



DELEGATION DE L'UNION EUROPEENNE AU MALI

Bamako (Mali)

Etude de la qualité de l'air à Bamako (Mali)

Rapport Final

Réf : RACIXP03897/CACIXP191392-3

AMBE / YOLO. / CL.

16/01/2020



DELEGATION DE L'UNION EUROPEENNE AU MALI

Bamako (Mali)

Etude de la qualité de l'air à Bamako (Mali)

Ce rapport a été rédigé avec la collaboration de :

Objet de l'indice	Date	Indice	Rédaction Nom / signature	Vérification Nom / signature	Validation Nom / signature
Version initiale	18/09/2019	01	A. Bertrand 	Y. Long 	C. Leyris 
Version Finale	16/12/2019	02	A. Bertrand 	Y. Long 	C. Leyris 
Version Finale	16/01/2020	03	B. Bertrand 	Y. Long 	C. Leyris 

Numéro de contrat / de rapport :	RACIXP03897/CACIXP191392
Numéro d'affaire :	A24225
Domaine technique :	Modélisation Atmosphérique
Mots clé du thésaurus	EMISSIONS ATMOSPHERIQUES MODELISATION AIR SURVEILLANCE DE LA QUALITE DE L'AIR

BURGEAP – Siège social
143 avenue de Verdun
92442 ISSY LES MOULINEAUX Cedex

SOMMAIRE

Introduction	7
1. Rappel de l'équipe projet	9
2. Contexte de l'étude	11
2.1 Contexte géographique, démographique, et économique de Bamako	11
2.2 Cadre politique et stratégique national pour la protection de l'environnement.....	13
2.3 Historique des études passées.....	14
2.4 Choix des polluants pour caractériser l'état de la qualité de l'air sur la ville de Bamako	16
2.4.1 Présentation et sources d'émission.....	16
2.4.2 Impact sur la santé des polluants atmosphériques	16
3. Campagne de mesures.....	18
3.1 Positionnement des points de prélèvement.....	18
3.2 Méthodologie du prélèvement	19
3.3 Contrôle Qualité.....	21
3.4 Météorologie	22
3.4.1 Contexte climatique.....	22
3.4.2 Analyse des données météorologiques pendant la campagne de mesures	23
3.5 Résultats des prélèvements.....	24
3.6 Conclusions sur la campagne de prélèvement.....	26
4. Inventaire et calculs des émissions sur Bamako.....	27
4.1 Collecte des données d'émissions par secteur d'activité	27
4.1.1 Trafic routier	28
4.1.2 Combustion résidentielle	33
4.1.3 Dépôt d'hydrocarbures.....	34
4.1.4 Centrales thermiques	35
4.1.5 Incinération des déchets	35
4.1.6 Trafic aérien	36
4.2 Méthodologie pour le calcul des émissions par secteur d'activité.....	36
4.2.1 Méthodologie globale	36
4.2.2 Trafic routier	37
4.2.3 Combustion Résidentielle	42
4.2.4 Dépôt d'hydrocarbures.....	43
4.2.5 Centrales Thermiques.....	43
4.2.6 Incinération des déchets	43
4.2.7 Trafic Aérien.....	44
4.2.8 Bilan	46
5. Méthodologie employée pour la dispersion atmosphérique.....	47
5.1 Outil numérique pour la modélisation atmosphérique.....	47
5.2 Paramétrisation de l'outil de modélisation	47
5.2.1 Paramétrisation générale du modèle	47
5.2.2 Paramétrisation propre à chaque source	48
5.2.3 Validation du modèle avec les résultats des mesures.....	50
6. Cartographie de la pollution atmosphérique et impacts sanitaires	52
6.1 Cartographie de la pollution atmosphérique.....	52
6.1.1 Moyennes Annuelles.....	53
6.1.2 Indice de la qualité de l'air.....	56
6.1.3 Concentration sur un temps d'exposition aigu.....	57
6.2 Contribution des sources aux concentrations moyennes annuelles	59

6.3	Impacts Sanitaires	61
6.3.1	Recensement des victimes et évaluation des coûts de santé	61
6.3.2	Diagnostic sur les populations exposées – indicateur IPP	63
7.	Comparaison avec d'autres villes Africaines	69
8.	Elaboration d'un plan de surveillance de la qualité de l'air	72
8.1	Recommandations et guides existants pour les mesures	72
8.2	Objectifs et exigences des mesures	73
8.2.1	Les polluants à considérer	73
8.2.2	Les dispositifs à considérer	74
8.3	Proposition d'un dispositif de surveillance environnemental	76
9.	Conclusions	79

TABLEAUX

Tableau 1 :	Rôles des collaborateurs sur ce projet.	9
Tableau 2 :	Equipe technique en France et au Mali	10
Tableau 3 :	Plan d'échantillonnage.	20
Tableau 4 :	Concentrations de CO, NO _x , PM10, SO ₂ , et O ₃ mesurées sur les sites de fond urbain	24
Tableau 5 :	Concentrations de BTEX mesurées sur les sites de fond urbain.....	24
Tableau 6 :	Détails des postes de comptage pour la campagne de comptage du trafic routier à Bamako.....	32
Tableau 7 :	Mouvements des stocks des dépôts d'hydrocarbures pour l'année 2018.	34
Tableau 8 :	% de véhicules classées selon le guide EMEP	39
Tableau 9 :	Estimation de la distance moyenne parcourue annuellement par chaque catégorie de véhicules.....	40
Tableau 10 :	Emissions annuelles (en tonne) par le secteur du trafic routier (remise en suspension non incluse).	42
Tableau 11 :	Emissions annuelles (en tonne) par le secteur de la combustion résidentielles.....	43
Tableau 12 :	Emissions annuelles (en tonne) par les dépôts d'hydrocarbures.....	43
Tableau 13 :	Emissions annuelles (en tonne) des centrales thermiques de DarSalam et du site de Balingué.....	43
Tableau 14 :	Emissions annuelles (en tonne) dues à l'incinération non-contrôlée des déchets ménagers.....	44
Tableau 15 :	Emissions annuelles (en tonne) par le trafic aérien.	46
Tableau 16 :	Contributions aux émissions totales des secteurs d'activité évoqués à Bamako comme principaux responsables de la pollution atmosphérique.....	46
Tableau 17 :	Caractéristiques des sources aéroportuaires et industrielles.....	48
Tableau 18 :	Valeurs guides de l'état de la qualité de l'air.	53
Tableau 19 :	Revue des concentrations (mesurées ou satellitaires) de polluants atmosphériques en Afrique.....	69
Tableau 20 :	Objectifs pour la mise en place d'une surveillance à l'échelle de la ville de Bamako.....	73
Tableau 21 :	Polluants principaux à considérer	73
Tableau 22 :	Avantages/inconvénients des stations fixes	75
Tableau 23 :	Avantages/inconvénients des stations mobiles ou ponctuelles	76
Tableau 24 :	Estimation des coûts d'équipement pour la surveillance de la qualité de l'air sur une durée de 6 mois	78

FIGURES

Figure 1 :	Découpage administratif de la ville de Bamako, Mali.....	12
------------	--	----

Figure 2 : Evolution de la population de Bamako. Données démographiques collectés par IGIP Afrique et auprès de la Banque Mondiale.	13
Figure 3 : Localisation des points d'intérêt.	19
Figure 4 : Photo des capteurs passifs utilisés pour la campagne de mesures.	20
Figure 5 : Photos des échantillonneurs passifs installés pour la campagne de mesures. Source : IGIP Afrique.	21
Figure 6 : Synthèse (2008 – 2018) des données de températures et de précipitation.	22
Figure 7 : Profil diurne des températures pendant la saison des pluies et la saison sèche. Statistiques réalisées à partir des données collectées entre 2008 et 2018.	23
Figure 8 : Rose des vents pendant la saison des pluies et la saison sèche. Statistiques réalisées à partir des données collectées entre 2008 et 2018.	23
Figure 9 : Météorologie du 1 ^{er} au 30 Juillet 2019.	23
Figure 10 : Véhicules immatriculés en 2017 au Mali.	29
Figure 11 : Photos de véhicules pour le transport en commun : Les <i>somatra</i> et les <i>dourounis</i> . Source : BBC News.	29
Figure 12 : Réseau routier principal sur la ville de Bamako considéré dans la modélisation.	32
Figure 13 : Foyers malgaches.	34
Figure 14 : Schéma des différents types d'émissions liées au trafic routier. Source : rapport de l'AEE (2016).	38
Figure 15 : Phénomènes pris en compte dans les émissions par échappement.	39
Figure 16 : Teneur en soufre (en ppm) des diesel dans le monde. Source CCAC (2016) ²²	42
Figure 17 : Schématisation du cycle atterrissage/roulage/décollage (cycle LTO).	45
Figure 18 : (Figure supérieure) localisation des bâtiments (source : Open Street Map) et, (Figure inférieure) : nombre d'habitants sur une grille de 260 x 260 m	50
Figure 19 : Comparaison modèle / mesures durant la campagne de prélèvement.	51
Figure 20 : Concentrations en moyenne annuelle.	54
Figure 21 : Cartes de dépassement des standards internationaux (concentrations moyennes annuelles) sur la ville de Bamako.	55
Figure 22 : Indice de la Qualité de l'Air à Bamako d'après les valeurs de concentration moyennes annuelles.	56
Figure 23 : Maxima des concentrations modélisées sur un temps d'exposition aigu.	58
Figure 24 : Contribution par secteur d'activité aux concentrations moyennes annuelles. Pour chaque maille est représenté le contributeur majoritaire.	61
Figure 25 : Répartition selon les pathologies des admissions de Bamako en 2018.	62
Figure 26 : Admissions à l'hôpital liées à des pathologies respiratoires pour la ville de Bamako en 2018.	62
Figure 27 : Admissions à l'hôpital liées à des pathologies respiratoires et admissions totales rapportées au nombre d'habitants par commune.	63
Figure 28 : Cartographie des indices IPP des principaux polluants de l'étude.	66
Figure 29 : Répartition cumulée du niveaux d'exposition des PM10 dans la population de la ville de Bamako.	67
Figure 30 : Répartition cumulée du niveaux d'exposition du benzène dans la population de la ville de Bamako.	67
Figure 31 : Répartition cumulée du niveaux d'exposition du NO ₂ dans la population de la ville de Bamako.	68
Figure 32 : Répartition cumulée du niveaux d'exposition du SO ₂ dans la population de la ville de Bamako.	68
Figure 33 : Gamme de concentrations de quelques polluants en phase gazeuse et particulaire observés dans plusieurs sites urbains d'Afrique. Seules les mesures de terrain sont incluses.	70
Figure 34 : Principe d'évaluation d'un plan de surveillance de la qualité de l'air sur la ville de Bamako.	72

ANNEXES

- Annexe 1. Programme de l'Atelier de Restitution le 02 Octobre 2019 à Bamako
- Annexe 2. Données démographiques du district de Bamako
- Annexe 3. Synthèse des données collectées par IGIP Afrique
- Annexe 4. Cartographies des concentrations (en moyenne annuelle)
- Annexe 5. Cartographies des zones de dépassements des valeurs limites de référence (en moyenne annuelle)
- Annexe 6. Méthodologie pour l'Indice de Qualité de l'Air
- Annexe 7. Cartographie des concentrations (temps d'exposition aigu)
- Annexe 8. Cartographie des zones de dépassement des valeurs limites de concentration (temps d'exposition aigu)
- Annexe 9. Cartographie des IPP
- Annexe 10. Références bibliographiques pour la comparaison avec d'autres villes Africaines
- Annexe 11. Questions suscitées lors de l'atelier de restitution et remarques sur la mise en place du dispositif de surveillance
- Annexe 12. Fiche Technique du Partisol Thermo Scientific
- Annexe 13. Fiche Technique des Radiello

Introduction

Selon une étude publiée en 2019¹, 780 000 décès prématurés en Afrique seraient dus à la pollution par les particules fines et l'ozone (O₃). Cette situation est d'autant plus marquée dans les pays sub-sahariens² où (1) l'absence de données robustes des niveaux de pollution en raison d'un réseau de mesures quasi-inexistant, (2) le manque d'évidences locales sur les relations entre les impacts de la pollution urbaine sur les populations exposées, et (3) l'absence d'un cadre réglementaire pour la gestion de la qualité de l'air, empêche d'alerter sur les situations rendant les population particulièrement vulnérables.

Bamako, capitale du Mali, sur les bords du fleuve Niger en est l'exemple type. La ville qui concentre près de 3.4 million d'habitants, et plus de la moitié de la population urbaine du pays, a connu un fort essor démographique au cours du 20^{ème} siècle, sans pour autant avoir pu mettre en place les infrastructures et les réglementations nécessaires à la protection de l'environnement. Le transport routier, les pollutions d'origine résidentielle et industrielles ont ainsi très largement participé à dégrader la qualité de l'air de la ville ces dernières décennies.

Le but de l'étude réalisée par BURGEAP en collaboration avec IGIP Afrique pour le compte de la Délégation de l'Union Européenne (DUE) au Mali est d'une part d'évaluer la qualité de l'air à l'échelle de la ville de Bamako, afin d'estimer son impact éventuel sur la santé de la population ; et d'autre part, de participer à la proposition d'un plan de surveillance de la qualité de l'air dans la ville.

C'est dans ce contexte spécifique et pour répondre à une problématique urgente sur l'évaluation de l'état de la qualité de l'air sur la ville de Bamako que l'ensemble des missions suivantes ont été réalisées :

- Une analyse de la situation actuelle complétée par la réalisation d'une campagne de mesures ;
- Une cartographie de la qualité de l'air sur la ville de Bamako, intégrant :
 - Un inventaire des émissions polluantes : identification des différentes sources de pollution de l'air et quantification des différentes sources de pollution ;
 - Modélisation de la qualité de l'air à partir de cet inventaire, de la météorologie locale et de l'analyse de la situation actuelle ;
- Une évaluation des impacts sur la santé des concentrations atmosphériques à travers l'indicateur Indice de Pollution – Population (IPP) défini par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et l'agence de protection environnementale américaine (US-EPA) ;
- Une estimation du coût économique des conséquences sanitaires de cette pollution ;
- Une analyse comparative des niveaux de pollution sur Bamako avec d'autres villes africaines ;
- Une proposition du principe de surveillance de la qualité de l'air.

Le début du contrat entre **BURGEAP** et la **Délégation de l'Union Européenne (DUE) au Mali** a démarré à la date du **13 mai 2019**. Ce rapport est le rapport final comme prévu dans les termes du contrat nous liant à la DUE. Il inclut les modifications et remarques proposées par l'ensemble des participants et la DUE à l'issue de l'atelier de restitution qui a eu lieu le **02 octobre 2019** à Bamako en présence de divers représentants des administrations et des industrielles locales. Une liste exhaustive des participants est précisée en Annexe 1 de ce rapport.

Le rapport se décline en plusieurs volets intégrant l'ensemble des missions confiées à BURGEAP par la DUE. Plus précisément :

¹ Bauer, S. E., Im, U., Mezuaman, K., & Gao, C. Y. (2019). Desert dust, industrialization, and agricultural fires: Health impacts of outdoor air pollution in Africa. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124, 4104– 4120.

² Amegah K. A. et Agyei-Mensah S. (2017). Urban air pollution in Sub-Saharan Africa: Time for action. *Environmental Pollution*, 220, 738-743.

- Les deux premiers chapitres détaillent le contexte du projet, l'équipe de pilotage et le rôle des intervenants dans les missions confiées ;
- Le troisième chapitre présente les résultats de la campagne de mesure de la pollution de l'air dans la ville de Bamako ;
- Le quatrième chapitre décrit l'ensemble du processus pour l'établissement de l'inventaire des émissions sur la ville de Bamako depuis la collecte des données tant au niveau sanitaires qu'au niveau des données d'activité des secteurs émetteur de polluants atmosphériques ; et la méthodologie utilisée pour la définition des émissions sectorielles ;
- Le chapitre 5 résume la méthodologie qui a été utilisée dans cette étude pour spatialiser l'inventaire des émissions et produire des cartographies de la pollution atmosphérique ;
- Le chapitre 6 présente la cartographie de la pollution atmosphérique ainsi que l'impact sanitaire et son coût économique ;
- Le chapitre 7 est dédié à la mise en perspective des résultats obtenus dans le cadre de cette étude avec la situation de pollution observée dans d'autres villes africaines, de configuration géographique proche ;
- Enfin, le dernier chapitre établit à partir de l'ensemble des informations obtenues dans cette étude, un premier plan de surveillance adapté aux enjeux de pollution dans la ville de Bamako.

1. Rappel de l'équipe projet

L'équipe en charge du projet a été présentée dans sa version définitive dans le rapport initial (RACIXP03862). Pour rappel, l'équipe définitive mobilisée est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Rôles des collaborateurs sur ce projet.

Nom	Fonction	Rôle dans le projet
Yoann Long	Chef d'équipe Expert qualité de l'air	<ul style="list-style-type: none"> • Interlocuteur principal, gestion financière et technique du projet, contrôle qualité des livrables ; • Organisation de l'équipe et de la charge de travail ; • Supervision et pilotage de l'ensemble des tâches dans le projet ; • Support et restitution des résultats finaux lors de l'atelier de fin de projet.
Mariam Diarra Traoré	Directrice de la société IGIP-Afrique Mali Point focal local	<ul style="list-style-type: none"> • Coordinatrice sur le terrain pour la mise en place de la campagne de terrain et de la collecte des données ; • Responsable de la présentation des résultats de l'étude en atelier de restitution.
Amélie Bertrand	Experte en qualité de l'air et en Système d'Information Géographique (SIG)	<ul style="list-style-type: none"> • Pilotage des enquêtes ; • Modélisation des émissions et de la qualité de l'air ; • Production cartographique ; • Suivi des campagnes de mesures ; • Rédaction des livrables.
Laurence Papas	Assistante administrative	<ul style="list-style-type: none"> • Gestion logistique et administrative ; • Mise en forme des livrables ; • Facturation.

Cette équipe a été secondée par un groupe technique en support, basé à la fois en France et au Mali pour mener à bien l'ensemble des missions à réaliser, en particulier dans le travail de collecte des données auprès des industriels et des collectivités dans la ville de Bamako. Ce groupe technique est présenté sur le tableau suivant.

Tableau 2 : Equipe technique en France et au Mali

Nom	Fonction	Rôle dans le projet
Lise Le Berre	Experte en qualité de l'air	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place du plan d'échantillonnage ; Gestion instrumentale.
Dramane Diarra	Conseiller technique local	<ul style="list-style-type: none"> Pilotage sur le terrain de la campagne de mesures ; En charge de la collecte des données auprès des institutions.
Bogotigui Bagayoko	Conseiller technique local	<ul style="list-style-type: none"> Pilotage sur le terrain de la campagne de mesures ; En charge de la collecte des données auprès des institutions.
Yacouba Maiga	Technicien de mesure	<ul style="list-style-type: none"> Opérateur pour les prélèvements qualité de l'air
Issa Nouhoum Dembélé	Technicien de mesure	<ul style="list-style-type: none"> Opérateur pour les prélèvements qualité de l'air

La Direction Nationale de l'Assainissement du Contrôle des Pollutions et des Nuisances (DNACPN) a été sollicitée tout au long de la mission comme appui local et afin de maintenir une cohérence avec le projet initié en 2009 par BURGEAP. Ainsi, comme en 2009, la DNACPN a aidé BURGEAP dans le choix des emplacements des points de prélèvement pour la campagne de mesures, a été impliqué au niveau de la collecte des données pour établir l'inventaire des émissions atmosphériques et a présidé l'atelier de restitution de la mission.

2. Contexte de l'étude

2.1 Contexte géographique, démographique, et économique de Bamako

La ville de Bamako est la capitale du Mali. Située au sud du Mali et du désert sub-saharien, dans la vallée du fleuve Niger, elle s'étend sur près de 260 km². Elle est à ce titre, la plus grande ville du pays. La ville est surplombée au nord par la chaîne des Monts Mandingues qui longe les frontières de la ville.

Bamako s'est historiquement développé au nord du fleuve. La rive nord regroupe ainsi le cœur de la ville ; le réseau de la voirie urbaine y est plus développé et la zone est la plus fortement urbanisée. Le Pont des Martyrs à l'est, construit en 1957, relie le centre historique au quartier de Badalabougou. Ils sont, avec le Pont du Roi Fahd (à l'ouest), deux des axes routiers majeurs de la ville. Au nord, la ligne de chemin de fer traverse la ville d'est en ouest pour relier Bamako à Dakar, Sénégal, tandis qu'au sud a été établi en 1974 l'aéroport international de Bamako-Sénoud (ou Modibo-Kéïta depuis 2016).

Véritable centre administratif et économique du pays, la ville a été érigée en un district autonome découpé en 6 communes (Figure 1), chacune administrée par son propre maire. A l'ouest de la rive nord, sont les communes IV et III, et à l'est les communes II et I. Elles sont les plus densément peuplées et accueille près d'un quart de la population du district (Annexe 2). Les communes II et III accueillent la plupart des établissements hôteliers, les représentations diplomatiques, et les grands organisations et banques internationales. A l'ouest de la rive sud est la commune V, et à l'est, la commune VI, qui accueille notamment l'aéroport international. Un projet d'extension du périmètre d'urbanisation du district est en cours : le « Grand Bamako »

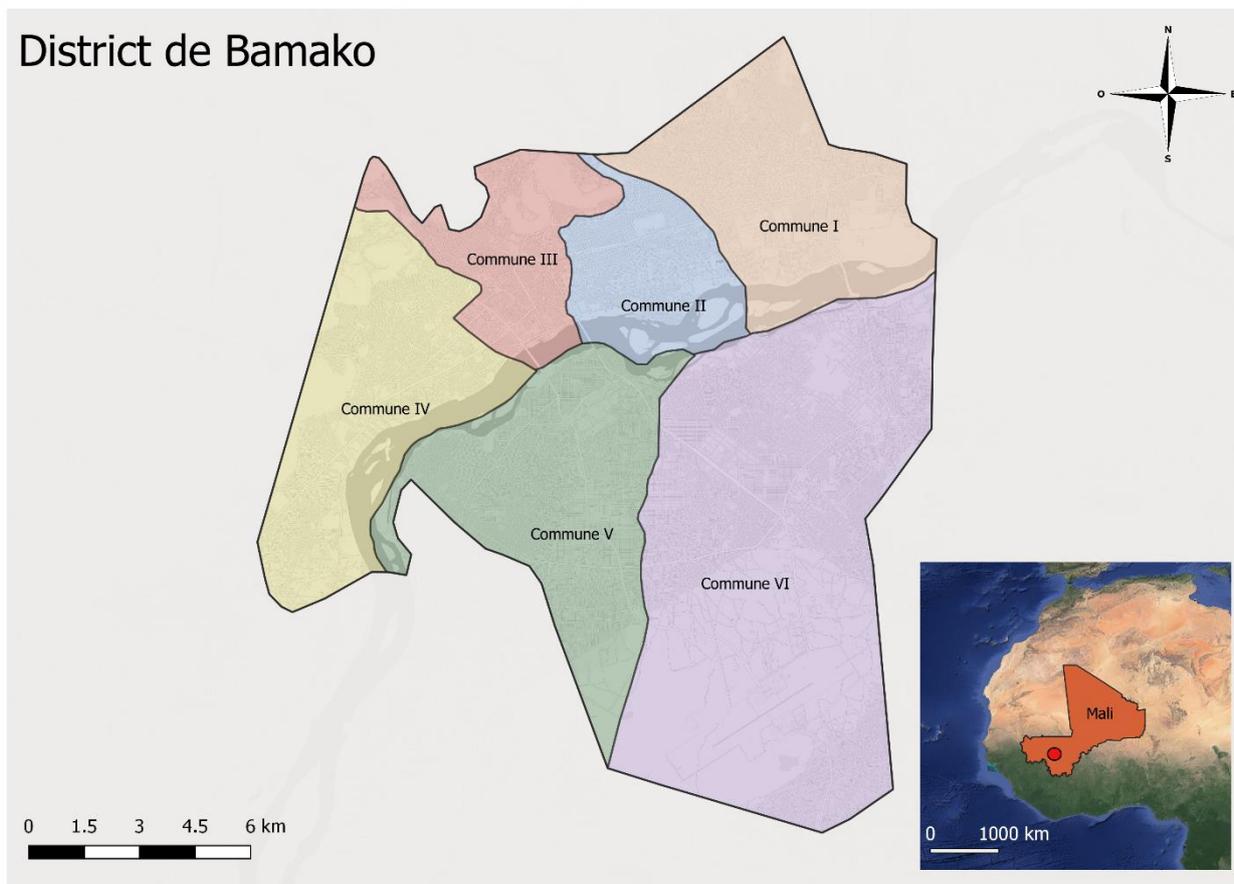


Figure 1 : Découpage administratif de la ville de Bamako, Mali.

En 2019, la ville compte près de 3.4 millions d'habitants, soit 16% de la population totale Malienne. La ville a connu et connaît toujours un fort essor démographique (Figure 2). Depuis la fin du 19^{ème} siècle jusqu'à aujourd'hui, le nombre d'habitants a été multiplié par 1000. Depuis 2009, le taux de croissance démographique annuel est de près de 4%. A ce rythme, Bamako devrait dépasser les 5 millions d'habitants d'ici à 2025.

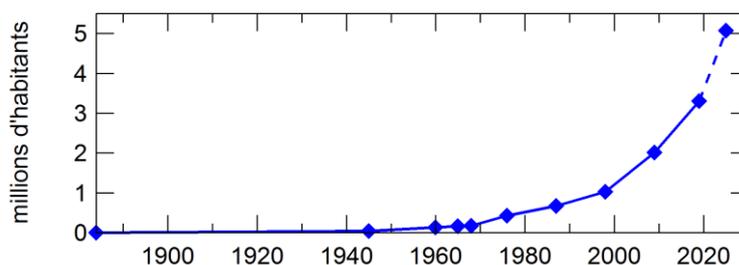


Figure 2 : Evolution de la population de Bamako. Données démographiques collectés par IGIP Afrique et auprès de la Banque Mondiale.

La ville et le reste du Mali connaît un taux de pauvreté important (43% pour la moyenne nationale)³ exacerbée par la forte croissance démographique et le conflit Malien qui dure depuis 2012.

Les quartiers de Bamako se présentent sous trois formes :

- Des quartiers très denses avec un niveau de revenus relativement faible, dominés par l'habitat semi-traditionnel avec des ruelles peu ouvertes ;
- Des quartiers résidentiels avec une dominance de l'habitat moderne, suffisamment aérés, et des rues larges ;
- Des quartiers avec peu d'habitations mais des constructions à vocation industrielle, commerciale et artisanale.

L'habitat est très souvent un mélange d'habitations de différents niveaux de construction et d'aisance, avec de vastes complexes administratifs et des constructions modernes ambitieuses. La ville concentre 70% de l'activité industrielle Malienne, dont de nombreuses entreprises de l'agro-alimentaire. En 2018, Bamako recensait⁴ 456 entreprises industrielles ou commerciales regroupant des secteurs d'activités divers (l'agroalimentaire, l'industrie textile, l'industrie pharmaceutique, la production de piles et de détergents, etc). Les principales unités se concentrent au niveau de la zone industrielle de Sotuba à l'est du district, non loin du fleuve Niger. Trois centrales thermiques participent à l'effort national de production d'électricité. Enfin quatre grands dépôts de pétrole servent à alimenter les stations essences et centrales thermiques du district.

Le secteur de l'artisanat représente également une part significative des activités économiques au Mali et constitue un secteur prioritaire contribuant fortement à la création de richesse et d'emplois productifs et à la lutte contre la pauvreté.

Enfin, dans les différentes communes du district de Bamako, le maraîchage est la pratique agricole la plus courante. Il est pratiqué de façon intensive notamment dans les emprises et servitudes des cours d'eau.

2.2 Cadre politique et stratégique national pour la protection de l'environnement

La protection de l'environnement au Mali s'inscrit dans plusieurs stratégies qui engagent les décideurs de différents secteurs parmi lesquels celui de l'assainissement du territoire, du développement et de l'aménagement des villes, de la gestion de l'eau, de la gestion de la ressource forestière, de l'agriculture.

En 1998, le Mali a adopté entre autres sa Politique Nationale de Protection de l'Environnement (PNPE) dont la vision est de « promouvoir un développement durable, inclusif pour tous les Maliens, à travers une gestion durable des ressources naturelles, de la protection de l'environnement et de la promotion d'une qualité de vie meilleure ». La politique doit permettre d'engager le gouvernement et l'ensemble du peuple malien à intégrer la protection de l'environnement dans toute décision qui touche la conception, la planification, et la mise en œuvre des politiques, programmes et activités de développement. A long terme, la politique devra apporter

³ Selon les informations récoltées auprès des administrations de la ville de Bamako pendant les enquêtes prévues dans ce projet.

⁴ Données 2018 du Ministère du développement industriel et de la promotion des investissements et de la direction nationale de l'industrie.

une contribution significative aux questions fondamentales qui concernent la lutte contre la désertification, la sécurité alimentaire, la lutte contre la pauvreté, ou encore l'amélioration du cadre de vie des citoyens.

La mise en œuvre de la PNPE repose sur 23 stratégies réparties en 5 axes majeurs :

- Axe 1 : Gestion des Changements Climatiques ;
- Axe 2 : Gestion des Ressources Naturelles ;
- Axe 3 : Amélioration du Cadre de Vie ;
- Axe 4 : Consolidation des actions environnementales ;
- Axe 5 : Promotion du développement durable.

L'étude de la qualité de l'air de Bamako s'inscrit dans les actions prioritaires à mener dans les axes 1 et 3.

Au niveau national, les textes juridiques relatifs à la gestion de l'environnement et de la pollution de l'air sont multiples, régissant plusieurs domaines. Cette diversité des textes, reflet de la diversité des acteurs, exacerbe le problème de cohérence et de coordination des actions en matière de gestion de l'environnement.

Le Décret n°01 -397/P-RM du 06 septembre 2001, en particulier, fixe les modalités de gestion des polluants de l'atmosphère. Ce décret vise (1) la prévention et la réduction des concentrations de polluants de l'atmosphère ; (2) la lutte contre les effets nocifs des polluants de l'atmosphère sur l'environnement et sur la santé humaine et animale; (3) la surveillance et le contrôle des polluants de l'atmosphère, et notamment ceux générés par l'incinération de déchets, par les activités industrielles. Il n'existe, en revanche, aucune norme en matière de valeurs limites de concentration des polluants dans l'air.

2.3 Historique des études passées

Peu d'études de la qualité de l'air de Bamako existent. Le paragraphe suivant compile les différentes études sur la qualité de l'air sur la ville de Bamako.

En 2003, dans le cadre du « Clean Air Initiative » dans les villes africaines sub-sahariennes⁵, le rapport d'avancement entre 1998-2002 fait l'état de l'évolution des émissions atmosphériques sur la ville de Bamako. Une attention particulière a été réalisée sur la simulation des niveaux d'émissions de polluants par type de transport motorisé et illustre la nécessité d'étude de cas spécifiques afin d'évaluer les causes principales sur la ville de Bamako.

En 2006, des mesures d'oxydes d'azote (NO_x) ont été réalisés en un site de la ville, et ce dans le cadre de la Thèse de doctorat de M. Coulibaly⁶. L'étude a montré des concentrations moyennes horaires inférieures à la concentration de référence citée par l'OMS (200 µg/m³), et des pics de concentration principalement corrélés au trafic routier.

La même année, le Ministère de l'Environnement et de l'Assainissement du Mali en collaboration avec le programme des Nations Unies pour l'Environnement, et qui fait suite à la Convention de Stockholm (2001) sur les Polluants Organiques Persistants, publie un plan de mise en œuvre de réduction de ces polluants sur Bamako et dans le reste du Mali⁷. Ce rapport insiste sur les risques accrus de cancer dus à la pollution de benzène et aux polluants organiques persistants provenant de la mauvaise qualité des carburants, des additifs dans les peintures (y compris la présence de plomb pour lequel aucune réglementation n'existe au Mali), des vieux frigidaire et des climatiseurs.

⁵ Banque Mondiale. Initiative sur la qualité de l'air dans les ville d'Afrique sub-saharienne. Rapport d'avancement 1998-2002. Document de travail numéro 11. Janvier 2003.

⁶ Mentionné dans le rapport du BURGEAP de 2009. Pas de référence disponible.

⁷ Ministère de l'environnement et de l'assainissement (2006), Plan National de Mise en Œuvre de la convention de Stockholm sur les Polluants Organiques Persistants (POP).

En 2009, le BURGEAP⁸ en collaboration avec IGIP Mali et pour le compte du Ministère de l'Environnement et de l'Assainissement du Mali a mené une large étude sur l'état de la qualité de l'air de la ville et les plans d'actions à envisager pour maîtriser les niveaux de pollution. L'étude comprenait plusieurs phases :

- Campagne de mesures des polluants réglementés : oxydes d'azote (NO_x), des Composés Organiques Volatiles (COV), du monoxyde de carbone (CO), des particules fines (PM10), de l'ozone (O₃), et du dioxyde de soufre (SO₂) ;
- Inventaire des émissions ;
- Cartographie de la pollution atmosphérique par le dioxyde d'azote (NO₂) à partir de la campagne de mesures ;
- Hypothèse de l'impact sanitaire et économique ;
- Mise en œuvres de plan d'actions et évaluation de leurs impacts à travers différents scénarii.

Le rapport rédigé par BURGEAP a conclu entre autres à des niveaux de COV et de PM10 préoccupants, principalement dû au trafic routier via « l'émission directe venant des moteurs à combustion, mais surtout par la mise en suspension de particules provoquées par la circulation sur des voies poussiéreuses ». Les points de prélèvement localisés à proximité directe des zones d'habitation ont mis en avant la contribution importante à la pollution particulaire de la combustion résidentielle (bois, charbon, fioul).

En 2014, il ressort d'une étude menée entre 2002 et 2013 par les chercheurs de l'université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako (USTTB) que la première cause de pollution de l'air dans la ville de Bamako serait dû principalement aux engins 2 roues. Ils étudient principalement les émissions en monoxyde et en dioxyde de carbone⁹.

En 2016, l'ONG Public Eye a analysé le carburant au droit des pompes de ravitaillement dans de nombreux pays ouest africains et notamment au Mali¹⁰. Les résultats d'analyse ont montré que le carburant importé en Mali était hautement polluant et cancérigène, en particulier avec des teneurs en soufre, en composés aromatiques et en benzène très élevés, dépassant largement les standards internationaux et notamment européen. A titre d'exemple, les niveaux de soufre les plus élevés se trouvaient dans un échantillon de diesel d'une des stations-service au Mali pour atteindre 3 780 ppm (soit 2,5 fois supérieure à la valeur de 1500 ppm autorisée). L'ONG Public Eye qui a révélée cette situation, préconise, dans son rapport, d'agir à l'échelle des Etats africains en fixant un seuil maximal de soufre et en instaurant des régulations plus strictes pour les autres substances.

Finalement, le projet CORUS/POLCA (COopération pour la Recherche Universitaire Scientifique / POLLution des Capitales Africaine) reste le projet le plus abouti jusqu'à ce jour. Mené entre 2007 et 2010, ce vaste programme d'étude a permis l'analyse des polluants en phase gazeuse et particulaire dans plusieurs grandes capitales Africaines. L'université de Toulouse en particulier, dont le travail a fait l'objet de plusieurs publications scientifiques, a collecté des données sur la ville de Bamako (Thèse de El Hadji Doumbia¹¹ et Val et al. (2013)¹²) L'étude a ainsi permis de mettre en évidence l'importance significative des sources anthropiques parmi lesquelles les véhicules 2 roues, la combustion résidentielle dans les niveaux de concentrations massiques des PM mesurées (28 – 70 % de la concentration totale, contre 5 – 20 % pour les poussières désertiques, et 8 – 29 % pour les PM issues de la remise en suspension).

⁸ Rapport BURGEAP (2009), Etude de la qualité de l'air à Bamako.

⁹ Travaux publiés dans la revue Malienne de Science et de Technologie en 2014.

¹⁰ Dirty Diesel – How Swiss Traders Flood Africa with Toxic Fuels. A Public Eye Investigation – September 2016.

¹¹ Doumbia et al. (2013). Physico-chemical characterization of urban atmospheric pollution in West Africa and health impact study. Thèse de doctorat. Université de Toulouse.

¹² Val et al. (2013). Physico-chemical characterization of African urban aerosols (Bamako in Mali and Dakar in Senegal) and their toxic effects in human bronchial epithelial cells: description of a worrying situation. Particle and Fibre Toxicology, 10.

2.4 Choix des polluants pour caractériser l'état de la qualité de l'air sur la ville de Bamako

2.4.1 Présentation et sources d'émission

Les polluants atmosphériques sont trop nombreux pour être surveillés en totalité. Certains d'entre eux sont choisis parce qu'ils sont caractéristiques d'un type de pollution (industrielle ou automobile), et parce que leurs effets nuisibles sur la santé et sur l'environnement sont avérés. Seuls les principaux indicateurs de la pollution atmosphérique en milieu urbain ont été retenus dans cette étude et sont les suivants :

- **Oxydes d'azote (NO_x)** : les oxydes d'azote sont formés lors de combustions, par oxydation de l'azote contenu dans le carburant. La proportion entre le NO (monoxyde d'azote) et le NO₂ (dioxyde d'azote) varie selon le procédé de combustion, et est entre autre fonction de la température. Le NO est majoritairement émis, mais il s'oxyde et évolue en NO₂ dans l'air d'autant plus rapidement que la température est élevée. Dans l'air ambiant, le NO₂ est essentiellement issu de la combustion automobile et industrielle. A titre d'exemple, le secteur du transport routier contribue pour plus de la moitié aux émissions de NO_x à échelle nationale Française¹³.
- **BTEX** : Les BTEX qui regroupent le benzène (C₆H₆), le toluène (C₇H₈), l'éthylbenzène (C₈H₁₀), et le xylène (C₈H₁₀) sont des **Composés Organiques Volatils (COV)** . Ils sont libérés lors de processus de combustion, lors de l'évaporation des carburants (remplissage des réservoirs) ou dans les gaz d'échappement. Le secteur du transport routier contribue peu aux émissions de COV, le principal émetteur étant le secteur résidentiel et tertiaire.
- **Particules en suspension (PM)** : on distingue les particules de diamètre inférieur à 10 µm (PM10) et les particules de diamètre inférieur à 2,5 µm (PM2.5). Le secteur du transport routier contribue peu aux émissions de PM nationales, les principaux émetteurs étant le secteur résidentiel et tertiaire et l'industrie manufacturière.
- **Monoxyde de carbone (CO)** : Ce polluant est majoritairement émis par le secteur résidentiel et tertiaire. Dans une moindre mesure, ce polluant est émis par le secteur du transport routier.
- **Dioxyde de soufre (SO₂)** : les émissions de dioxyde de soufre peuvent être d'origine naturelle (océans et volcans), mais sont principalement d'origine anthropique en zone urbaine et industrielle. Le SO₂ est un sous-produit de combustion du soufre contenu dans des matières organiques. Les émissions de SO₂ sont donc directement liées aux teneurs en soufre des combustibles (gazole, fuel, charbon...). Le dioxyde de soufre est généralement associé à une pollution d'origine industrielle, en raison principalement des consommations en fioul lourd et charbon du secteur.
- **Ozone (O₃)** : l'ozone est considéré comme un polluant « secondaire » (non émis directement dans l'atmosphère), produit à partir de polluants dits « primaires » (oxydes d'azote, COV) dans des conditions d'ensoleillement particulières et par des mécanismes complexes. Les concentrations les plus élevées sont identifiées en périphérie des zones émettrices de polluants primaires, engendrant ainsi un transport de l'ozone sur de grandes distances.

2.4.2 Impact sur la santé des polluants atmosphériques

- **Oxydes d'azote (NO_x)** : les effets sur la santé sont des irritations. Le NO₂ pénètre dans les plus fines ramifications des voies respiratoires et peut, à partir d'une concentration de 200 µg/m³, entraîner une altération de la fonction respiratoire et une hyperréactivité bronchique chez l'asthmatique et chez les enfants. Il peut également augmenter la sensibilité des bronches aux infections microbiennes ainsi que diminuer les défenses immunitaires. Par ailleurs, l'effet du NO₂ peut être potentialisé par l'ozone.
- **Composés Organiques Volatils (COV)** : les effets sont très divers selon les polluants, allant de la simple gêne olfactive à une irritation (aldéhydes), à une diminution de la capacité respiratoire jusqu'à

¹³ Inventaire 2017 du Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique

des risques d'effets mutagènes et cancérigènes (benzène). En outre ils sont précurseurs de la formation de particules en suspension ;

- **Particules en suspension (PM)** : on distingue les particules de diamètre inférieur à 10 µm (PM10) et les particules de diamètre inférieur à 2,5 µm (PM2.5). Les particules les plus grosses sont retenues dans les voies aériennes supérieures. Les plus fines peuvent, à des concentrations relativement basses et surtout chez l'enfant, irriter les voies respiratoires ou altérer la fonction respiratoire. Certaines particules ont des propriétés mutagènes et cancérogènes : c'est le cas de certains hydrocarbures aromatiques polycycliques ;
- **Monoxyde de carbone (CO)** : il se fixe à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine du sang, conduisant à un manque d'oxygénation du système nerveux, du cœur, des vaisseaux sanguins. A doses importantes et répétées, il peut être à l'origine d'intoxication chronique avec céphalées, vertiges, asthénie et vomissements. En cas d'exposition prolongée et très élevée, il peut être mortel ou laisser des séquelles neuropsychiques irréversibles ;
- **Dioxyde de soufre (SO₂)** : le SO₂ est un gaz irritant. Le mélange acido-particulaire peut, selon les concentrations des différents polluants, déclencher des effets bronchospastiques chez l'asthmatique, augmenter les symptômes respiratoires aigus chez l'adulte (toux, gêne respiratoire) et altérer la fonction respiratoire chez l'enfant (baisse de la capacité respiratoire, excès de toux ou de crise d'asthme) ;
- **Ozone (O₃)** : dans l'environnement, l'ozone altère la photosynthèse et la respiration chez les végétaux. Concernant l'organisme humain, l'ozone pénètre dans les tissus respiratoires les plus fins, engendre des irritations oculaires et des altérations pulmonaires (en particulier chez les personnes les plus sensibles : enfants, asthmatiques et personnes âgées). On note que les effets nocifs de l'ozone chez l'humain sont exacerbés par l'exercice physique.

3. Campagne de mesures

La campagne de mesure menée dans le cadre de ce projet a eu pour objectif de mesurer les niveaux de pollution dans le centre-ville de Bamako sur des sites dits de « fond urbain »¹⁴ ; c'est-à-dire de mesurer des niveaux de pollution en restant éloigné des sources tout en étant dans le cœur de la ville. Ceci doit permettre de connaître :

- Les niveaux auxquels sont exposées les populations passant beaucoup de temps sur et aux abords des routes (chauffeurs professionnels, vendeurs le long des routes, etc.) ;
- Les niveaux auxquels sont exposées les personnes qui passent plus de temps en situation de fond comme dans les bureaux ou dans les habitations de centre-ville ;
- Les niveaux maximums et de courte-durée auxquels à peu près toutes les personnes sont exposées lorsqu'elles sont le long des routes, typiquement 1 heure par jour au moment des pointes de trafic pour les personnes qui gagnent leur lieu de travail le matin en moto ou en voiture, et en repartant le soir.

Les résultats des mesures réalisées dans le cadre de cette étude sont comparés aux résultats obtenus par BURGEAP en 2009. Les deux campagnes se sont déroulées dans des conditions météorologiques différentes (saison sèche et saison des pluies).

A noter, les précipitations sont généralement associées à une atmosphère instable, qui permet également une bonne dispersion de la pollution atmosphérique. Par ailleurs, elles entraînent au sol les polluants les plus lourds, en particulier les particules en suspension. Elles peuvent parfois accélérer la dissolution de certains polluants. Globalement, les concentrations dans l'atmosphère diminuent nettement par temps de pluie notamment pour les poussières et les éléments solubles tel que le dioxyde de soufre. Une attention particulière est faite dans notre analyse pour mettre en avant l'impact de ces conditions météorologiques différentes sur la comparaison des niveaux retrouvés.

3.1 Positionnement des points de prélèvement

La stratégie d'implantation des points de mesures est en accord avec les conclusions de l'étude exploratoire menée par BURGEAP en 2009. Deux sites de mesures ont été retenus dont la localisation est présentée sur la figure suivante :

- Site de fond urbain 1 : Municipalité de Bamako ;
- Site de fond urbain 2 : Ministère des Finances.

¹⁴ Selon les définitions de sites utilisées par le réseau de surveillance de la qualité de l'Air en France.

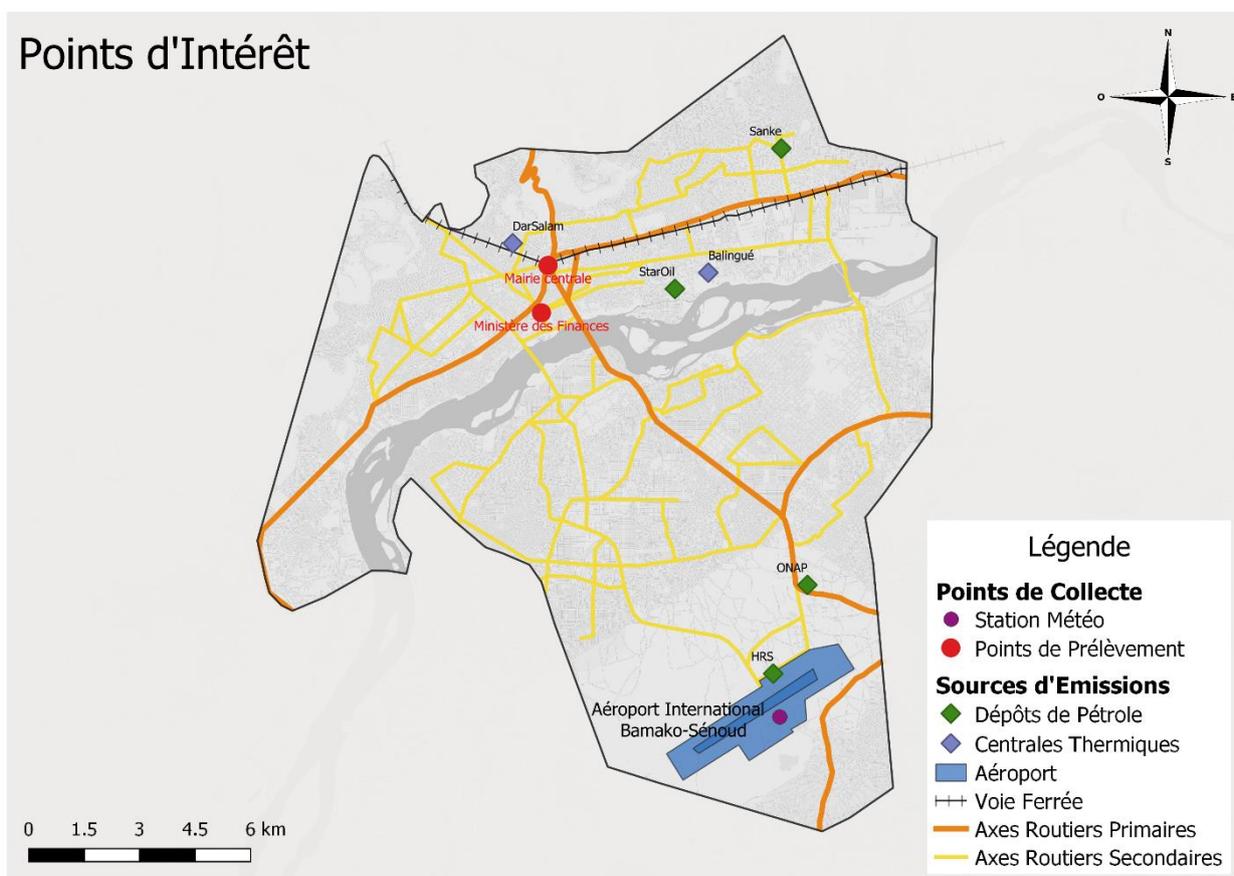


Figure 3 : Localisation des points d'intérêt.

3.2 Méthodologie du prélèvement

La campagne de prélèvements d'une durée de 4 semaines a été réalisée entre le 1^{er} et le 30 Juillet 2019. Les polluants mesurés dans cette campagne sont adaptés aux enjeux de l'étude, il s'agit :

- Des oxydes d'azote : NO_x (NO et NO₂) ;
- Du dioxyde de soufre (SO₂) ;
- De l'ozone (O₃) ;
- Les BTEX - Benzène (C₆H₆), Toluène (C₇H₈), Ethylbenzène (C₈H₁₀), Xylène (C₈H₁₀). Ces composés sont considérés comme des Composés Organiques Volatils.
- Du monoxyde de carbone (CO) ;
- Des poussières fines – de diamètre inférieur à 10 µm (PM10).

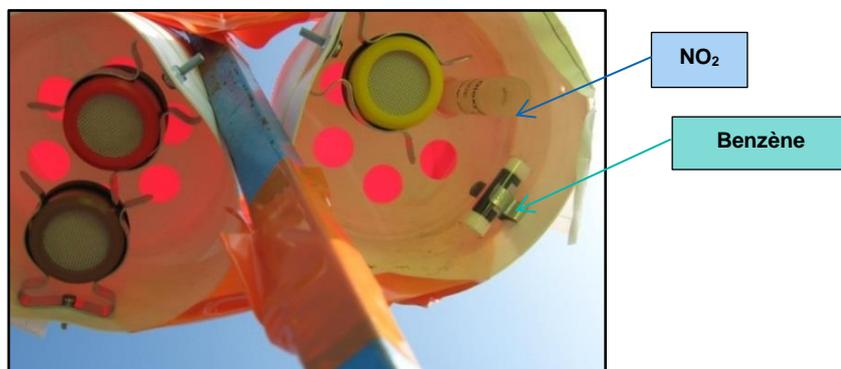
Un détail du plan d'échantillonnage est présenté dans le tableau suivant.

Tableau 3 : Plan d'échantillonnage.

Point	Localisation du point de prélèvement	Date et heure pose	Date et heure dépose	Coordonnées géographiques	
				X (m)	Y (m)
1	Mairie du District de Bamako	02/07/2019 12:43	09/07/2019 10:40	N 12°38'51,3"	W 008°00'05,3"
1	Mairie du District de Bamako	09/07/2019 10:44	16/07/2019 10:04	N 12°38'51,3"	W 008°00'05,3"
1	Mairie du District de Bamako	16/07/2019 10:10	23/07/2019 09:24	N 12°38'51,3"	W 008°00'05,3"
1	Mairie du District de Bamako	23/07/2019 09:30	30/07/2019 10:57	N 12°38'51,3"	W 008°00'05,3"
2	Ministère de l'Economie et des Finances	01/07/2019 13:15	08/07/2019 09:32	N 12°34'28,1"	W 008°00'47,2"
2	Ministère de l'Economie et des Finances	08/07/2019 09:52	15/07/2019 10:21	N 12°34'28,1"	W 008°00'47,2"
2	Ministère de l'Economie et des Finances	15/07/2019 10:23	22/07/2019 09:10	N 12°34'28,1"	W 008°00'47,2"
2	Ministère de l'Economie et des Finances	22/07/2019 09:13	29/07/2019 09:42	N 12°34'28,1"	W 008°00'47,2"

Méthodologie retenue pour la mesure des NO_x , SO_2 , O_3 , C_6H_6 et CO :

La mesure par tube à diffusion passive a été sélectionnée pour les prélèvements de ces polluants. Ce dispositif (Figure 4) permet d'obtenir une concentration moyenne sur une période d'exposition donnée. L'échantillonneur passif convient pour surveiller le respect des valeurs limites de longue durée, pour suivre les tendances sur plusieurs années et pour comparer simultanément plusieurs régions géographiques.


Figure 4 : Photo des capteurs passifs utilisés pour la campagne de mesures.

Le tube contient un absorbant adapté aux composés mesurés. Le prélèvement de l'échantillon s'effectue par une méthode naturelle reposant sur le principe de la diffusion passive des molécules sur le milieu absorbant. La quantité de polluant est alors proportionnelle à sa concentration dans son environnement. Les tubes passifs sont reconnus et décrits par la norme Européenne « ambient Air Quality – Diffusive samplers for the determination of gases and vapours – requirements and test methods » [EN 13528 : 2002].

L'utilisation des tubes à diffusion passive PASSAM est optimale pour des conditions de température journalières comprises entre -5°C et 30°C. Pour des températures moyennes journalières non comprises dans cet intervalle, une erreur relative de 20% peut être notée. Les tubes passifs sont placés dans des supports (à 1.5 m du sol).

Méthodologie pour les PM10

Le capteur passif utilisé pour le prélèvement des PM10 est une plaque adhésive permettant de piéger les poussières. Le prélèvement de l'échantillon s'effectue par une méthode naturelle qui repose sur le principe d'impaction des particules par sédimentation. Les poussières piégées sont ensuite analysées par microscopie. Cette analyse permet d'obtenir le nombre de particules déposées et la distribution granulométrique de ces particules : ainsi une estimation de la concentration en PM10 peut être réalisée.

L'utilisation de ces capteurs est optimale dans des conditions de température comprises entre -30 et 40°C ainsi que pour des vitesses de vents inférieures à 4,5 m/s. Les plaques adhésives sont placées dans des supports (à 1.5 m du sol) qui permettent de les protéger de la pluie et de minimiser l'influence du vent. Les capteurs utilisés lors de la campagne de mesures sont de la marque PASSAM. Ils ont été placés en hauteur sur des supports existants ou sur des piquets métalliques disposés par l'équipe pilotée par IGIP-Afrique (Figure 5)



Point 1 : Mairie

Point 2 : Ministère des Finances

Figure 5 : Photos des échantillonneurs passifs installés pour la campagne de mesures. Source : IGIP Afrique.

3.3 Contrôle Qualité

La pose et la dépose des capteurs s'est déroulée sans encombre en respectant le cahier des charges émis par BURGEAP en amont de la campagne de mesures. Ce cahier des charges a établi l'ensemble des consignes de sécurité, les bonnes pratiques, et les points de contrôle-qualité à destination des opérateurs sur place.

On peut également noter que le capteur situé au point 1, sur le site de la Mairie, a été installé à proximité immédiate de places de stationnement. Ce positionnement proche d'une source d'émission locale est susceptible d'affecter les mesures et d'augmenter les niveaux de concentrations mesurés sur ce point. Le présent document fait note de cette influence potentielle lors de la description des résultats des mesures.

Les capteurs ont été contrôlés chaque jour et l'ensemble des observations ont été consignées dans un rapport mis-à-jour de façon hebdomadaire. Globalement, aucun évènement n'a été noté susceptible de perturber significativement les prélèvements à l'exception des épisodes pluvieux présentés dans la partie suivante.

Après leur utilisation et avant analyse, les échantillons ont été étiquetés et conservés dans des récipients lavés de tous contaminant éventuels pendant une période < 1 mois, et à l'abri de la lumière, selon les recommandations du laboratoire d'analyse.

3.4 Météorologie

Les données météorologiques proviennent de la station météo basée sur l'aéroport de Bamako-Sénoud (Numéro de référence ISD¹⁵ : 612910 ; Coordonnées géographiques : N 12°53'35,4 ; E 007°94'90,2") et téléchargées depuis la base de données du National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

3.4.1 Contexte climatique

Le climat de Bamako est à cheval entre la zone climatique soudanienne (zone semi-aride à sub-humide) et la zone climatique nord guinéenne ou soudano – guinéenne (zone sub-humide). De manière plus générale, il se caractérise par une saison sèche, entre octobre et avril, et une saison des pluies relativement intense entre mai et septembre avec un maximum de précipitations entre juillet et août (Figure 6).

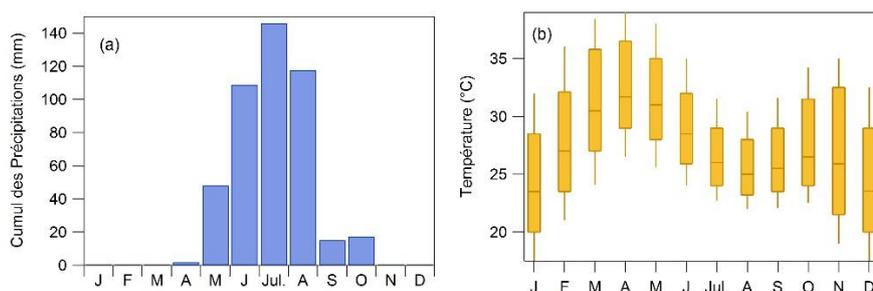


Figure 6 : Synthèse (2008 – 2018) des données de températures et de précipitation.

Au cours de l'année, la température varie entre 10 et 40°C avec une température moyenne de 27°C. Sur la dernière décennie (2008 – 2018), peu ou pas de variations de ces moyennes de température ont été observées. Le profil annuel moyen des températures sur la dernière décennie montre un cycle avec une augmentation des températures (30 – 33°C) les mois précédents (mars – mai) la saison des pluies et une nette diminution (25 – 27°C) au cours des mois qui suivent avec un minima atteint entre décembre et janvier (22°C).

Typiquement au cours d'une journée, les pics de température sont atteints entre 14 et 16h tandis que les minima sont enregistrés entre 5 et 6h du matin. Une plus forte amplitude des températures est observée au cours de la journée en période sèche (13°C en moyenne contre 8°C en période humide) (Figure 7).

¹⁵ Integrated Surface Database

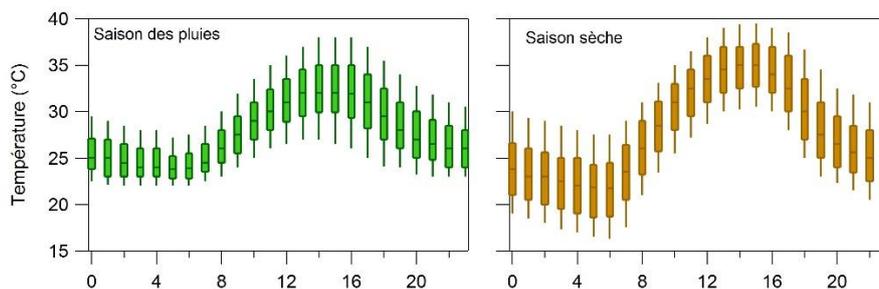


Figure 7 : Profil diurne des températures pendant la saison des pluies et la saison sèche. Statistiques réalisées à partir des données collectées entre 2008 et 2018.

Les vitesses de vent enregistrées pendant l'année sont principalement faibles à modérées (< 5 m/s) avec des pics atteints entre 9 - 12h. La saison des pluies est dominée par un vent sud-ouest et la saison sèche par un vent nord-est, vent chaud et sec, appelé l'*Harmattan* (Figure 8).

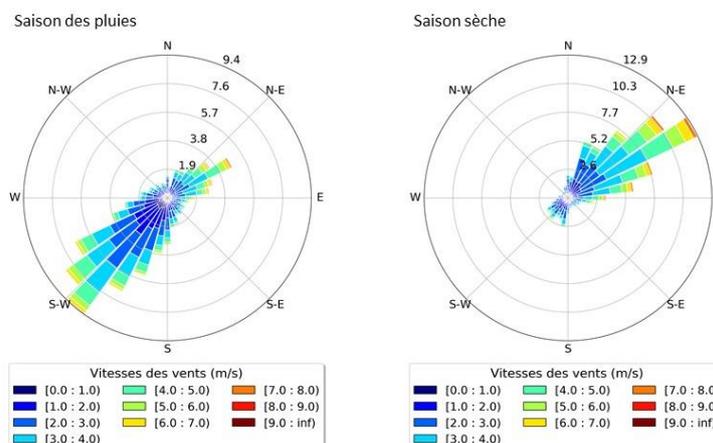


Figure 8 : Rose des vents pendant la saison des pluies et la saison sèche. Statistiques réalisées à partir des données collectées entre 2008 et 2018.

3.4.2 Analyse des données météorologiques pendant la campagne de mesures

Pendant la campagne de prélèvement, les conditions météorologiques ont été relativement stables. Plusieurs épisodes pluvieux ont été enregistrés (Figure 9).

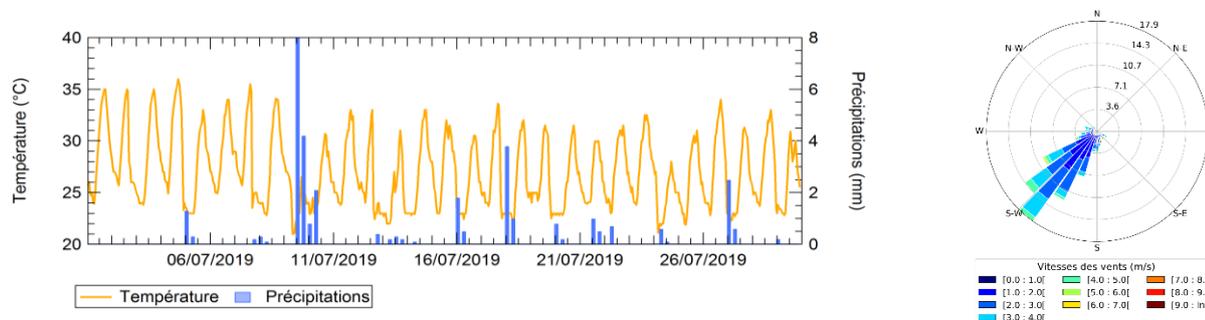


Figure 9 : Météorologie du 1^{er} au 30 Juillet 2019.

Les précipitations : 98.4 mm de précipitations ont été enregistrées. C'est en dessous des normales saisonnières mais ça n'est pas pour autant négligeable dans le cadre de cette étude. De forts niveaux de précipitations sont susceptibles d'influencer les concentrations en PM10 en favorisant le dépôt particulaire. La semaine 2 a été la plus marquée par les précipitations, en particulier les journées du 9 et 10 juillet.

Les températures : La moyenne des températures observées est de 27°C, avec un minima à 21°C et un maxima à 36°C. On est proche de la moyenne des températures observée pour le mois de juillet sur la dernière décennie. On note une légère baisse des températures moyennes après le 10 juillet. Le profil diurne des températures pour l'ensemble de la campagne montre un minima vers 5h du matin et un maxima vers 16h. L'amplitude des températures journalière est en moyenne de 7°C.

Les vents : Le profil des vents observés pendant la campagne est similaire au profil des vents caractéristiques de la saison des pluies (Figure 8). Le vent était de secteur sud-est, avec des vitesses faibles (68%) à modérées (24%).

Tempête de sable et de poussière : Les images du satellite Européen EUMETSAT n'ont mis en évidence aucun épisode pendant la période concernée.

3.5 Résultats des prélèvements

Les résultats sont présentés dans les tableaux suivants :

Tableau 4 : Concentrations de CO, NO_x, PM10, SO₂, et O₃ mesurées sur les sites de fond urbain

Site	Semaine	Concentration (µg/m ³)				
		CO	NO _x (NO + NO ₂)	PM10	SO ₂	O ₃
Mairie	1	7159.0	34.0	172.8	4.6	26.4
Mairie	2	5208.0	35.8	152.0	2.8	29.3
Mairie	3	7607.0	37.7	144.2	7.1	22.5
Mairie	4	5817.0	33.4	120.9	5.0	28.8
Mairie	Moyenne sur la campagne	6447.8	35.2	147.5	4.9	26.8
Ministère	1	6815.0	18.0	110.6	2.4	49.5
Ministère	2	8124.0	21.6	94.2	3.2	33.9
Ministère	3	5882.0	17.8	76.3	2.4	50.2
Ministère	4	9469.0	16.2	69.0	4.4	45.6
Ministère	Moyenne sur la campagne	7572.5	18.4	87.5	3.1	44.8
Moyennes Campagne 2009		5800	21.9	350	< 0.3 – 3.1	-

Tableau 5 : Concentrations de BTEX mesurées sur les sites de fond urbain

Site	Semaine	Concentration (µg/m ³)
------	---------	------------------------------------

		Benzène	Toluène	Ethylbenzène	p-Xylène	m_Xylène	o_Xylène
Mairie	1	10.4	18.9	4.3	6.9	6.7	3
Mairie	2	11.7	25.0	5.1	9.3	8.0	3.6
Mairie	3	10.8	20.1	4.7	4.3	7.3	3.7
Mairie	4	9.1	18.8	4.2	3.8	7.9	3.8
Mairie	Moyenne campagne	10.5	20.7	4.6	6.1	7.5	3.5
Ministère	1	4.1	8.8	2.3	2.7	2.6	1.8
Ministère	2	4.9	8.8	2.0	3.5	3.4	2
Ministère	3	3.6	5.7	1.5	2.0	2.1	1.8
Ministère	4	4.4	8.6	1.6	3.4	3.3	1.8
Ministère	Moyenne campagne	4.3	8.0	1.9	2.9	2.9	1.9
Moyennes Campagne 2009		16.4	42	8	8	19	-

Globalement, l'analyse des deux tableaux précédents suggère que le point de prélèvement localisé au niveau du ministère est moins impacté que le point situé au niveau de la mairie à l'exception de l'O₃ et du CO. Nous avons observé que le point Mairie est sous une influence plus importante du trafic routier que le point Ministère. Ceci est confirmé à partir des niveaux des traceurs directs de la pollution routière (NO₂ et benzène) mesurés également plus élevés. Par ailleurs, les niveaux plus importants d'O₃ sur le point Ministère suggère un environnement moins saturé en NO_x favorable à la production d'O₃.

Monoxyde de carbone (CO) : Les concentrations varient entre 5.2 et 9.4 mg/m³. Les niveaux restent à peu près constants quelle que soit la semaine d'échantillonnage. Les concentrations moyennes sont comparables sur les 2 sites (avec des valeurs plus élevées sur le point Ministère) et aux concentrations relevées en décembre 2009 et présentées dans le rapport 2009 de BURGEAP (5.8 mg/m³ en moyenne). On pourra également souligner que l'ensemble des valeurs mesurées sont inférieures à la valeur guide de l'OMS (10 mg/m³ sur 8 heures glissantes). Elles restent toutefois très proches de cette valeur en atteignant, ponctuellement sur une des semaines de mesures, 95% du seuil autorisé. Au regard des valeurs observées en milieu urbain sur le territoire européen par exemple, ces niveaux restent extrêmement élevés.

Oxydes d'azote (NO_x) : Les mesures de NO_x montrent des concentrations comprises entre 16.2 et 37.7 µg/m³. La concentration moyenne est de 35.2 µg/m³ sur le site de la Mairie et 18.4 µg/m³ sur le site du Ministère de la Finance. Peu de différences sont observées entre les prélèvements des différentes semaines. Le site de la Mairie présente systématiquement des concentrations plus élevées, de l'ordre d'un facteur 2. Cette disparité entre les deux sites peut être expliquée en partie par le parking de stationnement à proximité immédiate du capteur du site de la Mairie. Néanmoins, les concentrations mesurées sont du même ordre de grandeur que les concentrations relevées en 2009. En considérant la valeur guide, ces valeurs représentent 88% et 46% (sur les points Mairie et Ministère respectivement) de la valeur guide de concentration de l'OMS du NO₂¹⁶ (40 µg/m³ en moyenne annuelle).

Particules fines (PM) : Les mesures de PM10 montrent des concentrations comprises entre 69.0 et 172.8 µg/m³. La concentration moyenne est de 147.5 µg/m³ sur le site de la Mairie et 87.5 µg/m³ sur le site du Ministère des Finances. A l'instar des mesures de NO_x, le site de la Mairie présente systématiquement des concentrations plus élevées, de l'ordre d'un facteur 1.6, certainement liée à la forte activité des véhicules dans

¹⁶ Il n'existe pas de valeurs seuils annuels pour les NO_x.

l'environnement direct du point de prélèvement. Les concentrations relevées pendant cette campagne dépassent significativement la valeur de concentration recommandée par l'OMS la plus pénalisante ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) et la valeur la moins pénalisante ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière). Les niveaux sont néanmoins inférieurs aux niveaux mesurés lors de la campagne de mesure de 2009 (concentrations comprises entre 200 et $450 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Outre l'amélioration des processus de combustion entre 2009 et aujourd'hui qui contribue à limiter les émissions de certains polluants, cette disparité peut s'expliquer par de plus fortes précipitations durant cette campagne en raison du démarrage de la saison des pluies. Près de 100 mm de précipitations ont été enregistrées. Comme il a été déjà mentionné, la pluie entraîne le dépôt de la matière en suspension et limite ainsi les concentrations des particules dans l'atmosphère. Or, la campagne de 2009 avait été réalisée en-dehors de la saison des pluies et aucune précipitation n'avait été enregistrée sur cette période.

Dioxyde de Soufre (SO_2) : Les mesures de SO_2 montrent des concentrations comprises entre 2.4 et $7.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La concentration moyenne est de $4.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur le site de la Mairie et $3.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur le site du Ministère des Finances. A l'exception de la semaine 2, le site de la Mairie présente systématiquement des concentrations plus élevées, de l'ordre d'un facteur 2. De manière générale, les concentrations sont également plus élevées que celles relevées en 2009 ($< 0.3 - 3.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Les valeurs réglementaires concernant le SO_2 sont typiquement exprimées sur une période de temps courte en raison des effets aigus avérés du polluant sur la santé. On retiendra que les valeurs mesurées (en moyenne hebdomadaire) sont 25% inférieures à la valeur la plus pénalisante retenue ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne journalière comme recommandé par l'OMS – $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle).

BTEX : Le toluène et le benzène présentent les concentrations les plus élevées ($5.7 - 25.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ tous sites confondus pour le toluène, et $3.6 - 11.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le benzène). Les concentrations en o-Xylène sont les plus faibles ($1.8 - 3.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$). A l'instar des mesures de NO_x , de PM_{10} et de SO_2 , les concentrations des différents BTEX sont systématiquement plus élevées sur le site de la Mairie, de l'ordre d'un facteur 2 à 3. En outre, les concentrations de benzène sur ce site sont supérieures à la valeur réglementaire européenne¹⁷ ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle). En revanche, les concentrations sont légèrement inférieures aux concentrations mesurées lors de la campagne de mesure de 2009 ($26.7 - 53.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le toluène et $10.5 - 18.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le benzène). On remarque également une large différence sur les mesures de m-xylène entre 2009 ($11.9 - 22.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et 2019 ($2.1 - 8 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Ozone : Les mesures d' O_3 montrent des concentrations comprises entre 22.5 et $50.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dans le cas de l'ozone, les concentrations sont plus élevées sur le site du Ministère des Finances (concentration moyenne de $44.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) que sur le site de la Mairie (concentration moyenne de $26.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Cette tendance confirme les niveaux de pollution associés aux NO_x et aux BTEX (et plus généralement aux COV). En effet, le régime observé sur ces deux points de prélèvement est un régime limitant en COV (compte tenu des niveaux élevés en BTEX). Ce régime est généralement favorable à la production d'ozone lors que les concentrations en NO_x diminuent, expliquant les niveaux d'ozone plus importants observés sur le point Ministère. A titre indicatif, les valeurs d'ozone mesurées sont inférieures à la valeur réglementaire de l'OMS ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 8 heures), atteignant au maximum 50% de cette valeur en semaine 3 sur le point Ministère.

