

# Qualité de l'air

## 2005



RÉPUBLIQUE ET CANTON DE GENÈVE  
DÉPARTEMENT DU TERRITOIRE

POST TENEBRAS LUX

SERVICE CANTONAL DE  
PROTECTION DE L'AIR

# Qualité de l'air 2005

Septembre 2006



RÉPUBLIQUE ET CANTON DE GENÈVE  
DÉPARTEMENT DU TERRITOIRE

POST TENEBRAS LUX

SERVICE CANTONAL DE  
PROTECTION DE L'AIR

# Sommaire

|   |           |
|---|-----------|
| ~ Avant-propos ~ .....  | 3         |
| <b>1. L'essentiel en bref .....</b>                                 | <b>5</b>  |
| 1.1. Tableau résumé .....   | 5         |
| 1.2. Bilan par polluant .....                                       | 5         |
| <b>2. Mesure des immissions.....</b>                                | <b>9</b>  |
| 2.1. Introduction.....  | 9         |
| 2.2. Valeurs limites d'immission selon l'OPair .....                | 10        |
| <b>3. La mesure de la qualité de l'air à Genève : le ROPAG.....</b> | <b>11</b> |
| 3.1. Introduction.....  | 11        |
| 3.2. Présentation des stations du ROPAG .....                       | 11        |
| 3.3. Programme et méthodes de mesure.....                           | 12        |
| <b>4. Résultats de l'année 2005.....</b>                            | <b>15</b> |
| 4.1. Tableau récapitulatif.....                                     | 15        |
| 4.2. Présentation des résultats par station.....                    | 16        |
| 4.3. Retombées de poussières .....                                  | 34        |
| <b>5. Evolution de la qualité de l'air.....</b>                     | <b>35</b> |
| 5.1. Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> ).....                        | 35        |
| 5.1.1. Généralités.....   | 35        |
| 5.1.2. Moyenne annuelle.....  | 35        |
| 5.1.3. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles.....      | 36        |
| 5.1.4. Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière .....     | 36        |
| 5.1.5. Bilan.....   | 36        |
| 5.2. Ozone (O <sub>3</sub> ).....                                   | 37        |
| 5.2.1. Généralités.....   | 37        |
| 5.2.2. Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles .....    | 38        |
| 5.2.3. Moyenne annuelle.....  | 39        |
| 5.2.4. Nombre de dépassements de la VLI OPair horaire.....          | 39        |
| 5.2.5. Bilan.....   | 39        |
| 5.3. Poussières en suspension totales (TSP) et PM10 .....           | 40        |
| 5.3.1. Généralités.....   | 40        |
| 5.3.2. Moyenne annuelle.....  | 41        |
| 5.3.3. Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière .....     | 41        |
| 5.3.4. Moyenne annuelle en plomb (Pb) dans les TSP et PM10 .....    | 42        |
| 5.3.5. Moyenne annuelle en cadmium (Cd) dans les TSP et PM10.....   | 42        |
| 5.3.6. Bilan.....   | 42        |
| 5.4. Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> ).....                      | 43        |
| 5.4.1. Généralités.....   | 43        |
| 5.4.2. Moyenne annuelle.....  | 43        |
| 5.4.3. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles.....      | 44        |
| 5.4.4. Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière .....     | 44        |
| 5.4.5. Bilan.....   | 44        |
| 5.5. Monoxyde de carbone (CO).....                                  | 45        |
| 5.5.1. Généralités.....   | 45        |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 5.5.2.    | <i>Moyenne annuelle</i> .....   | 45        |
| 5.5.3.    | <i>Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière</i> .....                     | 45        |
| 5.5.4.    | <i>Bilan</i> .....  | 45        |
| 5.6.      | Retombées de poussières.....  | 46        |
| 5.6.1.    | <i>Généralités</i> .....  | 46        |
| 5.6.2.    | <i>Moyenne annuelle totale</i> .....  | 46        |
| 5.6.3.    | <i>Moyenne annuelle pour le plomb (Pb) dans les retombées de poussières</i> .....   | 46        |
| 5.6.4.    | <i>Moyenne annuelle pour le cadmium (Cd) dans les retombées de poussières</i> ..... | 47        |
| 5.6.5.    | <i>Moyenne annuelle pour le zinc (Zn) dans les retombées de poussières</i> .....    | 47        |
| 5.6.6.    | <i>Bilan</i> .....  | 47        |
| <b>6.</b> | <b>Capteurs passifs : Campagne NO<sub>2</sub></b> .....                             | <b>49</b> |
| 6.1.      | Introduction.....   | 49        |
| 6.2.      | Méthodologie.....   | 49        |
| 6.3.      | Emplacements.....   | 50        |
| 6.4.      | Résultats.....  | 51        |
| <b>7.</b> | <b>Les poussières fines PM10 / PM2.5 : Mesurages et santé</b> .....                 | <b>55</b> |
| 7.1.      | Technologies de mesures utilisées.....  | 55        |
| 7.2.      | Impacts sur la santé.....   | 57        |
| 7.3.      | Conclusion.....   | 60        |
|           | ~ <b>Conclusion générale</b> ~.....   | <b>61</b> |
|           | ~ <b>Information sur la qualité de l'air sur l'Internet</b> ~.....                  | <b>63</b> |
|           | ~ <b>Gloss'air</b> ~.....   | <b>65</b> |

**Un glossaire en page 65 explique les termes techniques ou scientifiques**

Suivant les « Recommandations pour la mesure des immissions de polluants atmosphériques » de l'OFEV du 1<sup>er</sup> janvier 2004, les coefficients de conversion des unités de concentration ont changé (passage de 9°C / 950 mbar à 20°C / 1013 mbar, en accord avec la nomenclature de l'Union Européenne).  
 La base de données a été entièrement recalculée pour permettre d'élaborer des graphiques tenant compte de l'évolution dans le temps. Ceci peut expliquer des divergences avec les mesures présentées dans les précédents bilans annuels.

## ~ Avant-propos ~

Nous sommes toujours plus attentifs à la qualité de ce que nous mangeons. Nombreux sont ceux et celles qui choisissent avec grand soin des produits frais, non traités, cultivés près de chez eux, dans le respect de l'environnement et sans organismes génétiquement modifiés. Question de plaisir, mais aussi de santé. Car comme le dit le dicton, nous sommes ce que nous mangeons.

Pour ce qui est de la qualité de l'air que nous inhalons, peu de gens s'en soucient, et c'est bien dommage. Certes, il n'est pas toujours facile de savoir ce que contient l'atmosphère ambiante et l'on n'a pas forcément le choix de respirer un air plutôt qu'un autre, surtout lorsqu'on vit en ville. Mais nous sommes aussi ce que nous respirons, et la qualité de l'air que nous «consommons» tous les jours influence directement notre santé et notre bien-être.

Analyser la qualité de l'air, suivre son évolution et rendre compte annuellement des résultats de ces mesures: telle est la mission qu'a reçue des autorités le Réseau d'observation de la pollution atmosphérique à Genève (ROPAG). Ce rapport a pour but de présenter la situation en 2005, station par station, polluant par polluant, en tirant les conclusions générales pour l'année écoulée. Il contient également un chapitre spécial consacré à la problématique des particules fines, notamment aux effets de ces polluants sur la santé.

Les résultats 2005 sont, une fois de plus, décevants. La tendance n'est pas à l'amélioration de la qualité de l'air, mais à la stagnation. Les valeurs limites d'immission OPAir pour les particules fines (PM10), l'ozone et le dioxyde d'azote ne sont toujours pas respectées, notamment dans les sites urbains, là où vit et travaille une bonne partie de la population. L'évolution à moyen terme montre que les mesures de protection de l'air mises en place depuis plus de 15 ans ne suffisent plus pour limiter les émissions polluantes. L'assainissement de la qualité de l'air à Genève exige donc de la population comme des autorités une volonté d'agir nettement plus affirmée.

On met tout en œuvre aujourd'hui, dans le domaine de l'alimentation, afin de garantir la qualité que réclame un nombre croissant de consommateurs. Pourquoi ces mêmes consommateurs, soucieux de leur bien-être et de leur santé, ne sont-ils pas aussi exigeants en ce qui concerne la qualité de l'air qu'ils respirent? Pourquoi seule une minorité est-elle prête à faire un effort pour améliorer la situation, notamment en changeant certaines habitudes? Peut-être parce que l'air ne coûte rien. Mais la santé et la qualité de vie ne sont-elles pas les biens les plus précieux?

Françoise Dubas  
Directrice du Service cantonal  
de protection de l'air

## **SCPA**

### **Rédaction**

B. Lazzarotto  
F. Dubas  
P. Kunz

### **Traitement des données**

A. Jetzer  
F. Magnin

### **Schémas – photos**

C. Deléaval

### **Secrétariat**

S. Pierre  
I. Bowen

## **SIC**

### **Révision du texte**

Y. Bellégo  
J-M. Mitterer

## **HUG**

M. W. Gerbase, T. Rochat : contribution  
spéciale pour la partie santé du chapitre  
particules

# 1. L'essentiel en bref

## 1.1. Tableau résumé

D'un point de vue global, l'état de la qualité de l'air qui prévaut actuellement est caractérisé, pour le dioxyde d'azote, l'ozone et les particules fines (PM10), par une situation d'immissions excessives.

Le tableau ci-dessous résume la qualité de l'air à Genève pour l'année 2005 ainsi que son évolution sur la période 2000-2005 en référence aux valeurs limites OPair (VLI OPair).

| POLLUANTS                            | Etat actuel  |               |          | Tendance 2000-2005 |               |          |
|--------------------------------------|--------------|---------------|----------|--------------------|---------------|----------|
|                                      | centre ville | agglomération | campagne | centre ville       | agglomération | campagne |
| DIOXYDE D'AZOTE (NO <sub>2</sub> )   |              |               |          |                    |               |          |
| OZONE (O <sub>3</sub> )              |              |               |          |                    |               |          |
| PARTICULES FINES (PM10)              |              |               |          |                    |               |          |
| DIOXYDE DE SOUFRE (SO <sub>2</sub> ) |              |               |          |                    |               |          |
| MONOXYDE DE CARBONE (CO)             |              | X             | X        |                    | X             | X        |

### LÉGENDE "Etat actuel" :

|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
|  | = VLI OPair respectée                           |  | = VLI OPair respectée, mais immissions proches de la VLI |
|  | = VLI OPair non respectée Immissions excessives |  |  |

X = Pas de données (situation non critique: mesures stoppées)

### LÉGENDE "Tendance 2000-2005" :

|  |                 |  |                |
|--|-----------------|--|----------------|
|  | = Dégradation   |  | = Amélioration |
|  | = Stabilisation |  |                |

## 1.2. Bilan par polluant

### Dioxyde d'azote

#### Moyenne annuelle

En milieu urbain (Ile, Ste-Clotilde et Wilson), les moyennes annuelles continuent de dépasser la VLI OPair (30 µg/m<sup>3</sup>) et, sur la période 2000-2005 sont en légère augmentation. C'est la station de l'Ile qui indique la plus forte moyenne annuelle en NO<sub>2</sub> (43 µg/m<sup>3</sup>).

En milieu suburbain (Meyrin et Foron) et en milieu rural (Anières, Passeiry et Jussy), les moyennes annuelles demeurent en dessous de la VLI OPair, avec des valeurs proches de cette VLI pour les stations suburbaines. Elles sont relativement stables de 2000 à 2005 pour les stations rurales et montrent une légère augmentation pour les stations suburbaines.

### **Nombre de dépassements (de la moyenne journalière)**

La VLI OPair journalière ( $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a été dépassée sur les sites urbains de l'Île et de Ste-Clotilde et une fois à la station urbaine de Wilson et à la station rurale d'Anières (l'OPair autorise un seul dépassement de cette VLI par an). Le record de l'année est détenu par la station de l'Île, qui l'a dépassée 6 fois.

### **Bilan**

L'année 2005 confirme la relative stabilisation des concentrations moyennes annuelles de  $\text{NO}_2$  depuis 2000-2001 dans la majorité des stations rurales ainsi qu'une tendance à l'augmentation pour les stations urbaines et suburbaines.

## **Ozone**

### **Moyenne annuelle\***

Les moyennes annuelles poursuivent leur très légère augmentation, année après année, pour l'ensemble des stations.

### **Nombre de dépassements (de la moyenne horaire)**

Pour toutes les stations, on observe de multiples dépassements de la VLI OPair horaire ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). L'année 2005 a eu la particularité de compter des dépassements dès le 26 février ( $126 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à la station suburbaine du Foron). La saison s'est ensuite poursuivie jusqu'à la fin septembre, selon un schéma plus typique et en hausse par rapport à l'année 2004. Le nombre de dépassements reste néanmoins bien moins élevé qu'en 2003.

### **Bilan**

On retrouve en 2005 des fréquences de dépassements comparables aux années précédentes (abstraction faite de l'année 2003).

Pour toutes les stations, les immissions d'ozone sont toujours excessives. Ceci provient du fait que la charge des émissions de polluants primaires (oxydes d'azote et composés organiques volatils) demeure trop élevée. Comme par le passé, la charge en ozone augmente au fur et à mesure que l'on s'éloigne du milieu urbain.

## **Particules fines (PM10)**

### **Moyenne annuelle totale**

Les moyennes annuelles totales ont été supérieures à la VLI OPair ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) aux stations urbaines de Wilson et de l'Île ainsi qu'à la station suburbaine du Foron. Elles sont restées inférieures à la VLI OPair aux stations rurales d'Anières et de Passeiry ainsi qu'à la station urbaine de Ste-Clotilde et suburbaine de Meyrin. C'est la station de Wilson qui a enregistré la plus forte moyenne annuelle totale pour les PM10 ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), valeur que l'on peut imputer en partie à la proximité d'un chantier. Par rapport à 2004, toutes les moyennes ont augmenté.

### **Nombre de dépassements de la moyenne journalière totale**

La VLI OPair journalière totale ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a été dépassée dans bon nombre de stations, à l'exception de la station urbaine de l'Île, suburbaine de Meyrin et rurale de Passeiry.

### **Moyennes annuelles pour le plomb et le cadmium dans les PM10**

Dans toutes les stations, les moyennes annuelles pour le plomb ( $500 \text{ng}/\text{m}^3$ ) et le cadmium ( $1.5 \text{ng}/\text{m}^3$ ) dans les PM10 ont été inférieures aux VLI OPair, avec une tendance à la baisse.

---

\* La moyenne annuelle pour l'ozone n'est pas fixée dans l'OPair

## **Bilan**

Le constat en 2005, pour les moyennes totales, présente une dégradation de la situation par rapport à 2004, ainsi qu'une tendance à la stagnation autour de la VLI OPair pour la plupart des stations (l'évolution sur le long terme est difficile à évaluer car les mesures sur les PM10 ont débuté en 1998 et les appareils ont été installés progressivement). Les moyennes annuelles pour le plomb et le cadmium dans les PM10 sont en dessous des VLI OPair, et la situation continue de s'améliorer.

## **Dioxyde de soufre**

### **Moyenne annuelle, percentile 95, nombre de dépassements de la moyenne journalière**

Les VLI OPair ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour la moyenne annuelle,  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour le percentile 95 des moyennes semi-horaires d'une année,  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour la moyenne journalière à ne pas dépasser plus d'une fois par année) sont respectées sur tout le territoire cantonal, comme c'est le cas depuis plusieurs années.

## **Bilan**

En 2005, les immissions de  $\text{SO}_2$  sont restées au niveau de celles de 2004. Elles se situent bien en dessous des VLI OPair.

## **Monoxyde de carbone**

### **Moyenne annuelle\***

Les moyennes annuelles restent faibles, de l'ordre de  $0.5 \text{ mg}/\text{m}^3$  et diminuent régulièrement depuis une dizaine d'années.

### **Nombre de dépassements de la moyenne journalière**

La VLI OPair journalière ( $8 \text{ mg}/\text{m}^3$ ) n'a été dépassée dans aucune station.

## **Bilan**

Les concentrations restent faibles et diminuent régulièrement d'année en année.

## **Retombées de poussières**

**Nota :** A la différence des PM10, poussières en suspension dans l'air dont le diamètre aérodynamique est inférieur à  $10 \mu\text{m}$ , les retombées de poussières concernent plus particulièrement les grosses particules qui sédimentent et qui, de par leur masse, ne restent pas en suspension dans l'air mais retombent au sol.

### **Moyenne annuelle totale, moyenne annuelle pour le plomb / cadmium / zinc**

Les différentes moyennes annuelles (total des retombées de poussières ( $200 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{jour})$ ) ainsi que plomb ( $100 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{jour})$ ), cadmium ( $2 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{jour})$ ) et zinc ( $400 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{jour})$ ) dans les retombées de poussières) sont respectées dans tous les sites de mesure.

Les valeurs sont en général plus fortes dans les sites urbains et suburbains que dans les sites ruraux. Ceci est encore mieux vérifié pour les métaux lourds dans les poussières.

## **Bilan**

Les concentrations restent faibles et stationnaires, en dessous des VLI OPair depuis de nombreuses années.

---

\* La moyenne annuelle pour le monoxyde de carbone n'est pas fixée dans l'OPair

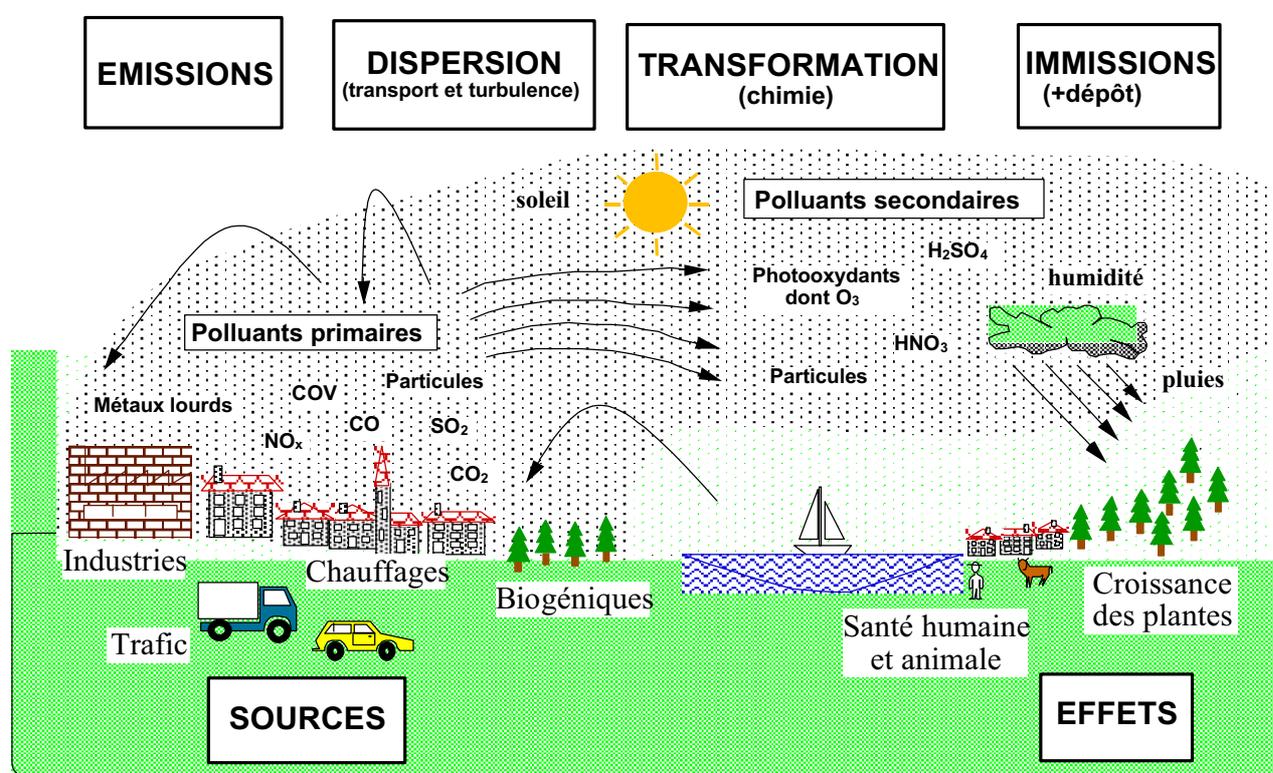


## 2. Mesure des immissions

### 2.1. Introduction

Tous les polluants émis dans l'environnement subissent des transformations de manière plus ou moins rapide selon leur nature, les conditions météorologiques ou encore d'autres facteurs.

Comme le montre la figure ci-dessous, les polluants dits « primaires » émis dans l'air ambiant sont dispersés par les courants atmosphériques et subissent des transformations chimiques sous l'action du soleil, mais aussi de l'humidité et des particules en suspension, pour donner naissance à des polluants dits « secondaires ». Suivant les conditions météorologiques, certaines réactions chimiques et certains phénomènes physiques tels que la dispersion, l'accumulation ou l'absorption, peuvent avoir lieu dans l'atmosphère.



Il faut bien distinguer les notions d'émission et d'immission.

Les **émissions** se composent des polluants rejetés dans l'environnement par les installations, les véhicules ou les produits. Elles sont mesurées à la source de leur rejet, quand les polluants ne sont pas encore dilués dans l'atmosphère.

Les **immissions** représentent la pollution en suspension dans l'atmosphère à l'endroit où elle déploie ses effets sur l'homme, les animaux, les plantes, le sol et les constructions.

Les polluants sont émis dans l'atmosphère et subissent un certain nombre de dilutions et de transformations chimiques. Il s'agit d'une pollution "ambiante". Les immissions sont mesurées par prise d'échantillons dans l'air qui nous entoure.

## 2.2. Valeurs limites d'immission selon l'OPair

L'Ordonnance fédérale sur la protection de l'air (OPair) a pour but « de protéger l'homme, les animaux et les plantes, leurs biotopes et biocénoses, ainsi que le sol, des pollutions atmosphériques nuisibles ou incommodantes ». Cette ordonnance (dont la première version date du 16 décembre 1985) découle de la Loi sur la protection de l'environnement (LPE) du 12 octobre 1983. L'OPair a été renforcée plusieurs fois, la dernière modification datant du 23 juin 2004.

L'annexe 7 de cette ordonnance fixe les VLI OPair pour un certain nombre de composés tels que le SO<sub>2</sub>, le NO<sub>2</sub>, le CO, l'O<sub>3</sub>, les PM10 et les retombées de poussières. Le tableau ci-dessous donne ces différentes valeurs limites.

| Substance  |               | VLI OPair                     | Définition statistique  |
|--|---------------|-------------------------------|---|
| Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> )                                   |               | 30 µg/m <sup>3</sup>          | Moyenne annuelle (arithmétique)   |
|  |               | 100 µg/m <sup>3</sup>         | Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles                              |
|  |               | 80 µg/m <sup>3</sup>          | Moyenne par 24 h ; ne doit en aucun cas être dépassée plus d'une fois par année |
| Ozone (O <sub>3</sub> )  |               | 100 µg/m <sup>3</sup>         | Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles                             |
|  |               | 120 µg/m <sup>3</sup>         | Moyenne horaire ; ne doit en aucun cas être dépassée plus d'une fois par année  |
| Poussières en suspension (PM10)                                      | Total         | 20 µg/m <sup>3</sup>          | Moyenne annuelle (arithmétique)   |
|  |               | 50 µg/m <sup>3</sup>          | Moyenne sur 24 h ; ne doit en aucun cas être dépassée plus d'une fois par année |
|  | Plomb (Pb)    | 500 ng/m <sup>3</sup>         | Moyenne annuelle (arithmétique)   |
|  | Cadmium (Cd)  | 1,5 ng/m <sup>3</sup>         | Moyenne annuelle (arithmétique)   |
| Anhydride sulfureux (SO <sub>2</sub> )<br>(syn. : dioxyde de soufre) |               | 30 µg/m <sup>3</sup>          | Moyenne annuelle (arithmétique)   |
|  |               | 100 µg/m <sup>3</sup>         | Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles                              |
|  |               | 100 µg/m <sup>3</sup>         | Moyenne par 24 h ; ne doit en aucun cas être dépassée plus d'une fois par année |
| Monoxyde de carbone (CO)   |               | 8 mg/m <sup>3</sup>           | Moyenne par 24 h ; ne doit en aucun cas être dépassée plus d'une fois par année |
| Retombées de poussières  | Total         | 200 mg/(m <sup>2</sup> ·jour) | Moyenne annuelle (arithmétique)   |
|  | Plomb (Pb)    | 100 µg/(m <sup>2</sup> ·jour) | Moyenne annuelle (arithmétique)   |
|  | Cadmium (Cd)  | 2 µg/(m <sup>2</sup> ·jour)   | Moyenne annuelle (arithmétique)   |
|  | Zinc (Zn)     | 400 µg/(m <sup>2</sup> ·jour) | Moyenne annuelle (arithmétique)   |
|  | Thallium (Tl) | 2 µg/(m <sup>2</sup> ·jour)   | Moyenne annuelle (arithmétique)   |

# 3. La mesure de la qualité de l'air à Genève : le ROPAG

## 3.1. Introduction

En vertu de l'article 27 de l'OPair, les cantons sont chargés de mesurer les immissions des polluants recensés à l'annexe 7 de l'OPair, en suivant les « Recommandations relatives à la mesure des immissions de polluants atmosphériques ». Ces dernières ont été définies par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) le 15 janvier 1990 et modifiées le 1<sup>er</sup> janvier 2004, en particulier pour prendre en compte l'évolution des technologies. Ces modifications se sont notamment traduites par l'augmentation du pourcentage minimum de données validées permettant de faire des calculs statistiques, ou par l'alignement des coefficients de conversion des unités de concentration sur ceux de l'Union Européenne (passage de 9°C / 950 mbar à 20°C / 1013 mbar).

Dans le canton de Genève, c'est le Réseau d'Observation de la Pollution Atmosphérique à Genève (ROPAG) qui mesure les immissions depuis plus de vingt ans et qui a pour mission d'analyser la qualité de l'air, d'en suivre l'évolution et d'informer la population. Ces mesures de la qualité de l'air permettent de déterminer si les VLI OPair sont respectées sur le territoire du canton de Genève et, dans le cas contraire, de proposer un plan de mesures d'assainissement permettant d'atteindre cet objectif.

Pour que la qualité des mesures effectuées réponde aux exigences de la météologie et afin de suivre l'évolution très rapide des technologies utilisées, le réseau fait l'objet d'un renouvellement technique permanent.

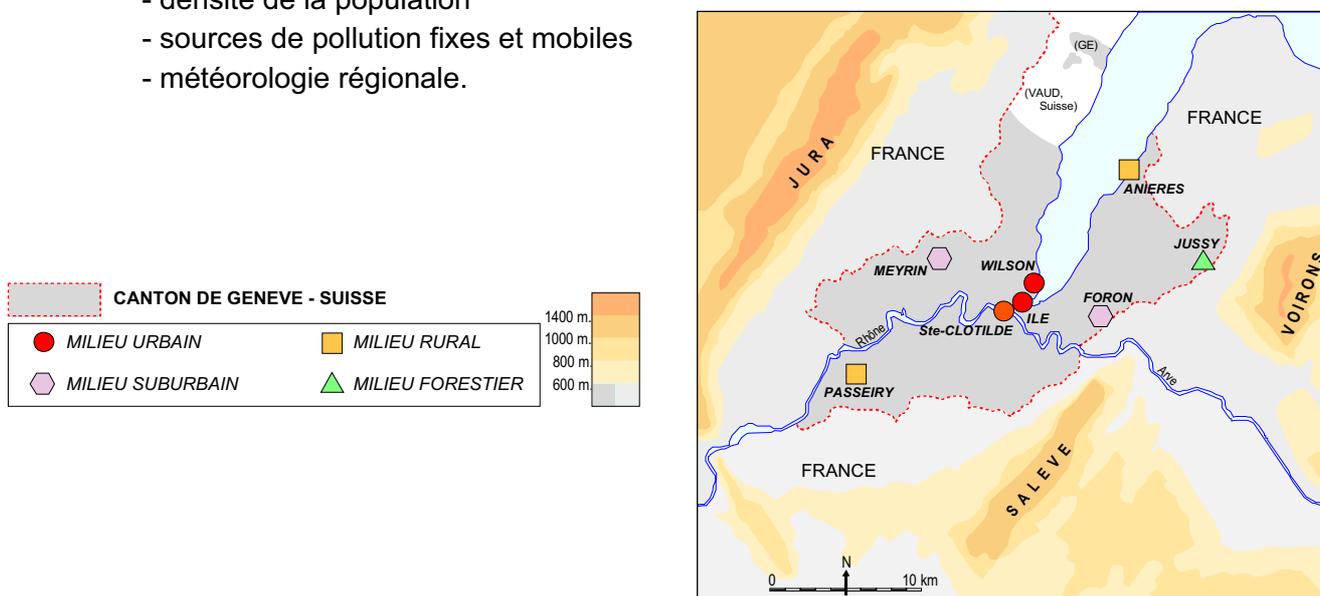
## 3.2. Présentation des stations du ROPAG

En 2005, huit stations de mesure fixes et deux stations mobiles étaient en activité.

