



Source internet : <http://www.monde-du-voyage.com/madagascar/vol-madagascar.jpg>



Rédactrice Principale : Mme RANDRIAMANTVO Lucienne Voahangilalao

Responsable des données à l'INSTN

INTRODUCTION

L'air est un composant vital de l'écosystème. Le changement de la composition de l'atmosphère par l'augmentation des gaz à effet de serre est la principale cause du changement climatique, ce qui engendre également, par de nombreuses interactions biogéochimiques, la dégradation de la qualité de l'air. Depuis une décennie, la qualité de l'air, notamment en milieu urbain, ne cesse de se dégrader à cause d'une démographie galopante, des feux de brousse, de l'augmentation de trafic urbain et du développement industriel. Actuellement, Madagascar considère la lutte contre la pollution environnementale comme un impératif pour arriver au développement durable.¹

« La pollution atmosphérique a pour conséquence de menacer le bien être de la population, de porter atteinte au capital naturel et matériel et de limiter la croissance économique »¹. Plus largement cette pollution provoque des pertes en terme de bien-être totalisant 5110 milliards de dollars, affirme la Banque Mondiale.

La pollution de l'air (extérieur et intérieur) est responsable à elle seule de 6,5 millions de décès chaque année, principalement à travers des maladies non transmissibles comme les maladies cardiaques, les AVC, le Cancer du poumon et la broncho-pneumopathie chronique obstructive (BPCO). La pollution atmosphérique provoquée par l'industrie et les véhicules à moteur est responsable de 5,5 millions de décès par an. L'air intérieur, avec 2,9 millions de morts prématurés est surtout vicié à cause des foyers à feu ouvert utilisés pour la cuisine et le chauffage à bois dans les pays les plus pauvres. A titre de comparaison, le tabac tue 7 millions de personne chaque année.¹

La pollution atmosphérique est devenue le quatrième facteur de décès prématuré dans le monde entraînant un manque à gagner de centaines de milliards de dollars pour l'économie mondial.

Par ailleurs, environ 15 000 litres d'air passent tous les jours dans chaque poumon humain. Il nous fournit ainsi l'oxygène nécessaire à notre survie, mais véhicule également des gaz et autres particules nuisibles à notre santé.

La dégradation de la qualité de l'air se fait sentir à Madagascar, particulièrement dans les grandes agglomérations urbaines comme Antananarivo où l'on peut percevoir des fumées épaisses qui planent sur la ville, des odeurs suffocantes, des dépôts de poussières noires sur les murs et les voitures. Autrement dit, même l'œil nu et le nez sont capables de l'apprécier. Mais cette constatation est complétée par la mesure. La métrologie de la qualité de l'air est une activité qui mobilise beaucoup d'acteurs pourvus des techniques d'analyses performantes. Quant à ses impacts sur la santé publique, des statistiques médico-sociales détaillées s'avèrent indispensables.

Cependant ce n'est pas une fatalité puisque chacun peut contribuer à préserver et améliorer au quotidien la qualité de l'air que nous respirons.

A Madagascar, en 2015, 21 000 personnes ont succombé à cause de la pollution de l'air dans les ménages contre 18 500 en 2013, 7500 meurent par la pollution de l'air ambiant contre 500 en 2013.¹

2.1. FORCE MOTRICE

La pollution de l'air en milieu urbain se caractérise par la présence de particules fines (les aérosols, et notamment de carbone) et de smog urbain (y compris l'ozone) bien visible.

A Antananarivo, avec 8 districts de plus de 1 500 000 habitants saturés par les rejets atmosphériques, la qualité de l'air est devenue un enjeu sanitaire majeur pour la capitale. Les enfants, les jeunes voire les adolescents sans distinction de sexe n'en sont pas épargnés et accumulent des problèmes respiratoires aux conséquences jugées superficielles mais souvent fatales.

Le Dioxyde de carbone, méthane, monoxyde de carbone, protoxyde d'azote, oxyde d'azote, composés organiques volatiles non méthaniques et dioxyde de soufre comptent parmi les principaux polluants rejetés dans l'atmosphère à Antananarivo.

Tableau 2.1. Estimation (en gigagramme) des émissions de sept types de gaz à effet de serre à Madagascar.

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVNM	SO ₂
Energie	122,7	42,3	0,4	22,1	650,1	88,9	39,76
Procédés industriels	24,7					3,9	0,05
Agriculture		284,1	66,3	2,2	126,8		
Conversion des forêts et des prairies	15 543	13,4	0,1	3,3	116,9		
Emission de CO ₂ par les sols	40 906						
Déchets		3,2					

Source : Ministère de l'Environnement et des Forêts, 2010.

2.2. ETAT

2.2.1. MESURE DE LA QUALITE DE L'AIR

Les polluants de l'air sont très nombreux car ils recouvrent à peu près tout ce que les activités humaines ont créé à savoir les molécules de synthèses qui peuvent se présenter, à l'état brut, transformées ou brûlées, sous forme de gaz ou de particules de matières. Malheureusement, l'air n'a plus rien de pur. Il contient un mélange complexe de tous ces polluants, à des concentrations variables en fonction de l'endroit où l'on se trouve et de la saison : à Madagascar ou ailleurs, à la campagne ou à la ville, en été ou en hiver, proche de la côte, dans une cuvette ou en altitude, près d'activités industrielles ou à l'intérieur de l'habitation.

La qualité de l'air est caractérisée par plusieurs paramètres dont les matières particulaires en suspension dans l'air, les métaux lourds, les gaz organiques et inorganiques, ainsi que la radioactivité.

Les indicateurs de la qualité de l'air sont axés sur les mesures des deux éléments clés du smog : les particules fines (PM_{2,5} et PM₁₀) et l'ozone troposphérique (O₃). Le smog est un mélange de plusieurs polluants, parmi lesquels les PM_{2,5}, PM₁₀ et l'O₃ qui sont ses composantes principales et qui donnent souvent une apparence brumeuse à l'air. Le niveau de ces polluants dans l'air (qualité de l'air) a été lié à un certain nombre d'effets nocifs sur la santé et l'environnement.

Les concentrations ambiantes de PM_{2,5}, PM₁₀ et O₃ à l'extérieur dépendent de nombreux facteurs, comme les sources d'émissions locales, les conditions météorologiques et le transport de la pollution atmosphérique sur une grande distance. Certains composants de l'atmosphère sont considérés comme des polluants lorsque leur concentration est suffisante pour produire un effet néfaste quantifiable sur les êtres vivants et les matériaux (irritation et altération des fonctions respiratoires et cardio-vasculaires, irritations à effets cancérigènes, maux de tête et vertiges à haute dose, pollution acide, dégradation des bâtiments).

Indice de Qualité de l'Air (IQA)

L'Indice de Qualité de l'Air est un nombre utilisé par les organismes gouvernementaux pour caractériser la qualité de l'air en une journée, à un endroit donné. Il renseigne sur le niveau de la pollution et se concentre sur les effets sur la santé.

