



# POUR EN SAVOIR PLUS SUR LA QUALITE DE L'AIR

## La réglementation



## La surveillance



## Paramètres influant sur la qualité de l'air



Octobre  
2006



## TABLE DES MATIERES

Introduction .....	3
<b>1 Unités et statistiques employées.....</b>	<b>4</b>
1.1 UNITES.....	4
1.2 STATISTIQUES .....	4
1.2.1 Définitions.....	4
1.2.2 Exemples d'analyses statistiques .....	5
<b>2 La pollution atmosphérique .....</b>	<b>7</b>
2.1 LES PRINCIPAUX POLLUANTS .....	7
2.1.1 Le dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> ) .....	9
2.1.2 Les oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> ) .....	10
2.1.3 Les poussières en suspension (PS).....	11
2.1.4 Le monoxyde de carbone (CO) .....	12
2.1.5 Les Composés Organiques Volatils (COV).....	13
2.1.6 Les métaux lourds .....	15
2.1.7 L'ozone (O <sub>3</sub> ).....	17
2.2 EFFETS DES POLLUANTS SUR LA SANTE ET SUR L'ENVIRONNEMENT .....	19
2.2.1 Le dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> ) .....	19
2.2.2 Les oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> ) .....	19
2.2.3 Les poussières en suspension (PS).....	20
2.2.4 Le monoxyde de carbone (CO) .....	20
2.2.5 Les Composés Organiques Volatils (COV).....	20
2.2.6 Les métaux lourds .....	21
2.2.7 L'ozone .....	21
<b>3 La surveillance de la pollution atmosphérique.....</b>	<b>22</b>
3.1 LA REGLEMENTATION .....	22
3.1.1 Les différents textes réglementaires.....	22
3.1.2 Quelques définitions .....	22
3.1.3 Les valeurs réglementaires par polluant.....	25
3.2 LE DISPOSITIF DE SURVEILLANCE .....	33
3.2.1 Les mesures en continu (réseau fixe) .....	33
3.2.2 Les mesures temporaires par dispositifs mobiles.....	38
3.2.3 La modélisation.....	40
3.3 INFLUENCE DES PARAMETRES METEOROLOGIQUES .....	41
3.3.1 Température et inversion de température .....	41
3.3.2 Vitesse du vent .....	43
3.4 INFLUENCE DES PARAMETRES TEMPORELS (TRAFIC AUTOMOBILE) .....	43
3.5 INFLUENCE COMBINEE DES PARAMETRES METEOROLOGIQUES ET TEMPORELS .....	46
3.6 INFLUENCE DES PARAMETRES GEOGRAPHIQUES .....	47
<b>4 Niveaux mesurés .....</b>	<b>48</b>
4.1 LE DIOXYDE DE SOUFRE (SO <sub>2</sub> ) .....	48
4.2 LE DIOXYDE D'AZOTE (NO <sub>2</sub> ).....	49
4.3 LES POUSSIÈRES EN SUSPENSION (PM <sub>10</sub> ) .....	49
4.4 L'OZONE (O <sub>3</sub> ).....	50
4.5 LES HYDROCARBURES AROMATIQUES POLYCYCLIQUES (HAP) .....	51
4.6 LES METAUX LOURDS.....	51
<b>Lexique .....</b>	<b>52</b>
<b>Nous contacter.....</b>	<b>53</b>



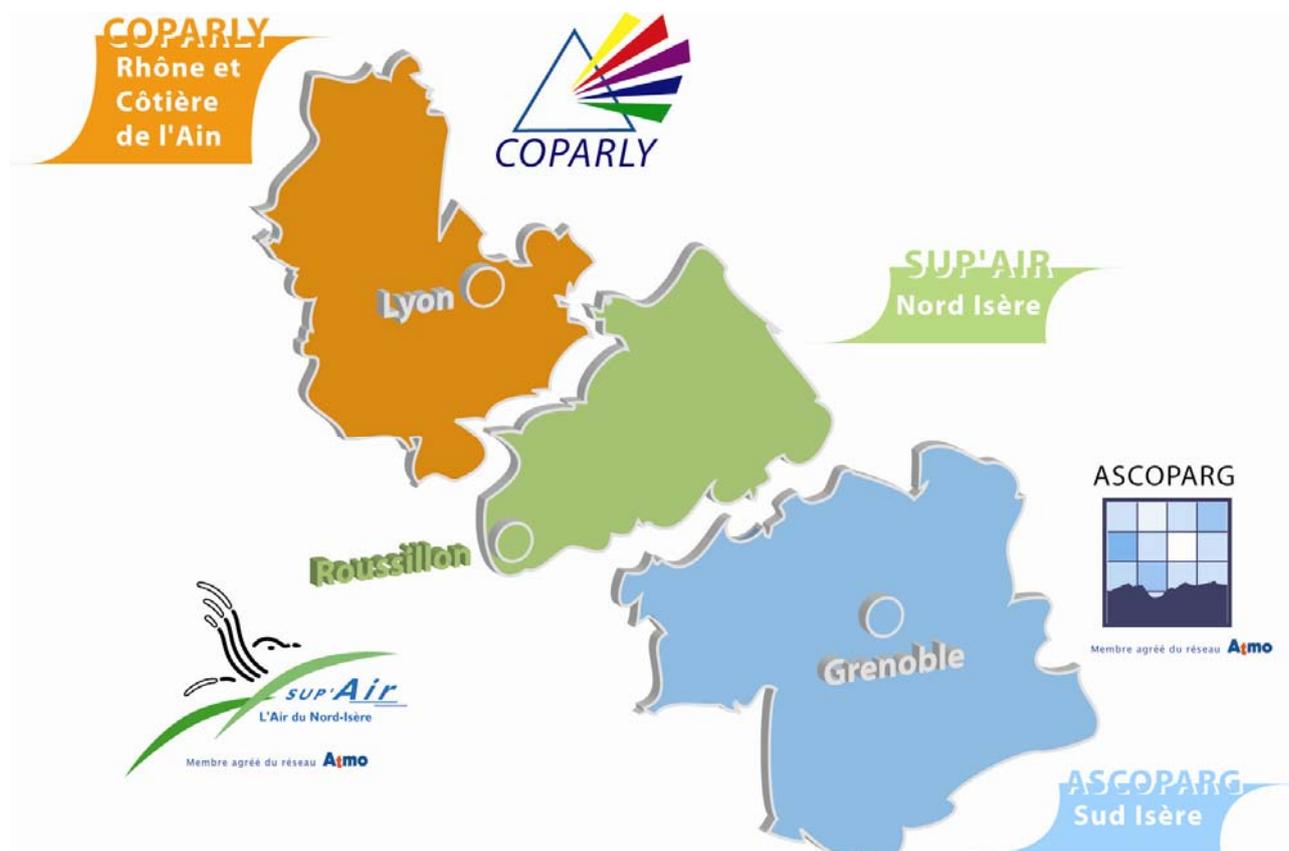
## INTRODUCTION

Le 30 décembre 1996, le parlement français a adopté la loi n°92-1236 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie qui a été ensuite intégrée au Code de l'Environnement en Livre II titre II. L'article 2 de cette loi définit la **pollution atmosphérique** :

### Article 2.

*Constitue une pollution atmosphérique au sens de la présente, l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les changements climatiques, à détériorer les biens matériels, à provoquer des nuisances olfactives excessives.*

Ce document a pour objectif de présenter les différents enjeux en termes de **surveillance de la qualité de l'air** ainsi que les différentes méthodes de surveillance et d'étude de la qualité de l'air mises en place au sein des trois Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (ASCOPARG pour le sud Isère, SUP'AIR pour le nord Isère et COPARLY pour le Rhône et la Côtière de l'Ain).



# 1 UNITES ET STATISTIQUES EMPLOYEES

## 1.1 Unités

La surveillance de la qualité de l'air vise à mesurer la concentration des polluants gazeux ou particulaires dans l'air ambiant. Cette concentration s'exprime en unité de masse par unité de volume d'air prélevé ramenée aux conditions normales de température et de pression.

L'unité la plus couramment utilisée est le **microgramme par mètre cube ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )**, soit le millionième de gramme ( $10^{-6}$  grammes) par mètre cube.

Volumes d'air inspirés :

Air :  
 $1\text{m}^3$  pèse 1,17 kg (à 15°C, 1 bar)



D'autres unités sont aussi employées :

Symbole	%	‰	ppm	ppb	ppt
Facteur	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-9}$	$10^{-12}$
Dénomination	Pour cent	Pour mille	Partie par million	Partie par billion	Partie par trillion

## 1.2 Statistiques

L'analyse des résultats fait appel à différents paramètres statistiques dépendant des choix faits dans les textes réglementaires et permettant d'appréhender les effets de pointe ou les effets chroniques.

### 1.2.1 Définitions

➤ **Moyenne horaire** = *moyenne arithmétique des valeurs quart horaires mesurées par l'analyseur.*  
 Une moyenne horaire est valide si au moins 3 valeurs quart horaires qui la composent le sont.

➤ **Moyenne journalière** = *moyenne arithmétique des valeurs horaires de 0 à 23 heures.*  
 Une moyenne journalière est valide si au moins 18 valeurs horaires le sont.

➤ **Ecart type** = *écart type de la moyenne horaire ou journalière.*

L'écart type permet de connaître la façon dont les valeurs fluctuent autour de la moyenne.

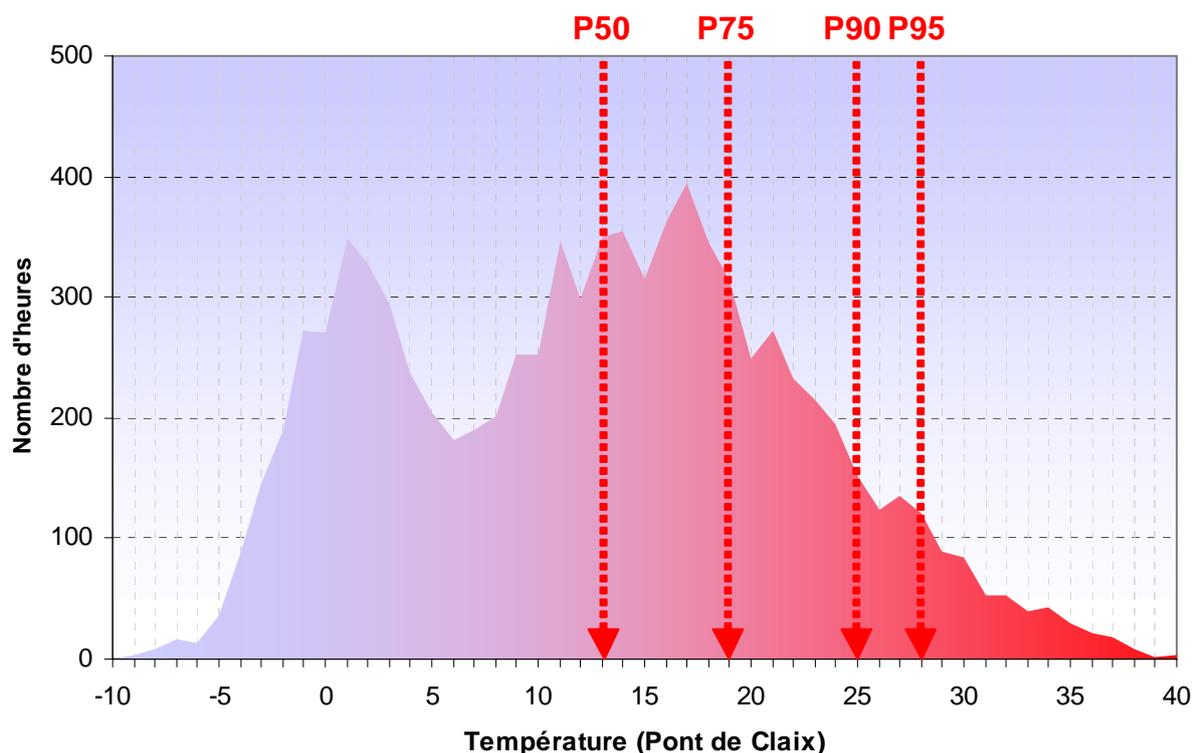
- **Percentile 50** (ou P50) = valeur dépassée par au moins 50% des données de la série statistique

## 1.2.2 Exemples d'analyses statistiques

### Exemple 1 : La température à Grenoble

Le graphique suivant montre la fréquence des températures enregistrées à Pont de Claix (agglomération de Grenoble) en 2004.

Les percentiles sont utilisés pour quantifier les phénomènes extrêmes. Par exemple, les températures caniculaires (supérieures ou égales à 35°C) ne représentent que 0,8% des mesures. Donc le P99,2 est égal à 35.

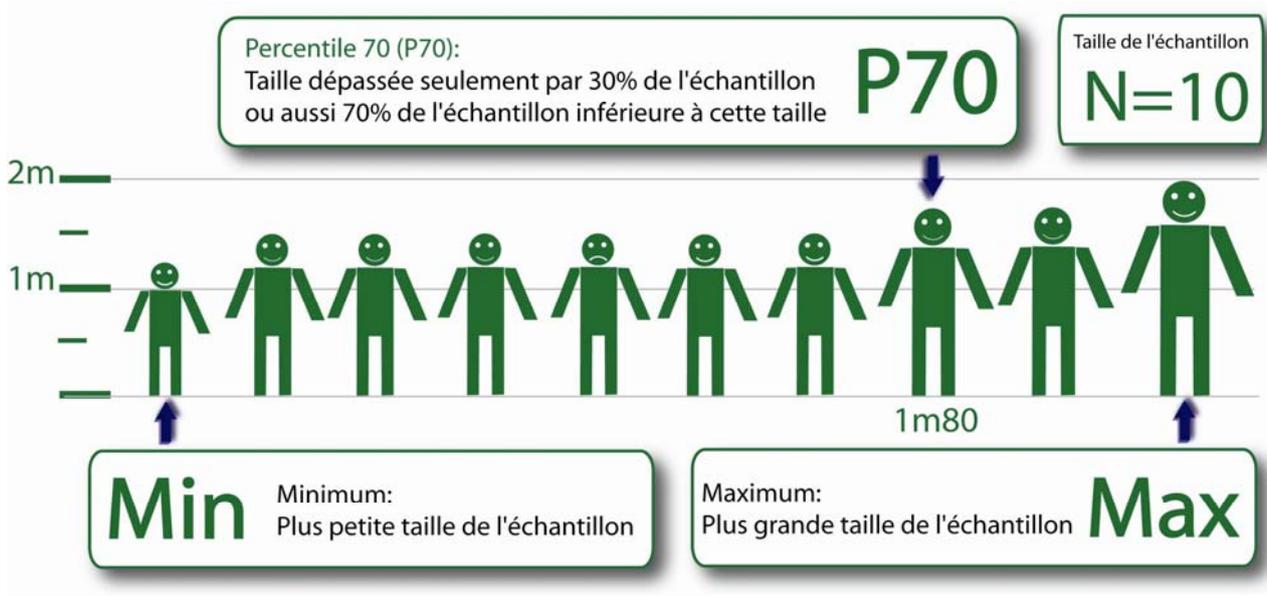


Valeur (Température en °C)		Interprétations :
<b>P50</b>	<b>14</b>	La température est supérieure à 13°C à Pont de Claix pendant la moitié de l'année. Le P50 est aussi appelé <b>médiane</b> .
<b>P75</b>	<b>21</b>	Pendant 25% de l'année, la température est supérieure à 21°C à Pont de Claix. Ou pendant 75% de l'année, la température est inférieure à 21°C.
<b>P90</b>	<b>26</b>	25°C est une température qui est dépassée à Pont de Claix pendant 10% de l'année.
<b>P95</b>	<b>29</b>	La température est supérieure à 28°C pendant 5% de l'année.

Tableau 1-1 Exemple d'analyse statistique (température mesurée à Pont de Claix en 2004)

**Exemple 2 : La taille des français**

Le percentile 70 (P70) représente la taille dépassée par seulement 30% de l'échantillon et logiquement la taille qui n'est pas dépassée par 70% de l'échantillon.  
Dans l'exemple qui suit, le percentile 70 (P70) est 1m80 (3 personnes sur 10 ont une taille supérieure ou égale à 1m80).



## 2 LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

L'air est un **mélange de gaz et de particules** solides ou liquides en suspension qu'on appelle **aérosols**. Les principaux composants de l'air sont **l'azote (N<sub>2</sub>), l'oxygène (O<sub>2</sub>), l'argon (Ar)**. Ces trois éléments représentent en concentration volumique **99,964%** des constituants de l'atmosphère.

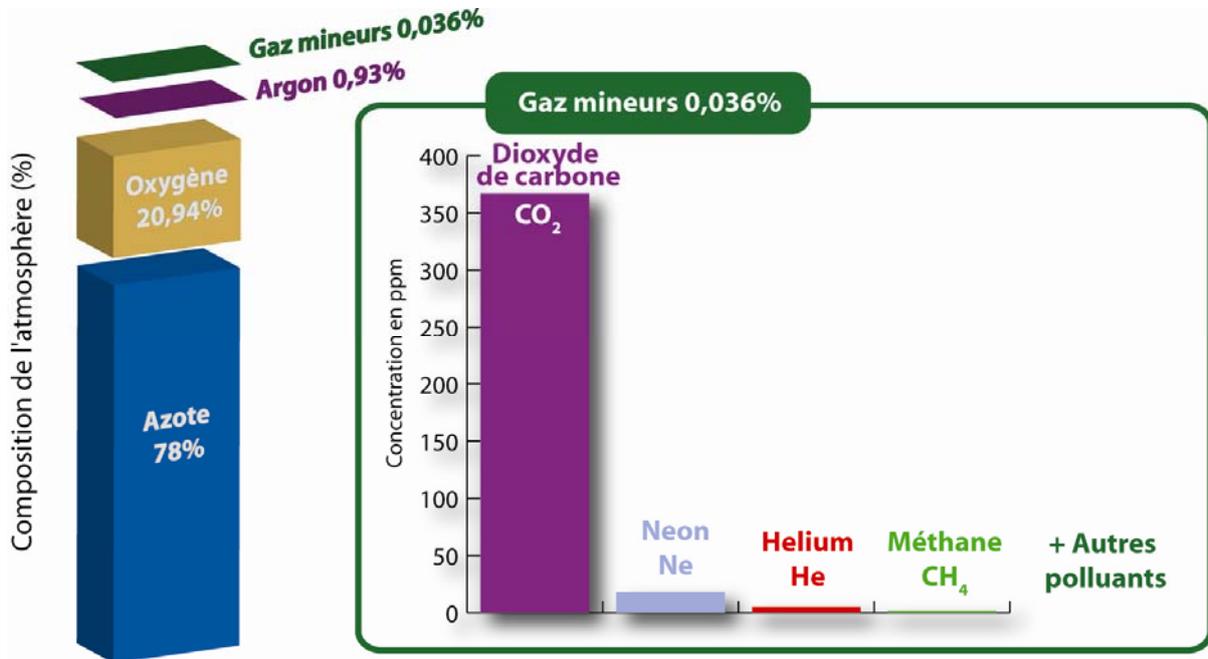


Figure 2.1 Composition chimique de l'atmosphère

**La composition de l'atmosphère terrestre varie dans l'espace et dans le temps** ; les concentrations de chaque constituant et des polluants présents peuvent dépendre de nombreux facteurs comme l'altitude, la latitude, la période (l'hiver par rapport à l'été, le jour par rapport à la nuit) ou le domaine concerné (la ville par rapport à la montagne, l'océan par rapport au continent) (Figure 1.2 : exemple de l'évolution d'un polluant, l'ozone (O<sub>3</sub>) dont la variation n'est pas la même en zone urbaine et en zone montagneuse).

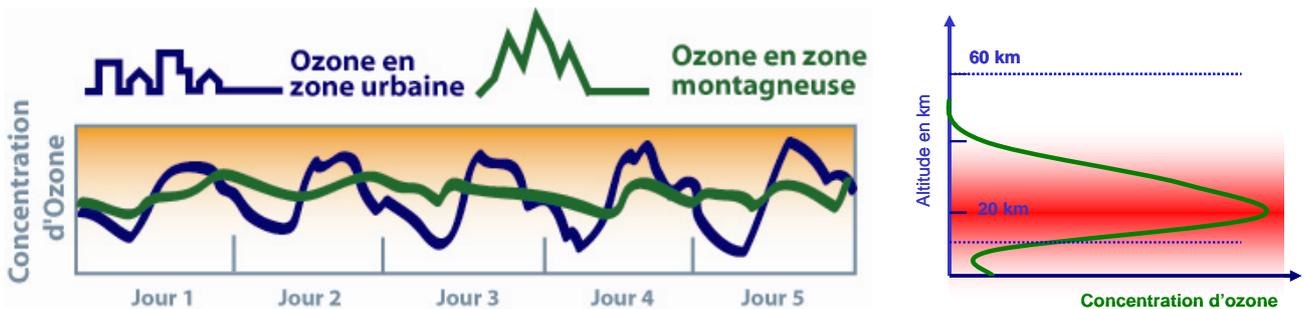


Figure 2.2 Variation des concentrations d'ozone selon le domaine et l'altitude

### 2.1 Les principaux polluants

Il existe deux types de polluants ; les polluants **primaires** directement émis par des sources de pollution (exemple : les gaz d'échappement), et les polluants **secondaires** résultant de la transformation chimique de polluants primaires (exemple de polluant secondaire: l'ozone, qui est un polluant photochimique dont la formation nécessite la combinaison de gaz précurseurs et l'action du rayonnement solaire).

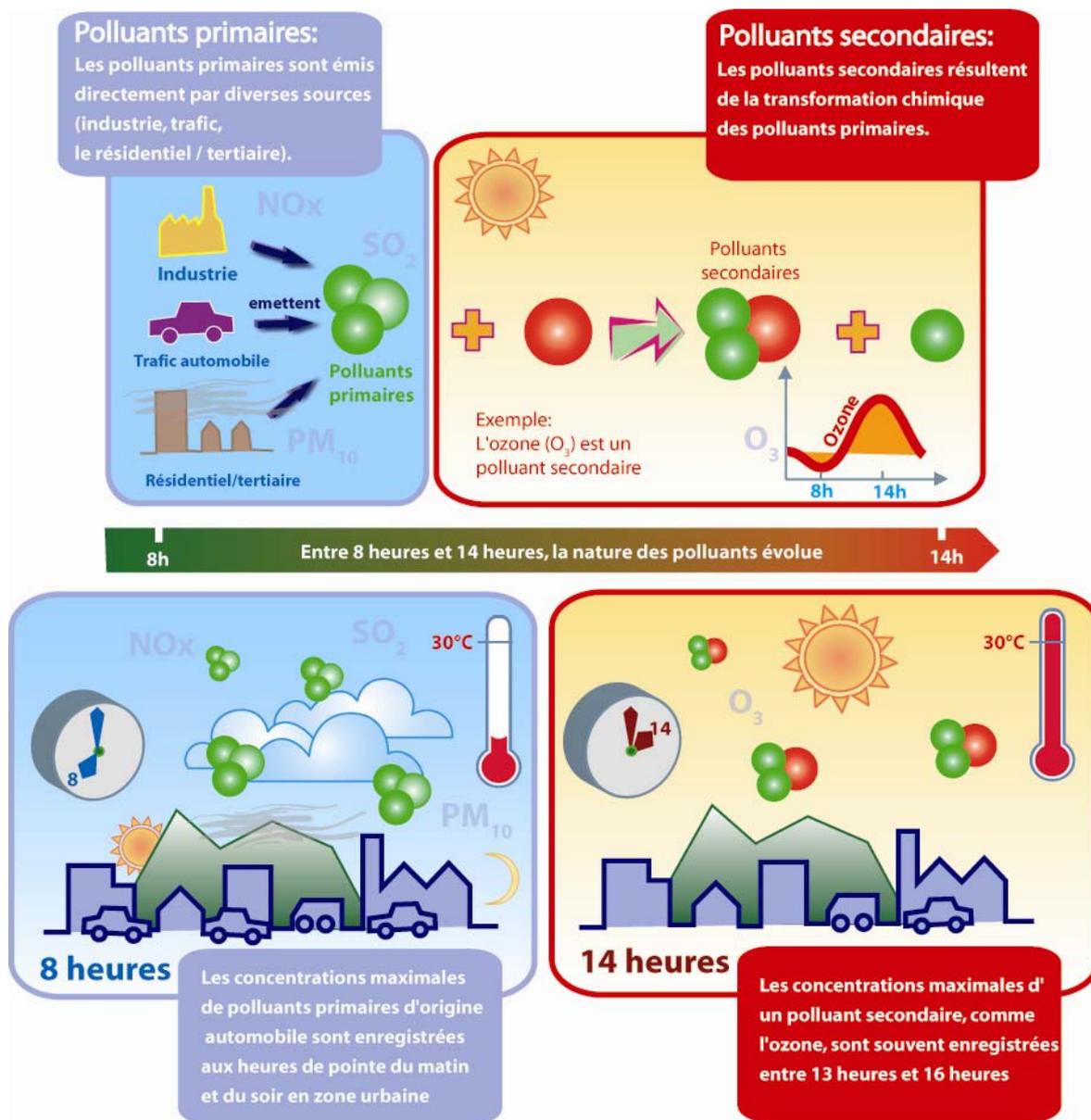


Figure 2.3 Nature et évolution des polluants

Certains polluants peuvent être à la fois polluants **primaires** et **secondaires** comme les aldéhydes qui sont à la fois émis par le trafic automobile dans les gaz d'échappement et produits par l'oxydation d'autres polluants, les Composés Organiques Volatils (COV), sous l'effet du rayonnement solaire (c'est la photooxydation).