### Stations fixes

Les emplacements des huit stations de mesure fixes ont été déterminés en fonction des particularités propres au canton de Genève, selon les critères suivants :

- densité de la population
- sources de pollution fixes et mobiles
- météorologie régionale.



Trois milieux types peuvent être mis en évidence :

#### Milieu urbain (stations de l'Ile, de Ste-Clotilde et de Wilson)

La station de **Ile** est située dans l'hypercentre, sur un pont. Elle est représentative d'une zone où la densité de la circulation routière est particulièrement élevée (pont du Mont-Blanc : 77'000 véhicules/jour, pont de la Coulouvrenière : 40'000 véhicules/jour. Comptages en moyenne hebdomadaire, pour l'année 2004).

La station de **Ste-Clotilde**, sur la rive gauche, dans le quartier de la Jonction, est représentative d'une zone d'habitation avec une activité tertiaire dense.

La station de **Wilson** est située sur la rive droite, à la limite entre le lac et le quartier des Pâquis. Elle permet de mettre en évidence, par temps de bise, la qualité de l'air pénétrant dans la zone urbaine et, par régime de vent de secteur sud-ouest, l'apport des polluants de l'agglomération genevoise.

#### Milieu suburbain (stations de Meyrin et du Foron)

La station de **Meyrin** se trouve à la limite d'une zone industrielle et de la cité de Meyrin.

A l'est, celle du **Foron**, proche de la frontière française, est située dans une zone périphérique à forte densité d'habitations. Elle est aussi sous l'influence de l'agglomération d'Annemasse (France).

#### Milieux rural et forestier (stations d'Anières, de Passeiry et de Jussy)

Les stations d'**Anières** et de **Passeiry** permettent d'évaluer les apports des émissions de la ville selon le régime des vents dominants.

Une station située dans les bois de **Jussy** permet de mesurer la qualité de l'air en dehors de l'agglomération et de la mettre en relation avec l'état de la forêt. L'air y est prélevé à 16 mètres du sol, à la hauteur de la cime des arbres.

### Stations mobiles

Les emplacements des deux stations de mesure mobiles sont déterminés selon les besoins. La première surveille la qualité de l'air autour de l'usine d'incinération des ordures ménagères (UIOM) des Cheneviers, tandis que la seconde est plutôt dédiée à des problématiques urbaines. Elles effectuent des campagnes de mesures d'une durée d'un an.

## 3.3. Programme et méthodes de mesure

Le tableau ci-dessous présente les méthodes de mesure utilisées, par station, pour chaque polluant. Une explication de chaque terme est donnée dans le « gloss'air », en page 65.

#### Abréviations utilisées

##### **Paramètres mesurés**

|                 |                              |
|-----------------|------------------------------|
| SO <sub>2</sub> | dioxyde de soufre            |
| NO <sub>2</sub> | dioxyde d'azote              |
| NO              | monoxyde d'azote             |
| O <sub>3</sub>  | ozone                        |
| HCT             | hydrocarbures totaux         |
| CH <sub>4</sub> | méthane                      |
| CO              | monoxyde de carbone          |
| PM10            | particules fines (<10µm)     |
| CO <sub>2</sub> | dioxyde de carbone           |
| T               | température                  |
| HR              | humidité relative            |
| VENT            | vitesse et direction du vent |
| RS              | rayonnement solaire          |
| P               | pression                     |

##### **Méthode de mesure**

|       |  |
|-------|--|
| Py    | pyranomètre                                    |
| Aβ    | absorption β                                   |
| AUV   | absorption UV                                  |
| AN    | anémomètre                                     |
| AN-US | anémomètre à ultrasons                         |
| CL    | chimiluminescence                              |
| DOAS  | absorption spectrophotométrique différentielle |
| FID   | détecteur à ionisation de flamme               |
| FUV   | fluorescence UV                                |
| G     | gravimétrie (pesée)                            |
| G°    | gravimétrie (micro balance)                    |
| H     | hygromètre à cheveu                            |
| IR    | absorption infrarouge                          |
| TC    | Pt – 100                                       |
| PR    | capteur piezo-résistif                         |

| MESURE<br>STATION       | SO <sub>2</sub> | NO <sub>2</sub> | NO  | O <sub>3</sub> | HCT  | CH <sub>4</sub> | CO  | PM10 | CO <sub>2</sub> | T  | HR | VENT  | RS | P  |
|-------------------------|-----------------|-----------------|-----|----------------|------|-----------------|-----|------|-----------------|----|----|-------|----|----|
| Ile                     | DOAS*           | DOAS* / CL*     | CL* | DOAS* / AUV**  | -    | -               | -   | G°   | -               | TC | H  | AN    | -  |    |
| Ste-Clotilde            | -               | CL*             | CL* | AUV**          | FID* | FID*            | IR* | G    | -               | TC | H  | -     | -  |    |
| Wilson                  | -               | CL*             | CL* | AUV**          | -    | -               | -   | Aβ   | -               | TC | H  | AN    | -  | PR |
| Meyrin                  | DOAS*           | DOAS* / CL*     | CL* | DOAS* / AUV**  | -    | -               | -   | Aβ   | -               | TC | H  | AN    |    |    |
| Foron                   | DOAS*           | DOAS* / CL*     | CL* | DOAS* / AUV**  | -    | -               | -   | Aβ   | -               | TC | H  | AN    | -  |    |
| Anières                 | DOAS* / FUV*    | DOAS* / CL*     | CL* | DOAS* / AUV**  | -    | -               | -   | G    | -               | TC | H  | AN-US | Py |    |
| Passeiry                | DOAS*           | DOAS* / CL*     | CL* | DOAS* / AUV**  | -    | -               | -   | Aβ   | -               | TC | H  | AN    | Py |    |
| Jussy                   | -               | CL*             | CL* | AUV**          | -    | -               | -   | -    | IR              | TC | H  | -     | -  |    |
| Pont d'Arve (mobile) #1 | FUV*            | CL*             | CL* | AUV**          | FID* | FID*            | IR* | Aβ   | -               | TC | H  | AN    |    | PR |
| Vernier (mobile) #1     | FUV*            | CL*             | CL* | AUV**          | -    | -               | -   | G    | -               | TC | H  | AN    | Py |    |

\* étalonnage avec gaz de référence.

\*\* étalon METAS (Office fédéral de **MET**rologie et d'Accréditation Suisse).

#1 : Début en juin 2005.

(DOAS / x) signifie que les mesures sont faites avec un DOAS, le relais étant pris par un analyseur ponctuel dans des conditions défavorables (brouillard par exemple).

## Les acteurs

### Le groupe ROPAG (et affiliés)

**Coordination** : B. Lazzarotto

**Construction, maintenance** : H. Broillet

**Calibration, maintenance** : E. Delicado

**Poussières, laboratoire** : E. Piguet

**Informatique** : F. Magnin

**Traitement des données** : A. Jetzer

**Mécanique, installation** : Y. Lutzelschwab

**Secrétariat** : S. Pierre / G. Genini-Ongaro

**Graphisme** : C. Deléaval

### Autres contributions aux mesures

**Capteurs passifs, retombées**

**atmosphériques** : Ph. Butty, P. Choraio-Rossier

**Retombées atmosphériques** : G. Pfister -

Laboratoire de la protection des eaux et de l'environnement (LPEE – SECOE).



# 4. Résultats de l'année 2005

## 4.1. Tableau récapitulatif

Les mesures concernent la période du 1er janvier 2005 au 31 décembre 2005. Lors de l'élaboration de ce rapport, les stations mobiles n'avaient pas encore effectué une année complète de mesure. Leurs résultats seront ainsi présentés dans le rapport 2006.

| Substance                              | Donnée                                 | Unité                                 | Valeur Limite d'Immission O'Pair | Stations de mesure |              |        |        |       |         |                 |       |     |
|--|--|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------|--------------|--------|--------|-------|---------|-----------------|-------|-----|
|  |  |                                       |                                  | Fixes              |              |        |        |       |         |                 |       |     |
|  |  |                                       |                                  | Ile                | Ste-Clotilde | Wilson | Meyrin | Foron | Anières | Passerly        | Jussy |     |
| NO <sub>2</sub>                        | Mes. validées                          | %                                     |                                  | 99                 | 98           | 94     | 98     | 99    | 98      | 97              | 94    |     |
|  | Moy. ann.                              | µg/m <sup>3</sup>                     | 30                               | 43                 | 35           | 37     | 30     | 28    | 21      | 15              | 11    |     |
|  | Perc. 95                               | µg/m <sup>3</sup>                     | 100                              | 83                 | 76           | 75     | 66     | 62    | 54      | 42              | 37    |     |
|  | Nb <sup>1</sup> >80 µg/m <sup>3</sup>  | nb                                    | 1                                | 6                  | 2            | 1      | 0      | 0     | 1       | 0               | 0     |     |
| O <sub>3</sub>                         | Mes. validées                          | %                                     |                                  | 99                 | 99           | 99     | 99     | 99    | 99      | 98              | 98    |     |
|  | Moy. ann.                              | µg/m <sup>3</sup>                     |                                  | 39                 | 42           | 40     | 45     | 53    | 58      | 49              | 59    |     |
|  | Perc. 98                               | Janv.                                 | µg/m <sup>3</sup>                | 100                | 52           | 62     | 62     | 60    | 72      | 78              | 69    | 73  |
|  |  | Fév.                                  | µg/m <sup>3</sup>                | 100                | 87           | 98     | 91     | 91    | 108     | 110             | 98    | 101 |
|  |  | Mar.                                  | µg/m <sup>3</sup>                | 100                | 83           | 107    | 92     | 98    | 121     | 120             | 108   | 118 |
|  |  | Avr.                                  | µg/m <sup>3</sup>                | 100                | 88           | 109    | 98     | 109   | 127     | 129             | 117   | 127 |
|  |  | Mai.                                  | µg/m <sup>3</sup>                | 100                | 118          | 137    | 110    | 111   | 145     | 141             | 120   | 151 |
|  |  | Juin.                                 | µg/m <sup>3</sup>                | 100                | 112          | 133    | 118    | 126   | 148     | 162             | 140   | 154 |
|  |  | Juil.                                 | µg/m <sup>3</sup>                | 100                | 124          | 136    | 123    | 120   | 150     | 138             | 132   | 155 |
|  |  | Aout.                                 | µg/m <sup>3</sup>                | 100                | 109          | 109    | 96     | 103   | 131     | 121             | 119   | 125 |
|  |  | Sept.                                 | µg/m <sup>3</sup>                | 100                | 101          | 113    | 89     | 101   | 125     | 128             | 119   | 122 |
|  |  | Oct.                                  | µg/m <sup>3</sup>                | 100                | 65           | 68     | 59     | 74    | 91      | 90              | 85    | 84  |
|  |  | Nov.                                  | µg/m <sup>3</sup>                | 100                | 52           | 48     | 56     | 75    | 73      | 64              | 66    | 66  |
| Déc.                                   | µg/m <sup>3</sup>                      | 100                                   | 52                               | 50                 | 52           | 57     | 82     | 67    | 68      | 66              |       |     |
| Nb <sup>1</sup> >120 µg/m <sup>3</sup> | nb                                     | 1                                     | 47                               | 131                | 35           | 48     | 326    | 275   | 142     | 356             |       |     |
| PM <sub>10</sub>                       | Mes. validées                          | %                                     |                                  | 96                 | 100          | 97     | 97     | 99    | 98      | 98              | -     |     |
|  | Total                                  | Moy. ann.                             | µg/m <sup>3</sup>                | 20                 | 22           | 20     | 25     | 20    | 21      | 19              | 17    | -   |
|  |  | Nb <sup>1</sup> >50 µg/m <sup>3</sup> | nb                               | 1                  | 0            | 2      | 10     | 0     | 10      | 6               | 0     | -   |
|  | Pb                                     | Moy. ann.                             | ng/m <sup>3</sup>                | 500                | -            | 10     | -      | -     | -       | 7.6             | -     | -   |
| Cd                                     | Moy. ann.                              | ng/m <sup>3</sup>                     | 1.5                              | -                  | 0.17         | -      | -      | -     | 0.14    | -               | -     |     |
| SO <sub>2</sub>                        | Mes. validées                          | %                                     |                                  | 99                 | -            | -      | 99     | 99    | 98      | 87 <sup>#</sup> | -     |     |
|  | Moy. ann.                              | µg/m <sup>3</sup>                     | 30                               | 6                  | -            | -      | 4      | 3     | 3       | 2               | -     |     |
|  | Perc. 95                               | µg/m <sup>3</sup>                     | 100                              | 17                 | -            | -      | 10     | 10    | 7       | 5               | -     |     |
|  | Nb <sup>1</sup> >100 µg/m <sup>3</sup> | nb                                    | 1                                | 0                  | -            | -      | 0      | 0     | 0       | 0               | -     |     |
| CO                                     | Mes. validées                          | %                                     |                                  | -                  | 95           | -      | -      | -     | -       | -               | -     |     |
|  | Moy. ann.                              | mg/m <sup>3</sup>                     |                                  | -                  | 0.5          | -      | -      | -     | -       | -               | -     |     |
|  | Nb <sup>1</sup> >8 mg/m <sup>3</sup>   | nb                                    | 1                                | -                  | 0            | -      | -      | -     | -       | -               | -     |     |

### Légendes et abréviations :



: Dépassement de la VLI O'Pair.

Mes. validées : Pourcentage de mesures validées.

Moy. ann. : Moyenne annuelle.

Perc. 95 : Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles.

Perc. 98 : Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles.

Nb<sup>1</sup> : Nombre de moyennes horaires.

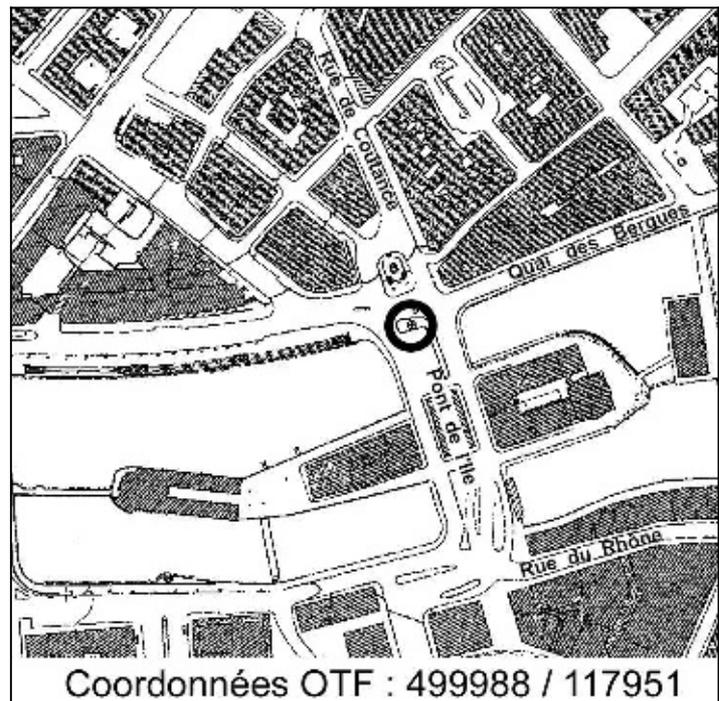
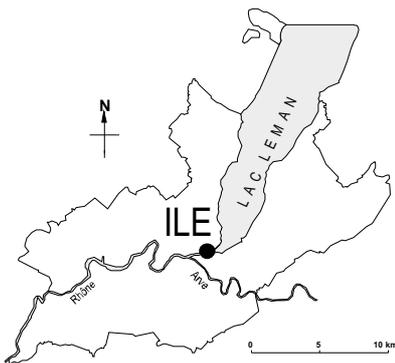
Nb<sup>2</sup> : Nombre de moyennes journalières.

# : Nombre de mesures validées insuffisant (selon les recommandations de l'OFEV).

Nota : Mesure validée = Mesure ayant passé avec succès les contrôles (automatiques et manuels), servant à garantir la qualité et l'exactitude des mesures.

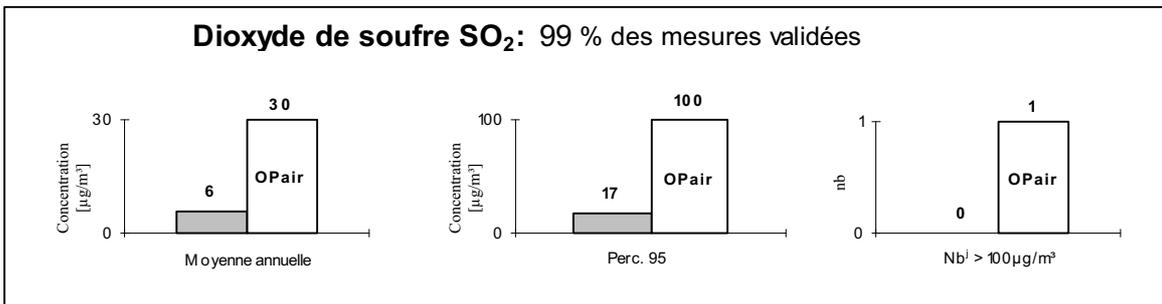
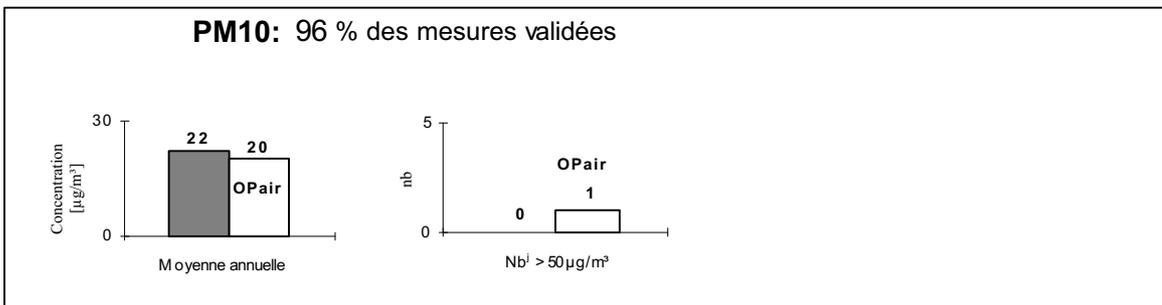
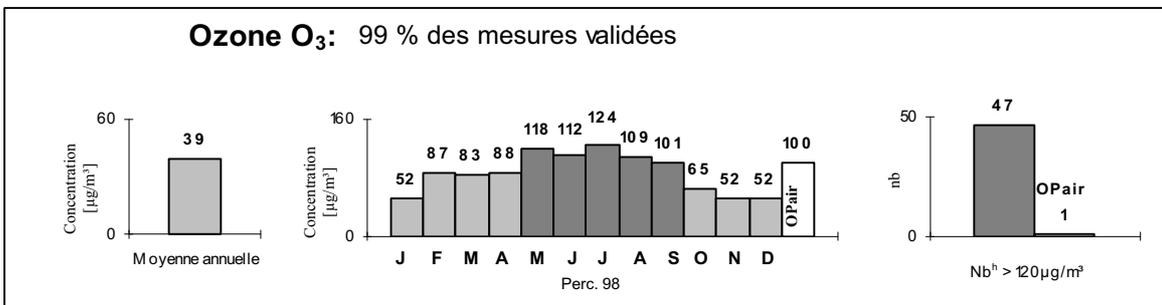
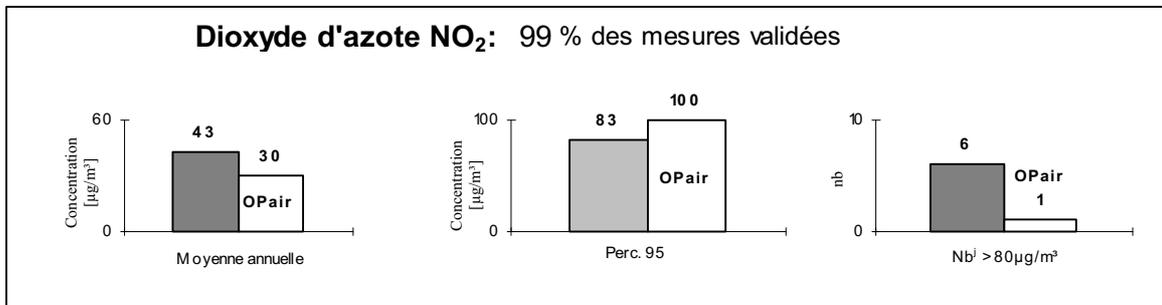
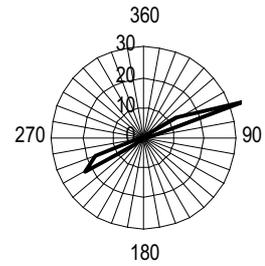
## 4.2. Présentation des résultats par station

Les résultats de l'année 2005, pour les 8 stations fixes du ROPAG , ainsi que pour le DOAS de l'Aéroport International de Genève (AIG), sont présentés ci-après.

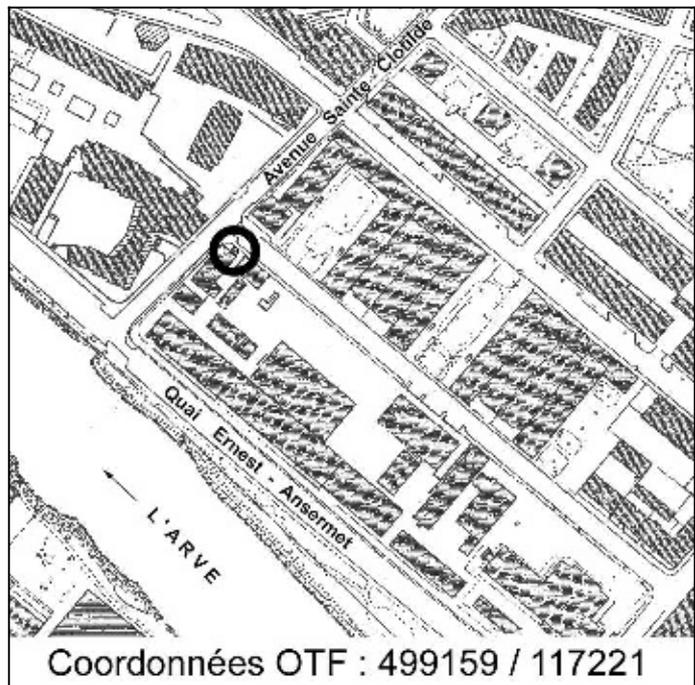
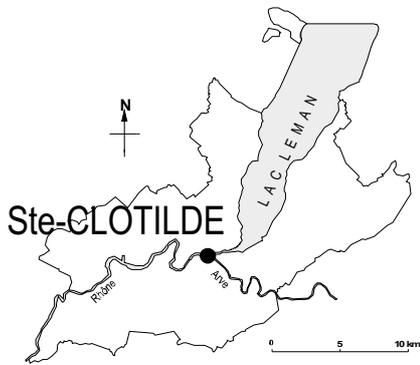


Milieu urbain

ILE

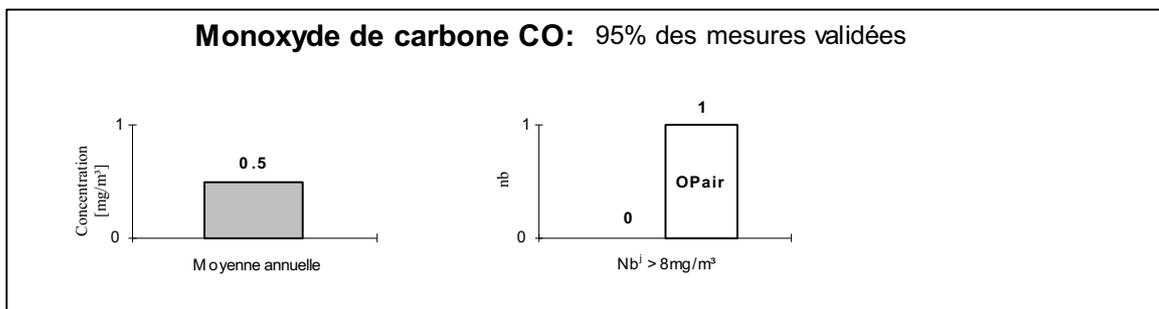
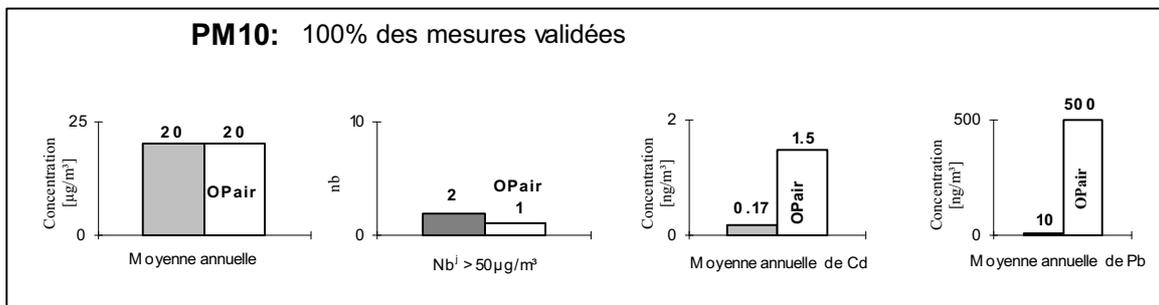
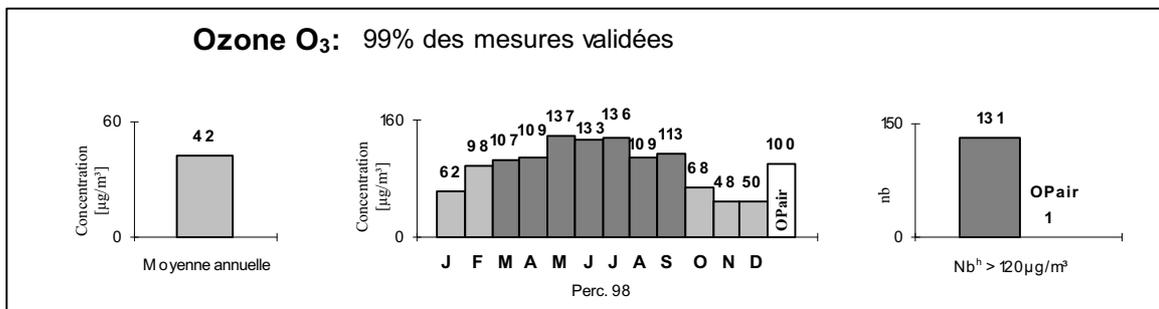
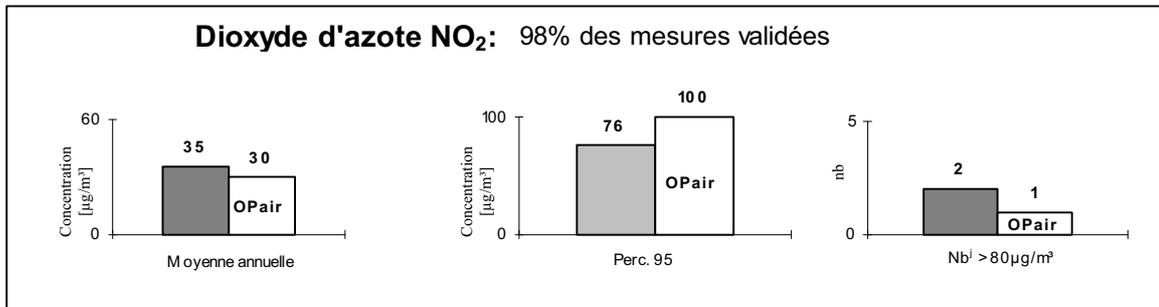


Légendes et abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.