Pour calculer l'Indice de Qualité de l'Air, une concentration de polluants de l'air est exigée. La méthode de calcul utilisée pour convertir la concentration de polluants atmosphériques en IQA varie selon le polluant, et chaque pays adopte sa propre méthode.

Pour l'Agence de la Protection Environnemental des Etats Unis (US EPA -Environmental Protection Agency), l'intervalle de valeur adoptée pour le IQA s'étend entre 0 et 500. Une valeur de IQA 100 correspond généralement à la norme nationale de qualité de l'air pour le polluant considéré. Par suite si le IQA est inférieur à 100, la qualité de l'air est considérée généralement satisfaisante, autrement elle est classée malsaine.

Dans la pratique, les valeurs de IQA sont divisées en catégorie ; à une catégorie fait correspondre une description de zone (zonage) et un code de couleur, et à un zonage est attribuée une indication établie par rapport à la santé.

Enfin, l'Indice de Qualité de l'Air vise à comprendre ce que signifie la qualité de l'air local vis-à-vis de la santé. Pour le rendre plus facile à comprendre, l' IQA est divisé en sept catégories. Le tableau 2.1 illustre le zonage adopté par l'US EPA) relatif à la concentration de PM_{2,5} et PM₁₀¹

Tableau 2.2 : Zonage de la qualité de l'air selon l'US EPA (2006)

Valeurs de IQA dans l'intervalle	Zonage	Couleur
0-50	Bon	Vert
51-100	Modéré	Jaune
101-150	Malsain pour les personnes sensibles	Orange
151-200	Malsain	Rouge
201-300	Très malsain	Violet
301-500	Dangereux	Marron
> 500	Très dangereux	Marron foncé

Le IQA se calcule en rapport avec les normes fixées par United States Environmental Protection Agency^{2, 3}

Sont inclus dans le groupe de « personnes sensibles », les enfants, les personnes âgées et les personnes sujettes aux affections cardiaques et pulmonaires.

¹ Air Quality Index (AQI) - A Guide to Air Quality and Your Health <http://www.airnow.gov/index.cfm?action=aqibasics.aqi>

² Air Quality Index (From Wikipedia, the free encyclopedia), §3.8 http://en.wikipedia.org/wiki/Air_Quality_Index

³ Daniel A. Vallero, Fundamentals of Air Pollution — 4th edition, ELSEVIER,(2008), p. 289

2.2.2. POLLUTION DE L'AIR A MADAGASCAR

La pollution de l'air en milieu urbain, se caractérisant par la présence de particules fines (les aérosols, et notamment de carbone) et de smog urbain (y compris l'ozone) bien visible, cause en moyenne chaque année la mort prématurée. Les paramètres mesurés sont : HC, CO₂, CO, O₂ et CO corrélative.

Quelques documents mettent en exergue des émissions de gaz polluant qui participe à l'augmentation de l'effet de serre à Madagascar. Notamment à Antananarivo, avec 8 districts de plus de 1 500 000 habitants saturés par les rejets des automobiles, la qualité de l'air est devenue un enjeu sanitaire majeur pour la capitale. Les enfants, les jeunes voire les adolescents sans distinction de sexe n'en sont pas épargnés et accumulent des problèmes respiratoires aux conséquences jugées superficielles mais souvent fatales.

Les documents de Communications Nationales au titre de la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (Ministère de l'Eau, de l'environnement et des Forêts, 2006 ; Ministère de l'environnement et des Forêts 2010) traitent d'estimation des émissions de gaz polluant participant à l'effet de serre à Madagascar.

En reprenant les données de la Deuxième Communication Nationale au titre de la CCNUCC (MEF 2010), les principales sources de gaz à effet de serre à Madagascar se présentent dans le tableau 2.2 :

Des constats flagrants

Dioxyde de carbone, méthane, monoxyde de carbone, protoxyde d'azote, oxyde d'azote, composés organiques volatiles non méthaniques et dioxyde de soufre comptent parmi les principaux polluants rejetés dans l'atmosphère à Madagascar.



Ces photos reflètent le niveau élevé de la pollution de l'air à Madagascar

2.2.2.1. POLLUTION INTERIEURE

La pollution de l'air intérieur est un problème majeur où 85 pour cent de la population malagasy est exposée en raison de leur dépendance à l'égard de l'utilisation de sources de l'énergie de bois et du charbon pour la cuisson, l'éclairage et le chauffage. Ainsi, le résultat des niveaux élevés de pollution de l'air intérieur, causant des maladies telles que les maladies infectieuses respiratoires aiguës, en particulier chez les femmes et les enfants est très palpant.

2.2.2.2. POLLUTION DE L'AIR AMBIANT

Selon la base des données de l'OMS en 2014, http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/national/countryprofile/AAP_PM_database_May2014.xls?ua=1, Antananarivo, la capitale Malgache, ne figure pas parmi les 1600 villes les plus polluées dans le monde. Mais par rapport à toutes les villes de Madagascar, nous constatons que la qualité de l'air d'Antananarivo que nous respirons se détériore de jour en jour. L'une des principales causes serait le mauvais entretien ou l'ancienneté des véhicules qui circulent encore dans la ville, augmentant ainsi les émissions de particules polluantes, notamment dans les tunnels. Dès lors cette situation pourrait incontestablement avoir des répercussions sur la santé des riverains.

La valeur limite fixée par l'OMS est de 25 microgrammes (μg)/ m^3 pour les particules d'un diamètre égal ou inférieur à 2,5 μm . Au-delà de cette proportion, l'air provoque des maladies cardiovasculaires, des troubles respiratoires et des cancers du poumon. Il est à noter que plus les particules sont fines, plus leur toxicité potentielle est élevée. Autrement dit, les particules de diamètre aérodynamique 2,5 μm sont plus dangereuses que celles de diamètre 10 μm . La pollution de l'air dans la ville d'Antananarivo ne date pas d'hier. Ce phénomène est lié essentiellement au transport, à l'industrie, aux déchets urbains, à l'utilisation et production d'énergie dans les ménages et aux feux de brousse.

Le mauvais entretien ou l'ancienneté des véhicules qui circulent encore dans la cité des milles augmentent ainsi les émissions de particules polluantes, notamment dans les tunnels d'Ambohidahy et d'Ambanidia. A ces endroits, la concentration des matières particulaires de dimension inférieure à 2,5 μm dans l'air dépasse largement la valeur recommandée par l'OMS. Il faut reconnaître que la pollution de l'air est devenue le principal risque environnemental qui pèse sur la santé dans la capitale⁴.

2.2.2.3. POLLUTION A L'EXTERIEUR

La croissance de la population urbaine, l'expansion de l'industrialisation et de la motorisation a augmenté la pollution à Madagascar, notamment à Antananarivo. Les émissions des polluants atmosphériques, leur transport et leur dispersion et le dépôt éventuel contribuent à la pollution atmosphérique.

