21 µg/m³). Si nous prenons en compte la norme OMS de 2021, nous observons que toutes les concentrations moyennes annuelles enregistrées sont supérieures à celle-ci.

Quant aux concentrations moyennes annuelles de NO₂, elles sont toutes inférieures à la norme sénégalaise NS-05-062 fixée à 40 µg/m³ même si pour la norme OMS (10 µg/m³ à l'échelle de l'année), seules les années 2015 et 2017 présentent des valeurs inférieures.

Les concentrations de SO₂ ont été peu élevées voire dans la limite réglementaire et n'ont pas posé principalement de problème de pollution atmosphérique à Dakar entre la période cible (50 µg/m³ pour la norme journalière NS-05-062 et 40 µg/m³ pour la norme journalière OMS).

La station de Médina est une station de type suburbaine avec seulement 3 polluants étudiés à savoir les particules PM_{10} , le NO_2 ainsi que le CO.

Pour les particules PM_{10} , comme pour la station de Bel-Air, les concentrations les plus élevées sont enregistrées dans la saison sèche avec les mois de janvier à Mars qui regroupent plus de la moitié de ces concentrations. Le mois de mars représente le mois où les concentrations sont les plus élevées avec comme exemple un maximum de $378,93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ observé en 2012. La saison des pluies correspondant à la période allant de juin à octobre représente toujours la période avec les concentrations moyennes les plus faibles du fait du lessivage exercé par l'eau sur les particules (figure 8). Les concentrations moyennes annuelles de PM_{10} sont, pour toutes les années, supérieures à la norme OMS ($15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ par année) ainsi qu'à la norme sénégalaise ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ par année) (tableau 8).

Pour les autres polluants, les concentrations moyennes annuelles de NO_2 sont toutes inférieures à la norme NS-05-062 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) à l'exception de l'année 2017 qui enregistre une moyenne annuelle de $66,68 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cependant, si nous tenons compte de la norme OMS, alors dans ce cas toutes les concentrations annuelles enregistrées sont supérieures à la norme réglementaire qui est de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (tableau 8).

Les concentrations moyennes annuelles de CO ont été peu élevées et n'ont pas posé de problème de pollution atmosphérique majeure à Dakar entre 2010 et 2017 (tableau 8).

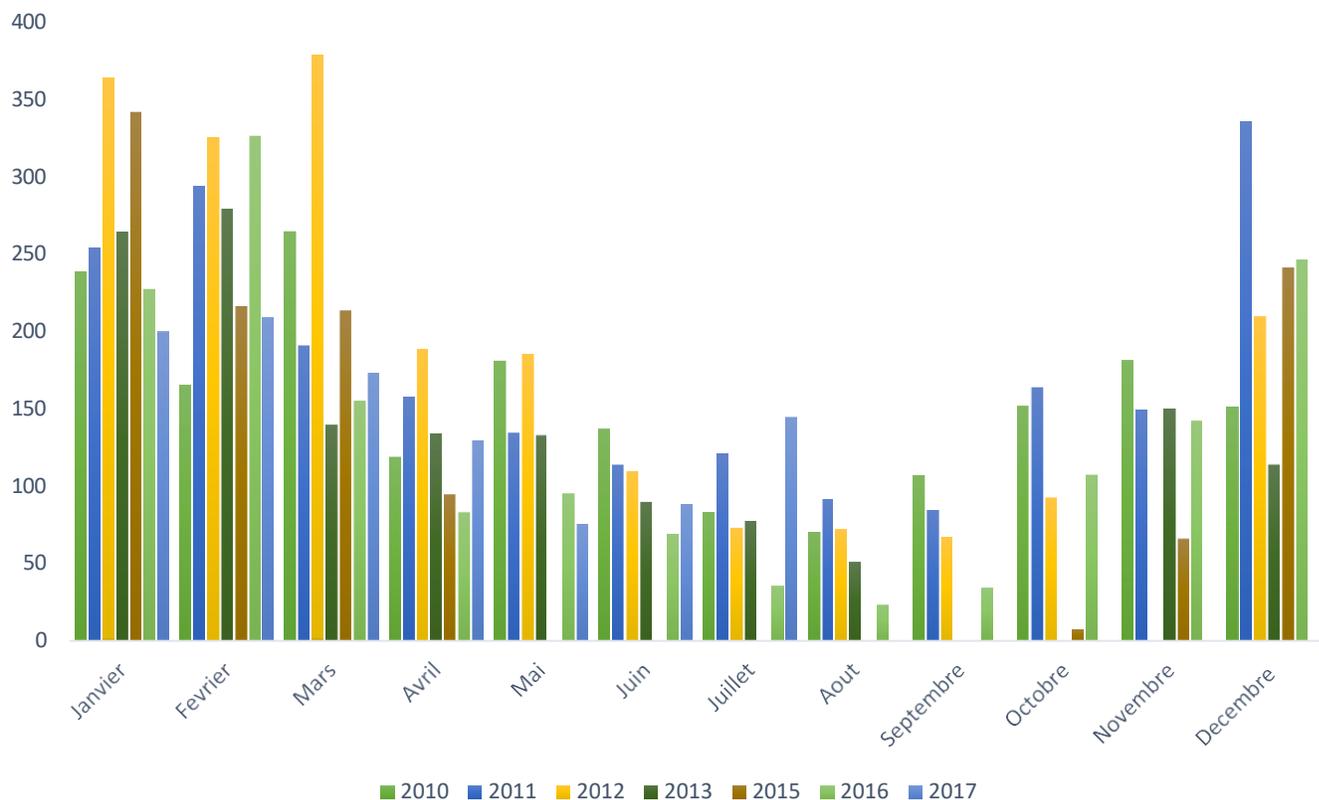


Figure 8: Concentrations moyennes mensuelles des PM10 à Médina (Dakar) entre 2010 et 2017(30/05/2022, données du CGQA)

Tableau 8 Concentrations moyennes annuelles des polluants à Médina (Dakar) entre 2010 et 2017 (30/05/2022, données du CGQA)

Polluants	Années							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
PM10	161,07	171,85	198,86	150,52		188,74	132,12	147
NO2	26,97	24,54	17,13	17,97		22,05		66,68
CO	310	420	320	560		890		

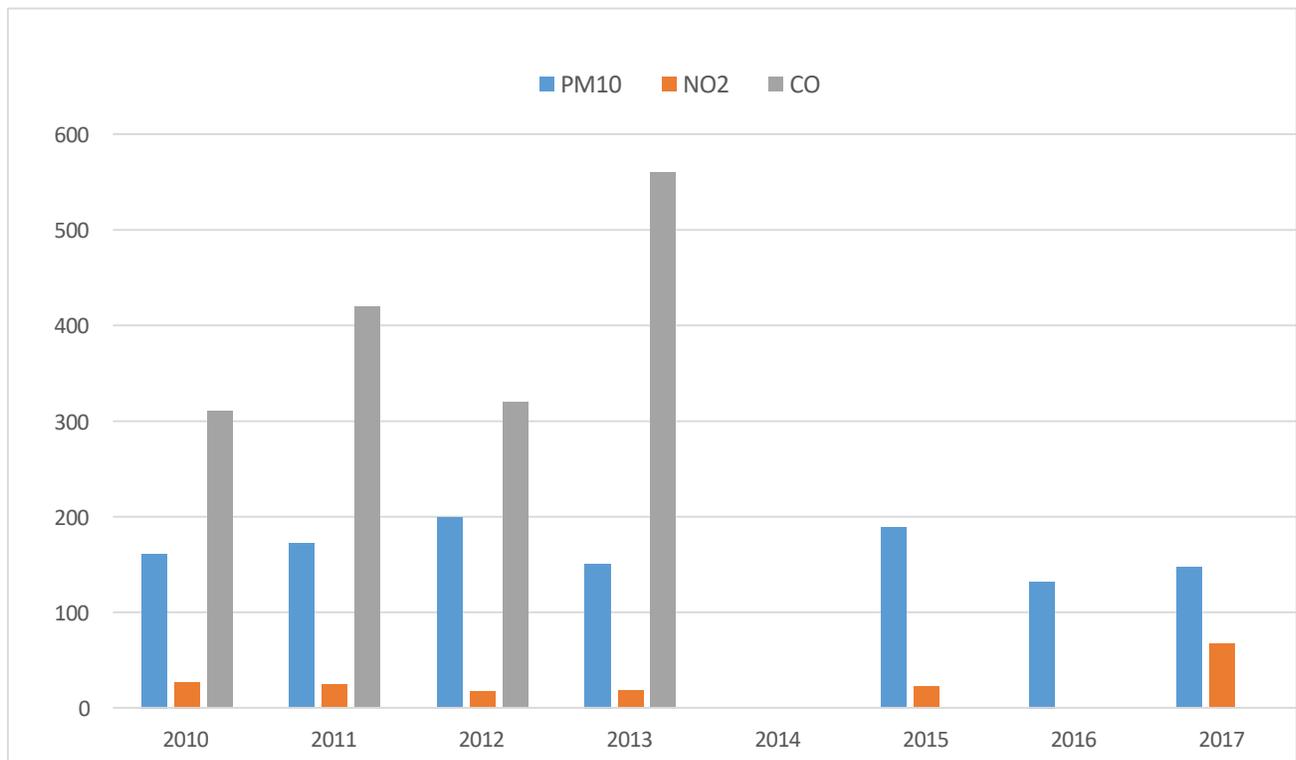


Figure 9: Concentrations moyennes annuelles des polluants à Médina (Dakar) entre 2010 et 2017 (30/05/2022, données du CGQA)

3. Les dépassements de seuil et leurs conséquences

La pollution atmosphérique n'a été considérée comme un problème de santé publique et un problème social qu'à partir des années 1950, période marquée par une série d'épisodes majeurs de pollution tels que les épisodes dramatiques de Londres en 1952 au cours duquel 4000 décès ont été enregistrés en 2 semaines (GERIN et al, 2005). Cette pollution atmosphérique peut être à l'origine de conséquences importantes sur la santé mais aussi sur l'environnement.

Compte tenu du fait que les particules constituent le principal facteur qui dégrade la qualité de l'air à Dakar, l'analyse des dépassements de seuil va être orientée sur ces polluants particuliers.

Nous observons que les plus fortes concentrations de PM_{10} à Bel-Air ont été enregistrées en 2011 et 2012 avec respectivement 86% et 60% pour la norme OMS contre 24% quant à la norme NS-05-062 pour les deux années.

Pour la station de Médina, c'est l'année 2011 qui présente les fréquences de dépassement les plus élevées avec 86% pour la norme OMS et 37% pour la norme NS-05-062. (Figure 10)

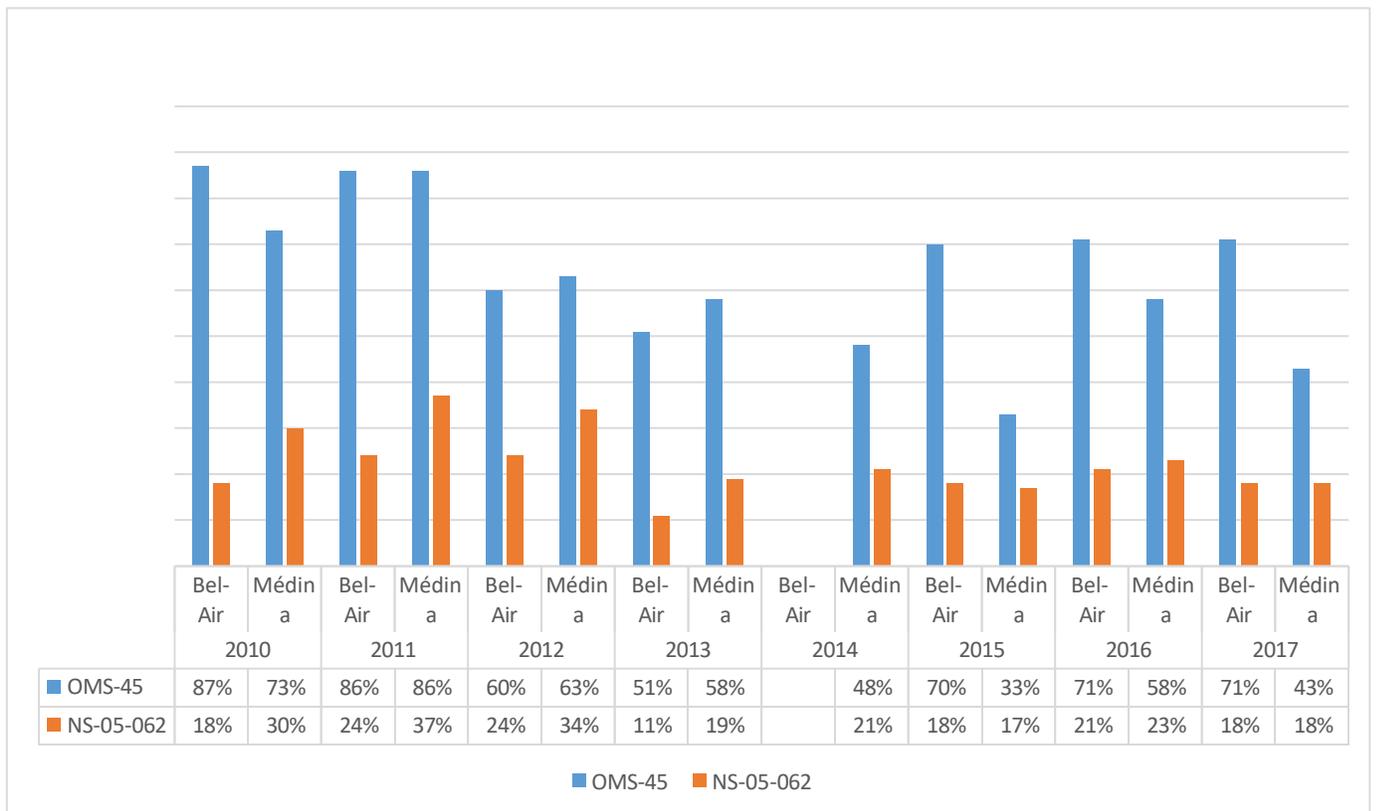


Figure 10: Fréquence de dépassement des concentrations de PM_{10} à Bel-Air et Médina (Dakar) entre 2010 et 2017 (30/05/2022, données du CGQA)

Nous observons également que la courbe de tendance des dépassements est légèrement en faveur d'une baisse du fait que les concentrations des polluants sont plus élevées pendant les premières années (2010 à 2013).

Pour les particules inférieures à $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, on note que le degré de dépassement est variable selon la norme réglementaire fixée. En effet, avec la norme OMS qui est de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24H, nous observons des fréquences de dépassement très élevées allant jusqu'à 81% des observations pendant les premières années (2010 à 2013) ; mais au-delà de 2015, les fréquences diminuent continuellement jusqu'à atteindre 24% en 2017 (figure 11).

Cependant, les fréquences de dépassement sont faibles si nous nous référons à la norme NS-05-062 qui est fixée à $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à l'échelle journalière. En effet, sur toute la période de 2010 à 2017, les fréquences ne sont pas fortes avec un maximum de 11% des observations en 2012 ayant dépassé la norme. L'année 2017 n'a pas enregistré de concentration ayant dépassé la norme réglementaire en vigueur au Sénégal ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en une journée) (figure 11).

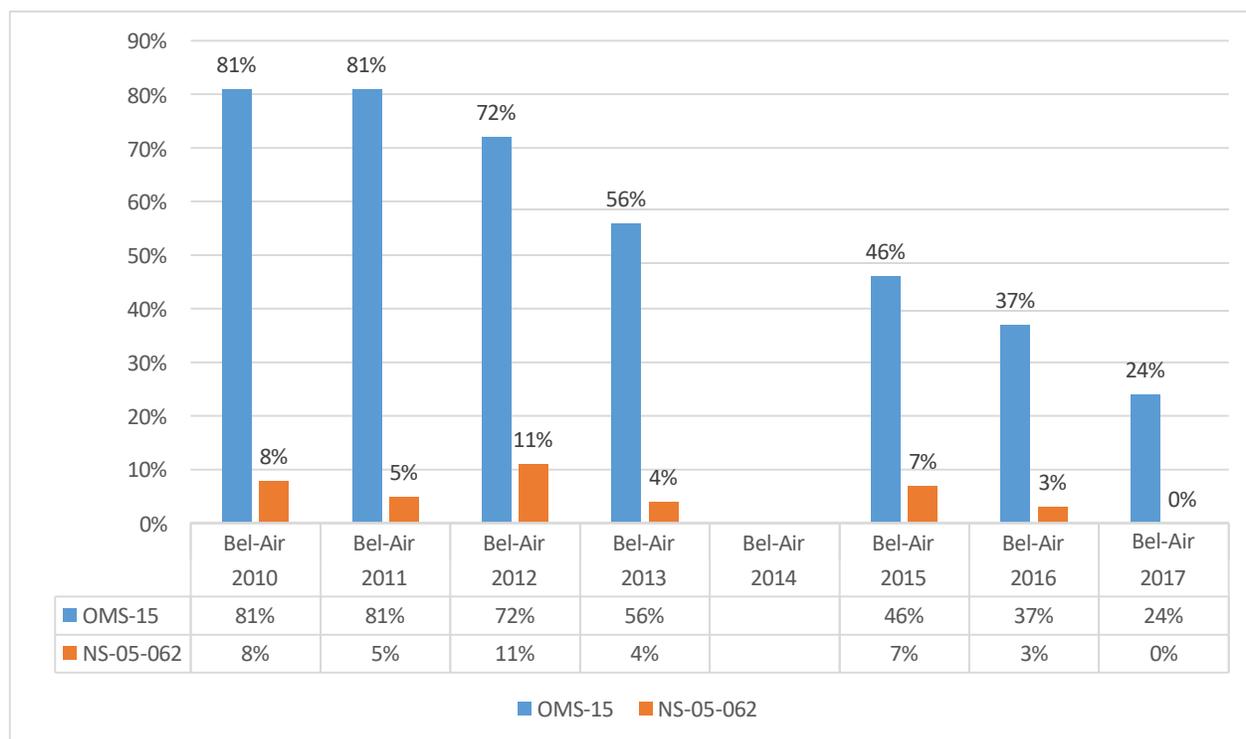


Figure 11: Fréquence de dépassement des concentrations de $\text{PM}_{2,5}$ entre 2010 et 2017

Ce même constat a été fait par POUYE en 2011 avec une saisonnalité du phénomène de pollution atmosphérique à Dakar (POUYE, 2012). Selon cet auteur, la qualité de l'air est globalement bonne à Dakar durant la période allant du mois de mai jusqu'au mois d'octobre grâce au phénomène de lessivage des particules dans l'atmosphère et grâce aux pluies qui empêchent leur remobilisation à partir de la surface du sol. En revanche, de janvier à mai, une augmentation significative des concentrations des polluants (NO₂, O₃ et PM₁₀) est observée, il en est de même d'octobre à décembre où la qualité de l'air est moyenne voire mauvaise à cause des vents chauds et secs du désert.