Tous les polluants présents dans l'atmosphère ne sont pas mesurés et réglementés en air ambiant. Les principaux **polluants** mesurés dans le cadre de la surveillance de la qualité de l'air ambiant sont les suivants:

- Le **Dioxyde de soufre** (SO<sub>2</sub>)
- Les **Oxydes d'azote** (NOx : NO et NO<sub>2</sub>)
- Les **Particules en suspension** (PS) qui comprennent notamment les poussières en suspension de taille inférieure à 10 µm (notées PM<sub>10</sub>) et les poussières en suspension de taille inférieure à 2,5 µm (notées PM<sub>2,5</sub>).
- Le **Monoxyde de carbone** (CO)
- Les **Composés Organiques Volatils** (COV) : en particulier le benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) et 1,3-butadiène

- La famille des **Aldéhydes** : formaldéhyde (CH<sub>2</sub>O) et acroléine (CH<sub>2</sub>=CH-CHO)
- La famille des **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques** (HAP) : la liste des HAP mesurés comprend 19 composés dont le Benzo[a]pyrène (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>) qui est le seul HAP réglementé.
- Les **Métaux lourds** : dont le Cadmium (Cd), Chrome (Cr), Cuivre (Cu), Nickel (Ni), Sélénium (Se), Zinc (Zn), Plomb (Pb)
- L'**Ozone** (O<sub>3</sub>): qui est un polluant **secondaire**. L'ozone est mesuré car il représente un bon **indicateur** de la pollution photochimique.

### 2.1.1 Le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

Le soufre est présent naturellement dans les carburants et plus généralement les combustibles fossiles ; la teneur en soufre est de l'ordre de 1% dans le gazole et 0,2% dans les essences. Plus le produit pétrolier est lourd, plus il contient de soufre.

Lors de l'utilisation de combustibles fossiles tels que charbon, fioul et carburants, le soufre contenu dans les combustibles est libéré et se combine avec l'oxygène de l'air pour former du dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>). Les sources principales de soufre sont les centrales thermiques et les grandes installations industrielles qui utilisent des produits pétroliers lourds. En Rhône-Alpes, le secteur industriel contribue pour 66% aux émissions de dioxyde de soufre.

**Le dioxyde de soufre est donc considéré comme un indicateur de la pollution industrielle.**

Ces dernières années, une baisse des émissions de SO<sub>2</sub> liées aux transports est observée avec la diminution progressive du taux de soufre dans les carburants (le transport routier ne représente que 7% des émissions de SO<sub>2</sub>). La teneur en soufre a été divisée par 100 pour les essences et 300 pour le gazole depuis 1990.

Le cadastre des émissions de SO<sub>2</sub> (un cadastre est un inventaire spatialisé des émissions d'un polluant) montre que les émissions de SO<sub>2</sub> sont concentrées dans les zones urbaines et industrielles.

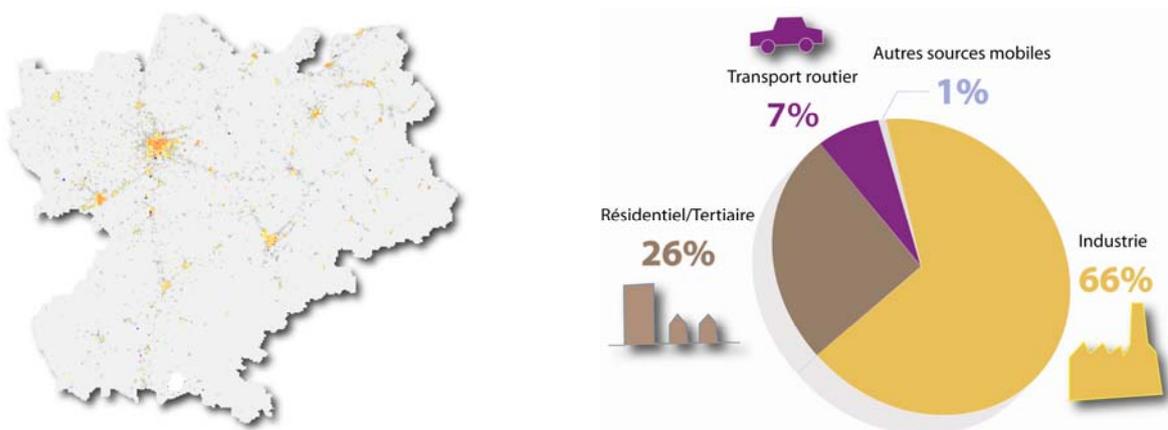


Figure 2.4 Cadastre des émissions de SO<sub>2</sub> et répartition sectorielle des émissions de SO<sub>2</sub> en Rhône-Alpes (Source : ASCOPARG, COPARLY SUP'AIR-2004)

#### En résumé pour le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

Depuis la diminution des teneurs en soufre des carburants et la réduction des émissions industrielles, les émissions de soufre ont beaucoup diminué en France. La pollution au dioxyde de soufre concerne principalement les sites de proximité industrielle dans le cadre d'épisodes de courte durée (quelques heures).

## 2.1.2 Les oxydes d'azote (NOx)

Le terme « oxydes d'azote » désigne le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Ces composés sont formés par oxydation de l'azote atmosphérique (N<sub>2</sub>) lors des combustions (essentiellement à haute température) de carburants et combustibles fossiles.

Le monoxyde d'azote, gaz incolore et inodore, est principalement émis par les véhicules à moteur thermique et se transforme rapidement par oxydation en dioxyde d'azote, gaz roux et odorant à forte concentration. La réaction est favorisée par le rayonnement Ultra Violet.

**Le transport routier est le plus important émetteur de NOx en Rhône-Alpes** avec environ 54% des émissions ; l'industrie manufacturière et la transformation d'énergie ne représentent que 19% des émissions. Bien que l'équipement des automobiles par des pots catalytiques depuis 1993 favorise une diminution unitaire des émissions d'oxydes d'azote, les concentrations dans l'air ne diminuent guère compte tenu de l'âge du parc automobile et de l'augmentation constante du trafic.

Le cadastre des émissions de NOx montre que ces dernières sont concentrées dans les secteurs urbains et fait aussi apparaître la part importante du trafic automobile dans les émissions. Le réseau routier est donc nettement plus visible sur le cadastre des NOx que sur celui du SO<sub>2</sub>.



**Figure 2.5 Cadastre des émissions de NOx et répartition sectorielle des émissions de NOx en Rhône-Alpes (Source : ASCOPARG, COPARLY SUP'AIR-2004)**

Les oxydes d'azote (NOx), avec les composés organiques volatils (COV), interviennent aussi dans le processus de formation de la pollution photo-oxydante (appelée aussi pollution photochimique) et de l'ozone dans la basse atmosphère.

### En résumé pour les oxydes d'azote (NOx)

**Les oxydes d'azote (NOx) sont essentiellement des polluants d'origine automobile. Les émissions de NOx sont donc concentrées dans les secteurs urbains et le long des voies routières importantes.**

### 2.1.3 Les poussières en suspension (PS)

Le terme poussières en suspension (ou particules en suspension) désigne la fraction solide présente dans l'air. Les particules en suspension liées à l'activité humaine proviennent majoritairement de l'utilisation de combustibles fossiles (charbon, pétrole), du transport routier (imbrulés à l'échappement, usure des pièces mécaniques, des pneumatiques, etc) et d'activités industrielles très diverses (sidérurgie, incinération, etc.). L'industrie manufacturière, le résidentiel/tertiaire (chauffage, etc.) et le transport routier représentent à elles seules 82% des émissions de PM<sub>10</sub> en Rhône Alpes.

La taille et la composition des particules sont très variables selon leur mode de formation et leur source.

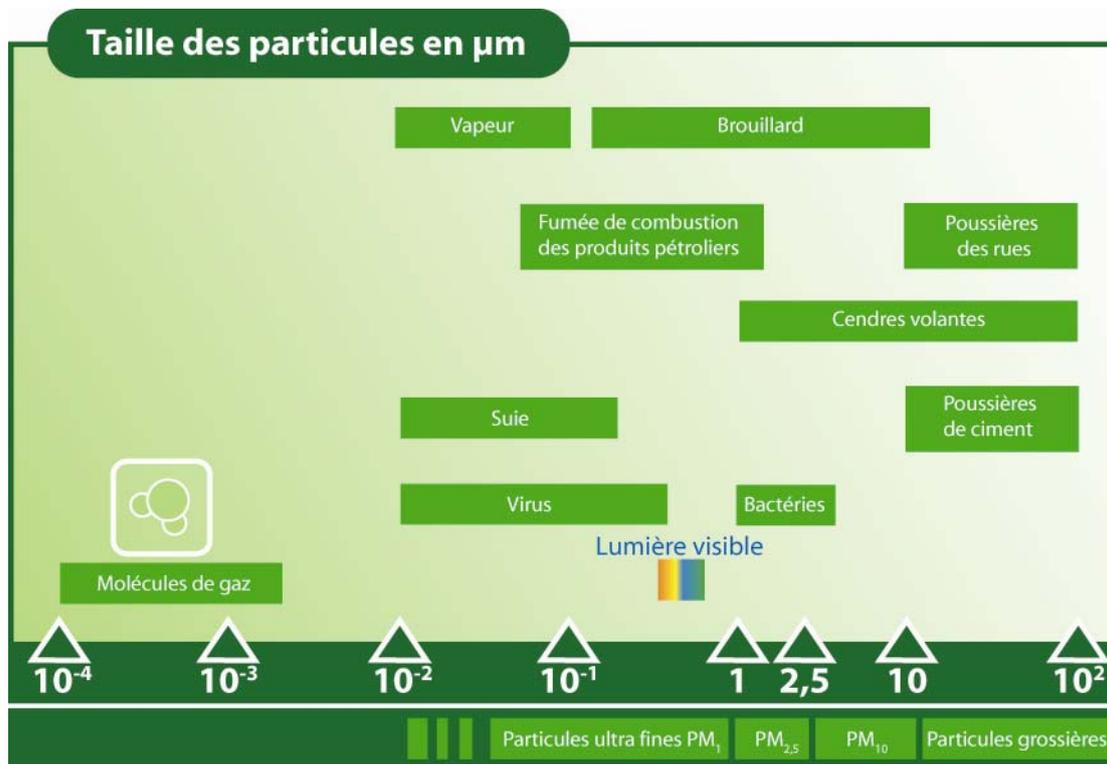


Figure 2.6 Diamètres de quelques particules

Les particules les plus fines (diamètre inférieur à 0,5 µm) sont essentiellement émises par les véhicules diesel alors que les plus grosses proviennent plutôt de frottements mécaniques sur les chaussées ou d'effluents industriels.

La présence de particules dans l'atmosphère peut diminuer la visibilité ; la plus grande influence sur la visibilité est due aux particules de diamètre compris entre 0,1 et 1µm parce qu'elles dispersent la lumière visible (0,4 – 0,8 µm).

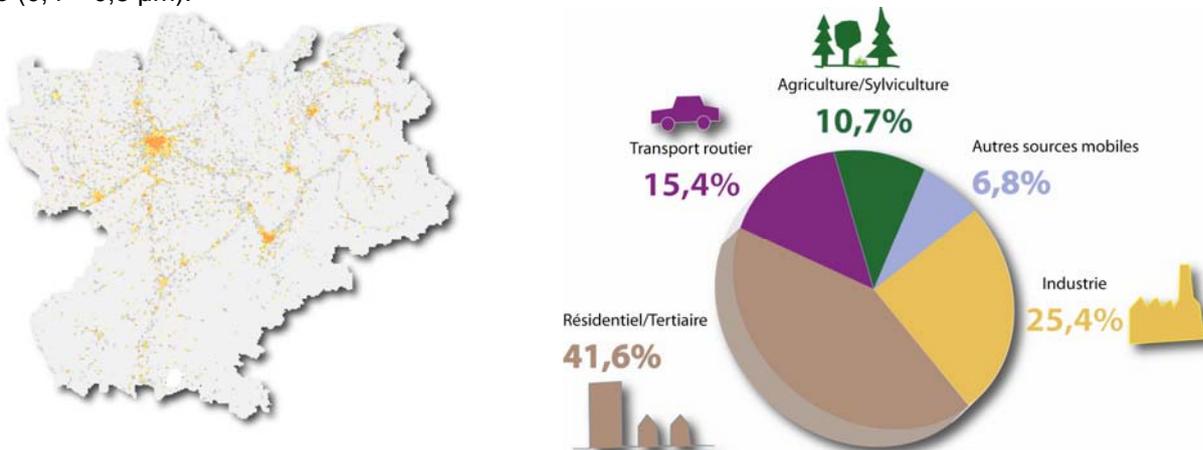


Figure 2.7 Cadastre des émissions de poussières et répartition sectorielle des émissions de PM<sub>10</sub> en Rhône-Alpes (Source : ASCOPARG, COPARLY SUP'AIR-2004)

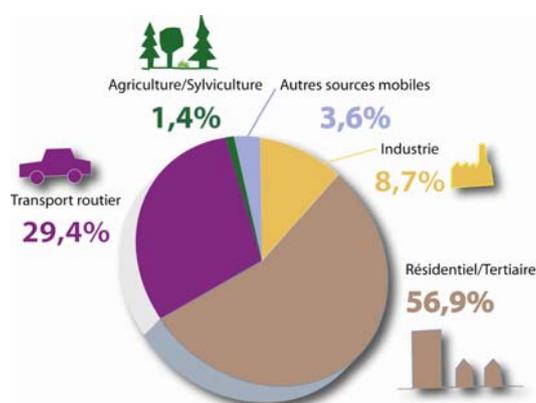
### En résumé pour les PM<sub>10</sub>

**Le terme PM<sub>10</sub> désigne l'ensemble des particules de taille inférieure à 10 µm dans l'air et ne représente donc qu'une partie des particules en suspension dans l'air. Les poussières ont des origines diverses : anthropique (combustion) ou naturelle (érosion des surfaces par le vent).**

#### 2.1.4 Le monoxyde de carbone (CO)

Le monoxyde de carbone provient de la combustion incomplète de matières organiques (carburants et autres combustibles fossiles, etc.). Le CO est émis principalement par le résidentiel/tertiaire (56,9% des émissions de CO en Rhône Alpes) et le transport routier (29,4%).

Des taux importants de CO peuvent être rencontrés quand un moteur tourne au ralenti dans un espace clos (garages, tunnels, parkings) ou en cas d'embouteillage dans les espaces ouverts, ainsi qu'en cas de dysfonctionnement d'un appareil de chauffage domestique. Depuis la mise en place des pots catalytiques sur les véhicules en 1993, les concentrations de CO ont considérablement diminué dans l'air ambiant. Cependant le CO est converti en CO<sub>2</sub> par le catalyseur ; la part de CO<sub>2</sub> rejeté par les transports terrestres augmente régulièrement et de ce fait la responsabilité des transports dans l'effet de serre s'accroît.



### En résumé pour le monoxyde de carbone (CO)

**Le renforcement des normes anti-pollution (mise en place du pot catalytique) a permis de réduire considérablement les émissions de CO du trafic automobile.**

### 2.1.5 Les Composés Organiques Volatils (COV)

La **famille des Composés Organiques Volatils (COV)** regroupe toutes les molécules formées d'atomes d'hydrogène et de carbone (hydrocarbures) dont le benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) et le toluène (C<sub>7</sub>H<sub>8</sub>), mais également celles dont les atomes d'hydrogène sont remplacés par d'autres atomes comme l'azote, le chlore, le soufre, ou l'oxygène comme par exemple les aldéhydes (R-CHO).

La sous-famille des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) regroupe les molécules qui présentent des chaînes cycliques de noyaux benzéniques.

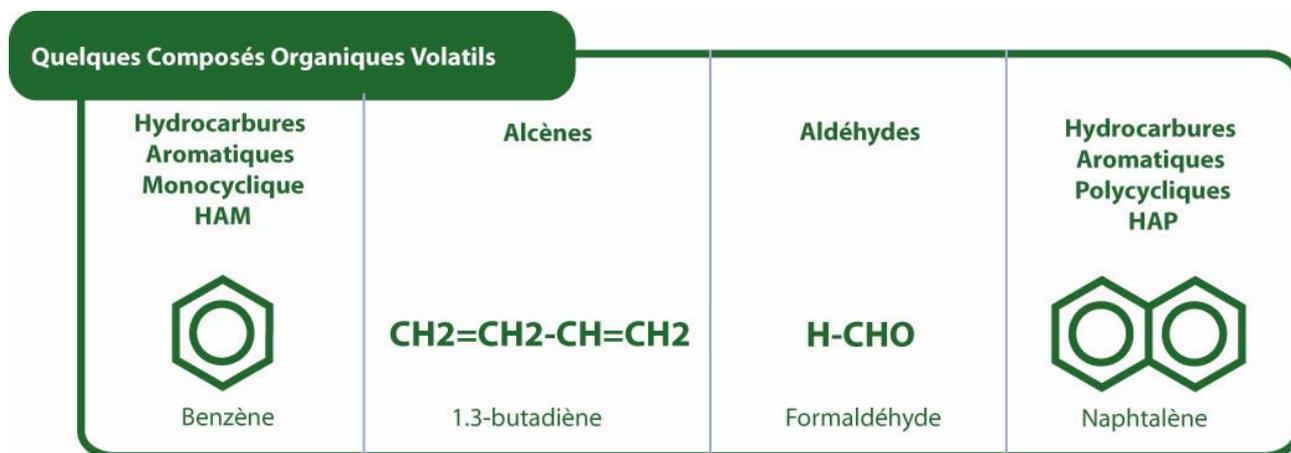


Figure 2.8 Les Composés Organiques Volatils (exemple de quelques COV)

Les sources naturelles de COV représentent à l'échelle planétaire environ 90% des rejets non méthaniques avec les émissions naturelles de la végétation (isoprènes et terpènes) ou d'autres phénomènes naturels (feux de forêts, éruptions volcaniques,...). Dans les régions urbaines et industrialisées, en raison de la part importante des émissions anthropiques, ces sources naturelles deviennent minoritaires.

Par exemple, les sources naturelles ne représentent que 7% des émissions de Composés Organiques Volatils Non Méthaniques (COVNM) dans l'agglomération grenobloise alors qu'elles représentent 48% des émissions totales de COVNM en Isère.

Le cadastre des émissions de COVNM fait apparaître à la fois les zones urbaines et industrielles ainsi que les zones où les émissions biotiques sont prépondérantes (zones forestières du sud de l'Isère ou le nord ouest du Rhône).

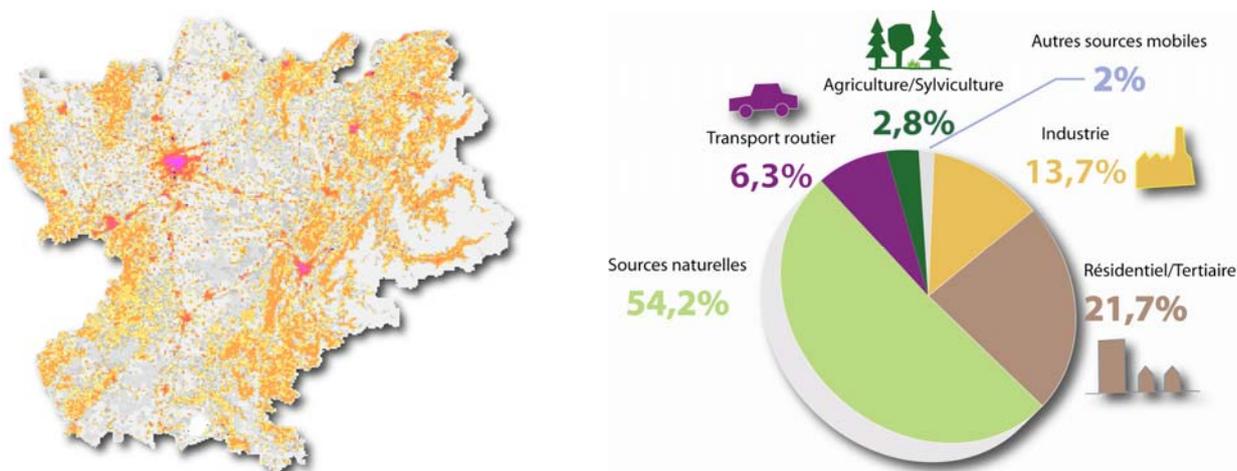


Figure 2.9 Cadastre des émissions de COV en Rhône-Alpes et répartition sectorielle des émissions de COV (Source : ASCOPARG, COPARLY SUP'AIR-2004)

Concernant l'activité humaine, ces composés sont émis sous forme de vapeurs issues de phénomènes de combustion à haute température (pots d'échappement, cheminées d'usine, fours,...), ou de simples évaporations (bacs de stockage de produits pétroliers, manipulation de solvants, d'insecticides, d'essences, ou de vernis,...).

Le **1,3-butadiène** qui appartient à la sous famille des alcènes est présent dans les émissions dues à la combustion de gaz et dans les gaz d'échappement (0,5 à 1,2% des émissions des gaz d'échappement).

Le **formaldéhyde** de la sous famille des aldéhydes (R-CHO) est formé naturellement dans l'air ambiant par l'oxydation des hydrocarbures. Cependant, une grande partie du formaldéhyde présent dans l'environnement résulte aussi des échappements non catalysés des automobiles.

Le formaldéhyde est également présent dans l'air intérieur puisqu'il rentre dans la composition de nombreux matériaux ou des produits ménagers.

Les **Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (Benzo[a]pyrène, naphthalène,...)** sont générés lors de la combustion de matières organiques. Il existe quatre principales sources de HAP d'origine anthropique : le résidentiel et le tertiaire, les transports, l'industrie et l'agriculture. Les HAP peuvent aussi se former lors des feux de forêts ou d'éruptions volcaniques. En France, la quantité de HAP rejetée en 2004 est estimée à 35 tonnes dont 85% par le résidentiel tertiaire.

