

# Qualité de l'air

## 2006



RÉPUBLIQUE ET CANTON DE GENÈVE  
DÉPARTEMENT DU TERRITOIRE

POST TENEBRAS LUX

SERVICE CANTONAL DE  
PROTECTION DE L'AIR

# Qualité de l'air 2006

Mai 2007



RÉPUBLIQUE ET CANTON DE GENÈVE  
DÉPARTEMENT DU TERRITOIRE

POST TENEBRAS LUX

SERVICE CANTONAL DE  
PROTECTION DE L'AIR

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)



# Sommaire

|  |    |
|--|----|
| ~ Avant-propos ~ .....   | 3  |
| 1. L'essentiel en bref.....  | 5  |
| 1.1. Tableau résumé.....   | 5  |
| 1.2. Bilan par polluant.....                                       | 5  |
| 2. Mesure des immissions .....                                     | 9  |
| 2.1. Introduction.....   | 9  |
| 2.2. Valeurs limites d'immission selon l'OPair.....                | 10 |
| 3. La mesure de la qualité de l'air à Genève : le ROPAG.....       | 11 |
| 3.1. Introduction.....   | 11 |
| 3.2. Présentation des stations du ROPAG.....                       | 11 |
| 3.3. Programme et méthodes de mesure.....                          | 12 |
| 4. Résultats de l'année 2006 .....                                 | 15 |
| 4.1. Tableau récapitulatif .....                                   | 15 |
| 4.2. Présentation des résultats par station.....                   | 16 |
| 4.3. Retombées de poussières .....                                 | 38 |
| 5. Evolution de la qualité de l'air .....                          | 39 |
| 5.1. Dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> ).....                       | 39 |
| 5.1.1. Généralités.....  | 39 |
| 5.1.2. Moyenne annuelle .....                                      | 39 |
| 5.1.3. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles.....     | 40 |
| 5.1.4. Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière .....    | 40 |
| 5.1.5. Bilan .....   | 40 |
| 5.2. Ozone (O <sub>3</sub> ) .....                                 | 41 |
| 5.2.1. Généralités.....  | 41 |
| 5.2.2. Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles .....   | 42 |
| 5.2.3. Moyenne annuelle .....                                      | 43 |
| 5.2.4. Nombre de dépassements de la VLI OPair horaire .....        | 43 |
| 5.2.5. Bilan .....   | 43 |
| 5.3. Poussières en suspension totales (TSP) et PM10 .....          | 44 |
| 5.3.1. Généralités.....  | 44 |
| 5.3.2. Moyenne annuelle .....                                      | 45 |
| 5.3.3. Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière .....    | 45 |
| 5.3.4. Moyenne annuelle en plomb (Pb) dans les TSP et PM10 .....   | 46 |
| 5.3.5. Moyenne annuelle en cadmium (Cd) dans les TSP et PM10 ..... | 46 |
| 5.3.6. Bilan .....   | 46 |
| 5.4. Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> ).....                     | 47 |
| 5.4.1. Généralités.....  | 47 |
| 5.4.2. Moyenne annuelle .....                                      | 47 |
| 5.4.3. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles.....     | 48 |
| 5.4.4. Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière .....    | 48 |
| 5.4.5. Bilan .....   | 48 |
| 5.5. Monoxyde de carbone (CO).....                                 | 49 |
| 5.5.1. Généralités.....  | 49 |
| 5.5.2. Moyenne annuelle .....                                      | 49 |
| 5.5.3. Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière .....    | 49 |
| 5.5.4. Bilan .....   | 49 |
| 5.6. Retombées de poussières .....                                 | 50 |

|        |   |           |
|--------|---|-----------|
| 5.6.1. | Généralités .....   | 50        |
| 5.6.2. | Moyenne annuelle totale.....  | 50        |
| 5.6.3. | Moyenne annuelle pour le plomb (Pb) dans les retombées de poussières.....   | 50        |
| 5.6.4. | Moyenne annuelle pour le cadmium (Cd) dans les retombées de poussières..... | 51        |
| 5.6.5. | Moyenne annuelle pour le zinc (Zn) dans les retombées de poussières .....   | 51        |
| 5.6.6. | Bilan .....   | 51        |
| 6.     | Capteurs passifs : Campagne NO <sub>2</sub> .....                           | 53        |
| 6.1.   | <i>Introduction</i> .....   | 53        |
| 6.2.   | <i>Méthodologie</i> .....   | 53        |
| 6.3.   | <i>Emplacements</i> .....   | 54        |
| 6.4.   | <i>Résultats</i> .....  | 55        |
| 7.     | Campagne de mesure au boulevard du Pont d'Arve.....                         | 57        |
| 7.1.   | <i>Motivations des mesures</i> .....  | 57        |
| 7.2.   | <i>Emplacement et période de mesure</i> .....                               | 57        |
| 7.3.   | <i>Particularités du site</i> .....   | 57        |
| 7.4.   | <i>Comptage du trafic</i> .....   | 58        |
| 7.5.   | <i>Mesure des immissions</i> .....  | 59        |
| 7.5.1. | Exposé des résultats.....   | 59        |
| 7.5.2. | Commentaires.....   | 62        |
| 7.6.   | <i>Semaine et journée moyenne</i> .....                                     | 62        |
| 7.6.1. | Évolution des concentrations pendant une semaine moyenne.....               | 63        |
| 7.6.2. | Évolution des concentrations pendant un jour moyen.....                     | 65        |
| 7.7.   | <i>Conclusion</i> .....   | 67        |
|        | <b>~ Conclusion générale ~</b> .....  | <b>69</b> |
|        | <b>~ Qualité de l'air sur l'Internet ~</b> .....                            | <b>71</b> |
|        | <b>~ Gloss'air ~</b> .....  | <b>73</b> |

**Un glossaire en page 73 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 ~

Les pics de pollution à l'ozone enregistrés durant l'été 2003 et les étés suivants, ainsi que les taux alarmants de particules fines mesurés en janvier-février 2006, ont attiré l'attention des médias sur le problème de la qualité de l'air, notamment à Genève. La pollution atmosphérique est ainsi devenue un de ces sujets «brûlants» de l'actualité. Il a fallu comprendre, connaître les causes et les conséquences... et trouver les coupables. L'opinion a réclamé des mesures d'urgence pour les cas où les valeurs limites d'immission seraient largement dépassées, et la plupart des cantons ont adopté des plans allant dans ce sens.

Une fois passé les pics de pollution, les médias traitent d'autres sujets. L'attention de la population retombe et on estime que tout est rentré dans l'ordre. Loin s'en faut !

On sait depuis longtemps que l'exposition chronique à des concentrations de polluants bien moins élevées que celles présentes lors des pics de pollution peut aussi avoir des effets néfastes sur la santé – qu'il s'agisse d'adultes bien portants ou de personnes particulièrement sensibles. Ce ne sont probablement pas les pics de pollution qui tuent le plus, mais la pollution atmosphérique de moindre intensité, subie dans la durée. Hélas, en dehors des périodes de pics d'ozone ou de particules fines, la pollution de l'air ne passionne que peu de gens.

Loin des micros et des caméras, des spécialistes effectuent cependant un véritable travail de fourmi pour décrire l'évolution de la pollution de l'air à court et à long termes. Ces analyses sont essentielles pour déterminer si les concentrations de polluants qui garantissent la santé de la population, sont respectées chaque jour et dans la durée. Elles permettent aussi de suivre l'évolution de la qualité de l'air lorsque les autorités prennent des mesures d'assainissement.

Ce rapport présente les résultats des analyses de la qualité de l'air effectuées durant l'année 2006 dans le canton, par le Réseau d'observation de la pollution atmosphérique à Genève (ROPAG). Il s'adresse avant tout à un public de spécialistes – les informations «grand public» étant présentées dans d'autres publications.

Une fois encore, les résultats de l'année 2006 montrent que la qualité de l'air ne s'améliore plus, en particulier au centre de l'agglomération genevoise, là où vit et travaille une bonne partie de la population. Les valeurs limites d'immission pour l'ozone, le dioxyde d'azote et pour les particules fines n'y sont pas respectées, mettant en danger la population. Pendant les mois de janvier et février 2006, des concentrations record de particules fines ont même été enregistrées à Genève (et dans une bonne partie de la Suisse, il faut bien le souligner). Une étude spécifique menée par l'une des stations du ROPAG installée pour un an au boulevard du Pont d'Arve souligne les taux de pollution élevés qui peuvent survenir dans des rues encaissées où le trafic automobile est intense.

La qualité de l'air que nous respirons nous concerne tous au quotidien et pas seulement en cas de pics de pollution. Il est important que nous en soyons informés. Bonne lecture!

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

# 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 2006 ainsi que son évolution sur la période 2000-2006 en référence aux valeurs limites OPair (VLI OPair).

| POLLUANTS                            | Etat actuel  |               |          | Tendance 2000-2006 |               |          |
|--------------------------------------|--------------|---------------|----------|--------------------|---------------|----------|
|                                      | 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" : |  | LÉGENDE "Tendance 2000-2006" : |   |
|                         | = 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) |
|                         |  |                                | = 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 2000-2006, continuent leur lente augmentation. C'est la station mobile installée au boulevard du Pont d'Arve, du 7 juin 2005 au 5 juin 2006, qui indique la plus forte moyenne annuelle en NO<sub>2</sub> (58 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. Hormis pour la station d'Anières, elles sont relativement stables de 2000 à 2006 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, de Ste-Clotilde et de Wilson (l'OPair autorise un seul dépassement de cette VLI par an). Le record est détenu, avec 22 dépassements, par la station mobile installée au boulevard du Pont d'Arve.

### **Bilan**

L'année 2006 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 ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), en période estivale, dès le mois de mars et jusqu'au mois de septembre.

### **Bilan**

Pour toutes les stations, les immissions d'ozone sont toujours excessives.

En raison d'un ensoleillement exceptionnel, le nombre de dépassements a été beaucoup plus important que la normale durant les mois de juin et juillet. Par la suite, avec des mois d'août et septembre normaux et sujets à des brises de fin de journée qui ont dilué la pollution et modéré les niveaux d'ozone journaliers, ce nombre de dépassements a chuté d'une manière drastique. On retrouve ainsi en 2006 des fréquences de dépassements comparables aux années précédentes (abstraction faite de l'année 2003).

## **Particules fines (PM10)**

### **Moyenne annuelle totale**

Les moyennes annuelles totales ont été supérieures à la VLI OPair ( $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) à toutes les stations de mesures, hormis à celle de Passeiry avec une moyenne annuelle de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . C'est la station mobile installée au boulevard du Pont d'Arve, du 7 juin 2005 au 5 juin 2006, qui indique la plus forte moyenne annuelle en PM10 ( $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Par rapport à 2005, toutes les moyennes sont plus élevées.

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

La VLI OPair journalière totale ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) a été dépassée un nombre de fois conséquent dans toutes les stations.

### **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 dans le cas du cadmium.

### **Bilan**

Pour les moyennes annuelles, le constat en 2006 démontre une nette dégradation de la situation par rapport à 2005, avec des valeurs en dessus de la VLI OPair pour la plupart des stations. Les conditions météorologiques rencontrées au début de l'année 2006, avec de

---

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

longues périodes d'inversion thermique durant les mois de janvier et février, ont été propices au développement d'épisodes de pollution aux PM10. Des concentrations encore jamais vues depuis le début des mesures (1998) ont ainsi été enregistrées. Ceci a contribué à faire de l'année 2006 une exception dans les mesures des PM10. Les moyennes annuelles pour le plomb et le cadmium dans les PM10 sont en dessous des VLI OPair, se stabilisant dans le cas du plomb et continuant à s'améliorer pour le cadmium.

## 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 2006, les immissions de  $\text{SO}_2$  sont restées au niveau de celles de 2005. Elles se situent bien en dessous des VLI OPair.

## Monoxyde de carbone

### **Moyenne annuelle\***

Les moyennes annuelles restent faibles, de l'ordre du  $\text{mg}/\text{m}^3$  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, 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

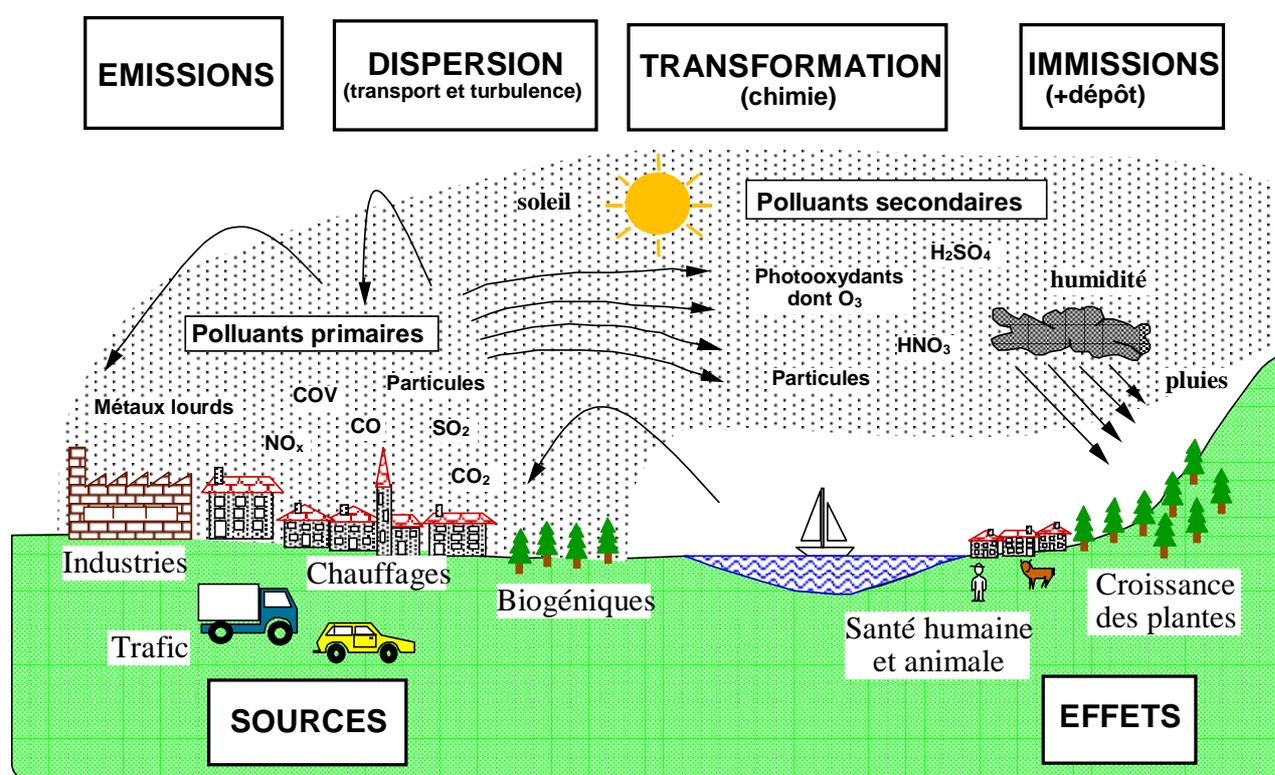


## 2. Mesure des immissions

### 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 22 juin 2005.

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 ( <b>NO<sub>2</sub></b> )                                   |                        | 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 ( <b>O<sub>3</sub></b> )  |                        | 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 ( <b>PM10</b> )                                    | 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 ( <b>Pb</b> )    | 500 ng/m <sup>3</sup>         | Moyenne annuelle (arithmétique)   |
|   | Cadmium ( <b>Cd</b> )  | 1,5 ng/m <sup>3</sup>         | Moyenne annuelle (arithmétique)   |
| Anhydride sulfureux ( <b>SO<sub>2</sub></b> )<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 ( <b>CO</b> )   |                        | 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 ( <b>Pb</b> )    | 100 µg/(m <sup>2</sup> ·jour) | Moyenne annuelle (arithmétique)   |
|   | Cadmium ( <b>Cd</b> )  | 2 µg/(m <sup>2</sup> ·jour)   | Moyenne annuelle (arithmétique)   |
|   | Zinc ( <b>Zn</b> )     | 400 µg/(m <sup>2</sup> ·jour) | Moyenne annuelle (arithmétique)   |
|   | Thallium ( <b>Tl</b> ) | 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 métrologie et afin de suivre l'évolution très rapide des technologies utilisées, le réseau fait l'objet d'un renouvellement technique permanent.

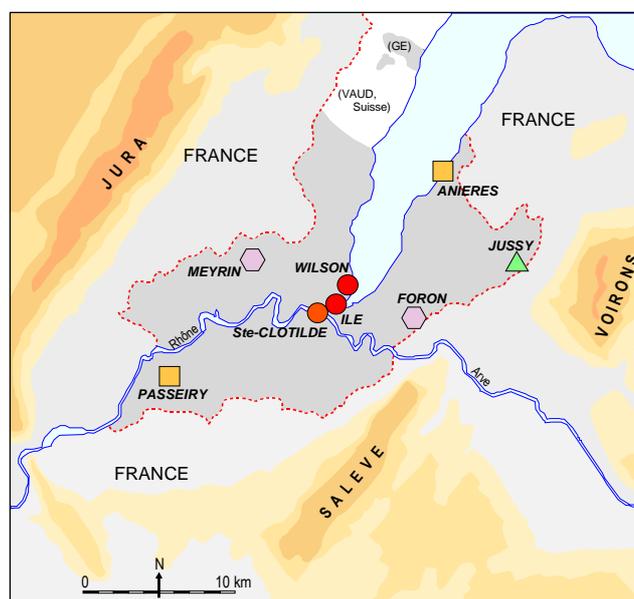
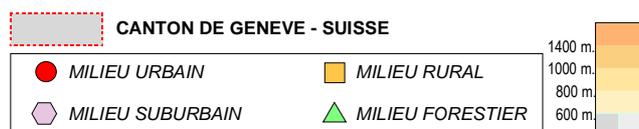
## 3.2. Présentation des stations du ROPAG

En 2006, 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 73.

### 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  | AN-US <sup>#3</sup>                     | -  |    |
| 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 <sup>#2</sup><br>AN-US <sup>#3</sup> | Py |    |
| Jussy                              | -               | CL*             | CL* | AUV**          | -    | -               | -   | -    | IR              | TC | H  | -                                       | -  |    |
| Pont d'Arve (mobile) <sup>#1</sup> | FUV*            | CL*             | CL* | AUV**          | FID* | FID*            | IR* | Aβ   | -               | TC | H  | AN                                      |    | PR |
| Vernier (mobile) <sup>#1</sup>     | FUV*            | CL*             | CL* | AUV**          | -    | -               | -   | G    | -               | TC | H  | AN                                      | Py |    |

\* étalonnage avec gaz de référence.

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

(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).

#1 : Début en juin 2005 - fin en juin 2006.

#2 : Jusqu'en juillet 2006.

#3 : A partir de juillet 2006.

## Personnes en charge des mesures

### Le groupe ROPAG (et affiliés)

**Coordination** : B. Lazzarotto

**Construction, maintenance** : H. Broillet

**Calibration, maintenance** : E. Delicado

**Poussières, laboratoire** : E. Piquet

**Informatique** : F. Magnin

**Traitement des données** : A. Jetzer

**Mécanique, installation** : Y. Lutzelschwab

**Secrétariat** : S. Pierre / I. Bowen

**Graphisme** : C. Deléaval

### Autres contributions aux mesures

**Capteurs passifs, retombées**

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

**Retombées atmosphériques** : G. Pfister -

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



# 4. Résultats de l'année 2006

## 4.1. Tableau récapitulatif

Les mesures concernent la période du 1er janvier 2006 au 31 décembre 2006, sauf pour les stations mobiles installées l'une au boulevard du Pont d'Arve, du 7 juin 2005 au 5 juin 2006 et l'autre à Vernier du 1<sup>er</sup> juin 2005 au 31 mai 2006.

| Substance                              | Donnée                                 | Unité              | Valeur Limite d'Immission O'Pair | Stations de mesure |              |        |        |       |                 |          |         |                         |                                  |      |
|--|--|--------------------|----------------------------------|--------------------|--------------|--------|--------|-------|-----------------|----------|---------|-------------------------|----------------------------------|------|
|  |  |                    |                                  | Fixes              |              |        |        |       |                 |          | Mobiles |                         |                                  |      |
|  |  |                    |                                  | Ile                | Ste-Clotilde | Wilson | Meyrin | Foron | Anières         | Passeiry | Jussy   | Pont d'arve 2005 - 2006 | Vernier - Montfleury 2005 - 2006 |      |
| NO <sub>2</sub>                        | Mes. validées                          | %                  |                                  | 99.7               | 99           | 99     | 99     | 99.7  | 99.7            | 98       | 98      | 97                      | 96                               |      |
|  | Moy. ann.                              | µg/m <sup>3</sup>  | 30                               | 44                 | 38           | 41     | 29     | 28    | 21              | 14       | 13      | 58                      | 21                               |      |
|  | Perc. 95                               | µg/m <sup>3</sup>  | 100                              | 81                 | 77           | 81     | 65     | 63    | 54              | 41       | 41      | 99                      | 59                               |      |
|  | Nb <sup>1</sup> >80 µg/m <sup>3</sup>  | nb                 | 1                                | 6                  | 3            | 5      | 0      | 0     | 0               | 0        | 0       | 22                      | 1                                |      |
| O <sub>3</sub>                         | Mes. validées                          | %                  |                                  | 99.7               | 99.5         | 99.9   | 99     | 99.7  | 98              | 99       | 99      | 99                      | 98                               |      |
|  | Moy. ann.                              | µg/m <sup>3</sup>  |                                  | 38                 | 39           | 39     | 41     | 52    | 55              | 50       | 55      | 27                      | 48                               |      |
|  | Perc. 98                               | Janv.              | µg/m <sup>3</sup>                | 100                | 60           | 62     | 64     | 59    | 82              | 78       | 76      | 70                      | 51                               | 71   |
|  |  | Fév.               | µg/m <sup>3</sup>                | 100                | 62           | 67     | 69     | 68    | 90              | 80       | 89      | 78                      | 56                               | 81   |
|  |  | Mar.               | µg/m <sup>3</sup>                | 100                | 85           | 92     | 93     | 87    | 100             | 97       | 106     | 99                      | 68                               | 95   |
|  |  | Avr.               | µg/m <sup>3</sup>                | 100                | 93           | 113    | 93     | 97    | 117             | 117      | 114     | 118                     | 76                               | 112  |
|  |  | Mai.               | µg/m <sup>3</sup>                | 100                | 91           | 108    | 96     | 94    | 118             | 119      | 114     | 119                     | 76                               | 106  |
|  |  | Juin.              | µg/m <sup>3</sup>                | 100                | 122          | 148    | 126    | 129   | 157             | 149      | 153     | 151                     | 105                              | 156  |
|  |  | Juil.              | µg/m <sup>3</sup>                | 100                | 145          | 145    | 131    | 143   | 171             | 163      | 155     | 166                     | 110                              | 150  |
|  |  | Aout.              | µg/m <sup>3</sup>                | 100                | 92           | 87     | 84     | 93    | 106             | 114      | 100     | 101                     | 72                               | 123  |
|  |  | Sept.              | µg/m <sup>3</sup>                | 100                | 95           | 89     | 81     | 91    | 115             | 114      | 107     | 110                     | 76                               | 119  |
|  |  | Oct.               | µg/m <sup>3</sup>                | 100                | 60           | 56     | 54     | 62    | 80              | 83       | 75      | 72                      | 43                               | 73   |
|  | Nov.                                   | µg/m <sup>3</sup>  | 100                              | 43                 | 57           | 68     | 73     | 80    | 76              | 72       | 73      | 37                      | 58                               |      |
|  | Déc.                                   | µg/m <sup>3</sup>  | 100                              | 36                 | 42           | 58     | 56     | 78    | 65              | 67       | 66      | 45                      | 67                               |      |
| Nb <sup>1</sup> >120 µg/m <sup>3</sup> | nb                                     | 1                  | 127                              | 186                | 52           | 133    | 382    | 324   | 245             | 367      | 3       | 191                     |                                  |      |
| PM10                                   | Mes. validées                          | %                  |                                  | 98                 | 100          | 98     | 97     | 99.5  | 99              | 99       | -       | 99                      | 85 <sup>#</sup>                  |      |
|  | Moy. ann.                              | µg/m <sup>3</sup>  | 20                               | 28                 | 22           | 28     | 23     | 23    | 21              | 20       | -       | 32                      | 25                               |      |
|  | Nb <sup>1</sup> >50 µg/m <sup>3</sup>  | nb                 | 1                                | 31                 | 25           | 42     | 24     | 33    | 25              | 19       | -       | 42                      | 32                               |      |
|  | Pb                                     | Moy. ann.          | ng/ m <sup>3</sup>               | 500                | -            | 10.9   | -      | -     | -               | 8.4      | -       | -                       | -                                | 10.4 |
| Cd                                     | Moy. ann.                              | ng/ m <sup>3</sup> | 1.5                              | -                  | 0.17         | -      | -      | -     | 0.15            | -        | -       | -                       | 0.21                             |      |
| SO <sub>2</sub>                        | Mes. validées                          | %                  |                                  | 97                 | -            | -      | 99     | 99    | 78 <sup>#</sup> | 97       | -       | 95                      | 96                               |      |
|  | Moy. ann.                              | µg/m <sup>3</sup>  | 30                               | 4                  | -            | -      | 4      | 3     | 3               | 2        | -       | 8                       | 2                                |      |
|  | Perc. 95                               | µg/m <sup>3</sup>  | 100                              | 14                 | -            | -      | 9      | 9     | 6               | 5        | -       | 22                      | 4                                |      |
|  | Nb <sup>1</sup> >100 µg/m <sup>3</sup> | nb                 | 1                                | 0                  | -            | -      | 0      | 0     | 0               | 0        | -       | 0                       | 0                                |      |
| CO                                     | Mes. validées                          | %                  |                                  | -                  | 99           | -      | -      | -     | -               | -        | -       | 98                      | -                                |      |
|  | Moy. ann.                              | mg/m <sup>3</sup>  |                                  | -                  | 0.5          | -      | -      | -     | -               | -        | -       | 1                       | -                                |      |
|  | Nb <sup>1</sup> >8 mg/m <sup>3</sup>   | nb                 | 1                                | -                  | 0            | -      | -      | -     | -               | -        | -       | 0                       | -                                |      |

### Légendes et abréviations :

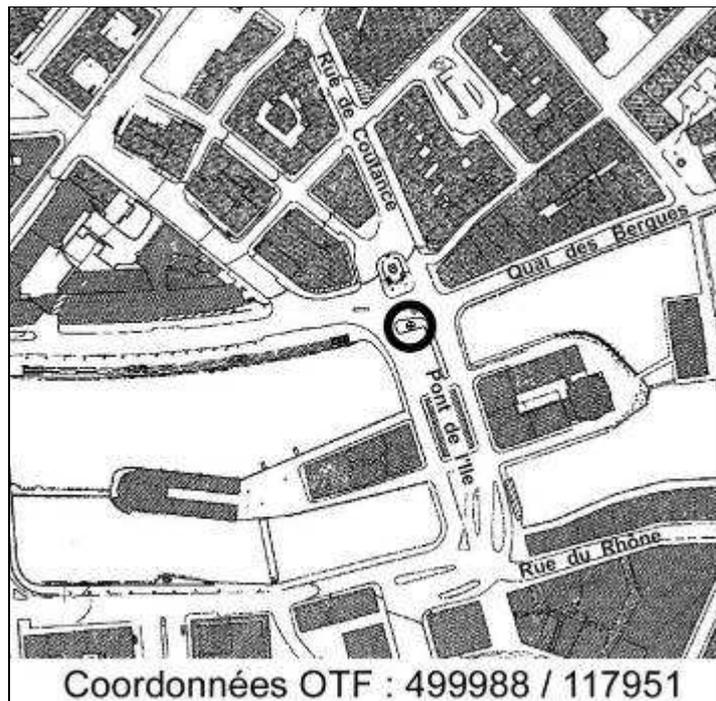
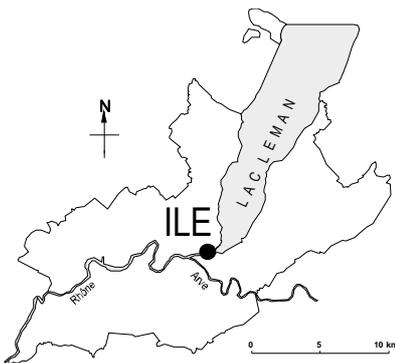
 : Dépassement de la VLI O'Pair.  
 Mes. validées : Pourcentage de mesures validées.  
 Moy. ann. : Moyenne annuelle.  
 Perc. 95 : Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles.  
 Perc. 98 : Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles.