3.6 Conclusions sur la campagne de prélèvement

L'analyse des résultats de la campagne de mesures montre que :

- Les valeurs obtenues sont cohérentes avec celles relevées en 2009.
 - Pour le CO et le SO_2 , les valeurs de la campagne 2019 sont similaires aux valeurs observées en 2009 ;
 - Pour les NO_x , les valeurs observées sur le site de la Mairie sont sensiblement supérieures aux valeurs observées en 2009. Sur les 2 sites, elles restent néanmoins dans le même ordre de grandeur.

¹⁷ L'OMS n'émet pas de valeur guide pour le benzène.

- Pour les PM et les BTEX, les niveaux de pollution sont nettement à la baisse pour l'ensemble sur la période décennale. Cette baisse peut être expliquée en partie par une diminution des émissions directes ; et pour les particules fines, également par les épisodes de pluies intenses observés durant la campagne et caractéristiques du début de la saison des pluies. En effet, les précipitations tendent à nettoyer l'atmosphère par collecte dans les gouttes de pluie des poussières en suspension, favorisant ainsi leur dépôt au sol ;
- Les conditions météorologiques observées entre les deux campagnes de mesures (2009 et 2019) n'ont qu'une faible influence sur les mesures à l'exception des poussières dont les niveaux mesurés sont plus élevés en 2009. Ceci suggère que l'Harmattan observé en 2009 a été favorable à un transport de poussières minérale en provenance du Sahara soulignant la part importante du secteur biogénique sur les teneurs en poussières mesurées. A l'inverse, concernant les autres polluants, les niveaux mesurés sont globalement comparables entre les deux campagnes de terrain. Ce dernier point met en avant une contribution majoritairement anthropique issue de la ville de Bamako ;
- Les niveaux alarmants en CO, PM10 et BTEX observés en 2009 sont également mesurés lors de la campagne 2019. Cette pollution est caractéristique des émissions résidentielles et du trafic routier. En particulier, les mesures de PM10 et de benzène dépassent largement les standards internationaux (OMS, US EPA, CE) en moyenne annuelle. Dans le cas du CO, les niveaux sont du même ordre de grandeur que la valeur repère de 10 mg/m³. Ces valeurs, bien qu'inférieures à la valeur réglementaire suggèrent une situation plus préoccupante dans les zones de la ville sous influence directe des activités résidentielles et du trafic routier ;

4. Inventaire et calculs des émissions sur Bamako

L'inventaire des émissions compile tous les secteurs d'activités principaux émetteurs (hors agriculture) des polluants mesurés dans le cadre de cette étude. Aussi, le trafic routier, la combustion résidentielle, le trafic aérien, les centrales thermiques, les dépôts de pétrole, et l'incinération des déchets ont été identifiés comme principales sources d'émissions.

A noter que le trafic ferroviaire, émetteur des polluants considérés dans cette étude, n'a pas été inclus dans l'inventaire d'émission final. La restructuration complète de la direction de réseau ferré au moment de la rédaction de ce rapport n'a pas permis de récolter assez d'information pour établir un inventaire robuste des émissions. Sans pouvoir avancer un chiffre précis, il est néanmoins admis que le réseau ferré pour le transport de marchandises et de passagers est peu emprunté, sans pour autant avoir

Quant au secteur agricole, et bien que l'agriculture représente une activité importante du district, la façon de pratiquer l'activité (en périphérie du centre-ville, sur des parcelles à surface réduite, avec une utilisation des moyens moteurs limitée), la nature des principales émissions (ammoniacque, composés organiques semi-volatiles) peu pertinente au regards des polluants considérés ici, ou typiquement négligeables vis-à-vis des autres processus de combustion (cas des PM10)¹⁸, et de manière plus générale le manque de données nous ont amené à ne pas considérer le secteur dans l'inventaire d'émission final.

4.1 Collecte des données d'émissions par secteur d'activité

La réalisation de l'inventaire des émissions a nécessité un important travail de collecte des données en amont. Ce travail de recherche s'est décomposé en 2 volets :

- Un premier volet visant à balayer les bases de données disponibles sur les sites internet des institutions nationales (gouvernementales) et internationales (Banque Mondiale, etc.) pour définir une base initiale macro sur la ville de Bamako et à défaut à l'échelle du Mali ;

¹⁸ En France, par exemple, le secteur agricole seulement représente seulement 10 % des émissions de PM.

- Un second volet visant à collecter les données directement auprès des institutions locales. Ce travail, réalisé par IGIP Afrique auprès des institutions Maliennes a permis de consolider le premier volet en récupérant des données à plus fines échelles, généralement non disponibles dans les sites internet de référence, notamment celles relatifs à des secteurs d'émissions très spécifiques. Les services Maliens suivants ont été ainsi mis à contribution :
 - Le Ministère des transports et de la mobilité urbaine ;
 - Le Ministère des finances ;
 - Le Ministère de l'équipement et des infrastructures ;
 - La mairie du district ;
 - L'Office National des Produits Pétroliers (ONAPP) ;
 - La Direction Nationale des transports ;
 - L'assistance aéroportuaire du Mali ;
 - L'Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA) ;
 - La Direction Nationale de l'Assainissement et du Contrôle des Pollutions et des Nuisances (DNACPN) ;
 - La Direction Nationale des Eaux et Forêts (DNEF) ;
 - Le Centre de Recherche International des Forêts (CIFOR) ;
 - Responsables des centrales thermiques ;
 - La commission de régulation de l'électricité de de l'eau.

Une synthèse des données collectées est présentée dans les parties ci-dessous.

Le travail de collecte des données réalisé par IGIP Afrique est disponible en Annexe 3.

4.1.1 Trafic routier

L'établissement de l'inventaire d'émission du trafic routier nécessite au moins deux types d'informations :

- Des données macro à l'échelle de la ville et/ou du pays pour établir un parc roulant sur la ville de Bamako (âge et motorisation du parc automobile, distance quotidienne moyenne parcourue) ;
- Des données sur le nombre de véhicules en circulation chaque jour sur les axes structurants de la ville.

Les données macro ont été obtenues via le registre des cartes grises de la Direction Nationale des Transports. Les données de circulation sur les axes structurants ont été déterminés grâce à une campagne de comptage du trafic routier sur différents points du réseau de la ville.

Registre des cartes grises

Le registre des cartes grises répertorie les différentes unités immatriculées dans le pays. Il concerne les unités motorisées (motos, tricycles, véhicules de particuliers, véhicules de transport en commun, camions, camionnettes, tracteurs routiers) et non-motorisées (remorques, semi-remorques). Les données de 2018 étant encore en cours de validation, les données de 2017 ont été pris en compte.

Le contexte économique du Mali rend difficile l'accès aux véhicules les plus performants et par conséquent les moins polluants. D'après le registre, on constate ainsi que plus de la moitié (52%) du parc automobile du pays est constitué par des véhicules de 16 ans et plus (Figure 10).

Pour le seul district de Bamako, 311 713 unités étaient recensées en 2017 contre 418 634 à l'échelle du pays. Environ 75% des véhicules enregistrés au Mali sont donc immatriculés à Bamako. De plus, les voitures de particuliers y représentent 59% des véhicules enregistrées.

Le cas des motos est particulièrement intéressant. Si le nombre de motos immatriculées est très nettement inférieur au nombre de véhicules de particuliers (5% du parc automobile à Bamako, 14% au Mali), on sait les motos comme étant néanmoins le mode de transport privilégié des Bamakois. En effet, et comme noté dans le rapport de 2009, la nature très anarchique et informelle du marché d'importation fait que de nombreuses motos circulent sans immatriculation. Une estimation du nombre réel de motos est faite en section 4.2.2.

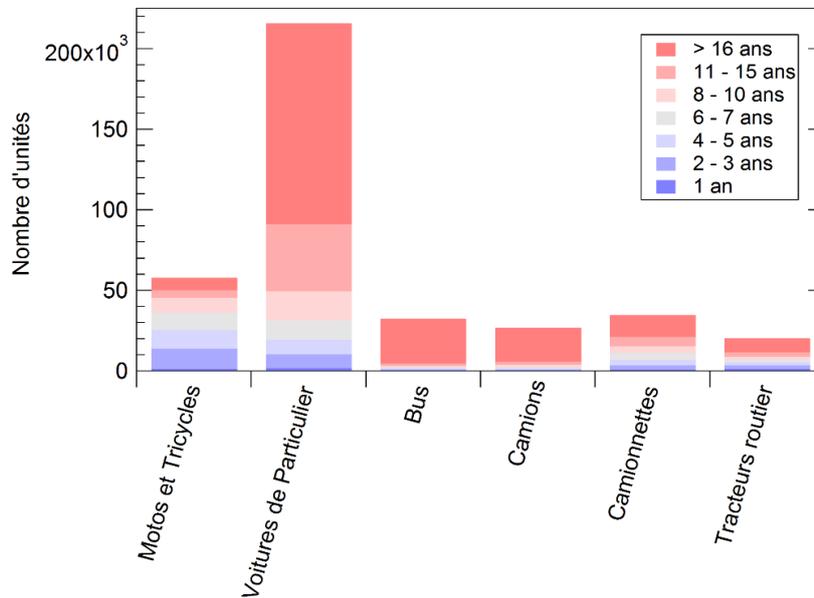


Figure 10 : Véhicules immatriculés en 2017 au Mali.

Une autre particularité Malienne, d'intérêt pour notre étude, est la catégorie véhicule de transport en commun. La majorité du transport en commun à Bamako se fait grâce à des minibus appelés « somatra » ou des camionnettes bâchées « dourounis » (Figure 11). Ces véhicules ont très largement supplanté le réseau de bus urbains. Ce sont des véhicules généralement assez âgés et d'importants émetteurs de polluants atmosphériques.



Figure 11 : Photos de véhicules pour le transport en commun : Les somatras et les dourounis.
Source : BBC News.

Enfin, la part de véhicule diesel au Mali est légèrement supérieure à la part des véhicules essences (53% contre 47%).

Campagne de comptage du trafic routier

La campagne de comptage du trafic a été organisée à Bamako entre le 22 et le 30 Juillet 2019. Il s'agit principalement de compter, pendant une durée déterminée, des véhicules qui passent devant le point de comptage. Cette campagne permet d'obtenir un nombre de véhicules, par catégorie, circulant durant une période donnée et sur un tronçon routier. Le débit de véhicules par catégorie peut ainsi être estimé.

12 postes de comptage ont été installés sur des voies structurantes et principales de la ville et pertinentes pour cette étude (Figure 12 et Tableau 6). La campagne s'est déroulée sur 6 jours ouvrables, et sur 4 plages horaires représentatives des conditions de trafic habituelles de la ville :

- 6h30 – 9h00 (heure de pointe) ;
- 12h00 – 13h00 (heure de pointe) ;
- 16h00 – 17h00 ;
- 17h30 – 19h30 (heure de pointe) ;

Le comptage était manuel. Chaque poste était constitué de 2 équipes (1 équipe par sens de circulation) de 3 personnes chargées de compter 2 catégories de véhicules chacune. Les résultats des comptages sont inclus dans le rapport d'enquête disponibles en Annexe 3.

Le Trafic Moyen Journalier a été estimé selon la méthodologie appliquée dans le rapport de 2009. Les données brutes de chaque catégorie de véhicules (véhicules 2 ou 3 roues, Voitures de Particuliers, Taxis, Bus, Véhicules Utilitaires Légers/Minibus, Poids Lourds) au niveau de chaque poste sont additionnées pour couvrir le trafic dans les 2 sens. Le trafic aux heures manquantes en journée est estimé en considérant la moyenne horaire aux heures du matin et du soir hors heures de pointes. Les données sont ensuite redressées pour couvrir 24 heures sur la base des hypothèses suivantes :

Le trafic de 6h30 à 19h30 représenterait:

- 95 % du trafic total de la journée pour les voitures particulières, les autobus, et les minibus
- 98 % du trafic total de la journée) pour les véhicules 2 et 3 roues, et les camions

La figure suivante présente la localisation des points de comptage du trafic routier sur les axes structurants. Le réseau secondaire est également reporté. Le trafic sur le réseau secondaire est estimé à partir du trafic moyen sur l'ensemble des axes sondés.

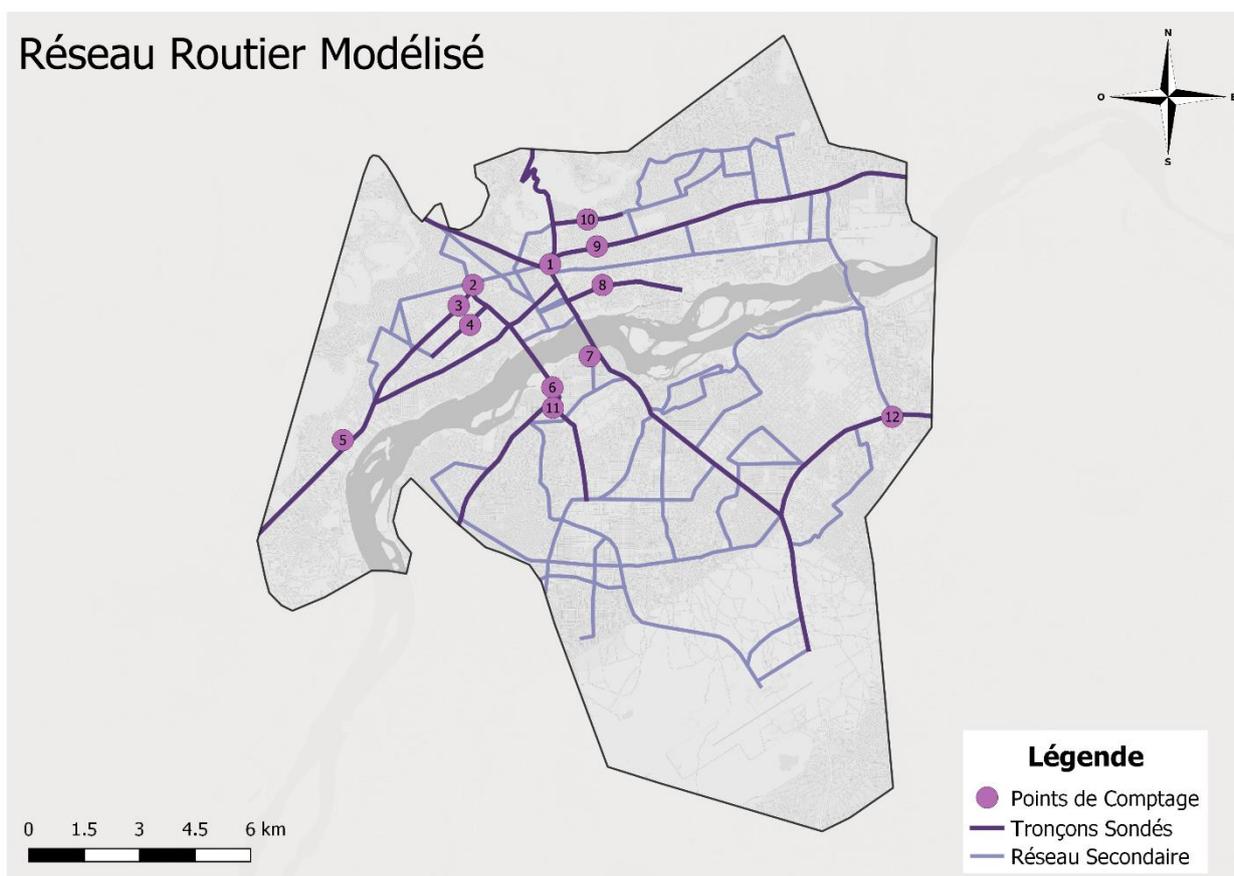


Figure 12 : Réseau routier principal sur la ville de Bamako considéré dans la modélisation.

Tableau 6 : Détails des postes de comptage pour la campagne de comptage du trafic routier à Bamako.

N°	Nom de la Rue/Avenue	Lieu d'enquête
1	Avenue de la Liberté	Trans rail
2	Avenue Kassé Keita	Immeuble Tomota
3	Avenue Unité Africaine	Stade de basket Aminata Maiga
4	Avenue du Mali	Clinique Pasteur
5	Route Nationale 5	Marché de Sébénikoro
6	Pont Fahd	Maison véhicule HUNDAI
7	Pont des Martyrs	Palais de la culture
8	Rue Banta Nimaga ou rue 376	Cimetière de Niarela

N°	Nom de la Rue/Avenue	Lieu d'enquête
9	Avenue Al Qoods	Station Total (anciennement Drale)
10	Boulevard du 22 Octobre	Centre de Formation en Photographie
11	Rue Martin Luther King	Laboratoire d'analyse biotechnique (immeuble Sada Diallo)
12	Route Nationale 6	Commissariat 13 ^{ième} arrondissement

Nous tenons à souligner ici que cette campagne de comptage routier a été réalisée de façon à fournir une image réaliste des conditions annuelles et moyennes de trafic dans la ville de Bamako. Pour cela, les paramètres suivants ont été pris en compte :

- Echantillonnage des brins routiers sur le réseau structurant de la ville ;
- Prise de mesures en jours ouvrés et en journée afin de restituer au mieux les conditions de circulations par type et par nombre de véhicules ;
- Utilisation d'un facteur majorant de conversion entre la période couverte (entre 6h30 et 19h30) et un jour complet de 24h.

Cette approche, bien que réalisée dans des conditions adaptées, peut être améliorée lorsqu'il s'agit de caractériser la circulation routière à l'échelle d'une ville. Ainsi, dans le but d'améliorer la robustesse de ce type de résultats, il est possible de mettre en place des moyens et des outils complémentaires à la campagne de comptage réalisée dans cette étude via notamment :

- L'utilisation d'un réseau de comptages automatiques (pneumatique, vidéo-surveillance, etc.) disposés de façon à quadriller la ville et à repérer les goulets d'étranglement ;
- La mise en place d'un modèle numérique du trafic sur la ville.

4.1.2 Combustion résidentielle

Le calcul des émissions issues de la combustion résidentielle nécessite des informations sur la consommation de combustibles par habitant ou à défaut à l'échelle de la ville.

Entre 2015 et 2017, dans le cadre du projet FONABES (projet de gestion des Forêts Naturelles et Approvisionnement Durable en Bois-Energie des villes du Sahel), le CIRAD et le CIFOR ont mené une vaste enquête sur l'approvisionnement de bois-énergie dans les capitales du Burkina Faso, du Mali, et du Niger. Les données présentées ici sont issues de cette enquête.

La combustion de bois de chauffe et de charbon de bois sont les principales sources d'énergie des Bamakois pour le chauffage et la cuisine. On estime la consommation totale de bois-énergie en 2019 pour Bamako à 1 123 605 téq. bois/an, soit 337 kg éq. bois/an par habitant. Une transition de l'utilisation du bois de chauffe vers le charbon de bois (meilleur rendement énergétique) a été observée ces dernières années.

Aujourd'hui le charbon de bois et/ou le bois de chauffe sont le combustible principal pour 98% des ménages Bamakois (66% pour le charbon de bois contre 32% pour le bois de chauffe). Si l'utilisation de ce combustible est relativement neutre vis-à-vis des émissions de gaz à effet de serre, elle est pourtant une des principales sources d'émissions de PM. Le butane, autre combustible utilisé, est considéré comme un combustible d'appoint, tandis que le pétrole lampant est quasi-inexistant.

Le combustible utilisé est issu de bois durs, recommandés pour la combustion résidentielle, récoltés sur des arbres typiques des fonds de savanes (comme les Combretacées pour le bois-feu ou les Fabacées pour le charbon de bois. Il provient essentiellement du bassin d'approvisionnement qui entoure Bamako et qui s'étend

sur 7 447 510 hectares). Ainsi, outre, le problème de la pollution atmosphérique, cette utilisation intensive des ressources forestières contribue également à la dégradation des forêts et des écosystèmes locaux.

Dans ce contexte, le rapport régional sur la foresterie en Afrique (2008) constatait que la filière bois énergie est ainsi estimée être responsable de plus de 90 % du total des prélèvements ligneux sur les forêts d'Afrique. Et malgré tout, selon le projet FONABES, ces ressources ne sont pas suffisantes. En 2015, le rapport notait déjà un déficit entre l'offre et la demande de combustible à Bamako, la consommation représentant presque 1,23 fois la production annuelle.

Les appareillages pour la combustion sont relativement archaïques. Ce sont des poêles à bois de type anciens (55 % des appareillages pour la combustion de bois de chauffe et 66 % pour la combustion de charbon de bois) ou des foyers ouverts types foyers malgaches (Figure 13), qui tendent à favoriser l'émission des particules fines et d'autres polluants atmosphériques en raison de leur faible rendement énergétique.



Figure 13 : Foyers malgaches.

4.1.3 Dépôt d'hydrocarbures

L'inventaire des émissions pour les dépôts d'hydrocarbures nécessitent au moins une information quantitative sur les mouvements (entrée et/ou sortie). Ces chiffres ont été collectés directement auprès des personnels responsables des dépôts.

La ville de Bamako compte 4 grands dépôts pétroliers:

- Dépôt STAR OIL de Niaréla (Capacité maximale de stockage \approx 17 083 m³);
- Dépôt SANKE SGDS (Capacité maximale de stockage \approx 14 600 m³);
- Dépôt ONAP de Bamako Sénoud (Capacité maximale de stockage \approx 10 000 m³);
- Dépôt HRS de Bamako Sénoud (Capacité maximale de stockage \approx 4 970 m³).

Le stockage par ces dépôts en supercarburant, pétrole, diesel, fioul lourd permet d'alimenter l'ensemble des stations-services de la ville. Le dépôt HRS qui stocke principalement du fioul jet A alimente l'aéroport international de Bamako-Sénoud au Sud de la ville.

Le tableau ci-dessous présente les mouvements des stocks des dépôts de la ville pour l'année 2018.

Tableau 7 : Mouvements des stocks des dépôts d'hydrocarbures pour l'année 2018.

Dépôt	Mouvements (en m ³) (2018)	
	Entrée	Sortie
Star Oil	76 339	77 859
Sanke	51 030	49 961

ONAP	164 508	165 668
HRS	63 081	51 320

4.1.4 Centrales thermiques

L'inventaire des émissions par les centrales thermiques nécessite en première approche de connaître la consommation annuelle et le type de carburant utilisé.

A l'instar des dépôts d'hydrocarbures, ces informations sont disponibles auprès des centrales elles-mêmes.

Trois centrales thermiques localisées dans le district de Bamako participent à l'effort de production d'électricité du Mali. Il s'agit des centrales Deutz et BID sur le site de Balingué dans la commune II, et de la centrale DarSalam dans la commune III. Ces trois centrales utilisent la combustion de matière fossile (fioul lourd, source fossile la moins réglementée d'un point de vue environnemental) pour la production énergétique, libérant une grande quantité de polluants dans l'atmosphère, et ce, en plein centre-ville¹⁹. Ce type de centrale utilise des sources fossiles dont les réserves sont physiquement limitées par la géologie terrestre et non-renouvelables à court et moyen terme. Mentionnons toutefois que les centrales peuvent – au moins partiellement – fonctionner avec des sources renouvelables, notamment celles à gaz grâce au biogaz et celles qui incinèrent des déchets.

La centrale Deutz de Balingué d'une puissance de 23 MW a été mise en service en 1999. La centrale fonctionne par intermittence, entre 8 et 12 heures par jour, selon les sollicitations du Centre National des Conduites (CNC). Les statistiques de consommation de carburant de la centrale pour l'année 2018 sont les suivantes :

- 2 960 480 L de fioul lourd (HFO) pour le fonctionnement normal de la centrale;
- 1 179 207 L de fioul léger (LFO) pour la maintenance de la centrale.

La centrale BID de Balingué, qui tient son nom des principaux financeurs (Banque Islamique de Développement) a une puissance de fonctionnement de 68 MW. Elle fonctionne typiquement 22 heures par jour, laissant 2 heures chaque jour pour la maintenance. Les statistiques de consommation de carburant de la centrale pour l'année 2018 sont les suivantes :

- 67 205 636 L de fioul lourd (HFO) pour le fonctionnement normal de la centrale;
- 337 738 L de fioul léger (LFO) pour la maintenance de la centrale.

La centrale de DarSalam a une puissance de fonctionnement de 68 MW. Elle fonctionne typiquement 24h/24. Les statistiques de consommation de carburant de la centrale pour l'année 2018 sont les suivantes :

- 7 469 297 L de fioul lourd (HFO) pour le fonctionnement normal de la centrale;
- 183 302 L de fioul léger (LFO) pour la maintenance de la centrale.

4.1.5 Incinération des déchets

A l'instar des émissions par la combustion résidentielle, l'inventaire des émissions issues de l'incinération des déchets nécessite de connaître la part de déchets produits et incinérés par habitant ou à défaut à l'échelle de la ville.

La gestion des déchets de la ville de Bamako est relativement incertaine ; peu ou pas d'enquêtes ont été menées. A l'échelle de la ville, les chiffres avancés ne sont pas toujours consolidés.

¹⁹ A noter qu'une analyse plus poussée permettrait de caractériser le risque sanitaire sur les riverains et lié au fonctionnement de ces centrales

Selon les études d'actualisation du Schéma Directeur d'Assainissement de Bamako (SDAB) et les études ponctuelles de la DNACPN, le district de Bamako produisait en 2015 plus de 2000 tonnes de déchets chaque jour. Les estimations pour 2019 prévoient une production journalière 2800 tonnes de déchets produits.

Ce sont principalement des ordures ménagères. Les déchets hospitaliers et les déchets industriels ne représentent que 0,4% et 0,6% respectivement, des déchets totaux produits. Les ordures ménagères contiennent en grande partie les cendres issues de la combustion de bois pour le chauffage (à hauteur de 50%), les déchets organiques et non organiques de cuisine (17,5%), et des déchets verts (17,5%).

On estime entre 15 et 20% la part totale de déchets incinérés (tous types de déchets confondus) à ciel ouvert dans les dépôts de transit ou dans les concessions de la ville. Les déchets hospitaliers et industriels sont le plus souvent traités sur leur site de production par les acteurs concernés.

Le devenir des déchets non-incinérés (80% des déchets produits) est quant à lui relativement flou. Une partie est laissée à la décomposition sur les sites de transit ; une autre partie est déposée illicitement dans des décharges sauvages et/ou dans des champs agricoles à l'extérieur de Bamako ; enfin une partie non-négligeable est abandonnée dans les cours d'eau et les caniveaux de la ville.

4.1.6 Trafic aérien

Les émissions par le trafic aérien sont principalement des activités suivantes :

- Mouvements des avions lors du cycle LTO défini par l'ICAO (2011)²⁰ en phase d'approche, de stationnement, et de roulage sur l'aéroport ainsi qu'au trafic routier que génère un aéroport. Les informations sur le nombre de mouvements avions annuels (ATM) combinés aux bases de données internationales (FOCA, ICAO, FAA, etc.) permettent d'estimer de façon macroscopique les émissions résultantes de ce type d'activité.
- Mouvements au sol des appareils de support (GSE/GPU) et des moteurs auxiliaires des aéronefs (APU) lorsque les avions sont positionnés au niveau des postes et du tarmac durant les phases d'embarquement et de débarquement des passagers et des marchandises. Ces appareils assurent également l'évacuation des eaux usées, le « catering », l'alimentation pour la climatisation etc. Les informations sur ces appareils sont généralement difficiles à estimer car extrêmement dépendantes des compagnies aériennes présentes sur l'aéroport. Les émissions résultantes de ce type d'émission résultent généralement des études spécifiques faites sur d'autres aéroports de taille équivalente.

L'aéroport international de Bamako-Sénoud (ou Modibo-Keïta depuis 2016) à l'extrême Sud du district est un petit aéroport avec une seule piste d'atterrissage-décollage et un seul terminal. Il accueille moins de 850 000 passagers par an. En 2018, on comptabilisait 6 625 arrivées et autant de départ (13 250 mouvements d'avions), soit environ 18 arrivées et départs chaque jour.

Les vols sont principalement des vols internationaux long-courriers en provenance d'Europe, d'Afrique centrale et du nord, et du moyen Orient.

4.2 Méthodologie pour le calcul des émissions par secteur d'activité

4.2.1 Méthodologie globale

L'objectif de ce volet est d'établir la quantité émise annuellement par secteur d'activité des polluants suivants :

- Des oxydes d'azote : NO_x (NO et NO₂) ;
- Du dioxyde de soufre (SO₂) ;
- Des Composés Organiques Volatiles ;
- Du monoxyde de carbone (CO) ;

²⁰ Organisation de l'aviation civile internationale, (2011). *Rapport Annuel du Conseil*.

- Des poussières fines – de diamètre inférieur à 10 µm (PM10).

Les émissions sont calculées à partir des facteurs d'émissions (FE) spécifiques des bases de données de référence internationales :

- Le guide 2016 du programme Européen pour la surveillance des polluants atmosphériques en Europe (European Monitoring and Evaluation Programme – EMEP) ;
- Le guide AP-42 de l'US-Environmental Protection Agency ;
- L'inventaire du Centre Interprofessionnel Techniques d'Etudes de la Pollution Atmosphérique (CITEPA).

Ces facteurs d'émission sont reliés à une donnée d'activité (A) issues des bases de données locales ou internationales (données décrites par secteur dans le paragraphe 4.1). L'activité est une grandeur permettant de caractériser le processus que l'on souhaite évaluer. Par exemple, une distance parcourue pour une catégorie de véhicule, une durée de fonctionnement d'une centrale thermique, etc. La relation entre une émission, un facteur d'émission et une donnée d'activité est présenté sur l'équation suivante. On pourra noter la présence du facteur *N* (nombre d'unités) qui relie une émission unitaire à une émission totale.

$$E = N \times A \times FE$$

Avec :

E : (exemple) émissions de combustion de bois

N : (exemple) nombre d'habitant utilisant un appareil de chauffage

A : (exemple) consommation de bois par appareil

FE : (exemple) émissions de polluant par quantité de bois consommée

Cette méthodologie est propre à chaque secteur (trafic routier, trafic ferroviaire, résidentiel, activités aéroportuaires, industries, etc.), selon le niveau de détails apporté pendant les enquêtes.

L'approche calculatoire de l'inventaire des émissions repose sur une méthodologie robuste mais qui doit faire face à certaines limites en raison de l'état de l'art sur les sujets abordés. On retiendra ainsi les limites suivantes :

- Pour le SO₂, les émissions reportées peuvent être l'ensemble des oxydes soufrés (SO_x) ou seulement le SO₂. Dans un esprit de simplification, il est considéré les deux formes sans distinction et assimilées dans une approche majorante à du SO₂ ;
- Pour les PM10, les FE prévoient uniquement les émissions de particules fines dites primaires. Les émissions de particules secondaires issues de la nucléation et de la condensation d'espèces gazeuses quelques minutes ou quelques heures après l'émission ne sont pas incluses.

4.2.2 Trafic routier

Pour le trafic routier, les émissions peuvent être catégorisés en quatre groupes (Figure 14) :

- Les émissions à l'échappement, sont les émissions primaires, émises directement à partir de la combustion des produits pétroliers, comme l'essence, le diesel, le gaz naturel (GN), etc. Ces carburants sont des mélanges d'hydrocarbures, c'est-à-dire des espèces chimiques formées d'atomes de carbone et d'hydrogène. Dans le cas d'une combustion idéale, dite complète, tous les atomes d'hydrogène et de carbone du carburant réagissent avec l'oxygène de l'air (O₂) et viennent former de l'eau (H₂O) et du dioxyde de carbone (CO₂) ; l'azote de l'air (N₂) reste inchangé pendant cette réaction. En réalité, aucun procédé de combustion n'est parfait ; aussi, le carbone et l'hydrogène des carburants réagissent pour former des sous-produits de combustion qui participent à la pollution atmosphérique. La quantité des

polluants émis dépend d'une variété de facteurs (qualité du carburant, nature du carburant, des performances du moteur, vitesse, température extérieure, etc.).

- Les émissions liées aux phénomènes d'abrasion, voire de corrosion de certaines pièces du véhicule. Ces phénomènes n'impactent que les émissions particulaires (PM) et les émissions de certains métaux lourds. Des niveaux non négligeables d'émissions peuvent être générés par l'abrasion mécanique des pneus, des plaquettes de frein, d'embrayage, de la surface de la route, de la corrosion du châssis, ou d'autres parties du véhicule
- Les émissions liées à l'évaporation qui résultent des vapeurs issues du circuit de carburant. Ces émissions n'impactent que les émissions de COV ; Les vapeurs de carburants contiennent de nombreux hydrocarbures (HC), qui sont émis à tout moment, tant qu'il y a du carburant dans le réservoir, et ce, même si la voiture est garée, moteur à l'arrêt.
- Les émissions liées à la remise en suspension des PM lors du passage d'un véhicule sur la route. La quantité émise dépend directement du poids du véhicule et de la nature de la voie de circulation. Elles sont typiquement plus importantes que les émissions citées précédemment mais puisque ne résultant pas directement du fonctionnement de véhicules, elles sont généralement traitées à part.

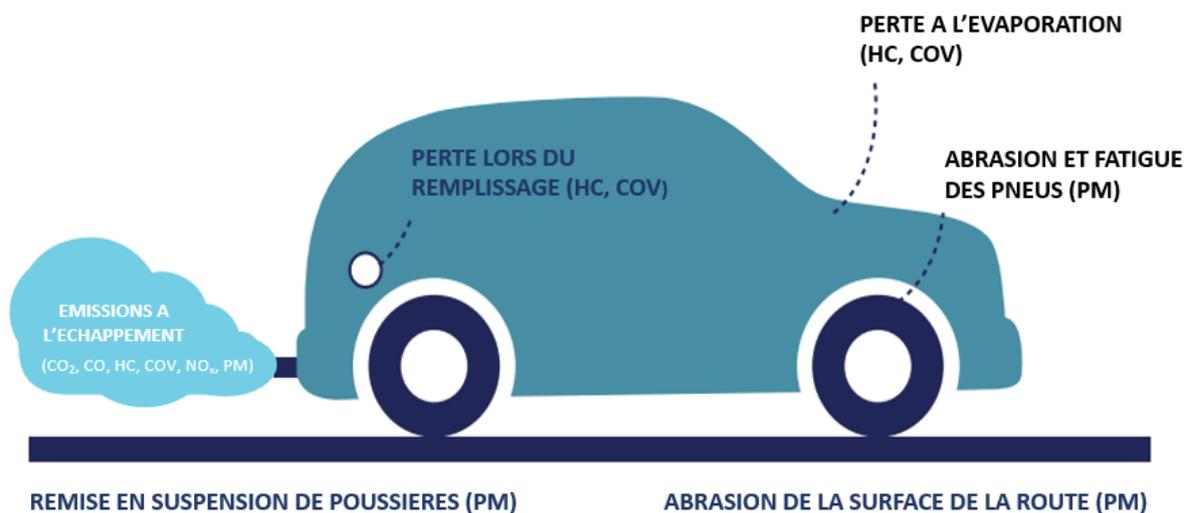


Figure 14 : Schéma des différents types d'émissions liées au trafic routier. Source : rapport de l'AEE (2016).

Les FE relatifs aux émissions à l'échappement sont extraits du chapitre 1.A.3.b d'EMEP relatifs au transport routier. Ils sont reportés en g/km. Les émissions associées à la consommation de carburant dépendent de plusieurs paramètres (Figure 15), comme par exemple, l'âge des véhicules, le kilométrage, le type de motorisation, l'année de mise en circulation, etc. Les FE, concernant les particules émises suite à l'abrasion et à la fatigue des pneus, et les particules dues à la remise en suspension, sont tirés du chapitre 1.A.3.b d'EMEP et du guide AP-42 de l'US-Environmental Protection Agency.

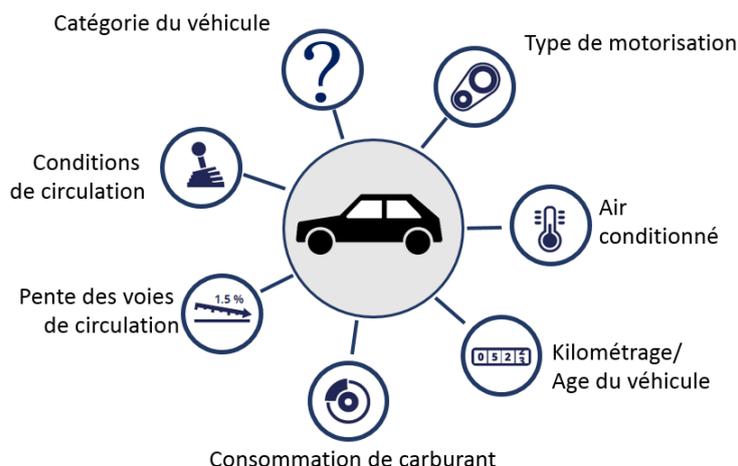


Figure 15 : Phénomènes pris en compte dans les émissions par échappement.

Les statistiques du parc automobile de la ville de Bamako et du Mali en 2017 ont été compilées et triées selon les catégories précisées dans le guide EMEP.

Ainsi concernant la classe des véhicules, on aura établi le classement suivant :

- 2 Strokes vehicles : Motos, Tricycles;
- Passenger Cars : Voitures de particuliers, Taxi;
- Light Commercial Vehicles : Camionnettes, Véhicules de Transports en Commun;
- Heavy Duty Vehicles : Camions, Tracteurs Routiers;

En fonction de leur âge, les véhicules ont également été classés par normes européenne d'émission (Normes EURO) de la manière suivante :

- 1 à 5 ans : Normes EURO 6;
- 6 à 7 ans : Normes EURO 5;
- 8 à 15 ans : Normes EURO 4;
- Plus de 16 ans : Normes EURO 3;

Un tri sur les véhicules a également été réalisé au niveau du type de carburant utilisé. Deux catégories ont été considérées : diesel et essence.

On obtient le tableau suivant :

Tableau 8 : % de véhicules classées selon le guide EMEP

Catégorie de Véhicules		% de Véhicules		
Registre	Cartes Grises	Classement EMEP		
		Diesel	Essence	
Euro 6				
Motos, Tricycles		2 strokes	0	44
Voitures Particuliers		PC	4	5

Camionnettes, VTC	Light Commercial Vehicle	11	2
Camions, Tracteurs Routiers	Heavy Duty Vehicle	15	0
Euro 5			
Motos, Tricycles	2 strokes	0	18
Voitures Particuliers	PC	3	3
Camionnettes, VTC	Light Commercial Vehicle	6	1
Camions, Tracteurs Routiers	Heavy Duty Vehicle	6	0
Euro 4			
Motos, Tricycles	2 strokes	0	24
Voitures Particuliers	PC	13	15
Camionnettes, VTC	Light Commercial Vehicle	15	3
Camions, Tracteurs Routiers	Heavy Duty Vehicle	16	0
Euro 3			
Motos, Tricycles	2 strokes	0	13
Voitures Particuliers	PC	27	31
Camionnettes, VTC	Light Commercial Vehicle	54	8
Camions, Tracteurs Routiers	Heavy Duty Vehicle	63	1

Afin de calculer les émissions annuelles globales, les hypothèses suivantes ont été prises en compte :

Distance moyenne

La distance moyenne annuelle parcourue par chaque type de véhicule est reprise du rapport de BURGEAP de 2009 (Tableau 9). Brièvement, pour les Passenger Cars, l'étude a considéré la superficie totale du district de Bamako (20 km de longueur maximale et 10 km de largeur maximale à vol d'oiseau). En considérant, des allers-retours quotidiens depuis les zones résidentielles en périphérie de la ville vers les zones d'activité centrales concentrées surtout sur la rive gauche du Fleuve Niger, on estime environ 40 – 50 km par jour de distance parcourue (gamme de valeurs retenues dans l'étude BURGEAP en 2009). Selon une même approche, on a considéré une distance quotidienne de 40 km parcourue par les 2 roues. La distance parcourue par les Heavy Duty Vehicles et Light Commercial Vehicles est basée sur l'estimation par le Syndicat National des Transport de la distance quotidienne parcourue par les taxis et autres transports en commun en 2009.

Tableau 9 : Estimation de la distance moyenne parcourue annuellement par chaque catégorie de véhicules

Catégorie de Véhicule	Distance parcourue annuelle (km)
2-Strokes	10 400
Passenger Cars	13 000
Light Commercial Vehicles	40 000
Heavy Duty Vehicles	40 000

Ajustement du nombre de véhicules en circulation

Comme mentionné précédemment dans ce rapport, on suppose que de nombreuses motos circulent sans immatriculation. Le nombre de motos circulant réellement doit être ajusté depuis le nombre de motos immatriculées. Cette hypothèse est confirmée par la campagne de comptage du trafic qui a révélé une disparité sur la proportion des motos et tricycles comptés par rapport aux chiffres du registre des cartes grises. Ainsi, si les motos représentent 5% des véhicules (parmi les véhicules immatriculés), elles représentent en moyenne 76% des véhicules comptés aux heures de pointe. Un ajustement du nombre de véhicules avait déjà été opéré dans le rapport de 2009, en estimant à 250 000 véhicules circulant en lieu des 6 781 annoncés. Une même correction a été effectuée²¹. (base du nombre de motos comptés par rapport au nombre de voiture).

On estime ainsi à 734 212 le nombre de motos et tricycles circulant dans la ville plutôt que les 14 181 annoncés. Cette valeur ajustée est à rapprocher aux valeurs estimées en 2009 par les autorités compétentes ainsi que les importateurs/distributeurs (500 000 – 700 000 véhicules 2 roues)

Qualité du carburant

La qualité du carburant, en particulier l'ajout ou non d'additif, est susceptible d'influencer les niveaux d'émission. L'ajout de soufre comme lubrifiant détermine les niveaux de SO₂ émis. Selon la Coalition pour le Climat et l'Air Pur (CCAC)²², la teneur en soufre du diesel au Mali est comprise entre 2 000 et 5 000 ppm (Figure 16). De façon analogue au rapport de 2009 et d'après les données de certains professionnels du pétrole²³, on a estimé la teneur en soufre pour l'essence 10 fois moindre. En considérant les valeurs moyennes de 3000 et 300 ppm pour le diesel et l'essence, respectivement, et en supposant l'intégralité du soufre présent transformé en SO₂ pendant la combustion, on détermine les FE de SO₂ de la manière suivante:

$$FE = 2 \times k \times FC$$

Où k est la teneur en soufre en (g/g de carburant) d'un carburant donné, et FC est la consommation moyenne (km) pour chaque type de véhicules (disponible dans EMEP).

²¹ Sur la base du ratio, motos comptées / voiture de passagers comptées, aux heures de pointes (≈ 4)

²² Climate and Clean Air Coalition (2016). A Global Strategy to Introduce Low-Sulfur Fuels and Cleaner Diesel Vehicles.

²³ Stratias Advisors (2018). Fuel Quality and Emissions Standards Development in Africa.

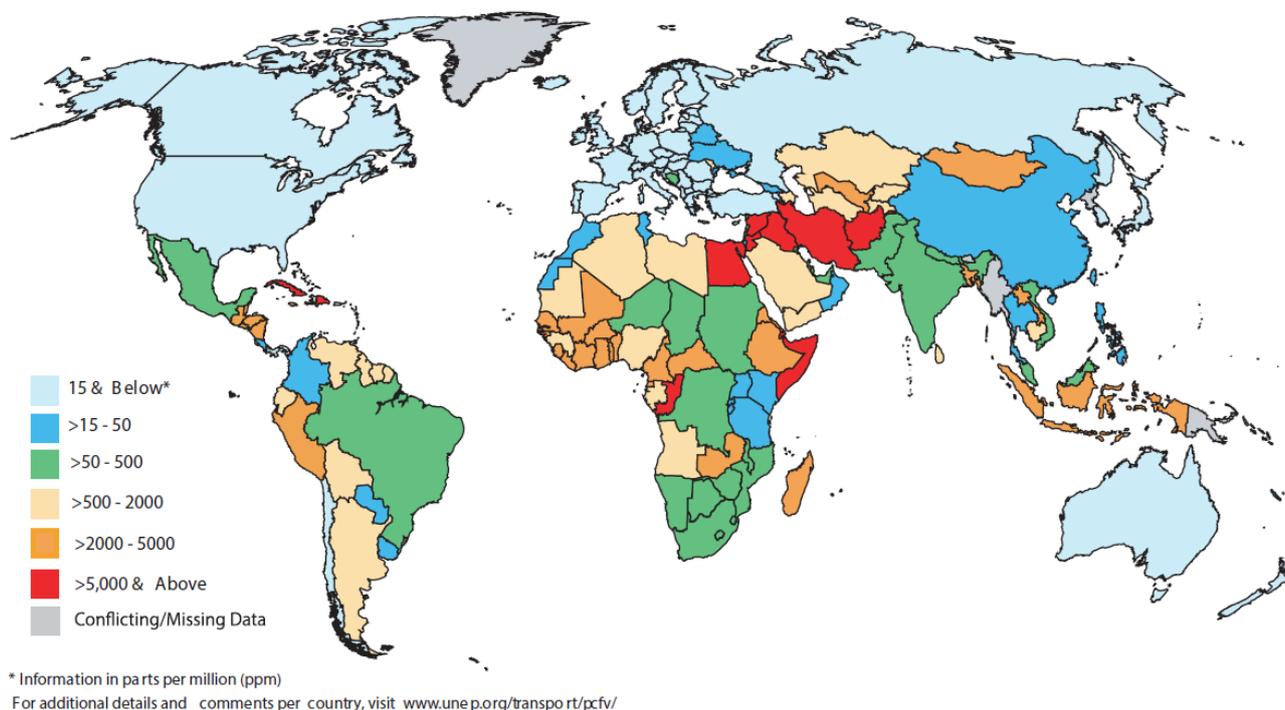


Figure 16 : Teneur en soufre (en ppm) des diesel dans le monde. Source CCAC (2016)²².

Les émissions sont présentées dans le tableau ci-dessous. On fait la distinction entre les particules émises à l'échappement, celles émises suite aux phénomènes d'abrasion, et enfin les particules remises en suspension.

Tableau 10 : Emissions annuelles (en tonne) par le secteur du trafic routier (remise en suspension non incluse).

	CO	COV	NO _x	PM10 (exhaust)	PM10 (abb + wear)	PM10 (remise en suspension) ²⁴	SO ₂
Total	18 863.0	14 187.1	9 095.7	359.3	325.8	11 783	2 379.2

4.2.3 Combustion Résidentielle

Les FE pour la combustion résidentielle sont extraits du chapitre 1.A.4 d'EMEP relatifs aux appareillages de combustion. Les FE d'intérêt dans le cadre de ce projet sont notés en g/GJ.

Ici, on a considéré la consommation annuelle de bois énergie (en t éq. Bois puis convertie en GJ) pour le district de Bamako. Dans un esprit de simplification, les FE utilisés sont les FE d'émissions relatifs à la combustion de biomasse dans des foyers ouverts. Seule une légère différence est notée entre foyers ouverts et poêles conventionnels (sur les PM10 – 840 g/GJ contre 760 g/GJ). Notons aussi que les FE utilisés ici sont sans distinction aucune entre charbon de bois et bois de chauffe.

Les émissions sont présentées dans le tableau suivant.

²⁴ Les émissions annuelles de PM10 remises en suspension et de SO_x ont été ré-évalué depuis la diffusion du rapport intermédiaire.

Tableau 11 : Emissions annuelles (en tonne) par le secteur de la combustion résidentielles.

	CO	COV	NO _x	PM10	SO ₂
Total	65 618.5	9 842.8	820.2	13 779.9	180.5

4.2.4 Dépôt d'hydrocarbures

Les FE pour les dépôts d'hydrocarbures sont extraits du chapitre 1.B.2.a d'EMEP relatifs aux activités de raffineries et de stockage de carburant. Les FE sont notés en kg/t de carburant utilisés en entrée du processus.

Les FE incluent les émissions de l'ensemble des activités du site ainsi que les émissions diffuses (incluant les émissions fugitives). Ils sont sans distinction de type de carburant. Les données (initialement en L) sont converties en tonne en appliquant une valeur de densité moyenne du carburant (0.78).

A noter que pour ce type d'émissaire, seules les émissions de COV ont été considérées. En effet, les émissions résultantes des processus de combustion (CO, NO_x, PM10 et SO₂) dans le cas des raffineries ne sont pas à considérer ici.

Les émissions sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 12 : Emissions annuelles (en tonne) par les dépôts d'hydrocarbures.

	CO	COV	NO _x	PM10	SO ₂
Star Oil	-	12.0	-	-	-
Sanke	-	8.0	-	-	-
ONAP	-	25.9	-	-	-
HRS	-	9.5	-	-	-
Total	-	55.4	-	-	-

4.2.5 Centrales Thermiques

Les FE pour les dépôts d'hydrocarbures sont extraits du chapitre 1.B.1 d'EMEP relatifs aux industries du secteur de l'énergie. Les FE sont notés en g/GJ. Les FE considèrent la quantité de polluant émise selon la quantité et le type de carburant consommé.

On a considéré les consommations annuelles totales en distinguant la nature du carburant.

Les émissions sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 13 : Emissions annuelles (en tonne) des centrales thermiques de DarSalam et du site de Balingué.

	CO	COV	NO _x	PM10	SO ₂
Deutz	2.5	0.3	19.9	3.1	60.8
BID	40.8	6.2	382.2	67.7	1 330.0
DarSalam	4.6	0.7	42.9	7.5	148.1
Total	47.9	7.2	444.9	78.4	1 538.8

4.2.6 Incinération des déchets

Les FE pour l'incinération des déchets sont extraits des chapitres 5.C.1.a et 3.F d'EMEP relatifs à l'incinération des déchets municipaux et le brûlage des déchets verts. Les FE sont notés en g/kg de déchets brûlés.

La fraction de déchets non-ménagés (industriels et hospitaliers) n'a pas été considérée dans ces calculs puisqu'elle représente une fraction négligeable de la masse des déchets produits (1%).

Selon les données des enquêtes, on a considéré que 20% de la masse des déchets produits par jour (sur les données prévisionnelles de 2019) sont incinérés. Les données ont ensuite été extrapolées à l'année entière. Les émissions par la combustion des déchets verts qui représentent 17.5% des déchets produits ont été calculées séparément du reste des déchets ménagers et regroupées à la somme des émissions totales.

Les FE choisis ne sont pas spécifiques. C'est-à-dire qu'ils sont sans distinction entre le type de déchets verts (paille, bois, etc.) ou le type de déchets ménagers (plastiques, papiers, tissus, etc.). Les FE des déchets ménagers sont valables pour une combustion non-contrôlée et sans aucun système d'abattement des émissions. Il s'agit donc d'une approche majorante.

Les émissions sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 14 : Emissions annuelles (en tonne) dues à l'incinération non-contrôlée des déchets ménagers.

CO	COV	NO _x	PM10	SO ₂
362.5	184.6	390.9	2 547.5	471.7

Notons également que les incertitudes sur la localisation et la quantité des déchets non-incinérés et laissés pour décomposition dans le district de Bamako, ne permettent pas de déterminer les émissions totales par ce type d'activité. Néanmoins, on peut considérer que seules les concentrations des composés comme le méthane (non-considéré ici) et les COV sont susceptibles d'être impactés par ces décharges sauvages.

4.2.7 Trafic Aérien

En s'appuyant sur la méthodologie développée par le Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (CITEPA)²⁵, on aura, dans notre cas, considéré pour le trafic aérien :

- Les émissions par le cycle Landing et Take-Off (LTO) (Figure 17) qui recouvre les émissions par les avions durant les phases d'approche (< 3000 m d'altitude), de roulage, de décollage, et de montée ;
- Les émissions durant le Taxiing qui sont les émissions lorsque l'appareil est en roulage sur la piste de et vers sa porte d'embarquement ;
- Les émissions par les Groupes Auxiliaires de Puissance (APU) qui sont les petits turboréacteurs embarqués qui alimentent les différents systèmes de bord (tension électrique, pressions pneumatique et hydraulique, climatisation) lorsque l'appareil est au sol.
- Les émissions par les Ground Support Equipment (GSE) qui sont les appareils de service des avions pour charger/décharger les marchandises, les passagers, assurer le tirage et le poussage des avions, la recharge en eau potable, la vidange des eaux usées, etc.

Le trafic routier en zone réservée de l'aéroport n'est pas considéré. En revanche, le trafic routier de/vers l'aéroport est pris en compte dans le secteur d'activité trafic routier. Un poste de comptage a également été mis en place sur l'axe structurant menant en direction de l'aéroport.

²⁵ CITEPA. (2013). Guide Méthodologique pour la détermination des émissions dans l'atmosphère d'une zone aéroportuaire à l'exception des aéronefs.

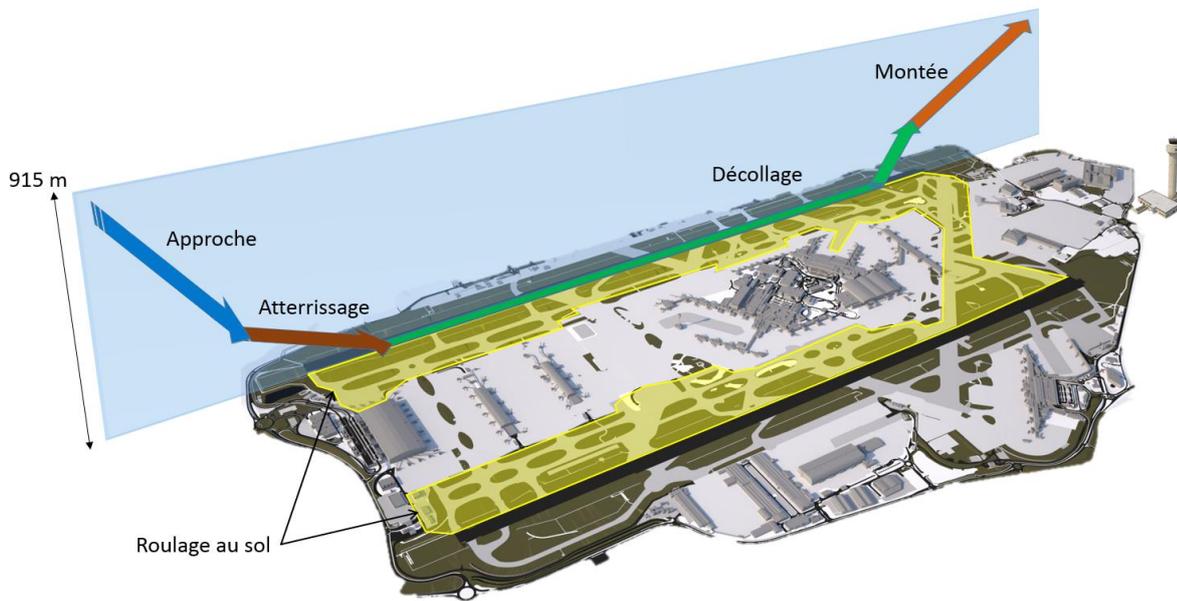


Figure 17 : Schématisation du cycle atterrissage/roulage/décollage (cycle LTO).

Les FE pour les cycles LTO sont extraits du chapitre 1.A.3.a d'EMEP relatifs à l'aviation. Les FE sont donnés en kg/LTO et sont propres à chaque type d'appareil. LES FE pour le Taxiing et les APU sont tirés de la méthodologie CITEPA.

Les émissions annuelles par le cycle LTO ont été extrapolées à partir des arrivées d'une journée caractéristique (18 arrivées) d'août, comprenant des vols commerciaux long-courriers sur des engins représentatifs (A320, A332, A333, B737, B739, B738, B788, et E190). On considèrera donc 36 LTO par jour.

Pour le Taxiing et les APU, le nombre de mouvements totaux de l'année 2018 a été pris en compte. Pour chaque appareillage, on considère une durée passée au poste avion par défaut (45 minutes) selon les recommandations du CITEPA.

Les FE des GSE sont extraits du document CITEPA et de la méthodologie développée par l'aéroport de Zurich²⁶. Ils sont en kg/heure. Les temps annuels d'utilisation n'étant pas disponibles, il a été considéré les valeurs par défaut citées par le California Air Resources Board²⁷.

Les émissions sont présentées dans le tableau suivant.

²⁶ Zurich Airport. (2014). Aircraft ground Handling Emissions, Methodology and Emissions Factors

²⁷ California Air Resource Board. (2003). Ground Support Equipment. <https://ww3.arb.ca.gov/msprog/offroad/gse/gsebackground.htm>

Tableau 15 : Emissions annuelles (en tonne) par le trafic aérien.

	CO	COV	NO _x	PM10	SO ₂
Cycle LTO	112.6	10.9	284.1	1.5	16.7
Taxiing	0.1	0.0	0.3	0.0	0.0
APU	2.8	2.1	31.8	0.5	0.0
GSE	11.7	6.5	5.9	5.9	0.0
Total	127.2	19.5	322.1	7.9	16.7

4.2.8 Bilan

Les contributions de chacun des secteurs aux émissions totales primaires sont présentées dans le tableau suivant.

A l'instar des résultats montrés dans de nombreuses études sur la qualité de l'air en milieu urbain, le trafic routier et la combustion résidentielle sont les principaux responsables de la pollution atmosphérique. Emissions de SO₂ mises à part, ces deux secteurs contribuent pour plus de 85 % au budget total des émissions de chacun des polluants considérés dans cette étude. En revanche, les émissions par le trafic aérien et les installations aéroportuaires sont globalement négligeables.

Le trafic routier est le principal contributeur au budget global de NO_x, tandis que la combustion résidentielle est responsable en majorité des émissions de CO. Ces 2 secteurs sont aussi les principaux contributeurs au budget total de COV. Les sources responsables des émissions de SO₂ sont typiquement associées au secteur susceptibles de consommer des carburants peu raffinés, riches en soufre. Ici les émissions sont principalement liées au trafic routier (50%) et à la combustion de fioul lourd dans les centrales thermiques (32.3%).

Au niveau des émissions en PM10 ; la combustion résidentielle (47.6%) et le trafic routier (43.3%) sont les principaux contributeurs au budget total de PM10. On notera également que si l'on exclue les particules remises en suspension par le trafic routier²⁸, alors la combustion résidentielle est le principal contributeur au budget total de PM10 (80.6% pour le résidentiel contre 4% pour le trafic routier).

Tableau 16 : Contributions aux émissions totales des secteurs d'activité évoqués à Bamako comme principaux responsables de la pollution atmosphérique.

	CO	COV	NO _x	PM10	SO ₂
Total (t/an)	85 019	24 297	11 074	28 972	4 587
Trafic Routier (%)	22.2	58.4	82.1	43.3	51.9
Combustion Résidentielle (%)	77.2	40.5	7.4	47.6	3.9
Dépôts d'hydrocarbures (%)	-	0.2	-	-	-
Centrales Thermiques (%)	0.1	0.0	4.0	0.3	33.5
Incinération des Déchets (%)	0.4	0.8	3.5	8.8	10.3
Trafic Aérien (%)	0.1	< 0.1	2.9	< 0.1	0.4

²⁸ Ce résultat permet de re-contextualiser les estimations de ce rapport. En effet, la grande majorité des études de qualité de l'air, lorsqu'elles s'attachent à déterminer la contribution des différents secteurs aux niveaux de concentration en PM dans l'air ambiant, font la distinction entre les PM dues à l'échappement et à l'abrasion des PM remises en suspension.

5. Méthodologie employée pour la dispersion atmosphérique

5.1 Outil numérique pour la modélisation atmosphérique

Le travail de modélisation de la concentration des polluants a été effectué à l'aide du logiciel de modélisation de dispersion atmosphérique *ADMS* (Cambridge Environmental Research Consultant Ltd) et sa suite *ADMS Roads*.

ADMS est un modèle de type gaussien, reconnu par les experts des institutions publiques et privées de la pollution atmosphérique en France et à l'international (INERIS, US-EPA, etc.) Le modèle permet l'étude d'impacts de rejets chroniques ou accidentels à l'échelle locale et pour des environnements complexes. Il inclut notamment la prise en compte de phénomènes météorologiques complexes, et une description fine de la couche limite.

Dans le cadre de ce projet, le modèle ADMS est particulièrement bien adapté pour répondre aux enjeux de la pollution de l'air à l'échelle de la ville de Bamako. ADMS est capable de prendre en compte :

- La surélévation des panaches liée aux paramètres d'émissions des sources canalisées ;
- Un historique représentatif des conditions météorologiques caractérisées par les paramètres pouvant avoir une influence sur la dispersion des panaches : vitesses et direction du vents, températures, nébulosité et précipitations ;
- Les conditions de vents calmes ;
- L'occupation des sols pouvant selon le type de sol modifier la dispersion des panaches ;
- La prise en compte de la recirculation de la pollution dans les rues dites canyon.

5.2 Paramétrisation de l'outil de modélisation

5.2.1 Paramétrisation générale du modèle

La paramétrisation générale de la modélisation intègre les caractéristiques suivantes :

- Une zone d'étude de 730 km² qui contient la totalité du district de Bamako ;
- Un maillage régulier de cette zone de 260 m x 260 m ;
- Une hauteur de rugosité de 1 m, typique d'une zone urbaine ;
- Les conditions météorologiques de 2018 avec une résolution temporelle horaire ;
- L'activation du module ADMS « vents calmes » qui tient compte de la composante de dispersion radiale caractéristique de ces vents calmes ;
- L'hypothèse majorante que les NO_x sont convertis intégralement en NO₂ ;
- L'hypothèse majorante que le benzène contribue à hauteur de 5.61 % en masse de la concentration en COV totale²⁹ ;
- En sortie :
 - Les concentrations moyennes annuelles. Ces données sont comparées aux standards internationaux et aux moyennes des mesures du mois de juillet. Elles permettent de valider le modèle.

²⁹ D'après les facteurs d'émission EMEP des véhicules 2 roues essence, principaux contributeurs de COV.

- Les concentrations sur une durée d'exposition plus courte (24 heures pour les PM10 et le SO₂, et sur 8 heures glissantes pour le CO), afin de mieux apprécier les risques toxiques aigus de ces polluants.

5.2.2 Paramétrisation propre à chaque source

5.2.2.1 Emissions aéroportuaires et industrielles

Les centrales thermiques sont assimilées à des sources ponctuelles sur la base des informations fournies lors des enquêtes auprès des personnels concernés (Tableau 17).

Tableau 17 : Caractéristiques des sources aéroportuaires et industrielles

Source	Type de source	Surface (m ²)	Hauteur (m)	Température de rejet (°C)
Dépôt StarOil	Volumique	7 290	5	Ambiante
Dépôt Sanke	Volumique	3 050	5	
Dépôt ONAP	Volumique	8 600	5	
Dépôt HRS	Volumique	8 700	5	
Centrale BID	Ponctuelle	-	40	
Centrale Deutz	Ponctuelle	-	33	
Centrale DarSalam	Ponctuelle	-	15	
Taxiing	Volumique	10 000 000	3.5	
CPU	Volumique	1 000 000	12	
GSE	Volumique	1 000 000	12	

Les dépôts sont assimilés à des sources volumiques. On considère la hauteur H du volume comme la hauteur des tanks.

Les émissions CPU, GSE, et Taxiing de la plateforme aéroportuaire sont également assimilées à des sources volumiques. Les émissions par le cycle LTO n'ont pas été intégrées à la modélisation. La hauteur (principalement > 500 m) de ce type de rejet ne leur permet pas d'influencer de façon significative les sorties du modèle.

Les émissions sont recalculées en g/m²/s ou g/m³/s selon le type de la source et sur la base des budgets estimés lors de l'inventaire d'émissions.

5.2.2.2 Emissions par le trafic routier

La dispersion des émissions par le trafic routier a été modélisée via la suite d'ADMS, *ADMS Roads*, qui prend en compte l'effet canyon. Le réseau routier modélisé comprend les axes sondés pendant la campagne de sondage (axes structurants et secondaires) et le restant du réseau secondaire.

Les axes tertiaires n'ont pas été pris en compte.

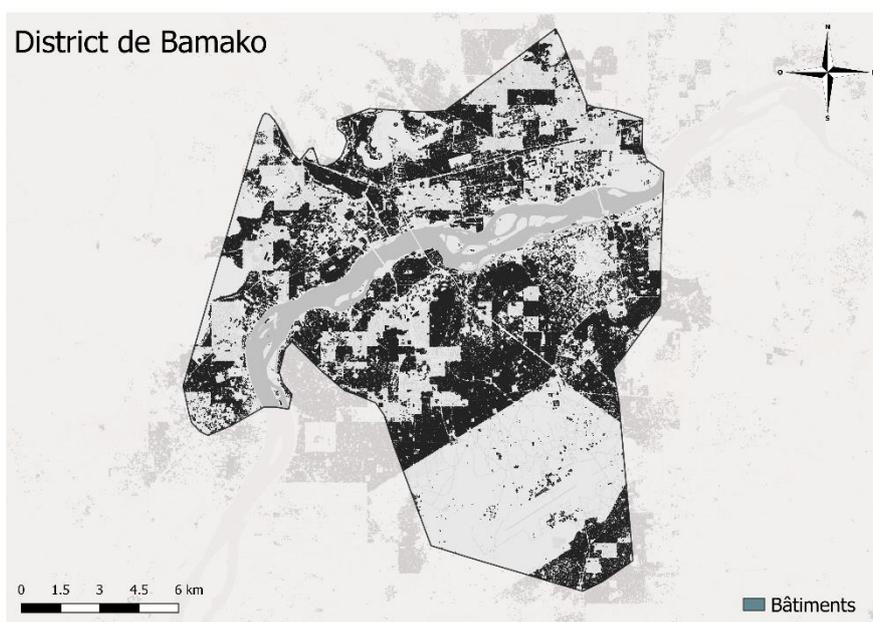
Sur les axes sondés, ont été renseignés les vitesses moyennes, le nombre de véhicule, et la typologie des tronçons. Sur la base des données du réseau secondaire sondé, ont ensuite été calculés et utilisés dans le modèle, un nombre moyen de véhicules et une vitesse de circulation moyenne.

5.2.2.3 Emissions de la combustion résidentielle et de l'incinération des déchets

Les émissions de la combustion résidentielle et de l'incinération des déchets ont été traitées de façon analogue, en les considérant comme de type surfacique.

Le processus de spatialisation présenté ici est tiré de la méthode développée par le LCSQA³⁰ en France. La zone d'étude a initialement été découpée en un maillage régulier de 260 m x 260 m. Pour chacune des cellules, le nombre d'habitants a été calculé en tenant compte de la population totale dans chaque commune du district et du taux d'occupation des bâtiments spécifique à chacune des cellules du maillage. Le processus de croisement des données de bâtiments et de population est présenté sur la figure suivante.

Les émissions résidentielles et d'incinération des déchets ont été rapportées par habitants (spécifiées en partie 4.1.2). Ainsi, la spatialisation des émissions de ces deux secteurs sur le maillage régulier de 260 m x 260 m a été réalisée à partir du produit des émissions unitaires avec le nombre d'habitants résidents dans chaque cellule.



³⁰ Guide méthodologique pour l'élaboration des inventaires territoriaux des émissions atmosphériques. LSCQA. Novembre 2012

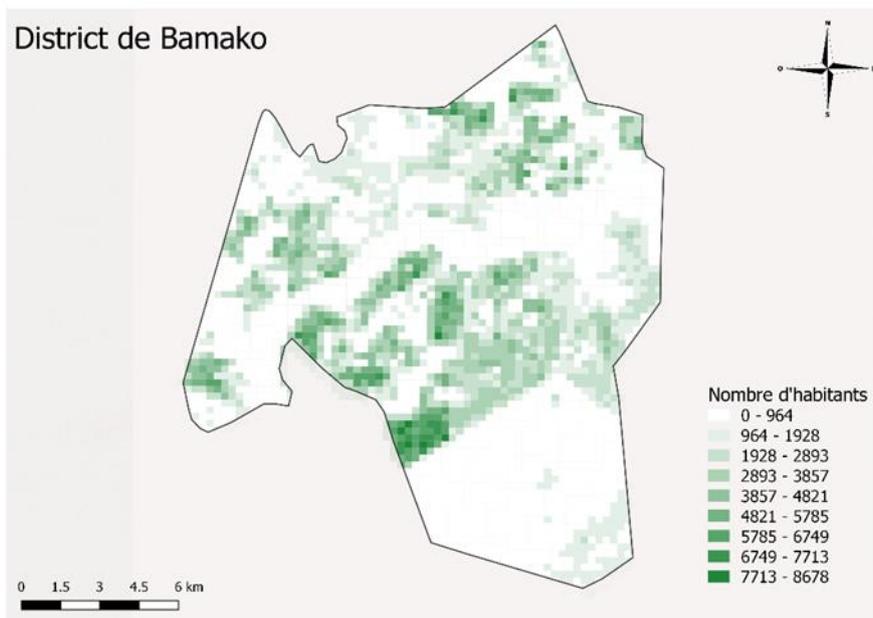


Figure 18 : (Figure supérieure) localisation des bâtiments (source : Open Street Map) et, (Figure inférieure) : nombre d'habitants sur une grille de 260 x 260 m

5.2.3 Validation du modèle avec les résultats des mesures

Le modèle numérique a été calibré en utilisant les données d'observation réalisées lors de la campagne de mesure réalisée au mois de juillet 2019. Pour rappel, cette campagne a été l'occasion de caractériser les niveaux de pollution observés et définis comme le fond urbain dans la ville de Bamako.

Le modèle de dispersion a été configuré pour reproduire au mieux les conditions de la campagne de mesures. Plus précisément :

- Les conditions météorologiques observées durant cette période ont été appliquées ;
- Les points de prélèvement ont été modélisés à 1,5 m au-dessus du sol.

A noter que les émissions n'ont, quant à elles, pas été modulées sur la période la campagne par manque de données consolidées et homogènes sur l'ensemble des sources caractérisées. Ces émissions sont des estimations annuelles prises en compte dans la modélisation. Par conséquent, la modélisation proposée ici n'est pas en mesure de reproduire la contribution d'une source locale ayant lieu durant la campagne de prélèvement.

Les résultats des comparaisons modèle / mesures sont présentés sous forme d'histogrammes dans la figure suivante pour chaque polluant. A titre indicatif, des barres d'incertitudes de 30% pour les mesures de CO, de benzène et de NO₂, 50% pour les poussières fines (PM₁₀) et 25% pour le SO₂ ont été reportées conformément aux objectifs de qualité prévus dans la directive européenne CE/50/2008. Selon la même directive, une incertitude tolérée de 50% est acceptée pour les résultats obtenus avec le modèle de dispersion.

Cette comparaison polluant par polluant peut être résumée comme suit :

- Pour les poussières (PM₁₀) : les niveaux modélisés sont du même ordre de grandeur que les valeurs mesurées dans les gammes d'incertitudes établies. Les tendances sur les niveaux entre les deux points de mesures sont bien respectées avec modélisation.

- Pour le SO₂, le NO₂ et le benzène : les concentrations modélisées sont relativement proches des mesures. De façon analogue, les tendances sont globalement respectées entre les points de mesures ;
- Pour le CO : On observe une large sous-estimation du modèle par rapport aux mesures d'un facteur 12. Ceci peut s'expliquer par une sous-estimation des émissions caractérisées dans cette étude notamment en raison des facteurs d'émission appliqués. Ces derniers sont généralement utilisés dans un contexte européen et peuvent par conséquent être peu représentatifs des émissions de ce polluant au niveau de la ville de Bamako. Par conséquent, un facteur de correction a été appliqué sur l'ensemble du domaine aux concentrations modélisées de CO dans cette étude. Ce facteur correctif, une fois appliqué permet d'obtenir des niveaux de concentrations des polluants proches de ceux observés (écart de 10% en moyenne).

