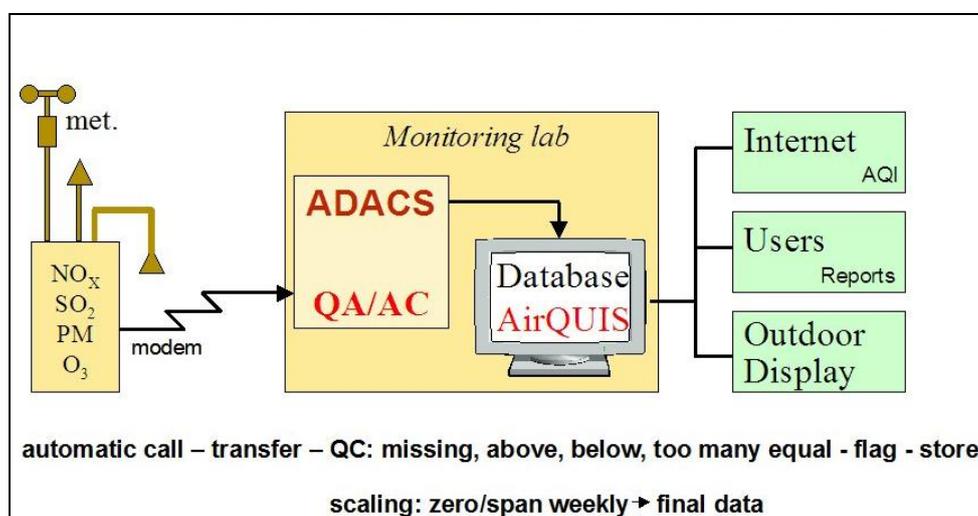




FINANCE PAR : Le Fonds Nordique de Développement	Rapport de projet	QA DAK
Projet :	MISE EN OEUVRE D'UN LABORATOIRE CENTRAL ET D'UN RÉSEAU DE SUIVI DE LA QUALITÉ DE L'AIR A DAKAR	
Agreement:	NO 003/C/FND/05	

Suivi et évaluation de la Qualité de l'Air

Bjarne Sivertsen et Cristina Guerreiro



RAPPORT NO:	6.C
REFERENCE CONSULTANTS:	O-105010 OR 18/2008
REV. NO:	Version 1 (15 Aout 2007)
NOM DE LA TÂCHE	Tâche 6 - Etablissement et fonctionnement d'un Système de gestion de la qualité de l'air
ISBN:	978-82-425-1963-4 (print) 978-82-425-1964-1 (electronic)

Table des matières

TABLE DES MATIERES	1
RESUME	3
1 INTRODUCTION	5
2 CONCEPTION DES PROGRAMMES DE SUIVI DE LA QUALITE DE L'AIR.....	5
2.1 PREVENTION ET REDUCTION INTEGREES DE LA POLLUTION (EX. AIRQUIS),	6
2.2 CONCEPTION DU PROGRAMME DE SUIVI,	8
2.3 OBJECTIFS DU SUIVI.....	9
2.4 SELECTION DES SITES.....	10
2.4.1 <i>Conception de l'admission d'air</i>	12
2.4.2 <i>Nombre de sites nécessaires</i>	12
2.4.3 <i>Echantillonnage de la fréquence et du temps</i>	14
2.5 INDICATEURS DE LA QUALITE DE L'AIR	16
2.6 MESURES METEOROLOGIQUES.....	18
2.6.1 <i>La station météo automatique</i>	19
2.6.2 <i>Profileurs de vent</i>	20
2.7 SELECTION DES EQUIPEMENTS.....	20
2.7.1 <i>Echantillonneurs</i>	22
2.7.2 <i>Moniteurs automatiques</i>	23
2.8 SYSTEMES DE TRANSFERT DES DONNEES.....	25
2.8.1 <i>Récupération des données par lignes téléphoniques</i>	26
2.8.2 <i>Stations de suivi sans lignes téléphoniques</i>	27
3 ETUDE D'EVALUATION DE L'ETAT DE LA POLLUTION DE L'AIR.....	28
3.1 CONCEPTION DE L'ETUDE D'EVALUATION DE L'ETAT DE LA POLLUTION DE L'AIR	28
3.1.1 <i>Sources d'émission</i>	28
3.1.2 <i>Composés et indicateurs</i>	29
3.1.3 <i>Conditions météorologiques</i>	29
3.2 QUELQUES INSTRUMENTS UTILISES LORS DES ETUDES D'EVALUATION DE L'ETAT DE LA POLLUTION DE L'AIR	29
3.2.1 <i>Les échantillonneurs passifs</i>	29
3.2.2 <i>Les échantillonneurs de Composants Organiques Volatils (CoV)</i>	30
3.2.3 <i>Les échantillonneurs PM</i>	30
3.2.4 <i>Le suivi du CO</i>	31
4 EVALUATION ET UTILISATION DES DONNEES SUR LA QUALITE DE L'AIR	31
4.1 VALIDITE ET TRAÇABILITE DES DONNEES.....	31
4.2 EVALUATION ET COMPTE RENDU DE LA QUALITE DE L'AIR.....	33
4.3 DONNEES DE CONCENTRATION POUR LA VERIFICATION DE CONFORMITE	36
4.4 DONNEES SUR LA QUALITE DE L'AIR ET LE DEGRE D'EXPOSITION.....	38
4.5 UTILISATION DES IQA DANS DIFFERENTS PAYS	41
4.6 LES DONNEES POUR LE DEVELOPPEMENT D'UNE POLITIQUE DE L'AIR.....	45
5 REFERENCES	50





Résumé

Financé par le Fonds Nordique de Développement (FND), l'Institut Norvégien de Recherche sur l'Air (NILU) apporte son assistance technique au Conseil Exécutif des Transports Urbains de Dakar (CETUD) pour l'établissement d'un Laboratoire Central équipé d'un Système de Gestion de la Qualité de l'Air pour Dakar. Ce projet constitue la composante intitulée 'Amélioration de la Qualité de l'Air en Milieu Urbain' (QADAK) du 'Programme d'Amélioration de la Mobilité Urbaine' (PAMU) mise en oeuvre par le Conseil Exécutif des Transports Urbains (CETUD).

Ce rapport correspond au document contractuel suivant défini dans la Partie 6 du Contrat: 6.c "Manuel sur les systèmes de suivi de la Qualité de l'Air et leurs applications".



1 Introduction

Un des défis principaux dans la société d'aujourd'hui est avoir un accès approprié et au moment opportun, à des données environnementales pertinentes et de bonne qualité. Le but est de permettre d'identifier les actions à mener à chaque fois que des exigences et des restrictions/limites environnementales sont violées. Le système d'information environnementale devra combiner les dernières technologies en matière de capteurs et de suivi avec acquisition de données, le développement de bases de données, l'assurance qualité, des modèles statistiques et numériques et des plateformes informatiques évoluées pour le traitement des données, la distribution et la diffusion des informations générées.

Ces technologies sont couramment utilisées en matière de gestion environnementale dans le cadre de programmes intégrés de prévention et de réduction de la pollution. Elles peuvent également faire partie d'un système de gestion de secours, dans le cadre de la gestion de crises et accidents de toutes sortes. Le contenu et le mode d'utilisation du système peuvent être tout à fait différents d'un cas à l'autre.

2 Conception des programmes de suivi de la qualité de l'air

La conception d'un réseau de suivi de la qualité de l'air comprend essentiellement la détermination du nombre de stations et de leur emplacement, et des méthodes de suivi à mettre en oeuvre, en tenant compte des objectifs, des coûts et des ressources disponibles (voir *Larssen, 1998*).

L'approche typique dans la conception d'un réseau approprié à l'échelle de la ville ou à l'échelle nationale, comprend l'implantation des stations de suivi ou des points d'échantillonnage à des emplacements représentatifs soigneusement choisis compte-tenu des données requises et des modèles d'émission/dispersion connus relatifs aux polluants étudiés. Cette approche scientifique permettra d'élaborer un programme optimisé de suivi de la qualité de l'air. Les sites doivent être soigneusement choisis afin que les données mesurées puissent être utiles. De plus, on pourra faire appel à la modélisation et à d'autres techniques d'évaluation objectives 'combler les trous' qui subsisteront toujours quelle que soit la stratégie de suivi.

Une autre considération à prendre en compte dans l'approche de base de la conception d'un réseau de suivi est l'échelle à laquelle se pose le problème de la pollution atmosphérique :

- La pollution atmosphérique est principalement d'origine locale. Le réseau est alors concentré dans la zone urbaine. (exemple NO₂, SO₂, PM₁₀, CO, benzène)
- Il y a une contribution régionale significative au problème et l'accent sera mis sur la partie régionale. (exemple Ozone, PM).
- Des phénomènes à grande échelle comme des épisodes de brouillard de pollution en hiver ou en été (en Europe) ou le nuage de poussière asiatique : les impacts locaux de ces phénomènes doivent être évités.

La plupart des thèmes abordés dans ce chapitre traitent des problèmes de pollution de l'air urbain. Le nombre de sites dépendra de la taille et de la topographie de la zone urbaine, de la complexité du mélange source et, de nouveau, des objectifs assignés au suivi. En Europe les Directives de l'Union Européenne spécifient un nombre minimal de stations à implanter selon la population et définissent les types de secteurs qui doivent faire l'objet d'un suivi. Quelques éléments de cette référence seront développés dans les chapitres suivants.

2.1 Prévention et réduction intégrées de la pollution (ex. AirQUIS),

Le programme de suivi de la qualité de l'air devra souvent être conçu comme une partie intégrée à un programme de gestion de la qualité de l'air. Généralement chaque utilisateur aura des attentes spécifiques allant de la simple collecte de mesures à la mise en œuvre de programmes de planification en grandeur nature et de réduction de la pollution de l'air.

Dans un système moderne de gestion de la qualité de l'air la plateforme de gestion des données et les outils de planifications sont normalement basés sur un système d'information géographique (SIG) défini selon les exigences des utilisateurs. Des options types peuvent être :

1. Un simple programme de suivi avec des solutions conviviales pour le traitement des données, les statistiques et la représentation de résultats.
2. Un "Système de Gestion de la Qualité de l'air" (SGQA) complet, fournissant des solutions de gestion environnementale basées sur une combinaison du suivi et de la modélisation sur des secteurs où l'amélioration de la qualité de l'air est nécessaire pour satisfaire, par exemple, aux normes et aux règlements sur la pollution de l'air

L'approche intégrée inclura un certain nombre de composants tels que :

- Des applications de saisie manuelle des données,
- Des systèmes de suivi en ligne,
- Des systèmes d'acquisition et de contrôle de la qualité des données en ligne,
- Une base de données de mesures pour la météorologie et la qualité de l'air,
- Une base de données d'inventaire des émissions et des modèles d'émissions,
- Des modèles numériques pour l'analyse du transport et de la dispersion des polluants dans l'air,
- Un module d'estimation de l'exposition et d'évaluation du degré d'exposition à la pollution de la population,
- Des outils de traitements statistiques et de représentation graphique des mesures et des résultats de la modélisation.

A ces options s'ajoutent des fonctions dose-réponse (FDR) et dose-coût.

Un certain nombre d'outils logiciels ont été développés pour traiter le concept de gestion intégrée de la qualité de l'air. Le système AirQUIS développé par NILU est un de ceux-ci.

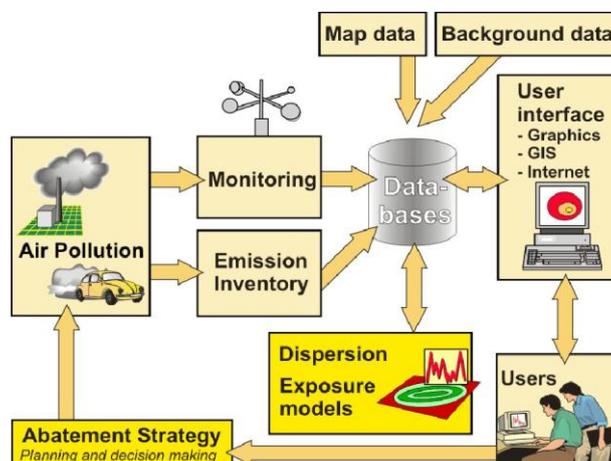


Figure 1: Les éléments du système de gestion de la qualité de l'air AirQUIS ("About AirQUIS, 2005").

L'interface utilisateur est en grande partie une interface cartographique au niveau de laquelle la distribution spatiale des sources de pollution, les stations de suivi, les mesures, les résultats des modèles et d'autres objets géographiquement liés peuvent être représentés. L'interface cartographique peut aussi être utilisée pour faire des requêtes sur la base de données.

Surveillance et Gestion. Les systèmes d'inventaire des émissions AirQUIS et les modèles évolués de dispersion peuvent mettre en relation et comparer des données de mesure avec les estimations des modèles. Les résultats des modèles peuvent donner des distributions de concentration spatiales, qui ajoutent des informations aux données de mesure. La contribution à la pollution de différentes catégories de source de pollution, comme l'industrie, le trafic et le chauffage domestique peut être calculée sur la base de l'émission ou des données de consommation de carburant. De cette façon, le système peut être utilisé comme un outil pour évaluer et comparer différentes mesures de réduction de la pollution de l'air. Les modèles peuvent aussi évaluer les degrés d'exposition de la population, des matériaux et des écosystèmes.

Evaluation d'Impacts. Les évaluations d'exposition dans AirQUIS peuvent être combinées à des relations dose-réponse pour effectuer une évaluation complète de dégâts et d'impacts. Les évaluations d'impacts peuvent être effectuées sur la santé, les matériaux et la végétation.

Stratégies de Réduction Optimales et Plans d'Action. Sur la base des options de réduction et des scénarios définis, les analyses de rentabilité peuvent être utilisées pour évaluer les meilleures options possibles pour réduire, d'un point de vue

économique, la charge engendrée par la pollution atmosphérique . Les résultats de telles analyses peuvent de nouveau mener au développement de Plans d'Action.

2.2 Conception du programme de suivi,

La conception du programme de suivi de la qualité de l'air dépendra de la stratégie de mesure, qui à son tour dépend des objectifs du suivi et des polluants à évaluer. La concentration de polluants et le temps d'intégration correspondant doivent être spécifiés pour chaque paramètre de qualité de l'air ou indicateur pertinent retenu. Le lieu, la façon et le nombre de fois que les mesures doivent être prises doivent également être spécifiés.

La première phase de conception devra évaluer :

- La variation des concentrations de polluant dans le temps et dans l'espace;
- La disponibilité d'informations supplémentaires;
- La précision nécessaire pour les évaluations.

Il peut être possible de déduire de ces informations, en termes quantitatifs, une stratégie de mesure.

Avant d'aborder la phase de conception finale du programme, il est important de mener une enquête de terrain préliminaire, souvent considérée comme une étude de l'état de la pollution de l'air. Cela peut consister en quelques mesures peu coûteuses simples (en utilisant par exemple des échantillonneurs passifs) et des modèles de dispersion simples. Les données donneront quelques informations sur les niveaux de pollution de l'air attendus, les secteurs à fort impact et la pollution atmosphérique générale de fond dans le secteur.

Le nombre de stations de suivi et les indicateurs à mesurer à chaque station dans le réseau permanent définitif peuvent alors être définis sur la base des résultats de l'étude de l'état de la pollution de l'air et de la connaissance que l'on a des sources de pollution et des vents dominants.

Une fois que l'objectif d'échantillonnage de l'air est clairement défini et que quelques résultats préliminaires de l'étude de l'état de la pollution de l'air sont disponibles, un certain ordre opérationnel doit être suivi. La définition aussi précise que possible du problème de pollution de l'air et l'analyse du personnel, du budget et de l'équipement disponibles, constituent la base à partir de laquelle on décidera des réponses aux questions suivantes :

1. Quelle est la densité spatiale des stations d'échantillonnage qui est nécessaire ?
2. Combien de stations d'échantillonnage sont nécessaires ?
3. Où doivent être implantées les stations ?
4. Quel genre d'équipement doit être utilisé ?
5. Combien d'échantillons sont nécessaires, et pendant quelle période ?
6. Quelles doivent être en moyenne la durée et la fréquence d'échantillonnage ?
7. Quelles sont les informations de base supplémentaires qui sont nécessaires :
 - ♦ Météorologie,

- ◆ Topographie,
 - ◆ Densité Population
 - ◆ Sources d'émission et débits d'émission,
 - ◆ Effets et impacts.
8. Quelle est la meilleure façon d'obtenir les données (configuration des capteurs et des stations) ?
9. Comment les données pourront-elles être accédées, communiquées, traitées et utilisées ?

