

Qualité de l'air 2004



République et canton de Genève
Département de l'intérieur,
de l'agriculture et de l'environnement

Service cantonal de protection de l'air

pour obtenir ce document :



environnement info
6, chemin de la Gravière
1227 Genève

Tél. 022 327 47 11
www.geneve.ch/environnement-info

Accueil: 9h–12h 14h–17h
Accès TPG: lignes 2,10, 19, 20 et 22 arrêt Bâtie,
ligne 11 arrêt Queue d'Arve

Service cantonal de protection de l'air
23, avenue Ste-Clotilde
1211 Genève 8

Tél. 022 327 80 00
Fax 022 327 80 09

disponible sur internet : www.geneve.ch/air

Qualité de l'air 2004

Mai 2005



République et canton de Genève
Département de l'intérieur,
de l'agriculture et de l'environnement

Service cantonal de protection de l'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 2004.....	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 ₂).....	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 ₃).....	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.....	44
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.....	45
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 ₂)	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.	<i>Moyenne annuelle</i>	49
5.5.3.	<i>Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière</i>	49
5.5.4.	<i>Bilan</i>	49
5.6.	Retombées de poussières.....	50
5.6.1.	<i>Généralités</i>	50
5.6.2.	<i>Moyenne annuelle totale</i>	50
5.6.3.	<i>Moyenne annuelle pour le plomb (Pb) dans les retombées de poussières</i>	50
5.6.4.	<i>Moyenne annuelle pour le cadmium (Cd) dans les retombées de poussières</i>	51
5.6.5.	<i>Moyenne annuelle pour le zinc (Zn) dans les retombées de poussières</i>	51
5.6.6.	<i>Bilan</i>	51
6.	Capteurs passifs : Campagne NO₂	53
6.1.	Introduction	53
6.2.	Méthodologie.....	53
6.3.	Emplacements.....	54
6.4.	Résultats	55
7.	Campagne de mesure à la rue Winkelried	59
7.1.	Problématique.....	59
7.2.	Mesures effectuées	59
7.2.1.	<i>Emplacement et période de mesure</i>	59
7.2.2.	<i>Analyse des résultats</i>	59
7.3.	Conclusion.....	62
8.	Bilan de la saison estivale 2004 pour l’ozone	63
8.1.	Situation de la pollution à l’ozone à Genève durant l’été 2004.....	63
8.1.1.	<i>Situation météorologique</i>	63
8.1.2.	<i>Concentrations d’ozone mesurées</i>	63
8.1.3.	<i>Comparaison avec l’année 2003</i>	66
8.2.	Le système de prévision ozone à Genève	66
8.3.	Conclusion.....	67
9.	Mesure du dioxyde de carbone en milieu forestier	69
9.1.	Introduction	69
9.2.	Méthode et appareil de mesure.....	69
9.3.	Résultats	69
9.4.	Conclusion.....	70
	~ Conclusion générale ~	71
	~ Information sur la qualité de l’air sur l’Internet ~	73
	~ Gloss’air ~	75

Un glossaire en page 75 explique les termes techniques ou scientifiques

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

~ Avant-propos ~

Nous respirons chaque jour quinze à vingt mille litres d'air. Sans air, nous ne survivrions pas cinq minutes. Les animaux et les plantes n'existeraient pas non plus et nombre de nos activités seraient rendues impossibles. L'air est un élément précieux, dont la qualité est essentielle et que nous devons préserver.

Dans le canton, le Réseau d'observation de la pollution atmosphérique à Genève (ROPAG) suit depuis plus de vingt ans l'évolution de la qualité de l'air et informe les autorités et le public des résultats de ses analyses. Il le fait notamment par ce rapport annuel « Qualité de l'air », qui présente les informations sous forme de données brutes représentant l'état réel, à l'aide de chiffres, de tableaux et de graphiques.

