



Katédjoulé Landry ALAGBE

**GESTION DE LA QUALITE DE L’AIR EN MILIEU URBAIN :
CONTROLE ET PREVENTION DES NUISANCES SUR LA
SANTÉ ET L’ENVIRONNEMENT**

*L’analyse de l’expérience de la Tunisie comme support de réflexion pour la
proposition d’un système de gestion adapté au contexte béninois.*

Mémoire présenté

à l’université internationale de langue française au service
du développement africain

Université Senghor

pour l’obtention de Master en Développement

DEPARTEMENT ENVIRONNEMENT
(Spécialité : GESTION DE L’ENVIRONNEMENT)

*Alexandrie
Egypte*

2007

TABLE DES MATIERES

<i>Titres.....</i>	<i>Pages</i>
CHAPITRE I : Considération générales sur la pollution atmosphérique.....	7
1.3.2.1-La pollution locale ou de proximité	12

DEDICACE

Je dédie ce document,

A toute ma famille, hommages renouvelés et vives affections ;

Avec ma profonde gratitude à ma fiancée Mireille S. S. TOYI, qui a véritablement subi

l'impact de mon exil professionnel.

REMERCIEMENTS

Nous ne saurions manifester assez notre profonde gratitude au Maître Spirituel Intérieur, à l'Esprit Saint et à la Conscience Divine, le Dieu Suprême avec qui nous sommes UN et de qui nous bénéficions chaque jour une assistance et une protection permanentes. Merci de nous avoir donné le courage et la patience de surmonter toutes les difficultés survenues lors de l'accomplissement de cette œuvre.

Que les vibrations continuent et QUE LES BENEDICTIONS SOIENT !!!

Le présent travail est le fruit des investigations menées par un ami de la nature, soucieux des problèmes environnementaux en particulier ceux relatifs à la pollution atmosphérique. Il est également le résultat de l'action conjuguée de certaines personnes à qui nous tenons à exprimer notre reconnaissance et un hommage mérité.

Ainsi, nos sincères remerciements vont donc à l'endroit de :

- ☞ M. Fernand TEXIER, Recteur de l'Université SENGHOR, aux Directeurs de département en particulier à notre Directrice de Département, Mme. Caroline GALLEZ et à tous les intervenants pour l'encadrement et la qualité de la formation que nous avons reçus lors de notre passage à l'Université SENGHOR d'Alexandrie (Egypte) : Merci d'avoir fait de nous des cadres compétents pour le développement durable de l'Afrique ;
- ☞ M. Michel André BOUCHARD, notre Encadreur, pour sa disponibilité, sa Générosité, ses conseils, ses encouragements et ses orientations. Merci de nous avoir accepté et compris, de nous avoir pris comme son propre fils. Sa chaleureuse affection et celle de son épouse, Mme. Francino BOUCHARD, ne nous ont guère manqué. Trouvez ici, l'expression de notre profonde reconnaissance ;
- ☞ M. Belgacem HANCHI, Directeur Général du CITET et l'ensemble du personnel de cette institution, l'accueil, l'hospitalité et l'ambiance de travail qu'il nous ont réservés pendant notre stage professionnel en Tunisie. Qu'il trouve ici l'expression de notre infinie reconnaissance ;
- ☞ Habib BAAZAOUI, Responsable du Laboratoire de la Qualité de l'Air (CITET), pour sa disponibilité, son aide et ses orientations ; reçois ici mes sincères reconnaissances ;
- ☞ Mme HOUDA Haj Kacem, Responsable du RNSQA/ANPE ; M. Samir KAABI, Chef Département Contrôle et Intervention ; M. Hassen KCHIH, Responsable du Poste Central, M. GUEMRI Ali, Technicien et tous les autres Agents de l'ANPE, pour leur franche collaboration, leur disponibilité, leurs conseils et leur sympathie ;
- ☞ Nos Collègues de la 10^{ème} promotion, pour les moments exceptionnels passés ensemble, la qualité des rapports entretenus ainsi que le soutien et l'aide mutuels apportés durant la formation ;
- ☞ A tous nos amis et parents qui de près ou de loin nous ont soutenu durant notre formation en Egypte et séjour en Tunisie

AVANT PROPOS

Le présent mémoire s'inscrit dans le cadre de la formation offerte par l'Université Senghor d'Alexandrie, opérateur direct de la Francophonie, aux cadres du continent africain pour l'obtention du Master en Développement. Il est la résultante d'expériences acquises à travers les enseignements théoriques reçus et la réalisation d'un stage professionnelle de trois (3) mois au Centre International des Technologies de l'Environnement de Tunis (CITET). Cette structure qui est sous la tutelle du Ministère tunisien de l'environnement et qui travaille en collaboration avec l'Agence Nationale de Protection de l'Environnement (ANPE), nous a permis d'acquérir des compétences pertinentes sur l'approche intégrée de gestion de la qualité de l'air en milieu urbain, en particulier sur la surveillance de la qualité de l'air. Nous avons à cette occasion analysé les forces et les faiblesses de la politique tunisienne de lutte contre la pollution atmosphérique et cerner la stratégie de mise en place d'un réseau de surveillance, un des plus précieux outils de gestion des risques potentiels et réels liés à ce phénomène.

Les réflexions contenues dans le présent document porte sur la mise en œuvre d'une approche de gestion intégrée de la qualité de l'air en milieu urbain et sont inspirées du système de gestion de la Tunisie.

Ce document expose par ailleurs, les immenses possibilités qu'offre une telle approche dans l'amélioration de la politique de lutte contre la pollution de l'air au Bénin. Il apporte une contribution méthodologique pertinente et rigoureuse à la mise en œuvre de la gestion intégrée de la qualité de l'air en milieu urbain béninois.

RESUME

La pollution atmosphérique liée aux transports motorisés constitue une menace croissante pour les villes du monde et particulièrement pour celles de l'Afrique subsaharienne. Elle résulte généralement de l'effet combiné d'une population en rapide expansion, d'un parc de véhicules motorisés anciens en progression et de l'absence de mesures de gestion de la circulation appropriées.

Au Bénin, la pollution de l'air dans les centres villes est essentiellement due aux transports routiers (véhicules à deux, quatre roues et plus). Elle est devenue depuis une décennie, beaucoup plus perceptible et menaçante en particulier à Cotonou, la capitale économique où la situation est plus alarmante et inquiétante. L'analyse de cette situation a mis en exergue la place qu'elle occupe dans les priorités nationales en matière de protection de l'environnement et les nombreuses actions de lutte qui ont été engagées. En raison de la complexité du problème de pollution de l'air, ces dernières, quoique appréciables, restent cependant insuffisantes et ne permettent pas une connaissance adéquate du phénomène, encore moins sa maîtrise. La mise en œuvre d'une nouvelle approche de gestion beaucoup plus systémique et adaptée, s'inscrivant dans une vision plus holistique et intégrée, s'avère alors nécessaire.

Si être informé de manière précise et fiable est nécessaire pour une action rapide et efficace, prévoir et anticiper reste néanmoins essentiel pour décider judicieusement et durablement. La surveillance de la qualité de l'air se révèle être l'un des plus importants instruments d'évaluation des actions menées et d'orientation garantissant l'efficacité de la politique de gestion des risques et la réduction significative des impacts de la pollution atmosphérique.

La Tunisie a accumulé un savoir faire et une expérience considérable en matière de gestion de la qualité de l'environnement en général et en particulier dans la surveillance et la prévention des nuisances de la pollution de l'air. Il ressort de l'analyse de son système de gestion de la qualité de l'air que le niveau de concentration de nombreux polluants atmosphériques a connu, ces dernières années, une baisse tendancielle dans les zones surveillées. Cependant, cette baisse doit être relativisée dans la mesure où certaines concentrations restent supérieures aux directives de l'OMS. Fort des résultats obtenus et des l'expérience acquise dans le domaine de la surveillance de la qualité de l'air, la Tunisie reste pour l'Afrique et donc pour le Bénin, une référence en matière de lutte contre la pollution de l'air.

A l'issue de l'étude analytique et comparative des deux politiques de gestion, les propositions ci-après pourraient être intégrées dans le système de gestion béninois en vue d'améliorer son efficacité :

- *des efforts plus accrus, tant en terme de réglementation que d'incitation, sont indispensables pour la maîtrise des émissions du secteur automobile,*
- *la coordination entre les politiques mises en place dans le cadre de la lutte contre le réchauffement climatique et celle de la pollution locale, notamment dans la réintroduction d'énergies telles que le bois.*
- *le renforcement de la réglementation, insuffisante en terme de qualité de l'air de l'air, notamment sur les sources mobiles,*
- *le renforcement institutionnel par la création d'une cellule de l'air afin d'assurer la coordination des actions,*
- *La mise en place d'un réseau national de surveillance de la qualité de l'air dont les premières stations seront installées dans la capitale (Cotonou). Sa réussite devra conditionner l'extension de la surveillance aux capitales régionales.*

Mots clés : Qualité de l'air – impacts de la pollution – risques – système de gestion – surveillance de la qualité de l'air.

LISTE DES TABLEAUX ET DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Les polluants atmosphériques, leur origine et les effets sur la santé et l'environnement.....	17@~
Tableau 2 : Classification des stations selon les objectifs de surveillance de la qualité de l'air...24@~	
Tableau 3 : Nombre minimal de stations fixes de mesure requis par réseau.....	25@~
Tableau 4 : Récapitulation des accords internationaux ratifiés et mise en œuvre par la Tunisie36@~	
Tableau 5 : Classification des stations composant le RNSQA.....	39@~
Tableau 6 : Résultats des campagnes de contrôle des gaz d'échappement des véhicules.....	45@~
Tableau 7 : Bilan de surveillance de la qualité de l'air par le RNSQA – Tunisie 2005.....	45@~
Tableau 8 : Bilan de surveillance de la qualité de l'air par le RNSQA – Tunisie 2006.....	45@~
Tableau 9 : Synthèse de l'analyse diagnostique du système tunisien de gestion.....	47@~
Tableau 10 : Synthèse des résultats des actions de lutte engagées par le Bénin.....	54@~
Tableau 11 : Synthèse de la comparaison des systèmes tunisien et béninois de gestion.....	56@~
Tableau 12 : Caractéristiques des sources de pollution de l'air à Cotonou.....	64@~
Tableau 13 : Caractéristiques physiques et météorologiques de Cotonou.....	64@~
Tableau 14 : Types et emplacements des stations possibles.....	65@~
Tableau 15 : Choix des paramètres à mesurer par les stations.....	69@~
Tableau 16 : Caractéristiques techniques des équipements.....	71@~
Tableau 17 : Coût du Réseau de surveillance proposé.....	71@~
Tableau 18 : Plan de mise en œuvre du système de gestion proposé.....	72@~

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Diffusion verticale des émissions dans l'atmosphère.....	10@~
Figure 2 : Phénomène d'inversion thermique	10@~
Figure 3 : Dispersion horizontale des polluants par le vent.....	11@~
Figure 4 : Synoptique du système de gestion de la qualité de l'air	29@~

LISTES DES ABREVIATIONS, SIGLES ET ACRONYMES

ABE	Agence Béninoise pour l'Environnement
ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
ANPE	Agence Nationale de Protection de l'Environnement
APPA	Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique
CCl₄	Tétrachlorure de carbone
CFC	Chlorofluorocarbures

CITET	Centre International des Technologies de l'Environnement de Tunis
CNSR	Centre Nation de Sécurité Routière
CO	Monoxyde de carbone
CO₂	Dioxyde de carbone
COV	Composés Organiques Volatils
CT	Court Terme
DE	Direction de l'Environnement
HAP	Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques
IBGE	Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement
IQASS	Initiative sur la Qualité de l'Air en Afrique Sub Saharienne
MEPN	Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature
MESRS	Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
N₂O	Protoxyde d'azote
NO₂	Dioxyde d'azote
NO_x	Oxydes d'azote
NT	Norme Tunisienne
O₃	Ozone
OCDE	Organisation de Coopération et Développement Economique
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
POP	Polluants Organiques Persistants
PS	Particules en Suspension
RNSQA	Réseau National de Surveillance de la Qualité de l'Air
SAM	Système d'Acquisition
UAC	Université d'Abomey Calavi

INTRODUCTION ET PROBLEMATIQUE

CONTEXTE

L'environnement et le cadre de vie sont devenus des sujets au coeur des préoccupations de chaque individu, et le progrès et le développement de nos sociétés industrielles sont désormais assujettis à la prise en compte des problèmes environnementaux. Pollution de l'air, eau contaminée, paysages dégradés, déchets toxiques, bruit... constituent autant de facteurs qui menacent le monde dans lequel nous vivons et qui est déjà celui de nos enfants.⁽¹⁾

Si les effets de l'activité humaine sur la qualité de l'air sont moins visibles que la production de déchets ou la pollution des plans et cours d'eau, on a néanmoins commencé à se préoccuper de la qualité de l'air au début des années quatre-vingts avec la découverte de pollutions atmosphériques au niveau planétaire et mises en avant par les scientifiques. Nul ne peut aujourd'hui les ignorer : trou dans la couche d'ozone, effet de serre, pluies acides et changements climatiques.

En effets, bien que connue de longue date (les émissions de plomb dans l'atmosphère liées au développement de la métallurgie antique peuvent être mesurées aujourd'hui dans les profondeurs de la calotte glaciaire ; l'utilisation du bois et du charbon pour le chauffage et la cuisson dans l'habitat traditionnel est depuis toujours une source majeure de pollution de l'air dans des espaces confinés), la pollution atmosphérique n'a pris une place importante dans la vie sociale qu'à partir des années 1950, marquées par une série d'épisodes majeurs. Après l'accident de la vallée de la Meuse en 1930, ce sont en effet les épisodes londoniens en 1952 (avec ses 4 000 morts précipitées en quelques 15 jours), 1956, 1957 et même en 1962, qui ont provoqué une prise de conscience des responsables politiques et industriels. Cela se traduit par une action orientée principalement vers les sources industrielles et le chauffage. Depuis cette époque, et pendant des années, on considère que les risques pour la santé de la pollution atmosphérique sont associés à des expositions massives résultant d'une combinaison d'émissions fortes et " d'accidents " météorologiques empêchant leur dispersion. Ce point de vue est également, alors, celui de nombreux scientifiques. (MEDD/France, 2000)

Au cours des années 70 et 80, la pollution atmosphérique est devenu une préoccupation planétaire, avec la reconnaissance de son impact sur les systèmes lacustres et forestiers (les "pluies acides") et les enjeux énergétiques ainsi que la mise en évidence du "trou dans la couche d'ozone" stratosphérique. Cette période a été également marquée par le

⁽¹⁾ <http://www.iseo.fr/fr/officiel/devDurable.php>

réveil de l'épidémiologie du risque atmosphérique. Des progrès méthodologiques (notamment les études écologiques temporelles) ont permis de montrer que des niveaux relativement faibles de polluants pouvaient être reliés, à court terme, à des effets sanitaires se mesurant en termes de mortalité et de morbidité. Ces travaux, et les controverses scientifiques auxquelles ils ont donné naissance, ont impulsé le (re)développement de recherches toxicologiques. Dans le même temps, émergeait une prise de conscience de la part croissante des émissions de polluants d'origine automobile, imposant une gestion différente de la qualité de l'air. Depuis quelques années, l'accent est de nouveau mis sur les effets à long terme de la pollution atmosphérique sur la santé de la population, trois études longitudinales conduites aux États-Unis ayant mis en évidence une réduction de la survie des personnes exposées pendant des années à des niveaux qui auraient été jugés pourtant modérés selon les repères des années 70-80. Plus récemment, on prend conscience de la diversité des milieux atmosphériques dans lesquels évolue l'homme. Comment prétendre réduire les risques liés à la qualité de l'air, sans considérer celle qu'il respire dans les espaces intérieurs où, sous nos climats tempérés, l'homme passe le plus clair de son temps, au domicile, au travail, et dans un vaste ensemble de micro-environnements particuliers (habitacle de la voiture, métro, parkings souterrains...) ? (MEDD/France, 2000)

Les connaissances sur les phénomènes de pollution atmosphérique et leurs conséquences biologiques et sanitaires sont donc rapidement évolutives. Or, si les politiques de santé publique doivent s'appuyer sur les faits les mieux établis, elles doivent aussi prendre en compte, dans un souci de précaution, des données scientifiques plus récentes pouvant fonder des actions au long terme pour prévenir des troubles sanitaires aux manifestations différées.

En outre, il faut noter que la tendance actuelle amène à parler plutôt de qualité de l'air que de pollution atmosphérique, ce qui représente un enjeu de taille. L'air pur devient la norme et la pollution l'exception alors qu'il y a peu, la pollution semblait tolérable si elle était limitée. La lutte contre la pollution prend alors une autre dimension et il est préférable d'aborder cette problématique sous l'angle de gestion de la qualité de l'air au lieu de parler de lutte antipollution. Le manque d'information sur l'état de la pollution de l'air ambiant constitue de ce fait un handicap à la définition des mesures efficaces de lutte, de prévention et de réduction des risques.

PROBLEMATIQUE

Parmi les grands problèmes environnementaux que connaît aujourd'hui l'humanité figure en bonne place la pollution atmosphérique. Elle est essentiellement d'origine anthropique et ses effets sur la santé humaine et l'environnement sont de plus en plus préoccupants. Selon l'Organisation Mondiale pour la Santé (OMS), près d'un milliard de personnes, en particulier les femmes et les enfants, sont régulièrement exposées à des niveaux excessifs de pollution de l'air qui occasionne par an environ deux millions de décès dont plus de la moitié dans les pays en développement. Face à cet enjeu, l'OMS met tous les gouvernements du monde entier au défi d'améliorer l'air de leurs villes afin de protéger la santé de leurs populations. Cet appel intervient au moment où elle publie, en Octobre 2006 à Genève, ses nouvelles Directives relatives à la qualité de l'air, qui abaissent considérablement les normes relatives aux niveaux de polluants.

Le Bénin, à l'instar des autres pays africains en développement connaît également cette situation désastreuse. Pendant les deux dernières décennies, la problématique de la pollution de l'air a pris des proportions de plus en plus inquiétantes dans les principales villes béninoises. Elle est plus préoccupante à Cotonou, la métropole du pays qui concentre les plus importantes infrastructures et activités socio-économiques. Le principal responsable de cette situation se trouve être le secteur des transports terrestres qui consomme à lui seul, selon le programme énergie du Bénin, près de 62% des dépenses en produits pétroliers (MEHU, 2000).

La pollution de l'air est bien plus qu'une nuisance sous forme de brouillard jaunâtre, c'est une un gaz nocif qui rend les populations malades et qui, chaque année, fait de nombreux victimes. Son impact sur la santé humaine est déterminé par l'augmentation de toute une série de maladies allant des troubles respiratoires et des maladies liées aux émissions du plomb jusqu'aux allergies et aux maladies de peau. L'évaluation analytique du coût de ces maladies, faite en 2001 par la Banque Mondiale en collaboration avec l'Initiative air propre dans les villes de l'Afrique sub-saharienne, a montré que le coût de la pollution atmosphérique à Cotonou représente 1,2% du PIB du pays et selon cette même source, il est de toute évidence que cette situation s'aggrave et devienne inacceptable d'ici 2010 si des mesures urgentes et appropriées ne sont pas prises pour réduire autant que possible cette dégradation de la qualité de l'air à Cotonou.

De nombreuses actions ont été à cet effet engagées par le gouvernement béninois afin de préserver la qualité de l'air et assurer une meilleure qualité de vie à ses populations. Elles s'inscrivent dans le cadre de la mise en œuvre de la stratégie nationale de lutte contre la pollution de l'air et sont basée sur une approche préventive développée à travers des techniques

de réduction des émissions atmosphériques à l'échelle urbaine (amélioration de la qualité des carburants, contrôle des sources d'émission, taxation de la pollution, campagnes de sensibilisation, etc.). Ces actions se révèlent cependant insuffisantes car le phénomène semble s'amplifier et devenir de plus en plus perceptible malgré l'inexistence d'équipements appropriés pour une meilleure appréciation des risques liés à son exposition. L'adoption d'une nouvelle approche de lutte antipollution s'avère alors nécessaire et la mise en place d'un outil de gestion s'impose.

Les politiques de gestion de la qualité de l'air, telles que conçues de nos jours, requièrent une approche systémique beaucoup plus intégrante basée sur la maîtrise de l'information et sur l'implication de tous les acteurs concernées. Elles se révèlent plus appropriées et plus adaptées aux contextes des pays en voie de développement dans lesquels les stratégies de lutte antipollution mises en œuvre jusque là se sont avérées insuffisantes et inefficaces face à la pollution atmosphérique de plus en plus alarmante observées dans les agglomérations urbaines.

Le développement durable et l'avantage concurrentiel d'une nation sont directement liés à la performance de ses villes ou de ses régions urbaines. La viabilité écologique urbaine suppose la préservation et l'amélioration de l'environnement des villes et environs aussi bien pour les générations actuelles que pour les générations futures. De ce point de vue, la mise en oeuvre de la politique nationale de surveillance, de prévention et d'information sur l'air constitue, à l'épate actuelle des connaissances, le moyen idéal pour renforcer la stratégie de lutte antipollution développée par nos Etats et de garantir un air pur pour les générations présentes et futures.

La Tunisie a accumulé un savoir faire et une expérience considérable en matière de gestion de la qualité de l'environnement en général et en particulier dans la surveillance et la prévention des nuisances de la pollution de l'air. Dans quelle mesure les progrès réalisés par la Tunisie pourraient-ils permettre d'envisager une possible maîtrise de la pollution atmosphérique à l'échelle nationale ? L'expérience tunisienne pourrait-elle servir de source d'inspiration pour la proposition d'un système de gestion de la qualité de l'air au Bénin ?

La présente étude tente d'apporter des éléments de réponse à ces principales questions à travers une analyse de la politique tunisienne de gestion de la qualité de l'air et du système national de surveillance mis en place à cet effet. Un système de gestion de la qualité de l'air adapté au contexte béninois et inspiré de cette étude de cas sera ensuite proposé pour améliorer la politique de lutte contre la pollution de l'air adoptée par le Bénin.

L'ARCHITECTURE DU DOCUMENT

Le présent document, loin d'être une thèse de chimie de la pollution, n'abordera essentiellement que les aspects liés aux causes de la pollution atmosphérique, à ses impacts sur la santé et l'environnement, aux mécanismes de réduction des émissions polluantes et à l'utilisation d'un système de surveillance de la qualité de l'air comme un outil de gestion et d'aide à la décision. Les questions liées à la qualité de l'air intérieur ainsi qu'à la pollution sonore (bruit) ne seront donc pas approfondies compte tenu de l'objectif de l'étude. Il est structuré en trois parties comportant chacune deux chapitres :

- ☞ **la première** fait un rappel de quelques données de bases sur la pollution atmosphérique et ses impacts sur la santé et l'environnement. Elle traitera des considérations générales en matière de gestion intégrée de l'air en milieu urbain. L'accent sera mis en particulier sur les causes, les manifestations et les conséquences de la pollution atmosphérique, ainsi que sur les mécanismes de lutte préventive et de surveillance de la qualité de l'air.
- ☞ **la deuxième partie** est consacrée à l'analyse de l'expérience tunisienne. Elle présente le système de gestion de la qualité de l'air à l'échelle nationale ainsi que son analyse diagnostique ;
- ☞ **la troisième partie** est relative à une réflexion concernant la situation au Bénin. Elle pose un diagnostic de la pollution de l'air au Bénin, la compare à la situation de la Tunisie et donne une proposition de stratégie pouvant s'adapter au contexte béninois. Elle mettra ensuite un accent sur la mise place d'un dispositif national de surveillance de la qualité de l'air qui débutera par la ville de Cotonou.

1^{ÈRE} PARTIE : Cadre analytique de gestion de la qualité de l'air

L'importance de cette partie réside dans la nécessité de présenter l'état des connaissances sur la pollution atmosphérique et sur les risques sanitaires liés à la qualité de l'air, afin de mieux aborder les questions relatives à leur gestion. Il s'agit en l'occurrence, d'asseoir les bases théoriques et de définir le cadre logique d'analyse des systèmes de gestion tunisien et béninois.

Elle traitera donc, d'une part, des considérations générales relatives à la pollution de l'air et d'autre part, présentera le cadre analytique de gestion de la qualité de l'air.

CHAPITRE I : *Considération générales sur la pollution atmosphérique*

1.1- Définitions et concepts

1.1.1- Définition de la pollution atmosphérique

La pollution de l'air, suivant les pays ou les divers organismes qui s'en occupent, fait l'objet de définitions différentes. Certaines reposent sur le principe que toute modification de la composition normale de l'air est une pollution atmosphérique, d'autres y ajoutent des notions de gênes ou de nocivités dues aux composés anormaux qui ont modifié cette composition. De même, certains préfèrent ne parler que de polluants liés à l'activité humaine et tenir à l'écart les polluants d'origine naturelle.

François RAMADE dans le dictionnaire encyclopédique (1993) en propose la définition suivante : « *La pollution atmosphérique résulte soit d'une modification quantitative, par hausse de la concentration dans l'air de certains constituants normaux (gaz carbonique, peroxyde d'azote, ozone, par exemple), soit d'une modification qualitative due à l'introduction de composés étrangers à ce milieu (radio-éléments, substances organiques de synthèse par exemple), soit encore et c'est le cas général, d'une conjugaison de ces deux phénomènes* ».

Le Conseil de l'Europe dans sa déclaration de mars 1968 avait préféré retenir que : « *Il y a pollution de l'air lorsque la présence d'une substance étrangère ou une variation importante dans la proportion de ses composants est susceptible de provoquer un effet nocif, compte tenu des connaissances scientifiques du moment, ou de créer une nuisance ou une gêne.* »

En précisant « compte tenu des connaissances du moment », le Conseil de l'Europe montre que la notion de pollution peut évoluer à mesure que la connaissance des risques s'affine. Par ailleurs, l'idée de gêne indique que la pollution ne concerne pas seulement les composés chimiques nocifs, mais recouvre également les atteintes aux sens humains tels que les dégagements d'odeurs, les atteintes à la visibilité, etc.

La pollution atmosphérique est donc un phénomène très complexe qui dépend de trois facteurs fondamentaux tels que *l'émission des polluants par les sources, le transport et la dispersion de ces polluants, la transformation et la concentration de ceux-ci dans l'atmosphère.*

1.1.2- Sources de la pollution atmosphérique

Les aéro-contaminants encore appelés polluants atmosphériques, responsables des diverses perturbations (déséquilibres) et nuisances sur la santé et l'environnement, proviennent des sources variées. En effet, de nature physique, chimique ou biologique, ils peuvent être d'origine naturelle ou anthropique.

1.1.2.1- La pollution atmosphérique d'origine naturelle

On désigne abusivement par pollutions naturelles, l'ensemble de phénomènes ou variations naturelles telles que les *éruptions volcaniques*, les *feux de brousse occasionnés par la foudre*, les *algues de surfaces* ou *l'érosion éolienne* qui sont responsable de la présence dans l'atmosphère d'une très grande quantité de SO₂, de pollens et autres particules solides en suspension.

1.1.2.2- La pollution atmosphérique d'origine anthropique

Elle résulte de la plupart des activités humaines et constitue la forme de pollution la plus importante et la plus préoccupante. On peut mettre en évidence deux grandes sources de pollution anthropique : les sources fixes et les sources mobiles.

☞ Les sources fixes

Les sources fixes ou ponctuelles de pollution de l'air ambiant regroupent les *installations de combustions* individuelles, collectives ou industrielles (fournissant chauffage et énergie), les *installations d'incinération des déchets* (notamment les ménagers), et les *installations industrielles et artisanales* (métallurgie, sidérurgie, raffinerie, pétrochimie, cimenteries, chimie, etc.).

Les principaux polluants produits par ces sources dérivent de l'oxydation du carbone organique présent dans les combustibles, d'impuretés (soufre) et de l'azote de l'air. Ils se composent de :

- oxydes de carbone (CO₂ et CO) ;
- dioxyde de soufre (SO₂) ;
- oxydes d'azote (NO_x) ;
- particules en suspension dans l'air (poussières atmosphériques) : « suies » ou « cendres volantes » (PM_{2,5} et PM₁₀).