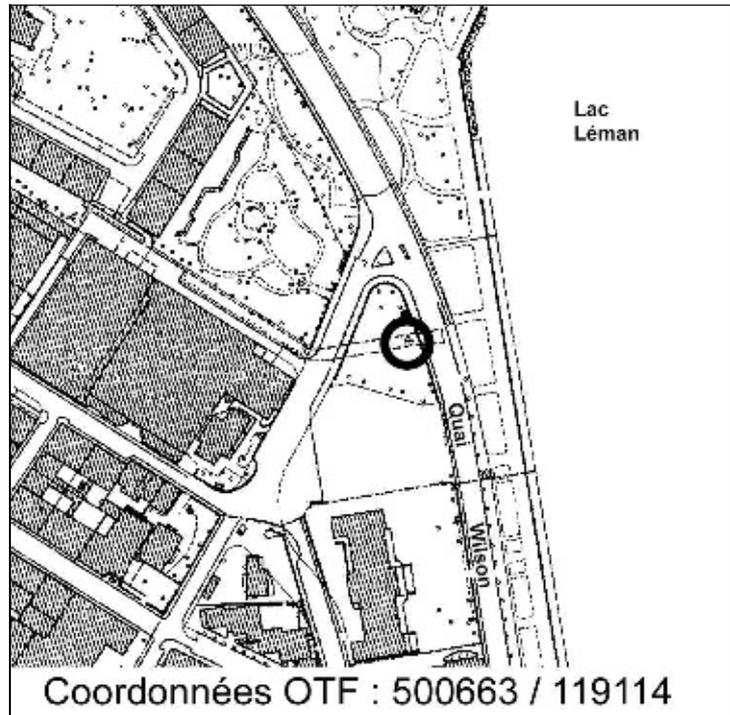
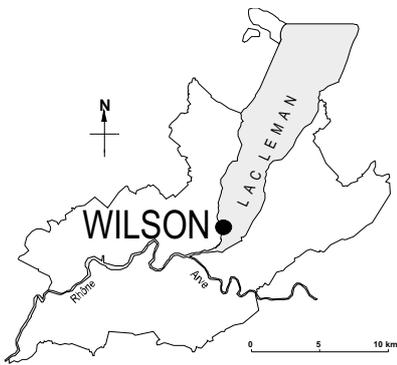


## Milieu urbain

# STE - CLOTILDE

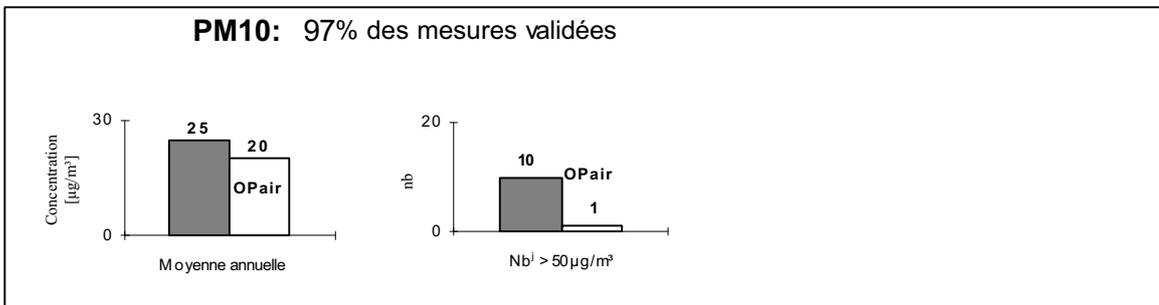
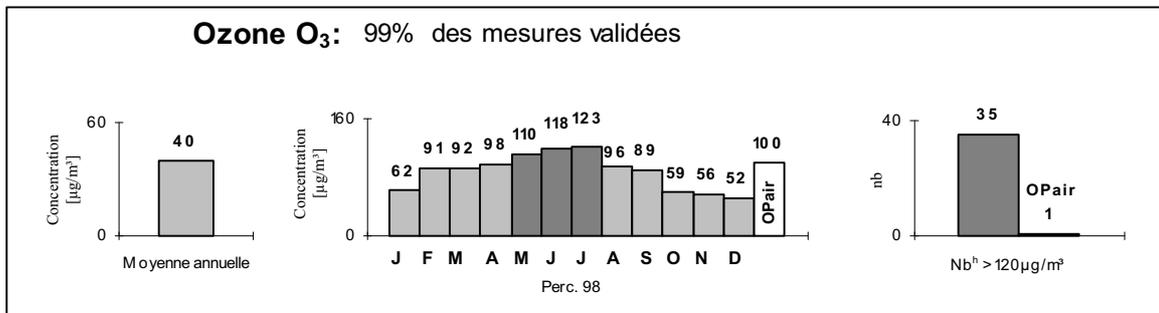
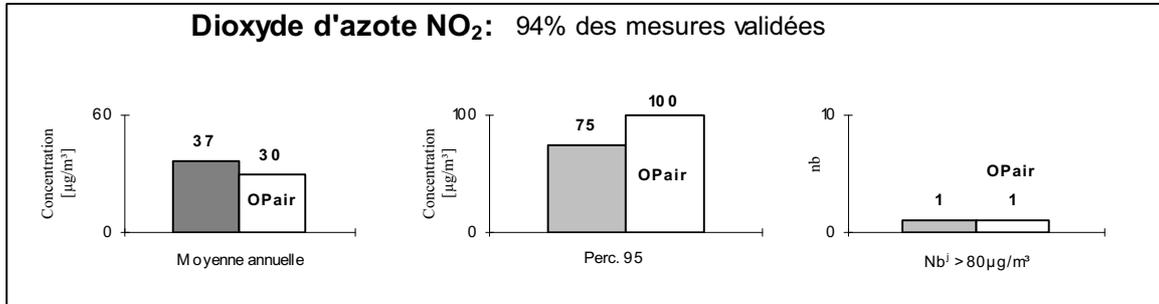
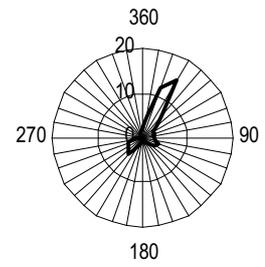


Légendes et abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.

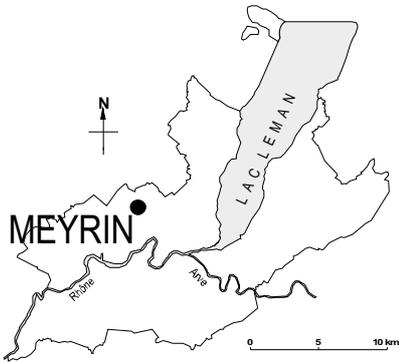


Milieu urbain

# WILSON

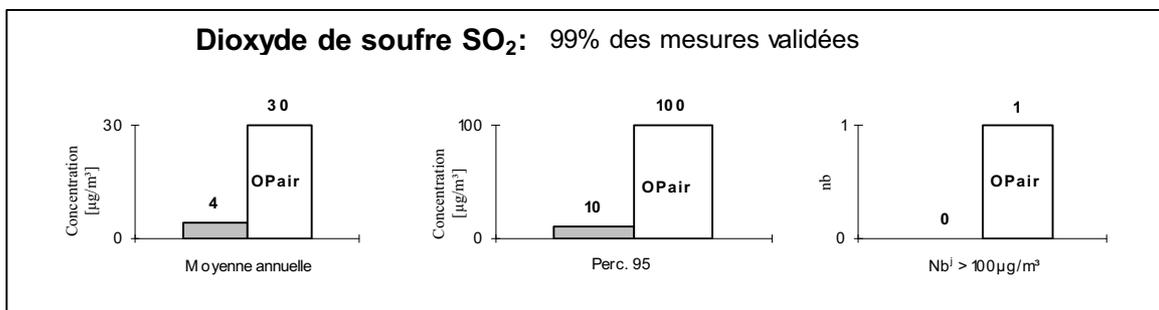
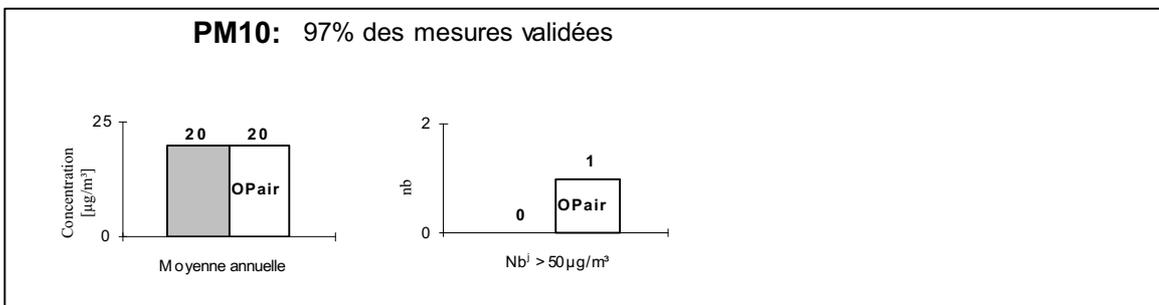
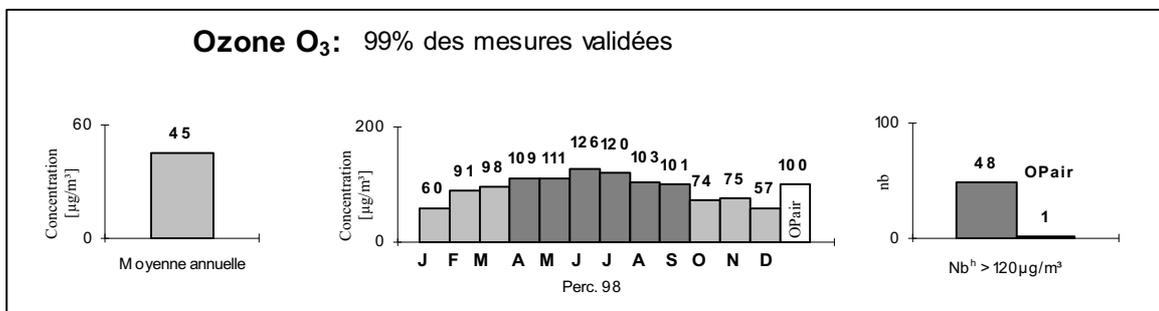
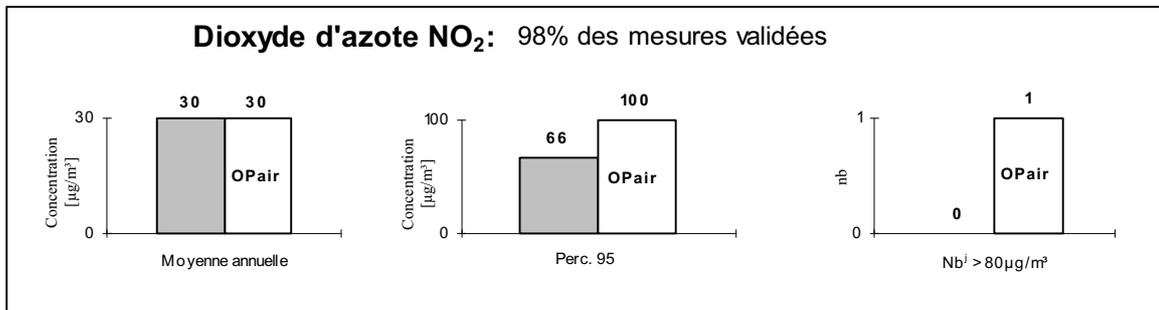
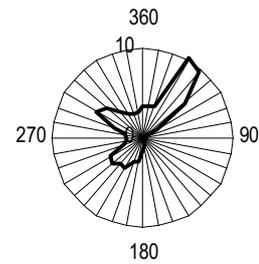


Légendes et abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.

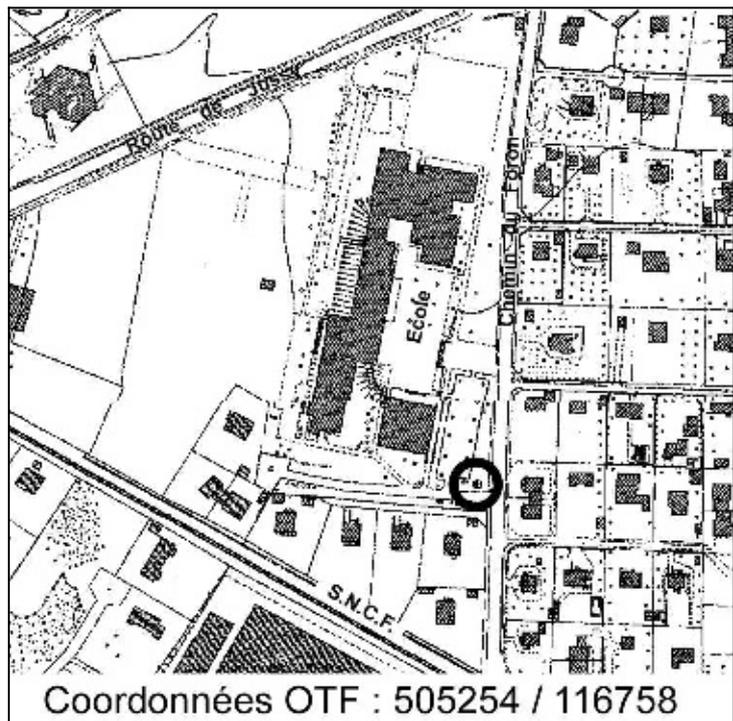
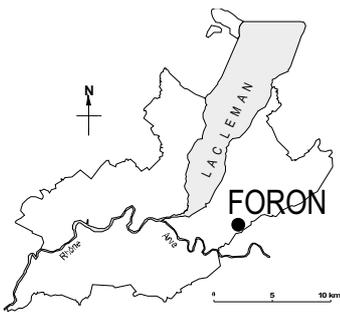
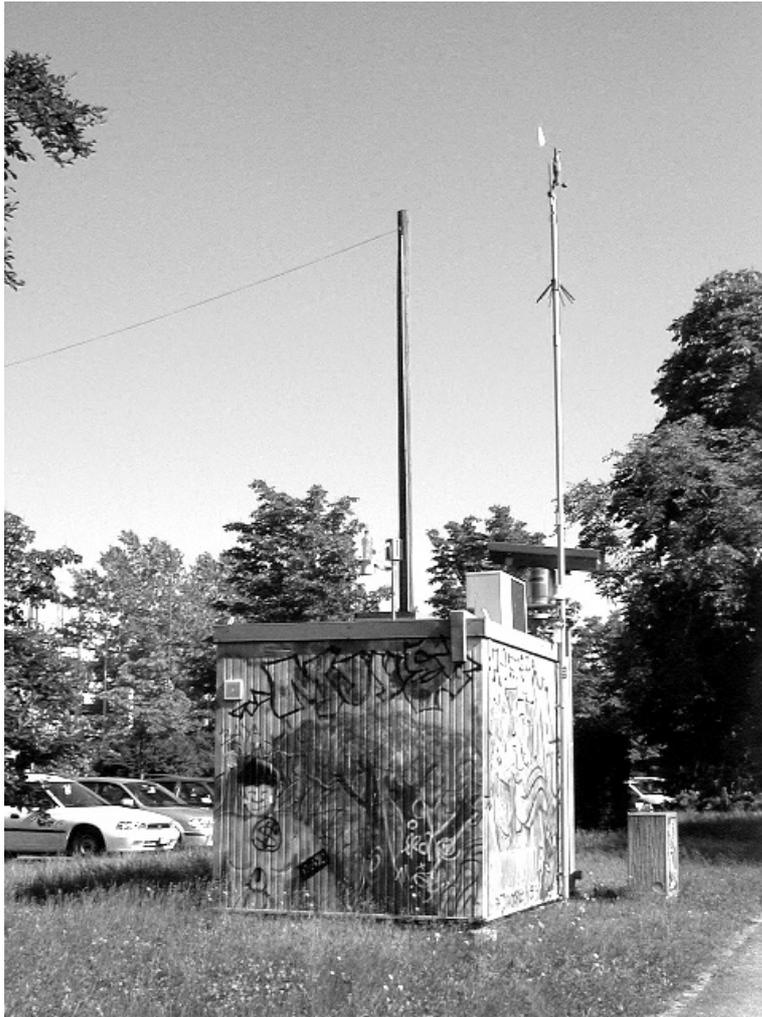


Milieu suburbain

# MEYRIN

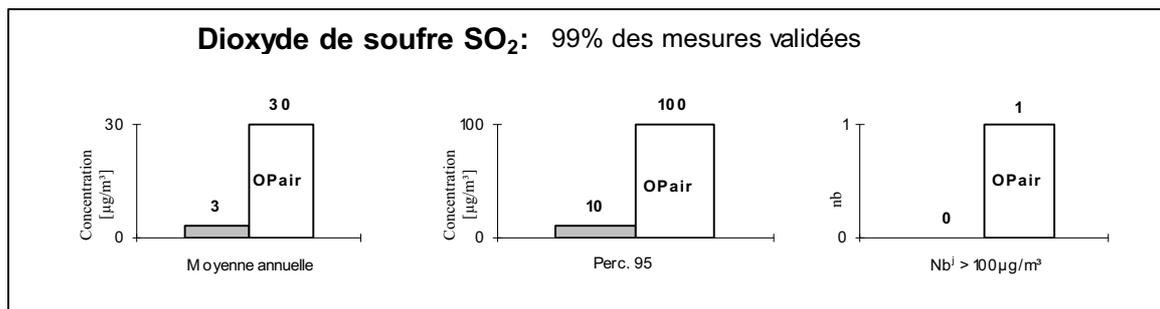
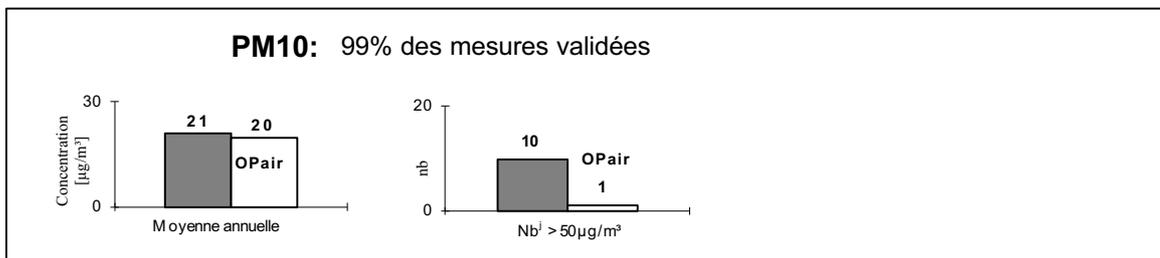
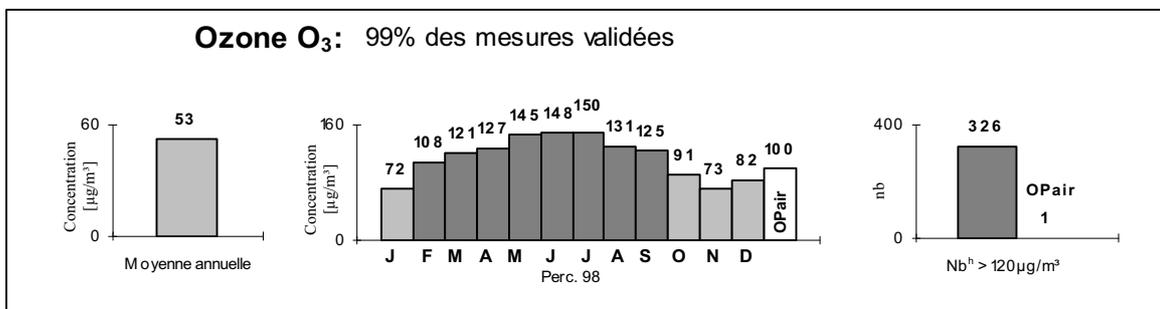
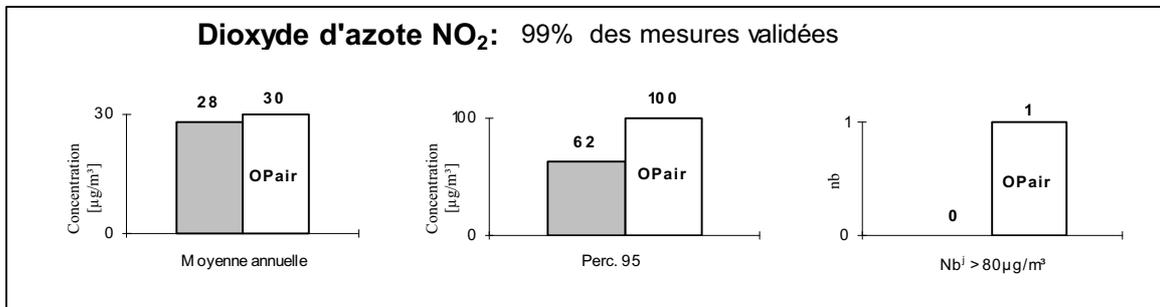
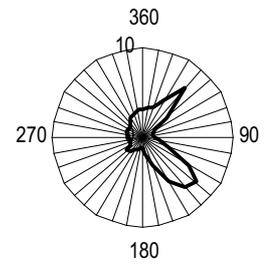


Légendes et abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.

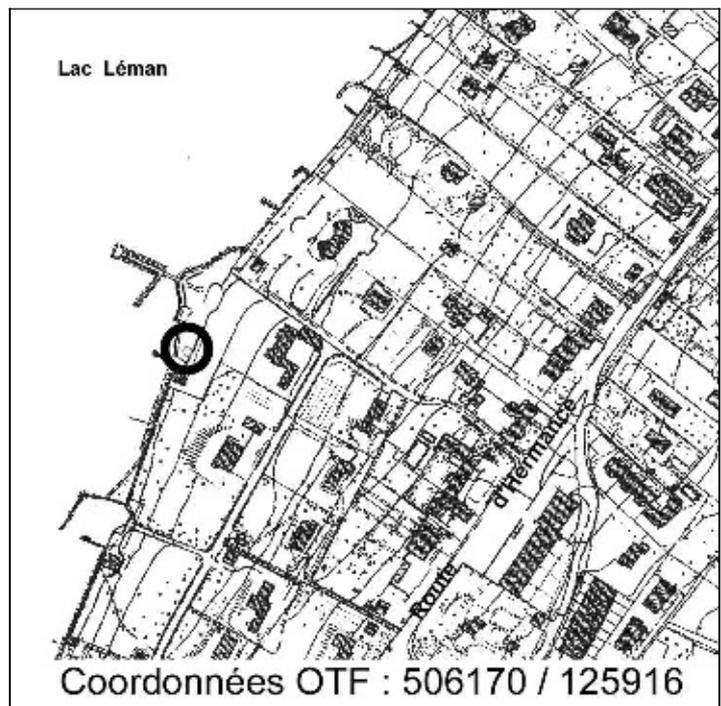
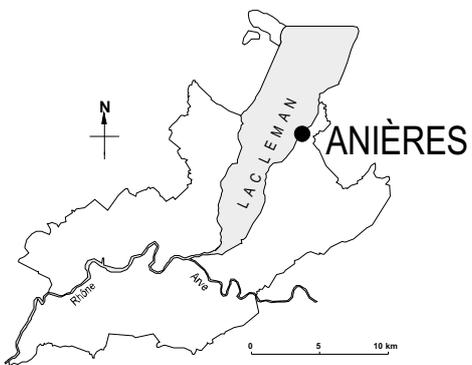


Milieu suburbain

# FORON

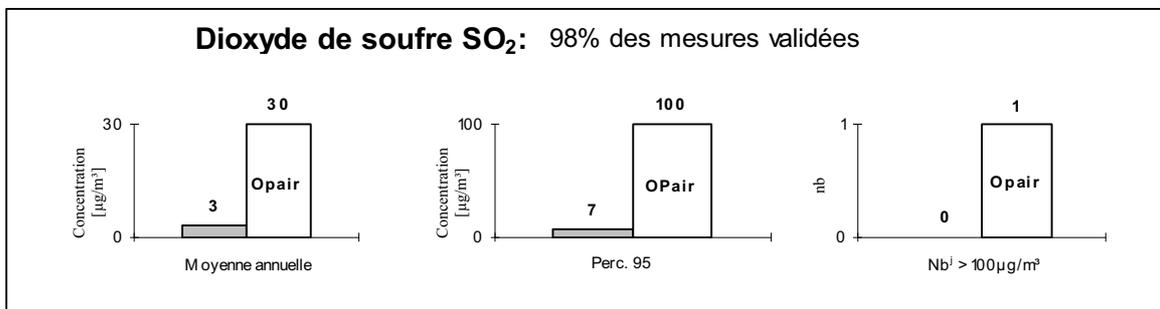
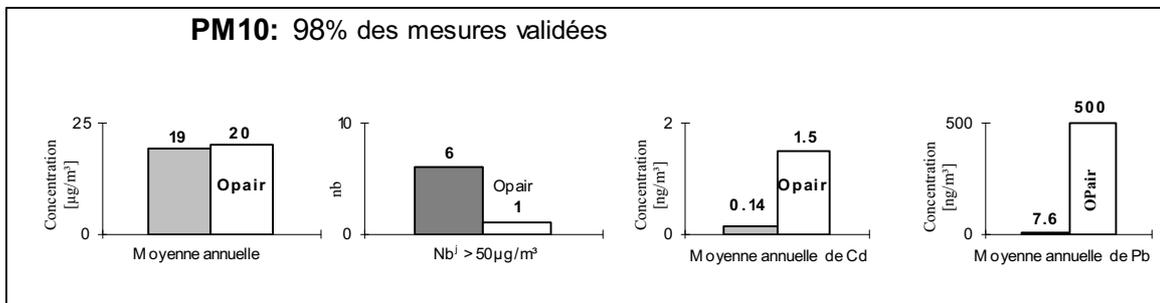
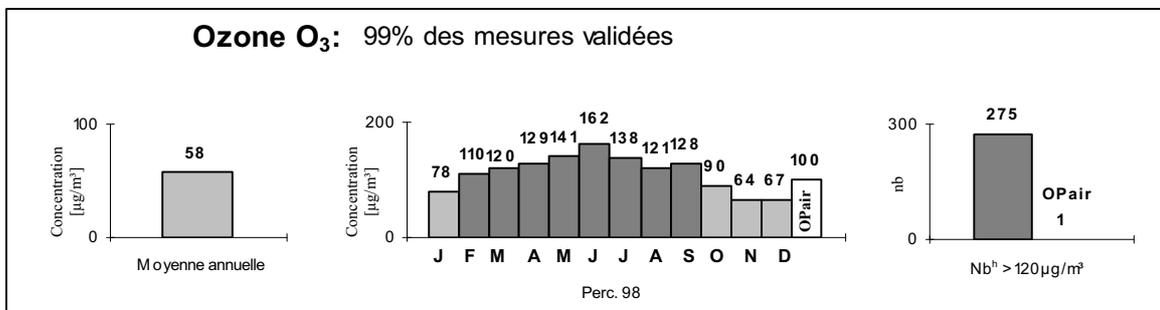
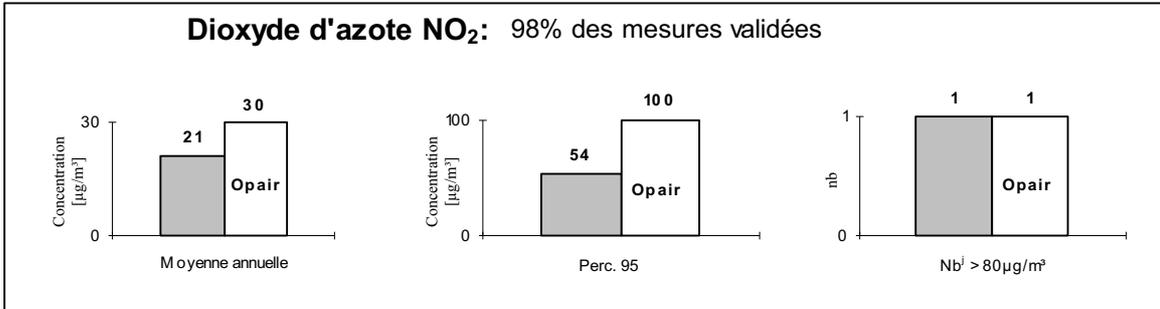
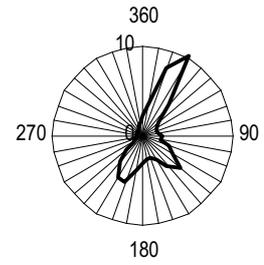


Légendes et abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.