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

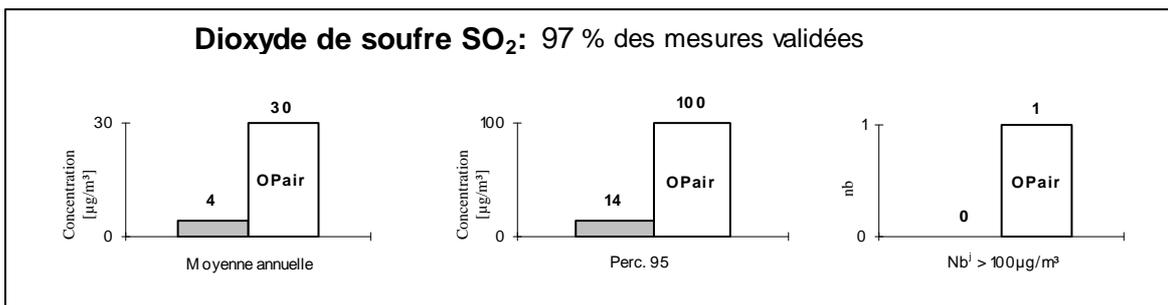
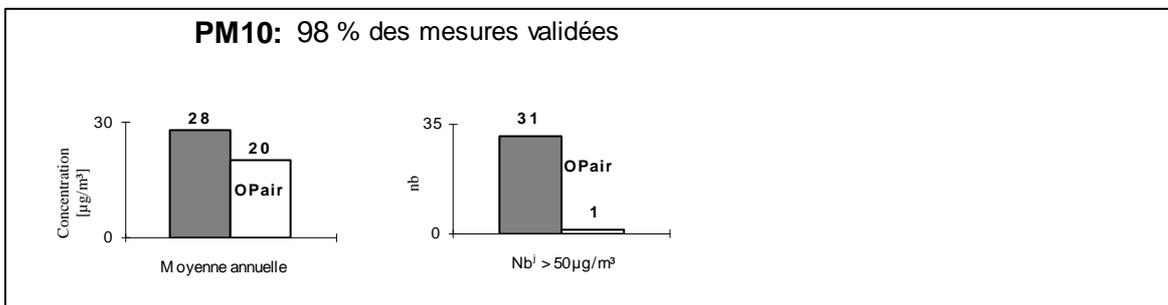
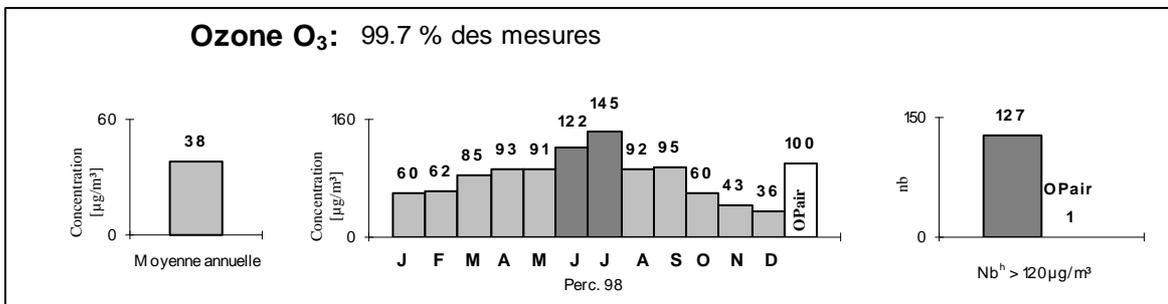
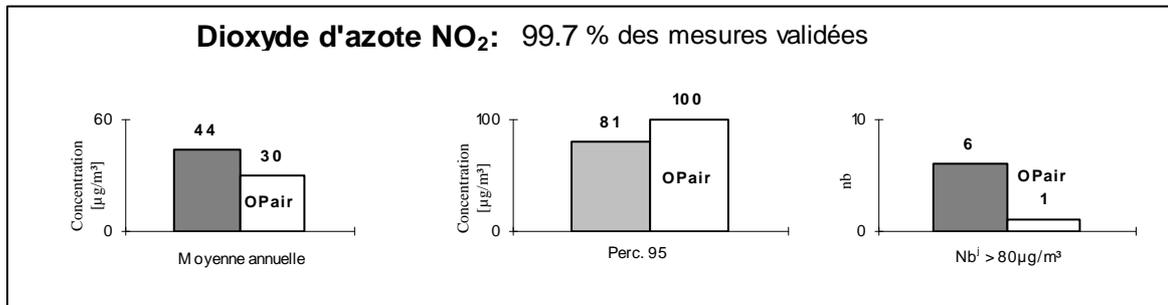
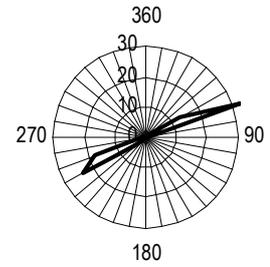
## 4.2. Présentation des résultats par station

Les résultats de l'année 2006, pour les 8 stations fixes et les 2 stations mobiles du ROPAG, ainsi que pour le DOAS de l'Aéroport International de Genève (AIG), sont présentés ci-après.

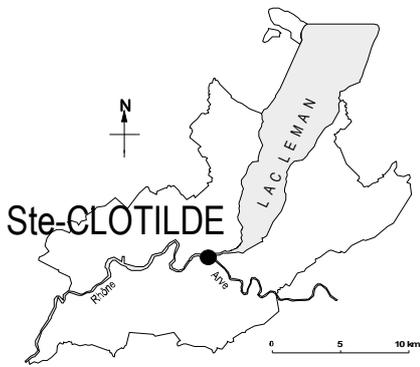


Milieu urbain

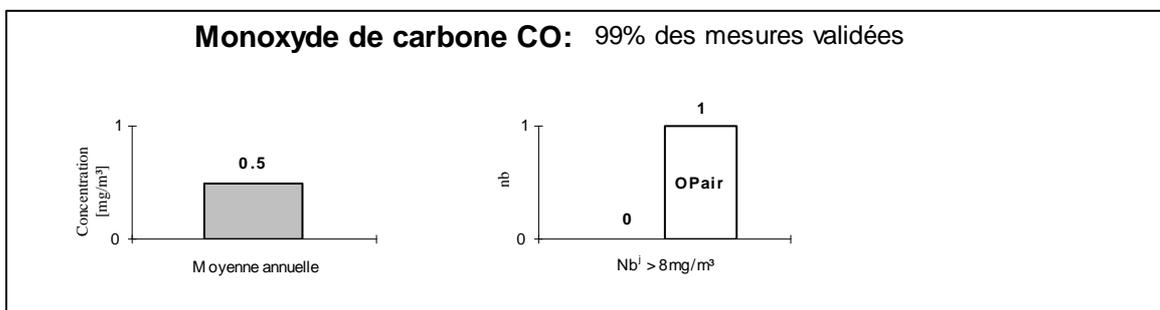
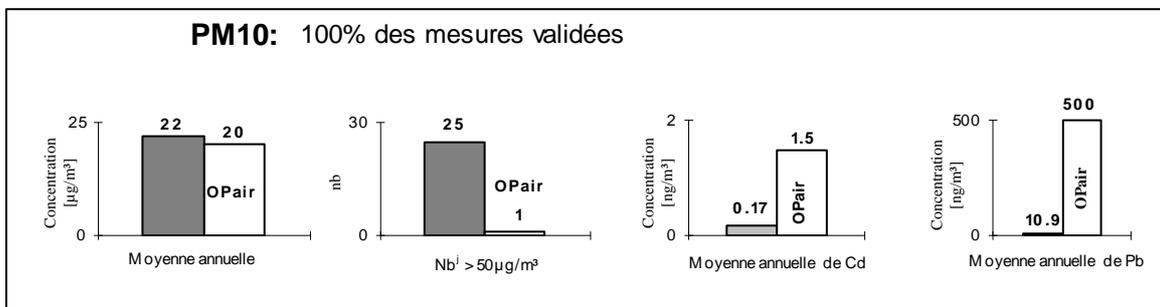
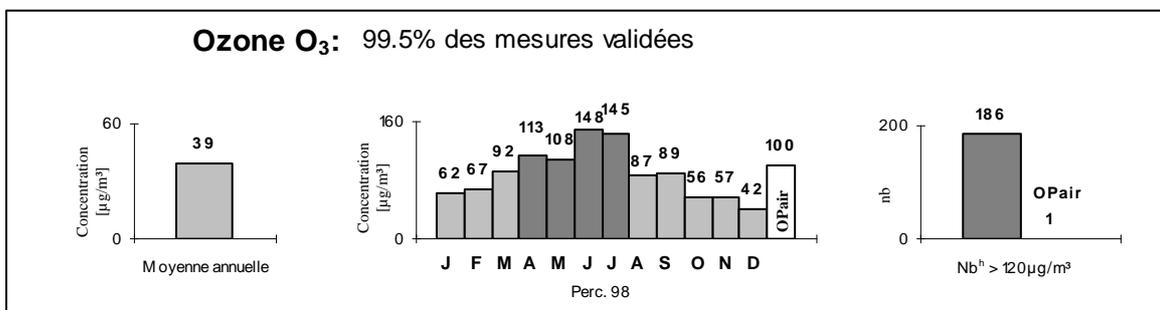
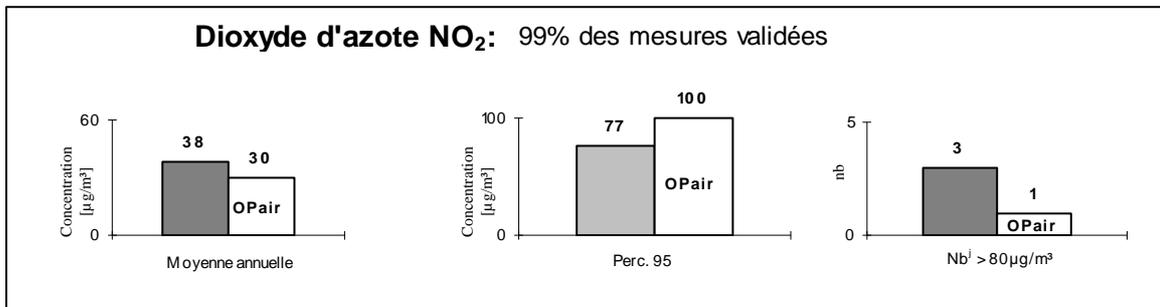
ILE



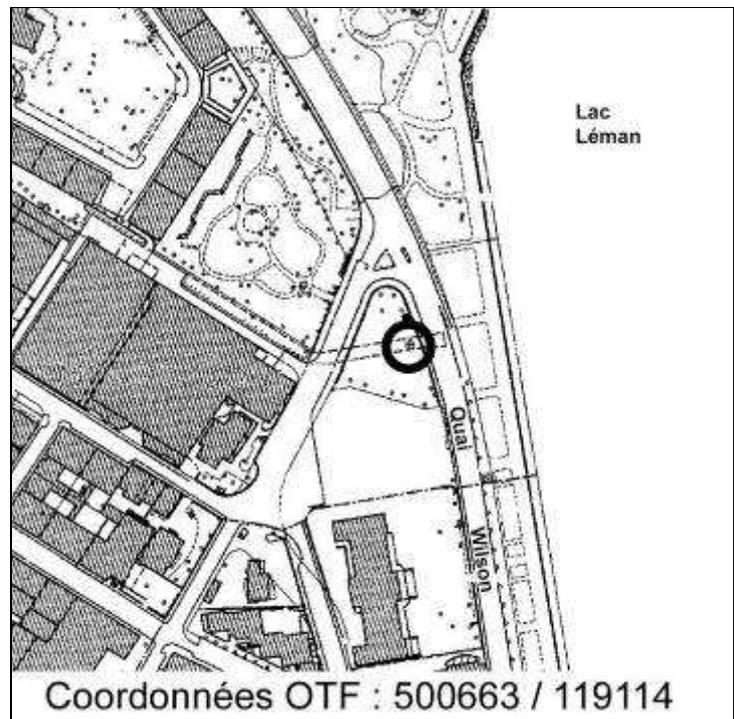
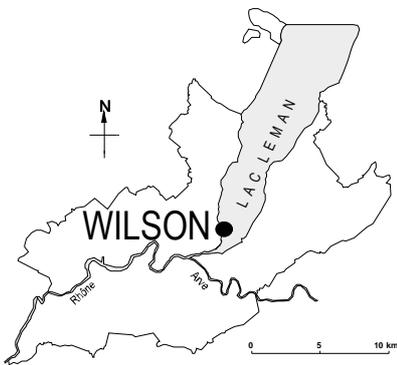
Légendes et abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.



# STE - CLOTILDE

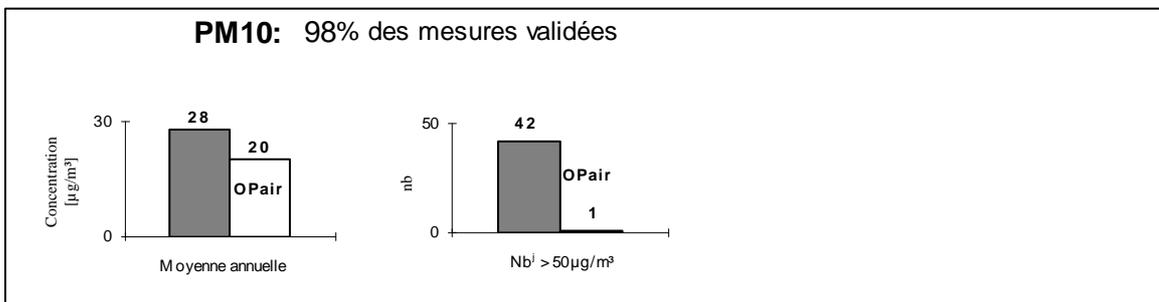
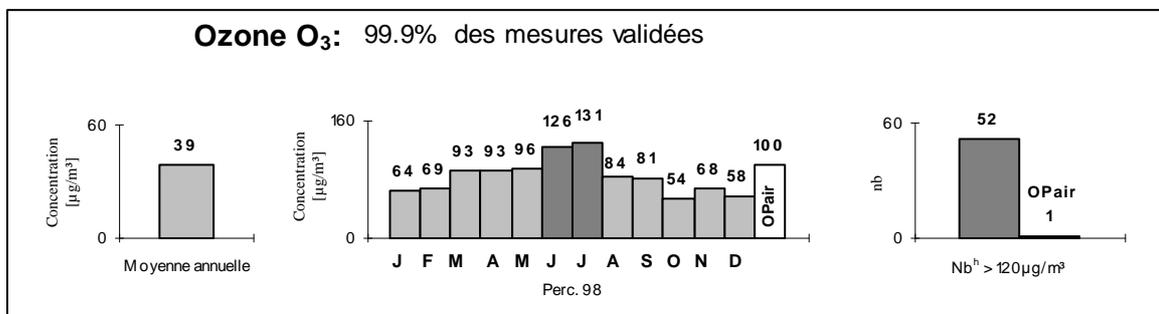
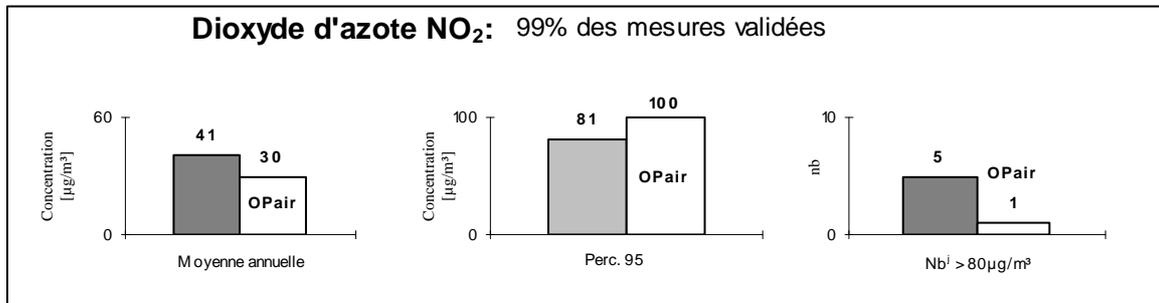
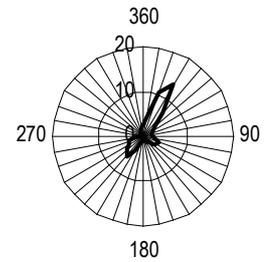


Légendes et abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.

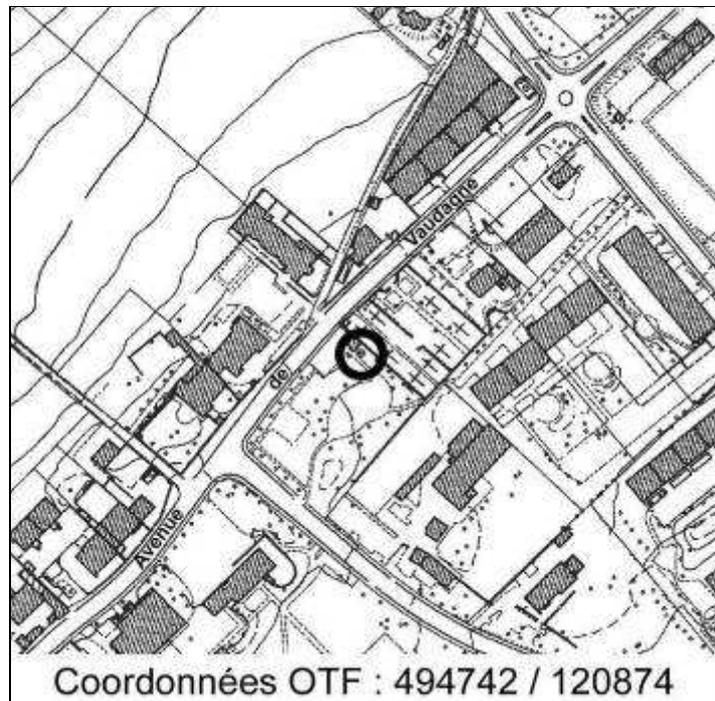
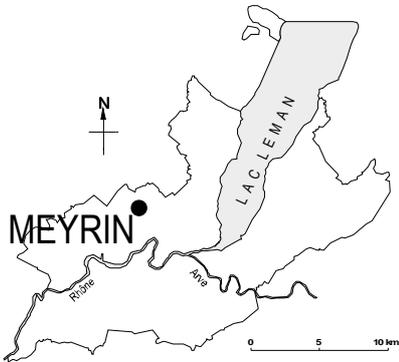


Milieu urbain

# WILSON

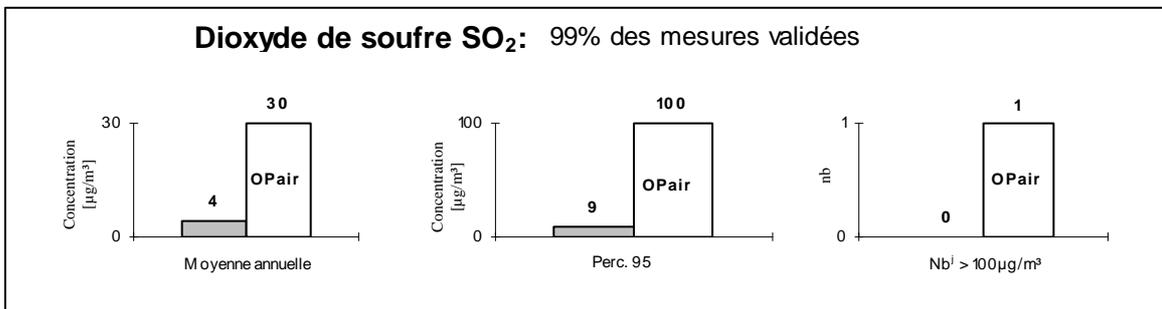
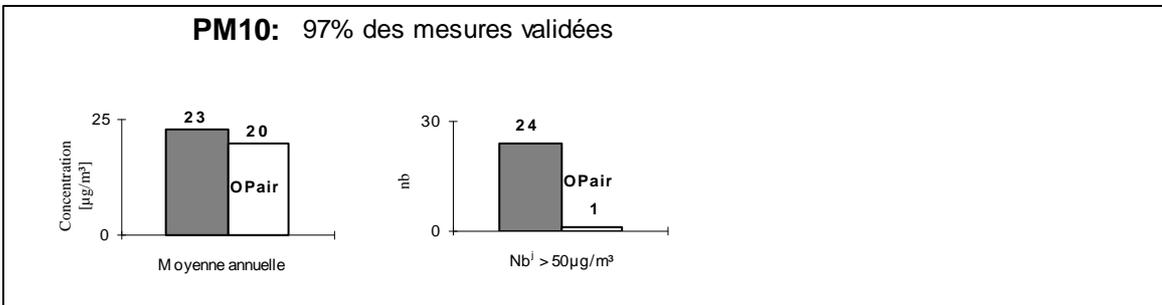
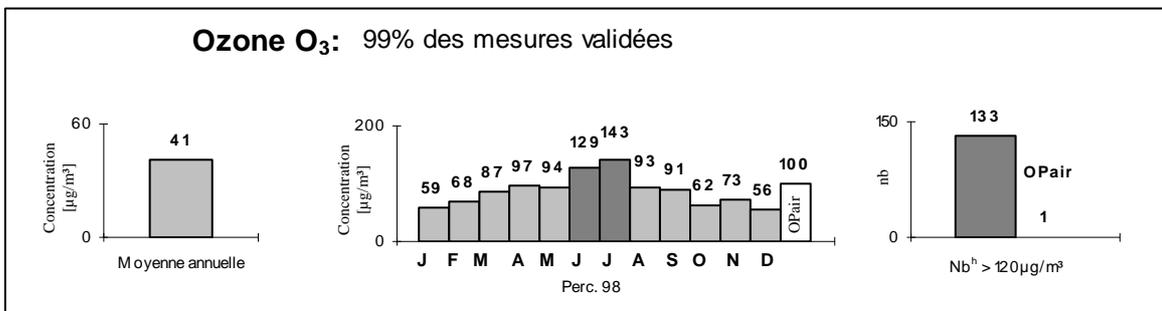
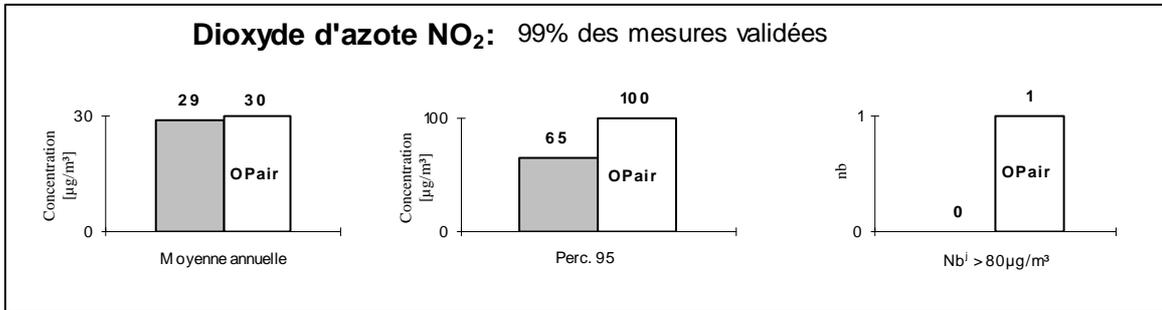
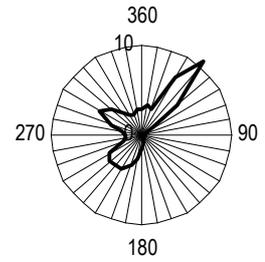


Légendes et abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.