Lors de nos entretiens avec les professionnels de santé, 95,2% d'entre eux ont jugés que les motifs de consultation dus à la pollution de l'air sont liés à la saison. ; le Docteur Djiby Diop, Chef du service « urgences » au CHAN, nous confirme que le lessivage des pluies atténue l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique. La figure 11 permet de mieux appréhender la saisonnalité de la pollution atmosphérique avec ses effets sur la santé des populations qui observent la même tendance.

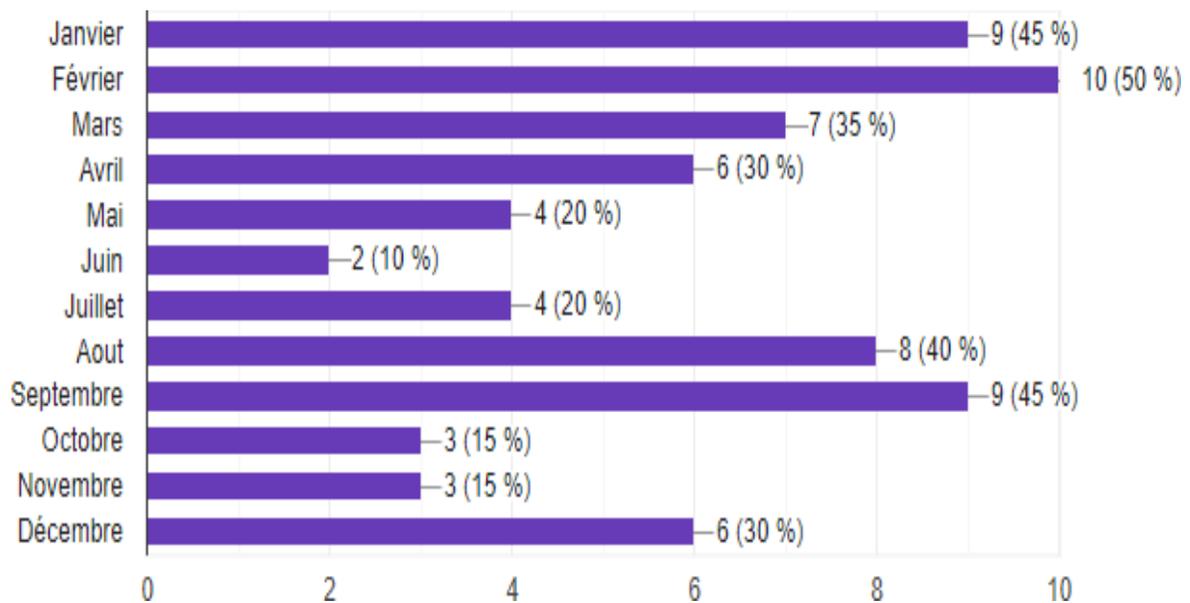


Figure 12: fréquences mensuelles des consultations médicales liées à la pollution de l'air selon les professionnels de santé (Données d'enquête)

La nature des polluants émis suite aux activités humaines peut aussi être fonction de la période de collecte des données. En effet, une étude effectuée en Dehli en 2009 permet de confirmer la variation diurne des émissions de polluants (PRAMILA et al., 2013). Dans cette étude, les heures de pointes se situaient de 8h00 à 10h00 le matin et de 17h00 à 19h00 le soir et les émissions de polluants atmosphérique à ces heures sont en moyenne de 56% à 62% des émissions totales de la journée. Le CO, le NOx et les PM sont émis respectivement à 86%, 27% et 71% en début de journée. De nombreuses études ont également observé une relation statistiquement significative entre l'exposition humaine aux polluants de l'air et différents indicateurs de santé, notamment la mortalité, alors même que les normes de qualité de l'air en vigueur n'étaient pas dépassées. Cette relation existe dans des contextes très différents avec des risques variables et sont fonction de la population exposée mais aussi de la nature des polluant majoritairement retrouvés dans l'atmosphère. Néanmoins, l'importance de la population exposée est telle que si la relation était causale, l'impact de santé publique serait d'une ampleur non négligeable (DAB et al., 2001).

Les émissions de polluants dans l'atmosphère contribuent au risque de développer plusieurs maladies telles que les maladies respiratoires chroniques, les maladies de la peau et certaines maladies du cœur. En effet, des études récentes ont révélé une prévalence élevée de rhinite allergique chez les commerçants de la ville de Dakar (SYLLA et al., 2017) et ont montré une prévalence plus élevée de maladies respiratoires chroniques et une diminution de la fonction pulmonaire chez les conducteurs de bus à Dakar (SYLLA et al., 2018).

Les résultats présentés ici sont en accord avec ces études montrant que le niveau dégradant de la qualité de l'air est significativement corrélé avec une prévalence élevée de certaines pathologies dans la population.

En somme, toutes ces études montrent que la pollution de l'air a une incidence majeure sur les niveaux d'exposition de la population, ce qui constitue un besoin primordial de réglementer les activités humaines génératrices de polluants (CABRAL et al., 2012).

4. Indice de la qualité de l'air

A partir des données collectées au niveau des différentes stations, un indice global de la qualité de l'air est calculé quotidiennement pour évaluer le niveau de pollution atmosphérique à Dakar. Il correspond au maximum des indices partiels calculés pour chaque station et pour chaque polluant (NO₂, PM₁₀, SO₂, O₃ et CO).

L'état de la qualité de l'air à Dakar, pendant ces années, est mis en avant grâce au code couleur instauré par le CGQA (tableau 9). Comme annoncé plus haut, ces codes couleurs permettent de communiquer sur la dangerosité de la qualité de l'air ; précédemment déterminé par le biais de l'IQA.

Tableau 9: Dangerosité de la qualité de l'air en fonction des codes couleurs (CGQA, 2023)

Valeur de l'IQA	Impact sanitaire	Couleur
0 - 50	Bon	Vert
51 - 100	Moyen	Jaune
101 - 200	Mauvais	Orange
> 200	Très Mauvais	Rouge

La figure ci-dessous (figure 13) met en évidence une saisonnalité du phénomène de pollution atmosphérique à Dakar. La superposition des courbes d'évolution de la qualité de l'air à Dakar de 2010 à 2017 a permis de mettre en relation les différents degrés de pollution atmosphérique avec la variation des paramètres climatiques.

En effet, on observe une qualité de l'air moyenne, voire mauvaise à très mauvaise entre janvier et fin mai, elle est globalement bonne pendant la saison des pluies de juin à octobre. La période allant de fin octobre à mi-novembre est une période de transition, et enfin, elle redevient moyenne à mauvaise entre fin novembre et fin décembre.

Les épisodes de très forte pollution ont été observés pendant la saison sèche et ont été enregistrés principalement entre fin novembre et début avril. Pendant cette période, la qualité de l'air est de façon générale jugée moyenne à mauvaise, avec cependant certaines observations enregistrant un IQA très élevé voir très mauvais.

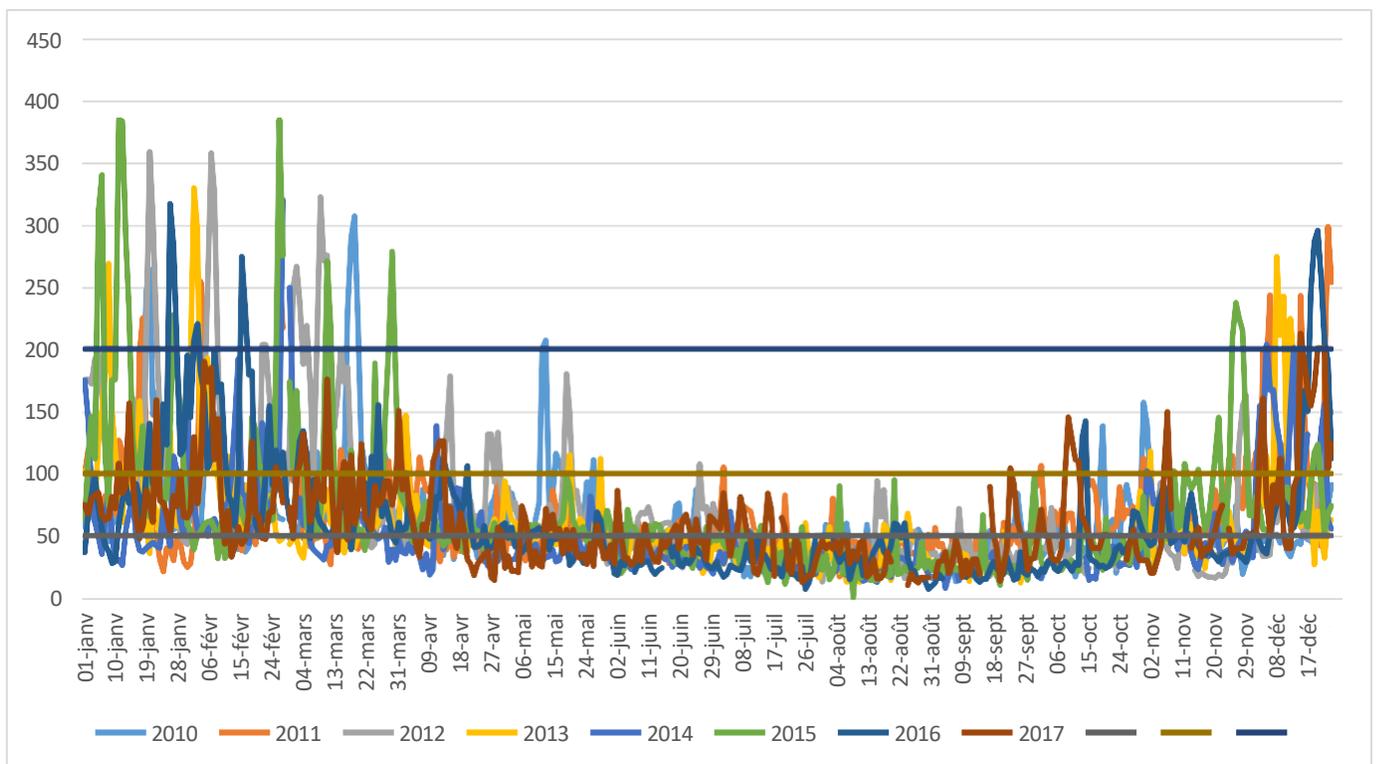


Figure 13: Indice de la qualité de l'air à Dakar entre 2010 et 2017 (30/05/2022, données du CGQA)

La figure 14, située en dessous, met en évidence la répartition des pics de pollution au cours de chaque année comprise dans la référence temporelle.

Nous allons nous concentrer uniquement sur le pourcentage de chaque intervalle de valeurs de l'IQA mettant plus en scène la fréquence des pics de pollution.

Globalement, la qualité de l'air est bonne et cette appréciation domine pour l'essentiel durant les années d'étude. Sur la période 2010 jusqu'à 2017, on note une domination des valeurs comprises entre 0 et 50 ce qui signifie que la qualité de l'air est globalement bonne avec des pourcentages allant de 47% en 2010 jusqu'à 66% en 2014 pour voir diminuer jusqu'à 48% en 2017. Une bonne qualité de l'air est observée la moitié du temps alors que l'autre moitié est dominée par une qualité moyenne.

Une qualité de l'air moyenne est observée pendant 44% du temps en 2010 alors qu'en 2014 elle enregistre un pourcentage de 25%. Même si la qualité de l'air est généralement bonne pendant ces années, la baisse du pourcentage de l'état moyen de la qualité de l'air signifie qu'il y a une hausse des périodes ayant enregistrées une qualité de l'air mauvaise voir très mauvaise. C'est le cas puisque le pourcentage augmente en passant de 2% en 2010 à 5% en 2012.

Les années 2013 et 2014 sont les années observant une meilleure qualité de l'air avec une forte période verte (bonne qualité de l'air) dépassant les 50% et atteignant même 66% en 2014 (figure 14).

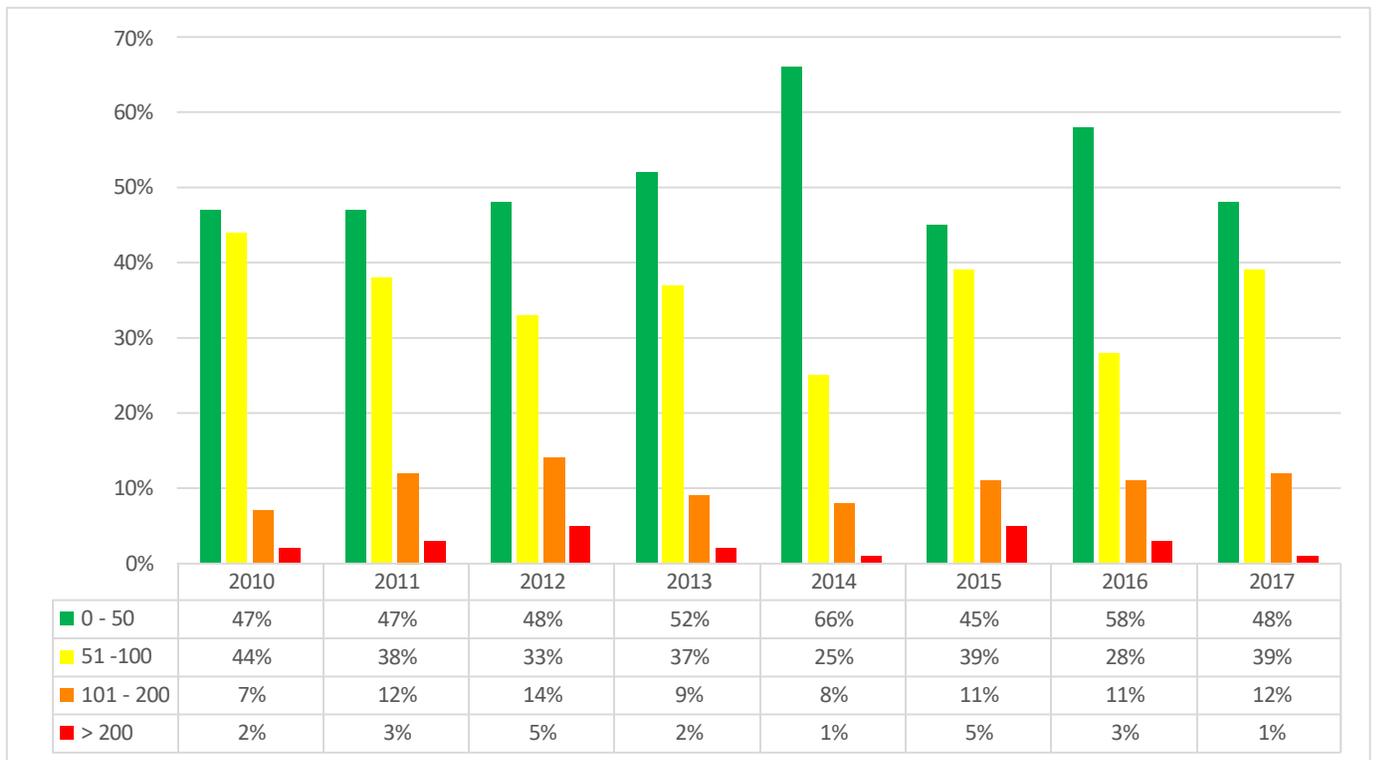


Figure 14: Etat de la qualité de l'air à Dakar entre 2010 et 2017 (30/05/2022, données du CGQA)

**TROISIEME PARTIE : IMPACTS SANITAIRES ET
STRATEGIES DE LUTTE CONTRE LA POLLUTION DE L'AIR**

Chapitre 1 : Pollution atmosphérique et santé

1. Effet des polluants sur l'organisme humain

La qualité de l'air a une incidence certaine sur la santé de nos organes mais surtout sur l'appareil respiratoire et notamment sur les poumons. En plus de l'oxygène, l'air que nous respirons contient d'autres substances, telles que les polluants (que nous avons cité plus haut), qui peuvent être nuisibles à la santé.