A ceux-ci on peut ajouter les Composés Organiques Volatils (COV) et les hydrocarbures (HC) pour l'industrie pétrolière ; les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) pour la métallurgie ; le méthane (CH₄) et les COV pour les décharges ; l'ammoniac (NH₃) et le Protoxyde d'azote (N₂O) pour l'agriculture ; les Chlorofluorocarbures (CFC) pour l'industrie frigorifique et des mousses ; etc.

☞ Les sources mobiles

Les sources mobiles ou diffuses sont constituées des transports maritime, aérien et surtout terrestre avec les véhicules à moteur à allumage commandé ou diesel. Les polluants qu'elles génèrent proviennent principalement des effluents d'échappement des moteurs, mais aussi de l'évaporation des essences. Ils sont essentiellement composés de :

- oxydes de carbone (CO et CO₂) ;
- monoxyde d'azote (NO) ;
- hydrocarbures aromatiques monocycliques (HAM) et polycycliques (HAP) ;
- particules en suspension (PS) et du Plomb (Pb) ;
- dioxyde de soufre (SO₂) ;
- composés organiques volatiles (COV).

Les parts respectives de ces sources varient en fonction de la nature des agglomérations, de l'organisation urbaine et de leur degré d'industrialisation.

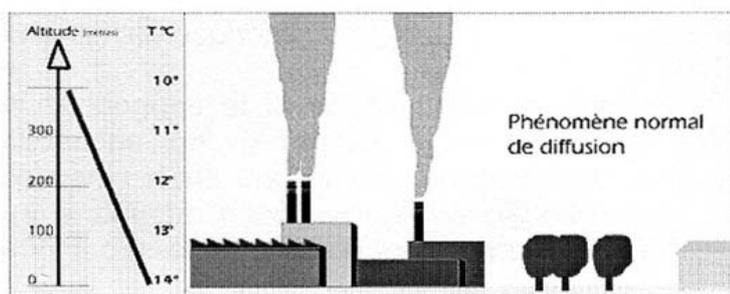
1.2- Devenir des polluants dans l'atmosphère

1.2.1- Transport et dispersion des polluants : Influence des paramètres météorologiques

Une fois émis, les polluants sont soumis aux mouvements d'air horizontaux (liés aux vents) et verticaux (liés au gradient thermique de l'atmosphère) qui prévalent dans la troposphère. Ces mouvements de masses d'air sont à l'origine des transports à longue distance et de la dispersion des polluants. Le vent assure la dispersion horizontale et le profil de température de l'atmosphère facilite ou non la diffusion verticale.

1.2.1.1- Le rôle de la température

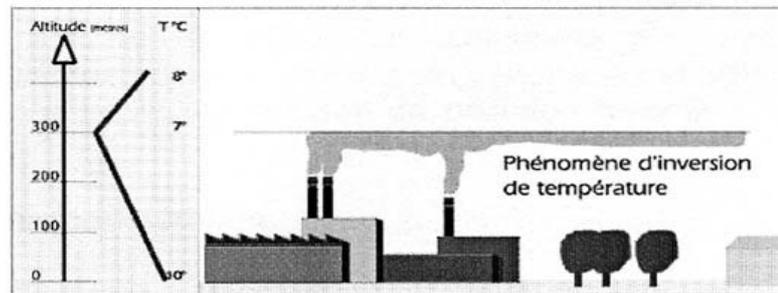
La troposphère est caractérisée par un gradient vertical de température négatif (6,5°C/km en moyenne). De ce fait, l'air plus chaud et léger qui monte vers les couches supérieures facilite l'élévation des polluants émis et donc leur mélange avec l'air ambiant.



Source : APPA

Figure 1 : Diffusion verticale des émissions dans l'atmosphère

Cependant, dans certaines conditions climatiques, ce gradient peut s'inverser. Le mouvement vertical de l'air et donc des polluants est annulé par le *phénomène d'inversion de température* qui forme une sorte de couvercle s'opposant à la dispersion verticale des polluants qui s'accumulent alors dans les couches basses. Ce phénomène qui se produit naturellement la nuit peut persister plusieurs jours, notamment en hiver où l'ensoleillement est faible.



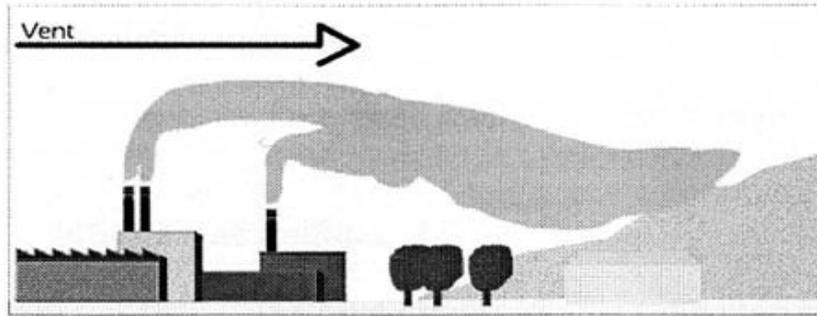
Source : APPA

Figure 2 : Phénomène d'inversion thermique

1.2.1.2- Le rôle du vent

L'influence du vent sera très variable selon la position de la source de pollution (notamment sa hauteur) et les effets des reliefs locaux qui peuvent créer de nombreuses situations particulières. Il intervient par sa direction, pour orienter les panaches de polluants et par sa vitesse pour les diluer plus ou moins dès l'origine.

Si le panache est émis à une altitude insuffisante, le vent au lieu d'assurer la dispersion des polluants accentuera leur rabattement au sol, créant ainsi des zones à fort risque et aggravant localement la pollution.



Source : APPA

Figure 3 : Dispersion horizontale des polluants par le vent

1.2.1.3- Influence d'autres facteurs : les précipitations

Les précipitations atmosphériques (pluies, neige) éliminent de l'atmosphère une partie des polluants particulaires. Elles agissent principalement en interceptant la particule et en l'entraînant jusqu'au sol. L'interception est fonction de la taille de la goutte, de celle des particules, de leurs vitesses de chute respectives et de leur densité.

1.2.2- Transformation et concentration des polluants dans l'atmosphère

L'atmosphère est considérée comme un immense compartiment dans lequel ont lieu de nombreuses réactions chimiques conduisant à la formation des polluants secondaires à partir des polluants primaires et/ou de ses constituants naturels. Ces transformations contribuent ainsi à son auto-épuration, mais sont également à l'origine d'espèces chimiques plus ou moins réactives au plan physico-chimique et biologique. La formation de l'ozone troposphérique et de nombreuses autres espèces moléculaires l'accompagnant constitue l'un des phénomènes les plus importants et les plus préoccupants. Il s'agit d'un processus photochimique liés au rayonnement ultraviolet et mettant en jeu des précurseurs comme HC, COV, CO et NOx.

La qualité de l'air ambiant en milieu urbain est déterminée par divers facteurs interactifs dominés par les sources d'émission, la topographie locale et les phénomènes climatiques et météorologiques. Ces derniers sont d'ailleurs importants et difficiles à prévoir pour expliquer les niveaux de polluants : il n'existe pas de relation simple entre émissions et immissions⁽²⁾, ce qui rend difficile la prévention. Aussi est-il nécessaire de faciliter la surveillance de l'air grâce à des polluants indicateurs représentatifs. Les principaux indicateurs systématiquement mesurés

⁽²⁾ Immissions = Concentrations des polluants dans l'air ambiant

sont SO_2 , *particules sous diverses formes* (fumées noires FN, particules de diamètre moyen inférieur à 10 ou 2,5 μm [PM_{10} ou $PM_{2,5}$]), CO , Pb , NO_x , O_3 .

Dans le domaine de la surveillance de l'air, les résultats des mesures sont exprimés en concentration, c'est-à-dire en unité de masse de polluant par unité de volume d'air, ramené à des conditions de température et de pression données. L'unité utilisée le plus couramment est le microgramme de polluant par mètre cube d'air ($\mu g/m^3$) ; 1 $\mu g = 0,000\ 001$ g. On peut donc dire que 1 $\mu g/m^3$ correspond à 1 g de polluant dans un cube d'air de 100 mètres de côté. La concentration des polluants peuvent également être exprimées en ppm (partie par million : 10^{-6}) ou en ppb (partie par billion : 10^{-9}). Les valeurs limites de l'OMS en matière de qualité de l'air se trouvent en Annexe 1.

1.3- Les échelles spatiales de la pollution atmosphérique

Les différents polluants agissent plus ou moins rapidement et plus ou moins loin de leurs sources d'émissions. La qualité de l'air ambiant se définit en fonction de la concentration de ces polluants. Elle recouvre également deux notions différentes selon l'échelle spatiale.

1.3.1- La pollution intérieure

Les causes de cette pollution intérieure peuvent être nombreuses : produits ménagers (produits d'entretien, cosmétiques, pesticides, peintures, etc.), modes de chauffage ou de cuisson, tabagisme,... sans oublier le manque d'aération.

1.3.2- La pollution extérieure ou de l'air ambiant

On distingue deux types d'atteintes à la qualité de l'air extérieur : les épisodes aigus de pollution (pics) et les concentrations plus faibles mais permanentes de polluants (concentrations de fond).

- ☞ ***Les pics ou épisodes de pollution*** surviennent lors de conditions météorologiques particulières (cas typique des pics d'ozone en été). Ces effets sont principalement liés au système respiratoire (difficultés pour respirer, déclenchement de crises d'asthme,...).
- ☞ ***Les concentrations de fond*** auxquelles la population est exposée quotidiennement exercent, pour leur part, des effets à moyen et long terme sur la santé.

On distingue différents niveaux de pollution extérieure ou de l'air ambiant :

1.3.2.1- La pollution locale ou de proximité

Cette pollution se manifeste à proximité des sources d'émission de gaz et autres substances indésirables le plus souvent produites en milieu urbain (industries, chauffage, trafic). C'est la pollution typique du centre ville (pollution urbaine).

Elle affecte en premier lieu la santé des populations par son action directe à court terme mais exerce également une toxicité à plus long terme pour certaines pathologies.

Outre les problèmes de santé, la pollution de proximité peut procurer une gêne olfactive importante et participer à la dégradation du patrimoine bâti par corrosion et salissure. C'est cette pollution locale qui, la première, a fait l'objet d'un suivi aux abords des grands sites industriels.

1.3.2.2- La pollution régionale

Elle désigne aussi la pollution secondaire ; les polluants responsables n'étant pas directement émis par les sources d'émissions mais provenant de réactions chimiques ultérieures. Sa manifestation se fait à travers les pluies acides et le smog photochimique.

Ces pollutions, sensibles en toutes saisons, sont particulièrement développées en été et dans les régions où l'activité solaire accroît le rendement des réactions chimiques. La pollution par l'ozone est particulièrement complexe et les concentrations mesurées trouvent leur origine tant à proximité des zones de production des polluants primaires, que dans l'exportation de polluants à partir de zones d'émissions plus lointaines.

1.3.2.3- La pollution planétaire

A l'échelle planétaire, deux processus majeurs sont le fruit des émissions de polluants atmosphériques : le trou dans la couche d'ozone et l'effet de serre.

☞ **L'ozone** s'il est un polluant au niveau de la plus basse couche de l'atmosphère, joue un rôle fondamental au niveau de la stratosphère. Il participe en effet à la filtration des rayons ultraviolets solaires qui sont nocifs à forte dose pour la vie sur terre. La couche d'ozone ne cesse de se dégrader sous l'action des polluants atmosphériques et on observe, périodiquement, notamment au-dessus des pôles, des trous dans cette couche protectrice : on parle de *trous d'ozone*.

☞ **L'effet de serre** est un phénomène naturel. Une partie des rayons infrarouges émis par la terre est réfléchi au niveau de l'atmosphère et renvoyée vers la surface. Mais ce phénomène est accentué par la présence de certains gaz d'origine anthropiques tels que CO₂, CH₄, CFC, N₂O, O₃, etc. qui contribuent non seulement au réchauffement de la planète, mais participent aussi aux changements climatiques.

1.4- Les risques liés à la pollution de l'air

Les polluants émis dans l'atmosphère ne sont pas inertes le plus souvent. Ils subissent diverses transformations conduisant à la production de polluants secondaires, phénomènes qui

contribuent à terme à une certaine auto-épuration de l'air. Néanmoins, il naît aussi certaines espèces chimiques indésirables car réactives aux plans physico-chimique et biologique.

1.4.1- Notion de toxicité et de risque

Les impacts de la pollution de l'air sont définis à partir de la notion de risque dont la détermination est fonction de la concentration des polluants et de l'exposition des êtres vivants.

$$\text{Risque ou danger potentiel} = (\text{dose}) \times (\text{exposition})$$

L'estimation d'une nuisance potentielle ou réelle due à la pollution de l'air revient donc à une analyse des dangers (potentiels ou réels) liés à la toxicité des contaminants. L'ampleur de la toxicité dépend des phénomènes dont elle résulte :

- ☞ **cumulation** des doses liées aux composés stables et rémanents (métaux lourds, pesticides chlorés, fluorures, etc.),
- ☞ **sommation** des effets liés à des produits métabolisés par l'organisme,
- ☞ **toxicité immuno-allergique** liée à la sensibilité propre au sujet, sans qu'il y ait une relation entre la dose et l'effet.

On distingue la **toxicité aiguë** (causant la mort ou des désordres physiologiques importants immédiatement ou peu de temps après l'exposition), **subaiguë** (effets dus à des doses plus faibles, se produisant à court terme, sur des organes cibles, parfois réversibles), **ou chronique** (causant des effets irréversibles à long terme par une absorption continue de petites doses de polluants, ou des effets cumulatifs).

Il est à noter que la notion de toxicité est difficile à cerner en raison de la faiblesse de l'intensité des effets et du fait que l'exposition est généralement caractérisée par un mélange complexe de polluants à faible teneur et en constante évolution. Il existe un délai de latence parfois très long pour des maladies comme le cancer et les maladies provoquées peuvent être dues à de nombreux facteurs et non pas à un polluant spécifique. L'affirmation d'une relation de causalité prête donc souvent à discussion voire à spéculation.

1.4.2- Les méthodes d'évaluation des risques sanitaires de la pollution de l'air

L'exposition à un environnement pollué a toujours des effets sur la santé humaine. Il ne suffit pas seulement de savoir qu'un polluant est toxique, il faut aussi en connaître les doses. En matière de risque sanitaire, ce n'est pas la toxicité aiguë liée à des doses importantes de polluants qui pose problème mais la toxicité chronique due aux faibles doses à laquelle s'expose souvent la population. Il ne semble pas exister de seuil en dessous duquel aucun effet n'est perceptible.

Plusieurs approches existent pour évaluer les risques liés à la pollution de l'air sur la santé des êtres vivants. On peut distinguer :

- ☞ **les études toxicologiques in vitro** qui étudient l'action des polluants directement sur les cellules ou les tissus ;
- ☞ **les études épidémiologiques** qui comparent la fréquence des maladies dans des zones très ou peu polluées ;
- ☞ **les études expérimentales** qui comparent la fréquence d'apparition de la maladie entre des sujets exposés et non-exposés ;
- ☞ **les études épidémiolo-écologiques** qui font appel aux lois de la statistique pour tenir compte des nombreuses variables ;

Par ailleurs, aucune méthode n'est parfaite et l'évaluation des risques liés aux faibles niveaux de pollution requiert une approche multiple et rigoureuse. Un risque faible pour chaque individu devient préoccupant, au plan collectif, si la population exposée est importante

1.5- Impacts de la pollution de l'air sur la santé et l'environnement

La pollution de l'air a des effets variés sur la santé et sur l'environnement. C'est un phénomène local, continental et mondial constituant à la fois une atteinte à la qualité de vie (santé) et une menace pour l'environnement et le climat (pluies acides, pollution photochimique, trou de la couche d'ozone, effet de serre, etc.).

1.5.1- Impacts sur la santé

L'atmosphère est le seul milieu auquel l'homme ne peut se soustraire pendant longtemps. Il respire environ 15 000 litres d'air par jour s'exposant de ce fait à un risque potentiel ou réel lié à la contamination de l'air par les polluants.

Les effets de la pollution de l'air sur la santé résultent souvent d'un ensemble de mécanismes physico-pathologiques impliquant des paramètres liés non seulement à la toxicité du ou des contaminants, mais aussi aux caractéristiques propres à la cible (les personnes) telles que :

- ☞ la sensibilité des personnes exposées qui est liée à l'âge, à l'état de santé, au tabagisme, aux prédispositions de l'organisme, etc.) ;
- ☞ l'exposition individuelle aux différentes sources de pollution ;
- ☞ la durée d'exposition à ces niveaux ;
- ☞ le débit respiratoire au moment de l'exposition,
- ☞ la chimie atmosphérique (l'interaction avec d'autres composés présents dans l'atmosphère comme par exemple les pollens, les spores fongiques, etc.).

Ces différents mécanismes, souvent associés et plus ou moins importants en fonction du polluant considéré, sont généralement responsables d'une susceptibilité accrue vis-à-vis *d'allergènes aéroportés et donc de maladies du système respiratoire* telles que

l'asthme, les infections broncho-pulmonaires, la bronchite chronique et les cancers pulmonaires.

Les effets de la pollution de l'air sur la santé peuvent se manifester aussi bien sur le court que le long terme.

1.5.1.1- Les effets à court terme

Ils se manifestent quelques heures ou quelques jours après l'exposition. Ce sont généralement des *problèmes respiratoires, des allergies, des irritations des yeux, des maux de tête et des effets d'asphyxie (intoxication au CO)*. Chaque polluant a des effets spécifiques sur la santé des personnes. Le tableau 1 présente renseigne sur ces impacts.

1.5.1.2- Les effets à long terme

L'exposition aux polluants atmosphériques sur le long terme se traduit par une altération du système respiratoire, l'accentuation des risques de cancers, l'apparition des maladies cardiovasculaires etc. Selon une étude menée par le PNUE⁽³⁾ en 2000, environ 50% des maladies respiratoires chroniques sont dues à la pollution de l'air. Près de 3 millions de personnes meurent chaque année sous l'effet de la pollution atmosphérique (OMS, 1999).

1.6.2- Effet sur l'environnement

Les principaux effets de la pollution atmosphériques sur l'environnement se traduisent par des phénomènes globaux tels que :

- ☞ la destruction de la couche d'ozone,
- ☞ les pluies acides dégradant les monuments, les édifices administratifs, les forêts et acidifiant les plans et cours d'eau ;
- ☞ le réchauffement de la planète qui est à l'origine de l'amplification de l'effet de serre et des changements climatiques.

Le tableau 1 suivant présente les effets susceptibles d'être générés par les différents polluants atmosphériques sur la santé et l'environnement.

⁽³⁾ Source : site <http://www.geoscopie.com/themes/t162pnue.html>, consulté le 27 juin 2006.

Tableau 1: Les polluants atmosphériques, leur origine et les effets sur la santé et l'environnement

Polluants	Origine	Effets sur la santé	Effets sur l'environnement
Ozone troposphérique (O₃)	L'ozone est une forme particulière de l'oxygène. Contrairement aux autres polluants, l'ozone n'est pas émis par une source particulière mais résulte de la transformation photo-chimique de certains polluants de l'atmosphère, issus principalement du transport routier, (NO _x et COV) en présence des rayonnements ultraviolets solaires. Les concentrations élevées d'ozone s'observent principalement l'été, durant les heures chaudes et ensoleillées de la journée.	C'est un gaz agressif qui provoque (à partir de concentration de 150 à 200 µg/m ³) des migraines, des irritations des yeux et de la gorge, de la toux et une altération pulmonaire, surtout chez les personnes sensibles.	En quantité très élevée, l'ozone peut avoir des conséquences dommageables pour l'environnement. Il contribue à l'acidification de l'environnement qui perturbe la composition de l'air, des eaux de surface et du sol. Ainsi, l'ozone porte préjudice aux écosystèmes (dépérissement forestier, acidification des lacs d'eau douce, atteinte à la chaîne alimentaire,...) et dégrade les bâtiments et les cultures.
Oxydes d'azote (NO_x)	Les NO _x proviennent surtout des véhicules et des installations de combustion. Ces émissions ont lieu principalement sous la forme de NO (90%) et dans une moindre mesure sous la forme de NO ₂ .	Le NO n'est pas toxique pour l'homme au contraire du NO ₂ qui peut entraîner une altération de la fonction respiratoire et une hyper activité bronchique. Chez les enfants et les asthmatiques, il peut augmenter la sensibilité des bronches aux infections microbiennes.	Les NO _x interviennent dans la formation d'ozone troposphérique et contribuent au phénomène des pluies acides qui attaquent les végétaux et les bâtiments.
Composés organiques volatils (COV)	Les COV hors méthane (NMVOC) sont gazeux et proviennent du transport routier (véhicules à essence) ou de l'utilisation de solvants dans les procédés industriels (imprimeries, nettoyage à sec,...) ou dans les colles, vernis, peintures,... Les plus connus sont les BTX (benzène, toluène, xylène).	Les effets sont divers selon les polluants et l'exposition. Ils vont de la simple gêne olfactive et une irritation, à une diminution de la capacité respiratoire. Le benzène est un composé cancérigène reconnu.	Les COV interviennent dans la formation d'ozone troposphérique et contribuent au phénomène des pluies acides qui attaquent les végétaux et les bâtiments.
Dioxyde de carbone (CO₂)	Il provient essentiellement de la combustion de carburant fossile pour le transport, le chauffage et les activités industrielles.	Il n'a pas d'effet connu sur la santé.	L'augmentation de la concentration en CO ₂ accroît sensiblement l'effet de serre et contribue à une modification du climat planétaire.
Monoxyde de carbone (CO)	Gaz toxique, incolore, insipide et inodore, qui se forme lors de la combustion incomplète de matières carbonées : charbon, papier, essence, gasoil, gaz, bois, etc.	Premiers symptômes de l'intoxication : maux de tête, vision floue, malaise légère ; A un taux supérieur à 15% de carboxyhémoglobine, l'intoxication se traduit par des nausées, des vomissements, des vertiges ou, plus grave, un évanouissement ; La mort survient à un taux > 66%.	Participe à la formation de l'ozone troposphérique, au réchauffement de la planète et aux changements climatiques

Polluants	Origine	Effets sur la santé	Effets sur l'environnement
Dioxyde de soufre (SO₂)	Il provient essentiellement de la combustion des matières fossiles contenant du soufre (comme le fuel ou le charbon) et s'observe en concentrations légèrement plus élevées dans un environnement à forte circulation.	C'est un gaz irritant. Des expositions courtes à des valeurs élevées (250µg/m ³) peuvent provoquer des affections respiratoires (bronchites,...) surtout chez les personnes sensibles.	En présence d'eau, le dioxyde de soufre forme de l'acide sulfurique (H ₂ SO ₄) qui contribue, comme l'ozone, à l'acidification de l'environnement.
Ammoniac (NH₃)	L'ammoniac est un polluant surtout lié aux activités agricoles. En milieu urbain, sa production semble être fonction de la densité de l'habitat. Sa présence est liée à l'utilisation de produits de nettoyage, aux processus de décomposition de la matière organique et à l'usage de voitures équipées d'un catalyseur.	Le NH ₃ présent dans l'air n'a pas d'effet toxique sur la santé. Mais attention, sous forme liquide (NH ₄ OH), l'ammoniac se révèle très corrosif ! Mélangé avec de l'eau de Javel (chlore actif), il peut alors provoquer des dégagements gazeux toxiques (chloramines).	Comme l'ozone, le NH ₃ contribue à l'acidification de l'environnement.
Poussières ou Particules en suspension Incluant les Particules fines (PM₁₀) et très fines (PM_{2,5})	Elles constituent un complexe de substances organiques ou minérales. Les grosses particules (supérieures à 10µm) sont formées par des processus mécaniques tels que l'érosion, les éruptions. Les PM ₁₀ (inférieures à 10µm) et PM _{2,5} (inférieures à 2,5µm) résultent de processus de combustion (industries, chauffage, transport,...).	Leur degré de toxicité dépend de leur nature, dimension et association à d'autres polluants. Les particules fines peuvent irriter les voies respiratoires, à basse concentration, surtout chez les personnes sensibles. Les très fines pénètrent plus profondément dans les voies respiratoires. Certaines particules peuvent avoir des propriétés mutagène ou cancérogène.	Les poussières absorbent et diffusent la lumière, limitant ainsi la visibilité. Elles suscitent la formation de salissure par dépôt et peuvent avoir une odeur désagréable.
Polluants organiques persistants (POP) Incluant les dioxines, les HAP, les pesticides,...	La production de dioxines est principalement due aux activités humaines et sont rejetées dans l'environnement essentiellement comme sous-produits de procédés industriels (industrie chimique des organochlorés, combustion de matériaux organiques ou fossiles,...). Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) sont rejetés dans l'atmosphère comme sous-produits de la combustion incomplète de matériaux organiques.	De fortes concentrations de POPs ont des effets carcinogènes reconnus sur la santé. Depuis peu, on constate que les POPs peuvent aussi avoir des effets à très faible concentration. Perturbateurs endocriniens, ils interviennent dans les processus hormonaux et les perturbent : malformations congénitales, capacité reproductive limitée, développement physique et intellectuel affecté, système immunitaire détérioré.	Les POPs résistent à la dégradation biologique, chimique et photolytique et persistent donc dans l'environnement. Par ailleurs, ils sont caractérisés par une faible solubilité dans l'eau et une grande solubilité dans les lipides ce qui cause une bioaccumulation dans les graisses des organismes vivants et une bioconcentration dans les chaînes trophiques.

Source : IBGE-BIM, 2004

CHAPITRE II : Gestion de la qualité de l'air

La pollution atmosphérique est un phénomène complexe. Les polluants émis ont un temps de séjour plus ou moins long dans l'atmosphère (de quelques heures à plusieurs centaines d'années) avant d'être détruits ou transférés dans d'autres milieux tels que l'eau, le sol etc. La pollution atmosphérique ne trouve de réelle solution que dans la limitation des rejets des substances polluantes à la source, conformément au principe de précaution. Cependant, plusieurs autres techniques sont utilisées pour contrôler de façon holistique le phénomène.

Le but de tout système de gestion de la qualité de l'air est d'atteindre une qualité de l'environnement atmosphérique qui ne soit nuisible ni à la santé de la population, que ce soit à court ou à long terme, ni aux milieux en général. Cet objectif, fondé sur l'évaluation préliminaire des impacts potentiels sur l'environnement et la santé (études toxicologiques, épidémiologiques et expérimentales) requiert l'association d'outils et d'instruments divers que l'on regroupe usuellement sous la dénomination de « Système de Gestion ». Un tel système prend en compte :

- ☞ la mise en place du cadre juridique (limites d'émissions, normes de qualité de l'air) ;
- ☞ le contrôle et la surveillance des émissions (autres mesures préventives);
- ☞ la surveillance de la qualité de l'air ;
- ☞ l'information publique (les procédures d'alerte, la planification du trafic, l'intégration du transport).

D'autres outils comme les plans de transport ou de déplacements urbains, les plans d'aménagement du territoire, peuvent être complémentaires utilisés pour assurer plus efficacement la gestion systémique de la qualité de l'air en milieu urbain.

Suivant cette logique, le système de gestion de la qualité de l'air est considéré comme une approche d'intégration et de coordination des objectifs politiques, des facteurs déterminants du milieu, des données de terrain et des procédures d'estimation. C'est donc un système conçu comme un cycle d'amélioration de la qualité atmosphérique.

La mise en œuvre de la totalité de ces outils n'est pas indispensable pour assurer la gestion de la qualité de l'air, comme le démontrent les systèmes actuellement en vigueur dans plusieurs pays. Les normes de qualité, un système de surveillance et un minimum d'outils de contrôle de la pollution sont par contre nécessaires pour l'obtention d'un résultat significatif.

2.1- Approche préventive de lutte contre la pollution atmosphérique

La prévention constitue le premier remède en matière de lutte contre la pollution de l'air. Elle s'inscrit dans le cadre du principe de précaution et son application repose sur la mise en place d'un cadre réglementaire de gestion et de surveillance des émissions, ainsi que sur la mise en œuvre d'un certain nombre de mesures visant à réduire la pollution à la source et à éviter les cas de toxicité et d'irréversibilité.

Elle demeure jusque là le meilleur moyen de lutte qui donne des résultats assez encourageants.