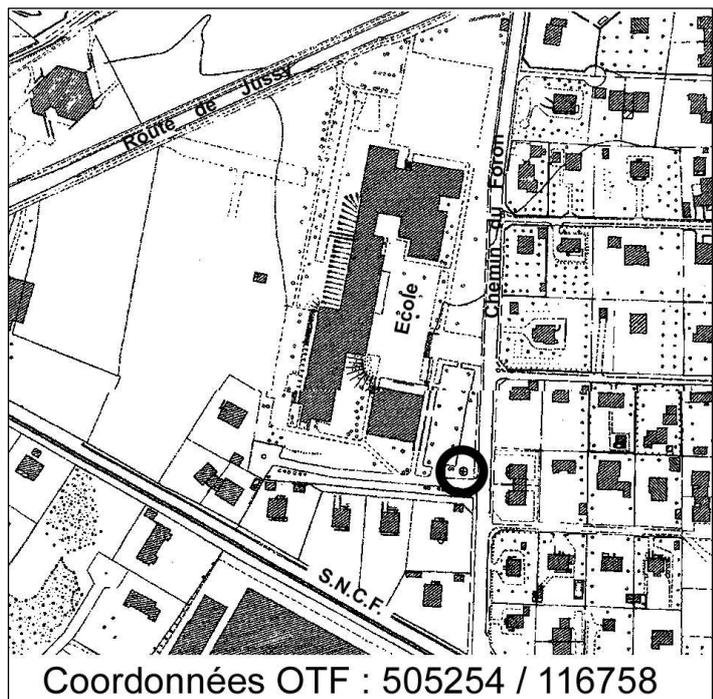
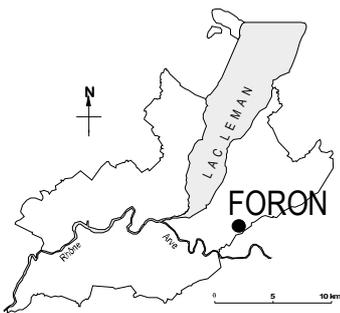


Milieu suburbain

**MEYRIN**



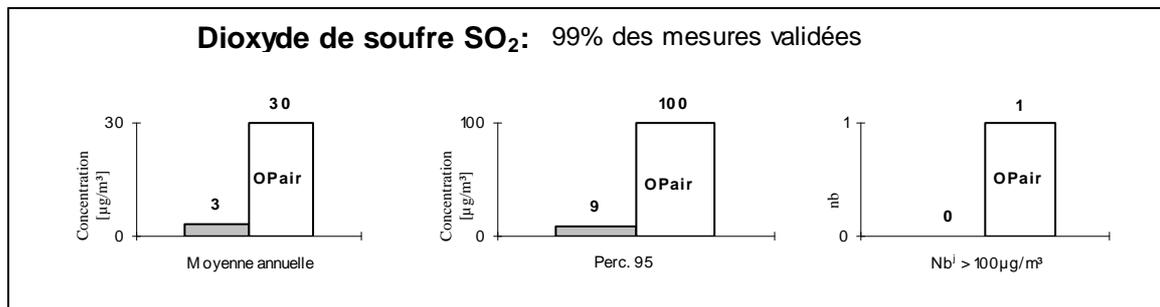
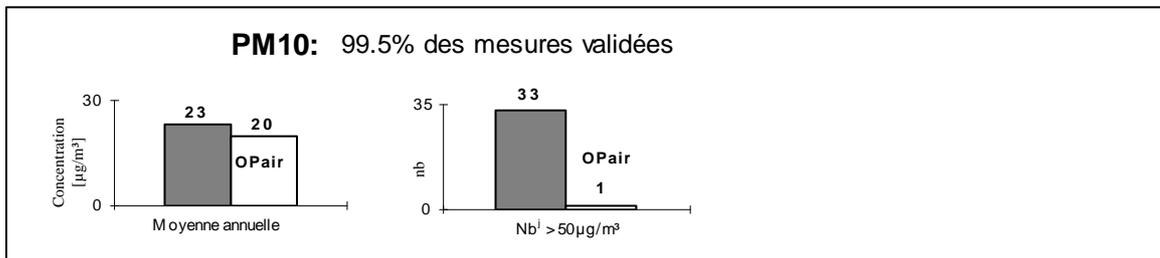
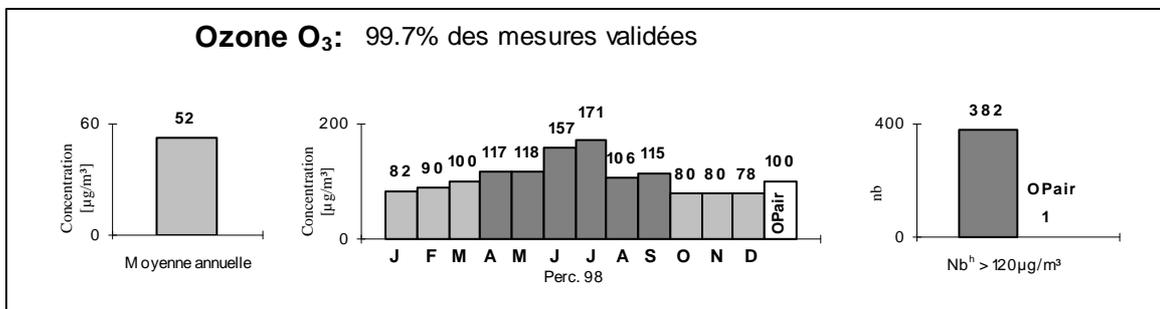
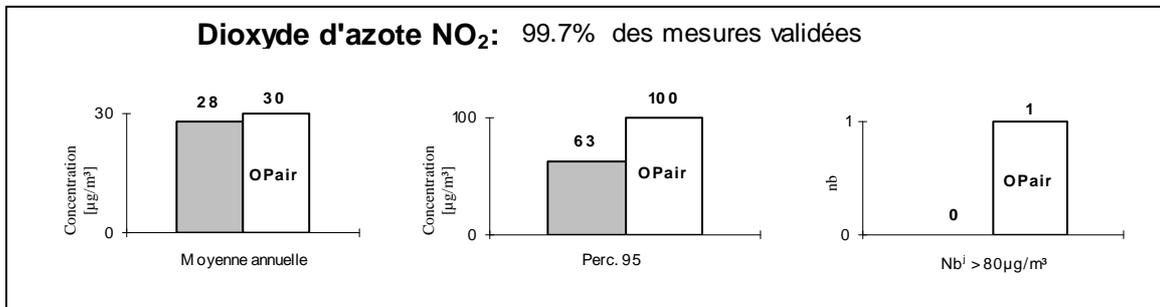
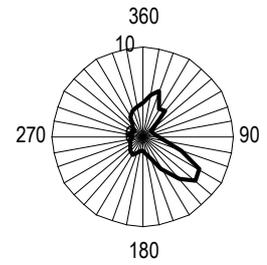
Légendes et abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.



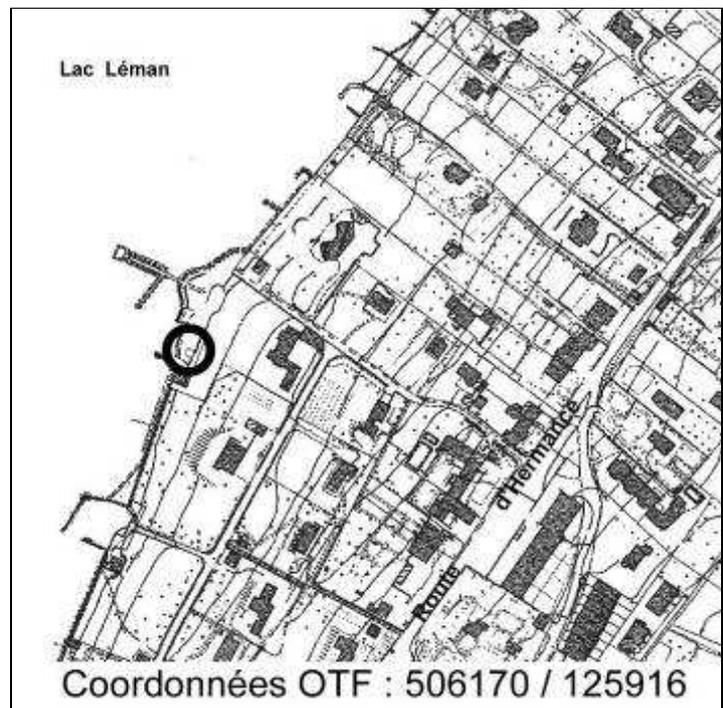
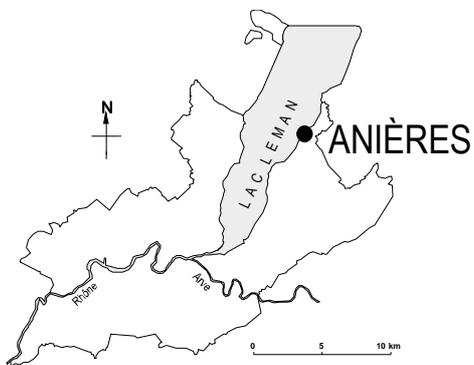
Coordonnées OTF : 505254 / 116758

Milieu suburbain

# FORON

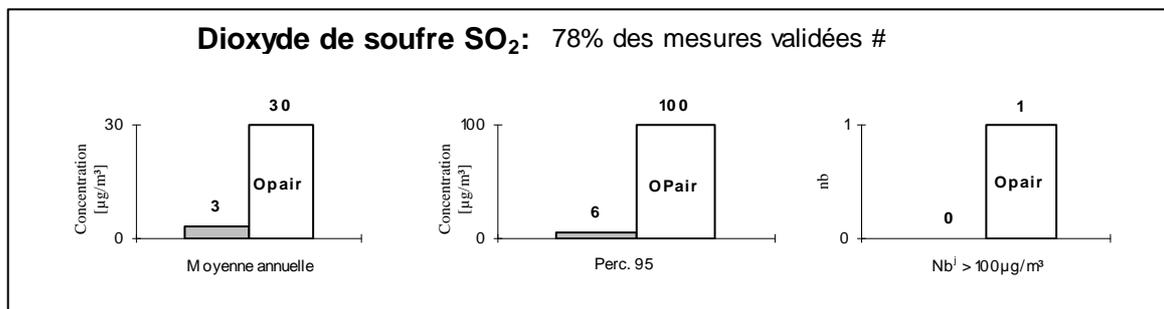
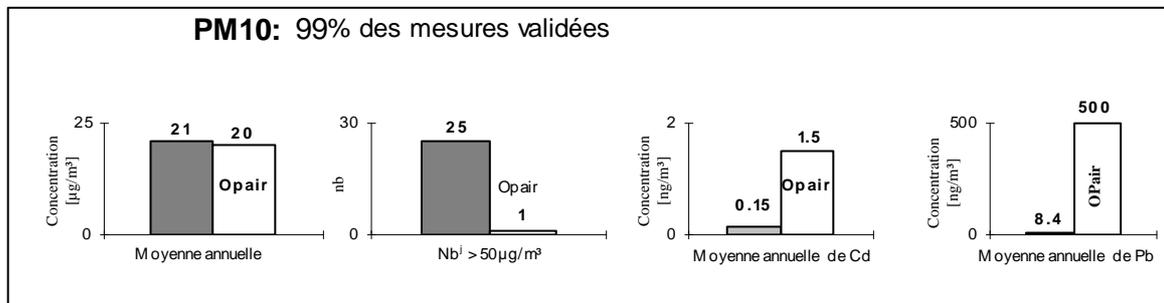
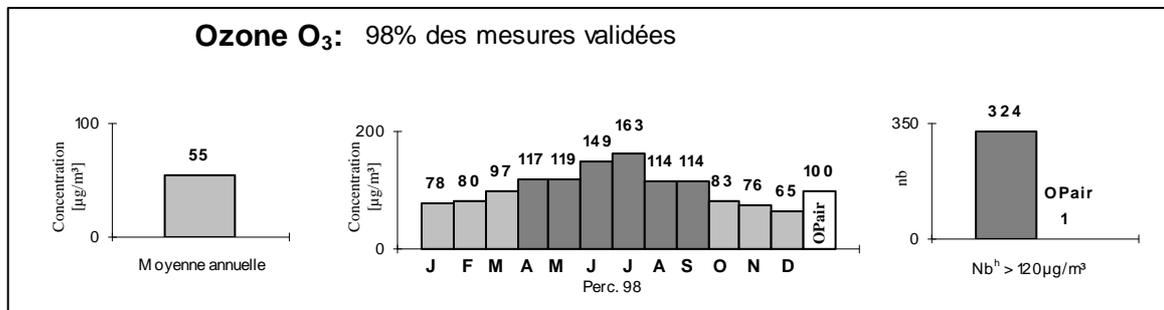
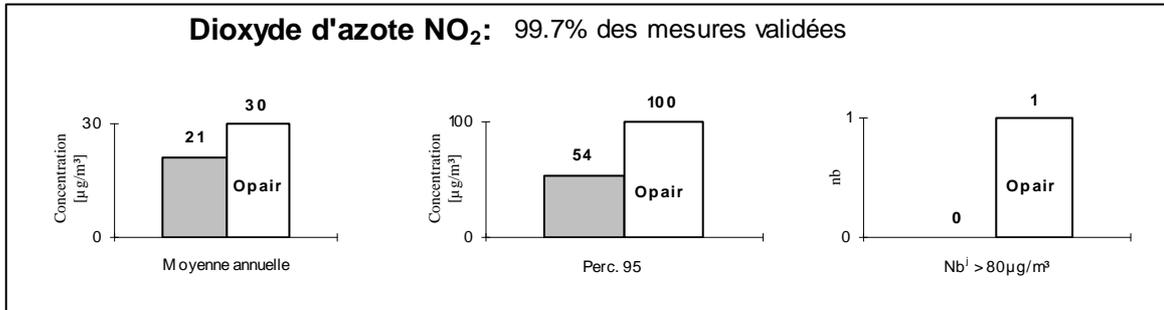
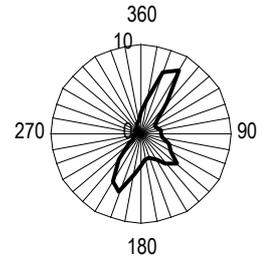


Légendes et abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.

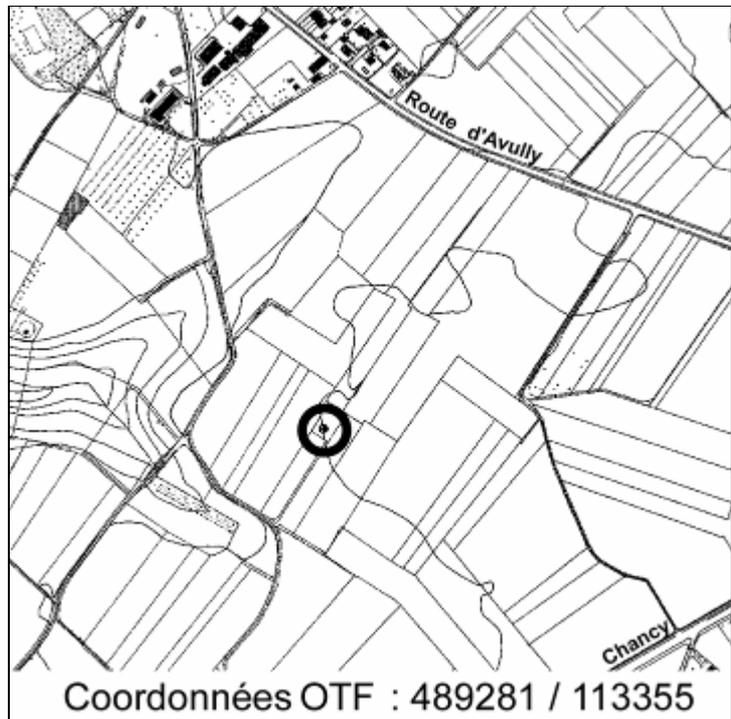
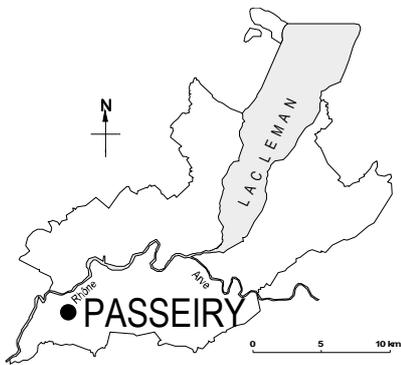


Milieu rural

# ANIERES

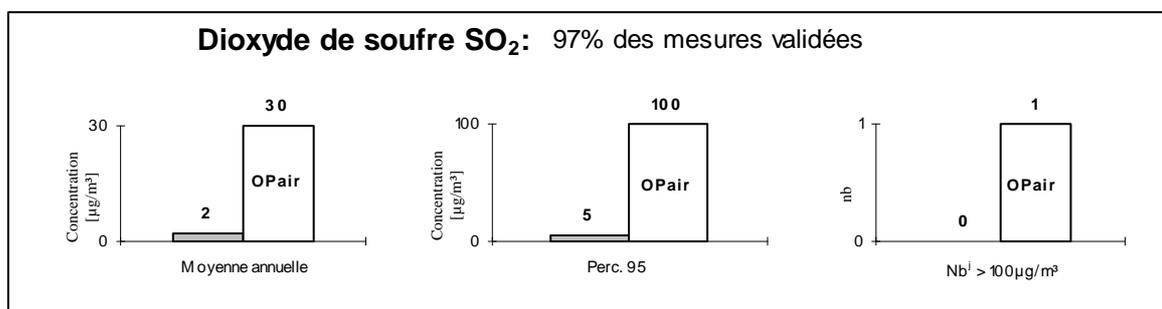
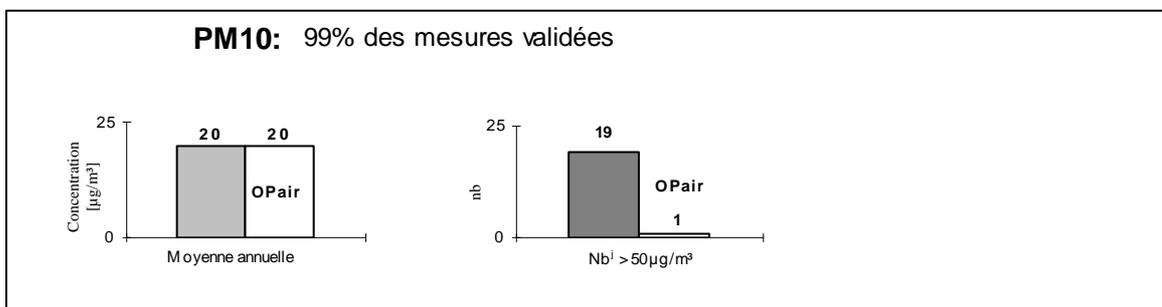
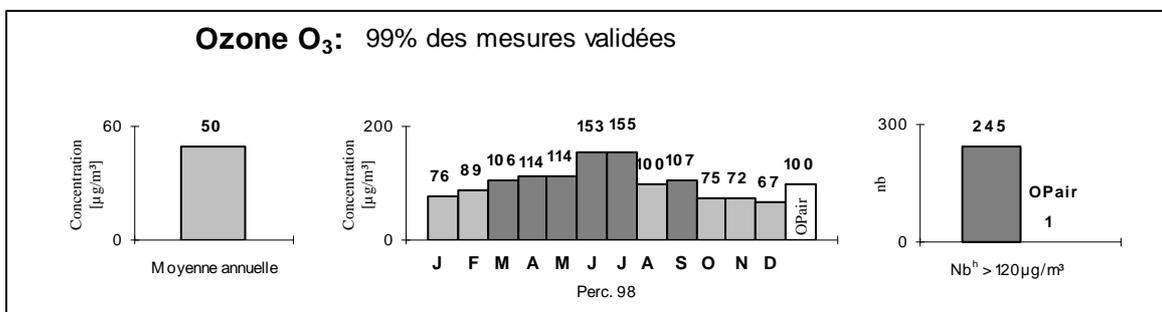
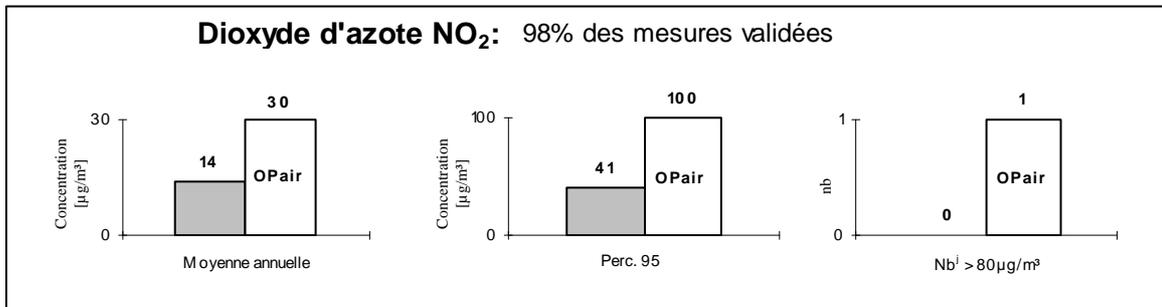
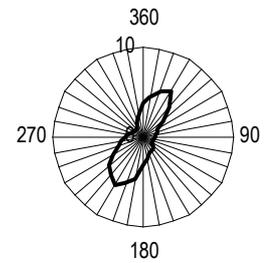


Légendes et abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.