Il y a un potentiel très élevé de maîtrise de l'énergie solaire et éolienne à Madagascar. Des défis tels que la technologie d'exploitation peuvent être surmontés. Le suivi de la qualité de l'air intérieur et extérieur, y compris les paramètres liés à la santé, est nécessaire à travers le pays.

La prise en compte de la qualité de l'air dans la planification urbaine et territoriale s'avère très importante. Effectivement, les orientations définies dans les documents d'urbanisme doivent être déterminantes pour prévenir, limiter, résorber et gérer la pollution. Le but est de réduire les impacts en maîtrisant les pollutions à la source, en éloignant la population de ces sources et en renforçant les espaces ouverts. A titre d'exemple, la réformation des transports en commun pour inciter les gens à les utiliser, l'instauration des pistes réservées aux deux roues, la réfection des rues (nids-de-poule, canalisation d'eau bouchée) ... constituent déjà des leviers forts pour améliorer la qualité de l'air dans la ville d'Antananarivo.

La pollution de l'air ambiant, sous des formes gazeuses ou particulaires, a un impact négatif sur la santé et l'économie. Les principales sources de pollution de l'air comprennent les véhicules à moteur, les processus industriels, la production d'électricité, et la combustion domestique de combustibles solides.

Comme les molécules d'ozone sont dispersées dans la stratosphère, l'épaisseur de la couche d'ozone est de quelques dizaines de kilomètres. Toutefois, la pression et donc la concentration des molécules dans la stratosphère sont déjà très faibles comparativement à celles que l'on observe au niveau du sol.

⁴ <http://www.newsmada.com/2014/05/13/pollution-de-lair-la-ville-dantananarivo-parmi-les-plus-touchees/#comment-41628>

Conséquemment, la concentration des molécules d’ozone stratosphérique est tellement faible que si on les comprimait au niveau du sol, elles constitueraient autour de la Terre une bande d’une épaisseur d’environ 2 mm.

La surveillance de l’ozone de surface a montré que les concentrations ambiantes dépassent souvent un seuil de 40 parties par milliard (ppb) à laquelle ils peuvent endommager la végétation (Kirkman et al., 2000).

2.3. PRESSION

Les résultats obtenus ont permis d’obtenir une estimation globale de la pression qu’exerce le transport routier sur l’atmosphère dans la ville d’Antananarivo. Les analyses ont mis en évidence le niveau élevé des émissions des polluants, en particulier le plomb et les particules fines en suspension.

Dans les cinq sites où l’étude a été réalisée, le taux de plomb varie de **228 à 2687 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$** et les émissions de particules PM_{10} se situent dans l’intervalle **56-157 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$** . La forte pollution atmosphérique pourrait s’expliquer par la vétusté du parc automobile d’une part et par l’insuffisance et le mauvais état des réseaux routiers disponibles (aussi bien en terme de largeur que de longueur) par rapport au nombre des véhicules qui circulent dans la ville d’Antananarivo et par le mauvais renouvellement de l’air d’autre part.

Probablement dans plusieurs villes de Madagascar, on estime que certaines d’entre elles partagent les mêmes problèmes de pollution atmosphérique, principalement à cause des différents rejets notamment :

2.3.1. POLLUTION DE L’AIR EXTERIEUR

- des transports automobiles,
- des fumées dégagées par certaines unités industrielles,
- des briqueteries artisanales,
- des feux de brousse,
- des incinérations de déchets solides,

2.3.2. POLLUTION DE L’AIR INTERIEUR

- des cuissons aux bois de chauffe,
- des usines génératrices de poussières (tabac, ciment, ...)

2.4. IMPACTS DE LA POLLUTION DE L’AIR

2.4.1. SUR L’ENVIRONNEMENT

Elles se traduisent surtout par l’effet de serre, les pluies acides et la destruction de la couche d’ozone. Durant les trois décennies précédentes, les organismes de surveillance de la pollution préviennent les décideurs et les industriels surtout vis-à-vis des pluies acides ; mais ces quelques dernières années, l’intensification des phénomènes météorologiques extrêmes, conséquences très certaines de l’augmentation des concentrations des gaz à effets de serre dans l’atmosphère, deviennent les préoccupations majeures. En effet, les cyclones, les inondations, les sécheresses, et les hivers extrêmes présentent de sérieux impacts sur les systèmes naturels et humains.

En outre, la destruction de la couche d’ozone facilite la pénétration des rayons ultra-violet dans l’atmosphère, et provoque également de sérieux dégâts sur les fonctions écologiques terrestres.

2.4.2. SUR LA SANTE HUMAINE

La pollution de l’air ou pollution atmosphérique peut être la cause des décès précoces. Selon Michael Jerrett, de la Keck School of Medicine de l’Université de Caroline du Sud, les effets chroniques de la pollution sur la santé sont deux à trois fois plus élevés que ceux estimés ; et il n’y a jamais eu autant de CO2 dans l’atmosphère. 7 à 20% des cancers seraient imputables à des éléments environnementaux dont les produits chimiques.

La dégradation de la couche d’ozone implique une moindre filtration des rayons ultraviolets les plus nocifs et une élévation des risques pour la vie terrestre. Sur la santé humaine, on note surtout les conséquences suivantes :

- brûlures superficielles, conjonctivites, cataractes ;
- augmentation des cancers et vieillissement de la peau ;
- maladies du système immunitaire ;
- réduction de la photosynthèse : diminution des rendements et de la qualité des cultures, disparition du plancton, premier maillon des chaînes alimentaires aquatiques, etc.

De plus, les rayons ultraviolets appelées UV-B accélèrent la génération du smog photochimique, stimulant ainsi la production de l’ozone troposphérique qui est nocif. Elles diminuent, par ailleurs, « la durée de vie » de certains matériaux inorganiques comme les peintures et plastiques.

2.4.2.1. LA POLLUTION HANDICAPE PLUSIEURS CATEGORIES DE PERSONNES

Faute de pouvoir dresser une liste exhaustive des conséquences liées aux polluants, le pourcentage d’insuffisance de poids à la naissance des nouveaux nés a augmenté graduellement dans le pays au cours des cinq dernières années. La ville d’Antananarivo et ses environs font partie des zones les plus gravement touchées. Les plus jeunes sont les plus affectés par la pollution : six enfants sur dix décédant d’une crise d’asthme ont moins de cinq ans, et 90 % des infections respiratoires aiguës surviennent chez des enfants âgés de 0 à 4 ans.

2.4.2.2. EFFETS NEFASTES DE LA POLLUTION DE L’AIR

Les effets néfastes de la pollution atmosphérique urbaine ont été mis en évidence par des études épidémiologiques. Ils sont cohérents avec les travaux toxicologiques.

