

Sommaire

Sommaire.....	1
I. Introduction.....	3
II. La pollution de l'air.....	4
1) Définition.....	4
2) Les types de pollution.....	4
2.1 Pollutions photochimiques.....	4
2.2 Acidifications.....	4
2.3 Combustions de biomasse.....	5
2.4 Trous de la couche d'ozone.....	5
2.5 Pollutions électromagnétique.....	6
2.6 Accentuations de l'effet de serre.....	6
3) Les sources de pollution.....	7
3.1 Les sources anthropiques	7
3.1.1 les polluants primaires.....	7
3.1.2 Les polluants secondaires.....	7
3.2 Les sources naturelles	8
III. les effets de la pollution de l'air sur le système respiratoire.....	9
1) Le système respiratoire.....	9
1.1 Définition de système respiratoire.....	9
1.2 Fonction de système respiratoire.....	9
1.3 Les pathologies respiratoires spécifiques.....	9
1.4 Pathologies respiratoires non spécifiques.....	12
1.5 Les personnes à risque.....	12
IV. les impacts sur la santé.....	13
1) L'impact de la pollution atmosphérique sur la santé des populations dans le grand Casablanca.....	13

2) L'impact de la pollution de l'air sur la santé des enfants asthmatiques à Mohammedia.....	16
3) Etude de la pollution atmosphérique et de son impact sur la santé de la population de Safi	22
V. Conclusion.....	24
Bibliographie	25
Référence des figures	26
Webographie.....	27

I. Introduction

La pollution de l'air est un sujet sensible puisqu'elle touche la santé des personnes et des intérêts économiques importants. Elle est aussi un sujet complexe car, d'une part, les différents polluants ont des sources hétérogènes, ils n'ont pas les mêmes effets et n'appellent pas toujours les mêmes solutions et, d'autre part, leurs localisations et leurs provenances sont de nature variables. En outre, certaines pollutions dépassent le cadre national comme celles qui contribuent à l'effet de serre ou qui résultent des déplacements de polluants sur de longues distances.

Cette pollution atmosphérique concerne surtout les grandes agglomérations qui regroupent à la fois des sources mobiles et fixes de pollution, qui sont générées respectivement par le transport et les installations industrielles et énergétiques.

Selon l'organisation mondiale de la santé trois millions de personnes meurent chaque année sous l'effet de la pollution atmosphérique, soit 5% des 55 millions de décès annuels dans le monde. Vu la marge d'incertitude des estimations, le nombre réel des décès annuels pourrait se situer entre 1,4 et 6 millions.

Le seuil maximum fixé par l'OMS de 20 microgrammes par mètre cube pour la concentration annuelle de particules fine PM10 dans l'air pulvérisé dans la plupart des villes des pays émergents. La ville la plus polluée au monde n'est pas New Delhi comme en 2014, mais Peshawar, au nord-est du Pakistan, où le niveau de concentration atteint 540 microgramme par mètre cube.

Depuis un certain nombre d'années, les professionnels de santé au Maroc ont essayé d'attirer l'attention des pouvoirs publics sur les impacts néfastes de la pollution atmosphérique sur la santé sans que ces constats soient prouvés scientifiquement. C'est ce constat qui a amené le Département de l'Environnement, en 1997, à démarrer le projet Casa-Airpol, Mohammedia et Safi qui consistaient à évaluer les impacts de la pollution atmosphérique sur la santé des populations dans l'agglomération de ces villes.

Dans ce travail nous présenterons brièvement les différents composants et les sources de la pollution de l'air. Nous nous intéresserons également aux différents effets et impacts de la pollution atmosphérique sur notre santé.

Pour cela, nous citerons trois études faites respectivement à Casablanca, Mohammedia, et Safi et ce durant les années 2000 et 2002 et finirons par une conclusion

II. La pollution de l'air :

1. Définition:

Selon la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie de 1996, La pollution atmosphérique est définie comme " l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels, à provoquer des nuisances olfactives ‘ Dans cette pollution de l'air on peut citer :

La pollution de proximité: Elle est locale et immédiate; c'est la pollution dans les villes au bord des zones industrialisées, ou fortement peuplées ou dans les zones d'agricultures intensives.

La pollution à distance: Cette pollution concerne certains polluants qui sont transportés loin de leurs sources d'émission parfois à des milliers de kilomètres. Les manifestations les plus connues de cette pollution déplacée et différée sont:

- ✓ Les pluies acides: Elles sont dues à la formation de plusieurs polluants qui proviennent des rejets en zones urbaines.
- ✓ L'eutrophisation: C'est la contamination de l'eau.

La pollution planétaire: D'autres polluants n'ont pas d'action directe sur notre santé, mais ils interfèrent avec les mécanismes de régulation de notre planète, ce qui peut à terme entraîner de graves perturbations de nos modes de vie dues aux problèmes sanitaires d'une ampleur sans précédent.

(Cogiterra, 2016)

2. Les types de la pollution de l'air :

2.1 La Pollution photochimique :

La pollution photochimique communément dite photo-oxydante est due à la transformation de polluants primaires, des précurseurs chimiques, en espèces oxydantes sous l'effet des rayonnements solaires.

Elle résulte de la dissociation de dioxyde d'azote par rayonnement UV, cette dernière constitue la principale source d'o₂ atomique dans les basses couches de l'atmosphère. La pollution photochimique est donc responsable des pics d'ozone et de leurs effets néfastes sur les populations humaines ainsi que sur les végétaux. (Guillaume Jausse, 2010)

2. 2 L'Acidification :

L'acidification résulte des émissions de SO₂, NO_x, ou HCL et aussi celle de NH₃ des activités humaines qui retombent en partie à proximité des sources mais a certaines, voire des milliers de kilomètres de leurs sources émettrices. Ce phénomène peut modifier les équilibres chimiques et biologiques et affecter gravement les écosystèmes. (Cogiterra, 2016)

2-3 La combustion de biomasse :

La combustion est la méthode traditionnellement utilisée pour produire de l'énergie à partir de la biomasse. Il s'agit de brûler la biomasse afin de créer des gaz de combustion chauds qui peuvent ensuite être utilisés dans des chaudières afin de produire de la vapeur pour alimenter des engins électriques.

La biomasse est l'ensemble de la matière organique d'origine végétale ou animale dont ces principales formes de l'énergie sont : Les biocarburants pour le transport (produits spécialement à partir de sucre, de céréales, d'oléagineux et d'huiles usagées) ; la combustion de bois et de déchets dans des centrales produisant de l'électricité, de la chaleur ou les deux, et le chauffage domestiques (alimenté au bois). . (Cogiterra, 2016)

2. 4 Trous de la couche d'ozone:

L'atmosphère est divisée en quatre couches : Thermosphère, mésosphère, stratosphère et troposphère.