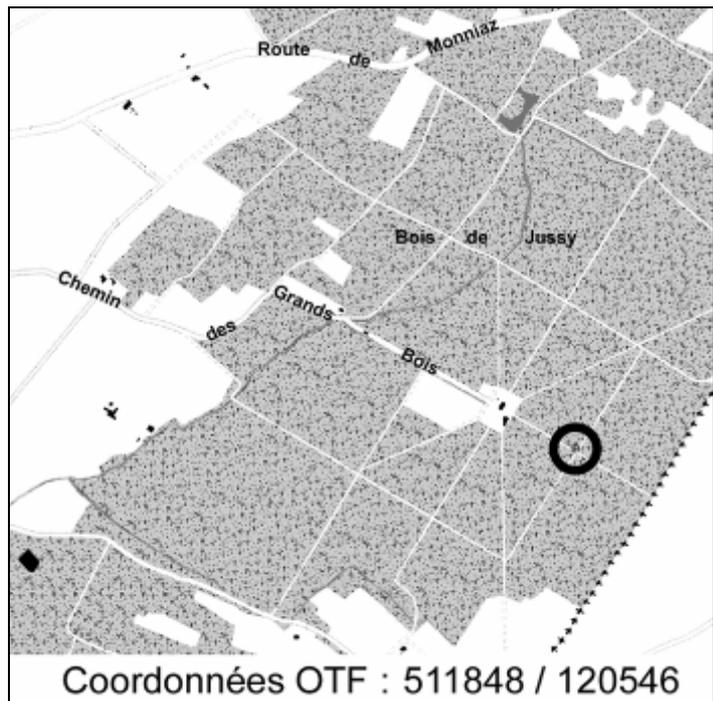
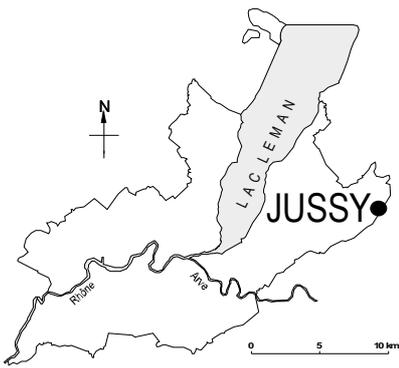


Milieu rural

# PASSEIRY

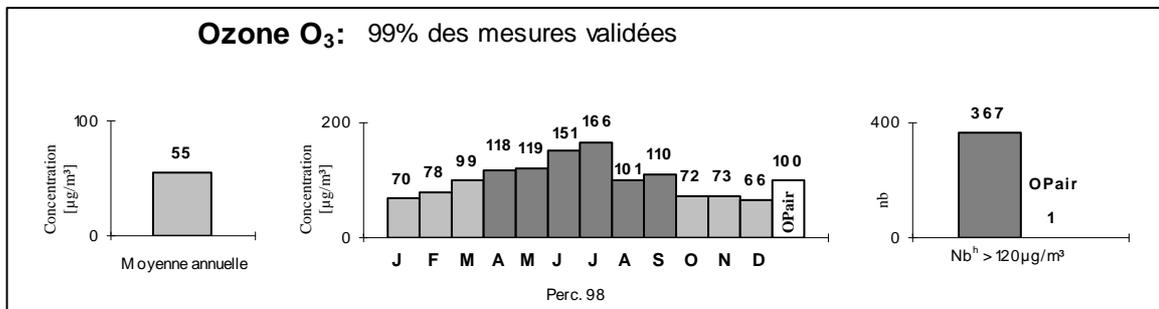
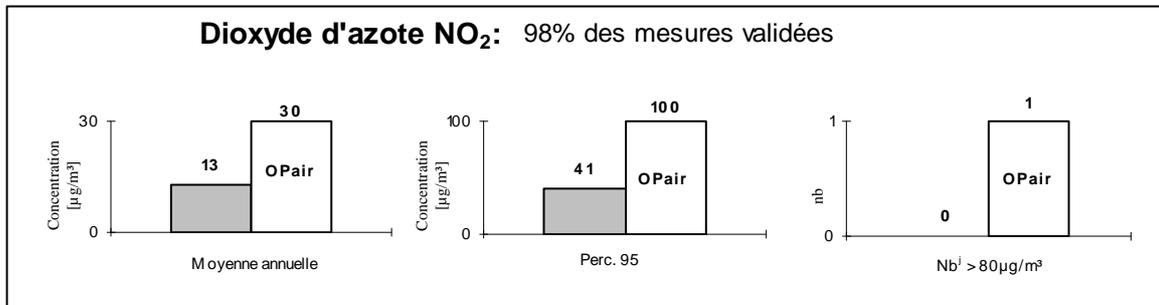


Légendes et abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.

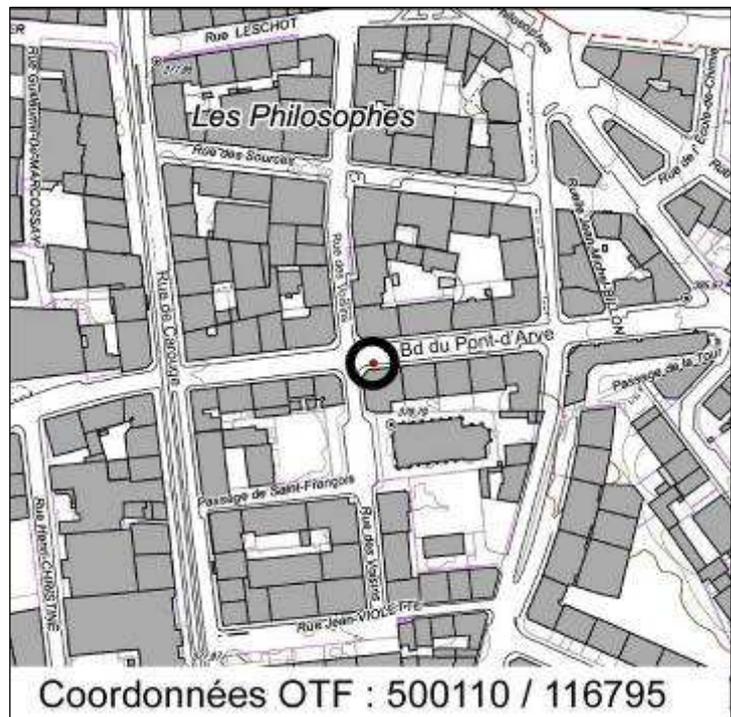


## Milieu rural

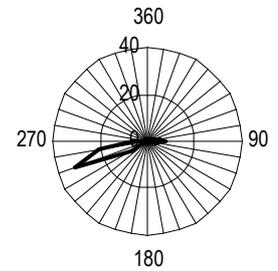
# JUSSY



Légendes et abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.



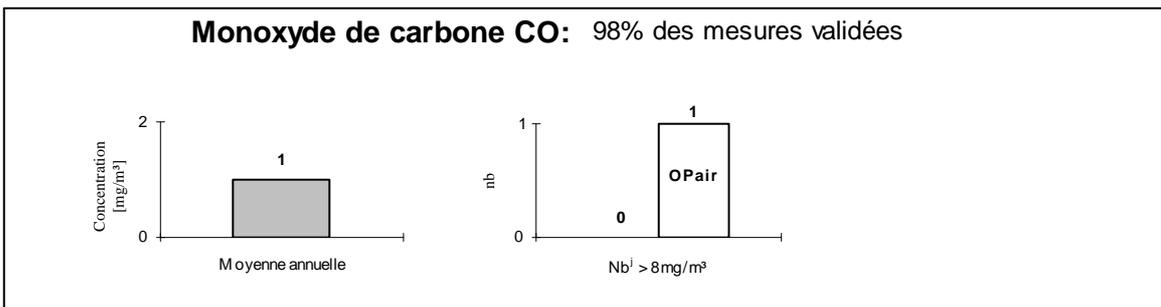
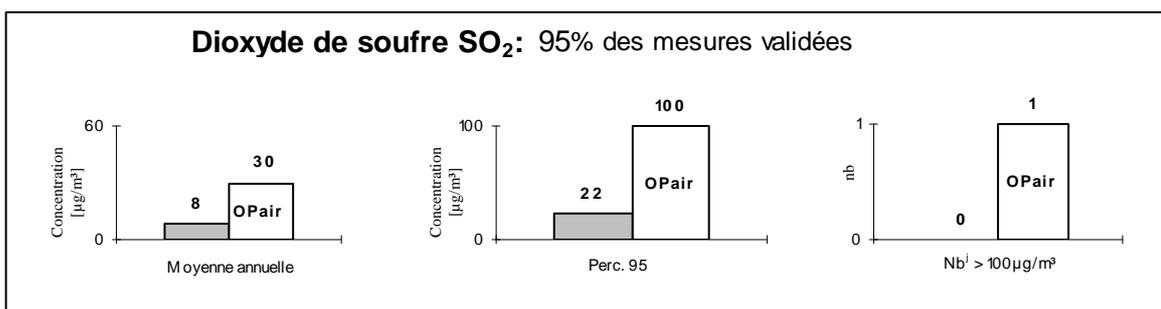
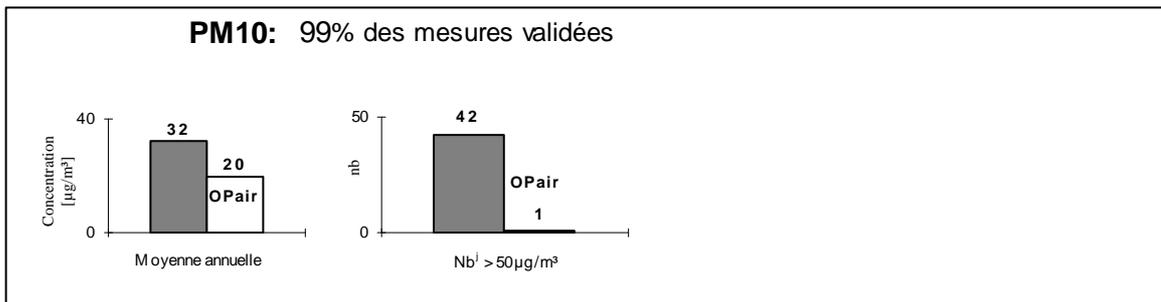
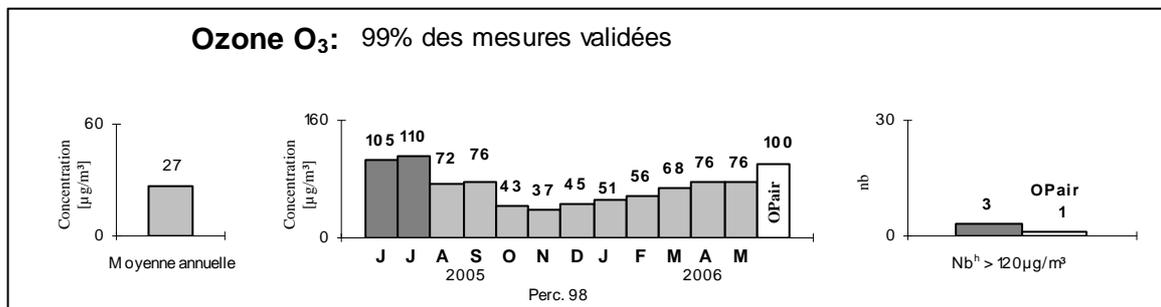
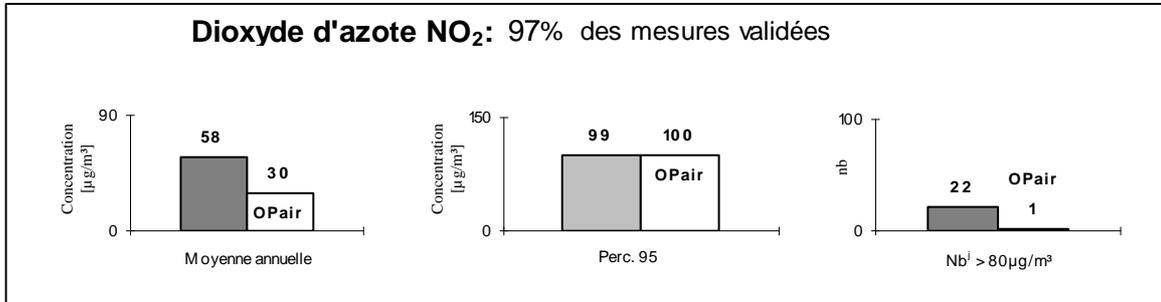
Coordonnées OTF : 500110 / 116795



Station mobile (milieu urbain)

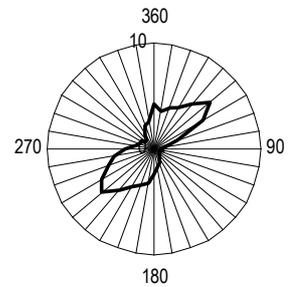
# PONT D'ARVE

Les mesures présentées ci-dessous concernent la période du 7 juin 2005 au 5 juin 2006



Abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.

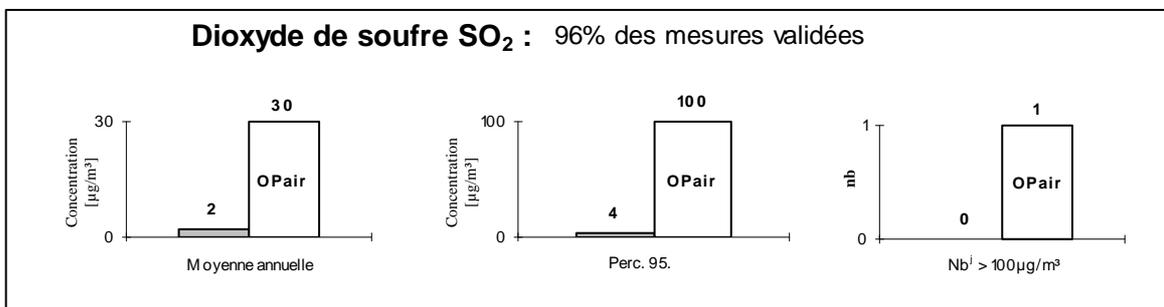
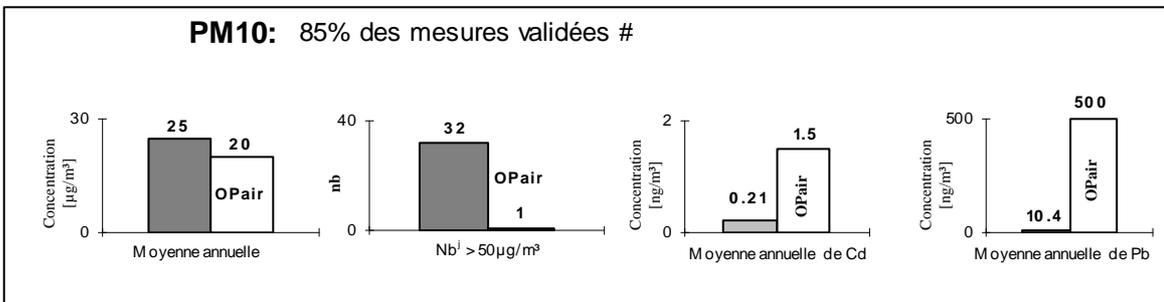
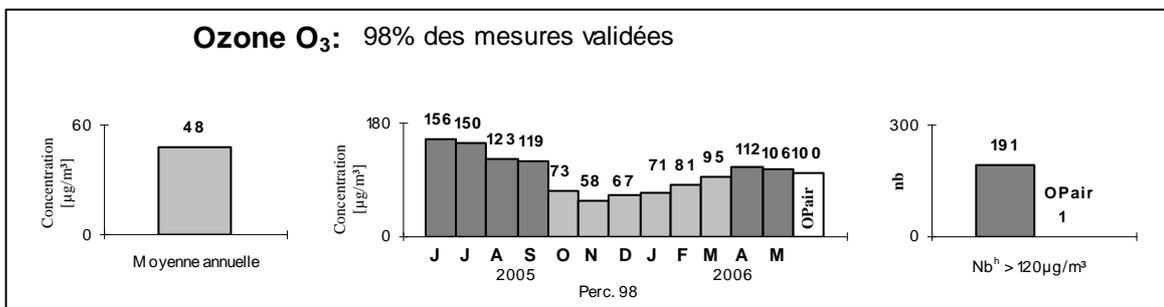
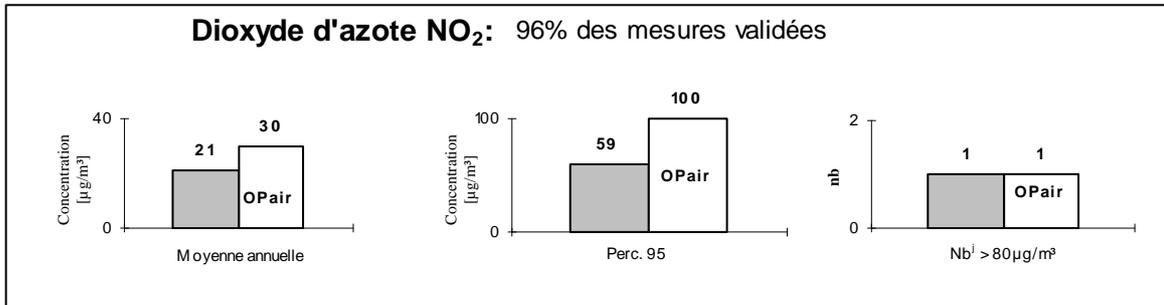




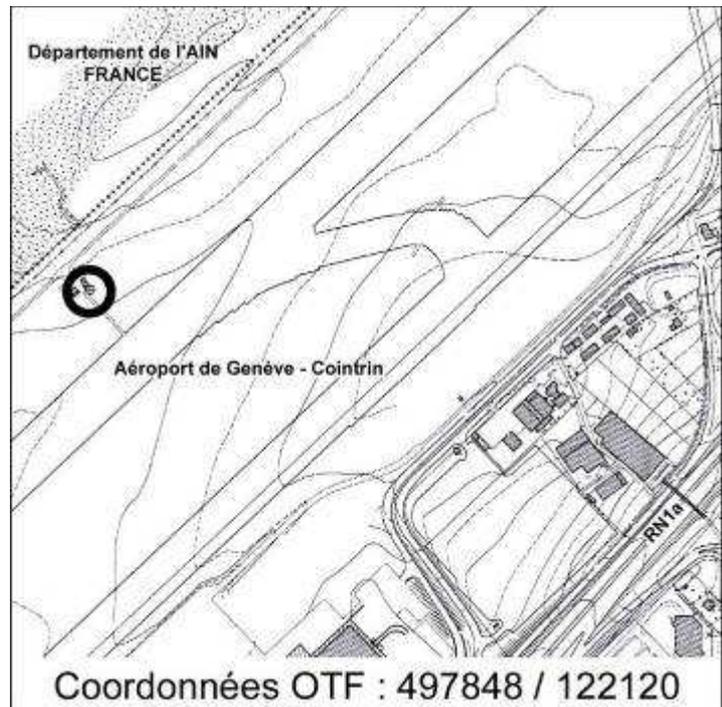
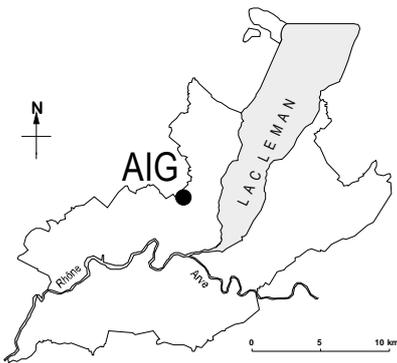
Station mobile (milieu rural)

# VERNIER - Montfleury

Les mesures présentées ci-dessous concernent la période du 1<sup>er</sup> juin 2005 au 31 mai 2006

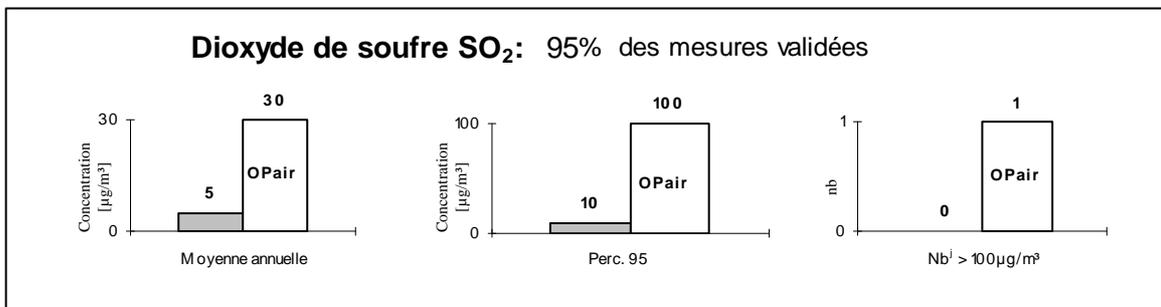
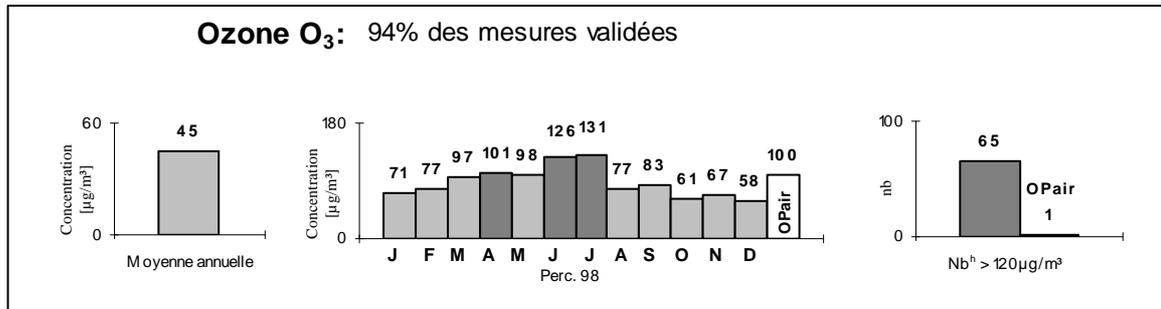
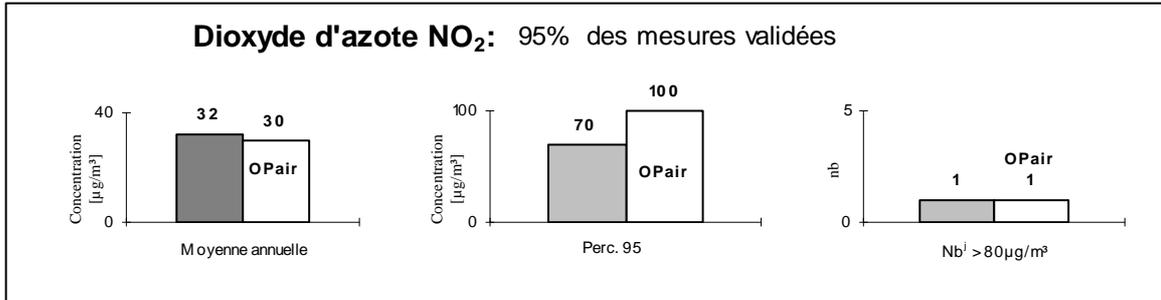
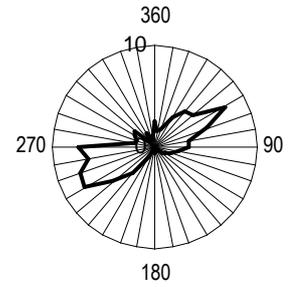


Abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.



# 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 2006.

| Station               | Durée de l'exposition<br>[Nombre de jours] | Concentration des retombées de poussières        |                                    |                                     |                                       |
|-----------------------|--|--|------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
|                       |  | Total<br>[mg / (m <sup>2</sup> ·d)] <sup>†</sup> | Zinc<br>[µg / (m <sup>2</sup> ·d)] | Plomb<br>[µg / (m <sup>2</sup> ·d)] | Cadmium<br>[µg / (m <sup>2</sup> ·d)] |
| ILE                   | 363  | 88   | 211                                | 24                                  | 0.14                                  |
| STE-CLOTILDE          | 363  | 60   | 281                                | 50                                  | 0.14                                  |
| WILSON                | 363  | 49   | 99                                 | 7                                   | 0.04                                  |
| FORON                 | 363  | 35   | 184                                | 6                                   | 0.05                                  |
| ANIERES               | 363  | 63   | 22                                 | 5                                   | 0.06                                  |
| PASSEIRY              | 363  | 28   | 11                                 | 4                                   | 0.06                                  |
| PENEY (step)          |  | Problème technique. Données manquantes           |                                    |                                     |                                       |
| RUSSIN (stat. mobile) | 376  | 37   | 41                                 | 7                                   | 0.25                                  |
| <b>VLI OPair</b>      |  | <b>200</b>                                       | <b>400</b>                         | <b>100</b>                          | <b>2</b>                              |

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

#### Légendes et abréviations :



: Dépassement de la VLI OPair.

<sup>†</sup> d : day

# 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.

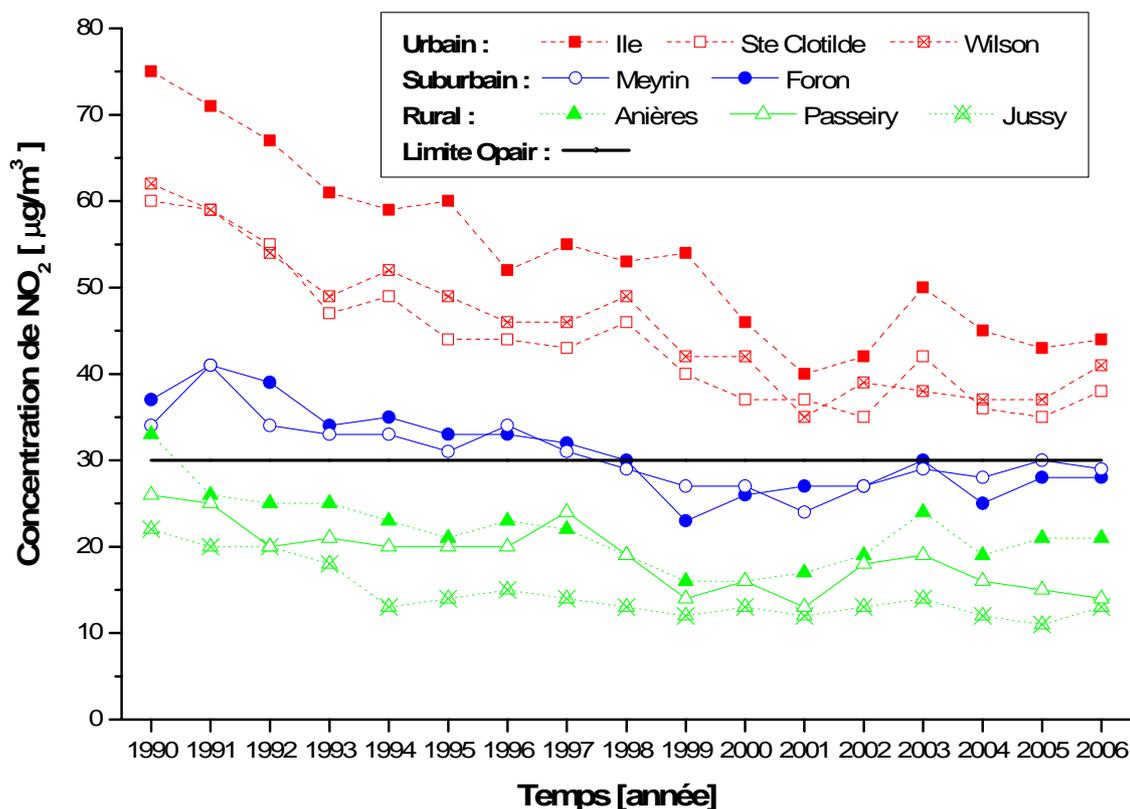
L'obligation depuis 1986 d'équiper les nouvelles voitures à essence de catalyseurs, ainsi que différents procédés industriels, ont permis de faire baisser la pollution au NO<sub>2</sub>. Cependant, avec l'augmentation du nombre de kilomètres parcourus, de la demande énergétique, ainsi que du volume des 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.