Les réponses à ces questions varieront dans chaque cas en fonction des besoins spécifiques. La plupart des questions devront être abordées dans les études de site et dans la sélection de sites, ainsi qu'il est indiqué ci-dessous.

2.3 Objectifs du suivi

La conception du programme de suivi de la qualité de l'air sera dépendante des objectifs spécifiques de la gestion de la qualité de l'air dans le secteur ciblé. Quels sont les résultats attendus de l'activité de suivi ? Quels sont les problèmes que nous devons aborder ?

La définition des résultats attendus influencera la conception du réseau et permettra d'optimiser les ressources à mobiliser pour le suivi. Elle permettra également d'assurer que le réseau est particulièrement conçu pour optimiser des informations sur les problèmes à gérer.

Le développement du système de suivi et de veille environnemental peut répondre à des objectifs différents. Normalement le système devra permettre de gérer le transfert et le contrôle de qualité en ligne de l'information et des données collectées. Plusieurs moniteurs, capteurs et systèmes de collecte de données peuvent être utilisés pour rendre possible le contrôle et le transfert des données en ligne.

L'objectif général pour le programme de mesure de la qualité de l'air (suivi, échantillonnage et analyse) est souvent de caractériser de façon adéquate la pollution de l'air dans le secteur ciblé, avec une dépense minimale de temps et d'argent. Les techniques de mesure et d'échantillonnage à utiliser seront définies dans chaque cas à partir d'une analyse complète du problème en tenant compte de la source d'émission, des conditions de dispersion et de la situation actuelle de la pollution de l'air.

Les principaux objectifs fixés pour le développement d'un programme de mesure et de surveillance de la qualité de l'air pourraient être de :

- Faciliter les mesures des concentrations de fond,
- Surveiller les niveaux actuels comme base de référence pour l'évaluation,
- Vérifier la qualité de l'air par rapport aux normes ou valeurs limites,
- Détecter l'importance des sources individuelles,
- Permettre la comparaison des données sur la qualité de l'air à celles de différents secteurs et pays,

- Collecter des données pour la gestion de la qualité de l'air, du trafic et de l'aménagement de l'espace,
- Observer les tendances relatives aux émissions,
- Développer des stratégies de réduction,
- Déterminer le degré d'exposition et évaluer les effets de la pollution de l'air sur la santé, la végétation ou les matériaux de construction,
- Informer et sensibiliser le public sur la qualité de l'air,
- Développer des systèmes d'alerte pour la prévention d'épisodes de pollution de l'air involontaires,
- Faciliter l'identification des sources et de leur distribution;
- Fournir des données pour des travaux de recherche,
- Développer et valider des outils de gestion tels que des modèles,
- Développer et tester des outils d'analyse.
- Appuyer l'élaboration de la réglementation relative aux valeurs limites et aux directives sur la qualité de l'air

Les relations entre les données collectées et les informations extraites de ces données doivent être prises en compte lorsqu'un programme de suivi est planifié, exécuté et qu'on rend compte de sa mise en oeuvre. Cela souligne le besoin d'impliquer les utilisateurs potentiels des données lors de la planification d'enquêtes, non seulement pour s'assurer que ces enquêtes répondront à leurs besoins, mais aussi pour justifier l'engagement de ressources qui en découle.

2.4 Sélection des sites

Le programme de suivi de la qualité de l'air urbain fournira des informations nécessaires pour l'évaluation de la qualité de l'air dans un secteur donné et pour répondre aux objectifs des utilisateurs. Certains de ces objectifs ont été présentés ci-dessus.

Cela signifie que plusieurs stations de suivi seront nécessaires pour caractériser la qualité de l'air à l'échelle de la zone cible entière. Les secteurs sont généralement divisés en zones urbaine, de banlieue et rurale. Des mesures doivent être effectuées dans divers micro-environnement de ces secteurs, où les gens résident et se déplacent. Dans un programme typique de mesure de la pollution atmosphérique urbaine, les microenvironnements retenus sont souvent classifiés comme suit :

- ♦ Trafic urbain,
- ♦ Urbain commercial,
- ♦ Urbain de fond,
- ♦ Suburbain (trafic et industrie)
- ♦ Sites Ruraux (zone de fond).

En considérant l'emplacement d'échantillonneurs individuels, il est essentiel que les données collectées par chaque échantillonneur soient représentatives de l'emplacement et du type de secteur, sans influence excessive de l'environnement immédiat. Il faudra tenir compte, en mesurant la qualité de l'air ou en analysant les résultats de mesures, du fait que les données que l'on observe représentent la somme

des impacts ou des contributions provenant de sources différentes à des échelles différentes.

A n'importe quel point de mesure dans la zone urbaine, la concentration ambiante totale est une somme de :

- La concentration naturelle de fond,
- La concentration régionale de fond,
- La concentration moyenne de fond en ville (impact à l'échelle du kilomètre),
- L'impact local du trafic au niveau des rues et des routes,
- Des impacts locaux de petites sources d'émissions surfaciques comme la combustion en plein air (déchets et cuisson),
- L'impact des grandes sources d'émissions ponctuelles comme les émissions industrielles et les centrales électriques.

Pour obtenir des informations sur l'importance de ces différentes contributions il est donc nécessaire de placer les stations de contrôle de telle sorte qu'elles soient représentatives des différents impacts. Nous aurons souvent besoin, en plus des données sur la pollution de l'air, de données météorologiques pour identifier et quantifier les sources contribuant aux mesures. Plus d'un site de suivi sera nécessaire pour caractériser la qualité de l'air dans une zone urbaine (cf chapitre 4.2.4.2). Il est également important de caractériser soigneusement la représentativité des sites de contrôle et de spécifier au niveau de quel type de station ont été collectées les données que nous analyserons.

La classification des stations de mesure distingue 3 types de secteurs : urbain, suburbain et rural. Dans chacun de ces secteurs il peut y avoir 3 types de stations : station de trafic, station industrielle et station de fond. Les stations de fond sont divisées en stations périphériques de fond, stations régionales de fond et stations distantes de fond.

Le Tableau ci-dessous donne une description de ces secteurs :

Table 1: Classification typique des secteurs de micro-environnements dans les programmes de contrôle de la qualité de l'air.

Type de secteur/zone	Description	Type of station
Urbaine	Zone de constructions continues	Trafic
Périurbaine	Zone de constructions denses : bâtiments indépendants associés avec des zones non construites	Industrielle
Rurale	Zones ne répondant pas aux critères urbains /périurbains	De fond : - Périphérique - Régionale - Distant

En étudiant l'emplacement de chaque échantillonneur, on veillera à ce que les données collectées soient représentatives de l'emplacement et du type de secteur, sans influence excessive de l'environnement immédiat.

On trouvera une information approfondie sur les réseaux, stations et techniques de mesure dans les documents « European Commission Decision 97/101/EC of 17 October 2001, Annex II » et « Guidance on the Annexes to Decision 97/101/EC on Exchange of Information as revised by Decision 2001/752/EC ».

2.4.1 Conception de l'admission d'air

Dans la conception d'un programme de suivi de la qualité de l'air urbain il est nécessaire aussi de considérer l'environnement immédiat autour de l'admission d'air vers les stations de suivi. La prise en compte de phénomènes à petite échelle est importante pour obtenir une mesure significative et représentative. Si les concentrations servant de base de référence doivent être évaluées, alors les sites de suivi doivent être correctement isolés des sources locales de polluant telles que les routes, les petites chaudières, ou des pièges tels qu'une végétation dense.

On doit prendre en compte les directives générales suivantes :

- ♦ Toutes les stations (admission d'air) doivent être localisées à la même hauteur au-dessus du sol ; dans des zones résidentielles/de banlieue celle-ci est typiquement de 2 à 6 m au-dessus du sol,
- ♦ Tout obstacle au flux d'air ambiant doit être évité en plaçant la prise d'air à au moins 1,5 mètres des bâtiments ou d'autres sources d'obstructions.
- ♦ L'admission doit être placée loin des sources variant à une petite échelle ou selon l'heure.

Un flux d'air libre autour de l'admission d'échantillonnage est nécessaire pour assurer un échantillonnage représentatif. C'est pourquoi l'échantillonnage dans un microenvironnement immobile ou fortement abrité doit également être évité.

Pour l'évaluation de l'impact sur la santé, les hauteurs d'échantillonnage doivent se rapprocher, dans la mesure du possible, de la zone respiratoire du sous-groupe de la population appropriée.

2.4.2 Nombre de sites nécessaires

Le nombre de stations nécessaires pour répondre aux objectifs d'échantillonnage de la pollution de l'air dépend de beaucoup de facteurs tels que :

- ♦ Types de données nécessaires,
- ♦ Valeurs moyennes et temps moyen nécessaires,
- ♦ Distributions de fréquence nécessaires,
- ♦ Distributions géographiques,
- ♦ Densité et distribution de la population,
- ♦ Météorologie et climatologie de la zone,
- ♦ Topographie et taille de la zone,
- ♦ Emplacement et répartition des zones industrielles.

Pour l'estimation du nombre minimal de stations d'échantillonnage nécessaire, on le considère comme étant fonction de la densité de la population.

Pour une ville de 1 million d'habitants, on aura besoin d'au moins 5 à 8 moniteurs continus mesurant des moyennes sur 1 heure, ce qui correspond à environ 20-25 échantillonneurs séquentiels mesurant des moyennes sur 24 heures.

L'échantillonnage continu automatique demande en général moins de stations qu'un dispositif d'échantillonnage intégré qui mesure des moyennes sur 24 heures ou plus.

Les Directives Européennes sur la Qualité de l'Air (EU, 2005) spécifient les critères de détermination du nombre minimum de points d'échantillonnage nécessaires pour les mesures fixes in-situ de NO₂, SO₂ et PM dans l'air ambiant.

Le nombre de sites indiqué dans la table ci-dessous est utilisé pour des sites permanents conçus pour évaluer la conformité aux valeurs limites établies pour la protection de la santé humaine dans les zones et agglomérations où ces mesures constituent la seule source d'informations.

Table 2: Nombre minimum de points d'échantillonnage pour les mesures fixes in-situ de NO₂, SO₂ et PM dans l'air ambiant (EU, 2005).

Population de l'agglomération ou de la zone (1000x)	Nombre de sites si Conc. > UAT
0 – 250	1
250 – 750	2
750-1000	3
1000-1500	4
2000 – 2750	6
3750 – 4750	8
> 6000	10

UAT = Seuil d'évaluation maximal (*Upper Assessment Threshold level*)

VL=Valeur Limite

NO₂: UAT=0.8VL, SO₂: UAT=0.6 VL, PM₁₀: UAT=14 µg/m³

En plus du nombre de sites indiqué dans la table, on doit ajouter au moins une station de fond.

La sélection des emplacements doit prendre en compte la distribution spatiale et la variabilité des polluants gazeux et particulaires dans le milieu urbain. Par exemple, les concentrations des principaux polluants liés au trafic, comme CO, sont plus élevées aux emplacements en bord de route, tandis que les niveaux d'ozone sont plus uniformément distribués au-dessus de la ville. Les concentrations d'ozone sont normalement les plus basses dans des emplacements proches des routes en raison d'un processus de piégeage de l'ozone provenant de la formation de NO₂ à partir des émissions de NO des voitures. Compte-tenu de cela, il est donc évident qu'il n'est pas nécessaire de mesurer tous les polluants sur tous les sites.

Dans un secteur topographique complexe avec des collines, des vallées, des lacs, des montagnes etc., les variations locales, spatiales et temporelles des paramètres météorologiques, et par conséquent des conditions de dispersion, sont importantes.

Pour répondre aux mêmes questions, on aura alors besoin de plus de stations d'échantillonnage que dans un environnement homogène plat.

Ce qui est typique pour un secteur plat, c'est aussi le fait que des stations espacées (comme le proposent les règlements fédéraux allemands ou le réseau aréométrique de New York) font la moyenne des variations spatiales et peuvent ainsi donner des résultats nets représentatifs du secteur dans son ensemble.

Pour pouvoir comparer les niveaux de pollution de l'air entre des villes ou des pays ou des environnements différents, nous pouvons avoir besoin de quelques informations supplémentaires spécifiques sur l'emplacement de certaines stations. De telles informations supplémentaires incluent par exemple :

Pour des stations de TRAFIC :	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Volume du trafic (précision : $\pm 2,000$ véhicules/jour) ◆ Vitesse du trafic (précision : ± 5 km/h, moyenne du trafic journalier) ◆ Distance à partir de la station (précision: ± 1 mètre)
Pour des stations RURALES/DE FOND	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Distance par rapport aux zones construites les plus proches et aux sources principales.

2.4.3 Echantillonnage de la fréquence et du temps

La définition du temps d'échantillonnage dépend des caractéristiques des polluants dans l'air (taux d'émission, durée de vie) et des spécifications des critères de qualité de l'air. La capacité de combiner les données de qualité de l'air avec des données météorologiques impose également des contraintes de résolution temporelle des données brutes.

Dès que les indicateurs ont été définis, les technologies de mesure retenues doivent pouvoir produire des résolutions temporelles compatibles avec les temps d'intégration du polluant indiqués par les valeurs limites, les normes ou les directives de l'OMS sur la qualité de l'air. Les concentrations de polluant dans l'air doivent de préférence être exprimées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Un niveau minimal de gestion de données pourrait être la production de rapports quotidiens, mensuels et annuels, impliquant une simple analyse statistique et graphique. Certaines statistiques exigent, pour la plupart d'indicateurs, une résolution temporelle d'au moins une heure des données brutes.

L'utilisation de systèmes d'information géographiques doit être prise en compte, particulièrement pour combiner des données de la pollution avec des données météorologiques et avec celles provenant de sources épidémiologiques et d'autres sources sociales, économiques ou démographiques définies spatialement.

L'Organisation Mondiale de la Santé a précisé (OMS, 1999) que le jugement d'expert et la connaissance des conditions locales et de la répartition spatiale de la pollution, doivent être utilisés dans la stratégie de suivi pour produire des concentrations qui représentent avec un maximum de précision le degré d'exposition de la population.

L'Organisation Mondiale de la Santé a également présenté les critères utilisés pour établir la validité d'une station de suivi. Ces critères sont :

- Pour calculer des valeurs moyennes sur 1-heure à partir de données avec un temps d'intégration inférieur, on doit utiliser au moins 75 % des données valides.
- Pour calculer des moyennes mobiles sur 8-heures à partir de mesures horaires, le nombre d'heures pour lesquelles on dispose de mesures valides doit au moins être égal à 18 (75 %).
- Pour calculer des moyennes sur 24-heures à partir de données avec un temps d'intégration inférieur, on doit utiliser au moins 50 % des données valides sur 24 heures et on ne doit pas accepter moins de 25 % de valeurs de données successives.
- Pour calculer des moyennes saisonnières et annuelles, on doit utiliser au moins 50 % des données valides pour la période concernée.

Pour les stations qui satisfont aux critères de validité, les indices suivants peuvent être calculés :

- Moyennes sur 1 heure pour CO et NO₂;
- Maximum journalier (24 heures) de la moyenne sur 1 heure et de la moyenne mobile sur 8 heures pour l'ozone;
- Moyenne journalière (24 heures) pour SO₂, particules suspendues totales, fumée noire et PM₁₀;
- Moyenne saisonnière et annuelle (avec une période d'hiver valide) pour le plomb et benzo[*a*]pyrène.

Le calcul des paramètres statistiques exige :

- Pour la moyenne arithmétique : plus de 50% des données acceptées
- Pour le centile 98 et le centile maximum : plus de 75% des données acceptées.
- Pour obtenir une moyenne annuelle, les critères suivants doivent être remplis :
 - Pour CO et NO₂: périodes d'hiver et d'été valides;
 - Pour ozone : période d'été valide;
 - Pour SO₂, particules suspendues totales, fumée noire et PM₁₀: une période d'hiver valide.