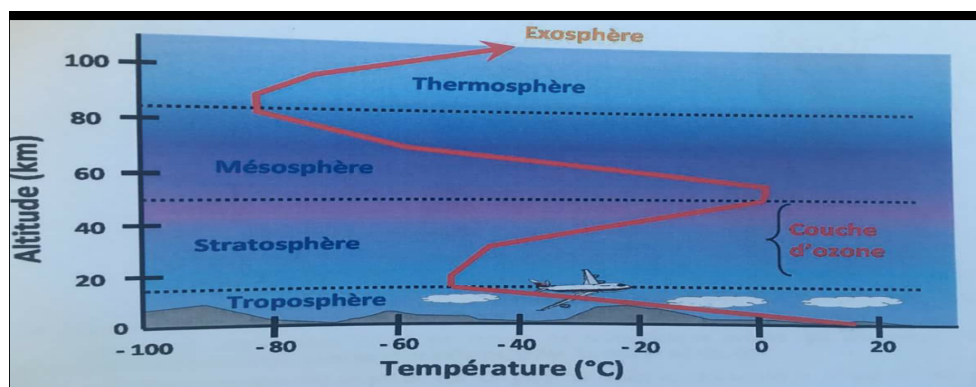


Figure 1: les différents couches d'ozone

L'ozone (O₃) est un gaz naturellement présent dans l'atmosphère, qui forme la couche d'ozone. Il absorbe une partie du rayonnement ultraviolet du soleil dans la stratosphère. C'est ce que l'on appelle le **bon ozone**.

Dans la troposphère, l'ozone a subi des transformations chimiques entre les composés organiques volatils et les oxydes d'azote, ces réactions sont stimulées par le rayonnement solaire. C'est le **mauvais ozone** (Ademe, 2016)

2-5 La pollution électromagnétique :

La pollution électromagnétique est constituée par les champs magnétiques et électriques qui sont présents dans notre environnement et qui ne sont pas d'origine naturelle.

Un champ électrique est produit par une différence de potentiel électrique (DDP) entre deux points : plus la DDP est élevée, plus le champ qui en résulte est intense. Ce champ électrique survient même s'il n'y a pas de circulation de courant, contrairement au champ magnétique qui n'apparaît que lorsque le courant circule : plus l'intensité du courant est élevée, plus le champ magnétique est important.

La pollution électromagnétique est vécue différemment selon les personnes et peut avoir des conséquences non négligeables : Maux de tête, stérilité, sensation de fatigue, trouble du système nerveux (nervosité), trouble chez la femme enceinte, insomnies, troubles de concentration, trouble de sommeil, effets possibles sur la mémoire,....etc. (Ghislaine rierso, 2012)

2.6 Accentuation de l'effet de serre:

Les gaz répandus dans l'air absorbent une partie du rayonnement infrarouge émis par la terre et le dégage vers le sol en induisant un réchauffement, les conséquences de ce dernier sont nombreuses, il s'agit :

- De diminution des ressources hydriques par évaporation
- D'élévation des niveaux de mer liée à l'expansion thermique des océans et à la fonte des glaciers continentaux, ce qui peut entraîner des inondations des marges continentales. (Maynard F, 2011)

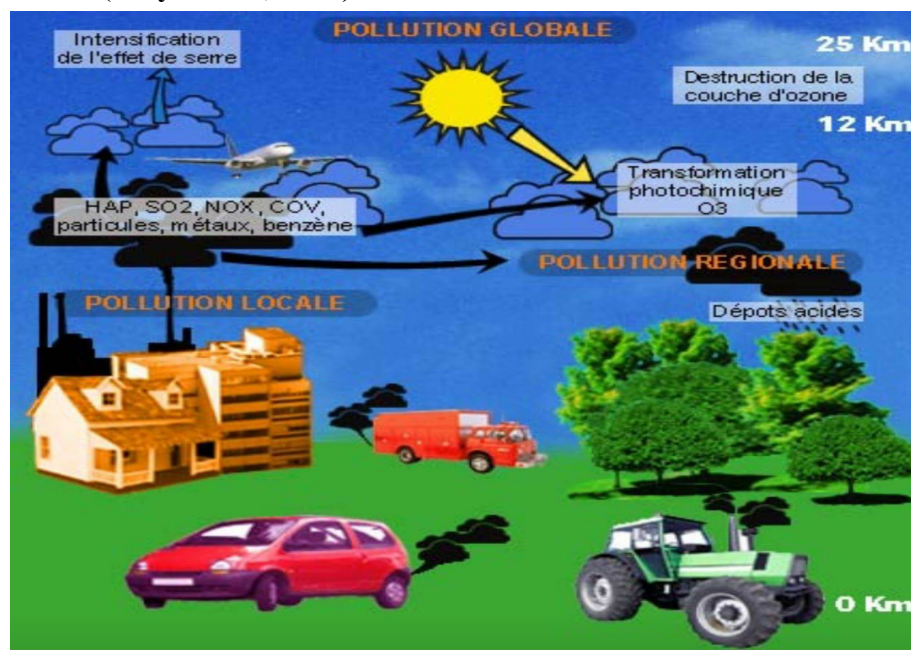


Figure 2: les différents types de la pollution de l'air

3- Les sources de la pollution d'air :

3-1 Sources anthropiques :

Les sources anthropiques sont des sources qui prennent leurs origines des activités humaines. On peut les classer en polluants primaires et polluants secondaires.

3- 1- 1 Les polluants primaires :

Les polluants primaires sont des substances malveillantes qui proviennent directement d'une source polluante identifiée et qui sont :

- **L'oxyde de soufre SO₂** : Provient de la combustion des matières fossiles comportant du soufre. Il est rejeté dans l'atmosphère par les activités industrielles et émis par le chauffage résidentiel, commercial ou des entreprises.
- **L'oxyde d'azote Nox** : Produit lors d'interactions chimiques entre l'azote atmosphérique et l'oxygène comme une source d'énergie, il provient surtout des véhicules et des installations de combustion.
- **Le monoxyde de carbone CO** : C'est un gaz incolore, inodore, de densité proche de l'air ($d = 1,0357$) qui se forme lors des combustions incomplètes des substances carbonées. Il est inhalé par les poumons, diffuse à travers la membrane alvéole-capillaire et 80% se fixe sur l'hémoglobine avec une affinité de 200 à 250 fois supérieure à celle de l'oxygène. (Louis Schriver- Mazzuoli, 2009)
- **Les composés organiques volatiles (COV)** : Sont appelés aussi hydrocarbures non méthaniques NMHC, ils interviennent dans la formation d'ozone troposphérique et contribuent au phénomène des pluies acides qui attaquent les végétaux et les bâtiments ; ils proviennent du transport routier ou de l'utilisation de solvants dans les procédés industriels.
- **Les métaux** : Comprend le plomb (Pb), le mercure (Hg), l'arsenic (As), le cadmium (Cd), et le Nickel (Ni). Ils sont toxiques, présents dans l'atmosphère à l'état de traces sous forme de fines poussières. Les métaux lourds sont d'origine de diverses activités industrielles, de pétrole, des incinérateurs, ...
- **Les particules en suspension** : Ce sont des particules malveillantes car elles contiennent souvent des substances toxiques et se fixent dans les bronches, provoquant des bronchites et des cancers du poumon. On trouve également des grosses particules ($T \geq 2,5 \mu m$) qui ne sont pas dangereuses pour la santé car elles sont éliminées dans le système respiratoire et des fines particules ($T < 2,5 \mu m$).