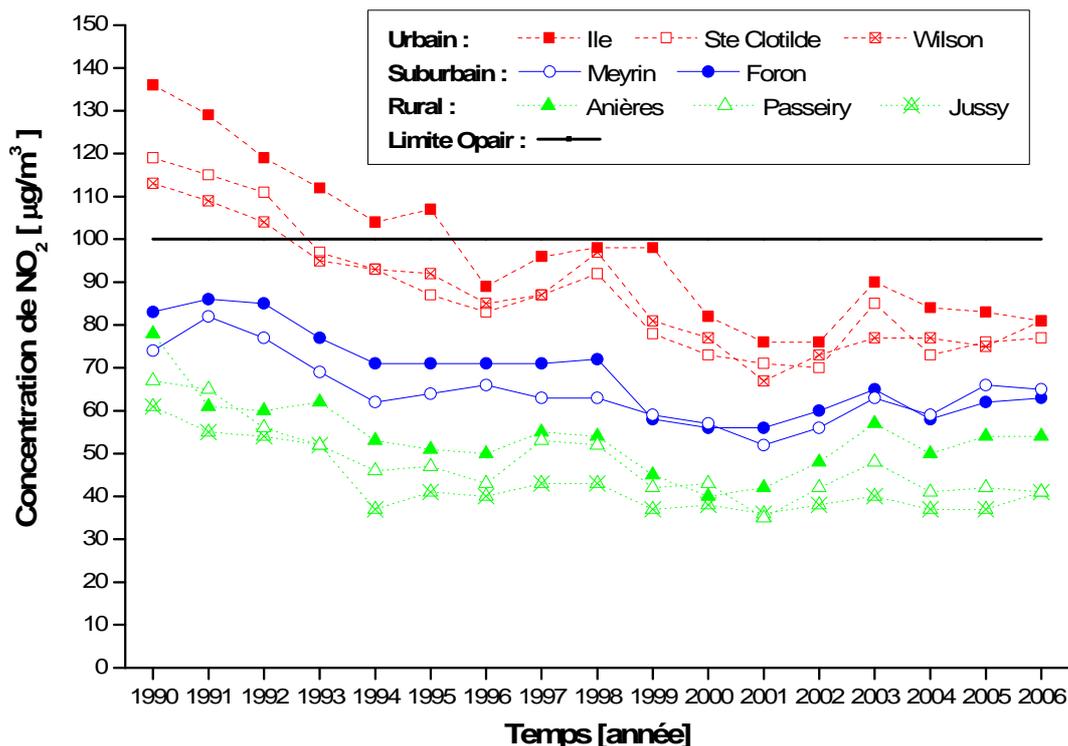
Outre l'effet d'acidification et d'eutrophisation des milieux, les NO<sub>x</sub> modifient la biodiversité en faveur de plantes adaptées aux substrats azotés.

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.

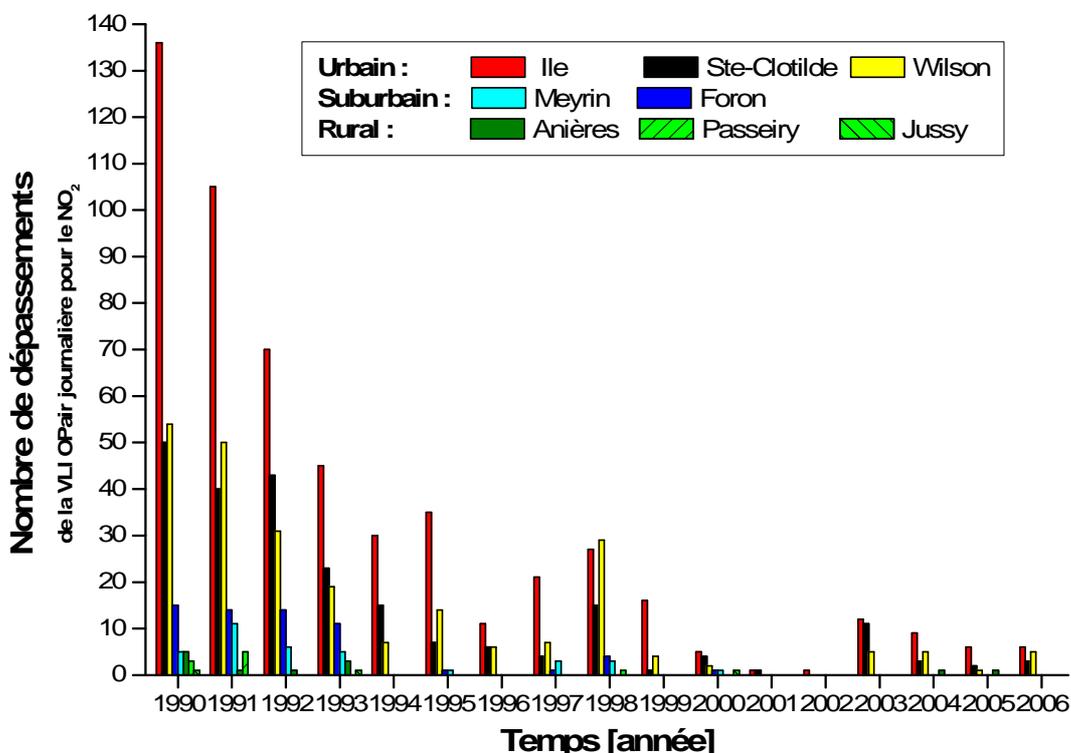
### 5.1.2. Moyenne annuelle



### 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 2006 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.

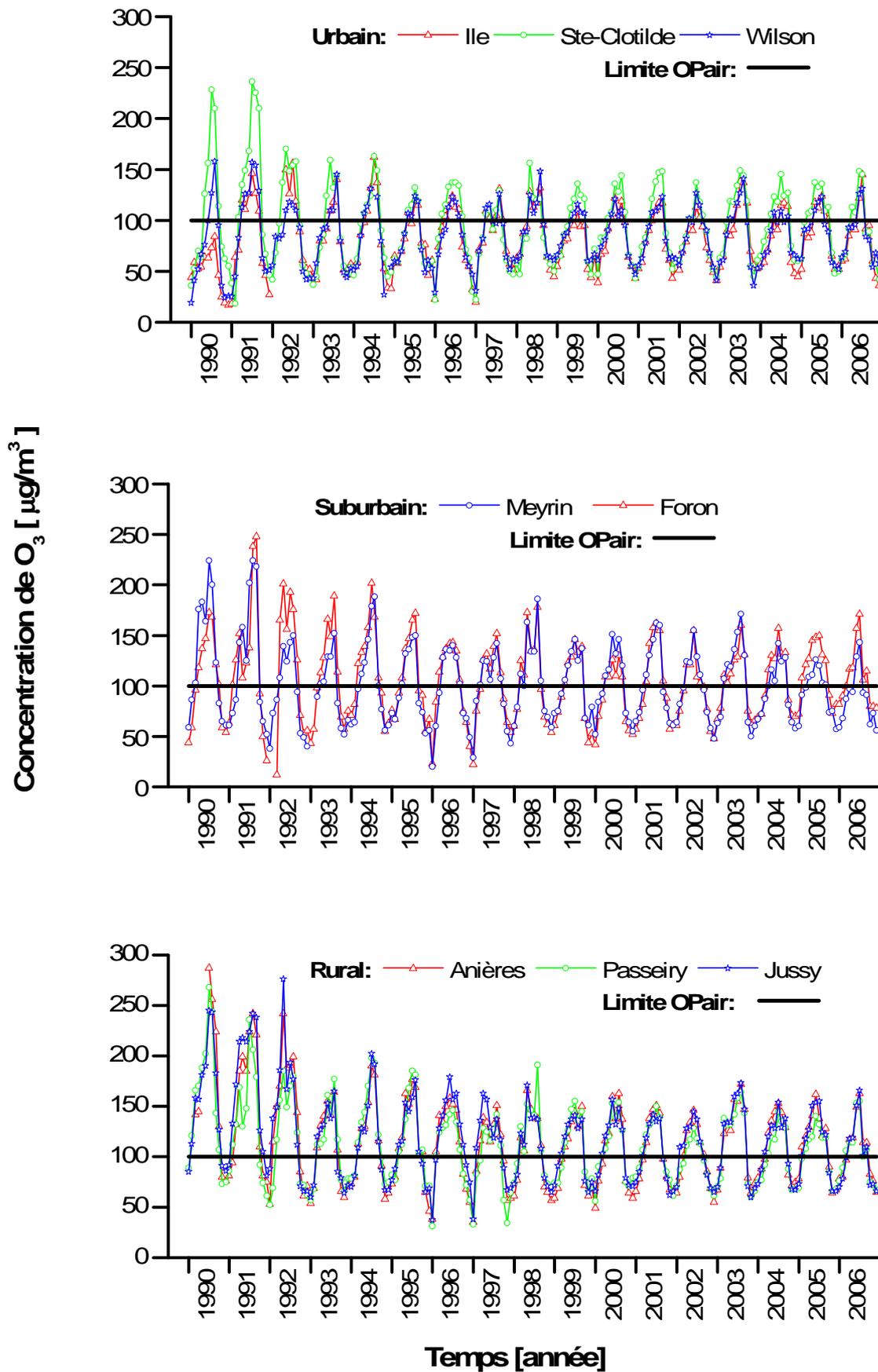
Près du sol, certains gaz polluants - qualifiés de « primaires » ou « précurseurs » - provenant du trafic routier ou des chauffages (oxydes d'azote - NO<sub>x</sub>) ainsi que des émanations de solvants ou de carburants (composés organiques volatils - COV) contribuent à la formation d'ozone sous l'effet 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.

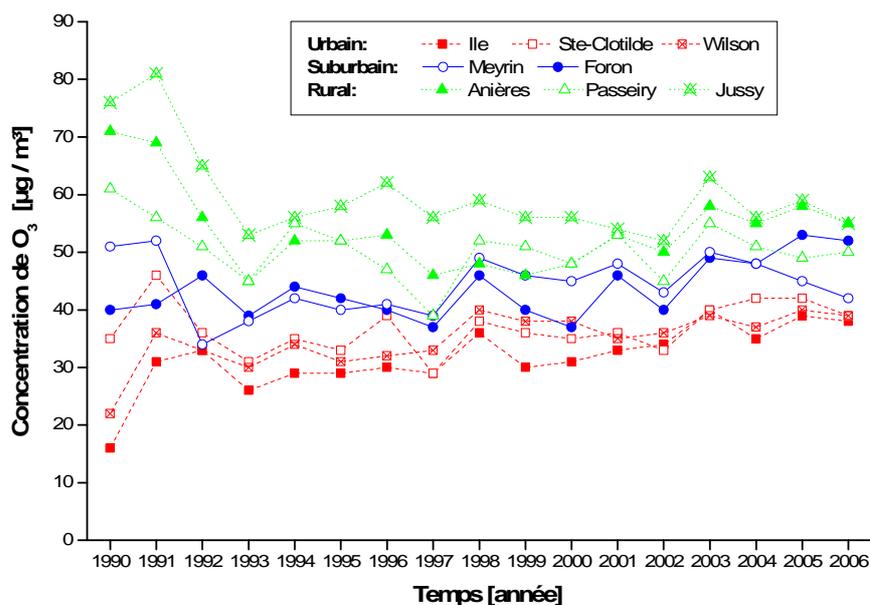
L'effet de l'ozone sur les végétaux reste variable et dépend de l'espèce. Il perturbe entre autre le cycle photosynthétique de la plante, la rendant sensible aux sécheresses et déséquilibrant son cycle nutritif. Le plus souvent cela se traduit par des nécroses et/ou des baisses de rendement des cultures. 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.

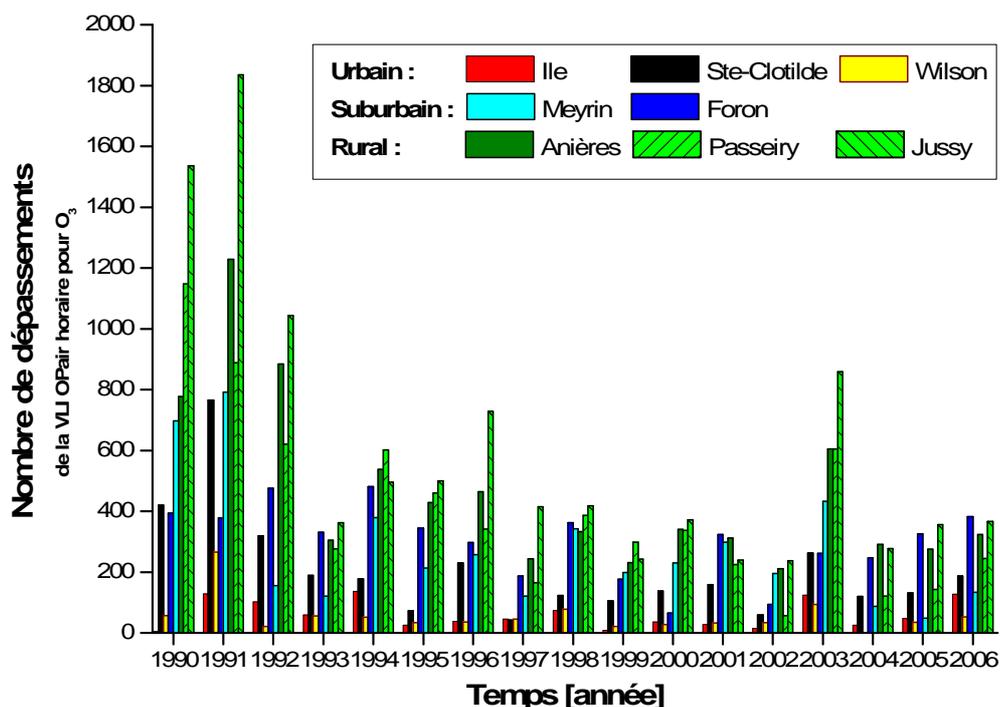
## 5.2.2. Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles



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



### 5.2.4. Nombre de dépassements de la VLI OPair horaire



### 5.2.5. Bilan

Pour toutes les stations, les immissions d'ozone sont toujours excessives.

En raison d'un ensoleillement exceptionnel, le nombre de dépassements a été beaucoup plus important que la normale durant les mois de juin et juillet. Par la suite, avec des mois d'août et septembre normaux et sujets à des brises de fin de journée qui ont dilué la pollution et modéré les niveaux d'ozone journaliers, ce nombre de dépassements a chuté d'une manière drastique. On retrouve ainsi en 2006 des fréquences de dépassements comparables aux années précédentes (abstraction faite de l'année 2003).

<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

### 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 exemple). 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.

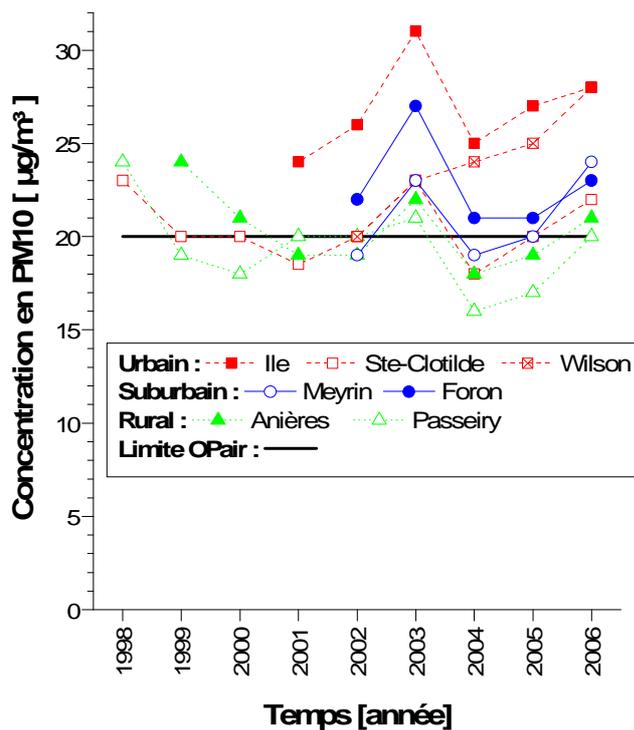
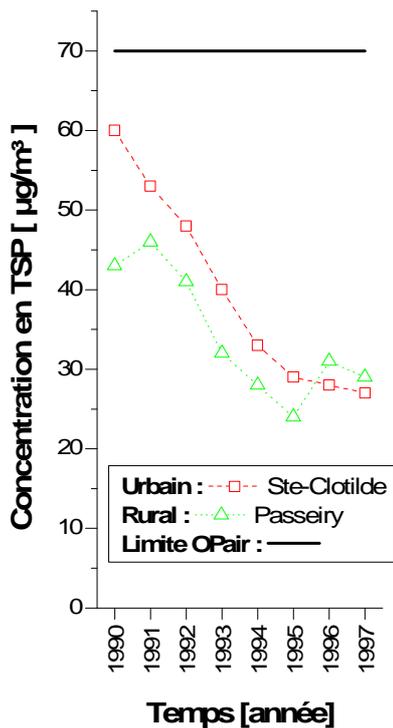
**Nota 1 :** Avant 1998, ce sont les poussières en suspension totales (TSP) qui étaient mesurées. Suite à une modification de l'annexe 7 de l'OPair en vigueur depuis le 1<sup>er</sup> mars 1998, on ne mesure plus que les poussières en suspension dans l'air dont le diamètre aérodynamique est inférieur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

**Nota 2 :** Conformément aux recommandations de la Confédération et suivant le rapport de l'INFRAS "PM10 - umrechnungsmodelle für TEOM - und betameter - messreihen" de janvier 2005, nous avons appliqué un facteur de correction sur les mesures de PM10 effectuées au moyen d'un TEOM (station de l'Ile). Ceci peut expliquer des divergences avec les mesures présentées dans les précédents bilans annuels. A noter que, depuis la mi 2006, le TEOM de l'Ile a été équipé d'un système (FDMS) qui rend désormais caduque l'application de ce facteur.

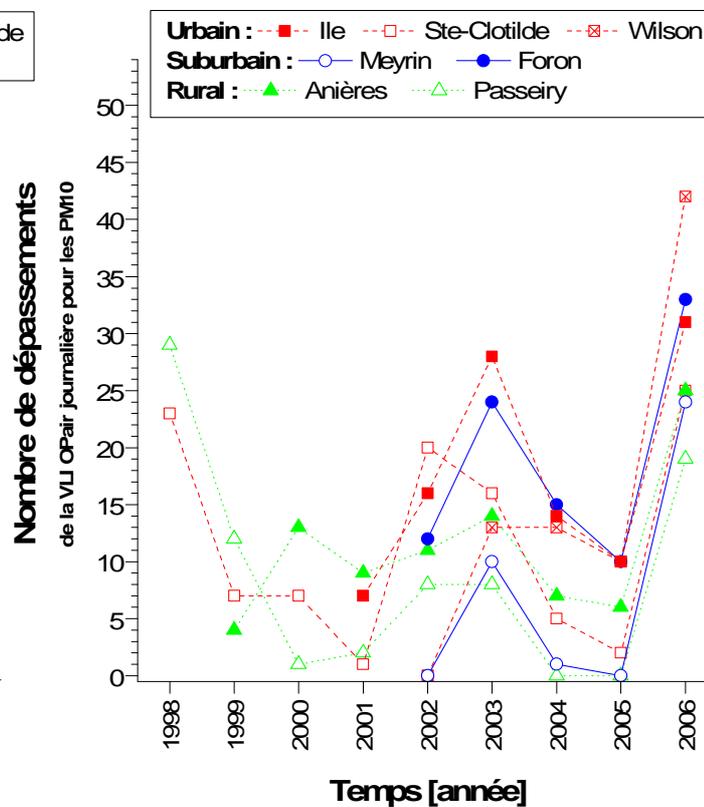
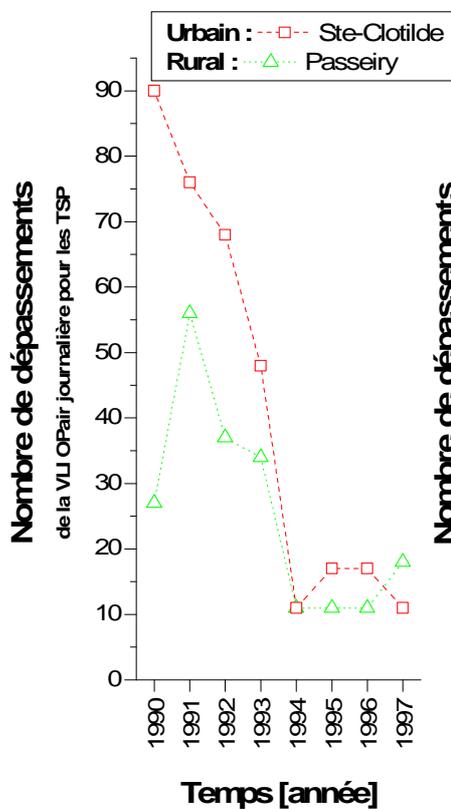
---

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

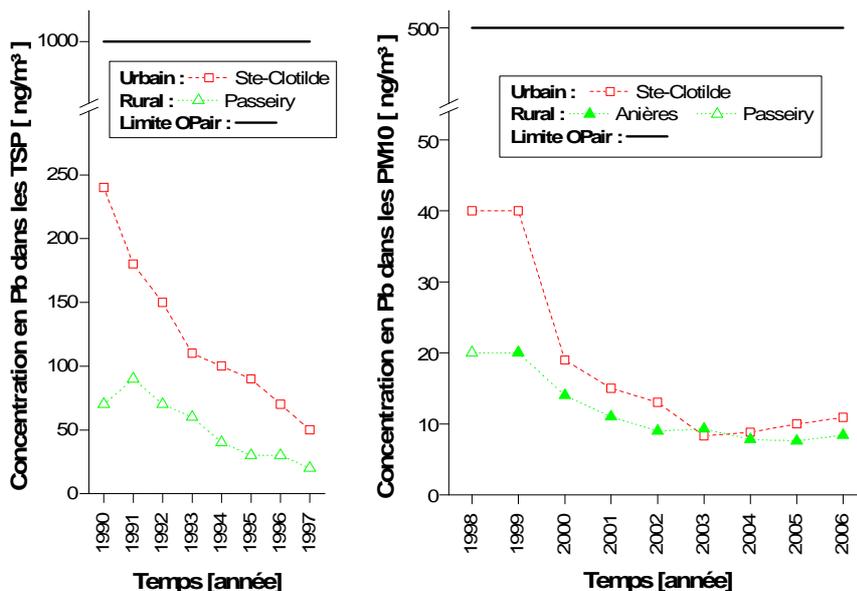
### 5.3.2. Moyenne annuelle



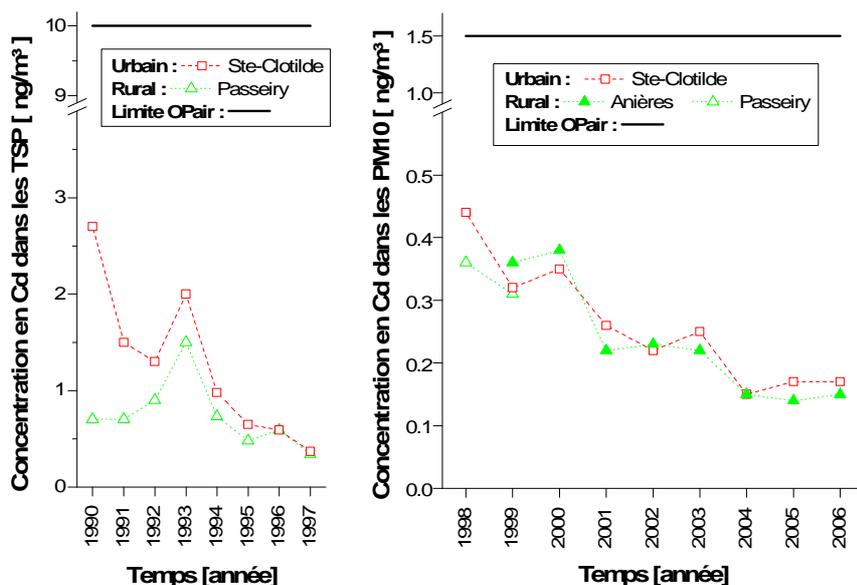
### 5.3.3. Nombre de dépassements de la VLI O'Pair journalière



### 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

Pour les moyennes annuelles, le constat en 2006 démontre une nette dégradation de la situation par rapport à 2005, avec des valeurs en dessus de la VLI OPair pour la plupart des stations. Les conditions météorologiques rencontrées au début de l'année 2006, avec de longues périodes d'inversion thermique durant les mois de janvier et février, ont été propices au développement d'épisodes de pollution aux PM10. Des concentrations encore jamais vues depuis le début des mesures (1998) ont ainsi été enregistrées. Ceci a contribué à faire de l'année 2006 une exception dans les mesures des PM10. Les moyennes annuelles pour le plomb et le cadmium dans les PM10 sont en dessous des VLI OPair, se stabilisant dans le cas du plomb et continuant à s'améliorer pour le cadmium.