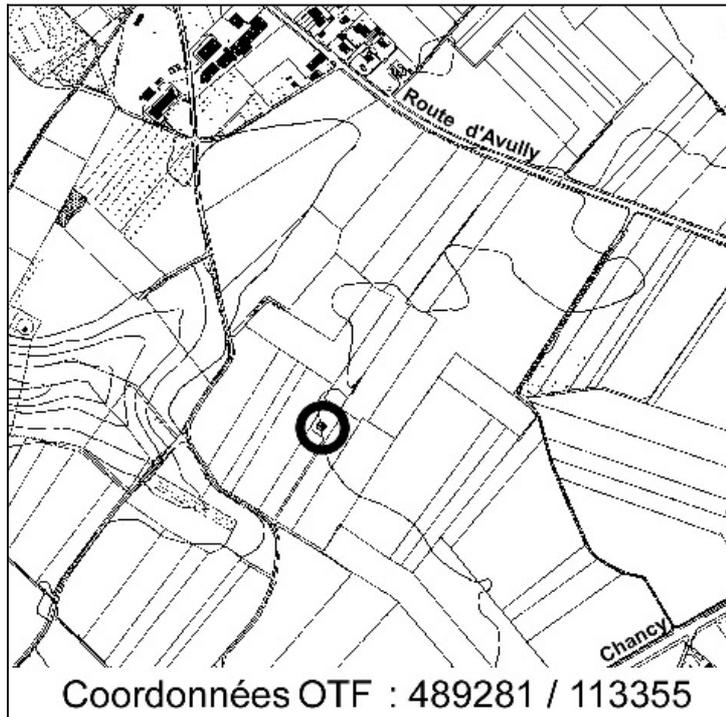
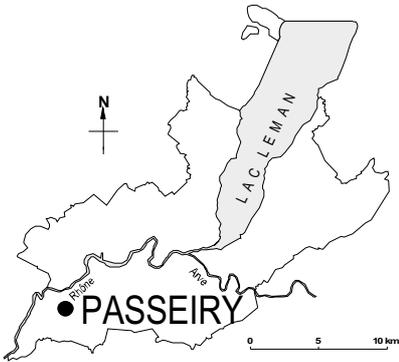


Milieu rural

# ANIERES

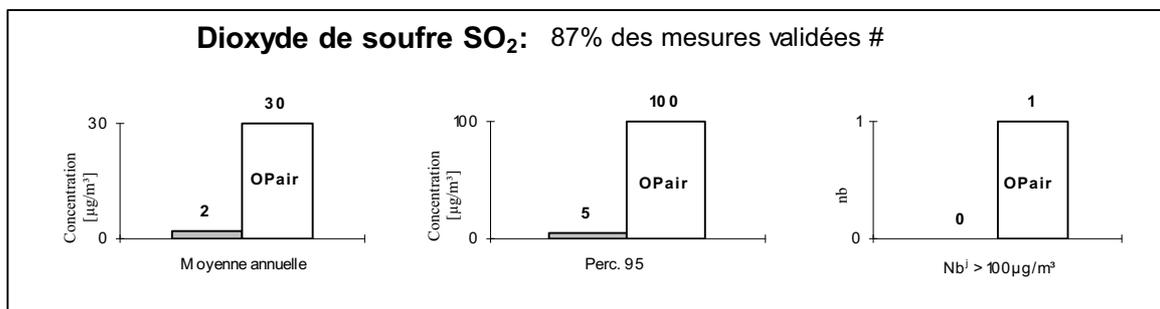
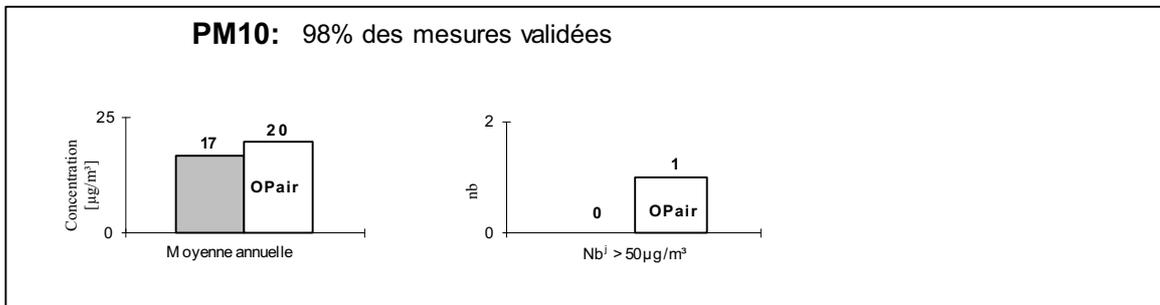
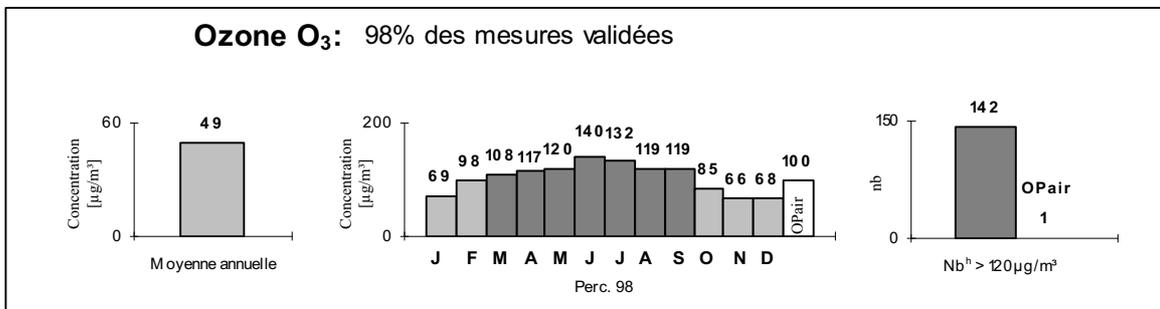
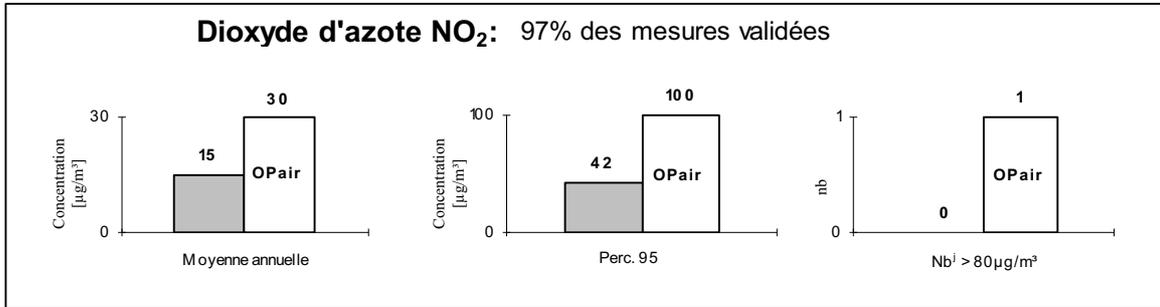
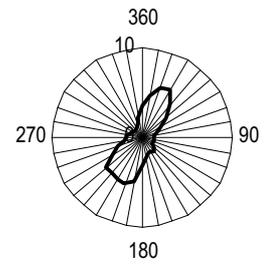


Légendes et abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.

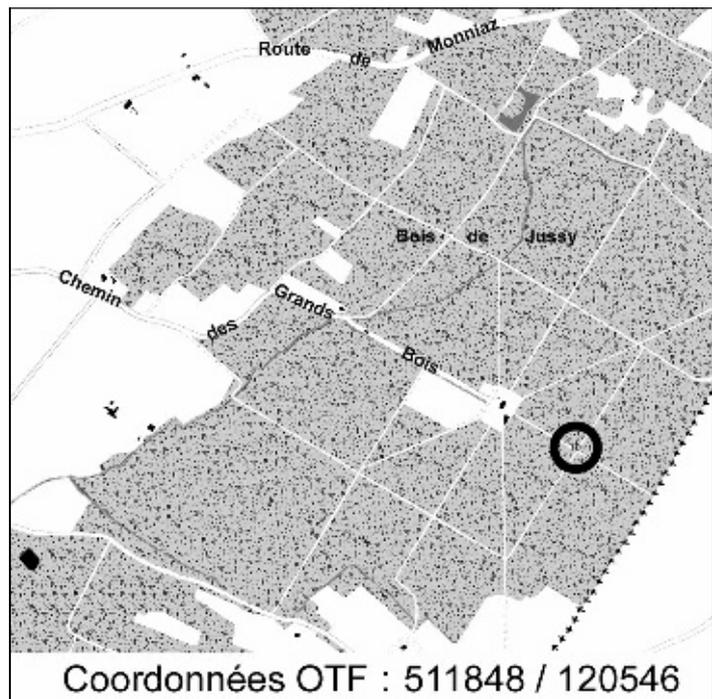
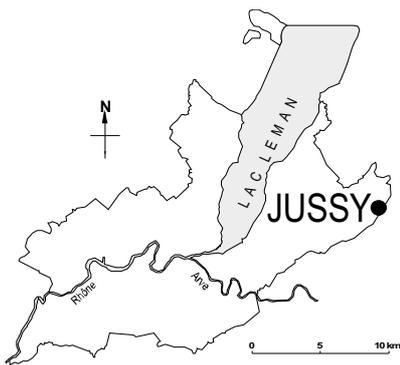


Milieu rural

# PASSEIRY

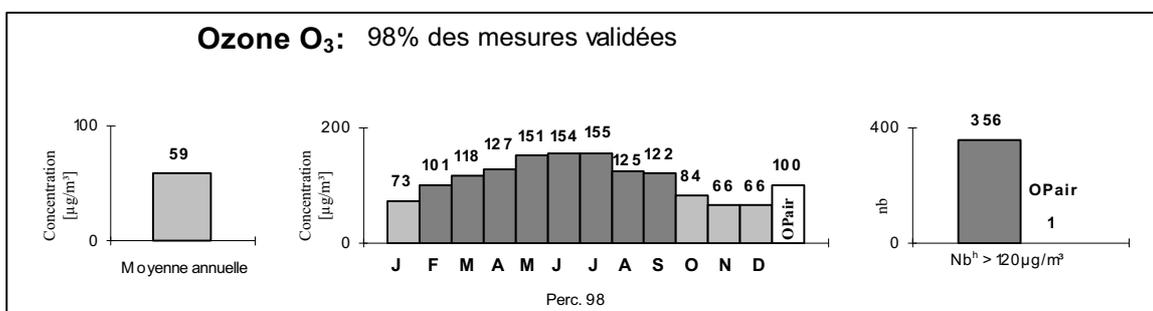
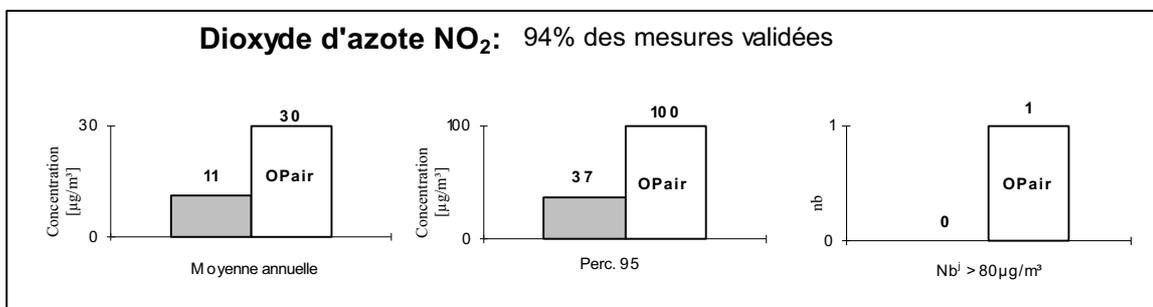


Légendes et abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.

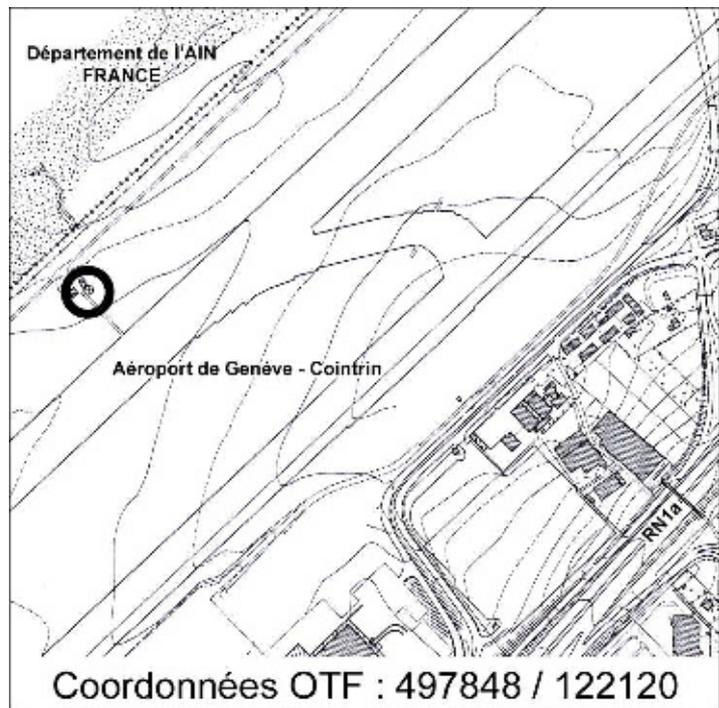
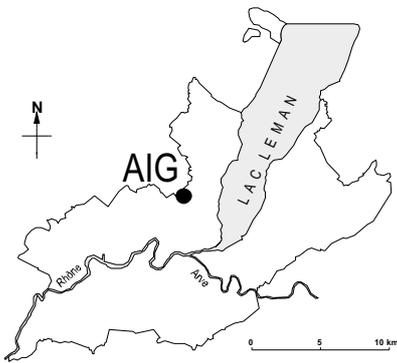


## Milieu rural

# JUSSY

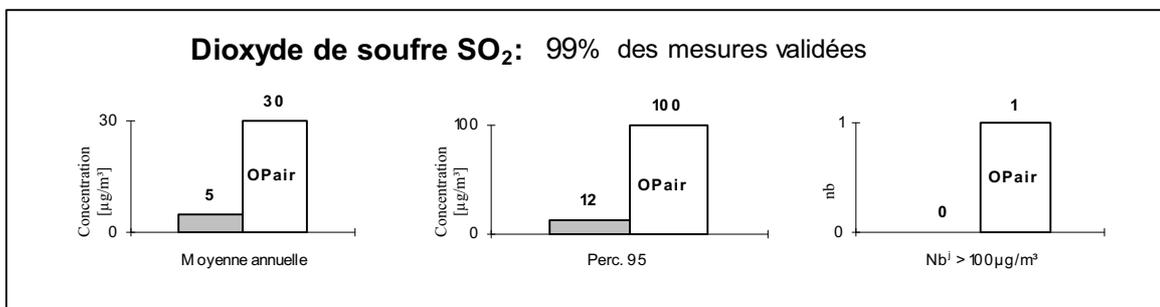
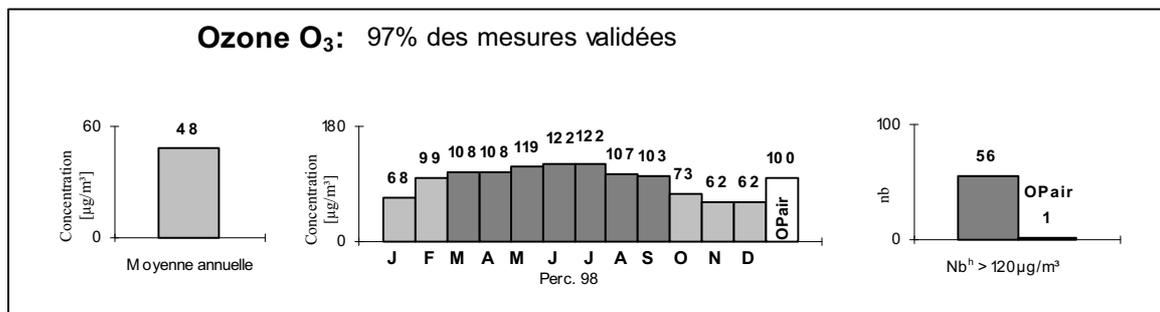
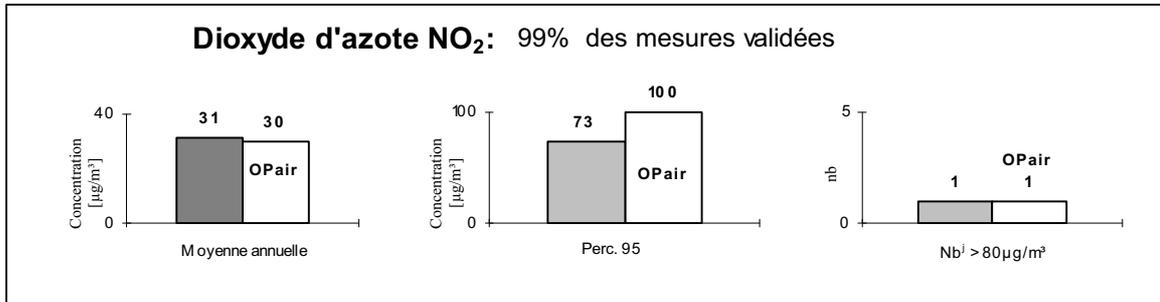
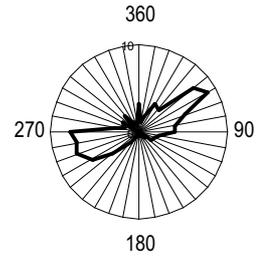


Légendes et abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.



# AIG

## (Aéroport International de Genève)



Légendes et abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.

### 4.3. Retombées de poussières

Les retombées de poussières et les hydrométéores (pluie, grêle, neige) sont recueillis chaque mois dans des récipients de verre, de forme cylindrique de 10 cm de diamètre, appelés "Bergerhoff". Après avoir éliminé l'eau par évaporation, on procède à la pesée du résidu sec ainsi qu'à la détermination des concentrations en plomb, cadmium et zinc de celui-ci.

Les relevés et les analyses sont effectués conformément à la norme allemande VDI 2119, qui en fixe le cadre et fait foi en Suisse.

Le tableau ci-après résume les résultats de l'année 2005.

| Station      | Durée de l'exposition<br>[Nombre de jours]                | Concentration des retombées de poussières        |                                    |                                     |                                       |
|--------------|---|--|------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
|              |   | Total<br>[mg / (m <sup>2</sup> ·j)] <sup>‡</sup> | Zinc<br>[µg / (m <sup>2</sup> ·j)] | Plomb<br>[µg / (m <sup>2</sup> ·j)] | Cadmium<br>[µg / (m <sup>2</sup> ·j)] |
| ILE          | Contaminé par une substance inconnue -> analyse non faite |  |                                    |                                     |                                       |
| STE-CLOTILDE | 363   | 46   | 217                                | 18                                  | 0.12                                  |
| WILSON       | 363   | 46   | 223                                | 18                                  | 0.09                                  |
| FORON        | 363   | 25   | 135                                | 5                                   | 0.04                                  |
| ANIERES      | 363   | 39   | 5                                  | 2                                   | 0.02                                  |
| PASSEIRY     | 363   | 56   | 11                                 | 4                                   | 0.39                                  |
| PENEY (step) | Problème technique. Données manquantes                    |  |                                    |                                     |                                       |
| VLI OPair    |   | 200  | 400                                | 100                                 | 2                                     |

Les concentrations demeurent bien en dessous des VLI OPair. Par rapport à l'année précédente, on constate une relative stabilisation des concentrations.

<sup>‡</sup> j : jour

# 5. Evolution de la qualité de l'air

## 5.1. Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)

### 5.1.1. Généralités

Les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), terme qui comprend le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), résultent de la décomposition et de la recombinaison, à haute température, de l'azote et de l'oxygène présents dans l'air. Ils sont issus principalement des processus de combustion (carburants dans les moteurs de voitures et combustibles dans les chaufferies) et d'incinération.

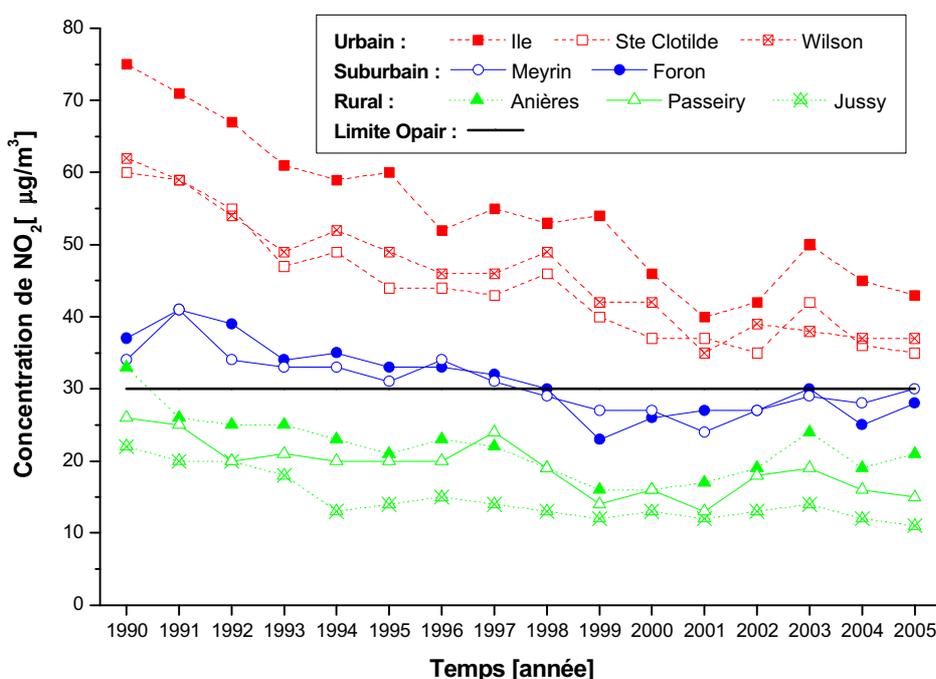
L'obligation depuis 1986 d'équiper les nouvelles voitures à essence de catalyseurs, ainsi que différents procédés industriels, ont permis de faire baisser la pollution au NO<sub>2</sub>. Cependant, avec l'augmentation du nombre de kilomètres parcourus, de la demande énergétique, ainsi que du volume des déchets incinérés, cette tendance s'est inversée dans le canton de Genève depuis le début des années 2000.

Le NO<sub>2</sub> est un gaz particulièrement oxydant. Des études en laboratoire montrent, qu'avec les concentrations rencontrées en atmosphère polluée, les personnes souffrant d'asthme peuvent subir une augmentation des réactions bronchiques; pour les sujets sains, le seuil se situe beaucoup plus haut. Le NO<sub>2</sub> est associé à toute une série de maux dont le plus important serait l'augmentation des décès anticipés par affection cardio-vasculaire et respiratoire.

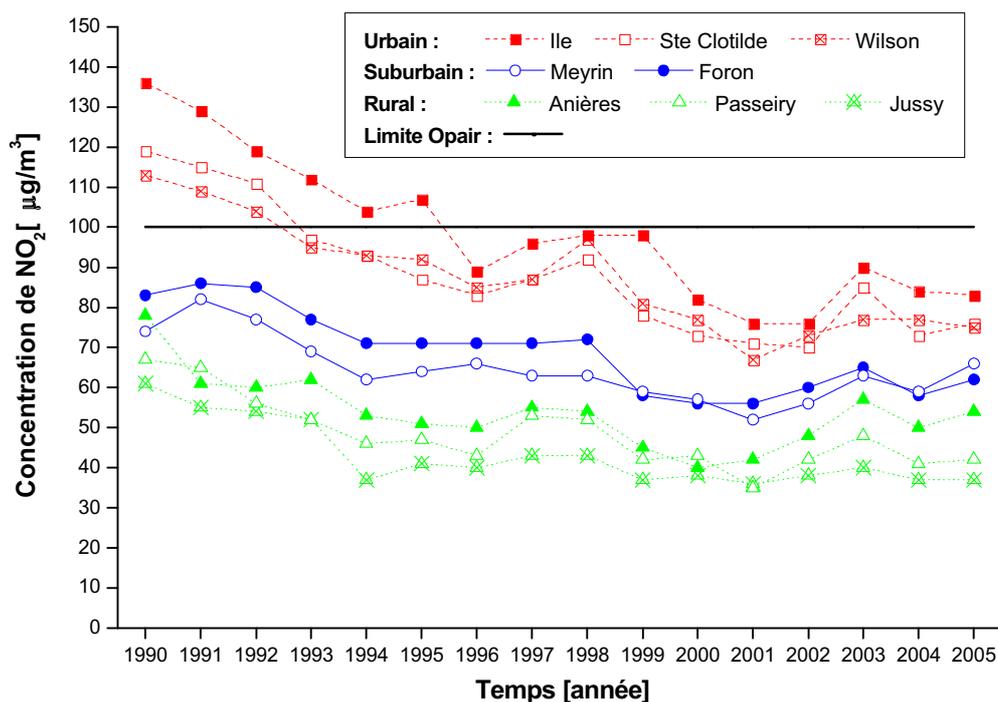
Outre l'effet d'acidification et d'eutrophisation des milieux, les NO<sub>x</sub> modifient la biodiversité en faveur de plantes adaptées aux substrats azotés.

Les NO<sub>x</sub> en tant qu'éléments d'acidification des pluies, participent à la corrosion des matériaux de type pierre calcaire et dégradent les vitrages et les vitraux.

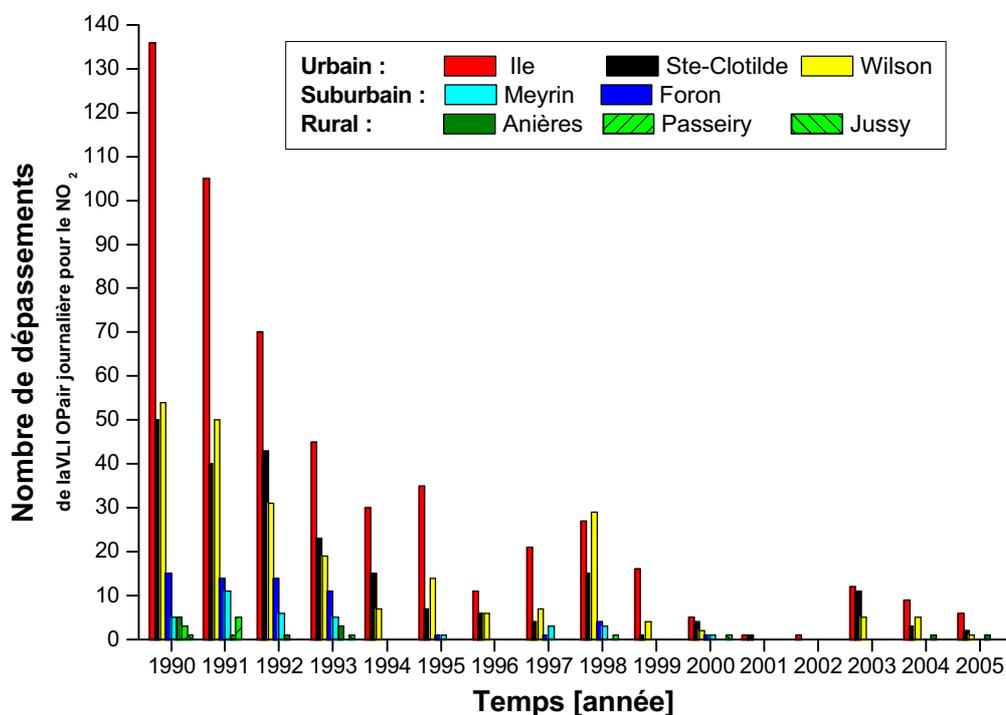
### 5.1.2. Moyenne annuelle



### 5.1.3. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles



### 5.1.4. Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière



### 5.1.5. Bilan

L'année 2005 confirme la relative stabilisation des concentrations moyennes annuelles de NO<sub>2</sub> depuis 2000-2001 dans la majorité des stations rurales ainsi qu'une tendance à l'augmentation pour les stations urbaines et suburbaines.