L'appareil respiratoire est particulièrement sensible aux polluants atmosphériques car il est constitué de tissus qui recouvrent une cavité interne ou un organe. Les poumons sont constitués de plusieurs sites avec essentiellement les alvéoles en contact étroit avec la circulation sanguine et structurées de façon à accumuler de grandes quantités d'air (400 millions de litres en moyenne au cours d'une vie), fondamentales pour faciliter le transport de l'oxygène. Les effets de la pollution atmosphérique sur la santé sont reconnus depuis les années 1950 avec l'épisode tragique du smog londonien de décembre 1952 où plus de quatre mille décès supplémentaires ont été associés à l'augmentation excessive, pendant cinq jours, de deux polluants atmosphériques majeurs, le SO₂ (dioxyde de soufre) et les fumées noires.

En effet, les cellules du tissu pulmonaire peuvent être endommagées directement par les polluants atmosphériques tels que l'ozone, les métaux et les radicaux libres. L'ozone peut causer des lésions au niveau des alvéoles (sacs d'air dans les poumons où se font les échanges gazeux d'oxygène et de gaz carbonique). Plus précisément, les tissus des voies aériennes qui contiennent un grand nombre d'enzymes de bio-activation peuvent transformer les polluants organiques en métabolites réactifs et causer des lésions pulmonaires secondaires.

Le tissu pulmonaire est bien irrigué par la circulation sanguine qui peut transporter des substances toxiques et leurs métabolites jusqu'à des organes lointains. En réponse à cette agression toxique, les cellules du poumon libèrent divers médiateurs chimiques puissants qui peuvent avoir un effet néfaste sur le fonctionnement d'autres organes tels que ceux de l'appareil cardio-vasculaire. Cette réponse peut également entraîner une inflammation du poumon et nuire à son fonctionnement (ANNESI-MAESANO et DAB, 2006).

Si les émissions de polluants ont été considérablement réduites ces 20 dernières années, la qualité de l'air est toujours source de danger pour la santé des populations, en particulier dans les zones urbaines et industrielles. Des structures et institutions ont été créées et mobilisées pour améliorer la qualité de l'air et réduire l'exposition des populations à l'action néfaste de ces substances.

Selon l'OMS, « trois millions de personnes meurent chaque année sous l'effet de la pollution atmosphérique, soit 5% des 55 millions de décès dans le monde ». Selon une évaluation de la charge de morbidité due à la pollution de l'air effectuée par l'OMS, plus de 2 millions de décès prématurés peuvent chaque année être attribués aux effets de la pollution de l'air extérieur dans les villes et de la pollution de l'air à l'intérieur des habitations. Plus de la moitié de cette charge de morbidité est supportée par les populations des pays en développement. L'ampleur de cette pollution est telle que plus de 90 % des humains sont exposés à une qualité de l'air qui n'est pas satisfaisante pour la santé (OMS, 2006).

Pour anticiper sur les effets nocifs de la pollution atmosphérique, l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) donne des normes de pollution pour les pays. La norme pour les pays européens est, pour les particules fines de diamètre inférieur à 10 microns, de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle, 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à ne pas dépasser sur 24 heures et ne doit pas être dépassé plus de 35 jours par an. La moyenne sur un an ne doit pas dépasser 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le dioxyde d'azote.

La valeur limite de dioxyde d'azote est de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ horaire à ne pas dépasser sur plus de 18 heures. Pour les pays en voie de développement et pour les pays émergents, les normes sont intermédiaires, dans de nombreux pays, la norme pour les PM_{10} est de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour 24 heures (ENGELBRECHT et al., 2001 ; ETYEMEZIAN et al., 2005). Mais cette norme est établie par des lois, elle peut donc varier d'un pays à l'autre. La norme au Sénégal est de, pour les PM_{10} , $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle et $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 24 heures et ne doit pas être dépassée plus d'une fois par an. Pour les NO_2 , la moyenne journalière à ne pas dépasser est de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ par an. Les normes pour le NO_2 sont identiques quels que soient les pays, cependant la différence dans les valeurs limites de PM_{10} dans l'air peut être très importante selon les pays pris en compte. Cela s'explique par des taux de pollution différents dans chaque pays. Les niveaux de pollution atmosphérique dans les pays en voie de développement de l'Asie et de l'Amérique latine sont parmi les plus élevés au monde (KRZYZANOWSKI et COHEN, 2008).

Ces polluants de l'air, cités plus haut dans le document, peuvent être responsables d'effets allergiques, d'atteintes respiratoires plus ou moins sévères, de maladies chroniques telles que les cancers, ... Si l'action à court terme des fortes doses de polluants pris isolément est plus ou moins élucidée, les effets à long terme et les effets des associations de polluants ne sont pas trop maîtrisés.

L'inhalation des polluants cause ou aggrave des maladies de la sphère ORL (nez, gorge, oreilles), mais surtout broncho-pulmonaires par irritation des muqueuses des voies respiratoires (fosses nasales, trachée, bronches, bronchioles) et par réaction avec les cellules tapissant les alvéoles pulmonaires. Des troubles de la ventilation et de la diffusion des gaz peuvent apparaître (CABRAL et al. 2012, DIEME 2012).

Enfin, les polluants peuvent agir par effet allergique. Dans ce cas, le toxique, en général sous forme de particule, engendre, après exposition répétées, un phénomène de sensibilisation.

Il s'agit d'une réaction du système immunitaire qui entraîne un dérèglement des organes cibles tels le nez (rhinite allergique), les bronchites (asthme), les alvéoles pulmonaires (pneumonies allergiques). La caractéristique principale de la réaction allergique réside dans le fait qu'une quantité infinitésimale d'allergènes est suffisante pour déclencher la réaction chez le sujet sensibilisé. Il s'agit en quelque sorte d'un « mécanisme de gâchette » où la nature spécifique de l'allergène compte plus que la quantité. Une irritation ou une inflammation préexistante de l'épiderme ou des muqueuses favorise la sensibilisation allergique ultérieure ; il y'a donc un effet synergique ou de potentialisation possible. Beaucoup, de substances présentes dans l'air pollué peuvent entraîner ce phénomène. C'est le cas de l'ozone, des COV, des dérivés soufrés. Ces produits chimiques induisent une augmentation de la production intracellulaire de dérivés oxygénés et de la perméabilité des cellules épithéliales, qui pourraient favoriser la pénétration des allergènes inhalés dans la muqueuse respiratoire et de la production de cytokines inflammatoires (MEHTA et al., 2008 ; SCHWARTZ, 2011). Chez l'asthmatique, ils peuvent favoriser sa réaction allergique (aux allergènes auxquels il est déjà sensibilisé) et les manifestations d'hyperréactivité bronchique non spécifiques, provoquées en particulier par l'ozone. Les symptômes ressentis pourront alors se traduire par des rhinites, de la toux, voire une crise d'asthme.

De même, la survenue de maladies cardiaques, sous la forme de douleurs thoraciques mais aussi d'infarctus du myocarde et d'insuffisance cardiaque peut être liée au taux d'oxydes d'azote et surtout de particules fines. Sur le plan vasculaire, le risque d'accident vasculaire cérébral est accru en période de forte pollution avec une augmentation des admissions hospitalières pour ce motif (CHARPIN et al., 2016). Une méta-analyse conclue que l'augmentation du risque est d'environ 1 % pour une élévation de 10 g/m³ du taux de PM_{2,5} ou de PM₁₀ (SHAH et al., 2015).

Les impacts sanitaires de la pollution atmosphérique sont d'une importance capitale et doivent être pris en considération dans la politique de gestion de la santé des populations en passant par des contrôles réguliers de la qualité de l'air ; d'où l'importance d'un système de collecte des données sur la composition de l'air que nous respirons mais également l'analyse de ces données pour des recommandations pertinentes de prévention des perturbations y découlant.

2. Relation entre la pollution atmosphérique et certaines maladies associées

2.1 Au niveau Mondial

Ces dernières décennies, de nombreuses études épidémiologiques ont été menées pour corréler les concentrations de polluants à des problèmes de santé.

En Europe, la principale source de pollution reste le secteur de l'énergie (70% des émissions d'oxydes de soufre et 21% des émissions d'oxydes d'azote). Mais le transport routier a aussi une part importante, puisqu'il est à l'origine de la majorité des émissions de monoxyde de carbone (CO), de NO_x et de particules de diamètre inférieur à 2,5 µm (PM_{2,5}). Ces polluants sont directement inhalés par les populations dans les grandes zones urbanisées (MYRTO et al, 2011).

En milieu urbain, elle serait responsable de 1,3 million de décès dans le monde par an. Les habitants des pays à revenu moyen supportent une partie disproportionnée de ce fardeau (OMS, 2012).

L'effet de la pollution sur l'allergénicité (donc l'agressivité) accrue de certaines substances a été également évoqué pour expliquer l'augmentation de la fréquence de l'asthme notamment en milieu urbain. Ainsi, des études au Japon, en Grande-Bretagne, en Allemagne et en Suède ont démontré que vivre dans des sites pollués augmente la fréquence de l'allergie.

Le rôle des polluants atmosphériques dans la genèse des maladies allergiques, et particulièrement de l'asthme, est soupçonné car l'augmentation de la fréquence de ces maladies a coïncidé, au cours des dernières décennies, avec l'augmentation de certains polluants émis par les transports et notamment des particules diesel (PD). Les hypothèses visant à expliquer les liens entre particules diesel et allergies s'appuient sur des travaux qui mettent en exergue leur rôle favorisant la sensibilisation IgE (Immunoglobulines E) dépendante (AUBIER et al, 2004).

Au cours de l'année 1994, sur 25160 cas d'affections liées à la pollution atmosphérique, on compte 13962 cas de maladies pulmonaires ce qui fait une moyenne de 38,1 cas par jour en plus des 9187 personnes alitées pour d'autres maladies. Le nombre de décès enregistrés à long terme n'est malheureusement pas connu (Rapport de journée mondiale de l'environnement, 2008).

De nombreuses études épidémiologiques ont mis en évidence les effets nocifs de la pollution particulaire sur la santé. La plupart d'entre elles sont des études écologiques temporelles et concernent les effets à très court terme (exposition du jour et de la veille) ou à court terme (exposition cumulée sur les 40 jours précédents) de la pollution particulaire. Certains travaux ont étudié les effets à long terme de cette pollution au moyen de suivi de cohorte sur plusieurs années (J.F. JUSOT et al, 2006). Plusieurs études sur la répercussion à long terme de la pollution ont montré que la prévalence de l'hyperréactivité bronchique était plus élevée chez les sujets vivant en zone polluée que chez ceux vivant dans les zones moins polluées (HULIN et al, 2010).

Le programme ERPURS a été lancé en 1990 à la demande du préfet de région et du Président du conseil Régional d'Ile-de-France. A la suite d'une première étude écologique temporelle rétrospective, publiée en 1994, et portant sur la période 1987-1992, une nouvelle analyse a été menée par l'Observatoire régional de santé d'Ile-de-France (ORS) sur la période 1991-1995.

Elle devait évaluer, au sein de la population générale, les liens à court terme entre les fluctuations de la pollution atmosphérique et le nombre journalier de décès, d'hospitalisation, de visites médicales à domicile, de consultations aux urgences pédiatriques et d'absentéisme professionnel. L'étude a calculé les risques, pour la santé, liés à des variations de pollution pour deux saisons : l'hiver (du 1^{er} octobre au 31 mars), où les niveaux de dioxyde de soufre, d'oxydes d'azote et de fumées noires sont plus importants, et l'été (du 1^{er} avril au 30 septembre), caractérisé par de fortes émissions de monoxyde d'azote (POUYE, 2012).

Le programme européen APHEIS a été créé dans ce contexte. Son objectif est de fournir régulièrement une évaluation actualisée de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique en Europe. Des évaluations de l'impact sanitaire de la pollution particulaire de fond sont réalisées localement depuis 1999, selon une méthodologie commune, dans 26 villes (39 millions d'habitants) de 12 pays européens. Après une étude de faisabilité du programme publié en Mars 2001, une première série d'évaluations a donné lieu à la publication d'un rapport en Septembre 2002. Ces analyses ont ensuite été actualisées, enrichies et approfondies en cours de l'année 2003-2004 (JUSOT et al, 2006).

Ainsi, pour toutes les villes étudiées, 5547 décès auraient pu être évités annuellement si l'exposition à long terme aux concentrations ambiantes des particules (PM₁₀) était abaissée de 5 μ g/m³ dans chaque ville. De plus, les chercheurs estiment que 21 828 décès par an seraient évités, sur une exposition à long terme à des niveaux en PM₁₀ réduits à 20 μ g/m³ ». Enfin, l'estimation du gain obtenu en espérance de vie, si les teneurs annuelles en PM_{2,5} n'excèdent pas 15 μ g/m³ », serait, en moyenne, compris entre 2 et 13 mois. (APHEIS programme).

Roux et al (ROUX et al, 2011) ont démontré que polluants et sensibilité allergénique agissent en synergie sur la réactivité du muscle lisse bronchique à des stimuli spécifiques et non spécifiques.

ZWICK et al (ZWICK et al, 2011) ont comparé les signes bronchiques dans deux villes autrichiennes différentes par leur concentration d'ozone. Deux cent huit (218) enfants âgés de 10 à 14 ans ont été recrutés dans la ville où le taux d'ozone était élevé et 281 dans la seconde ville. Aucune différence n'a été retrouvée. Ils signalaient, par contre, une réactivité bronchique à la métacholine (à la dose de 20 μm) plus élevée en zone polluée.

JORRES et al (JORRES et al, 2000) ont démontré que l'exposition de 24 sujets asthmatiques à 250 ppb d'ozone pendant 3 heures accroît l'HRB (hyperréactivité bronchique) à la métacholine et une amplification de la réponse allergique vis-à-vis des allergènes inhalés.

En 2001, une étude conduite dans huit grandes villes a montré qu'à chaque augmentation de 10 mg/m^3 de particules fines dans l'air ambiant, on observe 1% de plus d'admissions pour asthme dans les centres d'urgences, aussi bien chez les enfants (1-14 ans) que chez les adultes (15-64 ans) (ROCHAT et al, 2012).

Une étude de la National Morbidity Mortality and Air Pollution Study (NMMAPS) réalisée dans le début des années 2000 sur plus de 50 millions d'adultes répartis dans 90 villes américaines a montré que la mortalité journalière à court terme augmente de 0,41% pour une augmentation de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} (DOMINICI, 2005).

L'hospitalisation des enfants et des personnes âgées est en général plus fréquente chez ceux exposés à des concentrations de PM_{10} supérieures aux doses journalières admissibles (NALBONE, 2010).

En Europe, la rhinite allergique représente 10 à 20% (30% en France) et 40% en Australie (MANNUEL et DE LARA, 2004).

2.2 Au Sénégal

Diverses études ont été réalisées au Sénégal pour mettre l'accent sur les effets de la pollution de l'air sur les populations locales. C'est le cas de SYLLA et al (2018) avec les conducteurs de bus à Dakar, de GUEYE (2008) avec une étude sur les commerçants du marché Sandaga exposés à la pollution automobile ou encore celle de DIOP en 2003. Ces études se concentrent principalement sur les effets des polluants atmosphériques sur la santé locale sans trop fournir de données statistiques mettant en exergue la relation concrète entre les deux paramètres.

Cependant, les sources des émissions de polluants chimiques des régions africaines seraient conditionnées par des facteurs sociologiques, climatiques et économiques. On note actuellement une nette progression de la pathologie allergique en milieu tropical, et l'on constate notamment (PIGNOL et al, 1992) :

- Une expansion de l'asthme autant dans sa fréquence que dans sa gravité ;
- Un inventaire des allergènes qui s'enrichit régulièrement ;
- Une modification de l'environnement liée à l'urbanisation et surtout au passage du comportement traditionnel du mode de vie à un rapprochement du mode occidental ;
- Une survenue des pneumopathies d'hypersensibilité dans un contexte écologique particulier et qui sont dues à des allergies différentes.

Les études ont mis en évidence, de manière quasi constante, une association significative entre les fluctuations des niveaux de polluants (SO_2 , NO_2 , O_3 , PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$) et les indicateurs de santé témoignant de l'aggravation de l'asthme en particulier l'augmentation du recours au service de soins (ANDERSON et al, 1997 ; ATKINSON et al, 2001).

Les variations quotidiennes de la pollution atmosphérique influencent le nombre d'hospitalisation pour asthme, d'admissions aux urgences (SORKNESS et al, 2008), des visites médicales à domicile et des symptômes d'asthme (SONT et al, 1999).

La rhinite allergique est la maladie respiratoire la plus fréquente et représente 37,39% à HOGGY ; 59,70% à FANN et 62,72% à HPD. Ces résultats vont dans le même sens que ceux d'autres études antérieures. En effet, GUEYE et al (GUEYE, 2008) ont trouvé que 50% des affections broncho-pulmonaires recensées étaient constituées par le rhume. De plus, lors d'une étude menée dans les écoles élémentaires en Corée en 2008, SU HO JEONG et al (JEONG et al, 2011) ont trouvé qu'en moyenne la prévalence de la rhinite allergique était de 48,34% dans la localité d'Incheon, et 36,05% à Jeju.