Les effets sont classés en deux groupes :

. **Les effets à court terme** : Manifestations cliniques, fonctionnelles ou biologiques survenant dans des délais brefs (quelques jours ou semaines) suite aux variations journalières des niveaux ambiants de pollution atmosphérique ;

. **Les effets à long terme** provenant souvent à l’exposition à long terme des particules fines et qui peuvent survenir après une exposition chronique (plusieurs mois ou années) à la pollution atmosphérique causant une réduction de l’espérance de vie à travers les risques accrus tels que le cancer du poumon ou autres maladies cardio-respiratoires.

L’automobile, au cœur du problème



L'INSTN-Madagascar, en partenariat avec The Louis Berger International Inc. a mis en œuvre un projet d'étude sur la pollution atmosphérique qui s'intitule "Plan de Déplacement Urbain_Agglomération d'Antananarivo" depuis 2003.

Dans cette capitale de plus d'un million d'habitants, le bruit et les embouteillages générés par la circulation automobile font partie de la vie quotidienne. La présente étude vise à évaluer l'exposition des citoyens au plomb et aux fines particules en effectuant à la fois des mesures d'exposition sur site en milieu urbain et des comptages routiers sur place pour en savoir le nombre des voitures en circulation, la qualité des moteurs, les types de carburant utilisés et les caractéristiques de la route.



Compte tenu de ce qui a été mentionné à propos de l'IQA, le tableau 3 donne un aperçu général sur la qualité de l'air dans les cinq zones d'études.

Tableau 2.3 : Récapitulation sur le zonage des sites et les indications y afférentes selon l'USEPA (2006)

Lieu	PM _{2,5}			PM ₁₀		
	⁽¹⁾ Taux	IQA	Indication	⁽¹⁾ Taux	IQA	Indication
Avaradoha	57	136	Malsain pour les ⁽²⁾ P. S.	66	56	Modéré
Soarano	128	187	Malsain	157	102	Malsain pour les P. S.
Ampasamadinika	72	155	Malsain	104	75	Modéré
Ambohidahy	93	167	Malsain	120	83	Modéré
Route Digue	41	110	Malsain pour les P. S.	56	51	Modéré

⁽¹⁾ Les taux des particules en suspension sont exprimés en $\mu\text{g.m}^{-3}$

⁽²⁾ P. S. est l'abréviation pour les personnes sensibles

Dans les zones classées « orange », l'exposition de longue durée est déconseillée aux personnes sujettes aux affections respiratoires et cardiaques, les personnes âgées et les enfants. Tandis que dans les zones « rouge », l'accès est interdit aux personnes sujettes aux affections respiratoires et cardiaques, les personnes âgées et les enfants et l'exposition de longue durée est déconseillée aux personnes autorisées.

Finalement, le présent travail a permis d'obtenir une estimation globale de la pression qu'exerce le transport routier sur l'atmosphère dans la ville d'Antananarivo. Il a mis en évidence le niveau élevé des émissions des polluants, en particulier le plomb et les particules fines en suspension.

Dans les cinq sites où l'étude a été réalisée, le taux de plomb varie de 228 à 2687 $\mu\text{g.m}^{-3}$ et les émissions de particules $\text{PM}_{2,5}$ et PM_{10} se situent respectivement dans les intervalles 41-128 $\mu\text{g.m}^{-3}$ et 56-157 $\mu\text{g.m}^{-3}$. La forte pollution atmosphérique pourrait s'expliquer par la vétusté du parc automobile d'une part et par l'insuffisance et le mauvais état des réseaux routiers disponibles (aussi bien en terme de largeur que de longueur) par rapport au nombre des véhicules qui circulent dans la ville d'Antananarivo et par le mauvais renouvellement de l'air d'autre part.

Probablement dans plusieurs villes de Madagascar, on estime que certaines d'entre elles partagent les mêmes problèmes de pollution atmosphérique, principalement à cause des différents rejets notamment des transports automobiles et des feux de brousse,

À travers la descente menée dans la capitale, la révision rapide des normes de qualité environnementale et l'harmonisation de la loi malgache avec les recommandations de l'OMS s'avèreront importantes.

Les niveaux croissants de pollution extérieure, en particulier dans les zones urbaines, exigent des solutions de transport, notamment la réduction du besoin de Voyage et d'investissement dans les systèmes de transport de masse durables.

Des auteurs ont déjà étudié les effets des particules en suspension sur la santé humaine et leurs conséquences au plan économique :

- altération du fonctionnement des voies respiratoires,
- augmentation journalière de fréquence des symptômes des maladies respiratoires,
- augmentation des admissions pour affections respiratoires (asthmes,...) dans les hôpitaux,
- augmentation du nombre d'hospitalisation pour les maladies respiratoires et d'accidents cardio-vasculaires,
- augmentation des affections cardiaques et du taux de mortalité due à une exposition trop fréquente aux particules en suspension,
- augmentation du taux d'absentéismes dans les différents secteurs d'activités et les écoles.

2.4.2.3. EVOLUTION DU TAUX DE PREVALENCE SUR LES INFECTIONS RESPIRATOIRES AIGÜES A MADAGASCAR DE 2011 A 2015.

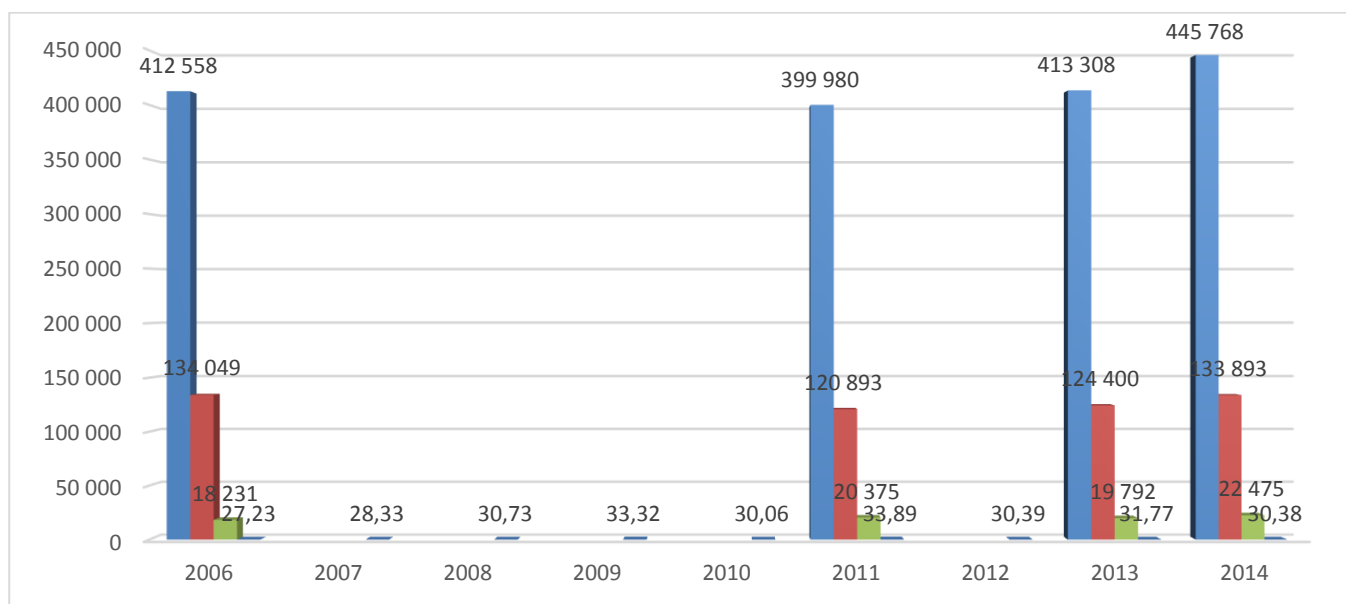
2.4.2.3.1. Taux de morbidité hospitalière des affections respiratoire