## 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>.

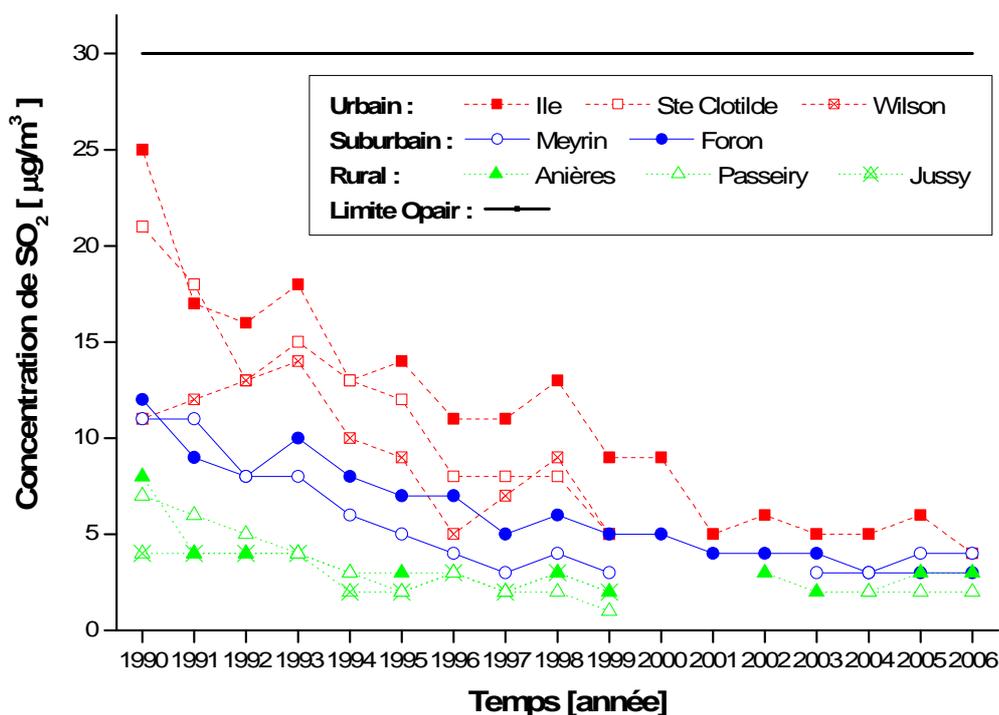
Les normes en vigueur imposent la désulfuration des carburants à 150 ppm pour l'essence et 350 ppm pour le diesel. Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2006, en accord avec les normes européennes, ces valeurs sont passées à 50 ppm pour les deux carburants.

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.

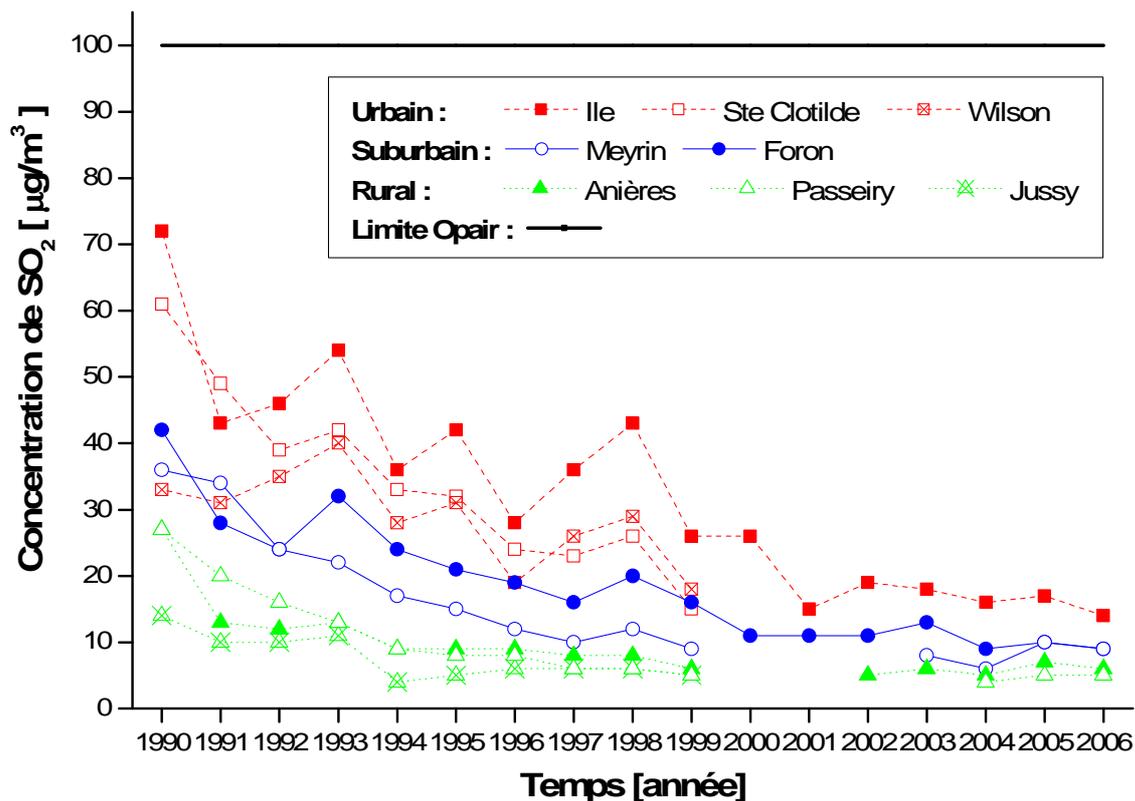
Le SO<sub>2</sub>, associé à des poussières ou en phase gazeuse, forme du SO<sub>3</sub>. Combinée avec d'autres éléments cette substance en solution transite à travers les pierres poreuses et, à terme, peut les endommager en les faisant éclater.

### 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 1990, 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 2006, les immissions de SO<sub>2</sub> sont restées au niveau de celles de 2005. Elles se situent bien en dessous des VLI OPAIR.

## 5.5. Monoxyde de carbone (CO)

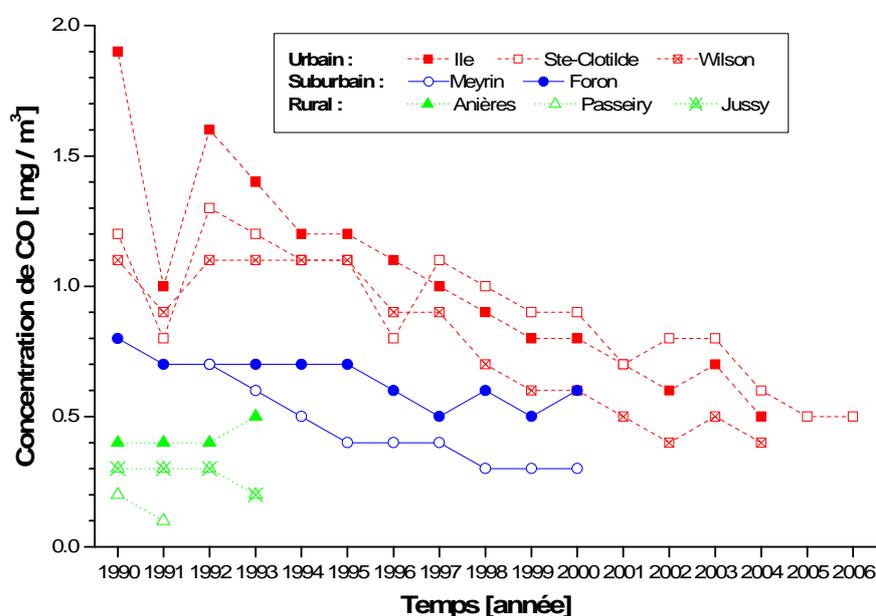
### 5.5.1. Généralités

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 1990, 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

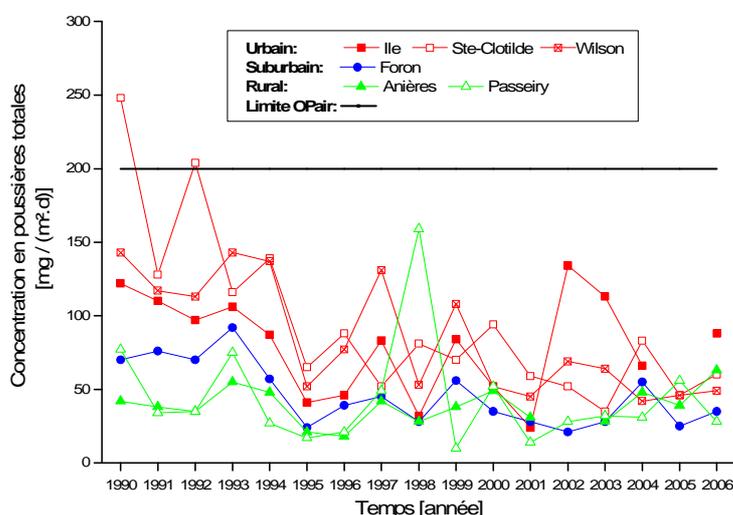
## 5.6. Retombées de poussières

### 5.6.1. Généralités

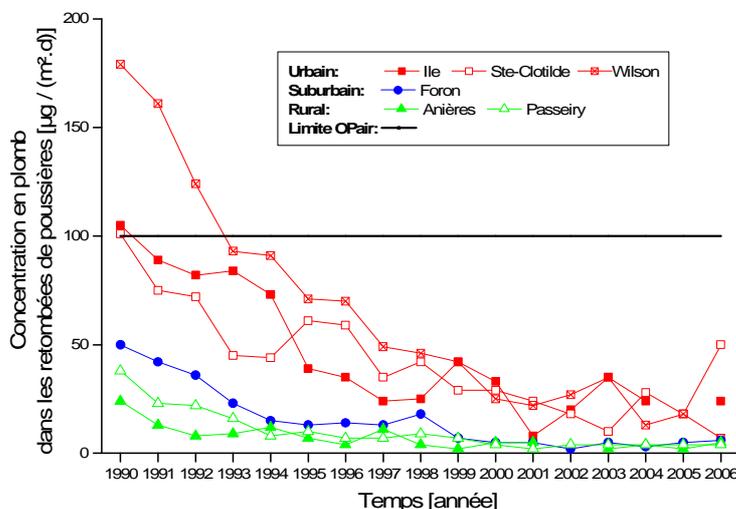
A la différence des PM10, poussières en suspension dans l'air dont le diamètre aérodynamique est inférieur à  $10\ \mu\text{m}$ , les retombées de poussières concernent plus particulièrement les grosses particules qui, de par leur masse, ne restent pas en suspension dans l'air et tombent au sol.

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.

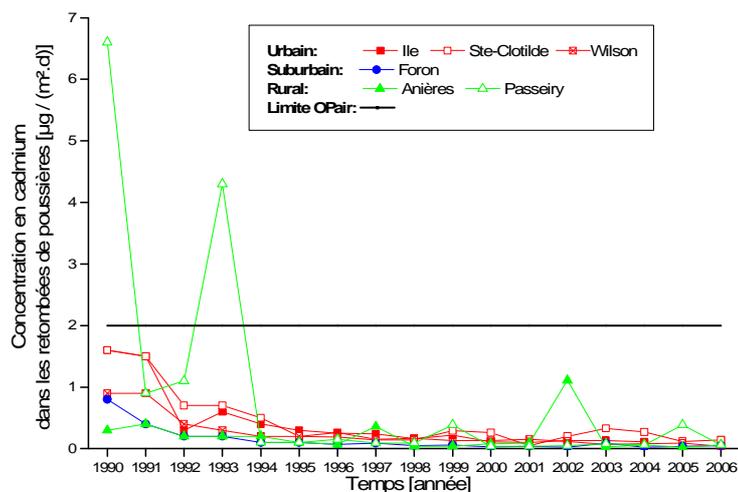
### 5.6.2. Moyenne annuelle totale



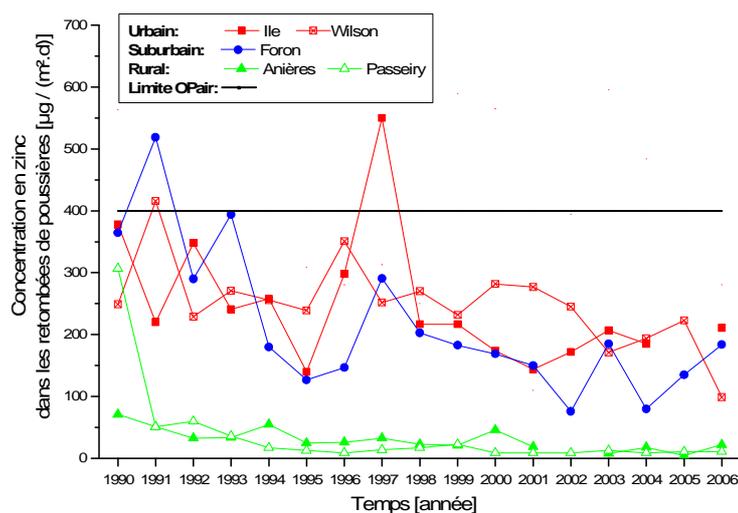
### 5.6.3. Moyenne annuelle pour le plomb (Pb) dans les retombées de poussières



## 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. En 2006, ce réseau comptait 89 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.

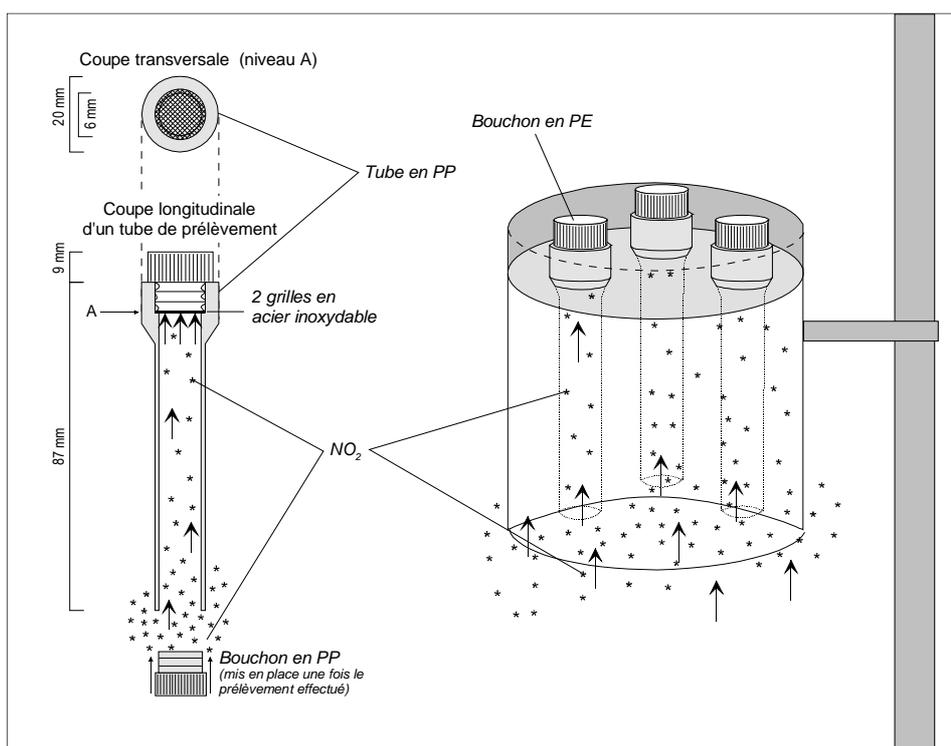
Chaque capteur reçoit deux grilles en acier inox traitées et est obturé à une extrémité par un bouchon en PE. A l'aide d'une micro pipette, 30 µl d'une solution composée de TEA 20 % sont déposés sur les grilles. Afin d'éviter toute contamination due au NO<sub>2</sub> atmosphérique ambiant, l'extrémité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

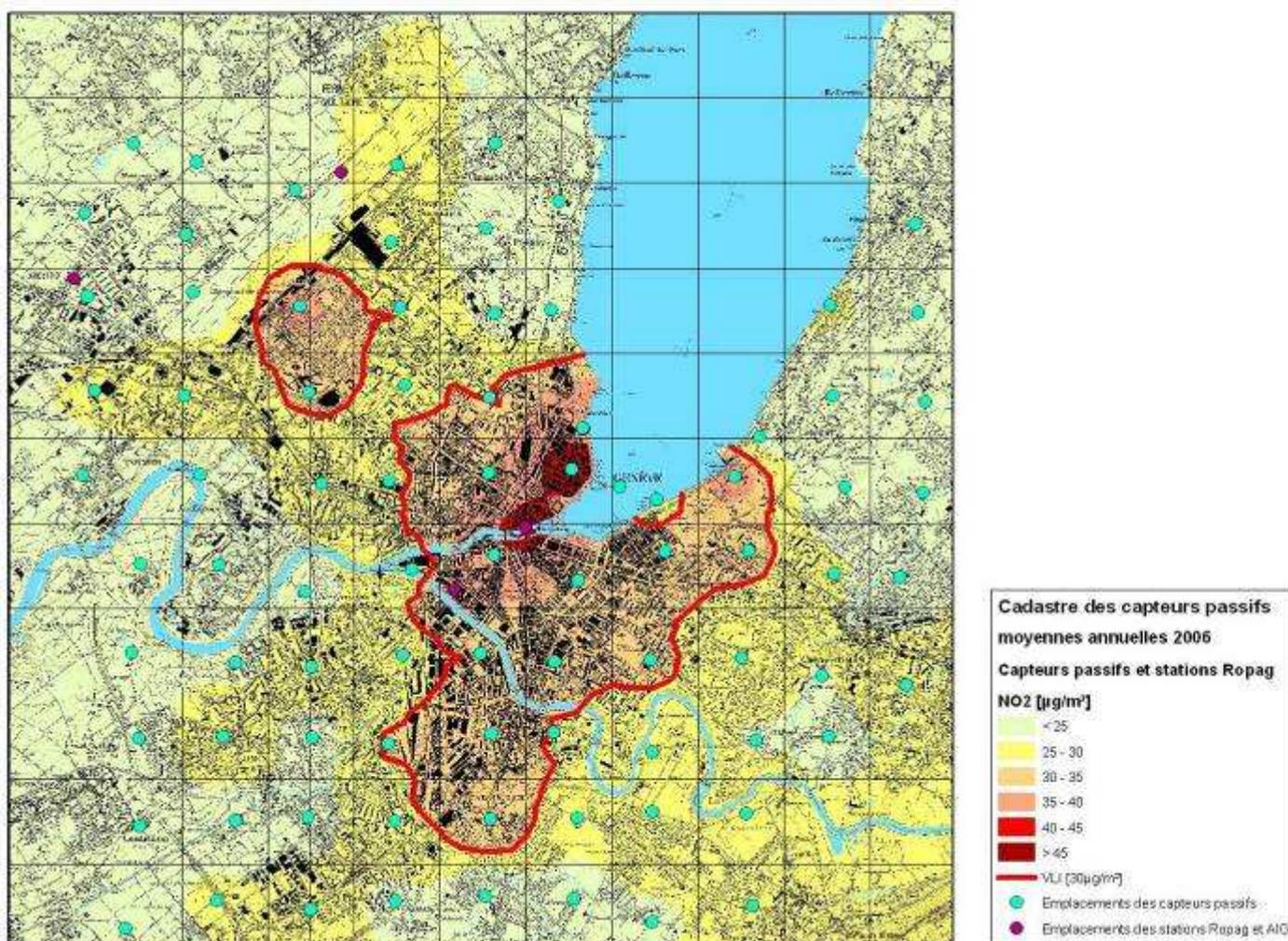
Le tableau de la page 56 donne les emplacements des 89 boîtiers contenant les capteurs passifs de NO<sub>2</sub> ainsi que les concentrations correspondantes pour l'année 2006.

## 6.4. Résultats

Une carte (ci-dessous) des mesures du réseau de capteurs passifs présente les immissions de dioxyde d'azote en moyennes annuelles pour l'année 2006, calculées par interpolation - selon la méthode IDW (Inverse Distance Weighting) - des résultats obtenus sur les 89 points de prélèvement, ainsi que ceux donnés par les stations du ROPAG et de l'aéroport international de Genève (AIG). On peut y reconnaître les zones soumises à des immissions excessives, dont la moyenne annuelle est supérieure à la VLI OPair ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Le constat en 2006 est similaire à celui qui avait été fait pour l'année 2005 : les zones à immissions excessives couvrent toujours principalement la ville de Genève ainsi qu'une partie de l'agglomération genevoise. Les concentrations peinent à y descendre en dessous des VLI, malgré les mesures mises en place dans le cadre des Plans de mesures OPair successifs.

### **Concentration moyenne du $\text{NO}_2$ pour l'année 2006**



## Emplacements et concentrations moyennes annuelles 2006 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      | 2006   |                               | X               | Y      | 2006   |
| Rte de Prévessin           | 495434          | 122459 | 16.2   | Prom. de St-Antoine           | 500605          | 117334 | 33.6   |
| Av. A.F. Dubois            | 496167          | 122239 | 23.7   | R. Ernest-Block               | 501610          | 117673 | 31.7   |
| Aéroport/Bois Perdriaux    | 497311          | 121917 | 15.8   | Ch. Frank-Thomas              | 502588          | 117683 | 32.4   |
| Voie des Traz/Voirie       | 498502          | 122207 | 34.3   | Ch. de Grange-Falquet         | 503576          | 117409 | 25.7   |
| Ch. de Valérie             | 499629          | 122464 | 23.0   | Ch. des Meures                | 504342          | 117363 | 19.4   |
| Ch. des Cornillons         | 500379          | 121780 | 20.3   | Ch. des Mouilles/Rte. de Loex | 495413          | 116483 | 21.8   |
| Rue des Lattes             | 494862          | 121644 | 14.9   | Av. des Grandes-Communes      | 496618          | 116369 | 23.6   |
| Ch. du Marais Long         | 496044          | 121388 | 16.7   | Avenue des Morgines           | 497503          | 116314 | 31.0   |
| Ch. de la Colombelle       | 498422          | 121308 | 27.4   | Chemin de Surville            | 498567          | 116454 | 25.7   |
| Ch. Palud                  | 499528          | 121458 | 20.6   | Route des Acacias             | 499461          | 116477 | 29.8   |
| Ch. de Trémessaz           | 504515          | 121513 | 19.4   | Rue Alcide Jentzer            | 500331          | 116381 | 29.7   |
| Rue de la Golette          | 494898          | 120665 | 19.8   | Avenue Eugène Pittard         | 501444          | 116399 | 31.8   |
| Ch. de Perrault            | 496128          | 120714 | 19.7   | Ch. des Bougeries             | 502506          | 116417 | 25.6   |
| Ch. Riant- Bosquet         | 497366          | 120544 | 39.3   | Rte de Malagnou               | 503434          | 116212 | 24.8   |
| Ch. du Pommier             | 498533          | 120537 | 30.2   | Av. Adrien Jeandin            | 504413          | 116106 | 30.5   |
| CICR                       | 499639          | 120470 | 23.2   | Ch. de Gambay                 | 495497          | 115472 | 20.9   |
| Ch. de l'Impératrice       | 500280          | 120510 | 19.1   | Ch. de l'Auberge              | 496473          | 115493 | 35.6   |
| Ch. du Nant d'Argent       | 503528          | 120559 | 27.3   | Chemin de Gilly               | 497508          | 115486 | 21.1   |
| Ch. Marclay                | 504550          | 120480 | 16.3   | Avenue Eugène Lance           | 498390          | 115409 | 30.6   |
| Ch. Deley                  | 494977          | 119560 | 26.5   | Place de Sardaigne            | 499594          | 115525 | 38.3   |
| Rte de Vernier             | 496020          | 119503 | 34.3   | Rue Daniel Gevriil            | 500315          | 115551 | 29.3   |
| Les Avanchets              | 497469          | 119536 | 30.8   | Stade de Vessy                | 501462          | 115314 | 21.4   |
| Chemin des Crêts           | 498586          | 119622 | 29.2   | Ch de Rogou                   | 502673          | 115458 | 24.1   |
| Square de Mesmes           | 499570          | 119479 | 29.2   | Ch. de la Béraille            | 503516          | 115498 | 22.0   |
| Station Wilson             | 500657          | 119115 | 38.8   | Ch. des Marais                | 495505          | 114445 | 23.4   |
| Ch. de Bellefontaine       | 502710          | 119020 | 21.0   | Ch. des Charrotons            | 496623          | 114506 | 19.0   |
| Ch. de la Fraidieu         | 503567          | 119499 | 19.9   | Ch. du Nant-Boret             | 497463          | 114553 | 21.6   |
| Ch. des Peutets            | 504637          | 119420 | 17.3   | Ch. des Pontets               | 498463          | 114509 | 30.5   |
| Ch. du Progrès             | 494846          | 118560 | 23.3   | Rte. de Drize                 | 499582          | 114530 | 38.2   |
| Ch. du Moulin des Frères   | 496211          | 118576 | 16.9   | Plateau de Pinchat            | 500585          | 114543 | 25.5   |
| Chemin du Croissant        | 497613          | 118465 | 27.3   | Rte de Veyrier                | 501465          | 114614 | 37.7   |
| Rue de Bourgogne           | 498406          | 118498 | 29.1   | Rte du Stand-de-Veyrier       | 502559          | 114595 | 32.6   |
| R. Eberhardt               | 499562          | 118596 | 33.3   | Ch. des Bis                   | 495334          | 113242 | 17.7   |
| Pl. de la Navigation       | 500528          | 118634 | 48.0   | Rte. de Base                  | 496397          | 113575 | 27.0   |
| Rue de Berne               | 500359          | 118689 | 39.2   | Rte. de Bardonnex             | 497492          | 113464 | 28.8   |
| Phare des Pâquis           | 501088          | 118427 | 25.6   | Ch. de Vers/Ch. Vandel        | 498479          | 113564 | 23.5   |
| Débarcadère CGN            | 501518          | 118284 | 26.1   | Ch. Massenet                  | 499522          | 113620 | 19.2   |
| Rampe de Cologny           | 502420          | 118556 | 41.9   | Ch. Sous-le-Crêt              | 500545          | 113597 | 20.2   |
| Ch. des Falquets           | 503700          | 118430 | 16.6   | Ch. des Marais                | 501467          | 113325 | 23.8   |
| Ch. de la Seymaz           | 504619          | 118365 | 20.6   | Ch. des Rasses                | 502625          | 113508 | 25.6   |
| Ch. des Blanchards (ferme) | 495513          | 117520 | 19.2   | Rte d'Annecy                  | 499654          | 112532 | 23.0   |
| Ch. Nicolas-Bogueret       | 496430          | 117511 | 20.7   | Rte de Pierre-Grand           | 500506          | 112643 | 20.5   |
| Ferme de St-Georges        | 497429          | 117196 | 21.5   | Ch. de la Contonnière         | 501320          | 112444 | 27.7   |
| Dépôt TPG                  | 498667          | 117459 | 25.5   | Ch. de Tatte-Simond           | 502578          | 113003 | 26.7   |
| R. de la Synagogue         | 499622          | 117624 | 39.5   |                               |                 |        |  |

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



: Dépassement de la VLI OPair.