En se fiant aux données des registres de certains hôpitaux de Dakar, on peut noter que la fréquence de consultations des autres affections varie selon ces derniers ; au niveau du service d'ORL de HOGGY, la rhinopharyngite est la seconde morbidité, soit 21,30% suivie de l'obstruction nasale (21,7%). A l'hôpital Principal de Dakar, c'est l'obstruction nasale qui occupe aussi la deuxième place (soit 12,10%) derrière la rhinite allergique avec 67,72%. Enfin, à FANN, les sinusites et rhinosinusites constituent la deuxième affection (18,42%) et la rhinopharyngite la troisième (10,96%). Les affections respiratoires représentent 11,91% à HOGGY, 20,34% à HPD, et 16,88% à FANN ; là où l'asthme montre respectivement une prévalence de 41,46%, 46,27% et 42,51%. Quant à sa prévalence annuelle, nous avons noté que l'asthme représente 36,19% (POUYE, 2012).

GUEYE, dans son étude de 2008, montre que les émissions de moteurs automobiles sont au premier plan des facteurs de risque de maladies broncho-pulmonaires chez les commerçants placés en face de la route pendant une durée minimum de 10H, 6 jours par semaine avec un risque relatif égale à 2,76.

L'exposition à la fumée de cigarettes est en seconde place avec un risque relatif de 1,29 dans la survenue de maladies pulmonaires que les commerçants soient fumeurs actifs ou passifs (GUEYE, 2008).

Nos entretiens réalisés au niveau des différentes structures médicales de la zone nous permettent d'avoir une vision sur les maladies survenues

Les problèmes de santé identifiés par ces professionnels de santé comme étant relatifs à la pollution atmosphérique sont généralement d'ordre respiratoires et cardiaques. En effet, la toux, les allergies respiratoires ainsi que l'asthme sont présentés comme les altérations les plus fréquentes selon les infirmiers du service Pneumonie du CHNU de FANN.

79,3% du personnel médical et paramédical interrogé ont affirmé avoir déjà reçu et traité des patients se plaignant de problème de santé lié à la pollution de l'air. De plus, la majorité de ces patients sont conscients de la cause de cette altération selon ces médecins. Le Docteur ANNAISSA du service Urgences du CHAN affirme que ces patients sont principalement issus des zones telles que Médina, Colobane ou encore Thiaroye ; les professions les plus fréquemment sujettes aux effets de la pollution sont principalement les chauffeurs ou employés de la circulation, les ouvriers, les mécaniciens ou encore les agriculteurs exploitants.

Ces patients consultants dans ces structures sont principalement des professions ayant des contacts directs avec des émissions de polluants atmosphériques : les ouvriers en contact avec des produits chimiques ou industriels, les agriculteurs en contact avec des pesticides ou des aérosols, les chauffeurs ou employés de la circulation en contact avec les polluants d'origine automobile.

Lors des consultations, la toux apparaît comme la principale altération observée chez les patients selon le docteur Djiby DIOP ; ajouté à cela les problèmes nasaux tels que les écoulements ou les congestions, la rhinorrhée ou encore des problèmes respiratoires tels que la dyspnée.

Ces résultats sont en phase avec les différentes études réalisées au niveau local mettant l'accent sur les maladies respiratoires et cardiaques qui sont les principales altérations résultantes de la pollution de l'air.

Lors de notre étude, nous avons déterminé le coefficient de corrélation entre les données médicales et celles météorologiques de Dakar. En effet, sur une période allant de 2015 à 2020, nous avons corrélé les données des maladies liées à la pollution atmosphérique avec les données météorologiques de la région.

Tableau 10 : Evolution des cas de maladies identifiées relatives à la pollution de l'air de 2015 à 2020 (Annuaire des statistiques sanitaires et sociales, Ministère de la santé)

Année	Asthme	Bronchite	Hypertension artérielle	Pneumopathie	Rhumatisme	Toux/Rhume	IRA
2015	19467	20364	40785	7421	10414	197498	94603
2016	23518	19854	42327	8301	11334	168827	70390
2017	28925	32198	44040	11812	12393	263345	73094
2018	34553	38352	45080	11346	15079	241621	54512
2019	39653	35761	41186	8636	12389	232875	
2020	30686	30786	40406	17272	2157	179191	

	Coefficient de corrélation	P-value	Intervalle de confiance
Température moyenne annuelle	r = - 0,23	p-value = 0,66	-0,88 – 0,72
Température moyenne max annuelle	r = - 0,34	p-value = 0,51	-0,90 – 0,65
Humidité moyenne annuelle	r = 0,47	p-value = 0,35	-0,55 – 0,93
Humidité moyenne max annuelle	r = 0,55	p-value = 0,26	-0,48 – 0,94
Vitesse moyenne annuelle du vent	r = - 0,22	p-value = 0,67	-0,88 – 0,72

Figure 15: Données statistiques de corrélation entre le nombre de cas d'asthme et les paramètres climatiques (Oumar Touré, 13 Juin 2023)

	Coefficient de corrélation	P-value	Intervalle de confiance
Température moyenne annuelle	r = -0,30	p-value = 0,57	-0,90 – 0,68
Température moyenne max annuelle	r = -0,39	p-value = 0,44	-0,91 – 0,62
Humidité moyenne annuelle	r = 0,49	p-value = 0,33	-0,54 – 0,93
Humidité moyenne max annuelle	r = 0,31	p-value = 0,55	-0,67 – 0,90
Vitesse moyenne annuelle du vent	r = -0,20	p-value = 0,71	-0,87 – 0,73

Figure 16: Données statistiques de corrélation entre le nombre de cas de Bronchite et les paramètres climatiques (Oumar Touré, 13 Juin 2023)

	Coefficient de corrélation	P-value	Intervalle de confiance
Température moyenne annuelle	r = -0,86	p-value = 0,03	-0,98 – 0,15
Température moyenne max annuelle	r = -0,81	p-value = 0,05	-0,98 – 0,01
Humidité moyenne annuelle	r = 0,48	p-value = 0,33	-0,54 – 0,93
Humidité moyenne max annuelle	r = 0,15	p-value = 0,78	-0,75 – 0,86
Vitesse moyenne annuelle du vent	r = -0,21	p-value = 0,69	-0,87 – 0,72

Figure 17: Données statistiques de corrélation entre le nombre de cas de rhumatisme et les paramètres climatiques (Oumar Touré, 13 Juin 2023)

Les coefficients de corrélation entre les paramètres climatiques et le nombre de cas d'asthme, de bronchite et de rhumatisme (figures 15, 16 et 17) nous révèlent une relation linéaire positive entre le nombre de cas de ces maladies et l'humidité moyenne annuelle. Et en se basant sur ces données, nous notons qu'à l'inverse le nombre de cas de ces maladies et l'indice de la température moyenne ont une relation linéaire négative. La relation linéaire est aussi négative avec la vitesse moyenne annuelle du vent. L'observation des p-value nous indique que les cas d'asthme et de bronchite n'ont pas de relation significatif avec aucun des paramètres climatiques (p-value > 0,05). Par contre on note que la p-value de la relation de corrélation entre les cas de rhumatisme et la température moyenne annuelle est significative. De ce fait, nous pouvons vérifier l'hypothèse que la température et le nombre de cas de rhumatisme ont une relation.

	Coefficient de corrélation	P-value	Intervalle de confiance
Température moyenne annuelle	r = 0,56	p-value = 0,25	-0,46 – 0,94
Température moyenne max annuelle	r = 0,50	p-value = 0,31	-0,52 – 0,93
Humidité moyenne annuelle	r = - 0,13	p-value = 0,50	-0,85 – 0,76
Humidité moyenne max annuelle	r = - 0,24	p-value = 0,65	-0,88 – 0,71
Vitesse moyenne annuelle du vent	r = 0,34	p-value = 0,51	-0,65 – 0,90

Figure 18: Données statistiques de corrélation entre le nombre de cas de pneumopathie et les paramètres climatiques (Oumar Touré, 13 Juin 2023)

	Coefficient de corrélation	P-value	Intervalle de confiance
Température moyenne annuelle	r = 0,60	p-value = 0,40	-0,85 – 0,61
Température moyenne max annuelle	r = 0,58	p-value = 0,42	-0,86 – 0,99
Humidité moyenne annuelle	r = -0,69	p-value = 0,31	-0,99 – 0,81
Humidité moyenne max annuelle	r = -0,30	p-value = 0,70	-0,98 – 0,93
Vitesse moyenne annuelle du vent	r = -0,17	p-value = 0,83	-0,97 – 0,95

Figure 19: Données statistiques de corrélation entre le nombre de cas d'IRA et les paramètres climatiques (Oumar Touré, 13 Juin 2023)

Les coefficients de corrélation entre les paramètres climatiques et le nombre de cas de pneumonie et d'IRA (figures 18 et 19) nous révèlent une relation linéaire positive entre le nombre de cas de ces maladies et la température moyenne annuelle. Et en se basant sur ces données, nous notons qu'à l'inverse le nombre de cas de ces maladies et l'humidité moyenne annuelle ont une relation linéaire négative. La relation linéaire entre la vitesse moyenne annuelle du vent et le nombre de cas de pneumopathie est positive là om celle avec le nombre de cas d'IRA est négative.

L'observation des p-value nous indique que les cas de pneumonie et d'IRA n'ont pas de relation significatif avec aucun des paramètres climatiques (p-value > 0,05).

	Coefficient de corrélation	P-value	Intervalle de confiance
Température moyenne annuelle	r = -0,39	p-value = 0,44	-0,91 – 0,61
Température moyenne max annuelle	r = -0,41	p-value = 0,42	-0,92 – 0,60
Humidité moyenne annuelle	r = 0,15	p-value = 0,78	-0,76 – 0,86
Humidité moyenne max annuelle	r = -0,13	p-value = 0,80	-0,85 – 0,76
Vitesse moyenne annuelle du vent	r = -0,05	p-value = 0,93	-0,83 – 0,79

Figure 20: Données statistiques de corrélation entre le nombre de cas de toux/rhume et les paramètres climatiques (Oumar Touré, 13 Juin 2023)

	Coefficient de corrélation	P-value	Intervalle de confiance
Température moyenne annuelle	r = -0,61	p-value = 0,20	-0,95 – 0,40
Température moyenne max annuelle	r = -0,55	p-value = 0,26	-0,94 – 0,47
Humidité moyenne annuelle	r = 0,44	p-value = 0,38	-0,57 – 0,92
Humidité moyenne max annuelle	r = -0,23	p-value = 0,66	-0,88 – 0,71
Vitesse moyenne annuelle du vent	r = 0,21	p-value = 0,69	-0,73 – 0,87

Figure 21: Données statistiques de corrélation entre le nombre de cas d'hypertension artérielle et les paramètres climatiques (Oumar Touré, 13 Juin 2023)

Les coefficients de corrélation entre les paramètres climatiques et le nombre de cas de toux/rhume et d'hypertension artérielle (figures 20 et 21) nous révèlent une relation linéaire négative entre le nombre de cas de ces maladies et la température moyenne annuelle. Nous notons que le nombre de cas de ces maladies et l'humidité moyenne annuelle ont une relation linéaire positive (même si la relation linéaire est négative pour l'humidité moyenne max annuelle).

La relation linéaire entre la vitesse moyenne annuelle du vent et le nombre de cas de toux/rhume est négative là om celle avec le nombre de cas d'hypertension artérielle est positive.

L'observation des p-value nous indique que les cas de toux/rhume et d'hypertension artérielle n'ont pas de relation significatif avec aucun des paramètres climatiques (p-value > 0,05).

En fin de compte, le calcul des coefficients de corrélation entre les données médicales et les paramètres climatiques ont démontré que la majorité des maladies identifiées ont une relation linéaire avec les paramètres climatiques. Les valeurs des coefficients de corrélation sont statistiquement satisfaisantes ; cependant l'interprétation de p-value nous permet de dire que ces relations ne sont pas significatives.

Cela ne nous permet pas de valider l'hypothèse selon laquelle le nombre des cas de ces maladies est corrélé avec les paramètres climatiques. Seul le nombre de cas de rhumatisme peut être mis en relation avec la variation de la température moyenne annuelle puisque statistiquement parlant elle est vérifiée ($r = -0,86$, $p = 0,03$; le nombre de cas de rhumatisme augmente là où la valeur de la température diminue).

2.3 A Médina et Bel-Air

Médina et Bel-Air représente des zones à risque élevé en ce qui concerne la pollution atmosphérique. En effet, Médina est une zone enregistrant d'importantes activités de transport urbain alors que Bel-Air est une zone à caractère industriel avec d'intenses activités de transport de marchandises.

Ces paramètres permettent de les identifier comme des zones avec d'importantes sources d'émissions de polluants atmosphériques pouvant causer des altérations de la santé des populations.

Lors de nos entretiens sur les ménages, 50% des répondants, sur l'ensemble des deux zones d'étude ont constaté une altération de l'état de santé d'un membre de leur famille. De plus, 51,7% sont déjà tombés malades suite à un pic de pollution de l'air ambiant (figure 22).

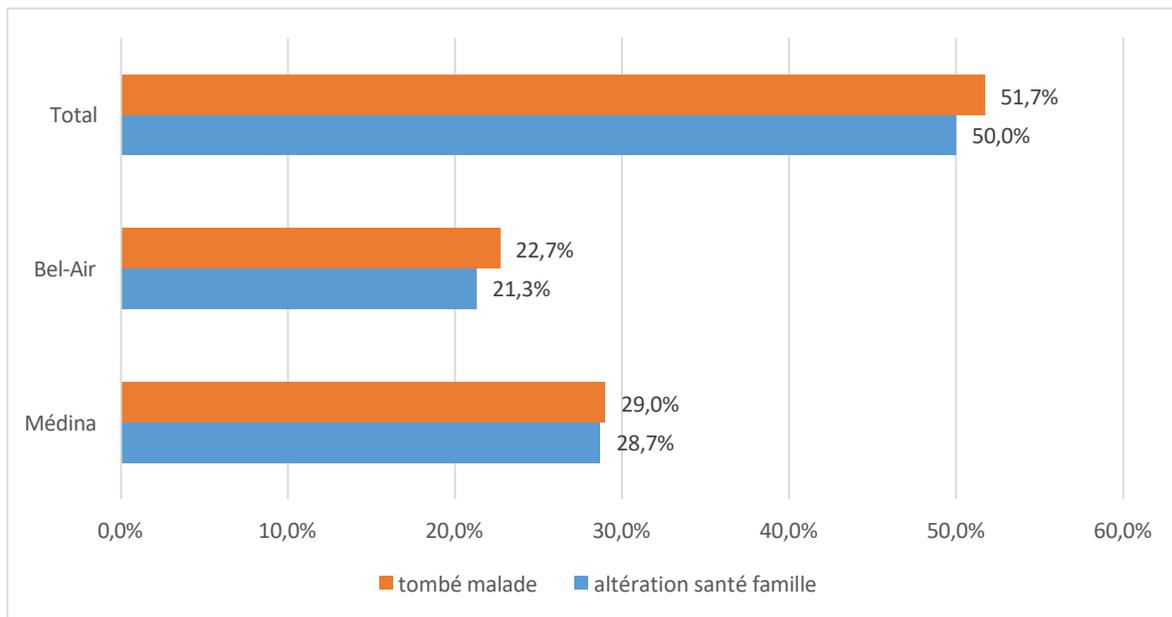


Figure 22: Fréquence des altérations de la santé familiale et des cas de maladies liés à la pollution de l'air à Médina et Bel-Air (Données d'enquête)

Ces altérations observées sont généralement causées par la pollution d'origine automobile et industrielle comme le soulignent la majorité des ménages interrogés. En effet, selon les ménages ayant été touchés par les effets de la pollution atmosphérique, les pollutions d'origine industrielle et automobile sont fréquemment identifiées comme les causes de ces altérations avec respectivement 38,7% et 52,3% des ménages (figure 23).