3- 1- 2 les polluants secondaires :

Ce sont des polluants issus des polluants primaires, et qui proviennent de réactions chimiques de gaz entre eux. C'est le cas notamment de particules secondaires, de dioxyde d'azote et de l'ozone. Ce dernier est un polluant secondaire qui provient de la transformation chimique de l'oxygène au contact d'oxyde d'azote et d'hydrocarbure, en présence d'une température élevée et de rayonnement ultra-violet solaire.



Figure 3 : Photo prise par nous même à Jerf El Asfar

3- 2 Sources naturelles :

La pollution atmosphérique peut être aussi d'origine naturelle. Voir tableau ci-dessous:

Tableau 1: les sources naturelles des polluants atmosphérique (Masclét P., 2005)

Les polluants	Les sources
Les composés soufrés	_ l'activité volcanique sous forme de dioxyde de soufre SO₂ _ le pétilllement marin _ les émissions biogénique
Les composés azotés	_ les volcanismes _ les éclairs _ les microorganismes anaérobies
Monoxyde de carbone	_ les éclairs _ les volcanismes _ les incendies de forêts
Matière particulaire	_ érosion éolienne _ éruption volcanique _ feux de forêts

--	--

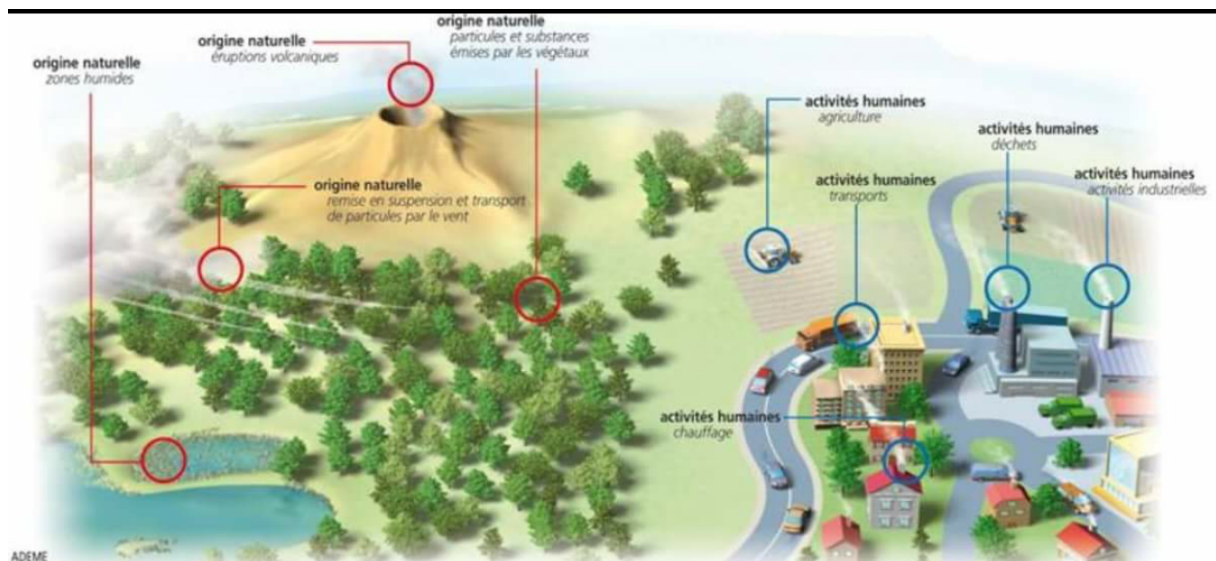


Figure 4 : les différentes origines de la pollution atmosphérique

III. Les effets de la pollution de l'air sur le système respiratoire :

1) Le système respiratoire :

1_1) Définition de système respiratoire:

La respiration est un processus par lequel les structures assurant cette fonction permettant un échange gazeux nécessaire pour le maintien de la respiration à l'échelle cellulaire.

L'appareil respiratoire se divise en deux parties séparées par le pharynx : les voies aériennes supérieures et l'appareil broncho-pulmonaire. Les voies aériennes supérieures comprennent une série de cavités communicantes : le nez, les sinus, le rhinopharynx et l'appareil broncho-pulmonaire commence par le larynx et se continue par la trachée dans le thorax, pour se diviser en deux bronches primaires ou principales. Ces dernières se divisent en branchements pour se terminer dans les alvéoles.

1_2) Fonctions du système respiratoire:

La fonction respiratoire consiste à faire parvenir dans toutes les cellules du corps, la quantité d'oxygène nécessaire au métabolisme cellulaire, et à éliminer le dioxyde de carbone (CO_2) au fur et à mesure qu'il se produit. Elle est due à deux sortes de

processus: des processus mécaniques sous la dépendance du système nerveux, correspondant à des mouvements alternatifs de la cage thoracique (inspiration et expiration), et des processus chimiques consistant en échanges gazeux entre le sang et l'air, et entre le sang et les différents tissus cellulaires. **(Louis Schriver- Mazzuoli, 2009)**

1_3) les pathologies respiratoires spécifiques :

Les pathologies respiratoires spécifiques sont de deux types : les pathologies non infectieuses et les pathologies infectieuses

a) Les pathologies non infectieuses :

Les principales pathologies sont résumées dans ce tableau :

Tableau 2 : les pathologies liées à la pollution (Louis Schriver- Mazzuoli, 2009)

organe	Pathologie ou syndrome	Substances de l'air incriminées
Appareil respiratoire	Irritation : toux, bronchite aiguë, broncho-pneumonie obstructive	Chlore, ozone, oxydes d'azote, styrène, poussières
	Sensibilisation : allergie respiratoire, rhinite allergique, asthme, alvéolite allergique extrinsèque	Aldéhyde, poussière métalliques, poussière végétales, biologiques
	Cancers : cancers bronchique, cancer des cavités nasales ou des sinus	Radon, hydrocarbures aromatiques polycycliques, benzène, tabac, toluène
Système cardiovasculaire	Hypertension artérielle, myocardiopathie, troubles du rythme cardiaque, insuffisance coronarienne	Plomb, cadmium, monoxyde de carbone
Reins et voies urinaires	Altération du parenchyme rénale, insuffisance rénale chronique, syndrome néphrétique, cancer de la vessie	Plomb, cadmium, mercure, hydrocarbures halogénés, HAP, amines aromatiques

Foie	Hépatites, cancer	Hydrocarbures aliphatiques halogénés, métaux et métalloïdes, styrène, solvants organiques, trichloréthylène, organochlorés et phosphorés
Organe	Pathologie ou syndrome	Substances de l'air incriminées
Sang et moelle osseuse	Anémie, polyglobulie, leucémies	Benzène, métaux, éthers de glycol
Oeil	Conjontivite	Poussières, pesticides, oxydes d'azote, ozone, solvants, benzène, toluène, détergents
Os	Ddéminéralisation osseuse	Cadmium
Système nerveux	Altération des neurones et de leurs récepteurs	Monoxyde de carbone, poussières métalliques, solvants organiques, styrène, vapeurs de mercure

a) Les pathologies infectieuses :

L'effet pathogène produit par un agent infectieux, capable de se multiplier dans l'organisme, peut-être de type invasif en créant inflammation et ulcération des tissus ou de type toxiques suite à la production et l'action des toxines sécrétés par le microorganisme. Les effets produits peuvent être chronique, cancérogènes et entraîner la mort.