On a noté une aggravation du nombre des malades atteints d'infections respiratoires aiguës (IRA). Les premiers atteints sont malheureusement les enfants. D'après une enquête de l'Institut National des Statistiques (INSTAT) de Madagascar concernant les principales maladies à l'origine de la morbidité des enfants, 28,5% sont des IRA.

La dégradation de la couche d'ozone implique une moindre filtration des rayons ultraviolets les plus nocifs et une élévation des risques pour la vie terrestre. Sur la santé humaine, on note surtout les conséquences suivantes :

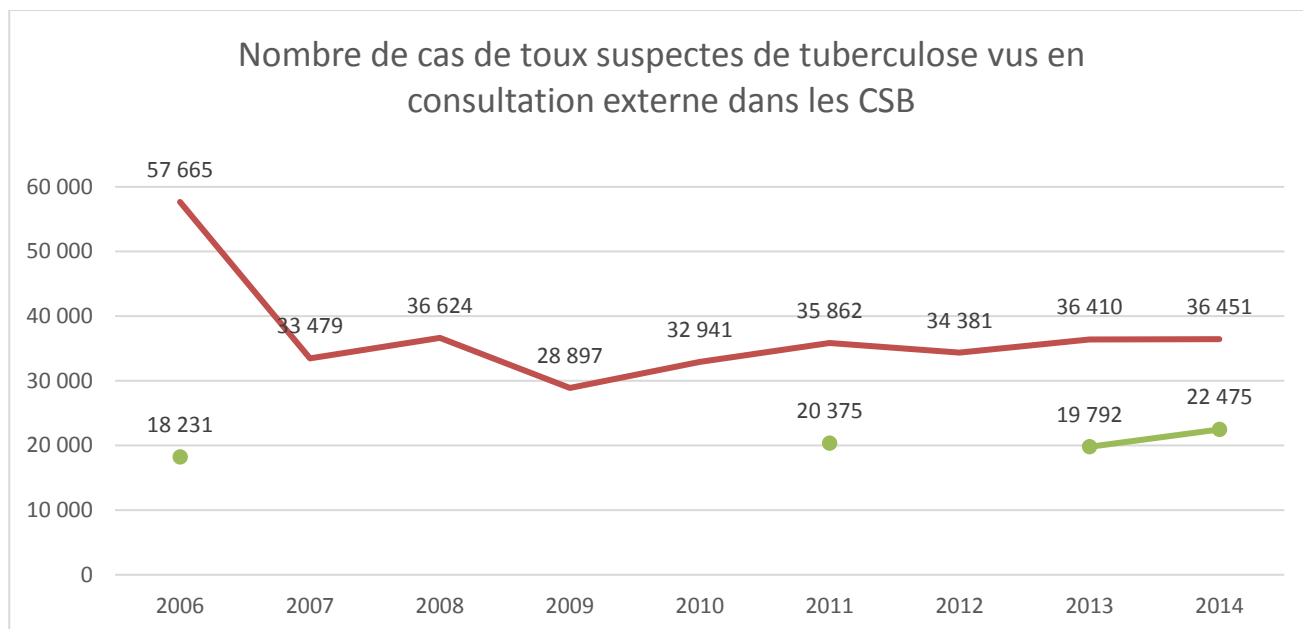
- brûlures superficielles, conjonctivites, cataractes ;
- augmentation des cancers et vieillissement de la peau ;
- maladies du système immunitaire ;

Graphique 2.1. Evolution du taux de morbidité (en %) des toux suspectes de tuberculose au niveau des CSB.



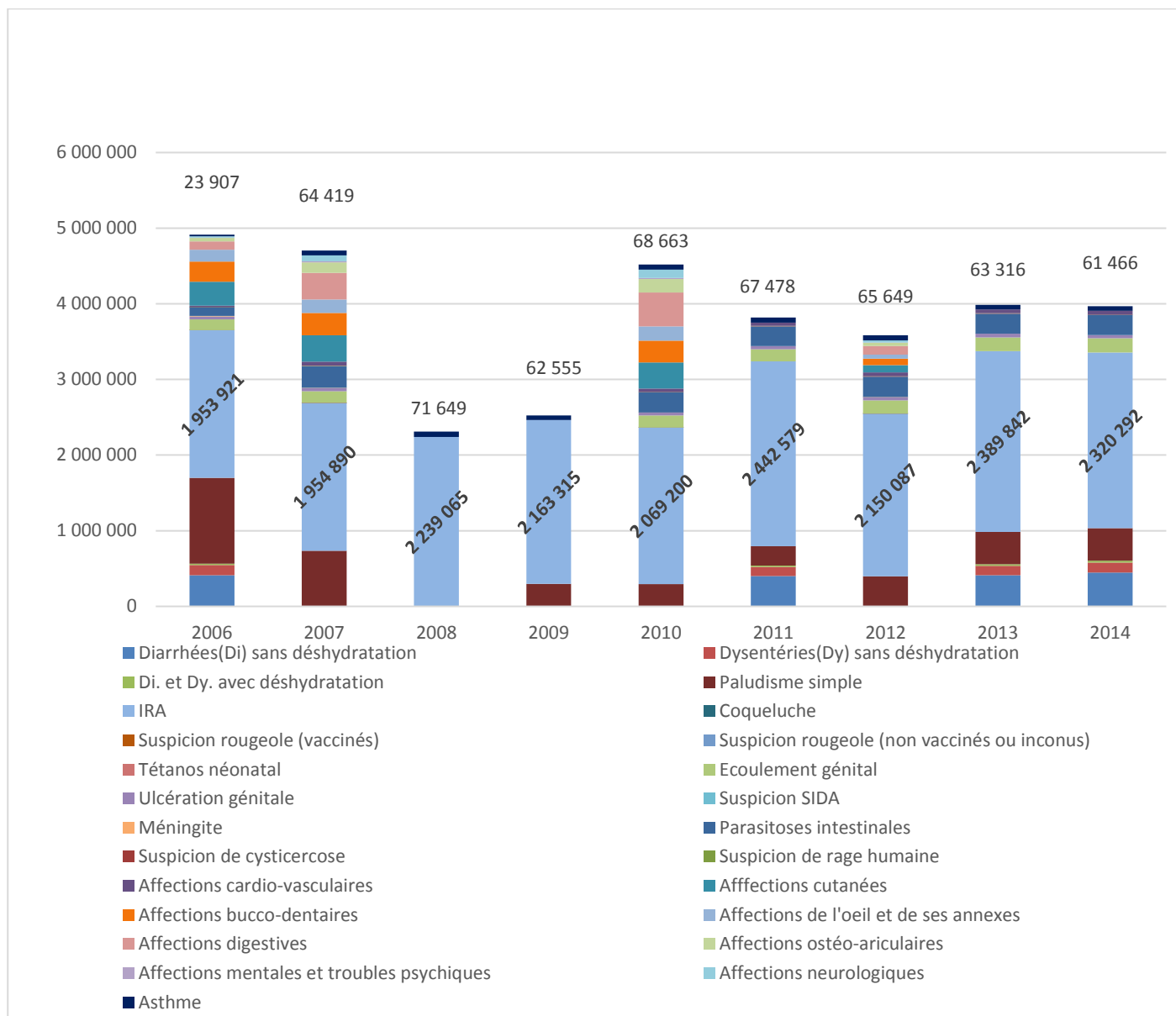
Source : Annuaire des Statistiques Sanitaires 2006-2014.