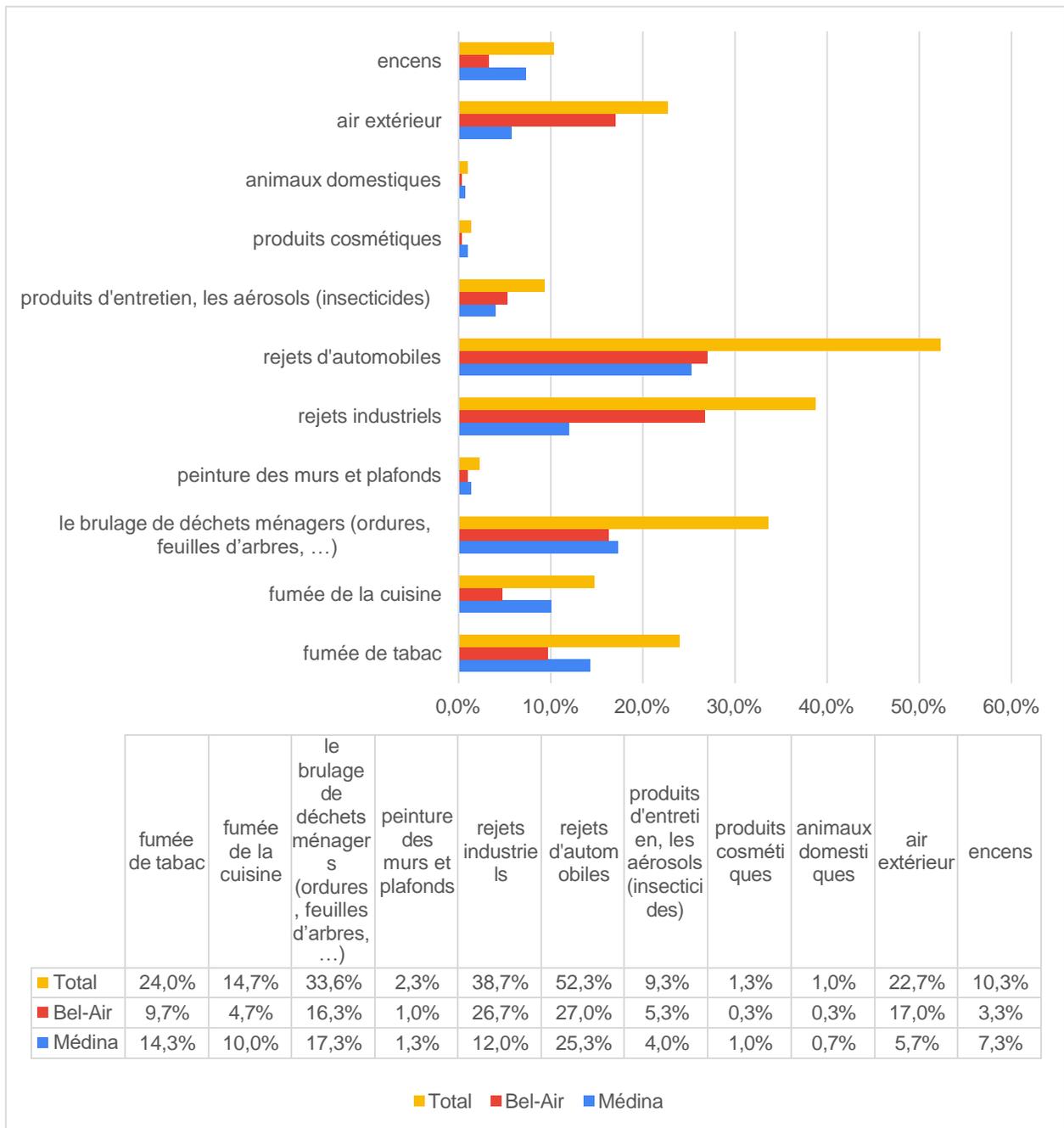


Figure 23: Fréquence des causes de l'altération de la santé familiale liée à la pollution de l'air à Médina et Bel-Air (Données d'enquête)

La prise en compte de la distance dans l'analyse des répartitions des sources de pollution atmosphérique affectant la population permet de noter une variation de la concentration des polluants avec les industries qui en sont l'épicentre à Bel-Air.

Cela est également le cas avec la zone de Médina qui permet d'identifier une variation des inquiétudes concernant les sources de dégradation de la qualité de l'air en fonction de la distance par rapport à l'activité des transports routiers. Ces paramètres mettent en avant le caractère volatil des polluants atmosphériques ; un caractère qui influence le ressenti des populations interrogées par rapport à l'impact de ces polluants sur leur santé à savoir si ces dernières sont proches ou non de ces émissions (Figure 24).

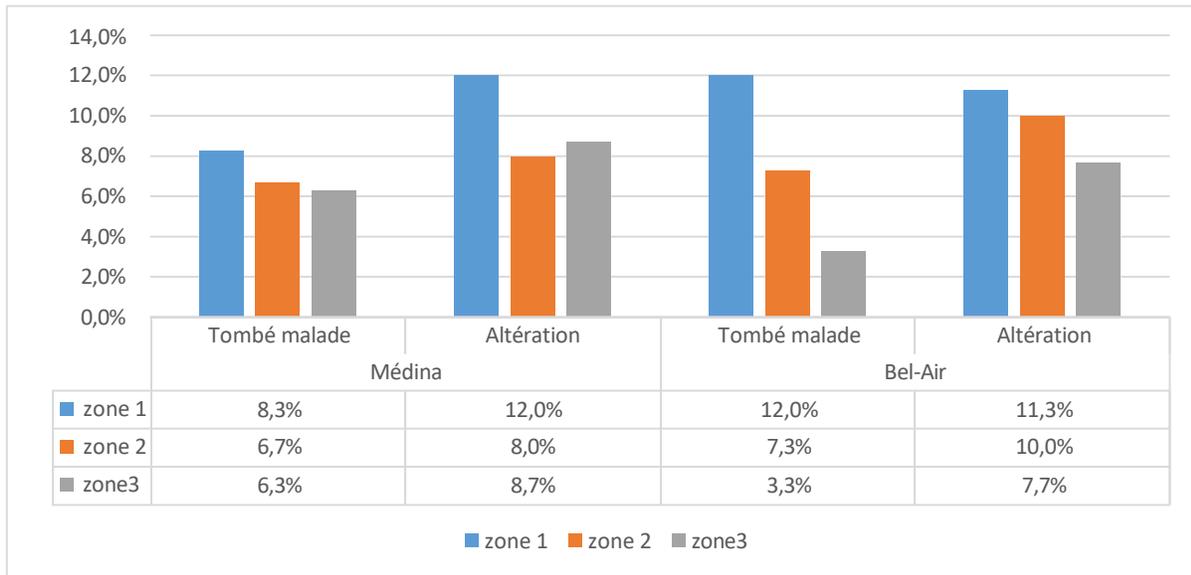


Figure 24: Fréquence des altérations de la santé familiale et des cas de maladies liés à la pollution de l'air en fonction des zones tampons à Médina et Bel-Air (Données d'enquête)

A Bel-Air, en prenant en compte le critère de la distance des interrogés par rapport à la zone d'activité des industries, on peut noter que les principales plaintes se situent au niveau de la zone tampon 1. En effet, cette zone est celle qui regroupe le port et la grande partie des industries ; suivant cette logique, les principales sources d'émissions de polluants atmosphériques y sont donc situées causant à cet effet une zone à risque.

La pollution automobile est également indexée comme une source de dégradation de la qualité de l'air via la circulation permanente des véhicules de transport comme les poids lourds entre autre.

Dans la zone tampon 2, c'est la pollution automobile qui est le plus pointée du doigt avec des personnes interrogées qui jugent que celle-ci avec la poussière et le manque d'assainissement sont les plaintes les plus fréquentes. C'est un milieu d'habitation avec notamment des infrastructures industrielles aux alentours.

La zone tampon 3 est une zone marquée par la présence des infrastructures logistiques et administratives des compagnies industrielles dont les activités principales sont conduites dans la zone tampon 1. On observe un nombre limité de logement domestique engendrant une démographie espacée. Les personnes interrogées dans cette zone se plaignent principalement de la pollution automobile et de la poussière. En effet, on observe un mouvement incessant de véhicules de transport favorisant au passage le soulèvement de la poussière.

A médina, c'est le parc automobile qui est le plus indexé par les populations interrogées. En effet, la pollution automobile est la principale cause de dégradation de la qualité de l'air identifiée par ces derniers. La configuration de la zone de Médina avec sa position géographique l'oblige à être un carrefour du transport urbain. Ce caractère ajouté à la présence d'activités commerciales intensifs entraîne une insalubrité marquante dans la zone couplée à un dynamisme démographique dense. Le manque d'assainissement caractérisé par l'insalubrité et les eaux usées s'accumulant au fur et à mesure au niveau des canalisations non-entretenu est également un problème que les populations identifient dans leur quotidien. Le brûlage de déchets ménagers (ordures, feuilles d'arbres, ...) se pose en plus des autres comme une problématique du fait du manque de système de collecte et de gestion.

Dans les zones 1,2 et 3, on note des variations dans les sources de pollutions faibles compte tenu du fait que ces trois zones sont toutes traversées par un axe de transport à caractère dense.

En effet, la pollution automobile est ressentie par l'ensemble des populations de cette zone même si plus on s'éloigne de cette axe plus les préoccupations sur la qualité de l'air dégradée par les eaux usées et l'insalubrité augmentent.

Dans la zone 2 et 3, l'insalubrité couplée à la densité démographique dues aux activités du Marché Tilène donne un aperçu du paysage de ce milieu dépourvu de système efficace de gestion des déchets.

Chez ces personnes tombées malades, les signes les plus récurrents enregistrés sont la Toux avec 39,3% suivi par des maux de tête et des éternuements avec respectivement 27% et 29% des observations. Parmi les signes les moins fréquents, on note les problèmes musculaires, les difficultés respiratoires, les crises d'asthme, la grippe ou la sinusite entre autres (figure 25).

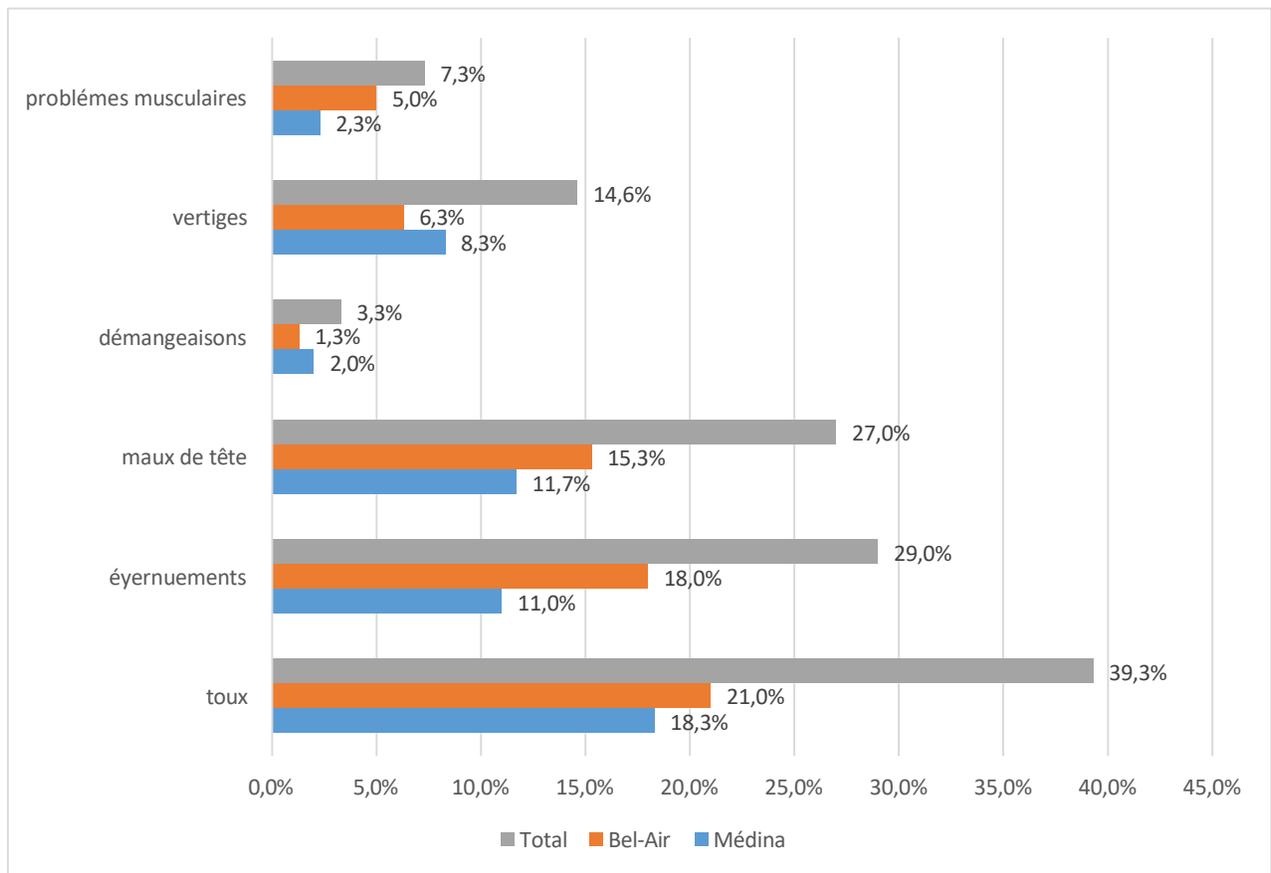


Figure 25: Fréquences des signes observés sur les cas de malades liés à la pollution de l'air à Médina et Bel-Air (Données d'enquête)

Chapitre 2 : Stratégies de gestion des impacts sanitaires de la pollution de l'air a medina et Bel-Air

1. Stratégies communautaires

La pollution atmosphérique et ses effets sur la santé sont devenus une problématique que les institutions gouvernementales ainsi que la communauté locale font face quotidiennement. En prenant en compte les différentes informations relatives à la pollution atmosphérique récoltées au niveau local, nous pouvons mettre en avant différentes stratégies de lutte initiées par les populations elles-mêmes.

1.1 La sensibilisation des populations

La prise de conscience des populations quant à la pollution atmosphérique et ses effets a été retardée par le manque de connaissances sur ce sujet. Cela se reflète d'autant plus dans les pays en développement où les populations ne se préoccupent pas vraiment de la qualité de leur air ambiant. Au Sénégal, la donne a changé avec une augmentation des cas de pics de pollution principalement dans la région dakaroise poussant les populations à s'interroger sur ce phénomène et ses causes.

C'est dans ce contexte qu'a été créé le CGQA pour sensibiliser et communiquer sur la question de la pollution atmosphérique. Le CGQA apparait comme le principal relais d'information pour sensibiliser les populations même si ces derniers sont peu réceptifs à ces informations. Le manque de connaissances des populations sur les principaux mécanismes de la pollution atmosphérique entraîne une banalisation de ses effets sur la santé. C'est pour pallier à ce problème que des associations communautaires telles que les ASC à Médina ou encore l'Association « Concertations des riverains et acteurs de la Baie de Hann pour l'environnement » à Bel-Air organisent des journées de sensibilisation et d'assainissement des quartiers pour permettre aux populations de prendre conscience de la nécessité de modifier leurs habitudes quotidiennes et de mieux comprendre la pollution atmosphérique.

Ces initiatives communautaires doivent être accompagnées par les autorités gouvernementales en particulier le ministère de l'environnement. Le 9 juin 2022, l'association « Concertations des riverains et acteurs de la Baie de Hann pour l'environnement » à organiser une journée de sensibilisation sur la dépollution de la baie de Hann, là où des journées « sett settal » sont organisées par les jeunes du quartier avec l'appui des ASC à Médina. Il s'agit là d'une participation communautaire à la lutte contre la pollution atmosphérique en sensibilisant et en partageant des connaissances qui pourront changer la perception qu'ont les populations sur notre environnement et peut-être améliorer leur relation avec celui-ci.

Les populations doivent être encourager à intégrer de nouveaux paramètres dans leurs modes de vie comme par exemple le port de masque de protection en cas de fortes pollution atmosphérique. Il s'agit d'adopter de nouveaux comportements plus responsables pour permettre d'atténuer les conséquences de la pollution atmosphérique sur la santé. Une meilleure connaissance des dynamismes de la pollution atmosphérique par les populations leur permettrait de mieux appréhender ce phénomène mais aussi de mieux se préparer à adopter des comportements ou un mode de vie améliorée pour atténuer les altérations de la santé.

Pour un résultat plus significatif de ces activités, les administrateurs municipaux doivent accompagner ces initiatives communautaires en apportant un soutien technique et parfois logistique. Cela permettrait d'envisager d'étendre l'échelle de ces activités au niveau national.

1.2 Une gestion communautaire des activités de transport et de commerce

Les activités anthropiques telles que le transport et la transformation industrielle sont les principales sources d'émissions de polluants atmosphériques à Dakar et la gestion des stratégies de lutte de ces polluants est principalement imputée aux administrateurs gouvernementaux. Cependant, face à une gestion jugée insuffisante par les populations, des actions communautaires ont été enregistrées pour essayer d'améliorer la situation même si elle est à l'échelle locale.

A Médina, l'intensité des transports urbains dans la zone ainsi que l'insalubrité issue des activités commerciales du marché Tilène a poussé la communauté locale à prendre des mesures pour affecter positivement le déroulement de ces activités dans leur milieu. En effet, pour le cas des transports urbains dans la zone de Médina, nous pouvons dire que le flux de voitures est très intensif. Cette situation a poussé la communauté à instaurer de nouvelles règles quant à la circulation des véhicules à l'intérieur de la zone. Au niveau des routes nationales et périphériques, il n'y a pas de réglementation de la communauté. Mais à la vue du peu d'espace de circulation qu'il y a à l'intérieur de la zone, certaines voies de circulations sont bloquées à l'aide de pierres, de tas de gravats ou de sable ; cela dans l'objectif de rediriger la circulation vers des zones plus accessibles. Cette stratégie est généralement utilisée au niveau des routes avec une largeur étroite ou encore presque entièrement endommagées par le manque d'entretien. Cette stratégie peut paraître primaire mais elle a montré des résultats en adéquation avec l'objectif initial : atténuer le flux de véhicules circulant et par conséquent les polluants atmosphériques. En effet, le résultat obtenu se matérialise par une circulation faible des véhicules à l'intérieur de la zone de Médina entraînant de facto une diminution de la concentration de polluants atmosphériques à ces niveaux.