Les rapports annuels du ROPAG ont longtemps fait état d'une amélioration de la qualité de l'air. Depuis l'année 2000, cette tendance s'est ralentie, voire inversée. L'année 2004 représente toutefois un progrès par rapport à 2003, notamment pour ce qui concerne les oxydes d'azote et l'ozone. Mais abstraction faite de 2003, qui a été l'année de tous les records, à commencer par celui des températures estivales, la comparaison avec la période 2000 à 2002 montre une péjoration. C'est le cas en particulier au centre de l'agglomération genevoise, là où vit et travaille une partie importante de la population du canton. En ville, les concentrations de dioxyde d'azote se stabilisent au-dessus de la valeur limite d'immission OPair (VLI OPair). Pour ce qui concerne les particules fines (PM10), les concentrations sont à peine inférieures à la VLI OPair. Enfin, des pics d'ozone ont été enregistrés durant l'été 2004, un été pourtant ni très chaud ni très ensoleillé.

Ces constatations sont inquiétantes. En effet des mesures d'assainissement de la qualité de l'air ont été mises en place à Genève dès 1991 et le Conseil d'Etat a entériné un nouveau Plan de mesures en avril 2003. L'effet de ces mesures se déploie de manière progressive. Mais qu'advient-il si elles s'avèrent insuffisantes pour que les VLI OPair puissent être respectées à moyen terme ? Faudra-t-il compromettre encore longtemps la santé de la population pour ne pas limiter le développement de l'agglomération et ne pas contrarier la mobilité des genevois et de leurs voisins ? Ne faudrait-il pas plutôt dès maintenant repenser certains de nos comportements et de nos habitudes ? Dans ce domaine comme dans bien d'autres, il est plus facile d'agir tôt aujourd'hui que de corriger dans l'urgence demain.

François Dubas
Directrice du SCPA

SCPA

Rédaction

B. Lazzarotto

F. Dubas

P. Kunz

Traitement des données

A. Jetzer

F. Magnin

Schémas – photos

C. Deléaval

Secrétariat

G. Genini-Ongaro

S. Pierre

Environnement - Info

Révision du texte

Y. Bellégo

E. Siegenthaler

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 2004, ainsi que son évolution sur la période 2000-2004, en référence à la valeur limite OPair (VLI OPair).

	zone urbaine	zone suburbaine	zone rurale
dioxyde d'azote	☹	☺	☺
ozone	☹	☹	☹
particules fines (PM10)	☹	☺	☺
dioxyde de soufre	☺	☺	☺
monoxyde de carbone	☺		

Etat :

- ☺ : VLI OPair respectée.
- ☹ : VLI OPair respectée, mais immissions proches de cette VLI.
- ☹ : VLI OPair non respectée. Immissions excessives.

Tendance (période 2000-2004) :

- ☺ : Amélioration.
- ☹ : Stabilisation.
- ☹ : Dégradation.

☐ : Pas de données (situation non critique : mesures stoppées).

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 ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et, sur la période 2000-2004, sont en légère augmentation. C'est la station mobile installée à la rue Winkelried, du 01.04.2004 au 31.03.2005, qui indique la plus forte moyenne annuelle en NO_2 ($61 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Il faut noter que cette rue, à la configuration « en canyon », est interdite au trafic de transit.

En milieu suburbain (Meyrin et Foron) et en milieu rural (Anières, Passeiry et Jussy), les moyennes annuelles demeurent relativement stables de 2000 à 2004. Elles sont cependant en dessous de la VLI OPair, avec des valeurs proches de cette VLI 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 un grand nombre de fois dans tous les sites urbains et une fois à la station rurale d'Anières. Le record de l'année est détenu par la station mobile installée à la rue Winkelried, qui l'a dépassée 55 fois.

Bilan

Après la diminution, particulièrement marquée en milieu urbain, des immissions de dioxyde d'azote observée pendant les années 1990 à 2001, l'année 2004 confirme la relative stabilisation des concentrations moyennes annuelles de ce polluant depuis 2000-2001 dans la majorité des stations rurales et suburbaines, ainsi qu'une tendance à l'augmentation pour les stations urbaines.

Ozone

Moyenne annuelle (pour information, n'est pas fixée dans l'OPair)

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 d'avril et jusqu'au mois de septembre. Le nombre de dépassements est bien moins élevé qu'en 2003, une année particulière en raison de conditions météorologiques exceptionnelles (période de canicule et situations anticycloniques prolongées).

Bilan

Abstraction faite de l'année 2003, on retrouve en 2004 des fréquences de dépassements comparables aux années précédentes.