Graphique 2.2. Taux de morbidité (en %) des maladies diarrhéiques recensés au niveau des CSB.



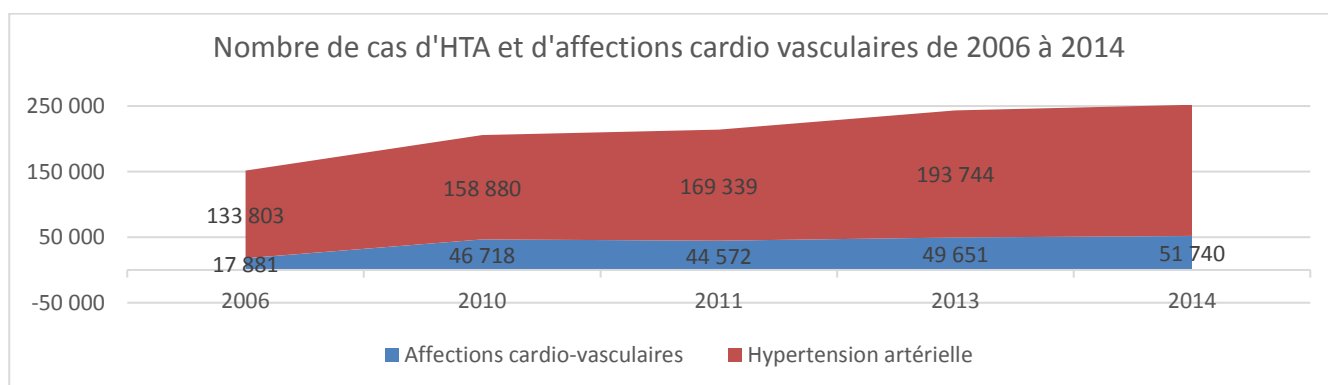
Source : Annuaire des statistiques sanitaires de 2006 à 2014.

Graphique 2.3. Evolution du nombre de cas d'IRA et d'Asthme vus en consultation externe dans les CSB de 2006 à 2014



Source : Annuaire des statistiques sanitaires de 2006 à 2014.

Graphique 2.4. Evolution du nombre des affections cardio-vasculaires et de HTA de 2006 à 2014.



Source : Annuaire des statistiques sanitaires de 2006 à 2014.

2.4.3. SUR L'ECONOMIE

Le traitement des maladies IRA est très coûteux pour chaque famille et pour l'Etat .

L'Etat devrait prendre en charge les patients fonctionnaires, atteint de ces maladies respiratoires.

2.4.4. EVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR

Pour avoir plus de fiabilité des données, une attention particulière sera portée à des points d'intérêts spécifiques appelés « sites sensibles ». Ces sites sensibles concernent de lieux occupés, ouverts ou fermés, par des personnes sensibles à la pollution de l'air (écoles, collèges, gymnases, usines et terrains de sport), ou des lieux accueillant du public en nombre important (zones commerciales, abribus)

Selon l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires (INSTN), Madagascar ne dispose pas encore des normes nationales concernant la pollution de l'air dans le milieu ambiant. Il fait référence aux normes internationales recommandées par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et/ou les normes américaines United States Environmental Protection Agency (US EPA)

L'actualisation des données statistiques sur la qualité de l'air est difficile, faute de moyens financiers. Plusieurs informations permettant de mettre en évidence les relations à effet de cause qualité de l'air/santé humaine sont insuffisantes ou font défaut, parmi lesquelles :

- Les données actualisées sur la qualité de l'air ;
- Les données sur les études épidémiologiques relatives à la qualité de l'air ;
- Les données résultant de l'analyse de l'air contaminé par les gaz toxiques dégagés par les déchets et ordures ménagères.

Toutefois à Madagascar, l'étude de la pollution de l'air a commencé en 1996 sous l'initiative de l'INSTN. Dans le courant des années 2007 et 2008, une étude a été effectuée sur quelques sites à haut trafic automobile de la ville d'Antananarivo. Il s'agit des quartiers d'Andravoahangy et d'Ambodin'Isotry. Dans le premier, le mercredi est une journée d'affluence due à la tenue du marché hebdomadaire, tandis que dans le second quartier, ce marché a lieu tous les samedis. De plus, les appareils de mesure ont été installés dans les écoles primaires publiques desdits quartiers.

Les résultats chiffrés donnant les concentrations journalières moyennes, le maximum journalier, le minimum journalier, le nombre de jours de dépassement des valeurs limites sont consignés sous la forme de tableau (cf. tableau 4.) et de graphique dans les graphiques Fig. 4 et 5 pour Andravoahangy 2007, Fig. 6 et 7 pour Andravoahangy 2008, Fig. 8 et 9 pour Ambodin'Isotry 2008.

Concentrations de PM_{2,5} et PM₁₀ par rapport à la réglementation

Sur les 21 jours de prélèvement effectué à Andravoahangy en 2007, 14 jours présentent des taux de PM_{2,5} dépassant la valeur limite des directives 2005 de l'OMS, fixée à 25µg/m³. En 2008, toujours à Andravoahangy, le nombre de jours de dépassement est de 17 sur les 28 j. Et à Ambodin'Isotry, 5 j de dépassement sont observés sur les 23 j de prélèvement réalisé (cf. Tableau 2.8). Non seulement ces valeurs sont maximales mais elles dépassent de facteur multiplicatif 2 à 3 (pour les PM_{2,5}) et 2 (pour les PM₁₀) par rapport à la valeur limite fixée par les normes OMS. Les 3 sites d'étude ne sont pas alors conformes aux normes OMS car le nombre de jours de dépassement autorisés est de 3.