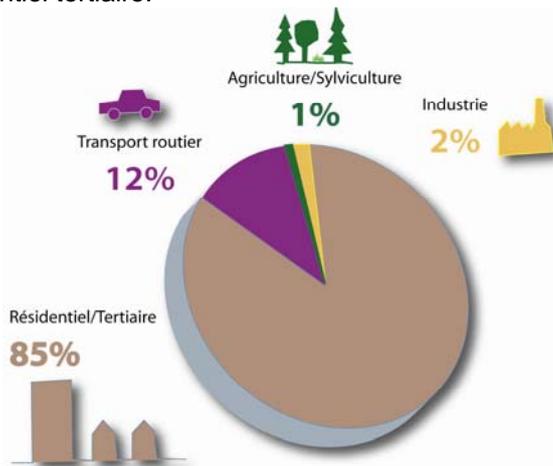


Figure 2.10 Répartition sectorielle des émissions nationales de HAP en 2004 (CITEPA)

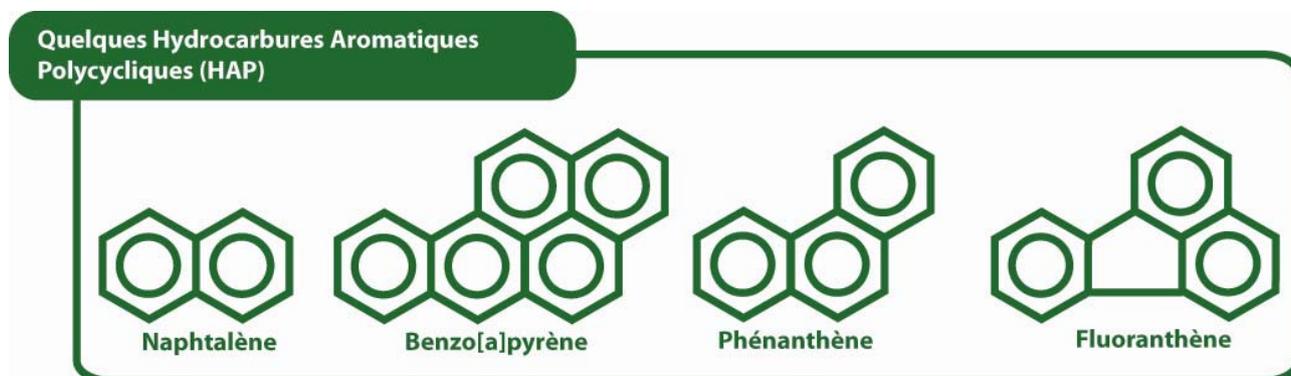


Figure 2.11 Formules chimiques de quelques HAP

### En résumé pour les Composés Organiques Volatils (COV)

Le terme **COV (Composés Organiques Volatils)** désigne un ensemble important de polluants dont les caractéristiques varient selon la nature du COV considéré.

Les **COV** interviennent notamment dans le processus de formation de l'ozone (la réaction photochimique entre les **NOx** et les **COV** est à la base de la formation de l'ozone).

## 2.1.6 Les métaux lourds

Les métaux lourds désignent les métaux toxiques de masse volumique supérieure à 4,5 g/cm<sup>3</sup> (Plomb, Mercure, Cadmium, Chrome, Cuivre, Nickel, Sélénium, Zinc).

Les métaux lourds se trouvent naturellement dans tous les compartiments de l'environnement (l'air, l'eau et le sol). Comme le pétrole, le charbon et le bois contiennent presque tous les éléments chimiques et parmi eux aussi, les métaux lourds, en quantités différentes.

**Les métaux lourds dans l'air proviennent de la combustion des charbons, pétroles, ordures ménagères... et de certains procédés industriels particuliers**

(Source : site internet du CITEPA – [www.citepa.org](http://www.citepa.org)).

Lors des procédés de combustion, ces métaux et/ou leurs composés sont absorbés sur des particules et émis dans l'air, puis peuvent être absorbés dans les eaux de précipitations ou atteindre le sol directement.

Les métaux particuliers d'origine anthropique sont émis dans l'air selon divers processus : soit de façon canalisée (émissions industrielles par des cheminées), soit sous forme diffuse à partir, par exemple, d'envols sur des aires de stockage ou lors de manipulation. Les phénomènes de réenvols sont également à prendre en compte.

Les incertitudes sur la quantification des flux d'émissions anthropiques de métaux sont hélas probablement élevées.

### ➤ Cadmium (Cd) :

Le cadmium est émis lors de la production de zinc et de l'incinération de déchets. La combustion de combustibles minéraux solides, du fioul lourd et de la biomasse engendre une part significative des émissions de cadmium.

### ➤ Chrome (Cr) :

Le chrome provient essentiellement de la production de verre, de ciment, de la métallurgie des ferreux et des fonderies.

### ➤ Cuivre (Cu) :

Le cuivre provient majoritairement de l'usure des caténaires induit par le trafic ferroviaire. Par ailleurs, comme pour les autres métaux lourds, les procédés de métallurgie des métaux ferreux et non ferreux, le traitement des déchets et la combustion constituent à des degrés divers les principales sources émettrices de cuivre.

### ➤ Nickel (Ni) :

Le nickel est essentiellement émis par la combustion du fioul lourd qui contient des traces de ce métal.

### ➤ Sélénium (Se) :

Le sélénium provient essentiellement de la production de verre. L'utilisation du fioul lourd contribue également aux émissions du fait des traces de ce métal qu'il contient.

### ➤ Zinc (Zn) :

Le zinc provient de la combustion du charbon et du fioul lourd mais aussi de certains procédés industriels appartenant à la métallurgie des métaux ferreux et non ferreux ainsi qu'à l'incinération des déchets.

### ➤ Plomb (Pb) :

Les émissions de plomb sont en très forte baisse depuis 1990 (-95% entre 1990 et 2002). Les principaux secteurs émetteurs dépendent de l'année considérée :

- ✓ de 1990 à 1999, le transport routier était largement prédominant : 91% des émissions totales de la France métropolitaine en 1990 contre 68% en 1999.
- ✓ à partir de 1999, le transport routier a une contribution très faible puis nulle (3% en 2000 puis 0% par la suite). Le secteur qui est désormais le plus émetteur est l'industrie manufacturière (fabrication de batteries électriques, la fabrication de certains verres).

La baisse observée entre 1990 et 2002 est imputable en quasi-totalité au transport routier et s'explique par l'introduction de carburants sans plomb et de l'interdiction de l'essence plombée au 1<sup>er</sup> janvier 2000, actions liées à la mise en place de pots catalytiques.

### ➤ Mercure (Hg) :

Le mercure est émis en quantité faible, mais toujours trop importante, par la combustion du charbon, du pétrole, la production de chlore, mais aussi par l'incinération de déchets ménagers, hospitaliers et industriels.

### En résumé pour les métaux lourds

A l'exception du cuivre (usure des plaquettes de frein), la part du trafic dans les émissions de métaux lourds est faible.

Pour le plus connu des métaux lourds, le plomb, le trafic automobile représentait jusqu'à 91% des émissions totales de plomb en 1990. Depuis la suppression du plomb dans les carburants, la contribution du trafic automobile dans les émissions de plomb est nulle.

### 2.1.7 L'ozone (O<sub>3</sub>)

L'ozone est un polluant **secondaire**, car il n'est pas émis directement par une source polluante (il n'y a pas d'ozone dans les gaz d'échappement, ni dans les rejets des industries). Dans la stratosphère (entre 10 à 60 km d'altitude), l'ozone est présent naturellement et agit comme un filtre naturel qui protège la surface de la Terre du rayonnement solaire UV ; c'est la **couche d'ozone**.

Dans la troposphère (de 0 à 10 km d'altitude), où chacun d'entre nous respire quotidiennement, les taux d'ozone devraient être faibles. Cependant certains polluants dits précurseurs, oxydes d'azote et composés organiques volatils (COV), se combinent sous l'action du rayonnement solaire (rayons UV) et donnent naissance à l'ozone et d'autres composés irritants. L'ozone et les autres polluants irritants constituent la **pollution photochimique**. Les précurseurs de l'ozone proviennent principalement du trafic routier (pour les NOx), de certains procédés et stockages industriels ainsi que de l'usage de solvants (pour les COV).

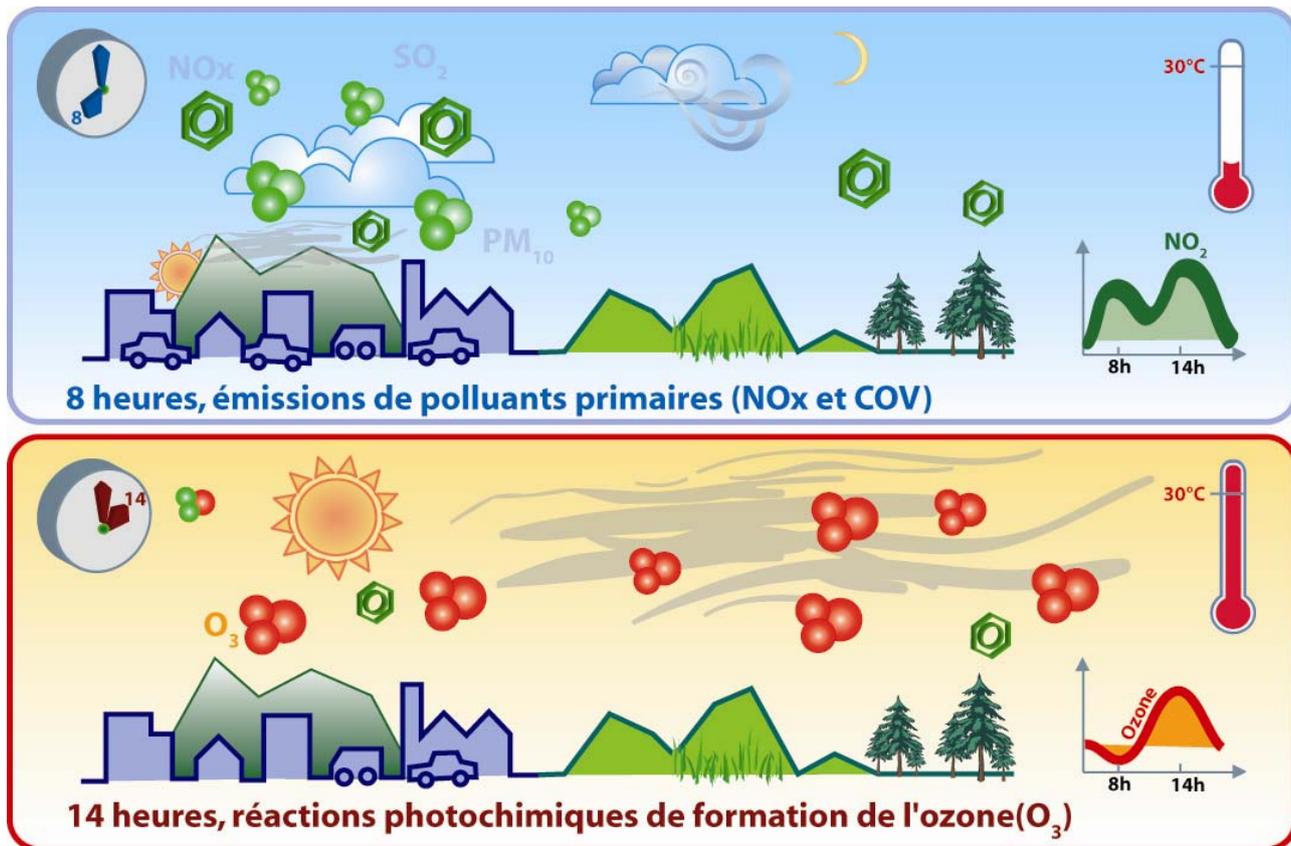


Figure 2.12 Principe de formation de l'ozone

Les concentrations maximales d'ozone sont mesurées pendant les mois les plus chauds de l'année (mai à août) lorsque le rayonnement solaire est le plus important.

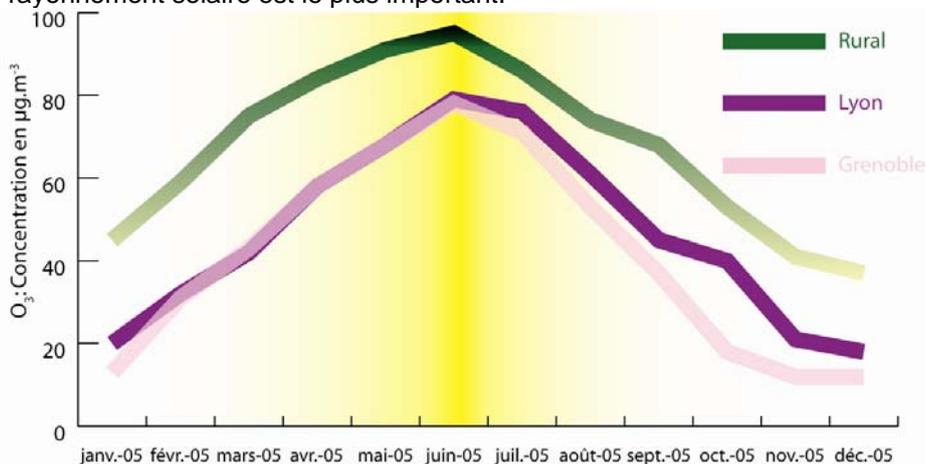


Figure 2.13 Concentration moyenne mensuelle d'ozone en 2005

La présence de l'ozone dans l'atmosphère est liée aux **émissions** de polluants primaires (NO<sub>x</sub> et COV), à leur **transformation** sous l'action du rayonnement solaire (c'est la **pollution photochimique**) et ensuite au transport de l'ozone par la circulation des masses d'air. A l'inverse d'autres polluants, l'échelle spatiale des épisodes de pollution à l'ozone est régionale, voire nationale (Figure 1.14).

Dans le cas d'un épisode de pollution, à l'ozone produit localement s'ajoute celui amené par des masses d'air polluées qui se sont chargées en ozone en passant au dessus de zones émettrices de précurseurs et productrices d'ozone. En effet, la durée de vie de l'ozone dans les basses couches de l'atmosphère est de quelques jours (quelques heures seulement pour le NO<sub>2</sub>) ; l'ozone peut donc voyager sur plusieurs centaines de kilomètres. Ainsi à Grenoble, selon les conditions météorologiques et selon l'origine des masses d'air, jusqu'à deux tiers de l'ozone mesuré à Grenoble lors d'épisode de pollution peut provenir d'autres régions (étude et modélisation de la pollution photochimique sur la ville de Grenoble – Thèse d'Olivier Couach – 2002, disponible sur [www.atmo-rhonealpes.org](http://www.atmo-rhonealpes.org) rubrique publications).

Dans le cas d'un épisode de pollution au dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) qui est un polluant primaire issu principalement du trafic, les conditions météorologiques défavorables à la dispersion du NO<sub>2</sub> favorisent son accumulation au niveau de l'agglomération.

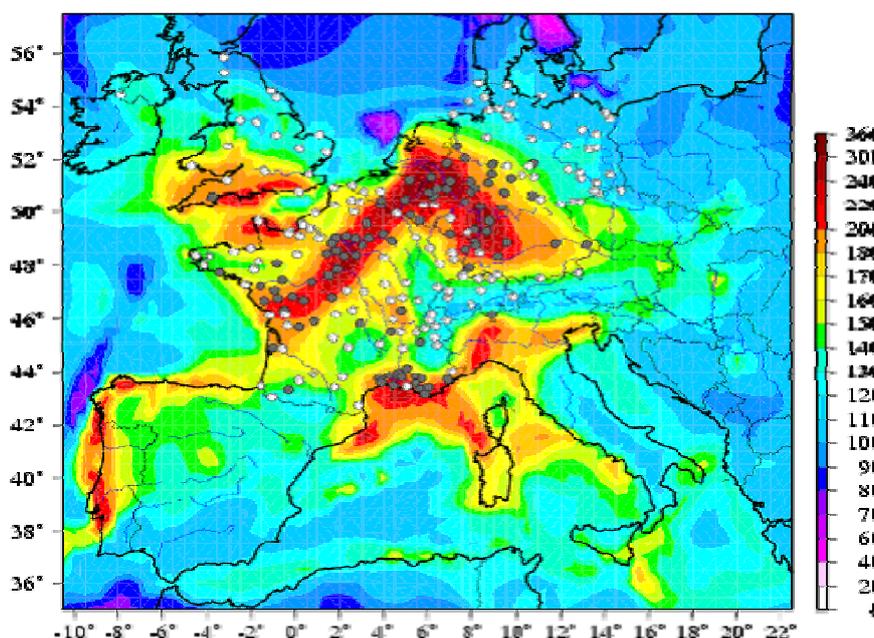


Figure 2.14 Concentration d'ozone en  $\mu\text{g.m}^{-3}$  en août 2003 (Source PREV'AIR – [www.prevoir.org](http://www.prevoir.org))

Les processus chimiques de formation et de destruction de l'ozone dans l'atmosphère sont très complexes. Une particularité de la pollution à l'ozone est sa répartition géographique. En milieu urbain, à proximité des axes de circulation, les concentrations moyennes d'ozone sont plus faibles qu'en milieu rural car s'il résulte de la combinaison de certains polluants primaires, l'ozone est aussi détruit par les polluants primaires dont les concentrations sont plus importantes en milieu urbain qu'en milieu rural (Figure 1.13).

### En résumé pour l'ozone (O<sub>3</sub>)

L'ozone est un polluant dit secondaire, traceur de la pollution photochimique. Les épisodes de pollution à l'ozone ont lieu principalement en été. Ce polluant peut voyager sur des centaines de kilomètres, les épisodes de pollution à l'ozone concernent donc de larges zones (échelle régionale, voire nationale).

## 2.2 Effets des polluants sur la santé et sur l'environnement

**Dans une population donnée, tous les individus ne sont pas égaux face aux effets de la pollution.** La sensibilité de chacun peut varier en fonction de l'âge, de l'alimentation, des prédispositions génétiques, et de l'état de santé général. Les effets dépendent aussi de **l'exposition individuelle** aux différentes sources de pollution, de la durée d'exposition à ces niveaux, du débit respiratoire au moment de l'exposition, mais aussi de l'interaction avec d'autres composés présents dans l'atmosphère comme par exemple les pollens, les spores fongiques qui peuvent accroître la sensibilité à la pollution.

D'autre part, l'effet des polluants n'est pas toujours complètement connu sur l'homme. Pour certains polluants, il existe une limite d'exposition au-dessous de laquelle il n'y a pas d'effet, comme pour le dioxyde de soufre. Pour d'autres, il n'y a pas de seuil car certains effets peuvent apparaître, selon les personnes, dès les faibles niveaux d'exposition (par exemple le benzène). Il a été démontré que la combinaison de plusieurs polluants (comme le SO<sub>2</sub> et le NO<sub>2</sub>) pouvait abaisser les seuils de certains effets sur la santé.

**Au niveau individuel, le risque lié à la pollution de l'air est beaucoup plus faible que celui lié à une tabagie active.** Dans ce sens, les recherches sur les effets de la pollution distinguent souvent les populations de « fumeurs » et de « non-fumeurs ». En effet, la pollution atmosphérique serait responsable de 6500 à 9500 décès par an selon l'AFSSET alors que le tabagisme serait responsable de 60000 morts par an (1 décès sur 9).

Le niveau d'exposition de l'homme varie également en fonction du temps passé à l'extérieur et à l'intérieur des bâtiments, des possibilités d'entrée des polluants dans l'atmosphère intérieure et du niveau de pollution généré à l'intérieur par les vapeurs de cuisine, les peintures, les vernis, les matériaux de construction.

L'évaluation des risques dus aux effets de la pollution est nécessaire chez les populations à haut risque comme les nourrissons, les enfants, les personnes âgées, les déficients respiratoires, les femmes enceintes et leur fœtus, les mal-nutris et les personnes malades. Ces personnes, **étant les plus sensibles**, sont les premières touchées en cas de hausse de pollution.

L'influence de la pollution sur l'excès de mortalité est maintenant mieux connue sur l'homme. De récentes études sur l'impact de la santé en milieu urbain (notamment de l'Institut National de Veille Sanitaire<sup>1</sup>) ont montré le lien entre pollution et mortalité. Ce lien est davantage marqué en ce qui concerne la mortalité due aux problèmes respiratoires et cardiovasculaires.

### 2.2.1 Le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

#### 2.2.1.1 Effets sur la santé

Le dioxyde de soufre peut, en fonction des concentrations, provoquer des crises chez les asthmatiques, accentuer les gênes respiratoires chez les sujets sensibles et surtout altérer la fonction respiratoire chez l'enfant (baisse de capacité respiratoire, toux).

#### 2.2.1.2 Effets sur l'environnement

C'est un gaz irritant, incolore et soluble dans l'eau. En présence d'humidité, il forme de l'acide sulfurique contribuant ainsi au phénomène de dépérissement de la végétation appelé « pluies acides » et à la dégradation du patrimoine bâti (monuments en calcaire et en grès, vitraux).

### 2.2.2 Les oxydes d'azote (NOx)

#### 2.2.2.1 Effets sur la santé

Parmi les oxydes d'azote (NOx), seul le **dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) est considéré comme toxique** aux concentrations habituellement rencontrées dans l'air ambiant. Il pénètre dans les fines ramifications de l'appareil respiratoire et peut, si sa concentration dépasse le seuil d'information et de recommandations (200 µg.m<sup>-3</sup> en moyenne horaire), entraîner une altération de la fonction respiratoire et une hyper réactivité

<sup>1</sup> Etude INVS – APHEIS – Evaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique dans 26 villes européennes - 2002

bronchique chez les asthmatiques. Chez les enfants, il augmente la sensibilité des bronches aux infections microbiennes.

### 2.2.2.2 Effets sur l'environnement

Les oxydes d'azote contribuent également au **phénomène du dépérissement forestier** (« pluies acides »).

## 2.2.3 Les poussières en suspension (PS)

### 2.2.3.1 Effets sur la santé

L'action des particules est irritante et dépend de leur diamètre. Les grosses particules (diamètre supérieur à 10  $\mu\text{m}$ ) sont retenues par les voies aériennes supérieures (muqueuses du naso-pharynx). Entre 5 et 10  $\mu\text{m}$ , elles restent au niveau des grosses voies aériennes (trachée, bronches). Les plus fines (< 5  $\mu\text{m}$ ) pénètrent les alvéoles pulmonaires et peuvent, surtout chez l'enfant, **irriter les voies respiratoires ou altérer la fonction respiratoire**. Il existe une corrélation entre la teneur des particules et l'apparition de bronchites et de crises d'asthme. Les non-fumeurs peuvent percevoir des effets à partir de 200  $\mu\text{g.m}^{-3}$  contre 100  $\mu\text{g.m}^{-3}$  pour les fumeurs (muqueuses irritées). Les particules mesurées en routine sont en général inférieures à 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) ou à 2,5  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2,5}$ ).

Certaines substances se fixent sur les particules (sulfates, nitrates, hydrocarbures, métaux lourds) dont certaines sont susceptibles d'accroître les risques de cancer comme les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP).

Les micro-particules diesel provoquent des cancers de façon certaine chez les animaux de laboratoire. Le Centre International de Recherche contre le Cancer (CIRC, 1989) et l'agence américaine de l'environnement (US EPA, 1994) ont classé les émissions de diesel comme étant probablement cancérigènes (classe 2A du CIRC chez l'homme).

### 2.2.3.2 Effets sur l'environnement

Les bâtiments subissent également les effets de la pollution avec notamment le **noircissement des façades dû aux particules diesel**.

## 2.2.4 Le monoxyde de carbone (CO)

### 2.2.4.1 Effets sur la santé

Dans le sang, le CO entre en concurrence avec l'oxygène lors de la fixation sur l'hémoglobine, conduisant à un manque d'oxygénation du système nerveux, du cœur, des vaisseaux sanguins. A doses répétées, il provoque des intoxications chroniques (céphalées, vertiges, asthénies), et en cas d'exposition élevée et prolongée provoque la mort.

### 2.2.4.2 Effets sur l'environnement

Le monoxyde de carbone est un précurseur du  $\text{CO}_2$  qui est un gaz à effet de serre.

## 2.2.5 Les Composés Organiques Volatils (COV)

### 2.2.5.1 Effets sur la santé

Les effets des composés organiques volatils sur la santé sont très divers selon la substance en présence : ils vont de la simple **gêne olfactive** à une **irritation des voies respiratoires** (HAP, aldéhydes,...), jusqu'à des **risques d'effets mutagènes et cancérigènes** (benzène, formaldéhyde,...).

### 2.2.5.2 Effets sur l'environnement

Les composés organiques volatils contribuent, au même titre que les oxydes d'azote, aux processus de **formation d'ozone** en tant que **précurseurs**.

## **2.2.6 Les métaux lourds**

### *2.2.6.1 Effets sur la santé*

La toxicité aiguë d'un métal dépend de plusieurs facteurs : de la forme dans laquelle l'élément se trouve, de la manière dont il est absorbé (par voie orale ou inhalation), du type d'organisme où il se trouve (par exemple plante, animal), de sa concentration à un certain endroit de l'organisme ou dans un organe déterminé.

L'accumulation des métaux lourds dans l'organisme provoque des effets toxiques à court et/ou long terme (altération du système nerveux, des fonctions rénales, hépatiques, respiratoires,...).