L'analyse comparative modèle / mesures montre que, pour l'ensemble des polluant, à l'exception du CO, les niveaux modélisés sont représentatifs des valeurs mesurées durant la campagne, et ceci dans la gamme d'incertitude tolérée.

Concernant le CO, un facteur correctif a été appliqué afin de reproduire la signature des concentrations mesurées. Un point de vigilance sur ce polluant sera maintenu, dans cette étude, notamment pour comprendre l'origine de ces écarts, avec une attention particulière sur les sources d'émissions et les facteurs d'émission sectoriels employés.

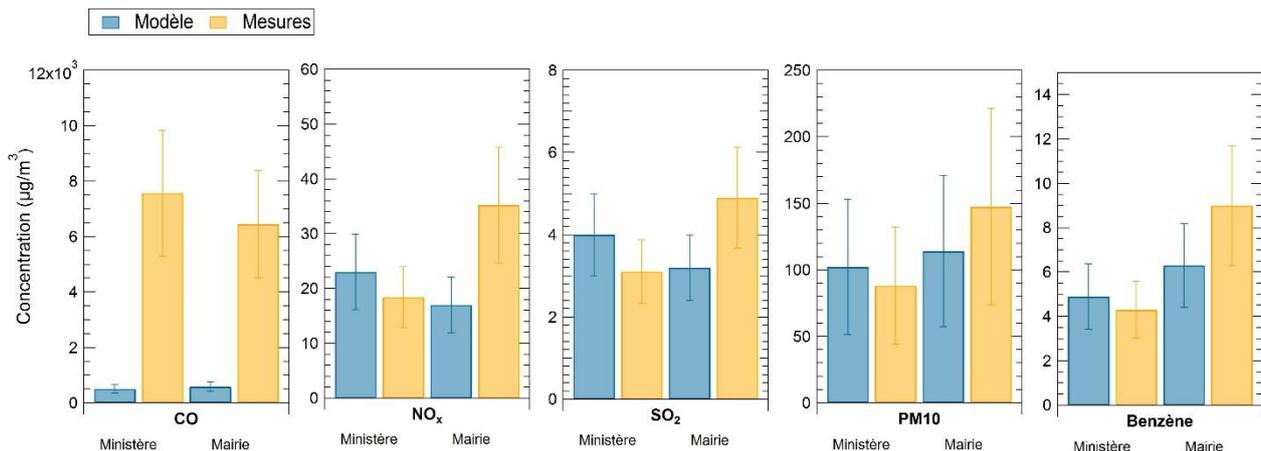


Figure 19 : Comparaison modèle / mesures durant la campagne de prélèvement.

Enfin, cette analyse modèle / mesures permet de calibrer le modèle sur la base des tendances observées en situation de fond au cours de la campagne 2019. On notera également que les deux campagnes ont été préalablement comparées dans cette étude, montrant des résultats similaires pour l'ensemble des polluants à l'exception des poussières. La comparaison faite sur les poussières a montré une plus forte contribution des poussières sahariennes en 2009 compte tenu de l'Harmattan et des conditions sèches observées.

En conclusion, ce travail de comparaison montre que le modèle ainsi calibré est représentatif de la situation de la qualité de l'air moyenne annuelle sur Bamako, en s'affranchissant des contributions trop fortes d'origine naturelle tout considérant les sources de pollution anthropique au niveau de la ville de Bamako.

6. Cartographie de la pollution atmosphérique et impacts sanitaires

6.1 Cartographie de la pollution atmosphérique

Les cartographies de la pollution atmosphérique ont été construites en intégrant les standards internationaux pour chacun des polluants investigués. Le tableau suivant compile l'ensemble des valeurs applicables remontées depuis les trois organismes références dans le domaine (OMS, US-EPA et Union Européenne). Les valeurs OMS sont des recommandations de seuils à ne pas dépasser définis d'après les effets sur la santé des différents polluants. Ces recommandations indiquent que si ces seuils sont dépassés, des effets néfastes avérés sur la santé sont à attendre. Les valeurs de l'Union Européenne et l'US-EPA sont des valeurs limites applicables sur les territoires respectifs. Il s'agit, de façon analogue aux valeurs de l'OMS, à des valeurs au-dessus desquelles des effets néfastes sur la santé sont observés, mais elles sont également réglementaires c'est-à-dire qu'elle doivent être respectées.

Dans la suite de cette étude, les valeurs les plus pénalisantes ont été utilisées. Il s'agit des valeurs guide de l'OMS pour l'ensemble des polluants à l'exception du benzène, polluant pour lequel l'OMS ne préconise aucune valeur. L'US-EPA ne considère pas le benzène comme faisant partie des traceurs critiques (NAAQS) d'évaluation de la qualité de l'air tel que définis dans le document de référence, le « Clean Air Act » et ceci à la différence de l'Union Européenne. Cette dernière définit une valeur annuelle moyenne à respecter pour le benzène et qui est égale à 5 µg/m³. Cette valeur a été utilisée dans la suite de cette étude.

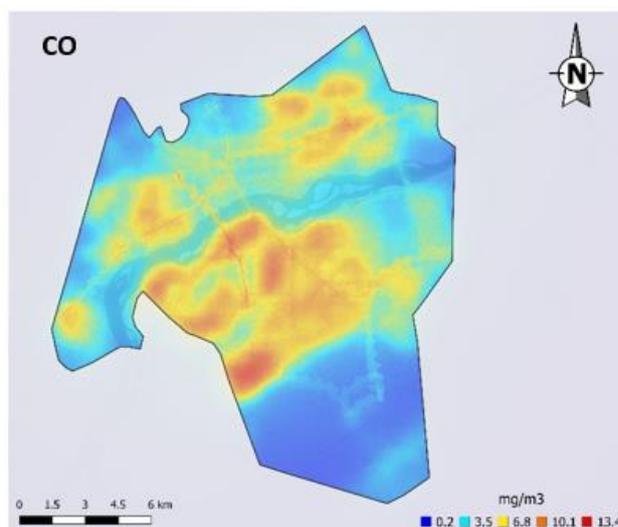
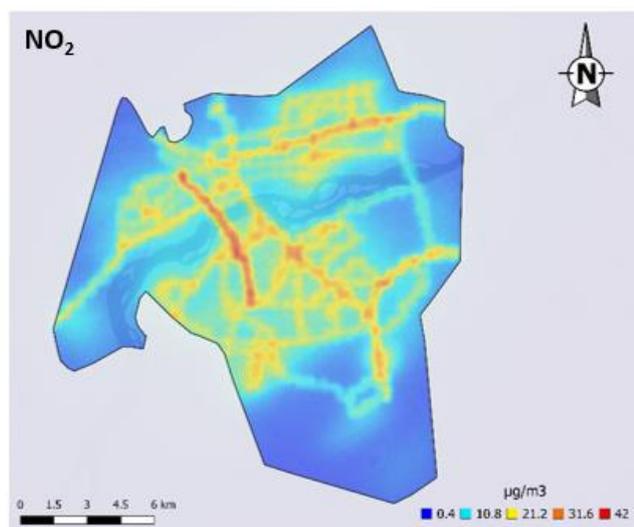
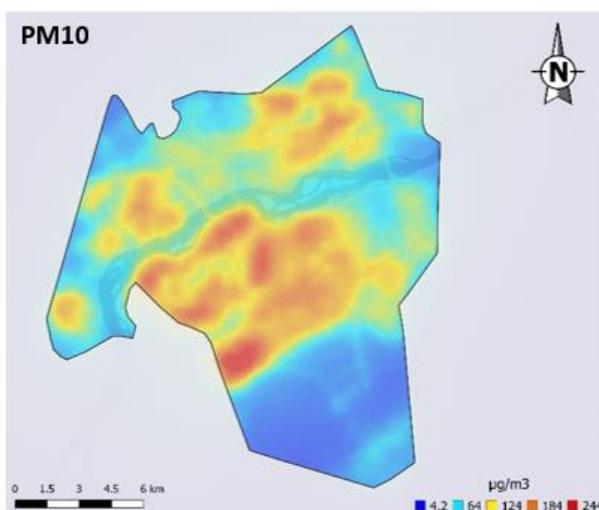
Polluant	Exposition	Valeurs Guides de Concentration (µg/m ³) de l'OMS	Valeurs Limites de Concentration (µg/m ³) de l'UE	Valeurs Limites de Concentration (µg/m ³) de l'US-EPA ³¹
SO ₂	Horaire		350	
	Journalière	20	125 (3 jours max de dépassement autorisés)	
	Annuelle	50		215
NO ₂	Horaire	200	200	125
	Annuelle	40	40	66
NO _x	Horaire	400		
	Journalière	150		
O ₃	8 heures	100	120	115
PM10	Journalière	50	50 (35 jours max de dépassement autorisés)	150
	Annuelle	20	40	
PM2.5	Journalière	25		35
	Annuelle	10	25	15
CO	Horaire	30 000 (Air Intérieur)		35 000
	8 heures		10 000	9 000
Benzène (C ₆ H ₆)	Annuelle		5	

³¹ Convertis depuis ppbV

Tableau 18 : Valeurs guides de l'état de la qualité de l'air.

6.1.1 Moyennes Annuelles

Les cartographies de concentration des émissions sont présentées dans les figures suivantes ainsi qu'en Annexe 4 et Annexe 5. Les résultats sont comparés aux valeurs de concentration de référence relatives aux valeurs annuelles quand elles existent (Tableau 18). La Figure 20 permet d'apprécier la répartition spatiale des panaches de pollution pour voir les zones d'émissions les plus impactantes. La Figure 21 permet d'évaluer les zones de la ville dont les niveaux de pollution présentes un impact sanitaire significatif. Dans ce cas de figure, les niveaux de pollution ont été mis en regard des valeurs règlementaires applicables discutées dans le paragraphe précédent.



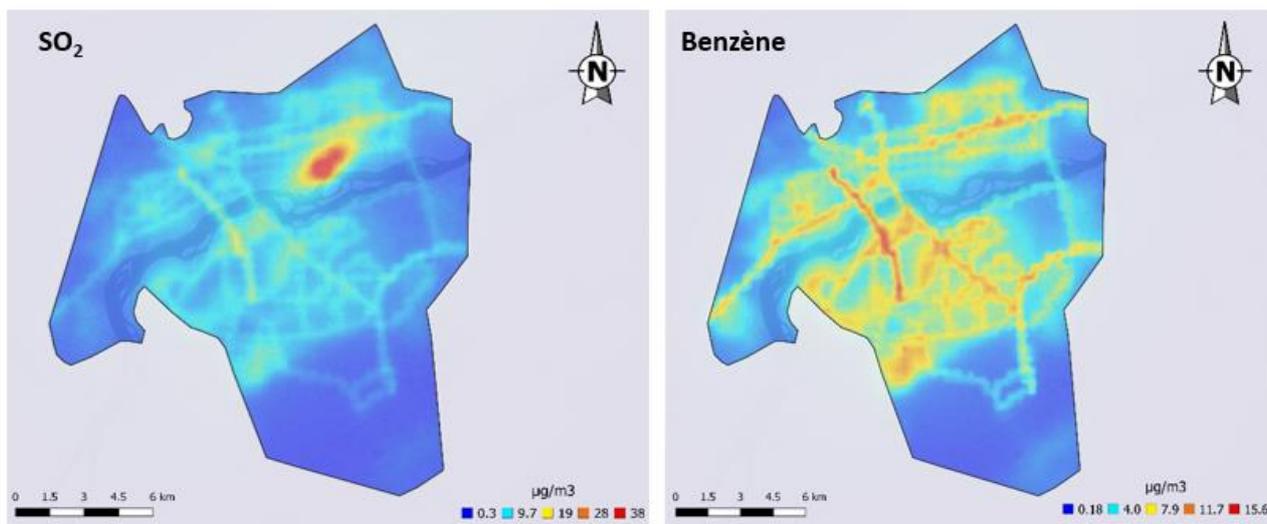


Figure 20 : Concentrations en moyenne annuelle.

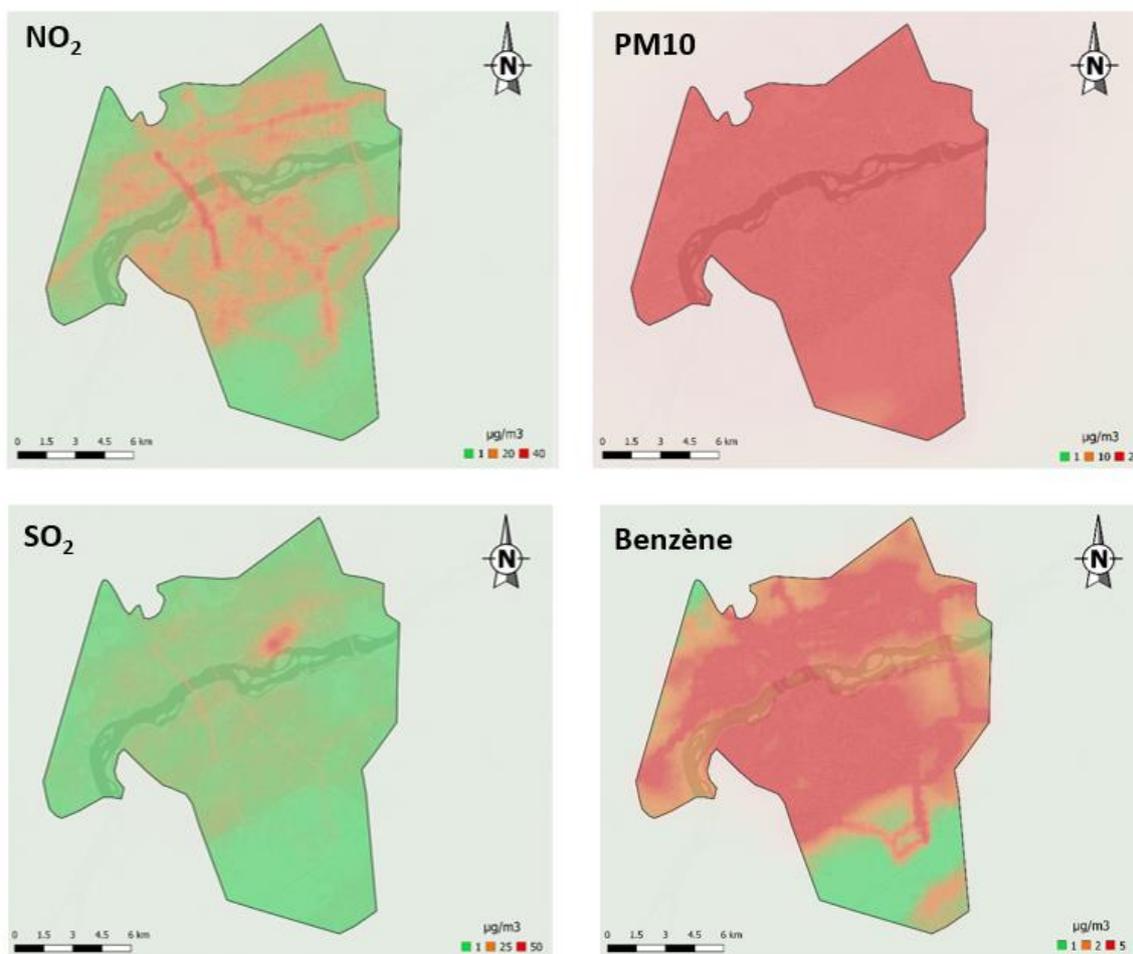


Figure 21 : Cartes de dépassement des standards internationaux (concentrations moyennes annuelles) sur la ville de Bamako.

L'analyse de ces cartographies montre :

- Pour le NO₂, l'influence principale sur les niveaux de pollution calculés est d'origine routière. La valeur guide est dépassée uniquement au niveau des axes structurants dans la ville. Les valeurs tendent à diminuer rapidement avec l'éloignement des routes pour retomber sur des niveaux de l'ordre de quelques µg/m³ au maximum.
- Concernant le benzène, les niveaux de pollution dépassent la valeur réglementaire sur une large partie de la ville de Bamako. Ces zones sont principalement localisées à proximité du réseau routier structurant de la ville et des lieux de fortes densités de population (notamment la partie sud-ouest de la ville). Ces tendances traduisent l'impact important des véhicules fonctionnant à l'essence, en particulier les véhicules 2-roues largement représentés dans le parc roulant de la ville. En parallèle, la contribution du secteur résidentiel, en particulier la combustion de cuisson a également une influence notable sur les niveaux de pollution en benzène.
- Au niveau des concentrations de SO₂ : globalement les valeurs réglementaires sont respectées sur grande majorité du domaine. La principale zone de dépassement est localisée sur une petite partie de la ville au niveau de la zone nord-est en proximité immédiate des deux réacteurs de la centrale thermique de Balingué. On observe également des zones très localisées au niveau des axes routiers les plus fréquentés.

- Pour les poussières (PM10) et pour le CO: les niveaux de pollution de ces deux traceurs montrent des signatures sur leurs impacts analogues, c'est-à-dire influencés majoritairement par le secteur résidentiel (combustion de bois). Au regard des valeurs règlementaires, des niveaux alarmants ont été calculés pour les PM10 sur la quasi-totalité de la ville.

En conclusion, ces cartographies de la qualité de l'air sur la ville de Bamako indiquent des niveaux sanitaires potentiellement alarmants pour deux polluants : les poussières (PM10) et le benzène. Ces niveaux importants s'expliquent par les émissions résultantes du secteur résidentiel (combustion de bois) et du secteur routier. L'influence forte de ces deux secteurs révèle également des niveaux importants de monoxyde de carbone (CO). On notera, finalement, l'influence du secteur industriel, marqué par des niveaux importants localisés sous les vents des installations pour le dioxyde de soufre (SO₂).

6.1.2 Indice de la qualité de l'air

L'indice de qualité de l'air (IQA) est utilisé pour rendre compte de la qualité de l'air globale à une résolution horaire ou journalière. L'IQA présenté est établi d'après les valeurs de concentration moyennes annuelles selon une méthodologie développée pour ce rapport. Elle est détaillée en Annexe 6.

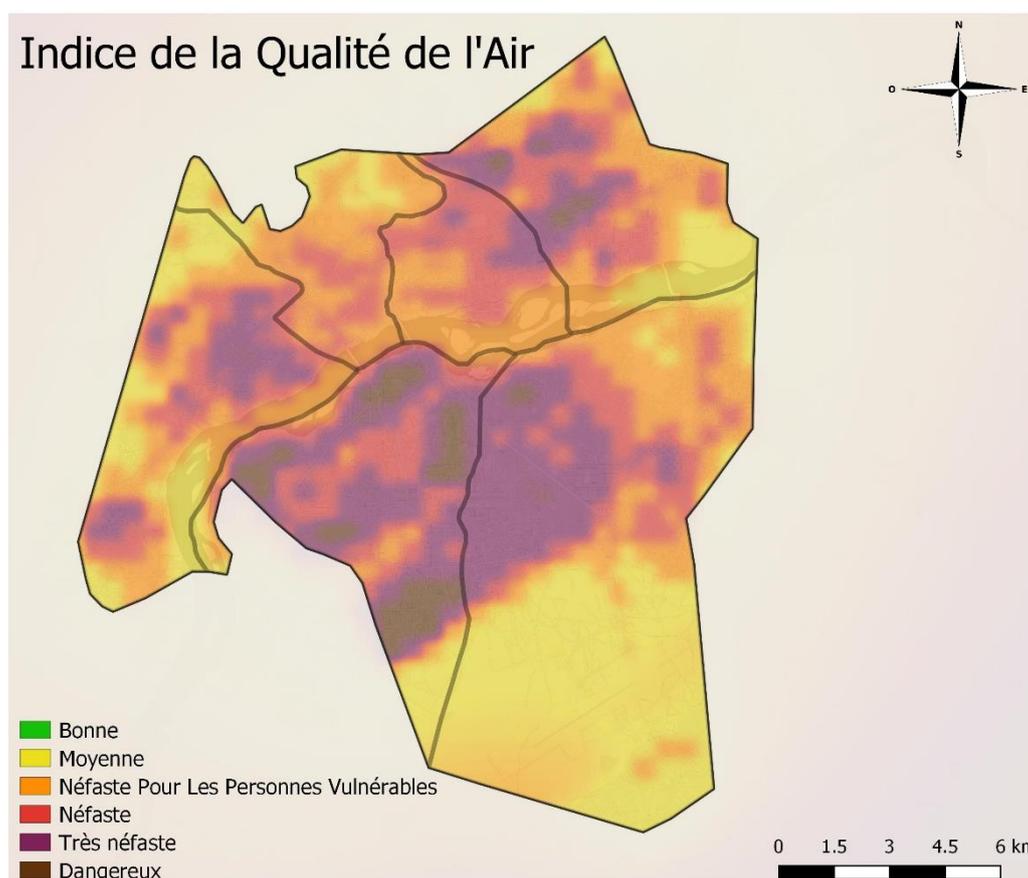


Figure 22 : Indice de la Qualité de l'Air à Bamako d'après les valeurs de concentration moyennes annuelles.

La cartographie ci-dessus met ainsi en évidence la mauvaise qualité de l'air du district, et ce sur l'ensemble du territoire. La qualité de l'air de Bamako peut être qualifiée de moyenne à dangereuse pour l'homme. Les zones les plus touchées sont les zones de plus forte densité (voir aussi section 6.3.2 – Diagnostic IPP).

6.1.3 Concentration sur un temps d'exposition aigu

Les concentrations sur des durées d'exposition plus courtes sont pertinentes dans le contexte de l'étude des effets aigus des polluants sur la santé.

De façon analogue aux cartographies présentées en partie 6.1.1, les cartographies suivantes montrent (1) pour le dioxyde de soufre (SO₂) et les poussières (PM10) les maximas des concentrations moyennes journalières modélisées et les zones de dépassement des valeurs de référence, (2) pour le monoxyde de carbone (CO) les maximas des concentrations moyennes sur 8 heures glissantes modélisées et les zones de dépassement des valeurs de référence. Les cartographies de concentration des émissions sont également disponibles en Annexe 7 et Annexe 8.

Les valeurs en sortie sont largement plus élevées que les moyennes annuelles. La situation dans ce contexte révèle un état de la qualité de l'air plus problématique encore que les concentrations moyennes annuelles ne laissent envisager. La quasi-totalité du territoire est en zone de dépassement des valeurs de référence. C'est entre autre le cas du SO₂, où la valeur de moyenne annuelle ne montre pourtant qu'un effet limité de la pollution.

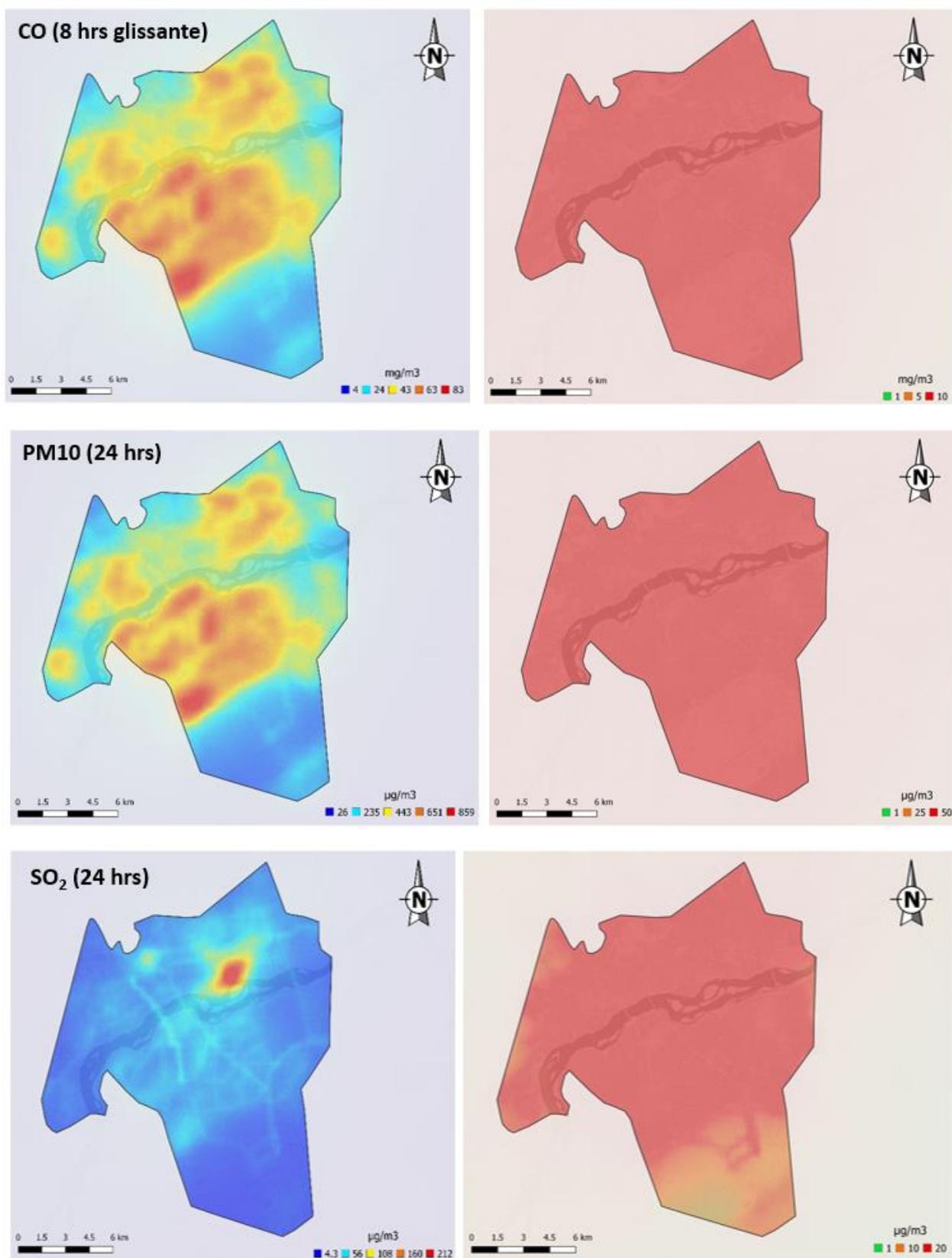


Figure 23 : Maxima des concentrations modélisées sur un temps d'exposition aigu.

6.2 Contribution des sources aux concentrations moyennes annuelles

Les cartographies ci-dessous mettent en évidence la source principale, parmi les secteurs d'activité suivant (trafic routier, combustion résidentielle, incinération des déchets, trafic aérien, sites industriels incluant dépôt de pétrole et centrales thermiques) des concentrations moyennes annuelles observées, et ce en chaque point de la zone d'étude.

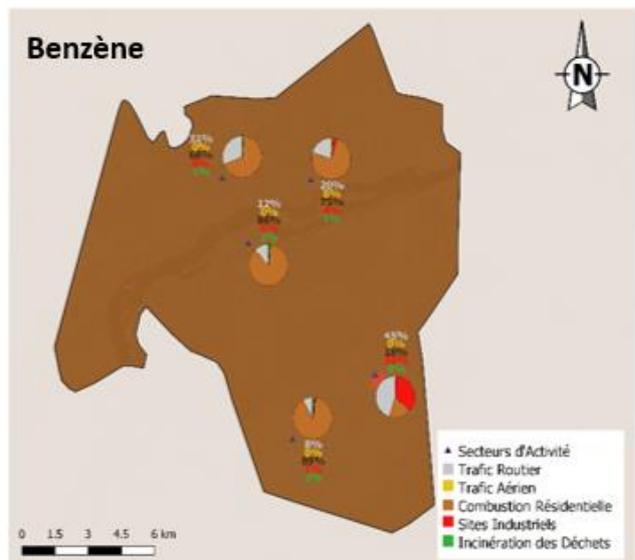
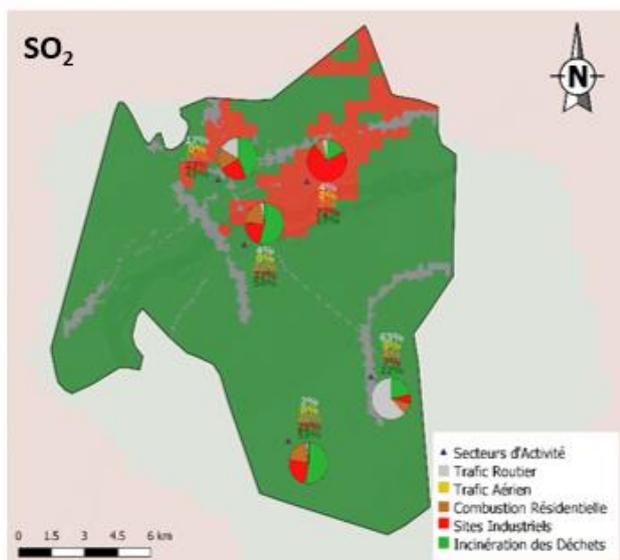
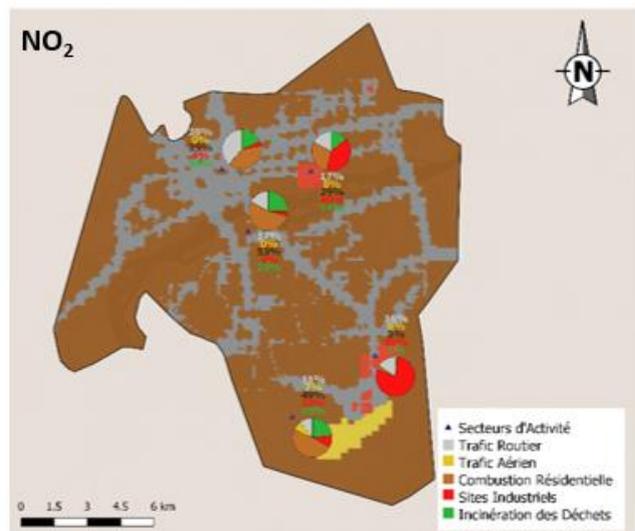
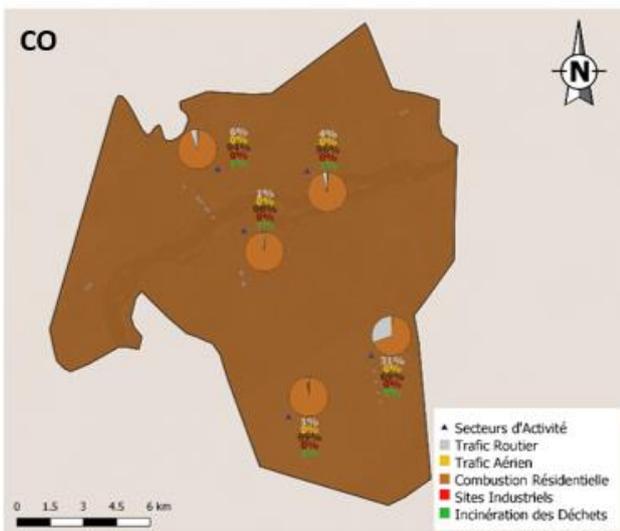
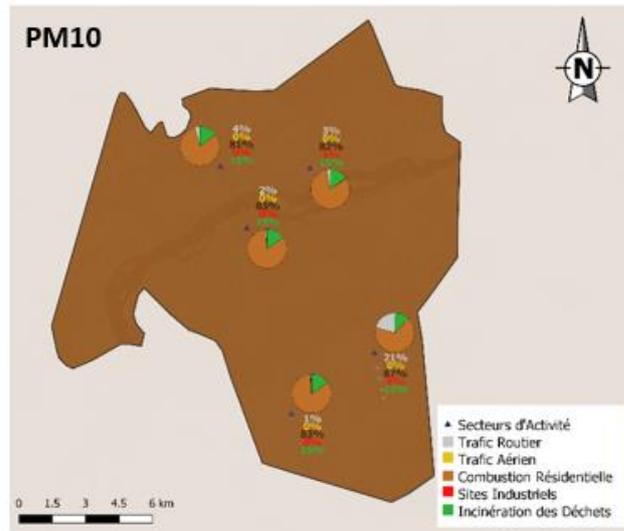


Figure 24 : Contribution par secteur d'activité aux concentrations moyennes annuelles. Pour chaque maille est représenté le contributeur majoritaire.

L'analyse de ces cartographies montre :

- Pour le CO, le benzène, et les PM, la combustion résidentielle est sans équivoque le principal contributeur sur la quasi-totalité des secteurs qui divisent le district. Le trafic routier sur certains secteurs proches des principaux axes routiers ressort comme la principale source de CO. Sur la cartographie du benzène, une zone rouge au sud-est du district ressort. Elle traduit les émissions importantes de COV par le dépôt de pétrole. Le détail des contributions en quelques points particuliers du district montre également la contribution significative du trafic routier et de l'incinération des déchets.
- Concernant le NO₂, la cartographie révèle une situation plus complexe. Le trafic routier, principale source d'émissions de NO₂, est ainsi le secteur majoritaire sur les secteurs à proximité immédiate d'axes routiers majeurs. En revanche, sur des secteurs plus éloignés, la combustion résidentielle redevient le principal contributeur, exception faite en proximité ou sur la zone de l'aéroport.
- Enfin au regard des concentrations moyennes de SO₂, la sectorisation des contributions met bien en avant le rôle des centrales thermiques dans les niveaux de concentrations observées sur les zones proches de ces sites. Hors des zones d'impact des panaches, l'incinération des déchets et le trafic routier sont les principales sources des concentrations observées.

Ainsi, la combustion résidentielle apparaît comme un secteur pertinent à cibler dans le cadre de la mise en œuvre d'une stratégie de mitigation des pollutions. Aussi, de manière plus générale, le travail de modélisation et ce type de représentation permet d'identifier en chaque point de l'espace l'origine de la pollution. L'outil pourrait permettre de renseigner sur les secteurs d'activité responsables au niveau d'établissement sensibles, par exemple des hôpitaux, des écoles, etc.

6.3 Impacts Sanitaires

L'impact sur la santé, notamment sur le système respiratoire, de la pollution de l'air est déjà explicité au paragraphe 2.4.2. de ce rapport. La partie suivante s'attache dès lors à :

- Chiffrer l'impact sanitaire impact en terme de :
 - Nombre de victimes (sur la base des annuaires sanitaires de la ville et des estimations par les agences de santé) ;
 - Evaluation des coûts d'hospitalisation et de la mortalité.
- Evaluer les zones de population exposée à travers l'indice de Pollution – Population (IPP).

6.3.1 Recensement des victimes et évaluation des coûts de santé

Selon les chiffres des agences de Santé et de l'Environnement Européennes et Mondiales, chaque 10 µg/m³ de PM_{2.5} contribuerait à augmenter entre 4 et 8.3 % le taux de mortalité d'une population exposée³².

A Bamako, sur la base de la concentration en PM₁₀ la plus haute mesurée lors de la campagne (172.8 µg/m³), on peut estimer à entre 6.9 et 14.34 % l'augmentation du taux de mortalité due à la pollution par les particules.

Selon les données sanitaires de la ville extraites des annuaires sanitaires des hôpitaux et centres de santé de la ville et qui répertorie le nombre d'admissions et de décès annuels selon la pathologie et l'âge du patient, les pathologies liées au système respiratoire (toux et infections respiratoires aiguës) étaient en 2018 la, 2^{ème} cause d'admission à l'hôpital, derrière les cas de Paludisme suspects ou avérés (Figure 25). Cela représente

³² Rapport de l'Agence de l'Environnement (2018). *Assessing the risks to health from air pollution*. Sur la base de chiffres par l'OMS.

157 749 admissions au total pour la ville de Bamako, soit 12% des admissions. 83 décès liés à ces pathologies ont été recensés sur l'ensemble de la ville. Les pathologies des sinus, du nez, et de la gorge, pour lesquelles il peut être soutenu qu'elles sont en parties dues à un mauvais état de la qualité de l'air représentaient 10 097 admission, soit la 3^{ème} cause d'admissions dans les hôpitaux du district.

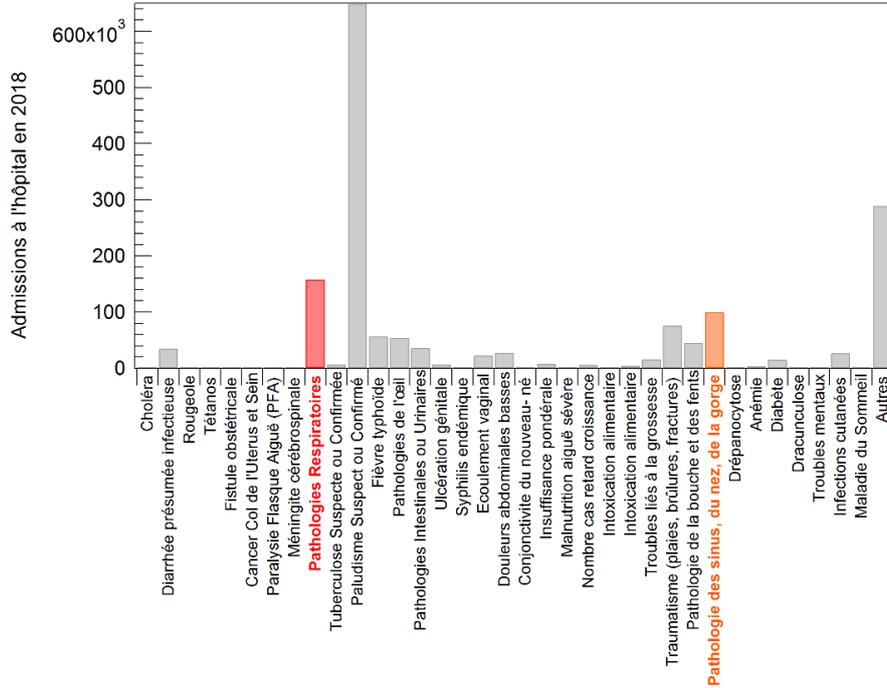


Figure 25 : Répartition selon les pathologies des admissions de Bamako en 2018.

Les enfants de moins de 4 ans, les plus vulnérables, sont aussi les plus touchés (Figure 19).

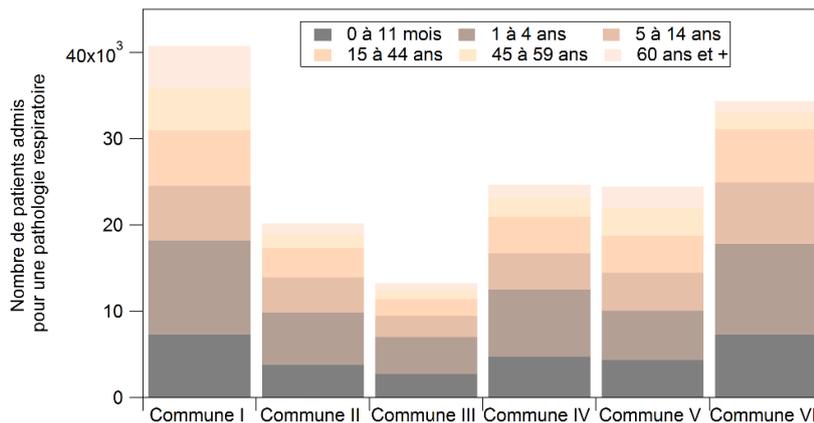


Figure 26 : Admissions à l'hôpital liées à des pathologies respiratoires pour la ville de Bamako en 2018.

Commune par commune, la commune I à l'est recensait en 2018 le plus grand nombre d'admissions pour ce type de pathologies (40 739 admis) (Figure 26) et le plus grand nombre de décès (65 décès). Rapporté au nombre d'habitants cependant, on observe peu ou pas de différences entre les communes I, II et III. La

commune V apparaît comme la moins impactée. Il reste cependant difficile de tirer plus de conclusions à partir du moment où la même distribution apparaît lorsqu'on considère l'ensemble des pathologies.

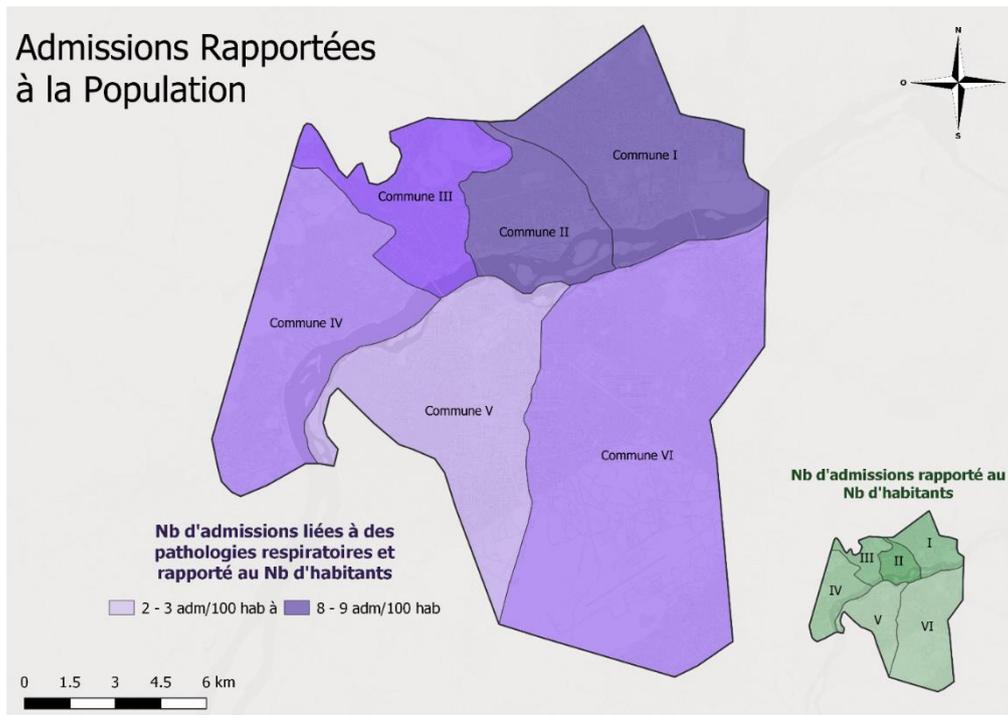


Figure 27 : Admissions à l'hôpital liées à des pathologies respiratoires et admissions totales rapportées au nombre d'habitants par commune.

Cette pollution représente un coût qui à l'échelle de la ville n'est pas négligeable. Selon les estimations, le coût total des admissions en 2018 liées aux pathologies respiratoires se chiffrerait à environ 2.4 Millions €³³ Le coût de la mortalité est évalué sur la base du nombre d'année perdues, et donc la perte du bénéfice du travail apporté. En se basant sur une moyenne de 10 années de travail perdu par mort prématurée, à un coût de 756 €³⁴ l'année, le décès prématurée d'une personne coûterait 7560 €³⁵.

6.3.2 Diagnostic sur les populations exposées – indicateur IPP

L'indice de Pollution – Population (IPP) représente l'exposition potentielle des personnes à la pollution atmosphérique. Plus précisément, il s'agit de croiser les concentrations des polluants avec les populations exposées.

A l'échelle d'une maille, on effectue le calcul suivant :

$$IPP = Ci \times Pi$$

Où Ci est la concentration du polluant considéré (moyenne annuelle), Pi est la population présente sur la maille considérée.

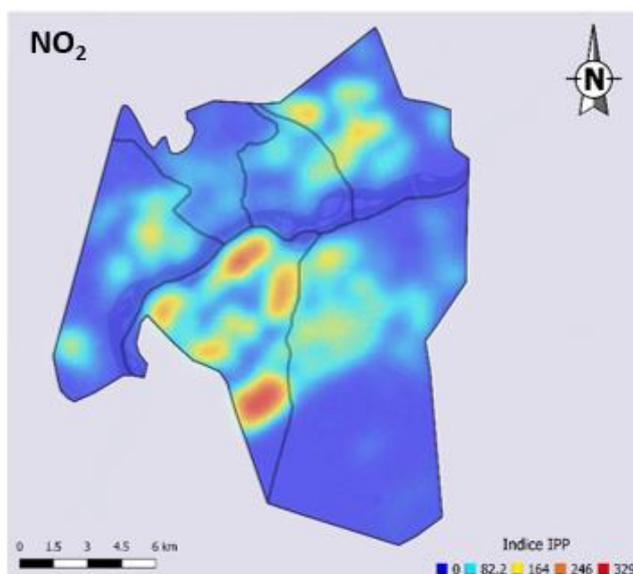
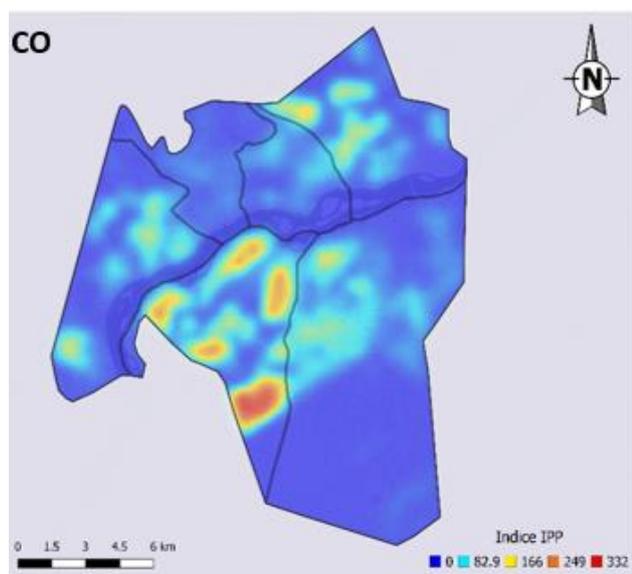
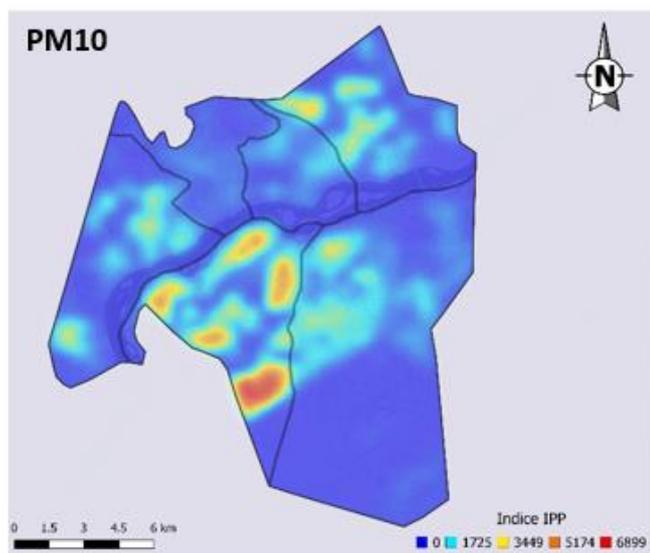
³³ 1.58 Milliard CFA. Sur la base du prix d'une consultation médicale de 15 € (10 000 CFA)

³⁴ PIB par habitant en 2019. Banque Mondiale Internationale.

³⁵ 4.96 Millions/décès prématuré CFA.

Les cartographies des indices IPP sont présentées dans la figure ci-dessous et en haute résolution en Annexe 9. Cette représentation spatiale permet de mettre en avant les zones les plus particulièrement touchées par la pollution atmosphérique. Les communes I, IV, et V en particulier sont les plus exposées à la pollution.

L'indice IPP, en ce cas, ne reflète pas la réalité géographique des admissions à l'hôpital. Notamment, le nombre d'admissions pour la commune V rapporté au nombre d'habitants y est plus faible malgré une exposition, selon l'indice IPP, plus importante. Une première explication est dans l'approche même de l'interprétation des admissions, où il est implicitement fait l'hypothèse que les habitants ne sortent pas de leur commune, et que leur commune de travail et celle où ils sont admis sont les mêmes.



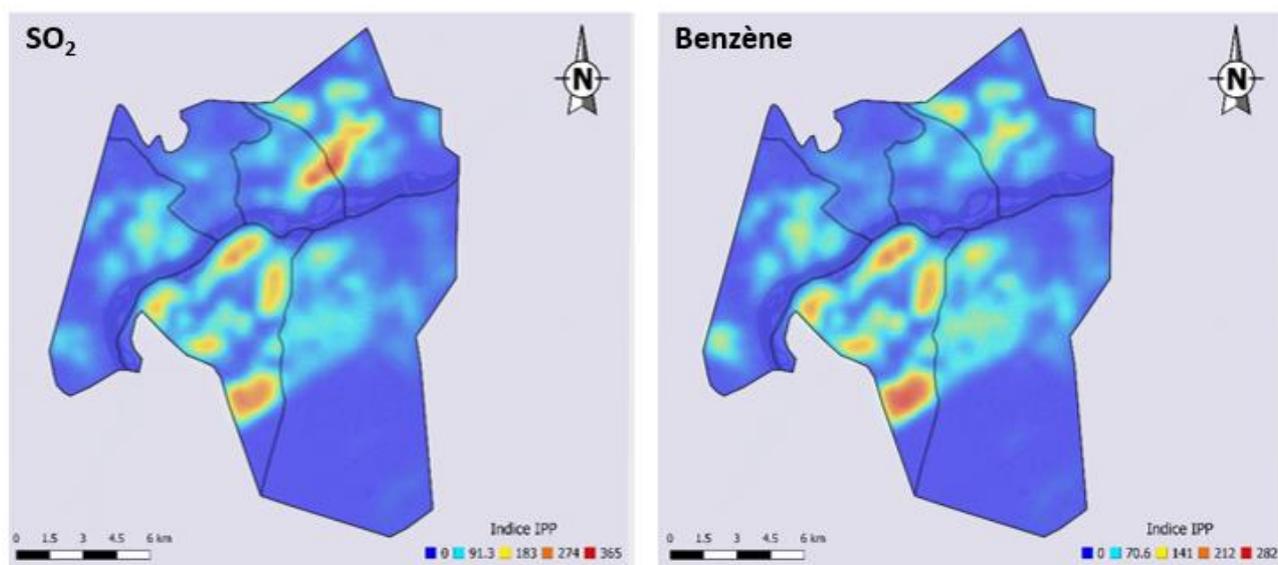


Figure 28 : Cartographie des indices IPP des principaux polluants de l'étude.

L'exploitation des données a également permis de représenter l'IPP sous la forme de courbes indiquant la répartition cumulée de la population exposée selon la concentration en polluant. Elles sont présentées dans la figure ci-dessous. Cette présentation a l'avantage de pouvoir être confrontée aux valeurs limites fixées dans le cadre de la surveillance de la qualité de l'air.

- Moins de 1% de la population du district de Bamako réside dans une zone où la valeur de concentration en PM10 est en dessous de la valeur guide de référence citée par l'OMS ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) (Figure 29). Vis-à-vis du Benzène, seulement 1/3 de la population réside dans une zone où la valeur de concentration moyenne annuelle est en deçà de la valeur limite de référence citée par l'UE ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) (
-
- Figure 30).
- En revanche seulement 1% de la population réside dans une zone où la valeur de concentration en NO_2 et SO_2 est supérieure à la valeur de référence en moyenne annuelle (Figure 31 et Figure 32).

A noter qu'une analyse sur les IPP cumulés sera présentée pour les autres traceurs de la pollution atmosphérique retenus dans cette étude au cours de l'atelier de restitution.

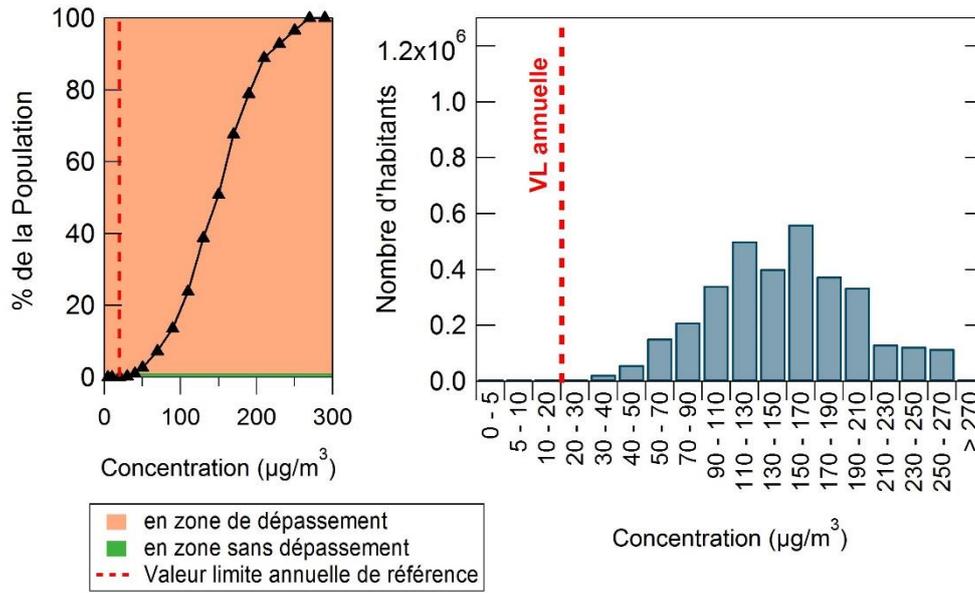


Figure 29 : Répartition cumulée du niveaux d'exposition des PM10 dans la population de la ville de Bamako.

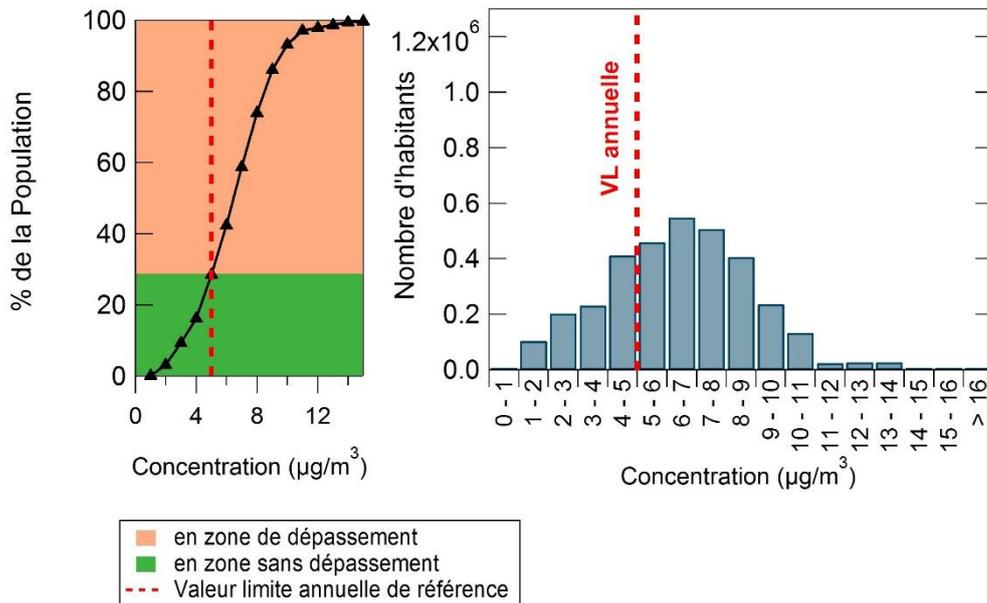


Figure 30 : Répartition cumulée du niveaux d'exposition du benzène dans la population de la ville de Bamako.

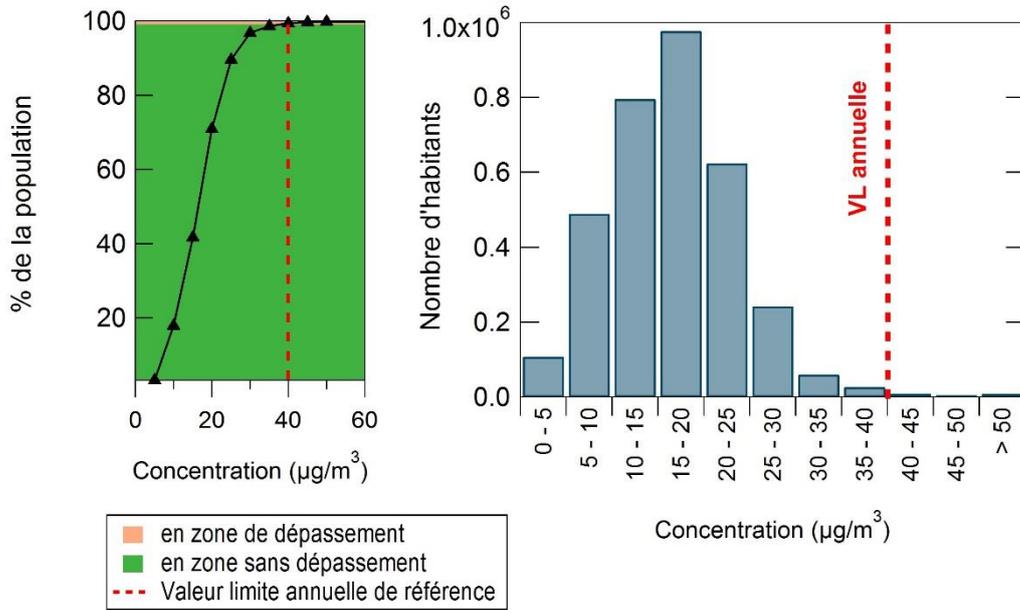


Figure 31 : Répartition cumulée du niveau d'exposition du NO₂ dans la population de la ville de Bamako.

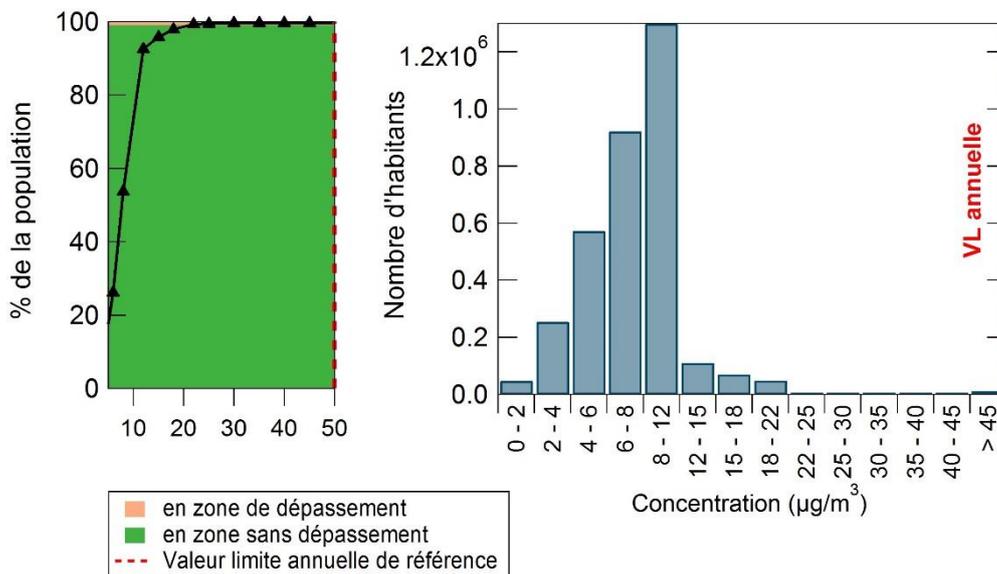


Figure 32 : Répartition cumulée du niveau d'exposition du SO₂ dans la population de la ville de Bamako.

7. Comparaison avec d'autres villes Africaines

L'analyse comparative des niveaux de pollution observées dans la ville de Bamako avec ceux d'autres villes africaines s'est appuyée sur la revue des sources suivantes :

- Le précédent rapport de BURGEAP de 2009 ;
- Les résultats des recherches effectuées sur la dernière décennie dans le cadre de programmes de recherche internationaux et les articles de recherches résultants. Ces projets impliquent généralement une campagne de mesures intensives ou sur du long terme. Seront considérées pour cette étude comparative des sites urbains similaires aux sites sondés dans le cadre de ce projet.
- Du fait du faible volume de données ciblées, les produits satellitaires internationaux des mois d'été 2010 à 2012. Les instruments de mesure embarqués peuvent calculer des concentrations de polluants en fonction de différents paramètres d'observations. Ce sont des données avec une faible résolution spatiale mais qui recouvrent l'ensemble du continent Africain ;

Les données sont présentées dans le tableau ci-dessous. Les références exactes sont précisées en Annexe 10 de ce rapport.

Un critère de distinction sur les villes a été appliqué avec pour objectif de différencier les villes en fonction de leur proximité avec Bamako. Les villes surlignées en bleu sont celles qui sont les plus comparables avec la ville de Bamako et tenant compte de la typologie géographique (zone sub-saharienne) et du nombre d'habitants. Les villes suivantes ont été considérées comme les plus proches de la ville Bamako : Abidjan, Ouagadougou, Nairobi. Pour enrichir le jeu de données disponibles, les données d'autres villes africaines ont été retenues à titre indicatif.

Tableau 19 : Revue des concentrations (mesurées ou satellitaires) de polluants atmosphériques en Afrique.

Ville/Région	Nb. d'habitants	Concentration	Période	Type de Données	Réf.
NO_x (concentration en ppbv)					
Campagne 2019	3.4 Millions	16.2	Juillet	Mesures Terrain	
Region Highveld, Afrique du Sud	-	23.7	Juin - Août	Mesures Terrain	1
Abidjan, Côte d'Ivoire (21 sites)	4.1 Millions	2.7 - 25	Déc. - Fév.	Mesures Terrain	4
Bamako, Mali (Site de Fond)	1.8 Millions (pop. en 2009)	41	Déc. - Jan.	Mesures Terrain	6
Vanderbijlpark, Afrique du Sud	100 000	7.6	Été/Hiver	Mesures Terrain	8
Witbank, Afrique du Sud	100 000	8.6	Été/Hiver	Mesures Terrain	8
Maghreb	98 Millions	5 - 10	Juin - Août	Satellite	11
Sahel	135 Millions	5 - 10	Juin - Août	Satellite	11
Afrique du Sud	51 Millions	10 - 50	Juin - Août	Satellite	11
Afrique de l'Est	280 Millions	10 - 50	Juin - Août	Satellite	11
Afrique Centrale	140 Millions	10 - 100	Juin - Août	Satellite	11
SO₂ (concentration en ppbv)					
Campagne 2019	3.4 Millions	0.92	Juillet	Mesures Terrain	
Region Highveld, Afrique du Sud	-	12.6	Juin - Août	Mesures Terrain	1
Abidjan, Côte d'Ivoire (21 sites)	4.1 Millions	0.4 - 7.2	Déc. - Fév.	Mesures Terrain	4
Bamako, Mali (Site de Fond)	1.8 Millions (pop. en 2009)	0.77	Déc. - Jan.	Mesures Terrain	6
Witbank, Afrique du Sud	100 000	13.3	Été/Hiver	Mesures Terrain	8
Vanderbijlpark, Afrique du Sud	100 000	7	Été/Hiver	Mesures Terrain	8
Maghreb	98 Millions	0.5 - 1	Juin - Août	Satellite	11
Sahel	135 Millions	< 0.1	Juin - Août	Satellite	11
Afrique du Sud	51 Millions	1 - 5	Juin - Août	Satellite	11
Afrique de l'Est	280 Millions	< 1	Juin - Août	Satellite	11
Afrique Centrale	140 Millions	2 - 5	Juin - Août	Satellite	11

Ville/Région	Nb. d'habitants	Concentration	Période	Type de Données	Réf.
PM10 et PM2.5* (concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
Campagne 2019	3.4 Millions	69	Juillet	Mesures Terrain	
Bamako, Mali	1.8 Millions	503.6	Janvier	Mesures Terrain	7
Dakar, Sénégal	1.1 Millions	155	Décembre	Mesures Terrain	7
Bamako, Mali (Site de Fond)	1.8 Millions	331	Déc. - Jan.	Mesures Terrain	6
Secunda, Afrique du Sud	40 000	72.4	Sep.-Déc.	Mesures Terrain	3
Witbank, Afrique du Sud	100 000	42	Sep.-Déc.	Mesures Terrain	3
Nairobi, Kenya*	3.1 Millions	25	Mai- Août	Mesures Terrain	2
Caire, Egypte*	15 Millions	48	Mai	Mesures Terrain	9
Ouagadoudou, Burkina Faso*	2.2 Millions	86	Nov. - Déc.	Mesures Terrain	10
O₃ (concentration en ppbv)					
Campagne 2019	3.4 Millions	11.5	Juillet	Mesures Terrain	
Region Highveld, Afrique du Sud	-	45.1	Juin - Août	Mesures Terrain	1
Abidjan, Côte d'Ivoire (21 sites)	4.1 Millions	5.1 - 19.1	Déc. - Fév.	Mesures Terrain	4
Witbank, Afrique du Sud	100 000	17.3	Eté/Hiver	Mesures Terrain	8
Vanderbijlpark, Afrique du Sud	100 000	15	Eté/Hiver	Mesures Terrain	8
BTEX (concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)**					
Campagne 2019	3.4 Millions	5.7 (T); 3.6 (B)	Juillet	Mesures Terrain	
Abidjan, Côte d'Ivoire (9 sites)	4.1 Millions	2.5 (T)	Eté/Hiver	Mesures Terrain	5
Abidjan, Côte d'Ivoire (9 sites)	4.1 Millions	1.3 (B)	Eté/Hiver	Mesures Terrain	5

*PM2.5

** (B) : Benzène; (T) : Toluène

La figure suivante remet en contexte les résultats de la campagne de mesure :

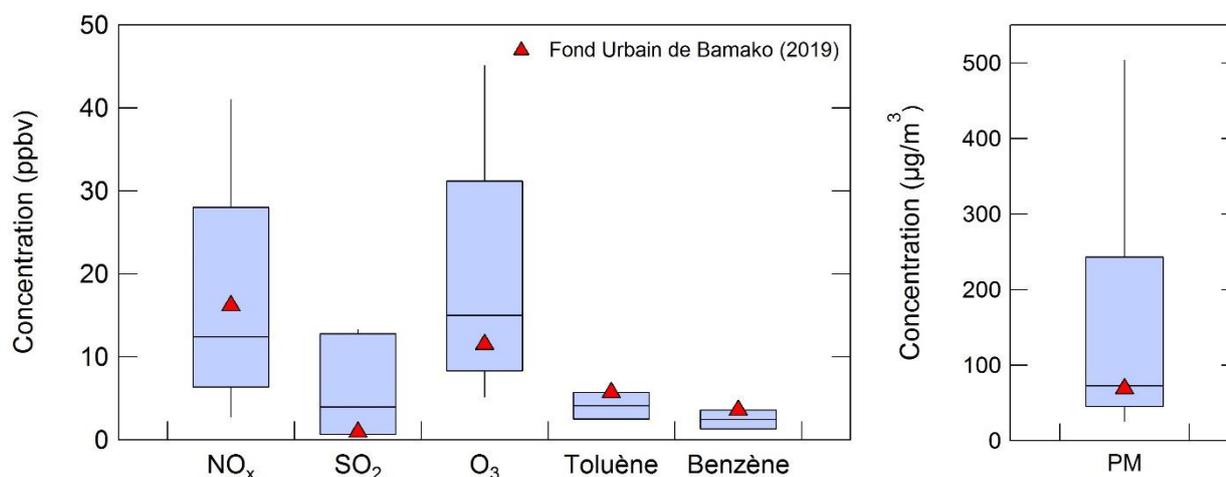


Figure 33 : Gamme de concentrations de quelques polluants en phase gazeuse et particulaire observés dans plusieurs sites urbains d'Afrique. Seules les mesures de terrain sont incluses.

De manière générale, les concentrations sur les sites de fond urbain de Bamako observées en 2019 sont du même ordre de grandeurs que les concentrations observées dans quelques autres agglomérations africaines. Les mesures de SO₂, PM10 et O₃ sont en deçà de la valeur médiane. A noter parmi cette revue, la valeur moyenne très élevée de PM10 relevée en 2008 à Bamako (> 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Les produits satellitaires montrent également que les niveaux de concentration des principales espèces en phase gazeuse sont légèrement inférieurs au Sahel aux niveaux mesurés sur le reste du continent Africain.

L'Afrique centrale et l'Afrique du sud notamment présentent systématiquement des concentrations plus élevées.

8. Elaboration d'un plan de surveillance de la qualité de l'air

Dans le contexte de la problématique de la qualité de l'air sur la ville de Bamako, le présent rapport aborde les premières étapes de la mise en place de la démarche d'évaluation de la qualité de l'air à travers un plan de surveillance adapté aux enjeux de la ville.

A partir de la collecte des données jusqu'à la production de cartographies de la qualité de l'air sur Bamako, les différentes zones les plus impactées par des niveaux de pollution supérieurs aux valeurs réglementaires applicables ont été identifiées. Ce plan de surveillance doit permettre de cibler au mieux les secteurs responsables et les zones à protéger afin de mettre en place les actions de mitigation et de protection les plus pertinentes. A long terme, le projet doit aboutir à l'amélioration de la qualité de l'air et à la réduction de l'impact sanitaire sur les populations.

En résumé, l'objectif de la mise en place de ce plan de surveillance est de mesurer :

- L'exposition de la majeure partie de la population ;
- L'exposition des populations dans les zones les plus polluées, tout en s'affranchissant de l'impact de sources très localisées et faiblement représentative d'une zone plus élargie ;
- Les concentrations dans des zones dite « de fond » à l'écart des sources de pollution principales.

En outre, la bonne mise en œuvre du plan de surveillance doit reposer sur la sensibilisation des populations via la publication régulière des résultats, de notes d'informations, mais aussi sur des collaborations avec des experts nationaux et internationaux. A ces fins, l'intégration du réseau local dans des dispositifs similaires internationaux est essentielle. Cette démarche intégrée est schématisée sur la figure suivante.

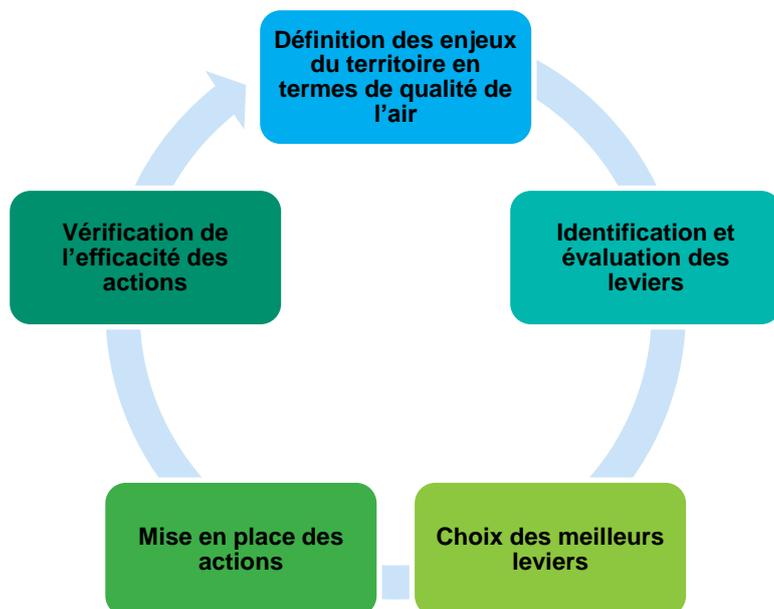


Figure 34 : Principe d'évaluation d'un plan de surveillance de la qualité de l'air sur la ville de Bamako

8.1 Recommandations et guides existants pour les mesures

Si elle est applicable ou disponible, la documentation à l'échelle locale ou nationale en rapport aux exigences pour la surveillance de la qualité de l'air doit être utilisée. Ceci peut également s'étendre aux questions plus générales comme les méthodes de mesures disponibles et l'assurance qualité nécessaires pour la validation des instruments d'échantillonnage.