La couverture temporelle a également été définie. L'année est normalement l'année civile (du 1er janvier au 31 décembre). Les saisons sont définies comme suit : l'hiver va d'octobre à mars inclus et l'été d'avril à septembre inclus. En résumé, le temps d'échantillonnage (la résolution d'échantillonnage) ainsi que les temps d'intégration nécessaires pour une sélection d'indicateurs sont présentés dans la table suivante.

Table 3: Résolution d'échantillon nécessaire pour satisfaire les exigences statistiques.

Polluant/ Indicateur	Unité	Résolution d'échantillon	Moyenne nécessaire
Monoxyde de Carbone	mg/m ³	Moyenne horaire	Horaire, moyenne mobile sur 8-heures, annuelle maximum
Dioxyde d'azote	µg/m ³	Moyenne horaire	Moyenne journalière Moyenne Annuelle Distribution de Fréquence
Ozone	µg/m ³	Moyenne horaire	Horaire, moyenne mobile sur 8-heures, annuelle maximum
Particule	µg/m ³	Moyenne journalière	Moyenne journalière Moyenne Annuelle Distribution de Fréquence.
Dioxyde de soufre	µg/m ³	Moyenne horaire	Moyenne journalière Moyenne Annuelle Distribution de Fréquence.
Plomb	µg/m ³	Moyenne Annuelle	Moyenne Annuelle
Benzène	µg/m ³	Moyenne Annuelle	Moyenne Annuelle

2.5 Indicateurs de la qualité de l'air

Il n'est normalement pas possible de mesurer tous les polluants présents dans l'air urbain. Nous devons donc sélectionner quelques indicateurs, qui doivent représenter un jeu de paramètres choisis pour refléter l'état de l'environnement. Ils doivent permettre l'évaluation des tendances et du développement, et doivent constituer la base par rapport à laquelle sera évalué l'impact sur l'homme et l'environnement. D'autre part, ils doivent être pertinents pour la prise de décisions, et être suffisamment sensibles pour être utilisés par des systèmes d'alertes environnementaux.

Les paramètres choisis pour la qualité de l'air sont en relation avec les polluants pour lesquels les valeurs des directives sur la qualité de l'air sont disponibles. Les corrélations entre les indicateurs et les composants associés peuvent varier d'une région à l'autre en raison des différences de profils des sources d'émissions.

Les autorités locales et régionales utilisent les jeux d'indicateurs environnementaux retenus comme une base de référence pour la conception de programmes de veille et de suivi afin de pouvoir rendre compte de l'état de l'environnement.

Les indicateurs de la qualité de l'air doivent :

- Fournir une image générale,
- Être facile à interpréter,
- Répondre aux changements,
- Fournir des comparaisons internationales,
- Être capable de montrer des tendances dans le temps.

Les techniques de mesure doivent avoir une précision raisonnable et un coût acceptable. L'effet des indicateurs sur la santé, la détérioration des constructions et les dégâts sur la végétation doit être adéquatement documenté et porté à la sensibilisation du public. Les indicateurs choisis doivent répondre aux actions de réduction mises en œuvre pour prévenir les impacts négatifs provoqués par l'homme sur l'environnement.

On doit également pouvoir mesurer avec une précision raisonnable les composés ou les indicateurs choisis. Ils doivent être adéquatement documentés et rattachés à l'impact possible sur la santé, la détérioration des constructions, les impacts liés à l'activité spécifique en question, tant par les rejets normaux que lors des rejets accidentels.

Les indicateurs de la qualité de l'air ont été choisis pour répondre à différents problèmes et défis environnementaux. Tous les indicateurs ne sont pas assez spécifiques pour ne traiter qu'un seul problème. La nature de la pollution de l'air implique que quelques indicateurs s'adressent à plusieurs problèmes. Certains des problèmes qui doivent être traités sont :

- ♦ Le changement climatique,
- ♦ La détérioration de la couche d'Ozone,
- ♦ L'acidification,
- ♦ La contamination toxique,
- ♦ La qualité de l'air urbain,
- ♦ La pollution de l'air causée par le trafic.

Comme on peut le voir dans cette liste, les indicateurs doivent couvrir toutes les échelles des problèmes de pollution de l'air, dans l'espace et dans le temps, afin de pouvoir traiter les différents types d'impacts et d'effets.

Les indicateurs de la qualité de l'air les plus couramment retenus pour le suivi de la pollution de l'air urbain et industriel sont :

- Dioxyde d'azote (NO₂),
- Dioxyde de soufre (SO₂),
- Monoxyde de carbone (CO),
- Particules avec un diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm (ou 2,5 µm), PM₁₀ (PM_{2,5}),
- Ozone (O₃).

Le Ministère de l'Environnement Américain définit ces composants comme polluants prioritaires (Ministère de l'Environnement Américain, 1990). Ils figurent également dans les Directives Filles de l'Union Européenne sur la Qualité de l'air avec des

valeurs limites spécifiques pour la protection de la santé et de l'environnement (UE, 2005) et les valeurs des directives de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2005). Les trois premiers composés sont aussi donnés dans les valeurs limites de la Banque mondiale sur la pollution de l'air ambiant..

Pour des objectifs spécifiques, il peut être nécessaire de choisir d'autres polluants de l'air comme indicateurs d'impact. C'est particulièrement le cas lorsque des émissions industrielles dominent la qualité de l'air dans un secteur ou une région donnée. Certains de ces indicateurs ont également été rapportés aux normes sur la pollution de l'air, aux valeurs limites et aux valeurs des directives sur la qualité de l'air stipulées par l'OMS (OMS, 1999b):

- Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)
- Plomb (Pb)
- Benzène ou benzène, toluène et xylène (BTEX)
- Composés Organiques Volatiles (COV)

Les HAP ont besoin d'échantillonneurs spécifiques à grand volume et peuvent seulement être échantillonnés par intermittence. Le benzo [a] pyrène (BaP) est un des composants du HAP qui peut présenter un intérêt particulier.

Au lieu d'échantillonner les COV en vue d'analyses par chromatographie en phase gazeuse au laboratoire, les BTEX sont souvent mesurés avec des moniteurs automatiques.

Les directives européennes sur la qualité de l'air couvrent beaucoup des polluants présentés ci-dessus. Certains des documents recommandés par la Commission Européenne sont indiqués en références. Un intérêt spécial sera accordé aux documents suivants :

- Valeurs limites de la Qualité de l'air pour le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote, les particules et le plomb (CEC, 1999) et (UE, 2001a)
- Valeurs limites de l'ozone dans l'air ambiant (UE, 2002)
- Valeurs limites pour le benzène et le monoxyde de carbone dans l'air ambiant (UE, 2000)
- Résumé des valeurs limites de la qualité de l'air et d'un air plus propre pour l'Europe (UE, 2005)

Il est aussi bon de lire les directives de l'Organisation Mondiale de la Santé :

- Directives sur la qualité de l'air en Europe, OMS (1999) et
- OMS Directives sur la qualité de l'air : mise à jour mondiale 2005 (OMS, 2005)

2.6 Mesures météorologiques

Un programme de gestion et de suivi de la pollution de l'air n'est pas complet/parfait à sans données météorologiques. Un programme de gestion de la qualité de l'air urbain devra compter au moins une station météorologique pour la collecte de données météorologique locales et micro. Ces données sont nécessaires pour l'évaluation et l'analyse de la qualité de l'air et comme données d'entrée pour la modélisation de la qualité de l'air et l'identification des sources d'impact.

Des données météorologiques relatives à la couche superficielle de l'atmosphère, collectées normalement le long de tours de 10 m et au sommet de la couche limite atmosphérique, sont également nécessaires. Ces dernières informations peuvent être obtenues à partir des données de radiosondage ou à partir de données issues de modèles de prévision météorologiques, au niveau du bureau météorologique local ou de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM). Il sera aussi possible d'obtenir certaines de ces informations en utilisant des profileurs de vent, tels que des sodars.

2.6.1 La station météo automatique

Des capteurs doivent être installés pour permettre une mesure continue de paramètres météorologiques dont les plus importants sont :

- Vitesses du vent,
- Directions du vent,
- Températures et/ou gradients de température verticale,
- Radiation nette,
- Fluctuations du vent ou turbulence,
- humidité relative,
- Précipitation et
- Pression Atmosphérique

Certaines de ces données se recoupent. La sélection finale des paramètres relevés dépendra des instruments disponibles et du type de données spécifiques nécessaires pour l'utilisateur.

La Station Météorologique Automatique (SMA) collectera, en temps réel, des données de haute qualité qui sont normalement utilisées dans diverses activités d'observation météorologiques telles que l'évaluation des données sur la qualité de l'air, la prévision de rejets accidentels industriels, la modélisation à long terme à des fins de planification.

La station météorologique conçue pour l'étude de la qualité de l'air devra fournir des données de surface et des informations météorologiques sur la couche limite superficielle et la troposphère. Pour pouvoir expliquer le transport de la pollution de l'air et la dispersion, la plupart des capteurs peuvent être placés le long d'un mât de 10 m de haut.

La gamme de base de capteurs mesurera la vitesse et la direction du vent, la température, l'humidité relative, la pression atmosphérique et la précipitation. Une gamme étendue de capteurs permettra de faire des mesures de la radiation solaire, de la radiation nette, des fluctuations du vent (turbulence), des gradients de température verticale et de la visibilité.

Afin de disposer d'énergie électrique et d'un système de récupération des données avec des modems et des ordinateurs, la SMA est souvent placée à côté d'une ou plusieurs stations de suivi de la qualité de l'air.

2.6.2 Profileurs de vent

Pour mesurer la direction du vent et les vitesses de vent à travers la couche atmosphérique limite on peut utiliser des radiosondes et effectuer des mesures verticales à l'aide de ballons météorologiques. Il est aussi possible d'installer un profileur de vent ou un système SODAR Doppler au niveau d'une station dans le secteur étudié.

Les doppler Sodar sont une sorte d'échosondeur atmosphérique ou de "radar acoustique". Un signal sonore audible est émis/dirigé vers le haut dans l'atmosphère et de très faibles échos des caractéristiques de l'air lui-même sont détectés au sol en retour. La réflexion (ç'est à dire le renvoi en écho) est causée par l'irrégularité, l'inhomogénéité dans la structure de l'atmosphère, principalement due à de petites différences localisées de densité (en raison des de la température) et d'humidité. Cette irrégularité se produit particulièrement dans les régions de l'atmosphère où une turbulence est présente et les tous premiers sodars étaient principalement des instruments de détection de turbulence. Ils employaient un simple rayon dirigé verticalement, et le temps d'attente entre l'émission du signal sonore et la détection de son écho, déterminait la hauteur de la turbulence, tandis que la force de l'écho déterminait son intensité.

2.7 Sélection des équipements

Les instruments pour la mesure des polluants aériens peuvent varier fortement dans leur complexité et leur prix ; ils vont de l'échantillonneur passif le plus simple au système automatique d'échantillonnage à distance le plus avancé et souvent cher, basé sur le principe de spectrophotométrie d'absorption. Le tableau suivant indique les caractéristiques de quatre types d'instruments, avec leurs capacités et leurs prix.

Table 4: Différents types d'instruments – caractéristiques et prix.

Type Instrument	Type de données collectées	Disponibilité des données	Période d'intégration	Prix Typique (US \$)
Echantillonneur Passif	Manuel, in situ	Après les analyses du laboratoire	7-60 jours	10
Echantillonneur Séquentiel	Manuel /Semi-automatique, in situ	Après les analyses du laboratoire	24 h	2-4 000
Moniteurs	Automatique ininterrompu, in situ	Directement, en-ligne	1 h	>15 000
Suivi à distance	Automatique / Ininterrompu, path integrated (espace)	Directement, en-ligne	1 min -1 h	>100 000

Un équipement relativement simple suffit en général dans le cadre d'études préliminaires d'évaluation et pour obtenir une image moyenne de la distribution spatiale dans un secteur.

Cependant, pour une détermination complète des distributions régionales de pollution dans l'air, des impacts de sources relatives, l'identification de point chaud et la mise en

oeuvre de systèmes d'alerte, des équipements plus complexes sont nécessaires. Pour examiner la conformité de la qualité de l'air aux valeurs limites à court et long terme, des moniteurs automatiques standards, qui permettent les mesures de concentrations moyennes sur une heure sont nécessaires. De même, quand on a besoin de données pour la validation et l'utilisation de modèles, les systèmes de suivis nécessaires sont en général onéreux.

Les méthodes d'intégration de mesures telles que les échantillonneurs passifs sont fondamentalement limitées dans leur résolution temporelle. Cependant, comme indiqué ci-dessus, elles peuvent être utiles pour l'évaluation d'expositions à long terme, et sont très utiles pour diverses activités telles que l'évaluation et la cartographie de l'état de la pollution de l'air d'un secteur et la conception d'un réseau. Des problèmes peuvent apparaître, cependant, lorsqu'on utilise des méthodes d'échantillonnage manuel dans une stratégie de déploiement intermittente, mobile ou aléatoire. Les données collectées peuvent être limitées pour des applications telles que l'évaluation de modèles de polluants diurnes, saisonniers ou annuels ou lors de l'évaluation du degré d'exposition de la population et des impacts possibles.

Des méthodes semi-automatiques bien connues telles que les échantillonneurs SO₂ par méthode/dosage acidimétrique sont parfaitement adéquates pour la comparaison de mesures à des normes ou critères journaliers.

En ce qui concerne les analyseurs ou échantillonneurs automatiques, utilisés pour mesurer de façon fiable les concentrations de polluant ambiants, il est essentiel que ces polluants soient transférés intacts à la cellule de réaction d'instrument. Le système d'admission d'air est un composant crucial de tout système de suivi, qui influence fortement l'exactitude globale et la crédibilité de toutes les mesures faites.

Même si l'échantillonnage intermittent est toujours largement utilisé dans le monde entier, la solution recommandée pour un système de suivi permanent de la qualité de l'air est d'installer des équipements de suivi automatique aux sites de mesure permanents. Un programme de suivi de la qualité de l'air peut combiner l'utilisation de différents types d'équipements couvrant les mesures locales ou proches de la zone aussi bien que des mesures à l'échelle régionale. En général l'instrumentation peut être une combinaison de :

- Sites de suivi permanent
- Stations mobiles déplaçables,
- Echantillonneurs Actifs,
- Echantillonneurs Passifs et
- D'études de terrain spécifiques, utilisant par exemple des détecteurs en circuit ouvert

Le programme principal de suivi ambiant utilisera les instruments de mesure in situ situés aux stations de mesure permanentes. Des instruments sont nécessaires pour la détermination des concentrations ambiantes des indicateurs définis dans le programme de suivi, tels que :

- Particules (PM),
- Dioxyde d'azote (NO₂),

- Ozone (O₃),
- Monoxyde de carbone (CO),
- Dioxyde de soufre (SO₂)
- Hydrocarbures (COV ou BTEX)
- Plomb (Pb).

Un réseau fixe, permanent, de stations est normalement indispensable si l'objectif principal du programme de suivi de la qualité de l'air est d'évaluer les impacts possibles sur la santé et d'analyser les tendances et la conformité aux normes. L'instrumentation de mesure de chacun des polluants est traitée dans ce qui suit.

2.7.1 Echantillonneurs

Les échantillonneurs passifs simples ont été développés pour la surveillance des concentrations de gaz intégrées dans le temps. Ce type d'échantillonneurs est d'habitude peu coûteux, simple à manipuler et offre une précision et une exactitude d'ensemble correcte, fonction du niveau de concentration de la pollution de l'air en question.

Un certain nombre d'échantillonneurs manuels et semi-automatiques ont été développés pour mesurer les composants gazeux et les particules. Les méthodes de collecte de gaz et de particules par ce type d'échantillonneurs incluent :

- Adsorption
- Absorption
- Gel ('Freeze out')
- Captage par impact
- Précipitation thermique et électrostatique
- Mesure directe
- Filtration mécanique.

Le dispositif le plus généralement utilisé pour l'échantillonnage gazeux a été le 'bubbler' avec une solution d'absorption, souvent associé à un système de filtration. Une solution chimique est utilisée pour stabiliser le polluant afin de réduire les interférences avec les autres polluants lors de l'analyse. Les échantillonneurs ont aussi été utilisés avec des filtres imprégnés basés sur la méthode d'absorption d'iode. Le flux est défini avec un restricteur et mesuré avec un débitmètre massique. Dans la version séquentielle de ces échantillonneurs l'heure de début souhaitée peut être fixée à la même heure chaque jour pour un intervalle de 24 heures.