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

Particules fines (PM10)

Moyenne annuelle totale

Les moyennes annuelles totales sont restées inférieures à la VLI OPair ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) aux stations d'Anières et de Passeiry (rurales) ainsi que de Ste-Clotilde (urbaine) et de Meyrin (suburbaine). Par rapport à 2003, toutes ont diminué, sauf celle de Wilson, station qui a subi durant toute l'année la proximité d'un chantier. La station mobile installée à la rue Winkelried du 01.04.2004 au 31.03.2005 indique quant à elle la plus forte moyenne annuelle totale pour les PM10 ($27 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Nombre de dépassements de la moyenne journalière totale

La VLI OPair journalière totale ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a été dépassée dans toutes les stations, à l'exception de la station rurale de Passeiry. On note une amélioration par rapport à 2003.

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 relative amélioration pour le plomb et une stabilisation pour le cadmium.

Bilan

Pour les moyennes totales, le constat en 2004 présente une amélioration de la situation par rapport à 2003.

L'évolution à plus long terme est plus difficile à évaluer car les mesures sur les PM10 ont débuté en 1998 et les appareils ont été installés progressivement. Néanmoins, l'évolution

depuis 1998 semble indiquer une tendance à la stagnation autour de la VLI OPair pour la plupart des stations.

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 2004, les immissions de SO_2 sont restées au niveau de celles de 2003. Elles se situent bien en dessous des VLI OPair.

Monoxyde de carbone

Moyenne annuelle*

Les moyennes annuelles restent faibles, de l'ordre du mg/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 stationnaires par rapport à celles de 2003.

Retombées de poussières

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

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

Les différentes moyennes annuelles [total des retombées de poussières ($200 \text{mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{jour})$) ainsi que plomb ($100 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{jour})$), cadmium ($2 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{jour})$) et zinc ($400 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{jour})$) dans les retombées de poussières] sont respectées dans tous les sites de mesure, à l'exception de Ste-Clotilde. Ce site, situé en milieu urbain, présente en effet une concentration en zinc supérieure à la VLI OPair, qui peut être expliquée par la proximité du toit zingué attenant à la station. 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.

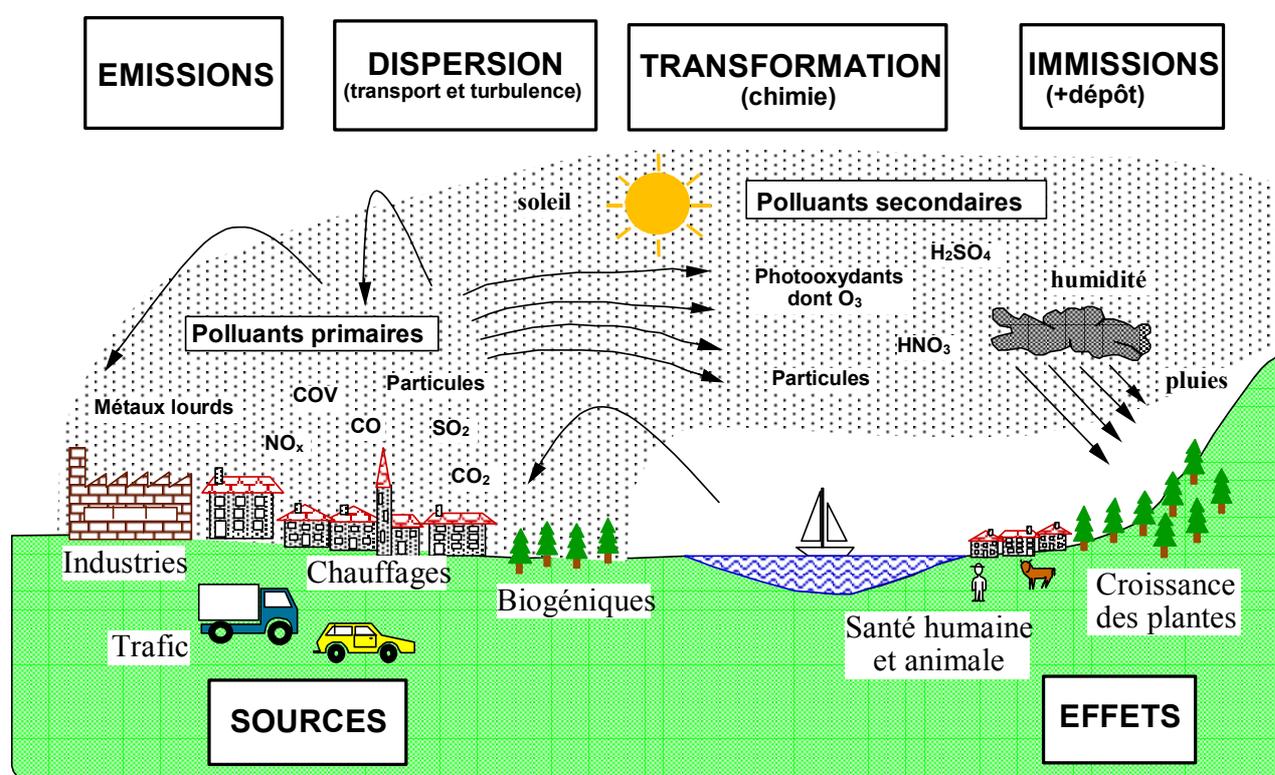
* La moyenne annuelle pour le monoxyde de carbone n'est pas fixée dans l'OPair