2.1.1- Cadre réglementaire de gestion de la qualité de l'air

La lutte contre la pollution de l'air ne peut se faire en l'absence d'une référence réglementaire, base de la surveillance des immissions et du contrôle des émissions. L'entente scientifique, politique et économique sur une référence réglementaire constitue le fondement de l'ensemble des actions à entreprendre dans l'optique d'une diminution des émissions de polluants. Elle précise le cadre juridique et organisationnel de la lutte contre la pollution en établissant les normes acceptables pour la santé humaine et environnementale. Elle peut porter sur des quotas de tonnage émis par établissement secteurs d'activités ou pays, ou limitation des flux en concentration, souvent accompagnée d'une valeur limite dans l'environnement afin de maîtriser la densification des émissions sur certains secteurs. Aujourd'hui, il existe diverses réglementations : nationales, internationales. Leur niveau d'élaboration et de mise en œuvre dépend du degré de pollution et des niveaux de développement des pays.

2.1.1.1- Contexte international

La lutte contre la pollution atmosphérique a fait objet de nombreuses rencontres internationales à l'issue desquelles des dispositions réglementaires et juridiques ont été prises pour préserver la planète contre les catastrophes liées à ce phénomène. Il s'agit des Conventions dont les principales sont celles relatives à la pollution transfrontière, à la protection de la couche d'ozone et aux changements climatiques. Ces trois Conventions internationales et leurs Protocoles fixent des objectifs sous forme de plafonds d'émission ou de taux de réduction pour plusieurs polluants.

☞ Pollution atmosphérique transfrontière

- ✓ *La Convention de Genève de 1979 sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, a été le premier accord international historique à reconnaître que des solutions régionales sont nécessaires pour réduire le flux de pollution atmosphérique qui traverse les frontières géographiques.*

Plusieurs protocoles ont été adoptés dans le cadre de la mise en œuvre de cette convention. Ils portent sur la réduction des principaux polluants ciblés par cet accord : (O₃, POP, S₂, COV, NO_x, Métaux lourds).

- ✓ *La Convention de Stockholm sur les polluants organiques Persistants* dont l'objectif est de contrôler, de réduire ou d'éliminer les rejets, les émissions ou les fuites de polluants organiques persistants.

☞ **Protection de la couche d'ozone**

Les Protocoles (notamment celui de Montréal, 1987) issus de la Convention de Vienne de 1985 sur la protection de la couche d'ozone contiennent des mesures strictes de contrôle de la production et de la consommation des gaz les plus destructeurs : CFC, halons, HCFC, HBFC, CCl₄, méthylchloroforme et bromochlorométhane.

☞ **Lutte contre les changements climatiques**

Le Protocole de Kyoto (1997) issu de la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques de 1992 impose aux pays industrialisés de réduire leurs émissions globales de gaz à effet de serre suivants : CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC et SF₆.

2.1.1.2- Contexte national

Les engagements internationaux qui constituent des instruments juridiquement contraignants sont mis en œuvre au niveau national via des ordonnances et arrêtés. Il s'agit essentiellement des lois ou codes et de leurs décrets d'application.

En effet, en dehors des dispositions particulières prises par chaque pays signataire des conventions pour leur mise en œuvre, la gestion de la pollution de l'air est faite au niveau local par la mise en place d'un cadre juridique de référence constitué de normes d'émission et de qualité de l'air.

2.1.2- Contrôle et surveillance des émissions

De nombreux outils sont souvent utilisés pour contrôler les émissions. Il s'agit entre autres des inventaires des émissions, normes d'émissions, taxes sur les émissions, permis d'émission, fiscalisation, normes de qualité des combustibles). Plusieurs méthodes sont généralement utilisées dans la mise en œuvre de cette approche.

2.1.2.1- Amélioration de la qualité des combustibles

Elle constitue un moyen de lutte en amont des sources d'émissions. Diverses techniques sont à cet effet utilisées. Les plus connus restent : la désulfuration des combustibles solides et liquides, l'élimination des métaux lourds et utilisation d'autres additifs pour les combustibles liquides.

2.1.2.2- Traitement de l'effluent

Il est effectué au niveau de la source avant le rejet dans l'atmosphère. Diverses techniques sont aujourd'hui utilisées, surtout au niveau des unités industrielles : le dépoussiérage, la combustion ou le traitement par absorption/adsorption. Le pot catalytique ou le filtre à particule pour les sources mobiles entrent dans la même catégorie.

2.1.2.3- Choix et implantation des sources d'émissions

Ils restent fondamentaux pour la réduction de la pollution, la diffusion des polluants et la limitation de l'exposition des populations. En effet, il est important aujourd'hui de recourir aux technologies moins polluantes dites propres pour limiter le volume des émissions à la source. Aussi, l'implantation des zones industrielles doit-elle tenir compte de la proximité des lieux d'habitation et des paramètres météorologiques (vent, etc.) ou inversement afin de réduire les risques sanitaire liés à l'exposition des populations aux polluants. Une ceinture de sécurité doit être prévue pour éviter le rabattement direct des panaches sur les habitats voisins.

Par ailleurs, des mécanismes d'incitation peuvent également être mis en place pour faciliter l'accès (achat et usage) de la population aux équipements moins polluants (technologies propres, véhicules neufs, transports communs, etc.).

2.1.2.4- Création des espaces verts

La végétation est généralement utilisée dans la lutte contre la pollution de l'air pour ces fonctions biologiques. En effet, les espaces verts permettent de soustraire une certaine étendue à des sources d'émissions. Ils sont susceptibles d'absorber dans une certaine mesure certains polluants comme le CO₂. Certaines études montrent que la végétation dans une atmosphère polluée est susceptible de fixer et même de métaboliser l'anhydride sulfureux.

2.1.2.5- L'information et la formation

Ces deux moyens de lutte sont utilisés pour sensibiliser les différents acteurs concernés (population, industries, etc.) à prendre conscience des enjeux liés à la pollution de l'air et de leur rôle dans la mise en place des actions de lutte. Ils sont très employés dans les pays développés mais le sont moins efficacement dans bon nombre de pays du sud.

2.2- Système de surveillance de la qualité de l'air

La surveillance de la qualité de l'air ambiant constitue un élément clé du système de gestion de la qualité de l'air. C'est un outil d'aide à la décision dans la mesure où elle permet de mieux évaluer l'ampleur de la pollution et de prendre les mesures correctives appropriées. C'est aussi un moyen de s'assurer du respect des normes de qualité de l'air préétablies et d'acquérir les données utiles à la mise en œuvre des politiques de prévention. La diffusion des informations produites contribue en outre à la prise de conscience du grand public.

L'objectif principal de la surveillance de la qualité de l'air est la protection de la santé publique et complémentaiement celle de l'écosystème urbain et régional. Elle accomplit plusieurs types de mission :

- ☞ **une mission centrale** : la production de données élémentaires.
- ☞ **des missions de base** : diffusion de données (alerte, information permanente), études diverses sur les phénomènes de pollution, impact des activités.
- ☞ **des missions d'expertises** : prévision des situations de pollution, orientation à moyen terme des planifications et des projets urbains, industriels, routiers, etc.
- ☞ **des missions pédagogiques et stratégiques** : conseils, formations auprès des différents publics, sensibilisation, propositions.

La surveillance s'effectue par différents moyens incluant *la surveillance par les dispositifs fixes, les campagnes de mesures, les cadastres d'émissions et la modélisation de la pollution de l'air sur un territoire donné*. La mise en oeuvre de ces différents moyens permet de fournir des représentations cartographiques de la pollution.

2.2.1- Le dispositif fixe de surveillance

Le dispositif fixe de surveillance de la qualité de l'air se compose de plusieurs stations disposées en réseau. Chaque station est équipée d'un ou de plusieurs analyseurs mesurant, en continu et de manière automatique, un ou plusieurs polluants spécifiques ainsi que parfois d'autres paramètres (météorologie, comptage de véhicules).

Les stations sont implantées en des lieux représentatifs de différents types d'exposition. Elles transmettent automatiquement les résultats de mesure vers le (s) poste (s) central (aux) où ils sont validés, analysés et diffusés sur des serveurs télématiques (Internet, répondeurs, etc.).

2.2.1.1- La représentativité des stations de mesure

La mise en place de chaque station doit répondre à un objectif de représentativité bien précis décliné selon les typologies suivantes⁽⁴⁾ :

- ☞ **les stations "trafic"** : Représentatives de l'exposition maximale sur les zones soumises à une forte circulation urbaine ou routière.
- ☞ **les stations "industrielles"** : Représentatives de l'exposition maximale sur les zones soumises directement à une pollution d'origine industrielle.
- ☞ **les stations "urbaines"** : Représentatives de l'air respiré par la majorité des habitants de l'agglomération. Placées en ville, hors de l'influence immédiate et directe d'une voie de circulation ou d'une installation industrielle.
- ☞ **les stations "périurbaines"** : Représentatives de l'exposition maximale à la pollution "secondaire" en zone habitée, sous l'influence directe d'une agglomération.

⁽⁴⁾ **Source** : Magasine de la Fédération ATMO. (2005)

- ☞ **les stations “rurales”** : Représentatives au niveau régional ou national de la pollution de zones peu habitées.
- ☞ **les stations “d’observation”** : Ne répondent pas aux critères des stations précédentes. Elles sont utiles à la compréhension des phénomènes de pollution étudiés.

2.2.1.2- Classification et objectifs des stations

Chaque type de station est mis en place pour répondre à un besoin d'information nécessaire à la gestion de la qualité de l'air. La classification adoptée par l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) correspond aux problèmes de pollution atmosphérique rencontrés actuellement. Elle est présentée dans le tableau 2 ci-dessous pour évoluer à l'avenir suivant l'évolution des techniques et l'origine des pollutions.

Il est à noter qu'une station ne peut appartenir qu'à une et une seule typologie ou classe de classement.

Tableau 2 : Classification des stations selon les objectifs de surveillance de la qualité de l'air

Catégories	Types de stations	Objectifs
Stations de fond réalisant un suivi de l'exposition moyenne des personnes et de l'environnement	Station urbaine	Suivi de l'exposition moyenne de la population à la pollution atmosphérique de fond dans les centres urbains.
	Station périurbaine	Suivi de la pollution photochimique (O3) et ses précurseurs et éventuellement les polluants primaires et suivi du niveau moyen d'exposition de la pollution atmosphérique de fond à la périphérie du centre urbain.
	Station rurale régionale	Surveillance de l'exposition des écosystèmes et de la population à la pollution atmosphérique de fond notamment photochimique à l'échelle régionale. Elle participe à la surveillance de la qualité de l'air sur l'ensemble du territoire et notamment dans les zones rurales.
	Station rurale nationale	Surveillance dans les zones rurales de la pollution de fond issue des transports de masses d'air à longue distance, notamment transfrontaliers.
Stations de proximité	Industrielle	Fournir des informations sur les concentrations mesurées dans les zones représentatives du niveau maximum auquel la population riveraine d'une source fixe est susceptible d'être exposée par des phénomènes de panache et d'accumulation.
	Trafic	Fournir des informations sur les concentrations mesurées dans les zones représentatives du niveau maximum auquel la population située à proximité d'une infrastructure routière est susceptible d'être exposée.
	Station d'observation spécifique	Besoins spécifiques tels que l'aide de la modélisation ou à la prévision, le suivi des émetteurs autres que l'industrie et la circulation automobile (pollution de l'air d'origine agricole...) , le maintien d'une station « historique », etc.

Source : (ADEME, 2002)

2.2.1.3- Nombre de stations requis par réseau

Le nombre de stations devant composer un réseau de surveillance de la qualité de l'air est très variable. Il est fonction de l'étendue du territoire à surveiller, de la sensibilité des éléments qui le composent, du degré de pollution et de la densité de la population. Aussi, pourrait-on adjoindre d'autres directives telles que les objectifs de surveillance, la nature des sources et des ressources disponibles.

Le tableau 3 suivant présente, selon la directive du parlement européen et du conseil en matière qualité de l'air ambiant, le nombre minimal de points de prélèvement nécessaires pour la mesure fixe, afin d'évaluer le respect des valeurs limites ou des plafonds de concentration prescrits pour la protection de la santé humaine, ainsi que le respect des seuils d'alerte, dans les zones et agglomérations où la mesure fixe est la seule source d'information.

Tableau 3 : Nombre minimal de stations fixes de mesure requis par réseau

Population de l'agglomération ou zone (en milliers d'habitants)	Si les concentrations dépassent le seuil d'évaluation supérieur ⁽¹⁾	Si les concentrations maximales sont comprises entre les seuils d'évaluation inférieur et supérieur
0-249	1	1
250-499	2	1
500-749	2	1
750-999	3	1
1 000-1 499	4	2
1 500-1 999	5	2
2 000-2 749	6	3
2 750-3 749	7	3
3 750-4 749	8	4
4 750-5 999	9	4
≥ 6 000	10	5

Source : Directive du parlement européen et du conseil (2005)

(1) Pour le dioxyde d'azote, les particules, le monoxyde de carbone et le benzène : ce nombre doit comprendre au moins une station surveillant la pollution de fond urbaine et une station consacrée à la pollution due à la circulation à condition que cela n'augmente pas le nombre de points de prélèvement.

2.2.2- Les campagnes de mesures temporaires

Parallèlement aux stations fixes, il existe d'autres techniques de mesures utilisées pour recueillir des informations utiles à la gestion efficace de la qualité de l'air. En complément des mesures réalisées au niveau du dispositif fixe, des campagnes d'études temporaires sont donc réalisées à partir des camions laboratoires et des stations temporaires. Les objectifs de ces campagnes sont multiples, ils peuvent se résumer à :

- ☞ *la validation des stations de mesures et du réseau* : elle est préliminaire à l'installation des stations des sites permanents et se réalise sur l'ensemble de la région affectée par la pollution et susceptible d'être surveillée ;
- ☞ *une meilleure connaissance des quartiers* : en complément des informations enregistrées sur les sites permanents, des campagnes de mesures sont menées sur des secteurs non couverts afin de préciser les niveaux par rapport aux sites de référence et aux normes ;
- ☞ *la connaissance et les perspectives sur l'ensemble du territoire national* : ces campagnes de mesures ont surtout concerné la compréhension et la connaissance des niveaux d'ozone.

2.2.2.1- Le laboratoire mobile

Le laboratoire mobile est une station complète de mesure installée dans un véhicule spécialement aménagé. Ce camion est équipé de différents analyseurs de polluants et d'un mât météorologique (direction, vitesse du vent, hygrométrie et température. Il effectue la mesure des concentrations dans l'air de polluants atmosphériques gazeux et particulaires et l'acquisition automatique et en continu des mesures. Il permet entre autre :

- ☞ de compléter la surveillance de la qualité de l'air effectuée par les stations fixes,
- ☞ de vérifier si les stations fixes sont bien représentatives de la qualité de l'air étudiée,
- ☞ de choisir l'implantation d'une nouvelle station,
- ☞ de répondre à des préoccupations locales.

2.2.2.2- Les stations temporaires

Une autre technique utilisée lors des campagnes de mesures temporaires est celle des tubes à diffusion passive. Elle permet d'évaluer l'étendue spatiale de la teneur en certains polluants (NO_x, COV, SO₂, HAP, etc.) dits indicateurs de la pollution par les transports ou par les installations fixes, en milieu urbanisé.

Le capteur utilisé est un échantillonneur passif, et l'échantillonnage est réalisé par diffusion moléculaire. L'échantillonneur se présente sous la forme d'un tube de dimension bien précise (7 cm de long, 1 cm de diamètre). Une substance, présente dans les capteurs, s'imprègne du polluant par diffusion moléculaire. A la fin de la période d'échantillonnage, le tube est envoyé à un laboratoire d'analyse.

A partir des valeurs mesurées à différents points du site de mesure, des cartes d'iso-concentration en polluants sont construites, par interpolation spatiale (méthode de krigeag). Les cartes rendent compte de la pollution chronique de la ville étudiée et constituent une aide à la prise de décision en matière de surveillance, de suivi et de protection de l'environnement.

2.2.3- Modélisation et gestion de la qualité de l'air

La gestion de la qualité de l'air exige l'utilisation des outils de modélisation qui favorisent une meilleure compréhension des phénomènes et une meilleure planification des actions. Les modèles de simulation déterministe, modèles statistiques, etc. constituent l'ensemble des outils utilisés pour répondre avec pertinence technique et efficience de moyens aux enjeux actuels de surveillance, d'étude et de gestion de la qualité de l'air. Ils favorisent notamment :

- ☞ la prévision pour répondre à la question "Quelle qualité de l'air pour demain ?",
- ☞ la simulation pour comprendre les phénomènes de pollution atmosphérique et d'évaluer l'effet à long terme des mesures de réduction des émissions,
- ☞ la réalisation de cartes de concentrations en polluants basées sur des mesures ponctuelles pour appréhender la qualité de l'air en tout point d'un territoire.

2.3- L'information et la prévision sur la qualité de l'air

L'une des finalités de la surveillance de la qualité de l'air est de fournir des informations permettant au public d'être renseigné sur la qualité de l'air respiré et aux autorités compétentes de planifier leurs interventions.

L'élaboration de ces informations couramment communiquées au public est basée sur des indices caractéristiques de la qualité de l'air. Il s'agit des indicateurs permettent de décrire périodiquement, sous une forme simple (un qualificatif ou un chiffre) l'état de l'environnement local, urbain ou régional. Ils synthétisent les données de terrain complexes et font partie des outils utiles aux systèmes de gestion de la qualité de l'air mis en oeuvre par les pouvoirs publics. Ils ne sont cependant pas universels dans la mesure où les données exploitées, les référentiels normatifs et leurs méthodes d'élaboration sont très variables selon les contextes.

2.3.1- L'indice ATMO

L'indicateur de la qualité de l'air développé en France pour caractériser la pollution atmosphérique quotidienne mesurée sur les agglomérations de plus de 100 000 habitants et pour informer le public est l'indice ATMO.

Il est élaboré à partir des concentrations journalières de quatre polluants indicateurs de la pollution atmosphérique : le dioxyde de soufre (SO₂), le dioxyde d'azote (NO₂), l'ozone (O₃), les particules en suspension (particules de taille médiane inférieure à 10 micromètres : PM₁₀). Les sous-indices NO₂, O₃ et SO₂ sont calculés à partir de la moyenne des maxima horaires alors que celui des particules en suspension (PM₁₀) est calculé à partir de la moyenne journalière. Les concentrations de chacun de ces polluants sont classées sur une échelle de 1 très bon à 10 très mauvais. Le plus élevé de ces 4 sous-indices donne l'indice ATMO de la journée.

2.3.2- Procédures d'alerte

Les procédures d'alerte à la pollution atmosphérique ont pour but d'informer en temps réel les autorités, les collectivités locales, la population via les médias ou autres canaux afin de limiter les risques sanitaires liés aux épisodes de pollution. Elles aboutissent à la mise en place des mesures réductrices des émissions polluantes. Leur déclenchement repose sur deux types de seuils : un seuil d'information et de recommandation, et un seuil d'alerte.

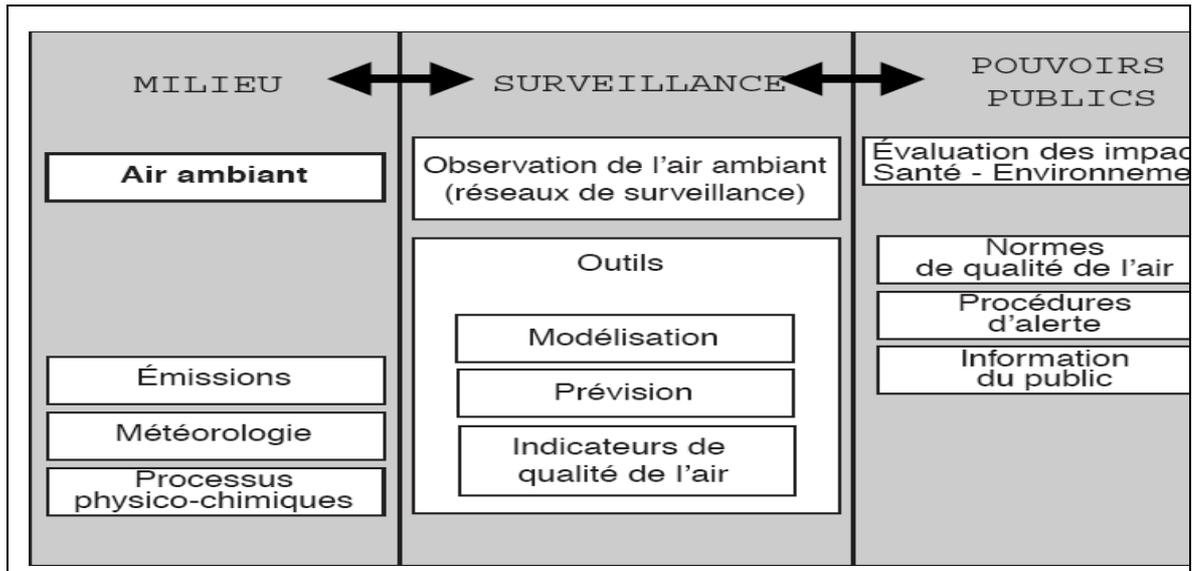
☞ **Le seuil « d'information et de recommandation »** : Il correspond au seuil au-delà duquel une exposition de courte durée a des effets limités et transitoires sur la santé des catégories de la population particulièrement sensibles (enfants, personnes âgées, asthmatiques et insuffisants respiratoires chroniques).

Il s'obtient lorsque le seuil d'un des trois polluants (O₃, SO₂, NO₂) est atteint et correspond à l'émission d'un message de recommandations sanitaires et d'information destiné à la réduction des sources polluantes.

☞ **Le seuil « d'alerte »** : Il est déclenché lorsque le niveau de concentration dans l'atmosphère d'un de ces indicateurs a atteint un seuil au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou pour l'environnement en général. Un message d'information comprenant des recommandations sanitaires plus large est à cet effet adressé aux autorités concernées et à l'ensemble des médias.

2.4- Synthèse de l'approche systémique de gestion de la qualité de l'air

La mise en œuvre de la totalité de ces outils n'est pas indispensable pour assurer la gestion de la qualité de l'air, comme le démontrent les systèmes actuellement en vigueur dans plusieurs pays. Par contre, les normes de qualité, les systèmes de surveillance et un minimum d'outils de contrôle de la pollution sont absolument nécessaires. Cependant, on constate que dans les pays possédant un système de gestion déjà bien évolué, la plupart des outils cités est couramment employé. La figure 4 ci-après résume le système de gestion de la qualité de l'air à travers les principales étapes et les outils nécessaires à sa mise en œuvre.



Source : <http://www.ensmp.fr/Fr/Services/PressesENSMP/Resumes/qualiteair-1res.pdf>

Figure 4 : Synoptique du système de gestion de la qualité de l'air

2.5- Le modèle DPSIR : Un outil d'analyse diagnostique approprié (ODE, 2000)

Le modèle d'analyse DPSIR (**D**river-**P**ressure-**S**tate-**I**mpact-**R**esponses) est utilisé dans la gestion des problématiques environnementales pour établir des synergies entre les différentes politiques. Ce modèle reconnu par l'Agence européenne de l'Environnement et utilisé largement se base sur la distinction d'une part entre les acteurs et les pressions engendrées par les activités de ces acteurs et, d'autre part les modifications de l'état de l'environnement et les impacts sur les personnes. Ce modèle inclut également les actions politiques en réponse à la société civile. Il permet une compréhension intégrée des phénomènes qu'ils soient liés à plusieurs compartiments de l'environnement (eau, air, déchets par exemple) ou encore à plusieurs secteurs politiques (transports, santé, entreprises, etc). Nous proposons d'utiliser et d'élargir cette méthode à l'approche santé et environnement¹.

Le modèle DPSIR décompose l'analyse en 5 étapes reliées par une chaîne de causalité directe.

1. Les **acteurs** (« Drivers ») sont responsables d'activités génératrices de nuisances ou consommatrices de ressources. Ils évoluent dans une civilisation qui détermine en outre les habitudes, les valeurs et la façon dont ces acteurs produisent et consomment.
2. Il en résulte des **pressions** (« Pressure ») quantitatives et qualitatives sur l'environnement, le milieu de travail et globalement de cadre de vie.
3. En fonction des conditions de diffusion, des caractéristiques physico-chimiques du milieu et des mécanismes éventuels de transformation ou de destruction, ces pressions influencent et modifient la qualité de l'écosystème, la disponibilité en ressources

¹

alimentaires, l'un ou plusieurs compartiments environnementaux dont la qualité de l'eau et de l'air et donc **l'état du cadre de vie** (« State »).

4. Ces modifications du cadre de vie ont des **conséquences** en termes d'exposition des êtres humains et ainsi de l'état de leur santé globale mais aussi sur le ressenti et le bien-être des individus (« Impact »).
5. Suite au ressenti et aux effets sur la santé des individus, diverses demandes, plaintes et inquiétudes peuvent être exprimées et transmises au niveau politique, à la société civile entre autres et engendrent ainsi des **réactions** (« Response »). L'ensemble des réactions comprend aussi bien la mise en œuvre d'instruments de gestion, l'intervention des pouvoirs publics et la collaboration entre divers niveaux de prise de décision.

Outre les liens de causalité directe entre les étapes, une série de liens bidirectionnels relie l'étape « Response » aux autres étapes. Ces liens consistent en la mise en œuvre d'instruments politiques d'une part et en l'évaluation de la performance de ces instruments d'autre part.

Situer les recommandations selon la démarche DPSIR, devrait permettre entre autres de comprendre sur quels déterminants elles interviennent mais aussi de les intégrer dans une démarche globale, de développer une concertation concrète des acteurs concernés, de dégager les moyens à mettre en œuvre, et ainsi, de les évaluer de façon continue pour pouvoir au besoin les rectifier.

Le DPSIR constitue donc un outil d'analyse politique léger mais efficace, aisément manipulable, et transférable entre collectivités urbaines ou d'une échelle de structuration territoriale à une autre. Il valorise l'expérience des gestionnaires locaux et peut contribuer au transfert d'information entre les niveaux local et international. C'est également un outil précieux pour une *gestion intégrée d'une problématique* environnementale comme la pollution atmosphérique en milieu urbain.

2^{ÈME} PARTIE : *Gestion de la qualité de l'air en Tunisie et au Bénin : études diagnostique et comparative*

Le choix de l'expérience tunisienne comme support de réflexion pour une proposition d'amélioration de la gestion de la qualité de l'air au Bénin repose non seulement sur la similitude du contexte des deux pays mais aussi sur l'existence en Tunisie d'un système de gestion beaucoup plus complète et efficace. La réalisation d'un stage de trois mois de mise à niveau professionnel au CITET (Tunisie) a été par ailleurs un facteur favorable à ce choix.

Cette partie du document présentera donc les systèmes de gestion de la qualité de l'air tels que mis en œuvre en Tunisie et au Bénin, et à partir d'une analyse critique et comparative fera ressortir les atouts et les insuffisances sur lesquels seront basées les propositions d'amélioration tant pour la Tunisie que pour le Bénin.

CHAPITRE III : Gestion de la qualité de l'air en Tunisie

3.1- Présentation de la Tunisie⁽⁵⁾

La Tunisie est un pays d'Afrique du Nord bordée au sud par la Libye et à l'ouest par l'Algérie et se donnant au nord et à l'est sur la mer Méditerranée. Ancienne entité politique du Maghreb, elle est aujourd'hui ouverte sur le monde méditerranéen et apparaît comme un pôle de stabilité de la région. Elle s'étend sur une superficie de 164 418 km² et sa population est estimée en 2006 à 10,2 millions d'habitants, soit une densité de 66 habitants au km². Près des trois quarts des Tunisiens vivent dans les régions côtières. Les régions arides du Centre et du Sud, représentant 70 % de la superficie totale, ne sont habitées que par 30 % de la population.

La capitale de Tunisie est Tunis. Elle compte en 2003 une population de 2 millions d'habitants et constitue la plus grande ville, le centre politico-administratif et économique du pays. Les autres grandes villes sont Sfax, Sousse et Bizerte.

Le pouvoir local, limité dans un pays centralisé et peu étendu, est détenu par les gouverneurs, nommés par le président à la tête des 23 gouvernorats. Chaque gouvernorat est divisé en délégations. La Tunisie compte également 257 municipalités dont les conseillers sont élus tous les cinq ans.