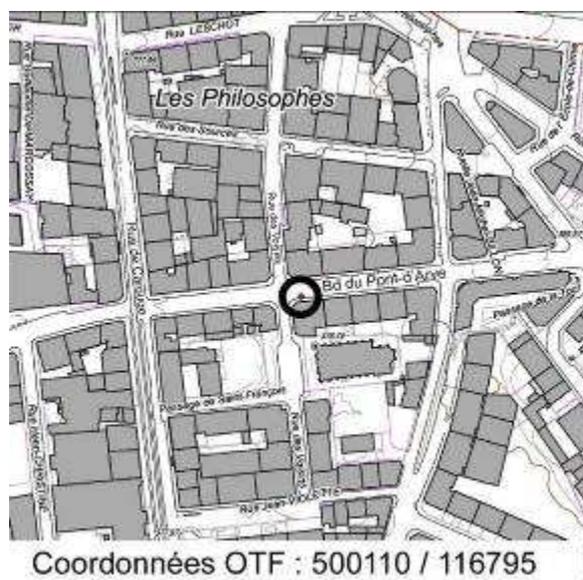
# 7. Campagne de mesure au boulevard du Pont d'Arve

## 7.1. Motivations des mesures

En accord avec le service mobilité de la ville de Genève, l'office cantonal de la mobilité (OCM) et le service de protection contre le bruit et les rayonnements non ionisants (SPBR), le service cantonal de protection de l'air (SCPA) a installé une de ses remorques mobiles au boulevard du Pont d'Arve, endroit souffrant à première vue d'une pollution probablement élevée.

## 7.2. Emplacement et période de mesure

La station de mesure mobile a été placée au boulevard du Pont d'Arve entre les numéros 17 et 19, juste après l'intersection avec la rue des Voisins.



**Figure 1. Emplacement et photo in situ de la remorque mobile**

La période de mesure s'est étendue du 7 juin 2005 au 5 juin 2006.

## 7.3. Particularités du site

**Physique:** Le site est encaissé, de type "canyon", entre des bâtiments en continu le long des deux côtés du boulevard. Les trottoirs sont plutôt étroits par rapport à la largeur du boulevard.

**Trafic:** Le trafic est en sens unique sur deux voies.

**Vents:** Le boulevard du Pont d'Arve est abrité de la bise et peu soumis au vent du sud-ouest, car il est encaissé et décalé par rapport à l'axe du vent. On y rencontre un vent en général très faible, souvent d'origine thermique et plutôt dirigé ouest-est, dans l'axe du boulevard. La dilution des polluants par le vent est par conséquent relativement faible.

## 7.4. Comptage du trafic

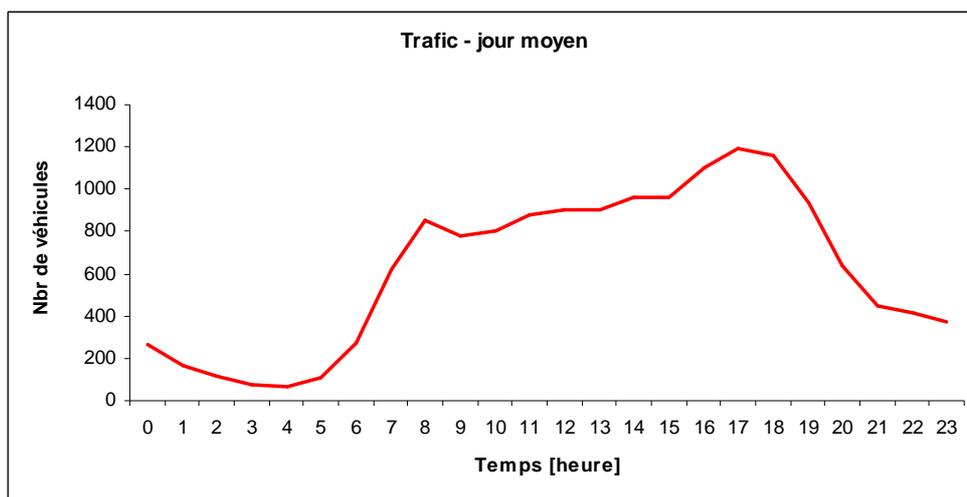
Un système de comptage du trafic a été installé par l'OCM pendant la période de mesure, au carrefour du boulevard du Pont d'Arve avec la rue Micheli-du-Crest.



**Figure 2. Emplacement des boucles de comptage (source: observatoire de l'OCM)**

Le boulevard du Pont d'Arve est un des axes principaux d'évitement de l'hyper centre. Avec environ 17'000 véhicules par jour (jours ouvrables), cette artère est l'une des rues à deux voies les plus fréquentées de la ville.

D'après la figure 3 ci-dessous, le comptage horaire résultant du calcul d'un jour moyen\*\* montre un trafic de transit avec un léger pic le matin, une persistance importante en cours de journée et un pic plus important en fin d'après-midi. Le fait que cet axe soit en sens unique explique qu'il est plus utilisé en fin d'après-midi pour quitter la ville.

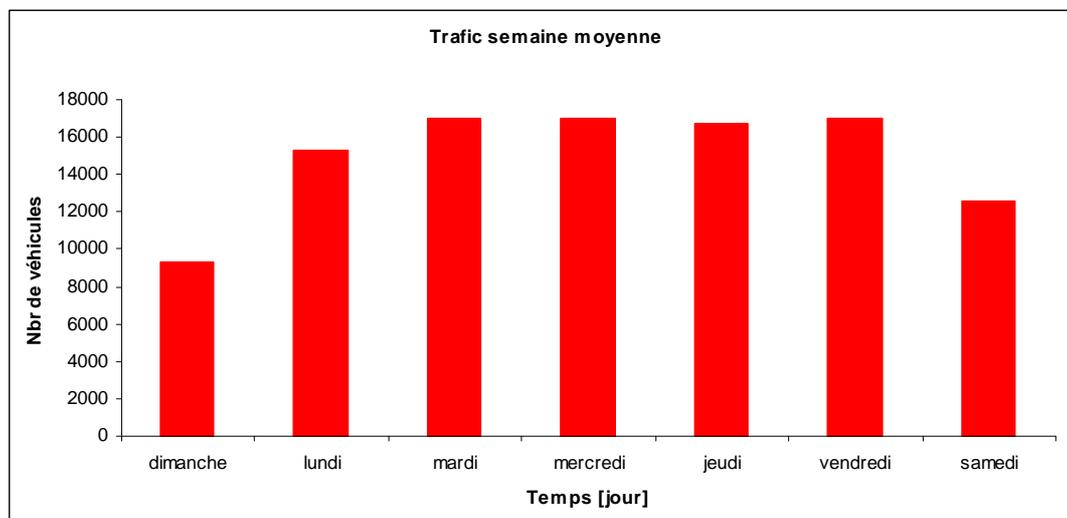


**Figure 3. Nombre de véhicules par heure pendant un jour moyen\*\*, période du 7 juin 2005 au 5 juin 2006 (source : Observatoire de l'OCM)**

Afin d'avoir un aperçu de la répartition du trafic, l'OCM a effectué trois pointages manuels (mardi 21 juin 2005 - beau et frais, jeudi 4 août 2005 - relativement beau et mardi 13 juin 2006 - beau et agréable). Si on prend la tranche horaire de ces pointages, allant de 7h30 à 9h, il ressort que, sur l'ensemble du trafic, environ 20% est constitué de 2 roues et 2% de poids lourds.

\*\* Le jour moyen est calculé en moyennant (heure par heure) les données horaires des profils journaliers sur une année.

La figure 4 ci-après montre le comptage journalier résultant du calcul d'une semaine moyenne<sup>††</sup> durant la période donnée. On y voit la différence entre les jours ouvrables et le week-end, avec pratiquement la moitié moins de trafic le dimanche (env. 9'000 véhicules) par rapport au reste de la semaine ouvrable (env. 17'000 véhicules).



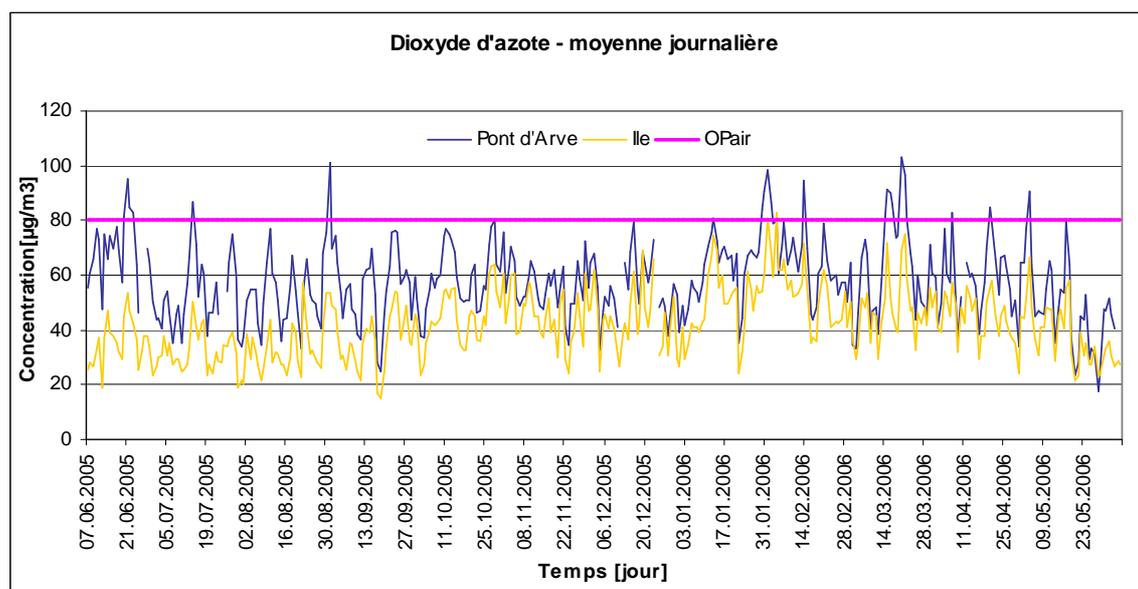
**Figure 4. Nombre de véhicules par jour pendant une semaine moyenne<sup>††</sup>, période du 7 juin 2005 au 5 juin 2006 (source : Observatoire de l'OCM)**

## 7.5. Mesure des immissions

### 7.5.1. Exposé des résultats

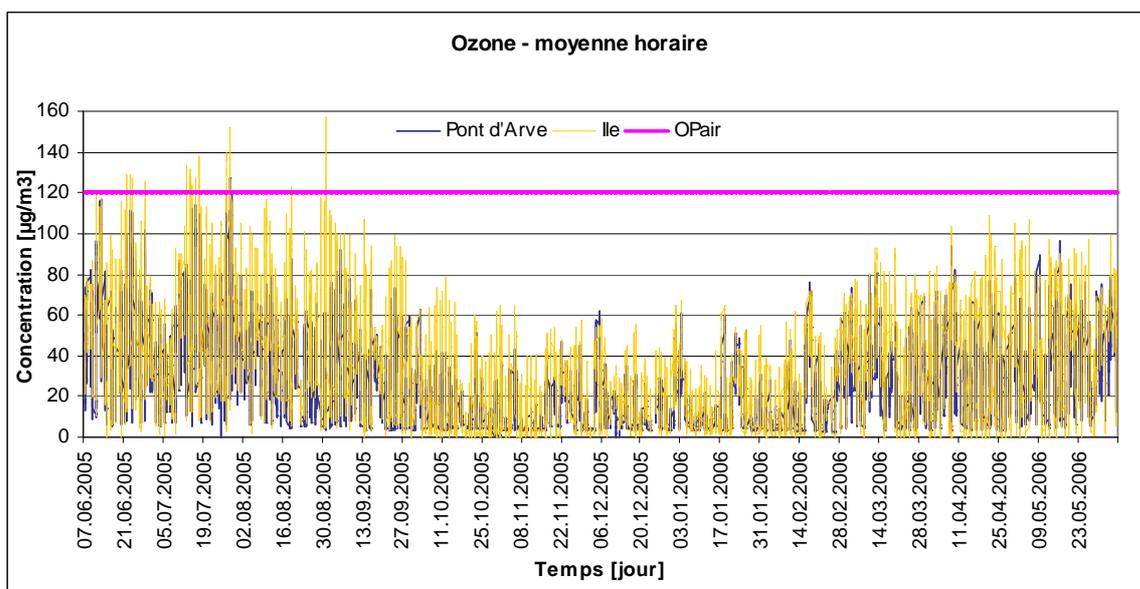
Les figures 5 à 7 ci-après montrent le résultat des mesures d'immissions pour les polluants NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et SO<sub>2</sub>, comparant les mesures du boulevard du Pont d'Arve avec des mesures fixes en ville (station de l'Ile).

**Nota :** Suite à un problème technique, les mesures de PM10 ne peuvent pas être présentées ici.

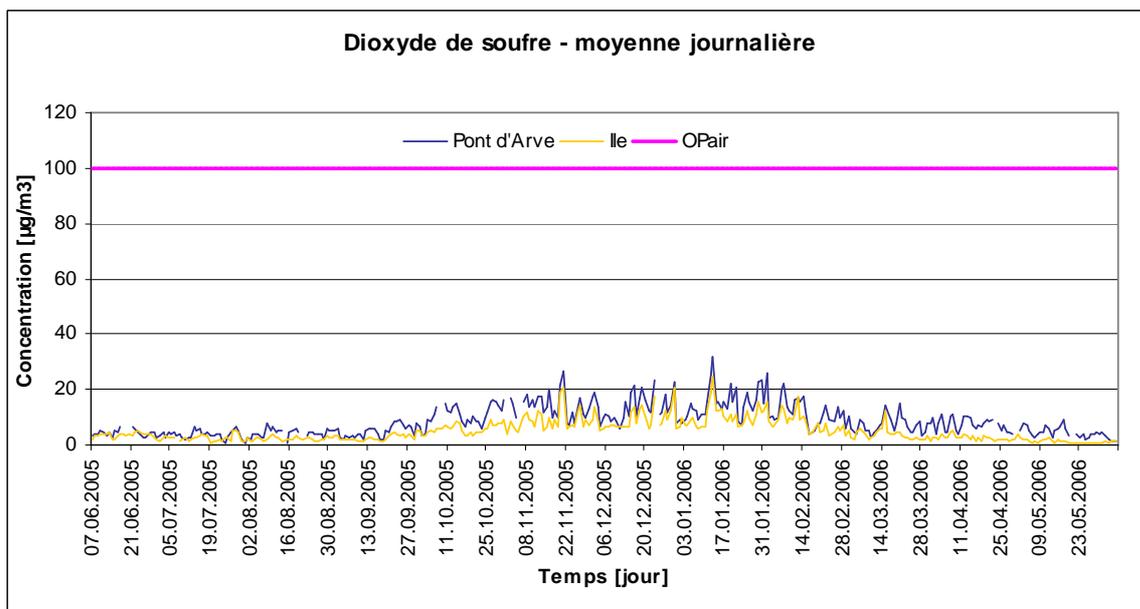


**Figure 5. Évolution de la moyenne journalière en NO<sub>2</sub> du 7 juin 2005 au 5 juin 2006**

<sup>††</sup> La semaine moyenne est calculée en moyennant (jour par jour) les données journalières des profils hebdomadaires sur une année.

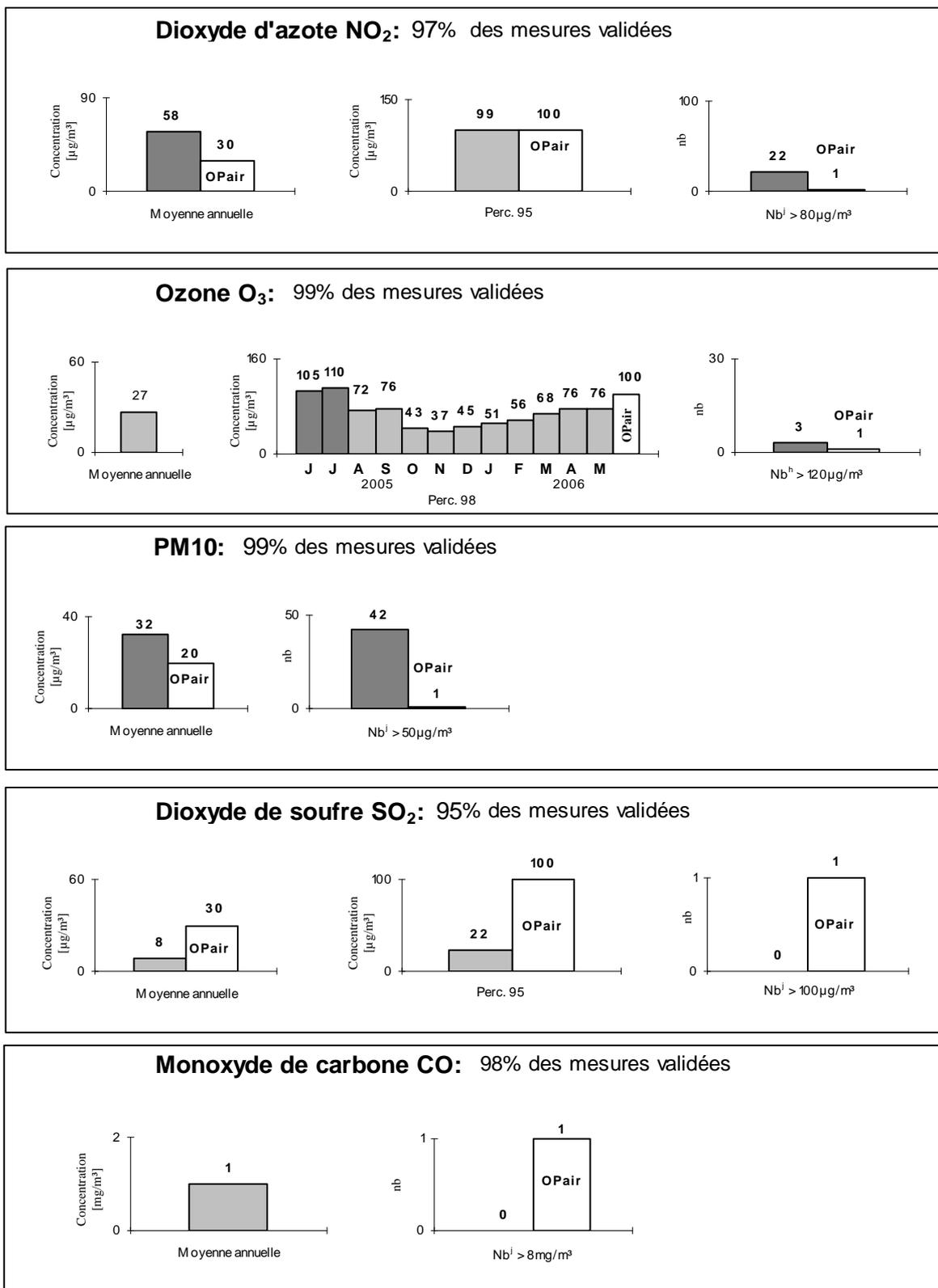


**Figure 6. Évolution de la moyenne horaire en  $O_3$  du 7 juin 2005 au 5 juin 2006**



**Figure 7. Évolution de la moyenne journalière en  $SO_2$  du 7 juin 2005 au 5 juin 2006**

Le tableau ci-après donne un récapitulatif des mesures effectuées.



**Figure 8. Récapitulatif des mesures du 7 juin 2005 au 5 juin 2006**

**Légendes et abréviations**

Perc. 95 : Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles.  
 Perc. 98 : Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles.  
 Nb<sup>h</sup> : Nombre de moyennes horaires.  
 Nb<sup>l</sup> : Nombre de moyennes journalières.

Nota1 : Mesure validée = Mesure ayant passé avec succès les contrôles (automatiques et manuels) servant à garantir la qualité et l'exactitude des mesures.

Nota2 : La moyenne annuelle pour l'ozone n'est pas fixée dans l'OPair.

Nota3 : La moyenne annuelle pour le monoxyde de carbone n'est pas fixée dans l'OPair.

## 7.5.2. Commentaires

Les mesures effectuées au boulevard du Pont d'Arve sont typiques d'une rue encaissée présentant un trafic important. Les concentrations en polluants tels que le NO<sub>2</sub>, les PM10, le SO<sub>2</sub> ou le CO sont ainsi plus élevées que celles mesurées aux stations fixes urbaines du réseau ROPAG, dont les emplacements ont été déterminés afin d'être représentatifs de toute une zone.

Les concentrations en NO<sub>2</sub>, polluant issu principalement du trafic routier, sont élevées. La moyenne annuelle de 58 µg/m<sup>3</sup> est presque le double de la valeur limite OPair annuelle de 30 µg/m<sup>3</sup>, et on dénombre 22 dépassements de la valeur limite OPair journalière de 80 µg/m<sup>3</sup>.

Les concentrations en O<sub>3</sub> sont faibles. Elles sont caractéristiques d'un site urbain, où la forte pollution par les oxydes d'azote favorise la destruction de l'O<sub>3</sub>.

Les concentrations en PM10 sont, tout comme le NO<sub>2</sub>, élevées en regard des valeurs limites de l'OPair. La moyenne annuelle est de 32 µg/m<sup>3</sup> et on dénombre 42 dépassements de la valeur limite OPair journalière de 50 µg/m<sup>3</sup>.

Les concentrations en SO<sub>2</sub> ne sont pas problématiques, même dans cette zone à trafic intense. Ceci vient en grande partie de l'amélioration de la qualité des carburants et des combustibles, notamment leur désulfuration.

Tout comme le SO<sub>2</sub>, le CO est un polluant qui n'est plus problématique et les concentrations mesurées restent faibles (moyenne annuelle d'environ 1 mg/m<sup>3</sup>) et la VLI OPair journalière de 8 mg/m<sup>3</sup> n'a pas été dépassée.