Le dispositif de collecte est basé sur des périodes d'échantillonnage discrètes, des échantillonnages semi continus ou continus couplés à un enregistreur ou un réseau informatique. Des échantillonneurs séquentiels automatiques sont utilisés pour la collecte d'échantillons intégrés dans le temps avec des temps d'intégration de quelques heures et pouvant aller jusqu'à 24 heures. Quelques échantillonneurs séquentiels semi-automatiques ont été utilisés pour les mesures des concentrations moyennes quotidiennes de SO₂ et NO₂. Les échantillonneurs comprennent également un pré-filtre dont les teneurs en PM et Fumée Noire (FN) peuvent être analysées.

Pour les mesures de particules suspendues ambiantes, la façon la plus précise de déterminer la concentration de masse d'aérosol est de faire passer un volume connu d'air à travers un filtre. Chaque filtre doit être pesé avant d'être exposé, c'est à dire avant d'être installé dans l'échantillonneur. La pesée doit être effectuée dans une pièce climatisée pendant 24 heures à une température et une humidité relative pré-contrôlées (voir Ch. 4.3). Après la pesée, le filtre est placé dans un sac en plastique avec une fermeture à glissière et marqué avec l'identification et/ou le numéro de la station.

Pour des mesures traçables et robustes, les échantillonneurs doivent être équipés d'une tête d'admission d'échantillons de PM10 ou de PM2.5 et d'un système performant de contrôle de flux. La tête d'admission d'échantillon de PM10 doit répondre à la Norme ISO 7708 (ISO, 1995) pour assurer un fractionnement précis de la taille au point d'échantillonnage.

Pour déterminer la concentration de polluant, il est nécessaire de mesurer le volume d'air échantillonné. Le débit du gaz ou le volume total de gaz intégré au cours de la période d'échantillonnage peuvent être déterminés en utilisant des débitmètres à gaz, rotamètres, des anémomètres ou des burettes pour liquides. La température et des corrections de pression sont prises en compte pour convertir le volume d'air en condition standard.

2.7.2 Moniteurs automatiques

Les méthodes le plus généralement utilisées pour le contrôle automatique des principaux indicateurs de la qualité de l'air sont traitées ci-après. Les méthodes et les instruments utilisés pour mesurer en continu les polluants dans l'air doivent être soigneusement sélectionnés, évalués et standardisés. Un instrument doit être :

- *Spécifique, c'est-à-dire répond au polluant auquel on s'intéresse en présence d'autres substances,*
- *Sensible et couvrir la gamme de concentrations attendues de la plus faible à la plus élevée,*
- *Stable, c'est-à-dire reste inchangé durant l'intervalle d'échantillonnage situé entre l'échantillonnage et l'analyse,*
- *Précis, exact et représentatif de la vraie concentration de polluant dans l'atmosphère où l'échantillon est prélevé, adéquat pour le temps d'échantillonnage exigé,*
- *Fiable et adapté au niveau des ressources humaines, coûts et contraintes de maintenance, de la dérive zéro et du calibrage (au moins pendant quelques jours pour assurer des données fiables),*
- *Temps de réponse assez court pour enregistrer avec de façon précise des changements rapides de la concentration de la pollution,*
- *La température ambiante et l'humidité n'influenceront pas les mesures de concentration,*

- *Le temps consacré à la maintenance et son coût doivent permettre aux instruments de fonctionner continuellement sur de longues périodes avec un minimum de temps d'immobilisation,*
- *La production de données doit correspondre à la capacité de l'ordinateur, la vitesse de lecture et de traitement.*

Si l'on considère les concentrations typiques dans l'air des quelques polluants auxquels on s'intéresse dans les études de la pollution de l'air, on constate que lorsque nous allons du fond vers l'atmosphère urbaine, et de l'environnement urbain vers un secteur sous le vent d'un complexe industriel, la concentration des polluants les plus fréquents peut augmenter approximativement d'un facteur de 1000. Dans la prochaine étape, en allant de la pollution de l'air ambiant vers les mesures d'émission, nous constatons un autre facteur d'environ 1000. La sélection d'instruments doit donc être établie pour effectuer des mesures dans la gamme "correcte" de niveaux de pollution.

Les principes analytiques ou méthodes de mesures utilisés par les moniteurs de mesure automatique de la qualité de l'air sont :

- Fluorescence UV pour le SO₂
- Chimiluminescence pour le NO₂
- Spectrométrie Non Dispersive Infrarouge (SNDIR) pour le CO
- Chromatographie gazeuse pour le benzène et COV
- Photométrie UV pour l'ozone
- Spectroscopie d'absorption atomique du plomb

Les méthodes généralement utilisées pour le suivi automatique de certains des principaux indicateurs de la qualité de l'air sont traitées, de façon détaillée, ci-après :

Dioxyde de soufre (SO₂)

SO₂ doit être mesuré à partir du signal fluorescent produit en excitant SO₂ avec la lumière UV.

Oxyde d'azote (NO et NO₂)

Le principe de réactions par chimiluminescence entre NO et O₃ sera utilisé pour mesurer NO_x. NO et NO_x total sont mesurés.

Ozone (O₃)

Un analyseur d'absorption d'ultra-violet est utilisé pour mesurer les concentrations ambiantes d'ozone. La concentration d'ozone est déterminée par l'atténuation d'une lumière UV de 254 nm le long d'une cellule d'absorption à simple faisceau.

Particules Suspendues; PTS, PM₁₀ et PM_{2.5}

Des méthodes gravimétriques incluant une vraie micro-technologie de pesage ont été utilisées pour mesurer les concentrations ambiantes des particules suspendues. Pour le contrôle automatique on a le plus souvent utilisé un instrument nommé "microbalance à élément conique oscillant (Tapered Element Oscillating Microbalance - TEOM). En

adaptant les têtes d'admissions de l'échantillonneur, le matériel peut être configuré pour mesurer PTS, PM₁₀ ou PM_{2,5}.

La mesure sur bande de filtre en utilisant les principes d'atténuation bêta pour évaluer des concentrations moyennes sur 30 minute ou sur une heure de PM₁₀ ou PM_{2,5} a été utilisée avec un débit d'air d'environ 18 l/min.

Monoxyde de Carbone (CO)

L'analyseur de CO le plus souvent utilisé dans les études de pollution atmosphérique urbaines est un photomètre infrarouge non dispersif qui utilise la méthode de corrélation par filtre gazeux pour mesurer les concentrations basses de CO de façon précise et fiable à l'aide d'une technologie optique et électronique de pointe.

Hydrocarbures et COV

Les hydrocarbures (hydrocarbures non méthaniques "NMHC", le Méthane et les hydrocarbures totaux "THC") doivent être mesurés en utilisant un détecteur d'ionisation de flamme (DIF). L'expérience a prouvé qu'il peut souvent y avoir des problèmes de continuité de l'alimentation électrique. De courtes coupures d'alimentation électrique peuvent interrompre ces mesures continues et elles devront ainsi être démarrées manuellement.

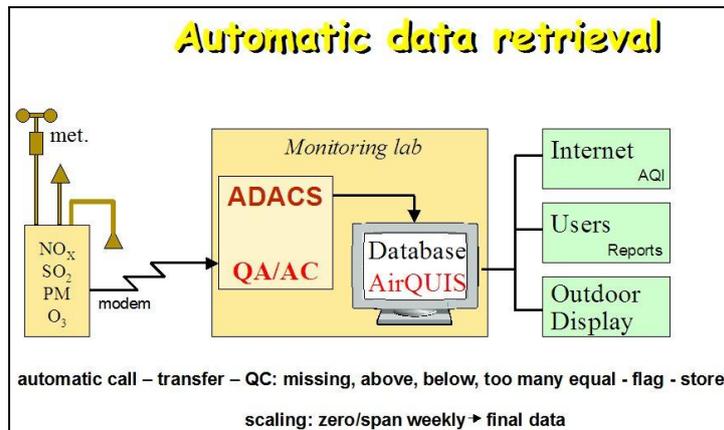
Pour éviter ces problèmes les COV sont échantillonnés manuellement et analysés par chromatographie gazeuse au laboratoire. Une alternative est de mesurer BTEX à l'aide de moniteurs automatiques.

Moniteur BTEX

Un chromatographe en phase gazeuse polyvalent a été conçu pour suivre en continu des composants uniques ou multiples de gaz dans une vaste gamme d'applications. L'analyseur BTEX fournit la mesure directe de Benzène, de Toluène, d'Éthylbenzène et de Xylène dans l'air ambiant. Il emploie un détecteur à photo-ionisation (DPI) comme élément de détection. Ce détecteur est spécifique aux composés organiques volatils. Le Benzène, le Toluène, l'Éthylbenzène et le Xylène contenus dans l'échantillon de gaz sont physiquement séparés en utilisant des colonnes GC de marque déposée.

2.8 Systèmes de transfert des données

Toutes les données des instruments mentionnés ci-dessus peuvent être collectées par un enregistreur de données (data logger) et transférées directement à une base de données en vue de leur traitement, contrôle et restitution. On trouve sur le marché diverses options pour une transmission efficace des données des moniteurs vers une base de données. Les solutions retenues dépendent de l'environnement local. On doit prendre en compte plusieurs facteurs tels que la disponibilité des réseaux téléphoniques, la qualité et la vitesse du réseau, le volume des données à transférer, la fréquence de transfert, les possibilités de communication par téléphonie mobile et les systèmes de communication par satellites disponibles.



Au niveau de chaque site un système d'acquisition de données (SAD) doit recevoir les valeurs de mesure collectées par un ou plusieurs analyseurs de gaz ou de poussière, les capteurs météorologiques ou d'autres paramètres. Ces paramètres doivent être stockés, toutes les minutes, toutes les 5 minutes ou toutes les heures localement et transmis ensuite à un ordinateur central par modem et lignes téléphoniques. Le temps de stockage local s'étend de plusieurs jours à quelques mois en cas des problèmes avec le modem, les lignes de transmission ou l'ordinateur central. Des systèmes d'acquisition automatiques de données sont disponibles auprès d'un certain nombre de sociétés et des fournisseurs d'instruments. Plus de détails concernant les réseaux de données et les transmissions de données seront présentés ci-après.

2.8.1 Récupération des données par lignes téléphoniques

Les données sur la qualité de l'air collectées par des moniteurs automatiques sont normalement directement transférées d'un enregistreur de données (data logger) vers une unité centrale de données située dans un centre de suivi. Ce transfert peut être effectué sur une base horaire ou journalière. Les données sont souvent transférées via des lignes téléphoniques publiques durant la soirée.

La récupération des données à partir des stations de suivi, qui sont équipées de modems et de lignes téléphoniques, peut être effectuée par le centre de suivi ou informatique en utilisant les procédures suivantes :

- ◆ Le système de base de données centrale demande automatiquement des données une fois par jour (normalement pendant la soirée, par exemple à 02:00 heures).
- ◆ L'opérateur du centre informatique démarre le téléchargement de façon manuelle, et il est nécessaire que le modem fonctionne.

Un système d'acquisition automatique de données (ADACS) est souvent une solution moderne sophistiquée qui utilise une technologie standardisée et orientée objet pour traiter le flux de données, la récupération de données, l'assurance qualité et le stockage de données. Tous ces processus peuvent être prévus pour fonctionner automatiquement. Ainsi, en permettant de limiter les tâches manuelles et d'éviter d'inutiles erreurs humaines, le système économisera du temps.

Un système ADACS présente typiquement les fonctionnalités suivantes :

- Configuration des informations permettant d'avoir accès aux stations de suivi et de collecter des données via l'enregistreur de données (data logger),
- Assurance qualité avec marquage automatique des données de mesure,
- Calibrage de données de mesure,
- Enregistrement de toutes les étapes de l'acquisition des données de mesure.

Le système de base de données associé servira aussi de liaison à un Meta système d'information qui inclut des informations sur des données environnementales externes. La base de données sous-jacente contient des informations sur la réglementation, les exigences, et les valeurs des directives sur la qualité de l'air pour diverses applications. Ces fonctions peuvent aussi inclure :

- Des outils de navigation pour accéder aux informations nécessaires,
- Des ressources pour des activités de standardisation,
- Un accès à l'internet.

Le modèle de base de données est conçu pour être utilisé aussi bien au niveau local qu'au niveau régional et satisfaire aux exigences indiquées par les utilisateurs. La base de données doit pouvoir être facilement modifiée et enrichie. Des routines de copies de sauvegarde et de restauration doivent être disponibles. Certains systèmes de transmissions de données peuvent fonctionner dans des environnements différents : cela implique l'existence de systèmes de communication divers avec des solutions de communication ouvertes.

2.8.2 Stations de suivi sans lignes téléphoniques

Dans le cas où les lignes téléphoniques ne seraient pas disponibles, un certain nombre d'options de communication peuvent être utilisées pour la récupération de données. Les données pourraient être transférées via "bluetooth" par transmission radio, aussi bien que via satellite ou téléphones mobiles. On peut aussi utiliser sur site des modules de stockage et des ordinateurs portables qui permettent le stockage, pendant plusieurs mois, des données sur la qualité de l'air et la météorologie.

En absence de tout système de télécommunication, les données doivent être collectées manuellement sur des disquettes, des CD ou des mémoires flash. Les valeurs de calibrage doivent toujours suivre les unités de collecte de données lors de la transmission à la base de données. Cela permettra de prendre en compte les calibrages et contrôles de qualité des données nécessaires avant que les données ne soient approuvées. Cette collecte manuelle de données doit avoir lieu après exécution des procédures de calibrage d'instrument. Normalement les stations sont visitées chaque semaine pour contrôles et calibrages. La même fréquence doit être appliquée à la collecte de données.

Les données collectées manuellement doivent immédiatement être importées dans le système de base de données centrale et vérifiées. Les rapports doivent être imprimés au moins une fois par semaine et contrôlés manuellement et par diverses procédures statistiques avant d'être approuvés.

3 Etude d'évaluation de l'état de la pollution de l'air

Les études d'évaluation de l'état de la pollution de l'air sont souvent effectuées lors de la conception des programmes de suivi de la qualité de l'air. L'objectif principal de ces études est de collecter des informations de fond en vue de la conception d'un programme de suivi permanent de la qualité de l'air dans le secteur ciblé.

Différents échantillonneurs passifs ont été utilisés par NILU pour ces études ; ce sont des équipements simples et peu coûteux pour NO₂, SO₂, COV et O₃. Ces échantillonneurs sont normalement placés dans au moins 20 à 50 endroits situés dans la zone et couvrant ainsi différents microenvironnements. Les échantillonneurs passifs pour NO₂, SO₂, et O₃ sont normalement exposés pendant 2 à 4 semaines. Les échantillonneurs passifs de COV sont exposés pendant plus de 3 à 7 jours, selon l'emplacement et l'importance de la source dont on veut évaluer l'impact.

3.1 Conception de l'étude d'évaluation de l'état de la pollution de l'air

La toile de fond de la conception de l'étude d'évaluation de l'état de la pollution de l'air est l'identification des principales sources d'émission et des secteurs ayant des impacts de pollution les plus élevés, ainsi que diverses données existantes sur la qualité de l'air et la météorologie.

Les sites doivent être choisis selon trois critères principaux :

- Mesure dans différents microenvironnements (par exemple rue "canyon", environnement en bord de route, environnement urbain de fond, zone industrielle, environnement régional de fond etc.);
- Le choix des composants à mesurer dans différents microenvironnements dépend des sources d'émission ;
- Les directions des vents dominants durant la période de la campagne.

La plupart des échantillonneurs seront, si possible, placés sous le vent des principales sources d'émission. La plus grande partie des échantillonneurs doit être placée le long de traverses perpendiculaires au vent dominant.

3.1.1 Sources d'émission

Les plus importants secteurs industriels et les secteurs caractérisés par un trafic important doivent être identifiés. Parmi les sources d'émission identifiées, les sources les plus importantes sont normalement les sources au niveau du sol.

En règle générale il semble que les embouteillages sur certaines routes principales produisent d'importantes émissions de CO. La densité élevée du trafic sur les routes principales est également source d'émissions importantes de NO_x et de particules. Les activités générales dans la ville génèrent souvent des niveaux de fond élevés de particules suspendues. L'emplacement des secteurs industriels combiné aux

informations sur les vents dominants indiquera les secteurs ayant des impacts d'ordre industriels.