Le climat de la Tunisie, du fait de sa longue façade maritime et des faibles altitudes, est de type méditerranéen. Les températures atteignent une moyenne de 10,6 °C en janvier et de 26,1 °C en juillet. Le nord du pays est assez bien arrosé ; la saison des pluies, d'octobre à mai, est relativement longue. En se dirigeant vers le sud, le climat devient progressivement plus chaud et plus sec. Les précipitations moyennes annuelles sont d'environ 610 mm, avec une forte variabilité. Elles diminuent vers le sud, et ne représentent qu'environ 178 mm par an dans le Sahara.

La politique tunisienne en matière de protection de l'environnement a pour but de préserver l'équilibre écologique, de sauvegarder les ressources naturelles et humaines et de lutter contre les diverses formes de pollution.

3.2- Contexte de la pollution de l'air en Tunisie

Les sources émettrices de polluants dans l'atmosphère tunisienne sont fort nombreuses et concernent tous les secteurs relatifs aux activités humaines (domestique, industrie, agriculture, transports, etc.) ainsi que la nature. Cependant, la part des émissions dévolue à chaque secteur varie considérablement selon les constituants, notamment en ce qui concerne les

⁽⁵⁾ Source : Encyclopédie Microsoft® Encarta® en ligne 2006

secteurs principalement consommateurs d'énergie. Les secteurs de l'industrie et du transport sont les principales sources de la dégradation de la qualité de l'air en Tunisie.

3.2.1- Les sources fixes de pollution atmosphérique en Tunisie

Les activités industrielles sont très développées en Tunisie. Elles concentrent près de 80% des activités économiques et constituent les principales *sources fixes* de pollution de l'air dans le pays. Elles se composent essentiellement :

- ☞ des unités de transformation des phosphates relevant du Groupement Chimique Tunisien (Gabès, Sfax, Gafsa, et la Skhira),
- ☞ des cimenteries et des briqueteries,
- ☞ des autres usines de matériaux de construction et les grandes entreprises d'industries métalliques et métallurgiques (acier et fonte),
- ☞ de la raffinerie du pétrole,
- ☞ des brûleurs champs pétroliers et les cheminées des centrales électriques,
- ☞ des mines de phosphates de Gafsa et certaines autres industries utilisant le combustible lourd liquide.

Les polluants émis par ces différentes sources sont les oxydes de soufre (SO₂) et d'azote (NO_x) ainsi que les hydrocarbures volatils et semi-volatils (COV et COSV : le méthane, les acétones et les aldéhydes, les hydrocarbures halogénés et les hydrocarbures aromatiques -Benzène, Toluène- et poly-aromatiques (HAP), les dioxines, etc.) et, de surcroît, le gaz carbonique (dioxyde de carbone (CO₂) et le monoxyde de carbone (CO).

3.2.2- Les sources mobiles de pollution

En dehors de la pollution industrielle, la pollution de l'air en milieu urbain est due essentiellement aux émanations des gaz d'échappement des véhicules de transport terrestre. En effet, le secteur tunisien de transport a subi un développement intense lors de la dernière décennie accompagné d'une croissance remarquable de la consommation d'énergie qui a en 2002 atteint 1750000 tonnes c'est-à-dire d'un pourcentage de 31% du total de la consommation nationale. Le transport terrestre représente 77% du total de la consommation nationale avec 18% du transport aérien, 2% du transport marin et 3% du transport ferroviaire. La prépondérance de la contribution du trafic automobile à la pollution de l'air dans les centres urbains tunisiens est essentiellement due à l'augmentation de la flotte automobile. D'après le registre national tunisien, le nombre de véhicules est passé de 1 031 425 en 2003 à 1 088 859 en 2005 avec un taux de croissance de 8% par an. Ce parc automobile se compose de 59 % de voitures particulières et de 70 % de véhicules utilisant l'essence.

Le trafic automobile est à l'origine de plus de 30% du total des émissions d'oxydes d'azote (NOx) et de plus de 50% du total des rejets de monoxyde de carbone (CO).

Aujourd'hui, la qualité de l'air ne représente plus un danger pour la santé de l'homme ni pour son environnement en Tunisie. Ce résultat est le fruit de l'efficacité des nombreuses mesures mises en œuvre à cet effet par l'Etat tunisien. Ces actions, menées dans un cadre institutionnel et réglementaire bien approprié reposent sur une approche de gestion qui se veut systémique et respectueuse des valeurs du développement durable.⁽⁶⁾

3.3- Cadre institutionnel et réglementaire de la gestion de la qualité de l'air en Tunisie

3.3.1- Cadre Institutionnel

La gestion de la qualité de l'air en Tunisie est assurée par un ensemble d'organismes oeuvrant en synergie sur la base d'une politique cohérente pour des actions plus efficaces. Ces dernières sont coordonnées par le Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD) qui a en charge l'élaboration de la politique et de la législation environnementales nationales, et le développement du cadre institutionnel à travers l'établissement des partenariats avec l'ensemble des opérateurs concernés.

Il est suppléé par l'[Agence Nationale de Protection de l'Environnement](#) (ANPE), structure étatique participant à l'élaboration de la politique nationale en matière de lutte contre les pollution et de protection de l'environnement, et chargée de sa mise en œuvre par des actions spécifiques et sectorielles ainsi que des actions globales s'inscrivant dans le cadre du plan national de développement.

L'ANPE coordonne ses actions avec celles du Centre [International des Technologies de l'Environnement de Tunis](#) (CITET), un centre de référence nationale et internationale en matière de contrôle et de suivi de la qualité de l'air jouant le rôle de prestataire de services en matière d'expertise, de conseil, d'analyse et d'élaboration de procédures de contrôle de la qualité de l'air ambiant et à l'émission. Le CITET, moyennant des conventions d'assistance technique, aide les industriels à se doter d'un système d'auto-contrôle déclaratif pour répondre aux normes.

3.3.2- Cadre législatif et réglementaire

La Tunisie a mis en place une loi-cadre relative à la normalisation et la qualité de l'environnement depuis 1982. Les émissions des véhicules à moteur d'essence ont été réglementées depuis 1984, pour la limitation et le contrôle de la teneur en monoxyde de carbone des gaz d'échappement des véhicules automobiles au régime de ralenti, par un arrêté des Ministres des transports et des communications et de la santé publique.

⁽⁶⁾ Rapport sur état de l'environnement en Tunisie 2005

Quant aux installations classées pour la protection de l'environnement, elles sont régies par le Décret n° 84-1556 du 29 décembre 1984 portant réglementation des lotissements industrielles et de l'obligation du traitement des odeurs et autres émanations gazeuses.

L'Etat tunisien, au travers de la Loi n° 88-91 du 2 août 1988 modifiée par la loi n° 92-115 du 30 novembre 1992, attribue les compétences en matière de pollution atmosphérique à l'agence nationale de protection de l'environnement.

Il en découle l'adoption d'instruments juridiques (lois, décrets, arrêtés...) dont :

- ❖ la Norme Tunisienne NT 106 04 relative à l'air ambiant du 13 avril 1996;
- ❖ la Norme Tunisienne NT 106 05 relative à l'émission pour les cimenteries du 3 avril 1997.

Celles-ci restent les textes les plus récents qui a apporté un changement notoire dans la gestion de la qualité de l'air. Elle pose le fondement juridique et organisationnel de la gestion actuelle de la qualité de l'air aussi bien en terme de prévention que de lutte à travers ses différents articles.

3.5- Les Politiques de gestion et d'amélioration de la qualité de l'air en Tunisie

La Tunisie est l'un des pays en voie de développement ayant connu de remarquables avancées en matière de la protection de l'environnement. Ce progrès reste soutenu par la combinaison de diverses politiques sectorielles (transport, industrie, énergie...) qui ne sont pas sans conséquences sur l'environnement du pays d'une manière générale et sur la qualité de l'air en particulier.

3.5.1- Politique de réduction des émissions atmosphériques

La réduction à la source des émanations des polluants atmosphériques représente encore de nos jours le meilleur moyen de lutte contre la pollution de l'air. En Tunisie, les mécanismes de réduction des émissions atmosphériques constituent une composante importante de la stratégie nationale de lutte contre la pollution atmosphérique. Ils sont mis en œuvre à travers plusieurs programmes de protection de l'atmosphère.

3.5.1.1- Les engagements internationaux de la Tunisie

La Tunisie, depuis quelques années, œuvre inlassablement pour une amélioration de la qualité de l'air sur toute l'étendue de son territoire. En plus des initiatives locales, elle est partie prenante de la plupart des engagements tant au niveau africain que mondial. Le tableau 4 suivant donne l'état des engagements qu'elle a pris en matière de la protection de l'atmosphère sur le plan international.

Tableau 4 : Récapitulation des accords internationaux ratifiés et mise en œuvre par la Tunisie

Années d'approbation	Engagements
1987	Protocole de Montréal relatif aux produits qui dégradent la couche d'ozone
1989	Convention de Vienne pour la protection de la couche de l'ozone
1993	Amendements de Londres
1993	Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
1995	Amendements de Copenhague
1999	Amendements de Montréal
2002.	Protocole de Kyoto

3.5.1.2- Politique énergétique

Le pétrole et le gaz constituent encore les principales sources énergétiques en Tunisie. Leur taux de consommation s'est fortement accru avec la croissance économique qu'a connue le pays. Pour renverser cette tendance, la Tunisie a mis œuvre depuis 1985, un programme national de maîtrise de l'énergie visant à garantir l'approvisionnement en énergie et à multiplier les actions et les initiatives pour atténuer la pollution de l'environnement résultant de l'utilisation de l'énergie.

De nombreux projets ont été à cet effet réalisés pour favoriser les opportunités importantes en matière de rationalisation de la consommation de l'énergie. Ils concernent essentiellement :

- ☞ la promulgation des textes d'application de la loi N°2004-72 relative à la maîtrise de l'énergie ;
- ☞ l'établissement des contrats programmes pour la réalisation des audits énergétiques obligatoires et périodiques dans les entreprises des secteurs de l'industrie, du transport et des services ;
- ☞ l'efficacité énergétique dans le secteur industriel et dans les réseaux d'éclairage public ;
- ☞ la certification énergétique des appareils électroménagers et amélioration de réglementation thermique dans les nouvelles constructions ;
- ☞ les incitations fiscales pour l'utilisation des équipements, matériels et outils contribuant à la maîtrise de l'énergie (exonération sur la TVA, réduction de 10% des taxes douanières conformément au décret N°95-744)
- ☞ la cogénération dans le secteur énergétique ;
- ☞ la promotion de l'utilisation des énergies renouvelables comme l'énergie solaire, éolienne, et la biomasse ;

3.5.1.3- Politique de transport

La Tunisie, consciente des enjeux environnementaux liés au développement du secteur des transports, a mis en œuvre un certain nombre de mesures ayant contribué à atténuer les pressions exercées par ce secteur sur l'environnement particulièrement sur l'atmosphère. Ces actions visent essentiellement à réduire l'émission des polluants atmosphériques par les la plus

grande classe des pollueurs que constituent les véhicules de transports routiers. Elles concernent :

- ☞ **la promotion du transport en commun** : il s'agit de la réorganisation des activités du secteur de transports ferroviaires (métros, trains) et routiers (autobus : louages et cars de services publics) et de la réduction du coût de transport des personnes et des marchandises ;
- ☞ **l'aménagement des infrastructures de transport** : entretien, rénovation, construction des voies de passage et des chemins de fer, etc. ;
- ☞ **la réglementation** des techniques d'équipement et d'aménagement des véhicules à moteur fonctionnant au GPL et au Gaz naturel comprimé, respectivement par les décrets N°2002-2016 et N°2002-2017 ;
- ☞ **les campagnes de sensibilisation et de contrôle des gaz d'échappement des véhicules**, dont l'objectif est de sensibiliser le public aux problèmes de la pollution atmosphérique engendrée par les moyens de transport ainsi que d'essayer de modifier le comportement de l'automobiliste en l'incitant à effectuer régulièrement le diagnostic du moteur de son véhicule et à veiller à son entretien.

Par ailleurs, pour remédier aux problèmes de la pollution atmosphérique qui plus jamais à l'ordre de jours de la politique environnementale tunisienne, d'autres initiatives ont été mise en place pour l'amélioration de la qualité de l'air. Il s'agit de :

- ☞ la généralisation de l'utilisation de l'essence sans plomb (égalisation des prix du l'essence super et l'essence sans plomb) ;
- ☞ la mise en place d'un plan national de promotion de l'utilisation du carburant propre ;
- ☞ l'adoption de plusieurs procédures législatives et administratives pour la gestion du trafic et le renouvellement du parc automobile ;
- ☞ l'installation d'un réseau national de surveillance de la qualité de l'air

3.5.1.4- Autres mécanismes de réduction des émissions atmosphériques

Dans le souci d'assurer une action plus efficiente et pour renforcer les politiques de lutte contre la pollution atmosphérique mises en œuvre, la Tunisie a adopté plusieurs autres mécanismes de réduction des émissions dont :

- ☞ la réalisation des études d'impacts pour tout projet d'aménagement ou de construction d'infrastructures susceptible d'être source de nuisances atmosphériques ;
- ☞ la création d'un fonds de dépollution (FODEP), un important mécanisme financier destiné à aider les industriels dans la réalisation de projets respectueux de l'environnement ;
- ☞ le suivi de l'application des procédures environnementales dans les unités de production en phase d'exploitation.

Ces efforts se trouvent renforcés par l'harmonisation de cette politique de transport à celles relatives à l'aménagement du territoire et à la protection de l'environnement. Cette intégration est la preuve de la mise en œuvre d'une action concertée et d'une coordination entre les différentes institutions concernées par la gestion de la qualité de l'air.

Cet ensemble de mesures a contribué à diminuer de façon relative l'impact des transports sans pour autant parvenir à le maîtriser totalement.

3.6- Contrôle et suivi de la qualité de l'air en Tunisie

Dans le cadre de la prévention et de la protection de l'environnement contre les effets nuisibles de la pollution de l'air, la Tunisie s'est dotée depuis 1996 d'un dispositif fixe de surveillance de la qualité de l'air dans les agglomérations urbaines. Il s'agit d'un Réseau National de Surveillance de la Qualité de l'air (RNSQA) dont la mise en place a été marquée par l'implantation de deux stations de mesures fixes à Tunis (une à Sfax au niveau d'un carrefour automobile place du grand Maghreb et l'autre dans le parc technologique du CITET). Ce dispositif a connu avec le temps une complexification et une extension sur l'ensemble du territoire tunisien. Aujourd'hui, le réseau compte dix (10) stations fixes de mesures dont 9 sont opérationnelles.

Le contrôle et le suivi de la qualité de l'air sont assurés par l'ANPE qui gère le RNSQA et par le CITET qui intervient dans la caractérisation de la pollution dans les milieux à risque.

3.6.1- Le Réseau National de Surveillance de la Qualité de l'Air (RNSQA)

La mise en place du dispositif tunisien de surveillance de la qualité de l'air a été faite sur la base des critères de choix et de classification des stations fixes de surveillance prédéfinis par la directive européenne en la matière. Il se compose de dix stations fixes de mesure réparties sur l'ensemble du pays et gérées par l'ANPE. (Cf. carte de répartition des stations en Annexe 2).

3.6.1.1- Choix des sites d'implantation des stations et composition du réseau

La mise en place du réseau tunisien de surveillance de la qualité de l'air a été faite suivant une démarche relativement judicieuse qui repose sur :

- ☞ **la détermination de la (des) ville (s) à surveiller** : elle est faite à partir du niveau de risque de pollution appréhendé ou estimé pour la ville qui est fonction de la densité de la population, de l'intensité et des types d'activités qui y sont menées ;
- ☞ **la caractérisation de la pollution** qui se fait avec le camion mobile et/ou les tubes d'échantillonnage passif. Elle permet de connaître de concentration de quelques polluants indicateurs de pollution d'identifier les zones à risque et de décider du choix des sites à surveiller ;

La détermination du nombre de stations de surveillance à implanter dépend de l'ampleur de l'impact de la pollution et des disponibilités financières de l'organe de gestion.

Le tableau 5 ci-dessous présente la classification des stations de ce réseau selon leur localisation, leur objectif de surveillance et les polluants mesurés.

Tableau 5 : Classification des stations composant le RNSQA

Localisation des stations	Objectif de surveillance	Nombre d'analyseurs	Polluants mesurés				Mesures météo
			NOx	O ₃	SO ₂	PS	
Rades	Station de fond urbain	2		x		x	
Bizerte		3	x	x		x	x
Sousse		4	x	x	x	x	x
Ben Arous	Station de proximité industrielle	4	x	x	x	x	x
Sfax GCT (Banlieue sud)		4	x	x	x	x	x
Bab Sâadoun	Station de proximité Trafic routier	3	x	x		x	
Sfax ville		3		x	x	x	
Parc urbain de Nahli	Station de fond périurbain	1		x			
El Mourouj		1		x			
Camion mobile	-	4	x	x	x	x	
Total	-	29	6	10	5	8	4

Source : Rapport annuel de RNSQA (2004)

3.6.1.2- Organisation et fonctionnement du RNSQA

❖ Organisation du RNSQA

Les stations de mesure mises en place et réparties sur l'ensemble du territoire tunisien sont disposées en réseau contrôlé et géré du Poste Central sis à l'ANPE et qui centralise toutes les informations relatives à son fonctionnement.

Tous les analyseurs de gaz et de particules solides atmosphériques ainsi que les capteurs météorologiques des stations sont asservis à distance à l'aide d'un système d'Acquisition des Données qui assure l'acquisition des données, le fonctionnement et le contrôle des différents appareils d'une façon automatique, autonome et continu. Le poste informatique (poste central) est équipé d'ordinateurs et d'un système de télétransmission (Modem) relié à l'ensemble des cabines. Il est capable d'effectuer, à distance, les mêmes opérations de pilotage et de contrôle des analyseurs et d'assurer, en temps réel, l'acquisition des données quelque soit l'emplacement de stations de mesure.

Les données transmises sont enregistrées, vérifiées, et analysées grâce à la mise en œuvre de puissants moyens informatiques.

La figure 5 ci-après présente l'organisation du Réseau tunisien de surveillance de la qualité de l'air.

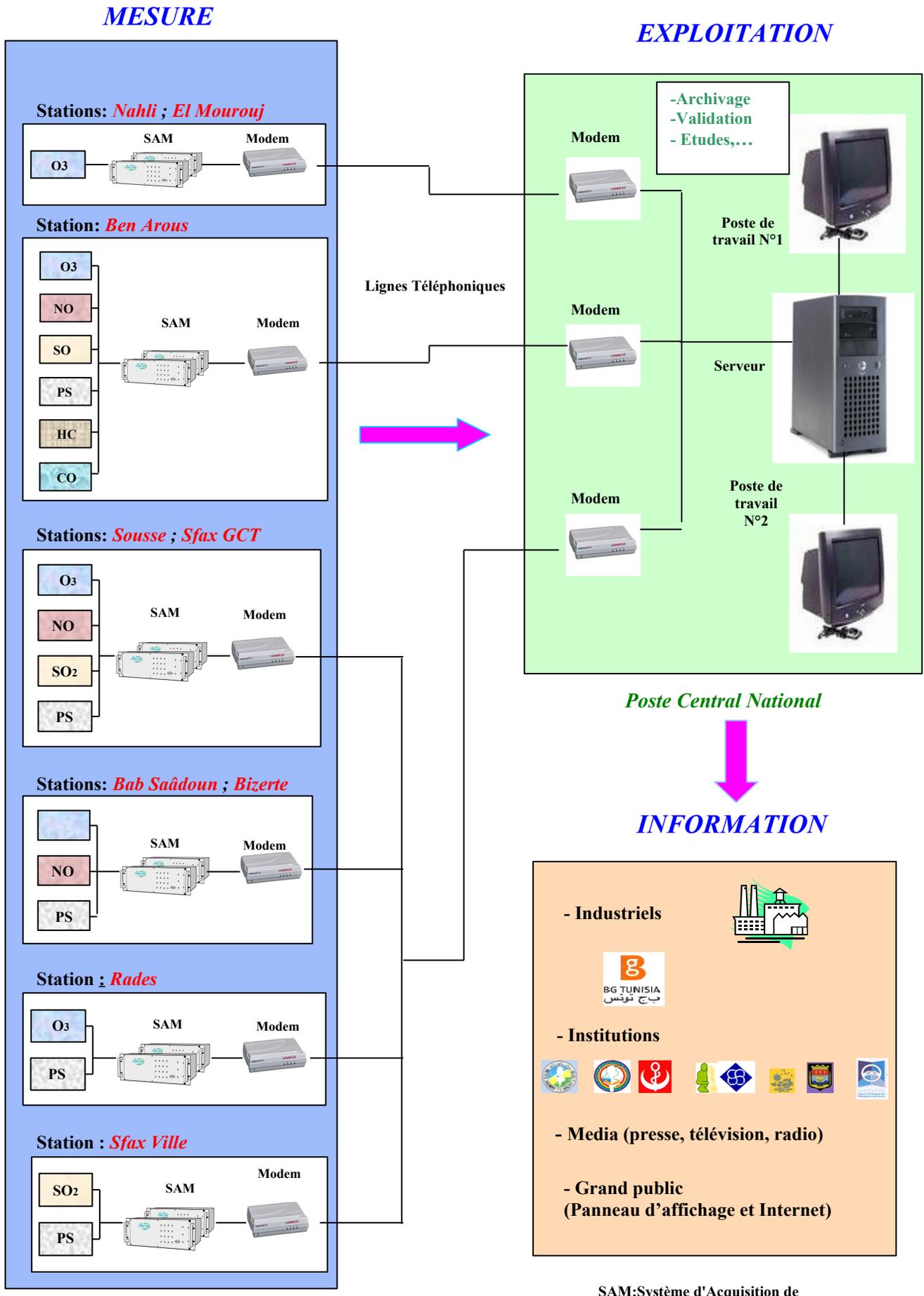


Figure 5 : Organisation du RNSQA / ANPE / Tunisie

❖ **Fonctionnement du RNSQA**

Les stations installées à Tunis, Sfax, Ben Arous, Bizerte, Bab Saâdoun, parc Nahli et parc Mourouj comportent chacune d'elles un ensemble d'équipements et d'analyseurs qui permettent d'identifier et de mesurer les niveaux de concentrations de huit principaux polluants atmosphériques.

Certaines de ces stations sont également équipées de capteurs météorologiques déterminant certains paramètres. Ces paramètres sont à l'origine de transformations physico-chimique, de phénomènes de diffusion, de dispersion ou d'accumulation que peuvent subir les composés atmosphériques. Il s'agit de *la direction du vent, la vitesse du vent, la température de l'air, la pression atmosphérique, l'humidité et la radiation solaire.*

☞ **Prélèvement et analyse de l'air ambiant**

Des mesures automatiques de la concentration de tous les polluants et de tous les paramètres météorologiques, cités ci-dessus, sont effectués toutes les 30 secondes et les données sont stockées après vérification et traitement sous forme de moyennes ¼ horaires. Des mesures complémentaires non automatiques sont également assurées pour les poussières en suspension, les métaux lourds...

L'ensemble des équipements d'analyse et de mesure fait l'objet d'étalonnages périodiques, de calibration et de contrôle systématique de la sensibilité, de l'état zéro et de la dérive de la ligne de base. Ces opérations peuvent être effectuées indifféremment en cabine ou à distance (à partir du Poste Central) pour certains analyseurs.

Les données sont ensuite transmises, par ligne téléphonique, toutes les quatre heures, à un ordinateur situé au niveau du poste central peut aussi appeler simultanément l'ensemble des stations et récupérer toutes les données de pollution du réseau en moins d'un quart d'heure.

☞ **Exploitation et validation des données**

Les moyennes calculées tous les quarts d'heure à partir des mesures des stations, sont réunies dans l'ordinateur central qui les stocke dans une base de données. Des moyennes pour chaque heure et pour chaque jour sont alors calculées à partir de ces "données quart d'heure".

Mais, pour que ces nouvelles données soient fiables, il faut qu'elles soient validées. La validation a pour but de s'assurer tout d'abord de la conformité de la mesure lié à l'état de fonctionnement de l'analyseur, puis de la cohérence et de la pertinence des données stockées dans la base de données, cohérence spatiale et temporelle des données, ou dépassements de seuils. Des conditions de calcul sont alors fixées dans l'ordinateur : *il faut 75% de données quart-horaires valides pour avoir une donnée horaire et 75% de données horaires pour avoir une donnée journalière. Des moyennes sur un mois ou sur un an peuvent être calculées.*

Une fois validées, les données sont disponibles pour tout type de traitement et de diffusion. Elles font objet, à cet effet, de comparaisons avec les normes de qualité de l'air en vigueur en Tunisie.

Information du public

Le public tunisien est informé de différentes manières de la qualité de l'air ambiant. Les informations issues de la surveillance de la qualité de l'air sont diffusées sur le site Internet de l'ANPE (<http://www.anpe.nat.tn>), sur les panneaux d'affichage implantés au niveau des places publiques, et consignées dans les rapports mensuels et annuels destinés à toutes les institutions intervenant dans la gestion de la qualité de l'air.

3.6.1.3- Rôle du laboratoire mobile

En plus des différentes stations fixes, le RNSQA dispose d'une station de mesure mobile équipée pour l'analyse des polluants classiques (O₃, NO_x, SO₂ et PS) et pour la mesure des paramètres météorologiques (Vitesse et direction de vent).

Le laboratoire mobile permet des interventions souples et rapides pour estimer la qualité de l'air dans les zones non encore équipées de stations fixes. Il peut également être utilisé, à la demande des collectivités ou des municipalités, pour caractériser la pollution atmosphérique dans une région donnée.

Le camion mobile est utilisé aussi lors de campagnes ponctuelles pour déterminer et valider les choix des emplacements pour l'implantation des futures stations.

3.6.2- Le CITET et sa contribution à l'amélioration de la qualité de l'air

3.6.2.1- Création et mission du CITET

Créé en 1996, le Centre International de Technologies de l'Environnement de Tunis (CITET) constitue l'aboutissement de l'engagement volontaire du gouvernement tunisien en faveur de la protection de l'environnement et de la conservation des ressources naturelles, de même que son souci constant de garantir aux générations actuelles et futures leurs droits légitimes à un environnement sain et au développement durable.

Sa mission est d'acquies, d'adapter et de développer les nouvelles techniques, de promouvoir les éco-technologies et leur production, de renforcer les capacités nationales et de développer les connaissances scientifiques nécessaires à l'élaboration et à la mise au point de techniques environnementales appropriées aux besoins nationaux et régionaux spécifiques dans la perspective du développement durable.

Le laboratoire de la qualité de l'air qui est une division de la direction des laboratoires est l'unité responsable de la mise en œuvre du programme d'intervention du CITET dans le domaine de la Protection de l'atmosphère.

3.6.2.2- Rôle du laboratoire de qualité de l'air du CITET

La participation du CITET dans la mise en œuvre du système de gestion de la qualité de l'air en Tunisie n'est pas négligeable. Elle se manifeste par :

- ☞ le contrôle de la qualité de l'air ambiant ainsi qu'à l'émission par l'analyse des contaminants organiques et inorganiques ;
- ☞ l'analyse des émissions atmosphériques sur demande de l'Agence Nationale de Protection de l'Environnement (ANPE) et des industriels ;
- ☞ l'assistance technique et prestations de services auprès des industriels : Le CITET dispose actuellement des moyens techniques les plus performants pour assister techniquement les industriels dans :
 - ✓ la caractérisation des polluants atmosphériques,
 - ✓ l'étalonnage des équipements automatique de surveillance en continue des polluants au niveau des sources fixes ;
 - ✓ la réalisation des essais de performance des grandes installations de combustions ;
 - ✓ la détermination des performances des systèmes de dépollution ;
 - ✓ l'évaluation de la qualité de l'air et du niveau de pollution à l'intérieur des locaux de travail.
- ☞ Le renforcement des capacités, information et recherche –développement à travers :
 - ✓ la réalisation de projets de recherche appliquée et/ou d'études spécifiques sur l'évaluation de certains composés de COV dans la ville de Tunis ;
 - ✓ la recherche concernant l'étude et la modélisation pour l'étude de la dispersion des polluants atmosphériques ;
 - ✓ l'encadrement de jeunes chercheurs et universitaires ;
 - ✓ la formation de cadres compétents dans le domaine de la gestion et du contrôle de la pollution atmosphérique.