## 5.2. Ozone (O<sub>3</sub>)

### 5.2.1. Généralités

L'ozone est une molécule très réactive qui est naturellement présente dans l'air ambiant à de très faibles concentrations. La pollution d'origine anthropique perturbe l'équilibre fragile des processus qui créent et détruisent l'ozone.

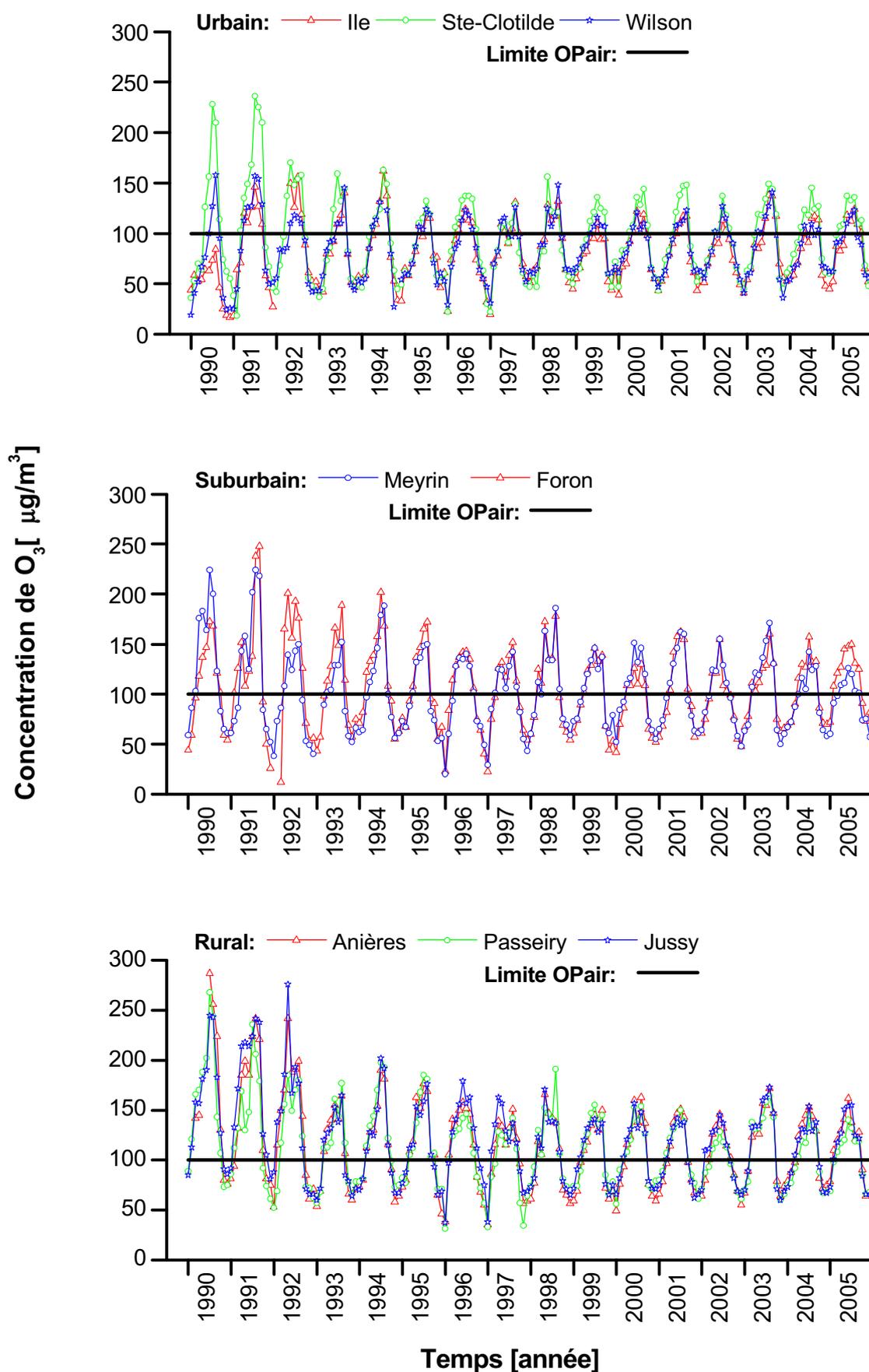
Près du sol, certains gaz polluants - qualifiés de « primaires » ou « précurseurs » - provenant du trafic routier ou des chauffages (oxydes d'azote - NO<sub>x</sub>) ainsi que des émanations de solvants ou de carburants (composés organiques volatils - COV) contribuent à la formation d'ozone sous l'effet du soleil. En ce sens, l'ozone est différent des autres polluants car il n'est pas directement émis, mais formé à partir de précurseurs : on parle alors de polluant secondaire. Au-delà d'une certaine concentration, l'ozone proche du sol nuit à la santé et à l'environnement. La pollution à l'ozone a la propriété d'être souvent plus élevée à la campagne qu'en ville, surtout en périphérie d'une grande ville ou d'une zone industrielle. Ceci est dû au fait que les polluants primaires contribuent à la fois à former et à détruire l'ozone. Ce « mauvais » ozone doit être distingué de la couche de « bon » ozone qui, à haute altitude (10-50 km), nous protège du rayonnement ultraviolet du soleil et qu'il faut absolument préserver.

L'ozone a la propriété de pénétrer profondément dans les poumons, jusque dans les alvéoles. C'est un puissant oxydant qui a pour effet de diminuer la capacité respiratoire et d'augmenter la réactivité des bronches. Pour certaines personnes, ces effets se traduisent par des difficultés respiratoires plus ou moins fortes, suivant leur sensibilité, la concentration du polluant, la durée d'exposition et l'intensité de leur activité physique sur le moment. Outre le système respiratoire, l'ozone peut causer des irritations oculaires. Il existe une relation significative entre les niveaux élevés d'ozone et la surmortalité, ainsi que l'augmentation du nombre d'hospitalisations pour cause d'affection cardio-vasculaire et, surtout, respiratoire.

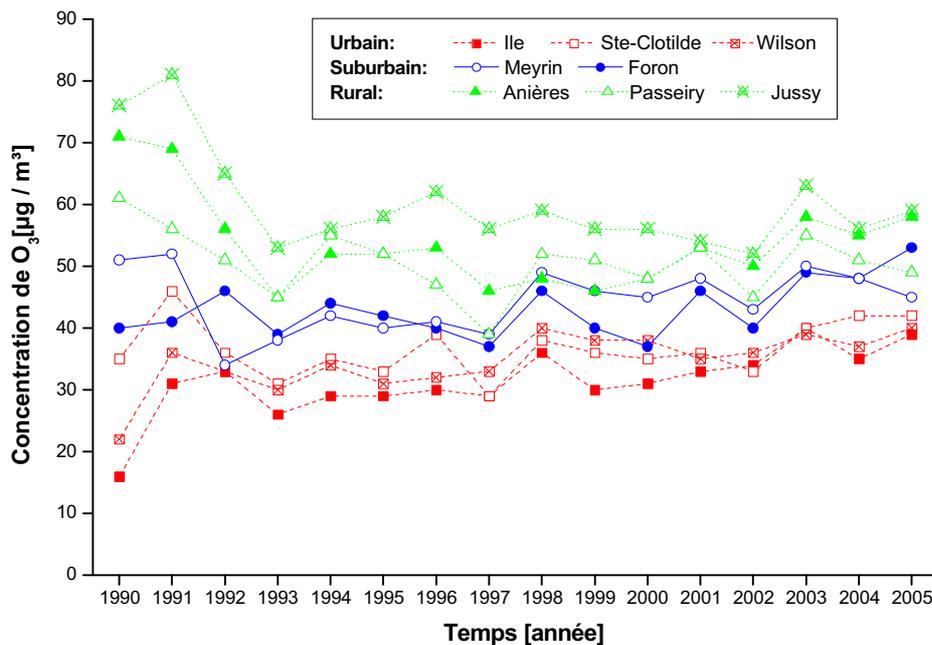
L'effet de l'ozone sur les végétaux reste variable et dépend de l'espèce. Il perturbe entre autre le cycle photosynthétique de la plante, la rendant sensible aux sécheresses et déséquilibrant son cycle nutritif. Le plus souvent cela se traduit par des nécroses et/ou des baisses de rendement des cultures. L'ozone serait aussi à l'origine des modifications du peuplement floristique, favorisant les espèces résistantes à cette pollution au détriment des espèces plus sensibles. L'ozone participe aussi à l'acidification des milieux : en raison de son fort pouvoir oxydant, il augmente la rapidité de transformation des oxydes de soufre en sulfates et des oxydes d'azote en nitrates.

L'ozone n'a pas d'effet connu sur la pierre. Pour d'autres matériaux, tels que certains plastiques ou les papiers, il provoque un vieillissement prématuré et, avec le temps, il efface la couleur des encres.

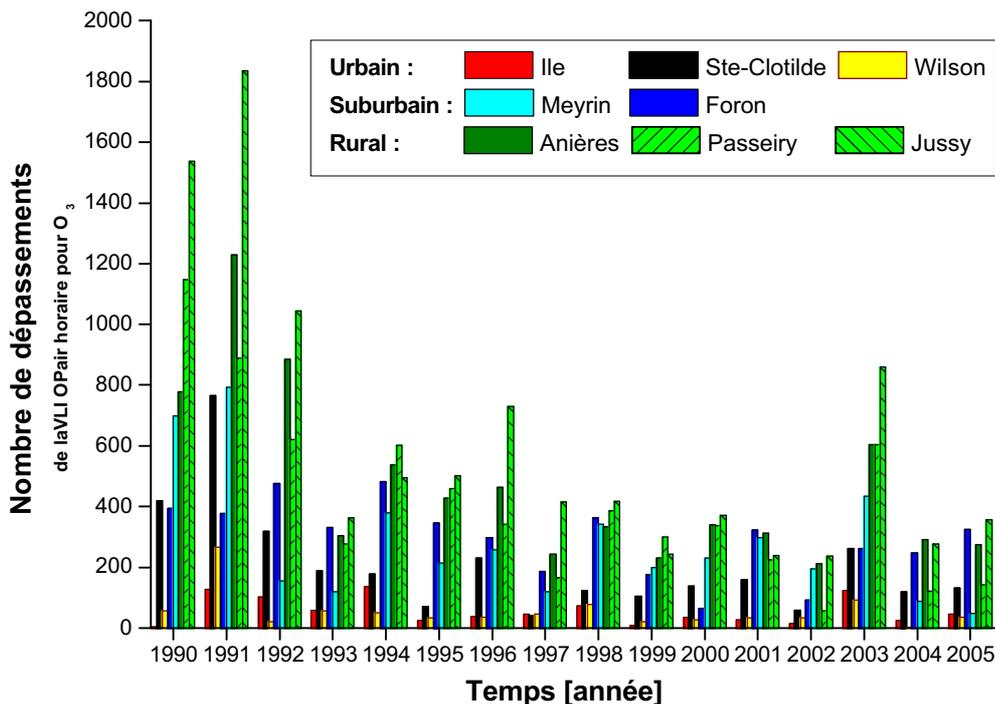
## 5.2.2. Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles



### 5.2.3. Moyenne annuelle<sup>§</sup>



### 5.2.4. Nombre de dépassements de la VLI O<sub>3</sub> horaire



### 5.2.5. Bilan

On retrouve en 2005 des fréquences de dépassements comparables aux années précédentes (abstraction faite de l'année 2003).

Pour toutes les stations, les immissions d'ozone sont toujours excessives. Ceci provient du fait que la charge des émissions de polluants primaires (oxydes d'azote et composés organiques volatils) demeure trop élevée. Comme par le passé, la charge en ozone augmente au fur et à mesure que l'on s'éloigne du milieu urbain.

<sup>§</sup> La moyenne annuelle pour l'ozone n'est pas fixée dans l'OPair

## 5.3. Poussières en suspension totales (TSP<sup>\*\*</sup>) et PM10

Le lecteur pourra aussi consulter le chapitre spécial (§7) dédié à la problématique des poussières, avec une emphase sur l'aspect santé.

### 5.3.1. Généralités

Ces poussières de natures diverses sont émises dans l'atmosphère par les processus de combustion (trafic routier, chauffage, incinération des déchets), par certains procédés industriels ou par des phénomènes de friction (usure des freins de véhicules tels que trains, automobiles, etc.). On peut distinguer les particules dites « primaires » qui sont émises directement, des particules « secondaires » formées par exemple par agrégats. Au niveau planétaire la majorité des émissions serait d'origine naturelle (environ 80 %) mais il faut préciser que la caractérisation des émissions de particules est très délicate. A l'échelle locale, la part anthropique est importante, en particulier dans les pays industrialisés.

La taille des poussières est déterminante quant aux effets qu'elles induisent sur la santé. Les poussières dont le diamètre est inférieur à 10 µm sont appelées PM10 (par analogie, les PM2.5 sont les poussières dont le diamètre est inférieur à 2.5 µm). Alors que les plus grosses (supérieures à 10 µm) sont arrêtées par les voies respiratoires supérieures, les particules fines ont un plus fort impact sur la santé humaine: elles peuvent pénétrer dans le système respiratoire, d'autant plus profondément qu'elles sont petites, et ce jusque dans les alvéoles pulmonaires. Certaines d'entre elles sont cancérigènes (suies de diesel par ex). Ces particules fines augmentent la sensibilité aux allergènes et plusieurs études les rendent responsables de l'augmentation du nombre des hospitalisations pour raison d'asthme ou de bronchite chronique, ainsi que de la mortalité par défaillance cardio-vasculaire.

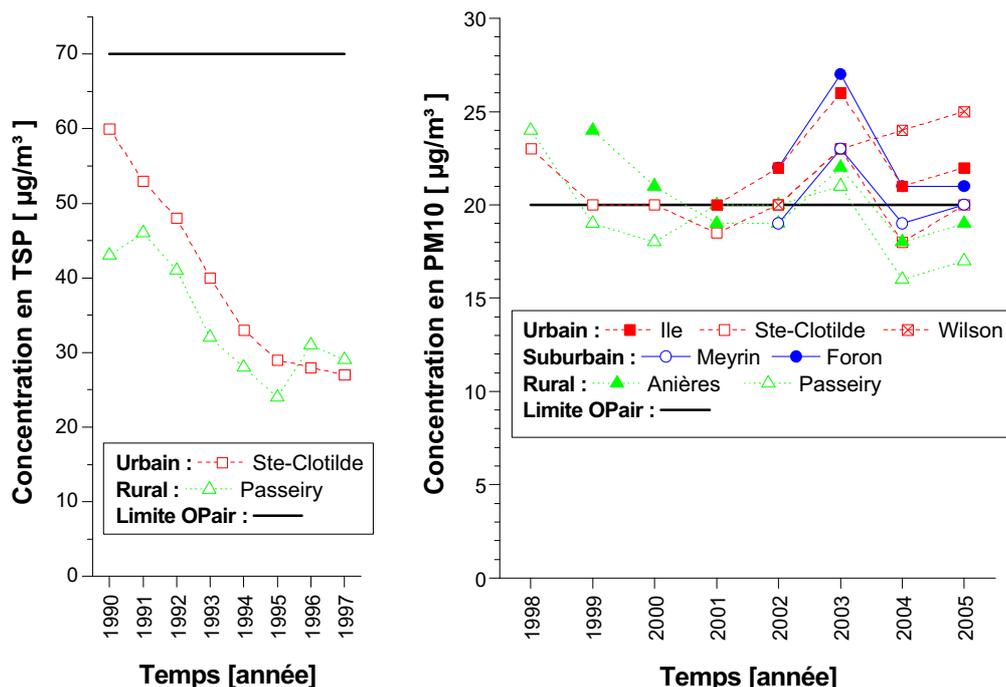
Les particules induisent une baisse de croissance chez les végétaux ainsi qu'une nécrose végétale, notamment autour d'industries comme les cimenteries.

Elles participent à la détérioration des bâtiments en se déposant sur les pierres, se cimentent par la cristallisation des sels et forment alors une croûte noire sous laquelle la pierre se désagrège. Les propriétés superficielles des pierres sont modifiées, l'imperméabilisation limite le séchage et favorise les éclatements.

---

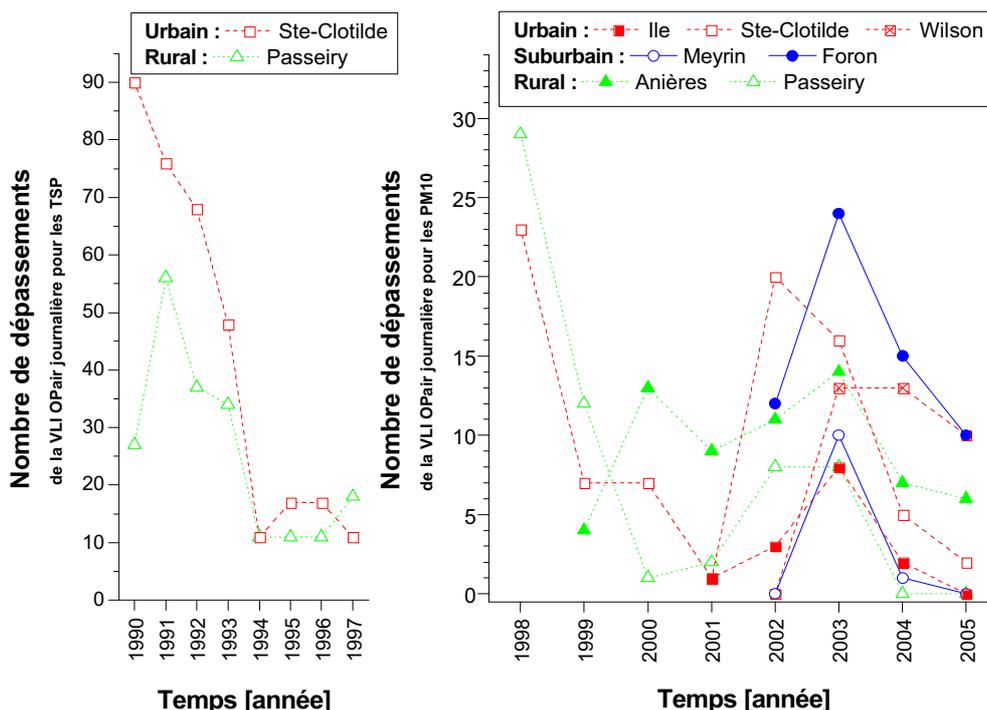
<sup>\*\*</sup> TSP : Total suspended particulates

## 5.3.2. Moyenne annuelle

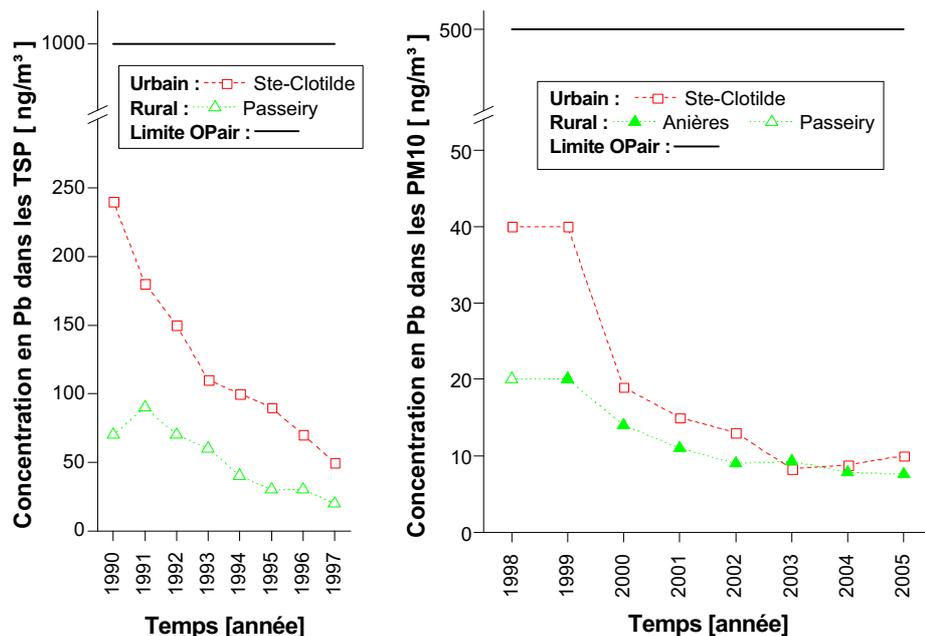


**Nota :** Avant 1998, les poussières en suspension totales (TSP) étaient mesurées. Suite à une modification de l'annexe 7 de l'OPair en vigueur depuis le 1<sup>er</sup> mars 1998, on ne mesure plus que les poussières en suspension dans l'air dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 10 µm (PM10). Dans la figure ci-dessus, ceci explique la « cassure » en 1998, date à partir de laquelle les PM10 ont été mesurées. Il faut noter qu'à cette date, la VLI OPair a aussi été modifiée (70 µg/m<sup>3</sup> avant 1998 pour les TSP, 20 µg/m<sup>3</sup> après 1998 pour les PM10).

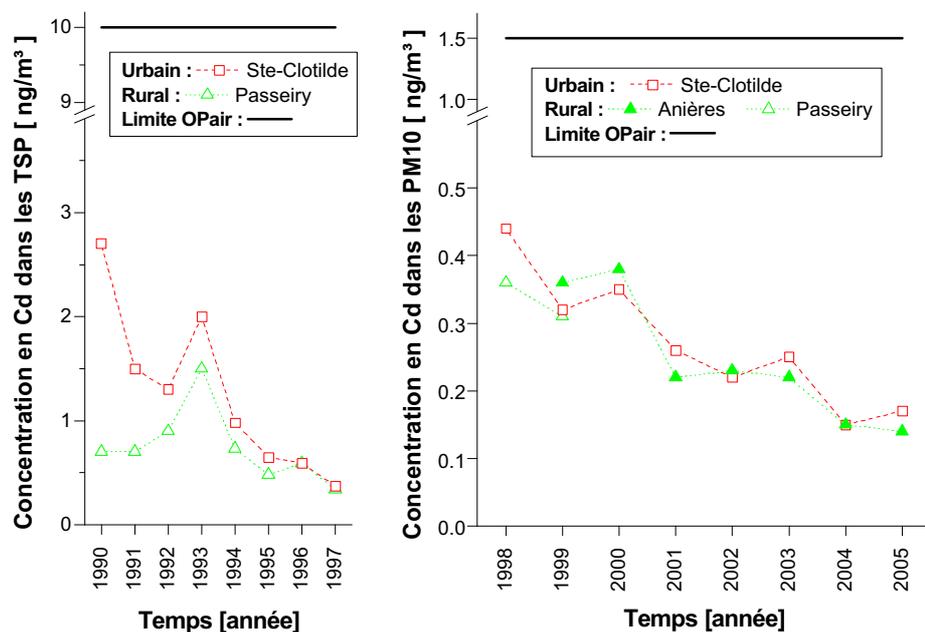
## 5.3.3. Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière



### 5.3.4. Moyenne annuelle en plomb (Pb) dans les TSP et PM10



### 5.3.5. Moyenne annuelle en cadmium (Cd) dans les TSP et PM10



### 5.3.6. Bilan

Le constat en 2005, pour les moyennes totales, présente une dégradation de la situation par rapport à 2004, ainsi qu'une tendance à la stagnation autour de la VLI OPair pour la plupart des stations (l'évolution sur le long terme est difficile à évaluer car les mesures sur les PM10 ont débuté en 1998 et les appareils ont été installés progressivement). Les moyennes annuelles pour le plomb et le cadmium dans les PM10 sont en dessous des VLI OPair et la situation continue de s'améliorer.

## 5.4. Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

### 5.4.1. Généralités

Le SO<sub>2</sub> provient principalement de procédés de combustion utilisant des combustibles fossiles soufrés (fiouls industriels et domestiques, diesel, charbon). D'autres procédés industriels tels que le raffinage des hydrocarbures, la fabrication de la pâte à papier, de l'acide sulfurique, de matériaux réfractaires, de tuiles, de briques, sont des émetteurs de SO<sub>2</sub>.

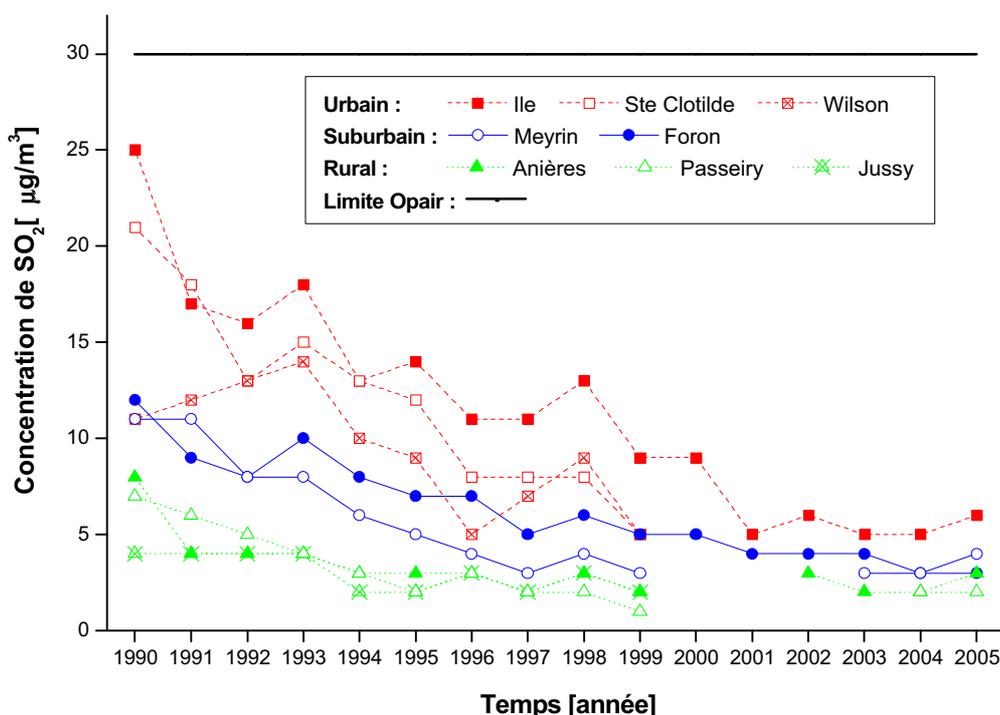
Les normes en vigueur imposent la désulfuration des carburants à 150 ppm pour l'essence et 350 ppm pour le diesel. Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2006, en accord avec les normes européennes, ces valeurs sont passées à 50 ppm pour les deux carburants.

Le SO<sub>2</sub> ne pénètre pas très profondément dans les poumons, hormis durant un effort, car il est arrêté à 90% au niveau du nez et de la gorge. Il peut induire une plus grande sensibilité aux allergènes et favoriser les crises d'asthme.

Par dépôt, le SO<sub>2</sub> participe à l'acidification des milieux et cause des dommages aux plantes et aux écosystèmes fragiles. Ceci entraîne une baisse de la biodiversité.