Par exemple, les directives Européennes sur la qualité de l'air 2008/50/CE et 2004/107/CE définissent toutes les exigences requises pour l'implémentation de mesures dans les zones ou agglomérations dans lesquelles des dépassements des valeurs limites ont été identifiées. A noter qu'elles sont retranscrites dans un guide de l'ADEME « Guide de lecture des directives européennes 2008/50/CE et 2004/107/CE ».

De plus, l'agence de protection de l'environnement américaine (l'US-EPA) a développé des guides méthodologiques dans lesquels des recommandations et des procédures pour implémenter des stations de surveillance à proximité du trafic routier sont compilés.

8.2 Objectifs et exigences des mesures

Dans le cadre de cette étude, il est indispensable de définir les objectifs et les exigences des mesures qui seront déployées pour suivre, évaluer, et informer le public concernant la qualité de l'air afin notamment de s'assurer de l'absence de risque sanitaire pour les populations résidentes.

Concevoir un plan d'échantillonnage, pour l'évaluation de la qualité de l'air à l'échelle d'un quartier, dépend des exigences internes et externes et des ressources disponibles associées. Les éléments suivants doivent être considérés successivement par les personnes en charge du plan d'échantillonnage, lors du début du programme de surveillance.

Les exigences et les objectifs associés sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 20 : Objectifs pour la mise en place d'une surveillance à l'échelle de la ville de Bamako

Contexte	Exigences et objectifs
Evaluation des actions de réduction sectorielle sur la pollution de l'air	Efficacité des mesures avant et après l'implémentation des actions d'atténuation/de réduction
Informations publiques	Représentativité des mesures à différentes échelles spatiales : moyenne sur la ville de Bamako par exemple, pics de pollution à échelle locale

8.2.1 Les polluants à considérer

Cette étude a permis de montrer que les polluants principaux responsables de la dégradation de la qualité de l'air sont les particules et les composés gazeux émis ou générés par le trafic routier et le secteur résidentiel. Les principaux traceurs à échantillonner sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 21 : Polluants principaux à considérer

Polluant	Description
Dioxyde d'azote (NO ₂)	Traceur principal de la pollution due au trafic routier, résultant des émissions de NO depuis la combustion du carburant. Le NO émis est ensuite converti en NO ₂ juste après émission. A noter que les valeurs réglementaires de NO ₂ ne sont toujours pas respectées dans les plus grandes villes européennes et asiatiques.
Matière particulaire (PM) ou poussières	Emises suite à tous types de combustion mais également par abrasion des équipements (routes et véhicules). Les fractions de la matière particulaire à mesurer sont les PM 10, avec des diamètres aérodynamiques inférieurs à 10 µm et les PM 2.5 avec des diamètres aérodynamiques inférieurs à 2.5 µm. Ces deux fractions sont réglementées dans la plupart des pays qui développent des standards de qualité de l'air (n.b. les limites ne sont imposées que pour les PM 10. Seulement des seuils de recommandation existent pour les PM 2.5). A noter

Polluant	Description
	que les principales problématiques de pollution en zones urbaines sont reliées à la pollution en phase particulaire.
Monoxyde de carbone (CO)	Le CO se forme principalement lorsque le combustible n'est pas brûlé complètement. Des concentrations importantes de CO peuvent être identifiées dans des zones de forte congestion de la circulation. Cependant, les concentrations retrouvées dans les zones urbaines (même très proches du trafic routier) sont généralement inférieures aux valeurs limites imposées. Par conséquent, le CO n'est plus mesuré dans certaines villes européennes.
Benzène (C ₆ H ₆)	Le benzène est notamment émis au niveau des gaz d'échappement. Il est un bon traceur de la famille des Composés Organiques Volatils (COV).

Selon les objectifs définis dans le plan d'échantillonnage et tel que montré au niveau des cartographies de pollution, le dioxyde de soufre (SO₂) pourra être suivi. En effet, la qualité de l'air est principalement dégradée dans la zone nord-est de la ville à proximité directe de la centrale thermique de Balingué.

Enfin, l'ozone (O₃) est un polluant secondaire c'est-à-dire issu des réactions photochimiques depuis des précurseurs gazeux primaires, tels que les oxydes d'azote et les hydrocarbures volatils qui peuvent être émis par les véhicules. Cependant, la production d'ozone se déroule généralement en périphérie ou en dehors des zones urbaines, et les concentrations sont généralement faibles à proximité des principales sources de ces précurseurs. Par conséquent, la mesure de ce polluant dans la ville de Bamako n'est pas requise.

8.2.2 Les dispositifs à considérer

Dans le cadre de la surveillance environnementale, il existe un grand nombre d'instruments de mesure qui peuvent être classifiés en deux grandes catégories :

- **Dispositifs d'échantillonnage actifs** : il s'agit des méthodes de référence, des méthodes indicatives et des micro-capteurs. De tels instruments impliquent l'utilisation d'une pompe pour réaliser l'échantillonnage d'air ou d'un ventilateur pour échantillonner un volume d'air important au niveau de la sonde prélèvement.
- **Dispositifs d'échantillonnage passifs** qui reposent généralement sur la diffusion moléculaire du polluant à travers une surface diffusante sur un adsorbant.

A noter que ces dispositifs sont généralement complétés par une station météorologique pour permettre de caractériser précisément la dispersion des panaches de pollution.

Dans le choix des dispositifs d'échantillonnage à mettre en place, il faut aussi se pencher sur le choix de la méthode des mesures. La directive européenne CE/50/2008 définit une nomenclature qui classe les différents instruments selon plusieurs critères. La typologie des instruments de mesure envisageables dans le cadre d'un plan de surveillance sont présentés dans les deux paragraphes suivants.

► Station de mesures de référence



Les méthodes de référence d'échantillonnage actif sont généralement utilisées dans le cadre de mesures fixes et continues requises dans un contexte réglementaire.

Ces méthodes sont indiquées lorsque les niveaux de pollution sont supérieurs à 40 % ou 50 % des valeurs réglementaires.

Ces stations occupent une place importante et doivent être raccordées de façon permanente à un circuit de distribution d'énergie.

Avec les stations de mesures fixes il est possible de :

- Calculer un indicateur de qualité de l'air chaque jour ;
- Informer et alerter la population en cas d'incident ;
- Suivre l'évolution de la qualité de l'air

Le tableau suivant présente les avantages/inconvénient des mesures par stations fixes.

Tableau 22 : Avantages/inconvénients des stations fixes

Type de station	Avantage	Inconvénient
Station fixe	+ Plus grande précision possible pour une donnée observée	- Coût élevé, maintenance complexe, d'où un petit nombre de points

► Station de mesures indicatives



Ces méthodes sont davantage indiquées pour réaliser des mesures indicatives, lorsque les niveaux sont inférieurs à 40 % ou 50 % des valeurs réglementaires.

Ces moyens de mesures mobiles ou la réalisation de campagne temporaires vont permettre d'obtenir des informations spatiales détaillées ou sur une situation spécifique.



Ces dispositifs sont compacts et pour la plupart mobiles. On évoque la plupart du temps le système de micro-capteurs et de supports passifs. Les micro-capteurs sont généralement utilisés pour la mesure en temps réel de la pollution en remontant les informations de niveaux de pollution sur une page internet par exemple. Les supports passifs, fournissant une information intégrée dans le temps, sont particulièrement adaptés dans un contexte exploratoire pour évaluer des niveaux de pollution très localisés, à proximité ou sous les vents d'un émetteur.

L'inconvénient principal de ce type de méthode réside dans l'incertitude sur les mesures obtenues, plus importante que dans le cas des stations de référence.

Le tableau suivant présente les avantages/inconvénient des mesures par stations mobiles ou campagnes temporaires.

Tableau 23 : Avantages/inconvénients des stations mobiles ou ponctuelles

Type de station	Avantage	Inconvénient
Station mobiles ou campagnes ponctuelles	+ Observations nombreuses, donnant un aperçu de la répartition spatiale, mesures en continu, compacité des appareils, déploiement d'une solution clef en main	- Incertitude plus forte que pour un capteur de référence

8.3 Proposition d'un dispositif de surveillance environnemental

Les propositions de stratégie de mise en œuvre du dispositif de surveillance présentées dans ce rapport sont la synthèse des discussions et recommandations par l'ensemble des acteurs concernés à l'issue de l'Atelier de Restitution des résultats ayant eu lieu le 02 Octobre 2019 à Bamako. Leurs réponses et remarques détaillées sont disponibles en Annexe 11.

► Situation actuelle

Il n'existe aucune station de surveillance permanente officielle. En outre, aucune valeur réglementaire de qualité de l'air ambiant n'a encore été publiée par les autorités Malienne.

► Demandes des Acteurs Concernés

La mise en œuvre du dispositif de surveillance de l'air ambiant doit avoir pour objectif principal une amélioration de la qualité de l'air en parallèle d'une optimisation technico-économique, comme préconisé par la PNPE. A long terme, il convient également de :

- Réduire la pollution atmosphérique et les émissions de Gaz à Effet de Serre (GES)
- Prévenir et améliorer la prise en charge des maladies respiratoires et cardiovasculaires ;
- Mettre en place un dispositif permanent et régulier de suivi de la qualité de l'air, dans des espaces géographiques au-delà de la ville de Bamako (par exemple: par région ou par zone bioclimatique) ;
- Mettre en place des campagnes de mesures intensives et des études de la qualité de l'air du district les plus exhaustives possible dans un rythme beaucoup plus rapproché (2 à 5 ans de périodicité) ;
- Assurer une orientation cohérente et une coordination efficaces des acteurs et des travaux/études en matière de qualité de l'air et de pollution atmosphérique ;
- Intensifier la formation des cadres en matière de suivi de la qualité de l'air et de la pollution atmosphérique et l'acquisition de technologie adaptées.

► Proposition de BURGEAP

Sur la base des conclusions de ce rapport et des suggestions par les principaux acteurs concernés, une première stratégie est présentée ci-dessous :

- Finaliser les normes sur la qualité de l'air ambiant ;
- Déterminer des Indicateurs de la Qualité de l'Air pertinents pour le Mali ;
- Désigner un opérateur unique (le ministère de l'environnement et de l'assainissement) pour organiser le réseau de surveillance de la qualité de l'air au Mali ;
- Equiper la DNACPN de matériel simple d'utilisation et fiable :
 - 2 échantillonneurs d'air ambiant à haut débit permettant d'obtenir des échantillons de poussières sur lesquels faire des analyses de spéciation ;

- Analyse des échantillons de poussières (pesée et spéciation des particules) par un laboratoire conventionné (par exemple en Europe) ;
- Une série de 100 tubes passifs NO₂, SO₂ et COV à faire analyser dans un laboratoire en Europe, et à renouveler tous les 6 mois.
- Organiser régulièrement des mesures par échantillonneurs passifs.

► Résultats envisagés

Surveillance de la qualité de l'air fiable, possibilité de suivre les résultats des actions de limitation des émissions mise en œuvre.

► Délais

Action à mettre en œuvre immédiatement.

► Responsable

Le Ministère de l'Environnement et/ou la DNACPN, en liaison avec la municipalité de Bamako.

► Conséquences financières

Le coût des équipements proposés est estimé à 138 400 euros.

Le tableau suivant est une estimation des coûts associés aux équipements et aux analyses nécessaires pour réaliser une surveillance adaptée de la qualité de l'air sur la ville de Bamako. La durée présentée dans ce tableau pour le suivi est de 6 mois et intègre également l'achat d'une méthode de référence pour la mesure des poussières (PM10 et PM2.5).

Notre estimation repose :

- Pour les poussières, à un échantillonnage en continu intégré sur 24-hrs de prélèvement sur un système automatique et sur deux sites de mesures (Annexe 12). Les échantillons sont ensuite envoyés à un laboratoire pour être pesés systématiquement. L'analyse de spéciation des poussières sera réalisée sur les mêmes supports de pesée et de façon hebdomadaire, meilleur compromis entre les exigences des standards réglementaires, et les moyens de prélèvement ;
- Les mesures des gaz (SO₂, NO₂ et COV) seront réalisées à partir de support passifs (Annexe 13), matériel moins coûteux que pour les poussières et plus adaptés pour des mesures exploratoires, avec pour objectifs d'identifier précisément les signatures de pollution en fonction de la localisation de l'échantillonnage. Les mesures sont intégrées dans le temps (deux semaines de prélèvement).

Tableau 24 : Estimation des coûts d'équipement pour la surveillance de la qualité de l'air sur une

Paramètre	Instrument de mesure	Référentiel Analytique	Durée d'échantillonnage	Prix Unitaire	Quantité	Prix total
Poussières (PM10 et PM2.5)	Méthode active de référence	-	-	40 000.00 €	2	80 000.00 €
<i>Pesée des échantillons (PM10 et PM2.5)</i>	-	NF EN 1234-1	24-hrs	80.00 €	360	28 800.00 €
<i>Spéciation des poussières (Métaux)</i>	-	NF EN 14902	7-jours	80.00 €	45	3 600.00 €
Dioxyde d'azote (NO ₂)	Support Passif	NF EN 16339	14-jours	110.00 €	100	11 000.00 €
Dioxyde de soufre (SO ₂)	Support Passif	GS-MS	14-jours	75.00 €	100	7 500.00 €
Composés Organiques Volatils (COV)	Support Passif	US EPA TO-15	14-jours	75.00 €	100	7 500.00 €
						138 400.00 €

► Indicateur à mettre en place

Nombre d'analyseurs de qualité de l'air mis en place.

9. Conclusions

Ce rapport final présente les résultats des différentes missions prévues dans le contrat liant la société BURGEAP à la Délégation de l'Union Européenne au Mali pour la mise-à-jour de l'étude de qualité de l'air sur la ville de Bamako.

En synthèse :

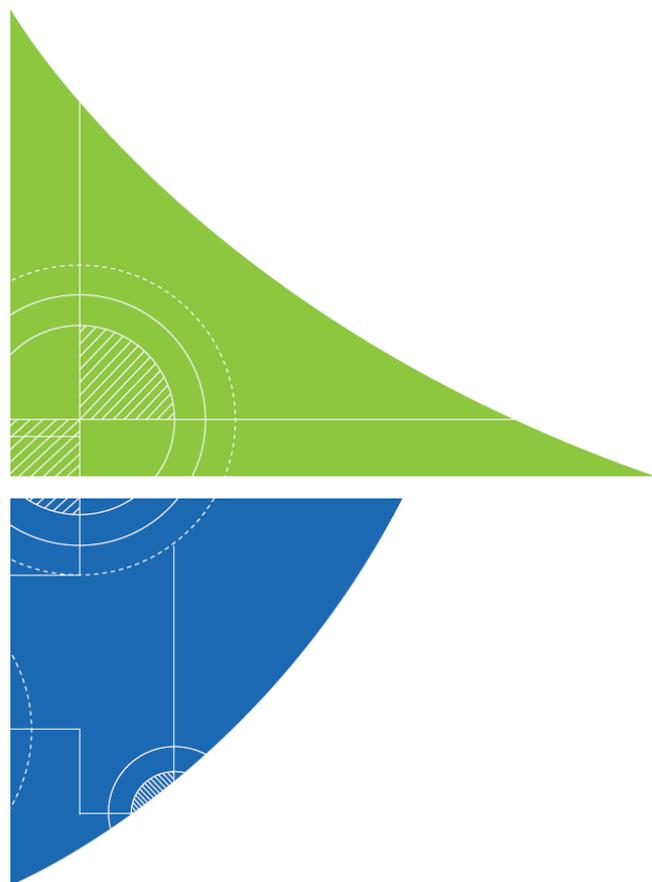
- La campagne de mesures de la qualité de l'air s'est déroulée sur quatre semaines au mois de Juillet. Les résultats ont montré des niveaux de concentration inférieurs ou sensiblement égaux aux données du précédent rapport BURGEAP de 2009. La concentration en PM10 relevée indique une zone de dépassement dramatique par rapport aux valeurs guides de concentration fixées par l'OMS ;
- L'inventaire des émissions atmosphériques sur la ville de Bamako a été réalisé à partir de la collecte des données par l'équipe IGIP-Afrique Mali. Les calculs des émissions sectorielles ont été effectués. Ils indiquent une contribution significative de la combustion résidentielle et du trafic routier (très largement lié à la vétusté du parc automobile) au budget global des émissions ;
- La modélisation a été effectuée via le logiciel ADMS. Les cartes de concentrations indiquent des zones de dépassement importante des valeurs retenues comme valeurs limites pour les PM10 (sur la quasi-totalité du territoire au nord de l'aéroport), pour le SO₂ (à proximité immédiate des centrales thermiques), pour le CO (sur certaines zones des communes II, IV, et V. En outre la modélisation a confirmé le rôle important de la combustion résidentielle dans la pollution au PM10 et du Trafic routier au NO₂ ;
- L'évaluation des impacts sanitaires a été réalisée à partir des inventaires sanitaires de chacune des communes et des indicateurs IPP. Les pathologies respiratoires représentent la deuxième cause d'admission à l'hôpital et dans les centres de santé après les cas de paludisme suspects ou avérés. En outre, les communes II, IV, et particulièrement la V sont les communes les plus impactées en termes d'impact sanitaire lié à la pollution atmosphérique (sur la base des expositions en PM10 et en NO₂) ;
- La revue documentaire des concentrations dans plusieurs grandes villes Africaines a montré que les concentrations relevées dans le district de Bamako sur situe au niveau de la médiane pour l'ensemble des polluants concernés ;
- Fort de l'ensemble de ces éléments, un principe de plan de surveillance est proposé qui inclut une proposition techno-financière adaptée aux enjeux de la ville de Bamako. Ce plan doit servir de première étape dans la mise en œuvre d'un plan d'action pour la réduction significative des PM10 et l'amélioration de la qualité de l'air en général. Sur la base des conclusions de ce rapport, des premières pistes sont à envisager et exprimées par ordre de priorité :
 - **Priorité n°1 : Une meilleure gestion du transport routier**
 - Encourager les Bamakois à remplacer leurs véhicules âgés par des véhicules plus modernes et plus performants en matière d'émissions. Par exemple, le passage d'un véhicule essence normé EURO 3 (précédent 2005) à un véhicule EURO 6 (depuis 2015) peut permettre de diminuer jusqu'à un facteur 2 les émissions de NO_x ;
 - Tendre vers le respect des normes européennes et ou américaines quant à la qualité du carburant (i.e. la concentration en soufre du carburant) ;
 - Repenser le réseau routier pour éviter les zones de congestion et améliorer la fluidité. Par exemple, implémenter des voies réservées aux bus de ville pour encourager les Bamakois à préférer les transports en commun ;
 - Améliorer le revêtement des voiries ;
 - A long terme, développer un réseau de transports en commun alternatifs aux *somatra* et aux *dourounis*. Le train, le métro, et le tramway dans les grandes métropoles sont des solutions efficaces pour désengorger le trafic et diminuer la pollution urbaine.
 - **Priorité n°2 : Trouver des alternatives à l'utilisation de bois pour les activités de cuisine :**

- Mettre en place des alternatives viables et durables (gaz, électricité) à l'utilisation intensive de la ressource forestière comme principal combustible pour le chauffage et la cuisine (par 98 % des ménages). La production d'électricité par l'énergie solaire en dehors de la saison des pluies pour compléter voire supplanter l'utilisation du bois est à envisager. Au-delà de la qualité de l'air, c'est toute la foresterie et l'écosystème local qui sont en jeu. ;
- Promouvoir auprès des Bamakois l'utilisation d'équipements plus performants (foyers de combustion fermés notamment). Outre la diminution des émissions polluantes, un système performant permet de diminuer la consommation de combustible. Il convient de s'inspirer des systèmes de critères de performances des appareils mis en place dans plusieurs pays et qui classent les équipements en fonction de leur rendement énergétiques et de leurs émissions polluantes³⁶.
- **Priorité n°3 : Production d'énergie :**
 - Penser à une alternative à la combustion de fioul lourd par les centrales thermiques ;
 - Caractériser l'impact sanitaire individuel des rejets atmosphériques de chacune des centrales thermiques afin d'adapter leur localisation en fonction des enjeux identifiés³⁷ ;
 - Encourager l'application des meilleures techniques disponibles en matière d'abattement des émissions ;
 - Exiger des normes de rejets plus strictes, et contrôler régulièrement le respect de celles-ci.
- **Priorité n°4 : Gestion des déchets ménagers :**
 - Identifier des sites de stockages et d'incinération pour mieux maîtriser le circuit de traitement des déchets.
 - Mettre en place un protocole de gestion d'incinération des déchets avec des méthodes d'abattement des émissions répondant aux meilleures techniques disponibles. L'incinération des déchets à ciel ouvert doit être marginal ;
 - Ne pas sous-estimer l'incinération des déchets verts particuliers et le secteur agricole qui est source de polluants atmosphériques ;
 - A long terme optimiser les sites de traitement en vue d'utiliser l'énergie produite lors de l'incinération des déchets.

³⁶ En France, l'Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie (ADEME) a élaboré en concertation avec les fabricants d'appareillages pour le chauffage au bois un label Flamme Verte qui note les appareillages en fonction de leur rendement énergétique, et de leurs émissions en PM. Le label doit permettre de guider les acheteurs vers les appareils les plus performants.

³⁷ En Chine, face au grave risque sanitaire causée par la très mauvaise qualité de l'air, le gouvernement a ainsi exigé aux industries les plus polluantes de quitter la capitale Pékin et a désigné des zones interdites au charbon forçant plus de 3 millions de foyers à délaisser le charbon à la faveur du gaz et de l'électricité. Entre 2013 et 2018, la pollution annuelle moyenne de la ville a diminué de 89.5 µg/m³ à 58 µg/m³ (UN Environnement, *A review of 20 years' air pollution control in Beijing*, 2019).

ANNEXES



Annexe 1. Programme de l'Atelier de Restitution le 02 Octobre 2019 à Bamako

1. Atelier de restitution

Le mardi 2 octobre 2019 – MAEVA PALACE 14h

Contexte

Selon une récente étude publiée en 2019, 780 000 décès prématurés en Afrique seraient dus à la pollution par les particules fines et l'ozone. Cette situation est d'autant plus marquée dans les pays sub-sahariens où (1) l'absence de données robustes des niveaux de pollution en raison d'un réseau de mesures quasi-inexistant, (2) le manque d'évidences locales sur les relations entre les impacts de la pollution urbaine sur les populations exposées, et (3) l'absence d'un cadre réglementaire renforcé pour la gestion de la qualité de l'air, empêchent d'alerter sur les situations, rendant les populations particulièrement vulnérables.

Bamako, capitale du Mali, sur les bords du fleuve Niger en est l'exemple type. La ville qui concentre près de 3.4 millions d'habitants, et plus de la moitié de la population urbaine du pays, a connu un fort essor démographique au cours du 20ème siècle, sans pour autant avoir pu mettre en place les infrastructures et les réglementations nécessaires à la protection de l'environnement. Le transport routier, les pollutions d'origine résidentielle et industrielles ont ainsi très largement participé à dégrader la qualité de l'air de la ville ces dernières décennies.

C'est dans ce contexte environnemental que la Délégation de l'Union Européenne au Mali a fait appel au groupement constitué par les sociétés BURGEAP et IGIP-Afrique Mali pour réaliser un diagnostic de la qualité de l'air, évaluer l'impact sanitaire sur les populations et proposer des mesures pour améliorer la gestion de la qualité de l'air dans la ville de Bamako.

Cette étude de qualité de l'air qui a commencé en mai 2019 s'appuie sur le travail réalisé par le même groupement en 2009 et contribue à l'amélioration de la méthodologie en intégrant un travail d'analyse sectorielle poussé sur le terrain, l'implication des différents acteurs stratégiques de la santé et de l'environnement et la mise en place d'outils diagnostics performants de l'état de la qualité de l'air.

Les résultats de cette étude seront présentés dans le cadre d'un atelier de restitution qui se tiendra **le mardi 2 octobre 2019 au Maeva palace à partir de 14h**. Il s'agira de partager les travaux de diagnostic de la qualité de l'air sur la ville de Bamako réalisés par BURGEAP et IGIP-Afrique Mali et d'intégrer les commentaires et suggestions des différents acteurs sur ces questions environnementales et sanitaires. Les observations et recommandations faites dans le cadre de cet atelier seront intégrées dans le document final.

Objectifs

Ainsi, cet atelier de restitution a pour objectif global d'informer l'opinion nationale et internationale sur la problématique de la qualité de l'air sur la ville de Bamako. Il s'agira plus spécifiquement :

- De présenter le groupement BURGEAP IGIP Afrique Mali ;
- De présenter le processus de rédaction du document final ;
- De restituer les résultats provisoires de l'étude de la qualité de l'air à Bamako ;
- De recueillir les observations, préoccupations et commentaires des participants et ceci en vue d'améliorer le document final ;
- De contribuer à l'élaboration du rapport final de l'étude.

Méthodologie

L'atelier de restitution sera placé sous la présidence du Ministère de l'environnement et du Développement Durable et se déroulera sur une demi-journée. Des séries de présentations suivies de questions / réponses et recueil des recommandations et remarques auront lieu au cours de cet atelier. Cet atelier sera décomposé en trois étapes :

- Exposé des résultats provisoires de l'étude par le groupement BURGEAP IGIP-Afrique Mali ;
- Echanges et discussions sur ces résultats ;
- Synthèse des travaux et perspective.

Une table ronde aura pour objectif d'impulser des actions contre la pollution de l'air et ceci notamment avec la mise en place d'un plan de surveillance dans la ville de Bamako autour des questions clefs :

- Enjeux opérationnels :
 - Quels sont les meilleurs leviers à définir pour un plan de surveillance efficace ?
 - Quelles actions de réponses à déclencher et comment les opérationnaliser ?
- Enjeux institutionnels :
 - Quel(s) arrangement(s) institutionnel(s) pour organiser la gouvernance de la surveillance de la qualité de l'air
 - Quel(s) financement pour un suivi adapté aux enjeux de la ville de Bamako et pérenne ?
 - Comment organiser le suivi-évaluation du plan de surveillance (contrôle-qualité, indicateurs de performance, ...) ?

Agenda prévisionnel

Horaires	Activités	Intervenant
14h00-15h00	Accueil des participants	<i>IGIP-Afrique Mariam Traoré Diarra</i>
15h00-15h30	Cérémonie d'ouverture et allocution de bienvenue	<i>Modération : IGIP-Afrique Mariam Traoré Diarra</i>
15h30 - 16h00	Présentation des participants	<i>IGIP-Afrique Mariam Traoré Diarra</i>
16h00 - 16h45	Exposé des résultats provisoires de l'étude : <ul style="list-style-type: none"> • Collecte des données sanitaires et sectorielles • Campagne de mesure de la qualité de l'air • Diagnostic de la qualité de l'air sur Bamako • Perspectives 	<i>BURGEAP - IGIP-Afrique Bogotigui Bakayoko Dramane Diarra Moussa TIMBO En support : Yoann Long</i>
16h45 - 16h55	Questions/Réponses	
16h55 - 17h55	Table ronde : Discussion et recueil des avis et recommandations des différents participants sur les actions prioritaires sectorielles et sur les axes stratégiques proposés	<i>IGIP-Afrique Mariam Traoré Diarra</i>
17h55 - 18h30	Fin des travaux et clôture de l'atelier	<i>IGIP-Afrique Mariam Traoré Diarra</i>
18h30 - 19h00	Cocktail	

Proposition d'une liste de participants

N°	Organisme de rattachement	Services	Nombre de représentants
1	Ministère de l'Administration Territoriale et de la Décentralisation	Mairie du District	1
		DRCTU	1
		Agence de Développement Régionale (ADR)	1
2	Ministère de l'économie et des Finances	Direction des Finances et du Matériel	1
	Ministère des Mines et du Pétrole	Office National des Produits Pétroliers	1
		Direction Régionale des Mines	1
3	Ministère de l'Energie et de l'Eau	Direction de l'Energie du Mali	1
		Commission de Régulation Eau et Electricité	1
		Centrales de Dar es Salam et de Balingué	1
4	Ministère des transports	Direction Nationale des Transports	1
		Direction Nationale des Routes	1
		Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et à Madagascar (ASECNA)	1
		Aéroport international de Bamako	1
		Société d'Assistance Aéroportuaire du Mali (ASAM- SA)	1
5	Ministère de l'Environnement de l'Assainissement et du Développement Durable	Direction Nationale des Eaux et Forêts	1
		DNACPN	1
		SIFOR (Système d'Information Forestier)	1
		CPS, eau et environnement	1
		AEDD	1
6	Ministère des Mines et du Pétrole	Direction Nationale des Mines	1
7	Ministère de l'Agriculture	Direction Nationale de l'agriculture du District	1
		CPS, agriculture	1
8	Ministère de l'Elevage et de la Pêche	Direction Nationale de l'Elevage	1
		Direction Nationale de la Pêche	1
9	Union Européenne	DUE	3
10	Agences gouvernementales	CONFED	1
		Commissariat à la Sécurité alimentaire	1
11	Ministère de la santé	Direction générale de santé et l'hygiène publique	1
		Direction générale de la santé du district	1
12	Société Civile	Réseau Climat Mali	1
		Kobaco	1
	Total	-	33

Annexe 2. Données démographiques du district de Bamako

COMMUNES	POPULATION EN 2019			
	HOMMES	FEMMES	TOTALES	NOMBRE MENAGES
Commune I	275 194	272382	547576	85 729
Commune II	96 488	98916	195405	30 881
Commune III	80 236	81597	161834	25 460
Commune IV	260 885	261264	522150	84 693
Commune V	521 807	521221	1043028	161 114
Commune VI	469 848	457508	927356	148 669
TOTAL BAMAKO	1 704 458	1 692 888	3 397 349	536 546
MALI	10 361 175	10 519 524	20 880 699	-

Annexe 3. Synthèse des données collectées par IGIP Afrique

IGIP AFRIQUE

IGIP Afrique

Ingénieurs Conseils

BP E 3810

Bamako. Mali

Tél /Fax: (+223) 20 21 18 81

igipmali@afribone.net.ml

www.igip.com

Etude de la qualité de l'air à Bamako (Mali)

Rapport de synthèse des enquêtes et de collecte des données

1. CONTEXTE DE L'ETUDE

Le Mali est un pays continental présentant trois zones écologiques distinctes : la zone soudanienne au sud, la zone sahéenne au centre et la zone saharienne au nord. Il a un climat de type tropical sec présentant une grande variabilité alternant périodes sèches et pluvieuses.

Cette situation explique en partie la vulnérabilité du pays aux chocs exogènes (intempéries climatiques, inondations...) et expose le pays aux risques de catastrophes d'origine naturelle et/ou anthropique suivants : sécheresses successives (crise alimentaire), inondations, invasions acridiennes, épidémies diverses etc.

Sur le plan environnemental, le pays possède d'immenses richesses naturelles, une grande diversité de faune et de flore et des écosystèmes d'importance particulière. Il doit cependant faire face à un certain nombre de problématiques environnementales, se traduisant notamment par une progression de la désertification et par une détérioration progressive du cadre de vie des populations, dues à de nombreuses pollutions d'origine domestique, agricole, industrielle et artisanale. Comme plusieurs pays africains, ces problématiques interagissent fortement avec la croissance de la population et la diminution des ressources alimentaires, ce qui associe les objectifs de la gestion durable de l'environnement à ceux de la réduction de la pauvreté.

L'intégration de la dimension environnementale dans les politiques, plans et programmes n'a pas été satisfaisante, malgré certaines réalisations majeures. Des efforts doivent être fournis en ce qui concerne le taux de déforestation qui varie entre 3% et 8% par an contre un taux de reboisement de moins de 0,05%. Le phénomène de la dégradation des ressources naturelles notamment forestières au Mali continue à être exacerbé par la croissance démographique restée importante (3,6 % en 2009 selon l'Institut National de Statistiques) et à cause de la forte dépendance des populations au bois – énergie (90%) pour la satisfaction des besoins en énergie domestique. Par ailleurs l'exploitation des ressources forestières est faite pour compenser le déficit céréalier au cours des années de mauvaises pluviométries

S'agissant du climat, le profile climatique réalisé par la Banque Africaine de Développement (BAD) en 2014, a estimé que les désastres naturels (Sécheresses, inondations, épidémies) ont affecté près de 3 millions d'habitants de 1980 à 2007 de même que la disponibilité des ressources environnementales et naturelles. Ces désastres climatiques pourraient se multiplier et s'intensifier d'après les projections. Ils resteront certainement des causes majeures de dégradation des écosystèmes avec des conséquences économiques et sociales dramatiques.

D'après le rapport du Groupe International d'Experts sur le Climat (GIEC) qui s'intitule « Changements climatiques 2014 : conséquences, adaptation et vulnérabilité », l'Afrique est particulièrement vulnérable au changement climatique notamment les pays sahéens dont le Mali. Plusieurs pays africains n'ont pas les moyens de produire ni même d'exploiter des informations climatologiques, particulièrement les informations liées à la qualité de l'air, pour pouvoir s'adapter à la variabilité du climat et au changement climatique. Les efforts d'adaptation de l'Afrique se heurteront toujours à des difficultés liées à la multiplication des sécheresses et aux autres phénomènes extrêmes, au bouleversement des écosystèmes, à la baisse de la productivité de l'agriculture et de l'élevage, à l'évolution des maladies à transmission vectorielle et d'origine hydrique et à d'autres facteurs de stress.

Ces constats appellent à des actions énergiques et synergiques de conservation, de protection et de restauration des ressources naturelles et d'adaptation des populations vulnérables et des écosystèmes surtout forestiers au changement climatique.

La pauvreté a progressé entre 2011 (41.7%) et 2012 (42.7%) notamment en raison de la crise politique, de la perturbation des échanges commerciaux, de la pression sous différentes formes sur

les forêts (exploitation abusive et incontrôlée du bois, défrichement, surpâturage etc.) et du faible niveau des investissements publics notamment dans le domaine de la gestion durable des ressources forestières. Le milieu rural reste plus pauvre avec un taux de pauvreté de 53% (contre 43% pour la moyenne nationale).

Bamako, capitale de la République du Mali a une population de plus de 2 millions d'habitants, représentant plus de la moitié de la population urbaine du pays. Le transport motorisé est l'une des principales sources de pollution de l'air dans l'agglomération de Bamako à celle-ci il s'ajoute aussi la combustion du bois énergie par les ménages, les boulangeries et les industries de savon.

Ces combustibles ligneux émettent une grande part du CO₂ dans l'air à Bamako. Cette pollution s'accroît de jour en jour à cause du taux élevé d'accroissement de la population de la ville et de sa motorisation et l'augmentation du nombre de ménage et de boulangeries. Les principaux facteurs d'aggravation de la pollution sont : (i) le nombre important des engins motorisés à deux roues qui constituent le mode de transports le plus sollicité ;(ii) l'âge avancé de la majorité des véhicules motorisés à quatre roues, aggravé par l'augmentation rapide de l'usage de voitures d'occasion ; (iii) un service de transport en commun urbain quasi-inexistant et polluant ; (iv) une situation de l'assainissement des déchets solides catastrophique.

2. OBJECTIFS DE L'ETUDE ET TACHES DE LA MISSION DE COLLECTE DES DONNEES

L'objectif de l'étude est d'obtenir des informations sur la qualité de l'air à Bamako (caractéristiques de la pollution, ses effets sur la santé et ses principales causes). La tâche de collecte des données est une phase essentielle de l'étude. Elle est réalisée par IGIP Mali avec les meilleures pratiques et techniques internationales de gestion.

Les paramètres récoltés doivent permettre de réaliser l'inventaire des émissions suivantes : NO_x, COV (Benzène), SO₂, CO, PM₁₀. On considèrera les sources d'émissions suivantes :

- Trafic routier
- Combustion de bois/charbon du secteur résidentiel
- Dépôts d'hydrocarbures
- Industries
- Trafic ferroviaire et aérien
- Incinération des Déchets
- Emissions de Dust (reportés à travers la remise en suspension des PM par le trafic).

Le présent rapport a pour objet de faire le point de la situation et du niveau de l'évolution des enquêtes, de la campagne de comptage routier et des mesures de trafic effectuées par le Bureau d'Etude IGIP.

3. CADRES DE L'ETUDE

3.1. Enjeux écologiques et environnementaux

Les grands enjeux écologiques et environnementaux évoqués dans différentes Politiques Nationales, Stratégies Nationales et Régionales, Schémas Régionaux d'Aménagement de Territoire, documents de Projets et Programmes concourent tous aux faits et phénomènes ci-après : (i) les effets néfastes des changements climatiques ; (ii) des actions anthropiques de plus en plus néfastes sur le milieu naturel accrues sur les ressources naturelles.

Les changements climatiques constituent de nos jours un des défis majeurs qui se posent au développement socio-économique de tous les pays. Le Mali est l'un des pays exposés aux risques et catastrophes liés aux changements climatiques en raison du bas niveau de revenus, de la faiblesse du capital humain, et de sa vulnérabilité économique et sociale.

Il ressort des différentes études menées sur les CC au Mali, que les principaux défis climatiques auxquels le pays est exposé sont entre autres : (i) les sécheresses récurrentes et la désertification ; (ii) les inondations ; (iii) les vents forts ; (iv) les fortes variations de température et les pollutions atmosphériques ; (v) les épidémies qui ont toutes un caractère de maladies climato-sensibles.

Le Mali, pour montrer son engagement à combattre les changements climatiques a posé un certain nombre d'actes volontaristes dont l'élaboration de la Politique Nationale sur les Changements Climatiques (PNCC) assortie d'une Stratégie Nationale Changement Climatique (SNCC) et d'un Plan National d'Adaptation en 2011 et sa Contribution Déterminée Nationale (CDN) dont un plan d'investissement pour sa mise en œuvre a été élaboré en 2018.

L'Accord de Paris a pour objectif l'engagement volontaire de tous les pays ayant souscrit à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre à partir de 2020 en vue de limiter le réchauffement global de la température à moins de 2°C (voir 1,5 °C) par rapport à la période préindustrielle.

Le niveau des ambitions de réduction des GES du scénario d'atténuation par rapport au scénario de base (scénario à l'habitude) du Mali est de 29% pour l'agriculture, 31% pour l'énergie et 21% pour le changement d'affectation des terres et la foresterie. La réalisation de ces ambitions nécessite la connaissance de l'évolution des émissions des différents GES et la maîtrise de la qualité de l'air, notamment dans les grands bassins d'émission comme la ville de Bamako. Le projet d'étude de la qualité de l'air dans la ville de Bamako doit contribuer fortement à relever ce défi dans la mesure où la qualité de l'air est devenue une préoccupation importante des grandes métropoles africaines, en particulier de par ses effets sur l'environnement et la santé.

3.2. Cadre politique et stratégique

3.2.1. Au plan national :

Au plan national, le projet est concerné par le Cadre Stratégique pour la Croissance et la Réduction de la Pauvreté (CSCR) remplacé par le Cadre Stratégique pour la Relance Économique et le Développement Durable (CREDD 2016 – 2018 et 2019 - 2023) , la Politique Nationale de Protection de l'Environnement (2016)¹, la Politique Nationale de l'Assainissement, la Politique nationale d'Aménagement du Territoire, la Politique Forestière Nationale et la Stratégie Nationale de Reboisement, la Politique Nationale sur les Changements Climatiques, la Politique Nationale de l'Eau, la Politique Nationale de la Ville (PONAV - 2014) et la Stratégie de Développement des Villes du Mali

¹ Le choix a été fait de développer la Politique Nationale de Protection de l'Environnement (PNPE 2016)

(SDVM 2009), la Stratégie Nationale des Changements Climatiques, la Stratégie et Plan d'Action en matière de Conservation de la biodiversité, le Programme d'Action National pour l'Adaptation aux changements climatiques.

Dans le Document Cadre de Politique Nationale de Décentralisation (DCPND 2016), le Mali a fait le choix de la régionalisation. Dans ce document, il est retenu que : « Régionaliser, c'est reconnaître une prééminence du niveau régional pour coordonner et intégrer les politiques de l'Etat et les programmes des Collectivités territoriales, dans le respect de l'autonomie de celles – ci et de leurs compétences respectives. La Région peut être assez forte pour développer des fonctions que les communes ne peuvent envisager. Mais elle est assez proche d'elles pour aider ses projets et faire émerger des priorités adaptées et partagées ». La mise en œuvre des orientations et objectifs de ce document cadre a impliqué et implique encore une vaste opération de transfert des compétences et des ressources de l'Etat aux Collectivités territoriales pour les permettre de jouer pleinement leurs rôles et leurs missions de protection de l'environnement, de développement régional et local dans le cadre du développement durable.

a) Politique Nationale de la Protection de l'Environnement

Le Sommet de la terre à Rio-de-Janeiro en 1992 a été le point de départ de la prise de conscience mondiale sur l'importance d'une bonne gestion de l'environnement. De nombreux pays se sont engagés dans la mise en œuvre de politiques nationales ambitieuses en matière d'environnement.

Cela a été le cas du Mali qui a adopté en août 1998 sa Politique Nationale de Protection de l'Environnement (PNPE). Il faut souligner que l'environnement trouve aussi sa légitimité dans les cadres stratégiques nationaux (CSCR et CREDD) et internationaux comme les ODD.

La multiplicité de ces stratégies sectorielles entraîne une cohérence insuffisante et un besoin d'harmonisation de l'ensemble des textes fondamentaux qui relèvent de la PNPE. Fort de ces insuffisances, il a été nécessaire d'actualiser le document de la PNPE en 2016 qui deviendra ainsi le texte mère de l'ensemble des stratégies spécifiques.

La **vision** de la Politique Nationale de l'Environnement est de : « **Promouvoir un développement durable inclusif pour tous les Maliens à travers une gestion durable des ressources naturelles, la protection de l'environnement et la promotion d'une qualité de vie meilleure** ».

Le **but de la PNPE** est d'engager le Gouvernement et l'ensemble du peuple malien à intégrer la protection de l'environnement dans toute décision qui touche la conception, la planification et la mise en œuvre des politiques, programmes et activités de développement.

La PNPE s'inspire en outre du postulat que l'environnement et les ressources naturelles constituent le capital premier du développement du pays et que par conséquent les défis environnementaux majeurs doivent être au centre de la problématique du développement durable du Mali.

La mise en œuvre de cette politique doit permettre d'apporter une contribution significative aux questions fondamentales qui concernent la lutte contre la désertification, la sécurité alimentaire, la lutte contre la pauvreté, l'amélioration du cadre de vie des citoyens qui constituent autant de contraintes à lever pour assurer le développement socio-économique du Mali.

L'**objectif global** de la PNPE est de contribuer à la promotion du développement durable et assurer la prise en compte de la dimension environnementale dans toute décision qui touche la conception, la planification, la mise en œuvre et le suivi-évaluation des politiques, programmes et activités de développement.

La mise en œuvre de la PNPE repose sur vingt-trois **stratégies** spécifiques. Dix (10) de ces stratégies existent, deux (2) sont en cours d'élaboration et onze (11) sont à élaborer dont la stratégie nationale de la pollution de l'air.

Ces stratégies qui couvrent l'ensemble de l'environnement, sont rassemblées en cinq (5) axes stratégiques dans l'ensemble desquels d'analyse de la qualité de l'air de Bamako s'inscrit. Il s'agit de : (i) Axe stratégique 1 : Gestion des Changements Climatiques ; (ii) Axe stratégique 2 : Gestion des Ressources Naturelles ; (iii) Axe stratégique 3 : Amélioration du Cadre de Vie ; (iv) Axe stratégique 4 : Consolidation des actions environnementales ; (v) Axe stratégique 5 : Promotion du développement durable. Les axes 1 et 3 qui sont les plus concernés par le projet d'analyse de l'air à Bamako, sont développés ci - dessous.

Axe stratégique 1 : Gestion des Changements Climatiques

Cet Axe stratégique, particulièrement important pour le développement du Mali et la qualité de l'air en particulier, prend en compte la Contribution Déterminée au niveau National du Mali (CDN) à l'Accord de Paris qui engage le pays dans d'ambitieux programmes d'adaptation et d'atténuation d'ici 2030.

Conformément aux accords internationaux, le Mali a déposé sa Contribution Prévues Déterminées au niveau National (CPDN) à la COP 21 de la CCNUCC à Paris en 2015. Dans le cadre de la mise en œuvre des Accords de Paris en 2016 la CPDN est devenue Contribution Déterminée au niveau National (CDN) avec valeur d'engagement du Mali.

La nature des engagements du Mali pour la période 2020-2030 en matière d'atténuation est celle d'un scénario d'atténuation conditionnel, avec l'appui des partenaires de coopération, et celle d'un scénario d'atténuation inconditionnel, au cas où le pays serait le seul investisseur. Ils sont basés sur la réduction des émissions de Gaz à effet de Serre (GES) par rapport à un scénario de base. La synthèse des objectifs d'atténuation des différents secteurs dans le scénario d'atténuation conditionnel est la suivante : (i) Réduction des GES en 2030 par rapport au scénario de base : 31% pour l'énergie ; 29 % pour l'agriculture ; 21 % pour les forêts ; (ii) coût du scénario en milliards \$US (Total 34,68 milliards \$US) : 1,16 pour l'énergie ; 20,6 pour l'agriculture ; 12,92 pour les forêts.

Un enjeu majeur du Mali est la mise en œuvre et le financement des programmes prévus par la CDN du Mali d'ici 2030.

Axe stratégique 3 : Amélioration du Cadre de Vie

Cet axe stratégique est bâti autour de huit (8) stratégies dont trois (3) sont à élaborer (Gestion de la pollution de l'air, Interactions santé-environnement et Environnement urbain). Les stratégies existantes portent sur : la gestion des déchets solides, la gestion des déchets liquides, la gestion des déchets spéciaux, la gestion des eaux pluviales et le transfert de compétences en assainissement.

La Stratégie nationale de la pollution de l'air a pour objectif « mettre en place un système efficace de contrôle de la qualité de l'air, des sols et des eaux », à travers les actions ci – dessous entre autres:

- un inventaire des réglementations existantes : cadre législatif, réglementaire et normatif, instruments juridiques internationaux, organes de coordination et de concertation ;
- le contrôle régulier de la qualité des émissions des unités industrielles et artisanales ;
- une évaluation régulière de la qualité de l'air, des sols et des eaux des zones sensibles.
- l'information de la population sur les risques liés à la pollution de l'air;

- la constitution d'une base de données pour les polluants de l'air.

b) Politique Nationale sur les Changements Climatiques

La Politique Nationale sur les Changements Climatiques (PNCC) a pour objectif global de « **contribuer à la lutte contre la pauvreté et au développement durable en apportant des solutions appropriées aux défis liés aux changements climatiques afin que ceux-ci ne deviennent pas un facteur limitant du développement socioéconomique du pays** ».

La politique nationale sur les changements climatiques s'articule prioritairement autour de huit orientations politiques (OP) intégrant cinq piliers opérationnels définis à Bali : l'adaptation, l'atténuation, le transfert de technologies le renforcement de capacités et le financement. Il s'agit de :

- OP N°1 : Mise en place d'une gouvernance anticipative et organisée des changements climatiques ;
- OP N°2 : Promotion des actions d'adaptation aux impacts des changements climatiques ;
- OP N°3 : Réduction et gestion des risques et des catastrophes naturelles ;
- OP N°4 : Promotion des actions d'atténuation des gaz à effet de serre ;
- OP N°5 : Promotion de la recherche pour le développement, la vulgarisation et le transfert de technologies appropriée ;
- OP N°6 : Renforcement des capacités en matière de changements climatiques ;
- OP N°7 : Promotion d'une planification du développement sensible aux changements climatiques ;
- OP N°8 : Promotion de la coopération internationale en matière de changements climatiques et de la participation du Mali à la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC).

Le projet d'analyse de la qualité de l'air à Bamako contribue particulièrement à la mise en œuvre de l'orientation politique (OP4) à travers la connaissance des gaz à effet de serre rencontrés dans la ville de Bamako. Par ailleurs, c'est une action coopération internationale (OP8) et de renforcement de capacités (OP6).

3.2.2. Au plan international

Le projet s'inscrit au plan international, dans la Politique environnementale de la CEDEAO, la Politique forestière de la CEDEAO, la Politique commune d'amélioration de l'environnement de l'UEMO-PCAE, la Politique d'aménagement du territoire de l'UEMOA, la Politique Environnementale et Sociale de la Banque Mondiale, la Stratégie régionale de réduction de la pauvreté en Afrique de l'Ouest et les Objectifs du Développement Durable (ODD).

Dans le cadre politique et stratégique, le projet d'analyse de la qualité de l'air à Bamako accordera une attention particulière à la Contribution Déterminée au niveau National (CDN) en application de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques.

3.3. Cadre juridique

3.3.1. Au plan national

Le cadre juridique national en matière d'environnement en général et de gestion de la pollution de l'air, est composé d'une multitude de textes juridiques régissant plusieurs domaines. Cette diversité des textes qui est le reflet de la diversité des acteurs, exacerbe le problème de la cohérence et de la coordination des actions en matière de gestion de l'environnement.

En plus de la Constitution du 25 février 1992, les textes juridiques pertinents qui s'appliquent au projet d'analyse de la qualité de l'air à Bamako concernent entre autres :

- Loi N° 96-050 du 16 octobre 1996 portant principes de constitution et de gestion du domaine des collectivités territoriales ;
- Loi N°01-004/AN-RM du 27 février 2001 portant charte pastorale en République du Mali ;
- Loi N°01-020 du 30 mai 2001 relative aux pollutions et aux nuisances ;
- Loi N°02-006 du 31 janvier 2002 portant code de l'eau ;
- Loi N°02-016 du 03 juin 2002 fixant les règles générales de l'urbanisme ;
- Loi N°02-013/AN-RM du 03 juin 2002 instituant le contrôle phytosanitaire en République du Mali ;
- Loi n° 02-049 du 22 juillet 2002 portant loi d'orientation sur la santé ;
- Loi N°06-045 du 05 Septembre 2006 Portant Loi d'Orientation Agricole (LOA) a été adoptée par l'Assemblée Nationale en sa séance du 16 août 2006 et promulguée le 05 septembre 2006 ;
- Loi N°08-033/AN-RM du 11 août 2008 relative aux installations classées pour la protection de l'environnement ;
- Loi N°08-042/AN-RM du 1er décembre 2008 relative à la sécurité en biotechnologie en République du Mali ;
- Loi n° 10 -028 du 12 juillet 2010 déterminant les principes de gestion des ressources du domaine forestier national ;
- Loi N°2017-019 du 12 juin 2017 portant Loi d'Orientation pour l'Aménagement du Territoire ;
- Loi N°2017-051 du 02 octobre 2017 portant Code des Collectivités Territoriales ;
- Ordonnance n° 00-27/P-RM du 22 mars 2000, portant code domanial et foncier en République du Mali, modifiée et ratifiée par la loi n° 02-008 du 26 mars 2002 et la Loi N°2016 – 025 du 14 juin 2016 ainsi que les textes d'applications ;
- Décret n°01 -394/P-RM du 06 septembre 2001 fixant les modalités de gestion des déchets solides ;
- Décret n°01 -397/P-RM du 06 septembre 2001 fixant les modalités de gestion des polluants de l'atmosphère ;
- Décret n° 01 – 395 / P-RM du 06 septembre 2001 fixant les modalités de gestion des eaux usées et des gadoues ;
- Décret n°05-113/P-RM du 9 mars 2005 fixant les règles spécifiques applicables aux différentes catégories de servitudes en matière d'urbanisme ;
- Décret N° 07- 135/P-RM du 16 avril 2007 fixant la liste des déchets dangereux ;
- Décret n°08-346 P-RM du 26 juin 2008 relatif à l'étude d'impact environnemental et social modifié par le Décret N°09-318/P-RM du 26 juin 2009 ;

Décret n°01 -397/P-RM du 06 septembre 2001 fixant les modalités de gestion des polluants de l'atmosphère

Le présent décret fixe les modalités de gestion des polluants atmosphériques considérés comme des contaminants présents dans l'air en concentration ou en quantité supérieur au seuil fixé par règlement. La gestion de ces polluants atmosphériques vise entre autres, la lutte contre les effets nocifs des polluants de l'atmosphère sur l'environnement et sur la santé humaine et animale. Les principaux polluants atmosphériques à prendre en compte, notamment dans la phase de travaux du projet de drainage des eaux pluviales de Bamako sont : (i) la fumée qui est l'ensemble de produits gazeux et de particules fines en suspension dans un milieu ambiant résultant d'une combustion et, (ii) le gaz qui est un fluide compressible occupant tout l'espace offert.

Au-delà de l'interdiction du rejet de polluants atmosphériques, l'article 5 du présent décret indique que l'exploitant doit munir son installation de traitement des fumées et gaz et d'un système d'enregistrement continu des polluants résiduels dans l'atmosphère.

Ce décret vise plusieurs objectifs que sont entre autres : (i) la prévention et la réduction des concentrations de polluants de l'atmosphère à un niveau qui ne perturberait pas sa qualité; (ii) la lutte contre les effets nocifs des polluants de l'atmosphère sur l'environnement et sur la santé humaine et animale; (iii) la surveillance et le contrôle des polluants de l'atmosphère, et notamment ceux qui sont générés par l'incinération de déchets, par les activités industrielles.

L'article 21 du décret fait obligation à « toute personne physique ou morale qui procède à la construction, à la réparation, à l'entretien ou à la démolition d'un bâtiment, d'une route, d'une auto gare, d'une gare ferroviaire, aéroportuaire et portuaire » d'arroser le sol pour prévenir le soulèvement de poussières. Il interdit en outre l'utilisation des engins à moteur « dont le fonctionnement génère dans l'atmosphère des gaz, des fumées ou autres, de nature à incommoder les populations, à compromettre l'environnement, la santé et la sécurité publique » (article 25) ou encore des engins à moteur dont les émissions atmosphériques ne respectent pas « les normes en vigueur » (article 26).

3.3.2. Au plan international

En plus du cadre juridique national, le projet d'analyse de la qualité de l'air de Bamako s'inspire et est conforme au cadre juridique international qui prend en compte les Conventions, Accords, Chartes, Traités et d'autres engagements internationaux, signés et/ou ratifiés par le Gouvernement du Mali. Ces instruments juridiques sous régionaux et internationaux complètent et améliorent le cadre juridique national. Le tableau ci – dessous donne la liste de quelques Conventions Accords, chartes et Traités Internationaux signés et/ou ratifiés par le Gouvernement de la République du Mali, applicables au projet.

Tableau 1: Conventions Accords, chartes et Traités Internationaux signés et/ou ratifiés par le Gouvernement de la République du Mali, applicables au projet

Libellé du texte	Adoption	Signature	Entrée en vigueur	Ratification	Lieu
Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification dans les pays gravement touchés par la sécheresse et/ou la désertification, en particulier en Afrique	14 mai 1994	15 octobre 1994	26 décembre 1996	31 octobre 1995	Paris (France)
Convention des Nations Unies sur la Diversité Biologique	13 juin 1992	22 septembre 1993	29 septembre 1994	29 septembre 1995	Rio de Janeiro (Brésil)
Protocole de Cartagena sur la prévention des risques biotechnologiques relatifs à la convention diversité biologique	Janvier 2000	Non connue	11 septembre 2003	04 juin 2002	Montréal (Québec)
Convention de Ramsar relative aux zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitat des oiseaux d'eau	02 février 1971	21 décembre 1975	25 Mai 1987	25 Septembre 1987	Ramsar, Répu. Islamique Iran
Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques et le Protocole de Kyoto à la Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques ;	09 Mai 1992	22 Septembre 1992	21 Mars 1994	28 Décembre 1994	New York
Protocole de Kyoto de la convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques	11 décembre 1997	27 janvier 1999	16 février 2005	28 mars 2002	Kyoto (Japon)
Convention de Vienne sur la protection de la couche d'ozone	le 22 mars 1985	-	-	le 28 octobre 1994	Vienne
Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone	16 septembre 1987	Non connue	1er janvier 1989	Non connue	Montréal (Québec)

Convention de Stockholm sur les polluants chimiques persistants	22 mai 1989	23 mai 2001	17 mai 2004	24 avril 2003	Stockholm (Suède)
Convention Africaine sur la conservation de la nature et des ressources naturelles	1968 et révisée le 11 juillet 2003	-	-	20 juin 1974	Alger et Maputo
Convention de Bamako sur l'interdiction d'importer des déchets dangereux et le contrôle de leurs mouvements transfrontaliers en Afrique	31 janvier 1991	31 janvier 1991	20 mars 1996	21 février 1996	Bamako (Mali)

Source : Direction Nationale de l'Assainissement, de la Lutte Contre les Pollutions et Nuisances (DNACPN)

a) Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques et le COP 21

La Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques a été adoptée à Rio de Janeiro en 1992 par 154 États plus la Communauté européenne et est entrée en vigueur le 29 décembre 1993. Le Mali y a adhéré le 22 septembre 1992 et l'a signé le 28 décembre 1994. Elle consacre l'engagement des Etats à conserver la diversité biologique, à utiliser les ressources biologiques de manière durable, et à partager équitablement les avantages découlant de l'utilisation des ressources génétiques. Il s'agit d'un accord cadre car elle laisse à chaque Etat partie la liberté de déterminer les mesures à mettre en œuvre. Cette convention ne contient aucun objectif juridiquement contraignant. Elle énonce donc les objectifs et des politiques plutôt que des obligations strictes et précises. Ceci a conduit à de nombreuses réflexions et études sur les modalités nationales d'application des dispositions de la convention. Elle reconnaît trois grands principes :

- le principe de précaution ;
- le principe des responsabilités communes mais différenciées ;
- le principe du droit au développement.

Lors de la conférence de Paris sur le climat (COP21) en décembre 2015, 195 pays ont adopté le tout premier accord universel sur le climat juridiquement contraignant qui définit un plan d'action international visant à mettre le monde sur la bonne voie pour éviter un changement climatique dangereux, en maintenant le réchauffement planétaire largement en dessous de 2°C. Cet accord de Paris est un pont entre les politiques actuelles et l'objectif de neutralité climatique fixé pour la fin du siècle. Les pays ont convenu:

- sur le long terme, de contenir l'élévation de la température de la planète nettement en dessous de 2°C par rapport aux niveaux préindustriels;
- de poursuivre les efforts pour limiter la hausse des températures à 1,5°C, ce qui permettrait de réduire largement les risques et les conséquences du changement climatique;
- de viser un pic des émissions mondiales dès que possible, en reconnaissant que cette évolution sera plus lente dans les pays en développement;
- de parvenir ensuite à une diminution rapide des émissions, en s'appuyant sur les meilleures données scientifiques disponibles.

Conformément aux accords internationaux, le Mali a déposé sa Contribution Prévue Déterminée au niveau National (CPDN) à la COP 21 de la CCNUCC à Paris en 2015 qui est devenue Contribution Déterminée au niveau National (CDN) avec une valeur d'engagement contraignant pour le Mali.

La réalisation de la CDN qui vise la réduction des émissions de GES, implique la connaissance et la maîtrise de ces GES. Le projet d'analyse de la qualité de l'air à Bamako s'inscrit dans ce cadre.

b) Convention de Vienne sur la protection de la couche d'ozone

La Convention de Vienne sur la protection de la couche d'ozone, adoptée le 22 mars 1985, a pour objectif de préserver la santé humaine et l'environnement des effets néfastes découlant de

l'appauvrissement de la couche d'ozone. Le Mali y a adhéré le 28 octobre 1994. Elle encourage les travaux de recherche, la coopération et l'échange d'information entre les Etats, ainsi que des mesures législatives nationales, sans pour autant exiger de mesures concrètes. Elle a instauré pour les nations, l'obligation générale de prendre des mesures appropriées afin de protéger la couche d'ozone et un processus par lequel des règlements pourraient être imposés par les instances gouvernementales des pays en vue d'établir des mesures de contrôle.

Plus important encore, la Convention de Vienne a établi les grandes lignes du protocole de Montréal sur les substances appauvrissant la couche d'ozone. Par cet instrument, les gouvernements se sont engagés à protéger la couche d'ozone et à coopérer pour le développement de la recherche scientifique afin de mieux comprendre les processus atmosphériques. A cet effet, elle reconnaît la nécessité d'accroître la coopération internationale en vue de limiter les risques que les activités humaines pouvaient faire courir à la couche d'ozone. Toutefois, cette convention ne contient aucun dispositif contraignant, mais prévoit que des protocoles spécifiques pourront lui être annexés.

Le projet au cours de son exécution, tout en œuvrant à la connaissance et à la maîtrise des GES qui contribuent à la destruction de la couche d'ozone, devra s'interdire d'importer ou d'accepter et d'utiliser toutes substances appauvrissant cette couche d'ozone.

3.4. Cadre institutionnel

Au plan institutionnel, la gestion de la qualité de l'air et de la pollution atmosphérique, en raison du caractère transversal de ces ressources, implique une large gamme d'institutions techniques gouvernementales, para étatiques et non gouvernementales. Cette multiplicité des acteurs s'accompagne d'une insuffisance de coordination, ce qui, en dehors d'un environnement propice, pourrait handicaper les performances en matière de suivi de la qualité de l'air et de pollution atmosphérique au Mali en général et dans le district de Bamako en particulier.

Plusieurs départements ministériels et leurs administrations techniques centrales, rattachées, régionales et subrégionales sont directement concernés par la gestion d'environnement en général et de la qualité de l'air en particulier, en fonction des actions entreprises par chaque secteur. Sur la base du décret n°2018-0747/P-RM du 24 septembre 2018 fixant les attributions spécifiques des membres du Gouvernement et décret n°2018-0748 du 24 septembre 2018 portant répartition des services publics entre la Primature et les Départements Ministériels, plusieurs ministères sont directement ou indirectement concernées par le projet de suivi de la qualité de l'air à Bamako. Il s'agit de :

3.4.1. Ministère de l'Environnement, de l'Assainissement et du Développement Durable (MEADD)

Le Ministère de l'Environnement, de l'Assainissement et du Développement Durable prépare et met en œuvre de la politique nationale dans les domaines de l'environnement et de l'assainissement et veille à la prise en compte des questions de développement durable à l'occasion de la formulation et de la mise en œuvre des politiques publiques.

Le Ministère de l'Environnement, de l'Assainissement et du Développement Durable (MEADD) exerce une tutelle statutaire et de principe sur tous les secteurs de l'environnement à travers, entre autres : (i) l'Agence pour l'Environnement et le Développement Durable (AEDD) ; (ii) la Direction Nationale de l'Assainissement, du Contrôle des Pollutions et des Nuisances (DNACPN); (iii) la Direction Nationale des Eaux et Forêts (DNEF).

3.4.2. Ministère de l'Agriculture

Le ministère de l'Agriculture prépare et met en œuvre la politique nationale dans le domaine de l'agriculture.

Il s'appuie entre autres sur les services centraux ci-après : (i) la Direction nationale du Génie Rural ; (ii) la Direction nationale de l'Agriculture. La collecte des données a fortement impliqué la Direction Régionale de l'Agriculture du district de Bamako et La Cellule de Planification et de Statistique (CPS du Développement rural).

3.4.3. Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Affaires foncières

Le Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Affaires Foncières prépare et met en œuvre la politique nationale dans les domaines de l'Habitat, de l'Urbanisme et de la Gestion des Affaires Foncières.

Le Ministère de l'Habitat, de l'Urbanisme et des affaires foncières exerce une tutelle statutaire et de principe à travers : (i) la Direction Nationale de l'Urbanisme et de l'Habitat ; (ii) la Direction Nationale du Cadastre ; (iii) Direction Nationale des Domaines.

Le projet d'aménagement hydro agricole de Sossé Sibila, au-delà des risques de déplacement involontaire et de réinstallation, comporte des actions importantes de gestion foncière. Il devra participer à la mise en œuvre du PGES et du Plan d'actions de réinstallation (PAR), le cas échéant, par l'indemnisation et/ou le relogement des personnes affectées par le projet.

3.4.4. Ministère de l'Economie et des Finances

Le Ministère de l'Economie et des Finances prépare et met en œuvre la politique économique, financière et monétaire de l'Etat.

Le Ministère de l'Economie et des Finances s'appuie entre autres sur : (i) la Direction Générale du Budget ; (ii) la Direction Générale des Impôts ; (iii) la Direction Générale des Marchés Publics et des Délégations de Services Publics ; (iv) la Direction Nationale de la Planification du Développement.

Dans le cadre du projet, les locaux du Ministère de l'Economie et des Finances, appelé « Hotel du Plan » a abrité une des stations de mesures.

3.4.5. Ministère de l'Administration Territoriales et de la Décentralisation

Le rôle du Ministère de l'Administration Territoriale et de la décentralisation dans la mise en œuvre du projet est un rôle d'appui conseil et de suivi – évaluation, lié à l'expression de la tutelle administrative des collectivités territoriales. Par ailleurs, il est le porteur de la réforme administrative et territoriale pour une meilleure gestion des circonscriptions administratives et des Collectivités territoriales

Pour exercer sa mission d'administration du territoire, de gestion des processus de la décentralisation et de la déconcentration et, la gestion des frontières, sous – tendus du développement régional et local, il s'appuie sur la Direction Générale des Collectivités Territoriales (DGCT) et la Direction Générale de l'Administration du Territoire (DGAT) ainsi que la Direction Nationale des Frontières (DNF).

Dans le cadre de la collecte des données, la mairie du district a abrité une des stations de mesure.

3.4.6. Ministère des Infrastructures et de l'Equipement

Le Ministre des Infrastructures et de l'Equipement prépare et met en œuvre la politique nationale en matière de développement des infrastructures et d'équipement de transport.

Le Ministère de l'Equipement et du Désenclavement exerce sa mission à travers entre autres : (i) la Direction Nationale des Routes ; (ii) l'Institut Géographique du Mali (IGM) ; (iii) l'Agence Nationale de la Météorologie (Mali – Météo).

Dans le cadre du projet de suivi de la qualité de l'air et du contrôle de la pollution atmosphérique à Bamako, l'Agence Nationale de la Météorologie (Mali – Météo) a un rôle très important dans le suivi et le contrôle des phénomènes météorologique.

3.4.7. Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique

Le Ministère de la Santé et de l'Hygiène Publique répare et met en œuvre la politique nationale en matière de santé et d'hygiène publique. Le Ministère de la santé exerce une tutelle statutaire et de principe sur tout le secteur de la santé à travers la Direction Générale de la Santé et de l'Hygiène publique.

Le projet comporte un volet important de santé et d'hygiène publique, notamment le suivi des maladies climato – sensibles qui ont essentiellement pour cause la pollution atmosphérique. La Direction Générale de la Santé et de l'Hygiène publique et la Direction Régionale du District ont fourni d'importantes données dans le cadre de cette collecte.

3.4.8. Autres ministères

Les autres ministères qui sont concernés par le projet mais de façon indirecte sont :

- le Ministère de la Justice, Garde des sceaux ;
- le Ministère des Affaires Etrangères et de la Coopération internationale ;
- le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de la Population, à travers la Direction Nationale de l'Aménagement du Territoire (DNAT), la Direction Nationale de la Population (DNP) et l'Institut National de la Statistique (INSTAT) ;
- le Ministère de l'Habitat et de l'Urbanisme.

3.5. Analyse des composantes pertinentes du milieu de la ville de Bamako

3.5.1. Aspects biophysiques

a) Relief

Le relief du District de Bamako est marqué par la chaîne de montagnes des Monts Mandingue et la vallée du fleuve Niger avec une pente moyenne à forte Nord-Sud sur la rive gauche et Sud-Nord sur la rive droite. La chaîne des Monts Mandingues qui longe et surplombe la vallée du fleuve Niger commence par le *Nianan Koulou* à Koulikoro à 60 km au Nord-Est de Bamako pour terminer par le Mont Tambaoura à Kéniéba, région de Kayes, à environ 800 km au Sud-Ouest de Bamako. Le Plateau Mandingue a un relief morcelé formé d'une succession de plateaux gréseux (Photo 16) séparés par des bassins et des plaines. Au Sud-est les derniers plateaux des monts Mandingues se dressent au-dessus du bassin du haut Niger. Au Nord le plateau se prolonge par les hauteurs du Kaarta.

b) Hydrographie

La ville de Bamako est traversée par le fleuve Niger et ses nombreux affluents (marigots) qui sont des collecteurs naturels, parfois aménagés par zones. Le débit du Niger est caractérisé par d'importantes variations. Il atteint son niveau maximum pendant la saison des pluies, en août – octobre, où son débit peut dépasser les 5 000 m³/s, puis diminue progressivement pour atteindre son niveau le plus bas en mars – avril.

A l'exception du Niger, les cours d'eau permanents à Bamako sont rares. La ville est traversée par quatorze (14) marigots principaux totalisant un bassin de 506,4 km².

c) Climat

Le climat de Bamako est à cheval sur la zone soudanienne et la zone nord guinéenne ou soudano - guinéenne.

- La zone soudanienne (215 000 km², 17% de la superficie totale) au centre du pays, est une zone semi-aride à subhumide. Les précipitations varient de 600mm/an à 1 200 mm avec 60 à 80 jours

d'occurrence de pluies en moyenne répartis entre juin et octobre. La saison pluvieuse dure 5 mois

- Le climat de la zone soudano-guinéenne (75 000 km², soit 6% de la superficie totale du pays) est subhumide. Les précipitations dépassent très souvent 1 200 mm/an. La saison pluvieuse dure de 5 à 7 mois. Dans cette zone, on observe en moyenne 90 jours d'occurrence de pluie entre mai et octobre.

Les températures moyennes mensuelles varient de 25 à 33 °C, les températures moyennes annuelles sont de l'ordre de 26 à 30 °C. L'écart de température moyen mensuel entre les saisons est relativement peu important ; 8 °C entre les mois d'avril et janvier. En revanche, l'écart entre les températures mensuelles moyennes minimales et maximales est considérable. Le mois de janvier est le plus frais (moyenne : 25 °C), et celui d'avril le plus chaud (moyenne : 33 °C).

Dans le District de Bamako, les principales données de températures sont les suivantes :

- Température maximale moyenne de l'ordre de 40° C ;
- Température minimale moyenne de l'ordre de 18 à 20 °C ;
- Température moyenne de l'ordre de 25 à 30 °C.

Le District de Bamako, à l'instar de tout le Mali est parcourue par deux vents dominants : l'harmattan et la mousson.

- L'harmattan : Vent sec qui souffle du Nord-est pendant la saison sèche (de Novembre à Mai);
- La Mousson : Vent humide qui souffle du Sud-ouest pendant la saison des pluies (Juin à Octobre).