3.1.2 Composés et indicateurs

Les sélections de composants à mesurer dans les différents microenvironnements sont fonction des sources d'émission locales présentes. La table ci-dessous présente une liste d'indicateurs typiques.

Indicateurs de la pollution de l'air mesurés dans divers microenvironnements.

Type de Station /Microenvironnement	Composants
Environnement régional de fond	NO ₂ , SO ₂ , PM ₁₀ , O ₃
Industrie	NO ₂ , SO ₂ , VOC, O ₃ , PM ₁₀
Centre Ville	NO ₂ , SO ₂ , O ₃ , PM ₁₀ , PM _{2.5} , CO, VOC
Trafic/rue canyon	NO ₂ , SO ₂ , O ₃ , CO, VOC, PM ₁₀
Environnement urbain de fond	NO ₂ , SO ₂ , O ₃
Péri-urbain	NO ₂ , SO ₂ , O ₃

L'ozone est un polluant secondaire formé par des réactions chimiques dans l'atmosphère. Les mesures d'ozone, particulièrement dans l'environnement de fond, sont essentielles pour comprendre la formation de NO₂ dans la ville.

3.1.3 Conditions météorologiques

Sur le plan climatologique, ce sont les données du service météorologique ou d'études précédentes dans le secteur qui indiqueront les directions des vents dominants. Les roses de vent et les statistiques sur les vents peuvent être obtenues à partir de rapports officiels ou à partir de certaines grandes industries établies dans le secteur.

La moyenne annuelle et les variations saisonnières des directions de vent donneront une bonne base pour évaluer le transport de la pollution de l'air et les zones d'impact dans le secteur.

Par ailleurs la fréquence des vitesses de vent inférieures à 2 m/s doit être observée pour évaluer la possibilité d'avoir des épisodes de pollution de l'air.

3.2 Quelques instruments utilisés lors des études d'évaluation de l'état de la pollution de l'air

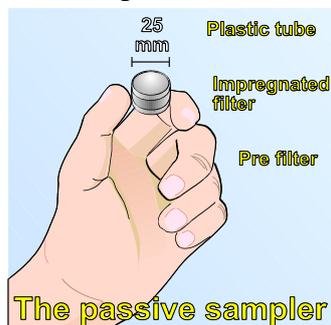
3.2.1 Les échantillonneurs passifs

Un échantillonneur à diffusion sensible au dioxyde de soufre (SO₂), au dioxyde d'azote (NO₂) présents dans l'air ambiant a été utilisé dans plusieurs enquêtes pour effectuer une évaluation de l'état de la distribution de la concentration spatiale.

L'échantillonneur a été mis au point par l'Institut Suédois de Recherche Environnementale (IVL) et a été utilisé à plusieurs reprises par NILU.

L'échantillonneur comprend un filtre imprégné placé à l'intérieur d'un petit tube en plastique. Pour éviter les turbulences à l'intérieur de l'échantillonneur, son entrée est

recouverte d'un filtre formé d'une fine membrane poreuse. Les gaz sont transportés et collectés par diffusion moléculaire.



Les échantillonneurs sont faciles à fabriquer. Par exemple, les échantillonneurs utilisés par NILU sont disponibles dans le commerce sous forme de longs tubes en polypropylène long de 50 mm. Tous les composants, à l'exception du filtre imprégné peuvent être réutilisés. Ils ont également beaucoup d'autres avantages pour une utilisation sur le terrain : ils sont par exemple petits, légers (~2 g) et n'ont pas besoin d'alimentation en électricité pour fonctionner.

On doit souligner que ces échantillonneurs fournissent des concentrations cumulées sur une période de temps continue, avec un temps d'intégration qui est fonction de la durée de leur exposition à l'air ambiant. Cette durée peut être journalière, hebdomadaire, mensuelle etc. Evidemment, ils ne sont pas bien adaptés au contrôle des variations temporelles sur des intervalles de temps courts, ou à la détection de valeurs maximales individuelles, ou lorsque des mesures en temps réel sont nécessaires.

3.2.2 Les échantillonneurs de Composants Organiques Volatils (CoV)

Les échantillons de COV sont collectés dans des tubes d'adsorption remplis de Chromosorb ou Tenax TA. Les échantillons peuvent être prélevés par échantillonnage passif (échantillonnage par diffusion) ou par échantillonnage actif (échantillonnage par pompe). L'analyse est faite au laboratoire de NILU par thermo-désorption suivie d'une analyse combinée par chromatographie gazeuse - spectrométrie de masse (GC-MS). On utilise des tubes d'adsorption standardisés Perkin-Elmer. La méthode répond à la norme (CEN/TC 264) du CEN/DIN ; c'est technique de mesure standard largement utilisée pour contrôler les niveaux de BTEX et de COV dans des villes européennes. La précision de cette méthode est supérieure à +/-10 %.

3.2.3 Les échantillonneurs PM

SEQ47/50

Un échantillonneur gravimétrique séquentiel, de type SEQ47/50, pour le contrôle journalier de PM_{10} et $PM_{2.5}$ a été utilisé lors des études d'évaluation de l'état de la pollution de l'air. L'échantillonneur séquentiel est conçu pour une utilisation extérieure, quelles que soient la température et les conditions environnementales. Cette technique de mesure est une méthode de référence de la Commission européenne. L'appareil est équipé d'un réservoir de 15 filtres, qui sont automatiquement changés après exposition de 24 heures. Les filtres sont pesés au laboratoire de NILU avant et après exposition. Les concentrations correspondantes de PM_{10} et $PM_{2.5}$ sont calculées sur la base du flux d'air et du poids.

Dust trak

Pour les mesures de courte durée de PM10 dans différents micro-environnements de la zone urbaine, on a utilisé l'instrument de surveillance des aérosols « TSI's DustTrak Aerosol Monitor (8520) ». Le DustTrak est un photomètre laser portatif fonctionnant sur piles. La lumière émise par la diode laser est diffusée par les particules qui sont aspirées dans l'appareil selon un flux constant. La quantité de lumière diffusée détermine la concentration en masse des particules, selon un facteur de calibrage. L'instrument a une résolution de masse de $\pm 0.1\%$ ou $1 \mu\text{g m}^{-3}$ (on retient la plus grande valeur) et un intervalle de détection de $0.1\text{--}10 \mu\text{m}$ (PM_{0.1-10}). Le DustTrak permet de détecter des problèmes pouvant être liés à des agents de contamination présents dans l'air tels que poussières, fumées ou buées.

Des tests comparatifs des concentrations de PM10 mesurées avec divers instruments montrent que la précision du Dust Trak dépend du calibrage d'aérosol pour différentes profondeurs optiques.

3.2.4 Le suivi du CO

Un instrument TSI Q-trak a été utilisé pour mesurer les concentrations horaires de CO et les moyennes sur des périodes de mesure courtes de 10 minutes. L'instrument est calibré par TSI selon la norme NIST.

4 Evaluation et utilisation des données sur la qualité de l'air

4.1 Validité et traçabilité des données

Avant que les données de qualité de l'air ne puissent être utilisées pour évaluer la situation dans un secteur donné, il est important de s'assurer que les données collectées sont des valeurs de concentration réelles, qui peuvent être comparées aux informations semblables à celles d'autres secteurs et d'autres pays. Pour chaque polluant mesuré comme donnée d'entrée de l'évaluation de la qualité de l'air, on peut se poser les principales questions suivantes :

- Des procédures d'assurance qualité appropriées ont-elles été définies pour toutes les étapes et activités ?
- Dispose-t-on d'un conseil technique ?
- Le suivi est-il mis en œuvre à des emplacements appropriés ?
- Des dispositions appropriées pour le traitement et le stockage des données ont-elles été prises et mises en œuvre ?

La documentation qui assoira la crédibilité de la collecte de données et de l'assurance qualité des données initiales relève de la responsabilité du fournisseur de données. Elle s'adresse au processus de collecte de données, à l'application de facteurs de

calibrage, aux procédures d'Assurance qualité initiales (AQ/CQ), à l'analyse, au marquage et à la synthèse (moyennes) des données, et à la diffusion de rapports. Les notes d'enregistrement de données, les indicateurs de qualité des données et la documentation sur le processus mis en œuvre font intégralement partie de cette première phase de traitement. Pendant la phase de collecte de données, un des rôles du fournisseur de données sera d'apporter son assistance au maintien de la crédibilité du processus et de la validité des données.

On ne dispose de bases suffisantes pour l'évaluation que si les trois caractéristiques suivantes ont été évaluées :

- La Validité
- La Traçabilité
- La Reproductibilité

La “**Validité**” est argumentée par une documentation qui fournit :

1. La preuve que toutes les procédures scientifiques standard applicables ont été respectées.
2. Une description précise de toutes les données numériques collectées et traitées. Ce sont des *metadata*, définies comme étant des données qui décrivent d'autres données. Entre autres, les *metadata* incluent la méthode de collecte, le type d'instrument, l'exactitude de l'instrument, la précision de l'instrument, le format de données, les conventions d'unité de mesure, les conventions de dénomination de variable, les indicateurs AQ/CQ.
3. Une justification technique de tous les calculs et processus y compris les paramètres d'interpolations et les critères d'assurance qualité. Cette justification technique doit également être fournie pour toute conclusion scientifique basée sur de nouvelles procédures de traitement de données. Cela peut être le cas des procédures spéciales de traitement et d'analyse intégrées dans le système de gestion de données. C'est indispensable pour comparer de nouvelles technologies de suivi à celles actuellement utilisées.
4. Les références des informations externes sur lesquelles sont basés les calculs, les processus et les conclusions.

La “**Traçabilité**” se rapporte à l'historique de tous les processus exécutés sur chaque ensemble de données brutes transmis à la base de données.

La traçabilité est assurée en conservant des listes chronologiques sous forme de tables qui récapitulent chaque étape exécutée ainsi que la méthode utilisée pour son exécution. Elle indique le contexte (par exemple le nom du programme, etc) ainsi que les procédures de vérification et d'assurance qualité mises en œuvre et les résultats correspondants.

La “**Reproductibilité**” permet la duplication des résultats de n'importe quel niveau de validité de données. La reproductibilité exige la traçabilité, puisque toutes les étapes de traitements exécutées dans la production de résultats spécifiques doivent être reproduites. La reproductibilité exige que tous les outils de gestion de données utilisés soient archivés avec un jeu d'enregistrement chronologique de validation de données

pour tous les jeux de données (par exemple, le code source des programmes de traitement doit être archivé et disponible si nécessaire).

Il est primordial que les fournisseurs de données et le gestionnaire de données veillent à ce que tous les aspects de la collecte, du traitement, de l'analyse et de l'évaluation des données soient bien documentés. Cela est essentiel en regard des considérations en matière de validité, de traçabilité et de reproductibilité des données. La documentation accompagnant les données permet d'établir un *historique* des données, qui donne de la valeur à ces données. A cette fin, de bonnes procédures d'élaboration de rapport doivent être respectées et mises en oeuvre à chaque étape de la manipulation et du traitement des données.

Les éléments ci-dessus, mis en oeuvre pour générer des données de bonne qualité, ont besoin de procédures appropriées d'Assurance et de Contrôle de Qualité (AQ/CQ). La vérification finale du programme AQ/CQ est constituée d'une Évaluation de Qualité, qui vérifie que toutes les procédures ont été suivies avec succès. Ces procédures devront également répondre aux objectifs de qualité de données (OQD) définis par les autorités responsables. Les procédures complètes AQ/CQ sont plutôt complexes, et elles doivent être documentées. Les procédures de calibrage et la traçabilité des normes de calibrage utilisées au niveau du réseau ou de la station, que l'on pourra rapporter à des normes absolues de qualité connue, constituent des éléments très importants des procédures de contrôle de qualité. Les institutions responsables des procédures AQ/CQ et de leur suivi peuvent être nationales, régionales ou locales. Pour de plus de détails sur AQ/CQ voir le Chapitre 4.4.

4.2 Evaluation et compte rendu de la qualité de l'air

L'évaluation des tendances de la qualité de l'air, des changements d'émissions ou de l'impact des types ou de groupes de sources spécifiques s'appuie sur une analyse statistique standardisée des données. La sévérité du problème de pollution de l'air ou de qualité de l'air doit être établie en références aux valeurs de Directives sur la Qualité de l'Air (DQA), de niveaux de classification standards ou prédéfinis (par exemple bon, modéré, malsain ou dangereux).

Le nombre d'heures et de jours, ou le pourcentage de temps pendant lesquels les concentrations de la pollution de l'air ont dépassé des valeurs des DQA doit être restitué. Pour cela, on aura également besoin d'un minimum de complétude de la base de données. Les moyennes à long terme (annuelles ou saisonnières) doivent être présentées en faisant référence aux DQA.

Avant d'en entreprendre l'évaluation statistique, les données doivent être présentées et validées sous forme de séries chronologiques. Ces données doivent être évaluées logiquement pour corriger la dérive des instruments et celles qui sont identifiées comme erronées doivent être éliminées. Il est également important que les données soient vérifiées en les comparant à d'autres informations pertinentes.

Les données collectées seront utilisées et présentées différemment selon les utilisateurs. Les présentations de données ont été conçues pour répondre aux besoins :

- De spécialistes de la pollution de l'air,

- De décideurs et
- Du public.

Le *spécialiste* a souvent besoin d'un outil lui donnant un accès libre aux données et la capacité de les traiter de différentes façons. Le spécialiste veut aussi pouvoir utiliser les données et élaborer des représentations graphiques personnalisées des résultats de ses travaux.

Les *décideurs* ont besoin de représentations qui illustrent les conclusions élaborées par le spécialiste à partir des informations disponibles. En général une représentation graphique répond mieux à leur attente.

Le *public* a besoin d'informations sur l'état général de l'environnement. L'information nécessaire est plus globale que celle dont a besoin le décideur. Elle doit le plus souvent couvrir des questions environnementales qui concernent particulièrement le public : il pourrait s'agir de la qualité de l'air attendue dans la zone urbaine pour un jour spécifique. Ces informations pourraient être présentées sous forme de prévision à court terme ou diffusées en temps réel.

Les informations peuvent être multimédia, incluant du texte, des tables, des graphiques, des images, des sons ou de la vidéo selon l'utilisateur final. Les représentations doivent être conçues selon les besoins des utilisateurs.

Les informations destinées aux décideurs doivent être présentées sous forme de résumés et de rapports annuels. Ces rapports peuvent inclure des tables simplifiées et des graphiques représentant les données relatives à la période en question. Les tables donneront au lecteur les valeurs numériques nécessaires, tandis que les graphiques représenteront une image de la situation, qui est pour beaucoup plus facile à comprendre. Le public a besoin d'informations facilement accessibles : prospectus, émissions radio sur les prévisions de la pollution de l'air dans plusieurs emplacements, écrans situés aux lieux publics dans la ville... Elles peuvent donner un index simplifié de la qualité de l'air pour la ville un jour donné, ou bien elles peuvent donner de façon continue des informations mises à jour ou en temps réel sur la qualité de l'air mesurée dans le secteur. Dans plusieurs pays les informations sur la qualité de l'air sont maintenant disponibles sur Internet et sur les téléphones portables.

Les systèmes de suivi de la qualité de l'air en ligne permettent un accès et un traitement rapides des données de telle sorte qu'il est possible de diffuser de l'information à travers un grand nombre de médias.

Des outils statistiques permettent l'évaluation et l'analyse des données sur la qualité de l'air collectées par le système de suivi. Les bases de données de mesure peuvent inclure certaines des statistiques de base nécessaires pour évaluer la qualité de l'air dans le secteur suivi.