Quant aux activités commerciales et l'insalubrité qui en découle, des journées de nettoyage générale sont organisées de temps en temps par les populations environnantes puisque qu'ils sont les premières concernées. Au-delà des journées de nettoyage, les résidents situés près de ces activités nettoient quotidiennement les alentours de leur domicile avec l'aide quelques fois des agents de l'UCG. Par contre, ces actions semblent insuffisantes quand on observe la quantité de déchets générées quotidiennement par ces activités commerciales et seule une meilleure gestion des administrateurs municipales pourrait renverser cette situation.

A Bel-Air, les stratégies de gestion communautaires sont principalement orientées vers le secteur du transport ; vu que les activités industrielles sont gérées au plus haut lieu. En effet, avec les grands transporteurs de marchandises et les flux de transport urbain, une aide communautaire quant à la gestion du trafic routier dans la zone n'est pas à écarter. Des collectifs de transporteurs de poids lourds ont établis une certaine réglementation quant à la circulation et le stationnement des véhicules. Ces réglementations portent entre autre sur les lieux de stationnement des véhicules pour éviter de gêner les voies de circulation ; mais également sur l'amélioration du trafic routier avec des personnes affectées au contrôle de la circulation (même si des policiers sont régulièrement présents pour contrôler la circulation).

2. Stratégies mise en place par les collectivités territoriales de la Médina et de Bel-Air

L'administration municipale doit jouer un rôle plus important dans la lutte contre les polluants atmosphériques mais également dans la sensibilisation des populations. En effet, on se rend compte que les mairies n'ont pas une participation active dans la gestion de la pollution atmosphérique. Leurs politiques de gestion de l'assainissement restent le seul volet qui participent un tant soit peu à la lutte contre la pollution atmosphérique. Cette gestion de l'assainissement se fait principalement dans les zones d'activités économiques ; comme à Médina où seuls les alentours du marché de Tilène sont nettoyés fréquemment.

A Bel-Air, l'incapacité des acteurs municipaux à déterminer le taux de pollution des usines représente un frein dans la gestion de la pollution atmosphérique au niveau local ; souligne un agent municipal interrogé (Mr Khalifa Diouf). Cette situation est principalement due au manque de base de données de références mais surtout au manque de connaissance profonds des acteurs municipaux sur la question de la pollution atmosphérique. Une mise à niveau des institutions municipales sur les dynamiques de la pollution atmosphérique serait un pas énorme dans l'élaboration de nouvelles politiques de gestion municipale permettant d'intégrer les préoccupations liées à la pollution atmosphérique. Cela faciliterait la sensibilisation des populations locales et ainsi apportait une participation communautaire.

2.1 L'amélioration des secteurs du transport urbain

Le transport urbain représente l'un des principaux secteurs qu'il faut améliorer pour envisager une réduction de la pollution atmosphérique. En effet, étant une des principales sources de polluants atmosphérique avec les activités industrielles, l'amélioration de ce secteur ainsi qu'une bonne gestion permettrait d'établir une avancée significative dans la lutte contre la pollution atmosphérique. Les projets du TER et du BRT se présentent comme les premières infrastructures structurantes qui pourrait impacter positivement sur cette problématique. En prenant l'exemple du TER qui est en service depuis quelques mois, on peut noter un schéma qui commence à naître et qui de façon plus globale permettrait d'atteindre ultérieurement certains objectifs environnementaux. Le TER est un moyen de transport, nouveau pour les populations, qui permet de relier différentes zones éloignées plus facilement qu'un trajet normal sur la route. Quant au BRT, il est en phase de mise en œuvre avec la construction des voies de passage et des infrastructures connexes. La diminution du temps de trajet ainsi que l'amélioration de la connectivité entre les zones urbaines sont une des résultantes espérées des projets du TER et du BRT.

Tous ces objectifs réalisés se traduiront par une amélioration du secteur routier qui résulterait par une diminution du parc automobile.

Cela étant dit, il faut noter que l'importance du parc automobile dans la ville de Dakar et ses environs est due principalement aux véhicules de transports en commun ou privé. En effet, à Medina c'est le rondpoint SAHM qui fait office de garage automobile et à Bel-Air, les activités de transport de marchandises sont très intenses. Cela met de plus en plus en avant la nécessité d'améliorer notre système de transport urbain pour prendre en compte les besoins des populations ainsi que les résultantes négatives telles que la pollution atmosphérique.

2.2 Elargissement des compétences et des activités du CGQA

Le Centre de Gestion de la Qualité de l'Air (CGQA) qui est la principale agence de recherche et de mesure de la qualité de l'air à Dakar, doit jouer un rôle plus important dans la prise et l'exécution des plans stratégiques de lutte contre la pollution de l'air. En effet, étant l'outil institutionnel principal du Ministère de l'environnement dans la lutte contre la pollution de l'air, le CGQA devrait posséder la latitude et les compétences exécutives nécessaires à une bonne prise de décisions dans le cadre de l'élaboration des plans directeurs. L'implication de certains ministères tels que le Ministère de la Santé et de l'action sociale, le Ministère des Collectivités Territoriales, de l'Aménagement et du Développement des Territoires ou encore le Ministère de l'Urbanisme et de l'habitat semble primordial pour permettre au CGQA de pouvoir réellement interagir dans le quotidien des populations.

L'élargissement des compétences et prérogatives du CGQA additionné à une augmentation du budget alloué permettrait une redéfinition de la zone d'action de cette institution au niveau Nationale. Cela permettrait de disposer de données de références afin de pouvoir déterminer et élaborer des solutions tendanciennes sur la base d'hypothèses vérifiées. La collecte des données est un volet crucial dans l'élaboration des solutions de lutte contre la pollution de l'air ; ce sont ces données qui permettront d'identifier les sources principales de pollution et ainsi mettre en avant leurs concentrations et leurs dynamiques migratoires pouvant altérer l'efficacité des actions entreprises. La sensibilisation de population se présente aussi comme une obligation d'autant plus que 92,4% des personnes interrogées affirment ne pas connaître l'existence du CGQA.

Une meilleure communication du CGQA serait profitable à l'amélioration de la prise de conscience des populations sur les dangers d'une mauvaise qualité de l'air ainsi que de ces causes et conséquences.

Les effets de la communication des bulletins d'informations quotidiens effectuée par le CGQA en seraient que plus renforcées d'autant plus que la population pourrait mieux se préparer à ces vagues de pollution.

La sensibilisation des populations doit devenir une mission prioritaire au-delà même de la communication du niveau de la qualité de l'air.

La création d'espaces verts publics, l'aide à l'établissement d'une nouvelle réglementation sur les polluants atmosphériques ou encore la recherche scientifique sont d'innombrables options que le CGQA peut envisager pour lutter contre la dégradation de la qualité de l'air mais cela à condition que les moyens financiers et logistiques soient mis à leur disposition.

Des projets sont en cours comme la création de nouvelles stations de mesure de la qualité de l'air dans les autres régions du Sénégal. Il ne reste plus que le financement de l'état qui tarde du fait de la lenteur administrative du système sénégalais.

CONCLUSION GENERALE

La pollution de l'air représente, depuis plusieurs décennies ; une menace quotidienne pour la santé des populations. En effet, avec le développement de l'industrie et la croissance fulgurante des moyens de transport, on observe une augmentation du type de polluants ou d'agents chimiques, physiques ou biologique modifiant les caractéristiques naturelles de l'atmosphère.

Au Sénégal, la pollution de l'air est vue comme une problématique affectant continuellement le mode de vie ainsi que la santé des populations locales. C'est dans ce contexte que le CGQA a été créé en 2010 pour permettre de quantifier les émissions de polluants ainsi que de fournir des rapports facilitant la prise de décision. Les actions du CGQA se concentre principalement sur la région de Dakar qui fait partie des villes les plus polluées du monde (56^e position selon un rapport de l'OMS sorti en 2018).

Grace au rapports du CGQA, nous pouvons déterminer une multitude de sources d'émission de polluants dans l'atmosphère dakarois mais deux secteurs se distinguent principalement à savoir les activités industrielles principalement situées à Bel-Air ainsi que le secteur du transport. Avec ces données, nous avons identifié une saisonnalité de la pollution atmosphérique à Dakar avec notamment une pollution plus accentuée et présente en saison sèche. Pendant cette saison sèche, on note des concentrations de polluants supérieures à la norme sénégalaise mais également à celle internationale. Pendant la saison des pluies, les émissions de polluants dans l'atmosphère sont plus réduites à cause du lessivage des particules dans l'atmosphère. De ce fait, la pollution à Dakar est une pollution qui est plus accentuée pendant les mois de Janvier à Mai et de mi-October à Décembre.

Plusieurs études réalisées au niveau international et même local ont permis de mettre en évidence les effets de ces polluants atmosphériques sur la santé des populations exposées.

Les études de Sylla et al (Sylla et al, 2017, 2018) réalisées à Dakar ont permis de mettre en évidence la contribution des polluants atmosphériques sur le développement de plusieurs maladies telles que les atteintes respiratoires chroniques, les maladies de la peau et certaines maladies du cœur. Au niveau mondiale, les études sont plus précises et fiables ; ne laissant également aucun doute sur la responsabilité des effets la pollution atmosphérique sur la détérioration de la santé mondiale avec le développement de certaines maladies associées.

Notre enquête de terrain au niveau de Médina et Bel-Air ainsi que les entretiens réalisés auprès des professionnels de santé et des décideurs municipaux nous a permis de mieux cerner les processus de pollution atmosphérique de la région de Dakar. Principalement alimentée par les activités industrielles et de transport urbain, la pollution de l'air à Dakar affecte considérablement la santé des populations et cette réalité devient de plus en plus évidente compte tenu des pics de pollutions observables à l'œil nu par les populations.

Ainsi, à l'issue de ce travail, nous recommandons :

- Une meilleure visibilité du CGQA,
- Un renforcement des capacités et des moyens de ce centre,
- Une décentralisation des activités du CGQA avec des centres secondaires dans le territoire sénégalais,
- Un programme de sensibilisation, d'information et de communication sur les phénomènes et activités humaines responsables de la prolifération des polluants atmosphériques et leurs impacts sur la santé des populations,
- Une cartographie des zones d'émission des polluants atmosphériques,
- Des études d'impact sur la qualité des sols et des eaux afin de dégager des moyens de remédiation pour la promotion de l'agriculture.

Liste des figures

Figure 1: Fréquence des causes de la pollution de l'air à Médina et à Bel-Air selon les ménages (Données d'enquête, Février 2023)	13
Figure 2: Fréquence d'utilisation des différents types de moyens de transport à Médina et à Bel- Air selon les ménages (Données d'enquête, Février 2023	15
Figure 3: Fréquence des causes de pollution de l'air intérieur à Médina et à Bel-Air selon les ménages (Données d'enquête, Février 2023)	17
Figure 4: Evolution interannuelle de la fréquence d'apparition des polluants à Bel-Air (Dakar).....	59
Figure 5: Evolution interannuelle de la fréquence d'apparition des polluants à la Medina (Dakar) (30/05/2022, données du CGQA)	60
Figure 6: Concentrations moyennes mensuelles de PM10 entre 2010 et 2017 à Bel-Air (Dakar) (30/05/2022, données du CGQA)	62
Figure 7: Concentrations moyennes annuelles des polluants à Bel-Air (Dakar) entre 2010 et 2017(30/05/2022, données du CGQA)	62
Figure 8: Concentrations moyennes mensuelles des PM10 à Médina (Dakar) entre 2010 et 2017(30/05/2022, données du CGQA)	65
Figure 9: Concentrations moyennes annuelles des polluants à Médina (Dakar) entre 2010 et 2017 (30/05/2022, données du CGQA)	66
Figure 10: Fréquence de dépassement des concentrations de PM10 a Bel-Air et Médina (Dakar) entre 2010 et 2017 (30/05/2022, données du CGQA).....	67
Figure 11: Fréquence de dépassement des concentrations de PM2,5 entre 2010 et 2017	68
Figure 12: fréquences mensuelles des consultations médicales liées à la pollution de l'air selon les professionnels de santé (Données d'enquête).....	69
Figure 13: Indice de la qualité de l'air à Dakar entre 2010 et 2017 (30/05/2022, données du CGQA)	72
Figure 14: Etat de la qualité de l'air à Dakar entre 2010 et 2017 (30/05/2022, données du CGQA).....	74
Figure 15: Données statistiques de corrélation entre le nombre de cas d'asthme et les paramètres climatiques (Oumar Touré, 13 Juin 2023).....	88
Figure 16: Données statistiques de corrélation entre le nombre de cas de Bronchite et les paramètres climatiques (Oumar Touré, 13 Juin 2023).....	88
Figure 17: Données statistiques de corrélation entre le nombre de cas de rhumatisme et les paramètres climatiques (Oumar Touré, 13 Juin 2023)	88
Figure 18: Données statistiques de corrélation entre le nombre de cas de pneumopathie et les paramètres climatiques	

(Oumar Touré, 13 Juin 2023)	89
Figure 19: Données statistiques de corrélation entre le nombre de cas d'IRA et les paramètres climatiques (Oumar Touré, 13 Juin 2023)	90
Figure 20: Données statistiques de corrélation entre le nombre de cas de toux/rhume et les paramètres climatiques (Oumar Touré, 13 Juin 2023)	90
Figure 21: Données statistiques de corrélation entre le nombre de cas d'hypertension artérielle et les paramètres climatiques (Oumar Touré, 13 Juin 2023).....	91
Figure 22: Fréquence des altérations de la santé familiale et des cas de maladies liés à la pollution de l'air à Médina et Bel-Air (Données d'enquête)	93
Figure 23: Fréquence des causes de l'altération de la santé familiale liée à la pollution de l'air à Médina et Bel-Air (Données d'enquête).....	94
Figure 24: Fréquence des altérations de la santé familiale et des cas de maladies liés à la pollution de l'air en fonction des zones tampons à Médina et Bel-Air (Données d'enquête).....	95
Figure 25: Fréquences des signes observés sur les cas de malades liés à la pollution de l'air à Médina et Bel-Air (Données d'enquête).....	98

Liste des Cartes

Carte 1: Situation des stations de mesures de la qualité de l'air de Médina et Bel-Air	29
Carte 2: carte de délimitation en zone de la Médina (Dakar) (réalisé par Oumar Touré, 20 mars 2023).....	42
Carte 3: Carte de délimitation en zone de Bel-Air (Dakar) (Réalisé par Oumar Touré, 2 Avril 2023).....	43
Carte 4: Répartition des stations de mesure de la pollution de l'air à Dakar.....	52

Liste des Photos

Photo 1: Station de mesure des polluants atmosphériques du CGQA à Dakar (Oumar Touré, 14 Novembre 2023)	53
Photo 2: Station de mesure des polluants atmosphériques du CGQA à Dakar (Oumar Touré, 14 Novembre 2023)	53
Photo 3: Camion de laboratoire mobile du CGQA (Dakar) https://www.denv.gouv.sn/stations-cgqa/ , le 15 Décembre 2021).....	55

Liste des Tableaux

Tableau 1: Tableau de répartition des effectifs selon la zone d'étude.	43
Tableau 2: Origines et impacts sanitaires des principaux polluants suivis par le CGQA au niveau des stations expérimentales (Dakar) (Atelier de partage du projet « Suivi de la pollution de l'air)	51
Tableau 3: Nature des polluants mesurés en fonction du type de station (Dakar) (Atelier de partage du projet « Suivi de la pollution de l'air » dans le cadre du PATMUR, 18/02/2022)	54
Tableau 4: Nouvelles normes et valeurs limites fixées pour les différents types de polluant (Atelier de partage du projet « Suivi de la pollution de l'air » dans le cadre du PATMUR, 18/02/2022)	57
Tableau 5: Evolution de la fréquence d'apparition des polluants à Bel-Air (Dakar) (30/05/2022, données du CGQA)	58
Tableau 6: Evolution de la fréquence d'apparition des polluants à la Médina (Dakar) (30/05/2022, données du CGQA)	59
Tableau 7: Concentrations moyennes annuelles des polluants à Bel-Air (Dakar) entre 2010 et 2017 (30/05/2022, données du CGQA)	63
Tableau 8 Concentrations moyennes annuelles des polluants à Médina (Dakar) entre 2010 et 2017 (30/05/2022, données du CGQA)	65
Tableau 9: Dangerosité de la qualité de l'air en fonction des codes couleurs (CGQA, 2023)	71
Tableau 10 : Evolution des cas de maladies identifiées relatives à la pollution de l'air de 2015 à 2020 (Annuaire des statistiques sanitaires et sociales, Ministère de la santé)	87