Le pouvoir pathogène d'un micro-organisme résulte de l'action du micro-organisme et de la réceptivité de l'hôte c'est-à-dire de son statut immunitaire. On trouve ainsi les micro-organismes pathogènes spécifiques pénétrant chez un individu bien portant et les micro-organismes pathogènes opportunistes ne provoquant des effets néfastes que chez des sujets fragiles aux défenses immunitaires amoindries.

Ces pathologies infectieuses concernent particulièrement les des voies respiratoires supérieures (rhume, rhinopharyngite, sinusite), des voies respiratoires inférieures

(bronchite chronique, bronchiolite), bronchites et trachéo-bronchites aiguës, La légionellose et l'aspergillose. (Louis schriver-Mazzuoli, 2009)

Les maladies respiratoires les plus souvent aggravées par la pollution atmosphérique sont les suivantes :

b_1) L'asthme : il est caractérisé par l'inflammation et l'enflure des tubes bronchiques (voies respiratoires) qui nuisent au passage de l'air et causent des symptômes comme l'essoufflement, la respiration sifflante, la toux et l'oppression thoracique. Les crises d'asthme peuvent être causées par divers facteurs, dont l'exercice physique, les infections, le pollen, les allergies et le stress. Elles peuvent aussi être déclenchées par une sensibilité à la pollution atmosphérique.

b_2) Les Maladies pulmonaire obstructive chronique : le système respiratoire est particulièrement sensible à la pollution atmosphérique. Les poumons doivent pouvoir absorber de grandes quantités d'air afin d'apporter suffisamment d'oxygène au système sanguin. Les polluants atmosphériques, comme l'ozone troposphériques et matière particulière, peuvent directement endommager les poumons. Ces polluants peuvent également provoquer une inflammation des poumons pouvant nuire au fonctionnement du cœur et des vaisseaux sanguins. Les polluants atmosphériques peuvent aussi se retrouver dans le sang et nuire au fonctionnement d'autres organes. (Louis schriver-Mazzuoli, 2009)

1_4) pathologies respiratoires non spécifiques:

a) Sick Bulding Syndrom (SBS) ou syndrome des bâtiments malades ou malsains:

Il s'agit du syndrome des bâtiments malades ou encore appelé la maladie des tours à bureau, la maladie des grattes ciel ou des grands ensembles. Les signes cliniques les plus fréquents sont: l'irritation et l'obstruction nasale, la sécheresse, l'essoufflement, la migration, la perte sensorielle du goût et de l'odorat et la sensation d'éblouissement.

b) multiple chemical sensitivity (MCS) ou sensibilité chimique multiple:

C'est une exacerbation de la sensibilité aux produits chimiques. Les signes cliniques les plus fréquents sont: les difficultés respiratoires, les troubles neurologiques, les douleurs musculaires et auriculaires, une diminution de la concentration et de la mémorisation, trouble de la vision, la perte d'odorat, l'irritation des yeux, les troubles digestifs et arythmie cardiaque. (Louis schiver-Mazzuoli, 2009)

1_5) Les personnes à risque :

Toute personne est touchée par la mauvaise qualité de l'air et quelques-uns sont plus à risque que d'autre .Nos poumons permettent a de grandes quantités d'air de venir en

contact avec notre sang afin que nos corps puissent recevoir de l'oxygène ,et ensuite du dioxyde de carbone .lorsque nous respirons de l'air pollué , nous irritons des voies respiratoires hypersensibles , et les polluants s'infiltrant dans notre sang et sont distribués à notre cœur et les autres organes . Le tableau ci-dessous nous donne un aperçu sur les personnes les plus vulnérables:

Tableau

3 : les personnes à risque

Qui ?	Pourquoi ?
Enfants	Leurs poumons et voies respiratoires sont encore en développement et sont plus susceptibles aux polluants.
Personnes atteintes d'une maladie respiratoire ou cardiovasculaire	Leurs systèmes respiratoire et cardiovasculaire sont déjà affaiblis.
Personne âgées	Ils respirent d'énormes quantités d'air lors d'exercices comparés à la population normale, ce qui peut exposer leurs voies respiratoires a plus de polluants.
Athlètes	Ils respirent d'énormes quantités d'air lors d'exercices comparés à la population normale, ce qui peut exposer leurs voies respiratoires a plus de polluants.

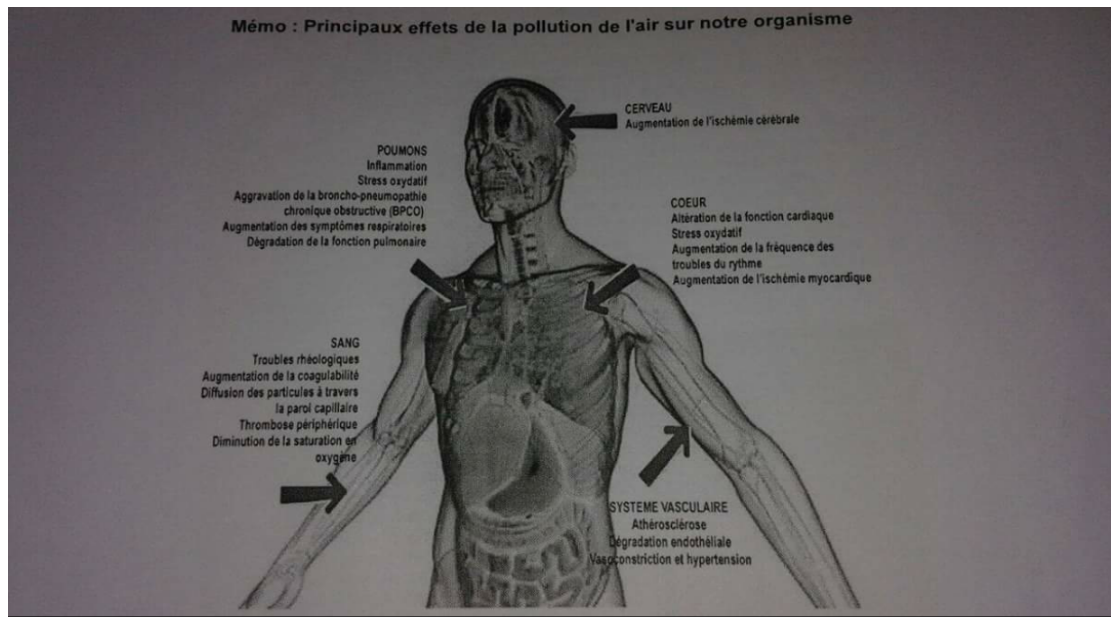


Figure 5 : principaux effets de la pollution de l'air sur notre organisme

IV. Les impacts de la pollution de l'air :

1) l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé des populations dans le grand Casablanca :

Depuis un certain nombre d'années, les professionnels de la santé au Maroc ont essayé d'attirer l'attention des pouvoirs publics sur les impacts néfastes de la pollution atmosphérique sur la santé ; sans que ces constats soient prouvés scientifiquement.