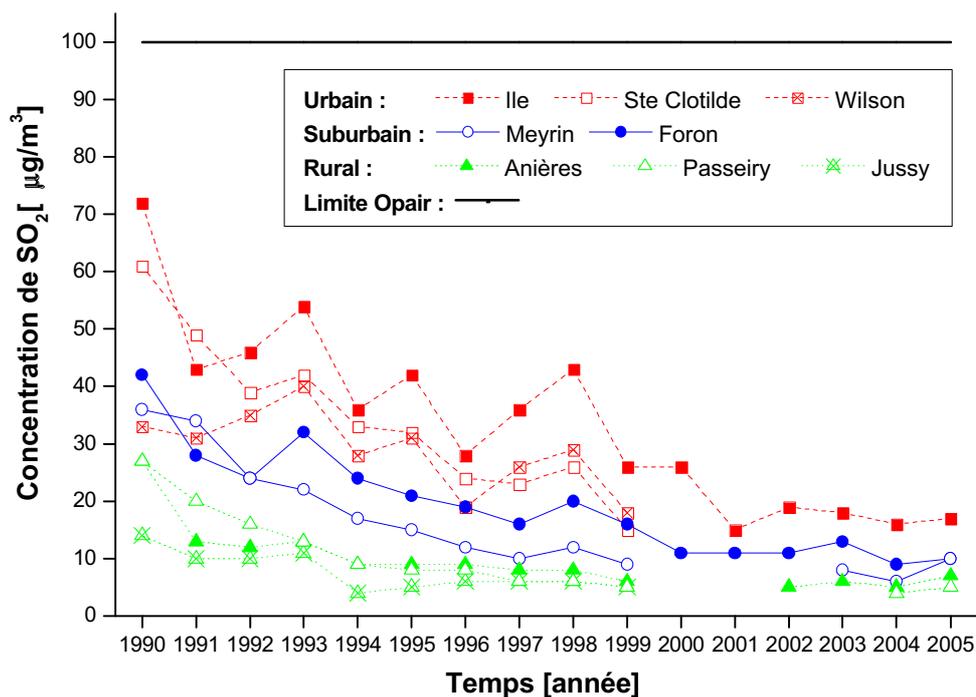
Le SO<sub>2</sub>, associé à des poussières ou en phase gazeuse, forme du SO<sub>3</sub>. Combinée avec d'autres éléments cette substance en solution transite à travers les pierres poreuses et, à terme, peut les endommager en les faisant éclater.

### 5.4.2. Moyenne annuelle



**Nota:** Le SO<sub>2</sub> n'étant plus un polluant problématique, sa mesure à l'aide d'appareils classiques n'a plus été faite de manière systématique dans chaque station depuis l'année 2000. Deux stations, l'Ile et Foron, ont continué à mesurer ce polluant au moyen de la technique DOAS (donne la mesure simultanée de NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et SO<sub>2</sub>). L'introduction progressive de la mesure par des systèmes DOAS permet actuellement de connaître la concentration en SO<sub>2</sub> aux stations de l'Ile et Foron mais aussi de Passeiry, Anières et Meyrin.

### 5.4.3. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles



### 5.4.4. Nombre de dépassements de la VLI OPAIR journalière

Depuis 1989, il n'y a eu que deux dépassements de la VLI OPAIR journalière (100 µg/m<sup>3</sup>), à la station de l'Ile en 1990.

### 5.4.5. Bilan

En 2005, les immissions de SO<sub>2</sub> sont restées au niveau de celles de 2004. Elles se situent bien en dessous des VLI OPAIR.

## 5.5. Monoxyde de carbone (CO)

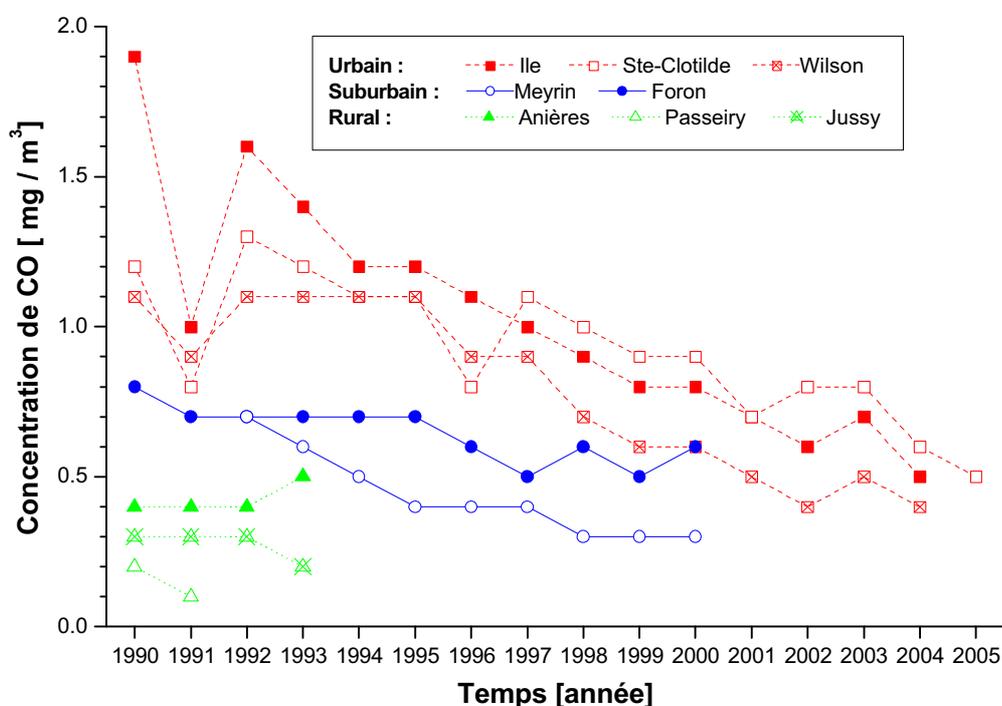
### 5.5.1. Généralités

Le CO - qui se forme lors de combustions incomplètes, principalement en déficit d'oxygène - est un rejet typique d'une installation (moteur, chauffage, ...) défectueuse ou mal réglée.

De par ses propriétés (densité proche de l'air, incolore, inodore) le CO représente un réel danger à l'intérieur des bâtiments. Le CO se fixe à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine et conduit à un manque d'oxygénation des tissus. A des niveaux importants, qui peuvent parfois se rencontrer en milieu urbain, le CO favorise les infarctus et les décès dus à des pathologies cardio-vasculaires. A des concentrations très élevées (bien au-delà de celles observées dans l'air ambiant) le CO entraîne une mort rapide.

Ce polluant produit aussi un effet sur les plantes dont il peut limiter la croissance et, dans certains cas, entraîner la chute des feuilles et la dessiccation.

### 5.5.2. Moyenne annuelle<sup>††</sup>



### 5.5.3. Nombre de dépassements de la VLI OPAir journalière

Au moins depuis 1989, il n'y a pas eu de dépassement de la VLI OPAir journalière (8 mg/m<sup>3</sup>) sur l'ensemble des stations du ROPAG.

### 5.5.4. Bilan

Les concentrations restent faibles et diminuent régulièrement d'année en année.

<sup>††</sup> La moyenne annuelle pour le monoxyde de carbone n'est pas fixée dans l'OPair

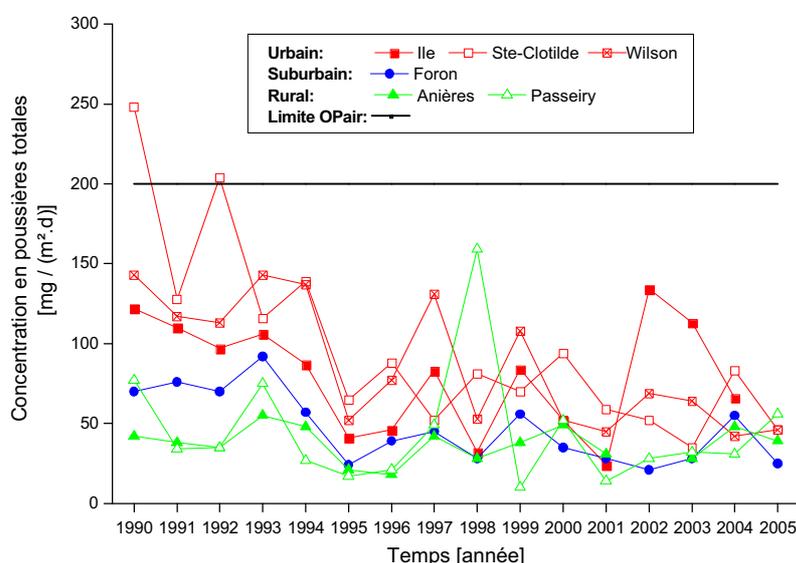
## 5.6. Retombées de poussières

### 5.6.1. Généralités

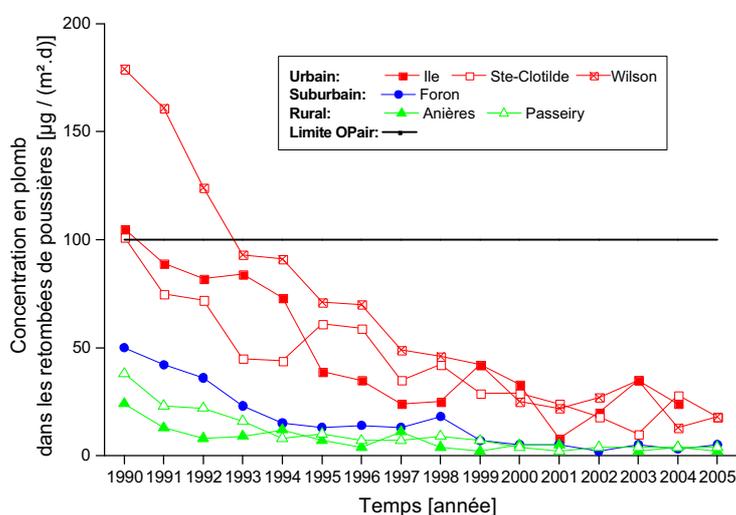
A la différence des PM10, poussières en suspension dans l'air dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 10  $\mu\text{m}$ , les retombées de poussières concernent plus particulièrement les grosses particules, qui sédimentent et qui, de par leur masse, ne restent pas en suspension dans l'air et tombent au sol.

Les PM10 représentent un danger en tant qu'éléments respirables car elles peuvent pénétrer profondément dans les poumons, en particulier celles dont le diamètre est inférieur à 2.5  $\mu\text{m}$ . Les retombées de poussières, normalement retenues au niveau du nez ou des voies respiratoires supérieures chez l'homme, constituent avant tout une charge polluante pour les sols et les plantes. L'homme peut alors être affecté à nouveau par le biais de la chaîne alimentaire.

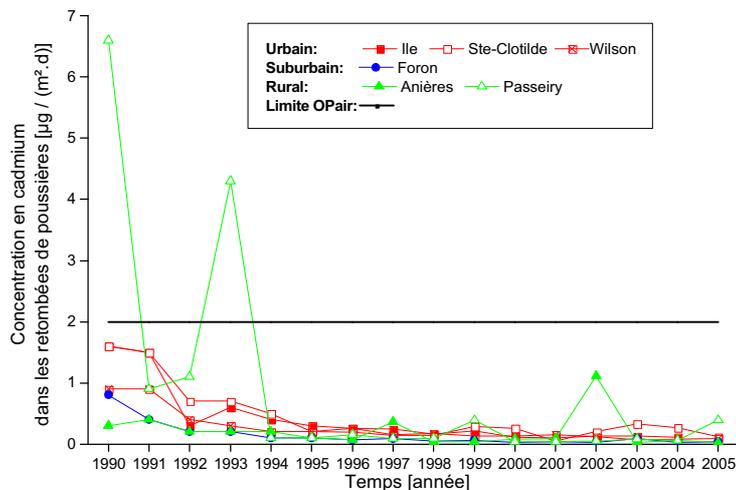
### 5.6.2. Moyenne annuelle totale



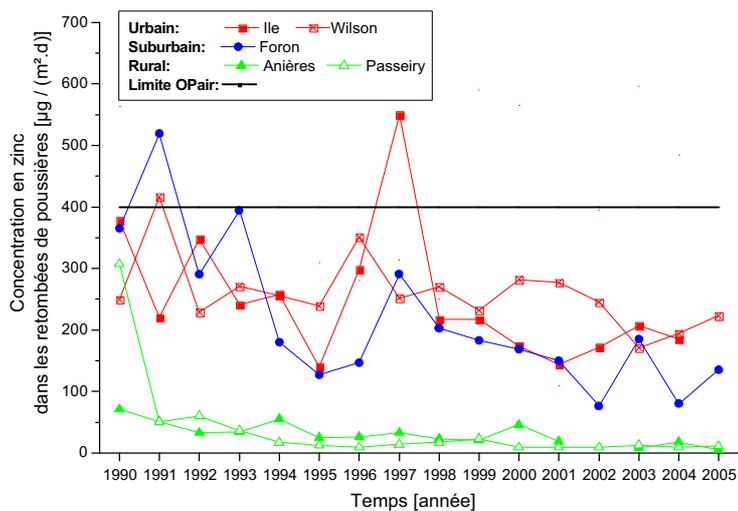
### 5.6.3. Moyenne annuelle pour le plomb (Pb) dans les retombées de poussières



## 5.6.4. Moyenne annuelle pour le cadmium (Cd) dans les retombées de poussières



## 5.6.5. Moyenne annuelle pour le zinc (Zn) dans les retombées de poussières



## 5.6.6. Bilan

Les concentrations restent faibles et stationnaires, en dessous des VLI OPAir depuis de nombreuses années.



# 6. Capteurs passifs : Campagne NO<sub>2</sub>

## 6.1. Introduction

Depuis 1995, un réseau de capteurs passifs mesure les concentrations de NO<sub>2</sub> dans l'agglomération genevoise. Il compte 88 points de mesure, répartis selon un maillage kilométrique.

Cette méthode, validée en Suisse par l'OFEV ainsi que par Cercl'Air (Société suisse des responsables de l'hygiène de l'air), permet de constituer un cadastre des immissions du dioxyde d'azote sur de vastes territoires. L'interpolation de l'ensemble des mesures permet de tracer des cartes d'égalité de concentrations qui servent à vérifier la justesse des modèles de calcul des immissions à partir des sources d'émissions connues.

## 6.2. Méthodologie

### Généralités

Un capteur passif est un tube fermé à une extrémité, au fond duquel sont placées des grilles métalliques imprégnées d'une substance - la triéthanolamine (TEA) - qui absorbe le NO<sub>2</sub>. Cette absorption crée à l'intérieur du tube une diffusion du NO<sub>2</sub> due à la différence de concentration produite. L'analyse permet de mesurer la valeur de NO<sub>2</sub> qui a été accumulée par la substance absorbante et d'en déduire la concentration correspondante pendant une période donnée.

### Préparation

Les tubes à diffusion en polypropylène (PP) sont préparés dans le laboratoire du SCPA. Ils sont munis de deux grilles en acier inoxydable, et de deux bouchons en polyéthylène (PE).

Les grilles en acier inox sont traitées aux ultrasons dans du Metex 5 % à 60°C, puis rincées à l'eau. Elles subissent ensuite un traitement de passivation à l'acide sulfurique 5 % à 60°C, puis des rinçages à l'eau Milli-Q. Elles sont enfin séchées à l'étuve à 120°C. Ce traitement a pour but d'améliorer la mouillabilité de l'acier inox lors du dépôt de la TEA sur les grilles.

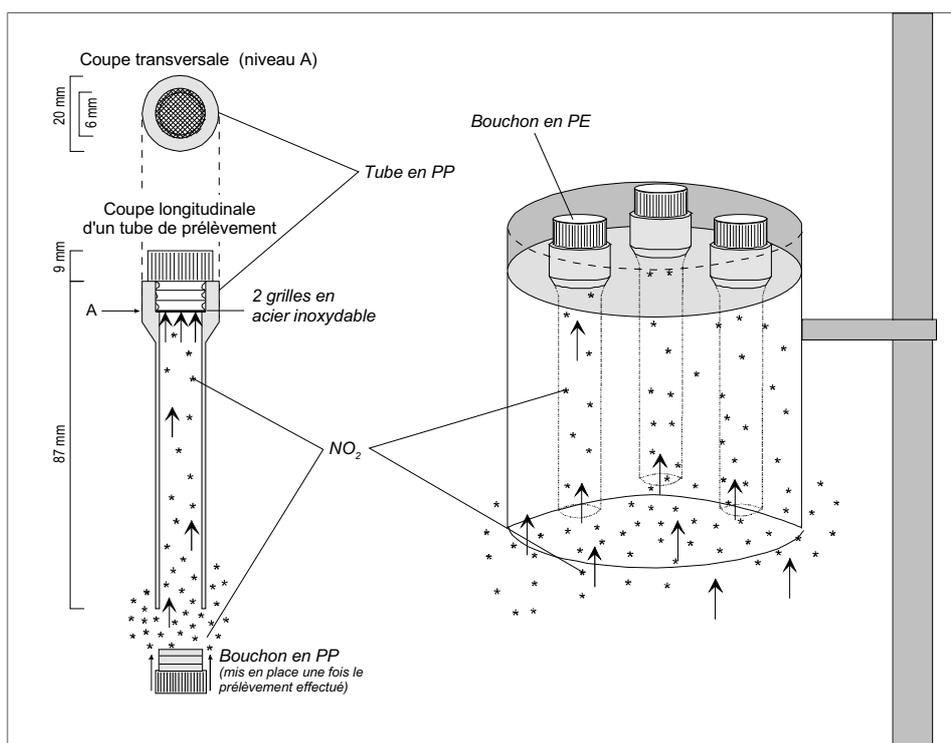
Chaque capteur reçoit deux grilles en acier inox traitées et est obturé à une extrémité par un bouchon en PE. A l'aide d'une micro pipette, 30 µl d'une solution composée de TEA 20 % sont déposés sur les grilles. Afin d'éviter toute contamination due au NO<sub>2</sub> atmosphérique ambiant, l'extrémité ouverte est immédiatement obturée au moyen d'un bouchon en PE.

### Pose - dépose

Les capteurs sont ensuite installés sur les sites de mesure, par lots de 3 dans des boîtiers en PP, et exposés à l'air ambiant pendant 14 jours, en enlevant les bouchons inférieurs.

Les tubes contenant les capteurs sont alors collectés et refermés avant d'être analysés dans le laboratoire du SCPA.

La figure ci-après montre le schéma de principe de montage des capteurs passifs.



### **Principe de montage des capteurs passifs de NO<sub>2</sub>**

## **Analyse**

Chaque tube reçoit 2 ml d'eau Milli-Q et 2 ml de réactif combiné (composé de sulfanilamide, d'acide ortho-phosphorique, de dichlorohydrate de naphthyléthylènediamine et d'eau). Après 15 minutes, l'absorbance à 540 nm de chaque tube est déterminée par colorimétrie à l'aide d'un spectrophotomètre.

Un blanc et des standards de 50, 150 et 450 µg/l de NaNO<sub>2</sub> (nitrite de sodium) contenant 0.3 ml de TEA / 100 ml de standard sont mesurés pour déterminer une droite d'étalonnage. Ceci permet d'établir la concentration dans les tubes analysés.

## **6.3. Emplacements**

Afin d'être suffisamment représentatifs des concentrations moyennes d'exposition de la population au NO<sub>2</sub>, les capteurs ne sont pas placés à proximité immédiate des sources d'émissions.

Jusqu'à la fin 2001, les mesures correspondaient chaque année à un quart du réseau total, avec, à chaque fois, une partie de recouvrement commune. Le réseau total était ainsi couvert au terme de 4 ans. Depuis 2002, l'ensemble des 88 points du réseau est relevé. La zone couverte par le réseau de capteurs passifs représente une partie mixte ville – campagne qui englobe l'agglomération genevoise et ses abords.

Le tableau de la page 52 donne les emplacements des 88 boîtiers contenant les capteurs passifs de NO<sub>2</sub> ainsi que les concentrations correspondantes pour l'année 2005.

## 6.4. Résultats

Une carte (page 53) des mesures du réseau de capteurs passifs présente les immissions de dioxyde d'azote en moyennes annuelles pour l'année 2005, calculées par interpolation - selon la méthode IDW (Inverse Distance Weighting) - des résultats obtenus sur les 88 points de prélèvement, ainsi que ceux donnés par les stations du ROPAG. On peut y reconnaître les zones soumises à des immissions excessives, dont la moyenne annuelle est supérieure à la VLI OPair ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Par rapport à 2004, l'année 2005 montre une augmentation de la pollution au dioxyde d'azote sur une majeure partie du territoire couvert par le réseau de capteurs passifs.

L'année 2005 confirme donc, après une amélioration importante des immissions de dioxyde d'azote pendant les années 1990 - 2000, un renversement de situation et une tendance à la péjoration amorcée dans les années 2000 - 2001. Les concentrations, en particulier au niveau de l'agglomération genevoise, peinent à descendre en dessous des VLI et ce, malgré les mesures mises en place dans le cadre des Plans de mesures OPair successifs.

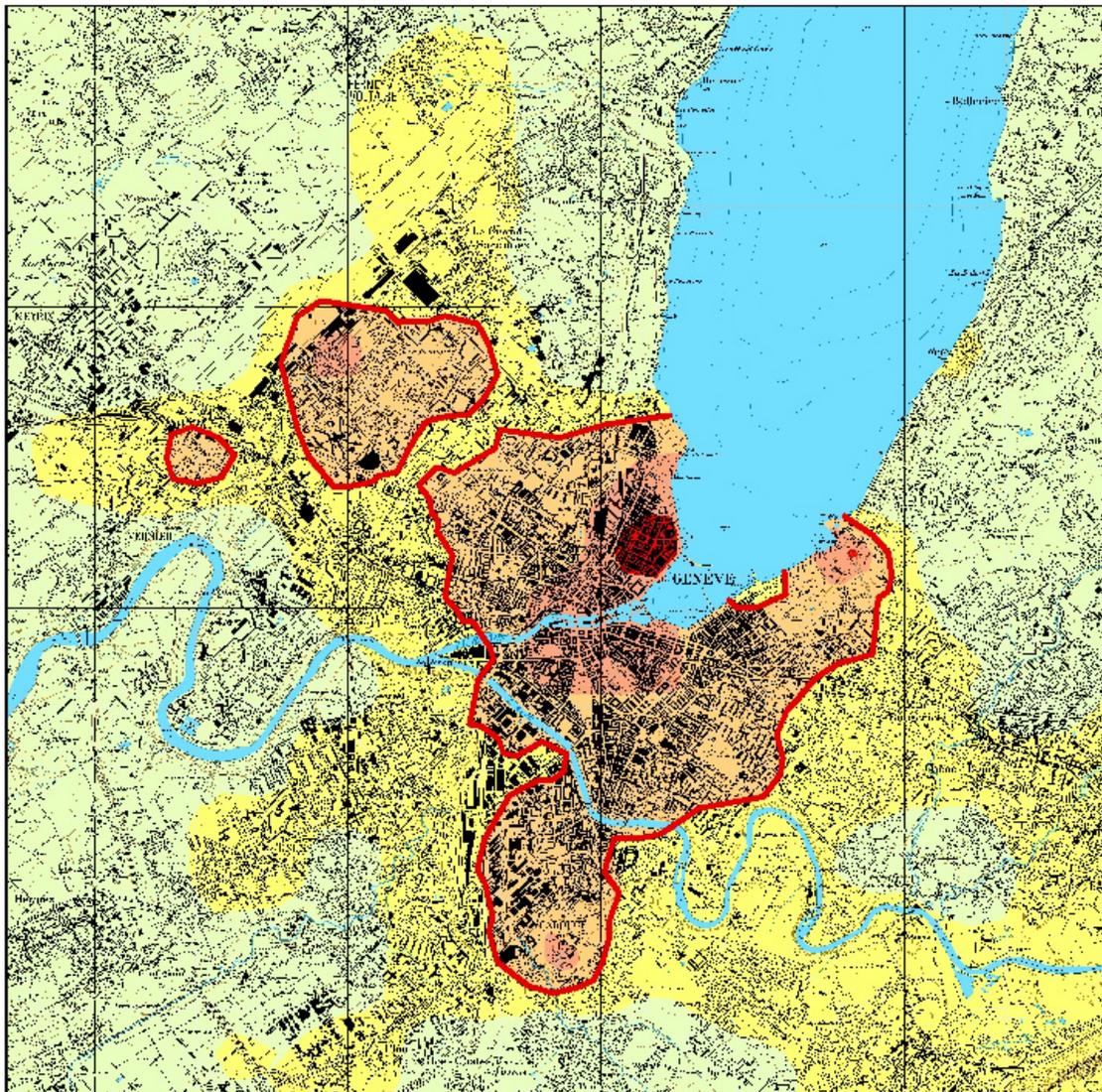
## Emplacements et concentrations moyennes annuelles 2005 des capteurs passifs

| Emplacements               | Coordonnées OTF |        | C*(NO <sub>2</sub> )<br>[µg/m <sup>3</sup> ] | Emplacements                 | Coordonnées OTF |        | C*(NO <sub>2</sub> )<br>[µg/m <sup>3</sup> ] |
|----------------------------|-----------------|--------|--|------------------------------|-----------------|--------|--|
|                            | X               | Y      | 2005   |                              | X               | Y      | 2005   |
| Rte de Prévessin           | 495434          | 122459 | 15.6   | Prom. de St-Antoine          | 500605          | 117334 | 35.6   |
| Av. A.F. Dubois            | 496167          | 122239 | 22.4   | Rue Ernest-Block             | 501610          | 117673 | 31.9   |
| Aéroport/Bois Perdrioux    | 497311          | 121917 | 15.1   | Ch. Frank-Thomas             | 502588          | 117683 | 30.8   |
| Voie des Traz/Voirie       | 498502          | 122207 | 32.2   | Ch. de Grange-Falquet        | 503576          | 117409 | 25.7   |
| Ch. de Valérie             | 499629          | 122464 | 22.0   | Ch. des Meures               | 504342          | 117363 | 19.4   |
| Ch. des Cornillons         | 500379          | 121780 | 20.9   | Ch. des Mouilles/Rte de Loëx | 495413          | 116483 | 22.6   |
| Rue des Lattes             | 494862          | 121644 | 15.5   | Av. des Grandes-Communes     | 496618          | 116369 | 23.7   |
| Ch. du Marais-Long         | 496044          | 121388 | 16.6   | Av. des Morgines             | 497503          | 116314 | 31.1   |
| Ch. de la Colombelle       | 498422          | 121308 | 26.4   | Ch. de Surville              | 498567          | 116454 | 26.0   |
| Ch. Palud                  | 499528          | 121458 | 20.9   | Rte des Acacias              | 499461          | 116477 | 28.7   |
| Ch. de Trémessaz           | 504515          | 121513 | 18.7   | Rue Alcide-Jentzer           | 500331          | 116381 | 30.8   |
| Rue de la Golette          | 494898          | 120665 | 20.0   | Av. Eugène-Pittard           | 501444          | 116399 | 32.2   |
| Ch. de Perrault            | 496128          | 120714 | 19.9   | Ch. des Bougeries            | 502506          | 116417 | 25.4   |
| Ch. Riant-Bosquet          | 497366          | 120544 | 39.0   | Rte de Malagnou              | 503434          | 116212 | 25.4   |
| Ch. du Pommier             | 498533          | 120537 | 34.8   | Av. Adrien-Jeandin           | 504413          | 116106 | 29.6   |
| CICR                       | 499639          | 120470 | 22.6   | Ch. de Gambay                | 495497          | 115472 | 21.1   |
| Ch. de l'Impératrice       | 500280          | 120510 | 19.1   | Ch. de l'Auberge             | 496473          | 115493 | 34.6   |
| Ch. du Nant-d'Argent       | 503528          | 120559 | 26.6   | Ch. de Gilly                 | 497508          | 115486 | 21.2   |
| Ch. Marclay                | 504550          | 120480 | 16.1   | Av. Eugène-Lance             | 498390          | 115409 | 30.0   |
| Ch. Delay                  | 494977          | 119560 | 26.8   | Place de Sardaigne           | 499594          | 115525 | 36.1   |
| Rte de Vernier             | 496020          | 119503 | 33.7   | Rue Daniel-Gevril            | 500315          | 115551 | 29.0   |
| Les Avanchets              | 497469          | 119536 | 31.5   | Stade de Vessy               | 501462          | 115314 | 21.1   |
| Ch. des Crêts              | 498586          | 119622 | 29.1   | Ch. de Rojoux                | 502673          | 115458 | 22.8   |
| Square de Mesmes           | 499570          | 119479 | 30.2   | Ch. de la Béraille           | 503516          | 115498 | 21.1   |
| Station Wilson             | 500657          | 119115 | 37.7   | Ch. des Marais               | 495505          | 114445 | 22.1   |
| Ch. de Bellefontaine       | 502710          | 119020 | 21.9   | Ch. des Charrotons           | 496623          | 114506 | 18.4   |
| Ch. de la Fraidieu         | 503567          | 119499 | 20.3   | Ch. du Nant-Boret            | 497463          | 114553 | 20.4   |
| Ch. des Peutets            | 504637          | 119420 | 17.3   | Ch. des Pontets              | 498463          | 114509 | 30.2   |
| Ch. du Progrès             | 494846          | 118560 | 24.0   | Rte de Drize                 | 499582          | 114530 | 38.0   |
| Ch. du Moulin-des-Frères   | 496211          | 118576 | 18.1   | Plateau de Pinchat           | 500585          | 114543 | 25.1   |
| Ch. du Croissant           | 497613          | 118465 | 26.6   | Rte de Veyrier               | 501465          | 114614 | 36.2   |
| Rue de Bourgogne           | 498406          | 118498 | 29.4   | Rte du Stand-de-Veyrier      | 502559          | 114595 | 31.9   |
| Rue Eberhardt              | 499562          | 118596 | 32.6   | Ch. des Bis                  | 495334          | 113242 | 18.1   |
| Place de la Navigation     | 500528          | 118634 | 49.8   | Rte de Base                  | 496397          | 113575 | 25.8   |
| Phare des Pâquis           | 501088          | 118427 | 25.0   | Rte de Bardonnex             | 497492          | 113464 | 28.1   |
| Débarcadère CGN            | 501518          | 118284 | 26.6   | Ch. de Vers/Ch.Vandel        | 498479          | 113564 | 22.3   |
| Rampe de Cologny           | 502420          | 118556 | 42.1   | Ch. Massenet                 | 499522          | 113620 | 18.5   |
| Ch. des Falquets           | 503700          | 118430 | 16.5   | Ch. Sous-le-Crêt             | 500545          | 113597 | 19.6   |
| Ch. de la Seymaz           | 504619          | 118365 | 19.7   | Ch. des Marais               | 501467          | 113325 | 23.2   |
| Ch. des Blanchards (ferme) | 495513          | 117520 | 19.9   | Ch. des Rasses               | 502625          | 113508 | 25.1   |
| Ch. Nicolas-Bogueret       | 496430          | 117511 | 21.0   | Rte d'Annecy                 | 499654          | 112532 | 22.6   |
| Ferme de St-Georges        | 497429          | 117196 | 22.2   | Rte de Pierre-Grand          | 500506          | 112643 | 20.6   |
| Dépôt TPG                  | 498667          | 117459 | 25.8   | Ch. de la Cantonnière        | 501320          | 112444 | 27.8   |
| Rue de la Synagogue        | 499622          | 117624 | 39.7   | Ch. de Tatte-Simond          | 502578          | 113003 | 26.1   |

C\*(NO<sub>2</sub>) : Concentration moyenne annuelle pour le NO<sub>2</sub>.