3.6.3- Un réel partenariat dans la gestion de la qualité de l'air

Un réseau de plus en plus large se met progressivement en place pour une couverture maximale du pays. Une véritable dynamique de collaboration, de partenariat se crée entre les différents acteurs autour de la préservation de la qualité de l'air.

En effet, dans le cadre de la gestion de la qualité de l'air, l'ANPE a signé avec des organismes et des centres de recherche, plusieurs accords et conventions afin de développer un partenariat entre les différentes intervenants.

Sur le plan national, les accords-cadres ont été signés avec :

- ☞ **les entreprises comme :** la cimenterie de Gabès, le groupe chimique de Gabès, la Direction d'Hygiène du Milieu et de Protection de l'Environnement (Ministère de la santé public) et la société de British Gas pour le raccordement de leurs stations au Poste Central National du Réseau National de Surveillance de la Qualité de l'Air ;
- ☞ **les centres de recherche comme** le Centre International des Technologies de l'Environnement de Tunis (CITET) pour l'analyse du plomb dans les échantillons des particules en suspension ;
- ☞ **les institutions scolaires et sanitaires comme** l'Institut Supérieur des sciences Technologiques de Sousse, l'institut de Recherche en Génie Rural Eaux, l'Institut Supérieur de Gestion de Tunis, l'Ecole National des Ingénieurs de Sfax et Forêts, l'Hôpital Hédi chaker de Sfax et l'Ecole National des Ingénieurs de Tunis pour la réalisation des études en matière de la pollution atmosphérique dans les villes tunisiennes

Sur le plan international, les accords contractés sont relatifs :

- ☞ *au programme de coopération Tuniso-Monégasque* dans le domaine de la qualité de l'air et de renforcement des capacités des cadres et des techniciens de l'ANPE dans le domaine de surveillance de la qualité de l'air en date du 10 Sept 2001.
- ☞ *au programme de coopération Française* dans le domaine de la qualité de l'air dans le cadre de *Fond de solidarité Prioritaire (FSP)* concernant la gestion de l'environnement industriel et urbain en Tunisie.
- ☞ *au partenariat et au jumelage entre l'ANPE (RNSQA) et le réseau AIRMARAIX* responsable de la surveillance de la qualité de l'Air dans la région PACA (France) le 23 Septembre 2006.

3.6.4- Résultats de la gestion de la qualité de l'air en Tunisie

3.6.4.1- Résultats des mesures de réduction des émissions

Réduction des émissions atmosphériques des sources mobiles

Parmi les véhicules touchés par la campagne, 16% sont équipés d'un pot catalytique. Les résultats des diagnostics ont démontré le gain pouvant être réalisé grâce au pot catalytique. Ce gain pouvant être réalisé grâce au pot catalytique. Les résultats des diagnostics ont démontré le gain pouvant être réalisé grâce au pot catalytique. Ce gain est de l'ordre de 80% en taux de CO 40% en taux de HC.

Tableau 6 : Résultats des campagnes de contrôle des gaz d'échappement des véhicules

Tranche d'âge	Structure	Avant réglage		Après réglage		Taux de réduction	
		CO %	HC (ppm)	CO %	HC (ppm)	CO %	HC (ppm)
5 ans	25 %	3,5	495	1,6	420	54%	15%
5 à 10 ans	17 %	4,6	680	1,9	550	58%	19%
10 ans	58 %	5,2	910	2,3	630	56%	31%
Total	100 %	Taux global de réduction des émissions				56%	22%

Source : ANPE, 2006 (http://www.anpe.nat.tn/fr/anpe/Arboretum_de_Tunis.html)

3.6.4.2- Résultats de la surveillance de la qualité de l'air par le RNSQA

La mission de la surveillance de la qualité de l'air n'est pas seulement d'informer le public de la qualité de l'air qu'il respire et des risques liés à son exposition, mais aussi d'évaluer l'efficacité des mesures de lutte mises en œuvre dans le cadre de la réduction des émissions à la source. Les tableaux 7 et 8 ci-dessous présentent le bilan de la surveillance effectuée par le RNSQA/Tunisie pour le compte des années 2005 et 2006.

Tableau 7 : Bilan de surveillance de la qualité de l'air par le RNSQA – Tunisie 2005

Polluants	Types de moyennes	Valeurs limites	Stations fixes				
			Tunis (Bab Saâdoum)	Bizerte	Sousse	Sfax (GCT)	Rades
NO _x	1h	660 µg/m ³	307	110	87	102	-
O ₃	1h	235 µg/m ³	156	188	126	234	84
	8h	-	84	120	110	180	60
PS	24h	260 µg/m ³	195	249	105	177	-

Source : Rapport annuel de RNSQA, 2005

Tableau 8 : Bilan de surveillance de la qualité de l'air par le RNSQA – Tunisie 2006

Polluants	Type de moyenne	Valeur limite relative à la santé Norme tunisienne	Valeur limite relative à la santé OMS	Stations fixes				
				Tunis Bab Saâdoum	Bizerte	Sousse	Sfax	Radès
NO ₂	1 Heure	660 µg/m ³	200 µg/m ³	44	25	11	14	-
O ₃	1 Heure	235 µg/m ³	150-200 µg/m ³	36	78	34	82	40
	8 Heures	-	100-120 µg/m ³	22	35	26	51	20
PS	24 Heures	260 µg/m ³	-	77	90	31	90	-
SO ₂	1 Heure	-	350 µg/m ³	-	-	0	3	-
	3 Heures	1300 µg/m ³	-	-	-	0	1	-
	24 Heures	365 µg/m ³	-	-	-	0	0	-

Source : Rapport annuel de RNSQA, 2006

L'analyse des tableaux 7 et 8 montre que les valeurs moyennes des différents polluants surveillés (NO₂, O₃, PS et SO₂) en 2006 sont inférieures aux normes de qualité de l'air en vigueur en Tunisie et celles fixées par l'OMS. La comparaison des niveaux moyens de concentration de ces polluants mesurés en 2006 à ceux de 2005 montre une nette diminution de ces concentrations dans l'air. C'est la preuve que les actions de lutte engagées par le gouvernement Tunisien a contribué à la réduction des rejets de polluants atmosphériques et donc à l'amélioration de la qualité de l'air en Tunisie, particulièrement dans les centres villes surveillés.

Par ailleurs, ces faibles valeurs de concentrations des polluants dans l'air ambiant sont le témoignage de l'absence d'un dépassement et le symbole d'une bonne qualité de l'air. Cependant, il n'est pas exclu que des risques d'intoxication chronique soient envisagés avec une exposition à long terme des populations à ces doses de polluants. Aussi faudra-t-il tenir compte d'autres paramètres comme la densité de la population, leurs tranches d'âge, etc. dans l'évaluation de ces risques.

3.7- Analyse du système de gestion de la qualité de l'air en Tunisie

3.7.1- Application du modèle DPSIR à la problématique de la pollution de l'air en Tunisie

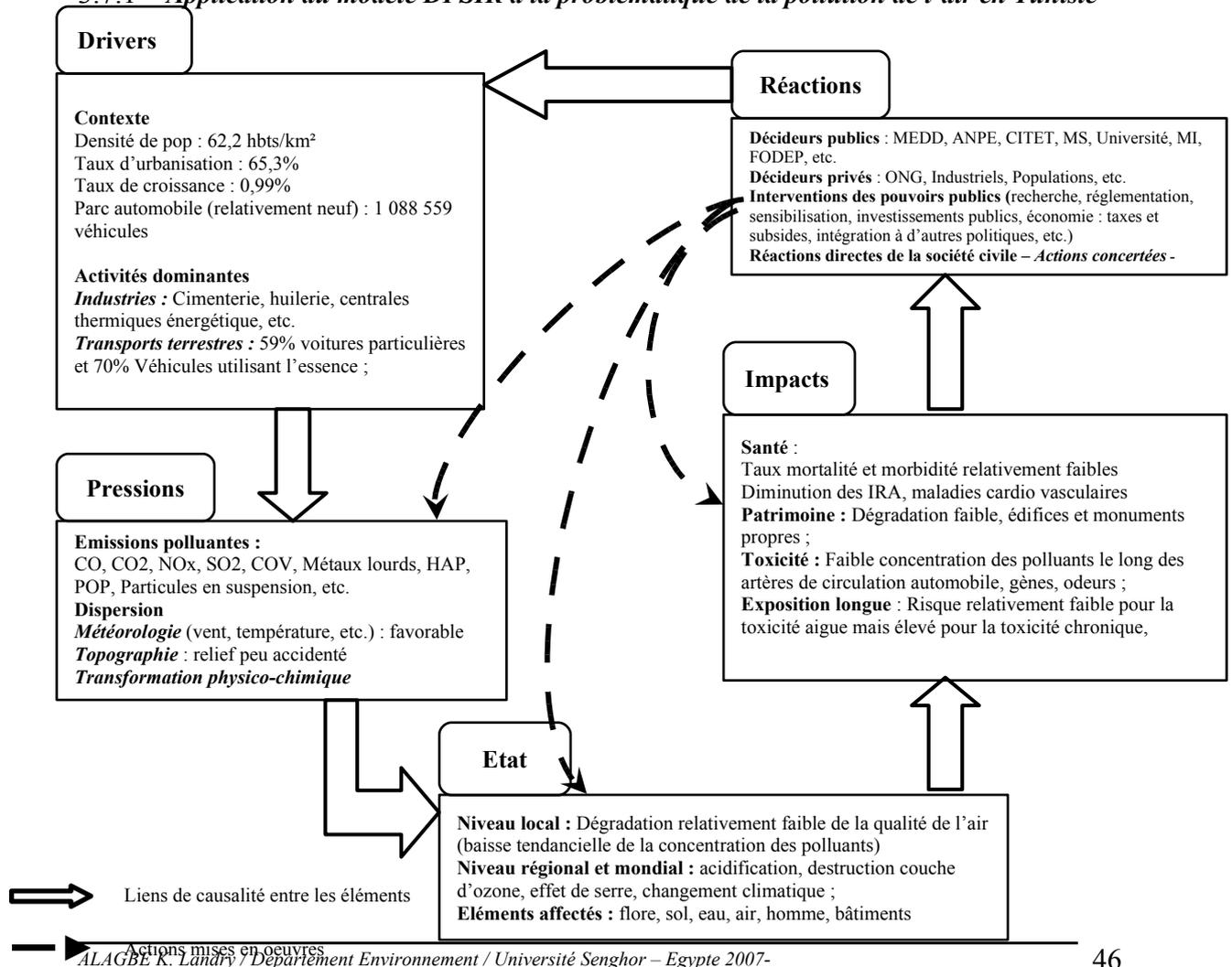


Figure 6 : Diagnostic de la gestion de la pollution de l'air en Tunisie

L'étude diagnostique du système tunisien de gestion de la qualité de l'air à partir du modèle DRSIR montre que la pollution de l'air due à la circulation automobile et aux industries a des impacts relativement moins élevés sur la santé et l'environnement. Cela résulte de l'ensemble des mesures et instruments politiques mis en œuvre par le gouvernement pour assurer la protection des personnes en matière de la qualité atmosphérique, de manière intégrée avec les autres politiques. Ces actions portent sur les 4 autres éléments :

- ☞ mesures préventives dirigées vers les forces motrices ;
- ☞ mesures curatives vers les Pressions et l'Etat ;
- ☞ mesures palliatives vers l'Etat et l'Impact.

3.7.2- *Analyse critique du système tunisien de gestion de la qualité de l'air*

Il s'agit d'une synthèse de l'état des lieux de la gestion de la qualité de l'air telle que mise en œuvre en Tunisie. C'est une analyse qui ressort les points forts et les points faibles de ce système de gestion. Elle est présentée dans le tableau 8 suivant.

Tableau 9 : Synthèse de l'analyse diagnostique du système tunisien de gestion

	ATOUS	LIMITES
Mécanismes de réduction de l'émission des polluants atmosphériques	<ul style="list-style-type: none"> - Existence d'un cadre juridique et institutionnel approprié ; - Application des mesures incitatives et répressives ; - Partenariat entre les différents acteurs concernés ; - Politique énergétique relativement efficace ; - Existence d'un fonds de dépollution ; - Campagnes de sensibilisation et de contrôle de gaz d'échappement des véhicules 	Absence d'un cadastre de pollution
Surveillance de la qualité de l'air	<ul style="list-style-type: none"> - Implantation du système de surveillance relativement bonne ; - Campagnes de mesures temporaires ; - Couverture nationale progressive ; - Bon fonctionnement du dispositif de surveillance ; - Existence d'un observatoire national de pollution ; - Présence d'un système d'information du public ; 	<ul style="list-style-type: none"> - Insuffisance dans le nombre de polluants mesurés par certaines stations ; - Absence d'une carte d'immissions ; - Système d'information insuffisant (pas de procédure d'alerte et de prévision) ; - Absence d'outils de modélisation et de prévision ; - Pas d'indice de qualité de l'air ;

On peut retenir de cette synthèse que le système de gestion mise en œuvre en Tunisie pour lutter contre la pollution de l'air dans les centres villes est relativement complet et efficace. De nombreux efforts ont été fournis tant sur le plan de la réduction des émissions que sur celui de la surveillance de l'air. La coordination des actions dans la perspective de la mise en œuvre d'une

politique cohérente de lutte contre ce phénomène a été un atout favorable à l'obtention des résultats relativement satisfaisants.

D'énormes efforts restent cependant à mener pour préserver les acquis et inverser les tendances négatives.

3.7.3- Propositions d'amélioration du système de gestion de la qualité de l'air en Tunisie

Les faiblesses identifiées dans le système tunisien de gestion de la qualité de l'air sont importantes mais corrigibles. Il serait alors intéressant que les recommandations suivantes soient prises en compte si la Tunisie veut parvenir à une parfaite maîtrise de la pollution de l'air en Tunisie et garantir un air pur exempt de risques majeurs à ses populations. Les propositions faites sont entre autres :

- La poursuite de la mise en place des outils de planification de la Tunisie dans les différentes localités, qui répond bien au principe de subsidiarité indispensable pour une gestion efficace de la question de l'air,
- La mise en place du système de prévision et la définition de l'indice de qualité de l'air afin de rendre la surveillance plus pertinente ;
- Le renforcement des procédures d'alerte et d'information du public avec l'adoption des seuils d'alerte et d'information ainsi que la détermination des actions qui découleraient de leur mise en œuvre ;
- La promotion des véhicules et des combustibles "propres" ;
- L'urgence d'orientation du développement du transport qui passe par une maîtrise de l'accroissement du parc et la promotion des modes de transport plus propres et celle de plus en plus accrue du transport collectif ;
- La prise en compte des polluants non ciblés par la réglementation et ne faisant pas l'objet d'une surveillance obligatoire, par mesure de précaution pour une couverture plus large de l'ensemble des polluants susceptibles d'avoir des effets néfastes sur l'homme et son environnement,
- La vigilance dans la surveillance et le renforcement des mesures pour les polluants dont la tendance n'est pas à la baisse notamment le CO₂ et autres GES,

CHAPITRE IV : Etude diagnostique de la gestion de la qualité de l'air au Bénin

4.1- Présentation sommaire du pays⁽⁶⁾

Le Bénin est un pays de l'Afrique de l'Ouest situé dans la zone tropicale entre l'équateur et le tropique du Cancer (entre les parallèles 6°30' et 12°30' de Latitude Nord et les méridiens 1° et 30°40' de longitude Est). Il est limité au Nord par le fleuve Niger qui le sépare de la République du Niger ; au Nord-Ouest par le Burkina Faso, à l'Ouest par le Togo, à l'Est par le Nigeria et au Sud par l'Océan Atlantique (Voire carte de localisation du Bénin en Annexe 2)

La superficie du Bénin est de 114.763 Km². Du fleuve Niger (au nord) à la côte atlantique (au sud) il s'étend sur 700 Km; sa largeur varie de 125 Km (le long de la côte) à 325 Km (à la latitude Tanguiéta-ségbana). Sa population est estimée à 7 513 946 habitants en 2006 avec une densité de 60 habitants/km².

Le climat du Bénin varie d'un type équatorial de transition au sud à un type tropical de plus en plus sec au nord. Au sud, la zone climatique est caractérisée par une forte humidité avec deux saisons sèches de novembre à mars et de mi juillet à mi septembre, et deux saisons des pluies d'avril à mi juillet et de mi septembre à octobre. Par contre le climat tropical qui règne au Nord impose chaque année une succession de deux saisons, saison sèche de novembre à mai, et une saison des pluies de juin à septembre. La température mensuelle moyenne varie de 20°C à 34°. La pluviométrie annuelle varie entre 500 et 1200 mm et la végétation est assez contrastée entre les steppes arbustives au Nord, les savanes arbustives et arborées au Sud.

Le taux d'urbanisation est relativement élevé (environ 43% en 2004) et le taux de croissance de la population d'environ 3%. L'armature urbaine, peu articulée est composée de trois grands pôles que sont Cotonou, Porto Novo et Parakou. Les dynamiques socio-économiques sont caractérisées par un secteur industriel encore en construction, une économie très ouverte aux circuits transfrontaliers et une très forte mobilité marquée par les transports routiers qui assurent 93% du trafic des personnes et 73% de celui des marchandises. Ces modes de transport sont malheureusement à l'origine de la dégradation de la qualité de l'air observée dans ces grands centres villes du Bénin.

Depuis les années 90, le Bénin s'est lancé dans un nouveau processus de développement marqué par une réelle volonté politique et caractérisé par la mise en place d'un cadre institutionnel et opérationnel de gestion de l'environnement.

⁽⁶⁾ Sources : <http://www.izf.net/izf/Guide/Benin/Default.htm>, <http://fr.wikipedia.org/wiki/Bénin>, <http://www.gouv.bj/benin/geographie.php>.

4.2- La problématique de la pollution de l'air au Bénin

La dégradation de la qualité de l'air est un phénomène qui s'observe plus dans les agglomérations urbaines. Elle est essentiellement due aux activités socio-économiques notamment celles liées aux transports terrestres, aux industries et à la mauvaise gestion des déchets. Aujourd'hui, la pollution de l'air dans les centres villes est devenue beaucoup plus perceptible et menaçante. La situation de Cotonou, la capitale économique est alarmante et inquiétante. Le coût de la pollution de l'air est évalué à 1,2% du PIB et les impacts prévisibles à l'horizon 2010 seront plus dramatiques si des mesures appropriées ne sont pas prises de façon immédiate. Cette situation a suscité bon nombre d'actions s'inscrivant dans la mise en œuvre de la stratégie nationale de lutte contre la pollution. Cependant, en raison de la complexité du problème de pollution de l'air, les actions menées, quoique appréciables, restent insuffisantes et ne permet pas une connaissance adéquate du phénomène, encore moins sa maîtrise. Quelles en sont les principales causes et où en est-on aujourd'hui ?

4.2.1- Les sources de pollution au Bénin

La croissance quasi exponentielle de population que connaît le Bénin depuis 1980 se révèle comme étant un puissant facteur de dégradation de la qualité de l'air, en ce sens qu'elle accroît la demande de transport, la consommation d'énergie, les émissions industrielles, la production et l'incinération des déchets solides, activités qui constituent de nos jours les principales sources de pollution atmosphérique notamment dans les plus grands centres villes du pays (Cotonou, Porto Novo et Parakou).

4.2.1.1- Les sources fixes de pollution au Bénin

Les principales installations fixes qui sont à l'origine des émanations relativement importantes de polluants atmosphériques dans agglomérations urbaines du Bénin constituent les secteurs d'activités industrielles et de gestion des ordures ménagères.

Le tissu industriel béninois est très peu développé. Bien qu'embryonnaire, il contribue à la pollution atmosphérique à travers les rejets issus de la consommation des énergies fossiles et ceux issus des procédés industriels (fibres, poussières, etc.). Il se compose de cimenteries, de centrale électrique, d'huileries, d'industries textiles, d'égrenage de coton, agroalimentaire, etc. concentrés dans les centres villes.

La pratique courante d'élimination (incinération) des déchets ménagers et même industriels est à l'origine de l'émission de CO₂, CO, NO_x, H₂S, SO₂, etc. qui résultent des combustions plus ou moins incomplètes des différentes matières contenues dans les déchets.

Les sources fixe de pollution contribuent à proportion d'environ 25% à la dégradation de la qualité de l'air au Bénin.

4.2.1.2- Les sources mobiles

Elles sont en général représentées par le secteur des transports et constituent les principales sources de pollution de l'air au Bénin particulièrement en milieu urbain où se trouvent concentrés la majorité des activités socio-économiques qui nécessitent un besoin de mobilité important. Ce secteur d'activité est dominé par les transports routiers et absorbe plus de 62% de la facture énergétique globale du pays. La prédominance de la contribution des transports terrestres à la dégradation de la qualité de l'air réside dans l'augmentation continue du nombre de véhicules qui s'accompagne de l'intensification de la circulation automobile. Le parc de véhicules est estimé en 2002 à plus de 150 000 motocyclettes (deux roues) et 743 527 véhicules de quatre roues et plus (voitures, autobus, et camions).

Depuis bientôt deux décennies, les principales villes béninoises connaissent du fait de leur extension et de la croissance de leurs populations une véritable explosion du parc de véhicules motorisés à deux, quatre roues et plus. La vieillesse et le mauvais état de ce dernier, le manque des mesures de régulation du trafic, renforcés par l'état défectueux de la voirie urbaine ainsi que la mauvaise qualité des carburants sont à l'origine des embouteillages qui favorise de nos jours l'amplification de la pollution.

4.2.1.3- Consommation énergétique au Bénin

Il est intéressant de considérer la consommation énergétique par secteur d'activité, car l'usage de différentes sources d'énergie est très corrélé aux émissions polluantes.

Les ressources énergétiques utilisées au Bénin ne sont pas très propres. Elles sont encore classées comme énergie conventionnelle et traditionnelle et regroupent les produits pétroliers, le gaz butane, l'électricité et la biomasse (charbon et bois de feu).

Les produits pétroliers constituent la plus importante source énergétique utilisée par les secteurs de l'industrie et du transport. Quant aux besoins domestiques, ils sont assurés par le bois de chauffage et le charbon de bois ; le gaz n'étant pas à la portée d'un grand nombre de population. Ces sources d'énergie constituent des sources potentielles de pollution dont les impacts sur la santé des populations sont restés encore très mal connus.

4.3- Politique béninoise de lutte contre la pollution de l'air

Bien qu'elle soit la principale préoccupation environnementale, la gestion de la qualité de l'air au Bénin se résume encore aux mécanismes de réduction des émissions atmosphériques.

4.3.1- Cadre institutionnel et réglementaire de gestion de la qualité de l'air au Bénin

La lutte contre la pollution de l'air au Bénin est assurée par un collège d'institutions interdépendantes, hiérarchisées, organisées et s'activant conformément aux exigences environnementales internationales et nationales.

4.3.1.1- Cadre institutionnel

- ☞ Le **Ministère de l'environnement, de l'habitat et de l'urbanisme (MEHU)** institué pour la première en 1990 a pour principale mission d'élaborer la politique nationale et des programmes de l'Etat en matière d'environnement, d'assainissement et de voies urbaines.
- ☞ **L'Agence béninoise pour l'environnement (ABE)**, créée par décret depuis 1995 puis instituée par la loi - cadre sur l'environnement, est l'institution d'appui à la politique nationale en matière de protection de l'environnement. Elle est chargée de la mise en oeuvre de la politique environnementale définie par le gouvernement dans le cadre du plan général de développement. Elle a également la mission de donner des avis techniques sur toutes les questions relatives aux pollutions et aux produits potentiellement polluants.
- ☞ Les **Directions départementales de l'environnement, de l'habitat et de l'urbanisme (DDEHU)** sont les représentants du ministère au niveau départemental. Placées sous la tutelle directe du Préfet, dans le contexte de la décentralisation, elles seront chargées de veiller au contrôle du respect des orientations nationales par les communes. Elles doivent travailler en étroite collaboration avec la Direction de l'environnement et l'Agence béninoise pour l'environnement et les maires.
- ☞ Le **Centre Nationale de Sécurité Routière (CNSR)** est un office d'Etat à caractère administratif et social qui a pour objet la recherche et la mise en œuvre de tous les moyens destinés à accroître la sécurité des usagers de la route. Il est placé sous la tutelle du Ministère des Travaux Publics et des Transport. Il s'occupe essentiellement de la prévention routière, de la visite technique et du contrôle antipollution.
- ☞ **L'Agence Nationale de Protection de l'Environnement (ANPE)** qui est une ONG dont les actions sont plus axées dans la réduction des émissions polluantes au niveau des sources mobiles. Elle participe entre autre aux diverses campagnes de mesures organisées par le Ministère de l'Environnement.

4.3.1.2- Cadre législatif et réglementaire

La réglementation en matière de protection de l'environnement a évolué dans le temps. Le Bénin, pour se conformer à cette évolution et mener à bien sa lutte contre la pollution atmosphérique locale, s'est investi aussi bien dans les engagements internationaux que dans l'élaboration et la mise en œuvre des normes en matière de la pollution atmosphérique.

☞ Les règles nationales de protection de l'atmosphérique

Les textes nationaux relatifs à la pollution atmosphérique sont récents et se résument à :

- la loi N°98-030 du 12 février 1999 portant Loi-cadre sur l'Environnement en République du Bénin - 123 articles ;

- le décret d'application de la loi cadre N° 2001-110 du 4 Avril 2001 qui fixe les normes de la qualité de l'air en République du Bénin ;
- le [décret n° 2001-294 du 8 Août 2001 portant réglementation du bruit](#) en République du Bénin ;
- le [décret N°2001-235 Du 12 Juillet 2001 portant organisation de la procédure d'étude d'impact sur L'environnement.](#)

☞ **Mise en œuvre des conventions internationales (dans mécanisme)**

La majorité des actions menées jusque là par l'Etat béninois, dans le cadre de la protection de l'atmosphère, font suite aux recommandations des textes internationaux et particulièrement au protocole de Montréal, la convention de Rotterdam et la convention cadre des nations unies sur les changements climatiques.

La mise en œuvre de la convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques a en effet conduit à diverses actions destinées à réduire les émissions de CO₂. Elles visent à mettre en place une stratégie d'adaptation aux conséquences des changements climatiques surtout dans les domaines agricole (agriculture et élevage) et énergétique.

Par ailleurs, des projets de lutte contre les CFC, et la destruction de la couche d'ozone suite aux dispositions internationales ont été amorcés depuis quelques années par le Bureau Ozone. Aussi de nombreuses actions ont-ils été engagées pour réduire la commercialisation et l'utilisation des produits chimiques prohibés, les pesticides extrêmement dangereux conformément aux recommandations prévues par la convention de Rotterdam.

4.3.2- Politique de réduction des émissions atmosphériques

Depuis quelques années, avec l'accentuation de la pollution atmosphérique, la protection de l'atmosphère constitue l'une des priorités de la politique environnementale béninoise. Elle a fait à cet effet l'objet du document de stratégie nationale de lutte contre la pollution atmosphérique élaboré en 1998 par le Ministère de l'Environnement. Les principales actions mises en œuvre dans le but de réduire l'émission des polluants à la source concernent :

- ☞ la sensibilisation et la participation de la population à la lutte antipollution ;
- ☞ l'identification et l'estimation des sources de pollutions atmosphérique ;
- ☞ le contrôle des gaz d'échappement des véhicules à moteurs (deux, quatre roues et plus)
- ☞ l'adoption des normes et l'établissement des limites d'émissions pour chaque catégorie de sources de pollution ;
- ☞ le renforcement des compétences, l'éducation, la formation et l'information ;
- ☞ l'acquisition et l'installation des équipements nécessaires à la surveillance de l'atmosphérique ;

Le plan d'action proposé à l'issu de ce document précise les différentes activités à mener par secteur pour chacun de ces objectifs.

4.3.2- Bilan des actions de lutte menées

Dans le but de réduire la pressions des activités socio-économiques sur l'atmosphère et de la rendre viable pour les populations des centres villes, le gouvernement béninois à travers Ministère de l'Environnement et l'Agence Béninoise pour l'Environnement (ABE), à initié plusieurs programmes s'inscrivant dans la logique de la mise en œuvre de la stratégie nationale de lutte contre la pollution atmosphérique. Ces projets visent essentiellement la réduction des émissions atmosphériques des principales sources de pollution au niveau le plus bas que permettent les techniques et les conditions économiques. Le tableau 9 suivant présentes les différentes actions engagées et les résultats obtenus.