C'est ce constat qui a amené le Département de l'Environnement, en 1997, a démarré le projet Casa-Airpol, qui consistait à évaluer les impacts de la pollution atmosphérique sur la santé des populations dans l'agglomération du Grand Casablanca.

1_1) Description de l'étude CASA-AIRPOL

Les polluants atmosphériques (fumées noires, NO_x et SO₂) ont été mesurés au niveau d'une station mise en place dans les locaux de l'Ecole des Beaux-Arts de Casablanca. Il s'agit d'une station de mesure de « **pollution de fond** », c'est-à-dire correspondant à la qualité de l'air respiré par la plus grande partie de la population de Casablanca.

Pour étudier les impacts sur la santé, les informations sanitaires ont été récoltées au niveau de Plusieurs formations sanitaires de la Wilaya (urgences, centres de santé....).

L'impact de la pollution sur la santé a été mesuré après avoir tenu compte d'autres facteurs de risque connus, notamment les conditions météorologiques, qui peuvent influencer sur l'état de santé directement, ou indirectement à travers leur influence sur les niveaux de pollution.

Les résultats présentés dans cette étude traduisent l'accroissement du risque pour la santé, en termes de mortalité et de morbidité (nombre de cas de maladies), en relation avec les augmentations des niveaux de la pollution atmosphérique.

1_2) Principaux résultats de l'étude CASA-AIRPOL

a- Pollution de l'air : niveau de fumées noires

Les fumées noires représentent les particules en suspension dans l'air de très petite taille : moins de 3 μm (3 millièmes de mm), susceptibles de pénétrer le système pulmonaire sans être arrêtées par le tractus respiratoire. Elles ne sont en fait qu'un reflet partiel de la complexité de la pollution atmosphérique urbaine, composée de centaines d'espèces chimiques qui réagissent entre elles. Cet indicateur représente donc ses effets propres mais aussi ceux des polluants émis ou formés avec lui.

Les valeurs de fumées noires mesurées à Casablanca s'avèrent supérieures d'environ 50 % à celles mesurées à Paris. La valeur moyenne (34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) est cependant légèrement inférieure à la valeur guide préconisée par l'Organisation Mondiale de la Santé (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

b- Relations pollution atmosphérique - santé

La valeur de base, retenue pour le calcul des risques pour la santé liés à différents niveaux de pollution est le niveau de pollution moyen le plus bas observé, soit **9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de fumées noires**.

Les risques pour la santé ont été calculés séparément pour deux situations définies comme suit :

* niveau "moyen" de pollution, soit **22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de fumées noires** ;

* niveau "élevé" de pollution, soit **87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de fumées noires** ;

Lorsque l'on passe du **niveau de base** de pollution (soit 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de fumées noires), au **niveau moyen** de pollution (soit 22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de fumées noires), on observe des **augmentations de certains événements de santé** pouvant aller jusqu'à :

- 2 % de la mortalité brute
- 2 % des consultations pour asthme
- 1,4 % des consultations pour bronchites
- 6,1 des consultations pour conjonctivites
- 2 % des consultations pour infections respiratoires hautes chez les enfants de moins de 5 ans

- 6,8 % des consultations pour infections respiratoires basses chez les enfants de moins de 5 ans

Lorsque l'on passe du **niveau de base de pollution** (soit 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de fumées noires) à un **niveau élevé de pollution** (soit 87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de fumées noires), on observe des **augmentations plus importantes de certains événements de santé**, pouvant aller jusqu'à:

- 9 % de la mortalité brute
 - 6 % des consultations pour asthme
 - 8,7 % des consultations pour bronchites
 - 42,5 % des consultations pour conjonctivites
- 14,6 % des consultations pour infections respiratoires hautes chez les enfants de moins de 5 ans
- 37,8 % des consultations pour infections respiratoires basses chez les enfants moins de 5 ans

1_4) Conclusions

L'étude Casa-Airpol a permis de mettre en évidence, à Casablanca des relations statistiquement significatives entre le niveau de pollution atmosphérique mesuré par les teneurs en particules fines de type "fumées noires", la mortalité, les crises d'asthme et les infections respiratoires chez les enfants.

La campagne de mesures de polluants atmosphérique a mis en évidence, pour les particules fines en suspension de type fumées noires, des teneurs de 50 % supérieures à celles mesurées à Paris sur le même type de station, même si les teneurs mesurées restent, en moyenne annuelles, inférieures aux valeurs guides préconisées par l'OMS.

(Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement, 2000)



Figure 6 : Photo prise par nous-même à Casablanca

2) L'impact de la pollution de l'air sur la santé des enfants asthmatiques à Mohammedia :

L'étude CASA-Airpol, a été la première étude éco-épidémiologique réalisée au Maroc sur les conséquences à court terme de la pollution de fond sur la population générale de Casablanca. Elle avait évalué l'impact de la pollution sur le nombre de décès journalier, le nombre de consultations aux urgences pour asthme et le nombre de consultations dans les centres de santé pour asthme, bronchite, rhinite, conjonctivite chez les plus de 5 ans et infections respiratoires hautes et basses chez les moins de 5 ans.

Suite à cette étude ayant mis en évidence un impact nuisible sur la santé en population générale, il a été décidé de mener une nouvelle étude dans la ville de Mohammedia, qui est à la fois un grand pôle industriel et soumis à la pollution automobile, en s'intéressant cette fois à une population fortement sensible aux effets de la pollution : les enfants asthmatiques, et en utilisant comme station de mesure des polluants, la station mobile donnée par la France au Secrétariat d'Etat Chargé de l'Environnement au Maroc.

Objectif de l'étude

L'objectif général de l'étude a été de mesurer les relations à court terme entre les polluants atmosphériques d'une part et les crises d'asthme et les symptômes respiratoires d'autre part dans une population d'enfants asthmatiques. (Voir tableau)

Le type d'étude

Il s'agit d'une étude longitudinale de panel dont le principe est d'étudier au sein d'une population définie et homogène, la relation existant entre des symptômes journaliers inscrits par les enfants eux-mêmes dans un carnet et les concentrations journalières des indicateurs de pollution atmosphérique mesurés par une station de fond pendant la totalité du déroulement de l'étude.