La vitesse moyenne du vent est de l'ordre de 1,6 m/s²

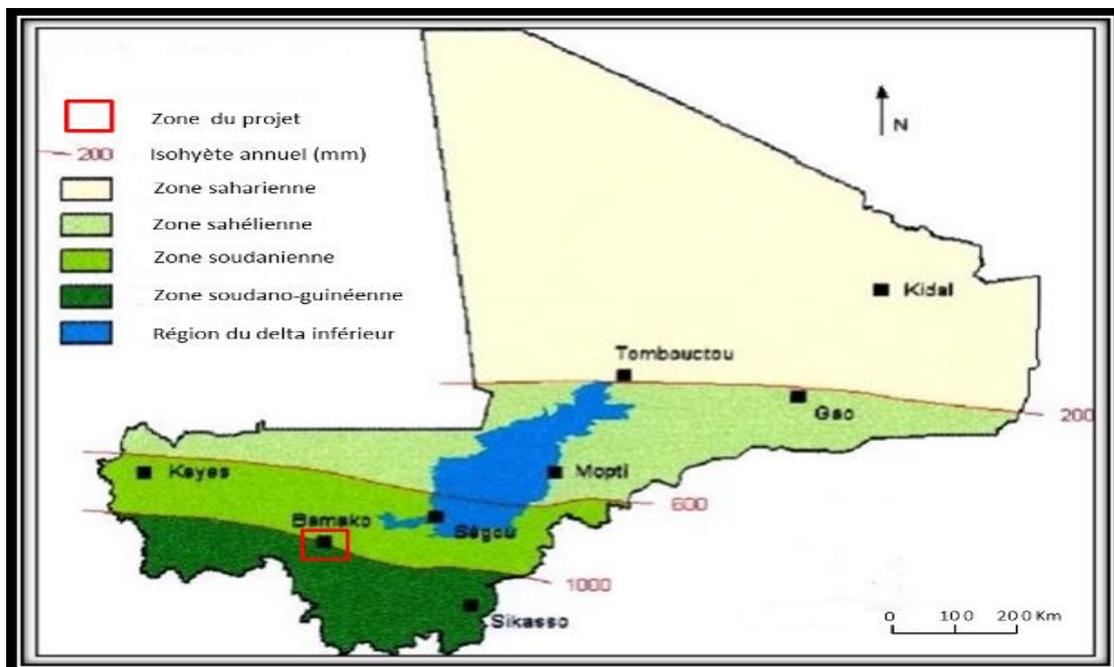


Figure 1 : Climat du Mali et de la zone du projet

² Rapport de faisabilité technico-économique, Formulation du projet de réduction des risques d'inondations à Bamako, Octobre 2013

Source : République du Mali/UNICEF, Etude de faisabilité des forages manuels, Identification des zones potentiellement favorable

Les valeurs moyennes de l'insolation journalière sont obtenues pendant les mois d'Octobre à Mars avec plus de huit (8) heures/jour et les mois de juillet à septembre présentent les valeurs les plus faibles autour de cinq (5) heures/jour.

La moyenne de l'humidité relative qui est le rapport de la pression effective de la vapeur d'eau dans l'atmosphère sur la pression maximale est de 54%.

d) Qualité de l'air ambiant

Les chaînes de montagnes et les bassins du fleuve Niger et ses affluents dans un cadre de climat tropical, donnent un caractère de dépression au paysage de Bamako inter coupée de collines et de plateaux isolés. Ainsi, la masse d'air se présente très souvent sous forme de tourbillon qui maintient les particules solides et les gaz en perpétuel mouvement dans l'atmosphère. L'évapotranspiration dominée par la vapeur d'eau qui se dégage du fleuve Niger maintient l'atmosphère de Bamako dans un état humide. Cet état de l'atmosphère combiné aux émissions de gaz de plus en plus importantes porte un risque important de maladies respiratoire et climato sensibles.

L'air ambiant est pollué par des émanations gazeuses nauséabondes. Les lits de marigots, des collecteurs et caniveaux, et, très souvent du fleuve Niger, pollués par les ordures ménagères et les eaux usées sont chargées en matières organiques particulaires et dissoutes, en composés azotés, soufrés et phosphorés, qui génèrent directement (par dégagement de composés très volatils) ou indirectement (suivant un processus biologique de fermentation en milieu réducteur) des odeurs désagréables.

Ainsi, les déchets polluants sources d'odeurs polluantes peuvent contenir jusqu'à 21 composés différents, dont : (i) les composés soufrés (80 à 90 % des odeurs). Leurs seuils de détection olfactifs sont très bas. Ces composés sont capables de produire les plus fortes odeurs ; (ii) les composés azotés ; (iii) les composés carboxyles (aldéhydes et cétones) ; (iv) les acides et alcools ; (v) les COV.

Les populations sont affectées par les nuisances olfactives dues à la pollution de l'air par les émanations de gaz nauséabondes. La principale source d'odeur émise dans les lieux insalubres est le sulfure de d'hydrogène H₂S, dont l'odeur caractéristique d'œuf pourri est perceptible même à faible concentration. Ces odeurs conduisent à la dégradation des conditions de vie et sanitaires des populations affectées.

Au-delà du seuil de saturation des capteurs olfactifs, les odeurs dégagées par les composés soufrés ne sont plus perçues : à partir de 150 ppm (partie par million), les molécules d'H₂S inhibent les nerfs olfactifs, ce qui présente un danger réel, car aucune odeur ne s'exprime. Il se crée une sorte d'accoutumance auprès des personnes affectées qui ne sentent pratiquement plus les mauvaises odeurs dégagées dans l'air ambiant dans lequel elles vivent. Malheureusement les risques de toxicité sont latents. Les effets sur la santé humaine sont à prendre en considération pour traiter le problème et sont répertoriés dans le tableau 23.

Tableau 2 : Les effets sur la santé humaine de la concentration dans l'air des composés soufrés

Concentration dans l'air (ppm)	Effets
0.1	Seuil de perception olfactif
5 (VME)	Odeur modérée facilement détectable
10 (VLE)	Début d'irritation oculaire

25	Odeur fortement désagréable, éventuels problèmes pulmonaires et digestifs
100	Toux, irritation oculaire, perte de l'odorat après 2 à 5 minutes
200-500	Conjonctivite, irritation importante des voies respiratoires
500-700	Perte de conscience, mort possible par asphyxie après 30 à 60 minutes
>700	Perte de conscience rapide, mort

Source : Revue l'Eau, l'Industrie, les Nuisances, cité dans l'EIES du projet de drainage des eaux pluviales de Bamako (2017)

VME : Valeur Moyenne d'Exposition
VLE : Valeur Limite d'Exposition

e) Végétation et flore

La végétation naturelle est marquée par les savanes boisées, arborées et ou arbustives des forêts classées de Koulouba (2 010 ha) et des Monts Mandingues (15 000 ha), la zone boisée de Sotuba (830 ha) qui est une zone de recherche agronomique et le jardin botanique (25 ha) qui est une extension de la forêt classée de Koulouba. Ainsi, trois forêts classées forment une boucle autour de Bamako. La première, les Monts Mandingues a été classée en 1939. La forêt classée de la Faya (80 000 ha) est créée en 1943. La forêt du Sounsou (40 000 ha) est classée en 1954.

Ces forêts qui sont classées pendant la période coloniale ont pour objectif de classement, la protection du fleuve Niger et de la ville de Bamako contre l'érosion (sous toutes ses formes) et les vents violents, l'approvisionnement de la ville de Bamako en bois. Notons que les forêts classées des Monts Mandingues et de la Faya comptent respectivement 2 000 ha et 6 000 ha de plantations industrielles comportant des espèces comme : *Gmelia arborea*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Azadirachta indica*, *Cassia siamea*.

Les principales espèces rencontrées dans ces forêts naturelles sont : *Combretum spp*, *Khaya senegalensis*, *Isobertinia doka*, *Guiboukia kopalifera* (uniquement dans Monts Mandingues en formation naturelle), *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Anogeissus leiocarpus*, *Pterocarpus spp*, *Ficus spp*, *Terminalia spp*, *Detarium microcarpum*, *Guiera senegalensis*, *Euphorbia spp*, *Pakistala pobeguenii*, *Erythraea guineensis*.

L'essentiel de la végétation du District de Bamako est constitué d'espèces anthropiques d'ombrage plus ou moins diversifiées et d'espèces fruitières, plantées en alignement le long des voies ou d'une manière éparse dans les concessions. Il s'agit notamment de : *Azadirachta indica* (nîmes), *Ceiba pentandra* (fromager), *Gmelina arborea*, *Cassia siamea*, *Ficus sp.*, *Delonix regia* (Flamboyant), *Acacia auriculiformis*, *Acacia sp.*, *Eucalyptus sp*, *Terminalia sp.*, *Khaya senegalensis*, *Adansonia digitata* (baobab), *Blighia sapida* (Fisanier), *Mangifera indica* (manguier), *Borassus aethiopicum* (Rônier), *Cocos nucifera* (Cocotier), *Elaeis guineensis* (Palmier à huile), *Annona muricata* (Corossolier), *Hyphaene thebaica* (Palmier doom). Le bananier *Musa spp*, le citronnier *Citrus sinensis*, le papayer *Carica papaya* sont disséminés au niveau de certaines parcelles urbaines. On y rencontre aussi des herbacés et graminées tels que *Andropogon gayanus*, *Andropogon pseudapricus*, *Cymbopogon giganteus*, *Pennisetum pedicellatum*.

Toutes ces forêts sont dans un état de dégradation très avancé. En effet, la forêt classée de Koulouba est entièrement occupée par les habitations et les champs agricoles. La forêt classée des Monts Mandingues fait l'objet de coupes abusives et frauduleuses et d'occupations partielles. Pour permettre à ces forêts d'assurer la protection de la ville de Bamako contre l'érosion et les vents

violents, des mesures vigoureuses de récupération et de restauration doivent être entreprises sur la base des plans d'aménagement et de gestion qui sont disponibles.

3.5.2. Aspects socioéconomiques

a) Caractéristiques de l'habitat

Les quartiers de Bamako se présentent sous trois formes. On observe des quartiers très denses avec un niveau de revenus relativement faible, dominés par l'habitat semi traditionnel avec des ruelles peu ouvertes ; des quartiers résidentiels avec une dominance de l'habitat moderne, suffisamment aérés, des rues larges ; des quartiers avec peu d'habitations mais des constructions à vocation industrielle, commerciale et artisanale. L'habitat est très souvent un mélange d'habitations de différents niveaux de construction et d'aisance, avec de vastes complexes administratifs et des constructions modernes ambitieuses. Certaines communes sont enchâssées dans l'urbain et d'autres sont mitoyennes d'un milieu périurbain et rural. Ces aménagements ne laissent apparaître aucune voie d'accès entre les habitations. Les bâtiments sont le plus souvent sans installations sanitaires.

b) Infrastructures sanitaires

Au Mali, il existe plusieurs types d'infrastructures sanitaires. Ce sont entre autres : les Centres Hospitaliers Universitaires, les Centres de Santé de Référence, les Centres de Santé Communautaire et les Cliniques, les pharmacies, les dispensaires, les postes de santé, les cabinets de soins et les tradithérapeutes.

Le District de Bamako abrite les principaux hôpitaux du pays. Il s'agit des CHU (Point G, Gabriel Touré, IOTA, Hôpital du Mali). En outre, les différentes Communes disposent chacune d'un Centre de Santé de Référence. Dans les différents quartiers des Centres de Santé Communautaire ont été construits.

Dans le district de Bamako, chaque commune constitue un District sanitaire. Comme partout dans le district, la couverture de santé dans les Communes I et IV est assurée principalement par les centres de santé communautaire (CSCOM) qui constituent les centres de santé de base. Chaque quartier dispose au moins d'un CSCOM. Les quartiers très peuplés disposent chacun de deux (02) CSCOM. Des structures privées (cliniques et cabinets médicaux), beaucoup plus nombreuses (plus de 60% du parc sanitaire) sont installées dans toutes les communes.

Le personnel médical est composé de médecins généralistes et spécialistes dans les hôpitaux, d'infirmiers, de sages-femmes et de matrones. Dans toutes les du district de Bamako, tous les CSCOM sont médicalisés, c'est-à-dire disposent chacun d'au moins d'un médecin.

Le Mali avec 4,3 professionnels de santé pour 10 000 hbts en 2015, est en deçà des normes de l'OMS (23 Professionnels de santé pour 10 000 hbts). Le District de Bamako a un effectif plus élevé avec 13,5 Professionnels de santé pour 10 000 hbts.

c) Situation de l'assainissement de l'hygiène et de la salubrité

Le secteur de l'assainissement à Bamako connaît d'importantes difficultés. Il souffre notamment d'un manque d'infrastructures, favorisé par le rythme très soutenu de la croissance urbaine. En effet, le district de Bamako présente une situation complexe due à la concentration de la population et au manque de clarté du système d'assainissement et de salubrité.

Les marigots traversant la ville de Bamako sont très pollués. Il s'agit principalement des pollutions dues aux activités humaines constituées de déchets solides et liquides. Les signes physiques de la pollution d'un cours d'eau sont les particules en suspension, les pellicules flottantes d'huiles et de

substances similaires, les dépôts de particules de graisses. Les substances insolubles contiennent quelques fois des substances organiques, celles-ci entrent en état de putréfaction en provoquant la formation de pellicules flottantes de boues.

Au niveau des déchets solides, l'insuffisance de la collecte des déchets est à l'origine du rejet des déchets solides dans les marigots et autres collecteurs et caniveaux par de nombreux ménages.

Les déchets liquides sont essentiellement des rejets d'eaux grises notamment les eaux usées et eaux vannes déversées par des riverains dans les marigots à travers des branchements illicites. Les activités des teinturiers installés tout le long des marigots déversent eux aussi des eaux usées provenant du traitement des tissus.

L'assainissement des eaux pluviales est assuré par un réseau de caniveaux et de canaux qui déversent dans le fleuve Niger. Cependant, très peu de rues disposent de caniveaux ou de collecteurs pour l'évacuation des eaux pluviales à Bamako. Ce réseau sommaire, qui draine également une partie des eaux usées ménagères, est en général vétuste et insuffisamment fonctionnel à cause de l'absence d'entretien. Du fait de l'obstruction, de l'ensablement du réseau, notamment par les déchets ménagers, les habitations anarchiques, etc., des débordements sont souvent observés en saison de pluie, constituant le fondement des importants risques d'inondation dont Bamako fait de plus en plus l'objet.

d) Transport

Dans le district de Bamako, le transport est dominé par le transport terrestre routier. On distingue trois types de transport en rapport avec plusieurs gammes de véhicules. Les bus, camions remorques et semi-remorques assurent le transport interurbain de personnes et de marchandises. Les camions remorques et semi-remorques assurent le transport des produits d'exportation du Mali vers les ports des pays côtiers comme la Guinée, le Sénégal, la Côte d'Ivoire, le Ghana, le Togo et le Bénin et le transport des produits importés à partir des ports de ces pays. Le transport interurbain du district de Bamako vers les autres villes du pays utilise des minibus et des bus. Le transport intra-urbain, notamment dans le district de Bamako est assuré par des taxis et des véhicules de transport en commun appelés communément « Sotrama ». Il faut signaler qu'en plus du transport en commun, on note un nombre important de véhicules, des tricycles et de motos particuliers en circulation.

L'accroissement du parc de véhicules par l'importation de véhicules d'occasion âgés entraînent des problèmes de congestion et réduisent la vitesse de circulation, augmentant, d'une part, les émissions de polluants (la consommation spécifique augmente avec le vieillissement du parc) et, d'autre part, une toxicité plus importante de ces émissions, notamment pour le parc diesel qui est le plus rependu.

Une étude menée par la Banque Mondiale en 2011³, a montré que le parc véhiculaire de Bamako était en 2002, de 75 000 unités, dont 45 000 voitures privées, 3 200 motos, 7 700 voitures de transport en commun, le reste étant réparti entre différents types de véhicules tels que camions, camionnettes, remorques, semi-remorques, tracteurs et autres. Les trois quarts des véhicules du pays sont concentrés dans la capitale et l'âge moyen des véhicules est supérieur à 15 ans. La croissance du parc véhiculaire en 2002 de 8 à 10%, soit un doublement du parc tous les 10 ans.

Le secteur de transport génère des impacts négatifs sur l'environnement et la santé : les impacts des polluants sur la santé des populations sont indéniables. En l'absence de statistiques fiables, on peut

³ Banque Mondiale, République du Mali : Analyse environnementale du milieu urbain, Volume 2 : Profil environnemental des villes de Bamako, Gao, Mopti et Sikasso, Rapport final, 31 mars 2011

cependant noter une forte augmentation de différentes maladies causées par la pollution de l'air, dont les maladies respiratoires, les allergies, les maladies de la peau, les maladies neurologiques, les infarctus du myocarde, les céphalées et vertiges, les cancers de poumon et de la vessie, le saturnisme (infection par le plomb), etc.

En dehors des impacts sur la qualité de l'air et l'état sanitaire de la population, le secteur des transports occasionne indirectement la pollution des sols et des eaux superficielles notamment les caniveaux, les collecteurs, les marigots et le fleuve Niger et souterraines à travers le rejet des huiles usagées provenant de l'entretien quotidiens des véhicules de l'important parc véhiculaire, la production des batteries, de divers filtres usagers, qui sont considérés comme des déchets dangereux.



Figure 2 : Vue d'une rue de Bamako saturée de véhicules et de motos et de gaz



Figure 3: Vue de véhicules « Sotrama » dégageant du gaz polluant

e) Activités industrielle

Les principales industries dans le district de Bamako sont : industries alimentaires TOGUNA - Agro industries (production d'engrais), Abattoir Frigorifique de Bamako (Abattage d'animaux, viande), Société d'assemblage de tracteurs SA - MALI TRACTEURS SA (Production de tracteurs), BRAMALI SA (Industrie Alimentaire (production Boissons Gazeuses & Bières), Nouvelle Brasserie Bamakoise - NBB (Embouteillage et distribution de boissons gazeuses), EUROLAIT (Industries agricoles et alimentaires), Eaux Minérales du Mali - EMM SA (Embouteillage de l'Eau Minérale), Grande Confiserie du Mali – GCM (Confiserie), Grands Moulins du Mali SA – GMM (Agro-Industrie - Meunerie), Huilerie Cotonnière du Mali – HUICOMA (Cosmétiques et huilerie), Kissima Industries SA (Unité de transformation des produits agricoles spécialisée à la transformation du fruit de *Balanites aegyptiaca*), UCODAL (Produits alimentaires à base de fonio - Farines enrichies), TAMALI-SA (Tannage des peaux et l'exportation des cuirs), West African Tannery (Tannage des peaux et l'exportation des cuirs), KOUMALIM (Bouillons culinaires – cubes maggies), etc.

Ainsi, plus de 60% des industries du Mali sont concentrées dans le district de Bamako et environs. Les principales unités industrielles sont concentrées au niveau de la zone industrielle SOTUBA, non loin du fleuve Niger. En 2005, la zone industrielle contenait 57 entreprises industrielles ou commerciales réparties sur 19 branches d'activités dont la plus importante est l'agroalimentaire avec toutefois des activités nettement plus polluantes, telles que l'industrie du textile, l'industrie pharmaceutique et la production de piles et de détergents.

Les industries les plus importantes, du point de vue des émissions de matières oxydables, sont les abattoirs, les huileries, les usines fabriquant des jus de fruits. Quelques usines chimiques produisent ou préparent des peintures, détergents, engrais et composés inorganiques simples, comme l'hypochlorite de sodium. Les autres activités industrielles ayant un lien avec les problèmes de pollution des eaux sont les tanneries, une usine de galvanoplastie et quelques ensembles textiles. Les opérations de transformation alimentaire (sucrierie) et les usines textiles constituent certainement les principales sources de pollution.

f) Artisanat

Le secteur de l'artisanat représente une part significative des activités économiques au Mali et constitue un secteur prioritaire contribuant fortement à la création de richesse et d'emplois productifs et à la lutte contre la pauvreté.

Les métiers artisanaux les plus polluants sont les métiers artisanaux de la transformation de métaux et de la construction métallique parmi lesquels on note mécaniciens auto, réparateurs cycles et motorcycle, mécaniciens tous véhicules, réparateurs radios, téléviseurs appareils électroniques, électroniciens, garagistes, photographes, etc. Ces métiers sont sources de pollutions de l'air, des sols et des eaux superficielles à travers la production de certains gaz, des huiles usagées provenant de l'entretien quotidiens des véhicules, la production des batteries, de divers filtres usagers, les matériels électroniques usagers qui sont des déchets spéciaux dangereux jetés directement dans la nature.

La seconde catégorie de métiers artisanaux polluants est constituée des métiers artisanaux de l'habillement, du cuir et textiles parmi lesquels on note teinturiers/teinturières et tanneuses. Il est à signaler que l'activité de la teinturerie s'est développée considérablement au cours des dernières décennies à Bamako, on recense y plus de 300 unités de teinturerie qui rejettent environ 16000 m³ d'eaux usées dans les caniveaux et le milieu naturel (fleuve, marigots, etc.).



Figure 4 : Vue d'une teinturerie artisanale dans la Commune I



Figure 5 : Vue d'une teinturerie artisanale dans la Commune IV

g) Agriculture

Dans les différentes communes du district de Bamako, l'agriculture et l'arboriculture sont les pratiques les plus courantes. L'agriculture dans le district de Bamako est basée essentiellement sur le maraîchage. Le maraîchage se pratique de façon intensive notamment dans les emprises et servitudes des cours d'eau.

Plusieurs cultures ont été recensées parmi lesquelles les mieux représentées sont la laitue (*Lactuca sp*), la tomate (*Solanum lycopersicum*), l'oignon (*Allium cepa*), le piment (*Capsicum spp.*), la carotte (*Daucus carota*), le poivron (*Capsicum annum*), le persil (*Petroselinum sativum*), de l'aubergine (*Solanum sp*), le gombo (*Hibiscus esculentus*), l'épinard (*Amaranthus sp*), la betterave (*Beta vulgaris*), l'échalote (*Allium ascalanicum*), etc.. Il faut noter que le maraichage est plus développé le long du marigot Ouéouyankou (Photo 50) que du Tiénkolé comme le montre d'ailleurs le tableau 33.

En saison sèche, parmi ces variétés, celles résistantes à la sécheresse sont les plus cultivées.



Figure 6 : Vue de cultures maraichères le long du marigot Ouéouyankou dans la Commune IV

Les superficies sont généralement réduites. Le tableau.33 renseigne également sur les surfaces exploitées, les spéculations pratiquées ainsi que sur les types d'eaux utilisées.

Tableau 3: Caractéristiques de l'agriculture dans le district de Bamako

Communes	Surfaces exploitées	Spéculations	Type d'eau utilisée
Commune 1	23,75 ha	Laitue, persil, céleri, betterave, choux, oignon, aubergine, gombo, piments, concombre, tomate, navet, poivron, épinard, menta	Eau de puits, eau de collecteur en provenance des marigots et des caniveaux
Commune 2	5,5 ha		
Commune 3	12 ha		
Commune 4	10,5 ha		
Commune 5	10,76 ha		
Commune 6	26,2 ha		Eau de puits, eau de collecteur et eau du fleuve.
Total	88,71 ha		-

Source : Banque Mondiale, République du Mali : Analyse environnementale du milieu urbain, Volume 2 : Profil environnemental des villes de Bamako, Gao, Mopti et Sikasso, Rapport final, 31 mars 2011

Les parcelles sont arrosées avec les eaux du fleuve Niger ainsi qu'avec des eaux usées brutes polluées s'écoulant dans les marigots et dans les caniveaux ou en provenance de puits souvent contaminés, ce qui n'est pas sans conséquence sur l'état sanitaire de la population. En effet, selon la Banque Mondiale, « les services de santé enregistrent de plus en plus de cas de maladies liées à la consommation de produits maraîchers frais arrosés avec les eaux polluées ».

Les maraichers font usage d'engrais chimiques et de fumures organiques généralement issu de la décomposition et du conditionnement d'importantes quantités de déchets solides domestiques. Les engrais utilisés sont l'Urée et les complexes. Les maraichers utilisent également des herbicides. Les engrais, herbicides et autres pesticides sont des sources de pollution aussi bien des eaux souterraines que de surface.

En plus du maraichage, le district de Bamako est au centre d'une agriculture périurbaine intensive, notamment au niveau des concessions rurales et très souvent à l'intérieur des quartiers périphériques. Cette agriculture souvent associée à l'élevage (bovins, ovins et volailles) et à la pisciculture, utilise des quantités importantes d'intrants (engrais chimiques et organiques, insecticides, herbicides, aliments, etc.) qui sont des sources d'émission de gaz à effet de serre.

h) Elevage

L'élevage dans le District de Bamako est le plus souvent familial et d'élevage périurbain. Il est pratiqué par une frange de la population en l'occurrence l'élevage de volailles, de petits ruminants (ovins, caprins) et de bovins, d'équins, d'asiniens et porcins. Cette activité se pratique avec un mode traditionnel où les animaux le plus souvent sont en divagation ou dans des enclos. Les élevages familiaux et commerciaux portent sur les mêmes espèces. L'effectif du cheptel dans le district de Bamako en 2013 est consigné dans le tableau ci-dessous. La conduite des élevages se fait généralement en stabulation libre. Par contre, il existe des élevages en stabulation entravée particulièrement pour la volaille.

Tableau 4 : Effectif du cheptel de Bamako (2013 – 2014)

Désignation	Année	Bovins	Ovins	Caprins	Equins	Asins	Porcins	Volailles
Effectifs/ périodes	2013	33 042	52 196	32 503	466	656	46	6 000 000
	2014	34 033	54 806	34 123	475	669	45	7 500 000

Source : Direction Régionale des Productions et Industries Animales, 2014

L'élevage, notamment celui des bovins est source de pollution de l'air par l'émission de méthane et de l'hémioxyde d'azote qui sont des gaz à effet de serre contribuant aux changements climatiques. Selon le GIEC, le potentiel de réchauffement global de l'hémioxyde d'azote à 100 ans est égal à 298, c'est-à-dire qu'il contribue 298 fois plus au réchauffement climatique qu'une même masse de CO₂ émise en même temps pendant les 100 ans qui suivent leur émission. Celui du méthane est de 25.

4. LES DONNEES COLLECTEES

4.1. Prélèvement des informations sur les sites des matériels

Les sites d'installation des matériels de prélèvement sont : (i) la cours du Ministère de l'Economie et des Finances à Hamdallaye ACI 2000 (Commune IV) ; et ; (ii) la cours de la mairie du District de Bamako (Commune III). Les rapports de quatre (4) semaines d'activités de prélèvement sur les sites des matériels ont été envoyés à BURGEAP. La documentation et les matériels utilisés proviennent de BURGEAP. Ces matériels utilisés sont entre autres :

4.2. Enquête démographique

4.2.1. Lieux de Contact

- Institut National de la statistique du Mali (INSTAT) ;
- Direction Nationale de la Population (DNP).

4.2.2. Informations collectées

Le District de Bamako compte 6 communes (2009, 2019). Le Projet de Grand Bamako qui concerne le périmètre d'urbanisation de la ville, c'est à dire Bamako et environs 34 communes riveraines, devrait être effectif dans les prochaines années. En conséquence, les données collectées concernent essentiellement les six (6) communes actuelles de Bamako.

Tableau 5 : Evolution de la population du District de Bamako de 2009 à 2025

COMMUNES	NOMBRE DE QUARTIERS	POPULATIONS EN 2009				POPULATION EN 2015	POPULATIONS EN 2019				POPULATIONS EN 2020	POPULATIONS EN 2025
		HOMMES	FEMMES	TOTALES	NBRE MENAGES		HOMMES	FEMMES	TOTALES	NBRE MENAGES		
Commune I	9	168 303	166 583	334 886	52 430	449 806	275 194	272382	547576	85 729	575 174	735 483
Commune II	12	78 690	80 670	159 360	25 185	180 100	96 488	98916	195405	30 881	199 430	220 836
Commune III	20	63 792	64 874	128 666	20 242	147 648	80 236	81597	161834	25 460	165 589	185 709
Commune IV	8	152 153	152 373	304 526	49 394	420 850	260 885	261264	522150	84 693	551 077	721 602
Commune V	9	206 749	206 517	413 266	63 836	720 227	521 807	521221	1043028	161 114	1 144 202	1 817 757
Commune VI	10	237 956	231 706	469 662	75 294	705 418	469 848	457508	927356	148 669	992 642	1 394 836
TOTAL BAMAHO	68	907 643	902 723	1 810 366	286 381	2 624 049	1 704 458	1 692 888	3397349	536 546	3 628 114	5 076 223
MALI		7 184 990	6 513 672	13 698 662	512 5293	-	10 361 175	10 519 524	20 880 699	-	-	-

Source : RGPH 2009, projections de la DNP

4.3. Enquête trafic routier

Des enquêtes institutionnelles et celles sur le trafic routier ont été programmées et réalisées pendant le mois de juillet 2019. Elles complètent les informations sur les prélèvements sur les sites du Ministère de l'Economie et des finances et de la Mairie du District. L'état d'exécution est le suivant :

4.3.1. Enquêtes institutionnelles

Du point de vue méthodologie, des correspondances ont été élaborées et déposées auprès des ministères pour que ceux-ci informent les services concernés par les enquêtes dans leur département respectif. Les services en quêtes à la date d'aujourd'hui (25 juillet 2019) et dont les informations sont disponibles sont :

Ministère des transports et de la mobilité urbaine: la Direction Nationale des transports (Statistiques sur les parcs automobiles et engins à 2 et 3 roues), le service commercial de l'aéroport (Statistiques sur les vols et les passagers), l'assistance aéroportuaire du Mali (matériels qui tractent les avions au sol, etc.), le service environnement (le système de climatisation). Il reste:

- Le chemin de fer qui est pratiquement en arrêt d'activités, nous avons du mal à rencontrer les responsables),
- L'ASECNA où les responsables ne peuvent nous recevoir que le lundi prochain

Ministère des finances : l'Office National des Produits Pétroliers et les 4 principaux dépôts, les centrales, l'énergie du Mali et la commission de régulation de l'électricité et de l'eau ont été rencontrés

Ministère de l'équipement et des infrastructures : la Direction des Services des données sur le comptage a été rencontrée mais les informations sont attendues probablement dans la journée d'aujourd'hui

Mairie du district : une rencontre est programmée pour demain vendredi pour collecter les données sur le parc d'engins à 2 roues

4.3.2. Comptage routier

Le présent rapport a pour objet de faire le point de la campagne de comptage routier et les mesures de trafic effectuées par le Bureau d'Etude IGIP. La mise en place de ce mécanisme dans la ville de Bamako s'est traduite par l'adoption d'un plan d'action, organisé comme suit en 2 volets.

a) *Approche de l'enquête sur le trafic routier*

Le comptage routier considéré comme représentatif du trafic sur 12 voies caractéristiques et pertinentes (ci-joint la liste dans le tableau ci - dessous) est réalisé en section courante, manuellement pendant six jours ouvrables sur les 12 voies retenues et en 12 points ciblés.

Du type modal, chaque comptage doit reprendre le lieu et le sens de circulation du flux de trafic que mesure le point de comptage. Les différentes informations obtenues concernent le débit journalier moyen pour un jour ouvrable moyen.

Il s'agit principalement de compter, pendant une durée déterminée, des véhicules ou des personnes qui passent en un endroit précis, afin de calculer ensuite les débits, en distinguant les différentes catégories de véhicules motorisé ou non.

Tableau 6 : Sites des enquêtes

N°	Rue	Lieu d'enquête
1	Avenue de la Liberté	Trans rail
2	Avenue Kassé Keita	Immeuble Tomota
3	Avenue Unité Africaine	Stade de basket Aminata Maiga
4	Avenue du Mali	Clinique Pasteur
5	Route Nationale 5	Marché de Sébénikoro
6	Pont Fadh	Maison véhicule HUNDAI
7	Pont des martyrs	Palais de la culture
8	Rue Banta Nimaga ou rue 376	Cimetière de Niarela
9	Rue Alquood	Station Total (ancienne draie)
10	Rue de la révolution d'octobre	Le CFP
11	Rue Martin Luterking	Laboratoire d'analyse biotechnique (immeuble Sada Diallo)
12	Rue Nationale n°6	Commissariat 13 ^{ième} arrondissement

Tableau 7 : Coordonnées Géographiques des sites des enquêtes

N°	Rue	Lieu d'enquête	Coordonnées GPS	
			X	Y
1	Avenue de la Liberté	Trans rail	08° 00' 02,8''	12° 38' 53, 4''
2	Avenue Kassé Keita	Immeuble Tomota	08° 01' 12,2''	12° 38' 32,2''
3	Avenue Unité Africaine	Stade de basket Salimata Maiga (palais de sports)	08° 01' 24,7''	12° 38' 12,0''
4	Avenue du Mali	Clinique Pasteur	08° 01' 15,6''	12° 37' 57,8''
5	Route Nationale 5	Marché de Sébénikoro	08° 03' 38,0''	12° 35' 34,41''
6	Pont Fadh	Maison véhicule HUNDAI	07° 59' 59,8''	12° 37' 03,7''
7	Pont des martyrs	Palais de la culture	07° 59' 20,3''	12° 37' 28,5''
8	Rue Banta Nimaga ou rue 376	Cimetière de Niarela	07° 59' 09,0''	12° 38' 32,0''
9	Rue Alquood	Station Total (ancienne draie)	07° 57' 54,2''	12° 39' 29,6''
10	Rue de la révolution d'octobre	Le CFP	07° 59' 29,1''	12° 39' 30,4''
11	Rue Martin Luterking	Laboratoire d'analyse biotechnique (immeuble Sada Diallo)	08° 00' 0,7''	12° 36' 41,6''
12	Rue Nationale n°6	Commissariat 13 ^{ième} arrondissement	07° 54' 59,5''	12° 36' 33,8''

b) Moyens, personnel et durée :

L'équipe de recueil des données de trafic est constituée de deux (02) sous - équipes de 13 agents enquêteurs, positionnés en un point d'une section courante de chaque voie de circulation.

Formés en amont pendant une journée, le 20 juillet 2019, sur la méthodologie adoptée et les enjeux du comptage, les 24 agents enquêteurs et les 2 superviseurs sont programmés suivant un planning établi. Face à un volume de trafic très élevé (surtout celui des 2 roues) les agents enquêteurs ont été dotés de compteurs mécaniques et de fournitures appropriées au service. L'annexe ??????? donne la répartition/disposition des enquêteurs sur le terrain.

La campagne a démarré le 22 juillet, conformément au planning adopté pour 6 jours ouvrables, suivant des plages horaires représentatives du trafic (heures de pointe) dans la ville de Bamako. Ces horaires sont : (i) **6 heures 30 à 9 heures 30** ; (ii) **12heures à 13 heures** ; (iii) **16 heures à 17 heures** ; (iv) **17 heures 30 à 19heures 30 (heures de pointe)**.

La principale information obtenue est le débit journalier moyen pour un jour ouvrable moyen sur la base de 10 heures de circulation représentative dans la ville de Bamako.

Les données de trafics issues des comptages sont récapitulées dans le tableau ci – dessous.

Tableau 8 : TABLEAU RÉCAPITULATIF DES RESULTATS DU COMPTAGE ROUTIER

Désignation de la Voie : **AVENUE DE LA LIBERTÉ**

Date : **22 Juillet 2019**

Plages Horaires	Vélo	Moto	Tricycle	Véhicule Particulier	Taxi	Bus	Minibus	Camion	Autre
De.....À									
06 H 30 – 07 H 30	23	2339	22	1082	286	1	233	21	14
07 H 30 – 08 H 30	38	4162	21	1291	366	-	275	11	-
08 H 30 – 09 H30	41	4928	50	1153	368	-	264	17	12
12 H 00 – 13H 00	38	5741	91	980	312	-	283	19	1
16H 00 – 17 H 00	31	5829	83	1157	255	2	280	11	4
17 H 30 – 18 H 30	23	6484	79	1247	264	1	322	13	2
18 H 30 – 19 H 30	20	5022	67	1012	213	-	258	7	6
Moyenne Heure de Pointe	34	5718	73	1127	315	0	290	16	5
Moyenne Trafic/ jour	340	57 180	730	11 270	3 150	0	2 900	160	50

Tableau 8 (suite) : TABLEAU RÉCAPITULATIF DES RESULTATS DU COMPTAGE ROUTIER

Désignation de la Voie : AVENUE DU MALI

Date : 23 Juillet 2019

Plages Horaires	Vélo	Moto	Tricycle	Véhicule Particulier	Taxi	Bus	Minibus	Camion	Autre
De.....À									
06 H 30 – 07 H 30	7	774	4	743	169	1	2	3	1
07 H 30 – 08 H 30	8	602	2	1344	290	4	6	5	1
08 H 30 – 09 H30	8	1861	13	1252	292	-	5	19	2
12 H 00 – 13H 00	8	975	46	1650	374	-	9	29	5
16H 00 – 17 H 00	3	1457	31	1490	285	-	8	14	1
17 H 30 – 18 H 30	10	1451	20	1215	296	1	5	19	3
18 H 30 – 19 H 30	8	1005	21	888	250	5	-	10	1
Moyenne Heure de Pointe	6	1431	30	1464	317	0	7	21	3
Moyenne Trafic/ jour	60	14 310	300	14 640	3 170	0	70	210	30

Tableau 8 (suite) : TABLEAU RÉCAPITULATIF DES RESULTATS DU COMPTAGE ROUTIER

Désignation de la Voie : **AVENUE DE L'UNITÉ AFRICAINE**

Date : **23 Juillet 2019**

Plages Horaires	Vélo	Moto	Tricycle	Véhicule Particulier	Taxi	Bus	Minibus	Camion	Autre
De.....À									
06 H 30 – 07 H 30	18	1051	17	593	124	7	12	4	4
07 H 30 – 08 H 30	13	1730	14	873	186	4	9	5	4
08 H 30 – 09 H30	12	216	23	761	213	-	4	9	2
12 H 00 – 13H 00	12	1032	39	986	289	4	7	17	2
16H 00 – 17 H 00	20	1085	45	907	313	7	12	6	4
17 H 30 – 18 H 30	20	2364	59	749	287	7	8	7	-
18 H 30 – 19 H 30	17	752	46	579	221	5	6	24	4
Moyenne Heure de Pointe	15	1709	37	870	254	5	6	10	2
Moyenne Trafic/ jour	150	17 090	370	8 700	2 540	50	60	100	20

Tableau 8 (suite) : TABLEAU RÉCAPITULATIF DES RESULTATS DU COMPTAGE ROUTIER

Désignation de la Voie : AVENUE ALQOODS (Route de Koulikoro)

Date : 24 Juillet 2019

Plages Horaires	Vélo	Moto	Tricycle	Véhicule Particulier	Taxi	Bus	Minibus	Camion	Autre
De.....À									
06 H 30 – 07 H 30	26	2662	31	693	326	2	322	17	4
07 H 30 – 08 H 30	31	5316	53	1135	329	1	403	12	3
08 H 30 – 09 H30	41	2412	91	1069	228	4	370	21	8
12 H 00 – 13H 00	42	4802	238	1417	395	2	351	34	1
16H 00 – 17 H 00	31	6237	214	1519	355	8	321	70	3
17 H 30 – 18 H 30	41	7247	176	1289	300	8	327	72	3
18 H 30 – 19 H 30	24	5192	133	1135	312	3	280	25	5
Moyenne Heure de Pointe	38	5788	156	1258	341	4	360	39	4
Moyenne Trafic/ jour	380	57 880	1 560	12 580	3 410	40	3 600	390	40

Tableau 8 (suite) : TABLEAU RÉCAPITULATIF DES RESULTATS DU COMPTAGE ROUTIER

Désignation de la Voie : RUE BANTA NIMAGA

Date : 24 Juillet 2019

Plages Horaires	Vélo	Moto	Tricycle	Véhicule Particulier	Taxi	Bus	Minibus	Camion	Autre
De.....À									
06 H 30 – 07 H 30	14	656	25	274	112	3	6	2	1
07 H 30 – 08 H 30	37	1754	58	398	236	9	7	9	2
08 H 30 – 09 H30	37	2135	90	346	144	6	11	27	6
12 H 00 – 13H 00	31	1961	192	312	102	8	15	64	5
16H 00 – 17 H 00	30	2166	249	369	129	4	14	63	4
17 H 30 – 18 H 30	36	3660	220	527	127	9	27	63	11
18 H 30 – 19 H 30	28	682	107	428	128	3	10	7	-
Moyenne Heure de Pointe	35	2885	167	395	124	8	18	51	7
Moyenne Trafic/ jour	350	28 850	1 670	3 950	1 240	80	180	510	70

Tableau 8 (suite) : TABLEAU RÉCAPITULATIF DES RESULTATS DU COMPTAGE ROUTIER

Désignation de la Voie : **PONT FAHD**

Date : **25 Juillet 2019**

Plages Horaires	Vélo	Moto	Tricycle	Véhicule Particulier	Taxi	Bus	Minibus	Camion	Autre
De.....À									
06 H 30 – 07 H 30	53	10712	35	2577	605	12	530	41	1
07 H 30 – 08 H 30	69	14727	31	3129	845	19	545	42	1
08 H 30 – 09 H30	58	13848	169	3485	897	19	367	51	3
12 H 00 – 13H 00	38	9119	445	3793	1418	24	385	109	1
16H 00 – 17 H 00	34	16378	70	4403	1276	32	473	92	1
17 H 30 – 18 H 30	72	18678	73	3643	1152	48	492	117	-
18 H 30 – 19 H 30	28	10457	219	2994	1042	20	404	66	1
Moyenne Heure de Pointe	60	13975	183	3522	1138	30	474	268	1
Moyenne Trafic/ jour	600	139 750	1 830	35 220	11 380	300	4 740	2 680	10

Tableau 8 (suite) : TABLEAU RÉCAPITULATIF DES RESULTATS DU COMPTAGE ROUTIER

Désignation de la Voie : **PONT DES MARTYRS**

Date : **26 Juillet 2019**

Plages Horaires	Vélo	Moto	Tricycle	Véhicule Particulier	Taxi	Bus	Minibus	Camion	Autre
De.....À									
06 H 30 – 07 H 30	34	3616	5	1401	359	9	282	1	1
07 H 30 – 08 H 30	25	5608	-	1763	303	7	252	8	-
08 H 30 – 09 H30	29	8775	4	1146	306	18	225	13	2
12 H 00 – 13H 00	26	4657	2	853	377	24	377	13	1
16H 00 – 17 H 00	15	4085	-	882	429	12	345	11	-
17 H 30 – 18 H 30	33	2867	2	1640	346	3	207	-	-
18 H 30 – 19 H 30	26	12585	3	1960	386	6	174	-	-
Moyenne Heure de Pointe	27	8672	3	1320	356	16	259	9	1
Moyenne Trafic/ jour	270	86 720	30	13 200	3 560	160	2 590	90	10

Tableau 8 (suite) : TABLEAU RÉCAPITULATIF DES RESULTATS DU COMPTAGE ROUTIER

Désignation de la Voie : Avenue Martin Luther KING

Date : 27 Juillet 2019

Plages Horaires	Vélo	Moto	Tricycle	Véhicule Particulier	Taxi	Bus	Minibus	Camion	Autre
De.....À									
06 H 30 – 07 H 30	21	2075	13	643	146	1	181	-	1
07 H 30 – 08 H 30	37	3653	14	727	193	1	217	4	2
08 H 30 – 09 H30	35	4174	48	682	220	-	183	6	-
12 H 00 – 13H 00	30	3605	77	765	308	-	186	6	-
16H 00 – 17 H 00	24	4478	32	1076	357	-	200	7	4
17 H 30 – 18 H 30	30	4415	18	1037	315	1	189	7	-
18 H 30 – 19 H 30	22	4171	53	791	200	1	131	2	3
Moyenne Heure de Pointe	30	4086	52	841	295	0	190	6	1
Moyenne Trafic/ jour	300	40 860	520	8 410	2 950	0	1 900	60	10

Tableau 8 (suite) : TABLEAU RÉCAPITULATIF DES RESULTATS DU COMPTAGE ROUTIER

Désignation de la Voie : AVENUE CHEICK ZAYED

Date : 29 Juillet 2019

Plages Horaires	Vélo	Moto	Tricycle	Véhicule Particulier	Taxi	Bus	Minibus	Camion	Autre
De.....À									
06 H 30 – 07 H 30	30	2128	11	651	177	4	113	4	5
07 H 30 – 08 H 30	26	2835	24	904	212	5	125	5	6
08 H 30 – 09 H30	23	3484	32	851	267	7	129	6	5
12 H 00 – 13H 00	37	3929	75	868	253	2	108	5	-
16H 00 – 17 H 00	16	3893	43	825	210	5	100	10	4
17 H 30 – 18 H 30	19	2466	46	914	225	3	123	10	-
18 H 30 – 19 H 30	17	1787	25	680	190	2	111	10	9
Moyenne Heure de pointe	25	3769	50	848	243	5	112	7	3
Moyenne trafic/ jour	250	37 690	500	8 480	2 430	50	1 120	70	30

Tableau 8 (suite) : TABLEAU RÉCAPITULATIF DES RESULTATS DU COMPTAGE ROUTIER

Désignation de la Voie : RUE REVOLUTION D'OCTOBRE

Date : 22 Juillet 2019

Plages Horaires	Vélo	Moto	Tricycle	Véhicule Particulier	Taxi	Bus	Minibus	Camion	Autre
De.....À									
06 H 30 – 07 H 30	54	2135	151	271	325	1	198	4	33
07 H 30 – 08 H 30	34	2711	147	375	330	-	176	5	33
08 H 30 – 09 H30	15	3117	78	706	301	1	170	6	31
12 H 00 – 13H 00	20	2247	92	426	289	2	135	11	34
16H 00 – 17 H 00	7	2726	75	522	320	5	120	13	34
17 H 30 – 18 H 30	9	2774	34	692	233	1	124	15	33
18 H 30 – 19 H 30	7	2256	15	229	145	2	60	2	1
Moyenne Heure de pointe	14	2697	82	551	303	3	142	10	33
Moyenne trafic/ jour	140	26 970	820	5 510	3 030	30	1 420	100	330

Tableau 8 (suite) : TABLEAU RÉCAPITULATIF DES RESULTATS DU COMPTAGE ROUTIER

Désignation de la Voie : **RN5**

Date : **29 Juillet 2019**

Plages Horaires	Vélo	Moto	Tricycle	Véhicule Particulier	Taxi	Bus	Minibus	Camion	Autre
De.....À									
06 H 30 – 07 H 30	18	2943	32	649	166	2	226	32	5
07 H 30 – 08 H 30	54	6140	43	798	262	4	343	14	2
08 H 30 – 09 H30	32	9672	71	757	274	5	324	33	3
12 H 00 – 13H 00	34	5158	145	537	324	3	265	46	6
16H 00 – 17 H 00	22	6727	90	656	284	-	40	3	
17 H 30 – 18 H 30	54	6586	95	819	345	4	259	43	8
18 H 30 – 19 H 30	30	9282	90	850	265	2	245	38	4
Moyenne Heure de pointe	32	8037	102	715	288	3	278	39	4
Moyenne trafic/ jour	320	80 370	1 020	7 150	2 880	30	2 780	390	40

Tableau 8 (suite) : TABLEAU RÉCAPITULATIF DES RESULTATS DU COMPTAGE ROUTIER

Désignation de la Voie : **RN6**

Date : **29 Juillet 2019**

Plages Horaires	Vélo	Moto	Tricycle	Véhicule Particulier	Taxi	Bus	Minibus	Camion	Autre
De.....À									
06 H 30 – 07 H 30	18	3367	52	837	208	19	151	34	-
07 H 30 – 08 H 30	24	6860	100	869	321	20	211	53	3
08 H 30 – 09 H30	22	7006	120	956	306	20	204	57	1
12 H 00 – 13H 00	14	2706	185	848	322	25	205	72	1
16H 00 – 17 H 00	26	4572	162	1036	443	17	191	67	-
17 H 30 – 18 H 30	20	5181	160	1194	412	22	236	58	2
18 H 30 – 19 H 30	12	3964	109	1002	290	10	173	30	-
Moyenne Heure de pointe	19	4964	155	999	347	22	215	62	1
Moyenne trafic/ jour	190	49 640	1 550	9 990	3 470	220	2 150	620	10

4.3.3. Les temps de parcours actuels et les vitesses moyennes :

a) Méthodologie de la mesure des temps de parcours :

Le temps de parcours constitue un indicateur de la qualité d'écoulement du trafic sur un réseau. Il s'agit des temps de parcours aller-retour recensés par tronçon sur chacune des voies.

Les données ont été collectées à bord d'une voiture, d'un chronomètre et d'une horloge. La méthode précise la localisation, la longueur et le sens de déplacement du véhicule. Les données permettent une identification des tronçons congestionnés et présentent les variations de temps de parcours en jour ouvré en Heures de pointe.

Ces mesures se déroulent parallèlement aux comptages routiers sur les mêmes axes et jours.

Les parcours sont utilisés en deux périodes correspondant aux plages horaires des heures de pointe du matin et de l'après-midi.

Les itinéraires sont découpés en tronçons consécutifs, le temps de parcours moyen sur un tronçon de l'itinéraire pendant un laps de temps correspond à la moyenne arithmétique des temps de parcours individuels des véhicules sortis du tronçon pendant celui-ci.

Le type de revêtement est également caractérisé sur les tronçons (dans le contexte de remise en suspension des PM)

b) Importance des données :

À partir de ces données, les embouteillages peuvent être identifiés, les temps de parcours calculés et des rapports sur l'état du trafic peuvent être instantanément générés (qualification l'état du trafic en temps réel) et surtout mesurer son évolution (passage notamment de l'état fluide à l'état saturé puis bouchon)

Les données de trafic sont aussi utilisées pour calculer en temps réel des indicateurs de trafic (vitesse moyenne, longueur totale des bouchons, indicateur de bouchon, etc.), ce qui permet d'indiquer la situation globale du trafic sur le réseau.

c) La vitesse :

La vitesse moyenne, est très liée à celle de temps de parcours, est aussi un bon indicateur en plus de la longueur de l'itinéraire. Les tableaux ci-dessous présentent les temps de parcours recueillis par les enquêteurs. Le tableau ????? en présente le récapitulatif des mesures de trafic.

**Tableau 9 :
MESURES DE TEMPS DE PARCOURS**

Avenue de la Liberté
Longueur : 3600m

Date : 22 Juillet 2019

Tronçon		ALLER		Durée Moyenne Tronçon	Moyenne Cumulée
		MATIN 08h50	APRES MIDI 15h50		
Place de la Liberté	Rue 552	0:42:23	0:21:05	0:31:44	0:31:44
Rue 552	Van Vollenhoven	0:51:03	1:05:33	0:58:18	1:30:02
Van Vollenhoven	Mar N'DIAGNE	0:21:18	0:14:27	0:17:52	1:47:54
Mar N'DIAGNE	Rue MOUTET	0:18:12	0:53:37	0:35:54	2:23:49
Rue MOUTET	Route de la Mémoire	0:42:23	1:03:48	0:53:06	3:16:54
Tronçon		RETOUR		Durée Moyenne Tronçon	Moyenne Cumulée
		MATIN 09h05	APRES MIDI 16h02		
Route de la Mémoire	Rue MOUTET	1:05:33	0:58:12	1:01:53	1:01:53
Rue MOUTET	Mar N'DIAGNE	0:44:54	0:49:22	0:47:08	1:49:00
Mar N'DIAGNE	Van Vollenhoven	0:14:27	0:18:56	0:16:41	2:05:42
Van Vollenhoven	Rue 552	0:53:37	0:43:07	0:48:22	2:54:04
Rue 552	Place de la Liberté	0:23:23	0:27:19	0:25:21	3:19:25

Tableau 9 (suite) : MESURES DE TEMPS DE PARCOURS

Avenue Martin Luther KING
Longueur : 6800m

Date : 25 Juillet 2019

Tronçon		ALLER		Durée Moyenne Tronçon	Moyenne Cumulée
		MATIN 08h37	APRES MIDI 15h58		
Echangeur	Marché Torokorobougou	1:05:36	2:42:13	1:53:54	1:53:54
Marché Torokorobougou	Accès Baco-Djicoroni	3:52:27	5:08:05	4:30:16	6:24:10
Accès Baco-Djicoroni	Rue 260	2:23:21	3:35:45	2:59:33	9:23:43
Tronçon		RETOUR		Durée Moyenne Tronçon	Moyenne Cumulée
		MATIN 08h55	APRES MIDI 16h15		
Rue 260	Accès Baco-Djicoroni	3:02:02	2:33:23	2:33:23	2:33:23
Accès Baco-Djicoroni	Marché Torokorobougou	4:23:01	4:46:12	4:46:12	7:19:35
Marché Torokorobougou	Echangeur	4:50:39	3:35:24	3:35:24	10:54:59

Tableau 9 (suite) : MESURES DE TEMPS DE PARCOURS

Pont FAHD
Longueur : 2300m

Date : 25 Juillet 2019

Tronçon		ALLER		Durée Moyenne Tronçon	Moyenne Cumulée
		MATIN 09h00	APRES MIDI 15h48		
Colombe	Hôtel SALAM	1:05:38	2:57:23	2:01:30	2:01:30
Hôtel SALAM	Maison HYUNDAÏ	2:51:24	4:36:27	3:43:55	5:45:25
Maison HYUNDAÏ	Passerelle	0:59:02	1:58:45	1:28:54	7:14:19
Tronçon		RETOUR		Durée Moyenne Tronçon	Moyenne Cumulée
		MATIN 09h20	APRES MIDI 16h10		
Passerelle	Maison HYUNDAÏ	3:21:03	1:03:56	2:12:29	2:12:29
Maison HYUNDAÏ	Hôtel SALAM	1:25:14	1:02:43	1:13:59	3:26:28
Hôtel SALAM	Colombe	0:59:22	2:58:19	1:58:50	5:25:18

Tableau 9 (suite) : MESURES DE TEMPS DE PARCOURS

RN6
Longueur : 6200m

Date : 26 Juillet 2019

Tronçon		ALLER		Durée Moyenne Tronçon	Moyenne Cumulée
		MATIN 09h45	APRES MIDI 16h45		
Tour de l'Afrique	Station Petro BIRGO	1:28:23	1:31:19	1:29:51	1:29:51
Station Petro BIRGO	Station TOTAL	2:04:08	2:32:31	2:18:19	3:48:11
Station TOTAL	Stade du 26 Mars	3:27:14	4:13:16	3:50:15	7:38:26
Stade du 26 Mars	Accès Missabougou	2:56:48	2:53:31	2:55:09	10:33:35
Accès Missabougou	Station YARA	2:41:00	3:25:45	3:03:23	13:36:58
Tronçon		RETOUR		Durée Moyenne Tronçon	Moyenne Cumulée
		MATIN 10h20	APRES MIDI 17h10		
Station YARA	Accès Missabougou	3:20:08	2:37:13	2:58:40	2:58:40
Accès Missabougou	Stade du 26 Mars	3:19:18	2:43:19	3:01:19	5:59:59
Stade du 26 Mars	Station TOTAL	3:14:12	3:04:35	3:09:24	9:09:23
Station TOTAL	Station Petro BIRGO	1:43:01	2:31:01	2:07:01	11:16:24
Station Petro BIRGO	Tour de l'Afrique	1:12:55	1:11:02	1:11:59	12:28:22

Tableau 9 (suite) : MESURES DE TEMPS DE PARCOURS

RN5
Longueur : 10000m

Date : 25 Juillet 2019

Tronçon		ALLER		Durée Moyenne Tronçon	Moyenne Cumulée
		MATIN 09h02	APRES MIDI 16h35		
Place Indépendance	Colombe	1:10:48	1:35:31	1:23:09	1:23:09
Colombe	Giratoire SHELL	0:41:31	0:45:12	0:43:22	2:06:31
Giratoire SHELL	Camp Para	1:06:10	1:25:07	1:15:39	3:22:10
Camp Para	Avenue Cheick ZAYED	4:02:12	4:14:28	4:08:20	7:30:29
Avenue Cheick ZAYED	Passerelle Marché	3:33:28	4:52:29	4:12:59	11:43:28
Passerelle Marché	2ème Passerelle	0:58:33	1:42:10	1:20:22	13:03:50
2ème Passerelle	Poste de Contrôle	1:54:52	2:12:17	2:03:35	15:07:24
Tronçon		RETOUR		Durée Moyenne Tronçon	Moyenne Cumulée
		MATIN 09h25	APRES MIDI 17h00		
Poste de Contrôle	2ème Passerelle	1:50:16	2:08:02	1:59:09	1:59:09
2ème Passerelle	Passerelle Marché	1:04:13	1:26:48	1:15:31	3:14:40
Passerelle Marché	Avenue Cheick ZAYED	4:02:58	4:01:16	4:02:07	7:16:47
Avenue Cheick ZAYED	Camp Para	4:16:25	3:35:49	3:56:07	11:12:53
Camp Para	Giratoire SHELL	1:26:13	1:43:03	1:34:38	12:47:31
Giratoire Shell	Colombe	0:40:38	1:22:47	1:01:43	13:49:14
Colombe	Place Indépendance	2:28:33	3:03:21	2:45:57	16:35:11

Tableau 9 (suite) : MESURES DE TEMPS DE PARCOURS

Avenue de l'Unité Africaine
Longueur : 2400m

Date : 23 Juillet 2019

Tronçon		ALLER		Durée Moyenne Tronçon	Moyenne Cumulée
		MATIN 09h05	APRES MIDI 16h08		
Avenue Kwamé N'KRUMA	Palais des Sports	0:55:28	0:51:40	0:53:34	0:53:34
Palais des Sports	Immeuble DAKOLO	0:49:33	1:02:03	0:55:48	1:49:22
Immeuble DAKOLO	Place CAN	2:52:42	1:58:08	2:25:25	4:14:47
Place CAN	Terrain AS-REAL	1:48:03	1:54:18	1:51:10	6:05:57
Terrain AS-REAL	Avenue Cheick ZAYED	1:10:20	0:55:50	1:03:05	7:09:02
Tronçon		RETOUR		Durée Moyenne Tronçon	Moyenne Cumulée
		MATIN 09h10	APRES MIDI 16h20		
Avenue Cheick ZAYED	Terrain AS-REAL	1:03:15	0:51:50	0:57:33	0:57:33
Terrain AS-REAL	Place CAN	2:36:23	2:51:15	2:43:49	3:41:21
Place CAN	Immeuble DAKOLO	2:14:23	2:18:35	2:16:29	5:57:50
Immeuble DAKOLO	Palais des Sports	0:38:00	0:50:04	0:44:02	6:41:52
Palais des Sports	Avenue Kwamé N'KRUMA	0:53:18	0:52:24	0:52:51	7:34:43

Tableau 9 (suite) : MESURES DE TEMPS DE PARCOURS

Avenue du MALI
Longueur : 2300m

Date : 23 Juillet 2019

Tronçon		ALLER		Durée Moyenne Tronçon	Moyenne Cumulée
		MATIN 09h20	APRES MIDI 16h18		
Avenue Kwamé N'KRUMA	CFAO	0:46:00	0:36:33	0:41:17	0:41:17
CFAO	BNDA	1:54:14	0:35:02	1:14:38	1:55:55
BNDA	Obélisque (Bougiba)	0:47:04	1:57:36	1:22:20	3:18:15
Obélisque (Bougiba)	FinTPC	0:51:37	1:17:00	1:04:18	4:22:33
Tronçon		RETOUR		Durée Moyenne Tronçon	Moyenne Cumulée
		MATIN 09h30	APRES MIDI 16h30		
Fin TPC	Obélisque (Bouguiba)	1:27:12	0:26:52	0:57:02	0:57:02
Obélisque (Bougiba)	BNDA	1:33:56	0:25:43	0:59:50	1:56:51
BNDA	CFAO	0:29:14	1:59:39	1:14:27	3:11:18
CFAO	Avenue Kwamé N'KRUMA	1:01:31	0:33:32	0:47:31	3:58:50

Tableau 9 (suite) : MESURES DE TEMPS DE PARCOURS

Rue Banta NIMAGA
Longueur : 2000m

Date : 24 Juillet 2019

Tronçon		ALLER		Durée Moyenne Tronçon	Moyenne Cumulée
		MATIN 10h22	APRES MIDI 17h27		
Banque Of Africa	Rue ARTOIS	4:55:26	7:38:47	6:17:06	6:17:06
Rue ARTOIS	Feux Cimetièrè	3:07:59	3:59:38	3:33:49	9:50:55
Feux Cimetièrè	Kondro Ani Sanè	1:36:08	1:50:02	1:43:05	11:34:00
Kondro Ani Sanè	Pont TSF	0:37:17	0:50:09	0:43:43	12:17:43
Tronçon		RETOUR		Durée Moyenne Tronçon	Moyenne Cumulée
		MATIN 10h50	APRES MIDI 17h45		
Pont TSF	Kondro Ani Sanè	3:02:07	0:47:34	1:54:50	1:54:50
Kondro Ani Sanè	Feux Cimetièrè	0:58:46	2:30:25	1:44:36	3:39:26
Feux Cimetièrè	Rue ARTOIS	4:31:10	1:27:09	2:59:10	6:38:35
Rue ARTOIS	Banque Of Africa	4:32:21	4:48:26	4:40:24	11:18:59

Tableau 9 (suite) : MESURES DE TEMPS DE PARCOURS

Rue de la Révolution d'Octobre
Longueur : 520m

Date : 22 Juillet 2019

Tronçon		ALLER		Durée Moyenne Tronçon	Moyenne Cumulée
		MATIN 09h10	APRES MIDI 16h20		
Avenue de la Liberté	Boulevard du Peuple	0:42:46	0:44:18	0:43:32	0:43:32
Boulevard du Peuple	Station SHELL Médine	1:08:53	1:29:10	1:19:02	2:02:34
Station SHELL Médine	Rue ACHKABAD	2:12:25	2:14:14	2:13:20	4:15:53
Tronçon		RETOUR		Durée Moyenne Tronçon	Moyenne Cumulée
		MATIN 09h25	APRES MIDI 16h30		
Rue ACHKABAD	Station SHELL Médine	1:05:02	1:35:38	1:20:20	1:20:20
Station SHELL Médine	Boulevard du Peuple	1:34:18	1:26:26	1:30:22	2:50:42
Boulevard du Peuple	Avenue de la Liberté	0:58:12	1:37:32	1:17:52	4:08:34

Tableau 9 (suite) : MESURES DE TEMPS DE PARCOURS

Route de Koulikoro/Avenue ALQOODS

Longueur : 8900m

Date : 24 Juillet 2019

Longueur : 8900m

Tronçon		ALLER		Durée Moyenne Tronçon	Moyenne Cumulée
		MATIN 09h03	APRES MIDI 16h30		
Boulevard du Peuple	Rue 11	1:01:13	3:28:34	2:14:53	2:14:53
Rue 11	Rue ACHKABAD	3:27:18	5:25:20	4:26:19	6:41:12
Rue ACHKABAD	Rue RDA	1:14:56	0:47:05	1:01:00	7:42:13
Rue RDA	Rue PRINCESSE	1:48:38	5:59:44	3:54:11	11:36:24
Rue PRINCESSE	Station SAM	3:54:34	1:30:15	2:42:24	14:18:48
Station SAM	Accès Banconi	1:01:05	6:29:45	3:45:25	18:04:13
Accès Banconi	Lycée KODONSO	1:39:15	6:58:29	4:18:52	22:23:05
Lycée KODONSO	Immeuble Oumou-SANG	1:16:39	2:10:50	1:43:44	24:06:50
Immeuble Oumou-SANG	Accès 3ème Pont	1:50:05	1:20:05	1:35:05	25:41:55
Accès 3ème Pont	Rue Hôtel MISTRAL	1:05:12	0:48:11	0:56:42	26:38:37
Rue Hôtel MISTRAL	Immeuble SODOUF	1:54:02	1:24:31	1:39:16	28:17:53
Immeuble SODOUF	Rails	1:02:53	1:51:41	1:27:17	29:45:10
Tronçon		RETOUR		Durée Moyenne Tronçon	Moyenne Cumulée
		MATIN 09h45	APRES MIDI 17h15		
Rails	Immeuble SODOUF	1:47:58	1:57:22	1:52:40	1:52:40
Immeuble SODOUF	Rue Hôtel MISTRAL	2:51:34	0:53:07	1:52:21	3:45:01
Rue Hôtel MISTRAL	Accès 3ème Pont	0:59:16	2:09:31	1:34:23	5:19:24
Accès 3ème Pont	Immeuble Oumou-SANG	3:25:30	0:47:23	2:06:26	7:25:50
Immeuble Oumou-SANG	Lycée KODONSO	5:21:12	2:06:08	3:43:40	11:09:31
Lycée KODONSO	Accès Banconi	6:21:04	2:46:34	4:33:49	15:43:20
Accès Banconi	Station SAM	6:35:52	1:17:54	3:56:53	19:40:13
Station SAM	Rue PRINCESSE	2:04:33	2:16:26	2:10:29	21:50:42
Rue PRINCESSE	Rue RDA	6:43:38	1:50:50	4:17:14	26:07:56
Rue RDA	Rue ACHKABAD	7:54:20	1:08:23	4:31:22	30:39:18
Rue ACHKABAD	Rue 11	1:41:05	1:44:51	1:42:58	32:22:15
Rue 11	Boulevard du Peuple	1:34:25	2:18:28	1:56:27	34:18:42

Tableau 9 (suite) : MESURES DE TEMPS DE PARCOURS

Pont des Martyrs
Longueur : 2000m

Date : 26 Juillet 2019

Tronçon		ALLER		Durée Moyenne Tronçon	Moyenne Cumulée
		MATIN 09h23	APRES MIDI 16h20		
Siège BDM	Pyramide du Souvenir	0:46:09	7:26:45	4:06:27	4:06:27
Pyramide du Souvenir	Palais de la Culture	3:19:09	14:17:14	8:48:11	12:54:38
Tronçon		RETOUR		Durée Moyenne Tronçon	Moyenne Cumulée
		MATIN 09h35	APRES MIDI 16h30		
Palais de la Culture	Pyramide du Souvenir	2:10:04	Sens Interdit	2:10:04	2:10:04
Pyramide du Souvenir	Siège BDM	1:28:39	Interdit	1:28:39	3:38:43

Tableau 9 (suite) : MESURES DE TEMPS DE PARCOURS

Avenue Cheick ZAYED
Longueur : 6600m

Date : 29 Juillet 2019

Tronçon		ALLER		Durée Moyenne Tronçon	Moyenne Cumulée
		MATIN 09h58	APRES MIDI 16h05		
Mon. Hippopotame	Rue Soundjata KEÏTA	0:53:29	1:07:48	1:00:38	1:00:38
Rue Soundjata KEÏTA	Mon. Eléphant	3:45:26	6:16:39	5:01:03	6:01:41
Mon. Eléphant	Mon. Cabral	4:37:10	0:55:08	2:46:09	8:47:50
Mon. Cabral	Mon. Ali Farka TOURE	1:13:51	1:29:20	1:21:36	10:09:25
Mon. Ali Farka TOURE	Accès AMALDEME	2:30:25	2:12:01	2:21:13	12:30:39
Accès AMALDEME	Station TOTAL	0:51:27	0:59:15	0:55:21	13:26:00
Station TOTAL	Giratoire Laïco DIAKITE	1:36:16	1:47:15	1:41:45	15:07:45
Giratoire Laïco DIAKITE	Pharmacie Baladji	0:59:26	2:35:20	1:47:23	16:55:08
Pharmacie Baladji	Woyowanko- RN5	2:02:00	2:24:47	2:13:23	19:08:32
Tronçon		RETOUR		Durée Moyenne Tronçon	Moyenne Cumulée
		MATIN 10h25	APRES MIDI 16h35		
Woyowanko- RN5	Pharmacie Baladji	2:34:00	3:10:09	2:52:04	2:52:04
Pharmacie Baladji	Giratoire Laïco DIAKITE	0:27:09	1:27:32	0:57:21	3:49:25
Giratoire Laïco DIAKITE	Station TOTAL	1:25:14	0:49:12	1:07:13	4:56:38
Station TOTAL	Accès AMALDEME	0:46:24	1:01:21	0:53:53	5:50:30
Accès AMALDEME	Mon. Ali Farka TOURE	2:05:52	2:03:11	2:04:31	7:55:02
Mon. Ali Farka TOURE	Mon. Cabral	1:24:16	1:46:15	1:35:15	9:30:17
Mon. Cabral	Mon. Eléphant	6:29:33	9:39:20	8:04:27	17:34:44
Mon. Eléphant	Rue Soundjata KEÏTA	2:49:38	5:38:34	4:14:06	21:48:50
Rue Soundjata KEÏTA	Mon. Hippopotame	3:37:27	7:27:18	5:32:22	27:21:13

Tableau 10 : TABLEAU DES MESURES DE TRAFICS.

N°	DÉSIGNATION DE LA VOIE	LONGUEUR DE LA VOIE (en km)	DURÉE MOYENNE CUMULÉE DU TEMPS DE PARCOURS (en heure)		VITESSE MOYENNE (en km/h)	
			Aller	Retour	Aller	Retour
1	Avenue de la LIBERTÉ	3,6	0,05	0,05	72	72
2	Avenue Cheick ZAYED	6,6	0,32	0,45	21	15
3	Avenue de l'UNITÉ AFRICAINE	2,4	0,12	0,12	20	20
4	Avenue du MALI	2,3	0,06	0,05	38	46
5	Route Nationale N°5 (RN5)	10	0,25	0,26	40	38
6	Pont FAHD	2,3	0,12	0,08	19	29
7	Pont des MARTYRS	2	0,20	0,05	10	40
8	Rue Banta NIMAGA (Rue 376 Niaréla)	2	0,20	0,18	10	11
9	Avenue ALQOODS (Route de Koulikoro)	8,9	0,48	0,57	19	16
10	Rue de la Révolution d'Octobre	0,52	0,07	0,07	7	7
11	Avenue Martin Luther KING	6,8	0,15	0,17	45	40
12	Route Nationale N°6 (RN6/ Route de Ségou)	6,2	0,22	0,20	28	31

4.3.4. Le transport routier

a) L'évolution des effectifs des véhicules de 2009 à 2017

L'annuaire statistique de 2019 est en cours d'élaboration, celui de 2018 est élaboré mais pas validé. Pour ces raisons, les informations pour ces deux années ne sont pas disponibles. L'évolution du parc véhicule de Bamako sur la période de 2009 à 2017 est présenté dans le tableau ci – après :

Tableau 11 : Evolution du parc véhicule du district de Bamako entre 2009 et 2017

Véhicules	2009	2010	2011	2012	2015	2016	2017
Moto	9 240	11 523	12 045	12 539	13 781	14 049	14 159
Tricycle	-	-	-	-	-	-	22
Véhic. Particul.	89 671	99 875	101 795	106 417	143 119	163 445	183 553
Véhic.Transport en Commun	16 958	18 024	18 289	18 601	22 047	23 733	25080
Camion	8 770	9 058	10 806	11 333	15 545	17 633	19 622
Camionnette	12 295	12 845	13 977	14 795	19 274	22 728	26 094
Remorque	95	99	111	122	194	204	209
Semi/remorque	5 821	6 241	6 832	7 487	10 978	13 162	15 046
Tracteur routier	7 347	8 175	8 267	8 885	12 419	14 744	17 126
Autres véhicules	8 218	9 214	10 295	10 315	10 522	10 718	10 802
TOTAL	158 415	175 054	182 417	190 494	247 879	280 416	311 713
Taux accois annuel		11%	4%	4%	30%	13%	11%

Source : Direction nationale des transports (fichier carte grise)

NB : Véhicules immatriculés dans la serte normale

Le taux d'accroissement annuel est positif d'une année à l'autre et varie entre 4% (2011 et 2012) et 13% (2016). Les 30% constituent l'accroissement de 2013 à 2015 (soit 3 ans avec une moyenne annuelle de 10%). Avec ces taux, le nombre de véhicules est passé de 158 415 à 311 713 entre 2009 et 2017.

b) Evolution du Parc National de véhicules de 2012 à 2017

Tableau 12 : Evolution du parc véhicule du district de Bamako entre 2009 et 2017

Types de véhicules	2012			2015			2017		
	Bamako	Autres régions	Total	Bamako	Autres régions	Total	Bamako	Autres régions	Total
MOTO	12 539	31 709	44 248	13 781	41 171	54 952	14 159	43 626	57 785
TRICYCLE	-	-	-	-	-	-	22	111	133
VP	106 417	23 783	130 200	143 119	27 879	170 998	183 553	32 309	215 862
V.TRANSP. COMMUN	18 601	6 558	25 159	22 047	7 046	29 093	25 080	7 602	32 682
CAMION	11 333	5 601	16 934	15 545	6 528	22 073	19 622	7 364	26 986
CAMIONNETTE	14 795	6 189	20 984	19 274	7 388	26 662	26 094	8 681	34 775
REMORQUE	122	33	155	194	38	232	209	39	248
SEMI/REMORQUE	7 487	2 540	10 027	10 978	3 027	14 005	15 046	3 290	18 336
TRACTEUR ROUTIER	8 885	2 218	11 103	12 419	2 739	15 158	17 126	3 160	20 286
AUTRES VEHICULES	10 315	484	10 799	10 522	650	11 172	10 802	739	11 541
TOTAL	190 494	79 115	269 609	247 879	96 466	344 345	311 713	106 921	418 634
Pourcentage	71%	29%	100%	72%	28%	100%	74%	26%	100%

Source : Direction nationale des transports (fichier carte grise)

NB : Véhicules immatriculés dans la série normale

Il ressort du tableau que les véhicules du pays sont concentrés à Bamako. Le parc de véhicules du district représente :

- 71% du parc national en 2012
- 72% en 2015,
- 74% en 2017

Par ailleurs cette concentration se fait de plus en plus remarquée de façon croissante d'une année à l'autre de 2012 à 2017 (1% à 2% /an).