## 7.6. Semaine et journée moyenne

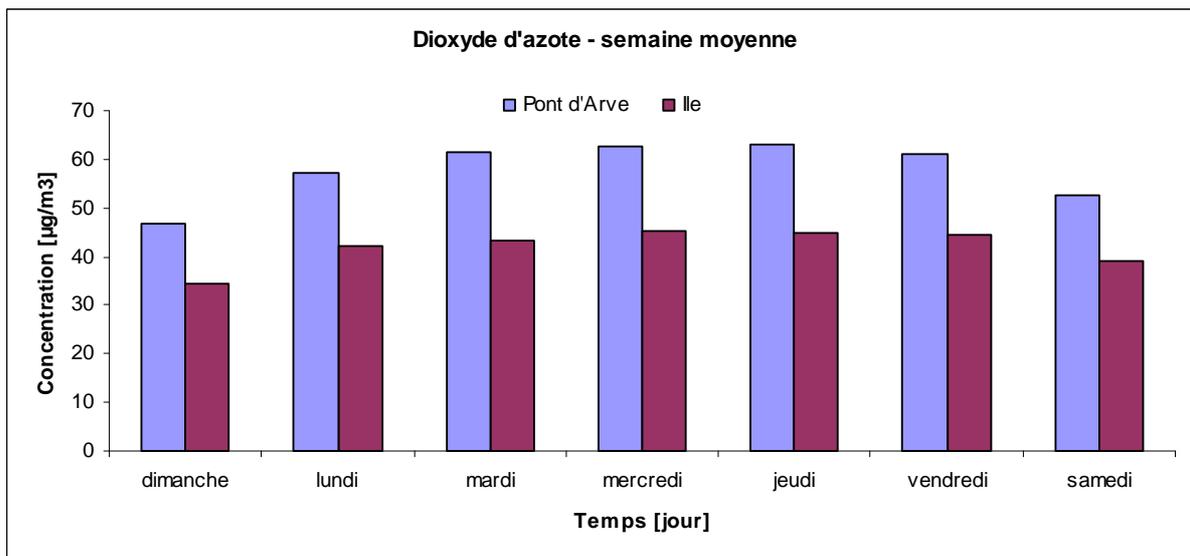
Les figures suivantes présentent :

- Les évolutions, jour par jour, des concentrations pendant une semaine moyenne.
- Les évolutions, demi-heure par demi-heure, des concentrations pendant une journée moyenne.

Par analogie avec le §7.4 :

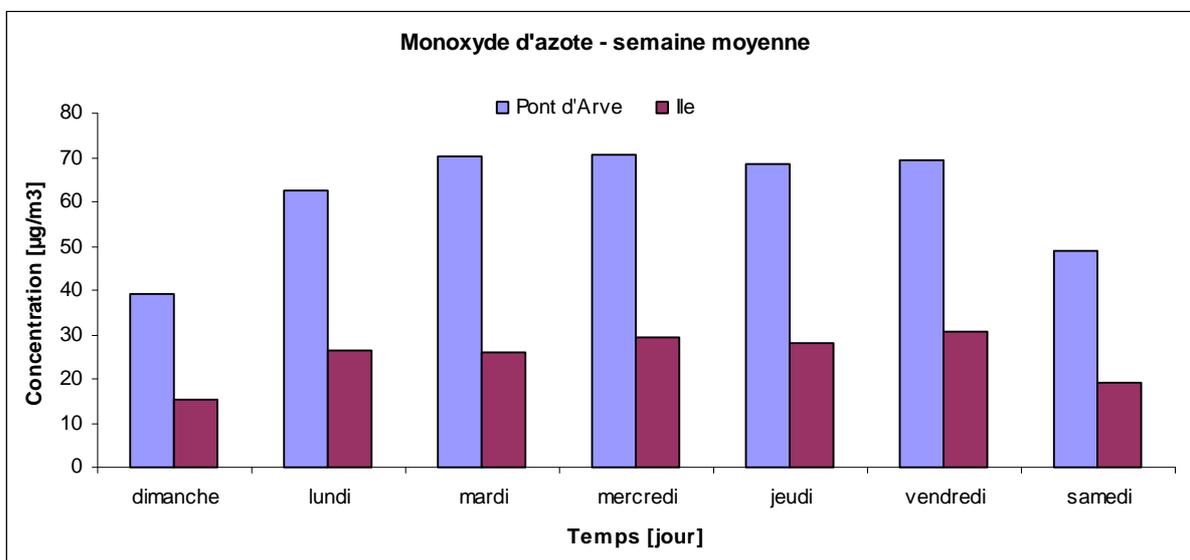
- La semaine moyenne est calculée en moyennant (jour par jour) les données journalières des profils hebdomadaires sur une année.
- Le jour moyen est calculé en moyennant (demi-heure par demi-heure) les données semi-horaires des profils journaliers sur une année.

## 7.6.1. Évolution des concentrations pendant une semaine moyenne



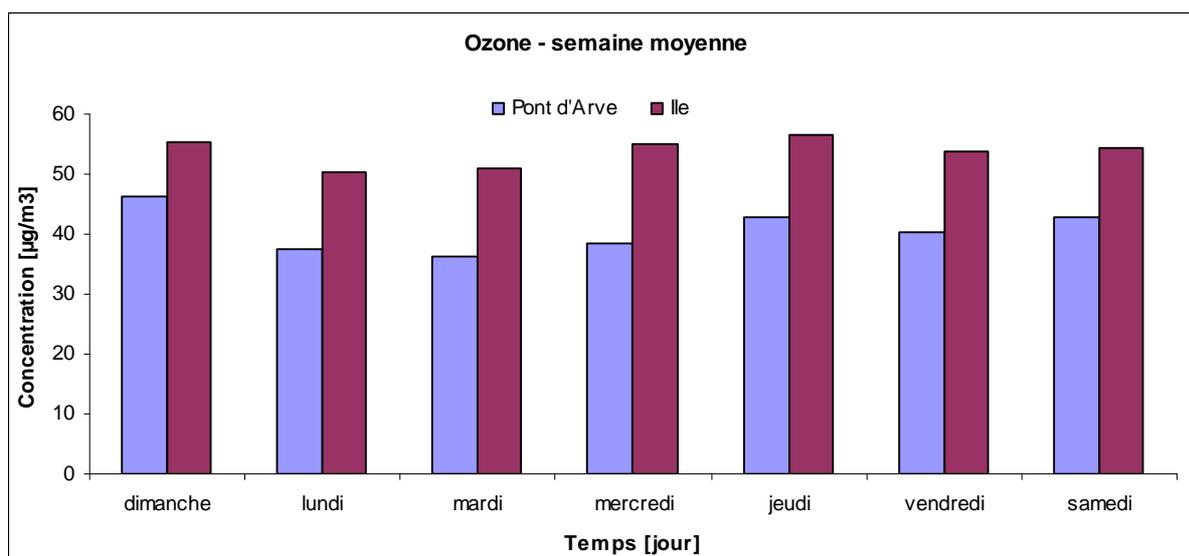
**Figure 9. Concentrations journalières en NO<sub>2</sub> pendant une semaine moyenne**

On constate la même corrélation, pour les 2 sites de l'Ile et du boulevard du Pont d'Arve, entre les concentrations journalières de NO<sub>2</sub> et le trafic journalier sur une semaine (figure 4), avec des valeurs et une amplitude plus importantes à la station mobile du Pont d'Arve qu'à la station fixe de l'Ile (pour rappel la valeur limite OPAir journalière est de 80 µg/m<sup>3</sup>).



**Figure 10. Concentrations journalières en NO pendant une semaine moyenne**

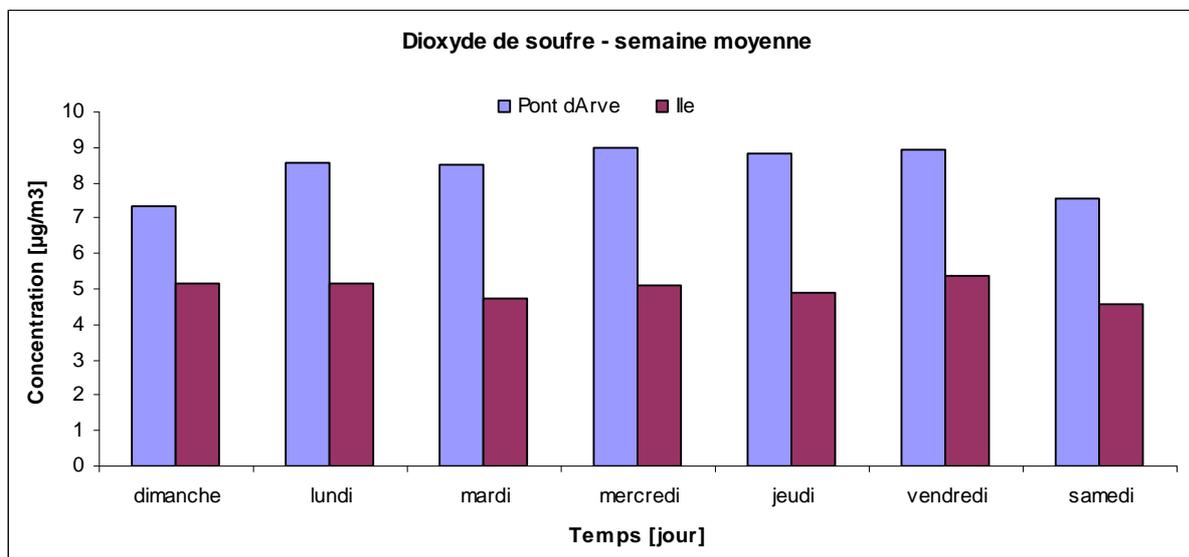
Le NO est un polluant très caractéristique de la proximité des émissions dues aux processus de combustion et donc notamment du trafic routier (combustion de carburant). Il confirme la corrélation avec le trafic, qui baisse de manière importante pendant le week-end.



**Figure 11. Concentrations journalières en O<sub>3</sub> pendant une semaine moyenne en été, du 7 juin au 30 septembre 2005**

L'O<sub>3</sub> étant un polluant estival qui se forme sous l'action du soleil, il est plus significatif de se limiter à la période estivale pour en faire l'analyse. La période allant du 7 juin au 30 septembre 2005 a ainsi été retenue.

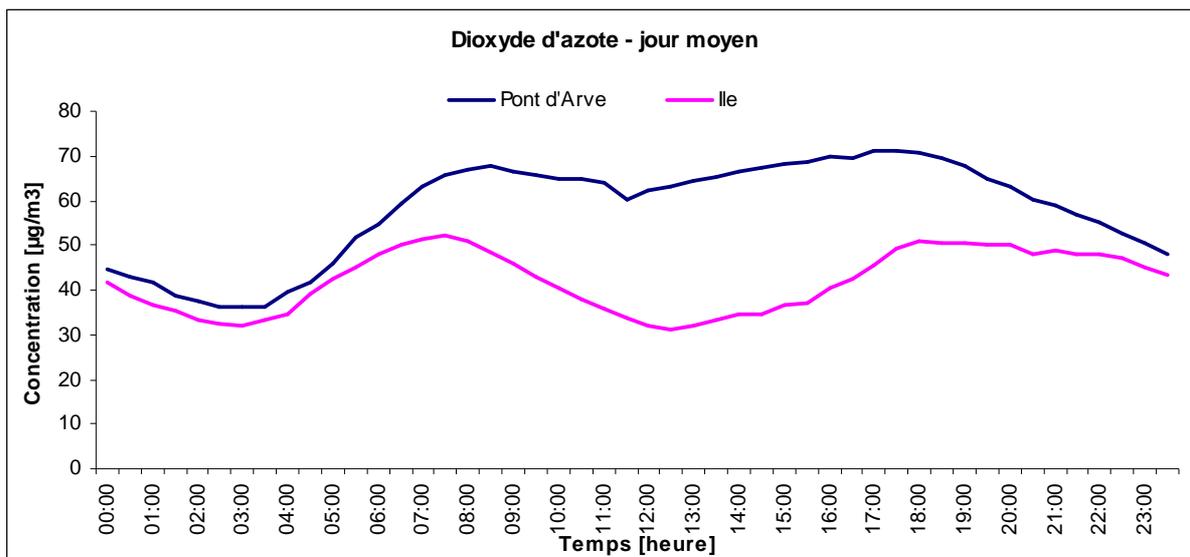
En été, l'O<sub>3</sub> varie peu en fonction du jour de la semaine. Les concentrations journalières les plus élevées sont mesurées durant les week-ends car il y a à la fois moins de polluants précurseurs à la création d'O<sub>3</sub> mais aussi moins de polluants qui détruisent l'O<sub>3</sub>. Les concentrations en O<sub>3</sub> au boulevard du Pont d'Arve sont, par ailleurs, plus faibles que celles mesurées à la station de l'Ile, l'O<sub>3</sub> étant plus détruit par les oxydes d'azote qui sont dans des concentrations plus élevées.



**Figure 12. Concentrations journalières en SO<sub>2</sub> pendant une semaine moyenne**

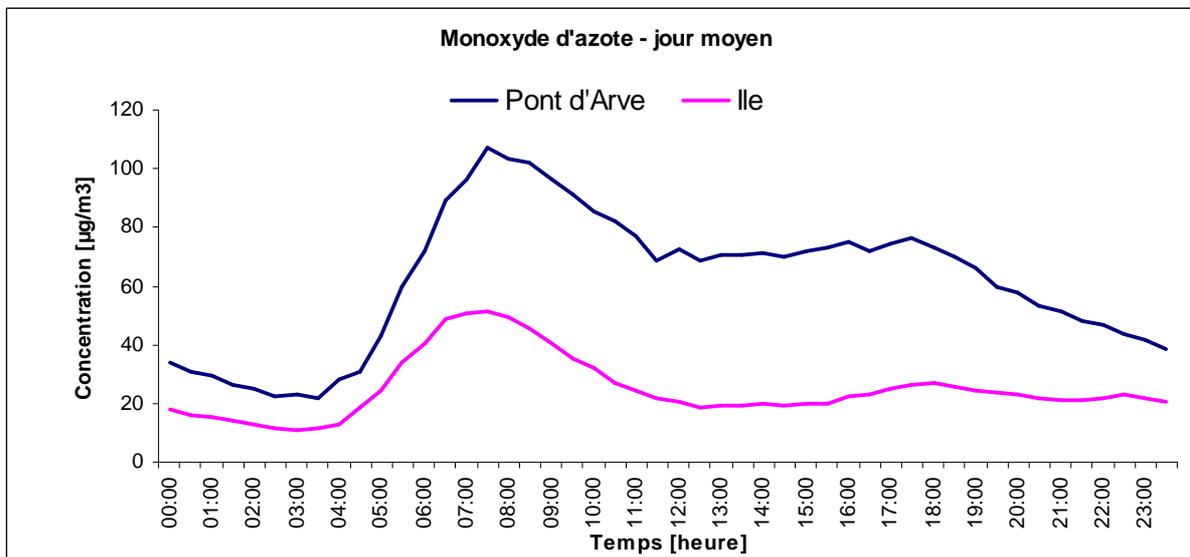
Pour le SO<sub>2</sub>, le site du boulevard du Pont d'Arve est plus influencé par la pollution due au trafic que le site de l'Ile. Ceci s'explique par le peu d'influence du jour de la semaine sur les concentrations journalières moyennes relevées sur le site de l'Ile.

## 7.6.2. Évolution des concentrations pendant un jour moyen



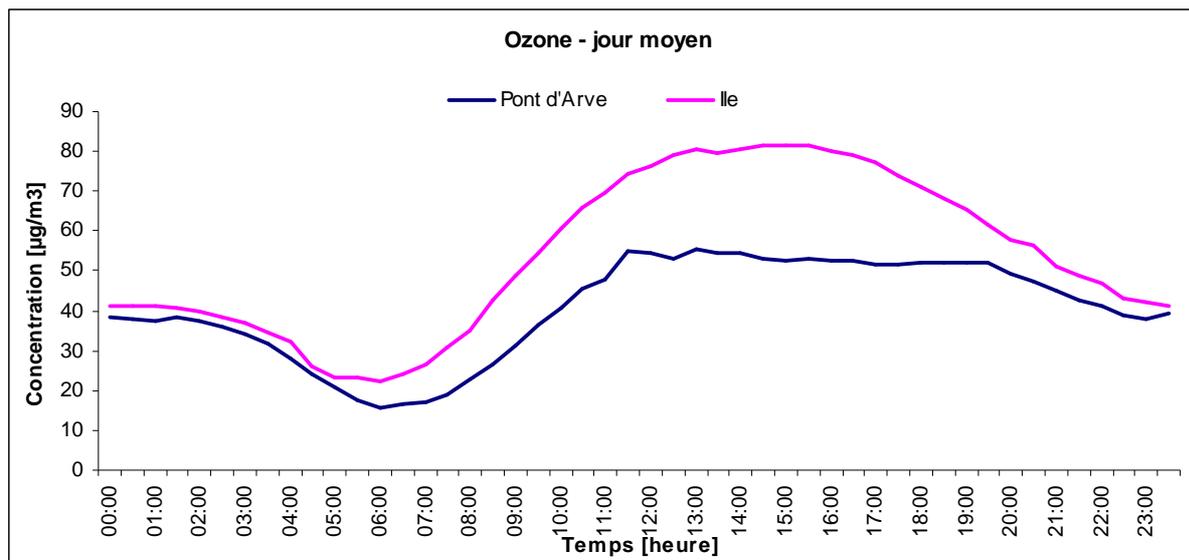
**Figure 13. Concentrations semi-horaires en NO<sub>2</sub> pendant un jour moyen**

Le profil des concentrations semi-horaires en NO<sub>2</sub> pendant un jour moyen au site du Pont d'Arve montre un palier en cours de journée, avec des valeurs relativement élevées par rapport à celles de la station de l'Ile. Si on compare le pic du matin avec celui de la figure 14 suivante, on remarque le décalage dans le temps de sa position. Ceci peut s'expliquer en partie par le temps mis au NO pour s'oxyder en NO<sub>2</sub>.



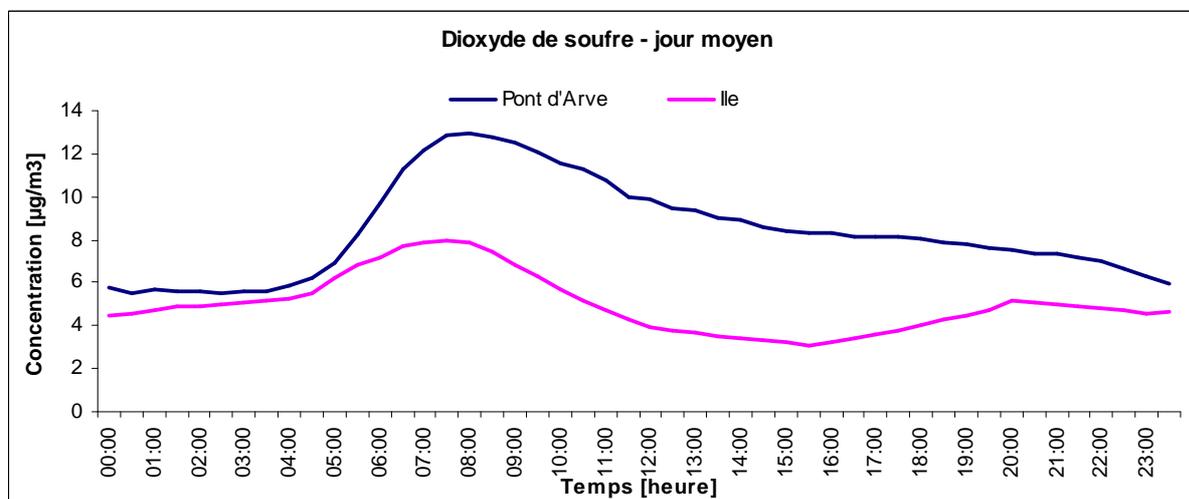
**Figure 14. Concentrations semi-horaires en NO pendant un jour moyen**

En tant que polluant primaire, le profil des concentrations semi-horaires en NO pendant un jour moyen est similaire au profil horaire du trafic pendant un jour moyen (figure 3), du moins pour ce qui est de la partie matinale. Comme il a été souligné au §7.3, le boulevard du Pont d'Arve est plutôt soumis à des vents d'origine thermique, faibles et orientés dans l'axe du boulevard. De plus, la vitesse des vents sur une journée moyenne est constante, hormis de 7h à 21h où cette vitesse augmente avec un maximum (double de la valeur minimale) vers 13-14h. Ainsi, la dilution due au vent sur cette tranche horaire aura comme effet une baisse des concentrations, ce qui explique la différence du profil des concentrations en NO avec le profil du trafic.



**Figure 15. Concentrations semi-horaires en O<sub>3</sub> pendant un jour moyen en été, du 7 juin au 30 septembre 2005**

En cours de journée, l'ozone est plus détruit sur le site du Pont d'Arve qu'à celui de l'Ile du fait de concentrations plus élevées en polluants, notamment en oxydes d'azote. Ainsi, étant dans le cas d'une forte pollution, la réaction ira dans le sens d'une consommation de l'O<sub>3</sub> par le NO pour former du NO<sub>2</sub> (lui-même pouvant se photo-dissocier sous l'action du soleil pour redonner du NO).



**Figure 16. Concentrations semi-horaires en SO<sub>2</sub> pendant un jour moyen**

Pour le SO<sub>2</sub>, les concentrations restent faibles (VLI OPair annuelle de 30 µg/m<sup>3</sup> et VLI OPair journalière de 100 µg/m<sup>3</sup>). Le matin est caractéristique du cumul d'un pic de trafic, d'un pic du à l'enclenchement des chauffages et d'un autre pic du au chauffage de l'eau sanitaire. Ceci, en général, en l'absence de vent. Tout comme le cas des oxydes d'azote, le thermique de l'après-midi a probablement un effet de dilution sur les concentrations et peut expliquer la diminution des concentrations après le pic du matin.

## 7.7. Conclusion

Le boulevard du Pont d'Arve est parcouru par un fort trafic qui contribue grandement à induire une pollution de l'air importante, amplifiée de surcroît par la configuration encaissée du site. Les valeurs limites de l'OPair y sont largement dépassées pour les polluants tels que le dioxyde d'azote, les poussières fines et, dans une moindre mesure, l'ozone.

Le boulevard du Pont d'Arve fait ainsi partie des rues où la qualité de l'air est insatisfaisante et pour laquelle des mesures d'assainissement de l'air devraient être prises.

Étant un axe à fort trafic de la ville de Genève, sa fermeture (ou des mesures de limitation de trafic) engendrerait un report de circulation ainsi qu'un engorgement des rues avoisinantes. Les effets résultant de ces restrictions de circulation seraient une baisse des concentrations en polluants sur cet axe, accompagnée par une hausse de la pollution dans son périmètre proche. C'est pourquoi, il est préférable de prendre des mesures à une échelle géographique plus grande et de manière globale sur l'ensemble des sources.



## ~ Conclusion générale ~

Comparé aux années précédentes, la qualité de l'air du canton de Genève ne s'est pas améliorée en 2006. 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.

Durant les mois de janvier et février 2006, de longues périodes d'inversion thermique ont eu comme conséquence une limitation de la dispersion des polluants et, pour corollaire, des concentrations en PM10 très élevées et encore jamais mesurées depuis 1998, date du passage de la mesure des TSP aux PM10. Durant ces périodes, les concentrations en polluants tels que le NO<sub>2</sub> ont suivi la même tendance à la hausse (ou à la baisse), sans pour autant enregistrer des valeurs records. Ce constat nous montre le caractère particulier de la pollution aux PM10 qui, comme l'ozone, peut se déplacer sur de grandes distances. Ceci en fait dès lors un problème à grande échelle qui doit être traité en collaboration avec nos voisins, proches et lointains.

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

En 2006, les zones à immissions excessives (niveaux supérieurs à la VLI OPair annuelle de 30 µg/m<sup>3</sup>) couvrent toujours principalement la ville de Genève ainsi qu'une partie de l'agglomération genevoise. Ces zones sont comparables à celles de l'année 2005.

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

Malgré un ensoleillement exceptionnel au début de la saison estivale, la situation est restée similaire à celle de l'année 2005, grâce à des mois d'août et septembre normaux ainsi que des brises de fin de journée qui ont dilué la pollution et modéré les niveaux d'ozone journaliers. En 2006, 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 fortes concentrations enregistrées durant les mois de janvier et février 2006 ont péjoré la situation par rapport à l'année précédente. Ainsi, en 2006, la VLI OPair annuelle de 20 µg/m<sup>3</sup> a été dépassée sur tous les sites de mesure, hormis sur le site de Passeiry avec 20 µg/m<sup>3</sup>. Depuis le début des mesures des PM10 en 1998, un cas de figure similaire n'a eu lieu qu'en 2003, année où toutes les stations dépassaient cette VLI OPair annuelle. De même, le nombre de dépassements de la VLI OPair journalière de 50 µg/m<sup>3</sup> a été l'un des plus importants depuis le début de la mesure des PM10.

### **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.



# ~ 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 refondu. 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 et aussi 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 2006, 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 service de l'information et de la communication (SIC) du département du territoire.

Voici 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 métrologie et d'accréditation 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 (française) 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.vd.ch>

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

<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>

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 réfléchie 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

- Cancérogène.
- 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 inconfortables, 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*.