2_1) Les indicateurs de pollution et de santé

a) _Indicateur de pollution atmosphérique :

Deux indicateurs de pollution ont pu être utilisés dans le cadre de cette étude épidémiologique : le dioxyde de soufre (SO_2) et le monoxyde d'azote (NO). Ces derniers ne sont qu'un reflet partiel de la complexité de la pollution atmosphérique urbaine, composée de centaines d'espèces chimiques qui réagissent entre elles. Ces indicateurs représentent donc leurs effets propres mais aussi ceux des polluants émis ou formés avec eux.

b) Indicateurs sanitaires :

Il s'agit du nombre journalier :

- de crises d'asthme,
- de sifflements dans la poitrine,
- de réveil par une toux nocturne,
- de gêne respiratoire,
- d'infections respiratoires,
- de prise de médicaments antiasthmiques.

c) _La méthode d'analyse statistique

La méthode d'analyse statistique adoptée est une méthode permettant l'analyse de données répétées chez les mêmes sujets (modèle de régression logistique prenant en compte l'autocorrélation des données, élaboré par **Liang** et **Zeger**).

Cette analyse prend en compte, étape par étape :

- les variations temporelles telles que la tendance à long terme et les cycles hebdomadaires;
- les effets à court terme de la météorologie (température, humidité relative) ;
- les effets à court terme de chacune des variables de pollution atmosphérique.

Pour chaque symptôme étudié, la relation avec un indicateur de pollution est exprimée en pourcentage d'augmentation du risque de présenter le symptôme. L'étude a porté sur l'effet décalé dans le temps des indicateurs de pollution (de 0 à 2 jours).

2_2) Les résultats

Les valeurs suivantes représentent les résultats d'étude de la période s'étalant entre le 19/11/01 au 07/04/02.

Sur la Population d'étude

L'étude a été réalisée sur une population de 76 enfants asthmatiques recrutés par les médecins des 5 centres de santé de la ville de Mohammedia dont 75% ayant une tranche d'âge comprise entre 12 et 15 ans avec une majorité de garçons. Les enfants ont été suivis en moyenne 82 jours (avec un minimum de 14 jours et un maximum de 124 jours). De nombreux enfants ont souffert pendant la durée d'étude de crises d'asthme et de symptômes respiratoires.

Tableau 4 : les crises d'asthme et les symptômes respiratoires dans une population d'enfants asthmatiques.

<i>Symptômes</i>	<i>Taux d'incidence (1)</i> <i>(%)</i>	<i>Taux de prévalence</i> <i>(2)</i> <i>(%)</i>
crise d'asthme	5,2	13,8
toux sèche nocturne	9,2	21,5
sifflements dans la poitrine	12,2	32,4
gêne respiratoire	11,3	31,2
infection respiratoire avec fièvre	3,3	7,4
prise de médicaments	6,9	38,4

(1) proportion de jours avec le symptôme, si le symptôme était absent la veille

(2) proportion de jours avec le symptôme, quel que soit la réponse la veille

Les Résultats métrologiques

Les concentrations journalières moyennes mesurées par la station mobile placée sur un site de fond dans la ville de Mohammedia ont été modérées durant la période d'étude :

- pour le dioxyde de soufre (SO₂), moyenne journalière de 20,9 µg/m³ (0-110),
- pour le monoxyde d'azote (NO), moyenne journalière de 8,5 µg/m³ (2-54)
- pour l'ozone (O₃), moyenne journalière de 43,6 µg/m³ (12-70).

Les risques pour la santé sont calculés comme dans l'étude Casa-Airpol, séparément

pour deux situations définies comme suit :

- niveau « moyen » de pollution, atteint ou dépassé 50% des jours (P50), comparé à un niveau de base non atteint les 5% de jours (P5).
- niveau « élevé de pollution », non atteint les 95% de jours (P95), comparé à un niveau de base (P5).

Les Résultats des relations entre prévalence des symptômes et pollution

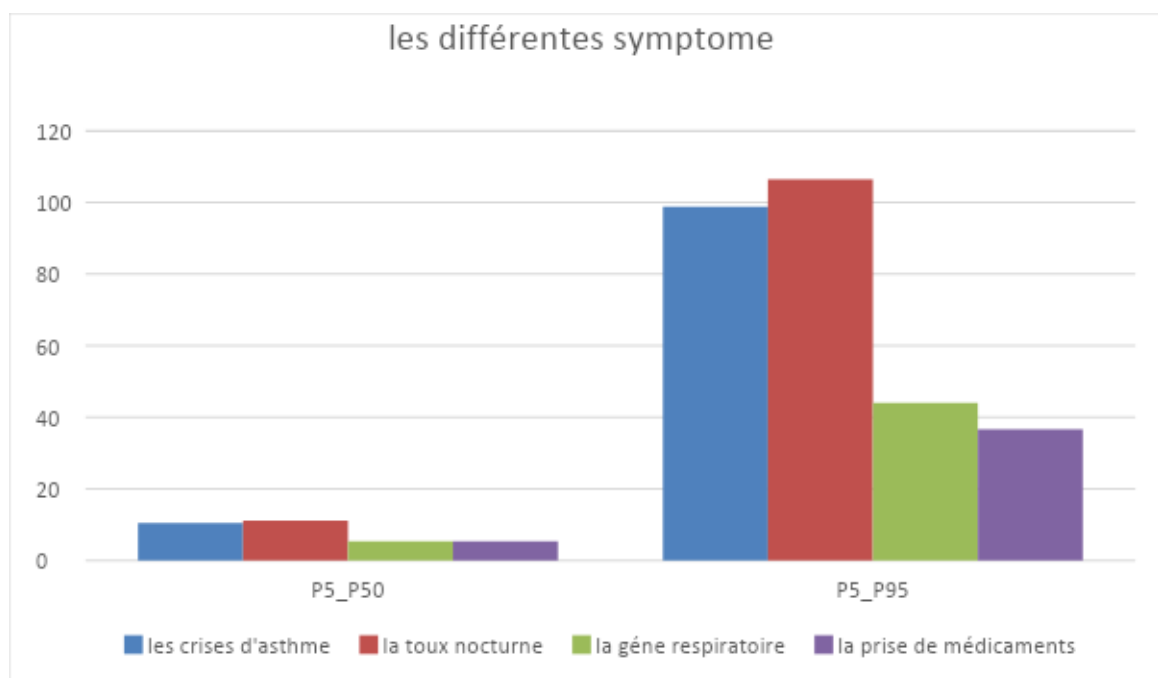
• Pour SO_2

Lorsqu'on passe du niveau de base de pollution $P5 = 1 \mu g/m^3$ de SO_2 au niveau moyen de pollution $P50 = 11,9 \mu g/m^3$ de SO_2 , on observe des augmentations de la durée des symptômes pouvant aller jusqu'à :

- **10,5%** pour les crises d'asthme
- **11,1%** pour la toux nocturne
- **5,4%** pour la gêne respiratoire
- **5,4%** pour la prise de médicaments

Alors que le passage du niveau de base de pollution $P5 = 1 \mu g/m^3$ de SO_2 au niveau élevé de pollution $P95 = 70,5 \mu g/m^3$ de SO_2 , les augmentations de la durée des symptômes peuvent atteindre :

- **98,9%** pour les crises d'asthme
- **106,5%** pour la toux nocturne
- **44,1%** pour la gêne respiratoire
- **36,7%** pour la prise de médicaments