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 (la 1^{ère} version date du 16 décembre 1985) découle de la Loi sur la protection de l'environnement (LPE) du 12 octobre 1983. L'OPair a été renforcée plusieurs fois, la dernière modification datant du 23 juin 2004.

L'annexe 7 de cette ordonnance fixe les VLI OPair pour un certain nombre de composés tels que le SO₂, le NO₂, le CO, l'O₃, les PM10 et les retombées de poussières. Le tableau ci-dessous donne ces différentes valeurs limites.

Substance		VLI OPair	Définition statistique
Dioxyde d'azote (NO₂)		30 µg/m ³	Moyenne annuelle (arithmétique)
		100 µg/m ³	Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles
		80 µg/m ³	Moyenne par 24 h ; ne doit en aucun cas être dépassée plus d'une fois par année
Ozone (O₃)		100 µg/m ³	Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles
		120 µg/m ³	Moyenne horaire ; ne doit en aucun cas être dépassée plus d'une fois par année
Poussières en suspension (PM10)	Total	20 µg/m ³	Moyenne annuelle (arithmétique)
		50 µg/m ³	Moyenne sur 24 h ; ne doit en aucun cas être dépassée plus d'une fois par année
	Plomb (Pb)	500 ng/m ³	Moyenne annuelle (arithmétique)
	Cadmium (Cd)	1,5 ng/m ³	Moyenne annuelle (arithmétique)
Anhydride sulfureux (SO₂) (syn. : dioxyde de soufre)		30 µg/m ³	Moyenne annuelle (arithmétique)
		100 µg/m ³	Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles
		100 µg/m ³	Moyenne par 24 h ; ne doit en aucun cas être dépassée plus d'une fois par année
Monoxyde de carbone (CO)		8 mg/m ³	Moyenne par 24 h ; ne doit en aucun cas être dépassée plus d'une fois par année
Retombées de poussières	Total	200 mg/(m ² ·jour)	Moyenne annuelle (arithmétique)
	Plomb (Pb)	100 µg/(m ² ·jour)	Moyenne annuelle (arithmétique)
	Cadmium (Cd)	2 µg/(m ² ·jour)	Moyenne annuelle (arithmétique)
	Zinc (Zn)	400 µg/(m ² ·jour)	Moyenne annuelle (arithmétique)
	Thallium (Tl)	2 µg/(m ² ·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, des forêts et du paysage (OFEFP) le 15 janvier 1990 et modifiées le 1^{er} janvier 2004, en particulier pour prendre en compte l'évolution des technologies. Ces modifications se sont notamment traduites par l'augmentation du pourcentage de données validées minimum permettant de faire des calculs statistiques, ou par l'alignement des coefficients de conversion des unités de concentration sur 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.