Il en est de même pour les PM₁₀ ; la valeur limite fixée à 50µg/m³ a été dépassée dans 14 /21 j, 14/28 j et 10/23 j respectivement à Andravoahangy en 2007, à Andravoahangy en 2008 et à Ambodin'Isotry en 2008. Ainsi, les normes OMS ne sont pas respectées sur ces 3 sites car le nombre de jours de dépassement autorisés est de 3.

Cependant, en se référant aux normes US EPA, seules les PM_{2,5} présentent des inconformités en particulier le mercredi à Andravoahangy et le samedi à Ambodin'Isotry. La valeur seuil de 35 µg/m³ y est dépassée de 1,5 à 2 fois ; le dépassement est observé 5j sur 21 à Andravoahangy 2007, 9j sur 28 à Andravoahangy 2008 et 1j sur 23 à Ambodin'Isotry 2008. Alors qu'aucun dépassement n'est autorisé par l'EPA, en conséquent les 3 sites d'étude ne sont pas alors conformes aux normes USEPA.

Tableau 2.4 : Résumé des données sur les particules PM_{2,5} et PM₁₀

	Andravoahangy 2007		Andravoahangy 2008		Ambodin'Isotry 2008		Référence
	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	
Moyenne journalière (µg.m ⁻³)	31,1	59,5	32,8	55,0	19,9	54,8	
Minimum journalier (µg.m ⁻³)	13,1	27,2	9,1	18,5	7,8	25,4	
Maximum journalier (µg.m ⁻³)	64,6	96,5	70,8	109,3	51,3	128,7	
Nombre de jours (>25 µg.m ⁻³)	14		17		5		OMS (2005) ⁵
Nombre de jours (> 50 µg.m ⁻³)		14		14		10	OMS (2005)
Nombre de jours (>35 µg.m ⁻³)	5		9		1		US EPA (2006) ⁶
Nombre de jours (> 150 µg.m ⁻³)		0		0		0	US EPA (2006)

Source : INSTN, 2008

Périodicité du phénomène de pollution particulaire

Cas d'Andravoahangy : Nous constatons que les graphiques 4 et 6 présentent un caractère périodique de période une semaine avec un pic maximum le mercredi, jour de marché et un minimum le dimanche, jour férié. En observant les graphiques 4 et 5, la périodicité de la graphique 4 se reflète dans la graphique 5 où l'on voit apparaître l'allure similaire de la courbe pour la semaine. Il en est de même pour le cas des graphiques 6 et 7 (Andravoahangy 2008).

Cas d'Ambodin'Isotry : La même constatation est faite sur ce site, seulement un pic maximum est observé le samedi, jour de marché et un minimum le dimanche, jour férié.

Incidence du trafic routier sur les concentrations en PM_{2,5} et PM₁₀

Comme il a été mentionné dans le paragraphe précédent, les maxima correspondant aussi bien aux PM_{2,5} qu'aux PM₁₀ apparaissent les jours de marché : le mercredi à Andravoahangy et le samedi à Isotry c'est-à-dire les jours de grande affluence de la circulation automobile entraînant la création d'embouteillage dans plusieurs axes du quartier.

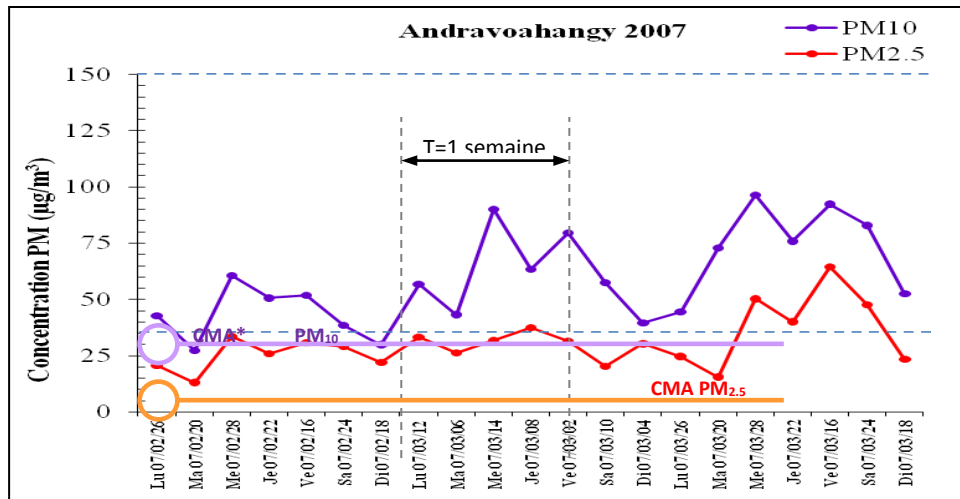
Et les minima journaliers qui sont inférieurs aux normes se produisent le dimanche, jour férié.

Quoiqu'il en soit, les épisodes de pollution correspondent aux périodes de circulation routière dense.

⁵ WHO/SDE/PHE/OEH/06.02 /WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, Global update 2005, WHO (2006), pp 9-13

⁶ R. Esworthy, Air Quality: EPA's 2013 Changes to the Particulate Matter (PM) Standard, Congressional Research Service, (2005), pp 6-10

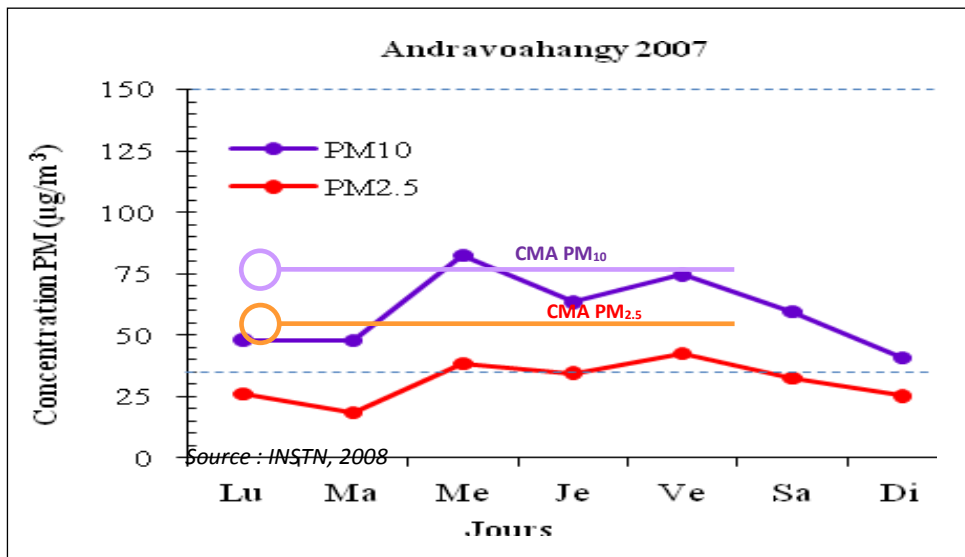
Graphique 2.5 : Les concentrations journalières des particules PM_{2,5} et PM₁₀ à Andravoahangy 2007