### *2.2.6.2 Effets sur l'environnement*

Les métaux lourds contaminent le sol et les aliments. Ils s'accumulent dans les organismes vivants et perturbent les équilibres et mécanismes biologiques.

## **2.2.7 L'ozone**

### *2.2.7.1 Effets sur la santé*

L'ozone est un gaz incolore et un puissant oxydant pénétrant facilement jusqu'aux alvéoles pulmonaires. Il provoque, dès une exposition prolongée des irritations oculaires, des migraines, de la toux et une altération pulmonaire surtout chez les enfants et les asthmatiques. Les effets de l'ozone sur l'organisme sont amplifiés par l'exercice physique.

### *2.2.7.2 Effets sur l'environnement*

Les végétaux semblent particulièrement sensibles aux concentrations d'ozone. Il a été démontré que l'influence de l'ozone varie selon les espèces. Certains végétaux très sensibles, comme les plans de tabac, sont utilisés comme indicateurs de la pollution photochimique.

De façon générale, l'ozone agit défavorablement sur le développement des végétaux en altérant le mécanisme photosynthétique et en provoquant des nécroses foliaires. En effet, la plante utilise une partie de son énergie à se désintoxiquer de l'ozone de façon à ce que les lésions qu'il engendre soient réparées. Il se produit alors une perte de capacité de la plante à se développer.

## 3 LA SURVEILLANCE DE LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

### 3.1 *La réglementation*

#### 3.1.1 Les différents textes réglementaires

**La stratégie de surveillance de la qualité de l'air doit répondre à plusieurs exigences réglementaires (locales, nationales, européennes).** La réglementation française s'appuie principalement sur des directives européennes qui ont été transcrites dans le droit français (lois, décrets).

Ces directives ont-elles-mêmes été conçues en tenant compte des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et déterminent des seuils à ne pas dépasser pour une vingtaine de polluants choisis en fonction de leur impact sur la santé humaine et l'environnement.

##### ➤ La réglementation européenne:

- Directive cadre 96/62/CE du 27/09/96 concernant l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant.
- Directive fille 99/30/CE du 22 avril 1999 relative à la fixation de valeurs limites pour le SO<sub>2</sub>, le NO<sub>2</sub>, les NO<sub>x</sub>, les particules et le plomb dans l'air ambiant.
- Directive fille 00/69/CE du 16 novembre 2000 relative à la fixation de valeurs limites pour le benzène et le CO.
- Directive fille 2002/3/CE du 12 février 2002 relative à l'ozone dans l'air ambiant.
- Directive 2003/4/CE concernant l'accès du public à l'information et en particulier en matière d'environnement.
- Directive 2004/107/CE du 15 décembre 2004 concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant.

##### ➤ La réglementation française :

- Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie n°96-1236 du 30 décembre 1996
- Décret du 6 mai 1998 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites.
- Décret du 15 février 2002 – transposition en droit français de la directive cadre européenne modifiant le décret 98-360 du 6 mai 1998.

##### ➤ La réglementation locale :

- Arrêté interpréfectoral du 5 juillet 2006 – procédure de recommandations et d'alerte sur la région Rhône-Alpes.
- Arrêté interpréfectoral du 5 juillet 2006 qui réglemente les procédures d'information, de recommandations et d'alerte sur la région Rhône-Alpes.

#### 3.1.2 Quelques définitions

Les différents seuils fixés par les textes réglementaires sont définis ci-dessous :

■ **Objectif de qualité** : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement, à atteindre dans une période donnée. Il s'agit d'une valeur de confort (valeur guide ou valeur cible), ou d'un objectif de qualité de l'air à respecter, si possible, dans une période donnée.

■ **Valeur limite** : niveau maximal de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement.

■ **Seuil d'information (et de recommandations)** : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine des

groupes particulièrement sensibles et à partir duquel des informations actualisées doivent être diffusées à la population.

■ **Seuil d'alerte** : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de toute la population (ou un risque de dégradation de l'environnement) à partir duquel des mesures d'urgence et d'information du public doivent être prises.

■ **Valeur cible** : une concentration dans l'air ambiant fixée dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs pour la santé des personnes et l'environnement dans son ensemble qu'il convient de respecter si possible, dans un délai donné.

Si la concentration de chaque polluant était constante dans le temps, il suffirait d'une seule valeur réglementaire pour pouvoir qualifier la situation de ce polluant par rapport à la réglementation. Or, **les concentrations des polluants varient dans le temps et selon plusieurs pas de temps** :

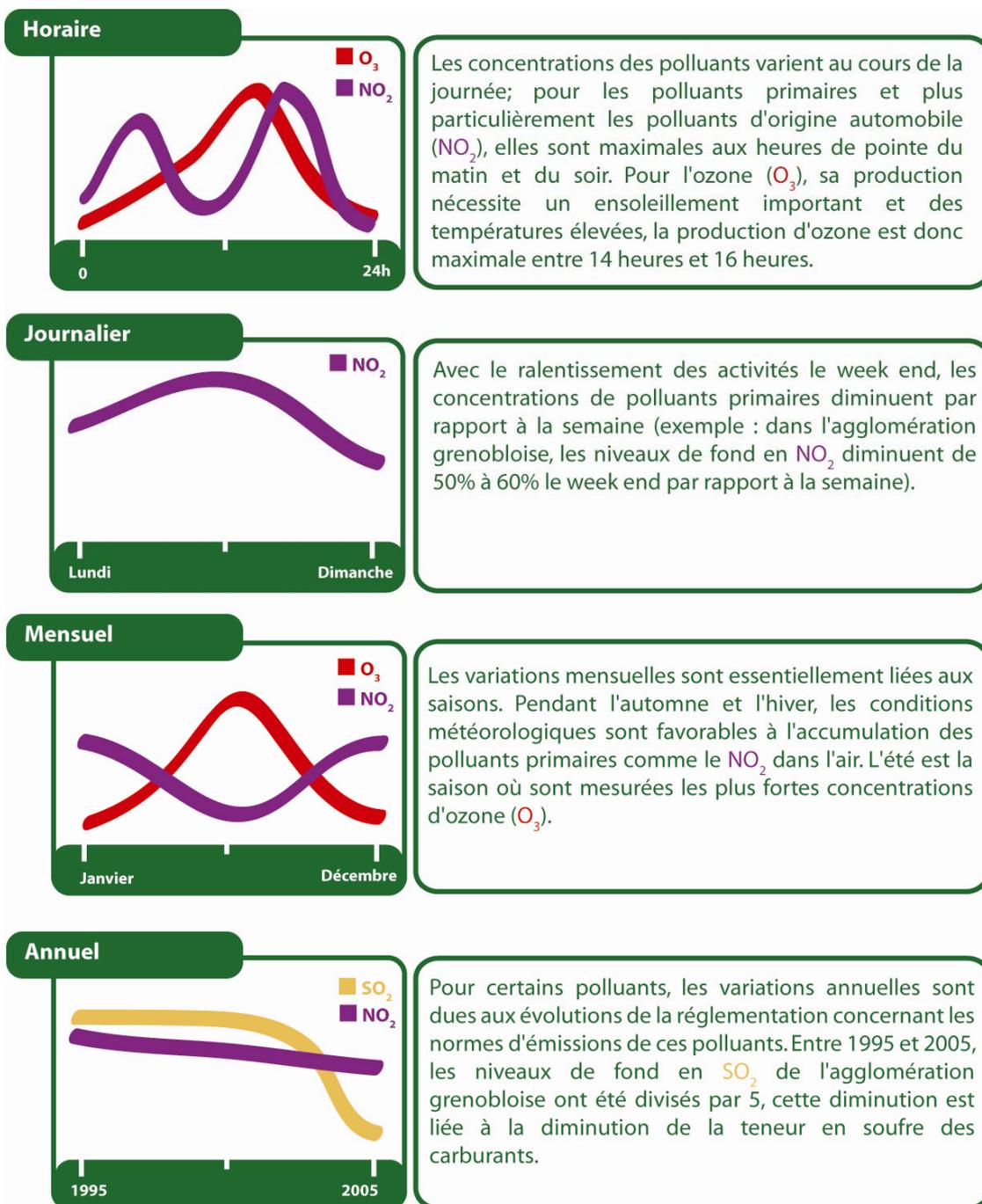


Figure 3.1 Evolution des concentrations de polluants sur plusieurs pas de temps

Comme les concentrations de polluants varient sur plusieurs pas de temps, la réglementation définit pour chaque polluant plusieurs types de valeurs réglementaires.

Le graphique suivant illustre les variations journalières d'un polluant, les poussières en suspension de taille inférieure à 10 µm (PM<sub>10</sub>) ; il existe pour ce polluant des valeurs réglementaires exprimées sur un pas de temps journalier (moyenne sur 24 heures) et des valeurs réglementaires exprimées sur un pas de temps annuel (moyenne sur 365 jours).

Pour d'autres polluants, comme l'ozone (O<sub>3</sub>), le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) ou le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) par exemple, il existe aussi des valeurs réglementaires exprimées en moyennes horaires (moyenne sur une heure).

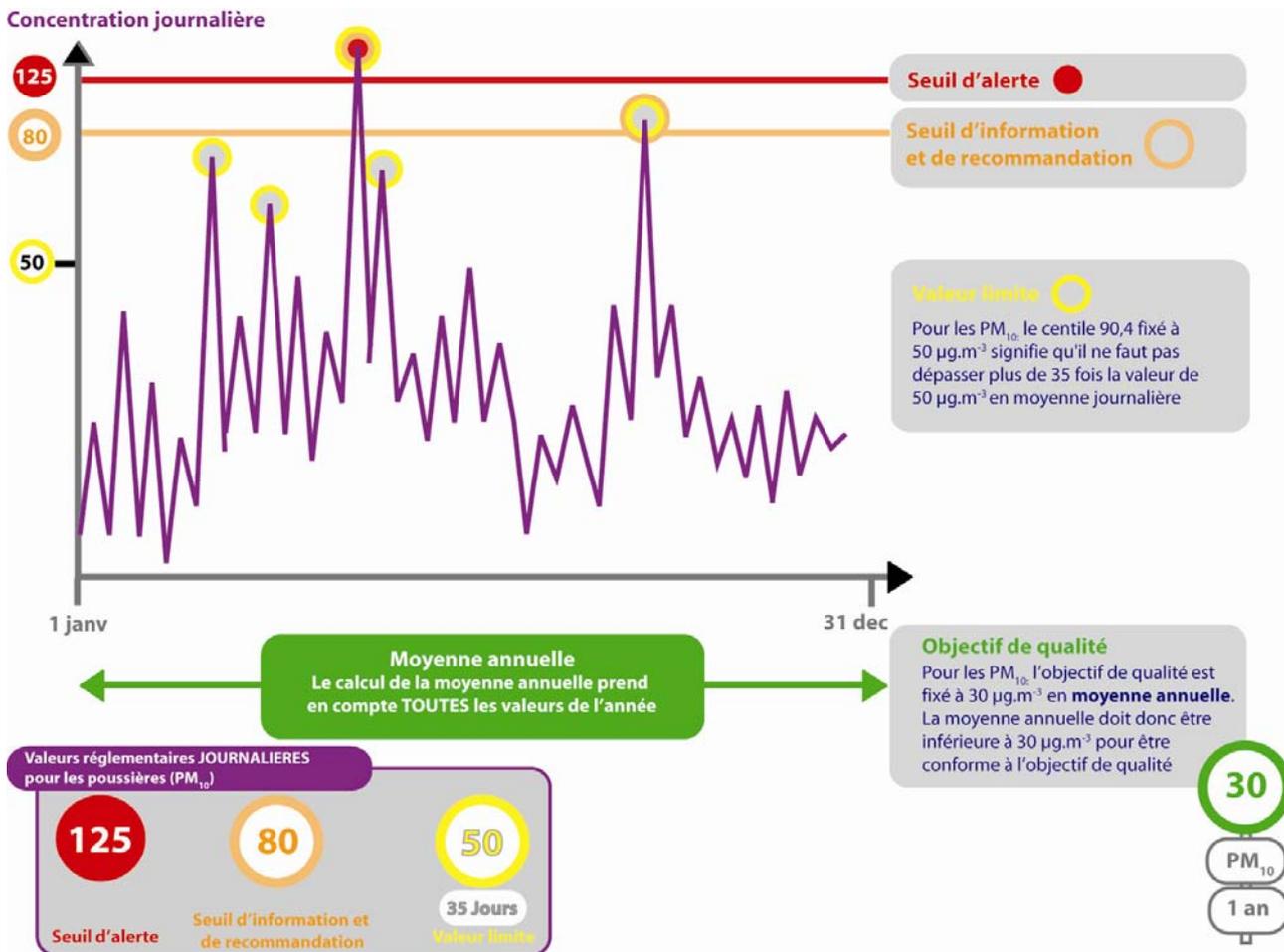


Figure 3.2 Définition des valeurs réglementaires (exemple des PM<sub>10</sub>)

Ces valeurs sont régulièrement réévaluées pour prendre en compte les résultats d'études médicales et épidémiologiques.

Une des caractéristiques essentielle de la loi sur l'air est la mise en place d'un dispositif élaboré de planification qui repose sur un triptyque cohérent composé d'un **Plan Régional pour la Qualité de l'Air (PRQA)** et de deux plans locaux : le **Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA)** obligatoire pour les agglomérations de plus de 250 000 habitants et le **Plan de Déplacements Urbains (PDU)** pour les agglomérations de plus de 100 000 habitants.

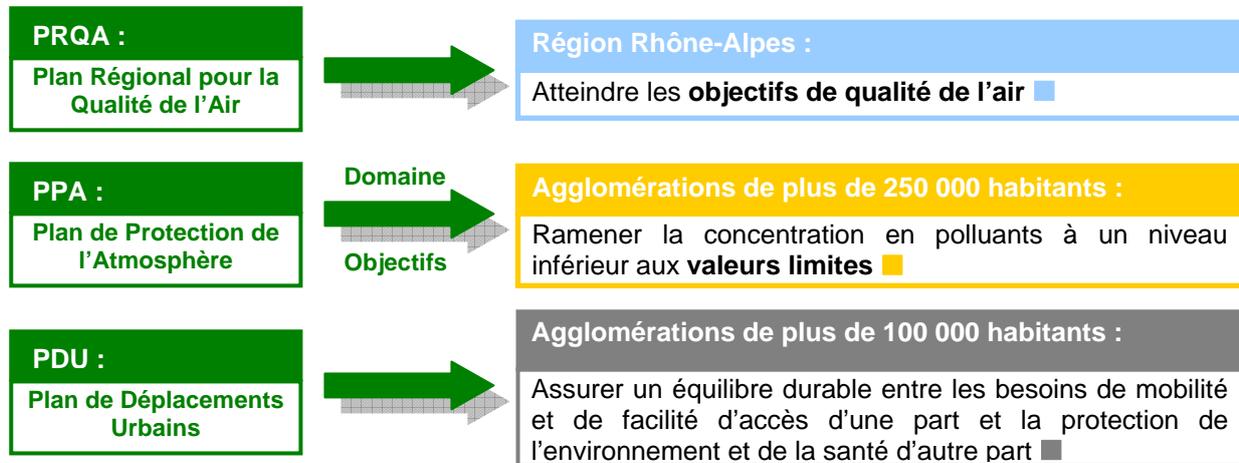


Figure 3.3 Les différents plans réglementaires

### 3.1.3 Les valeurs réglementaires par polluant

Les pages suivantes présentent l'ensemble des valeurs fixées par la réglementation française.

3.1.3.1 Le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

DECRET FRANÇAIS 2002-213 du 15 février 2002							
Valeurs réglementaires pour le dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> )							
Type de seuil	Type de moyenne	Périodes et statistiques pour le calcul	Valeurs à respecter (en µg.m <sup>-3</sup> )				
			2003	2004	2005	2006	2007
Objectif de qualité	Moyenne annuelle	Année civile <sup>2</sup>	50				
Valeur limite	Moyenne horaire	Centile 99,7 des moyennes horaires <sup>3</sup> sur l'année civile	410	380	350	350	350
Valeur limite	Moyenne journalière	Centile 99,2 des moyennes journalières <sup>4</sup> sur l'année civile	125				
Valeur limite <sup>5</sup>	Moyenne annuelle et moyenne en hiver <sup>6</sup>	Moyenne des moyennes journalières	20				
Seuil d'information	Moyenne horaire	Conditions de déclenchement selon arrêté interpréfectoral <sup>7</sup>	300				
Seuil d'alerte	Moyenne horaire	Conditions de déclenchement selon arrêté interpréfectoral	500 (sur 3 heures consécutives)				

A titre d'information, voici des valeurs de recommandations du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) et de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), concernant les risques liés à l'exposition au SO<sub>2</sub> pour la santé humaine.

Type de seuil	Valeurs recommandées par le CSHPF (en µg.m <sup>-3</sup> )		Valeurs recommandées par l'OMS (en µg.m <sup>-3</sup> )	
	Valeur en µg.m <sup>-3</sup>	Type de moyenne	Valeur en µg.m <sup>-3</sup>	Type de moyenne
Objectif de qualité	50	Moyenne annuelle	50	Moyenne annuelle
Valeur limite	125	Moyenne journalière	125	Moyenne journalière
Seuil d'information	250	Moyenne horaire	350	Moyenne horaire
Seuil d'alerte	350 (sur 3 heures consécutives)	Moyenne horaire	500	Moyenne sur 10 minutes

<sup>2</sup> Du 1<sup>er</sup> janvier au 31 décembre.

<sup>3</sup> Soit 24 heures de dépassement autorisées par an.

<sup>4</sup> Soit 3 jours de dépassement autorisés par an.

<sup>5</sup> Pour la protection des éco-systèmes (sans conséquences graves pour la santé humaine).

<sup>6</sup> Du 1<sup>er</sup> octobre au 31 mars.

<sup>7</sup> Pour la région Rhône-Alpes : arrêté interpréfectoral du 5 juillet 2006

3.1.3.2 Les oxydes d'azote (NO, NO<sub>2</sub>)

DECRET FRANÇAIS 2002-213 du 15 février 2002										
Valeurs réglementaires pour le dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> ) et les NOx										
Type de seuil	Type de moyenne	Période et statistique pour le calcul	Valeurs à respecter (en µg.m <sup>-3</sup> )							
			2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
<b>Objectif de qualité</b>	Moyenne annuelle	Année civile <sup>8</sup>	<b>40</b>							
<b>Valeur limite</b>	Moyenne horaire	Centile 99,8 des moyennes horaires sur l'année civile <sup>9</sup>	270	260	250	<b>240</b>	230	220	210	200
<b>Valeur limite</b>	Moyenne annuelle	Année civile	54	52	50	<b>48</b>	46	44	42	40
<b>Valeur limite</b> <sup>10</sup>	Moyenne annuelle en oxydes d'azote	Année civile	<b>30</b> (NO <sub>2</sub> + NO en équivalent NO <sub>2</sub> ) <sup>11</sup>							
<b>Seuil d'information</b>	Moyenne horaire	Conditions de déclenchement selon arrêté interpréfectoral <sup>12</sup>	<b>200</b>							
<b>Seuil d'alerte</b>	Moyenne horaire	Conditions de déclenchement selon arrêté interpréfectoral	<b>400</b> <b>ou 200</b> <sup>13</sup>							

Tableau 3-1 Valeurs réglementaires pour les NOx

A titre d'information, voici des valeurs de recommandations du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) et de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), concernant les risques liés à l'exposition au NO<sub>2</sub> pour la santé humaine.

Type de seuil	Valeurs recommandées par le CSHPF (en µg.m <sup>-3</sup> )		Valeurs recommandées par l'OMS (en µg.m <sup>-3</sup> )	
	Valeur en µg.m <sup>-3</sup>	Type de moyenne	Valeur en µg.m <sup>-3</sup>	Type de moyenne
<b>Objectif de qualité</b>	<b>50</b>	Moyenne annuelle	<b>40</b>	Moyenne annuelle
<b>Seuil d'information</b>	<b>250</b>	Moyenne horaire	<b>200</b>	Moyenne horaire
<b>Seuil d'alerte</b>	<b>400</b>	Moyenne horaire		

<sup>8</sup> Du 1<sup>er</sup> janvier au 31 décembre.

<sup>9</sup> Soit 18 heures de dépassement autorisés par an. Jusqu'au 31/12/2009, ce seuil ne doit pas être dépassé plus de 175 heures par an (centile 98 des moyennes horaires sur l'année civile).

<sup>10</sup> Pour la protection de la végétation (sans conséquences graves pour la santé humaine).

<sup>11</sup> Concentrations mesurées en NO et NO<sub>2</sub>, additionnées en parties par billion (ppb) et exprimées en équivalent NO<sub>2</sub> (en µg.m<sup>-3</sup>)

<sup>12</sup> Pour la région Rhône-Alpes : arrêté interpréfectoral du 5 juillet 2006

<sup>13</sup> Si la procédure d'information et de recommandations pour le dioxyde d'azote a été déclenchée la veille et le jour même, et que les prévisions font craindre un risque fort de dépassement du seuil de 200 µg.m<sup>-3</sup> le lendemain.

3.1.3.3 Les particules en suspension (PM<sub>10</sub>)

DECRET FRANÇAIS 2002-213 du 15 février 2002 Valeurs réglementaires pour les poussières PM <sub>10</sub>							
Type de seuil	Type de moyenne	Période et statistique pour le calcul	Valeurs à respecter avant la date d'application <sup>14</sup> (en µg.m <sup>-3</sup> )				
			2003	2004	2005	2006	2007
<b>Objectif de qualité</b>	Moyenne annuelle	Année civile <sup>15</sup>	<b>30</b>				
<b>Valeurs limites<sup>16</sup></b>	Moyenne journalière	Centile 90,4 des moyennes journalières sur l'année civile <sup>17</sup>	60	55	50	<b>50</b>	50
	Moyenne annuelle	Année civile	43	41	40	<b>40</b>	40
Arrêtés inter-préfectoraux Ain-Rhône et arrêtés préfectoraux Isère (2004-07969 et 07970), relatifs au dispositif de communication et de mise en œuvre de mesures d'urgence en cas d'épisode de pollution atmosphérique							
<b>Seuil d'information</b>	Moyenne sur 24h	Conditions de déclenchement selon arrêté interpréfectoral <sup>18</sup>	<b>80</b>				
<b>Seuil d'alerte</b>	Moyenne sur 24h	Conditions de déclenchement selon arrêté interpréfectoral	<b>125</b> <b>ou 80<sup>19</sup></b>				

A titre d'information, voici des valeurs de recommandations du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF), ainsi que des valeurs prévues à plus long terme par les directives européennes, concernant les risques liés à l'exposition aux poussières PM<sub>10</sub> pour la santé humaine :

Valeurs recommandées par le CSHPF (en µg.m <sup>-3</sup> )			DIRECTIVE EUROPEENNE 1999/30/CE concernant les particules (PM <sub>10</sub> )								
Type de seuil	Valeur à respecter (en µg.m <sup>-3</sup> )	Type de moyenne	Type de seuil	Valeur à respecter en 2010 (en µg.m <sup>-3</sup> )	Type de moyenne	Valeurs à respecter entre 2005 et 2010 (en µg.m <sup>-3</sup> )					
<b>Objectif de qualité</b>	<b>30</b>	Moyenne sur 8 h				2005	<b>2006</b>	2007	2008	2009	2010
<b>Seuil d'information</b>	<b>80</b>	Moyenne mobile sur 24h	<b>Objectifs de valeurs limites<sup>20</sup></b>	<b>50</b>	Moyenne journalière	En 2010, 7 jours de dépassement autorisés par an (centile 98,1) contre 35 jours en 2005 (centile 90,4) <sup>21</sup>					
<b>Seuil d'alerte</b>	<b>125</b>	Moyenne mobile sur 24h		<b>20</b>	Moyenne annuelle	40	<b>36</b>	32	28	24	20

<sup>14</sup> Dates d'application et marges de dépassement autorisées fixées par les directives européennes n° 1999/30/CE (du 22 avril 1999) et n° 2000/69/CE (du 16 novembre 2000).

<sup>15</sup> Du 1<sup>er</sup> janvier au 31 décembre.

<sup>16</sup> Phase d'ajustement et d'observation (Phase 1).