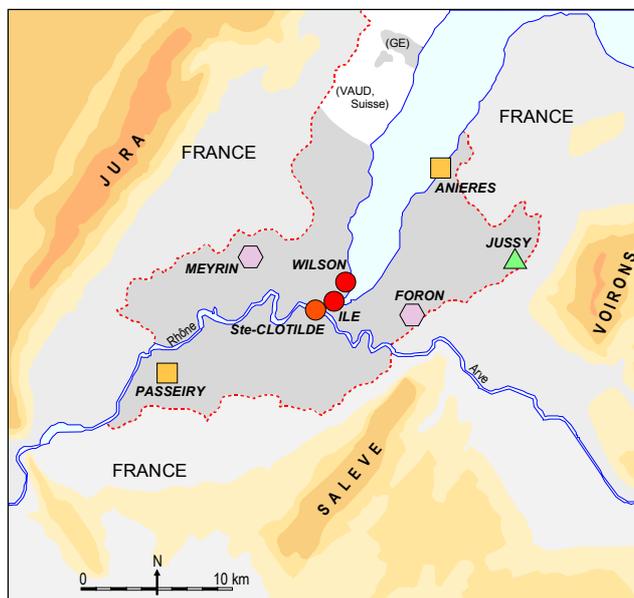
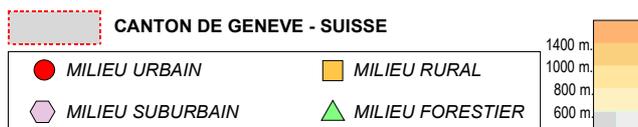
3.2. Présentation des stations du ROPAG

En 2004, 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 : 80'000 véhicules/jour, pont de la Coulouvrenière : 48'000 véhicules/jour).

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 ville et, par régime de vent de secteur sud-ouest, l'apport des polluants de l'agglomération.

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 d'objectiver 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, soit à la hauteur de la cime des arbres.

Stations mobiles

Les emplacements des deux stations de mesure mobiles sont déterminés selon les besoins. L'une surveille la qualité de l'air autour de l'usine d'incinération des ordures ménagères (UIOM) des Cheneviers, alors que l'autre est plutôt dédiée à des problématiques urbaines. Elles effectuent des mesures sur 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 75.

Abréviations utilisées

Paramètres mesurés		Méthode de mesure
SO ₂	dioxyde de soufre	Py pyranomètre
NO ₂	dioxyde d'azote	A β absorption β
NO	monoxyde d'azote	AUV absorption UV
O ₃	ozone	AN anémomètre
HCT	hydrocarbures totaux	AN-US anémomètre à ultrasons
CH ₄	méthane	CL chimiluminescence
CO	monoxyde de carbone	DOAS absorption spectrophotométrique différentielle
PM10	particules fines (<10 μ m)	FID détecteur à ionisation de flamme
CO ₂	dioxyde de carbone	FUV fluorescence UV
T	température	G gravimétrie (pesée)
HR	humidité relative	G° gravimétrie (micro balance)
VENT	vitesse et direction du vent	H hygromètre à cheveu
RS	rayonnement solaire	IR absorption infrarouge
P	pression	TC Pt – 100
		PR capteur piezo-résistif

MESURE STATION	SO ₂	NO ₂	NO	O ₃	HCT	CH ₄	CO	PM10	CO ₂	T	HR	VENT	RS	P
Ile	DOAS*	DOAS* / CL*	CL*	DOAS* / AUV**	-	-	IR* #1	G°	-	TC	H	AN	-	
Ste-Clotilde	-	CL*	CL*	AUV**	FID*	FID*	IR*	G	-	TC	H	-	-	
Wilson	-	CL*	CL*	AUV**	-	-	IR* #2	Aβ	-	TC	H	AN	-	PR
Meyrin	DOAS*	DOAS* / CL*	CL*	DOAS* / AUV**	-	-	-	Aβ	-	TC	H	AN		
Foron	DOAS*	DOAS* / CL*	CL*	DOAS* / AUV**	-	-	-	Aβ	-	TC	H	AN	-	
Anières	DOAS* / FUV*	DOAS* / CL*	CL*	DOAS* / AUV**	-	-	-	G	-	TC	H	AN-US	Py	
Passeiry	DOAS*	DOAS* / CL*	CL*	DOAS* / AUV**	-	-	-	Aβ	-	TC	H	AN	Py	
Jussy	-	CL*	CL*	AUV**	-	-	-	-	IR	TC	H	AN-US	-	
Winkelried (mobile)	FUV*	CL*	CL*	AUV**	FID*	FID*	IR*	Aβ	-	TC	H	AN		PR
Russin (mobile)	FUV*	CL*	CL*	AUV**	FID* #2	FID* #2	-	G	-	TC	H	AN	Py	

* étalonnage avec gaz de référence.