Tableau 13 : Prix et évolution du nombre de vignettes vendues

Quantités vignettes 2018		
Prix	Cylindre	Nombres vendu
6000 FCFA	50/150 cm ³	307 500
12000 FCFA	Au-delà 150 cm ³	8 000
Quantités vignettes 2019		
Prix	Cylindre	Nombre vendu
6000 FCFA	50/150 cm ³	323 500
12 000 FCFA	Au-delà 150 cm ³	7 250

c) L'âge des véhicules

L'âge des véhicules est présenté sur le parc national et non sur le district de Bamako. Pour le connaître, il faut la situation de ce parc national.

L'âge des véhicules au niveau national pour l'année 2017 est dans le tableau suivant :

Tableau 14 : Age des véhicules du parc national en 2017

Véhicule	1AN	2 à 3 ans	4 à 5 ans	6 à 7 ans	8 à 10 ans	11 à 15 ans	16 ans et plus	TOTAL
Moto	1 453	12 463	11 396	10 712	9 330	4 722	7 709	57 785
Tricycle	133							133
Voiture particulière	1 806	8 470	9 154	12 017	17 832	41 899	124 684	215 862
Véhicules Transport en commun	380	596	843	722	736	1 314	28 091	32 682
Camion	223	729	758	882	1 172	2 018	21 204	26 986
Camionnette	915	2 743	3 139	4 326	4 107	5 902	13 643	34 775
Remorque	8	8	10	6	7	47	162	248
Semi / Remorque	2 081	2 323	1 787	1 784	1 365	1 556	7 440	18 336
Tracteur routier	1 461	2 180	1 816	1 926	1 499	2 746	8 658	20 286
Autres véhicules	84	88	240	187	121	84	10 737	11 541
TOTAL	8 544	29 600	29 143	32 562	36 169	60 288	222 328	418 634
Taux	2%	7%	7%	8%	9%	14%	53%	100%

Source : Direction nationale des transports (fichier carte grise)

NB : Véhicules immatriculés dans la série normale

Les véhicules de plus de 10 ans représentent 67% dont 53% de plus de 16 ans, ce qui signifie que le parc est vieux. Les autres (33%) ont un âge acceptable mais leur état peut être bon, passable ou mauvais selon que les véhicules soient bien entretenus ou pas.

d) *La répartition des véhicules suivant les types de carburants consommés de 2012 à 2017*

Tableau 15 : Répartition des véhicules selon les types de carburant utilisés entre 2012 et 2017

Types de véhicules	2012				2015				2017			
	Gasoil	Essence	Autres carb.	Total	Gasoil	Essence	Autres carb	TOTAL	Gasoil	Essence	Autres carb	Total
Motos	-	44 248	-	44 248		54 952		54 952		57 785	-	57 785
Tricycle	-	-	-	-	-	-	-	0	-	133	-	133
Véhicules particuliers	60 352	69 848	-	130 200	83 340	87 658	-	170 998	99 611	116 251	-	215 862
Véhicules transport en commun	22 314	2 845	-	25 159	25 886	3 207	-	29 093	29 331	3 351	-	32 682
Camion	16 720	214	-	16 934	21 709	364	-	22 073	26 670	316	-	26 986
Camionnettes	15 726	5 258	-	20 984	20 637	6 025	-	26 662	28 285	6 490	-	34 775
Remorques	-	-	155	155	-	-	232	232	-	-	248	248
Semi-remorques	-	-	10 027	10 027	-	-	14 005	14 005	-	-	18 336	18 336
Tracteurs routiers	11 103	-		11 103	15 112	46		15 158	20 240	46	-	20 286
Autre véhicules	9 575	1 000	224	10 799	0		11 172	11 172			11 541	11 541
Total	135 790	123 413	10 406	269 609	166 684	152 252	25 409	344 345	204 137	184 372	30 125	418 634
Pourcentage	50%	46%	4%	100%	48%	44%	7%	100%	49%	44%	7%	100%

Source : Direction nationale des transports (fichier carte grise)

NB : Véhicules immatriculés dans la série normale

Il ressort du tableau ci – dessus présenté que :

- Les véhicules qui utilisent le gasoil sont plus importants que ceux utilisent l'essence ou autres types de carburant. Ils représentent 48% à 50% du parc national et sur la période de 2012 à 2017.
- Ceux qui utilisent l'essence représentent 44% à 46% sur la même période,
- Seulement 4% à 7% utilisent d'autres types de carburant.

4.3.5. Le trafic aérien

a) L'évolution du trafic commercial de l'aéroport Bamako Sénou

Des enquêtes ont été menées auprès de la Direction Nationale des Transports et de l'aéroport, les résultats obtenus sont les suivants :

Tableau 16 : Evolution du trafic commercial de l'aéroport Bamako – Sénou selon la DNT de 2013 à 2017

Mouvement des aéronefs	2013	2014	2015	2016	2017
- au départ	5 240	5 303	5 227	5 844	6 559
- à l'arrivée	5 240	5 303	5 227	5 794	6 559
total arrivée + départ	10 480	10 606	10 452	11 638	13 118
Taux d'accrois annuel		1%	-1%	11%	13%

Source : annuaire statistique des transports 2017 Direction Nationale des Transports Routiers, Maritimes et Fluviaux

De 2013 à 2017 le trafic commercial de l'aéroport de Bamako – Sénou est passé de 10 480 vols à 13 118 vols soit une augmentation de 25%. C'est en 2015 qu'il y a eu une légère décroissance dans cette tendance générale de croissance.

De source l'aéroport, le trafic se présente comme suit :

Tableau 17 : Evolution du trafic commercial de l'aéroport selon le service commercial de l'aéroport de 2014 à 2017

Mouvements aéronefs	2014	2015	2016	2017	2018
Arrivée	5 303	5 228	5 903	6 559	6 625
Départ	5 303	5 228	5 905	6 559	6 625
Total	10 606	10 456	11 808	13 118	13 250
Taux d'accroissement annuel		-1%	13%	11%	1%

Source : Service commercial de l'aéroport

Le nombre de vols est passé de 10 606 en 2014 à 13 250 en 2018. Deux tendances se distinguent sur la période :

- Une baisse du nombre de vols de 2014 à 2015 (-1%),
- Une hausse de 2015 à 2018 avec :
 - Un taux d'accroissement annuel de plus de 10% entre 2015 et 2016 (13%) et de 2016 à 2017 (11%),
 - Entre 2017 et 2018 le taux a été très faible (1%)
- Sur la période 2014 à 2018 le taux d'accroissement moyen annuel a été de 6%.

b) L'évolution du nombre de passagers de l'aéroport Bamako - Sénou

Selon les données de l'annuaire statistique des transports de l'année 2017, l'évolution du trafic passager (arrivée+ départ+ transit) est présentée dans le tableau ci – après :

Tableau 18 : Evolution du nombre de passagers selon la DNT de 2013 à 2017

Trafic de passagers(nombre)	Evolution du nombre de passagers				
	2013	2014	2015	2016	2017
Départ	242 724	281 446	316 190	329 514	381 100
l'arrivée	234 660	254 440	287 962	287 677	306 932
arrivée + départ	477 384	535 886	604 152	617 191	688 032
Transit	96 418	80 091	68 617	64 320	95 482
arrivée + départ + transit	573 802	615 977	672 769	681 511	783 514
Taux d'accrois annuel		7%	9%	1%	15%

Source : annuaire statistique des transports 2017 Direction Nationale des Transports Routiers, Maritimes et Fluviaux

Le nombre de passagers a connu une croissance régulière de 2013 à 2017 même si le taux est assez variable d'une année à l'autre.

- Avant 2013, le nombre est passé de 628 290 passagers en 2008 à 600 603 en 2009, 609 711 en 2010, 582 243 en 2011, 528 666 en 2012 ,573 802 en 2013,
- Après 2013 le nombre est passé à 615 977 en 2014, 672 769 en 2015, 681 511 en 2016 et 783 514 en 2017 soit une augmentation de 37% de 2013 à 2017

De source l'aéroport l'évolution du nombre de passagers est dans le tableau ci – dessous présenté :

Tableau 19 : L'évolution du nombre de passagers selon le service commercial de l'aéroport

Rubriques	2014	2015	2016	2017	2018
Arrivée	254 440	287962	296 279	305 331	343 462
Départ	281 446	316532	344 726	381 100	400 285
S/T	535 886	604494	641 005	686 431	743 747
Transits	80 091	68616	65 167	95 482	97 364
Total	615 977	673110	706 172	781 913	841 111
Taux accrois.	-	9%	5%	11%	8%

Source : Service commercial de l'aéroport

Le nombre de passagers est passé de 615 977 en 2014 à 841 111 en 2018 avec un taux d'accroissement moyen annuel de 8%. D'une année à l'autre le taux d'accroissement annuel varie entre 5% en 2016 et 11% en 2017.

c) Les durées moyennes de roulage et de phase d'approche des avions

Selon l'Agence pour la Sécurité de la Navigation Aérienne en Afrique et Madagascar (ASECNA), les durées moyennes sont de :

- 10 mn pour le roulage des avions sur l'aéroport,
- 5 mn pour la phase d'approche des avions sur l'aéroport.

d) Les matériels de piste pour l'escala de Bamako

L'agence utilise des équipements qui utilisent du gasoil, de l'essence et de l'électricité. Certains de ces équipements sont fonctionnels et d'autres usages. Le tableau ci – dessous présenté montre le niveau d'équipements fonctionnels et thermiques (gasoil ou essence) de l'agence ASAM:

Tableau 20: Equipements pour la sécurité aéroportuaire de Bamako - Sénou

N°	Engins	Nombre	Types	Marque	Dates d'acquisition	Année construction
1	Tracteur (Force au crochet 18 000 N	2	TD 225	Charlatte	13/10/2016 et 05/05/2017	2014 2016
2	Tapis soute (Flèche Av : min 0,960/max 4,380 m)	1	CBL 2002	Charlatte	01/01/2011	2010
3	Tapis soute (Flèche av : min 0,960/max 4,380 m)	7	NS450L	AVIOGEI	30/09/2014 (2) 28/08/2015 (2) 21/09/2016 (1) 29/08/2017 (2)	2014 (2) 2015 (2) 2016 (1) 2017 (2)
4	Pass.Auto +C (H min : 4,65/ max : 6,55 m)	1	SPS919	SOVAM	28/02/2009	2001
5	Pass.Auto +C (H min : 4,65/ max : 6,55 m)	1	ABT 440	Charlatte	25/12/2008	?
6	Pass.Auto (H min : 2,90/ max : 5,80 m)	4	SPS919	SOVAM	28/02/2009 05/02/2011 20/01/2012 29/11/2013	2009 2010 2012 2013
7	Loader MD 14t	2	PEB14	SOVAM	12/08/2008 27/02/2014	2008 2014
8	Loader MD 7t	1	CD15	FMC	24/01/2007	1992
9	Loader 7t	4	PEB7	SOVAM	20/06/2008 29/11/2013 24/01/2007 21/12/2018	1996 2013 1994 2018
10	Loader 3,5 t	1	LAM3500	AIR MARREL	03/10/2011	1999
11	Loader 12t	1	PB12	SOVAM	31/12/2014	2014
12	GPU 115/200V	2	GA120V 142 V 2000	GUINAULT	01/01/2011 20/01/2012	2011 2012
13	GPU 115/200V/28V DC- 800 A	1	GA120	GUINAULT	30/09/2012	04/07/05
14	GPU 115/200V/28V DC- 800 A	2	GA120V 11V 2100	GUINAULT	27/02/2014	2014
15	ASU (42PSI)	3	GS300 (1) GS280 (2)	GUINAULT	09/06/2008 20/01/2012 30/09/2012	2008 2011 2011
16	ACU	1	804- 940	TLD	03/04/2009	1996
17	ACU	1	GF40L	GL	?	?
18	Aircraft Brake Cooler	4	-	HONDA	17/07/2012 Idem	? ?

N°	Engins	Nombre	Types	Marque	Dates d'acquisition	Année construction
					Idem Idem	? ?
19	T.Eau tractée	1	EP 810	SOVAM	20/01/2012	?
20	Camion T.Eau Auto	1	-	TLD	21/09/2015	2015
21	V/Toilet Trac	2	VTT737	AVIOGEI	16/04/2014 (2)	2014
22	Push Back	1	TMX60	Tracma	24/01/2007	?
23	Push Back (396)	1	K250 D	ERMA	01/06/2011	1992
24	Push (Force au crochet : 32 000 DaN)	1	TMX 450	TLD	20/01/2012	2011
25	Push Back	2	TPX100E TPX 200 S	TLD	31/12/2014 (2)	2014 (2)
26	Push (Force au crochet : 6 800 DaN)	1	TMX 150 - 9	TLD	07/02/2017	2017
27	ForKlift 2 T Fret	1	STAM20	STAM	28/02/2009	
28	ForKlift 2,5 T Fret	1	FELLER		19/07/2012	
29	ForKlift 3T Fret	1	UTILEV	UTILEV	07/07/2016	2016
30	ForKlift 2,1 T Fret	1	UTILEV	UT 25P	27/10/2016	2016
31	ForKlift 7 T Garage	1	HC7		13/05/2014	
32	ForKlift 17T Garage	1	HC16		13/05/2014	
33	Bus PaX	3	2700 S (3)	COBUS (3)	21/07/2009 (2) 01/11/2014 (1)	2009 (2) 2014 (1)
34	Mini Bus Pax (21 places)	1	IRIBUS	IVECO	17/02/2015	2015
35	Mini Bus Personnel	2	Coaster	TOYOTA	01/08/2013	
36	Mini Bus MCC	1	Hiace	TOYOTA	01/12/2016	
37	Véhicule VIP	2	Passat	VW	08/01/2016 (2)	2016 (2)
38	Véhicule VIP (Van 6 places)	1	V250	Mercedes	22/01/2019	
39	Véhicule service informatique	1	Berlingo	Citröen	01/09/2009	
40	Véhicule de liaison	1	Berlingo	Citröen	17/06/2011	
41	Véhicule de liaison KU	1	Berlingo	Citröen	03/01/2011	
42	Véhicule de liaison service info	1	Berlingo	Citröen	31/09/2011	

Source : Agence pour la Sécurité Aéroportuaire du Mali (A.S.A.M)

4.3.6. Le transport ferroviaire

Le transport ferroviaire est en restructuration pour sa gestion. Une nouvelle société, la Société de Patrimoine Ferroviaire « SOPAFER » vient d'être créée. Seule un administrateur est désigné, il est pour le moment sans équipe, sans bureau et sans ligne téléphonique. Dans cette situation, la collecte des informations a été pratiquement impossible.

4.4. Enquête combustion bois/charbon – résidentiel

4.4.1. Lieux de Contacts

- Direction Nationale des Eaux et forêts
- SIFOR

4.4.2. Informations collectées

a) Introduction

Au Mali, la dégradation des forêts est un processus complexe où plusieurs facteurs interagissent en s'intensifiant du fait de la pression démographique et de la pauvreté. Parmi ses causes, la collecte de bois énergie (bois de feu et charbon de bois) pour l'approvisionnement des populations en général et des grandes villes en particulier, constitue, après les défrichements agricoles, l'un des principaux facteurs de dégradation des forêts et des sols, ce qui réduit leur capacité de stockage du carbone et donc d'absorption des gaz à effet de serre.

Le bois énergie est en effet le combustible principal utilisé par plus de 90% des ménages et l'essentiel de l'énergie qu'ils consomment. L'accélération de la dégradation des forêts est en partie liée à la croissance démographique, mais surtout à la substitution du bois par le charbon de bois, notamment dans les grandes villes comme Bamako.

Les projections montrent que l'usage du bois-énergie continuera d'être dominant, mais devrait être concurrencé en milieu urbain par celui du gaz butane et des autres combustibles dits « modernes ». Le bois de feu restera le combustible le plus utilisé en milieu rural pendant encore de nombreuses années, avec une forte progression de l'usage du charbon de bois. Les estimations de la demande de bois-énergie à l'horizon 2030 indiquent que si rien n'est fait pour changer la tendance actuelle, la demande pourrait augmenter d'un facteur 4 à 10 pour le charbon de bois, doublé dans le cas du bois de feu et nécessiterait l'exploitation durable de superficies de formations forestières plus étendues que celles disponibles à l'heure actuelle.

b) Evolution des productions, des demandes/prélèvements de combustibles domestiques

Un bilan Ressources - Prélèvements de bois-énergie pour Bamako en 2015 a été réalisé dans un bassin d'approvisionnement comportant 114 communes essentiellement rurales. Ce bilan qui présente le rapport **possibilité bois-énergie / consommation rurale et urbaine (en tonnes équivalent bois)**, selon les enquêtes trafic FONABES / CIRAD-GEDEFOR-SEDR (2015), montre :

• Production de bois-énergie :	2 092 593
• Consommation de Bamako :	884 491
• Consommation des zones rurales :	1 698 300
• Déficit Production – Consommation totale :	- 490 198

Notons que ne sont comptabilisées comme bois que les tiges de plus de 10 cm de diamètre à 1,30 m du sol (DHP)

Le bilan offre – demande est passé de +2 749 605 t.équ.bois (1998) à – 490 198 t.équ.bois (2015). La production totale annuelle de bois-énergie a été estimée à 2 092 593 tonnes de bois-énergie (soit 70% de la productivité annuelle).

Le **charbon de bois est le combustible préféré** des ménages de Bamako, utilisé par 96 % d'entre eux dont 66 % comme combustible principal. Le bois est le 2^{ème} combustible avec 59 % de taux d'utilisation totale dont 32 % comme combustible principal. Le gaz butane est typiquement un combustible d'appoint utilisé par 24 % des ménages. Seulement 1% de ces ménages l'utilisent comme combustible principal. Le pétrole lampant est pratiquement inexistant.

En **termes d'efficacité** d'utilisation de ces combustibles à Bamako, près de 62% des foyers à bois sont considérés comme améliorés, dégageant une efficacité de l'utilisation du bois de 24%.

Pour le charbon 2/3 des foyers sont considérés comme améliorés. L'efficacité de l'utilisation du charbon de bois est relativement élevée avec un rendement de 29,6%.

Globalement l'efficacité d'utilisation des énergies ligneuses est de 26,8%. Les matériels utilisés sont les foyers catégorisés suivant le tableau ci – dessous.

Tableau 21 : Etat des matériels utilisés dans le district de Bamako

Types de foyers	% d'utilisation
Foyers à bois	
Foyer amélioré	55
Foyer malgache	7
Trois (3) pierres en banco	5
Trois (3) pierres	33
TOTAL	100
Foyers à charbon de bois	
Céramique	1
SEWA	29
Métallique (FA)	37
Malgache	33
TOTAL	100

FONABES 2015, cité dans Schéma Directeur d'Approvisionnement en Combustibles Domestiques de Bamako, juin 2017

c) Evolution des approvisionnements et des consommations en bois – énergies de Bamako

L'exploitation pour l'approvisionnement de Bamako en 2015 a été évaluée à 884 491 tonnes éq de bois-énergie. Elle était de 594 000 tonnes en 1998 soit une augmentation de 2,4% par an. Le tableau ci – dessous présente la Consommation unitaire des ménages urbains, notamment de Bamako.

Tableau 22 : Consommation unitaire des ménages urbains, notamment de Bamako

Combustibles	Bamako	
	Energie brute	Energie utile
	Kg/pers/j	GJ/pers/j
Consommation unitaire totale		
Bois	0,400	0,532
Charbon de bois	0,203	0,478
Gaz butane	0,018	0,197
Consommation unitaire pour le chauffage de l'eau		
Bois	0,012	0,019
Charbon de bois	0,005	0,014
Gaz butane	0,000	0,002
Consommation unitaire pour la cuisson des aliments		
Bois	0,388	0,513
Charbon de bois	0,199	0,464
Gaz butane	0,018	0,195

FONABES, Schéma Directeur d'Approvisionnement en Combustibles Domestiques de Bamako, juin 2017

Sur la base de la consommation unitaire des ménages urbains, l'approvisionnement en bois énergie par habitant de Bamako, de 1998 à 2015 est présentée dans le tableau ci - dessous.

Tableau 23 : Approvisionnement en bois – énergie par habitant de Bamako en 1998 et 2015

Paramètres	1998	2015	Difference	Taux d'évolution par an
Approvisionnement annuel en bois de feu (tonne)	328 000	124199	-203 801	-5,60%
Approvisionnement annuel en charbon de bois (tonne)	38 000	108 613	70 613	6,40%
Approvisionnement annuel en bois – énergie –Teq. bois)	594 000	884 491	290 491	2,40%

FONABES 2015, SDAB 1998 cité dans Schéma Directeur d'Approvisionnement en Combustibles Domestiques de Bamako, juin 2017

De l'analyse du tableau ci – dessus, il ressort que :

- L'approvisionnement annuel en bois, a beaucoup diminué au rythme de -5,60% par an, de 1998 à 2015 ;
- L'approvisionnement annuel en charbon a largement augmenté au rythme de 6,40% par an de 1998 à 2015 ;
- Ce passage du bois de feu au charbon de bois montre un changement technologique dans l'utilisation et les usages du bois – énergie dont l'approvisionnement a connu une croissance de 2,40% par an.

Le tableau ci – dessous présente l'évolution des consommations individuelles en bois – énergie par habitant de Bamako en 1998 et 2015.

d) Évolution des consommations individuelles en bois – énergie par habitant de Bamako en 1998 et 2015

Tableau 24 : Etat des consommations individuelles en bois – énergie par habitant de Bamako en 1998 et 2015

Consommations individuelles	1998	2015	Taux d'évolution par an de 1998 à 2015
Approvisionnement en bois (kg/hab/an)	323	52	-10
Approvisionnement en charbon (kg/hab/an)	37	45	1
Approvisionnement en bois – énergie (kg.eq /hab/an)	585	369	-2,7

FONABES 2015, SDAB 1998 cité dans Schéma Directeur d'Approvisionnement en Combustibles Domestiques de Bamako, juin 2017

De l'analyse du tableau ci - dessus, il ressort que :

- Les consommations individuelles en bois, a largement diminué au rythme de -10% par an, de 1998 à 2015 ;
- Les consommations individuelles en charbon ont modérément augmenté au rythme de 1% par an de 1998 à 2015 ;
- Les consommations individuelles confirment le changement technologique dans l'utilisation du bois – énergie. Par ailleurs, leur évolution consacre une diminution de l'utilisation du bois –

énergie au rythme de -2,7%. Cela dégage une tendance à l'utilisation de plus en plus prononcée d'autres sources d'énergie autres que les ressources ligneuses (bois – énergie).

Nous faisons le choix de bâtir nos données sur l'évolution des consommations individuelles. Le tableau ci – dessous donne une idée sur cette évolution de 2015 à 2025.

Tableau 25 : Evolution des consommations individuelles de 2015 à 2025

Consommations individuelles	2015	2019	2020	2025
Approvisionnement en bois (kg/hab/an)	52	34,12	30,71	18,13
Approvisionnement en charbon (kg/hab/an)	45	46,83	47,3	49,71
Approvisionnement en bois – énergie (kg.eq /hab/an)	369	330,73	321,8	280,64

Sur cette base, les consommations de bois – énergie sont évaluées de 2015 à 2025 suivant le tableau ci – dessous.

Tableau 26 : Les consommations de bois énergie de 2015 à 2025

Localités	2015			2019			2020			2025		
	Approvisionnements			Approvisionnements			Approvisionnements			Approvisionnements		
	Bois (tonne)	Charbon (tonne)	Bois-énergie (Tonne.eq)	Bois (tonne)	Charbon (tonne)	Bois-énergie (Tonne.eq)	Bois (tonne)	Charbon (tonne)	Bois-énergie (Tonne.eq)	Bois (tonne)	Charbon (tonne)	Bois-énergie (Tonne.eq)
Commune I	23390	20241	151616	18683	25643	181100	17664	27206	185091	13334	36561	206406
Commune II	9365	8105	60707	6667	9151	64626	6124	9433	64177	4004	10978	61975
Commune III	7678	6644	49768	5522	7579	53523	5085	7832	53287	3367	9232	52117
Commune IV	21884	18938	141857	17816	24452	172691	16924	26066	177337	13083	35871	202510
Commune V	37452	32410	242768	35588	48845	344961	35138	54121	368204	32956	90361	510135
Commune VI	36682	31744	237776	31641	43428	306704	30484	46952	319432	25288	69337	391447
TOTAL BAMAKO	136451	118082	884491	115918	159098	1123605	111419	171610	1167527	92032	252339	1424591

e) Impacts de l’approvisionnement de Bamako en Combustible ligneux (bois – énergie) sur les formations végétales

En considérant que :

- (i) les zones irriguées, les zones habités et/ou urbanisées, les sols nus sont conservés ;
- (ii) les galeries forestières, les savanes arbustives, les savanes arborées et les savanes boisées et les domaines agricoles (cultures, savanes vergers, jachères) font l’objet de coupe rase ;
- (iii) Sept (7) kg de bois donnent un(1) kg de charbon.

L’approvisionnement de Bamako en bois – énergie contribue à la destruction de puits à carbone totalisant 2071022 ha à 3996570 ha de 2015 à 2025, conformément au tableau ci - dessous.

Tableau 27 : Etat prévisionnel de destruction de puits à carbone nécessaire à l’approvisionnement en bois énergie de Bamako de 2015 à 2025

Années	Bois (tonnes)	Superficies par types de formation (en ha)							Superficies totales
		Forêt Galerie	Savane Arbustive	Savane Arborée	Savane Boisée	Domaine agricole	superficie exploitable	Formations non exploitables	
2015	963025	216836	989534	240238	1243	607017	2054868	16154	2071022
2019	1229604	276859	1263451	306740	1587	775047	2623684	20626	2644310
2020	1312689	295556	1348775	327455	1694	827388	2800868	22019	2822887
2025	1858405	418441	1909561	433602	2398	1171395	3935397	61173	3996570

4.5. Enquête hydrocarbure

4.5.1. Les statistiques sur les hydrocarbures stockés au niveau des principaux dépôts

Des enquêtes ont été menées auprès des principaux dépôts du district de Bamako :

- Dépôt Star Oil de Niarela ;
- Dépôt Sanké (SGDS) route de Koulikoro;
- Dépôt ONAP de Sénou;
- HRS de Sénou.

Les types de carburant rencontrés au niveau de ces dépôts sont :

- Supercarburant ;
- Pétrole ;
- Gasoil ;
- Distilla Diesel Oil (DDO) ;
- Fuel oil ;
- Jet A1.

a) Les paramètres des dépôts

Les paramètres des dépôts sont dans le tableau ci – après :

Tableau 28 : Paramètres des dépôts

N°	NOMS DES DEPÔTS	ANNEE DE MISE EN SERVICE	ÂGE (ans)	CAPACITE (m ³)
1	STAR OIL	1956	63	17 083
2	SGDS A DROIT	2004	15	14 600
3	ONAP BKO SENOU	2002	17	10 000
4	HRS/AEROPORT BKO	1974	45	4 970
	Total	1956 à 2004	15 à 63	46 653

Source : les enquêtes

b) Les mouvements des stocks

La situation individuelle des mouvements de stock et celle de l'ensemble des dépôts sont dans le tableau ci – dessous présenté :

Tableau 29: Mouvements des stocks des dépôts

NOMS DES DEPÔTS	2016		2017		2018	
	Entrées en m ³	Sorties en m ³	Entrées en m ³	Sorties en m ³	Entrées en m ³	Sorties en m ³
Star oil	87 610	89 313	98 804	98 627	76 339	77 859
SGDS	25 515	25 441	36 890	36 380	51 030	49 961
ONAP	150 943	147 870	162 235	161 047	164 508	165 668
HRS	56 507	53 751	58 264	52 762	63 081	51 320
CUMUL	320 575	316 375	356 193	348 816	354 958	344808
Soldes (m ³)	4 200		7 377		10 150	

4.6. Enquêtes industrie

4.6.1. Les centrales thermiques

a) *La Centrale thermique de Balingué*

La centrale thermique de Balingué comporte deux (02) centrales : la centrale Deutz et la centrale BID.

La centrale Deutz de Balingué :

Cette centrale a été nommée ainsi parce que les machines qui sont exploitées dans ladite centrale sont de marque allemande "DEUTZ". Elle a été mise en service en 1999.

- **Puissance de la centrale :** la centrale DEUTZ a une puissance de 23 Mega Watt (MW).
- **Types de fuels utilisés dans la centrale :** deux (02) types de fuels sont utilisés pour faire fonctionner la centrale DEUTZ. Ce sont :
 - Le heavy fuel oil (HFO) : un fuel très lourd qui est constamment utilisé pour faire tourner les machines.
 - Le light fuel oil (LFO) : gasoil classique utilisé pour le démarrage et l'arrêt des machines. Ce fuel est utilisé pendant ces moments pour faire le rinçage des machines afin d'éviter le refroidissement du HFO dans les machines car ce fuel est très collant.
- **Localisation du site :** Le site de la centrale DEUTZ est situé à la zone industrielle (Bamako).
- **Paramètres du site :** le site est rectangulaire
- **Les caractéristiques physiques des émissaires :**
 - Diamètre des pots d'échappement : 50 à 60 centimètres (cm).
 - Hauteur : de 30 à 45 mètres (m).
 - Vitesse/débit : données non disponibles.
 - Temps de fonctionnement : les machines fonctionnent par intermittence entre 8 et 12 heures par jour. Cette intermittence s'explique par le fait que la centrale n'est mise en marche que lorsqu'elle est sollicitée par le Centre National des Conduites (CNC) situé à Hamdallaye ACI 2000.
 - **Statistiques annuelles et horaires de consommation du fuel : Consommation horaire de fuel :** 4900 à 5000 litres/heure
 - ✓ **HFO :** 3800 litres/heure : 2 960 480 litres consommés en 2018 et 5 606 273 litres entre le 1^{er} janvier et le 30 juin 2019
 - ✓ **LFO :** 1200 litres/heure : 1 179 207 litres consommés en 2018 et 59 125 litres entre le 1^{er} janvier et le 30 juin 2019
 - ✓ Les statistiques de la consommation de fuel des années antérieures ne sont pas disponibles sur le site.

La centrale BID de Balingué :

Cette centrale a été financée par la Banque Islamique de Développement (BID), d'où le nom de centrale BID.

- **Puissance de la centrale :** 68 Méga Watt (MW).
- **Types de fuel utilisés :** Light Fuel Oil (LFO) et Heavy Fuel Oil (HFO) 180^{cst}.

- **Localisation du site** : zone industrielle (Bamako)
- **Paramètres du site** : rectangulaire
- **Caractéristiques physiques des émissaires** :
 - ✓ **Diamètre** : 1100 millimètres (mm) ;
 - ✓ **Hauteur** : 33 mètres (m) ;
 - ✓ **Vitesse/débit** : donnée non disponible
 - ✓ **Temps de fonctionnement** : 22 heures par jour. Les 2 heures restantes sont consacrées aux visites programmées (nettoyage, réparation, contrôle) ;

Tableau 30 : Statistiques sur la consommation de fuel à BID

Année	HFO (litre)	LFO (litre)
2011	10 177 788	13 533 344
2012	26 619 280	17 003 255
2013	23 180 877	19 321 245
2014	20 686 252	13 754 205
2015	31 860 578	7 037 910
2016	69 916 812	1 898 774
2017	81 912 818	1 236 828
2018	67 205 636	337 738
2019 (1 ^{ER} janvier au 30 juin)	36 377 871	290 609

b) La centrale thermique de Darsalam :

La centrale thermique de Darsalam a été mise en service en 2015.

- ❖ Puissance installée 36 Méga Watt (puissance disponible 6 MW) car les autres machines sont actuellement soit en panne, soit en cours de révision).
- ❖ Types de fuels utilisés : Light Fuel Oil (LFO) et le Heavy Fuel Oil (HFO) ;
- ❖ Localisation du site : Darsalam
- ❖ Paramètres du site : rectangulaire
- ❖ Caractéristiques physiques des émissaires :
 - ✓ Diamètre : 1 mètre (m) ;
 - ✓ Hauteur : 15 mètres (m) ;
 - ✓ Vitesse/débit : donnée non disponible sur le site ;
 - ✓ Temps de fonctionnement : 24 heures/24 heures ;
- ❖ **Statistiques annuelles et horaires de consommation du fuel :**

Tableau 31 : Statistiques annuelles de consommation du fuel

Types de carburant en litres	2016	2017	2018	Année 2019 (du 1 ^{er} janvier au 30 juin)
HFO	0	11 151 099	7 469 297	4 710 682
LFO	4 104 040	3 699 920	183 302	55 290

NB : Durant la période qui va de juin 2016 à décembre 2016, les machines étaient en essais et c'est uniquement le LFO qui était utilisé, d'où le chiffre zéro (0) pour le HFO durant la même période ;

Consommation horaire de fuel :

- HFO (1500 L)/heure
- LFO (ce fuel est utilisé pour le chauffage ou l'arrêt des machines pendant une durée de 30 minutes environ, puis on passe au HFO).

c) Les statistiques sur les hydrocarbures stockés au niveau des principaux dépôts

Des enquêtes ont été menées auprès des principaux dépôts du district de Bamako :

- Dépôt Star Oil de Niarela ;
- Dépôt Sanké (SGDS) route de Koulikoro;
- Dépôt ONAP de Sénou;
- HRS de Sénou.

Les types de carburant rencontrés au niveau de ces dépôts sont :

- Supercarburant ;
- Pétrole ;
- Gasoil ;
- Distilla Diesel Oil (DDO) ;
- Fuel oil ;
- Jet A1.

d) Les paramètres des dépôts

Les paramètres des dépôts sont dans le tableau ci – après :

Tableau 32 : Paramètres des dépôts

N°	NOMS DES DEPÔTS	ANNEE DE MISE EN SERVICE	ÂGE (ans)	CAPACITE (m ³)
1	STAR OIL	1956	63	17 083
2	SGDS A DROIT	2004	15	14 600
3	ONAP BKO SENOU	2002	17	10 000
4	HRS/AEROPORT BKO	1974	45	4 970
	Total	1956 à 2004	15 à 63	46 653

Source : les enquêtes

e) Les mouvements des stocks

La situation individuelle des mouvements de stock et celle de l'ensemble des dépôts sont dans le tableau ci – dessous présenté :

Tableau 33 : Mouvements des stocks des dépôts

NOMS DES DEPÔTS	2016		2017		2018	
	Entrées en m ³	Sorties en m ³	Entrées en m ³	Sorties en m ³	Entrées en m ³	Sorties en m ³
Star oil	87 610	89 313	98 804	98 627	76 339	77 859
SGDS	25 515	25 441	36 890	36 380	51 030	49 961
ONAP	150 943	147 870	162 235	161 047	164 508	165 668
HRS	56 507	53 751	58 264	52 762	63 081	51 320
CUMUL	320 575	316 375	356 193	348 816	354 958	344808
Soldes (m ³)	4 200		7 377		10 150	

Source : les enquêtes

4.7. Enquêtes incinération déchets

4.7.1. Lieux et Contacts

Direction Nationale de l'Assainissement et du Contrôle des Pollutions et des Nuisances (DNACPN) (dnacpn@datatech.toolnet.org), DRACPN – Sikasso

4.7.2. Statistiques annuelles sur les déchets brûlés (tonnage) :

La quantification des déchets solides est peu fréquente au Mali en général et à Bamako en particulier. Les données des tableaux ci – dessous proviennent des études d'actualisation du Schéma directeur d'assainissement de Bamako (SDAB) et définition d'un projet prioritaire d'assainissement connexe du projet AEP- Bamako – Kabala, période 2015 – 2025). Il s'agit, notamment des Rapports d'avant – projet sommaires pour les Décharges Contrôlées Compactées et pour les Dépôts de Transit, de gestion des déchets solides (avril 2016). Ces résultats sont consolidés avec des études ponctuelles de la DNACPN et des ONG partenaires. Les tableaux et..... présentent respectivement, les quantités de déchets produits par commune (2014 – 2025) et

Tableau 34 : Quantité de déchets produits par commune

LOCALITES	QUANTITES JOURNALIERES EN KG				
	Quantité Journalière 2014	Quantité Journalière 2015	Quantité Journalière 2019	Quantité Journalière 2020	Quantité Journalière 2025
Commune I	359 708	377 837	459 964	483 146	617 805
Commune II	148 230	151 284	164 140	167 521	185 502
Commune III	121 212	124 024	135 940	135 940	155 995
Commune IV	334 957	353 514	438 606	462 905	606 146
Commune V	551 496	604 991	876 143	961 129	1 526 917
Commune VI	542 561	580 757	762 393	816 065	1 146 715
Kalabancoro	143 583	161 086	255 196	286 304	508 861
Kabala	23 489	26 354	41 766	46 862	83 327
Teébani	13 612	15 274	24 124	27 170	48 334
Total/kg/j	2 238 847	2 395 120	3 158 363	3 390 197	4 879 600
Total/t/j	2 239	2 395	3 158	3 390	4 880

TOTAL/TONNES/AN	817 235	874 175	1 152 670	1 237 350	1 781 200
------------------------	----------------	----------------	------------------	------------------	------------------

Source : SOMAPEP Missions d'études d'actualisation du schéma directeur d'assainissement de Bamako (SDAB) et définition d'un projet prioritaire d'assainissement connexe au projet AEP Bamako-Kabala.

Tableau 35 : Production prévisionnelle des déchets ménagers (SDGDSB)

Années	Taux production journalier (T/j)	Tonnage annuel (T/an)	Tonnage cumulé (T) période 2015- 2025
2015	2 400	876 000	0
2016	2 600	949 000	949 000
2017	2 785	1 016 525	1 965 525
2018	2 950	1 076 750	3 042 275
2019	3 150	1 149 750	4 192 025
2020	3 390	1 237 530	5 429 375
2021	3 700	1 350 500	6 779 875
2022	4 000	1 460 000	8 239 875
2023	4 280	1 562 200	9 802 075
2024	4 600	1 679 000	11 481 075
2025	4 88	1 781 200	13 262 275

Source : SOMAPEP Missions d'études d'actualisation du schéma directeur d'assainissement de Bamako (SDAB) et définition d'un projet prioritaire d'assainissement connexe au projet AEP Bamako-Kabala

Les quantités brûlées ne sont pas **connues avec précision**. Cependant selon des études ponctuelles de la DNACPN, il est reconnu que 15 à 20% des déchets solides sont brûlés en plein air dans les dépôts de transit et/ou dans les concessions. Sur cette base, les quantités de déchets solides brûlés en 2019 varient entre 172 674 tonnes et 230 232 tonnes. Dans un scénario tendanciel, c'est-à-dire si rien n'est fait pour palier à ce brûlage en plein air des déchets solides, ces quantités pourront varier entre 267 180 tonnes et 356 240 tonnes en 2025.

Les destinations et/ou le sort des 80 à 85% de déchet sont entre autres :

- Les dépôts de transit qui sont à l'intérieur de la ville et qui gardent les déchets très longtemps conduisant à leur décomposition sur place ;
- La décharge finale de Noumoubougou où des quantités peu significatives sont enfouillies ;
- Les décharges sauvages dont les champs agricoles qui sont dans un rayon de 50 km autour de Bamako ;
- Les collecteurs et les caniveaux dans lesquels les déchets sont déversés, conduisant à leur obstruction et provoquant les nombreux cas d'inondation que la ville connaît très fréquemment ;
- L'entreprise TOGOUNA – Industrie qui utilise annuellement, des quantités assez importantes, comme matière première, dans la fabrication d'engrais organique industriel.

Au regard de tout ce qui précède, Bamako est un vaste bassin d'émission de Gaz à Effet de Serre (GES) comme le CO₂, le CH₄, etc.

4.7.3. Nature des déchets (agricole, PVC, sacs plastiques, etc.) :

La Caractérisation des déchets solides, à grande échelle, est réalisée en 2008 (Stratégie d'assainissement des déchets solides à Bamako) et consolidée en 2016 par des études ponctuelles,

réalisées par la DNAPN en partenariat avec la SOMAPEP, lors des Etudes d'actualisation du schéma directeur d'assainissement de Bamako (SDAB) et définition d'un projet prioritaire d'assainissement connexe au projet AEP Bamako-Kabala. Cette caractérisation montre que les ordures ménagères qui sont de loin les plus importantes représentent 99% des déchets produits contre 0,4% de déchets hospitaliers et 0,6% de déchets industriels (Tecsult 1994). Le tableau ci – dessous présente la composition des déchets solides avec une dominance ordures ménagères, à Bamako.

Tableau 36 : composition des déchets solides du district de Bamako

Composition en poids (g/l)	Origine des ordures			Total moyenne proportion
	Commerce, administration, restaurant	Ménages de standing élevé	Ménages populaires	
Papier, carte, carton	20	5	2	3,5
Plastique	2	3	2	2
Métaux	2	10	3	3,5
Verre, céramique	-	1	1	1
Cuir, caoutchouc	-	-	-	-
Tissu, textiles	1	2	1	1
Feuilles, pailles, bois	15	12	18	17,5
Charbon	-	-	2	2
Restes de cuisines	20	40	15	17,5
Cendre, sable, poussière	38	25	54	51
Autres (os, piles, etc.)	1	2	2	1
Total				100
Poids volumétrique				355g/l

Source : DNACPN, Stratégie Nationale de Gestion des Déchets Solides (2008)

La caractérisation des déchets industriels est faite sur la base d'enquêtes au niveau de 38 industries localisées dans le district de Bamako. La production annuelle des déchets industriels est évaluée à 9715 tonnes/an avec la composition moyenne de :

- Plastiques : 5%, soit 477t/an ;
- Résidus organiques : 52%, soit 5099t/an ;
- Résidus verts : 2%, soit 159 t/an ;
- Papiers de cartons : 4%, soit 359 t/an ;
- Métaux ferreux : 27%, soit 2611 t/an ;
- Autres métaux : 1%, soit 109t/an ;
- Bois : 6%, soit 562t/an ;
- Autres : 3%, soit 339 t/an.

4.7.4. Type d'incinérateurs (open burn, incinérateurs industriels) :

La plupart des centres de santé (hôpitaux, CSC Réf, CSCOM) disposent d'incinérateurs des déchets médicaux et spéciaux. La DNACPN dispose d'un incinérateur dans la décharge finale de Nouhoumougou, qui est destiné à incinérer seulement les déchets spéciaux issus des campagnes de pulvérisation intra domiciliaires. Dans tous les cas, les déchets (spéciaux ou pas) incinérées ne sont pas très souvent quantifiés.

4.7.5. Localisation des plus grosses décharges et incinérateurs

Les plus grosses décharges finales sont localisées à Noumoubougou (région de Koulikoro, environ 40 km de Bamako), à Sikasso (3^{ème} région) et à Tombouctou (6^{ème} région). Cependant, ces décharges sont très peu fonctionnelles et opérationnelles. Les notes techniques des décharges sont en annexe.

4.8. Enquêtes santé

Les données collectées sont puisées principalement du Système National d'Information Sanitaire et les annuaires sanitaires, auprès de la Direction Générale de la Santé et de l'Hygiène Publique, et, de la Direction Régionale du District de Bamako, avec l'appui des CSRef dans les Communes.

4.8.1. Informations collectées

Les tableaux ci – dessous présentent les données collectées portant essentiellement sur :

- L'évolution de la population sanitaire de 2015 à 2018 ;
- L'évolution des principales pathologies, notamment celles susceptibles d'être causées ou impactées par les émissions gazeuses ;
- Les incidences des principales pathologies retenues.

Tableau 37: Population sanitaire par an (2015, 2016, 2017 et 2018)

District/Communes	Années	Tranches d'âges					TOTAL	Femmes en âge de procréer
		- 1an	1-4 ans	5 – 14 ans	15 – 59 ans	60 ans et +		
Commune I	2015	28 481	57 787	110 552	181 263	33 503	411 586	96 723
Commune II		13 570	27 533	52 673	86 363	15 962	196 101	46 084
Commune III		10 944	22 203	42 477	69 646	12 872	158 142	37 163
Commune IV		25 483	51 701	98 909	162 174	29 975	368 242	86 537
Commune V		35 212	71 443	136 377	224 098	41 720	508 850	119 580
Commune VI		39 934	81 022	155 003	253 546	47 574	577 079	135 614
Bamako		153 624	311 688	596 292	977 688	180 708	2 220 000	521 700
Mali	1 233 075	2 501 787	4 786 182	7 847 486	1 450 466	17 818 996	4 187 464	
Commune I	2016	34 315	59 309	120 737	197 838	28 384	423 637	93 200
Commune II		16 349	28 258	57 525	94 260	13 523	201 842	44 405
Commune III		13 185	22 788	46 390	76 015	10 906	162 772	35 810
Commune IV		30 701	53 063	108 022	177 004	25 395	379 024	83 385
Commune V		42 423	73 325	149 268	244 591	35 091	523 748	115 225
Commune VI		48 112	83 157	169 283	277 387	39 796	593 976	130 675
Bamako		185 085	319 900	651 225	1 067 095	153 095	2 284 999	502 700
Mali	1 485 783	2 568 020	5 227 755	8 566 181	1 228 981	18 343 000	4 035 460	
Commune I	2017	35 321	61 048	124 277	203 640	29 216	436 059	95 933
Commune II		16 828	29 087	59 212	97 025	13 920	207 761	45 707
Commune III		13 572	23 456	47 750	78 243	11 226	167 545	36 860
Commune IV		31 602	54 619	111 189	182 194	26 139	390 137	85 830
Commune V		43 667	75 475	153 645	251 762	36 120	539 106	118 603
Commune VI		49 523	85 595	174 247	285 520	40 963	611 392	134 506
Bamako		190 512	329 280	670 320	1 098 384	157 584	2 352 000	517 440

Mali		1 532 840	2 649 355	5 393 329	8 837 490	1 267 906	18 923 961	4 163 272
Commune I	2018	36 260	62 672	127 583	209 056	29 993	447 658	98 485
Commune II		17 255	29 823	60 712	99 482	14 273	213 024	46 865
Commune III		13 932	24 079	49 018	80 322	11 524	171 994	37 839
Commune IV		32 973	56 990	116 016	190 104	27 274	407 074	89 556
Commune V		44 746	77 341	157 443	257 986	37 013	552 432	121 535
Commune VI		50 853	87 895	178 928	293 191	42 064	627 819	138 120
Bamako		196 020	338 800	689 700	1 130 140	162 140	2 420 001	523 400
Mali		1 587 543	2 743 900	5 585 797	9 152 868	1 313 152	19 599 288	4 311 843

Sources : Annuaires Système Local d'Information Sanitaire (2015, 2016, 2017 et 2018) du Mali

Tableau 38 : Sante, Pathologies Commune I

Affections		2016										2017										2018									
		0-11 mois		1-4 ans		5-14 ans		15-59 ans		60 ans +		0-11 mois		1-4 ans		5-14 ans		15-59 ans		60 ans +		0-11 mois		1-4 ans		5-14 ans		15-59 ans		60 ans +	
		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Diarrhée présumée infectieuse	Cas	1207	1024	1218	1036	536	487	755	1044	420	489	1294	1014	1569	1366	506	449	818	1093	224	260	972	963	1437	1262	407	394	694	831	161	187
Toux<15 jours, IRA basses: pneumonie, bronchopneumonie	Cas	2212	1748	2380	2257	1620	1156	2177	2406	1020	1084	2222	2264	3606	3634	2102	2116	2833	3304	1251	1311	1768	1834	2724	2784	1522	1454	2344	2734	1104	1112
	Décès																														
IRA hautes (Rhinopharyngite, rhinite, trachéite)*	Cas	2533	2126	2338	2000	1531	1306	2051	2178	920	906	1757	1762	2268	2113	1461	1435	2052	2383	842	742	1609	1758	2302	2373	1324	1350	1631	1954	687	622
	Décès																					5	7	5	6	5	4	14	13	2	4
Toux > 15 jours	Cas	353	368	402	421	411	424	1247	1366	746	742	381	391	464	527	616	610	1515	1805	971	791	167	183	287	402	325	383	1218	1366	711	707
	Décès																														
Tuberculose suspecte	Cas	107	84	108	109	154	158	471	326	255	243			57	38	42	99	487	563	196	215			4	3	10	16	320	324	155	158
	Décès																														
Tuberculose confirmé	Cas			2		6		42	43	131	79			1	3	15	126	91	69	51			2			8	334	248	70	67	
	Décès																														
Paludisme suspect	Cas	1611	1606	3953	3810	3906	3956	7705	10135	2241	2616	2300	2199	6144	6018	6464	6739	14371	18077	2971	3856	2573	3075	6636	7235	7688	7996	17142	20895	4540	4956
	Décès												2	15	22	8	10	35	35	4	2										
Paludisme simple confirmé*	Cas	2015	1799	3527	7537	3132	3098	7330	8714	3504	4113	1337	1532	3180	3404	3153	3317	7829	8804	2722	2719	1359	1685	3823	4343	4435	4882	10560	12368	3368	3370
Paludisme grave confirmé*	Cas	217	240	922	971	1145	1232	2464	2840	1114	1572	264	338	1086	1116	1349	1358	2683	3040	736	813	270	314	1120	1120	1427	1471	3454	4305	833	886
	Décès																	0	1												
Fièvre typhoïde	Cas	27	30	71	79	214	285	1247	1393	279	318	8	9	84	179	507	633	2417	2963	722	741	15	4	104	172	464	609	2361	3552	652	621
	Décès																														

Conjonctivites	Cas	188	193	244	247	287	316	628	1013	440	777	322	271	317	279	398	465	750	948	92	99	259	240	372	376	631	594	686	1294	75	80	
Trachome	Cas								1																			0	3	1	1	
Trichiasis	Cas					2		5	0	3	1							5	15	13	22											
Cataracte	Cas			6	4	7	4	65	66	80	131				2	3	74	89	62	99					1		3	45	62	181	174	
Glaucome	Cas						14	124	105	76	56					22	84	95	18	10							12	56	68	21	18	
Vices réfraction et basses vision	Cas					10	8	41	76	7	5			3	8	18	42	124	224	19	10			4	3	70	84	186	385	45	22	
Baisse d'Acuité visuelle (BAV)	Cas	198	192					5	10	8	9	193	144	1	2	1	1	19	14	9	17	190	214	2	2	7	16	61	129	54	49	
HTA	Cas						1	1522	2594	2795	4617					1	2363	3805	2334	3092						19	114	2684	4058	2202	2189	
	Décès					2	3	3	6	9	8										1							3	7			
Otite aiguë	Cas	807	629	745	573	452	420	610	735	226	293	592	486	693	586	491	448	483	638	56	76	478	539	581	476	327	328	387	557	43	63	
	Décès											1	2					1	2													
Otite purulente	Cas	282	255	389	276	245	222	302	366	146	198	116	78	167	162	129	102	180	196	16	17	67	100	130	129	122	131	165	175	26	13	
	Décès														2	1		1	2						1	2	1	3	12	15		
Sinusite	Cas			3	2	8	13	44	62	7	4	2	2	10	4	12	33	146	187	7	20			7	7	12	17	86	173	16	12	
	Décès																															
Angine	Cas	234	317	495	473	552	582	1274	1544	713	622	154	171	360	533	703	1055	1291	1679	374	285	156	189	536	618	1068	1097	1265	1696	385	231	
	Décès																									4	1	1	2	2		
Anémie	Cas	26	29	61	62	78	101	257	408	116	78	25	20	96	113	75	64	338	329	70	102	12	25	98	108	65	62	107	212	26	24	
	Décès												1	2	1			1	1			3	3	12	2	3	3	7	7		1	
Teigne	Cas	40	31	197	95	171	65	27	34	7	3	12	7	359	104	343	136	32	52	4	2	1	3	58	26	32	22	15	21	3		
Gale	Cas	1	5	4	1	5	6	17	6		2			4	6	1	21	5	10					10	18	13	24	26	15	2		
Pyormite	Cas	1046	339	446	417	280	238	302	236	33	56	79	98	272	265	173	167	171	180	33	25	70	79	216	247	182	193	142	127	13	10	
Autres	Cas	3044	4171	3392	3430	3279	3565	7070	10526	6237	8652	2880	2987	4418	4313	4447	5087	12034	16829	3526	3737	3231	3222	5085	4907	5014	5257	16314	23011	6456	6394	
	Décès																															

Tableau 39 : Santé Pathologie Commune II

Affections		2016										2017										2018									
		0-11 mois		1-4 ans		5-14 ans		15-59 ans		60 ans +		0-11 mois		1-4 ans		5-14 ans		15-59 ans		60 ans +		0-11 mois		1-4 ans		5-14 ans		15-59 ans		60 ans +	
		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Diarrhée présumée infectieuse hors choléra*	Cas	614	692	873	782	515	537	701	667	225	426	411	476	682	602	424	420	487	464	103	149	548	549	756	748	520	451	538	513	99	82
	Décès																								1	1	1				
Toux <15 jours, IRA basses: pneumonie, bronchopneumonie	Cas	729	787	1234	1107	745	723	1106	1089	424	387	1182	642	855	855	849	776	1098	1165	267	276	946	980	1458	1603	1063	981	1266	1175	283	267
	Décès																														
IRA hautes (Rhinopharyngite, rhinite, trachéite)*	Cas	844	783	1118	1052	683	736	1093	974	347	277	1135	803	1101	1000	933	743	786	679	194	147	889	960	1490	1418	1017	949	904	849	149	141
	Décès																														
Toux > 15 jours	Cas	4	15	13	15	24	11	192	207	155	140	13	18	30	49	48	76	410	328	95	67	17	25	30	37	41	50	386	452	191	183
	Décès																											3		2	
Tuberculose suspecte	Cas			2	1	17	13	140	87	43	23	2	1	7	2	13	37	293	172	77	70			6	13	18	36	330	197	51	45
	Décès																														
Tuberculose confirmé	Cas			1		4	3	77	31	8	9					1	2	40	29	6	6						10	46	33	7	7
	Décès									1								1													
Paludisme suspect	Cas	427	457	1671	1593	2493	1900	6684	6765	1769	1581	508	547	1986	2006	3138	3205	9235	8999	1241	1020	1256	1163	3630	3468	4984	4488	11265	11469	1484	1331
	Décès	1	2	1	2	1		23	31	7	8																				
Paludisme simple confirmé*	Cas	600	652	2273	2202	3098	2534	8062	8143	2791	2940	261	292	1423	1278	2579	2327	6756	6451	730	543	405	406	1930	1825	3357	2991	7288	7165	714	540
Paludisme grave confirmé*	Cas	65	76	317	335	502	535	1581	1528	464	430	38	46	200	191	372	341	1033	975	195	113	113	98	324	334	464	451	1184	1268	199	236
	Décès																										2	1	2	1	
Fièvre typhoïde	Cas	17	29	32	75	394	436	2187	1902	474	538	42	50	89	168	721	1000	2661	2541	802	501	15	20	134	205	687	776	2930	3201	554	483
	Décès																														

Conjonctivites	Cas	276	671	318	419	469	484	1193	1222	1434	3157	92	146	158	304	317	406	917	1084	582	648	203	270	374	389	431	513	1239	1312	710	886
Trachome	Cas							3		11	64																				
Trichiasis	Cas		9	6	125	7	1	8	1	177	207							2	1	4	2				1		1	0		2	
Cataracte	Cas				2			381	573	1207	1290					1		222	595	588	661					2	388	896	808	899	
Glaucome	Cas						81	300	450	537	702						31	383	519	367	456						147	674	893	560	811
Vices réfraction et basses vision	Cas				1	55	121	708	929	798	944				127	173	508	674	372	365			2	33	149	380	933	1123	673	758	
Baisse d'Acuité visuelle (BAV)	Cas				1	88	197	700	827	873	1062			4	124	94	543	671	440	464				1	77	240	695	950	582	628	
HTA	Cas							301	507	529	725					24	939	1090	599	649					10	40	1005	1206	641	653	
	Décès																														
Otitte aiguë	Cas	142	155	203	183	135	128	207	269	108	125	152	140	169	177	201	194	217	244	41	45	174	190	197	207	185	152	280	284	30	32
	Décès																														
Otitte purulente	Cas	25	34	59	44	27	24	52	53	17	21	20	14	58	47	41	25	81	72	7	13	21	20	72	39	45	45	67	83	9	9
	Décès																														
Sinusite	Cas	6		6	5	3	7	28	29	14	4			1	2	3	6	47	66	5	5			1	2	6	8	53	54	4	4
	Décès						1																								
Angine	Cas	86	106	393	384	354	442	497	575	173	198	105	147	347	353	526	481	581	587	73	69	144	147	413	404	527	557	572	774	64	88
	Décès																														
Anémie	Cas	1	2	2		6	2	9	15	5	3		1	2	8	5	7	78	104	16	23	10	11	26	22	19	18	86	120	18	36
	Décès																		2	6	1						3	2	1		
Teigne	Cas			8	4	23	10	22	19	8	4		1	23	22	56	28	9	25	11	17	13	6	33	54	85	52	28	18	7	7
Gale	Cas					1	3	16	20	5	3	1		1	1		2	2	1			22	32	11	14	4		2			
Pyormite	Cas	58	53	162	167	157	112	133	125	37	34	82	73	150	155	132	136	219	161	18	11	77	86	123	115	75	110	129	138	13	13
Autres	Cas	1983	2382	2747	2807	4216	4549	14164	16746	13781	12708	2230	648	1064	1237	1953	2387	7244	7703	2598	2777	748	905	1592	1732	2182	2854	9485	10967	4286	4041
	Décès	13	4	4	2	3	3	32	27									12	17	5	4						0				

Tableau 40 : Sante Pathologies Commune III

Affections		2016										2017										2018									
		0-11 mois		1-4 ans		5-14 ans		15-59 ans		60 ans +		0-11 mois		1-4 ans		5-14 ans		15-59 ans		60 ans +		0-11 mois		1-4 ans		5-14 ans		15-59 ans		60 ans +	
		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Diarrhée présumée infectieuse	Cas	392	393	570	522	255	193	374	374	178	175	378	349	464	389	177	156	318	354	175	198	337	310	470	417	227	227	246	262	103	101
	Décès			1														1													
Toux<15 jours, IRA basses:	Cas	1023	1049	1709	1519	647	604	633	708	383	560	1126	1050	2069	1802	902	801	776	905	450	458	382	389	724	739	390	369	431	531	136	120
pneumonie, bronchopneumonie	Décès																														
IRA hautes	Cas	511	484	909	919	541	616	802	916	577	671	538	501	905	835	626	590	793	1042	297	339	851	889	1287	1282	807	731	774	1069	240	380
(Rhinopharyngite, rhinite, trachéite)*	Décès																														
Toux > 15 jours	Cas	1		3	1	6	5	13	4	8	9	10	11	16	21	12	16	21	38	11	13	126	103	113	162	69	83	41	55	16	8
	Décès																														
Tuberculose suspecte	Cas	1				6	3	12	4	1	1					4		12	13	4	6							0	3		
	Décès																														
Tuberculose confirmé	Cas	1								2								2	1		2			3	5	4	1	5	12	4	2
	Décès																														
Paludisme suspect	Cas	365	434	1084	1069	916	883	2266	2333	1015	1060	543	603	2186	2099	1888	1794	5303	6396	1246	1305	612	526	2195	2057	1830	1713	3966	4628	900	1148
	Décès																														
Paludisme simple confirmé*	Cas	967	1035	3111	2726	1944	1925	3539	4353	3105	4789	896	805	2788	2436	1876	1818	4514	5809	1557	2151	501	542	1566	1481	1522	1377	3526	4978	936	1083
Paludisme grave confirmé*	Cas	75	135	463	417	545	499	1372	1667	934	1328	124	158	630	572	692	637	2218	2474	515	605	81	110	526	500	673	757	2246	2743	468	650
	Décès																														
Fièvre typhoïde	Cas			16	21	53	106	292	310	106	114	29	85	184	182	370	400	1392	1642	382	546	16	50	138	171	349	388	1213	1420	449	532
	Décès																														

Conjonctivites	Cas	141	127	329	281	407	272	335	581	449	940	141	120	274	271	395	407	411	964	133	260	127	91	238	176	319	371	370	814	113	292
HTA	Cas					5	1	218	668	1337	1854					11	6	956	1640	1603	2029						86	906	1428	827	938
	Décès							5	25	31	9							28	43	26	24							1			
Otite aiguë	Cas	569	458	342	256	114	95	112	115	79	140	425	320	266	226	139	117	200	220	57	77	199	176	202	141	115	117	379	423	137	122
	Décès																														
Otite purulente	Cas	7	11	18	24	19	21	32	66	38	56	16	5	27	22	20	22	46	67	21	29	2	9	16	21	22	16	39	54	12	19
	Décès	1																													
Sinusite	Cas		1	2			3	13	27	21	32				3	5	10	58	147	19	30	2	3	8	16	24	28	67	118	21	28
	Décès																														
Angine	Cas	63	45	222	234	236	256	315	493	215	331	41	58	181	191	255	275	369	562	104	152	43	37	208	164	242	328	218	493	69	68
	Décès												2	3	4	6	3	17	13	7	4					2	1	1	4		
Anémie	Cas	2	2		5	10	4	19	55	20	4	2	2	13	15	11	12	29	37	16	16						1	7	10	1	
	Décès																											1	1		4
Teigne	Cas		1	11	4	19	7	8	12	4	5		4	16	15	84	25	45	11			1	1	29	16	38	19	4	2		
Gale	Cas														1		1	2	2	1		4	1	2	6	3	9	5	4		
Pyormite	Cas	111	126	242	261	171	199	379	418	200	218	161	182	242	267	202	165	275	310	84	120	146	118	181	250	216	174	295	353	124	124
Autres	Cas	1605	1785	2342	1947	2006	2382	5641	6583	5778	7576	1520	1351	2100	1625	1972	1803	5479	7201	2004	2854	946	1131	1459	1505	1781	1861	5468	7052	2227	3600
	Décès	2								1																					

Tableau 41 : Santé Pathologie Commune IV

Affections		2016										2017										2018									
		0-11 mois		1-4 ans		5-14 ans		15-59 ans		60 ans +		0-11 mois		1-4 ans		5-14 ans		15-59 ans		60 ans +		0-11 mois		1-4 ans		5-14 ans		15-59 ans		60 ans +	
		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Diarrhée présumée infectieuse	Cas	689	588	879	740	298	290	387	454	246	269	608	535	908	806	322	269	415	458	99	107	688	602	1031	914	360	319	517	622	126	123
	hors choléra*	Décès																													
Toux < 15 jours, IRA basses:	Cas	1032	977	2058	1933	898	865	1102	1399	733	861	1004	997	1984	1848	962	1023	1398	1618	575	492	1263	1236	2250	2021	1201	1085	1427	1613	458	386
	pneumonie, bronchopneumonie	Décès						4	3	7	2																				
IRA hautes (Rhinopharyngite, rhinite, trachéite)*	Cas	946	991	1847	1845	713	918	1245	1365	492	533	1097	1065	1772	1736	903	884	1208	1494	326	327	1108	1150	1868	1603	951	834	1255	1406	250	246
	Décès																														
Toux > 15 jours	Cas	13	11	24	30	61	58	227	195	154	136		3	15	38	45	51	307	303	165	101		5	20	26	44	61	378	300	139	99
	Décès									6	4																				
Tuberculose suspecte	Cas	7	2	10	12	7	3	118	95	102	71		5	3	25	24	177	109	59	53		2	9	4	12	26	286	118	79	54	
	Décès																														
Tuberculose confirmé	Cas	2		5	7	3	1	43	29	20	19				3	2	92	21	10	9					1	3	105	18	11	7	
	Décès																														
Paludisme suspect*	Cas	1671	1964	5712	5488	5492	5329	9919	12889	3361	4097	1956	2103	6056	5816	6185	5874	13500	17460	2572	2974	1833	2251	5887	5913	6635	6746	14418	19412	2771	2914
	Décès																														
Paludisme simple confirmé*	Cas	1063	1324	4420	4205	4132	3756	7281	9232	3270	4361	963	1103	4420	3930	3933	3951	8542	10616	1785	1973	800	1062	3519	3614	3936	4042	8012	10295	1565	1713
Paludisme grave confirmé*	Cas	180	253	1313	1177	1318	1361	2433	5685	1478	1758	179	203	839	806	930	1017	2312	3034	595	630	184	277	937	953	1133	1259	2589	3122	411	368

Fièvre typhoïde	Cas	31	18	88	147	461	542	1747	2008	306	254			164	223	947	946	2988	3888	472	673	71	65	262	308	1110	1240	3338	4069	844	433
	Décès							4	5	6	10							0	0											0	
Conjonctivites	Cas	179	230	138	129	206	215	11343	288	189	175	392	346	214	153	135	137	194	233	176	158	578	497	396	239	218	184	330	364	272	332
Trachome	Cas							12	15	10	15							14	16									5	6	36	41
Trichiasis	Cas							6	16	4								10	8	8	6							8	1	107	78
Cataracte	Cas							54	46	4	7							73	58	244	147						3	12	19	498	359
Glaucome	Cas							38	45	11								1	0	65	72							34	23	107	98
Vices réfraction et basses vision	Cas							3	3	1	3							0	0	10	8					7	1	41	31	26	16
Baisse d'Acuité visuelle (BAV)	Cas				38	32	70	228	718	74	62	1				87	378	437	277	281							94	657	701	606	477
HTA	Cas					71	91	1099	1900	1522	2187				14	34	3201	3493	1868	2708						5	24	3299	4161	2300	3214
	Décès							3	5	5	7							0	0	1								2	4	1	1
Otite aiguë	Cas	176	194	289	245	211	169	194	193	52	34	206	271	403	322	318	287	360	373	105	99	257	302	369	311	301	265	375	379	118	102
	Décès		3	5		1		2	3					9		6		0	7			1			1	2	1	0	0		
Otite purulente	Cas	88	120	122	117	88	78	68	67	26	17	169	213	222	269	203	148	224	257	103	118	176	203	224	242	192	145	311	358	132	138
	Décès																	0	0									0			
Sinusite	Cas	1	2	4	3	6	3	19	11		1				1	4	17	10			1	2	2	6	9	8	5	21	21	5	1
	Décès																											1	0		
Angine	Cas	127	142	281	341	387	347	576	544	172	160	168	161	361	426	395	421	649	752	199	164	280	263	471	490	439	499	621	779	147	137
	Décès														6			3	1			3	6	4	2			3	0		1
Anémie	Cas	1	5	31	38	29	27	73	61	6	8	3	6	34	75	50	43	31	171	67	130			36	56	63	51	81	186	108	136
	Décès								0	2	8							1	2									0	0		
Teigne	Cas		3	61	46	137	72	22	8			2	68	94	104	55	73	45	5	1		1	59	105	123	70	61	52			
Gale	Cas		1	3	14	16	15	25	38	6	1					4		8	0			1	4	2	10	5	13	0			
Pyormite	Cas	192	265	255	280	250	249	487	344	104	127	230	269	498	362	446	673	1152	823	237	261	315	375	608	503	585	920	1728	1180	482	510
Autres	Cas	1149	1299	1668	1878	1672	1910	4231	4192	2162	2688	1479	1625	1842	2323	3744	2712	6135	5899	3052	2234	3528	2331	2673	3329	5034	3907	8155	8061	4469	2930
	Décès	170	161	119	146	141	148	289	332	128	188							0	0		10	1				8	7	21	22	2	14

Tableau 43 : Santé Pathologie Commune VI

Affections		2016										2017										2018									
		0-11 mois		1-4 ans		5-14 ans		15-59 ans		60 ans +		0-11 mois		1-4 ans		5-14 ans		15-59 ans		60 ans +		0-11 mois		1-4 ans		5-14 ans		15-59 ans		60 ans +	
		M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
Diarrhée présumée infectieuse hors choléra*	Cas	1555	1648	1874	1827	668	673	694	845	204	276	918	962	1179	1000	527	522	741	928	125	132	928	1011	1357	1517	831	843	1040	1270	145	370
	Décès		1					0	0									0	0									0	0		
Toux <15 jours, IRA basses: pneumonie, bronchopneumonie	Cas	1968	1849	3012	2667	1701	1608	1753	1975	614	679	1529	1574	2126	2133	1281	1303	1455	1514	305	242	1539	1676	2445	2409	1583	1523	1877	1992	422	426
	Décès							0	0			10						0	0									0	0		
IRA hautes	Cas	2706	2578	4139	3639	2105	1948	8490	2239	598	996	1888	1827	2801	2601	1585	1540	1459	1506	237	185	1958	2103	2814	2865	2014	1976	1967	2136	257	232
(Rhinopharyngite, rhinite, trachéite)*	Décès				1			1	0									1	0									0	0		
Toux > 15 jours	Cas	12	12	21	14	21	15	85	105	24	15	12	10	24	22	24	21	47	65	13	15	1	1	6	5	11	16	61	42	6	7
	Décès							0	51									0	0							2		1	0		
Tuberculose suspecte	Cas	6	1	24	9	6	13	51	60	31	45	74	41	145	122	72	11	28	23	7	6					7	4	33	20	7	5
	Décès							2	1									1	0									0	0		
Tuberculose confirmé	Cas	1	2	5	11	5	8	47	36	27	19	12	6	13	14	19	12	58	33	9	8					4	2	36	31	3	4
	Décès							0	0									0	0		1							0	0		
Paludisme suspect*	Cas	2585	2649	6733	6760	7480	6929	12194	15690	5344	5351	3294	3632	7217	8141	10756	10892	17477	21105	3670	3602	3800	4443	9443	9759	10629	11301	18352	21585	3208	3210
	Décès		1					0	0		2							0	0									0	0		
Paludisme simple confirmé*	Cas	1297	1332	4207	4173	4274	3904	7906	10683	3458	3978	1447	1638	3580	3772	4874	5218	9399	11810	1565	1479	1600	1849	4443	4617	4828	4991	10074	12956	1459	1544
Paludisme grave confirmé*	Cas	418	456	2464	2766	3367	3890	6203	6564	1657	1622	827	999	1731	2453	2920	3115	4752	5245	1091	1219	570	840	1757	1768	2223	2417	3256	3503	498	530
	Décès	3	5	16	15	23	21	24	46	20	34	2		4		3		1	0			1	1	2	1	4	3	1	2		1

Fièvre typhoïde	Cas	16	12	112	126	269	347	1669	2201	271	336	65	63	294	272	638	749	2924	3863	556	533	34	74	254	349	706	853	3215	4291	632	542	
	Décès							0	0									0	0								1		1	2		
Conjonctivites	Cas	197	160	241	247	235	276	420	650	198	325	59	54	120	103	95	92	176	273	51	133	246	213	426	401	487	462	579	928	242	574	
Trachome	Cas							0	3	4	4							0	3									0	0			
Trichiasis	Cas							0	0	3	6							1	1										5	6	2	2
Cataracte	Cas							0	5	18	18							2	2	2	2							0	0			
Glaucome	Cas							0	0	6	9							0	0		1								1	2		
Vices réfraction et basses vision	Cas					4	3	12	17	12	4							0	0									1	0	0		
Baisse d'Acuité visuelle (BAV)	Cas							47	90	55	107			1		2	2	78	52	57	10			1		8	2	78	121	247	462	
HTA	Cas						13	835	1507	1286	2085					3	4	843	1522	799	939					3	12	1322	2303	969	1287	
	Décès							0	0		1							2	1	1	1								0	0		
Otite aiguë	Cas	608	603	688	605	386	397	458	513	168	199	464	469	471	458	255	247	244	284	103	95	610	604	864	777	497	429	588	642	387	544	
	Décès							0	0									0	0						1			0	0			
Otite purulente	Cas	247	284	408	355	211	167	191	249	87	93	108	103	176	164	103	93	115	124	49	70	217	172	321	265	203	167	211	244	150	181	
	Décès	2				2		0	0									0	0									0	0			
Sinusite	Cas		3	6	3	1		23	37	17	13						1	12	24			5	3	10	12	16	11	16	38		2	
	Décès							0	0									0	0									0	0			
Angine	Cas	212	227	645	713	630	681	802	1102	248	331	210	184	612	585	719	787	745	981	84	87	133	206	680	704	712	840	921	1149	240	129	
	Décès							1	1	1						2	6	4	4									0	0			
Anémie	Cas	4	1	17	23	23	20	36	81	12	21		1	3	3	6	27	19	63	6	11	1	1	19	20	32	58	79	165	21	17	
	Décès							0	0									1	0									0	1			
Teigne	Cas	12	12	76	65	65	36	18	9	2	3			18	16	22	7	16	10	1		6	3	30	18	25	12	16	3			
Gale	Cas	47	67	54	56	42	41	15	17	1		25	28	20	16	3	4	1	1			1	2	26	22	14	17	10	8		1	
Pyormite	Cas	834	1082	1103	1333	731	804	676	8800	86	108	261	373	504	527	428	471	437	451	45	48	326	465	653	829	568	536	654	679	122	176	
Autres	Cas	3017	2881	3350	3297	2868	2995	9369	1329	4584	5908	2408	2270	2606	2585	2317	2702	5726	7815	2156	2023	3857	3885	4458	4518	4432	4380	13626	15725	6380	5344	
	Décès	16	7	3	5	1	2	8	5	15	3	11	13	1	2	8	8	14	15	8	9	19	16	14	13	1	1	30	21	4	9	

Tableau 44 : Autres patients

Organisation unit	Pathologies	2016					2017					2018				
		0-11 mois	1-4 ans	5-14 ans	15 - 59 ans	60 ans et +	0-11 mois	1-4 ans	5-14 ans	15-59 ans	60 ans et +	0-11 mois	1-4 ans	5-14 ans	15-59 ans	60 ans et +
0District Commune I	Cas de décès pour paludisme grave confirmé	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Décès paludisme grave confirmé	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cas de paludisme simple confirmé	3 814	11 064	6 230	16044	0	2 869	6 584	6 470	16633	0	3 044	8 166	9 317	22928	0
	Cas IRA hautes (Rhinopharyngite, rhinite, trachéite)	4 659	4 338	2 837	4229	0	3 519	4 381	2 896	4435	0	3 367	4 675	2 674	3585	0
	Décès IRA hautes (Rhinopharyngite, rhinite, trachéite)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	11	9	27	0
	Cas toux<15 jours, IRA basses: pneumonie, bronchopneumonie	3 960	4 637	2 776	4583	0	4 486	7 240	4 218	6137	0	3 602	5 508	2 976	5078	0
	Décès toux<15 jours, IRA basses: pneumonie, bronchopneumonie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cas diarrhée présumée infectieuse hors choléra	2 231	2 254	1 023	1799	0	2 308	2 935	955	1911	0	1 935	2 699	801	1525	0
	Décès diarrhée présumée infectieuse hors choléra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cas tuberculose confirmée	0	2	6	85	0	0	1	18	217	0	0	2	8	582	0
Décès tuberculose confirmée	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Cas de paludisme simple confirmé	1 252	4 475	5 632	16205	0	553	2 701	4 906	13207	0	811	3 755	6 348	14373	0	

	Cas IRA hautes (Rhinopharyngite, rhinite, trachéite)	1 627	2 170	1 419	2067	0	1 938	2 101	1 676	1465	0	1 849	2 908	1 966	1753	0
	Décès IRA hautes (Rhinopharyngite, rhinite, trachéite)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cas toux<15 jours, IRA basses: pneumonie, bronchopneumonie	1 516	2 341	1 468	2195	0	1 824	1 710	1 625	2263	0	1 926	3 061	2 044	2441	0
	Décès toux<15 jours, IRA basses: pneumonie, bronchopneumonie	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cas diarrhée présumée infectieuse hors choléra	1 306	1 655	1 052	1368	0	887	1 284	844	951	0	1 097	1 504	971	1051	0
	Décès diarrhée présumée infectieuse hors choléra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0
	Cas tuberculose confirmée	0	1	7	108	0	0	0	3	69	0	0	0	10	79	0
	Décès tuberculose confirmée	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
District Commune V	Cas de décès pour paludisme grave confirmé	0	0	0	101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Décès paludisme grave confirmé	26	31	44	101	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cas de paludisme simple confirmé	2 466	6 037	5 597	11112		1 945	5 203	5 442	12772		1 873	4 434	5 445	12151	0
	Cas IRA hautes (Rhinopharyngite, rhinite, trachéite)	2 033	2 406	1 517	2507		4 462	4 157	3 116	4881		2 005	2 943	2 314	3363	0
	Décès IRA hautes (Rhinopharyngite, rhinite, trachéite)	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	0
	Cas toux<15 jours, IRA basses: pneumonie, bronchopneumonie	1 801	1 732	1 572	2083		3 764	3 153	2 297	3850		2 256	2 608	1 785	2439	0
	Décès toux<15 jours, IRA basses: pneumonie, bronchopneumonie	0	3	5	11		0	0	0	0		0	0	9	0	0
	Cas diarrhée présumée infectieuse hors choléra	1 590	1 718	1 077	1376		1 149	2 412	1 738	2273		1 035	1 645	1 044	1575	0

	Décès diarrhée présumée infectieuse hors choléra	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	0
	Cas tuberculose confirmée	8	9	113	189		2	7	35	118		0	0	18	72	0
	Décès tuberculose confirmée	0	0	0	0		0	0	0	11		0	0	0	0	0
District Commune VI	Cas de décès pour paludisme grave confirmé	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	0
	Décès paludisme grave confirmé	8	31	44	70		2	4	3	1		2	3	7	3	0
	Cas de paludisme simple confirmé	2 629	8 380	8 178	18589		3 085	7 352	10 092	21209		3 449	9 060	9 819	23028	0
	Cas IRA hautes (Rhinopharyngite, rhinite, trachéite)	5 284	7 778	4 053	10729		3 715	5 402	3 125	2965		4 061	5 679	3 990	4103	0
	Décès IRA hautes (Rhinopharyngite, rhinite, trachéite)	0	1	0	1		0	0	0	1		0	0	0	0	0
	Cas toux<15 jours, IRA basses: pneumonie, bronchopneumonie	3 817	5 679	3 309	3728		3 103	4 259	2 584	2969		3 215	4 854	3 106	3869	0
	Décès toux<15 jours, IRA basses: pneumonie, bronchopneumonie	0	0	0	0		10	0	0	0		0	0	0	0	0
	Cas diarrhée présumée infectieuse hors choléra	3 203	3 701	1 341	1539		1 880	2 179	1 049	1669		1 939	2 874	1 674	2310	0
	Décès diarrhée présumée infectieuse hors choléra	1	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	0
	Cas tuberculose confirmée	3	16	13	83		18	27	31	91		0	0	6	67	0
Décès tuberculose confirmée	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	0	0	0	

N.B. : **Autres patients** : il s'agit des patients enregistrés dans le centre de santé, mais qui ne résident pas dans l'aire de santé de la commune concernée.