Bibliographie

- ADEME, 2014 : "le Rapport d'activité ADEME 2014 - Les faits marquants ". Juin 2015. France : 64p
- Agence France-Presse (AFP). (2017-2021). Dakar figure parmi les villes les plus polluées au monde, mais n'est pas en seconde position du classement. <https://factuel.afp.com/dakar-figure-parmi-les-villes-les-plus-polluees-au-monde-mais-est-pas-en-seconde-position-du>
- ANDERSON HR, SPIX C, MEDINA S, Air pollution and daily admissions for chronic obstructive pulmonary disease in 6 European cities ; results from the APHEA project, *Eur Respir J* 1997; 10: 1064-71.
- ANNESI-MAESANO I et DAB W, Pollution atmosphérique et poumon : Approche épidémiologique, *M/S Medecine Sciences*, Volume 22, numéro 6-7, juin-juillet 2006, p. 589-594
- ANSD, Situation économique et sociale du Sénégal en 2013, Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie, février 2016, 351p
- APHEIS programme (Air Pollution and Health: An European Information System (en ligne). Disponible sur <http://www.apheis.net>.
- ARITA A et COSTA M, Epigenetics in metal carcinogenesis: nickel, arsenic, chromium and cadmium. *Metallomics*, Volume 1, Issue 3, May 2009, Pages 222-228
- ARNAUD F, SERRALONGUE J, WINIARSKI T, DESMET M, PATERNE M, Pollution au plomb dans la Savoie antique (II-IIIe s. apr. J.-C.) en relation avec une installation métallurgique de la cité de Vienne. *C. R. Geoscience*. 2005 ; 338 : 244-52
- ASN, Arrêté interministériel n°7358 du 5 novembre 2003 fixant les conditions d'application de la norme NS 05 – 062 sur la pollution atmosphérique.
- ATKINSON RW, ANDERSON HR, SUNYER J, Acute effects of particulate air pollution on respiratory admissions : results from APHEA 2 project, *Air pollution and health : a European Approach ; Am J Respir Crit Care Med* 2001 ; 164 : 1860-6.
- AUBIER M, MARANO F, BROCHARD P, DE BLAY F, et al ; Impact des particules atmosphériques sur la santé : aspects toxicologiques. *Env., Risques et Santé*, 2004, 3, 87-96.
- Banque Mondiale., 2003. Banque Mondiale : Initiative sur la qualité de l'air des villes d'Afrique sub-saharienne, Rapport d'avancement 1998-2002. Document de travail N°11
- BLIEFERT C, PERRAUD R. Chimie de l'environnement : air, sol, eau et déchets. Tome 2. Edition DE BOECK. 2011 : 478p

- BOUSSOUARA K. Etude des émissions polluantes et des moyens de dépollution dans les moteurs à combustion interne. Doctorat en science en génie mécanique. Algérie : Université de Constantine, 2010 : 211p
- BROECKAERT F, BERNARD A. Clara cell secretory protein (CC16): characteristics and perspectives as lung peripheral biomarker. Clin. Exp. Allergy. 2000 ; 30 : 469-75
- CABRAL M. Étude pilote de l'impact sanitaire des émissions de la décharge de Mbeubeuss (Dakar, Sénégal) sur la population riveraine. Thèse de PhD Université du Littoral Côte d'Opale, Dunkerque / France, 2012, 193p
- CABRAL M, D DIEME, A VERDIN, G GARÇON, M FALL, S BOUHSINA, D DEWAELE, F CAZIER, A TALL-DIA, A DIOUF, P SHIRALI. Low-level environmental exposure to lead and renal adverse effects: A cross-sectional study in the population of children bordering the Mbeubeuss landfill near Dakar, Senegal ; Unité de Chimie Environnementale et Interactions sur le Vivant (UCEIV), Maison de la Recherche en Environnement Industriel 2, Université du Littoral Côte d'Opale, Dunkerque (France)
- CARAZO FERNANDEZ L, ALVAREZ R.F, GONZALEZ-BARCALA F.J and RODRIGUEZ PORTAL J.A, Indoor Air Contaminants and Their Impact on Respiratory Pathologies Contaminación del aire interior y su impacto en la patología respiratoria. Archivos de Bronconeumología (English Edition) Volume 49, Issue 1, January 2013,
- CGQA (Centre de Gestion de la Qualité de l'Air). Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature. Direction de l'Environnement et des Etablissements Classés, Rapport de l'atelier de mise en place de l'Observatoire de la Qualité de l'Air. 2011
- CGQA (Centre de Gestion de la Qualité de l'Air). Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature. Direction de l'Environnement et des Etablissements Classés, Emissions polluantes issues du transport, Qualité de l'air au Sénégal,
- CHARPIN D., J.-C. PAIRON, I. ANNESI-MAESANO, D. CAILLAUD, F. DE BLAY , G. DIXSAUT, B. HOUSSET, J.-C. MEURICE, I. ROUSSEL, D. ZMIROU, P. DELAVAL, J.-C. DALPHIN, le groupe pathologies pulmonaires professionnelles environnementales et iatrogéniques (PAPPEI) et le conseil scientifique de la Société de pneumologie de langue française (SPLF), La pollution atmosphérique et ses effets sur la santé respiratoire. Revue des Maladies Respiratoires, Volume 33, Issue 6, June 2016, Pages 484-508
- CHUN-FU C, MING-HUNG C, FENG-HSIANG C. Carbon Dioxide Concentrations and Temperatures within Tour Buses under Real-Time Traffic Conditions. Plos one. 2015 ; 10(4) : 12p
- Code de l'environnement du Sénégal. Ministère de la jeunesse, de l'environnement et de l'hygiène publique. Direction de l'environnement et des établissements classés. 2001 : 78p
- Conseil de l'Europe. Déclaration de principes sur la lutte contre la pollution de l'air ; adoptée par les Délégués des Ministres le 8 mars 1968. 1968 : 4p

- DAB W, SEGALA C, DOR F, FESTY B, LAMELOISE P, LE MOULLEC Y, LE TERTRE A, MEDINA S, QUENEL P, WALLAERT et ZMIROU D. Pollution Atmosphérique et Santé : Corrélation ou Causalité ? Le Cas de la Relation entre l'Exposition aux Particules et la Mortalité Cardio-pulmonaire. *Air & Waste Manage. Assoc.* 2001 ; 51 : 203-219
- DEMAY C.; La pollution de l'air à Dakar; mémoire de Master, faculté de Géographie ; Université de Bourgogne, Dijon (France), 2001, 71p.
- DIEDHIOU K. La pollution automobile à Dakar : mesure de la pollution dans les transports en commun (cas des minibus TATA-Aftu). Doctorat en pharmacie. Dakar (Sénégal) : Faculté de médecine et de pharmacie. 2017 ; 132 : 88p
- DIEME D, Caractérisation physico-chimique et étude des effets toxiques sur des cellules pulmonaires BEAS-2B des polluants particulaires de la ville de Dakar (Sénégal). ; Thèse de doctorat, Université du LITTORAL-COTE D'OPALE ; 2012
- DIEME D., CABRAL-NDIOR, M., GARÇON G., VERDIN A., BILLET S., CAZIER F., COURCOT D., DIOUF, A., SHIRALI P., « Relationship between physicochemical characterization and toxicity of fine particulate matter (PM_{2.5}) collected in Dakar city (Senegal) », *Environmental Research*, n° 113, 2012, p. 1-13.
- DIOKHANÉ AM, JENKINS G, MANGA N, DRAME M and MBODJI B; Linkages between observed, modeled Saharan dust loading and meningitis in Senegal during 2012 and 2013, *International journal of biometeorology*, August 22 2015; Vol 60
- DOMINICI F, MC DERMOTT A, DANIELS M, ZEGER SL et SAMET JM; "Revised analyses of the National Morbidity, Mortality and Air pollution Study: mortality among residents of 90 cities"; *J Toxicol Environ Health A*; 2005,p68 (13-14) p1071-92.
- DUONG TRANG T.T, BYEONG-KYU LEE, Determining contamination level of heavy metals in road dust from busy traffic areas with different characteristics, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Ulsan, Ulsan 680-749, Republic of Korea 2011
- ENGELBRECHT JP, SWANEPOEL L, CHOW JC, WATSON JG, EGAMI RT. PM_{2.5} and PM₁₀ concentrations from the Qalabotjha low-smoke fuels macro-scale experiment in South Africa. *Environ Monit Assess.* 2001 ; 69(1) : 1-15
- ETYEMEZIAN V, M. TESFAYEB , A. YIMERC , J.C. CHOWD , D. MESFINB , T. NEGAB , G. NIKOLICHA , J.G. WATSOND ,and M. WONDMAGEGNB, Results from a pilot-scale air quality study in Addis Ababa, Ethiopia.Elsevier (*Atmospheric Environment*) vol 39, pg 7849, 2005
- F. PIGNOL, M. REGIMBAUD, MME F. GRIMALDI; « L'air, véhicule de facteurs pathogènes », *Médecine d'Afrique Noire* : 1992, 39 (3).
- FORSTER C, A. STOHL, T. BERG, J. F. BURKHART, A. M. FJÆRAA, A. HERBER, Ø. HOV, C. LUNDER, W. W. MCMILLAN, S. OLTMANS, M. SHIOBARA, D. SIMPSON, S. SOLBERG, K. STEBEL, J. STRÖM , K. TØRSETH , R. TREFFEISEN , K.

- VIRKKUNEN, K. E. YTTRI ; Arctic smoke ? record high air pollution levels in the European Arctic due to agricultural fires in Eastern Europe, Atmos. Chem. Phys. Discuss. - Atmospheric Chemistry and Physics Discussions, Vol 6, Numéro 5, 2006, 9655p-9722
- GÉRIN M, GOSSELIN P, CORDIER S, VIAU C, QUÉNEL P et DEWAILLY E, Environnement et santé publique : Fondements et pratiques. Lavoisier Tec et Doc, 2005 (paru en 2003),
- GIEC. Rapports spéciaux sur les conséquences d'un réchauffement planétaire de 1,5°C. Résumé pour les décideurs. 8 oct 2018, 25 déc 2019
- GUEYE P. Pollution atmosphérique d'origine automobile : évaluation de l'impact sanitaire sur une population cible à Dakar : cas des commerçants du marché Sandaga. Thèse de doctorat en pharmacie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar. 2008 ; 91 : 99p
- GUILLOSSOU G, « Grand smog de Londres : 70 ans de prise de conscience des enjeux de santé de la qualité de l'air », John Libbey Eurotext, Volume 21, numéro 6, Novembre-Décembre 2022.
- http://Svt-Pollution-De-l-Air/44373913.html#google_vignette, consulté le 12 janvier 2022.
- <http://www.citepa.org/fr/veille-air-climat/> consulté le 21 janvier 2022
- <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Pollution-de-l-air.html>) consulté le
- HULIN M, ANNESI.MAESANO I, MORCEAU D, CAILLAUT D ; Association entre pollution particulaire et inflammation des bronches : effet modulateur de l'asthme et de l'atopie ; Rev Fr Allergol 2011 ; 50 : 594-602.
- IPCC. Climate Change 2001: Synthesis Report. A Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Watson, R.T. and the Core Writing Team (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA. 2001 : 398 pp Jacob Daniel J., Jennifer A. Logan, Prashant P. Murti, Effect of rising Asian emissions on surface ozone in the United States, July 15, 1999. GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 26, NO. 14, 2178p.
- J MANNUEL et TUNON DE LARA, Pneumologie, Ellipses Edition Marketing S.A, 2004 (11).
- JEZIORO P et BOKWA A, "la pollution de l'Air", le climat urbain, Jagiellonian University-Cracow/Poland, 2005
- JEONG SH, JEONG HK, SON BK, HONG SC, KIM SY, LEE GH et LIM DH, comparison of air pollution and the prevalence of allergy (related diseases in Incheon and Jeju City, Korean journal of pediatrics 54 (12), 501, 2011
- JORRES B, COHEN AJ et al., Outdoor air pollution and lung cancer, Environ Health Perspect 2000, 108: 743-50
- J.F. JUSOT et al, « Estimation de la mortalité attribuable aux particules (PM₁₀) dans les 9 villes françaises participant au programme européen Apehis » (en ligne sur <http://www.cairn.info/article.php>), 2006/1, Vol 18, p71-84.

- KRICHNER S, BUCHMANN A, COCHET C et al, « Qualité d'air intérieur, qualité de vie. 10 ans de recherche pour mieux respirer », Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB), 212p, 2011.
- KRYZANOWSKI M ET COHEN A, Update of WHO air quality guidelines, Air Qual Atmos Health 1, p7–13 2008
- LAUWERYS R, Toxicologie industrielle et intoxications professionnelles. 10 avril 2003, Elsevier Masson, 976 pages
- LEROY-LADURIE E. Les fluctuations du climat. De l'an mil à aujourd'hui. Fayard 2011 2
Swynghedauw B. Conséquences médicales du réchauffement climatique. Presse Med. 2009 ; 38 : 551-61
- MEHTA, M., CHEN, L.-C., GORDON, T., ROM, W., TANG, M., 2008. Particulate matter inhibits DNA repair and enhances mutagenesis. Mutat. Res. Toxicol. Environ. Mutagen. 657, 116–121.
- MERBITZ, H., BUTTSTÄDT, M., MICHAEL, S., DOTT, W., SCHNEIDER, C., 2012. GIS-based identification of spatial variables enhancing heat and poor air quality in urban areas. Appl. Geogr. 33, 94–106.
- MORIN, J.-P., GOURIOU, F., PRETERRE, D., BOBBIA, M., DELMAS, V., 2009. Évaluation de l'exposition aux polluants atmosphériques des conducteurs de véhicules automobiles par la mise en œuvre de mesures dynamiques dans l'habitacle du véhicule. Arch. Mal. Prof. Environ. 70, 184–192.
- MYRTO V, MENUT L et CHATIGNOUX E : « Impact de la pollution urbaine sur la santé : le cas de la région parisienne », La Météorologie, mai 2011 ; 73.
- NALDONE G ; « Air pollution by fine and ultra(fine particulate matter and cardiovascular risk”, Médecine et Longévité, 2010, numero 2, 22-39p.
- NGEMA MENYE AD, , Mesures des polluants atmosphériques sur les grands axes routiers à Dakar, Maitrise en Biotoxicologie appliquée à l'industrie, l'environnement et la santé, Dakar (Sénégal) : Faculté de médecine, de pharmacie et d'odontologie. 2017 ; 46p.
- NDIAYE AS, Impacts de la pollution atmosphérique sur la santé des populations dans les quartiers du village traditionnel de Hann-Yarakh, Maitrise en Géographie, Dakar (Sénégal) ; Département de géographie, 2008 ; 110p
- NDONG A. Pollution de l'air extérieur et intérieur à Dakar (Sénégal) : caractérisation de la pollution, impact toxicologique et évaluation épidémiologique des effets sanitaires ; Toxicologie. Université du Littoral Côte d'Opale ; Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Faculté mixte de médecine et de pharmacie, 2019 ; 197p
- OMS. Synthèse de l'évaluation des risques. Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air : particules, ozone, dioxyde d'azote et dioxyde de soufre. Mise à jour mondiale 2005..

- OMS, air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: global update 2005. Summary of risk assessment. Geneva, World Health Organization, 2006
- OMS, Environnement: cartographie des risques et de la sécurité pour les enfants. (En ligne). Disponible sur <http://www.who.int/fr>.
- OMS, pollution de l'air et santé de l'enfant: prescrire un air sain Résumé. Genève, World Health Organization, 2018
- OQAI (Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur). Qualité d'air intérieur, qualité de vie : 10 ans de recherche pour mieux respirer. Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). 2011 : pp.212 : 978-2-86891-505-4. < hal-00707097
- PLOPPER CG, MACKLIN J, NISHIO SJ, HYDE DM, BUCKPITT AR. Relationship of cytochrome P-450 activity to Clara cell cytotoxicity. III. Morphometric comparison of changes in the epithelial populations of terminal bronchioles and lobar bronchi in mice, hamsters, and rats after parenteral administration of naphthalene. Lab. Invest. 1992 ; 67 : 553-65.
- Pollution de l'air - Définition et Explications : <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Pollution-de-l-air.html>. Consulté le 10 décembre 2021
- POUYE B.A. Prévalence de certaines affections respiratoires dans la région de Dakar : corrélation avec le niveau de pollution de l'air atmosphérique. Doctorat en pharmacie. Dakar (Sénégal) : Faculté de médecine et de pharmacie. 2012 ; 64 : 107p
- PRAMILA G, DHIRENDRA M et ANIKENDER K. Vehicular emission inventory of criteria pollutants in Delhi. Goyal et al. SpringerPlus. 2013 ; 2 : 216
- ROCHAT T, BRIDEVAUD P O, GERBASE M, PROSBT-HENSCH N, KUNZLI N, « Quel est le rôle de la pollution atmosphérique dans l'asthme ? », Revue Médicale de Suisse, novembre 2012, numéro 2, p2233-6.
- ROUX K, JUST J et coll., Impact de la pollution sur l'asthme de la petite enfance, Rev Fr Allergol 2011 ; 51 :144-147
- SALOMON JN. Chapitre Ier. La pollution de l'air et la lutte antibruit In : Danger pollutions ! [en ligne]. Pessac : Presses Universitaires de Bordeaux, 2003 (généré le 18 mai 2022). Disponible sur Internet : <<http://books.openedition.org/pub/1332>>. ISBN : 9791030003819. DOI : <https://doi.org/10.4000/books.pub.1332>.
- SCHWARTZ D, Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes, Collection statistique en biologie et en médecine, 4^e édition, 314p, 27 juillet 1993.
- SCHWARTZ J, Long-Term Effects of Particulate Air Pollution on Human Health. Encyclopedia of Environmental Health, 2011