: Dépassement de la VLI OPair.

## Concentration moyenne du NO<sub>2</sub> pour l'année 2005



### Cadastre des capteurs passifs

Moyenne annuelle 2005

Capteurs + Stations ROPAG

NO<sub>2</sub> [µg/m<sup>3</sup>]

< 25

25 - 30

30 - 35

35 - 40

40 - 45

> 45

— VLI [30µg/m<sup>3</sup>]



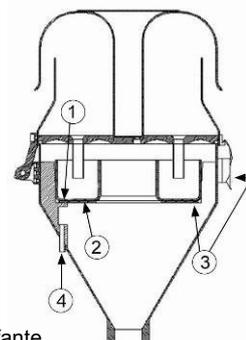
# 7. Les poussières fines PM10 / PM2.5 : Mesurages et santé

## 7.1. Technologies de mesures utilisées

En Suisse, la mesure des PM10 a été rendue obligatoire par la mise à jour de l'OPair du 15 décembre 1997, avec entrée en vigueur le 1er mars 1998. Auparavant, seule la mesure des TSP (poussières en suspension totales) était effectuée. Il faut souligner que les TSP comprennent non seulement les PM10, mais aussi les poussières plus grosses et celles plus fines.

Les techniques utilisées pour la mesure des PM10 peuvent être très différentes selon les besoins (précision, mesure en continu, coût, ...). Cela explique la grande diversité des appareils disponibles. Pour sa part, le ROPAG utilise trois types d'appareils pour effectuer la mesure des PM10 : des « high volume sampler », des « bétamètres » et un « TEOM ». La méthode de mesure de référence actuelle est la méthode « high volume sampler ». Les emplacements de ces appareils sont donnés dans le tableau de la page 13.

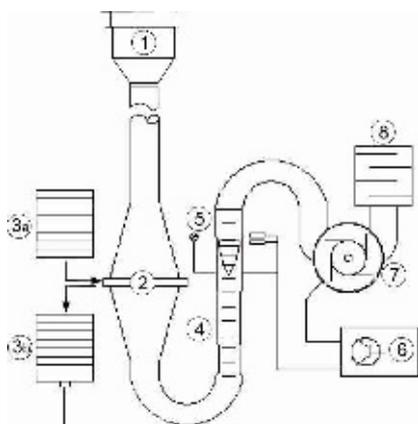
Pour les trois types d'appareils, présentés ci-après, une première étape consiste à trier les particules dans une tête de prélèvement, selon la taille voulue. Ainsi, pour mesurer les PM10, on utilise une tête de prélèvement qui ne laisse passer que des poussières dont le diamètre est inférieur à 10 µm. Les autres seront capturées sur un "impacteur". Ce principe peut aussi être utilisé pour les PM2.5, PM1, etc. ...



1. Impacteur
2. Plaque chauffante
3. Attaches rapides
4. Passage du câble de chauffage

### Appareil « high volume sampler »

Comme son nom l'indique, le principe consiste à sonder un grand volume d'air. Ceci est rendu possible en aspirant de l'air au moyen d'une turbine (environ 500 l/min) et en le faisant passer à travers un filtre de 15 cm de diamètre. Les PM10 vont s'accumuler sur le filtre. Pour avoir la masse de poussières accumulées, il faut peser les filtres avant l'exposition, les exposer, puis les peser à nouveau après l'exposition. La différence donnera la masse de particules accumulées. En rapportant ce résultat au volume d'air aspiré pendant la période d'exposition, on peut alors calculer la concentration en particules correspondante, en µg/m<sup>3</sup>.



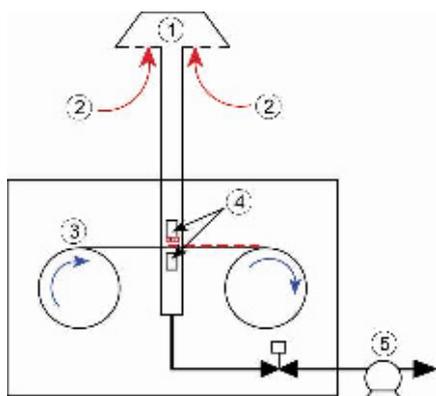
1. Tête de prélèvement
2. Changeur de filtre automatique
- 3a. Filtres exposés
- 3b. Filtres non exposés
4. Rotamètre
5. Cellule photoélectrique
6. Electronique de régulation
7. Turbine
8. Silencieux

Tout en restant la méthode de référence suisse, celle-ci présente l'inconvénient de ne pas pouvoir fournir des données en continu. En général, on utilise un filtre par jour et ceux-ci sont relevés toutes les deux semaines. Par contre, cette méthode permet aussi de déterminer les

concentrations en métaux lourds (plomb, cadmium) dans les poussières fines et de les mettre en relation avec les valeurs limites d'immissions de l'OPair.

### Appareil « *bétamètre* »

Le principe est d'utiliser un rayonnement  $\beta$  (radioactif) de faible énergie. Ce rayonnement a la particularité d'être absorbé par les électrons des composés présents dans les poussières. Le nombre d'électrons étant proportionnel à la masse volumique, l'absorption est alors proportionnelle à la masse de matière, indépendamment de la nature de l'élément analysé.



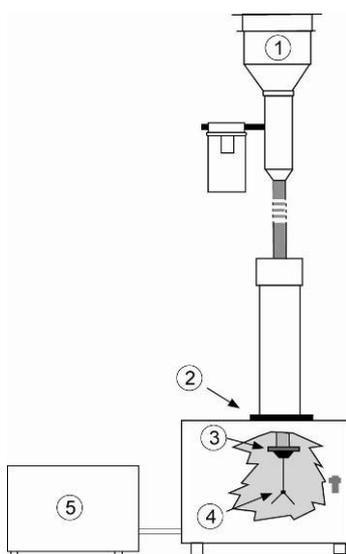
Pour mettre en œuvre ce principe, on utilise la technique dite "différentielle". On mesure l'absorption due aux poussières et au filtre, et on retranche l'absorption due au filtre vierge. Ces données permettent d'en déduire la masse accumulée et, rapportées au volume d'air analysé, d'en établir la concentration en poussières fines.

- |                        |                  |
|------------------------|------------------|
| 1. Tête de prélèvement | 4. Jauge $\beta$ |
| 2. Air ambiant         | 5. Pompe         |
| 3. Filtre déroulant    |                  |

L'avantage de cette méthode est de fournir des analyses en continu.

### Appareil « *TEOM* »

TEOM est l'acronyme anglais pour « Tapered Element Oscillating Microbalance ». Le principe consiste à mesurer la concentration de particules dans l'air ambiant à l'aide d'une microbalance constituée d'un élément oscillant à sa fréquence naturelle. L'air aspiré passe à travers un filtre situé au sommet du corps oscillant. La masse déposée sur le filtre engendre une diminution de la fréquence d'oscillation de la microbalance. Cette variation de fréquence pourra être convertie en variation de masse et enregistrée en continu. Rapportée au volume d'air analysé, cette donnée permet de calculer la concentration en poussières fines.



- |                                 |
|---------------------------------|
| 1. Tête de prélèvement          |
| 2. Unité de mesure microbalance |
| 3. Filtre                       |
| 4. Élément oscillant            |
| 5. Unité de contrôle            |

L'avantage de cette méthode est de fournir des analyses en continu.

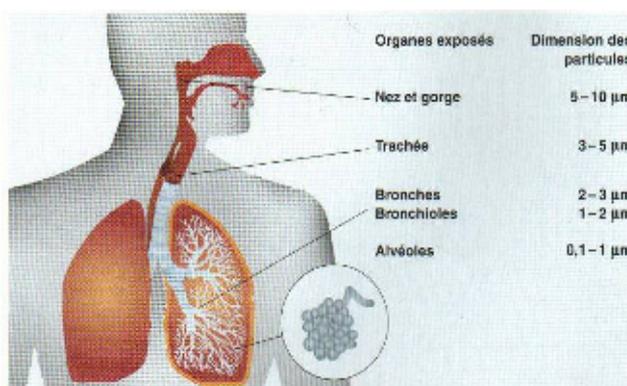
## 7.2. Impacts sur la santé

### Généralités

Historiquement, deux épisodes majeurs de pollution environnementale, survenus à Londres dans les années 1952 et 1962, ont marqué le début des mesures de réglementation en matière d'émissions de poussières polluantes. Favorisés par des conditions climatiques particulières, ces épisodes de pic soutenu de pollution de l'air ont pu être liés à une mortalité accrue de la population exposée. Ces événements ont permis d'attirer l'attention des autorités sur les effets nocifs potentiels de la pollution environnementale sur la santé; ils ont ainsi suscité des mesures de contrôle environnemental plus strictes, notamment en Grande Bretagne, et motivé la recherche scientifique durant les années qui ont suivi.

Les études concernant les effets sur la santé de l'exposition soutenue aux particules polluantes, en particulier les particules fines, sont connues depuis plus de 15 ans. Les premiers rapports publiés au début des années 1990 démontrent l'effet des concentrations ambiantes élevées en PM10 sur la santé respiratoire des enfants. Par la suite, des études à grande échelle ont identifié des effets également chez les adultes, notamment les personnes âgées et les patients atteints d'affections respiratoires telles que l'asthme. Plus récemment, les effets sur le système cardiovasculaire des particules fines inhalées ont été reportés, notamment chez les adultes.

L'impact de la pollution aux particules fines sur la santé dépend essentiellement du degré d'exposition de l'individu aux substances toxiques dispersées dans l'air, tributaire de la concentration environnementale et de la durée d'exposition. Les effets peuvent néanmoins varier d'un individu à l'autre en fonction de l'état de santé de la personne exposée. L'air ambiant contient en permanence une certaine quantité de poussières en suspension dont une proportion se dépose dans le système respiratoire lors de la respiration. Ce dépôt est proportionnel à la quantité de particules dans l'air et à la taille des particules inhalées, comme le montre la figure ci-après.



*Diagramme du système respiratoire et des organes susceptibles d'être exposés aux particules polluantes (Source: OFEV, modifiée)*

La poussière inhalée demeure dans les bronches et provoque une inflammation aiguë, suivie de symptômes respiratoires chez les personnes sensibles. Les particules les plus petites – nommées ultrafines - peuvent pénétrer plus profondément dans le système respiratoire et atteindre la région des poumons où les échanges gazeux en  $\text{O}_2$  et  $\text{CO}_2$  ont lieu, puis passer ensuite la délicate barrière des alvéoles pulmonaires pour gagner la circulation sanguine et ainsi occasionner des effets délétères à d'autres organes que les poumons.

## ***Principaux symptômes***

A chaque respiration, nous remplissons nos poumons d'air oxygéné, ce qui est essentiel à la survie et au bon fonctionnement des cellules de notre organisme. En zones urbaines, les particules fines se composent d'une multitude de substances toxiques qui sont indiscernables par leur odeur ou autre caractéristique. Plusieurs études ont démontré les effets néfastes de l'inhalation de cette poussière dispersée dans l'air, notamment sur le système respiratoire. Ces effets résultent de l'inflammation aiguë des bronches provoquée par l'inhalation des particules polluantes. Les symptômes dus à une exposition soutenue aux particules fines sont principalement constitués par une toux irritative et persistante, une augmentation des sécrétions bronchiques ou des crachats et une sensation de respiration lourde ou de manque d'air. A plus long terme, on peut observer une diminution de la fonction pulmonaire et le développement d'une bronchite chronique. Par ailleurs, les suies de diesel, une composante particulièrement toxique des poussières fines, ont un potentiel cancérigène.

## ***Personnes à risque***

Les personnes à risque concernées par les effets nocifs de l'inhalation de poussières fines sont les enfants, dont le système respiratoire connaît un développement incomplet, et les personnes âgées, à cause de la faiblesse de leur système immunitaire. A risque également sont les personnes souffrant de maladies respiratoires, telles que par exemple l'asthme, la bronchite chronique, l'emphysème pulmonaire, ainsi que celles atteintes de maladies cardiovasculaires, notamment les troubles coronariens et du rythme cardiaque. Par ailleurs, en période de fortes concentrations, la pratique régulière de sport de plein air, comme la marche soutenue, la course à pied ou le vélo, entraîne un risque d'inhalation accru de particules polluantes même chez les personnes en bonne santé. Dans ces conditions, l'intensité de l'exercice physique pratiqué, l'augmentation de la fréquence respiratoire et de l'air inspiré peuvent alors entraîner un risque de développement de symptômes.

Les études récentes, effectuées notamment aux Etats-Unis, démontrent, outre les effets respiratoires, l'existence d'un risque d'accident cardiovasculaire, comme l'infarctus, chez les populations exposées de manière systématique à des concentrations élevées de particules fines. En Suisse, un rapport récent de la Commission fédérale de l'hygiène de l'air a estimé que 39'000 cas de bronchite aiguë chez l'enfant et 41'100 cas d'asthme chez l'adulte, diagnostiqués durant l'année 2000, étaient dus à la pollution par poussières fines. Par ailleurs, ce même rapport tient compte du nombre accru de jours d'hospitalisation en raison de l'exposition à ces particules, estimés à 5'900 pour les affections des voies respiratoires et 9'800 pour les maladies cardiovasculaires dans cette même année.

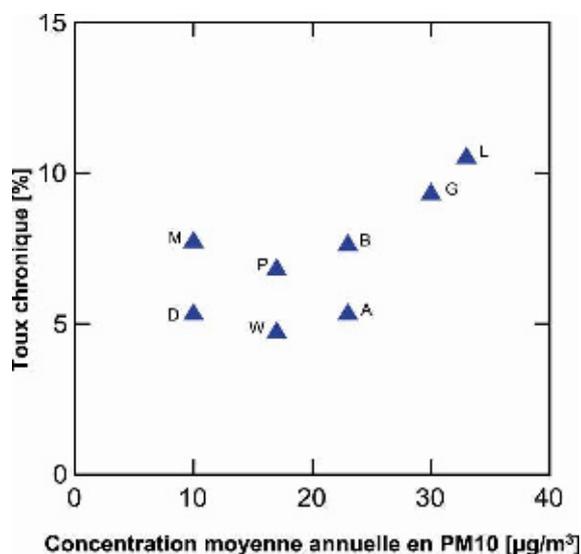
## ***Effets à long terme - régions à risque***

Si les effets à court terme d'une forte pollution environnementale ont été bien démontrés, les conséquences à long terme de l'exposition continue demeurent encore peu connues. Des études telles que SCARPOL (Swiss Surveillance Program of Childhood Asthma and Allergies with respect to Air Pollution and Climate / l'étude suisse sur la santé respiratoire des enfants) et SAPALDIA (Swiss Study on Air Pollution and Lung Diseases in Adults / l'étude suisse sur les effets de la pollution atmosphérique sur la santé des adultes) ont été développées pour répondre à ces questions. Ainsi, SAPALDIA a entre autres comparé les taux de poussières fines en suspension et les symptômes respiratoires des habitants de huit villes suisses présentant des caractéristiques distinctes de leur environnement (Aarau, Bâle, Davos, Genève,

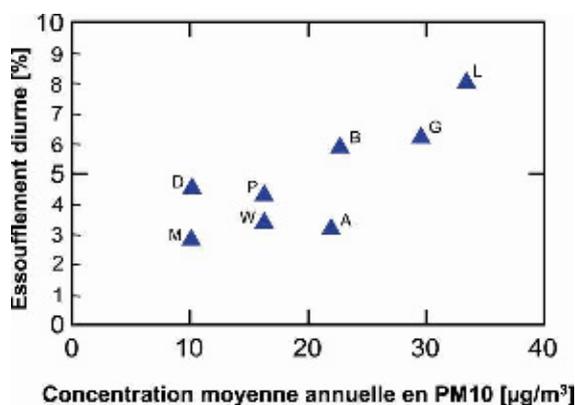
Lugano, Montana, Payerne et Wald). L'étude a montré que l'augmentation de particules fines dans les régions suisses les plus touchées par la pollution de l'air a un effet proportionnel chez la population exposée, avec un accroissement des troubles respiratoires accompagné d'un affaiblissement de la fonction pulmonaire. Cette même étude a montré que, parmi les huit villes surveillées au cours du temps, Genève est l'un des sites les plus pollués. Les effets sur la santé de la population genevoise, révélés par cette enquête, ont été publiés dans des journaux scientifiques spécialisés. Ces rapports indiquent une augmentation conséquente de symptômes respiratoires tels que la toux et l'essoufflement ainsi que des valeurs mesurées de la fonction pulmonaire à Genève inférieure de 10%, par rapport aux habitants des régions moins affectées par la pollution. De plus, l'analyse des registres journaliers, qui relèvent les cas de gêne respiratoire chez la population observée, montre dans les régions urbaines telles que Genève un accroissement de 20% des symptômes bronchiques pour chaque augmentation de  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  de PM10.

**Légendes** des figures ci-dessous:

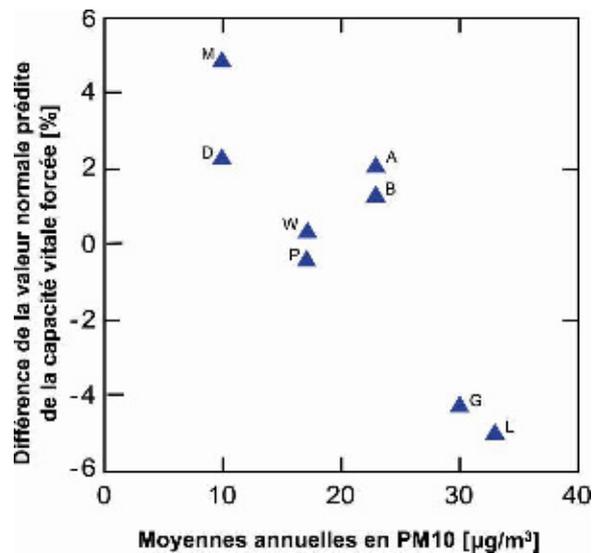
A: Aarau, B: Bâle, D: Davos, G: Genève, L: Lugano, M: Montana, P: Payerne, W: Wald



Prévalence de toux chronique dans la population de 8 villes suisses en fonction des moyennes annuelles de PM10 (Source: Étude SAPALDIA\*)



Prévalence d'essoufflement dans la population de 8 villes suisses en fonction des moyennes annuelles de PM10 (Source: Étude SAPALDIA)



Capacité vitale forcée mesurée par spirométrie (différence de la valeur normale prédite en %) en fonction des moyennes annuelles de PM10 mesurées dans 8 villes suisses (Source: Étude SAPALDIA)

Chez les enfants, l'étude SCARPOL a montré à Genève un risque de toux chronique et de bronchite associé aux taux élevés de PM10 trois fois plus élevé que dans d'autres villes suisses moins polluées. Cette étude a également montré que la persistance de symptômes, tels que la toux chronique, peut varier entre les régions urbaines et agricoles, en étant deux fois plus élevée à Genève.

### 7.3. Conclusion

Les rapports de nombreuses études menées au niveau international démontrent un consensus sur les effets nuisibles pour la santé des particules en suspension dans l'air, y compris dans les pays avec une concentration environnementale moyenne à modérée comme le nôtre. En Suisse, des mesures ciblées sur l'amélioration de la qualité de l'air sont en cours d'implémentation et les rapports des dernières années indiquent une réponse favorable. Les analyses de la deuxième étude de la cohorte SAPALDIA sur l'évolution de la santé de la population dans les derniers 10 ans sont en cours et permettront d'indiquer l'impact de ces mesures sur l'individu.

\*Source: Etude SAPALDIA (Ackermann-Lieblich U. et co-auteurs, Am J Respir Crit Care Med 1997; Leuenberger P. et co-auteurs, Schweiz Med Wochenschr 1998; Zemp E. et co-auteurs, Am J Respir Crit Care Med 1999; Schindler C. et co-auteurs, Am J Respir Crit Care Med 2001)

## ~ Conclusion générale ~

Comparé aux années précédentes, la qualité de l'air du canton de Genève ne s'est pas améliorée notablement en 2005, voire s'est dégradée. Les valeurs limites d'immission (VLI) fixées par l'Ordonnance fédérale sur la protection de l'air (OPair) pour les polluants NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et PM10 ne sont toujours pas respectées dans certaines parties du canton, en particulier dans le centre de l'agglomération, là où vit et travaille une bonne part de la population genevoise.

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

La zone présentant des concentrations annuelles inférieures à 25 µg/m<sup>3</sup> s'est réduite en 2005, au profit des zones qui connaissent des niveaux proches ou supérieurs à la VLI OPair annuelle de 30 µg/m<sup>3</sup>. Les secteurs à immissions excessives couvrent toujours principalement la ville de Genève ainsi qu'une partie de son agglomération. Pour l'instant, seules les zones rurales respectent les VLI OPair.

### **O<sub>3</sub> (ozone)**

La situation s'est détériorée par rapport à l'année 2004. En 2005, tous les sites de mesures ont connu des dépassements de la VLI OPair horaire de 120 µg/m<sup>3</sup>.

### **PM10 (particules fines)**

Les particules fines sont toujours en excès dans nombre de sites de mesure, avec des moyennes annuelles totales oscillant depuis plusieurs années autour de la VLI OPair. Même si l'écart n'est pas très grand, les concentrations les plus importantes sont mesurées sur les sites urbains ou suburbains.

### **CO (monoxyde de carbone), SO<sub>2</sub> (dioxyde de soufre)**

Les concentrations en monoxyde de carbone et en dioxyde de soufre restent faibles et n'ont pas dépassé les VLI OPair depuis au moins une dizaine d'années. Elles restent stables, voire en légère décroissance.

Compte tenu de ces résultats, l'année 2005 s'avère décevante, d'autant plus que les pouvoirs publics, les communes, les différentes collectivités concernées et les particuliers ont fourni un effort réel pour améliorer la qualité de l'air dans le canton de Genève. Particulièrement inquiétante est la constatation que les mesures d'amélioration de l'air prises depuis 2001 ne suffiront pas pour assurer que le canton s'achemine vers le respect des VLI OPair pour le dioxyde d'azote, l'ozone et les poussières fines. Quelles que soient les causes de cette évolution, il est temps de tirer la sonnette d'alarme afin d'inciter les pouvoirs publics à intensifier les mesures de lutte contre la pollution.



# ~ Information sur la qualité de l'air sur l'Internet ~

## Site de l'Etat de Genève

Depuis 1999, les informations sur la qualité de l'air du canton sont disponibles sur <http://www.geneve.ch/air>

Les données, récoltées dans les différentes stations fixes et mobiles du ROPAG, sont mises à jour automatiquement, de manière régulière.

Un programme informatique a été élaboré et permet de relever, de calculer et de valider 5'000 données journalières, puis de les intégrer et de les publier en ligne.

En 2005, ce site Internet a été entièrement refait. Il intègre désormais des informations et des fonctionnalités qui permettent à tout un chacun de s'informer sur la qualité de l'air dans le canton de Genève ou encore de trouver des informations d'ordre plus général.

Les informations suivantes sont ainsi disponibles sur ce site :

- Une page actualités présente les dernières nouvelles relatives à la qualité de l'air.
- Un relevé journalier des mesures effectuées, avec la possibilité de télécharger les anciens relevés en format pdf.
- Un plan des stations de mesure avec l'accès aux données les concernant.
- Des cartes et des graphes sur l'évolution des polluants (ozone, dioxyde d'azote et poussières fines).
- Des généralités sur la qualité de l'air et les polluants (leur mesure, leurs effets)
- Des informations sur les actions de lutte contre la pollution de l'air.
- Un espace de téléchargement des publications relatives à la qualité de l'air à Genève.
- Un glossaire détaillé.

Par ailleurs, pendant l'été 2005, une prévision de la concentration maximale d'ozone pour le lendemain, ainsi que des recommandations à la population, ont été diffusées.

## Autres sites

**Pour tout renseignement complémentaire :**

<http://www.geneve.ch/environnement-info>

Site du SIC.

Nous donnons ci-dessous une liste d'adresses de sites Internet, non exhaustive, qui dispensent une **information en relation avec la qualité de l'air** :

<http://www.admin.ch/ch/f/rs>

Législation suisse.

<http://www.environnement-suisse.ch/>

Office fédéral de l'environnement (OFEV).

<http://www.metas.ch>

Office fédéral de **m**étrologie et d'**acc**réditation suisse.

<http://www.who.int/fr>

Organisation mondiale de la santé.

<http://www.unep.org/>

Site du programme des Nations Unies pour l'environnement. Il est consacré aux pollutions dans tous les pays du monde.

<http://europa.eu.int/comm/environment/air>

Rubrique spécifique à la pollution de l'air du site de l'union européenne.

<http://europa.eu.int/eur-lex/fr>

Législation en vigueur, et en préparation, dans l'union européenne.

<http://www.ademe.fr/>

Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.

#### **Adresses d'autres réseaux de mesure de la qualité de l'air :**

<http://www.ne.ch>

SCPE - Service de la protection de l'environnement (canton de Neuchâtel).

<http://www.dse.vd.ch/environnement/index.html>

SEVEN – Service de l'environnement et de l'énergie (canton de Vaud).

<http://www.lausanne.ch/sehl>

SEHL – Service de l'environnement, de l'hygiène et du logement (ville de Lausanne).

<http://www.vs.ch>

RESIVAL – Réseau de mesure des immissions du canton du Valais.

<http://www.be.ch>

OFIAMT, division protection de l'environnement.

<http://www.fr.ch/open/>

SEN – Service de l'environnement. Division protection de l'air (canton de Fribourg).

<http://www.atmo-rhonealpes.org>

APS - L'air de l'Ain et des Pays de Savoie.

<http://www.atmo-rhonealpes.org>

ASCOPARG – Association pour le contrôle et la préservation de l'air dans la région grenobloise.