<sup>17</sup> Soit 35 jours de dépassement autorisés par an.

<sup>18</sup> Pour la région Rhône-Alpes : arrêté interpréfectoral du 5 juillet 2006

<sup>19</sup> Si la procédure d'information pour les PM<sub>10</sub> a été déclenchée la veille et le jour même, et que les prévisions font craindre un risque fort de dépassement du seuil de 80 µg.m<sup>-3</sup> le lendemain.

<sup>20</sup> Valeurs indicatives à réexaminer à la lumière d'informations complémentaires sur les effets sur la santé et l'environnement, la faisabilité technique et l'expérience acquise lors de la phase 1 (avant le 01/01/2005).

<sup>21</sup> Marges de dépassement entre 2005 et 2010 fixées ultérieurement.

### 3.1.3.4 Le monoxyde de carbone (CO)

<b>DECRET FRANÇAIS 2002-213 du 15 février 2002</b> <b>Valeurs réglementaires pour le monoxyde de carbone CO</b>			
Type de seuil	Type de moyenne	Période et statistique pour le calcul	Valeur à respecter (en $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
<b>Valeur limite</b>	Moyenne sur 8 heures	Maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures <sup>22</sup> calculée sur l'année civile	<b>10 000</b>

A titre d'information, voici les valeurs de recommandations du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) et de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), concernant les risques d'exposition au CO pour la santé humaine.

Type de seuil	Valeurs recommandées par le CSHPF (en $\mu\text{g.m}^{-3}$ )		Valeurs recommandées par l'OMS (en $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	
	Valeur à respecter (en $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	Type de moyenne	Valeur à respecter (en $\mu\text{g.m}^{-3}$ )	Type de moyenne
<b>Valeurs limites</b>	<b>10 000</b>	Moyenne sur 8 h	<b>10 000</b>	Moyenne sur 8 h
			<b>30 000</b>	Moyenne horaire
	<b>30 000</b>	Moyenne horaire	<b>60 000</b>	Moyenne sur 30 min
			<b>100 000</b>	Moyenne sur 15 min

<sup>22</sup> Pour un jour donné, la première période pour le calcul de la moyenne glissante sur 8h est comprise entre 17h00 la veille et 01h00 le jour même; la dernière période est comprise entre 16h00 et minuit le même jour.

### 3.1.3.5 Les Composés Organiques Volatils (COV)

Pour le **benzène** :

DECRET FRANÇAIS 2002-213 du 15 février 2002										
Valeurs réglementaires pour le benzène										
Type de seuil	Type de seuil	Période et statistique pour le calcul	Valeurs à respecter (en $\mu\text{g.m}^{-3}$ )							
			2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
<b>Objectif de qualité</b>	Moyenne annuelle	Année civile <sup>23</sup>	<b>2</b>							
<b>Valeur limite</b>	Moyenne annuelle	Année civile	10	10	10	9	8	7	6	5

A titre d'information, voici les valeurs de recommandations du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) et de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) concernant les risques liés à l'exposition au benzène pour la santé humaine.

Valeurs recommandées par le CSHPF			Valeurs recommandées par l'OMS (en $\mu\text{g.m}^{-3}$ )
Type de seuil	Valeur à respecter en $\mu\text{g.m}^{-3}$	Type de moyenne	Risque, pour une exposition à des teneurs moyennes de <b>1 <math>\mu\text{g.m}^{-3}</math></b> sur toute une vie (24h/24), d'induire un décès supplémentaire par cancer, leucémie, ... : $6 \cdot 10^{-6}$ (6 cas sur 1 million)
<b>Objectif de qualité</b>	2	Moyenne annuelle	
<b>Valeurs limites</b>	10	Moyenne annuelle	
	25	Moyenne journalière	

Pour le **benzo[a]pyrène (HAP)**:

Parmi les HAP, le benzo[a]pyrène, qui est utilisé comme le traceur du risque cancérigène lié aux hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans l'air ambiant, est le seul composé réglementé (Directive 2004/107/CE du 15 décembre 2004).

DIRECTIVE EUROPEENNE 2004/107/CE concernant le benzo(a)pyrène (BaP)		
Type de seuil	Valeur à respecter en $\text{ng.m}^{-3}$	Type de moyenne
<b>Valeur cible</b>	1	Moyenne annuelle

<sup>23</sup> Du 1<sup>er</sup> janvier au 31 décembre.

### 3.1.3.6 Les métaux lourds

Le plomb est le premier des métaux lourds à avoir été réglementé dans l'air ambiant.

DECRET FRANÇAIS 2002-213 du 15 février 2002									
Valeurs réglementaires pour le plomb									
Type de seuil	Type de moyenne	Période et statistique pour le calcul	Valeurs à respecter (en $\mu\text{g.m}^{-3}$ )						
			2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Objectif de qualité	Moyenne annuelle	Année civile <sup>24</sup>	0,25						
Valeur limite	Moyenne annuelle	Année civile	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

L'arsenic, le cadmium et le nickel ont été réglementés dans l'air ambiant par la directive européenne 2004/107/CE.

DIRECTIVE EUROPEENNE 2004/107/CE concernant certains métaux lourds			
Type de seuil	Période	Polluant	Valeur <sup>25</sup>
Valeur cible	Année Civile	As	6 $\text{ng.m}^{-3}$
		Cd	5 $\text{ng.m}^{-3}$
		Ni	20 $\text{ng.m}^{-3}$

N.B :  $1\text{ng.m}^{-3} = 10^{-3} \mu\text{g.m}^{-3}$  ( $0,001 \mu\text{g.m}^{-3}$ )

<sup>24</sup> Du 1<sup>er</sup> janvier au 31 décembre.

<sup>25</sup> Pour le contenu total dans la fraction  $\text{PM}_{10}$  calculé en moyenne annuelle sur une année civile.

### 3.1.3.7 L'ozone (O<sub>3</sub>)

DECRET FRANÇAIS 2003-1085 du 12 novembre 2003			
Valeurs réglementaires pour l'ozone (O <sub>3</sub> )			
Type de seuil	Valeur à respecter (en µg.m <sup>-3</sup> )		Période et statistique pour le calcul
Objectif de qualité	110	Moyenne sur 8 h	Maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures calculée sur l'année civile
Objectif de qualité	200	Moyenne horaire	Année civile
Objectif de qualité	65	Moyenne journalière	Année civile
Seuil de recommandation et d'information	180	Moyenne horaire	Conditions de déclenchement selon arrêté interpréfectoral
1 <sup>er</sup> seuil d'alerte	240 (sur 3 heures consécutives)	Moyenne horaire	Conditions de déclenchement selon arrêté interpréfectoral
2 <sup>ème</sup> seuil d'alerte	300 (sur 3 heures consécutives)	Moyenne horaire	Conditions de déclenchement selon arrêté interpréfectoral
3 <sup>ème</sup> seuil d'alerte	360 (sur 3 heures consécutives)	Moyenne horaire	Conditions de déclenchement selon arrêté interpréfectoral

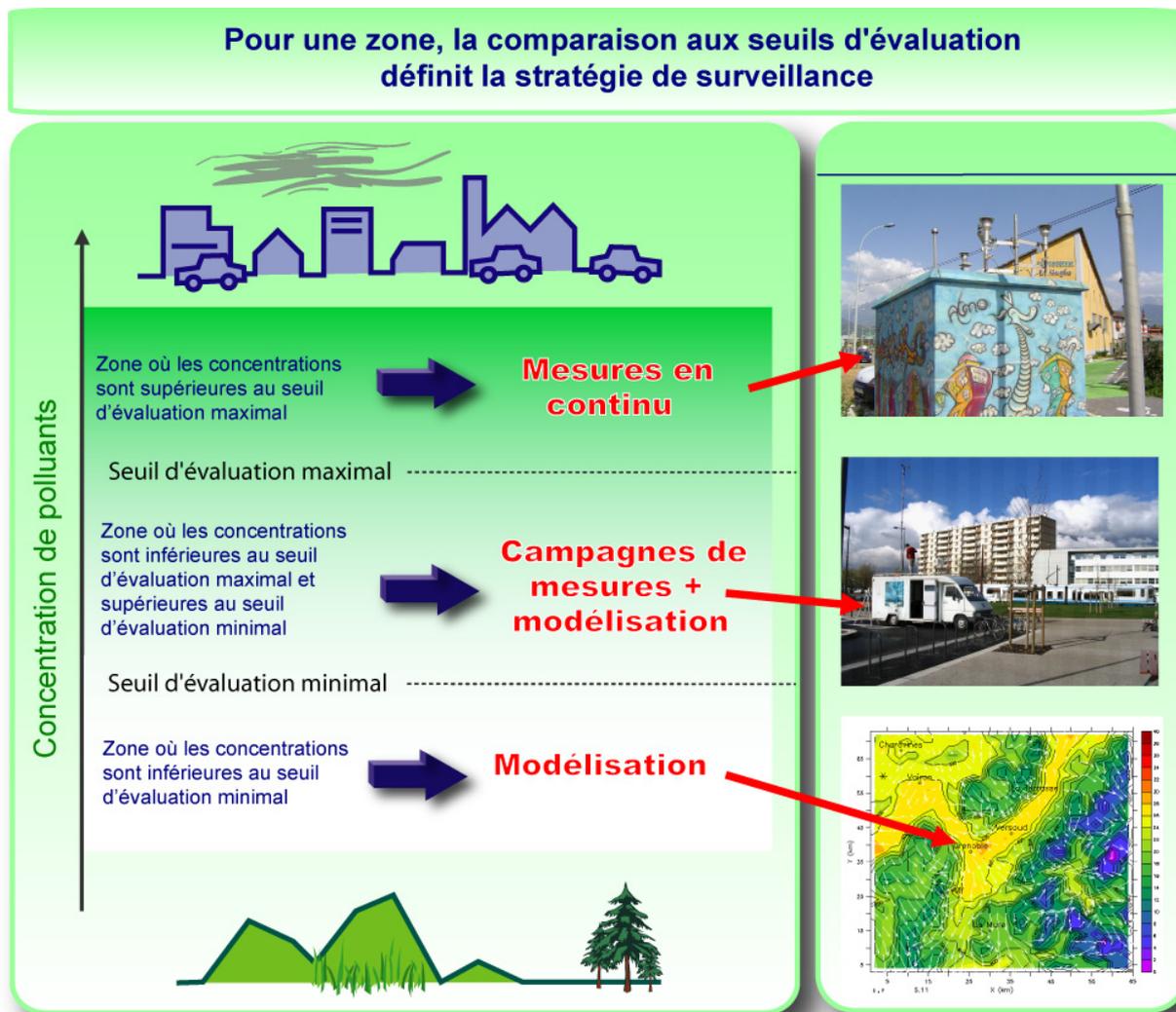
A titre d'information, le tableau suivant présente des valeurs de recommandations du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) et de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), ainsi que les valeurs fixées par la directive européenne 2002/3/CE du 12 février 2002 :

Type de seuil	Recommandations pour la santé humaine concernant l'ozone (O <sub>3</sub> )				Directive européenne 2002/3/CE concernant l'ozone (O <sub>3</sub> )	
	Du CSHPF (en µg.m <sup>-3</sup> )		De l'OMS (en µg.m <sup>-3</sup> )		Valeur à respecter (en µg.m <sup>-3</sup> )	Période
Objectif de qualité	110	Moyenne sur 8 h	120	Moyenne sur 8 h	120	Moyenne sur 8 h
Objectif de qualité			400 (cultures) 20000 (forêts) µg.m <sup>-3</sup> .h	AOT40	18000 µg.m <sup>-3</sup> .h	AOT40
Objectif de qualité					6000 µg.m <sup>-3</sup> .h	AOT40
Seuil de recommandation et d'information	180	Moyenne horaire			180	Moyenne horaire
seuil d'alerte	360	Moyenne horaire			240 (sur 3 heures consécutives)	Moyenne horaire

### 3.2 Le dispositif de surveillance

La directive européenne n°96/62/CE du 27 septembre 1996 de la communauté européenne, concernant l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant, fournit le cadre de la législation communautaire sur la surveillance de la qualité de l'air.

La stratégie de surveillance de la qualité de l'air s'organise en **3 niveaux de surveillance**, chaque niveau de surveillance étant adapté à un niveau de pollution.



#### 3.2.1 Les mesures en continu (réseau fixe)

Le réseau fixe de surveillance de la qualité de l'air est organisé autour de stations fixes qui participent au suivi des phénomènes de pollution spécifique (exemple : mesure en proximité automobile ou industrielle) ou au dispositif réglementaire dans le cadre des procédures d'alerte à la pollution atmosphérique.

Le dispositif réglementaire de surveillance est régi au niveau régional par des arrêtés interpréfectoraux (arrêté interpréfectoral du 5 juillet 2006), conformément au code de l'environnement.

La région Rhône-Alpes a été découpée en **13 zones** qui constituent des « bassins d'air » a priori homogènes pour les polluants à caractère régional comme l'ozone (Figure 1.18). Les agglomérations quant à elles, sont prises séparément dans les zones urbaines (zone hachurées sur la figure suivante) pour les polluants primaires comme le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) ou les poussières en suspension (PM<sub>10</sub>).

Dans les différentes zones définies, les stations fixes équipées d'analyseurs automatiques mesurent 24h/24 la qualité de l'air dans l'objectif de surveiller en permanence l'exposition moyenne et maximale de la population.



Figure 3.4 Zones de surveillance en Rhône-Alpes

Ces données, transmises en temps réel via le réseau téléphonique au poste central régional à Lyon, sont centralisées dans des bases de données informatiques avant d'être validées puis diffusées à grande échelle.

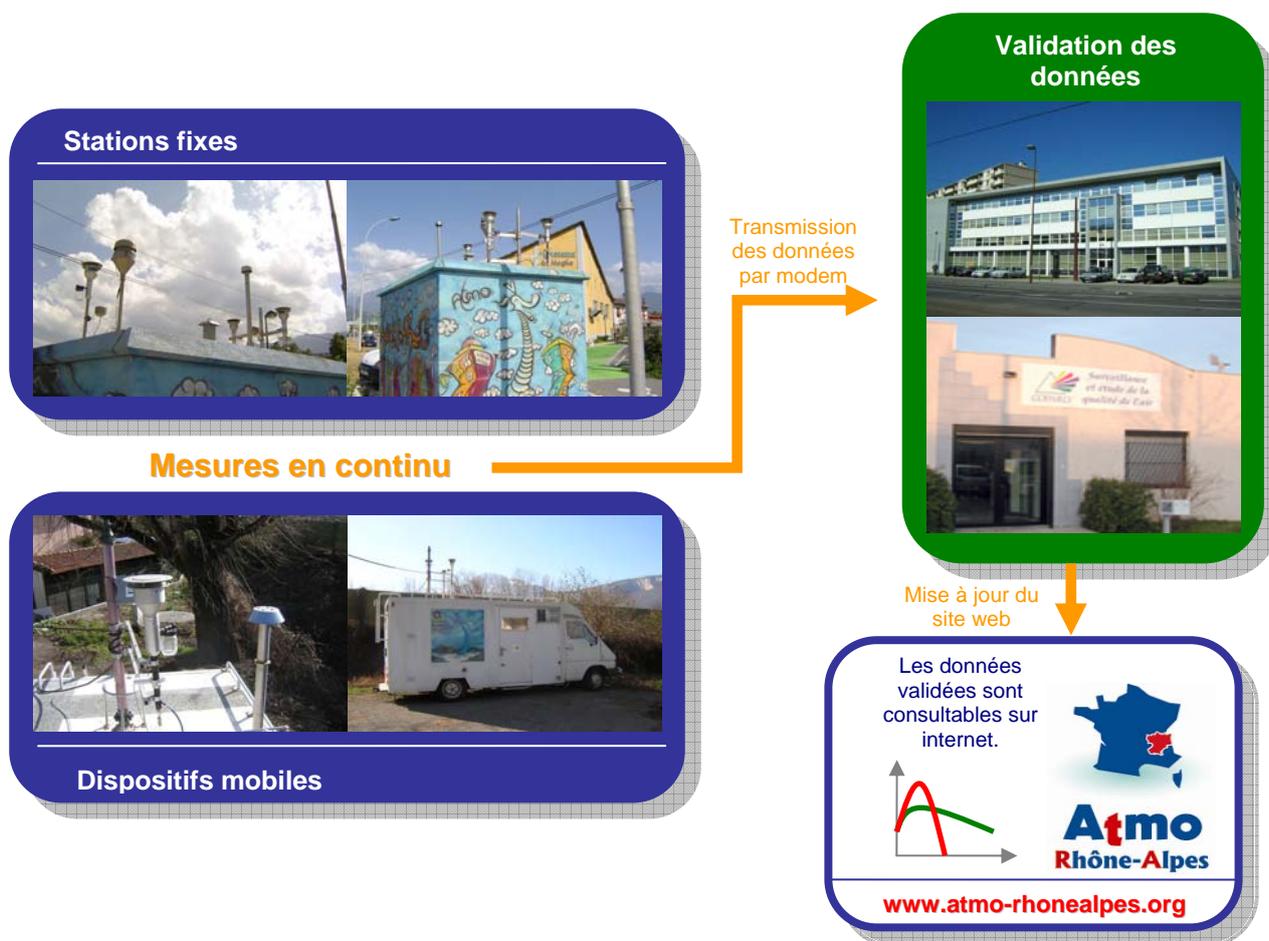


Figure 3.5 Principe de fonctionnement du réseau de surveillance de la qualité de l'air

### 3.2.1.1 Pollution de proximité et pollution de fond

Les niveaux de polluants primaires mesurés sont liés à la proximité de la station de mesures par rapport à la source de pollution.

La **pollution de proximité automobile** mesurée est **maximale** à proximité immédiate du trafic automobile, en bordure de chaussée ou sur les trottoirs par exemple. L'objectif des stations de proximité automobile est de fournir des informations sur l'exposition maximale d'une population en bordure d'une infrastructure routière.

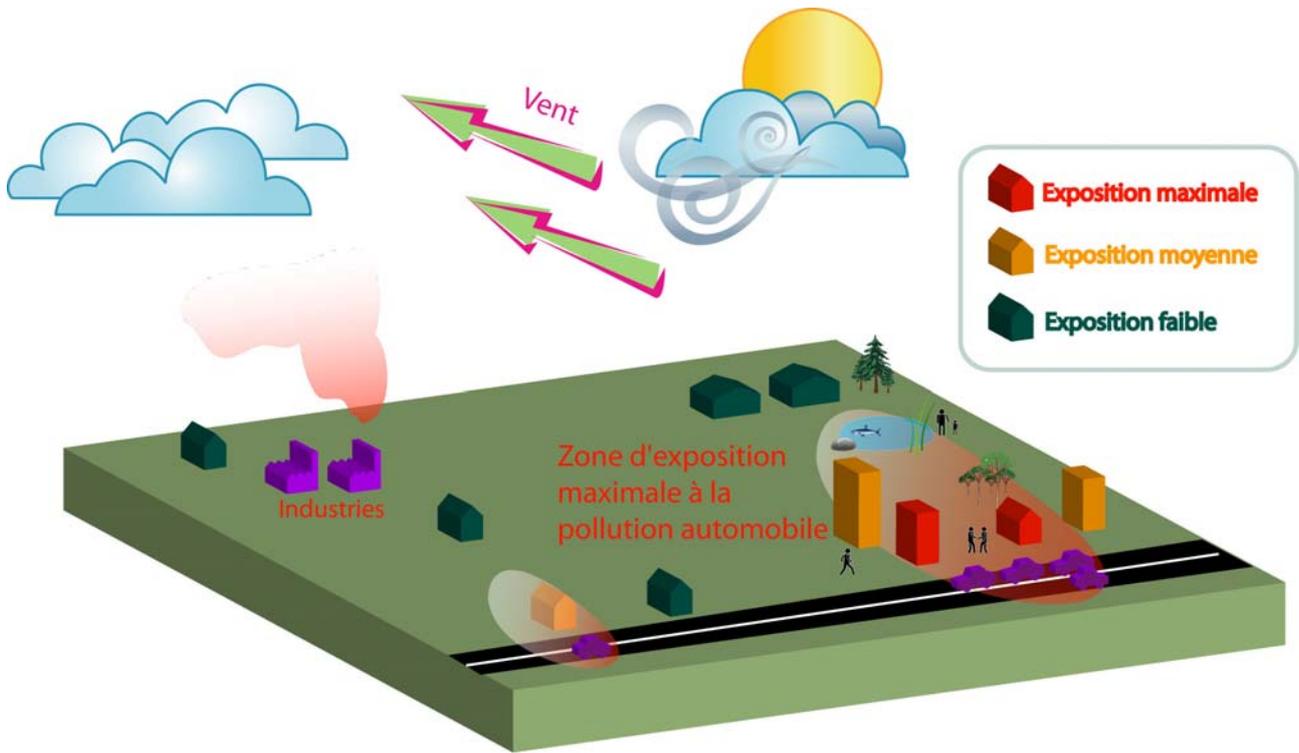
Les concentrations de polluants mesurées dans cette situation sont donc dépendantes des conditions de trafic (nombre de véhicules, vitesses, nature de la voirie et configuration de la rue) ; elles augmentent notamment avec la hausse du trafic automobile. L'évolution horaire des concentrations des polluants d'origine automobile se caractérise généralement par deux pics de concentration lors des heures de pointe du trafic du matin et du soir.

Les concentrations de polluants décroissent lorsqu'on s'éloigne des axes de circulation ; d'abord par la dispersion des polluants par le vent, mais aussi par la diffusion des polluants (tendance naturelle d'un gaz à occuper le plus grand espace possible). Les concentrations mesurées sont donc dépendantes du trafic automobile mais aussi des conditions météorologiques.

En ville, lorsqu'on s'éloigne des axes de circulation, les concentrations de pollution diminuent jusqu'à atteindre les niveaux de la **pollution urbaine de fond**. La pollution mesurée sur les sites urbains de fond ne représente pas l'influence d'un axe de circulation particulier sur la qualité de l'air, mais intègre toutes les sources de pollution de l'agglomération.

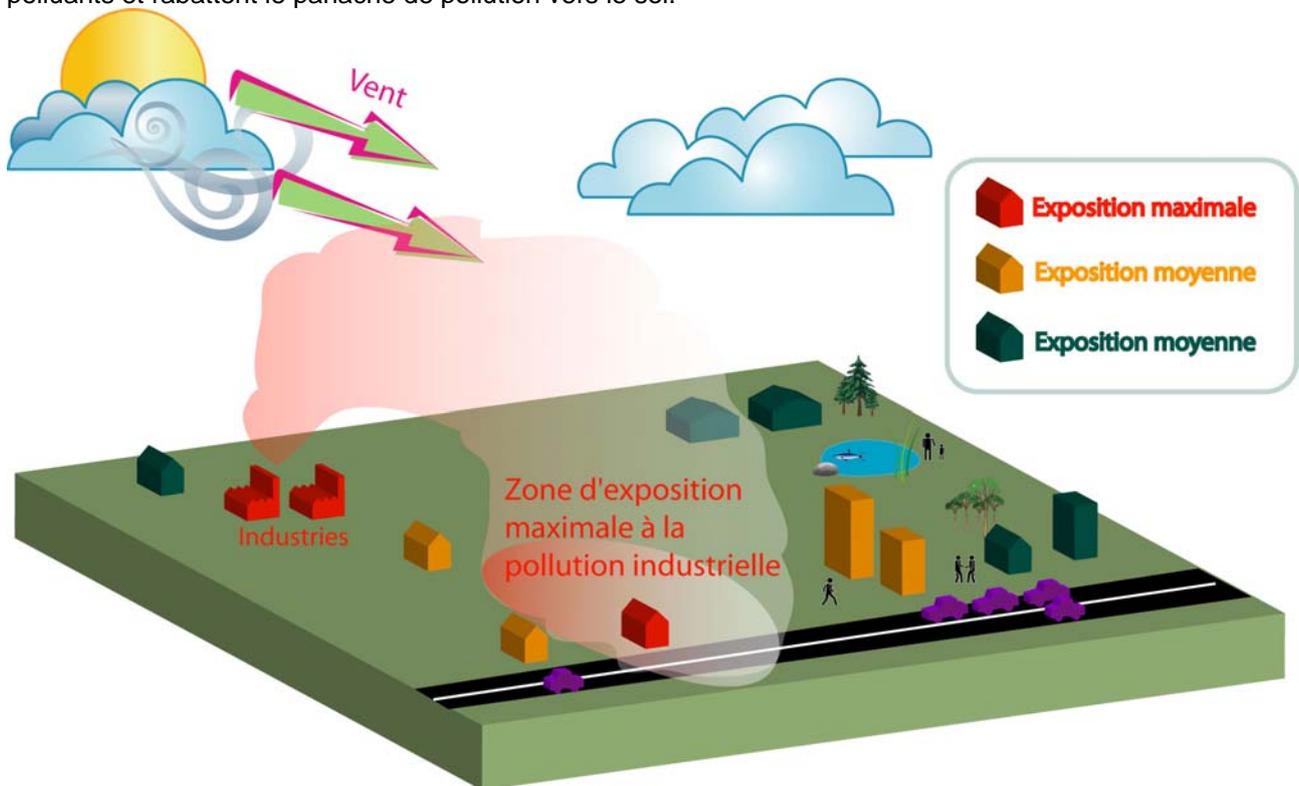
Les stations urbaines de fond permettent le suivi de l'exposition **moyenne** de la population aux phénomènes de pollution atmosphérique dits « de fond » dans les centres urbains.