Tableau 10 : Synthèse des résultats des actions de lutte engagées par le Bénin

MECANISMES DE REDUCTION DES EMISSIONS	ACTIONS DE LUTTE	RESULTATS
Campagnes de sensibilisation et amélioration des connaissances sur le phénomène	<ul style="list-style-type: none"> - Intégration des questions liées à la pollution de l'air dans les programmes d'éducation et de formation ; - Spots et panneaux publicitaires ; - Séminaires de formation ; 	Prise de conscience partielle de la population et des acteurs concernés
Contrôle et surveillance des émissions	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle régulier des gaz d'échappement et des particules émis par les véhicules à moteur ; - Formation de 300 mécaniciens pour le réglage du moteur de ces véhicules ; - Imposition du contrôle des émissions lors de la visite technique ; 	Diminution relativement faible du taux des polluants des véhicules ;
Amélioration de la qualité du carburant	<ul style="list-style-type: none"> - Passage à l'essence sans plomb le 31 décembre 204 ; - Contrôle de la qualité des carburants au niveau des stations de pompage ; - Tentative de reconversion des vendeurs illicites de carburants frelatés ; 	Contrôle de la qualité des carburants dans le secteur formel
Politique de transport	<ul style="list-style-type: none"> - Limitation de l'âge des véhicules 4 roues à l'importation ; - Promotion des motocyclettes à 4T au détriment des 2T ; - Organisation secteur des transports publics ; - Promotion des transports en commun ; 	Réduction du pourcentage des véhicules pollueurs

Les différentes actions menées par le Bénin dans le cadre de la lutte contre la pollution de l'air témoigne d'une forte volonté à réduire les émissions émanant des principales sources de pollution. Elles souffrent cependant d'une insuffisance, d'un manque de systématisation et de coordination dans leur mise en œuvre. Aussi peut-on remarquer l'inexistence d'un système de

contrôle et de surveillance qui pourrait non seulement renseigner sur l'efficacité ces actions et sur la qualité l'air respirer par la population, mais permettre également une meilleure orientation des interventions pour une gestion plus efficace.

4.3.3- Le modèle DPSIR appliqué à la problématique de la pollution de l'air au Bénin

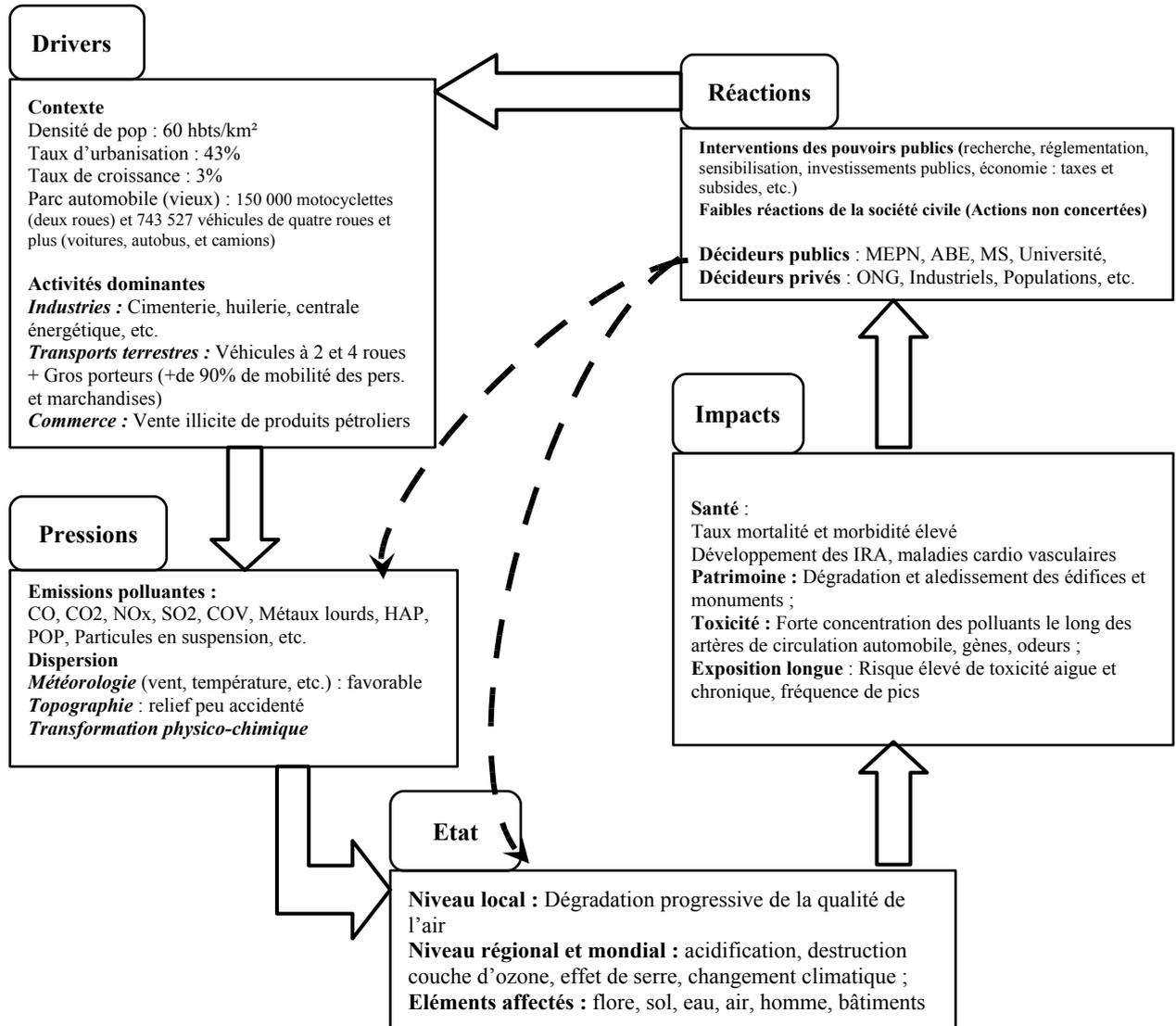


Figure 7 : Diagnostic de la gestion de la pollution de l'air au Bénin

- ⇒ Relation de cause à effet entre les éléments
 - ➔ Actions de gestion mises en oeuvre

L'application du modèle DRSIR à la problématique de la pollution de l'air dans les centres villes du Bénin, a permis de mettre en exergue la chaîne de causalité directe qui s'établit entre les différents éléments de ce modèle ainsi que des liens entre les réactions (mesures et instruments politiques) et leurs cibles. Cette analyse diagnostique montre une importance des

pressions et des risques liés à la pollution de l'air due aux transports routiers, sur la santé et l'environnement.

Les actions portent seulement sur les 3 autres éléments :

- ☞ mesures préventives dirigées vers les forces motrices ;
- ☞ mesures curatives vers les Pressions et l'Etat ;

Le manque d'actions sur le quatrième élément se justifie par l'inexistence d'instrument de contrôle et d'évaluation de la performance des mesures mises en œuvre.

4.3.4- Analyse comparative des systèmes tunisien et béninois de gestion de la qualité de l'air

La comparaison des systèmes de gestion de la qualité de l'air mise en œuvre en Tunisie et au Bénin constitue non seulement une démarche diagnostique qui relèvera leur différence mais ressortira également les éléments de base nécessaires à une proposition objective et adaptée pour l'amélioration de l'approche béninoise de gestion. Cette comparaison se présente dans le tableau 10 ci-dessous.

Tableau 11 : Synthèse de la comparaison des systèmes tunisien et béninois de gestion

ELEMENTS DU SYSTEME DE GESTION DE LA QUALITE DE L'AIR	TUNISIE	BENIN
Mécanismes de contrôle des émissions	Relativement efficace	Insuffisants
Observation de l'air ambiant (réseau de surveillance)	Existant	Absent
Normes de qualité de l'air	Existant	Absent
Procédures d'alerte	Inexistant	Inexistant
Partenariat de gestion (approche systémique et participative de gestion)	Forte collaboration des acteurs concernés	Politique de gestion non cohérente

Il ressort de l'analyse de ce tableau que de nombreux efforts restent à fournir par le Bénin pour réaliser le niveau de gestion de la qualité de l'air atteint par la Tunisie. Bien que le cas de Tunisie ne soit pas l'état de l'art en matière de gestion de l'air, il constitue cependant une référence puisqu'il est une des expériences les plus réussies dans le contexte africain.

Les propositions d'amélioration à faire pour le Bénin tiendront évidemment compte aussi bien de l'approche générale de gestion que de celle de la Tunisie notamment sur le plan d'adaptation au contexte béninois.

3^{ÈME} PARTIE : Propositions pour l'amélioration du système de gestion de la qualité de l'air au Bénin

La lutte contre la pollution de l'air dans les agglomérations urbaines est devenue depuis plus d'une décennie une des priorités du Gouvernement Béninois. Si elle le demeure jusqu'à nos jours, c'est parce le phénomène devient de plus en plus alarmant et les mesures de lutte mises en œuvre jusque là se révèlent insuffisantes.

La finalité de cette partie est de proposer un système de gestion inspiré du cas général et particulièrement de celui de la Tunisie afin d'aider le Bénin à limiter les effets de la pollution de l'air par une démarche proactive et réactive. Il s'agit essentiellement des pistes d'amélioration basées sur :

*le renforcement de la politique de lutte antipollution existante : amélioration des mécanismes de réduction des émissions polluantes ;
un projet de mise en place et de l'opérationnalisation d'un système national de surveillance de la qualité de l'air.*

CHAPITRE V : Propositions d'améliorer de la politique de lutte contre la pollution de l'air au Bénin

5.1- Contexte justificatif

Agir pour l'environnement, c'est connaître et analyser la pollution pour anticiper les risques, informer et sensibiliser ; c'est aussi maîtriser ses rejets dans le respect des normes. Agir pour l'environnement, c'est prendre les décisions qui permettent de préserver le milieu naturel tout en développant le tissu économique⁽⁹⁾.

L'air est une ressource qui ne connaît pas de frontière. S'il est possible de vivre une journée sans boire, il n'est pas possible de vivre cinq minutes sans respirer. La dégradation de sa qualité interpelle tous les pays. A ce jour, l'absence de techniques de dépollution de l'air justifie pleinement la prise en charge de la question au niveau de chaque pays.

Les mécanismes de réduction à la source constituent encore de nos jours la meilleure approche de lutte contre la pollution atmosphérique, mais ils se doivent être renforcés par un système de suivi et d'évaluation gage d'une meilleure orientation des actions et d'une optimisation des interventions.

5.1.1- Vers une logique de prévention

Selon les prévisions de l'Initiative sur la Qualité de l'air en Afrique Sub-saharienne (IQASS, 2002), les conséquences de la pollution de l'air dans les centres villes du Bénin et particulièrement à Cotonou seront difficilement supportables à court et à moyen termes. Elles peuvent être de nature à compromettre l'atteinte des objectifs du développement durable compte tenu du coût élevé de la pollution (1,2% du PIB) et de la faible capacité économique d'adaptation du pays. Si les multiples efforts déployés pour renverser cette tendance demeurent insuffisants, il est impérieux que de nouvelles approches soient explorées et adoptées. Selon David Suzuki⁽¹⁰⁾ : « *si l'on considère les coûts qu'engendre la pollution de l'air sur le plan humain, à savoir l'augmentation des cas d'asthme, de bronchite, d'allergies et de mort prématurée, la prévention semble effectivement peu coûteuse* ». La prévention apparaît donc aujourd'hui comme une nécessité incontournable pour lutter efficacement contre la pollution au Bénin. Une approche de gestion systémique de la qualité de l'air passe par une bonne planification des actions préventives renforcée un programme de suivi.

5.1.2- L'existence de programme favorable à la planification de la gestion de l'air au Bénin

Dans le cadre de l'amélioration de la politique nationale de lutte contre la pollution atmosphérique dans les centres villes du Bénin, le Gouvernement a initié un certain nombre de

⁽⁹⁾ Source : <http://www.iseo.fr/fr/officiel/accueil.php>

⁽¹⁰⁾ Source : Suzuki D : le changement climatique et la santé, consulté le 16 juillet 2004 sur le site : <http://www.cwhn.ca/ressources/kyoto/suzuki.html>

programmes visant à établir des relations fiables de cause à effet, seul gage pour des interventions éclairées et efficaces. Il s'agit entre autre :

- ☞ du programme national d'amélioration du cadre de vie,
- ☞ du programme de mise place d'une banque de données nationale sur la qualité de l'air ;
- ☞ de la création d'un observatoire de la qualité de l'air.

Par ailleurs, l'existence d'un programme de contrôle de la qualité de l'air à Cotonou qui à démarrée avec l'acquisition d'un camion laboratoire mobile pour les campagnes de mesures temporaires constitue un atout pour la mise en place d'un réseau national de surveillance de la qualité de l'air et une preuve de l'engagement du Gouvernement à adopter une approche plus efficiente de gestion de la pollution dans les centres villes.

5.2- Propositions d'amélioration de la politique de lutte contre la pollution de l'air

Pour atteindre les objectifs susmentionnés, une réelle prise de conscience de la coordination des actions et de la cohérence de la politique nationale en matière de gestion de la qualité de l'air est nécessaire. La stratégie de gestion à mettre en place doit être centrée sur des actions prévisionnelles par rapport au développement futur du pays qui pourront être échelonnées dans le temps. Hormis la prévision (envisageable à moyen et à long termes), l'ensemble des actions ci-dessous présentées pourraient être entreprises à court terme.

5.2.1- Nécessité d'un partenariat de gestion

La pollution de l'air dans les centres villes du Bénin et particulièrement à Cotonou est un phénomène complexe. Elle implique un grand nombre d'acteurs qu'il importe de prendre en compte dans les approches de gestion. Les trois grands groupes d'acteurs qu'on peut distinguer sont les responsables de la pollution (industriels, les conducteurs de véhicules, les vendeurs de carburants frelatés, etc.), les organismes de gestion composés d'institutions publiques et privées (MEPN, ABE, ONG, etc.) et les populations subissant les effets de la pollutions. L'approche de gestion à mettre en place doit viser une meilleure implication de tous les groupes d'acteurs dans les stratégies de lutte à développer. Des accords de partenariat doivent donc être signés entre eux afin de favoriser leur réelle participation.

5.2.2- Le renforcement institutionnel : la création d'une cellule de l'air

Les actions menées dans le cadre de la lutte contre la pollution atmosphérique restent réparties entre différentes structures existantes. Il apparaît judicieux de créer une cellule indépendante, en charge de la question en vue d'éviter les interférences dans les attributions et de faciliter la coordination des actions à entreprendre. Elle devra être tenue par des spécialistes de l'environnement qui doivent bénéficier de formations spécifiques sur la pollution de l'air. Elle pourra cependant être installée au niveau de l'observatoire de pollution à mettre en place.

5.2.3- Le renforcement de la réglementation

Compte tenu de l'importance de la contribution des transports terrestres à la croissance de la pollution de l'air dans les centres villes du Bénin et particulièrement à Cotonou, la nécessité de la mise en place d'un système de réglementation plus stricte pour limiter les émissions dues aux différentes sources s'impose. Il doit concerner :

- ☞ la taxation des véhicules d'occasion à l'importation et la mise en place des mesures incitatives pour encourager l'importation de véhicules moins âgés et moins polluants (âge < 5 ans) ;
- ☞ l'établissement des limites de rejet des polluants plus sévères et l'augmentation de la taxe de pollution pour les véhicules ;
- ☞ la mise en place des normes nationales sur la qualité de l'air.

5.2.4- La politique de transport

Elle nécessite aujourd'hui une réforme profonde. En plus d'une réglementation pour l'importation des véhicules, l'accent doit être mis sur les plans de déplacements urbains (PDU) pour favoriser l'usage du transport collectif. Il doit définir l'organisation du transport des personnes, des marchandises, de la circulation et du stationnement dans l'espace urbain.

De plus, un plan de circulation doit être régulièrement révisé pour assurer de façon continue la fluidité du trafic dans la capitale.

Une attention particulière doit être accordée aux conducteurs de véhicules à deux roues. Des alternatives très réfléchies et alléchantes pourront être proposées pour faciliter leur reconversion volontaire. Aussi faudra-t-il poursuivre les actions relatives aux campagnes de contrôle des gaz d'échappement des véhicules et celles entreprises dans le cadre de la gestion du trafic dans les centres villes comme Cotonou et Porto Novo.

Par ailleurs, des mesures incitatives doivent être prises pour promouvoir et renforcer le transport en commun par bus dans les villes aussi bien pour les promoteurs que pour les populations.

5.2.5- Les mécanismes de réduction des émissions des sources fixes

5.2.5.1- L'industrialisation

Le besoin de développement ne doit pas occulter la prise en compte de la qualité de l'air dans l'industrialisation qui se met en place. Cette dernière a occupé une place importante dans les émissions dans les pays développés et mérite donc une attention particulière. Elle doit donc s'harmoniser au plan d'urbanisation et aux besoins de développement du pays. Deux types d'actions sont à prévoir :

- ☞ l'audit des unités existantes et la mise en place des systèmes de dépollution des rejets à la source pour celles avérées polluantes,
- ☞ l'orientation des mesures incitatives prévues vers des industries "propres".

5.2.5.2- Vers une gestion intégrée des déchets solides

La gestion des déchets doit mettre l'accent sur la récupération et le recyclage afin d'éviter les incinérations anarchiques courantes dans le pays. Une campagne d'information et de sensibilisation spécifique ainsi qu'une répression pourra permettre de lutter contre cette pratique, cause d'une part importante d'émission de CO₂ mais aussi d'autres polluants néfastes pour la santé humaine.

5.2.6- La politique énergétique

La consommation énergétique est dominée par l'utilisation des ressources fossiles et principalement des hydrocarbures. Ces derniers doivent faire l'objet d'un raffinement plus poussé et d'une élimination du plomb. Des actions sont déjà en cours, elles méritent d'être accélérées et renforcées.

Le plus grand défi à relever par le Bénin dans ce domaine est la réduction voir supprimer le commerce illicite, dangereux, mais rentable des carburant de la contrebande lié à la proximité de la République Fédérale du Nigeria. La subvention des produits pétroliers livrés dans les stations services doit être prévue et une reconversion volontaire et judicieuse des trafiquants et des vendeurs de l'essence frelatée doit être envisagée.

Par ailleurs, une place importante doit être accordée aux énergies nouvelles et renouvelables et principalement à l'énergie solaire à cause du nombre d'heures d'ensoleillement élevé pendant l'année. Un accent particulier pourra également être mis sur la promotion de l'efficacité énergétique basée sur l'utilisation des équipements d'économie d'énergie.

Ces actions pourront s'inscrire dans le cadre de la mise en œuvre des mécanismes flexibles (MDP, etc.) de la convention cadre des Nations unies sur les changements climatiques.

5.2.7- Promotion d'un effort coordonné de recherche

Pour mieux cerner et maîtriser le phénomène de la pollution d'air tel que vécu dans les centres villes du Bénin, il apparaît judicieux que la question de l'air soit traitée à travers une collaboration entre le monde universitaire et professionnel pour aboutir à de meilleurs résultats.

Les différents problèmes relatifs à la question peuvent constituer des thèmes de recherche au niveau de l'université du Bénin. La surveillance épidémiologique, indispensable pour quantifier l'impact des différents polluants, pourrait être confiée à la faculté de médecine, de pharmacie et aux laboratoires de recherche en écotoxicologie. Le couplage des mesures et des indicateurs sanitaires est aujourd'hui nécessaire pour une orientation d'une éventuelle politique de prévention et de lutte contre la pollution atmosphérique.

5.2.8- La sensibilisation et l'information de la population sur la qualité de l'air

Avoir l'information, c'est disposer d'un pouvoir d'action dit-on. Informer la population des risques liés à son exposition à la pollution de l'air, de la nécessité de préserver la qualité de l'air

est l'un des meilleurs moyens de favoriser leur participation à sa gestion. Il s'agira donc de mieux informer les résidents au voisinage des installations, des artères et aménagements polluants au moyen des programmes visant :

- ☞ la multiplication des spots publicitaires, des affiches, etc. sur les risques d'exposition et les diverses infections liées à la pollution atmosphérique ;
- ☞ l'instauration d'un débat annuel au Parlement sur les politiques publiques de réduction des pollutions atmosphériques ;
- ☞ l'organisation des débats publics et une journée nationale sur la qualité de l'air ;
- ☞ l'instauration et l'évolution des procédures d'information et d'alerte sur l'air ambiant à travers la mise en place du réseau de surveillance.

A ces variétés de mesures qu'il importe de mettre en œuvre de façon simultanée, il faut ajouter la nécessité de disposer, pour une approche de gestion systémique efficace, d'un dispositif national de surveillance de la qualité de l'air dont le rôle sera, non seulement d'évaluer l'efficacité de ces mesures, mais aussi de mieux apprécier la qualité de l'air et de fournir les informations nécessaires à une orientation judicieuse des interventions.

Pour des raisons économiques et pour des questions d'urgence liées à la différence de l'ampleur des menaces de la pollution de l'air dans les principales villes du pays, la priorité sera accordée à Cotonou pour l'installation des premières stations de mesures. La couverture nationale du réseau se fera avec les années et en fonction de l'importance des zones à risques.

CHAPITRE VI : Projet de mise en place d'un dispositif national de surveillance de la qualité de l'air : Installation des premières stations de mesure à Cotonou

6.1- Caractéristiques de la ville de Cotonou

6.1.1- Situation géographique et distribution de la population

La ville de Cotonou est située dans la zone méridionale du Bénin en bordure du Golf de Guinée entre 6°21 Latitude Nord et 2°26 Longitude Est. Elle est limitée au Nord par le lac Nokoué, au Sud par l'océan Atlantique, à l'Ouest par l'arrondissement de Godomey (Commune d'Abomey-Calavi) et à l'Est par l'arrondissement d'Agblangandan (Commune de Sèmè-Kpodji). Elle s'étend de part et d'autre d'un chenal qui relie le lac Nokoué et l'Océan Atlantique et couvre une superficie d'environ 7006 ha dont 70% sont situés à l'Ouest du Chenal⁽⁷⁾.

Cotonou constitue à elle seule le Département du Littoral avec 13 arrondissements et 143 quartiers. Sa population est officiellement de 761 137 habitants en 2006, cependant il est très probable que la ville avoisine les 1.2 millions d'habitants⁽⁸⁾.

6.1.2- Principales sources de pollution de l'air à Cotonou

Cotonou, la capitale économique du Bénin, est le plus grand centre urbain où se trouvent concentrer les plus grands centres commerciaux (marchés et supermarchés), hospitaliers et de loisirs du pays, les ministères, l'aéroport, le port et les services administratifs. Elle a donc connu une forte croissance socio-économique soutenue par grande mobilité des personnes et des marchandises assurée à plus de 90% par les transports routiers. La circulation automobile est intense avec un parc de véhicules estimé à 80 000 pour les deux roues et à 743 527 pour les quatre roues et plus. Ce mode de transport est le principal responsable de la pollution de l'air à Cotonou.

Les activités industrielles sont pour la plupart regroupées du côté Est de la lagune de Cotonou, au Sud de l'axe Cotonou/ Porto-Novo. Bien que peu développées, elles sont responsables des rejets atmosphériques non négligeables, constituant de ce fait la seconde source de pollution atmosphérique dans la ville. Ces deux sources feront l'objet de surveillance particulière.

⁽⁷⁾ Mairie de Cotonou

⁽⁸⁾ <http://fr.wikipedia.org/wiki/Cotonou>

Tableau 12 : Caractéristiques des sources de pollution de l'air à Cotonou

Sources (Contribution à la pollution)	Composition	Polluants émis
Sources mobiles (+ de 70%)	Véhicules à 2 roues à 2T et à 4T	NO_x ; CO ; CO₂ ; HC ; Pb ; PS ; SO₂
	Véhicules à 4 roues	
	Autocars	
	Poids lourds ou Gros porteurs	
Sources fixes (30% environ)	Cimenteries	NO_x ; CO₂ ; PS ; SO₂ ; COV
	Huileries	
	Industries de fabrication de peinture	
	Centrales énergétiques	
	Déchets et essences de contrebande	

Ce tableau montre l'importance de la contribution des sources mobiles à la pollution de l'air à Cotonou (plus de 70%). Aussi fait-il état de la gamme de polluants rejetés quotidiennement par les différentes sources.

6.1.3- Caractéristiques physiques et paramètres météorologiques de Cotonou

La mise en place d'un réseau de surveillance de la qualité de l'air répond à plusieurs critères dont la détermination est basée sur un certain nombre de caractéristiques physiques et météorologiques. Celles de Cotonou sont présentées dans le tableau 10 ci-dessous.

Tableau 13 : Caractéristiques physiques et météorologiques de Cotonou

ELEMENTS	CARACTERISTIQUES
Relief	Plaine avec des bâtiments de 3 à 4 niveaux au plus.
Réseau routier très peu développé	Trois axes principaux avec un débit moyen journalier supérieur à 30 000 véhicules
Direction des vents dominants	SW (65%)
Insolation moyenne mensuelle	150-252 heures
Température moyenne mensuelle	25-32 °C
Humidité relative mensuelle	76-94%

Le choix des sites d'implantation des stations sera fonction non seulement des caractéristiques sus énumérées mais aussi de la détermination des régions les plus exposées aux effets de la pollution atmosphérique générée.

6.1.4- Les zones à risque soumises à la pollution de l'air à Cotonou

La détermination des zones susceptibles d'être plus affectées par la pollution atmosphérique à Cotonou est fonction de l'intensité des activités, de la concentration et de la vulnérabilité de la population, et des paramètres météorologiques.

Les zones les plus touchées directement par la pollution industrielle, sont les alentours de la zone industrielle d'Akpakpa située à l'Est de la ville (Voir figure 3). La zone de Guinkomey est également sujette à la pollution atmosphérique provoquée par l'unité de production et d'ensachage de ciment et, par les émissions du port autonome de Cotonou. Par contre, à l'Ouest de Cotonou, les résidents de la région de Cadjehoun sont plus exposés aux émissions générées par l'aéroport international de Cotonou.

La zone de « Enawa » se trouve indirectement affectée par la pollution atmosphérique à cause de la dispersion des différents gaz émis et l'entraînement des particules rejetées par les industries d'Akpakpa en tenant compte de la direction SW des vents dominants (Figure 6).

La pollution provoquée par les véhicules étant proportionnelle aux débits du trafic et de sa composition, les zones les plus menacées par la pollution automobile peuvent être déterminées en identifiant les sections des routes où le trafic est intense. A cette fin, il a été choisi de ne considérer que des débits moyens supérieurs à 30 000 véhicules par jour⁽⁹⁾. Ainsi les sections concernées sont l'axe routiers Akossombo - Etoile rouge – Dantokpa et l'axe Etoile rouge - OCBN – Carrefour SOBEBRA qui prennent en compte les boulevards et avenues les plus fréquentées à Cotonou. Les risques d'exposition à la pollution automobile sont alors très élevés au niveau des populations passant la majeure partie de leur journée à proximité et aux alentours des artères concernées.

Par ailleurs, en tenant compte du mode de dispersion des polluants et de la direction dominante des vents (SW), les zones de Aïdjèdo, d'Awansou et de Sègbéya sont sujettes à une pollution périurbaine due au mélange et au transport des émissions vers cette région. Notons aussi qu'il sera nécessaire d'effectuer une campagne d'échantillonnage soit par les tubes passifs, soit par le camion mobile à acquérir afin de valider les mesures faites jusque là de même que les zones identifiées.

6.2- Caractéristiques du réseau de stations à mettre en place à Cotonou

6.2.1- Types et nombre de stations requis

Sur la base des zones à risque identifiées et des objectifs de surveillance, les types de stations qu'il est possible de mettre en place à Cotonou sont répertoriés dans le tableau 11 ci-dessous.