<http://www.atmo-rhonealpes.org>

COPARLY - Comité de Coordination pour le Contrôle de la pollution Atmosphérique dans la Région Lyonnaise.

<http://www.asqab.asso.fr>

ASQAB – Association de la surveillance de la qualité de l'air dans l'agglomération bisontine et le sud Franche-Comté.

<http://www.arpam.asso.fr>

ARPAM – Réseau de surveillance de la Qualité de l'air dans le nord – Franche-Comté.

<http://www.atmo-alsace.net>

ASPA – Association pour la surveillance et l'étude de la pollution atmosphérique en Alsace.

<http://www.buldair.org/>

Regroupe des informations de la qualité de l'air des réseaux de mesure français.

# ~ Gloss'air ~

## A

### Absorption

Phénomène par lequel un rayonnement traversant une matière cède à celle-ci une partie ou la totalité de son énergie.

#### Absorption $\beta$

On mesure l'absorption, par le composé, d'un rayonnement  $\beta$  produit par une source radioactive. Cette méthode est utilisée pour les poussières.

#### Absorption IR

On mesure l'absorption, par le composé, d'un rayonnement IR produit par une lampe infrarouge. Cette méthode est utilisée pour le monoxyde de carbone.

#### Absorption UV

On mesure l'absorption, par le composé, d'un rayonnement UV produit par une lampe ultraviolet. Cette méthode est utilisée pour l'ozone.

### Albédomètre

L'albédo représente la fraction de radiation réfléchi par le sol par rapport à la radiation incidente.

L'albédomètre est formé de deux pyranomètres identiques opposés: un dirigé vers le haut (ciel) l'autre vers le bas (terre). Le pyranomètre dirigé vers le haut mesure le rayonnement global (direct + diffus) incident sur le terrain, tandis que celui dirigé vers le bas mesure le rayonnement global réfléchi par le terrain.

### Ammoniac (NH<sub>3</sub>)

L'ammoniac sert à la fabrication des engrais ainsi que des fibres synthétiques et plastiques.

#### Sources principales

- Agriculture (engrais azotés).
- Elevages industriels.

#### Effets

- Brûlures des muqueuses, maux de tête, toux.
- Cytolytique intense qui entrave la croissance végétale.
- Acidification des sols.

### Anémomètre

L'anémomètre est un instrument qui permet de mesurer la vitesse du vent.

Le principe le plus communément employé pour mesurer le vent horizontal est le suivant : un moulinet de trois coupelles se met à tourner sous l'effet du vent. La vitesse de rotation de ce moulinet est proportionnelle à la vitesse du vent horizontal. Couplé à une girouette, on peut alors mesurer la vitesse du

vent et sa direction en 2 dimensions (dans le plan horizontal).

Les anémomètres à ultrasons permettent de mesurer, en utilisant l'effet Doppler, la vitesse du vent et sa direction en 3 dimensions.

## B

### Bergerhoff

Cette méthode permet de faire l'analyse des retombées de poussières.

Les relevés ainsi que les analyses sont effectués conformément à la norme VDI 2119. Dans le cadre de l'OPair, les concentrations en plomb, cadmium et zinc sont déterminées.

## C

### Cadmium

Cf. *Métaux lourds*.

### Combustibles - Carburants

Les combustibles concernent tous les corps utilisés pour produire de la chaleur.

Par exemple le bois, les huiles, le charbon, le gaz.

Les carburants sont les combustibles qui, mélangés à l'air, peuvent être utilisés dans un moteur à explosion. Ils sont par conséquent intimement liés au domaine des transports.

Par exemple l'essence, le diesel, le kérosène.

### Chimiluminescence

Se dit du phénomène par lequel certaines molécules portées à un état excité, par un apport d'énergie venant d'une réaction chimique, retournent à l'état fondamental en restituant une partie de l'énergie sous forme de lumière.

Dans l'analyse de la qualité de l'air, ce phénomène est utilisé pour mesurer des concentrations de NO<sub>x</sub>. Suite à la réaction entre NO et O<sub>3</sub> (qui est rapide et complète en présence d'un excès de O<sub>3</sub>) une molécule de NO<sub>2</sub> excitée est formée. Cette molécule va se désexciter en émettant un rayonnement dans le proche infrarouge.

L'intensité de ce rayonnement est proportionnel à la quantité de NO présent dans l'air et permet alors d'en déduire la concentration.

Si l'on veut mesurer une concentration en NO<sub>2</sub>, il faut en premier lieu former du NO grâce à un catalyseur,

puis lui faire subir la réaction de chimiluminescence (ou faire une réaction de chimiluminescence entre le NO<sub>2</sub> et le luminol).

### Composés organiques volatils (COV)

Sous ce nom générique, on regroupe des milliers de composés aux caractéristiques très variables. Ce sont des molécules constituées principalement d'atomes de carbone et d'hydrogène. Ils sont multiples et s'évaporent relativement facilement.

Ils ne comprennent pas le méthane et les CFC.

Ils sont émis lors de l'évaporation de solvants (dans les peintures, les encres, les produits de nettoyage et de vitrification des sols, etc.), de carburants (lors du transvasement de produits pétroliers ou d'hydrocarbure pour les véhicules à moteur) et lors d'une combustion incomplète.

#### Sources principales :

- Trafic routier.
- Industrie, artisanat.

#### Effets :

- Certains composés sont inoffensifs, d'autres hautement toxiques et cancérigènes (par ex. le benzène).
- Ils vont de la simple gêne olfactive, à une irritation ou à la diminution de la capacité respiratoire, jusqu'à des risques d'effets cancérigènes.
- Combinés aux oxydes d'azote, ce sont d'importants précurseurs d'oxydants photochimiques (ozone / smog estival)

### Composition de l'atmosphère

L'atmosphère (au niveau du sol) est composée de molécules et de différentes particules en suspension.

#### Molécules :

Azote (N<sub>2</sub>) : 78.1%

Oxygène (O<sub>2</sub>) : 20.9%

Argon (Ar) : 0.9%

Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) : 0.03%

Et

Vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O) : hautement variable

Ozone (O<sub>3</sub>), Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), .... : ppb

#### Particules

Poussières de toutes sortes, aérosols, ...

## D

### Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)

Cf. Oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>).

### Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)

Il est émis lors de toute combustion.

#### Sources principales :

- Chauffages industriels et domestiques.
- Véhicules à moteur (trafic routier et autres).

#### Effets

Dans les concentrations actuelles, le CO<sub>2</sub> ne présente pas un danger pour la santé mais pour le climat, car étant l'un des principaux gaz à effet de serre.

### Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)

*Synonyme : Anhydride sulfureux.*

Il est émis lors de la combustion de combustibles fossiles contenant du soufre (fioul, charbon). L'émission du dioxyde de soufre dépend directement de la teneur en soufre du combustible.

#### Sources principales :

Chauffages industriels et domestiques.

#### Effets :

- Maladies respiratoires.
- Dommages divers aux plantes et aux écosystèmes fragiles.
- Corrosion des métaux et altération des matériaux de construction.
- Importants précurseurs de pluies acides et de poussières fines.

### Direction (- horizontale - du vent)

La direction est une des deux grandeurs qui, avec la force, caractérise le vent horizontal.

En météorologie, on donne toujours la direction d'où vient le vent repérée par rapport aux points cardinaux (nord, est, sud, ouest) ou par l'angle de cette direction par rapport au Nord.

Par exemple, un vent de sud sera de secteur 180°, un vent d'ouest sera de secteur 270°.

### DOAS

Acronyme pour « Differential Optical Absorption Spectroscopy », c.-à-d. « absorption spectrophotométrique différentielle ».

Cette technique est basée sur les propriétés d'absorption d'un faisceau lumineux par les molécules étudiées.

Une des différences fondamentales par rapport à un analyseur ponctuel « classique » est que la mesure donnée par un DOAS est intégrée sur un chemin optique.

## E

### Emissions

Polluants rejetés dans l'environnement par les installations, les véhicules ou les produits.

Ils sont mesurés à la source de leur rejet alors qu'ils ne sont pas encore dilués dans l'atmosphère.

## F

### FID

Acronyme pour « Flame Ionisation Detector », traduit par « Détecteur à ionisation de flamme ».

Si l'on injecte dans une flamme air-hydrogène des molécules contenant des atomes de carbone, on obtient des ions. En les faisant passer entre des électrodes chargées, un courant est produit. Celui-ci est proportionnel au nombre d'atomes de carbone présents dans la flamme, ce qui permet d'en mesurer la concentration.

Le coefficient de proportionnalité dépend de la "famille" des molécules : hydrocarbures (env. 1), alcools, cétones, solvants chlorés (env. 0) ...

On peut considérer que la réponse est pratiquement spécifique des hydrocarbures présents dans l'air ambiant (les autres molécules contenant du carbone, comme CO<sub>2</sub>, ne contribuant pas à cette réponse) et celle-ci est proportionnelle à la quantité d'hydrocarbures présents.

Par ailleurs, le méthane étant un constituant naturellement présent dans l'air ambiant (méthane anthropogénique), il peut être intéressant de le séparer des autres hydrocarbures dus à l'activité humaine. On peut donc soit doser les "hydrocarbures totaux" si l'air ambiant est directement envoyé dans le brûleur, soit les hydrocarbures "non-méthaniques", en plus des hydrocarbures totaux et du méthane obtenu par différence, par des techniques de séparation des hydrocarbures (en général méthane - autres hydrocarbures) à l'aide d'une cartouche de charbon actif, ou d'une colonne de chromatographie en phase gazeuse, ou encore par destruction sélective des hydrocarbures non-méthaniques à l'aide d'une colonne d'hopcalite chauffée à 260° C.

### FUV

Acronyme pour « Fluorescence UV ».

Lorsqu'elles sont soumises à un rayonnement UV qui va les porter dans un état excité, certaines molécules (comme par exemple le SO<sub>2</sub>) peuvent céder ce supplément d'énergie par fluorescence.

Ce rayonnement de fluorescence peut être capté par un photo détecteur et est proportionnel à la concentration du gaz analysé.

## G

### Gravimétrie

En chimie, se dit d'une méthode d'analyse par pesée. Cette méthode est utilisée dans la mesure des concentrations des PM10 dans l'air ambiant. Au ROPAG deux types de mesures sont utilisées : par pesée et par *micro-balance*.

### Pesée

On aspire, après une sélection de la taille des particules à étudier par un impacteur, un volume de 720 m<sup>3</sup> d'air extérieur à analyser en 24 h à travers un filtre en fibre de quartz de 15 cm de diamètre.

La différence entre les pesées avant et après l'accumulation permet de recouvrer la concentration.

Cette méthode de référence répond à la norme EN 12341.

### Micro-balance

On aspire, après une sélection de la taille des particules à étudier par un impacteur, un volume d'air extérieur à analyser à travers un filtre. Celui-ci repose sur la tête d'une tige vibrante, et la masse des particules accumulées va alors modifier la fréquence de vibration. Cela permet alors de recouvrer la concentration.

## H

### Humidité relative

Cette unité donne la teneur en vapeur d'eau de l'air.

On raisonne souvent avec l'humidité relative, qui exprime la quantité de vapeur d'eau en pourcentage par rapport à l'état de saturation.

D'autres unités permettent de donner la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air, comme le rapport de mélange, qui est la masse de vapeur d'eau par kilogramme d'air sec.

### Hydrocarbures totaux (HCT)

Cf. FID.

### Hygromètre

L'hygromètre est un instrument destiné à mesurer l'humidité relative de l'air.

Les hygromètres traditionnels utilisent les propriétés des cheveux qui s'allongent quand l'humidité s'accroît. D'autres types d'hygromètres sont électroniques, basés sur le principe de la variation de capacité d'un condensateur avec l'humidité

## I

### Immissions

Pollution atmosphérique à l'endroit où elle déploie ses effets sur l'homme, les animaux, les plantes, le sol et les biens matériels.

Les polluants sont émis dans l'atmosphère et subissent un certain nombre de dilutions et transformations chimiques. Il s'agit d'une pollution "ambiante" en suspension dans l'atmosphère.

Les immissions sont mesurées par prise d'échantillon dans l'air qui nous entoure.

## L

### LPE

Acronyme pour « Loi sur la protection de l'environnement ».

Cette loi fédérale a été adoptée à l'unanimité le 7 octobre 1983 et est entrée en vigueur le 1<sup>er</sup> février 1985.

Dixit l'article énonçant le but de la LPE, art. premier, 1<sup>er</sup> al. : « La présente loi a pour but de protéger les hommes, les animaux et les plantes, leurs biocénoses et leurs biotopes des atteintes nuisibles ou incommodantes, et de conserver la fertilité du sol ».

## M

### Métaux lourds

Se dit des éléments chimiques dont la masse spécifique est supérieure à 5'000 kg/m<sup>3</sup>. Leur abondance naturelle est généralement inférieure à 0.1 % , c.a.d. 1000 ppm : on parle de « trace ».

Dans l'atmosphère ces métaux se rencontrent le plus souvent incorporés aux particules fines en suspension.

Pour l'être humain, ces particules peuvent alors pénétrer dans les poumons, et ce d'autant plus profondément qu'elles sont petites.

Dans la nature il y a un phénomène d'accumulation, notamment du fait que ces métaux ne sont pas dégradables (que ce soit biologiquement ou chimiquement).

### Plomb

#### Sources principales

- Traitement des déchets métalliques.
- Batteries.
- Secteur du bâtiment.
- Combustion de l'essence au plomb (source qui a fortement diminué depuis l'introduction de l'essence sans plomb).

#### Effets

- Entrave la formation de l'hémoglobine et provoque des modifications de la composition du sang.
- Neurotoxique.
- Effets toxiques sur les systèmes cardio-vasculaires et nerveux.
- S'accumule dans les chaînes alimentaires.

### Cadmium

#### Sources principales

- Traitement de surface des métaux.
- Stabilisateur des plastiques.
- Combustion de produits cadmiés (couleurs, produits artificiels).
- Pigmentations (interdit en Europe depuis 1991).
- Batteries, accumulateurs.
- Incinérations : métaux, ordures ménagères.

#### Effets

- Cancérigène.
- Perturbations des reins et du foie.
- Poison pour les végétaux.
- S'accumule dans les chaînes alimentaires.

### Zinc

#### Sources principales

- Industrie (traitement des métaux par ex.).
- Combustion de carburants.
- Usines d'incinération.
- Usure des pneus, des chaussées.

#### Effets

Oligo-élément essentiel pour l'homme et les plantes, il devient très toxique à forte concentration.

### Thallium

#### Source principale

Industrie du ciment.

#### Effets

- Élément très persistant dans les sols, il peut alors être absorbé par le biais de la chaîne alimentaire.
- Effets néfastes déjà à de très petites concentrations.

### Méthane (CH<sub>4</sub>)

Cf. FID.

Il est émis lors de la dégradation microbienne de substances organiques, notamment dans l'élevage de bovins et dans les décharges.

Il est inoffensif pour l'homme et l'animal dans les concentrations d'immissions normales.

Il participe à l'effet de serre ainsi qu'à la formation de l'ozone dans la troposphère.

### Monoxyde d'azote (NO)

Cf. Oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>).

### Monoxyde de carbone (CO)

Le monoxyde de carbone est émis lors de combustion incomplète de carburants et de combustibles.

#### Sources principales :

- Véhicules à moteur (trafic routier).
- Chauffages domestiques et industriels.
- Feux de forêt.

#### Effets :

- Inhalé à doses importantes et répétées, c'est un poison pour l'homme et les animaux à sang chaud (il bloque l'apport d'oxygène dans le sang).
- Intervient dans la formation de l'ozone troposphérique.

La moyenne journalière est exprimée en milligramme par mètre cube (mg/m<sup>3</sup>) contrairement aux autres polluants dont l'unité de mesure est le microgramme par mètre cube (µg/m<sup>3</sup>).

## Moyennes

### Moyenne semi-horaire

Chaque demi-heure, la moyenne des valeurs enregistrées est calculée.

### Moyenne horaire maximale

La moyenne horaire se calcule à partir de la moyenne des 2 valeurs semi-horaires. La moyenne horaire maximale est donc le chiffre maximum des moyennes obtenues durant la journée. Sur une heure il y a deux moyennes semi-horaires.

### Moyenne journalière

La moyenne journalière se calcule à partir des moyennes semi-horaires d'une journée. Pour calculer la moyenne journalière, il faut au moins 36 moyennes semi-horaires.

### Moyenne annuelle

Elle se calcule à partir des moyennes semi-horaires d'une année. Pour calculer la moyenne annuelle, il faut au moins 13'140 moyennes semi-horaires.

### Moyenne annuelle glissante

Elle se calcule à partir des moyennes semi-horaires effectuées durant les 365 jours précédents. Elle est recalculée quotidiennement. Pour calculer la moyenne annuelle glissante, il faut au moins 13'140 moyennes semi-horaires.

### Percentile 95

95% des moyennes semi-horaires d'une année doivent être inférieures à la valeur fixée x.

Ce qui veut dire que sur 100 moyennes, 95 d'entre elles doivent être inférieures à la valeur fixée x. Seules 5 valeurs peuvent être supérieures.

### Percentile 98

98% des moyennes semi-horaires d'un mois doivent être inférieures à la valeur fixée x.

Donc, sur 100 moyennes, 98 d'entre elles doivent être inférieures à la valeur fixée x. Seules 2 valeurs peuvent être supérieures.

## O

### OPair

Acronyme pour « Ordonnance (fédérale) sur la protection de l'air ».

Elle a pour but « de protéger l'homme, les animaux et les plantes, leurs biotopes et biocénoses, ainsi que le sol, des pollutions atmosphériques nuisibles ou incommodes ».

La 1<sup>ère</sup> version date du 16 décembre 1985, et découle de la LPE – Loi sur la protection de l'environnement du 12 octobre 1983.

Cette ordonnance a été renforcée plusieurs fois depuis, la dernière datant du 12 octobre 1999.

## Oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)

Les oxydes d'azote sont émis lors de la combustion, que ce soit de la transformation de l'azote contenu dans le combustible, ou le carburant, ou de l'oxydation de l'azote amené par l'air.

Etant donné que le NO s'oxyde rapidement en NO<sub>2</sub>, la totalité des émissions est exprimée en dioxyde d'azote.

Le terme "Oxydes d'azote" (NO<sub>x</sub>), recouvre le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) :



En combinaison avec les composés organiques volatils, et sous l'action de l'énergie solaire, les NO<sub>x</sub> interviennent dans la formation de l'ozone troposphérique.

### Sources principales :

- Véhicules à moteur (trafic routier et autres machines).
- Installations de combustion.

### Effets :

- Maladies respiratoires.
- Dommages divers aux plantes et aux écosystèmes fragiles lorsqu'ils sont combinés à d'autres polluants.
- Fertilisation excessive des écosystèmes.
- Importants précurseurs de pluies acides et de poussières fines.

## Oxydes de carbone

Cf. Monoxyde de carbone (CO), Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>).

Les oxydes de carbone sont émis lors de la combustion des combustibles ou des carburants, qui contiennent du carbone.

Lorsque la combustion est incomplète, celle-ci génère une quantité importante de monoxyde de carbone. C'est le cas, par exemple, d'un moteur de véhicule mal réglé.

## Ozone (O<sub>3</sub>)

L'ozone est un constituant naturel de l'atmosphère qui se forme soit :

- dans la stratosphère, par un processus photochimique, et qui parvient à la troposphère par des processus d'échange.
- par une transformation photochimique due à la présence naturelle de NO<sub>x</sub>, COV et CO.

D'après des mesures effectuées au début du siècle dernier, époque à laquelle on peut supposer que les émissions anthropiques étaient faibles, on estime que la concentration naturelle en ozone était de 10 à 15 ppb au niveau du sol.

A cela s'ajoute l'ozone résultant de l'activité humaine. Pour illustrer ceci, voici un exemple tiré d'un rapport de l'OFEV du 3 février 1995.

« Une charge estivale en ozone de 200 µg/m<sup>3</sup>, mesurée dans une agglomération du nord des Alpes, se compose aujourd'hui comme suit :

- 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $\pm 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) : Ozone naturel.
- 70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $\pm 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) : Concentration de fond (dictée par les émissions de toute l'Europe).
- 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $\pm 60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) : Réservoir d'ozone (dicté par les polluants émis dans un rayon de 500 à 1000 km).
- 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $\pm 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) : Ozone produit localement (dicté par les émissions produites dans un rayon de 50 km). »

Contrairement aux autres polluants, l'ozone n'est pas émis directement par une source particulière. L'ozone proche du sol est un polluant secondaire qui se forme par réaction chimique dans la troposphère à partir d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils sous l'action de la lumière du soleil.

#### Sources principales :

- Trafic
- Industrie et artisanat

#### Effets :

L'effet néfaste de l'ozone vient de sa très grande réactivité.

- Irritation des muqueuses, des voies respiratoires.
- Irritations oculaires.
- Provoque des sensations d'oppression.
- Diminue la fonction pulmonaire.
- Endommage les plantes.

Les effets sont augmentés lors d'exercices physiques et sont variables selon les individus.

## P

### **Percentile 95, Percentile 98**

Cf. *Moyenne*.

### **Plomb**

Cf. *Métaux lourds*.

### **Poussières - PM 10 - PM 2.5**

Les poussières parviennent dans l'atmosphère par le biais des procédés industriels ou de combustion, mais aussi de processus naturels et de l'agriculture.

Les poussières, dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 10  $\mu\text{m}$  (resp. 2.5  $\mu\text{m}$ ), sont appelées PM10 (resp. PM2.5). Ce sont ces poussières fines qui ont un impact sur la santé humaine car elles peuvent pénétrer dans les alvéoles pulmonaires.

#### Sources principales

- Trafic routier : émissions, abrasions diverses.
- Industrie : chauffages, chantiers, incinérations.
- Agriculture
- Particuliers : chauffages, jardinage.

#### Effets

- Affection des voies respiratoires (irritation, infection).
- Crises d'étouffement, toux.

- Charge du sol en métaux.
- Pollution des bâtiments et des installations.

### **Polluants primaires et secondaires**

#### Polluant primaire

C'est un composé chimique qui est émis à la source.

#### Polluant secondaire

Sous l'action de nombreux paramètres - lumière, humidité, catalyseurs (poussières, métaux), recombinaison, etc. - les polluants primaires subissent des transformations chimiques et donnent naissance à des polluants secondaires.

### **Pt – 100**

Capteur utilisé pour la mesure de la température.

Son principe de fonctionnement repose sur la variation de la résistance d'un fil de platine en fonction de la température. La mesure de cette résistance étant réalisée à l'aide d'un pont de Wheatstone.

Son utilisation s'étend de 13,81 K (point triple de l'hydrogène) à 903,89 K (point de solidification de l'antimoine).

### **Pression**

La pression est une force par unité de surface. La pression atmosphérique (poids de l'atmosphère par unité de surface) est l'une des quantités utilisées par les météorologistes (comme la température) pour caractériser le temps qu'il fait. Pour comparer entre elles les pressions atmosphériques mesurées à des endroits d'altitudes différentes, on calcule une pression fictive qui serait celle qu'on mesurerait au niveau de la mer à cet endroit : c'est la pression au niveau de la mer.

La pression est exprimée en hecto-Pascal (hPa), le Pascal étant très petit (1 Bar=100000 Pascal). Elle varie dans le temps et dans l'espace beaucoup plus rapidement selon la verticale que dans le plan horizontal, où sa répartition se décrit en terme d'anticyclones, de dépressions, de dorsales, de thalwegs...

### **Pyranomètre**

Il permet de mesurer l'éclairement énergétique global, ainsi que l'éclairement énergétique diffus par adjonction d'un dispositif d'occultation du disque solaire.

L'élément sensible (thermopile) du pyranomètre est une série de thermocouples exposés au rayonnement solaire, dont les soudures froides sont maintenues à la température de l'air par conduction et qui délivre une différence de potentiel proportionnelle au flux incident.

## R

### Rayonnement solaire

Rayonnement diffus: éclairage énergétique solaire dirigé vers le sol reçu par une surface horizontale, provenant de tout l'hémisphère à l'exception de l'angle solide limité au disque solaire.

Rayonnement global (direct et diffus): éclairage énergétique solaire reçu par une surface horizontale à partir d'un angle solide de  $2\pi$  sr.

### Répartition des stations du ROPAG sur le canton

#### Milieu urbain :

Zone comprenant les stations situées au centre de la ville (Sainte-Clotilde, Ile, Wilson).

#### Milieu suburbain :

Zone comprenant les stations situées dans l'agglomération, en périphérie du centre (Meyrin, Le Foron).

#### Milieu rural :

Zone comprenant les stations situées dans ou proches d'une zone agricole (Anières, Passeiry).

#### Milieu forestier :

Station située en forêt, dans les bois de Jussy.

## S

### Smog

Ce terme (anglo-saxon) est issu de la contraction de "smoke" et de "fog" (fumée et brouillard).

En hiver, ce phénomène se rencontre lors d'inversion de température : dans des conditions anticycloniques, l'air proche du sol se refroidit plus vite que l'air des couches supérieures et les vents sont faibles. De ce fait, les polluants ne peuvent plus se diluer dans l'atmosphère. C'est ce qu'on appelle le smog hivernal.

En été, sous l'action de l'énergie du soleil, des réactions photochimiques donnent naissance, à partir de précurseurs (oxydes d'azote et composés organiques volatils) à de l'ozone ainsi qu'à des composés chimiques dispersés sous forme de fumée. C'est ce qu'on appelle le smog estival, ou smog photochimique.

## T

### Température

La température de l'air en un lieu donné est la quantité qui caractérise la sensation de chaleur ou de froid que l'on y éprouve et dont la mesure objective est fournie par le thermomètre. On mesure la température en degrés Celsius. Dans la troposphère,

c'est-à-dire du sol jusqu'à environ 10km d'altitude, la température décroît quand l'altitude augmente.

### Thallium

Cf. *Métaux lourds*.

## U

### Unités de mesure

Le microgramme ( $\mu\text{g}$ ) est 1000 fois plus petit que le milligramme (mg).

Le microgramme par mètre cube ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) est une des unités utilisées pour la mesure de concentrations.

Le milligramme par mètre cube ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) est 1000 fois plus grand que le microgramme par mètre cube ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). C'est l'unité communément utilisée pour les concentrations de CO.

Les résultats peuvent aussi être exprimés en :

- parts par milliard : ppb ("b" pour billion en anglais).
- parts par million : ppm.

Une relation existe entre les  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et les ppb. Celle-ci dépend de la température et de la pression auxquelles on fait la mesure.

## V

### Valeurs limites d'immersion (VLI)

Elles répondent aux critères de la Loi sur la Protection de l'Environnement (LPE), selon lesquels l'homme, les animaux, les plantes, leurs biocénoses et leurs biotopes doivent être protégés contre les atteintes nocives ou incommodantes, et la fertilité du sol préservée.

#### VLI à court terme :

Elles sont fixées de façon à bannir les épisodes de pollution aigus.

Les périodes d'évaluation sont le jour (limite journalière), l'heure (limite horaire), ou la demi-heure (limite semi-horaire) selon les polluants.

Elles ne peuvent être dépassées plus d'une fois par année.

#### VLI à long terme :

Elles ont pour but d'éviter le développement de maladies dues à l'effet d'un taux de pollution relativement faible mais sur une longue durée d'exposition.

La période d'évaluation est l'année (VLI annuelle).

Elles ne doivent pas être dépassées.

**Vent**

C'est un déplacement de l'air.

En météorologie, on caractérise le vent par sa vitesse et la direction d'où il souffle.

**Z****Zinc**

Cf. *Métaux lourds*.

Pour obtenir ce document :



**Service de l'information  
et de la communication**

6, chemin de la gravière  
1227 Genève

Tél. 022 327 47 11

[www.geneve.ch/environnement-info](http://www.geneve.ch/environnement-info)

Accueil: 9h-12h 14h-17h  
Accès TPG: lignes 2, 10, 19, 20 et 22 arrêt Batie,  
Ligne 11 arrêt Queue d'Arve

**Service cantonal de protection de l'air**

23, avenue de Sainte-Clotilde  
1211 Genève 8

Tél. 022 327 80 00

Fax. 022 327 80 09

Disponible sur internet : [www.geneve.ch/air](http://www.geneve.ch/air)