- SHAH A.S.V, KUAN KEN LEE, , DAVID A MCALLISTER, AMANDA HUNTER, HARISH NAIR, , WILLIAM WHITELEY, MRC, JEREMY P LANGRISH, , DAVID E NEWBY and NICHOLAS L MILLS, Short term exposure to air pollution and stroke: systematic review and meta-analysis.
- SONT JK, WILLEMS LN, BETL EH et al; Clinical control and histopathologic outcome of asthma when using airway hyperresponsiveness as an additional guide to long-term treatment, The AMPUL study Group; *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159 (4) 1043-51.
- SORKNESS RL, BLEECKER ER et al; Lung Function in adults with stable but severe asthma: air trapping and incomplete reversal of obstruction with bronchodilation; *J Appl Physiol* 2008, 104 (2) : 394-403
- SPLF (Société de Pneumologie de Langue Française), Pollution atmosphérique extérieure Réchauffement climatique et santé respiratoire. Novembre 2015, 44p
- SQUINAZI F. Les polluants physico-chimiques de l'air intérieur : sources et impacts sanitaires. *Environnement, Risques & Santé*. 2008 ; 7(6) : 425-430
- SYLLA FK, FAYE A, DIAW M, FALL M and TAL-DIA A. Traffic Air Pollution and Respiratory Health : A Cross-Sectional Study among Bus Drivers in Dakar (Senegal). *Open Journal of Epidemiology*. 2018 ; 8 : 1-13
- SYLLA FK, FAYE A, FALL M, LO M, DIOKHANÉ A, TOURÉ NO and TAL-DIA A. Near Road Exposure to Air Pollution and Allergic Rhinitis: A Cross-Sectional Study among Vendors in Dakar, Senegal. *Occupational Diseases and Environmental Medicine*. 2017 ; 5 : 106-120
- TOURE NO, DIAGNE GUEYE NR, MBOW-DIOKHANE A, JENKINS GS, LIM, DRAME MS, RONKE COKER KA and THIAM K.. Observed and Modeled Seasonal Air Quality and Respiratory Health in Senegal During 2015 and 2016. *GeoHealth*. 2019 ; 3(12) : 423 – 442
- UNEP. ANNUAL REPORT 2011. United Nations Environment Programme. Rio. 2012 : 116p
- Valari M, Menut L et Chatignoux É. Impact de la pollution urbaine sur la santé : le cas de la région parisienne, *La Météorologie*. 2011 : 73.
- WATTS S. Book reviews : ELSOM, D. Atmospheric pollution. Oxford: Basil Blackwell. 319 pp. *Progress in Physical Geography : Earth and Environment*. 1988 ; 12(3) : 463-463. doi:10.1177/030913338801200313
- WILLIAMS J, LELIEVELD J, BERRESHEIMS H, BORRMANN, CRUTZEN PJ, DENTENER FJ, FISCHER H, FEICHTER J, FLATAU PJ, HELAND J, HOLZINGER R, KORRMANN R, LAWRENCE MG, LEVINK Z, MARKOWICZ KM, MIHALOPOULOS N, MINIKIN A, RAMANATHAN V, DE REUS M, ROELOFS GJ, SCHEEREN HA, SCIARE J, SCHLAGER H, SCHULTZ M, SIEGMUND P, STEIL B, STEPHANOU EG, STIER P, TRAUB M, WARNEKE C and ZIEREIS H, Global Air Pollution Crossroads over the Mediterranean, *SCIENCE*, Volume 298 | Issue 5594, 25 October 2002

WOOLHOUSE M.E.J, GOWTAGE-SEQUERIA S. Host range and emerging and reemerging pathogens. *Emerg Infect Dis.* 2005 ; 11 : 1842-7

ZWICK L, CHARPIN D, BADEN R et al., Environmental home inspection services en Western Europe, *Environ Health Prev Med* 2011 ; 16 (2) : 73-9.

Annexes

Annexe 1

Impact de la pollution de l'air sur la santé de la population dakaroise : cas des stations expérimentales de Medina et Bel-Air.

GUIDE D'ENTRETIEN - PROFESSIONNELS DE SANTE

1. Identification du/de la répondant/e

Nom et prénom :

Date de l'interview : |__| |__| / |__| |__| / |__| |__| [JJ/MM/AA]

Région médicale ou District sanitaire : _____

N°	QUESTIONS	RÉPONSES
1	Sexe	<input type="checkbox"/> Homme <input type="checkbox"/> Femme
2	Quel est votre âge Ans
3	Quel est votre statut matrimonial ?	<input type="checkbox"/> Célibataire <input type="checkbox"/> Marié(e) <input type="checkbox"/> En concubinage <input type="checkbox"/> Veuf (ve) <input type="checkbox"/> Divorcé(e) <input type="checkbox"/> Sans réponse
4	Nombre d'années d'expérience professionnelle ?	__ __ Années
5	Type de structure sanitaire ?	<input type="checkbox"/> Poste de santé <input type="checkbox"/> Hôpital de district <input type="checkbox"/> Hôpital régional <input type="checkbox"/> Autre.....
5a	Si autre type de structure, veuillez préciser ?
IMPACTS DE LA POLLUTION DE L'AIR SUR LES POPULATIONS		
6	Recevez-vous souvent des personnes se plaignant de problème de santé lié à la pollution ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
7	Si oui, quelle (s) période (s) de l'année recevez-vous le plus de plainte (s) ?	<input type="checkbox"/> Janvier <input type="checkbox"/> Février <input type="checkbox"/> Mars <input type="checkbox"/> Avril

		<input type="checkbox"/> Mai <input type="checkbox"/> Juin <input type="checkbox"/> Juillet <input type="checkbox"/> Août <input type="checkbox"/> Septembre <input type="checkbox"/> Octobre <input type="checkbox"/> Novembre <input type="checkbox"/> Décembre
8	Pensez-vous que les motifs de consultation soient liés à la saison ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
9	A quelle catégorie professionnelle appartiennent ces personnes ?	<input type="checkbox"/> Agriculteurs exploitants <input type="checkbox"/> Artisans <input type="checkbox"/> Commerçants <input type="checkbox"/> Cadres et professions intellectuelles supérieures <input type="checkbox"/> Chauffeurs ou employés de la circulation <input type="checkbox"/> Employés de bureau <input type="checkbox"/> Ouvriers <input type="checkbox"/> Mécaniciens <input type="checkbox"/> Employés de maison <input type="checkbox"/> Autres.....
10	De quelle zone viennent-elles ?	<input type="checkbox"/> Médina <input type="checkbox"/> Fass <input type="checkbox"/> Gueule Tapée <input type="checkbox"/> Colobane <input type="checkbox"/> Bel air <input type="checkbox"/> Hann <input type="checkbox"/> Thiaroye <input type="checkbox"/> Dallfort <input type="checkbox"/> Autres
11	Quels sont les principales plaintes rencontrées auprès des patients lors des consultations ?	<input type="checkbox"/> Rhinorrhée <input type="checkbox"/> Dyspnée <input type="checkbox"/> Dysphagie <input type="checkbox"/> Diarrhée <input type="checkbox"/> Vomissement <input type="checkbox"/> Fièvre <input type="checkbox"/> Toux <input type="checkbox"/> Céphalée <input type="checkbox"/> Écoulement nasal <input type="checkbox"/> Asthénie <input type="checkbox"/> Congestion nasale <input type="checkbox"/> Otite <input type="checkbox"/> Atteintes cutanées <input type="checkbox"/> Autres
12	Le patient pense-t-il être victime de la pollution ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non

13	Si oui à quelle(s) source(s) de pollution pense-t-il avoir été exposé(s) ?	<input type="checkbox"/> La fumée de tabac <input type="checkbox"/> La fumée de la cuisine <input type="checkbox"/> Le brûlage des déchets ménagers (ordures, feuilles d'arbre) <input type="checkbox"/> La peinture des murs et plafonds <input type="checkbox"/> Les rejets industriels <input type="checkbox"/> Les rejets d'automobile <input type="checkbox"/> Les produits d'entretien, les aérosols (insecticides) <input type="checkbox"/> Les produits cosmétiques <input type="checkbox"/> Les animaux domestiques <input type="checkbox"/> L'air extérieur <input type="checkbox"/> L'encens <input type="checkbox"/> Autres
----	--	--

II. STRATEGIE DE LUTTE CONTRE LA POLLUTION DE L'AIR

➤ Quelles stratégies proposez-vous pour lutter contre la pollution de l'air à Dakar ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

➤ Parmi les stratégies envisagées, il existe des infrastructures structurantes telles que le BRT (Bus Rapide Transit) qui peuvent jouer un rôle dans la lutte contre la pollution de l'air.

- Pensez-vous que le projet du BRT devenir une solution dans la lutte contre la pollution de l'air ?

Oui Non

- Si oui, comment peut-il y participer ?

Par la Réduction du parc automobile (l'utilité d'une voiture personnelle est remise en question)

Amélioration de la circulation sur les différents axes routiers

Réduction du temps de parcours des trajets

Réduction des émissions de polluants atmosphériques (Pollution de l'air)

Autres

.....

.....



➤ Connaissez-vous le Centre de Gestion de la Qualité de l'Air (CGQA) à Dakar ?

Oui Non

- Si oui, quelles actions le CGQA peut entreprendre pour améliorer la lutte contre la pollution de l'air à Dakar ?

- Sensibilisation des populations sur la pollution de l'air
- Publication de bulletins quotidiens sur la qualité de l'air ambiant
- Elaboration d'activités de sensibilisation sur les effets de la pollution sur la santé
- Recherche technologique

Autres

➤ Pensez-vous que les lois et normes en vigueur sur la pollution de l'air doivent devenir plus strictes ?

Oui Non

- Si oui, comment ces lois et normes contribuent à lutter contre la pollution de l'air ?

- Renouvellement du parc des cars rapides afin d'enlever de la circulation tous les véhicules polluants
- Contrôle plus rigoureux de la pollution des véhicules au niveau des centres de visites techniques
- Limitation de l'âge des véhicules à l'importation
- Financement et équipement plus important du ministère de l'environnement

Autres

➤ Pensez-vous que la zone industrielle principalement située à Bel-Air devrait être déplacée vers une zone moins peuplée voire non-peuplée ?

Oui Non



Annexe 2

Impact de la pollution de l'air sur la santé de la population dakaroise : cas des stations expérimentales de Medina et Bel-Air.

QUESTIONNAIRE - MENAGES

I. Identification du/de la répondant/e

Nom et prénom :

Date de l'interview : |_|_|/|_|_|/|_|_|_|_|_|_|
[L'INTERVIEW]

Localisation géographique : **Bel Air** **Medina**

N°	QUESTIONS	RÉPONSES
1	Sexe	<input type="checkbox"/> Homme <input type="checkbox"/> Femme
2	Quel est votre âge ? Ans
3	Quel est votre statut matrimonial ?	<input type="checkbox"/> Célibataire <input type="checkbox"/> Marié(e) <input type="checkbox"/> En concubinage <input type="checkbox"/> Veuf (ve) <input type="checkbox"/> Divorcé(e) <input type="checkbox"/> Sans réponse
4	Nombre d'enfants
5	Profession ou Activité Principale
6	Activité Secondaire
MODE DE VIE		
7	Sources d'énergie utilisées à la maison ?	<input type="checkbox"/> Gaz Butane <input type="checkbox"/> Charbon de Bois <input type="checkbox"/> Bois <input type="checkbox"/> Electricité (cuisinière, réchaud,...)
8	Utilisation d'encens ou de déodorants en aérosols ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
9	Etes-vous fumeur ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
10	Présence de fumeurs dans le domicile ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
11	Quel moyen de transport utilisez-vous ?	<input type="checkbox"/> Véhicule Personnel <input type="checkbox"/> Véhicule de service <input type="checkbox"/> Transport en commun (TATA, Dakar Dem Dikk, Car

	le plus souvent pour vous déplacer ?	rapide, TER, ...) <input type="checkbox"/> Moto ou vélo <input type="checkbox"/> Autre:.....
12	A quelle distance se trouve votre lieu de travail de votre domicile ?	<input type="checkbox"/> Proche (moins de 1 Km) <input type="checkbox"/> Éloignée (entre 1 et 5 Km) <input type="checkbox"/> très éloignée (plus de 5 Km)
13	Excepté pour le travail, utilisez-vous fréquemment les moyens de transport en commun ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non

II. Impacts de la pollution de l'air sur la santé des populations

CONNAISSANCE SUR LA POLLUTION DE L'AIR		
14	Avez-vous déjà entendu parler de la pollution de l'air ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
15	Comment estimez-vous votre niveau de connaissance sur la pollution de l'air ?	<input type="checkbox"/> Elevé <input type="checkbox"/> Moyen <input type="checkbox"/> Faible
16	Selon vous, quels sont parmi les éléments de la liste, ceux capables d'être des sources de pollution ?	<input type="checkbox"/> La fumée de tabac <input type="checkbox"/> La fumée de la cuisine <input type="checkbox"/> Le brûlage des déchets ménagers (ordures, feuilles d'arbre) <input type="checkbox"/> La peinture des murs et plafonds <input type="checkbox"/> Les rejets industriels <input type="checkbox"/> Les rejets d'automobile <input type="checkbox"/> Les produits d'entretien, les aérosols (insecticides) <input type="checkbox"/> Les produits cosmétiques <input type="checkbox"/> Les animaux domestiques <input type="checkbox"/> L'air extérieur <input type="checkbox"/> L'encens <input type="checkbox"/> Autres
17	Pensez-vous que la pollution peut-être à l'origine de problèmes de santé ?	<input checked="" type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
18	Si oui, lesquels ?	<input type="checkbox"/> Cancer <input type="checkbox"/> Asthme <input type="checkbox"/> Allergies respiratoires <input type="checkbox"/> Stérilité <input type="checkbox"/> Maladies cardiaques <input type="checkbox"/> Intoxication au gaz carbonique <input type="checkbox"/> Maladies oculaires

		<input type="checkbox"/> Toux <input type="checkbox"/> Autres
IMPACT DE LA POLLUTION DE L'AIR SUR LA POPULATION		
	Selon vous, Dakar est-elle une ville où l'air est pollué ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
	Si oui, est ce que cette pollution de l'air constitue une menace sanitaire pour la population	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
. 1	Si oui quelles sont les menaces les plus fréquentes ?	<input type="checkbox"/> Cancer <input type="checkbox"/> Rhume <input type="checkbox"/> Maux de tête <input type="checkbox"/> Asthme <input type="checkbox"/> Allergies respiratoires <input type="checkbox"/> Stérilité <input type="checkbox"/> Maladies cardiaques <input type="checkbox"/> Intoxication au gaz carbonique <input type="checkbox"/> Maladies oculaires <input type="checkbox"/> Toux <input type="checkbox"/> Autres
.2	Pendant les journées de forte pollution de l'air, constatez-vous une altération de l'état de santé des membres de votre famille ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
	Si oui, quelles sont les causes de cette altération ?	<input type="checkbox"/> La fumée de tabac <input type="checkbox"/> La fumée de la cuisine <input type="checkbox"/> Le brûlage des déchets ménagers (ordures, feuilles d'arbre) <input type="checkbox"/> La peinture des murs et plafonds <input type="checkbox"/> Les rejets industriels <input type="checkbox"/> Les rejets d'automobile <input type="checkbox"/> Les produits d'entretien, les aérosols (insecticides) <input type="checkbox"/> Les produits cosmétiques <input type="checkbox"/> Les animaux domestiques <input type="checkbox"/> L'air extérieur <input type="checkbox"/> L'encens <input type="checkbox"/> Autres
	Etes-vous déjà tombé(e) malade suite un pic de pollution de l'air ambiant ?	<input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non
. 5	Si oui quels étaient les signes	<input type="checkbox"/> La toux <input type="checkbox"/> Des éternuements <input type="checkbox"/> Des maux de tête

		<input type="checkbox"/> Des démangeaisons <input type="checkbox"/> Des vertiges <input type="checkbox"/> Des problèmes musculaires <input type="checkbox"/> Autres.....
28	Combien de fois surviennent ces problèmes sanitaires ?	<input type="checkbox"/> Rarement (: 1 fois /mois) <input type="checkbox"/> Peu fréquent (= entre 1/mois) <input type="checkbox"/> Fréquemment (entre 1 et 3/mois) <input type="checkbox"/> Autres

III. Stratégies de lutte contre la pollution de l'air à Médina et Bel-Air

➤ Quelles stratégies proposez-vous pour lutter contre la pollution de l'air à Dakar ?

.....

.....

.....

.....

.....

➤ Parmi les stratégies envisagées, il existe des infrastructures structurantes telles que le BRT (Bus Rapide Transit) qui peuvent jouer un rôle dans la lutte contre la pollution de l'air.

- Pensez-vous que le projet du BRT est une solution envisageable dans la lutte contre la pollution de l'air ?

Oui Non

- Si OUI, comment peut-il y participer ?

.....

.....

.....

.....

➤ Connaissez-vous le Centre de Gestion de la Qualité de l'Air (CGQA) à Dakar ?

Oui Non



- Si oui, quelles actions le CSQA peut entreprendre pour lutter contre la pollution de l'air à Dakar ?

.....
.....
.....
.....
.....

- Pensez-vous que les lois et normes en vigueur sur la pollution de l'air doivent devenir plus strictes ?

Oui Non

- Si oui, comment ces lois et normes contribuent à lutter contre la pollution de l'air ?

.....
.....
.....
.....
.....

- Pensez-vous que la zone industrielle principalement située à Bel-Air devrait être déplacée vers une zone moins peuplée voire non-peuplée ?

Oui Non