Tableau 14 : Types et emplacements des stations possibles

TYPES DE STATION	SYMBOLES	EMPLACEMENT POSSIBLE
-------------------------	-----------------	-----------------------------

⁽⁹⁾ Source : Besma FAYCHE (1999)

Stations de proximité de trafic (SPT)	S1	Carrefour St Michel
	S2	Av. du Roi Glèlè (A l'Etoile Rouge)
Station de proximité industrielle (SPI)	S3	Akpakpa (Carrefour abattoir)
Station urbaine (SU)	S4	Aïdjèdo
Station périurbaine (SP)	S5	Ségbéya (Akpakpa)
Station témoin (ST)	S6	Fidjrossè (près de l'ABE)

En référence au tableau 3 qui précise le nombre minimal de station requis pour un réseau, en tenant compte de la densité de la population de Cotonou (estimée 761 137 habitants en 2006) et considérant que le niveau des concentrations des polluants est élevé, le nombre de stations requis pour la surveillance de la qualité de l'air à Cotonou est trois (3). Il sera le nombre de stations recommandé et les types stations prioritaires seront celles de proximité de trafic, de proximité industrielle et la station témoin.

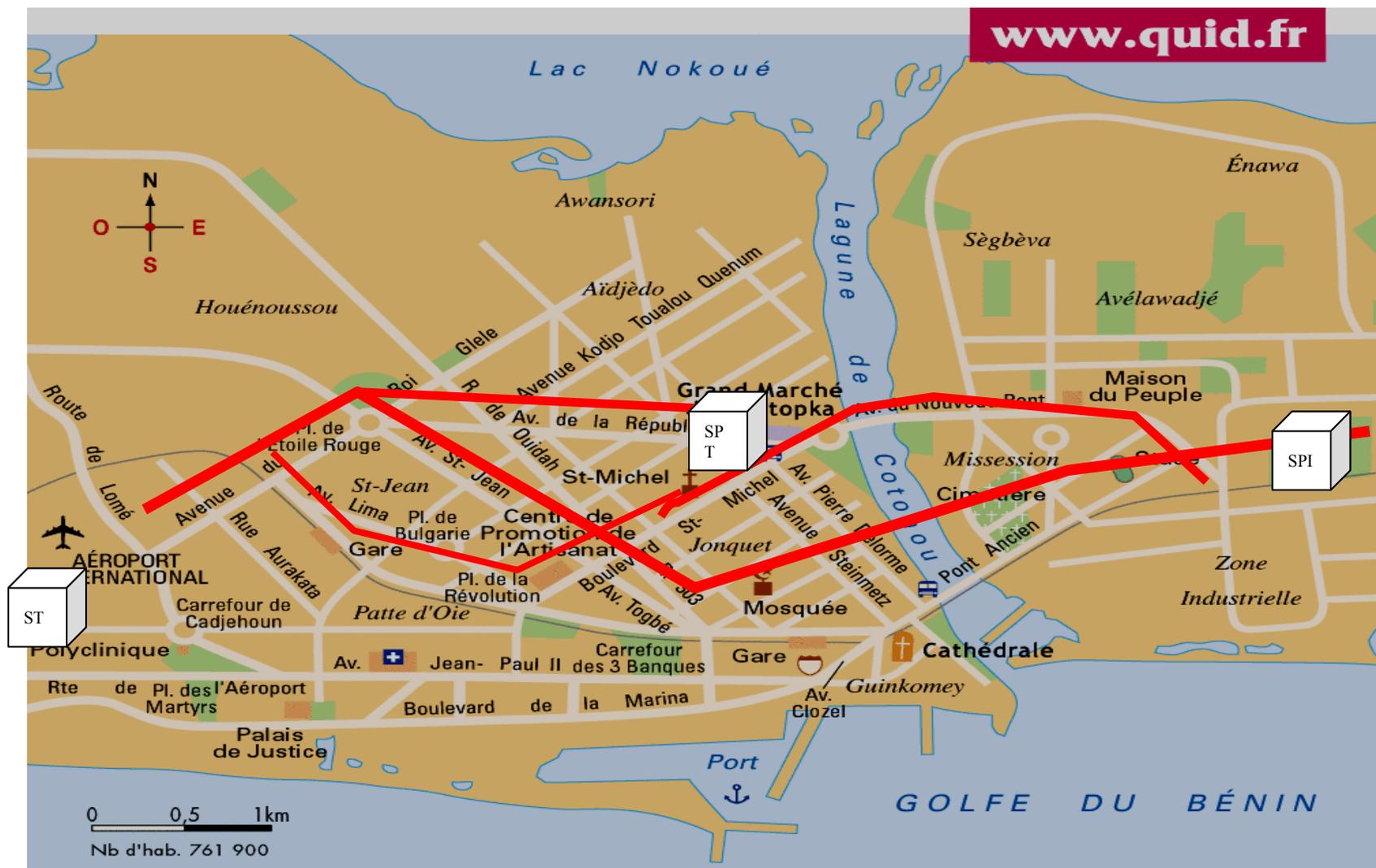
6.2.2- Justification du choix des stations devant composer le réseau

- ☞ **La station de proximité de trafic :** Elle a pour objectif de fournir des informations sur les concentrations mesurées dans les zones représentatives du niveau maximum d'exposition de la population située à proximité des infrastructures routières. Elle est généralement implantée dans une zone de représentativité en terme de trafic et de population exposée (piétons, cyclistes, riverains, automobilistes, etc.). Le site proposé pour abriter cette station est le carrefour de St Michel qui représente le plus grand carrefour situé au coeur de la ville et qui enregistre le plus taux de motorisation (plus de 40000 véhicules/jour). De plus, cette région est très fréquentée pendant le jour à cause de la proximité du plus grand marché Dantokpa, de la plus grande Eglise Catholique (St Michel).
- ☞ **Une station de proximité industrielle :** Son but est de fournir des informations sur les concentrations représentatives du niveau maximal de pollution induit par les phénomènes de panache à proximité d'une ou de plusieurs sources industrielles. La station proposée dans ce cas se situera dans la zone industrielle (au niveau du carrefour abattoir) afin de mesurer la pollution générée principalement par la cimenterie, l'huilerie, la centrale électrique et les usines de fabrication de peinture implantées dans la région. Aussi, pourra-t-elle servir de station de proximité de trafic car elle sera placée non loin de la voie Inter-Etat Bénin-Nigéria qui connaît de nos jours un trafic automobile assez élevé (environ 30 000 véhicules/jour) dû à la délocalisation des parcs de véhicules « venus de France » à proximité de la zone industrielle. De plus elle est fréquentée par un nombre important de poids lourds transportant les matières premières en direction de la cimenterie et en retour des paquets de ciments.

- ☞ **La station de référence ou d'observation spécifique (station témoins) :** elle n'obéira à aucun des critères d'implantation des stations précédents. Sa fonction prioritaire sera de fournir une base de données permettant des comparaisons, des études de modélisation de la pollution notamment photochimique (étude épidémiologique). Elle est prévue pour être installée à Fidjrossè près de l'ABE pour raison d'une qualité assez bonne de l'air ambiant de la région.

La figure 8 ci-après montre l'emplacement des trois stations de mesure prévues pour la ville de Cotonou dans le cadre de la mise en place du réseau national de surveillance de la qualité de l'air.

Figure 8 : Les zones les plus affectées par la pollution et emplacements des stations fixes de mesure à Cotonou



☞ **La station mobile** : C'est le laboratoire mobile de métrologie qui servira à réaliser les campagnes de mesures temporaires nécessaires à la mise en place des stations fixes de surveillance, ainsi que les procédures d'étalonnage et de validation des mesures effectuées par ces stations fixes. Il doit donc être équipé de tous les types d'analyseurs à utiliser pour l'ensemble du réseau ainsi que des instruments de mesure des paramètres météorologiques.

6.2.3- Les indicateurs de pollution à mesurer

Le choix des paramètres de pollution à mesurer est fonction de la nature des stations de surveillance, de la nature des polluants émis par les sources et de leur degré de nocivité. Ainsi, les polluants comme le CO, les NO_x, le Pb et le HC seront mesurés par la station de proximité de trafic puisqu'ils sont caractéristiques des rejets gazeux des sources mobiles à Cotonou. Les SO₂ et les COV seront particulièrement suivis par la station de proximité industrielle vu la composition des sources fixes. Par contre, les particules en suspension (PS ou PM₁₀) et le O₃ seront mesurés par toutes les stations compte tenu de la prédominance de leurs précurseurs. Le tableau 15 suivant présente les différents paramètres à mesurer selon les catégories de stations.

Tableau 15 : Choix des paramètres à mesurer par les stations

Stations	Indicateurs de pollution							
	NO _x	CO	HC	O ₃	PM ₁₀	COV	SO ₂	Météo
S1 (SPT)	x	x	x	x	x			x
S2 (SPI)	x			x	x	x	x	x
S3 (ST)	x	x	x	x	x	x	x	x
Camion mobile	x	x	x	x	x	x	x	x
Total	4	3	3	4	4	3	3	4

Les paramètres météorologiques ne sont pas nécessaires, mais ils sont utiles pour l'analyse et le traitement statistique des mesures. Il s'agit essentiellement de la direction et de la vitesse du vent, de la température, la pression atmosphérique, l'humidité et la radiation solaire.

6.2.4- Le Poste de contrôle

Le dispositif national de surveillance à mettre en place sera contrôlé d'un centre de gestion des stations de surveillance équipé pour cette cause. Ce poste sera installé et géré par la cellule de l'air à créer. Ses fonctions seront :

- ☞ d'être le Centre opérationnel pour le Réseau ;
- ☞ de recevoir les mesures de toutes les stations de surveillance à installer sur le territoire national;
- ☞ de traiter et de distribuer les informations sur la qualité de l'air au public et aux autorités compétentes impliquées dans la gestion ;

- ☞ de constituer le répertoire principal de toutes les mesures de qualité de l'air au Bénin (banque nationale de données sur la qualité de l'air) ;
- ☞ d'être le Centre d'Assurance de Qualité et d'Audit pour les stations de surveillance ;
- ☞ d'être le Centre d'expertise pour la mesure de la qualité de l'air ;

Il est utile que deux panneaux d'affichage soient prévus pour informer le public du niveau de la qualité de l'air. Un pourra être placé au niveau du carrefour St. Michel et l'autre au siège de la Cellule de l'air.

6.2.5- L'organe de gestion de système national de surveillance de la qualité de l'air

La cellule de l'air qui à créer sera le centre de coordination de l'ensemble des activités relatives à la pollution de l'air au Bénin. Elle se chargera entre autre, de la mise en œuvre des programmes et plans de protection de l'atmosphère, de l'aspect réglementaire et de la gestion du réseau de surveillance à mettre en place.

Cette structure devra, par ailleurs, assurer la surveillance épidémiologique et l'information du public sur l'état de la qualité de l'air, les risques potentiels par le biais d'un indice de qualité et des campagnes de mesures des polluants spécifiques.

Plus spécifiquement, la surveillance épidémiologique doit permettre :

- ☞ de quantifier l'impact sur la santé des niveaux des différents indicateurs de pollution surveillés en routine ;
- ☞ d'étudier la validité locale des valeurs limites d'expositions définies au plan national ou international ;
- ☞ d'élaborer des recommandations concernant la nature des indicateurs de pollution utiles au plan sanitaire devant être surveillés par les réseaux de surveillance de la qualité de l'air ;
- ☞ de formuler des propositions sur les systèmes d'information à mettre en place pour permettre les échanges de données ad hoc entre spécialistes de la surveillance métrologique et spécialiste de l'épidémiologie ;
- ☞ de mettre à disposition des acteurs (décideurs et public) une information claire sur les risques sanitaires liés à la pollution atmosphérique urbaine.

6.3- Estimation du coût du projet

6.3.1- Choix des technologies

Pour avoir une gamme complète d'équipements appropriés et adaptés au contexte béninois, la proposition suivante s'est appuyée sur la dernière offre technique présentée par le CITET dans le cadre de l'acquisition d'équipements et de matériels d'analyses environnementales pour la nouvelle station fixe qu'il abritera et gèrera dès Septembre 2006. Cette offre repose

essentiellement sur la technologie proposée par iséo, une filiale du groupe VINCI Energies⁽¹¹⁾ et par le groupe Belge Envitec-envicontrol⁽¹²⁾ qui est présent sur le marché de l'instrumentation depuis 1978 et qui est spécialisé dans la distribution, l'intégration et la maintenance d'une gamme complète d'instruments de mesure et de prélèvement de paramètres physiques liés à l'environnement. Le mode de fonctionnement et les caractéristiques techniques de chaque équipement se retrouvent en Annexe 3.

6.3.2- Caractéristiques techniques des équipements

Les différents analyseurs disponibles auprès de ces fournisseurs et dont le choix est recommandé ici sont présentés dans le tableau 16 suivant avec leur marque, leur gamme et leur principe de fonctionnement.

Tableau 16 : Caractéristiques techniques des équipements

Equipements	Marque s	Modèles	Principe de fonctionnement
Analyseurs NOx	API Teledyne	200E	Chimiluminescence
Analyseurs O ₃	API Teledyne	400E	Photométrie UV
Analyseurs CO	API Teledyne	300E	Absorption des « infrarouges (IR) »
Analyseurs SO ₂	API Teledyne	100E	Fluorescence UV
Analyseurs HC	API Teledyne		Ionisation à flamme « FID »
Analyseur de poussières en suspension Totaux (TSP)	Met One	Ban-1020	Analyse par atténuation Béta

6.3.3- Coût estimatif du Réseau

Les coûts totaux calculés ici constituent les montants de commande des équipements en voie d'acquisition par le CITET. Ils correspondent coûts des matériels avec leurs accessoires et peuvent varier d'un fournisseur à l'autre ou selon d'autres considérations du moment.

Ainsi, les coûts d'achat des analyseurs incluent ceux des systèmes de calibrage pour chaque analyseur. Les ensembles d'étalonnage pour les stations sont des générateurs d'ozone, des bouteilles de gaz d'étalons, etc.

Les ensembles de soutien incluent la cabine de mesure, les équipements d'échantillonnage, les meubles, la climatisation, la base de ciment de la cabine, le système d'acquisitions des mesures, les dispositifs de sécurité, l'éclairage, les panneaux d'affichage, etc.

Le système de traitement du poste central comprend les postes de travail et les logiciels de traitement et de contrôle des stations, les serveurs, le système d'archivage, l'onduleur, les modems, etc. Le tableau 17 ci-dessous donne l'estimation du coût du réseau proposé.

Tableau 17 : Coût du Réseau de surveillance proposé

Equipements	Coût unitaire	Quantité	Coût total	Coût total en
--------------------	----------------------	-----------------	-------------------	----------------------

⁽¹¹⁾ Liens du groupe VINCI : <http://www.vinci.com>, <http://www.vinci-energies.com>

⁽¹²⁾ Lien du groupe envitec-envicontrol : <http://www.envitec.be/fr/index.htm>

	(euros)		(euros)	FCFA
Analyseur NOx	15 000	3	45 000	31 500 000
Analyseur SO ₂	15 000	2	30 000	21 000 000
Analyseur O ₃	15 000	3	45 000	31 500 000
Analyseur CO	15 000	2	30 000	21 000 000
Analyseur HC	15 000	2	30 000	21 000 000
Analyseur COV	15 000	2	30 000	21 000 000
Analyseur PM ₁₀	15 000	3	45 000	31 500 000
Équipements météorologiques	10 000	2	20 000	14 000 000
Ensembles de soutien	10 000	2	20 000	14 000 000
Système de traitement (poste central)	25 000	1	25 000	17 500 000
TOTAL			320 000	224 000 000

En tenant compte des fluctuations de la bourse économique, la valeur d'un euro a été considérée équivalente à 7 00 Francs CFA.

Le coût estimatif de ce projet s'évalue à environ 320 000 euros soit 224 000 000 francs CFA. Ce coût pourrait paraître très élevé pour le gouvernement béninois en raison des sources de financement limitées mais il est important, vu l'enjeu que représente la problématique de la qualité de l'air et la priorité qui lui est accordée, de trouver des sources de financement pour sa mise en œuvre effective.

6.4- Sources de financement possible et réalisation

La mise en œuvre de cette proposition nécessite la mobilisation du fonds nécessaire à l'acquisition des équipements et à la réalisation des travaux de mise en place effective du réseau de surveillance. A cet effet, il urge que l'État béninois puise non seulement dans ses propres ressources, mais profite également des nombreuses opportunités qui s'offrent à lui à travers les multiples accords bilatéraux et/ou multilatéraux signés ou en cours de signature dans le cadre de la protection de l'atmosphère.

6.5- Proposition d'un plan d'action

Le plan d'action proposé en tableau 18 prend en compte l'ensemble des activités de gestion à mener dans le cadre de l'amélioration de la politique béninoise de lutte contre la pollution de l'air. Parmi toutes les mesures suggérées, il est important de prioriser, dans leur mise en œuvre, l'installation du Réseau nationale de surveillance compte tenu de son importance dans la réussite de l'approche de gestion.

Tableau 18 : Plan de mise en œuvre du système de gestion proposé

Objectifs	Secteur visé	Activités à mener	Acteurs/Structures concernées	Échéances
-----------	--------------	-------------------	-------------------------------	-----------

Mettre en place du Réseau de surveillance de la qualité de l'air à Cotonou	Tous	Création de l'Observatoire	ABE – DE/MEPN	CT
		Création de la Cellule de l'air	ABE – DE/MEPN	CT
		Acquisition du laboratoire mobile et des tubes passifs	ABE – DE/MEPN	CT
		Echantillonnage et identification des sites d'implantation des stations	ABE	CT
		Acquisition et installation des stations (l'ensemble des équipements)	ABE – DE/MEPN	CT
		Rendre le réseau opérationnel	ABE	CT
		Poursuite de la mise en place de la banque de données nationale sur la qualité de l'air ;		
	Education et formation	Instauration des problèmes de la qualité de l'air dans le système éducatif	ABE – DE/MEPN – MESRS - UAC	CT
		Renforcement des capacités des structures de formation et de recherche	ABE – DE/MEPN – MESRS – UAC - ONG	CT
		Promotion d'un effort coordonné de recherche en métrologie, toxicologie, épidémiologie et sur les effets de la pollution de l'air à court et long terme ;	ABE – DE/MEPN – MESRS - UAC	CT
		Développement de la formation dans le domaine de santé-environnement ;	ABE – DE/MEPN – MESRS - UAC	CT
Améliorer la politique de transport	Transports	Promotion et mise en place d'un système de transport en commun ;	ABE – DE/MEPN – MESRS - UAC	CT
		Amélioration du réseau routier (Aménagement des pistes cyclables et des voies piétonnes) ;	ABE – DE/MEPN – MESRS - UAC	CT
		Reconversion judicieuse des conducteurs de taxi-mots ;	ABE – DE/MEPN – MESRS - UAC	CT
		Renouvellement du parc automobile : incitation à l'acquisition des véhicules de tranche d'âges 0-5 ans ;	ABE – DE/MEPN – MESRS - UAC	CT
		Amélioration des carburants : les sources d'approvisionnement	ABE – DE/MEPN – MESRS - UAC	CT
Mettre en place les instruments appropriés	législation	Application rigoureuse des loi et décrets existants sur la protection de l'atmosphère ;	ABE – DE/MEPN – MESRS - UAC	CT
		Élaboration et adoption de nouvelles lois et normes de protection de l'atmosphère	ABE – DE/MEPN – MESRS - UAC	CT
		Instauration des mesures économiques incitatives (taxe sur carburants, sur achat de véhicules d'âge supérieur à 5 ans, vignette sur véhicules personnels et petits taxis, etc.)	ABE – DE/MEPN – MESRS - UAC	CT
		Poursuite de la mise en œuvre des accords internationaux sur la protection de l'atmosphère ;	ABE – DE/MEPN – MESRS - UAC	CT
Promouvoir l'efficacité énergétique et l'utilisation des technologies propres	Industriel	Accompagnement des industries à la mise en place du SME ou des normes ISO 9001 et 14001 ;	ABE – DE/MEPN – MESRS - UAC	CT
Limiter les émissions et les impacts liés à l'incinération des déchets et aux produits chimiques	Déchets et substances chimiques	Meilleure organisation de la filière de gestion des déchets ;	ABE – DE/MEPN – MESRS - UAC	CT
		Sensibiliser la population sur les risques de pollution atmosphérique liés à l'incinération des déchets	ABE – DE/MEPN – MESRS - UAC	CT
		Meilleure gestion des produits chimiques (intrants agricoles et autres)		

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

A l'issue de l'analyse du système de gestion de la pollution de l'air, l'expérience tunisienne apparaît, sans nul doute, comme une référence en la matière. La quasi-totalité des facettes de la manifestation de la pollution de l'air sont abordées de façon plus ou moins approfondie. Les résultats obtenus permettent de déduire aisément que la prévention et la lutte contre la pollution de l'air sont des épreuves de longue haleine car les résultats des actions entreprises ne sont souvent pas immédiats.

Avec les énormes moyens déployés, la qualité de l'air a connu une relative amélioration en raison d'une diminution notable du niveau de concentration des polluants mesurés : les émissions polluantes régressent dans la plupart des secteurs d'activités et dans l'ensemble des régions surveillées. L'expérience tunisienne met en exergue l'extrême nécessité d'une synergie entre les actions et les acteurs intervenant en faveur de la qualité de l'air et d'une plus grande cohérence des politiques publiques qui façonnent le cadre de vie et la qualité de l'air.

Cependant, il y a lieu de poursuivre avec ténacité la lutte pour la réduction des émissions surtout pour les véhicules et les usines. Connu pour sa place importante dans la pollution de l'air, le parc automobile tunisien connaît un accroissement soutenu ; des mesures répressives plus strictes doivent donc être employées pour parvenir à maîtriser ce secteur d'activité et limiter leurs rejets.

La gestion de la qualité de l'air implique donc forcément une approche systémique. Sa réussite passe par une mobilisation des ressources aussi bien financières qu'humaines en vue d'un changement de comportement tant sur le plan des habitudes de consommation, de production que du mode de vie.

En s'inspirant de ce modèle tunisien, il a été opportun de proposer une approche de gestion qui puisse s'adapter au contexte béninois, dans une logique préventive et de prévision notamment à Cotonou la capitale économique la pollution de l'air prend des proportions de plus en plus alarmantes et inquiétantes. Son application permettra non seulement de disposer de données fiables sur la qualité de l'air, mais aussi de mieux évaluer les actions engagées et de mieux orienter les interventions pour une gestion plus efficace. Cela reste également indispensable et nécessaire pour mener à bien les négociations internationales sur cette question.

L'information et la sensibilisation des populations devraient être parmi les actions prioritaires et pourraient permettre de réduire les risques liés à l'usage abusif des combustibles ligneux, sources de certains polluants à effet cancérigène. A cela pourraient s'ajouter d'autres actions comme la réorganisation du secteur des transports routiers dans les centres villes notamment à

Cotonou et la reconversion économiquement acceptable d'un grand nombre de conducteurs de taxi-motos et vendeurs de carburants frelatés.

En toute évidence, il convient que la Tunisie et le Bénin poursuivent les efforts engagés pour préserver les acquis et inverser les tendances négatives à travers les différentes propositions faites dans ce document. La mise en place d'un système de surveillance de la qualité de l'air conformément au projet développé serait pour le Bénin un atout pour la maîtrise de la pollution atmosphérique à Cotonou.

La pollution de l'air, vu ses impacts multidimensionnels, apparaît comme étant un paramètre très sensible pour le développement durable. L'air, bien extrêmement précieux, mérite que sa qualité soit préservée dans l'intérêt de toute l'humanité. Sa meilleure gestion pourrait permettre d'envisager les autres aspects du développement durable avec sérénité. La lutte contre la pollution de l'air ne doit donc laisser personne indifférente. Elle doit faire l'objet d'une solidarité internationale et d'une pleine participation de tous les pays aux efforts à cause de l'ampleur que peuvent avoir ses conséquences.

BIBLIOGRAPHIES

1. **ADEME, (1998)** : *Bulletin sur la Surveillance de la qualité de l'air et information de la population en France* (1998), disponible sur le site www.ademe.fr
2. **ADEME, (2002)** ; *Classification et critères d'implantation des stations de surveillance de la qualité de l'air* ; ADEME Editions, Paris, 2002. 63p. disponible sur le site www.ademe.fr
3. **AIF/IEPF, (2002)** : *Actes du Colloque International Francophone et du développement durable : quels enjeux, quelles priorités pour l'horizon 2012*, pp 51-72.
4. **AIRPARIF (2005)** : *Evaluation de la qualité de l'air en situation de proximité du trafic routier en Ile-de France* ; Rapport d'activités sur la surveillance de la qualité de l'air pour l'année 2004 ; 63p.
5. **Banque Mondiale (BM), (2001)** : *Qualité de l'air dans la ville de Cotonou*, (Article) : disponible sur le site www.worldbank.org
6. **BM/IQASS (2003)** : *Rapport d'avancement 1998-2002* ; 74 p.
7. **Comité des Constructeurs Français d'Automobiles (CCFA)** : Dossier « *Qualité de l'air : la contribution de l'automobile* » (Mars 2006), disponible sur www.ccfa.fr
8. **DIALO Moriba (2005)** : *Gestion de la pollution de l'air. Mémoire (DEPA)*, Université Senghor ; 105p.
9. **Direction Générale de l'Environnement et de la Qualité de Vie, (2005)** : *Etude relative à l'amélioration de la qualité de l'air dans la région de Bizerte au nord de la Tunisie*, rapport définitif, 101 p.
10. **FAYECHE, B. (1999)** : *Optimisation du réseau de surveillance de la qualité de l'air dans le grand Tunis*, Cas MAET. Projet de fin d'études, Dép. Génie Industriel, ENIT. 89 p.
11. **GERVAT, G. P. ; (1998)** : *Rapport sur Aménagement du réseau de surveillance de la qualité de l'air en Tunisie* ; MEAT. 66 p.
12. **Institut de Veille Sanitaire (2006)** : *Evaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine : Agglomération de Bayonne, impact à court et à long termes* ; Saint Maurice, Juin 2006 ; 28p.
13. **Jacques-André H., 1999**, *Etudes d'impact sur l'environnement ; Traité de Génie Civil de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne*, Vol. 3, Ed. presses polytechniques et universitaires romandes, 453p.
14. **Jérôme M. (2000)** : *La qualité de l'air : un enjeu local* ; Mémoire de DESS / Management des Collectivités Territoriales et des Organisations Environnantes ; Institut d'Etudes Politiques de Lyon ; France 2000 ; 103p.

15. **JEROME M., (2000) :** *La qualité de l'air : un enjeu local*, Institut d'Etudes Politiques de Lyon, France. 103p.
16. **KHALED, A. et SOUHAILA, M. (2006) :** *Pollution atmosphérique : Analyse des rejets atmosphériques issus de la combustion de fioul lourd. Projet de fin d'étude en Chimie Industrielle* ; FSB / Université 7 Novembre de Carthage. 94 p.
17. **LAPERCHE, D., (2006) :** *Pollution atmosphérique : entre santé publique et enjeu politique*. Revue « Environnement & Technique » N°255, Avril 2006 ; pp 30-34.
18. **LCPP & LHVP (2000) :** *Rapport sur « Evolution de la qualité de l'air à Paris en 2000 »* disponible sur www.prefecture-police-paris.interieur.gouv.fr/etudes_scientifiques/qualite_air_2000
19. **LIMAIR, (2005) :** *Surveillance de l'air en Limousin* ; Rapport d'activité 2005 ; 50p.
20. **MEDD/France (2000) :** *Politique publique, pollution atmosphérique et santé : poursuivre la réduction des risques* ; Rapport au Ministre de l'Environnement de la France ; 220p.
21. **MEDD/Tunisie (2005) :** *Rapport National sur l'état de l'environnement 2005* ; 246p.
22. **MEHU (2000) :** *Etude sur la qualité de l'air en milieu urbain : cas de Cotonou* ; Rapport final, 118p.
23. **MEHU/ABE, (2002) :** *Rapport sur l'Etat de l'Environnement au Bénin 2002* ;
24. **MEHU/ABE, (2002) :** Répertoire des métadonnées sur l'environnement et le développement durable au Bénin, 1^{ère} Version, 220 p.
25. **Michel Guérin & al., (2003) :** *Environnement et santé publique : Fondements et pratiques*, Ed Tec & Doc, 1023 p.
26. **Observatoire des Données de l'Environnement (ODE), (2000) :** *Le modèle DPSIR et son application au milieu urbain : cas de la région de Bruxelles-Capitale* ; Rapport Technique IBGE, 2000 ; 24p
27. **OCDE, (1996) :** *Prévention et contrôle de la pollution : critères environnementaux pour des transports durables* ; Rapport sur la phase 1 du projet sur les transports écologiquement viables (TGV) ; Paris (1996), 96p.
28. **OCDE, (2006) :** *Equipement de mesure et capacité de gestion de la qualité de l'air dans les pays en voie de développement ; rapport synthèse du groupe de travail conjoint sur les échanges et l'environnement*, Paris (2006), 16 p.
29. **OMS, (2005) :** *Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air : Particules, ozone, dioxyde d'azote et dioxyde de soufre* ; Synthèse de l'évaluation des risques ; 24p.
30. **Réseau Canadien des Subventionneurs en Environnement (RCSE), 2005 :** *L'environnement en milieu urbain* ; Canada, 2005 ; 25p.
31. **Table Ronde nationale sur l'Environnement et l'Economie (TREE), (2003) :** *La qualité de l'air dans les villes canadiennes* (103 p), disponible sur www.nrtee-trnee.ca

32. **WOROU, T. (2004) :** *Pollution atmosphérique à Cotonou / Bénin : Etat des lieux, évaluation des actions d'atténuation et perspectives ; (Article), Bénin 2004 ; 27p.*

QUELQUES SITES VISITES

33. <http://www.agglo-arcdeSeine.fr/environnement/la-qualite-de-l-air/la-procedure-pollution-atmospherique-mise-en-place-par-arc-de-seine> ALERTE ENV
34. www.africaclean.sn (Africa clean (Initiative pour la qualité de l'air en Afrique subsaharienne))
35. <http://europa.eu/scadplus/leg/fr/lvb/l28031b.htm>
36. <http://www.prevoir.org/fr/introduction.php> (PRE' AIR)
37. www.sitrass.org
38. www.who.int
39. www.unep.ch
40. www.ocde.org
41. www.eea.eu.int
42. www.iarc.fr
43. www.iepf.org

ANNEXES

Annexe 1 : Valeurs guides de la qualité de l'air de l'Organisation Mondiale de la Santé (critères 1999). Les valeurs sont en microgrammes par mètre cube ($\mu\text{g} / \text{m}^3$) d'air.