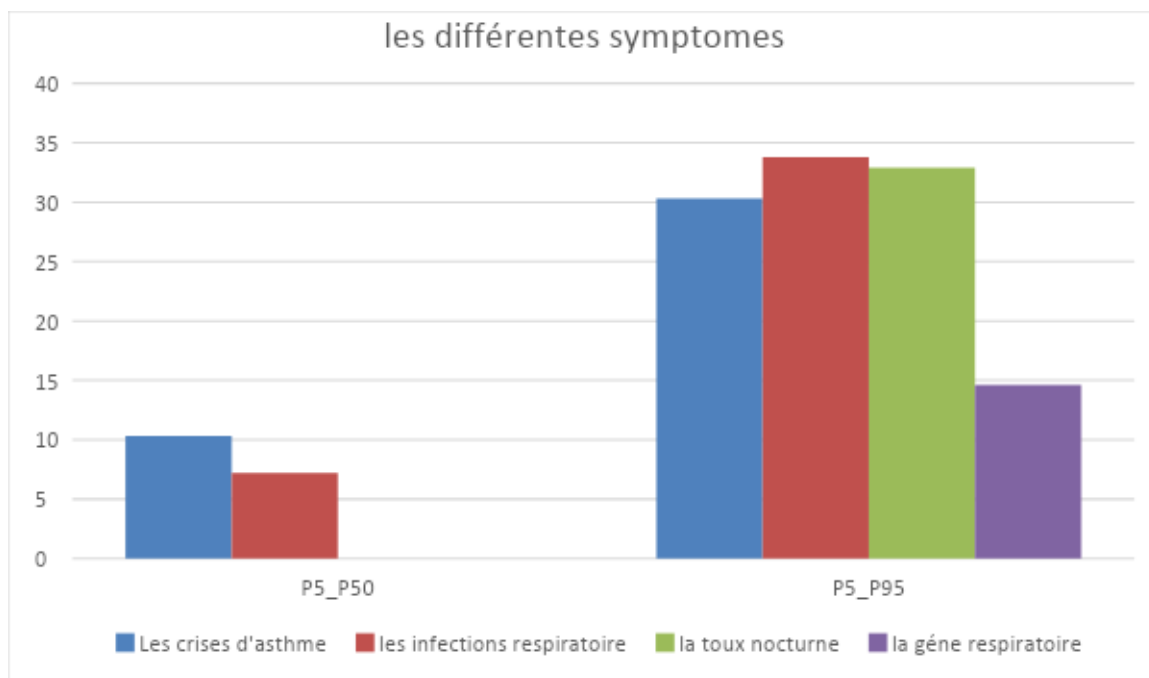
- **Pour NO**

Lorsqu'on passe du niveau de base de pollution P5 = **2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO** au niveau moyen de pollution P50 = **6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO**, on observe des augmentations de la durée des symptômes pouvant aller jusqu'à :

- **10,3%** pour les crises d'asthme
- **7,2%** pour les infections respiratoires avec fièvre.

Alors que le passage du niveau de base de pollution P5 = **2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO** au niveau élevé de pollution P95 = **18,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de NO**, les augmentations de la durée des symptômes peuvent atteindre :

- **30,3%** pour les crises d'asthme
- **32,9%** pour la toux nocturne
- **14,6%** pour la gêne respiratoire
- **33,8%** pour les infections respiratoires avec fièvre.



Résultats des relations entre incidence des symptômes et indicateurs de pollution

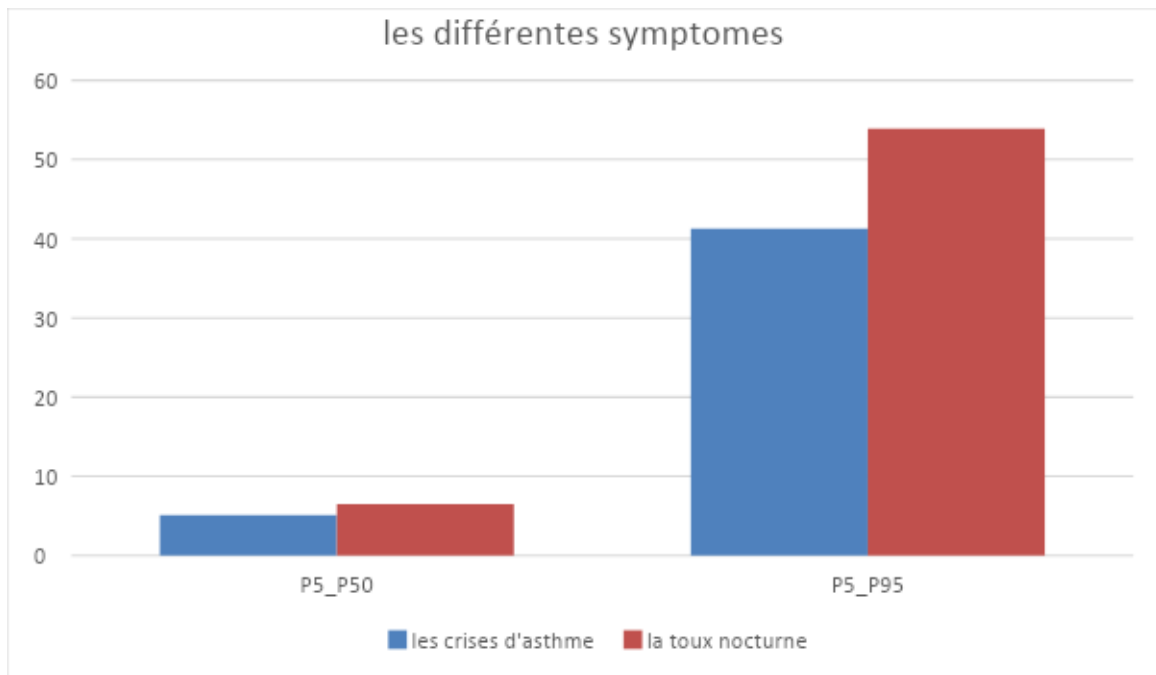
- **Pour SO₂**

Lorsqu'on passe du niveau de base de pollution P5 = **1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO₂** au niveau moyen de pollution P50 = **11,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO₂**, on observe des augmentations de la survenue des symptômes pouvant aller jusqu'à :

- **5,1%** des crises d'asthme
- **6,5%** de la toux nocturne

Alors que le passage du niveau de base de pollution P5 = **1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO₂** au niveau élevé de pollution P95 = **70,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de SO₂**, les augmentations de la survenue des symptômes peuvent atteindre :

- **41,3%** des crises d'asthme
- **53,9%** de la toux nocturne.



Au total, cette étude réalisée auprès d'enfants asthmatiques met en évidence des liens entre la survenue et la durée des crises d'asthme et des épisodes de toux nocturne et l'indicateur de pollution SO_2 et entre la durée des épisodes de gêne respiratoire et de prise de médicaments et ce même indicateur. L'indicateur NO est également lié à la durée des crises d'asthme et des épisodes de toux nocturne et de plus est lié à la durée des infections respiratoires avec fièvre.