En milieu rural comme en milieu urbain, la pollution automobile décroît aussi lorsqu'on s'éloigne des axes de circulation ; elle peut même devenir nulle pour certains polluants (NOx) sur des sites de fond en milieu rural (sauf apport par des masses d'air chargées en polluants : cas d'une pollution régionale à l'ozone par exemple).



**Figure 3.6 Pollution de fond et pollution de proximité en milieu urbain**

L'exposition à la **pollution de proximité industrielle** n'est pas liée uniquement à la proximité du site de mesures, mais aussi à l'orientation des vents dominants qui conditionnent la direction de dispersion des polluants et rabattent le panache de pollution vers le sol.



**Figure 3.7 Pollution de proximité industrielle**

Dans le cadre de la pollution d'origine industrielle, le maximum de pollution n'est donc pas forcément mesuré à proximité immédiate du site industriel.

### 3.2.1.2 Typologie des stations de mesures

Les concentrations en polluants atmosphériques sont extrêmement changeantes dans l'espace et dans le temps, elles sont fonction des conditions météorologiques, topographiques et de la répartition des sources d'émission (les concentrations sont plus importantes dans les zones denses comme les centres urbains ou les zones industrielles).

Le schéma suivant montre l'organisation de la surveillance de la qualité de l'air.

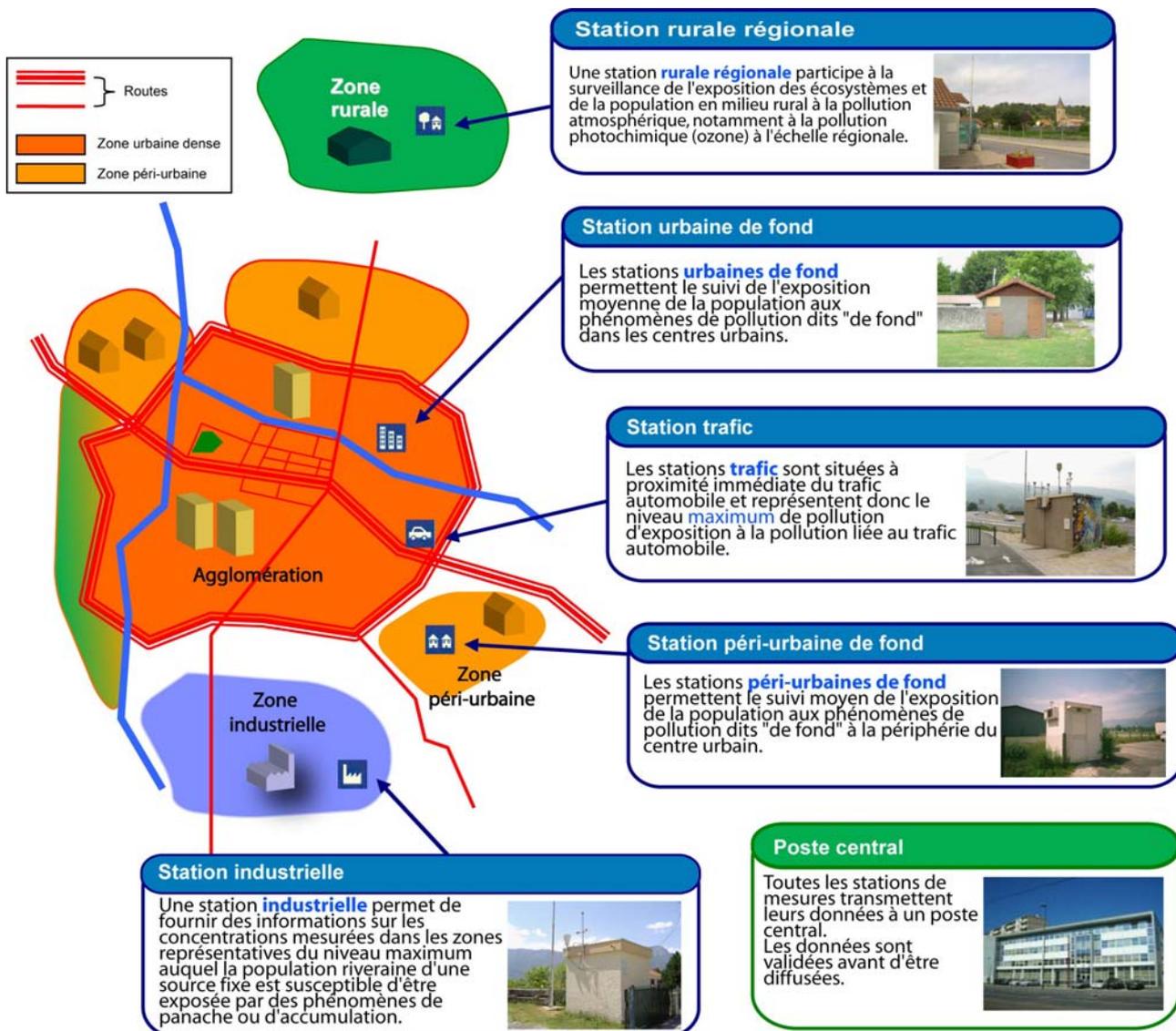


Figure 3.8 Implantations classiques de stations de surveillance de la qualité de l'air

Nombre de stations fixes 2005	Rhône-Alpes	Dont zones urbaines	Dont en zones rurales
Stations urbaines de fond	30	28	2
Stations péri-urbaines	14	14	-
Stations industrielles	9	8	1
Stations trafic	16	16	-
Stations d'observation spécifique	1	1	-
Stations rurales	4	-	4
Stations rurales estivales	6	-	6
<b>Total</b>	<b>80</b>	<b>67</b>	<b>13</b>

Tableau 3-2 Stations de mesures de la qualité de l'air en Rhône-Alpes

### 3.2.2 Les mesures temporaires par dispositifs mobiles

Les dispositifs mobiles de mesures (camion, remorque ou cabine) permettent de renforcer ponctuellement le dispositif de surveillance et de connaître la qualité de l'air dans toute zone dépourvue de stations fixes de surveillance de la qualité de l'air.

Ces dispositifs mobiles possèdent les mêmes appareillages que ceux utilisés dans les stations fixes de mesures. Ils suivent les mêmes procédures de contrôle du fonctionnement des appareils et de validation des mesures afin d'assurer une qualité de mesure identique à celle pratiquée sur le réseau fixe.



Les dispositifs mobiles participent à la surveillance de la qualité de l'air de l'ensemble du territoire qui est organisée dans le cadre du Plan de Surveillance de la Qualité de l'Air en Rhône-Alpes (PSQA Rhône-Alpes, 2005) ; ils interviennent aussi dans le cadre du Plan de Déplacements Urbains de l'agglomération

grenobloise pour la réalisation d'évaluations initiales de la qualité de l'air sur des sites susceptibles de subir des modifications de circulation (modification de la voirie, mise en place de transports en communs).

Parmi les dispositifs mobiles de mesures de la qualité de l'air, les **tubes à diffusion** sont des dispositifs simples à mettre en œuvre qui permettent un suivi des concentrations de la plupart des polluants et la réalisation de cartographie lorsque les tubes à diffusion sont utilisés dans le cadre de campagnes intensives (cartographie régionale du dioxyde d'azote et du benzène en 2005, cartographie de l'ozone estival en 2002).

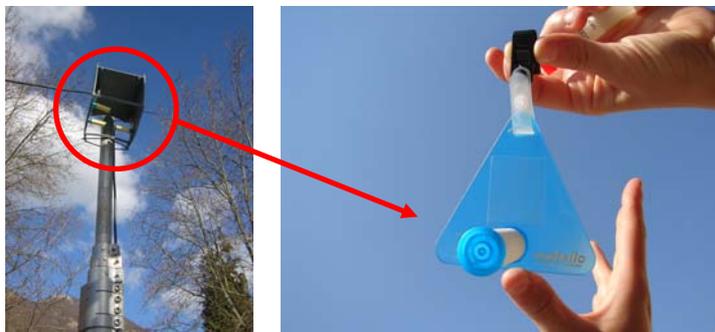


Figure 3.9 Tubes à diffusion mesurant le benzène dans l'air ambiant

**L'exemple de la cartographie du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) en Rhône-Alpes :**

Réaliser une carte suppose de connaître le niveau de pollution en tout point du territoire. Pour cela, 255 sites temporaires équipés de tubes à diffusion ont été implantés dans différents environnements caractéristiques de la région Rhône-Alpes. Ensuite, l'utilisation d'un outil de géostatistique a permis d'estimer les concentrations de polluants en tout point de la région à partir des mesures effectuées sur les 255 sites et d'autres informations complémentaires comme les émissions de polluants.

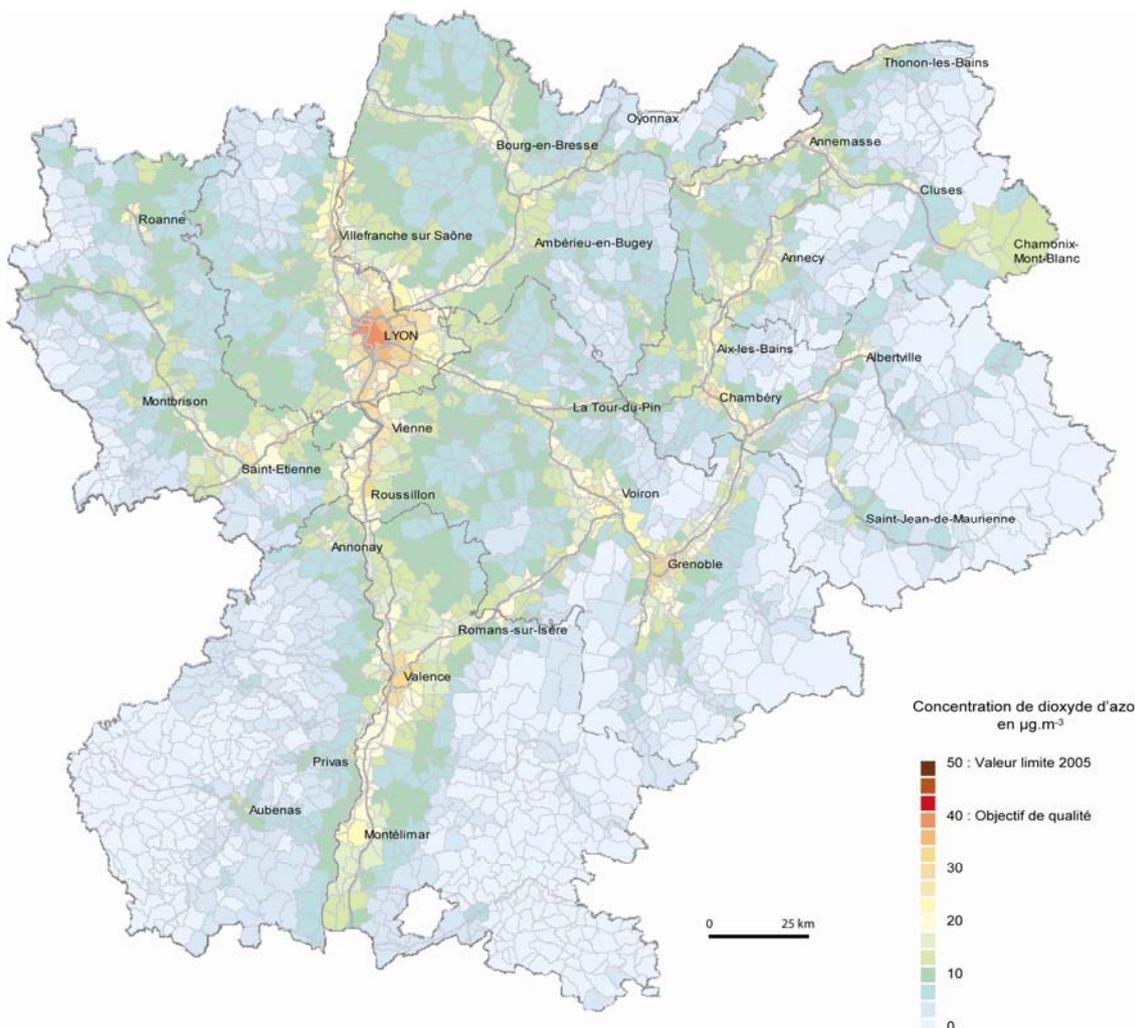
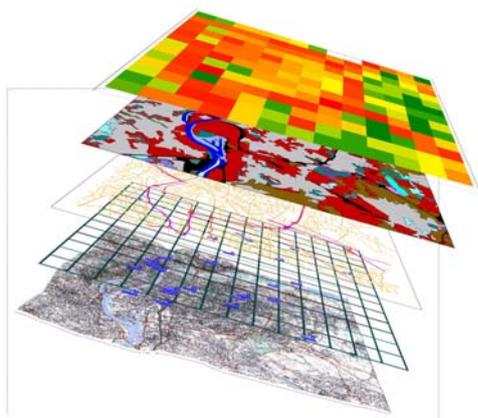


Figure 3.10 Cartographie du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) en Rhône-Alpes (2005)

### 3.2.3 La modélisation



Dans le domaine de la surveillance de la qualité de l'air, la modélisation permet de réaliser:

- des **prévisions** pour répondre à la question « Quelle qualité de l'air pour demain ? »
- des **simulations** pour comprendre les phénomènes de pollution atmosphérique et d'évaluer l'effet à long terme des mesures de réduction des émissions.
- des **cartes** de concentrations en polluants basées sur des mesures ponctuelles pour appréhender la qualité de l'air en tout point du territoire.

La réalisation d'un cadastre des émissions nécessite de croiser différentes données géographiques afin d'établir une carte des émissions de polluants

La modélisation de la pollution dans le but d'établir une prévision ou d'étudier la dispersion des polluants nécessite la combinaison de données d'émissions (cadastre des émissions) et de données météorologiques.

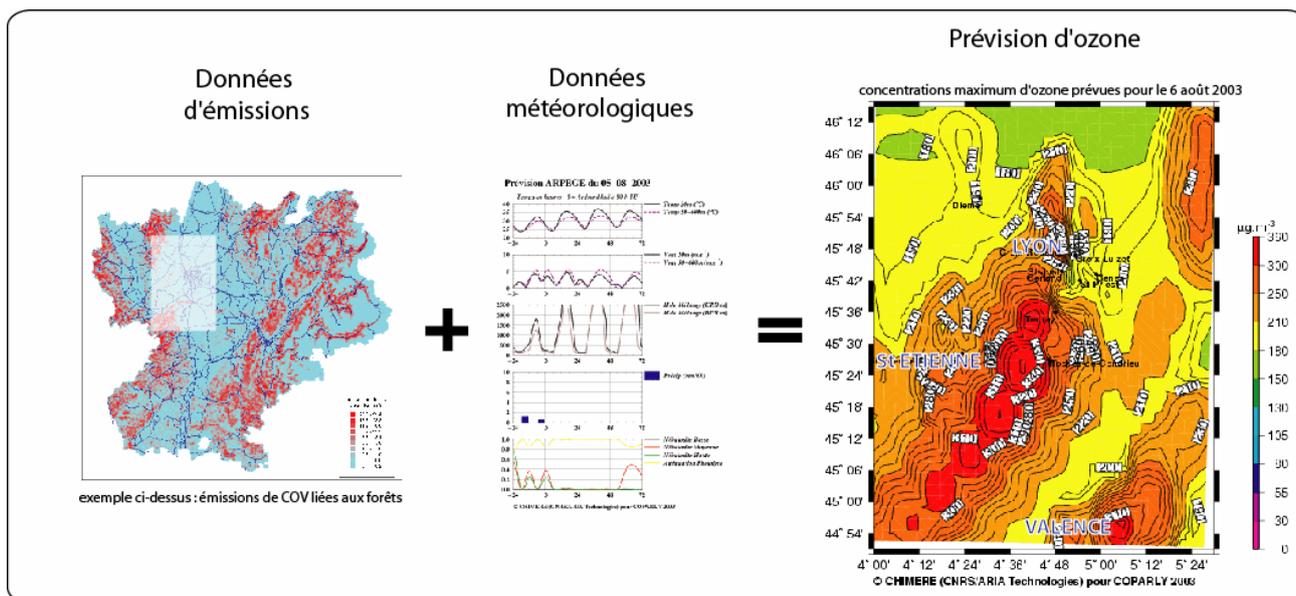
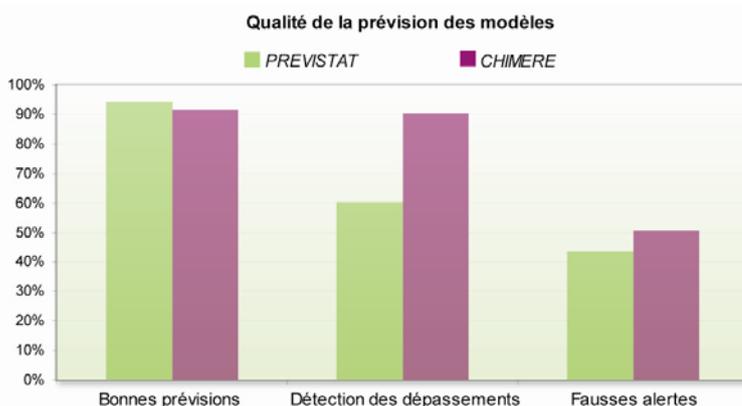


Figure 3.11 Principe de la modélisation

Depuis 2004, la modélisation contribue à la surveillance de la qualité de l'air des départements du Rhône et de l'Isère. En effet, elle constitue un outil de prévisions des épisodes de pollution. Le pourcentage de **bonnes prévisions** est le nombre de prévisions exactes sur le nombre total de prévisions. Le pourcentage de **détections des dépassements** est le nombre de dépassements bien prévus sur le nombre total de dépassements.



### 3.3 Influence des paramètres météorologiques

Les concentrations de polluants dans l'atmosphère sont dépendantes à la fois de l'intensité de leurs **émissions** dans l'air mais aussi des **conditions météorologiques**.

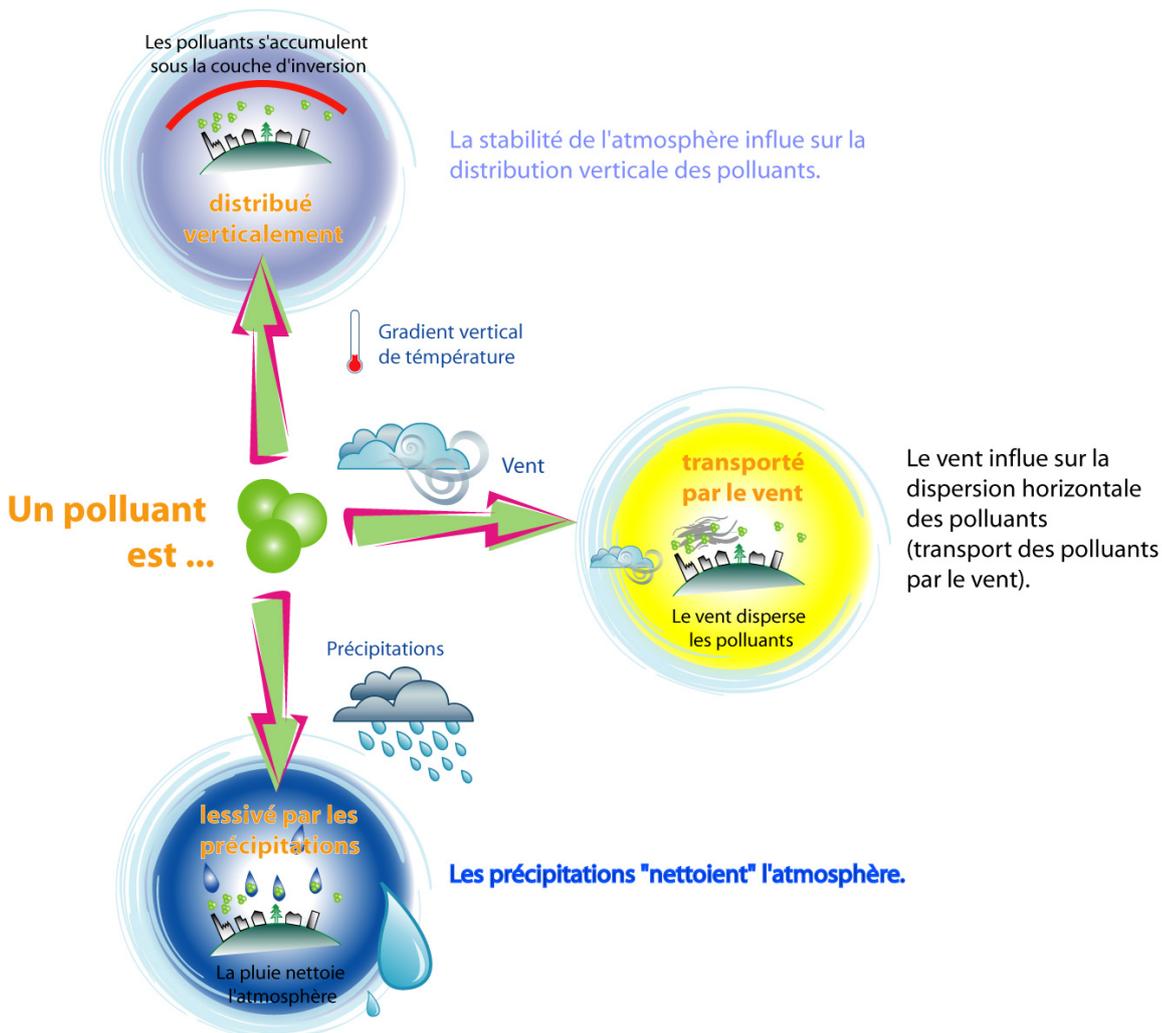


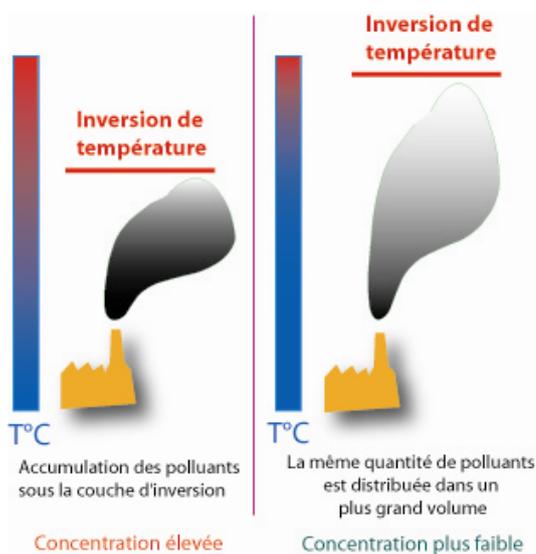
Figure 3.12 Schéma de l'évolution d'un polluant dans l'atmosphère

#### 3.3.1 Température et inversion de température

Le gradient vertical de la température conditionne la stabilité de l'atmosphère et intervient donc dans la dispersion verticale des polluants. Une inversion se produit lorsqu'une couche d'air froid est « emprisonnée » sous une couche d'air chaud (cas d'un fond de vallée faiblement ensoleillé où l'air froid s'accumule). L'ascension des polluants dans l'atmosphère est bloquée lorsqu'ils rencontrent cette masse d'air plus chaude. Les polluants s'accumulent alors sous cette couche d'inversion.