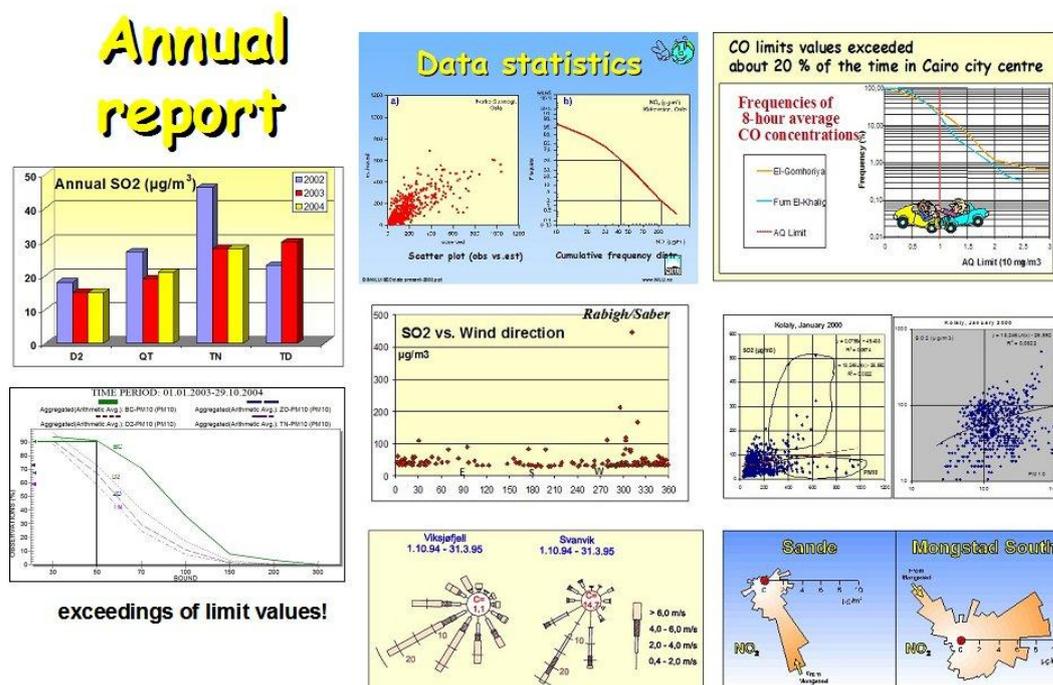


Figure 2: Quelques exemples de graphiques et figures préparées pour un rapport annuel typique sur les données de la qualité de l'air collectées dans une zone urbaine.

Les graphiques les plus fréquemment utilisés sont :

- Des séries chronologiques de mesures ou de leurs moyennes à court terme au niveau d'un site de suivi (pour un ou plusieurs polluants) ou établissant une comparaison entre divers sites,
- Des histogrammes ou des courbes représentant des valeurs moyennes à long terme (annuelles) au cours d'une plus longue période,
- La distribution des fréquences cumulées des valeurs horaires des moyennes à court terme au cours d'une période plus longue (année),
- La distribution spatiale des concentrations des indicateurs retenus,
- Le pourcentage de dépassement des valeurs limites (tables ou cartes de distributions spatiales),
- Des distributions de fréquences de vents (roses des vents) et des fréquences de stabilité,
- La concentration moyenne en fonction des directions des vents (diagramme de Breuer),
- Des comparaisons spatiales avancées de profils de pollution sont énormément facilitées par l'utilisation de cartes. Les moyennes des concentrations de pollution dans des emplacements divers peuvent être simplifiées en présentant sur une carte du secteur des barres ou des points de couleur ou de taille variables.

En Europe un guide a été élaboré à l'usage des Etats membres et des autorités responsables de l'établissement de systèmes d'évaluation de la qualité de l'air

conformes aux directives. Il donne une interprétation et une explication du contenu principal des directives, décrit comment utiliser les méthodes d'évaluation existantes à l'aide d'exemples pratiques. Ce document était destiné aux responsables des systèmes de suivi de la qualité de l'air dans les Etats membres, aux experts dans le domaine d'évaluation de la qualité de l'air, aux autorités gouvernementales et locales et aux consultants.

Divers guides traitent des techniques d'évaluation de base telles que les méthodes de mesure, les modèles et les bases de données. Ces techniques peuvent être apprises dans des livres, des cours et à travers des expériences pratiques ; le Guide de l'Évaluation Préliminaire (Van Aalst et al, 1998) a donné un aperçu de ces méthodes. Ces guides se sont focalisés sur la façon dont de telles techniques peuvent être appliquées, améliorées et combinées pour évaluer la qualité de l'air conformément au cadre établi par les nouvelles directives.

4.3 Données de concentration pour la vérification de conformité

Avant d'utiliser des données sur la qualité de l'air et d'en vérifier la conformité, une Enquête approfondie d'Assurance Qualité doit être conduite sur site pour évaluer la performance des stations de suivi de la qualité de l'air ambiant dans le secteur ciblé. Chaque station doit être prise en compte afin de vérifier l'exactitude et la représentativité des données qu'elle produit. Aux Etats-Unis les critères de qualité et d'emplacement sont publiés par le Ministère de l'Environnement au chapitre 58 du Titre 40 du Code des Réglementations Fédérales (CFR) (US-EPA, 2006 - <http://www.epa.gov/epacfr40/chapt-I.info/chi-toc.htm>). Chaque année, une évaluation minutieuse de chaque station est faite pour des critères tels que le modèle d'échantillonneur, le but, l'objectif, la durée d'exploitation, l'échelle, la température de la station, les obstacles, le trafic, les sources locales et l'influence dominante. Alors que la plupart des stations de suivi de la qualité de l'air ambiant respectent soigneusement la réglementation au moment de l'installation initiale du site, ainsi que l'indiquent les rapports de site, des changements interviennent dans le temps dont les opérateurs ne se rendent pas compte. Ces changements incluent des problèmes d'échelle, de sources, d'obstacles, et de respect des contraintes de température.

Lorsque la qualité des programmes de suivi incluant les données a été validée, les autorités locales et nationales établissent souvent les procédures à suivre pour l'élaboration de rapports de vérification de conformité. Quelques modèles de rapports sont réglementés par la législation nationale ou internationale (normes, directives ou conventions). Ils définissent l'objet, le format et la fréquence de production du rapport. Le niveau de dépassement d'une concentration standard donnée ou d'un seuil établi par la réglementation doit être indiqué.

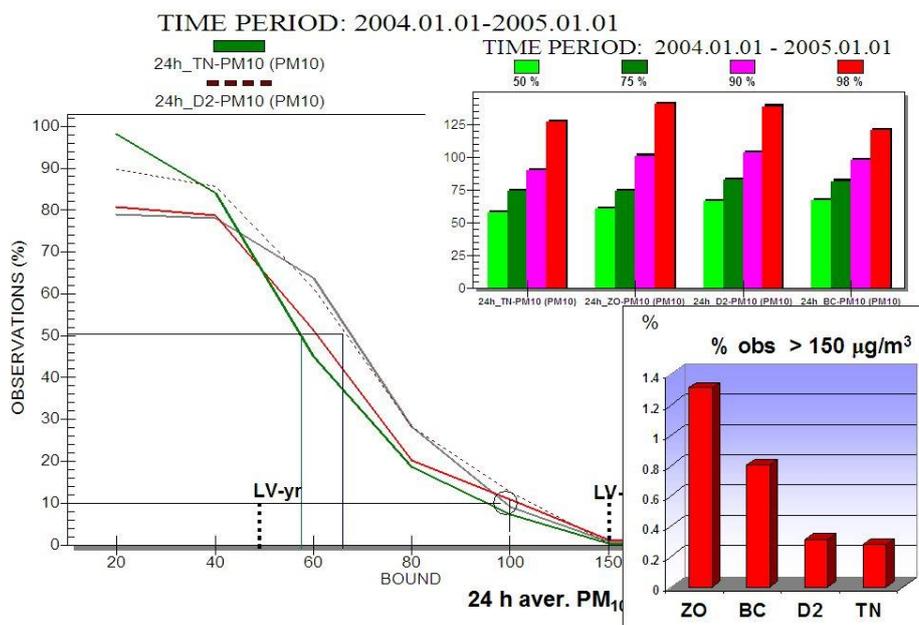


Figure 3: Concentrations journalières de PM₁₀ mesurées dans la ville Ho Chi Minh, Viêt-Nam - distribution des fréquences cumulées, valeurs de centile et pourcentage de dépassement des normes sur qualité de l'air au Vietnam sur quatre sites de mesures.

La Figure 4.3.2 montre une représentation statistique typique pour l'évaluation des dépassements de la valeur limite de PM₁₀ dans la Ville Ho Chi Minh (Sivertsen, 2005). Les analyses statistiques des données de mesures sur la qualité de l'air fourniront, en complément des concentrations moyennes et maximales, la fréquence d'occurrence de niveaux de concentration donnés. Ces analyses peuvent être utilisées pour identifier les dépassements des valeurs limites en référence à une fréquence ou un nombre de dépassements donnés autorisés.

En Europe, un questionnaire de référence a été préparé pour l'élaboration d'un rapport annuel sur l'évaluation de la qualité de l'air ambiant conforme aux Directives du Conseil 96/62 (l'UE, 2001d). Le questionnaire inclut un certain nombre de formulaires qui font la distinction entre éléments de contenu des rapports légalement exigés et éléments qui peuvent être facultativement développés par les Etats membres. Tous les cas de violation des valeurs limites pour NO₂, PM₁₀, SO₂ et d'autres indicateurs donnés dans la liste de valeurs limites doivent être répertoriés. Le nombre total d'heures et de jours pour lesquels les valeurs limites ont été dépassées doit faire partie du rapport.

Les rapports de tels réseaux de vérification des normes sont d'utilisation limitée lorsqu'on veut évaluer l'exposition de la population et les effets sur la santé. On peut s'attendre à certains effets sur la santé pour les concentrations inférieures au niveau standard, or celles-ci ne sont pas rapportées. De plus, l'emplacement des moniteurs utilisés pour la vérification des normes peut ne pas être optimal lorsqu'il s'agit

d'évaluer l'exposition de la population, et le rapport peut donner une image incorrecte de l'exposition. De plus amples informations sur les estimations de l'exposition des populations sont présentées ci-dessous.

4.4 Données sur la qualité de l'air et le degré d'exposition

L'évaluation du degré d'exposition de l'homme aux polluants de l'air constitue une partie de l'évaluation du risque global et une composante nécessaire de la gestion de la qualité de l'air lorsqu'elle doit permettre de définir des mesures de réduction prioritaires. L'évaluation de l'exposition comme composante de l'évaluation des risques, ou la dose externe évaluée par la concentration environnementale prévue, a été implicitement prise en compte dans les processus réglementaires en faisant l'hypothèse que les degrés d'exposition des populations sont bien représentés par les concentrations extérieures ambiantes. L'évaluation du degré d'exposition a cependant constitué un sujet de recherche en soi, dans le cadre ou non d'études épidémiologiques. L'idée générale est d'étudier les concentrations de l'air :

- En plein air, dans l'air ambiant où les gens se déplacent,
- À l'intérieur, où les gens passent habituellement la plupart de leur temps,
- Par des mesures d'exposition personnelle.

Chacune de ces analyses ajoute souvent une couche de complexité à l'évaluation du degré d'exposition. Les questions majeures que l'on se pose sont :

- Quels sont les facteurs de complication les plus importants ?
- Comment doit-on les quantifier pour arriver à un modèle convenable de l'exposition des populations ?

Le défi est particulièrement présent si on ne dispose que des données de suivi pour l'évaluation du degré d'exposition. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 1995) a étudié sur un plan général l'évaluation du degré d'exposition et est arrivée à la conclusion que cette évaluation sera probablement d'autant mieux réalisée que l'on fera appel à une combinaison de mesures et de modèles.

En général il existe deux méthodes différentes pour évaluer le degré d'exposition de l'homme aux polluants présents dans l'air. Les deux principaux modèles ont évalué :

- a) Le nombre total de personnes vivant dans les secteurs présentant des niveaux de concentration donnés,
- b) L'exposition individuelle à partir d'évaluations basée sur l'étude de journaux et des concentrations dans de micro-environnements.

Les modèles intégrés peuvent utiliser des données de mesure et des procédures d'interpolation statistique pour calculer des concentrations dans chaque kilomètre carré. Ces concentrations peuvent alors être rapportées à la distribution de la population pour évaluer une courbe représentant le degré d'exposition brute dans chaque km². Lorsqu'elle est cumulée pour toutes les grilles, la méthode devient assez robuste pour fournir une image complète du degré d'exposition de la population aux polluants présents dans l'air. La méthode a été appliquée à Oslo, où le nombre de personnes vivant dans des zones où les concentrations dépassent des niveaux de concentration donnés a été représenté sur des cartes.

Le degré d'exposition des personnes à NO₂ et PM₁₀ a été évalué par une combinaison de calculs des degrés d'exposition dans les bâtiments le long des principales routes et pour chaque cellule de la grille de modélisation. Le nombre de personnes exposées aux dépassements des valeurs limites de PM₁₀ est présenté à titre d'exemple dans la Figure 4.3.3. Le nombre total de personnes exposées à PM₁₀ était de 320.000 en 1995, et ce nombre a été réduit à 220.000 en 2001 (Bohler et.al, 2003).

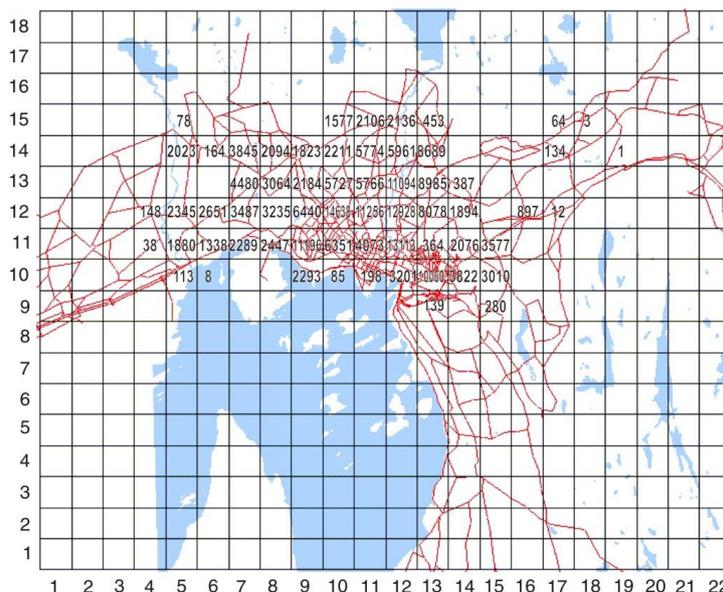


Figure 4: Nombre de personnes exposées à des concentrations supérieures à la valeur limite nationale de la QA pour PM₁₀ (journalière) en 2001, calculé par cellule d'un km².

L'approche du degré d'exposition individuelle fait l'hypothèse que chaque personne est exposée à un polluant représenté par la concentration mesurée ou évaluée dans le microenvironnement dans lequel cette personne vit actuellement. Par exemple, le degré d'exposition dépend de la proximité de ce secteur géographique avec un axe de trafic important, ou bien du fait que l'individu soit à l'intérieur, en plein air, entrain de se déplacer ou de faire ses courses.

Donc, un microenvironnement peut être un trottoir de la ville, dans une zone boisée, à l'intérieur de la maison, à l'intérieur du bureau, dans une salle à manger, au travail, dans un restaurant ou au cinéma, etc. La meilleure méthode de mesure du degré d'exposition est sans doute celle qui utilise des moniteurs personnels, particulièrement quand les personnes se déplacent d'un endroit à un autre. C'est cependant peu pratique quand plusieurs composants doivent être étudiés simultanément. De plus, on ne peut pas prévoir dans quelle mesure les personnes vont changer leurs habitudes lorsqu'elles devront se déplacer avec certains appareils portables de plus grande taille. Il peut donc être plus pratique d'utiliser des modèles informatiques basés sur les données de journaux de bord pour évaluer le degré d'exposition de chaque individu à chaque polluant pour chaque période de temps prescrite. Ce modèle peut être utilisé à l'échelle d'une heure de temps simplement. Avec une telle résolution de temps, il est

possible d'identifier les principaux changements de microenvironnements sans avoir besoin de journaux de bord impossibles à remplir par les personnes.

Les principaux éléments d'un modèle d'exposition aux concentrations dans l'air sont :

- ♦ L'emplacement géographique,
- ♦ La proximité du trafic,
- ♦ Le fait d'être à l'intérieur ou en plein air,
- ♦ En faisant des courses
- ♦ En déplacement.

Dans cette approche le nombre de microenvironnements ayant une importance et un intérêt est normalement grand. L'étude devra donc être conçue pour rester gérable, en réduisant judicieusement le nombre de mesures dans chaque type de microenvironnement. Les microenvironnements institutionnels et publics se prêtent facilement, par définition, à un nombre réduit de mesures. Les décisions quant au nombre minimum de mesures à réaliser ne peuvent être prises que pendant la phase pilote du projet à l'issue de visites de site, d'inspections préliminaires, de l'analyse d'informations secondaires et de diverses discussions.