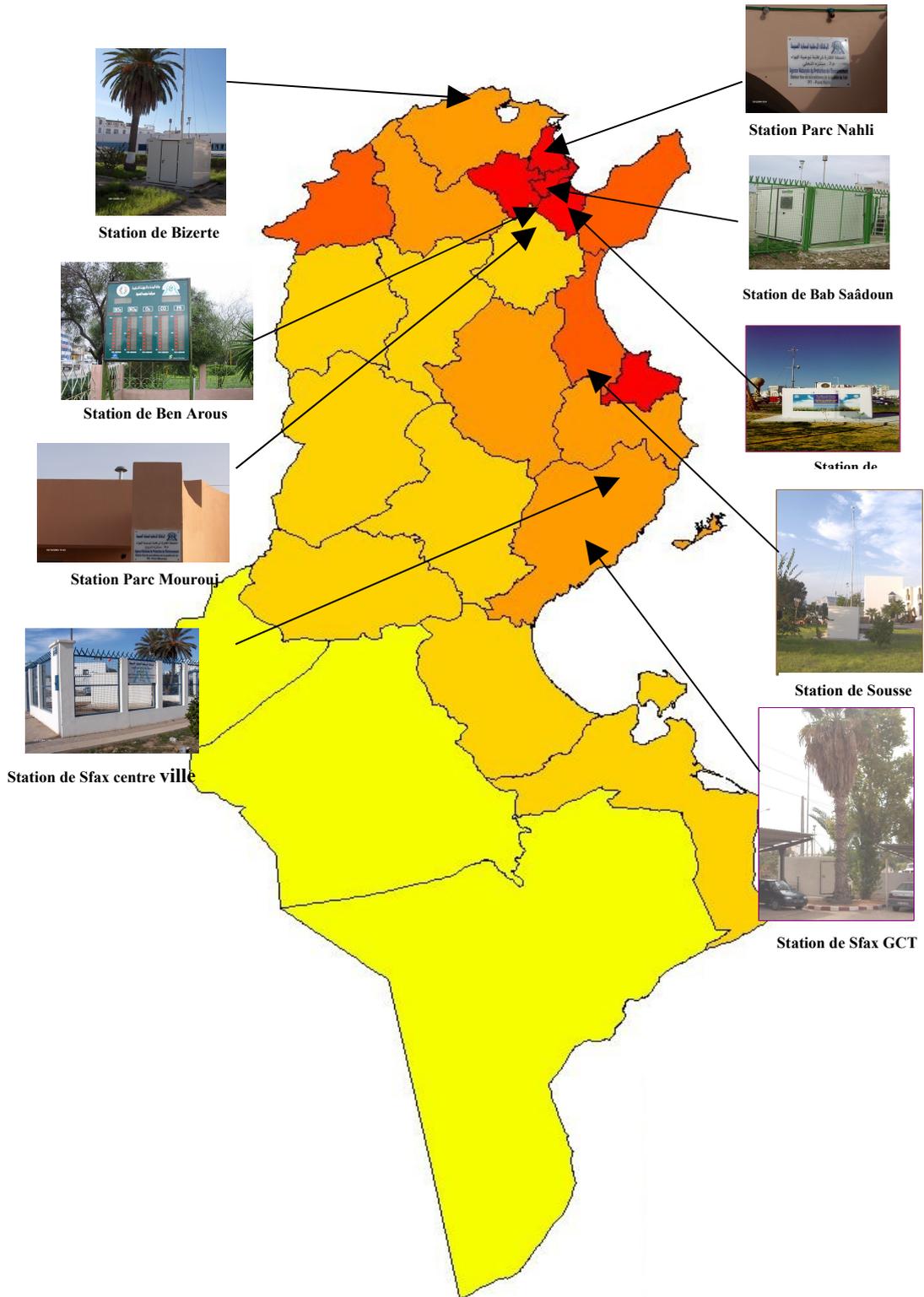
Polluants	Durée d'exposition						Année	UR Vie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ¹
	10-15 mn	30 mn	1 heure	8 heures	24 heures	Semaine		
Dioxyde de soufre	500				125		50	
Particules (Fumées noires)	Pas de valeur guide disponible							
Particules (PM10)	Les connaissances actuelles ne permettent pas de déterminer une concentration en dessous de laquelle aucun effet n'est observé							
Monoxyde d'azote	Pas de valeur guide disponible							
Dioxyde d'azote			200				40	
Monoxyde de carbone	100 000	60 000	30 000	10 000				
Plomb							0,5	
Ozone				120				
Benzène								6×10^{-6}
Toluène						260		
Xylène					4800			
Ethylbenzène							22000	
Benzo(a) anthracène								$1,2 \times 10^{-4}$ à 13×10^{-4}
Benzo(a)pyrène								$8,7 \times 10^{-2}$
Benzo(b)fluoranthène								$0,87 \times 10^{-2}$ à $1,2 \times 10^{-2}$
Benzo(k)fluoranthène								$8,7 \times 10^{-4}$ à 87×10^{-4}
Fluoranthène								$8,7 \times 10^{-5}$ à 87×10^{-5}
Indéno(1,2,3-c,d)pyrène								$5,8 \times 10^{-3}$ à $20,2 \times 10^{-3}$
Dibenzo(ah)anthracène								$7,7 \times 10^{-2}$ à $43,5 \times 10^{-2}$
Acétaldéhyde								$1,5 \times 10^{-7}$ à 9×10^{-7}

Source: GUIDELINES FOR AIR QUALITY, WHO, Geneva 2000.

NB : De nouvelles directives plus sévères ont été publiées en Octobre 2006 suivi d'un appel lancé par l'OMS qui met tous les gouvernements du monde entier au défi d'améliorer l'air de leurs villes afin de protéger la santé de leurs populations.

Ces directives ne sont pas encore disponibles en lignes et nous n'avons pas su les avoir autrement.

Annexe 2 : Carte de répartition des stations de surveillance du RNSQA



Annexe 3 : Cartes de localisation du Bénin



Localisation du Bénin en Afrique de l'Ouest



Annexe 4 : Caractéristiques technique des analyseurs de gaz et de particules

Envitec control



environnemental Analyseur SO₂ par fluorescence Modèle 100E de la marque API Teledyne

Présentation :

Le modèle 100E utilise le principe de la fluorescence UV qui couplé à la technologie à microprocesseur la plus récente, permet une mesure précise et fiable des basses concentrations de SO₂. Une stabilité exceptionnelle est obtenue par l'usage d'un obturateur optique, compensant la dérive du PMT ainsi qu'un détecteur de référence corrigeant les éventuelles modifications d'intensité de la lampe UV. Un "kicker" hydrocarbure et un design optique avancé permettent une excellente réaction des interférents. Le logiciel multitâche donne une information en temps réel d'un grand nombre de paramètres opérationnels et prévoit des alarmes automatiques quand les limites diagnostiquées sont dépassées.



Tous les instruments API de la série E comprennent une grande capacité d'acquisition des mesures dans la mémoire interne de l'analyseur. Ceci permet l'enregistrement de différents paramètres y-compris les valeurs de concentration moyennes ou instantanées, les valeurs des calibrations et les paramètres initiaux tels que le débit, l'impression et l'intensité de la lampe. Les données stockées sont facilement accessibles via le port RS232, la connexion RS-485 (en option) ou la face avant, ce qui permet à l'utilisateur d'effectuer un diagnostic en vérifiant la tendance des paramètres.

Le modèle 1001; combine donc une construction très robuste, une facilité d'usage, un auto-diagnostic complet et des performances exceptionnelles, ce qui fait de lui un instrument idéal pour l'équipement de monitoring actuel.

Caractéristiques principales ;

- Echelle de 0-50 ppb et 0-20 ppm, sélectionnable par l'utilisateur
- Echelle divisible et automatique
- Gestion par microprocesseur
- Logiciel multitâche avec accès par menu
- Autodiagnostic permanent avec asservissement d'alarmes
- RS-485 bidirectionnel, RS-232 ou Ethernet en option pour gestion à distance
- Signaux d'état digitaux
- Sorties analogiques configurables

Filtre actif optimisé le temps de réponse
Compensation en température et en pression
.Contrôle zéro et span par banc de perméabilité interne en option

Acquisition des données interne avec moyennes de 1 min à 24 heures, plus de 999.999 mesures
 Débit régulé par orifice critique
 Large gamme de température de fonctionne nient; S à 40°C
 Logiciel APICOM
 Entretien très réduit

Caractéristiques techniques

- Echelles : 0-50 ppb jusqu'à 20.000 ppb pleine échelle, à sélectionner par l'utilisateur; échelle double et automatique
- Unités : ppb, ppm, M.g/m³ / ni³ ;
- Bruit zéro < 0.2 ppb (RMS)
- Écart relatif : < 0.5 % de la valeur mesurée (RMS) au-dessus de 50 ppb
- Limite de détection : 0.4 ppb
- Dérive zéro : < 0.5 ppb/24 heures, < 1 ppb/7 jours :
- Dérive relative : < 0.5% de la mesure/24 hrs, 1% de la mesure/7 jours
- Temps de réaction : 20 sec
- Temps de montée & descente : < 120 sec. jusqu'à 95 % : 1
- Linéarité : 0.5 % de % pleine échelle
- Précision : h. valeur mesurée ;
- Débit d'échantillonnage : 700cc/min ± 10 %
- Température d'utilisation : 5-40°C
- Dimensions (H X L x P) : 178 x 432 x 97 mm
- Poids
- Alimentation : 220V-240V, 50Hz/
- Sorties analogiques : en standard 10V, 5V, 1V; 100 mV; 0-20 mA ou 4-20 mA isolé en option :
- Offset de l'enregistreur +/-10%
- Sorties sérielles : port 1: RS-232, DB-9M ; port 2: standard RS-232 ou optionnel RS-485 ou Ethernet, DB-9F ; 8 sorties et 8 entrées
- Entrées/Sorties digitales : jusque 999.999 données
- Capacité d'

vicontrol
environmental control

Envitec
environmental technology



Analyseur NO/NO₂/NO_x par chimiluminescence Modèle 200E de la marque API Teledyne

Présentation :

Le modèle 20 OH ni i lise le principe reconnu de la détection par chimiluminescence qui couple à la technologie à microprocesseur la plus récente, procure à l'analyseur sensibilité, stabilité et facilité d'usage pour les mesures à l'air ambiant (niveau ppb). L'analyseur utilise, un logiciel multitâche, qui **facilite** le contrôle complet de toutes les fonctionnalités de l'appareil et propose simultanément l'indication instantanée de tous les paramètres opérationnels importants. Les mesures sont automatiquement, à température, pression et débit.



De plus, La stabilité est fortement améliorée par un circuit d'Auto-Zéro, qui produit couramment **une** vraie référence zéro. Tout cela permet des performances très pointues au niveau de la sensibilité, la précision et la répétabilité dans des conditions opérationnelles très difficiles.

Une membrane à pénétration sur l'entrée échantillon améliore sensiblement la réaction des interférents NH₃ et H₂O.

Tous les instruments API de la série E. comprennent une grande capacité d'acquisition des mesures dans la mémoire interne de l'instrument. Ceci permet l'enregistrement de différents paramètres y compris des mesures moyennées ou instantanées, des données de calibration et des paramètres opérationnels comme la pression et le débit. Les données stockées sont facilement accessibles via le port RS-232. La connexion RS-232 (en option) sur la face avant, ce qui permet à l'utilisateur d'effectuer un diagnostic en vérifiant la tendance des paramètres.

Le modèle 200IZ est de construction très robuste, facile d'usage, équipé d'un auto-diagnostic très complet **doté** de performances exceptionnelles, ce qui fait de lui un instrument idéal pour l'équipement du laboratoire.

- Signaux d'étal digitaux
- * Filtre actif optimisant le **fttlps** de repou.se
- Compensation en température et en pression
- * Correction du rendement du four par $10^{\wedge}icirl$
- * Sécheur à perméabilité pour $V_{ozoneUJ}$
 - » Contrôle zéro et span par banc de perméation interne en option
- Influence NH_3/H_2O quasi nulle grâce à l'ajout d'une membrane à perméabilité sur l'entrée d'échantillonnage
- Auto-zéro physique chaque minute
 - * $\backslash_{-A10\%?}$ gamme de température de fonctionnement: S à 40°C
 - Acquisition des données interne avec moyennes de 1 min à 24 heures, plus de 999,999
 - * Destructeur d'ozone interne par catalyse fi plus de cartouche à charbon actif pour protéger la pompe
 - Logiciel ARCOM
- Entretien très réduit

Caractéristiques techniques • Gamme de mesure

• Unités

- Bruit /éro
- Bruit span

■ limite de détection

- Dérive /éro
- Dérive span

• Temps de réaction

- Temps de montée/descente

• Précision

- Débit d'échantillonnage
- Température d'utilisation
- Dimensions (l-i)
- Poids

- Alimentation

EnvélÉ&

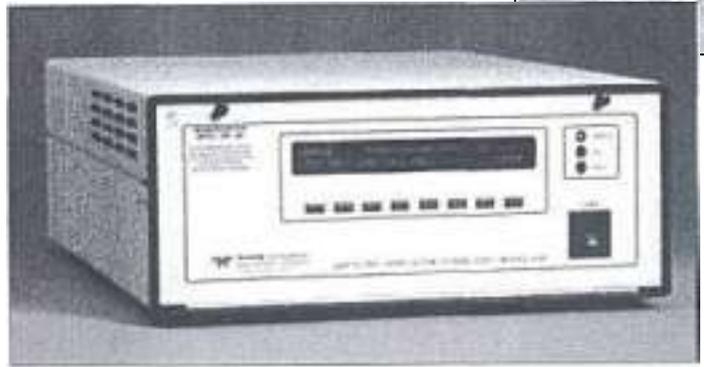
Analyseur CO par absorption infrarouge Modèle 300E de

la marque API Teledyne

Présentation :

Le modèle 300E mesure le monoxyde de carbone en comparant l'énergie infrarouge absorbée dans l'échantillon de gaz avec celle absorbée par une ligne de référence, ceci suivant la loi de Beer-Lambert. Pour cela on utilise une roue de corrélation qui laisse d'abord passer le faisceau IR de haute énergie dans la chambre, via un filtre gazeux CO et ensuite via le filtre où il n'y a pas de CO. Les différents faisceaux passent ensuite par une chambre d'échantillonnage dont la longueur optique totale est de 14m, la perte d'énergie qui se fait dans la cellule

d'échantillonnage est comparée au signal de zéro référence qui est livré par un filtre gazeux, pour produire un signal qui est proportionnel à la concentration gazeuse. Ceci avec une interférence négligeable des autres gaz.



Cette méthode donne une excellente stabilité de span et du λ_{CO} et un très bon rapport signal-bruit ce qui permet une sensibilité extrême, le logiciel multi tâche donne les différents paramètres d'usage en temps réel et prévoit l'activation des alarmes automatiques en cas de dépassement des limites des diagnostics internes.

Tous les instruments de la série E comprennent une capacité d'acquisition des mesures dans la mémoire interne de l'analyseur. Ceci permet l'enregistrement des paramètres y-compris des valeurs moyennes ou instantanées des mesures, des données de calibration et des paramètres; opérations tels que les pressions et débits. Les données stockées sont facilement accessibles via le port RS-231, la connexion Ethernet en option ou la face avant, ce qui permet à l'utilisateur d'effectuer un diagnostic en détectant les tendances des paramètres.

Le modèle 300E est de construction très robuste, facile d'usage, équipé d'un autodiagnostic très

AULO diagnostique- permanent avec asservisxe.mew d'ahrmes
 RE-232 bidirectionnel, RS-485-QLL Ethernet (en option) pour gestion à distance
 Signaux*, d'état digjtanx
 Sorties analogique,^ configurables
 Filtre aUil* optimisant le temps de réponse
 Roue GFC avec 5 ans de garantie contre, les fuites
 Compensation en tempe rature et en pression
 Acquisition des données interne a*ef moyennes de i minute à 24 heures, plus de 999.999 mesures
 Logiciel APICOM
 Entretien très réduit

Caractéristiques techniques

- feiclielks	: 0-1 jusqu'à 0-1.000 ppm CO plein échelle, à sélectionner par l'util i sut e.ur :
Unités possibles	échelles doubles et automatiques :
Bruit zéro	ppin. ppb. jgg/m ⁵ et mg/m ¹ : < 0.02
Bruit span	ppm (RMS)
Limite de détection	L < 0,5% (RMS) de la valeur mesurée au-dessus de "î ppiii :
Dérive- zéro	0-Ô4- ppm (RMS)
Dérive span	;:<0J ppm par 24 hrs, <Û,7 ppni par 7 jours; :
Temps de montée et de descente	<0..S% par 24 hrs, <1% pai 7 jours ; < 60 sec
linéarili'	jusqu'à 95% ; 1% de la pleine échelle : Û,Wa de
Précision	la valeur mesurée : 8G0cc/min ± 10% : S - 4-0 °C
Débit d'échantillonnage	; 178x432x597 mm : 22 J kg :
Température d'utilisation	220-240V, SOIHz : en standard 1ÛV,
Dirnensions (rixbtP)	5^ IV. 1 OOmV.
Poids	0-10mA ou 4-2 0mA isolé .en option :
Alimentation	+/- 10% :port 1; RS-23Û. DB-9M
Sorties analogiques	port 1; staitijrd RS-232 ovi optionnel
Offset de l'enregistreur	RS-4SS oti Ethernet, DB-9F :
sérielles	8 sortiit-s et 6 entrées isolées :
	999.999 dionnées

Euirées/Sorties digitales
 Capacité d'acquisition



Analyseur O₃ par absorption UV Modèle 400E de la marque API Teledyne

Présentation

L'analyseur d'ozone par absorption UV modèle 400H est un analyseur contrôlé par microprocesseur utilisant la loi de Beer-Umbert pour la mesure de faibles concentrations d'ozone dans l'air ambiant. Un signal UV de 15:4 mu traverse la chambre de mesure et est absorbé sur son parcours optique proportionnellement à la concentration d'ozone.

Tous les 4 secondes une électrovalve effectue l'alternance entre le cycle échantillon et le cycle de référence. Ceci permet de s'affranchir d'interférences éventuelles, Un logiciel multi-tâche

permet la mesure en temps réel d'un grand nombre de paramètres opérationnel et procure des alarmes automatiques en cas de dépassement des limites diagnostiquées.



Le système d'acquisition interne permet l'enregistrement de multiples paramètres dont les concentrations moyennes et instantanées, les valeurs de calibration et des paramètres fonctionnels telles que pressions et débits. Jusqu'à 999,999 données sont stockées et sont facilement accessibles via le port sériel RS13-2, la connexion Ediniel (en option) ou la face avant, ce qui permet à l'utilisateur d'effectuer un diagnostic en détectant les tendances des paramètres.

Caractéristiques principales :

Caractéristiques techniques

* Gamme de mesure-

- Unités
- Bruit zéro » Bruit span

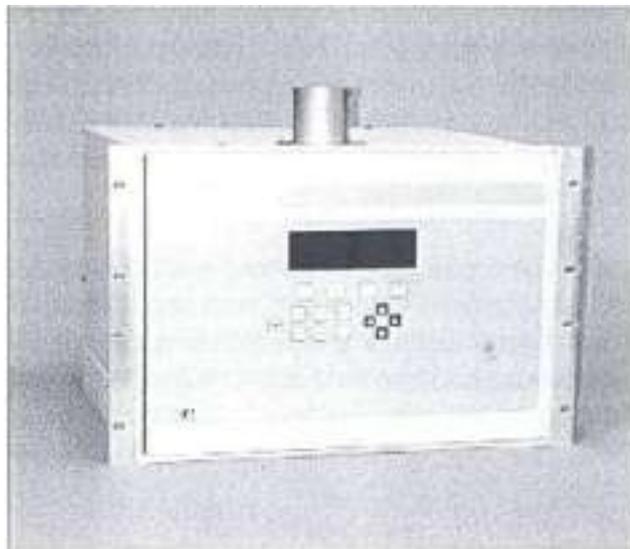
- Limite de détection
- Dérive zéro
- Dérive span
- Temps de réaction
- Temps de montée et de descente
- Linéarité
- Précision

- DèLil
 - Température: de fonction riraient
 - Dimensions (HxLxP)
 - Poids
 - Alimentation
 - ¹ Sorties analogiques
 - Oliset de l'enregistreur
 - Sorties sérielles
- Entrée s/Sorties digitales Ci
parité d'acquisition
- 0-1 OÙ ppb jusqu'à 0-10 ppin à sélectionner par l'utilisateur; échelle double et automatique ppb, ppin, ug/irr. rng/nr, à sélectionner < 0.3 ppb (RMS)
- ; < 0.5 % (RMS) de Sa valeur mesurée (au-dessus de]00ppb)
- ; 0.6 ppb (RMS)
- ; < 1.0 ppb/24 heures, < 1 ppb/7 jours
- ; < 1% de la lecture/7 jours
- ; < \ 0 secondes
- ; < 2.0 sec. jusqu'à 95 %
- ; 1 % plein? échelle
- ; 0.5 % de la val nu (au-dessus de 50ppb) :
- 800 cc/min, +/-]0%
- : 12,7kg 13,Rkg avec source interne zéro et spart
- ; 120-240V 50H/.
- . ëû sundard 10V_r SV, IV, 100 mV
- 0-20 niA ou 4-20 mA isolé en option : ±
- IÛ % :port I: RS-232, DH-9M
- port I: standard KS-132 on optioimel
- RS-48 S ou Ethernet, DB-9I : S
- sorties et 6 entrées is ; jusque
- 999.999 données

ûi h siuirr tnkme mâ t\ spûn

Débit	: SOO a /min
Cynte	;].O
Conten irai ion minimale	: 0.051)
	: OS ppb
Répéta h dite (7 fim)	;] % de k valeur
Prkteiofl iniHaie	: 1 /-S% de lu i\oncfl]Uatii>n

Analyseur de poussières dans l'air ambiant par atténuation Beta marque Met One modèle BAM-1020



L'analyseur de poussières par atténuation Beta modèle BAM-1020 de la marque MET ONE a obtenu la certification US -EPA (EQPM-0798-122) comme méthode équivalente pour mesurer les PM10. Il a obtenu des certifications similaires au Royaume Uni, en Corée et en Chine pour la mesure des concentrations des PM10.

Le BAM-1020 peut être équipé d'une tête d'échantillonnage PM2.5 de type « SEC » ou « WINS » pour mesurer automatiquement les particules les plus fines. Le BAM-1020 peut aussi être configuré pour le monitoring des particules en suspensions totales (TSP).

Le BAM-1020 est conçu pour offrir à l'utilisateur une grande fiabilité, une haute performance et répond à toutes les normes internationales. Son design assure des frais de maintenance et de réparation minimale, il nécessite qu'un minimum d'attention pour son fonctionnement quotidien.

Caractéristiques

Procédé

Le BAM-1020 est piloté par un microprocesseur avancé ce qui fait de lui un analyseur full-automatique. Au début de la période d'échantillonnage, la transmission des rayons bêta est mesurée à travers une section propre d'un ruban filtre. Cette section du ruban filtre est alors mécaniquement avancée vers l'entrée d'échantillonnage. La poussière en suspensions est introduite dans l'entrée d'échantillonnage et déposée sur le papier filtre. A la fin de la période d'échantillonnage, le ruban filtre est reconduit à sa position initiale et la transmission des rayons bêta est de nouveau mesurée. La différence entre les deux mesures est utilisée pour déterminer avec *une précision exceptionnelle* la concentration des particules.

La densité de la masse est mesurée par la technique d'atténuation bêta. Une petite source TMC bêta (60uCi) est couplée à un détecteur ultra sensible qui compte les particules bêta émises. Le ruban filtre est placé entre la source bêta et le détecteur. Avec l'augmentation de la masse déposée sur le ruban filtre, le comptage des particules bêta mesurée est réduite suivant une équation connue.

Design et construction

Le système de transport du ruban filtre est basé sur un projet utilisé au Japon depuis 2 décennies. Met One Instruments construit ce système actuellement sous une licence agréée permanente pour le BAM-1020. Le transport reflète la qualité et la précision d'un design supérieur. En réponse aux exigences actuelles de validation de données, un système électronique de mesures a été développé en utilisant le microprocesseur A-Bus et son datalogger. Toutes les opérations de l'appareil sont rendues sur l'écran 8 lignes x 40 caractères.

Des options de communication et de contrôles avancés sont incluses soit : deux interfaces sérieuses, une interface analogique et une interface d'alarme.

L'interface sérieuse #1 est utilisée pour le transfert des données et le rendu du mode opérationnel. Elle est souvent combinée avec un modem pour la communication à distance.

L'interface sérieuse #2 est une sortie qui peut être utilisée pour une imprimante ou

Validité des données « on line »

Le BAM-1020 s'évalue de façon continue (auto- diagnostiques) et assure ainsi une fiabilité et recouvrement de données de la plus haute qualité parmi tous les appareils de ce type. L'utilisateur peut sélectionner différents critères pour la validation des données, y incluant la déviation de la moyenne pondérée, des grandes déviations et beaucoup d'autres critères comme p.ex. coupure du courant. Un fichier d'erreur est créé avec date, heure et type d'erreur. Ces données sont imprimées pendant le rapatriement routinier des données.

Autocalibration

Avec la calibration du zéro et span conduite à chaque cycle, on est assuré de mesures ultra fiables et précises. En cas de problème ou panne, un fichier d'erreur est créé dans la mémoire et les données sont marquées d'un flag de qualité. Des mesures span sont effectuées via l'insertion automatique d'une membrane de référence dans la voie de mesure.

SPECIFICATIONS

	Gamme	: 0-1,.2,25,5,1,2,5,10 mg/m ³
Cycle		1 heure ± 2 ug/m ³
Résolution		± 8 % de la mesure pour le mode 1 heure, ± 2 % comparé aux
Précision		normes FRM pour la mode 24 heures ¹⁴ C, 60 MCI type fibres verre en continu
Source	bêta	0-20 L/min ajustable par
Ruban	filtre l'utilisateur	Stockage
Débit	des données :	200 jours (échantillon 1 heure)
	Alimentation :	100-230 VAC, 50/60 Hz
Gamme de		
température <i>i</i>		-30 °C à + 60 °C (0-90 % RH, sans-condensat)
Dimensions :		310(H)x 430(L) x 400 (P) mm