Dans la région de Grenoble, la différence de température entre la station de mesures du Pont de Claix (alt. 237m) et la station du Peuil de Claix (alt. 935m) donne une bonne indication de la stabilité atmosphérique (situation d'inversion lorsque la température au Peuil de Claix devient supérieure à celle de Pont de Claix).

Avec une différence d'altitude d'environ 700 mètres, la différence de température entre le Peuil de Claix et le Pont de Claix devrait être de -4°C. Lors des inversions de températures, la différence de température devient supérieure à -4°C.



**Les inversions de température sont plus fréquentes l'hiver** ; en 2004, 68% des inversions ont eu lieu en janvier et février, en novembre et décembre (Figure 1.24). Les inversions les plus fréquentes ont lieu le matin à 7h00 (seulement 6% d'inversions de température entre 12h00 et 18h00). La journée, l'inversion de température est rompue grâce au brassage de l'atmosphère par le vent (94% des inversions ont lieu lorsque le vent est inférieur à 2m/s) et la hausse des températures (phénomène de convection).

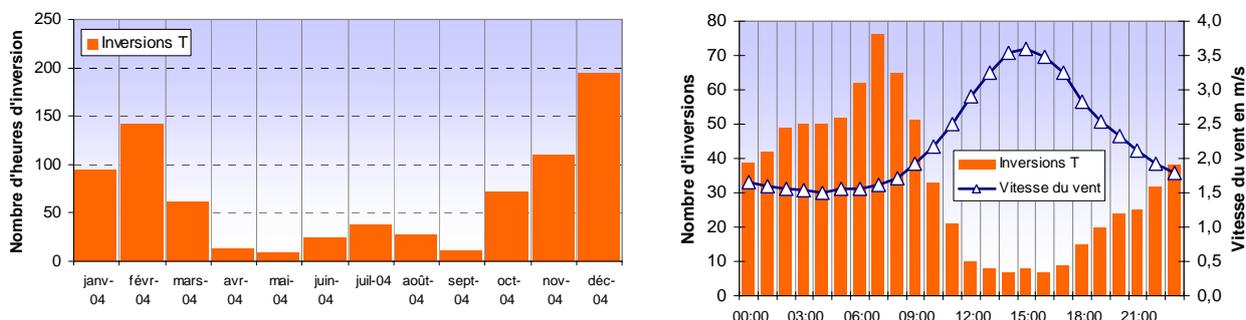


Figure 3.13 Répartition des inversions de températures à Grenoble en 2004

**Influence de l'inversion de température sur les polluants primaires :**

L'influence d'une inversion de température est déterminante pour la qualité de l'air. Les concentrations mesurées lors des inversions de température sont bien supérieures aux concentrations moyennes. L'influence de l'inversion est moins importante sur les stations de proximité automobile où les niveaux de polluants sont surtout conditionnés par les émissions du trafic automobile.

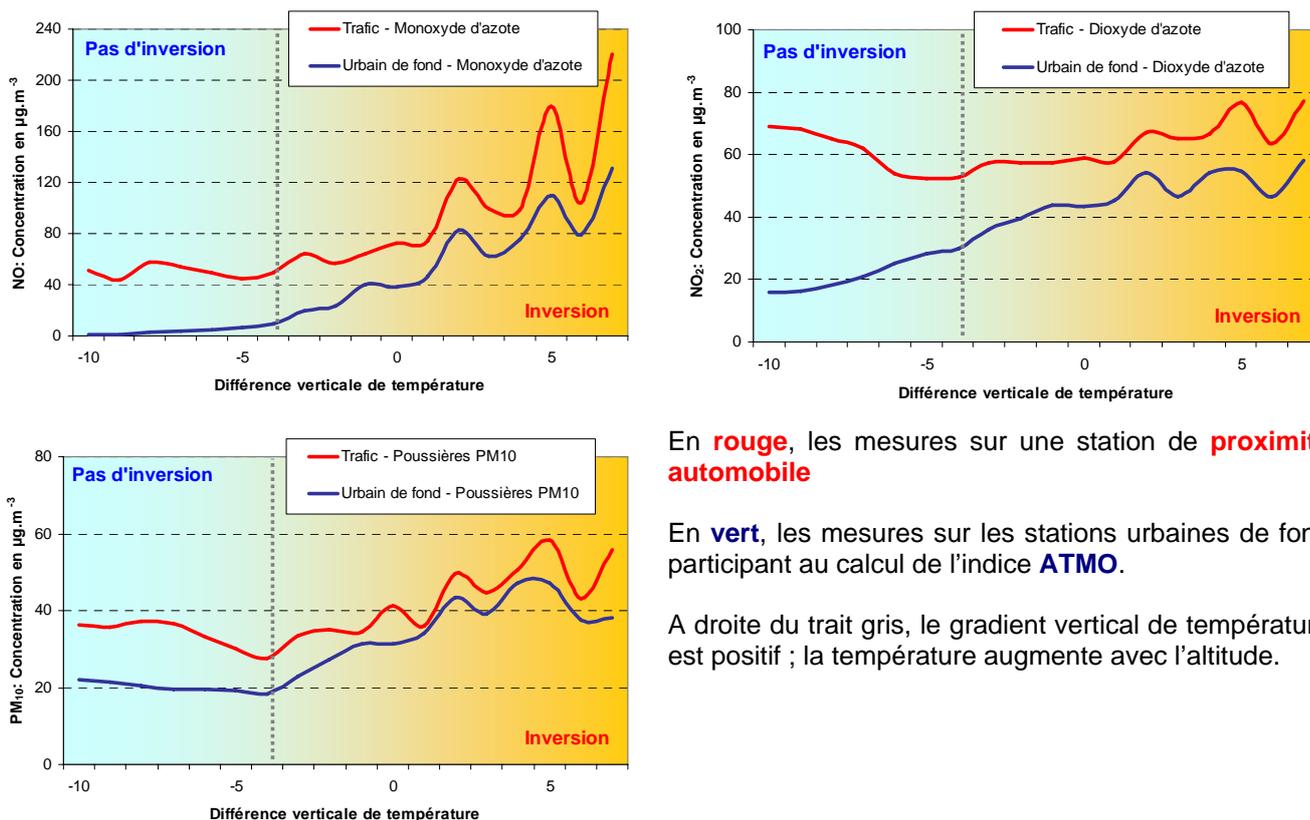


Figure 3.14 Influence de l'inversion de température sur la qualité de l'air à Grenoble

**Influence de la température sur les concentrations de polluants primaires et secondaires :**

L'ozone est un polluant secondaire d'origine photochimique, sa concentration est corrélée avec l'ensoleillement et la température. Les épisodes de pollution à l'ozone (dépassement du seuil de 180  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  en moyenne horaire) ont d'ailleurs lieu le plus souvent lors de journées ensoleillées avec des températures supérieures à 30°C.

En rouge, les mesures sur une station de proximité automobile

En vert, les mesures sur les stations urbaines de fond participant au calcul de l'indice ATMO.

A droite du trait gris, le gradient vertical de température est positif ; la température augmente avec l'altitude.

En situation de proximité automobile, les concentrations de NO<sub>2</sub> sont indépendantes de la température ; alors que les concentrations urbaines de fond diminuent avec l'augmentation de la température.

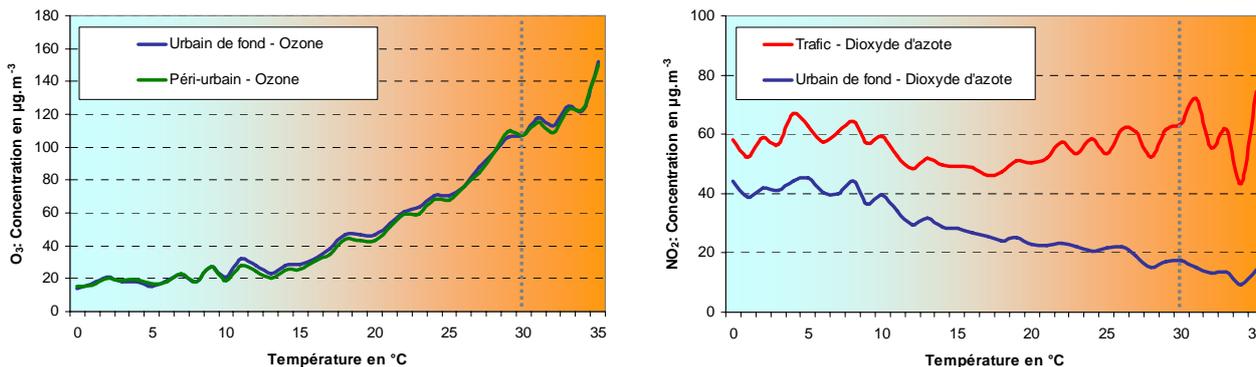
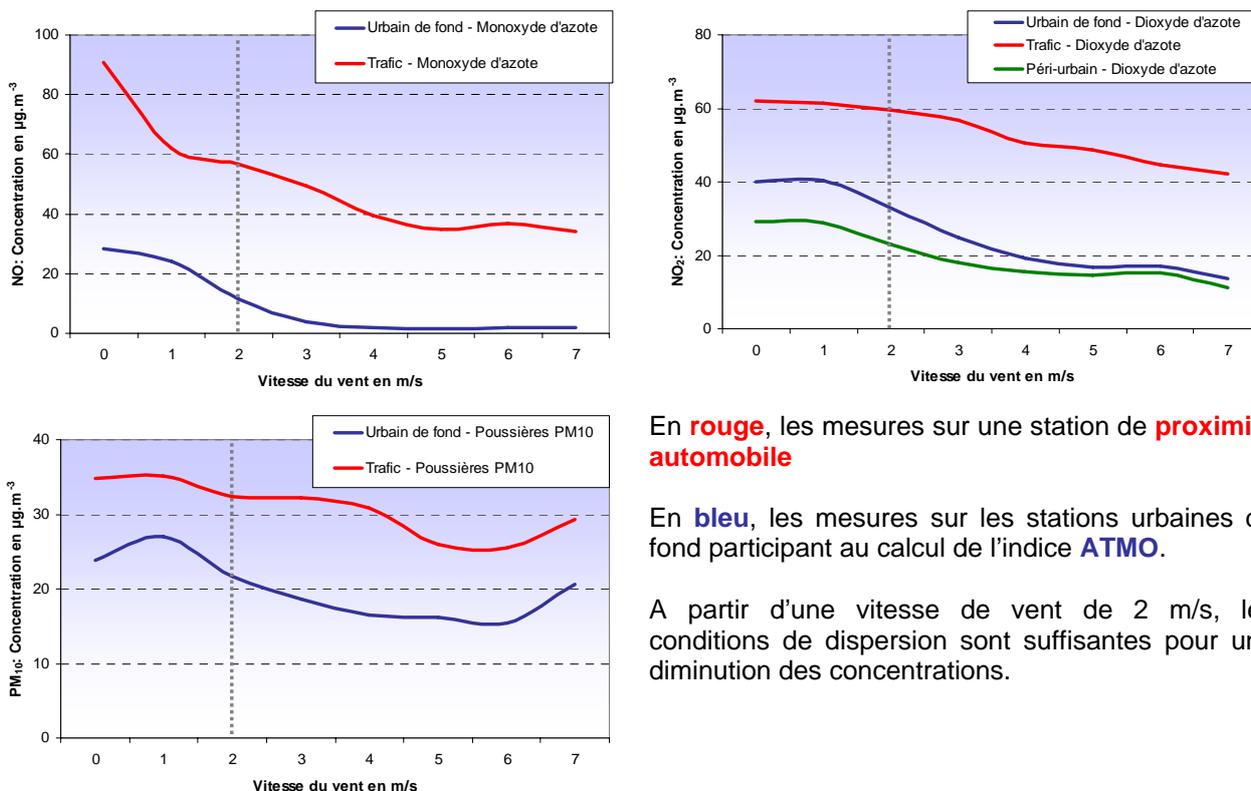


Figure 3.15 Corrélation entre température et concentration moyenne d'ozone (O<sub>3</sub>) et dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)

### 3.3.2 Vitesse du vent

Le vent induit des phénomènes de brassage de l'atmosphère et intervient donc dans la dispersion horizontale des polluants:

- Entre 0 et 1 m/s : la vitesse du vent est trop faible pour que la direction soit significative
- Entre 1 et 2 m/s : la direction du vent est significative, mais sa force ne génère pas des conditions de brassage et de dispersion notables.
- Supérieur à 2 m/s : la force du vent devient suffisamment significative pour induire un brassage de l'atmosphère et créer à partir de 4-5 m/s de bonnes conditions de dispersion des polluants atmosphériques.



En rouge, les mesures sur une station de **proximité automobile**

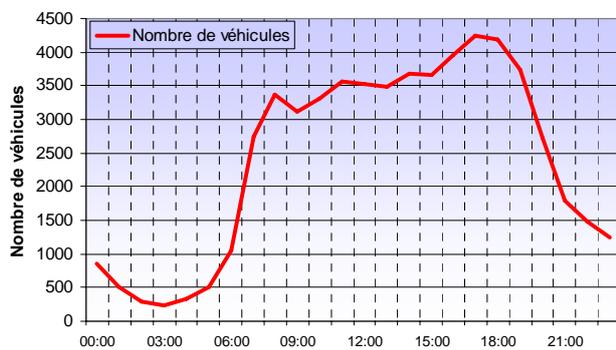
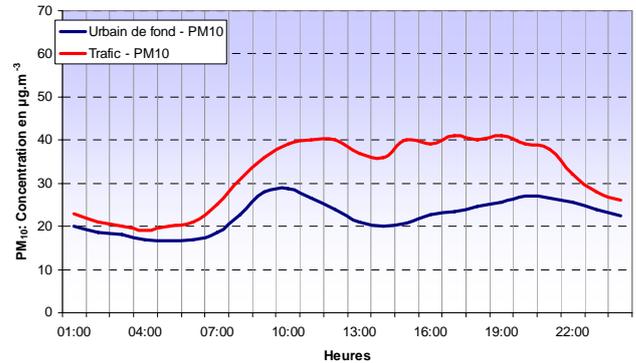
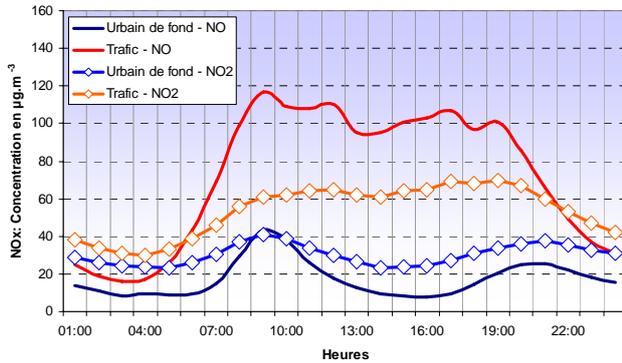
En bleu, les mesures sur les stations urbaines de fond participant au calcul de l'indice **ATMO**.

A partir d'une vitesse de vent de 2 m/s, les conditions de dispersion sont suffisantes pour une diminution des concentrations.

Figure 3.16 Influence de la vitesse du vent sur la qualité de l'air à Grenoble

### 3.4 Influence des paramètres temporels (trafic automobile)

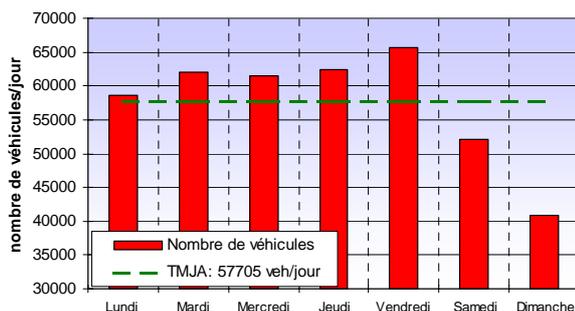
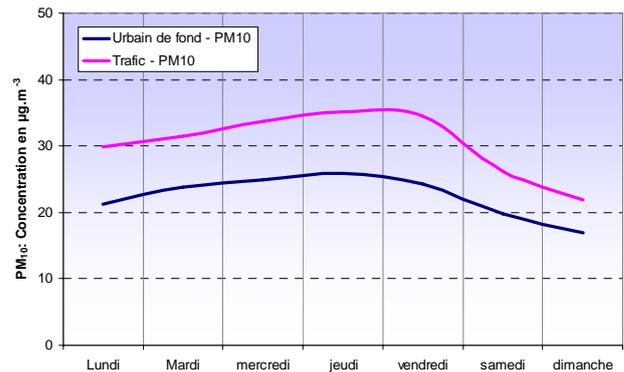
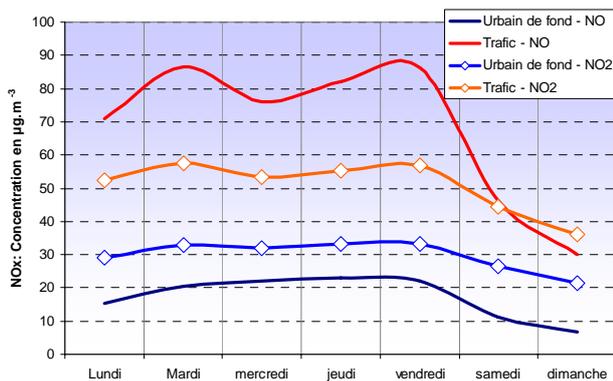
Dans le cas de polluants d'origine automobile, les concentrations dans l'air sont dépendantes des conditions météorologiques, mais aussi des variations de trafic automobile (et donc de l'heure de la journée). Elles augmentent en début et en fin de journée en relation avec les heures de pointe du matin et du soir liées notamment aux déplacements pendulaires domicile – travail.



Le profil moyen horaire du trafic automobile sur un site de l'agglomération grenobloise montre une bonne corrélation entre trafic automobile et concentration de NO mesurée sur les sites trafic.

Figure 3.17 Evolution moyenne de la qualité de l'air à Grenoble en fonction de l'heure

Les profils journaliers des stations fixes urbaines de l'agglomération grenobloise confirment l'influence du trafic automobile, particulièrement avec la baisse des concentrations de polluants en fin de semaine notamment le dimanche. En effet, dans l'agglomération grenobloise, les niveaux de fond en NO diminuent de plus de 50% le week-end (samedi et dimanche) par rapport à la semaine.



Le profil moyen journalier du trafic automobile sur un site de l'agglomération grenobloise montre une bonne corrélation entre trafic automobile et concentration de NO mesurée sur les sites trafic caractérisée par une diminution du trafic et des concentrations le week-end.

**Figure 3.18 Evolution moyenne de la qualité de l'air à Grenoble en fonction du jour de la semaine**

### 3.5 Influence combinée des paramètres météorologiques et temporels

Chaque paramètre peut être caractérisé par un **seuil** qui sépare deux domaines de son influence sur les concentrations des polluants primaires (NOx, PM<sub>10</sub>). Par exemple, l'action du vent est considérée comme **non dispersive** (augmentation des concentrations) pour des vitesses inférieures à 2 m.s<sup>-1</sup> (par exemple à Grenoble, la concentration moyenne de NO<sub>2</sub> est de 37µg.m<sup>-3</sup> pour des vitesses de vents inférieures à 2 m.s<sup>-1</sup> et de 20 µg.m<sup>-3</sup> pour des vitesses de vents supérieures à 2 m.s<sup>-1</sup>).

En considérant 4 paramètres différents (**vitesse du vent, température, jour de la semaine et heure de la journée**), il est possible de déterminer des conditions pour lesquelles l'association de ces paramètres favorise les fortes concentrations (exemple : fortes concentrations lors de l'association de paramètres météorologiques non dispersifs comme VV<2m/s et T<12°C et fortes émissions la semaine aux heures de pointe).

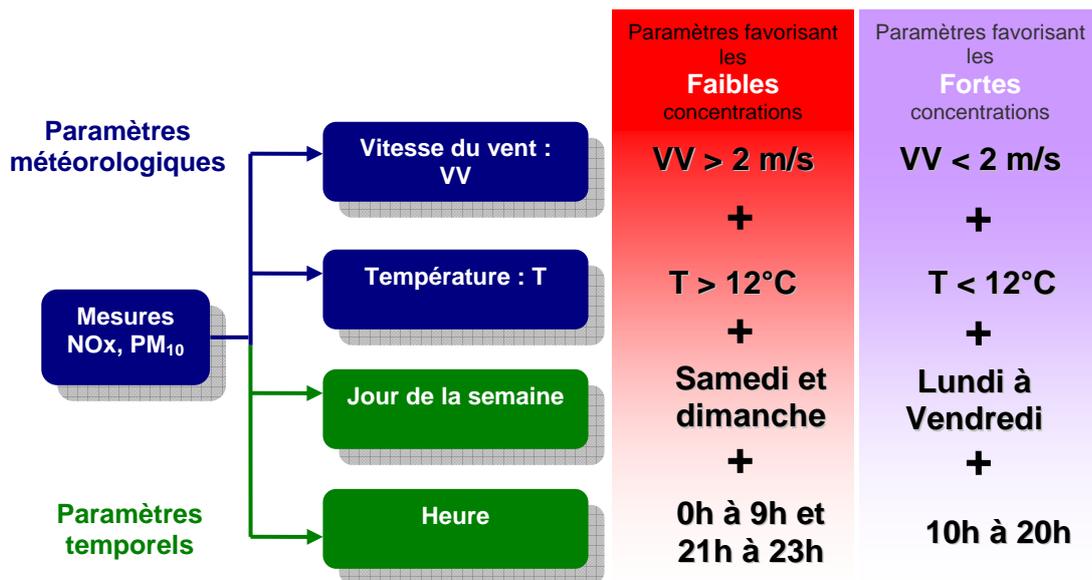


Figure 3.19 Paramètres influant sur la qualité de l'air

Les concentrations sont donc plus importantes lorsque les 4 paramètres favorisant les fortes concentrations sont réunis.

Exemples : Pour un jour de semaine, aux heures de pointe, avec une température inférieure à 12°C et une vitesse de vent inférieure à 2 m.s<sup>-1</sup>, la concentration moyenne de NO<sub>2</sub> est de 51 µg.m<sup>-3</sup> à Grenoble.

Pour un week-end, hors heures de pointe, lorsque la température est supérieure à 12°C et la vitesse de vent supérieure à 2 m.s<sup>-1</sup>, la concentration moyenne de NO<sub>2</sub> est de 14 µg.m<sup>-3</sup> (paramètre égal à 0).