Les normes et directives de la qualité de l'air ont été établies sur la base de l'impact de la pollution de l'air aussi bien sur la santé humaine que sur le bien-être. Les meilleures références en matière d'évaluation d'impacts sur la santé sont constituées des documents du Ministère de l'Environnement Américain établissant les critères, et des directives de la qualité de l'air pour l'Europe (OMS, 1987 et 1999). Les directives de la qualité de l'air sont formulées de telle sorte que les populations exposées à des concentrations inférieures aux valeurs des directives ne doivent pas être soumises à des effets négatifs. Dans le cas où la valeur indicative pour un polluant est dépassée, la probabilité d'apparition d'effets nuisibles augmentera.

Diverses approches de l'évaluation de l'exposition ont été utilisées dans des enquêtes d'épidémiologie environnementales. Par ordre de complexité croissante, on distingue :

- Classification du degré d'exposition individuelle (élevée ou faible) ;
- Concentrations en plein air mesurées ou modélisées ;
- Mesure des concentrations intérieures et extérieures ;
- Estimation du degré d'exposition personnelle en utilisant des concentrations intérieures, extérieures et au niveau de microenvironnements ainsi que les relevés de journaux de bords chronologiques ;
- Mesure directe du degré d'exposition des personnes ;
- Mesure de la respiration et d'autres bios marqueurs du degré d'exposition.

A l'évidence, l'approche la moins sophistiquée établissant une classification des groupes d'exposition à l'aide d'une variable discrète (par exemple, maisons utilisant des cuisinières à gaz en opposition à celles utilisant des cuisinières électriques, pour l'évaluation de l'impact du NO₂) peut conduire à des biais significatifs dans la classification des expositions. Cependant, de nombreuses études sur la santé environnementale sont basées sur des données de surveillance ambiante ou à l'échelle de la communauté. En dehors de la variation spatiale habituelle des concentrations de

polluants en plein air, l'exposition humaine à plusieurs polluants implique souvent des sources d'exposition aux polluants et des emplacements autres que les polluants de l'air extérieur et les environnements ambiants suivis (tels que pour PM, NO₂, et COV). Pour des polluants réactifs, comme l'ozone, les niveaux de pollution en intérieur sont significativement plus bas que les concentrations en plein air. Puisque les personnes passent plus de temps à l'intérieur, leur exposition à l'ozone est plus étroitement en rapport avec les concentrations d'ozone en intérieur qu'avec celles en plein air. En général, donc, les modèles d'exposition basés uniquement sur des données ambiantes sont beaucoup moins précis que les micro-modèles environnementaux qui combinent des mesures (ou des prévisions) de concentration en intérieur et en plein air avec les variations d'activité dans le temps.

La modélisation de l'exposition humaine aux polluants environnementaux a fait l'objet d'une attention considérable au cours de la dernière décennie. Un certain nombre d'études de terrain d'évaluation de l'exposition humaine, telles que les études méthodologiques "Total Exposure Assessment Methodology (TEAM)" de l'Agence Américaine de Protection de l'Environnement, ont fourni une base importante pour les modèles d'exposition humaine au CO, aux composés organiques volatils (COV), aux pesticides et PM₁₀. Les résultats de ces études de terrain ont abouti à une meilleure compréhension de la variation des concentrations de polluants en intérieur, en plein air et au niveau des personnes. Cependant, les mesures peuvent être généralisées et interprétées techniquement en termes d'exposition humaine en utilisant des modèles d'exposition.

Les modèles d'exposition fournissent une structure analytique pour combiner des données de types différents, collectées à partir d'études disparates, de telle sorte que les informations existantes sur un polluant particulier peuvent être utilisées de façon plus efficiente que ne le permettraient des méthodes d'étude directes. L'incertitude relative à divers composants de l'évaluation de la santé environnementale peut être formellement incorporée dans de tels modèles pour évaluer l'incertitude de la prévision (telle que le résultat concernant l'exposition, la dose ou la santé), pour identifier les composants qui influencent l'exactitude et la précision de la prévision en comparant des valeurs prévues à celles mesurées dans le terrain. Les modèles validés peuvent alors être utilisés pour examiner l'efficacité de diverses stratégies de gestion des risques de santé publique associés à l'exposition aux doses de polluants environnementaux.

4.5 Utilisation des IQA dans différents pays

L'Indice de la Qualité de l'Air, IQA, est un indice qui indique quotidiennement la qualité de l'air. Il indique le degré de propreté ou de pollution de l'air et informe le public sur les effets possibles sur la santé. L'IQA met l'accent sur les effets sur la santé qui peuvent survenir en quelques heures ou jours après avoir respiré de l'air pollué. C'est aux Etats-Unis que la définition d'un Indice de la Qualité de l'air (IQA) présentée et appliquée pour la première fois. Aujourd'hui la plupart des systèmes de contrôle de qualité de l'air en Asie présentent quotidiennement des IQA.

Le Ministère de l'Environnement Américain a élaboré un IQA basé sur les cinq principaux polluants de l'air tels qu'ils sont identifiés dans la Loi sur la Qualité de l'Air (Clean Air Act) : l'ozone, les particules, le monoxyde de carbone, le dioxyde de soufre et le dioxyde d'azote au niveau du sol. Pour chacun de ces polluants, le Ministère de l'Environnement Américain a établi des normes de qualité de l'air nationales afin de protéger des effets nuisibles à la santé. On peut considérer l'IQA comme une échelle de référence allant de 0 à 500. Plus la valeur d'IQA est élevée, plus le niveau de pollution de l'air est élevé, et plus élevé est également le danger pour la santé. Par exemple, une valeur d'IQA de 50 représente la bonne qualité de l'air avec peu de probabilité d'affecter la santé publique, tandis qu'une valeur d'IQA de plus de 300 représente une qualité de l'air dangereuse.

Beaucoup de pays et zones urbaines en Asie ont adapté les valeurs d'IQA en vue d'une information du public. Une valeur d'IQA de 100 correspond généralement à la norme standard nationale de la qualité de l'air pour le polluant. Les IQA de valeurs inférieures à 100 sont généralement considérés comme satisfaisants. Lorsque les valeurs d'IQA sont supérieures à 100, on considère que la qualité de l'air est malsaine.

Le but de l'IQA est d'aider l'utilisateur à comprendre l'incidence que la qualité de l'air local peut avoir sur la santé. Pour rendre l'IQA aussi facile à comprendre que possible, les valeurs d'IQA ont été divisées en six catégories, présentées souvent au public par un code de couleurs comme indiqué ci-dessous :

Valeurs de (IQA)	Niveaux de santé Concernés	Couleurs
<i>... Quand l' IQA est dans l'intervalle:</i>	<i>...la qualité de l'air est :</i>	<i>... représentée par cette couleur :</i>
0 à 50	Bonne	Verte
51 à 100	Modérée	Jaune
101 à 150	Malsaine pour les groupes sensibles	Orange
151 à 200	Malsaine	Rouge
201 à 300	Très Malsaine	Violette
301 à 500	Dangereuse	Bordeaux

A chaque catégorie correspond un certain niveau de santé. Par exemple, quand l'IQA d'un polluant se situe entre 51 et 100, son impact sur la santé est "Modéré".

En Asie les procédures adoptées en fonction des valeurs de l'IQA varient légèrement d'un pays à un autre. Au Bangladesh le Programme de Contrôle de Qualité de l'air

produit une valeur quotidienne d'IQA en rapport aux Objectifs nationaux de Qualité de l'air ambiant. La qualité de l'air est définie selon cinq classes. Dans d'autres pays les valeurs choisies utilisées pour générer l'IQA ont été comparées aux valeurs des directives de la qualité de l'air proposées par l'Organisation Mondiale de la Santé.

A Ho-Chi-Minh-Ville, au Viêt-Nam, les valeurs de l'IQA sont produites automatiquement chaque jour. Les résultats des mesures de PM₁₀, NO₂, CO, SO₂ et O₃ sont inclus dans la détermination de l'IQA. Tous les paramètres ne peuvent pas être mesurés à une station donnée. Dans ce cas seuls les paramètres mesurés sont inclus. D'autre part, les moyennes quotidiennes et horaires sont toutes deux incluses pour intégrer le fait que la détérioration de la santé peut être due à la fois à de courts temps d'exposition à des niveaux de concentrations élevés et à de longues périodes d'exposition à des niveaux de concentrations faibles. Ce fait est également pris en compte dans les Normes de la Qualité de l'Air. L'indice de la Qualité de l'Air (IQA) a été incorporé dans la base de données et dans le système de gestion de la qualité de l'air (AirQUIS) sur la base des normes de qualité de l'air actuelles et proposées pour le Vietnam (TCVN 5937 – 1995 et TCVN 5937 – 2005).

La façon la plus simple d'évaluer IQA d'Ho-Chi-Minh-Ville, au Viêt-Nam, est de diviser les procédures en IQA (h) horaires basés sur les concentrations horaires et normes vietnamiennes relatives aux moyennes sur 1-hr, et IQA (d) journalier basé sur les concentrations moyennes quotidiennes et normes vietnamiennes relatives aux moyennes sur 24-hr. L'IQA final, pour chaque journée, sera la valeur la plus élevée entre la valeur horaire maximale d'IQA et la valeur IQA journalière.

Dans les analyses ci-dessous nous avons utilisé les nomenclatures suivantes :

<p>h = heure j = site i = composant d = quotidien (24 heures) C = concentration S = norme (horaire, quotidien, annuel)</p>
--

<p>Sites : 1 = DOSTE 2 = Hong Bang 3 = Tan Son Hoa 4 = Thu Duc 7 = Zoo, District 1 9 = Quang Trung 8 = District 2 PC 5 = Thong Nhat Hospital 6 = Binh Chanh Educ Centre</p>

Le ratio concentration/norme le plus élevé pour n'importe quel site et composant pendant une période d'une heure est évaluée à partir de :

$$IQA(h,j) = \text{Max}_h (C(h,i,j)/S(h,i)) * 100$$

Un indice quotidien est également établi pour les composants disponibles à chaque station, tels que SO₂, NO₂, CO, O₃ et PM₁₀.

La méthode de calcul de l'indice quotidien est semblable à la méthode de calcul de l'indice horaire et se calcule ainsi :

$$IQA(d,j) = \text{Max} (C(d,i,j)/S(d,i)) * 100$$

L'indice quotidien de qualité de l'air sera choisi comme étant le plus grand parmi les deux indices :

$$\text{Max}((\text{IQA}(h,j), \text{AQI}(d,j)))$$

Basé sur un total de 9 stations fonctionnant dans la ville d'Ho-Chi-Minh, l'indice a également été divisé en deux catégories, une pour les stations de trafic et une pour les stations urbaines de fond ;

- Trafic :

$$\text{IQA}(\text{trafic}) = (\text{IQA}(1) + \text{IQA}(2) + \text{IQA}(5) + \text{IQA}(6)) / 4$$
- Urbain/résidentiel :

$$\text{IQA}(\text{urbain/ résidentiel}) = (\text{IQA}(4) + \text{IQA}(7) + \text{IQA}(9)) / 3$$

Pour s'assurer que la qualité des données a été prise en compte dans la génération de l'IQA, les règles d'assurance qualité suivantes ont été mises en œuvre :

- Les données auxquelles sont associés des *indicateurs d'avertissement et d'exclusions* ne sont pas prises en compte dans l'évaluation de l'IQA.
- Les concentrations négatives ne sont pas prises en compte.
- Au moins 6 concentrations moyennes sur une heure sont nécessaires pour produire un IQA quotidien.

Les indicateurs d'exclusion incluent les données manquantes et un trop grand nombre de valeurs consécutives égales (actuellement fixé à 3 valeurs). Les indicateurs d'avertissement concernent les valeurs minimales et maximales attendues. La qualité de l'air est organisée en cinq classes, identiques à celles des directives du Ministère de l'Environnement Américain (*US Federal Register Part III, Environmental Protection Agency, 40 CFR Part 58*). Ces classes sont représentées selon la table suivante :

Indice de classification	
0 to 50	Bonne
51 to 100	Modéré
101 to 200	Médiocre
201 to 300	Malsain
301 et plus	Dangereuse

Les valeurs IQA produites sont transférées chaque jour au niveau d'un panneau d'information situé près du marché Binh Thanh dans le centre ville d'Ho-Chi-Minh. L'IQA calculé la veille est également présenté sur une page Internet de l'Agence de Protection Environnementale d'Ho-Chi-Minh-Ville. L'évaluation définitive du générateur automatique d'IQA a été testée et évaluée, et elle est maintenant présentée sur la page Internet de l'Agence de Protection environnementale d'Ho-Chi-Minh-Ville : www.hepa.gov.vn.

4.6 Les données pour le développement d'une politique de l'air

Les données de la qualité de l'air issues des mesures, et d'une combinaison de mesures et de modélisation, sont utilisées de différentes façons dans le cadre du développement d'une politique de l'air :

- Etablissement et vérification des normes et des valeurs limites
- Identification des secteurs où des actions et des mesures doivent être mises en oeuvre
- Référence pour l'octroi d'autorisations (par exemple par le biais d'études d'évaluation d'impact)
- Identification et vérification de l'impact de scénarios de réduction
- Sensibilisation du public

Lors de l'**élaboration des normes de la qualité de l'air ambiant**, tous les secteurs qui doivent faire l'objet d'une protection environnementale spéciale doivent être identifiés, pour éviter la détérioration d'écosystèmes sensibles. Une telle protection peut être nécessaire pour entretenir la biodiversité. Une norme de la qualité de l'air ambiant constitue un objectif à atteindre. Elle établit la concentration maximale de chaque polluant dans l'air que l'on peut autoriser dans un secteur géographique. Les émissions d'un polluant peuvent provenir de beaucoup de sources. La norme sur la qualité de l'air ambiant ne s'intéresse qu'à la somme totale des émissions de ce polluant provenant de toutes les sources. Par contre elle ne s'intéresse pas à la quantité des émissions provenant de chaque source prise individuellement.

Ce sont les autorités d'une région, d'un Etat ou d'une Union d'Etats qui décident des normes de la qualité de l'air ou des valeurs limites. L'élaboration et l'application des normes de la qualité de l'air ambiant sont un exemple du droit des autorités à définir des normes et à les mettre en oeuvre. L'Etat a le droit d'interdire aux personnes et aux industries d'utiliser l'air comme un lieu de rejet de leurs déchets. Il a le droit de déterminer qui peut émettre des polluants dans l'air et jusqu'à quel niveau cela reste acceptable. Les autorités peuvent également exiger la mise en application de ces interdictions. Dans la plupart des pays les normes sur la qualité de l'air ambiant sont établies afin de réduire, autant que possible, les risques sur la santé humaine et sur l'écologie.

L'examen des avantages et des coûts associés aux mesures de réduction peut permettre de savoir si ces limites sont plus élevées ou plus faibles que le niveau d'efficacité. Le niveau ambiant d'efficacité est celui où le bénéfice social marginal de la mesure de réduction est égal à son coût social marginal. Une limite régionale a un sens lorsque les avantages et les coûts de la mesure de réduction diffèrent significativement selon la région. Par exemple, une norme de qualité de l'air plus élevée peut être souhaitée dans des zones rurales comparativement aux villes où les coûts de réductions sont élevés. De la même façon l'établissement de normes relatives aux PM pour un secteur donné s'est montré difficile, dans la mesure où les concentrations de " l'environnement naturel de fond" dues aux vents de poussière soufflant en provenance des secteurs désertiques ou à des feux de brousse contribuent en général considérablement au niveau de pollution de l'air régional. C'est sur la base de données

de mesure que l'on pourra évaluer la situation comme donnée d'entrée du processus de prise de décisions.

Le type de contrôle requis doit être approprié à la nature et à la taille de la source et au polluant étudié. Dans certains cas, un suivi discontinu (intermittent ou "spot check") réalisé à quelques mois d'intervalles peut être suffisant. Cela serait particulièrement approprié là où les paramètres des processus d'exploitation sont à peu près constants dans le temps et l'impact du polluant (par exemple un métal lourd) sur la santé humaine est fonction de sa concentration moyenne à long terme, et non de pics de concentration.