Tableau 45 : Les incidences des principales pathologies

Organisation unit	Data / Period	2016	2017	2018
District Commune I	Incidence du paludisme	135,3	116,5	146,1
	Incidence du paludisme grave confirmé 0 - 11mois	27	34,5	32,6
	Incidence du paludisme grave confirmé 1 - 4ans	29,8	33,7	33,4
	Incidence du paludisme grave confirmé 15 - 44ans	17,2	20,6	31,1
	Incidence du paludisme grave confirmé 45 - 59ans	75,9	66,6	68
	Incidence du paludisme grave confirmé 5 - 14ans	19,3	21,4	22,3
	Incidence du paludisme grave confirmé 60ans et +	132,1	74	80
	Incidence du paludisme grave total	29,9	29,3	34
	Incidence du paludisme simple confirmé 0 - 11mois	225,1	164,5	170
	Incidence du paludisme simple confirmé 1-4 ans	186,5	107,8	130,3
	Incidence du paludisme simple confirmé 15 - 44ans	49,6	58,4	82,5
	Incidence du paludisme simple confirmé 45 - 59ans	242,2	201,7	249,7
	Incidence du paludisme simple confirmé 5 - 14ans	50,7	51,2	71,8
	Incidence du paludisme simple confirmé 60ans et +	374,6	260	313,6
	Incidence IRA Hautes 0 - 11 mois	274,19	201,75	188,03
	Incidence IRA Hautes 1 - 4ans	68,27	66,98	69,62
	Incidence IRA Hautes 15-44ans	13,35	14,84	12,33
	Incidence IRA Hautes 45-59 ans	62,68	57,45	41,94
	Incidence IRA Hautes 60ans et +	89,8	75,68	60,92
	Incidence IRA Hautes Total	42,11	38,56	34,87
Incidence IRA hautes 5 - 14ans	18	20	16,6	

	Incidence de la diarrhée hors choléra 0-11mois	131,66	132,32	108,06
	Incidence de la Diarrhée hors Choléra 5 - 14ans	8,33	7,55	6,17
	Incidence de la diarrhée hors choléra 1 - 4ans	35,47	44,87	40,19
	Incidence de la diarrhée hors choléra 15-44ans	0	0	0
	Incidence de la diarrhée hors choléra 45-59 ans	24,38	18,56	13,93
	Incidence de la diarrhée hors choléra Total	19,34	19,71	16,32
	Incidence Diarrhée hors choléra 60ans et +	44,7	23,12	16,2
	Incidence HTA 0 - 11 mois	0	0	1,9
	Incidence HTA 1 - 4 ans	0,02	0	0,62
	Incidence HTA 15 - 44 ans	6,95	13,51	14,89
	Incidence HTA 45 - 59 ans	91,75	116,62	121,57
	Incidence HTA 5 - 14 ans	0,01	0,01	1,04
	Incidence HTA 60 ans et plus	260,42	185,72	146,4
	Incidence HTA 60ans et +	363,51	259,23	204,35
District Commune II	Incidence du paludisme	193,3	125,8	146,5
	Incidence du paludisme grave confirmé 0 - 11mois	17,5	10,1	24,8
	Incidence du paludisme grave confirmé 1 - 4ans	21,5	12,5	20,6
	Incidence du paludisme grave confirmé 15 - 44ans	22,9	16	20,4
	Incidence du paludisme grave confirmé 45 - 59ans	84,4	45	46,3
	Incidence du paludisme grave confirmé 5 - 14ans	17,7	11,8	14,8
	Incidence du paludisme grave confirmé 60ans et +	92,3	30,9	42,5
	Incidence du paludisme grave total	28,8	16,9	21,9
	Incidence du paludisme simple confirmé 0 - 11mois	155,1	66,5	95,2

Incidence du paludisme simple confirmé 1-4 ans	158,4	92,9	125,9
Incidence du paludisme simple confirmé 15 - 44ans	129,9	124,7	135,2
Incidence du paludisme simple confirmé 45 - 59ans	386	195	192,3
Incidence du paludisme simple confirmé 5 - 14ans	96,2	81,4	102,8
Incidence du paludisme simple confirmé 60ans et +	591,5	127,7	122,6
Incidence IRA Hautes 0 - 11 mois	200,97	233,2	216,99
Incidence IRA Hautes 1 - 4ans	71,67	67,42	91,01
Incidence IRA Hautes 15-44ans	13,9	12,91	15,86
Incidence IRA Hautes 45-59 ans	63,23	26,35	26,68
Incidence IRA Hautes 60ans et +	64,41	34,19	28,36
Incidence IRA Hautes Total	39,07	36,2	41,15
Incidence IRA hautes 5 - 14ans	18,7	17,4	21,4
Incidence de la diarrhée hors choléra 0-11mois	161,76	106,73	128,74
Incidence de la Diarrhée hors Choléra 5 - 14ans	17,97	14,01	15,72
Incidence de la diarrhée hors choléra 1 - 4ans	54,66	41,2	47,07
Incidence de la diarrhée hors choléra 15-44ans	0	0	0
Incidence de la diarrhée hors choléra 45-59 ans	37,12	19,06	22,24
Incidence de la diarrhée hors choléra Total	29,8	20,3	22,55
Incidence Diarrhée hors choléra 60ans et +	67,19	25,27	17,7
Incidence HTA 0 - 11 mois	0	0	1,53
Incidence HTA 1 - 4 ans	0	0	0,07
Incidence HTA 15 - 44 ans	2,58	9,97	10,73
Incidence HTA 45 - 59 ans	39,27	77,2	81,35

	Incidence HTA 5 - 14 ans	0	0,41	0,82
	Incidence HTA 60 ans et plus	92,47	89,66	90,66
	Incidence HTA 60ans et +	129,08	125,14	126,55
District Commune III	Incidence du paludisme	214	204,4	152,7
	Incidence du paludisme grave confirmé 0 - 11mois	32,3	43,3	27,8
	Incidence du paludisme grave confirmé 1 - 4ans	36	49,2	39,8
	Incidence du paludisme grave confirmé 15 - 44ans	24	53,6	53,5
	Incidence du paludisme grave confirmé 45 - 59ans	121,7	103,6	106,2
	Incidence du paludisme grave confirmé 5 - 14ans	22,1	28,2	28,7
	Incidence du paludisme grave confirmé 60ans et +	289,5	143,3	135,4
	Incidence du paludisme grave total	45,6	53	50,9
	Incidence du paludisme simple confirmé 0 - 11mois	307,5	261,3	151,6
	Incidence du paludisme simple confirmé 1-4 ans	256,1	229,2	126,5
	Incidence du paludisme simple confirmé 15 - 44ans	55,9	119,1	90,9
	Incidence du paludisme simple confirmé 45 - 59ans	349,6	221,7	183,1
	Incidence du paludisme simple confirmé 5 - 14ans	82	78,3	58,1
	Incidence du paludisme simple confirmé 60ans et +	1 010,4	474,6	244,6
	Incidence IRA Hautes 0 - 11 mois	152,4	159,58	252,92
	Incidence IRA Hautes 1 - 4ans	74,87	71,27	99,58
	Incidence IRA Hautes 15-44ans	12,48	18,68	17,99
	Incidence IRA Hautes 45-59 ans	74,69	52,22	48,43
	Incidence IRA Hautes 60ans et +	159,73	81,4	75,1
	Incidence IRA Hautes Total	42,56	39,72	48,32

	Incidence IRA hautes 5 - 14ans	16,8	25,2	24,3
	Incidence de la diarrhée hors choléra 0-11mois	120,57	111,66	94,04
	Incidence de la Diarrhée hors Choléra 5 - 14ans	9,49	7,05	9,1
	Incidence de la diarrhée hors choléra 1 - 4ans	44,73	34,94	34,38
	Incidence de la diarrhée hors choléra 15-44ans	0	0	0
	Incidence de la diarrhée hors choléra 45-59 ans	27,49	25,63	18,13
	Incidence de la diarrhée hors choléra Total	20,99	18,17	15,7
	Incidence Diarrhée hors choléra 60ans et +	45,18	47,74	24,71
	Incidence HTA 0 - 11 mois	0,77	2,46	0
	Incidence HTA 1 - 4 ans	0	0,83	0
	Incidence HTA 15 - 44 ans	3,01	11,33	14,72
	Incidence HTA 45 - 59 ans	55,95	151,57	102,82
	Incidence HTA 5 - 14 ans	0,13	0,37	1,75
	Incidence HTA 60 ans et plus	291,8	333,04	153,16
	Incidence HTA 60ans et +	407,3	464,86	213,79
District Commune IV	Incidence du paludisme	157,9	132,7	122,3
	Incidence du paludisme grave confirmé 0 - 11mois	28,6	24,5	28,3
	Incidence du paludisme grave confirmé 1 - 4ans	43,8	28,1	31
	Incidence du paludisme grave confirmé 15 - 44ans	37,6	24	26,7
	Incidence du paludisme grave confirmé 45 - 59ans	88,2	56,9	47,4
	Incidence du paludisme grave confirmé 5 - 14ans	24,3	17,2	20,3
	Incidence du paludisme grave confirmé 60ans et +	177,9	65,4	39,9
	Incidence du paludisme grave total	44,6	27	27,6

Incidence du paludisme simple confirmé 0 - 11mois	157,4	132,4	114,4
Incidence du paludisme simple confirmé 1-4 ans	162,5	152,9	125,2
Incidence du paludisme simple confirmé 15 - 44ans	60,6	87,5	85,1
Incidence du paludisme simple confirmé 45 - 59ans	260,5	196,2	153,7
Incidence du paludisme simple confirmé 5 - 14ans	71,8	69,7	67,6
Incidence du paludisme simple confirmé 60ans et +	419,4	200,7	167,8
Incidence IRA Hautes 0 - 11 mois	127,41	138,54	138,67
Incidence IRA Hautes 1 - 4ans	64,94	59,94	56,84
Incidence IRA Hautes 15-44ans	10	10,97	11,51
Incidence IRA Hautes 45-59 ans	39,16	34,67	26,8
Incidence IRA Hautes 60ans et +	56,34	34,87	25,38
Incidence IRA Hautes Total	28,67	27,71	26,21
Incidence IRA hautes 5 - 14ans	13,5	14,8	15,5
Incidence de la diarrhée hors choléra 0-11mois	84,23	73,24	79,22
Incidence de la Diarrhée hors Choléra 5 - 14ans	5,35	5,22	5,75
Incidence de la diarrhée hors choléra 1 - 4ans	28,48	29,29	31,85
Incidence de la diarrhée hors choléra 15-44ans	0	0	0
Incidence de la diarrhée hors choléra 45-59 ans	12,08	8,84	11,15
Incidence de la diarrhée hors choléra Total	12,73	11,6	13,02
Incidence Diarrhée hors choléra 60ans et +	28,31	11	12,74
Incidence HTA 0 - 11 mois	0	0	0
Incidence HTA 1 - 4 ans	0	0,05	0
Incidence HTA 15 - 44 ans	3,08	8,59	10,48

	Incidence HTA 45 - 59 ans	49,06	68,84	69,07
	Incidence HTA 5 - 14 ans	0,06	0,4	0,41
	Incidence HTA 60 ans et plus	125,23	100,69	96,87
	Incidence HTA 60ans et +	174,81	140,55	135,21
District Commune V	Incidence du paludisme	92,8	80,8	77,6
	Incidence du paludisme grave confirmé 0 - 11mois	66,2	38	32,9
	Incidence du paludisme grave confirmé 1 - 4ans	42,5	33,6	34,5
	Incidence du paludisme grave confirmé 15 - 44ans	22	21,1	24,5
	Incidence du paludisme grave confirmé 45 - 59ans	81,7	59,2	58,2
	Incidence du paludisme grave confirmé 5 - 14ans	21,3	18,9	19,8
	Incidence du paludisme grave confirmé 60ans et +	130,2	61	59,5
	Incidence du paludisme grave total	36,2	27,7	29,1
	Incidence du paludisme simple confirmé 0 - 11mois	117,7	90,2	84,8
	Incidence du paludisme simple confirmé 1-4 ans	82,3	68,9	57,3
	Incidence du paludisme simple confirmé 15 - 44ans	31,5	39,8	36,3
	Incidence du paludisme simple confirmé 45 - 59ans	116,6	107	102,7
	Incidence du paludisme simple confirmé 5 - 14ans	36,8	34,8	34
	Incidence du paludisme simple confirmé 60ans et +	179,9	125,1	108,8
	Incidence IRA Hautes 0 - 11 mois	96,78	206,92	90,74
	Incidence IRA Hautes 1 - 4ans	30,63	51,41	35,52
	Incidence IRA Hautes 15-44ans	6,87	11,92	9,3
	Incidence IRA Hautes 45-59 ans	27,66	57,8	32,25
	Incidence IRA Hautes 60ans et +	37,51	70,33	33,45

	Incidence IRA Hautes Total	17,91	34,2	20,84
	Incidence IRA hautes 5 - 14ans	9,3	16,1	12,5
	Incidence de la diarrhée hors choléra 0-11mois	75,9	53,28	46,84
	Incidence de la Diarrhée hors Choléra 5 - 14ans	7,09	11,12	6,52
	Incidence de la diarrhée hors choléra 1 - 4ans	21,87	29,83	19,85
	Incidence de la diarrhée hors choléra 15-44ans	0	0	0
	Incidence de la diarrhée hors choléra 45-59 ans	13,8	22,92	14,15
	Incidence de la diarrhée hors choléra Total	12,1	15,95	10,55
	Incidence Diarrhée hors choléra 60ans et +	23,67	39,61	19,91
	Incidence HTA 0 - 11 mois	0,1	0	0
	Incidence HTA 1 - 4 ans	0,01	0	0
	Incidence HTA 15 - 44 ans	3,56	14,55	14,36
	Incidence HTA 45 - 59 ans	56,8	88,55	103,82
	Incidence HTA 5 - 14 ans	1,08	0,31	0,18
	Incidence HTA 60 ans et plus	105,41	126,69	148,97
	Incidence HTA 60ans et +	147,13	176,84	207,94
District Commune VI	Incidence du paludisme	125,3	113	104,7
	Incidence du paludisme grave confirmé 0 - 11mois	36,8	74,6	56,1
	Incidence du paludisme grave confirmé 1 - 4ans	58,7	45,6	37,4
	Incidence du paludisme grave confirmé 15 - 44ans	33,5	26,4	20,4
	Incidence du paludisme grave confirmé 45 - 59ans	110	79,3	36,6
	Incidence du paludisme grave confirmé 5 - 14ans	42	34	25,5
	Incidence du paludisme grave confirmé 60ans et +	115	78,7	34,1

Incidence du paludisme grave total	49,4	39,8	27,7
Incidence du paludisme simple confirmé 0 - 11mois	110,7	126,1	137,3
Incidence du paludisme simple confirmé 1-4 ans	100,8	85,8	103,1
Incidence du paludisme simple confirmé 15 - 44ans	46,1	68	73,9
Incidence du paludisme simple confirmé 45 - 59ans	173,9	106,3	102,2
Incidence du paludisme simple confirmé 5 - 14ans	47,5	56,9	53,9
Incidence du paludisme simple confirmé 60ans et +	260,8	103,7	99,7
Incidence IRA Hautes 0 - 11 mois	221,79	151,81	161,71
Incidence IRA Hautes 1 - 4ans	87,3	58,87	60,3
Incidence IRA Hautes 15-44ans	39,49	9,68	12,86
Incidence IRA Hautes 45-59 ans	34,49	13,98	19,83
Incidence IRA Hautes 60ans et +	55,91	14,37	16,23
Incidence IRA Hautes Total	49,43	25,55	29,18
Incidence IRA hautes 5 - 14ans	53,2	13	17,3
Incidence de la diarrhée hors choléra 0-11mois	134,81	76,82	77,21
Incidence de la Diarrhée hors Choléra 5 - 14ans	7,79	5,91	9,19
Incidence de la diarrhée hors choléra 1 - 4ans	41,54	23,74	30,52
Incidence de la diarrhée hors choléra 15-44ans	0	0	0
Incidence de la diarrhée hors choléra 45-59 ans	12,84	8,88	12,51
Incidence de la diarrhée hors choléra Total	17,23	11,5	14,83
Incidence Diarrhée hors choléra 60ans et +	16,84	8,75	17,09
Incidence HTA 0 - 11 mois	0	0	0,24
Incidence HTA 1 - 4 ans	0	0,04	0,06

	Incidence HTA 15 - 44 ans	3,99	3,66	6,02
	Incidence HTA 45 - 59 ans	31,19	32,05	44,98
	Incidence HTA 5 - 14 ans	0,08	0,04	0,08
	Incidence HTA 60 ans et plus	84,47	42,4	53,63
	Incidence HTA 60ans et +	117,91	59,18	74,86

4.9. Données des productions agricoles

La collecte de ces données agricoles intervient dans un contexte marqué par la poursuite de la mise en œuvre de la Loi d’Orientation Agricole (PDA, PNIP-SA et PNISA), des orientations du Cadre Stratégique pour la Croissance et la Réduction de la Pauvreté (CSCR) de troisième génération (2012-2017) remplacé par le CREDD (2016 – 2018 et 2019 – 2023), du Plan d’Urgence de Reconstruction Durable des Régions de Kidal, Gao, Tombouctou et Mopti (PURD), la fin du Plan pour la Relance Durable du Mali (PRED) et la perspective de l’élaboration d’un nouveau document national de référence, fixant les priorités nationales pour un développement durable du pays à moyen et long termes dans le cadre de l’accompagnement du Mali pour la période d’après Accord.

Ce contexte est également marqué par :

- la fin des OMD, notamment, l’échéance (année 2015), fixée par le Mali pour atteindre la cible 1C de l’OMD1, qui vise à « réduire de moitié, entre 1990 et 2015, la proportion de la population qui souffre de la faim », remplacés par les ODD à l’échéance 2030 ;
- la fin de la décennie de Maputo, relatifs aux Programmes Nationaux d’Investissements Agricoles (2003-2013) dans le cadre du NEPAD/PDDAA. Aussi, les Chefs d’Etat et de Gouvernement ont-ils renouvelé leurs engagements, à Malabo en 2014, pour la nouvelle décennie 2015-2025 (l’après 2015) ;
- la mise en œuvre des programmes sous régionaux UEMOA, CEDEAO et CILSS (Priorités Résilience Pays-PRP-AGIR, Déclaration de Dakar sur l’irrigation et la Déclaration de Nouakchott sur le pastoralisme) ;
- le lancement du Programme Communautaire Décennal de Transformation de l’Agriculture pour la Sécurité Alimentaire (PCDTASA) dans l’espace UEMOA (2014-2024) ;
- l’application des dispositions du règlement C/REG.13/12/12 de la CEDEAO relatives à la qualité des intrants Agricoles ;
- l’engagement des autorités maliennes, dans le cadre de la CDN, de la réduction à hauteur de 31% de la contribution de l’agriculture, aux émissions des GES.

Les présentes données qui sont collectées auprès de la Direction Régionale de l’Agriculture (DRA) du district de Bamako, sur les trois (3) dernières campagnes agricoles clôturées (2016 – 2017, 2017 – 2018 et 2018 – 2019), intègrent l’agriculture périurbaine et urbaine. Elles concernent :

- l’évolution des hauteurs de pluies recueillies dans le district de Bamako ;
- l’évolution du nombre de producteurs agricoles dans le district de Bamako ;
- Les productions céréalières ;
- Les productions des légumineuses alimentaires ;
- Les productions maraichères ;
- Les productions de cultures fruitières ;
- L’état de placement et d’utilisation des engrais ;
- Les produits agro-alimentaires transformés ;
- Les principales contraintes à l’agriculture, liées aux effets néfastes des changements climatiques.

4.9.1. La situation pluviométrique de Bamako de 2015 à 2017

Tableau 46 : Hauteurs de pluies recueillies à Bamako

Stations	Situation pluviométrique annuelle						Normale interannuelle (mm) (1981 à 2010)
	2017		2016		2015		
	Hauteur (mm)	Nombre jours	Hauteur (mm)	Nombre jours	Hauteur (mm)	Nombre jours	
Bamako ville	569,8	81	658,5	61	857,2	78	924,8
Senou	505,1	70	527,8	61	949,1	85	900
Sotuba	485,2	76	483,3	57	817,6	72	883,3

Source : Mali – météo cité par DRA – Bamako

4.9.2. Situation des producteurs et des principales contraintes de l'agriculture

Tableau 47 : Etat des producteurs agricoles de 2015 à 2019

Campagnes	Producteurs			
	Hommes	Femmes	Total	Subventionnés
2018 – 2019	780	93	873	793
2017 – 2018	1491	191	1688	1107
2016 – 2017	824	95	919	919
2015 - 2016	917	116	1033	-

Les principales contraintes de l'agriculture dans le district de Bamako sont :

- Les chenilles légionnaires, avec une perte de 6566 ha de cultures pendant la campagne 2018 – 2019 ;
- Les inondations, avec une perte de 23 ha de cultures pendant la campagne 2018 – 2019 ;
- La sécheresse, avec une perte de 3998,58 ha sur 5268,8 ha affectés, pendant la campagne 2018 – 2019.

4.9.3. Les productions céréalières

Tableau 48 : Productions céréalières de 2016 à 2019

CAMPAGNES / SPECULATIONS	2016 - 2017			2017 - 2018			2018 - 2019		
	Sup. (ha)	Rdt (kg/ha)	Pdt (tonnes)	Sup. (ha)	Rdt (kg/ha)	Pdt (tonnes)	Sup. (ha)	Rdt (kg/ha)	Pdt (tonnes)
Riz Nerica	896			865	504	43,61	704	2900	2042
Riz bas - fond	35			29	934	8,13	262	3663	960
TOTAL/MOYENNE/RIZ HIVERNAGE	931			894		51,73	966	3107	3001
Mil	1095			999	900	702	1021	996	1017
Sorgho	1150			1095	1160	937	1065	985	1049
Maïs conventionnel	5895			8655	2200	13329	6176	2812	17367
Maïs hybride	500			968	3210	2797	431	5175	2230
Fonio	10			10	400	4	1,5	628	1
Maïs contre saison				117	3680	431	57	2500	143
TOTAL/MOYENNE/CEREALES SECHES	8650			11844		18200	8751,5	2492	21807
TOTAL/MOYENNE/CEREALES SECHES	9581			12738		18251,73	9717,5	2553	24808

4.9.4. Les productions des légumineuses alimentaires

Tableau 49 : Evolution des productions des légumineuses alimentaires de 2016 à 2019

CAMPAGNES SPECULATIONS	2016 - 2017			2017 - 2018			2018 - 2019		
	Sup. (ha)	Rdt (kg/ha)	Pdt (tonnes)	Sup. (ha)	Rdt (kg/ha)	Pdt (tonnes)	Sup. (ha)	Rdt (kg/ha)	Pdt (tonnes)
Niébé pur	104			105	710	59,64	136	697	95
Niébé associé	735			740	600	355,2	523	591	309
Arachide	494			427	650	249,81	471	815	384
TOTAL/MOYENNE/ LEGUMINEUSES ALIMENTAIRE	1333			1272		664,65	1130	2103	788

4.9.5. Productions maraichères

Tableau 50 : évolution des productions maraichères de 2016 à 2019

CAMPAGNES	2016 - 2017			2017 - 2018			2018 - 2019		
SPECULATIONS	Sup. (ha)	Rdt (kg/ha)	Pdt (tonnes)	Sup. (ha)	Rdt (kg/ha)	Pdt (tonnes)	Sup. (ha)	Rdt (kg/ha)	Pdt (tonnes)
Laitue				400	10000	4000	286	8500	2431
Chou				90	38000	3420	68,2	25000	1705
Persil				10	6600	66	6,2	5700	35
Céleri				10	7350	73,5	6	6300	38
Patate feuille				50	13200	660	29,9	5000	150
Niébé feuille				40	11000	440	16,5	4500	74
Ciboulette				30	12500	630	19,5	7000	137
TOTAL/MOYENNE/LEGUMES FEUILLES HIVERNAGE				630		9289,5	432,3	10571,4	4570
Laitue contre saison				1620	17500	28350	1371	14450	19811
Chou contre saison				200	25000	5000	193	37500	7238
Persil contre saison				22	9350	206	12	6327	76
Céleri contre saison				0	0	0	14	6426	90
Patate feuille contre saison				0	0	0	25	12000	300
Niébé feuille contre saison				290	10000	2900	242	9675	2341
Ciboulette contre saison				20	15000	300	32	12600	403
TOTAL/MOYENNE/LEGUMES FEUILLES CONTRE SAISON				2152		36756	1889	16018,5	30259
Tomate				70	18000	1260	43,5	26000	1131
Gombo				230	12500	2875	175	10500	1838
Pastèque				25	27500	6875	35	35000	1225
Concombre				30	28000	840	42	15000	630
Piment				20	8925	178,5	11	8000	88

Aubergine				70	15400	1078	44,5	28000	1246
Courge/Courgette				80	21000	1680	48	18000	864
Melon				110	27600	3036	74	16000	1184
Fraise				2	15000	30	2	11000	22
TOTAL/MOYENNE/LEGUMES FRUITS HIVERNAGE				637		17852,5	475	17321	8228
Tomate contre saison				97	20000	1940	85	26260	2232
Gombo contre saison				80	10187	815	101	10395	1050
Concombre contre saison				90	28000	2520	73	20700	1511
Piment contre saison				12	9500	114	9	8120	73
Aubergine contre saison				63	28500	1796	56	23240	1301
Courge/Courgette contre saison				78	25000	1950	66	17280	1140,5
Melon contre saison				210	12000	2520	187	12640	2366
Fraise contre saison				0	0	0	2	14630	31
Poivron contre saison				30	16500	495	24	21000	504
Haricot vert				50	9500	475	119	13241	1576
TOTAL/MOYENNE/LEGUMES FRUITS CONTRE SAISON				710	17782	12625	536	15863	8502,5
Oignon				3	27000	81	4,5	25000	113
Navet				20	27500	550	18	13000	234
Betterave				30	16000	480	22	17500	385
Carotte				60	12500	750	3,5	15000	53
Manioc				4	12500	50			
Igname				0	0	0			
Patate douce				3	31000	93			
TOTAL/MOYENNE/LEGUMES BULBES TUBERCULES ET RACINES HIVERNAGE				120		2004	48	16333	784
Pomme de terre contre saison				10	29500	295	10	25000	250
Oignon contre saison				105	22238	2335	107	28250	3023

Navet contre saison				45	19500	877,5	34	26000	884
Betterave contre saison				120	18000	2160	106	17675	1874
Carotte contre saison				265	28500	7553	230	26250	6038
Patate douce contre saison				3	30000	90	23	28400	653
Ail contre saison				12	7000	84	9	12500	113
Radis contre saison				14	11500	161	13	11250	146
Echalote contre saison				15	19300	290	11	16300	178
TOTAL/MOYENNE/LEGUMES BULBES ET RACINES CONTRE SAISON				589		13845,5	543	24234	13159
TOTAL GENERAL/ MOYENNE/LEGUME				4838		97529,5	3923,3	16723,5	65502,5

4.9.6. Productions de cultures fruitières

Tableau 51 : évolution des productions de cultures fruitières de 2016 à 2019

CAMPAGNES	2016 - 2017			2017 - 2018			2018 - 2019		
	Sup. à plter (ha)	Sup. prod. (ha)	Pdt (tonnes)	Sup. à plter (ha)	Sup. prod. (ha)	Pdt (tonnes)	Sup. à plter (ha)	Sup. prod. (ha)	Pdt (tonnes)
SPECULATIONS									
Oranger				6	1170	16380	4	227	3227
Tangelo				5	702	9828	3	702	9828
Tangor				3	234	3216	1	234	3216
Citronier							0,5	17	96
Pamplemoussier				1	71	568	0	30	288
Mandarinier				2	163	1630	0	142	1216
TOTAL/MOYENNE/AGRUMES				17		31622	8,5	1352	17871
Manguier				113	7780	155600	25	1761	32266
Papayer				8	50	1700	6	84	2692
Goyavier							0	20	390
Bananier				3	25	450	1	177	6229
Pomme cannelle							0,5	6	101
Anacardier							0	20	20
TOTAL/MOYENNE/AUTRES CULTURES FRUITIERESAGRUMES				124		157750	32,5	2068	41698

4.9.7. Utilisation des engrais

Tableau 52 : évolution de l'utilisation des engrais de 2016 à 2019

Années/ Types d'engrais	2016-2017		2017-2018		2018-2019	
	Dotation	Mise en place/utilisation	Dotation	Mise en place/utilisation	Dotation	Mise en place/utilisation
Urée	1190	728	972	972	849	850
DAP	80	61,3	0	0	0	0
NPK	576	417,6	1085	1085	600	601,1
FO	200	200	107	137	132	137
PNT	200	19,25	80	28	150	29,1
TOTAL GENERAL	2246	1426,15	2224	2222	1730,65	1617,2

4.9.8. Etat de la transformation des produits agro-alimentaires

Tableau 53 : quantités totales de produits agro-alimentaires transformés en 2018 - 2019

Années/ Structures/ Spécifications	2018 - 2019	
	Unités de transformation agroalimentaire	Proviens (aliments bétail et volaille)
Mil	346,5	
Sorgho	63,5	
Maïs	596	7960
Riz	211	
Fonio	1100	
Blé	59	
Arachide	230	
Sésame	270	
Karité	58	
Niébé	185,76	
Fruits et légumes	285,5	
TOTAL GENERAL	3405,26	7960

5. Conclusion et recommandations

Le suivi de la qualité de l'air est d'importance capitale dans un pays comme le Mali, qui subit les assauts des poussières du désert du Sahara. Par ailleurs, le pays s'industrialise et connaît une agriculture de plus en plus intensifiée avec son corollaire d'utilisation massive des intrants agricoles (engrais notamment chimiques, pesticides, déchets spéciaux, etc.). Le transport sur toutes ses formes, l'approvisionnement en énergie, notamment domestique, l'artisanat, sont des sources importantes d'émission de gaz à effet de serre.

Face à ce constat, le Mali accorde plus d'importance au suivi du niveau de pollution de l'air, notamment par les émissions de GES. Dans ce cadre, le Gouvernement malien s'est engagé clairement dans la CDN, à réduire les émissions de GES dans trois (3) secteurs importants que sont : l'agriculture, l'énergie les forêts et les grands changements de vocations de terres.

Cependant, pour prétendre réduire les émissions de GES, il faut avant tout connaître ces gaz et maîtriser leur dynamique évolutive. C'est dans ce cadre que s'inscrit le projet d'analyse de la qualité de l'air dans la ville de Bamako dont les premières mesures ont été réalisées en 2009. Dix (10) ans après ces premières mesures, les opérations de 2019 doivent permettre d'apprécier l'évolution de la qualité de l'air à Bamako ainsi que l'évolution des émissions de GES des 2009 à 2019.

La collecte des données ont permis d'identifier plusieurs insuffisances dans ce processus de suivi de la qualité de l'air et des émissions de GES à Bamako. Ces insuffisances sont entre autres :

- L'insuffisance et la non régularité des données et leur accès difficile ;
- L'insuffisance du nombre de stations de mesures (seulement deux en 2019) ;
- L'insuffisance voire le manque de compétences humaines c'est-à-dire de spécialistes, de techniques et de technologies en matière de suivi de la qualité de l'air et de la pollution atmosphérique;
- L'absence de la stratégie nationale en matière de suivi de la qualité de l'air et de la pollution atmosphérique, bien que préconisée par la Politique de Protection de l'Environnement (PNPE 2016).

Ces insuffisances demandent de la part de l'équipe de collecte des données et de IGIP, les recommandations suivantes, entre autres :

- 1) Impliquer d'avantage les services compétents de l'Etat, notamment la DNACPN, dans le processus de suivi de la qualité de l'air et de la pollution atmosphérique ;
- 2) L'élaboration de la stratégie relative à la qualité de l'air et à la pollution atmosphérique comme préconisé par la PNPE – 2016 ;
- 3) Intensifier les mesures et les analyses de la qualité de l'air dans un rythme beaucoup plus rapproché (2 à 5 ans de périodicité) ;
- 4) Mettre en place un dispositif permanent et régulier de suivi de la qualité de l'air, dans des espaces géographiques au-delà de la ville de Bamako (par exemple une station par région ou par zone bioclimatique) ;

- 5) Appuyer la DNACPN pour rendre sa station mobile de mesure de la qualité de l'air et de la pollution atmosphérique fonctionnelle et opérationnelle ;
- 6) Intensifier la formation des cadres en matière de suivi de la qualité de l'air et de la pollution atmosphérique et l'acquisition de technologie adaptées.

ANNEXES

Annexe 1 : Documents utilisés

1. Répertoire des villages (RGPH 2009) ;
2. Estimation de la population du Mali selon la Région, le Cercle, la Commune et le sexe en 2015 (projection DNP) ;
3. Estimation de la population du Mali selon la Région, le Cercle, la Commune et le sexe en 2019 (projections DNP) ;
4. Annuaire Statistique des Transports, Résultats Provisoires, 2017 ;
5. Stratégie de Gestion des Déchets Spéciaux (Version provisoire – août 2007) ;
6. Stratégie Nationale de Gestion des déchets solides (janvier 2008) ;
7. Note Technique sur la Décharge Contrôlée Compactée (DCC) de NOUMOUMBOUGOU ;
8. Note technique sur la Décharge finale de Sikasso ;
9. Missions d'études d'actualisation du schéma directeur d'assainissement de Bamako (SDAB) et définition d'un projet prioritaire d'assainissement connexe au projet AEP Bamako-Kabala, Rapport d'Avant-projet Sommaire pour les Dépôts de Transit de gestion des déchets solides (D10) (avril 2016);
10. Missions d'études d'actualisation du schéma directeur d'assainissement de Bamako (SDAB) et définition d'un projet prioritaire d'assainissement connexe au projet AEP Bamako-Kabala D10.1.2 Rapport d'Avant-projet Sommaire pour les Décharges Contrôlées Compactées de gestion des déchets solides (avril 2016) ;
11. Schéma Directeur d'Approvisionnement en Combustibles Domestiques de Bamako, juin 2017 ;
12. Site de l'UEMOA (bilan énergétique des pays de l'UEMOA) ;
13. Bilan Campagne Agricole 2016 - 2017, Direction Régionale de l'Agriculture du District ;
14. Bilan Campagne Agricole 2017 - 2018, Direction Régionale de l'Agriculture du District
15. Bilan Campagne Agricole 2018 - 2019, Direction Régionale de l'Agriculture du District, avril 2019.

Annexe 2 : Liste des personnes rencontrées

Au niveau de la Direction Nationale de la Population (DNP)

- 1- Isac COULIBALY, Directeur National Adjoint (DNP) ;

Au niveau de l'Institut National de Statistique (INSTAT)

- 2- Dr Modibo BOUARE (DGA INSTAT)

Au niveau de la Direction Nationale des Eaux et Forêts (DNEF)

- 3- Abdoulaye TAMBOURA (chef division DNEF)
- 4- Chieck O. TRAORE (Directeur SIFOR)

•

Au niveau des centrales thermiques :

- 5- Métaga Zérémy SOGOBA : Responsable Qualité, Hygiène, Sécurité et Environnement (QHSE).
Contact : 66 74 75 39 ;
- 6- Seydou KANTE : chef de la centrale Balingué DEUTZ. Contact : 66 75 27 17 ;
- 7- Emmanuel DIARRA chef de la centrale Balingué BID. Contact : 66 74 76 69 ;

- 8- El Hadji Mohamed CAMARA : chef de la centrale de Darsalam. Contact : 66 74 78 34 ;
- 9- Moussa TOGOLA (service commercial EDM). Contact : 66 74 78 13

Au niveau des dépôts :

- 10- Madame DIARRA Djènèbou KEITA (ONAP). Contact : 76 22 11 34
- 11- Monsieur DIAKITE (ONAP). Contact : 76 47 06 67

Au niveau de la Direction Nationale des Transports Terrestres, Maritimes et Fluviaux

- 12- Mamadou Koné, Directeur National (66 78 51 96)
- 13- Gaoussou Koureissy, Directeur OT (66 79 41 36 / 75 40 26 26)
- 14- Lansiné Diarra, Chef du Bureau Statistique (76 16 64 90)
- 15- Adama Traoré, Directeur (76 48 78 11)

Au niveau de l'aéroport

- 16- Mme Traoré Doussouba Faye, Climatisation (75 25 39 35)
- 17- Kalifa Traoré, Division passager et statistique (76 49 45 38)

Au niveau de l'Assistance Portuaire du Mali (ASAM)

- 18- Patrice Magor
- 19- Kaba Sory Ibrahim (76 95 03 83)

Au niveau de la Direction Nationale de l'Assainissement du Contrôle des Pollutions et des Nuisances (DNACPN)

- 20- Moussa CAMARA (Directeur National DNACPN)
- 21- Niarga DEMBELE (DNACPN, Division Assainissement)
- 22- Kolo SISSOKO (DNACPN, Division Pollution de l'air)

Au niveau de la Direction Générale de la Santé et de l'Hygiène Publique et de la Direction Régionale de la Santé du District de Bamako

- 23- Dr Mamoutou DIABATE (responsable SIS, DNS) ;
- 24- Nattan SAWADOGO (responsable SIS DRS du District de Bamako) ;
- 25- Les médecins chefs des CSCRef des six (6) Communes de Bamako.

Annexe n° 3: CAMPAGNE DE COMPTAGE IGIP

N°	Désignations de la voie	Poste de comptage	de Enquêteur équipe 1	Contact	Position	Comptage par mode de véhicule
01	Avenue de la Liberté 22/07/2019	Transrail	Sekou TOURE + Aboubacar COULIBALy Bintou TEMBINE Adama Makick KEITA Diango KOITE+Yahaya TOUNKARA Adama COULIBALY		Est	2 Roues Vélo/tricycle Véhicule particulier Taxi/sotrama Poids lourds/Autres
			Idrissa DIARRA+ Cheick H. TRAORE Natou SAYE Ousmane LY Lamine Baba TINA Oumar SECK		Ouest	2 Roues Vélo/tricycle Véhicule particulier Taxi/sotrama Poids lourds/Autres
Superviseur Suppléant		Soumaila TRAORE Biassoum Towié DEMBELE				
02	Avenue Cheick Zayed 29/07/2019	Immeuble TOMOTA Immeuble TOMOTA	Sekou TOURE + Aboubacar COULIBALy Bintou TEMBINE Adama Makick KEITA Diango KOITE+Yahaya TOUNKARA Adama COULIBALY		Nord	2 Roues Vélo/tricycle Véhicule particulier Taxi/sotrama Poids lourds/Autres
			Idrissa DIARRA Natou SAYE Ousmane LY Lamine Baba TINA Oumar SECK		Sud	2 Roues Vélo/tricycle Véhicule particulier Taxi/sotrama Poids lourds/Autres
Superviseur Suppléant		Soumaila TRAORE Cheik Hamidou TRAORE				
03			Sekou TOURE +Aboubacar COULIBALy Bintou TEMBINE			2 Roues Vélo/tricycle

	Avenue de l'unité Africaine 23/07/2019	Stade de Basket Salamatou MAIGA	Adama Makick KEITA Diango KOITE Adama COULIBALY Idrissa DIARRA+ Cheick H. TRAORE Biassoum T. DEMBELE Ousmane LY Lamine Baba TINA Oumar SECK		Nord	Véhicule particulier Taxi/sotrama Poids lourds/Autres
					Sud	2 Roues Vélo/tricycle Véhicule particulier Taxi/sotrama Poids lourds/Autres
Superviseur suppléant		Soumaila TRAORE Natou Saye				
04	Avenue du Mali 23/07/2019	Clinique Pasteur	Adama CAMARA+Yaya CAMARA Baman Bagayoko Mamadou TRAORE Nianglo KONE+Yahaya TOUNKARA Biassou T.DEMBELE		Nord	2 Roues Vélo/tricycle Véhicule particulier Taxi/sotrama Poids lourds/Autres
			Alpha Seydou DEMBELE Zahara N'Diaye Issa Mallé Bintou Diawara Aboubacar COULIBALY		Sud	2 Roues Vélo/tricycle Véhicule particulier Taxi/sotrama Poids lourds/Autres
Superviseur suppléant		Mamadou Bagayoko Binta DIAWARA				
05	Boulevard Mohamed VI(RN5) 29/07/2010	Marché de Sébenikoro	Adama CAMARA+ Yaya CAMARA Baman Bagayoko Mamadou TRAORE Nianglo KONE		Est	2 Roues Vélo/tricycle Véhicule particulier Taxi/sotrama Poids lourds/Autres
			Biassoum T.DEMBELE Zahara N'Diaye		Ouest	2 Roues Vélo/tricycle

			Issa Mallé Bintou Diawara Yahaya TOUNKARA			Véhicule particulier Taxi/sotrama Poids lourds/Autres
	Superviseur Suppléant	Soumaila TRAORE Alpha Seydou DEMBELE				
06	Pont Fahd 25/07/2019	Maison voiture HUNDAI	Sekou TOURE+Abou. coulibaly Bintou TEMBINE Adama Makick KEITA Diango KOITE+Yahaya TOUNKARA Adama COULIBALY		Est	2 Roues Vélo/tricycle Véhicule particulier Taxi/sotrama Poids lourds/Autres
			Idrissa DIARRA Natou SAYE Ousmane LY Lamine Baba TINA Oumar SECK		ouest	2 Roues Vélo/tricycle Véhicule particulier Taxi/sotrama Poids lourds/Autres
	Superviseur suppléant	Soumaila TRAORE Adama Malick KEITA				
07	Pont des Martyrs 26/07/2019	Palais de la Culture	Sekou TOURE+Abou. coulibaly Bintou TEMBINE Adama Makick KEITA Diango KOITE+Yahaya TOUNKARA Adama COULIBALY		Est	2 Roues Vélo/tricycle Véhicule particulier Taxi/sotrama Poids lourds/Autres
			Idrissa DIARRA Natou SAYE Ousmane LY Lamine Baba TINA Oumar SECK		Ouest	2 Roues Vélo/tricycle Véhicule particulier Taxi/sotrama Poids lourds/Autres
	Superviseur	Soumaila TRAORE				

suppléant		Bintou TEMBINE				
08	Rue 376 (Banta NIMAGA) 24/07/2019	Cimetière de Niaréla	Sekou TOURE +Aboubacar COULIBALY Bintou TEMBINE Adama Makick KEITA Diango KOITE Adama COULIBALY		Nord	2 Roues Vélo/tricycle Véhicule particulier Taxi/sotrama Poids lourds/Autres
			Idrissa DIARRA+ Cheick H. TRAORE Biassoum T. DEMBELE Ousmane LY Lamine Baba TINA Oumar SECK		Sud	2 Roues Vélo/tricycle Véhicule particulier Taxi/sotrama Poids lourds/Autres
	Superviseur suppléant	Soumaila TRAORE Issa Mallé				
09	Avenue Algoods (Route de Koulikoro) 24/07/2019	Station TOTAL (ancien de guarbale)	Adama CAMARA+ Yaya CAMARA Baman Bagayoko Mamadou TRAORE+Yahaya TOUNKARA Nianglo KONE		Nord	2 Roues Vélo/tricycle Véhicule particulier Taxi/sotrama Poids lourds/Autres
			Alpha Seydou DEMBELE Zahara N'Diaye Natou SAYE Bintou Diawara Aboubacar COULIBALY		Sud	2 Roues Vélo/tricycle Véhicule particulier Taxi/sotrama Poids lourds/Autres
	Superviseur suppléant	Soumaila TRAORE Zahara N'DIAYE				
10	Révolution d'Octobre 22/07/2019	CFP	Adama CAMARA+ Yaya CAMARA Baman Bagayoko Mamadou TRAORE Nianglo KONE		Nord	2 Roues Vélo/tricycle Véhicule particulier Taxi/sotrama Poids lourds/Autres
			Alpha Seydou DEMBELE			2 Roues

			Zahara N'Diaye Issa Mallé Bintou Diawara Abobacar COULIBALY		Sud	Vélo/tricycle Véhicule particulier Taxi/sotrama Poids lourds/Autres
Superviseur Suppléant		Mamadou Bagayoko Yaya TOUNKARA				
11	Rue Martin Lutherking 25/07/2019	Laboratoire d'Analyse Biotechque (Imm. Sada Diallo)	Biassoum T.DEMBELE+ Yaya CAMARA Baman Bagayoko Mamadou TRAORE Niango KONE		Nord	2 Roues Vélo/tricycle Véhicule particulier Taxi/sotrama Poids lourds/Autres
			Alpha Seydou DEMBELE Zahara N'Diaye Issa Mallé Bintou Diawara Cheick H TRAORE		Sud	2 Roues Vélo/tricycle Véhicule particulier Taxi/sotrama Poids lourds/Autres
Superviseur suppléant		Soumaila TRAORE Adama Camara				
12	Route de Ségou (RN6) 26/07/2019	Commissariat du 13 ^{ème} Arrondissement	Biassoum T.DEMBELE+ Yaya CAMARA Baman Bagayoko Mamadou TRAORE Niangolo KONE Binta DIAWARA		Nord	2 Roues Vélo/tricycle Véhicule particulier Taxi/sotrama Poids lourds/Autres
			Alpha Seydou DEMBELE Zahara N'Diaye Issa Mallé Adama CAMARA Cheick H TRAORE		Sud	2 Roues Vélo/tricycle Véhicule particulier Taxi/sotrama Poids lourds/Autres
Superviseur suppléant		Soumaila TRAORE Oumar SECK				

Annexe 4: FICHE DE COMPTAGE ROUTIER

Désignation de la voie :

Date :

Désignation du poste :

Désignation de la position :

Enqueteur :

Heure	Vélo	Moto	Tricycle	Véhicule Particulier	Taxi	Bus	Minibus	Camion	Autre
De.....A									
06 H 30 07 H 30									
07 H 30 08 H 30									

Obsevatons :

.....

FICHE DE COMPTAGE ROUTIER

Désignation de la voie :.....

Date :.....

Désignation du poste :.....

Désignation de la position :.....

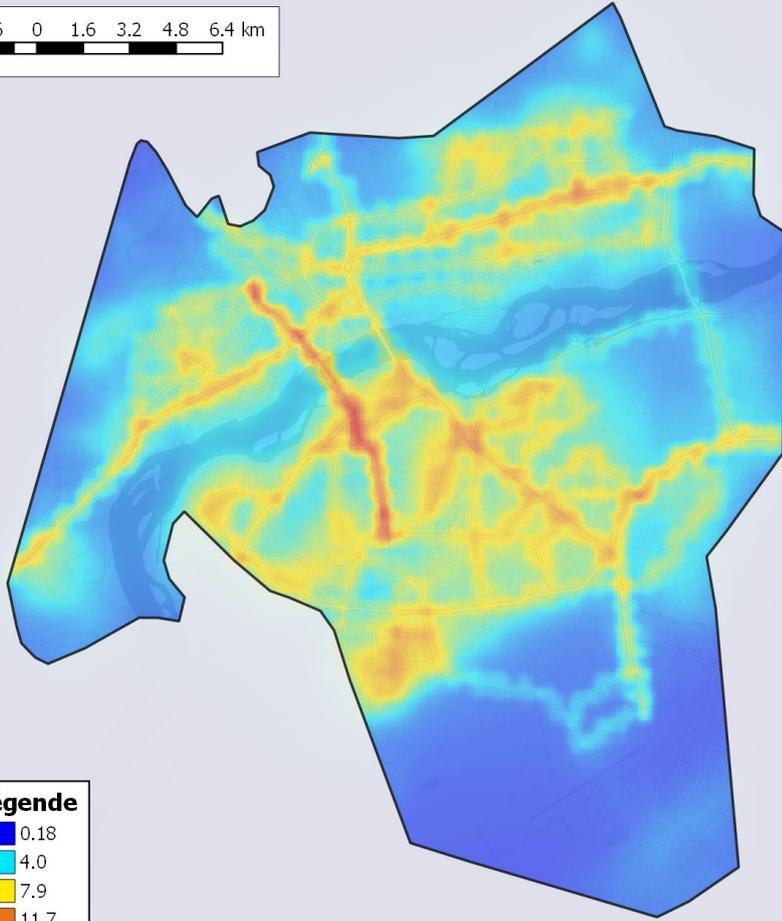
Enqueteur :.....

Heure	Vélo	Moto	Tricycle	Véhicule Particulier	Taxi	Bus	Minibus	Camion	Autre
De.....A									
17 H 30 18 H 30									
18 H 30 19 H 30									

Observations :.....

Annexe 4. Cartographies des concentrations (en moyenne annuelle)

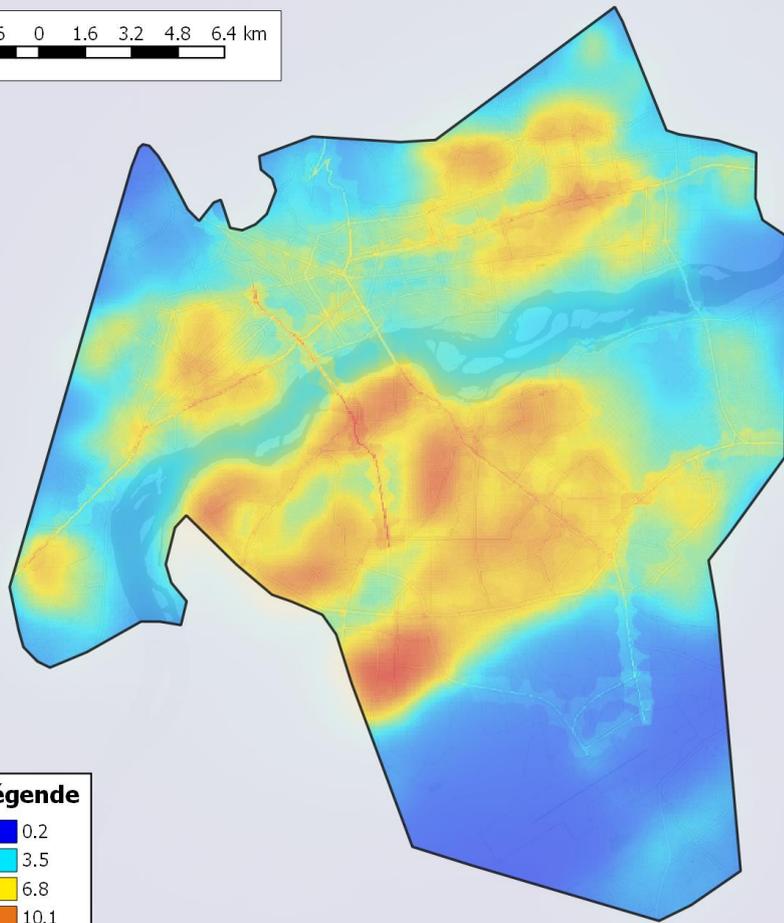
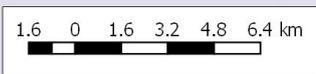
1.6 0 1.6 3.2 4.8 6.4 km

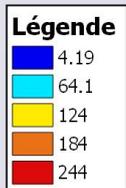
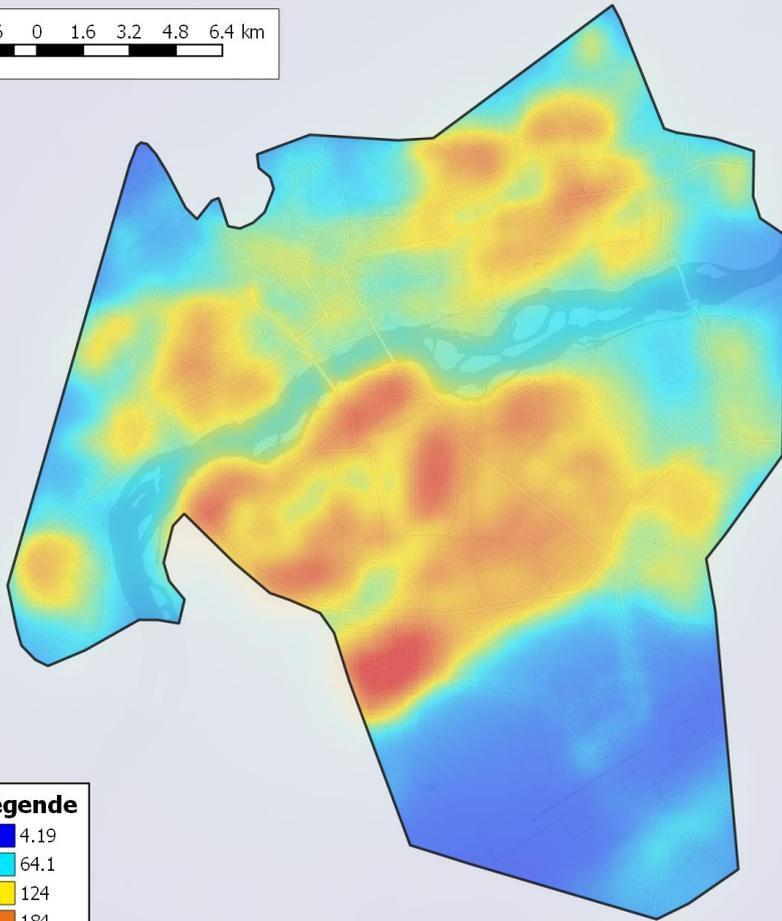
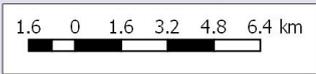


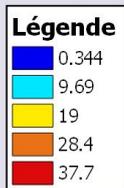
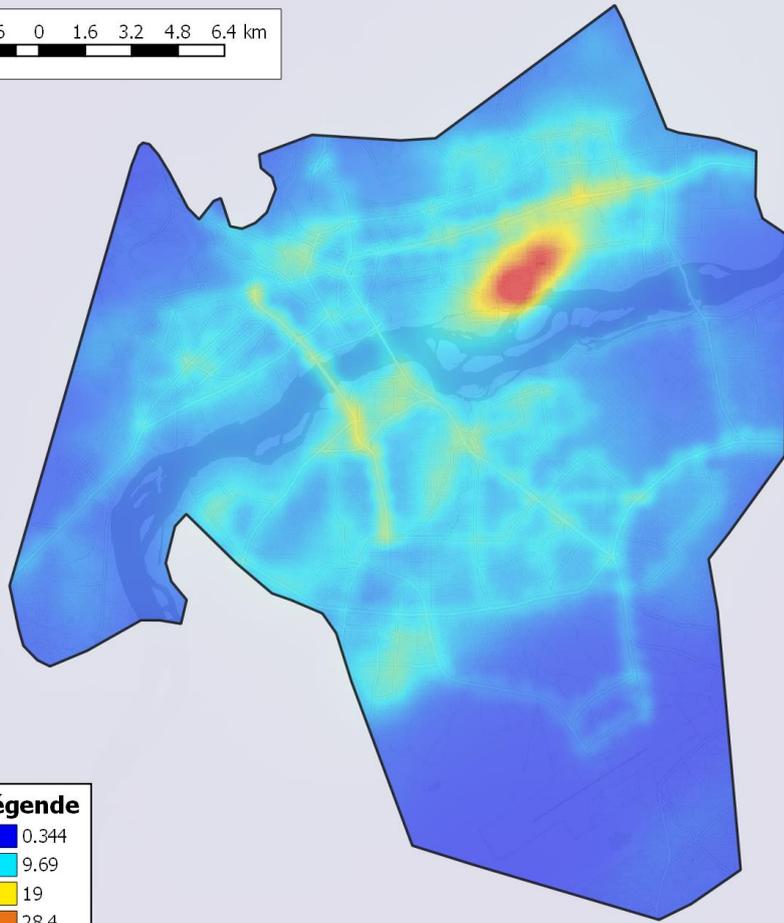
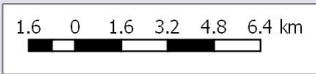
Légende

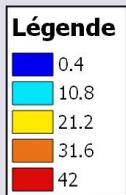
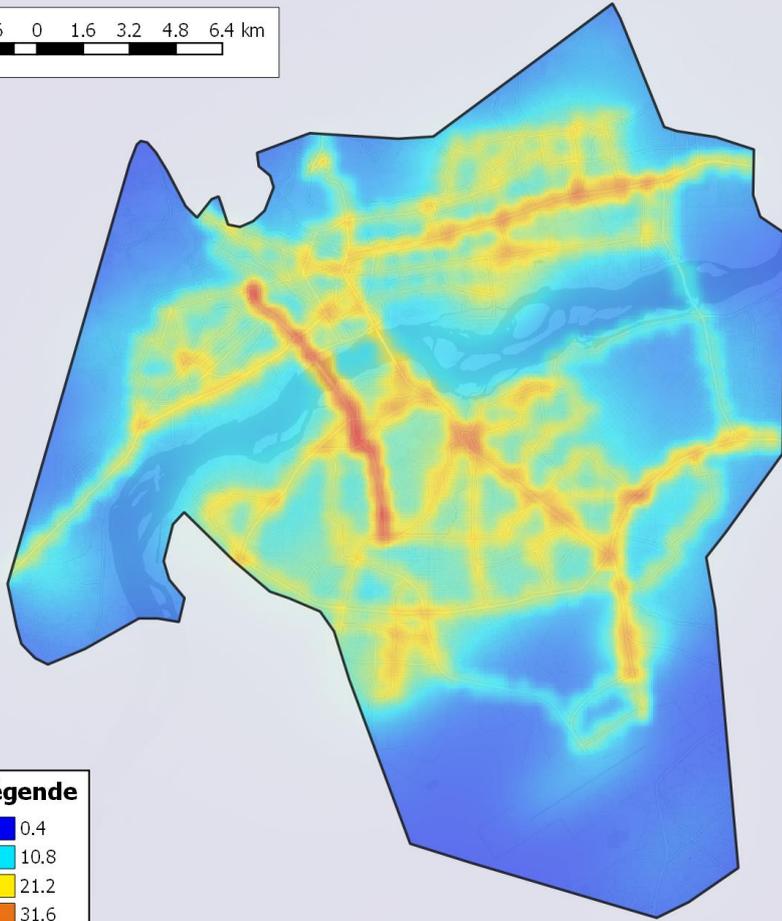
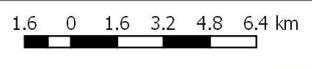
0.18
4.0
7.9
11.7
15.6





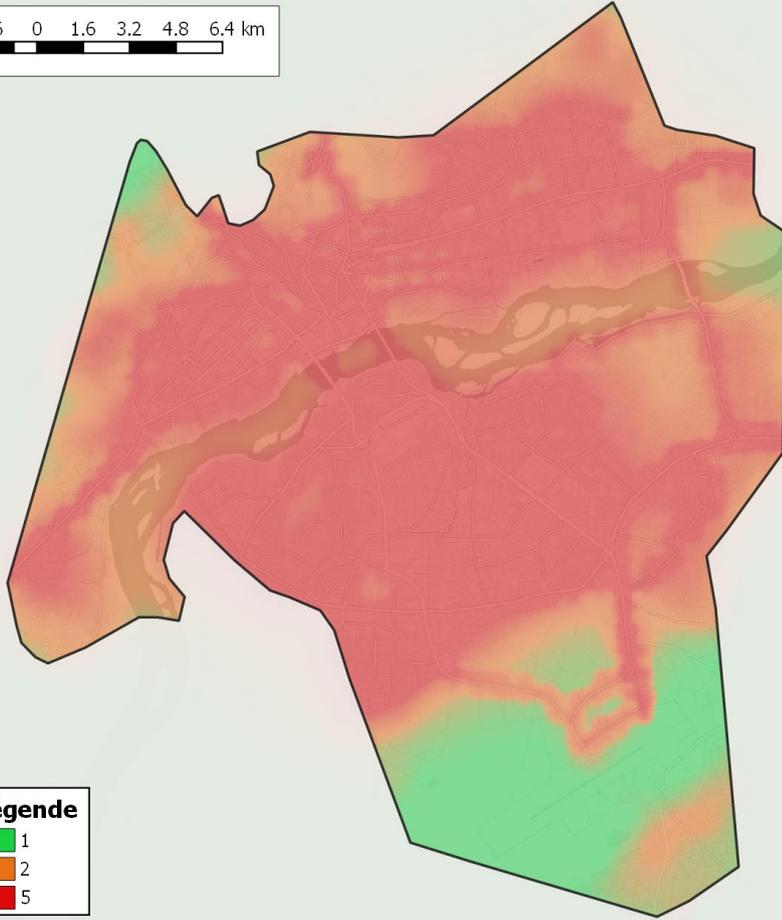


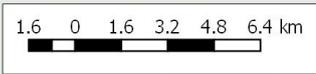


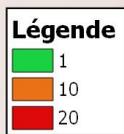
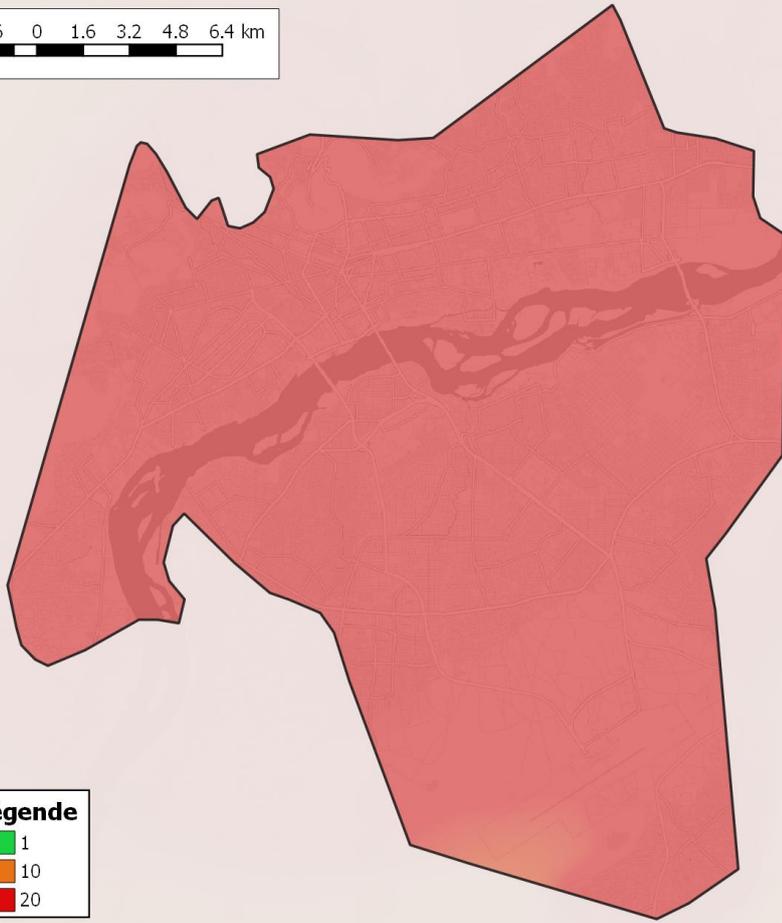
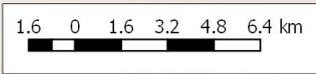


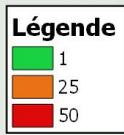
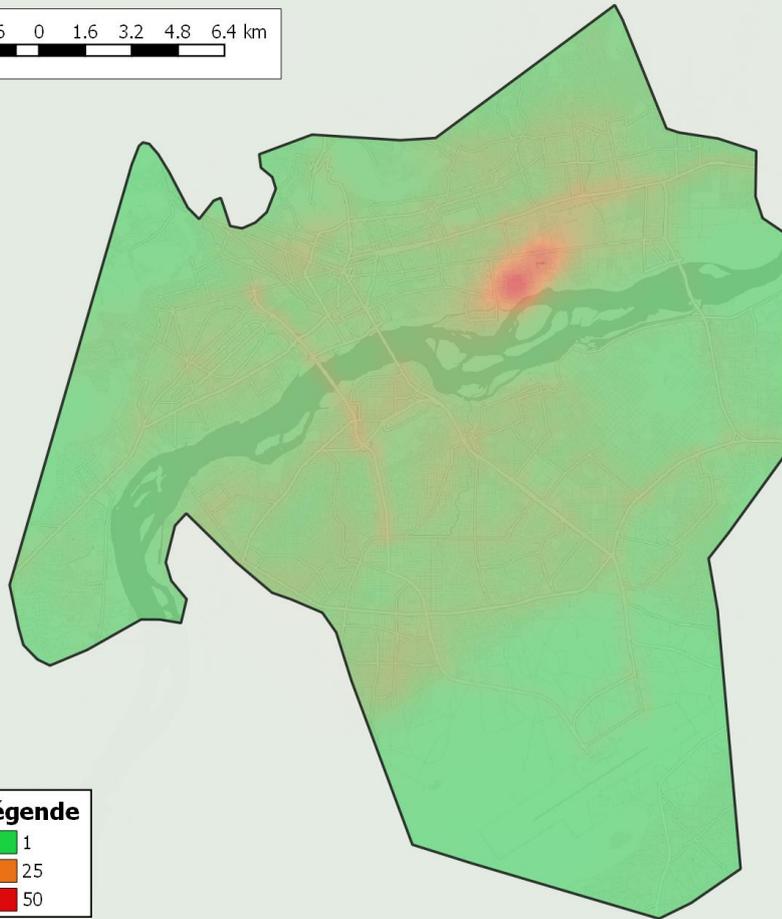
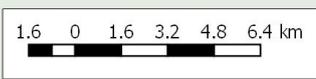
Annexe 5. Cartographies des zones de dépassements des valeurs limites de référence (en moyenne annuelle)

1.6 0 1.6 3.2 4.8 6.4 km









Annexe 6. Méthodologie pour l'Indice de Qualité de l'Air

Le calcul de l'IQA sur la ville de Bamako sur la base des concentrations en moyenne annuelle est adapté de la méthodologie développée par l'US-EPA (utilisé en temps normal pour des données journaliers).