Il est nécessaire que chaque polluant étudié ne soit qu'un indicateur d'une situation de pollution complexe. En fait, il n'est pas possible d'établir dans un tel travail épidémiologique la part contributive de chacun des indicateurs de pollution sur la santé et encore moins de spécifier la part contributive des différentes sources d'émissions. Cela doit conduire les acteurs à considérer que l'ensemble de la pollution atmosphérique urbaine est un facteur de risque pour la santé. Ces valeurs traduisent vraisemblablement l'influence de panaches industriels.

(Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement, 2000)

3)- Etude de la pollution atmosphérique et de son impact sur la santé de la population de Safi :

L'objectif général de cette étude est d'évaluer l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé de la population de la ville de Safi. Elle a visé particulièrement de :

- ◆ Etablir une éventuelle corrélation entre la variation du niveau de pollution de l'air et les variations d'un certain nombre d'indicateurs sanitaires de morbidité observées parmi la population de Safi ;
- ◆ Renforcer les capacités des professionnels de santé en matière d'évaluation et de surveillance de la qualité de l'air ; et
- ◆ Tester la faisabilité d'un système de surveillance éco-épidémiologique.

Les résultats obtenus caractérisant les niveaux de pollution atmosphérique montrent un dépassement des valeurs fixés par l'OMS et par le projet de normes marocaines de qualité de l'air et ceci pour les deux paramètres de pollution, les matières particulaires en suspension (MPS) et le dioxyde de soufre (SO₂).

L'étude a montré une corrélation significative entre la totalité des maladies respiratoires et les MPS, ainsi qu'entre les syndromes bronchiques et les deux facteurs de pollution étudiés (SO₂ et MPS).

Enfin cette étude a aussi permis de tester un système d'information pour surveiller les indicateurs sanitaires liés à la pollution de l'air et son acceptabilité par les structures sanitaires (hôpital et centre de santé) et de renforcer les capacités techniques des professionnels de santé pour évaluer l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé de la population.

V .Conclusion

L'air est essentiel pour la survie de l'homme, mais il peut avoir des effets néfastes si sa qualité est mauvaise. La pollution comporte un danger immédiat pour la santé, mais a également un effet qui s'amplifie au fil des années.

La pollution atmosphérique peut être à l'origine de symptômes tels que les maux de gorge, l'irritation des yeux, la toux ou encore les gêne respiratoire.

Elle peut également provoquer des crises d'asthme chez les asthmatiques ou réduire les capacités respiratoires chez l'enfant. Les principales maladies sont: les allergies, les maladies cardiovasculaires, l'asthme, et plus gravement les cancers des poumons et bien d'autres moins dangereuses comme les maux de tête, les vertiges etc.....

Les études épidémiologique faites sur Casablanca, Mohammedia et Safi illustrent bien pour cela, et nous démontre que la pollution atmosphérique est très nocive pour l'humanité, mais grâce à des gestes simples nous pouvons limiter les niveaux de la pollution.

Il est cependant important de relever que la pollution atmosphérique touche plus de 8 citadins sur 6 dans le monde. Et la situation continue de se dégrader, notamment dans les pays émergents. L'organisation mondiale de la santé (OMS) a publié le jeudi 12 mai 2016 un vaste panorama de la qualité de l'air en milieu urbain. Cette nouvelle base de données couvre 3000 villes (soit 42 % de la population urbaine mondiale) situées dans 103 pays, doublant ainsi quasiment de volume la précédente étude publiée en 2014.

Bibliographie

- **Ademe,(2016). Agence de l'environnement et de la matière de l'énergie. Ma pollution atmosphérique. Le trou de la couche d'ozone**
- **Cogiterra (2003,2016). Pollution de l'air: le ministère de l'écologie met en consultation le nouveau classement des véhicules**
- **Guillaume Jausse,(2010); magazine . la pollution atmosphérique. La pollution photochimique**
- **Isabella Annesi-Maesano, William Dab, 2006. Pollution atmosphérique et poumons approche épidémiologique. Médecine/Sciences;22**
- **Louis Schriver- Mazzuoli, (2009). La pollution de l'air intérieur. Les polluants atmosphériques. Les effets de la pollution atmosphérique. P:83-88**
- **Masclet P. (2005). Pollution atmosphérique: causes, conséquences, solutions perspectives (ED) p.23-27**
- **Meynard F. (2011). La légende de l'effet de serre (ED) p.4-5**
- **Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement, (2000). La pollution atmosphérique sur Maroc les impacts sur la santé**
- **OMS: l'organisation Mondiale de la santé, (1973). La pollution de l'air. Les effets de la pollution de l'air sur la santé**
- **Pommier M. (2011). Caractérisation de la pollution dans la troposphère arctique**

Références des figures

Figure 1: www.pompiers_risquestechno.fr

Figure 2: www.dechetsdesmenages.typepad.fr

Figure 3 : Photo prise par nous même à jerf el asfar

Figure 4 : www.mtaterre.fr

Figure 5 : www.asef-asso.fr/mon-air-exterieur/nos-syntheses/1937-la-pollution-de-l-air-que-fat-elle

Webographies

Web 1: www.air-rhonealpes.fr/articles/effets-sur-la-santé

Web 2: www.airsante.ch/fr/pollution-sur-le-long-terme.html

Web 3 : www.airsaq.asso.fr/pollution/les-enjeux-de-la-sante-et-l-environnement.html

Web 4: www.marocmeteo.ma/?q=fr/reseau_mesure/sante

Web 5 : www.maroc-quebec.com/content/les-dangers-de-la-pollution-à-Casablanca

Web 6: www.social-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/air-exterieur/article/effet

Web 7: www.social-sante.gouv.fr

Web 8: www.developpement-durable.gouv.fr/ameliorer-la-qualite-de-l-air-un.html

Web 9: www.airpaca.org/article/lair-et-la-sante

Web10: www.canadiensensante.gc.ca/healthy-living-vie-saine/environnement-environnement/air/indexfra.php

Web 11: www.atmo-npdc.fr/sensibilisation/effets-de-la-pollution/sur-la-sante.html

Web 12: www.respire-asso.org/la-pollution-de-lair-nous-brise-le-coeur/

Web13: www.futura-science.com/magazines/sante/infos/actu/d/medecine-cardiaques-pollution-air-nouveau-incriminee-49477/

Web14: www.fedecardio.org/la-pollution-de-lair-facteur-de-risque-aggravant-des-maladies-cardiovasculaires

Web15: www.planetesante.ch/magazine/cardiovasculaire/angine-de-poitrine/la-pollution-de-l-air-participe-a-la-survenue-de-l-infractus

Web 16: www.acteurdemasante.com/un-risque-bien-reel/

Web 17: www.centre-antipoison-environnemental.com/origine-polluants.html

Web 18: www.climactu.r-monsite.com/page/sources-de-polluant-chap-1.html

Web 19: www.actu-environnement.com

Web 20: www.pompiers_risquestechno.fr

Web 21: www.dechetsdesmenages.typepad.fr

Web 22: www.epathologie.com

Web 23: www.cleanairchampions.com