* CMA : Concentration Maximale Admissible

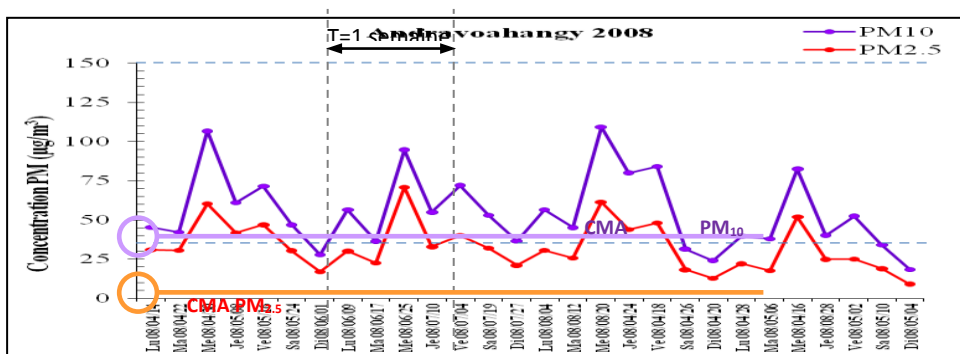
Source : INSTN, 2008

Graphique 2.6 : Les valeurs moyennes des concentrations journalières de PM_{2,5} et PM₁₀ à Andravoahangy 2007



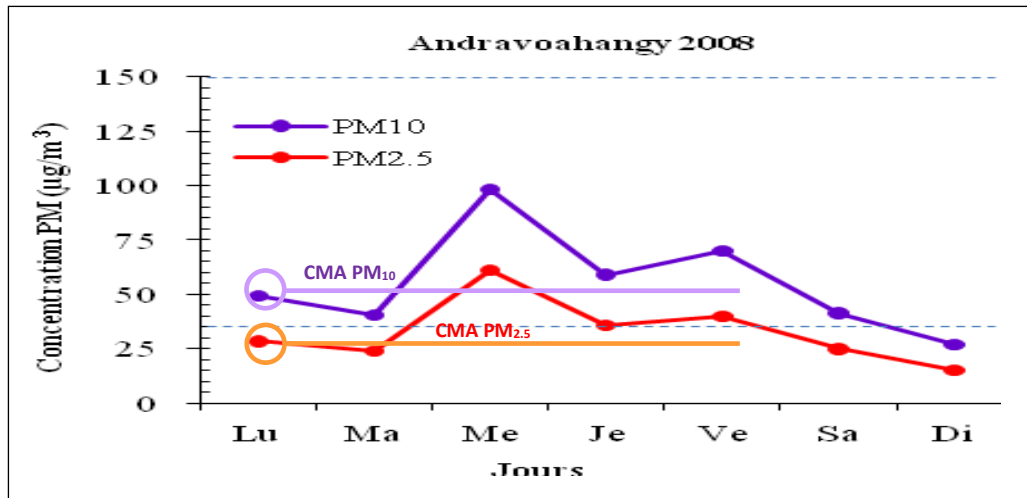
Source : INSTN, 2008

Graphique 2.7 : Les concentrations journalières des particules PM_{2,5} et PM₁₀ à Andravoahangy 2008



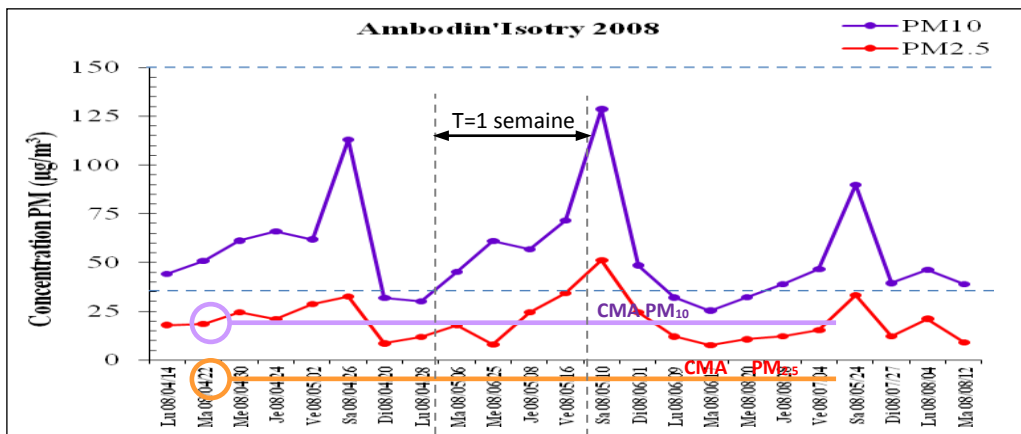
Source : INSTN, 2008

Graphique 2.8 : Les valeurs moyennes des concentrations journalières de PM_{2,5} et PM₁₀ à Andravoahangy 2008



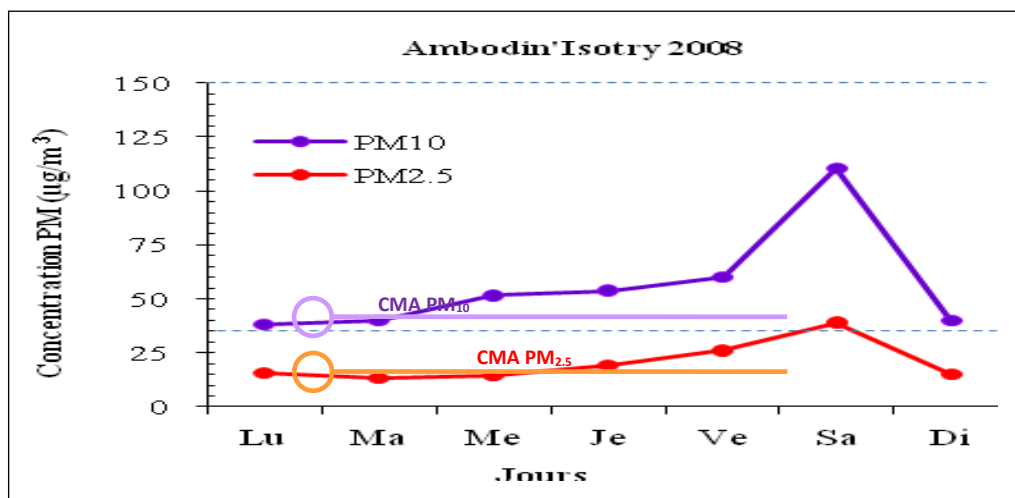
Source : INSTN, 2008

Graphique 2.9 : Les concentrations journalières des particules PM_{2,5} et PM₁₀ à Ambodin'Isotry 2008



Source : INSTN, 2008

Graphique 2.10 : Les valeurs moyennes des concentrations journalières de PM_{2,5} et PM₁₀ à Ambodin'Isotry 2008



Source : INSTN, 2008