Pour chaque polluant, on détermine un index de pollution selon I l'équation ci-dessous :

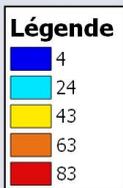
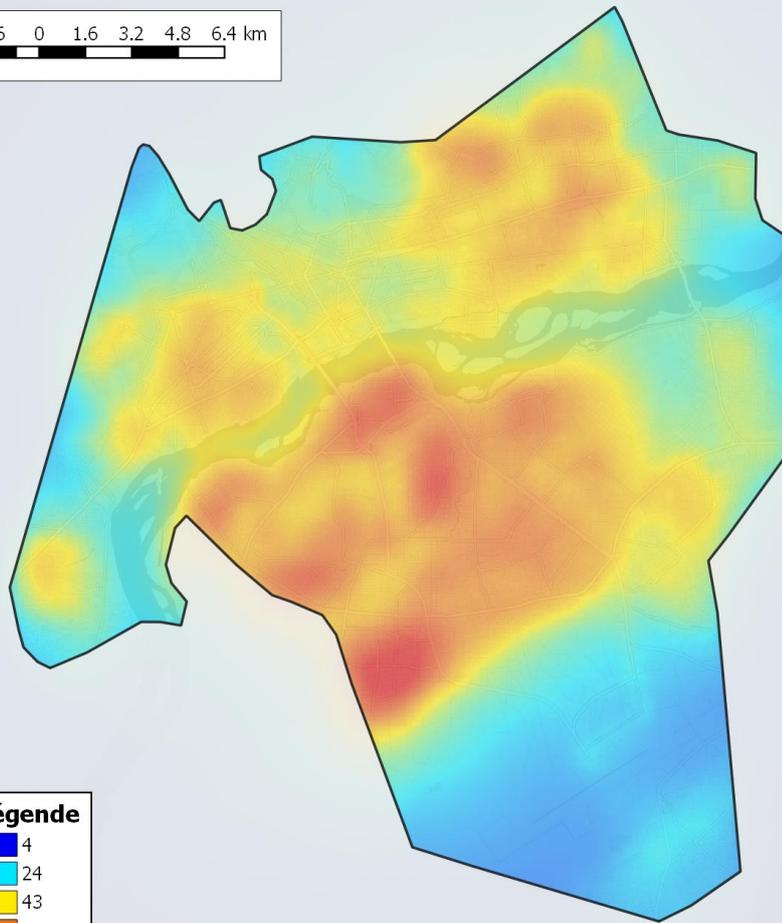
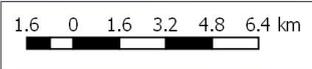
$$I = \frac{I_{inf} - I_{sup}}{C} + I_{inf}$$

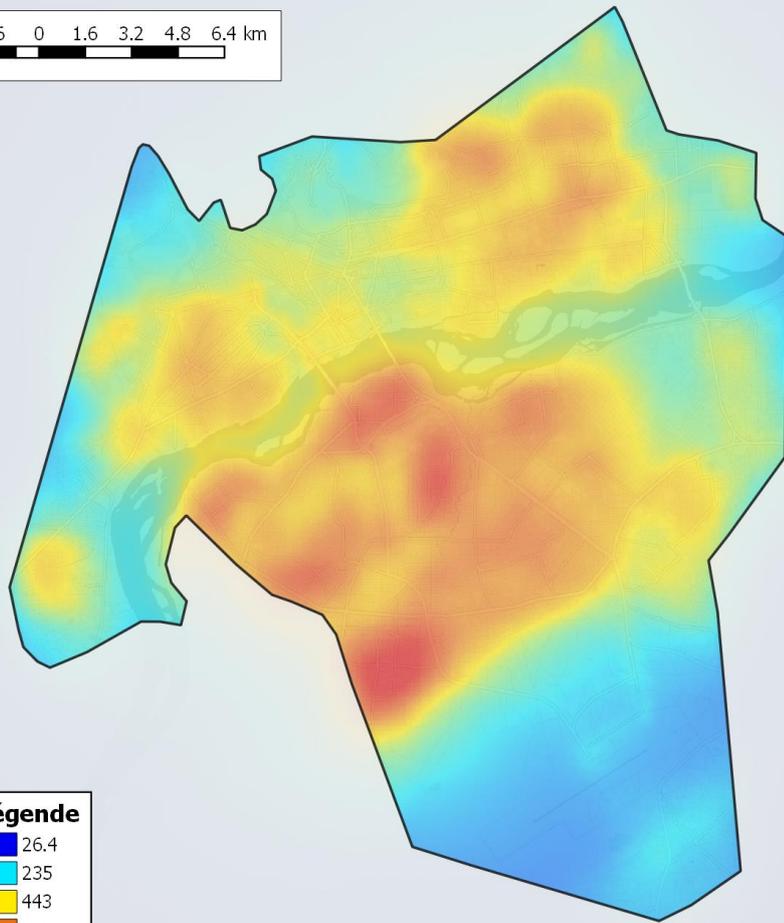
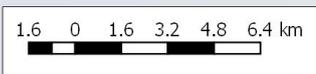
Où I_{sup} et I_{inf} sont les limites inférieures et supérieures des différentes catégories de l'IQA (voir tableau ci-dessous), et C est la concentration moyenne annuelle calculée par le modèle ADMS.

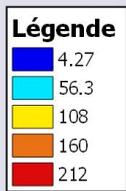
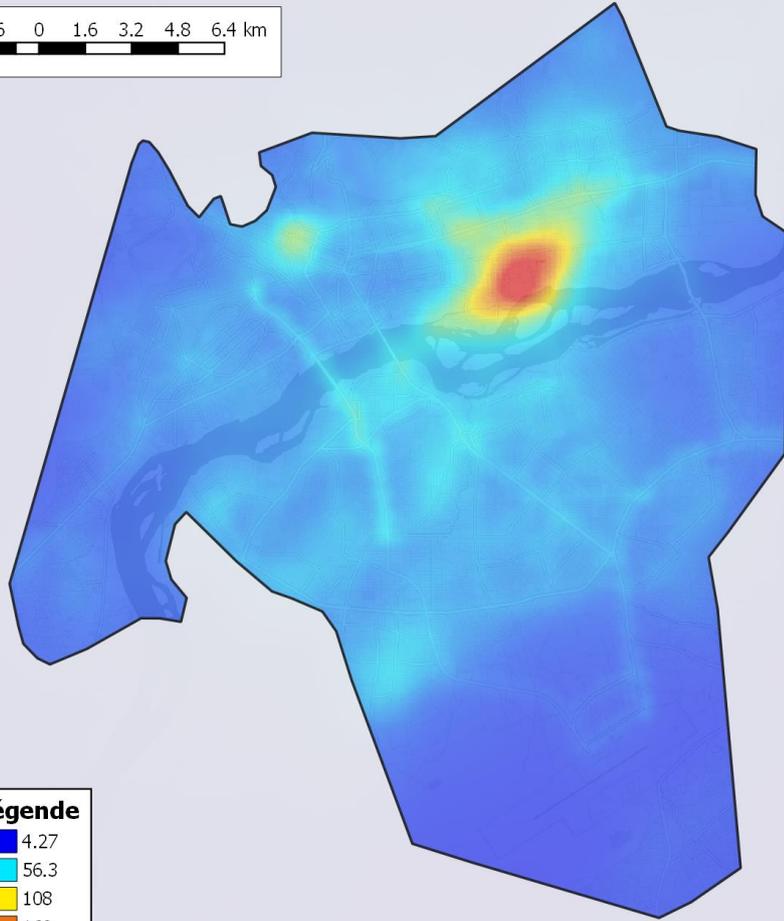
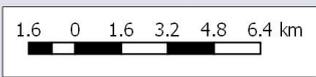
Benzène (µg/m3)	PM10 (µg/m3)	CO (mg/m3)	SO2 (µg/m3)	NO2 (µg/m3)	AQI	AQI
$C_{inf} - C_{sup}$	$I_{inf} - I_{sup}$	Catégorie				
0 - 4	0 - 20	0 - 10	0 - 20	0 - 40	0-50	Bonne
4 - 7	21 - 60	11 - 20	21 - 45	41 - 80	51-100	Moyenne
7 - 10	61 - 100	21 - 25	46 - 110	81 - 285	101-150	Néfaste pour les personnes vulnérables
10 - 15	101 - 140	26 - 31	111 - 179	286 - 510	151-200	Néfaste
15 - 30	141 - 200	32 - 61	180 - 355	511 - 985	201-300	Très néfaste
30 - 40	201 - 300	62 - 75	356 - 470	986 - 1223	301-400	Dangereux
> 40	> 300	> 75	> 470	> 1223	401-500	

Seul l'IQA maximal est reporté sur la carte.

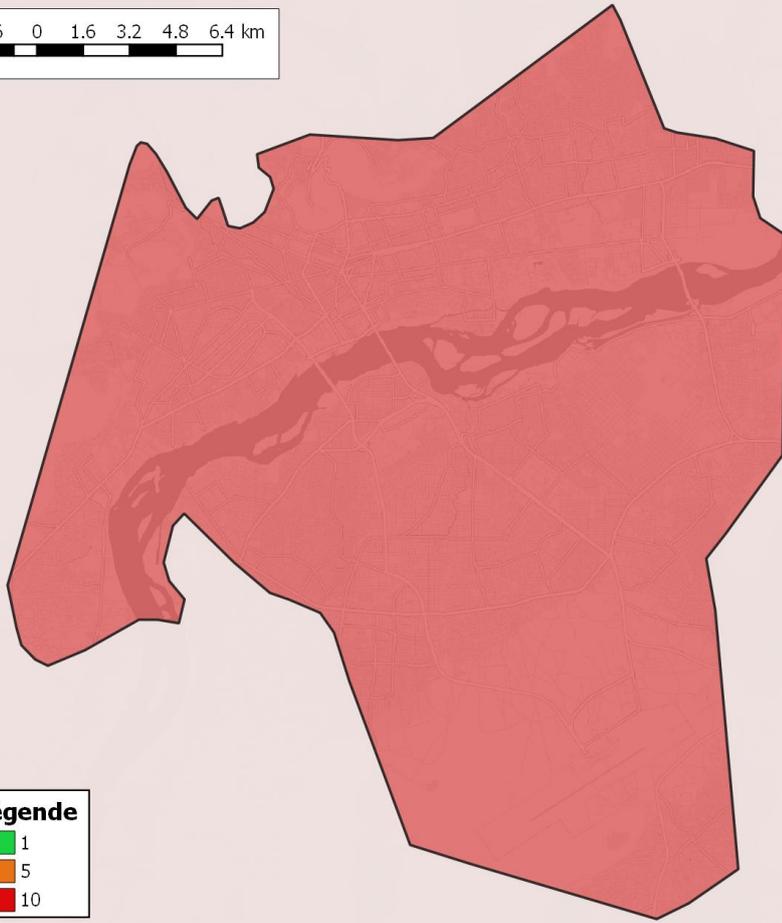
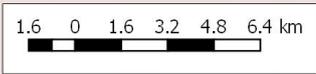
Annexe 7. Cartographie des concentrations (temps d'exposition aigu)

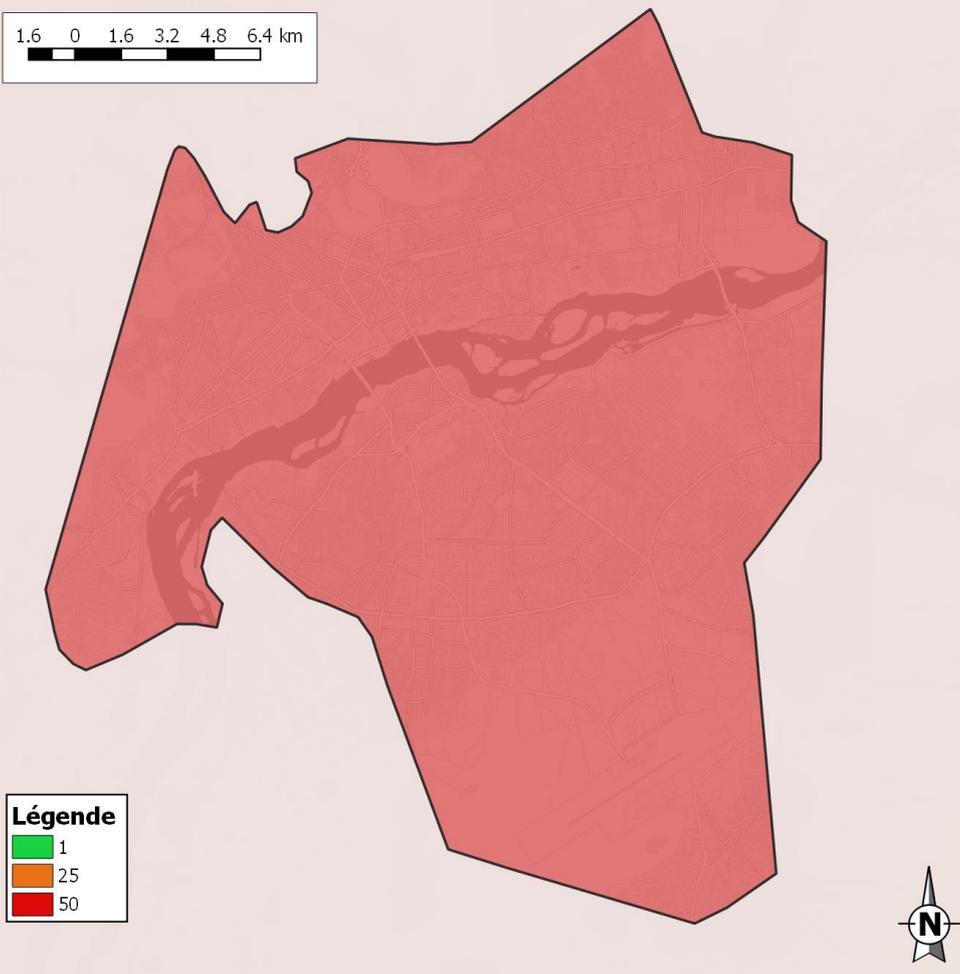
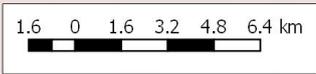


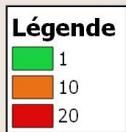
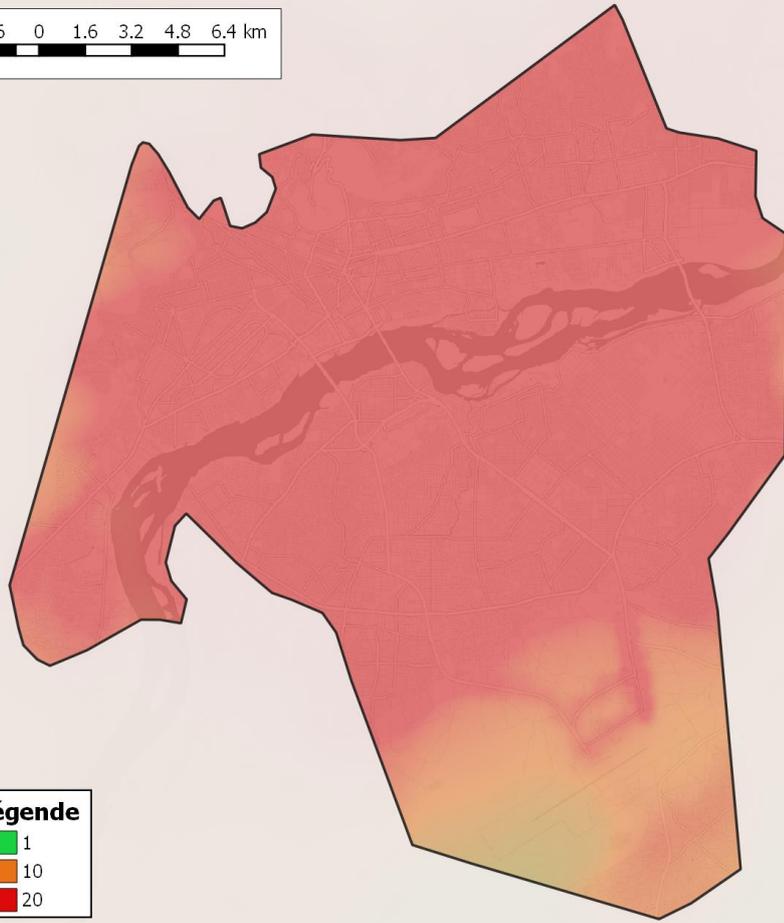
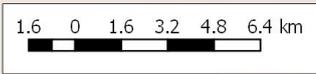




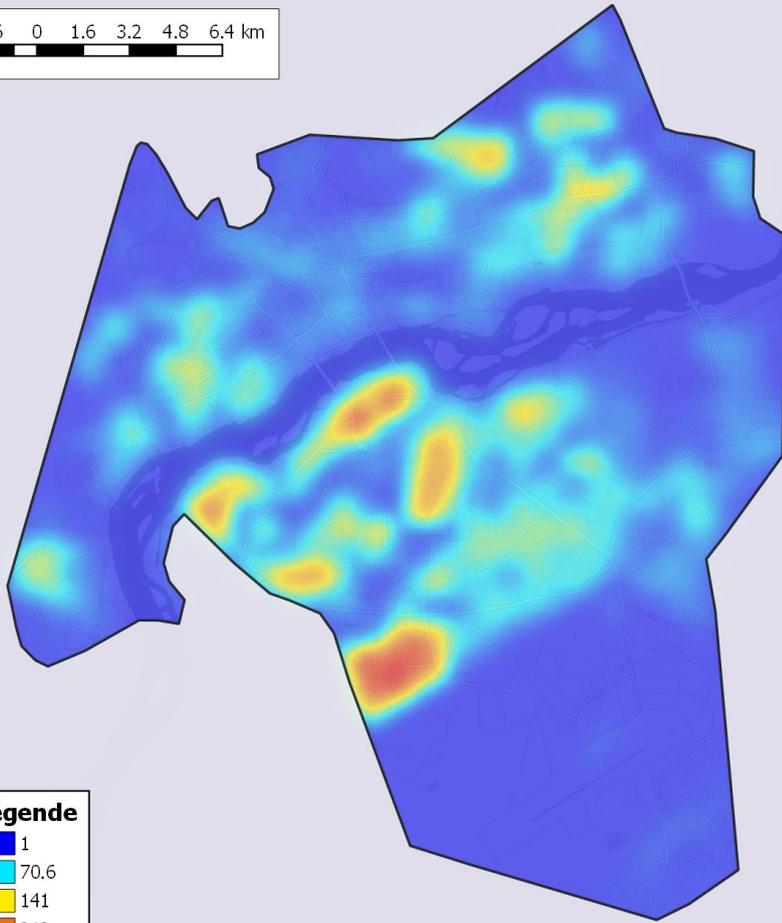
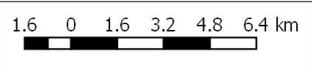
Annexe 8. Cartographie des zones de dépassement des valeurs limites de concentration (temps d'exposition aigu)

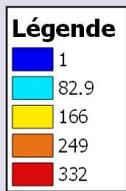
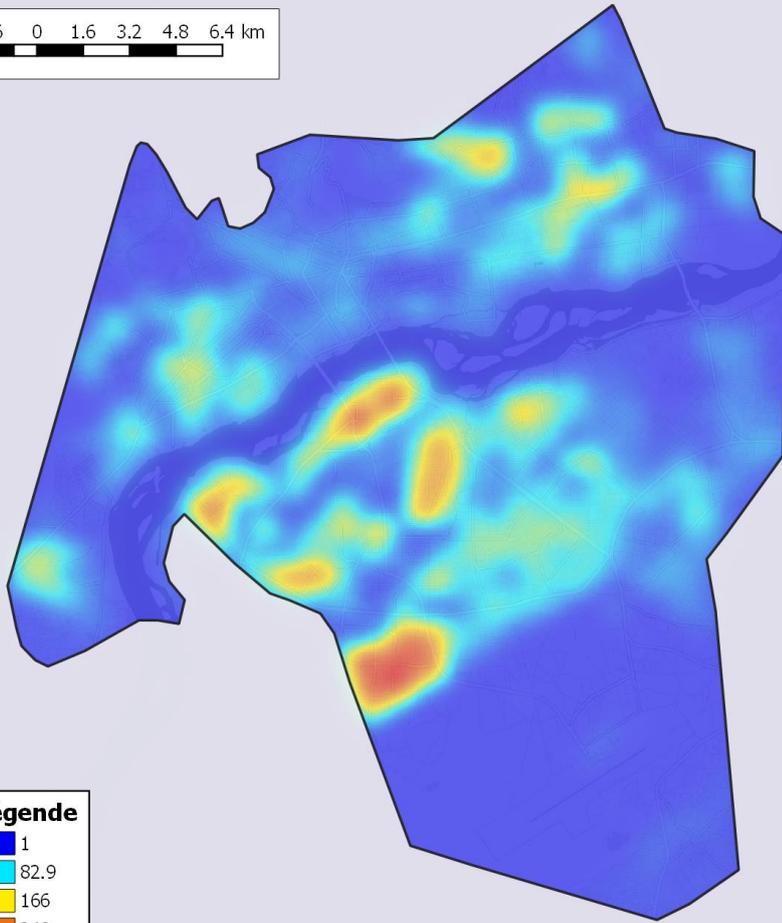
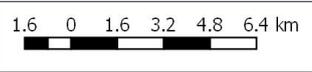


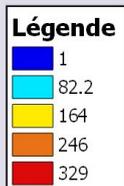
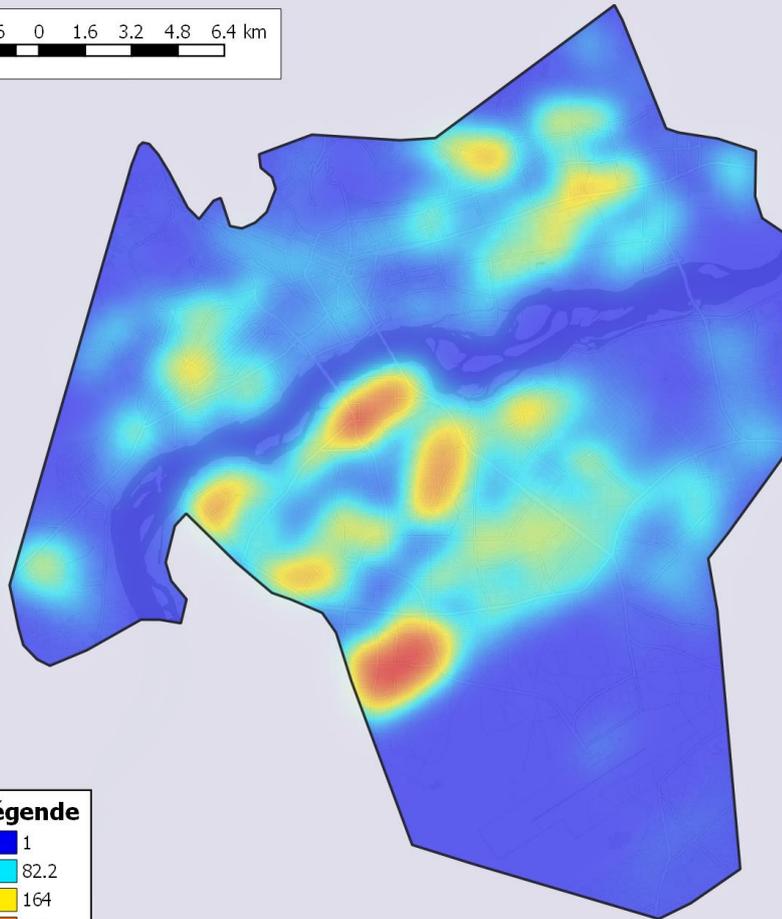
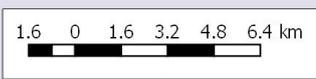


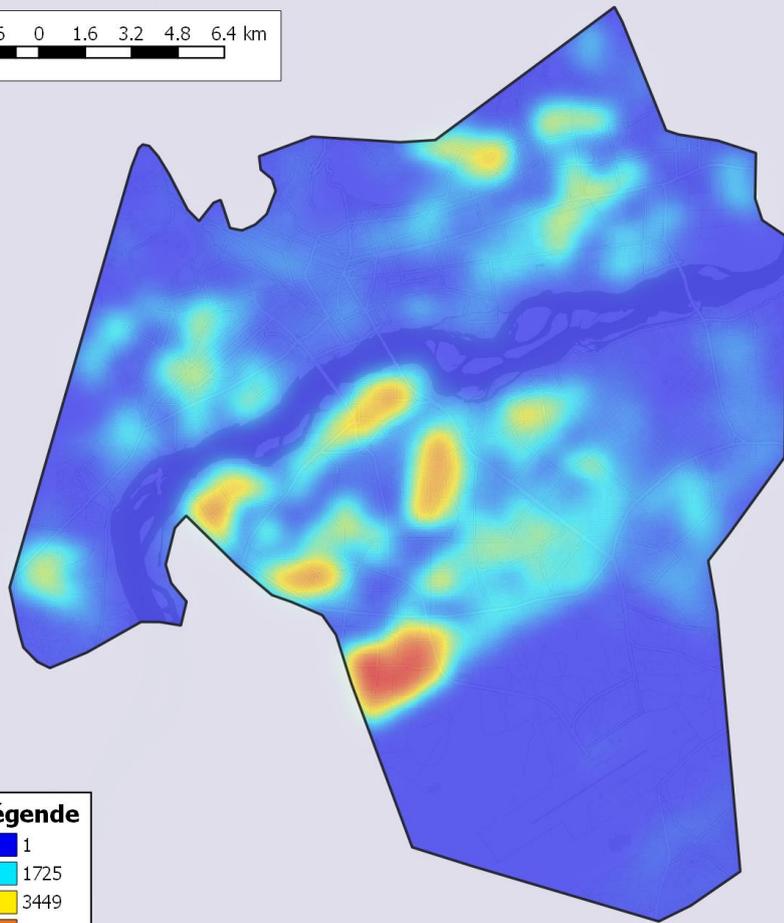
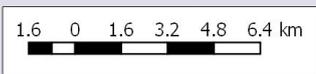


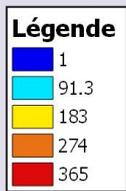
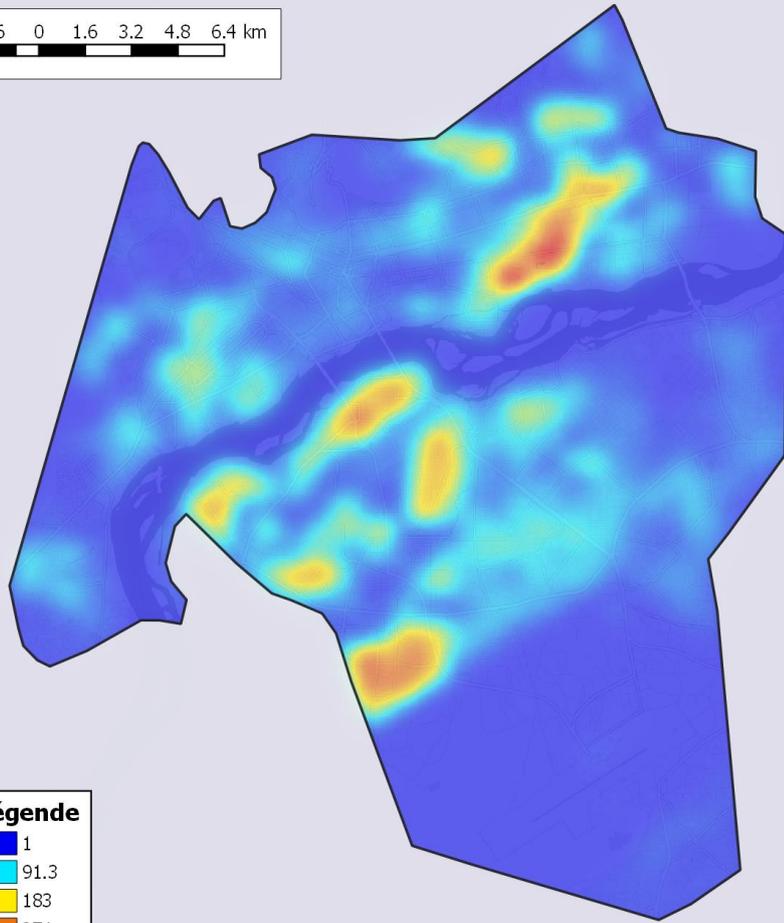
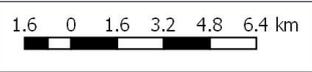
Annexe 9. Cartographie des IPP











Annexe 10. Références bibliographiques pour la comparaison avec d'autres villes Africaines

1. Laakso et al., (2012). South African EUCAARI measurements: seasonal variation of trace gases and aerosol optical properties, *Atmos. Chem. Phys.*, 12, 1847-1864.
2. Gaita et al. (2014). Source apportionment and seasonal variation of PM_{2.5} in a Sub-Saharan African city: Nairobi, Kenya, *Atmos. Chem. Phys.*, 14, 9977-9991.
3. Kuik et al. (2015). The anthropogenic contribution to atmospheric black carbon concentrations in southern Africa: a WRF-Chem modeling study, *Atmos. Chem. Phys.*, 15, 8809–8830.
4. Bahino et al. (2018). A pilot study of gaseous pollutants' measurement (NO₂, SO₂, NH₃, HNO₃ and O₃) in Abidjan, Côte d'Ivoire: contribution to an overview of gaseous pollution in African cities, *Atmos. Chem. Phys.*, 18, 5173–5198.
5. Dominutti et al. (2018). Anthropogenic VOC in Abidjan, southern West Africa: from source quantification to atmospheric impacts, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*
6. Rapport BURGEAP (2009), Etude de la qualité de l'air à Bamako.
7. Dombia et al. (2013). Physico-chemical characterization of urban atmospheric pollution in West Africa and health impact study. Thèse de doctorat. Université de Toulouse.
8. Lourens, A. S. et al. (2011). Spatial and temporal assessment of gaseous pollutants in the Highveld of South Africa. *South African Journal of Science*, 107(1-2), 1-8.
9. Boman et al. (2013). On the elemental composition of PM_{2.5} in central Cairo, Egypt, *X-Ray Spectrometry*, 42, 276-28.
10. Boman et al. (2009). A tentative study of urban and suburban fine particles (PM_{2.5}) collected in Ouagadougou, Burkina Faso, *X-Ray Spectrometry*, 38, 354-362

Annexe 11. Questions suscitées lors de l'atelier de restitution et remarques sur la mise en place du dispositif de surveillance

Afin d'établir une stratégie de mise en œuvre du dispositif de surveillance de la qualité de l'air ambiant du district, les questions suivantes ont été posées par BURGEAP aux participants à l'atelier de restitution de 02 octobre 2019. Leurs réponses et autres remarques sont également présentées.

- **Enjeux opérationnels :**

- Quels sont les meilleurs leviers à définir pour un plan de surveillance efficace ?
- Quelles actions de réponses à déclencher et comment les opérationnaliser (réduction des émissions, etc.) ?

- **Enjeux institutionnels :**

- Comment organiser la gouvernance de la surveillance de la qualité de l'air et des émissions de polluants ?
- Quel financement pour un suivi adapté ?
- Comment organiser le suivi-évaluation du plan de surveillance ?

Réponse du représentant de l'ASCENA

(Agence la sécurité de la Navigation aérienne en Afrique et à Madagascar)

• Enjeux opérationnels :

- **Quels sont les meilleurs leviers à définir pour un plan de surveillance efficace ?**
 - **Tenir compte du contexte économique et social** : c'est actuellement le facteur clef pour mobiliser le plus largement. Limitation des émissions canalisées de l'industrie, et des échappements des véhicules. Les collectivités territoriales, les particuliers et l'ensemble des acteurs économiques locaux (artisans, agriculteurs, acteurs de l'aménagement, de l'urbanisme, de la mobilité ...) doivent également être sensibilisés.
 - **Agir en prévention** : comme tout bien commun, la qualité de l'air intéresse beaucoup mais sa préservation mobilise peu au regard d'autres enjeux. Pour ne pas subir, il est donc nécessaire d'agir en amont pour développer la cohérence des orientations politiques et notamment de la planification urbaine avec la qualité de l'air.
 - **Développer des approches intégrées**, en particulier Climat-Air-Energie : l'objectif est bien sûr en premier lieu de s'assurer de la cohérence des actions sur des sujets ayant un impact sur la qualité de l'air
 - **Développer l'évaluation des actions** : il faut développer des outils pour évaluer les niveaux d'émissions
- **Quelles actions de réponses à déclencher et comment les opérationnaliser (réduction des émissions, etc.) ?**
 - Les actions de **sensibilisation** des entreprises, des populations
 - Instaurer un **monitoring environnemental** efficace notamment l'évaluation régulière de la qualité de l'air
 - Encourager les entreprises installées sur tout le territoire à mettre en place un **système de management environnemental** afin de maîtriser les impacts de leurs activités sur l'environnement

• Enjeux institutionnels :

- **Comment organiser la gouvernance de la surveillance de la qualité de l'air et des émissions de polluants ?**
 - Prendre un décret fixant les normes de qualité de l'air en République du Mali
- **Quel financement pour un suivi adapté ?**
 - Partenariat public-privé
 - Institutions financières internationales qui œuvrent pour la protection de l'environnement
- **Comment organiser le suivi-évaluation du plan de surveillance ?**
 - Prendre un décret pour organiser l'audit environnemental au niveau du ministère de l'environnement
 - Inciter les entreprises à réaliser régulièrement des audits internes environnementaux

Réponse du représentant de l'Alliance Générale Contre le changement Climatique Mali

• **Enjeux opérationnels :**

• **Quels sont les meilleurs leviers à définir pour un plan de surveillance efficace ?**

Les enjeux opérationnels pour un plan de surveillance efficace sont :

L'enjeu de l'amélioration continue de la qualité de l'air et de la réduction de la pollution atmosphérique ;

L'enjeu de la prévention et de la prise en charge des maladies respiratoires, cardiovasculaire et climato – sensibles ;

L'enjeu du respect et de la réalisation de la Contribution Déterminée au niveau National (CDN)

- ✓ Institutionnaliser la surveillance de la qualité de l'air ;
- ✓ Mettre à disposition les équipements simples adaptés et
- ✓ Assurer la formation des cadres du service en charge de cette surveillance.

• **Quelles actions de réponses à déclencher et comment les opérationnaliser (réduction des émissions, etc.) ?**

- ✓ Appliquer avec toute la rigueur, la législation en matière de gestion des déchets ;
- ✓ Promouvoir un transport en commun adapté et efficace ;
- ✓ Réaliser la construction de nouvelles en vue d'améliorer le réseau routier et assurer l'entretien routier,
- ✓ Assainir le parc auto tout en promouvant une législation favorable à cette disposition.
- ✓ Promouvoir des énergies de substitution au bois énergie

• **Enjeux institutionnels :**

• **Comment organiser la gouvernance de la surveillance de la qualité de l'air et des émissions de polluants ?**

- ✓ Elaborer en mettre en œuvre un programme de surveillance ;
- ✓ Renforcer les capacités du service en charge de la surveillance de la qualité de l'air (moyens humains et matériels et équipements);
- ✓ Diffuser les informations sur la qualité de l'air pour un changement de comportement à travers les réseaux de communication

• **Quel financement pour un suivi adapté ?**

- ✓ Pour suivi adapté et pérenne, créer une ligne budgétaire au niveau du BSI pour l'acquisition et l'installation des matériels et équipements ;
- ✓ Assurer la formation des cadres en charge de l'administration et la gestion de l'information de la qualité de l'air ;

• **Comment organiser le suivi-évaluation du plan de surveillance ?**

- ✓ Définir dans le programme de suivi de la qualité de l'air, une périodicité de suivi évaluation du dispositif et des résultats.

Réponse du représentant de l'ONAP (Office National des Pétroles)

La pollution vient même des hommes avec des produits chimiques projetés dans l'air, des gaz qui provoquent des émissions à effet de serre, l'écoulement de certains déchets toxiques dans l'eau, l'érosion du sol.

POUR UNE BONNE Amélioration DE VIE SURTOUT à BAMAKO IL FAUT ETABLIR :

De revoir les qualités des produits pétroliers que nos opérateurs importent surtout dans les pays UEMOA nous consommons de mauvaises qualités concernant les produits pétroliers surtout le gasoil qui est beaucoup consommé au Mali.

- Des règles pour mieux appliquer les performances techniques
- Rassurée la population en dictant les droits et devoirs de chacun envers l'autre pour mieux mettre à la disposition de chacun des moyens matériels (humains)

Et l'hygiène n'est pas favorable pour certains :

- Des voitures usées plus de 10 ans
- Manque d'autoroute
- Le carburant étant pas de bonne qualité qui suffoque l'atmosphère
- Le gouvernement n'ayant pas les possibilités et les moyens nécessaires

• **Enjeux opérationnels :**

- **Quels sont les meilleurs leviers à définir pour un plan de surveillance efficace ?**
- **Quelles actions de réponses à déclencher et comment les opérationnaliser (réduction des émissions, etc.) ?**
 - Promouvoir des énergies de substitution au bois
 - Comment les opérationnaliser :
 - Planter des arbres
 - Etablir des règles et conditions
 - L'utilisation des énergies (fluviale, solaire etc.)
 - **La diminution des gaz (carburant)**
 - Se pencher aussi sur l'énergie verte à forte croissance

• **Enjeux institutionnels :**

- **Comment organiser la gouvernance de la surveillance de la qualité de l'air et des émissions de polluants ?**
 - Comment organiser le suivi-évaluation de surveillance ?
 - Mettre en place des mesures adéquates à l'obtention de celle-ci
 - Fournir des provisions en émettant en place les énergies renouvelables
 - Acquérir les performances adaptées à l'évolution (l'énergie zéro)

Réponse du représentant de la DNP (Direction Nationale de la Population)

1) La gestion environnementale est un problème transversal donc il serait bon en premier lieu de responsabiliser les services publics, notamment le Ministère de l'environnement et la DNACPN car avant tout c'est leur mission régalienne.

- Il faut en mettre un cadre législatif et réglementaire pour la qualité de l'air à Bamako et d'autres villes du Mali en rapport avec les collectivités et la société civile.
- Après ils vont mettre en place une plate- forme permanente qui aura comme membres un représentant de tous les structures publiques ; privées, collectivités ; ONG et sociétés civiles et chaque membre de la plate- forme œuvrera en ce qui lui concerne dans la surveillance et la gestion de la qualité de l'air. Il faut surtout conscientiser la population pour qu'elle s'approprie de la gestion environnementale (les radios de proximité).
- Les maires et les chefs de quartiers vont structurer des associations et groupements des Jeunes et des femmes avec des signes incitatifs comme par exemple mise en Compétition « quartier vert et propre » avec des prix d'encouragements au niveau des quartiers des secteurs parce que chaque quartier est composé des secteurs.
- Les agents de la DNEF peuvent introduire des insectes dépolluants tels que les abeilles en encourageant apiculture dans les banlieues de Bamako ainsi que les actions de reboisement pour verdir les espaces.

2) Le financement doit être à deux niveaux les collectivités et l'état, pourquoi on compte beaucoup sur le financement extérieur.

3) Pour le suivi- évaluation, un comité de pilotage mise en place présidé par le Ministre de l'environnement siégera chaque année pour faire l'état de lieu des travaux réalisés.

Réponse de la représentante de l'Agence Belge de Développement

(i) une autre étude réalisée par la Banque Mondiale (dans le cadre de la convention de Stockholm) a mis en avant les risques accrus de cancer dus à la pollution au benzène et aux polluants organiques persistants provenant de la mauvaise qualité des carburants, des additifs dans les peintures (y compris la présence du plomb pour lequel aucune réglementation n'existe au Mali), des vieux frigidaires et des climatiseurs.

(ii) En 2016, une étude de l'inspection pour l'environnement humain et les transports des Pays Bas avait démontré que les pays de l'Afrique de l'Ouest dont le Mali importaient des carburants hautement polluants et cancérigènes, en particulier des carburants avec des concentrations très importantes en soufre. Des carburants provenant des sociétés Oryx, Vitol, et Addax avaient été analysés. Le niveau de soufre le plus élevé se trouvait dans un échantillon de diesel d'une des stations-service Oryx au Mali, où la teneur en soufre était de 3 780 ppm. L'ONG Public Eye qui a révélé cette situation préconisait d'agir à l'échelle des États africains en fixant un seuil maximal de soufre et en instaurant des régulations plus strictes pour les autres substances. Le Mali ne s'est pas engagé à opérer des changements, ni à lancer des réformes

Questions – Réponses

1) Quelles sont solutions envisagées par l'Union Européenne pour atténuer la situation qui prévaut au Mali ? Question posée par le représentant du Ministère des Finances

Réponse : la question a été renvoyée par l'Union Européenne à l'Etat et à la population malienne. Il a cependant attiré l'attention des participants sur la non application des textes en vigueur au Mali et qu'il faut corriger, l'absence de décision forte sur l'utilisation de gaz à la place du charbon de bois, etc.

Le représentant du ministère des transports reconnaît l'interpellation de sa structure et a informé les participants sur des décisions prises sur la qualité de l'air et la mauvaise dégradation des routes

2) Les sites de prélèvement sont tous situés sur la rive gauche du fleuve et aucun sur la rive droite. Cet échantillonnage est-il représentatif selon le Ministère de l'Environnement ?

Réponse : ces points de prélèvement répondent aux critères de choix des sites car ils sont éloignés de toutes sources de pollution tout en restant dans le centre-ville (Fonds urbain) selon l'équipe de présentation. Aussi, les aspects sécuritaires ont été pris en compte.

3) Les sites sont tous situés dans le bas-fond, pourquoi des sites n'ont pas été prévus sur les collines pour évaluer l'apauvrissement de la poussière selon l'ADR ?

Les aspects sécuritaires ont été les justifications mais ils peuvent être envisagés pour les études futures pour plus d'amélioration de la qualité des résultats.

4) Pourquoi les secteurs de l'élevage (stabilisation et parcage des animaux) et l'agriculture n'ont pas été pris en compte par les études ?

Réponse : BURGEAP et Mr Diarra ont fait des interventions sur la partie relative à l'agriculture qui a été prise en compte par l'étude mais le rapport ne présente que des indicateurs très pertinents. Pour l'UE un des objectifs de l'étude était la prise de conscience des autorités maliennes et des populations sur la pollution de l'air à Bamako. Un tel objectif ne visait pas une étude d'une grande dimension mais à hauteur du budget disponible

5) Pourquoi ne pas choisir la même période d'enquêtes qu'en 2009 pour une meilleure comparaison des résultats des deux études ?

Réponse : Ainsi, cette étude a permis de mettre à jour l'étude réalisée entre 2009 et 2010 qui intégrait seulement une campagne de mesures durant la saison sèche et une estimation globale et peu précise des émissions polluantes. La présente étude produit des résultats complémentaires et plus précis puisque :

- Elle complète l'étude précédente en fournissant un panorama complet de la saisonnalité de la pollution atmosphérique sur la ville de Bamako ;
- Elle fournit une mise-à-jour des travaux précédents tout en fournissant un second point d'analyse

6) Pourquoi ne pas élaborer un tableau synoptique des différents polluants et un tableau de comparaison de résultats des différentes études ?

Réponse : voir rapport

7) Approfondir l'étude au niveau de l'aéroport qui fait des simulations d'incendie avec des vieux pneus et qui dégagent assez de fumées ?

Réponse : des enquêtes ont été faites au niveau de l'aéroport mais les informations relatives aux simulations n'ont pas été fournies par l'ASECNA. Elles peuvent être fournies à l'étude ou prises en compte dans les études futures

8) La prise en compte des usines de tanneries qui utilisent des produits chimiques qui sont nuisibles pour la santé (H2S)

Réponse : les résultats de l'étude d'expertise Balingué relatifs à cette nuisance a été demandée à l'EDM.

9) Quelle a été la suite réservée à la première étude ?

Réponse : cette question s'adresse aux autorités maliennes mais apparemment elle a été sans suite

10) Définir les raisons de la teneur du plus fort polluant ?

Réponse : voir rapport

11) Quelle est la leçon tirée de la comparaison des différentes études ?

Réponse : elle apparaîtra dans le rapport final

12) Qui de la DNACPN a été impliqué pendant les études ?

Réponse : question répondue par Mr Diarra et l'UE

13) Donnez le nombre d'échantillon par jour et le nombre total par type de polluants ?

Réponse : voir rapport

14) Quelles sont les manifestations du gaz COV sur l'être humain ?

Réponse : voir rapport

15) Quelles sont les causes du gaz COV ?

Réponse : voir rapport

Annexe 12. Fiche Technique du Partisol Thermo Scientific

Partisol 2025i-D Dichotomous Sequential Air Sampler

Federal Equivalent Method ambient sampler featuring simultaneous collection of fine and coarse particles.

The Thermo Scientific™ 2025i-D Dichotomous Sequential Air Sampler simultaneously collects high quality samples of fine and coarse ambient particulate matter (PM). Developed on the renowned iSeries software platform design, this sampler also features USB ports for improved data downloads.

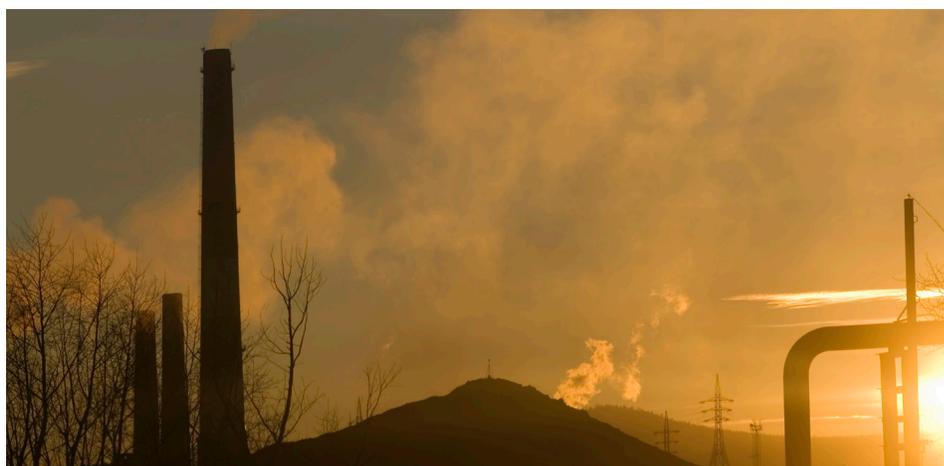
Features

- U.S. EPA PM-Coarse and PM-2.5 Equivalent Sampler
- Enhanced user interface and iSeries communication capabilities
- Improved data downloads
- Collection of fine and coarse fractions of PM-10 on two separate 47mm filters
- Sequential sampling system with 16 filter capacity

Introduction

The Partisol™ 2025i-D sampler combines sequential filter exchange capabilities with dichotomous splitting technology to provide an automated split sample stream that offers long term unattended operation.

The sampler utilizes a virtual impactor to separate an incoming PM-10 air stream into its fine (PM-2.5) and coarse (PM-10 minus PM-2.5) components.



The two sample streams are collected concurrently on two 47mm filters house in FRM-style molded filter cassettes. Then, the sampler exchanges each set of two filters according to a user-specific sampling time, for example, a midnight-to-midnight sampler exchanged daily.



Dichotomous Filter Cassettes

The iSeries communication capabilities of the Partisol 2025i sampler offers easier connectivity through an enhanced user interface.

Additional iSeries features also include:

- Flash memory for increased data storage
- Enhanced Ethernet connectivity
- Remote data access
- iPort communication software
- Large interface screen
- USB numeric keypad



Thermo Scientific™
Partisol™ 2025i-D Dichotomous
Sequential Air Sampler

Thermo Scientific Partisol 2025i-D Dichotomous Sequential Air Sampler

Specifications	
Filter holders and media	Accommodates 47mm filter in the single-flow and dual-flow configurations For U.S. EPA PM-2.5 and PM-Coarse sampling: Teflon® 2µm pore size membrane filter (regulation required) For U.S. EPA PM-10 reference sampling: Pallflex TX-40, quartz filter and Teflon® materials Optional cassette separators may be used to eliminate passive volatilization losses or cross-contamination for speciation work
Sample flow control and reporting	Active flow control system using mass flow controller. Controls primary (PM-2.5) sample flow at 15 l/min and secondary (PM-Coarse) sample flow at 1.67 l/min. The sampler displays the current volumetric flow rate (l/min.).
Audit/calibration	Direct software support for single-point and multi-point audit/calibrations of the volumetric flow
Internal data storage	86 days of Interval data (stored every 5 minutes), 32 filter data records, and input data (30 minute default)
Data input and output	Keypad/display for data retrieval and user programming, RS232/RS485 interface, Wind vane/anemometer connection with 24 Vdc power output and 2 0-5 Vdc inputs for wind speed and direction Dual USB ports for easy data download to universal flash drives Optional kit available to configure the sampler for digital and analog I/O to enable connection to other devices
Operational temperature	-40°F to 122°F (-40°C to 50°C)
Power requirements	3A @ 120 VAC, 1.5A @ 240 VAC
Physical dimensions	25.2" (64 cm) W x 15.8" (40.2 cm) D x 26.3" (67.3cm) H (enclosure) Top cover: H = 31" (78.8 cm), Inlet connector: W = 35.3" (89.5 cm) Stand: (Top section) 30.8" (78.2 cm) W x 27.1" (68.8 cm) H x 14" (35.6 cm) D Footprint: 42" (106.7cm) W x 18.1" (46 cm) D
Weight	101 lbs (46kg)
Safety and Electrical Designations	CE: EN550011 Group 1, Class B (Emissions); EN55082-1 (Immunity); EN61010-1 (Safety) ETL: UL and CSA Equivalent approval
Regulatory Designations	U.S. EPA PM-2.5 Reference Method: RFPS-0498-118 U.S. EPA PM-10 Reference Method: RFPS-1298-127 U.S. EPA PM-Coarse Reference Method: RFPS-0509-176

To maintain optimal product performance, you need immediate access to experts worldwide, as well as priority status when your air quality equipment needs repair or replacement. We offer comprehensive, flexible support solutions for all phases of the product life cycle. Through predictable, fixed-cost pricing, our services help protect the return on investment and total cost of ownership of your Thermo Scientific products.

USA
27 Forge Parkway
Franklin, MA 02038
Ph: (508) 520-0430
Fax: (508) 520-2800
orders.aqi@thermofisher.com

India
C/327, TTC Industrial Area
MIDC Pawane
New Mumbai 400 705, India
Ph: +91 22 4157 8800
india@thermofisher.com

China
+Units 702-715, 7th Floor
Tower West, Yonghe
Beijing, China 100007
Ph: +86 10 84193588
info.eid.china@thermofisher.com

Europe
Ion Path, Road Three,
Winsford, Cheshire CW73GA UK
Ph: +44 1606 548700
Fax: +44 1606 548711
sales.epm.uk@thermofisher.com

Ordering information

Partisol 2025i-D Dichotomous Sequential Air Sampler

Choose from the following configurations/options to customize your own Partisol 2025i-D Sampler

1. Voltage options

A = PM-10, 120 VAC 50/60 Hz

B = PM-10, 220 VAC 50/ 60 Hz

2. Inlet

E = PM-10 U.S. EPA

T = PM-10 Traditional

Your Order Code: 2025i-D



Find out more at thermofisher.com

Annexe 13. Fiche Technique des Radiello

visitez notre site web: www.radiello.com



radiello®

Centro di Ricerche Ambientali - Padova



FRANÇAIS 02-2004

comment ça marche l'échantillonneur diffusif?

L'échantillonneur diffusif est une boîte fermée, d'habitude cylindrique, dont une des deux surfaces planes est "transparente" aux molécules gazeuses alors que l'autre les adsorbe. On appelle *diffusive* la première surface et *adsorbante* la deuxième (respectivement **S** et **A** en figure).

Sous le gradient de concentration dC/dl , les molécules gazeuses traversent **S** en diffusant vers A, le long du parcours diffusif qui est parallèle à l'axe de la boîte. Celles adsorbables viennent d'être piégées par **A** suivant la loi de la diffusion

$$\frac{dm}{dt} = D S \frac{dC}{dl} \quad [1]$$

où dm est la masse piégée pendant le temps dt et D est le coefficient de diffusion.

Si C est la concentration à la surface diffusante et C_o est celle à la surface adsorbante, l'intégrale de [1] est

$$\frac{m}{t} = D \frac{S}{l} (C - C_o) \quad [2]$$

qui va devenir

$$\frac{m}{tC} = D \frac{S}{l} = Q \quad \text{ou} \quad C = \frac{m}{tQ} \quad [3]$$

si la concentration à la surface adsorbante est égale ou très proche à 0.

Q est le débit de piégeage, dont les dimensions sont justement celles d'un flux (en exprimant m en μg , t en minutes et C en $\mu\text{g.l}^{-1}$, les dimensions de Q sont l.min^{-1}).

Donc, si Q est constant et connu, on peut connaître la concentration environnementale bien simplement par la mesure de la masse piégée et du temps d'exposition.

Afin d'améliorer la sensibilité analytique il faudrait augmenter m : cela peut se faire en augmentant Q . D étant une constante, on ne peut atteindre la cible qu'en agissant auprès du rapport S/l , qui est la constante géométrique de l'échantillonneur. Néanmoins, si on élargit S , dans l'usuel échantillonneur axial on ne peut pas éviter d'élargir A aussi, car il faut que les deux surfaces diffusante et adsorbante se fassent face à distance constante. N'ayant qu'une seule façon de récupérer l'analyte piégé par l'échantillonneur axial - le déplacement par solvant - tout élargissement de A entraîne une augmentation proportionnelle du volume du solvant désorbant, de sorte que la dilution annule tout effet de l'augmentation de Q .

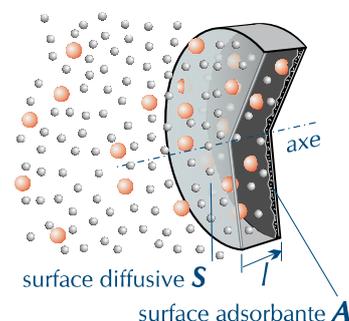
On pourrait réduire l mais, au-dessous d'une valeur critique (à peu près 0,8 mm), la loi de la diffusion n'est plus respectée si la vitesse de l'air est faible, la vitesse de piégeage devenant plus importante que celle de ravitaillement de nouvelles molécules à la surface diffusive.

N'y a-t-il pas, donc, de manière d'augmenter Q ?

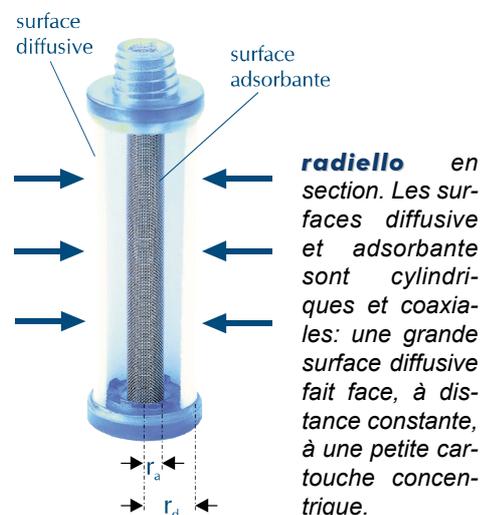
Bien sûr qu'il y a. Ça suffit de changer la géométrie de l'échantillonneur: d'axiale en *radiale*.

C'est comme ça que *radiello* vient de paraître. C'est sa paroi cylindrique qui marche à barrage diffusif: les molécules se meuvent le long du rayon vers un adsorbant cylindrique lui-même et coaxial à la surface diffusive.

En même diamètre du cylindre, S devient beaucoup plus grande que celle de l'échantillonneur axial, sans aucune augmentation de la masse d'adsorbant: bien que la surface adsorbante soit beaucoup plus petite que celle diffusive, la distance entre les deux est toujours constante.



Les surfaces diffusive et adsorbante de l'échantillonneur diffusif axial sont deux faces planes et opposées d'une boîte fermée, d'habitude cylindrique. Sous un gradient de concentration, les molécules absorbables (couleur) pénètrent la surface diffusive et viennent d'être piégées par celle adsorbante.



radiello en section. Les surfaces diffusive et adsorbante sont cylindriques et coaxiales: une grande surface diffusive fait face, à distance constante, à une petite cartouche concentrique.



Étant donné que $S=2\pi rh$ (h est la hauteur du cylindre) et que le parcours diffusif est le rayon, on doit écrire [1] dans la forme

$$\frac{dm}{dt} = D 2\pi h r \frac{dC}{dr} \quad [4]$$

L'intégrale de [4] du rayon de la surface diffusante r_d à celui de la surface adsorbante r_a devient

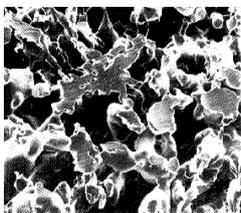
$$\frac{m}{t C} = D \frac{2\pi h}{\ln \frac{r_d}{r_a}} = Q \quad [5]$$

Le terme

$$\frac{2\pi h}{\ln \frac{r_d}{r_a}}$$

est la constante géométrique de **radiello**. Donc, le débit est fonction directe de la longueur du cylindre diffusif et inverse du logarithme du rapport entre le rayon du cylindre diffusif et celui du cylindre adsorbant.

La paroi diffusive de **radiello** est en polyéthylène microporeux synthétisé (à côté, sa photo au microscope électronique *scan-sion*); en la traversant, les molécules suivent un parcours tortueux, dont la longueur est beaucoup plus grande que celle de l'épaisseur.



Alors qu'on peut mesurer par le mètre la valeur de r_a , celle de r_d ne peut qu'être estimée par des mesures d'exposition. En effet, afin de n'agrandir pas trop radiello et de respecter en plein la loi de la diffusion, le barrage diffusif a été projeté sous forme d'un tube dont la paroi est épaisse et micro-poreuse: la longueur réelle du parcours diffusif n'est pas la différence entre les rayons extérieurs des tubes diffusif et adsorbant mais est beaucoup plus longue à cause de la tortuosité du parcours entre les pores. Un cylindre diffusif de 8 mm de rayon extérieur, 1,7 mm d'épaisseur et 25 μm de porosité, couplé avec une cartouche adsorbante de 2,9 mm de rayon, ne forme pas un parcours diffusant de $8-2,9=5,1$ mm mais bien de 18 mm.

En tant que fonction du coefficient de diffusion D , qui est une grandeur thermodynamique propre à chaque composé, dépendant de la température (T) et de la pression (p), même le débit de piégeage dépend de ces paramètres, suivant une loi de cette sorte

$$Q = f(T, p)$$

Les valeurs de Q des chapitres suivants ont été mesurées à 25 °C (298 K) et 1013 hPa; donc, on devra les corriger par rapport aux conditions réelles de piégeage.

La correction due de la pression atmosphérique est, d'habitude, tout à fait négligeable: n'y introduisant pas de correction, l'erreur la plus élevée qui vient d'être commise n'est jamais plus grande que $\pm 3,0\%$, $\pm 1,5\%$ d'habitude, compte tenu que la variation de la pression atmosphérique rarement est plus éloignée que ± 30 hPa de la valeur moyenne de 1013 hPa.

Plus importante est l'erreur qui vient d'être commise si on n'introduit pas de correction pour la température, la dépendance de ce paramètre étant exponentielle. En plus, dans le cas de la chimi-adsorption, des facteurs cinétiques (vitesse de réaction) peuvent s'ajouter à ceux thermodynamiques (changement de D). Par exemple, lors du piégeage des composés organiques volatiles par le charbon actif, le changement expérimental du débit entre ± 10 °C de 25 °C est de $\pm 5\%$ alors que, dans le même intervalle de température, le changement du débit de piégeage du NO_2 par la triéthanolamine est de $\pm 21\%$.

C'est très important de connaître la valeur moyenne de la température afin de donner de la confiance aux résultats analytiques. Voir en page B3 comment il faut faire pour mesurer la température dans le terrain.

Bien qu'il y ait des sortes de cartouches qui absorbent beaucoup d'eau lors de l'exposition en air très humide, en général l'humidité n'a pas d'effets sur le piégeage par **radiello**. Quelquefois on peut constater d'effet sur l'analyse; par exemple, une cartouche charbon graphité bien mouillée peut entraîner de bouchons de glace lors de la désorption thermique suivie par la cryo-focalisation ou éteindre la flamme du FID.

C'est donc bien important d'abriter radiello contre les intempéries. Voir en page B1.



- ✓ **bien reproductible**, grâce à la rigidité du tube diffusif et de la cartouche et aux petites valeurs des tolérances de fabrication de tous les composants de **radiello**;
- ✓ **non affecté par la vitesse de l'air**, grâce à la tortuosité du parcours dans l'épaisseur de la paroi micro-poreuse du cylindre diffusif;
- ✓ **connu avec beaucoup de précision** car il n'est pas calculé mais bien mesuré dans la chambre atmosphère contrôlée dans une vaste gamme de concentration, température, humidité, vitesse de l'air, présence d'interférents....



En plus, **radiello**

- ▶ est peu sensible aux conditions atmosphérique, son corps diffusif étant hydrofugeant
- ▶ ses valeurs de blanc sont plus petites que trois fois le bruit instrumental, grâce au complexe protocole de nettoyage du matériel adsorbant ou chimiabsorbant et aux nombreux contrôles qui sont réalisés lors de sa fabrication
- ▶ ses limites de sensibilité sont si petites et sa capacité adsorbante est si élevée qu'on peut l'exposer entre 15 minutes et 30 jours (selon le type) en mesurant de concentrations de moins que 1 ppb jusqu'à 1.000 ppm
- ▶ est précis et soigné dans un large intervalle d'expositions
- ▶ vous permet la désorption thermique et l'analyse GC-MS

- ▶ vous permet le piégeage d'une vaste gamme de polluants gazeux
- ▶ est robuste et inerte du point de vue chimique: il est fabriqué par le polycarbonate, le polyéthylène micro-poreux et l'acier inoxydable
- ▶ provient d'une des plus importantes institutions de recherche scientifique européennes dans le domaine de l'environnement qui le produit par des technologies très avancées et le soumet continuellement à des contrôles et des nouveaux développements dans son centre de Padoue

et, enfin, vous pouvez réutiliser des dizaines de fois tous ses composants sauf la cartouche adsorbante; mais elle-même est récupérable après la désorption thermique.



Toute figure du manuel est du Centre de Recherches Environnementales de Padoue de la Fondazione Salvatore Maugeri-IRCCS

les composants de radiello

Les composants fondamentaux de **radiello** sont la cartouche adsorbante, le corps diffusif, la plaque de support et l'étiquette adhésive code barres. Tous les composants, sauf la cartouche s'il n'est pas déclaré le contraire, sont réutilisables des dizaines de fois.

La cartouche adsorbante

Plusieurs sortes de cartouches ont été développées conformément aux polluants à piéger. La longueur est de 60 mm pour toutes alors que le diamètre change entre 3,8, 4,8 et 5,8 mm.

La cartouche est renfermée dans un tube verre ou plastique, contenu dans une enveloppe transparente en polypropylène thermo-soudée.

Un code, imprimé sur l'enveloppe avec le numéro de lot et la date d'échéance, vous permet d'en reconnaître le type.

Toute cartouche ne peut être employée qu'une fois sauf celles désorbées par voie thermique.

Toute cartouche est livrée en paquet de 20 pièces de la même sorte.

Il faut l'introduire dans le corps diffusifs.



La plaque de support

La plaque de support, **code 121**, est en polycarbonate et marche soit à bouchon soit à soutien du corps diffusif. Elle a un filet qui sert à y visser le corps diffusif, un clip pour son accrochage et une poche adhésive transparente à y introduire l'étiquette code barres. Il faut assembler les trois parties avant de l'employer (v. en page A6).

Elle est livrée en paquets de 20 pièces.

code 121



Le corps diffusif

Quatre sortes de corps diffusifs sont disponibles, tous avec le même encombrement: 16 mm de diamètre et 60 mm de hauteur.

Le **corps blanc, code 120**, en polyéthylène microporeux est d'emploi général; l'épaisseur de sa paroi est de 1,7 mm et la porosité de $25 \pm 5 \mu\text{m}$. La longueur du parcours diffusif est de 18 mm.

Le **corps bleu, code 120-1**, a les mêmes propriétés que celui blanc mais est opaque à la lumière: il est employé pour piéger les composés photosensibles.

Le **corps jaune, code 120-2**, doit être employé quand il faut réduire le débit de piégeage: l'épaisseur de sa paroi est de 5 mm et la porosité de $10 \pm 2 \mu\text{m}$. La longueur du parcours diffusif est de 150 mm.

Le **corps perméatif, code 120-3**, est une membrane silicone de $50 \mu\text{m}$ d'épaisseur, soutenue par un filet acier inoxydable. Il est employé pour piéger les gazes et vapeurs anesthésiques.

Tout corps diffusif est livrée en paquet de 20 pièces de la même sorte.

Il faut visser le corps diffusif à la plaque de support.



code 190

L'étiquette



L'étiquette est adhésive et contient imprimé un numéro code barres. Il n'y en ayant pas deux avec le même numéro, elles servent à l'identification univoque de la cartouche adsorbante dans le terrain et en laboratoire.

Tout emballage de cartouches en contient 21.

Elles sont livrées en paquets de 198 pièces si sont commandées séparément.



radiello-prêt-à-l'usage

radiello-prêt-à-l'usage peut vous aider quand vous n'avez pas le temps pour assembler sur le terrain tous les composants.

radiello-prêt-à-l'usage peut être acheté **tel quel** ou en pièces séparées à assembler par l'utilisateur.

Dans le modèle **tel quel**, la cartouche adsorbante est déjà enchâssée dans le corps diffusif, fermé par un bouchon en polycarbonate. L'ensemble est contenu dans un récipient hermétique en polypropylène. Au moment de l'usage, ôtez le corps diffusif de son récipient et enchâsez-le dans l'adaptateur vertical special appliqué à la plaque de support. À la fin de l'exposition, enlevez le corps diffusif de l'adaptateur et mettez-le dans le récipient en polypropylène. Enfin, fermez hermétiquement le récipient par son couvercle et envoyez l'ensemble au laboratoire pour l'analyse.

Ils sont disponibles les suivants modèles de **radiello-prêt-à-l'usage tel quel** (bouchon en polycarbonate, tube en verre ou en plastique, adaptateur vertical à encastrer, étiquette code barres et récipient en polypropylène sont fournis pour tous les modèles):

code	piégeage de	composition
123-1	BTEX ou COV	corps diffusif blanc et cartouche code 130
123-2	BTEX ou COV	corps diffusif jaune et cartouche code 145
123-3	NO ₂ , SO ₂ et HF	corps diffusif bleu et cartouche code 166
123-4	aldéhydes	corps diffusif bleu et cartouche code 165
123-5	ozone	corps diffusif bleu et cartouche code 172
123-6	sulfure d'hydrogène	corps diffusif bleu et cartouche code 170
123-7	ammoniac	corps diffusif bleu et cartouche code 168
123-8	acide chloridrique	corps diffusif blanc et cartouche code 169



En haut:
à droite, **radiello-prêt-à-l'usage**
à gauche, le corps diffusif fermé par le bouchon en polycarbonate avec, le dedans, la cartouche adsorbante
au milieu: l'adaptateur vertical à encastrer

à côté: la plaque de support avec l'adaptateur vertical à encastrer.

IMPORTANT: avec le modèle tel quel la plaque de support n'est pas fournie.

Pour le **modèle à assembler**, il faut acheter séparément:

- ✓ corps diffusif (du type approprié, v. chapitres suivants)
- ✓ cartouche adsorbante (du type approprié, v. chapitres suivants)
- ✓ bouchon en polycarbonate, **code 124-1**
- ✓ adaptateur à encastrer, **code 122-1**
- ✓ récipient en polypropylène, **code 124-2**
- ✓ plaque de support, **code 121**.

suggestion

employer **radiello-prêt-à-l'usage** est très utile dans les lieux de travail mais il n'est pas conseillé pour échantillonner les basses concentrations typiques de l'environnement urbain ou domestique.



le corps diffusif s'applique en le pressant à l'adaptateur à encastrer jusqu'au déclenchement



le corps diffusif se détache de l'adaptateur en l'inclinant de force.