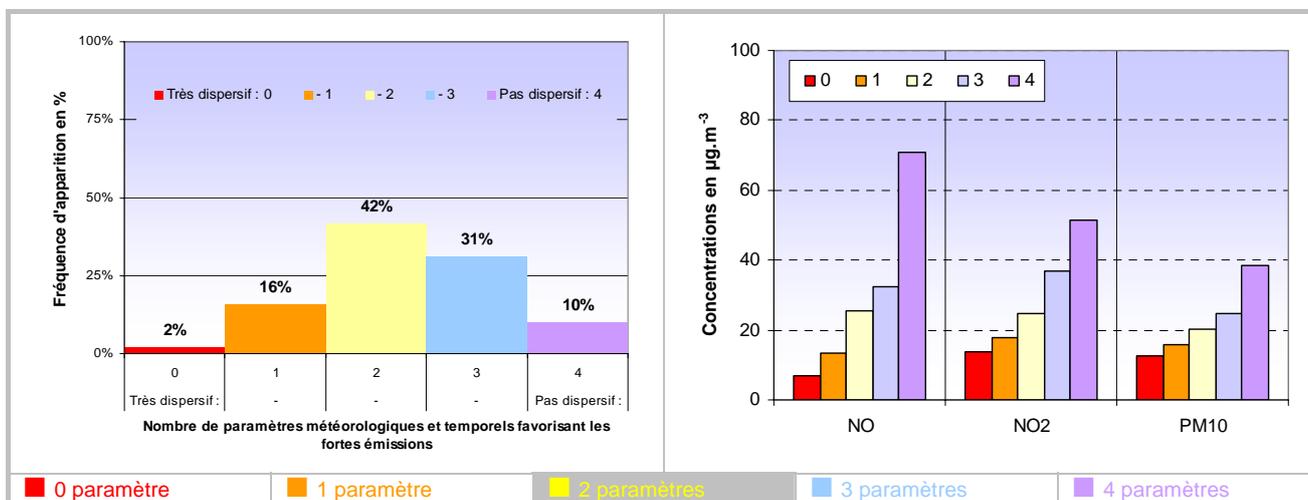
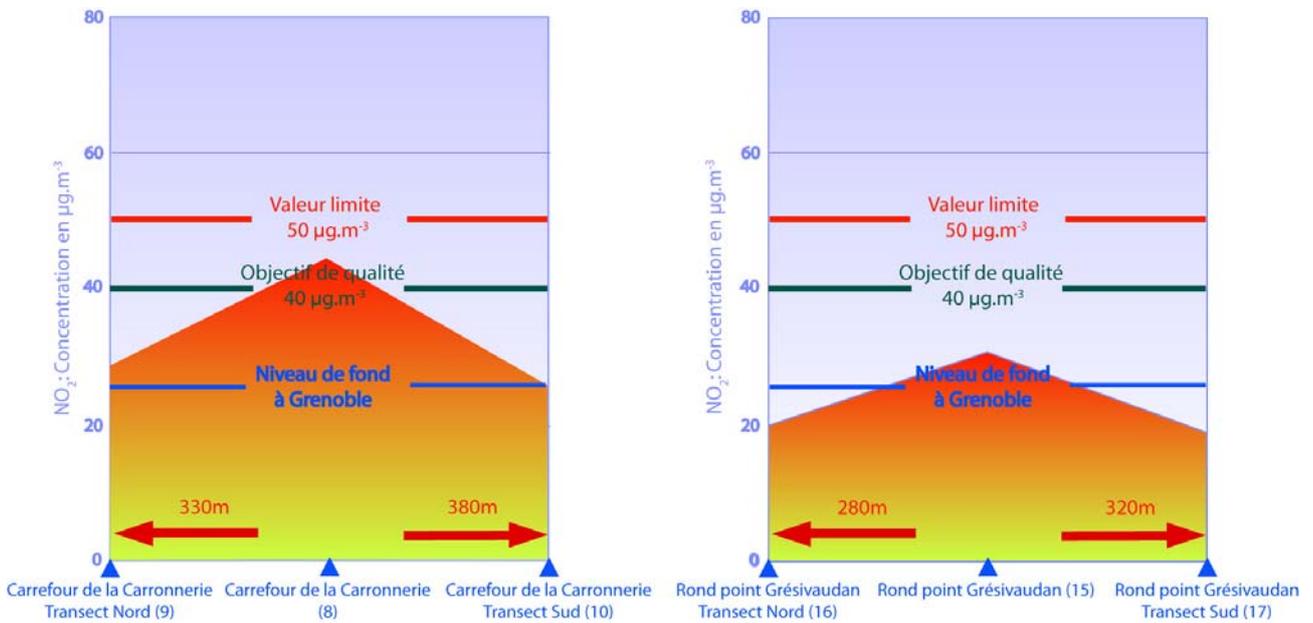


Figure 3.20 Influence des différents paramètres météorologiques ou temporels sur la qualité de l'air à Grenoble en 2004

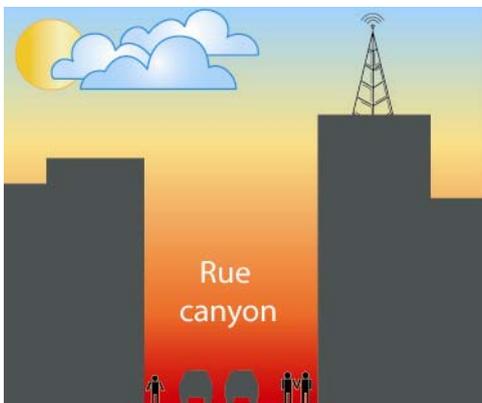
### 3.6 Influence des paramètres géographiques

La nature de la pollution change dans le temps mais aussi dans l'espace. Pour un polluant comme le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), sa concentration est maximale à proximité immédiate des axes de circulation (le trafic routier représente 58% des émissions de NOx en Rhône-Alpes). Les niveaux décroissent en s'éloignant de l'axe de circulation ; la distance nécessaire pour retrouver des niveaux similaires au niveau de fond dépend de l'intensité du trafic et donc des émissions.



**Figure 3.21 Concentrations moyennes de NO<sub>2</sub> à proximité de la RN90 (Grenoble) et du Rond Point du Grésivaudan (Meylan – 38)**

Les rues canyons constituent un obstacle à la dispersion horizontale des polluants. Les polluants émis par le trafic automobile s'accumulent à proximité immédiate de l'axe de circulation.



**Figure 3.22 Schéma d'une rue canyon et exemple de rue canyon à Grenoble**

## 4 NIVEAUX MESURES

### 4.1 Le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

Le graphique suivant illustre l'évolution relative des concentrations moyennes annuelles de SO<sub>2</sub> de l'agglomération grenobloise entre 1995 et 2005.

Les concentrations moyennes annuelles de SO<sub>2</sub> sont en baisse constante depuis plusieurs années. Cette baisse des concentrations est liée à la diminution des émissions de SO<sub>2</sub> notamment grâce à la réduction des teneurs en soufre des carburants. Entre 1995 et 2005, les concentrations de SO<sub>2</sub> ont été divisées par 5 dans l'agglomération grenobloise.

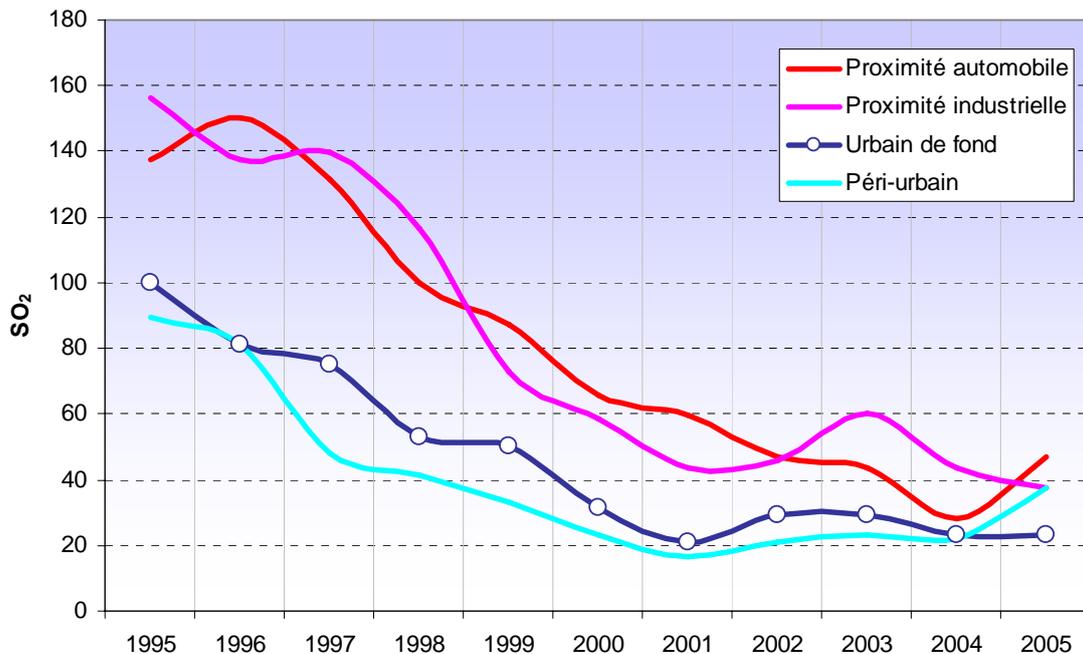


Figure 4.1 Evolution relative des concentrations de dioxyde de soufre dans l'agglomération grenobloise entre 1995 et 2005

Les épisodes de pollution atmosphérique au dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) ont lieu essentiellement en proximité de sites industriels. Ces épisodes se traduisent généralement par des pointes de courte durée, de l'ordre du quart d'heure à quelques heures et sont dus à un rejet industriel à proximité du site de mesures.

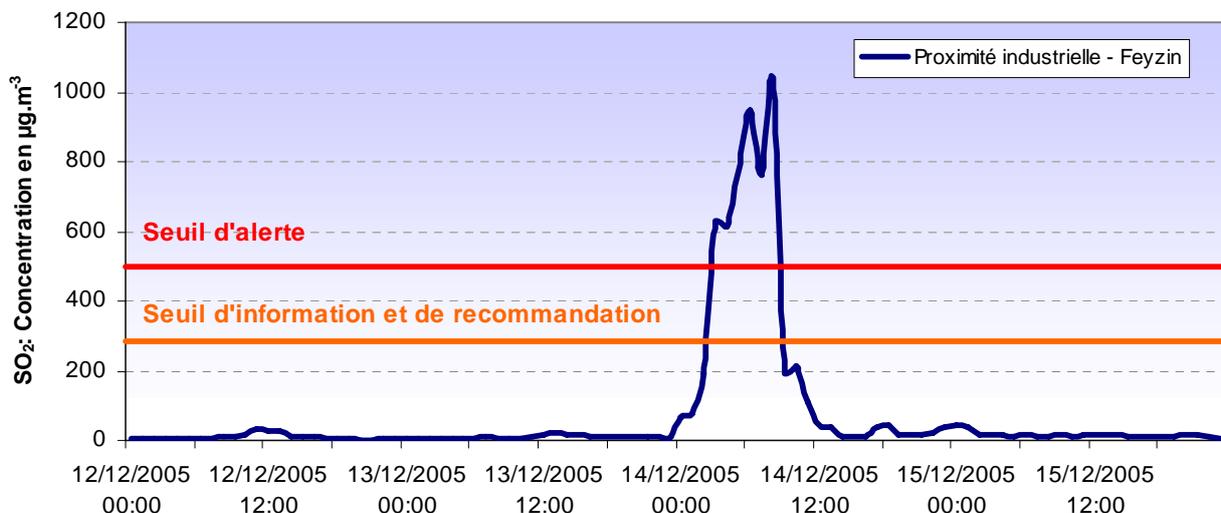


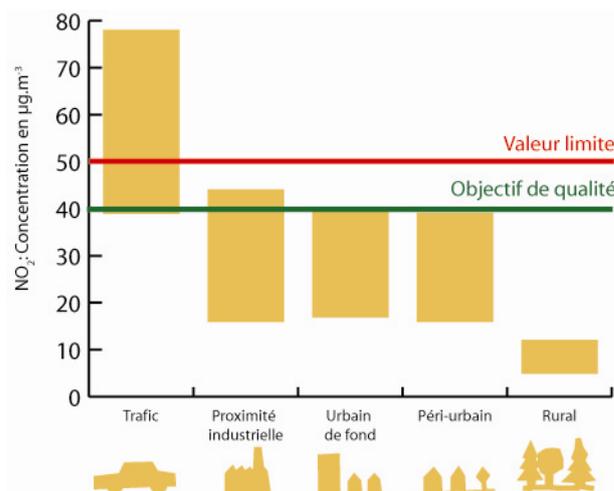
Figure 4.2 Exemple d'épisode de pollution au dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) à Feyzin (Rhône).

## 4.2 Le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)

Le graphique suivant illustre les différentes gammes de concentrations de NO<sub>2</sub> mesurées sur des sites de différentes typologies en Rhône-Alpes.

En Rhône-Alpes, le trafic automobile est responsable de 58% des émissions de NOx. Les plus fortes concentrations de NO<sub>2</sub> sont donc enregistrées en site de proximité automobile, elles sont 4 fois plus importantes en ville que dans les zones rurales. La plupart des sites de mesures situés en proximité automobile ne respectent pas l'objectif de qualité concernant le NO<sub>2</sub>, voire la valeur limite pour la protection de la santé.

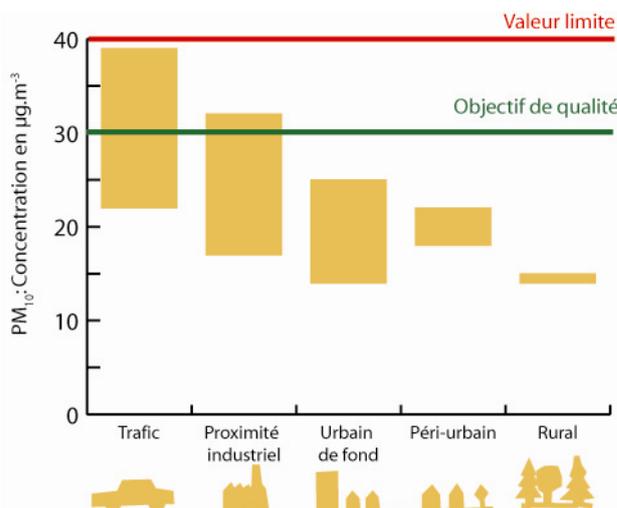
Sur l'ensemble de la région Rhône-Alpes, les concentrations annuelles de NO<sub>2</sub> respectent en situation de fond l'objectif de qualité.



## 4.3 Les poussières en suspension (PM<sub>10</sub>)

Le graphique suivant illustre les différentes gammes de concentration de PM<sub>10</sub> mesurées sur des sites de typologie différentes en Rhône-Alpes.

Comme pour le NO<sub>2</sub>, les plus fortes concentrations de PM<sub>10</sub> sont mesurées en proximité automobile. Les niveaux de PM<sub>10</sub> en milieu rural se situent autour de 15 µg.m<sup>-3</sup> en moyenne annuelle.



Les épisodes de pollution en poussières ont lieu généralement en automne ou en hiver lorsque les conditions météorologiques ne sont pas favorables à la dispersion des polluants dont les poussières qui s'accumulent dans l'air pendant plusieurs jours.

La figure suivante illustre un épisode de pollution qui a eu lieu à Lyon à la fin du mois de janvier 2006. A la fin du mois, l'inversion de température persiste pendant 2 jours, le vent est faible et les émissions importantes (l'augmentation des émissions de poussières en hiver est liée au chauffage urbain). Les poussières s'accumulent alors dans l'atmosphère sous la couche d'inversion, leurs concentrations augmentent et dépassent le seuil d'information et de recommandations (80 µg.m<sup>-3</sup> en moyenne journalière). Il faudra attendre une rupture de l'inversion pour retrouver de bonnes conditions de dispersion des polluants et des concentrations de poussières plus faibles.

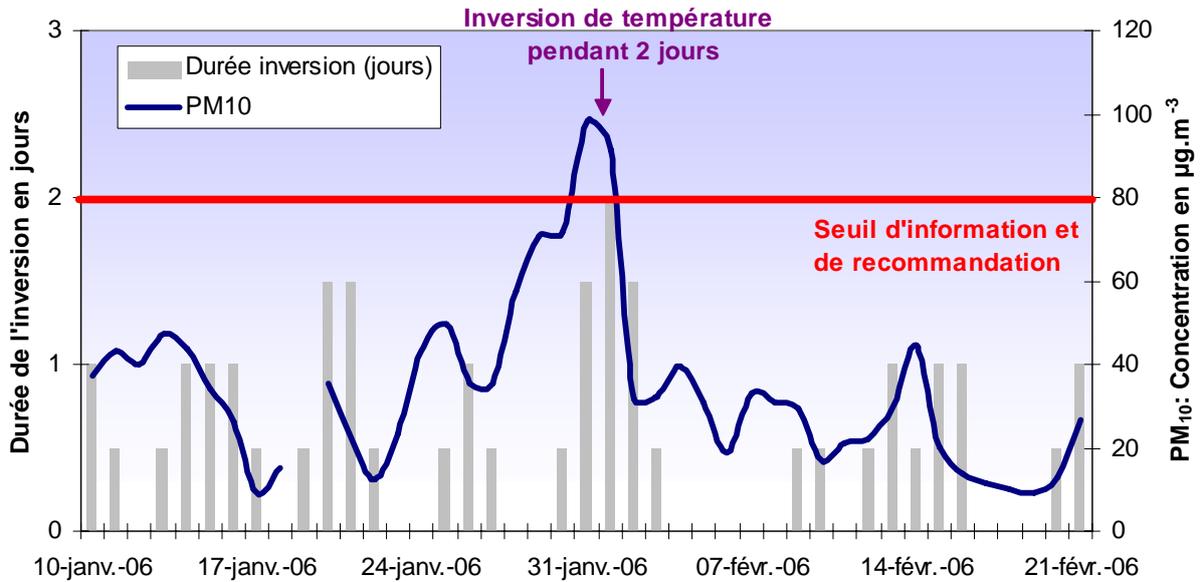
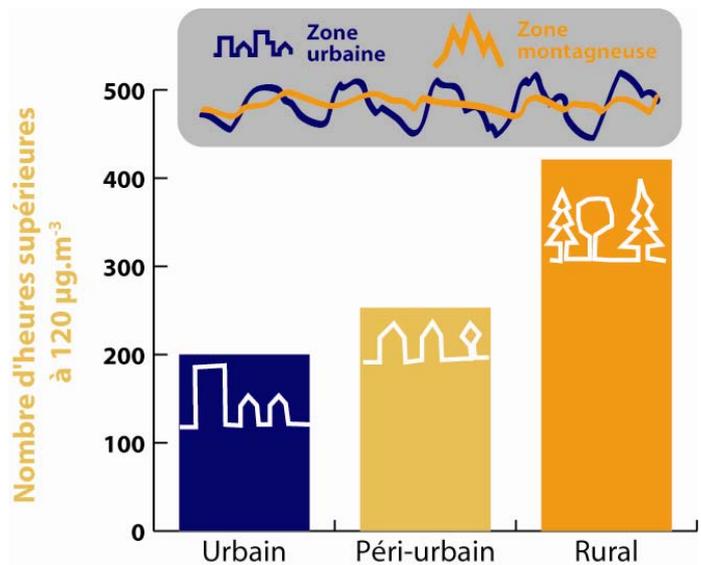


Figure 4.3 Exemple d'épisode de pollution par les particules à Lyon en janvier 2006.

### 4.4 L'ozone (O<sub>3</sub>)

Le cycle de l'ozone est différent selon le milieu concerné. Les concentrations moyennes les plus faibles sont mesurées en zone urbaine, où sont enregistrés les pics d'ozone (dépassement du seuil d'information et de recommandation : 180 µg.m<sup>-3</sup> pendant une heure). En montagne et milieu rural, la concentration moyenne de l'ozone est plus élevée qu'en ville, mais les variations de la concentration d'ozone sont faibles.

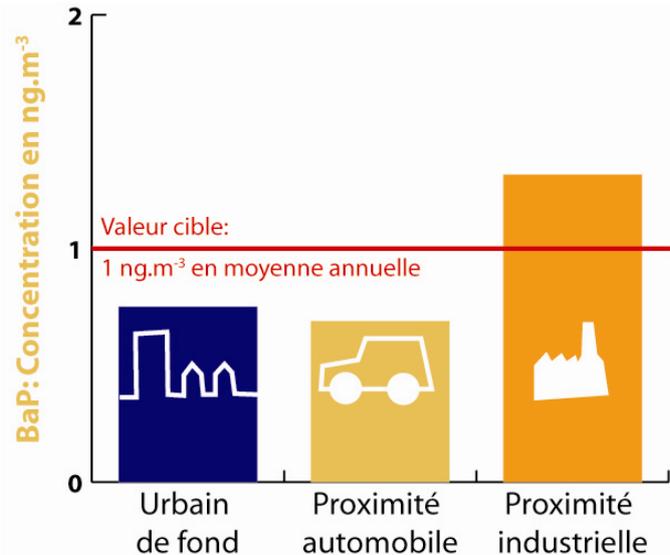
Ainsi en 2005 à Grenoble, les concentrations moyennes d'ozone étaient de 37-45 µg.m<sup>-3</sup> avec plusieurs pics d'ozone (dépassement du seuil d'information et de recommandation). Pour le site en zone de montagne du Casset, la concentration moyenne annuelle était de 86 µg.m<sup>-3</sup>. Aucun dépassement du seuil d'information et de recommandation (180 µg.m<sup>-3</sup> en moyenne horaire) n'a cependant été mesuré sur ce site.



## 4.5 Les Hydrocarbures Aromatiques polycycliques (HAP)

En 2005, des mesures de HAP ont été effectuées sur 3 sites de la région Rhône-Alpes (un site urbain de fond à Grenoble, un site automobile et un site industriel dans l'agglomération lyonnaise). Parmi ces HAP, seul le benzo[a]pyrène est réglementé avec une valeur cible fixée à  $1 \text{ ng.m}^{-3}$  en moyenne annuelle.

La valeur cible n'est pas respectée sur le site de proximité industrielle, sous l'influence d'un des plus importants émetteurs de HAP de la région Rhône-Alpes.



## 4.6 Les métaux lourds

Les métaux lourds (arsenic, cadmium, nickel, plomb, chrome, zinc) sont actuellement mesurés sur 3 sites de la région Rhône-Alpes qui sont représentatifs d'environnements différents (un site urbain de fond, un site de proximité automobile et un site de proximité industrielle).

Sur ces trois sites, les niveaux sont nettement inférieurs aux valeurs réglementaires.

## LEXIQUE

### Polluants :

**As** : Arsenic  
**BTX** : Benzène, Toluène, Xylène  
**Cd** : Cadmium  
**Cr** : Chrome  
**CO** : Monoxyde de carbone  
**COV** : Composés Organiques Volatils  
**HAP** : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques  
**Hg** : Mercure  
**Ni** : Nickel  
**NO** : Monoxyde d'azote  
**NO<sub>2</sub>** : Dioxyde d'azote (NO+NO<sub>2</sub>)  
**O<sub>3</sub>** : Ozone  
**Pb** : Plomb  
**PM<sub>10</sub>** : Particules de taille inférieure ou égale à 10 micromètres  
**PM<sub>2,5</sub>** : Particules de taille inférieure ou égale à 2,5 micromètres  
**SO<sub>2</sub>** : Dioxyde de soufre  
**Zn** : Zinc

### Autres :

**PDU** : Plan de Déplacements Urbains  
**PPA** : Plan de Protection de l'Atmosphère  
**PRQA** : Plan Régional de la Qualité de l'Air

### Unités :

**ng.m<sup>-3</sup>** : Nanogramme par mètre-cube  
**µg.m<sup>-3</sup>** : Microgramme par mètre-cube  
**km.h<sup>-1</sup>** : Kilomètre par heure  
**m.s<sup>-1</sup>** : Mètre par seconde  
**Heure TU** : Heure exprimée en temps universel (heure locale = heure TU + 1 heure en hiver, heure TU + 2 en été)

### Organismes :

**AFSSET** : Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail  
[www.afsset.fr](http://www.afsset.fr)  
**CITEPA** : Centre Interprofessionnel Technique d'Etude de la Pollution Atmosphérique –  
[www.citepa.org](http://www.citepa.org)

## NOUS CONTACTER



### **ASCOPARG**

**Surveillance de la qualité de l'air de l'arrondissement de Grenoble**

44 avenue Marcellin Berthelot  
38100 GRENOBLE  
Tél. 04 38 49 92 20

[www.atmo-rhonealpes.org](http://www.atmo-rhonealpes.org)  
[ascoparg@atmo-rhonealpes.org](mailto:ascoparg@atmo-rhonealpes.org)



### **COPARLY**

**Comité pour le contrôle de la pollution atmosphérique dans le Rhône et la Région lyonnaise**

3 allée des Sorbiers  
69500 BRON  
Tél. 04 72 14 54 20

[www.atmo-rhonealpes.org](http://www.atmo-rhonealpes.org)  
[coparly@atmo-rhonealpes.org](mailto:coparly@atmo-rhonealpes.org)



### **SUP'AIR**

**L'Air du Nord Isère**

22, rue Avit Nicolas  
B.P. 345  
38 150 SALAISE SUR SANNE  
Tél. 04 74 86 67 80

[www.atmo-rhonealpes.org](http://www.atmo-rhonealpes.org)  
[supaire@atmo-rhonealpes.org](mailto:supaire@atmo-rhonealpes.org)

Retrouvez la qualité de l'air en direct sur :

**[www.atmo-rhonealpes.org](http://www.atmo-rhonealpes.org)**

Ou au :

**04 38 49 08 88**

**0 810 800 710** (Numéro azur – tarif local)