Là où les émissions dans l'air dues à un processus varient significativement dans le temps, ou lorsque le polluant peut affecter la santé humaine ou l'environnement à court terme (par exemple le dioxyde de soufre), un contrôle continu peut alors être nécessaire. L'autorité compétente devra s'assurer, dans le cadre de la procédure d'inspection, que le contrôle est effectué par rapport à une norme acceptable et que les taux d'émission autorisés dans la licence d'exploitation sont dans les limites définies.

Toutes les données utilisées à des fins d'évaluation doivent avoir fait l'objet d'une assurance qualité, en raison des dépenses potentielles importantes qui peuvent en découler. A partir des résultats de ces activités de suivi initiales, on peut identifier d'autres secteurs où les valeurs limites pourraient être dépassées, ou bien des secteurs où il est peu probable qu'elles soient dépassées, et un contrôle ou d'autres formes d'évaluation peuvent être entrepris si nécessaire.

La planification constitue une activité prioritaire dans tout secteur où la qualité de l'air doit être améliorée c'est-à-dire où les valeurs limite prescrites sont dépassées. S'il existe beaucoup de secteurs de ce type, la priorité qui leur sera accordée à chaque secteur pourra être fonction du nombre de personnes exposées et à l'ampleur de la différence entre la valeur limite et le niveau ambiant réel dans ce secteur. Dans de nombreux cas, la modélisation peut être utilisée pour prévoir l'effet de différents scénarios de réduction d'émission et aider dans la sélection de la solution la plus acceptable. Les modèles devront être basés sur des inventaires des émissions précis et à jour.

Des stratégies de réduction optimales ont été développées par la Banque mondiale pour quatre grandes zones urbaines en Asie dès 1996-97. Des mesures de la qualité de l'air combinées à des modèles, à des fonctions de réponse de dose et à des évaluations bénéfiques/coûts ont permis d'établir une liste d'actions les plus rentables qui pourraient être mises en oeuvre à Katmandu, Mumbai, Jakarta et Manille.

Le projet de Stratégie de Gestion Urbaine de la Qualité de l'air (URBAIR) a été mise en oeuvre pour aider à la conception et la mise en oeuvre de politiques de l'air, et d'un cadre de suivi et de gestion pour rétablir la qualité de l'air dans des secteurs métropolitains asiatiques. Son but était d'identifier les composantes d'un plan d'action général de gestion et de contrôle de la pollution de l'air. Les mesures de réduction proposées dans ce plan ont été classées selon leur rentabilité, et en prenant en compte

le temps requis pour les mettre en œuvre et la date à laquelle elles deviendraient effectives.

L'outil de planification du système de gestion de la qualité de l'air (SGQA) inclut les principaux composants suivants :

- Evaluation de la qualité de l'air
- Évaluation de dégâts environnementaux
- Evaluation des options de réduction
- Analyses coûts-bénéfices ou coût-efficacité
- Mesures de réduction
- Stratégie de contrôle optimum

Evaluation : L'évaluation de la qualité de l'air, des dégâts environnementaux et des options de réduction fournit des données d'entrée pour l'analyse des coûts, qui prend également en compte les objectifs fixés en matière de qualité de l'air (par exemple les normes sur la qualité de l'air) et les objectifs économiques (par exemple la réduction des dépenses occasionnées par les dégâts). Cette analyse conduit à un Plan d'Action contenant des mesures de réduction et de contrôle à mettre en œuvre dans le court, moyen et long terme. Le but de cette analyse est l'élaboration d'une stratégie de contrôle optimale.

Le SGQA dépend de l'ensemble des tâches techniques et analytiques suivantes, qui peuvent être entreprises par les autorités ayant en charge la qualité de l'air :

- Création d'un inventaire des activités polluantes et des émissions ;
- Contrôle de la pollution de l'air et des paramètres de dispersion ;
- Calcul des concentrations de pollution de l'air à l'aide des modèles de dispersion ;
- Évaluation du degré d'exposition et des dégâts causés ;
- Évaluation de l'effet de la réduction et des mesures de contrôle ;
- Établissement et amélioration de la réglementation sur la pollution de l'air et des mesures politiques.

Ces activités et les institutions nécessaires pour les exécuter, constituent les préalables pour établir le SGQA, comme le montre la Figure 4.3.4.

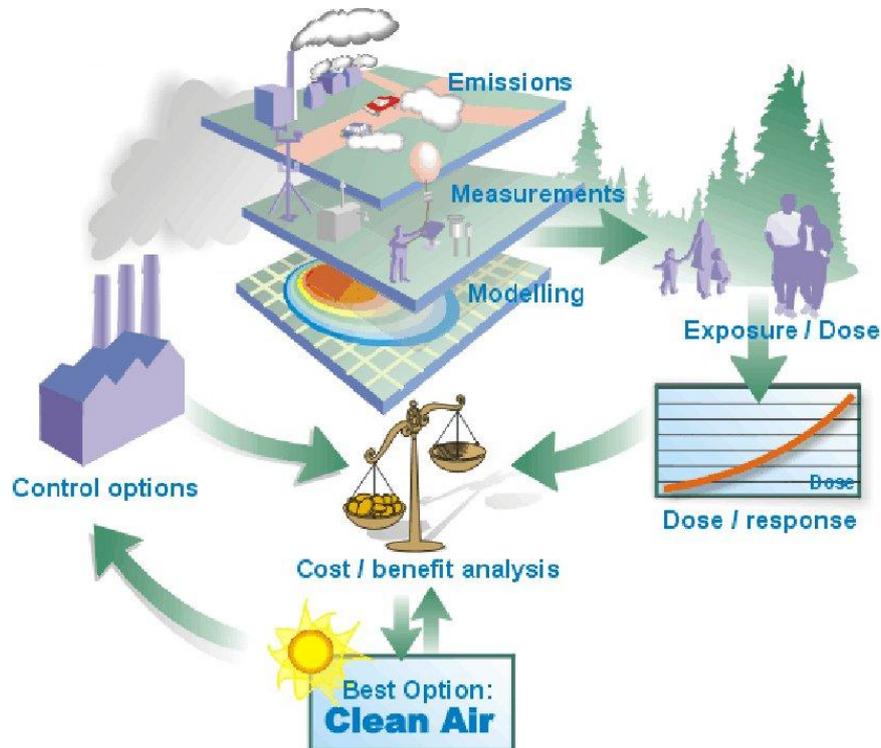


Figure 5: Eléments d'un système de planification d'une stratégie de réduction optimale.

Plans d'Action et mise en oeuvre : Les différents types d' "actions" incluent :

- Mesures techniques de réduction ;
- Améliorations de la base de données factuelle (par exemple inventaire des émissions, suivi, etc.) ;
- Renforcement institutionnel ;
- Exécution d'un plan d'investissement ;
- Sensibilisation du public et éducation environnementale.

Suivi : Un troisième composant essentiel du SGQA est le suivi permanent, ou la surveillance. Le suivi est essentiel pour l'évaluation de l'efficacité des actions de contrôle de la pollution de l'air. Le but d'un Système d'Information sur la Qualité de l'air (SIQA) est, grâce à un suivi permanent, de tenir les autorités, les principaux pollueurs et le public informés sur les changements à court et long terme de la qualité de l'air ; il permet ainsi d'améliorer la sensibilisation aux questions de qualité d'air et d'évaluer les résultats des mesures de réduction. Cette partie du SGQA inclura également le développement institutionnel et la formation qui permettront d'assurer la pérennité du système implanté dans le secteur ou la région.

Un système de gestion de la qualité de l'air nécessite des activités dans les domaines suivants :

- Inventaire des activités polluant l'air et des émissions
- Suivi de la pollution de l'air, de la météorologie et de la dispersion

- Calcul des niveaux de concentrations de la pollution de l'air, à l'aide de modèles de dispersion
- Inventaire de la population, des matériaux et du développement urbain
- Calcul des effets des mesures de réduction/contrôle
- Elaboration/amélioration de la réglementation sur la pollution de l'air

La mise en oeuvre de plans et stratégies d'amélioration de la qualité de l'air, dans des villes asiatiques comme ailleurs, est effectuée à l'aide d'instruments politiques par les ministères, les agences chargées de l'élaboration ou de l'application de la réglementation, et diverses autres institutions. Certaines de ces institutions peuvent très bien être les mêmes que celles qui doivent être en place pour effectuer l'analyse du SGQA décrite ci-dessus, et qui constitue une base idéale pour l'élaboration des plans et des stratégies. Ainsi, l'existence d'institutions pertinentes et d'une structure organisationnelle institutionnelle, fait partie de la base de travail du SGQA.

Les différents niveaux de gouvernement - national, régional et local - ont des rôles et des responsabilités différentes dans la sphère environnementale. Les normes de la qualité de l'air ou les directives sont d'habitude établies au niveau national, bien que la collectivité locale puisse être autorisée à imposer des règlements plus stricts. Les gouvernements nationaux assument en général la responsabilité de la recherche scientifique et de l'éducation environnementale, tandis que les collectivités locales élaborent et mettent en application les règlements et les mesures associés aux politiques de contrôle de la pollution au niveau local.

Le dispositif institutionnel, les lois et règlements constituent des parties importantes d'un SGQA. La faiblesse d'institutions manquant de compétences techniques et d'autorité politique, le manque d'information et de moyens au niveau des agences d'exécution, des procédures légales et administratives insuffisamment claires, ont constitué autant d'obstacles à la réussite de la gestion de la qualité de l'air en Asie. Chaque pays a sa propre hiérarchie politique et administrative et une expertise technique qui ont une influence sur les institutions, les lois et règlements relatifs au suivi de la pollution de l'air. Les procédures de SGQA similaires à celles du projet URBAIR ont été mises en oeuvre dans d'autres zones urbaines et régions en Chine, telles que Guangzhou, Yantay et dans la province de Shanxi. Un des enseignements de ces études est le rôle important de la clarté des structures organisationnelles, de la répartition et de la description des responsabilités et des « chaînes de commandement ».

La diffusion des données et l'information du public constituent des outils importants de sensibilisation. Les données peuvent être préparées et distribuées à partir des bases de données de diverses façons afin de répondre aux besoins des utilisateurs. Les systèmes de représentation de données sont souvent basés sur le système de gestion de la qualité de l'air. Plusieurs applications ont été conçues pour une utilisation directe via Internet, des solutions WAP (protocole de communication sans fil), SMS (texto/messagerie instantanée) et MMS (service de messagerie multimédia). Plusieurs projets ont été conçus pour utiliser de tels services ; c'est également le cas de programmes de recherche internationaux tel que "Société de l'Information de

Demain" de l'Union Européenne, et par exemple le projet APNEE (www.apnee.org) où l'on peut trouver des liens vers plusieurs pages Web en Europe.

5 Références

Pour AirQUIS: URL: <http://www.airquis.no>

Bøhler, T., Laupsa, H. and McInnes, H. (2003) Trend analysis of air pollution exposure in Oslo 1995, 1998 and 2001, Better air quality in Oslo.

URL: <http://www.nilu.no/clear/news4.htm>

Clench-Aas, J., Bartonova, A., Kolbenstvedt, M. and Klaebo, R. (2000) Oslo traffic study – part 2. Quantifying effects of traffic measures using individual exposure modelling. *Atmos. Environ.*, 34, 4737-4744.

EU (2000) Directive 2000/69/EC of the European Parliament and of the Council of 16 November 2000 relating to limit values for benzene and carbon monoxide in ambient air. *Official Journal of the European Union*, L 313, 13/12/2000, 12-21.

URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2000:313:0012:0021:EN:PDF>

EU (2001a) Commission Decision of 17 October 2001 amending Annex V to Council Directive 1999/30/EC relating to limit values for sulphur dioxide, nitrogen dioxide and oxides of nitrogen, particulate matter and lead in ambient air. *Official Journal of the European Union*, L 278, 23/10/2001, 35-36. URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2001:278:0035:0036:EN:PDF>

URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2001:278:0035:0036:EN:PDF>

EU (2001b) Commission decision of 17 October 2001 amending the Annexes to Council Decision 97/101/EC establishing a reciprocal exchange of information and data from networks and individual stations measuring ambient air pollution within the Member States. *Official Journal of the European Union*, L 282, 26/10/2001, 69-76. URL: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/oj/2001/l_282/l_28220011026en00690076.pdf?i=0

URL: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/oj/2001/l_282/l_28220011026en00690076.pdf?i=0

EU (2001c) Guidance on the Annexes to Decision 97/101/EC on Exchange of Information as revised by Decision 2001/752/EC. URL:

<http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/guidancetoannexes97101ec.pdf>

EU (2001d) Commission decision of 8 November 2001 laying down a questionnaire to be used for annual reporting on ambient air quality assessment under Council Directives 96/62/EC and 1999/30/EC. *Official Journal of the European Union*, L 319, 04/12/2001, 45-64. URL: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/oj/2001/l_319/l_31920011204en00450064.pdf

URL: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/site/en/oj/2001/l_319/l_31920011204en00450064.pdf

EU (2002) Directive 2002/3/EC of the European Parliament and of the Council of 12 February 2002 relating to ozone in ambient air. *Official Journal of the European Union*, L 67, 09/03/2002, 14-30. URL: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2002:067:0014:0030:EN:PDF>

EU (2005) Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on Ambient air quality and cleaner air for Europe (Provisional version) Brussels, 21 September 2005 (COM(2005) 447).
URL: http://europa.eu.int/comm/environment/air/cafe/pdf/cafe_dir_en.pdf

Van Alst, R., Edwards, L., Pulles, T., De Saeger, E., Tombrou, M., Tønnesen, D. (1998) Guidance report on preliminary assessment under EU air quality directives. Copenhagen, European Environment Agency (Technical report no. 11).
URL: <http://reports.eea.europa.eu/TEC11a/en/tech11.pdf>

Larssen, S., Sluyter, R. and Helmis, C. (1999) Criteria for EUROAIRNET - The EEA Air Quality Monitoring and Information Network. Copenhagen, European Environment Agency (Technical report no. 12). URL: <http://reports.eea.europa.eu/TEC12/en/tech12.pdf>

Shah, J., Nagpal, J., Brandon, T. (eds.) (1997) Urban air quality management strategy in Asia – guidebook. Washington, D.C., The World Bank.

Sivertsen, B. and Bøhler, T. (2000) On-line air quality management system for urban areas in Norway. Presented at the seminar "The air of our cities ... it's everybody's business", Paris, 16-18 February 2000. In: *Proceedings. Paris, Marie de Paris, Environment. Fourth theme, paper D6*, pp. 44-45 (NILU F 4/2000).

Sivertsen, B., Thanh, T.N., Le, V. K. and Vo, T.D. (2004). The air quality monitoring and management system for HCMC, Vietnam. Presented at BAQ conference, Agra, India, December 2004. Kjeller (NILU F 60/2004). URL: <http://www.cleanairnet.org/baq2004/1527/article-59135.html>

Sivertsen, B. (2005) Ho Chi Minh City Environmental Improvement Project. Air Quality Assessment and Reporting. Presented at DONRE, HCMC, November 2005. Kjeller (NILU F 60/2005).
URL: http://www.nilu.no/index.cfm?ac=publications&folder_id=4309&publication_id=9245&view=rep

US EPA (1990) National Ambient Air Quality Standards (NAAQS).
URL: <http://epa.gov/air/criteria.html> and <http://www.epa.gov/ttn/naaqs/>

US EPA (2006) Environmental Protection Agency, 40 CFR Parts 53 and 58. Revisions to ambient air monitoring regulations. *Federal Register*, Vol. 71 / No. 10 / Tuesday, January 17, 2006 / Proposed Rules.



WHO, Regional Office for Europe (1995) Methodology for assessment of exposure to environmental factors in application to epidemiological studies. *Sci. Tot. Environ.*, 168, 93-100.

World Health Organization (1999a) Monitoring ambient air quality for health impact assessment. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe (WHO Regional Publications, European Series, No. 85).

URL: <http://www.euro.who.int/document/e67902.pdf>

World Health Organization (1999b) Air quality guidelines for Europe, second edition. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe (WHO Regional Publications, European series, No. 91). URL: http://www.euro.who.int/air/activities/20050223_4

World Health Organization (2005) WHO air quality guidelines global update 2005. Report on a Working Group meeting, Bonn, Germany, 18-20 October 2005. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe.

URL: <http://www.euro.who.int/Document/E87950.pdf>