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

#1 : Appareil arrêté le 28.06.2004.

#2 : Appareils arrêtés le 29.06.2004.

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

Les acteurs

Le groupe ROPAG (et affiliés)

Coordination : B. Lazzarotto

Construction, maintenance : H. Broillet

Calibration, maintenance : E. Delicado

Poussières, laboratoire : E. Piguet

Informatique : F. Magnin

Traitement des données : A. Jetzer

Mécanique, installation : Y. Lutzelschwab

Secrétariat : S. Pierre / G. Genini-Ongaro

Graphisme : C. Deléaval

Autres contributions aux mesures

Capteurs passifs, retombées

atmosphériques : Ph. Butty, M-C. Chevelu,
P. Choraio-Rossier

Retombées atmosphériques : G. Pfister

4. Résultats de l'année 2004

4.1. Tableau récapitulatif

Les mesures concernent la période du 1er janvier 2004 au 31 décembre 2004, sauf pour les stations mobiles installées l'une à la rue Winkelried, du 1er avril 2004 au 31 mars 2005 et l'autre à Russin du 4 avril 2004 au 3 avril 2005.

Substance	Donnée	Unité	Valeur Limite d'Immission O'Pair	Station de mesure											
				Fixe								Mobile			
				Ile	Ste-Clotilde	Wilson	Meyrin	Foron	Anières	Passeiry	Jussy	Winkelried		Russin	
										2004	2005	2004	2005		
NO ₂	Mes. validées	%		99	95	93	98	99	98	97	96	94	95		
	Moy. ann.	µg/m ³	30	45	36	37	27	25	19	16	12	61	14		
	Perc. 95	µg/m ³	100	84	73	77	59	58	50	41	37	110	37		
	Nb ^h >80 µg/m ³	nb	1	9	3	5	0	0	1	0	0	55	0		
O ₃	Mes. validées	%		99	99	97	98	99	99	99	99	98	99		
	Moy. ann.	µg/m ³		35	42	37	48	48	55	51	56	35	55		
	Perc. 98	Janv.	µg/m ³	100	57	65	54	67	69	79	75	73	55	73	
		Fév.	µg/m ³	100	59	79	66	72	72	88	77	87	77	99	
		Mar.	µg/m ³	100	71	91	69	86	90	98	92	105	81	111	
		Avr.	µg/m ³	100	85	106	90	100	116	124	103	120	90	121	
		Mai.	µg/m ³	100	100	123	108	116	130	136	119	131	113	134	
		Juin.	µg/m ³	100	91	118	98	105	127	145	117	128	103	126	
		Juil.	µg/m ³	100	115	145	109	142	157	153	145	154	116	161	
		Aout.	µg/m ³	100	117	124	98	124	132	144	135	129	107	128	
		Sept.	µg/m ³	100	114	127	104	128	133	129	129	138	104	135	
		Oct.	µg/m ³	100	59	75	68	81	86	82	88	93	70	94	
	Nov.	µg/m ³	100	48	60	66	64	71	72	67	68	60	67		
Déc.	µg/m ³	100	45	60	62	58	70	75	68	67	52	69			
Nb ^h >120 µg/m ³	nb	1	25	119	1	87	247	291	121	278	27	251			
PM10	Mes. validées	%		98	93	95	97	98	86 [#]	98	-	98	93		
	Total	Moy. ann.	µg/m ³	20	21	18	24	19	21	18	16	-	27	21	
		Nb ^h >50 µg/m ³	nb	1	2	5	13	1	15	7	0	-	28	4	
	Pb	Moy. ann.	ng/m ³	500	-	9	-	-	-	7.8	-	-	-	6.9	
Cd	Moy. ann.	ng/m ³	1.5	-	0.15	-	-	-	0.15	-	-	-	0.13		
SO ₂	Mes. validées	%		99	-	-	98	99	95	63 [#]	-	98	97		
	Moy. ann.	µg/m ³	30	5	-	-	3	3	2	2	-	5	2		
	Perc. 95	µg/m ³	100	16	-	-	6	9	5	4	-	17	5		
	Nb ^h >100 µg/m ³	nb	1	0	-	-	0	0	0	0	-	0	0		
CO	Mes. validées	%		49 [#]	97	47 [#]	-	-	-	-	-	97	-		
	Moy. ann.	mg/m ³		0.5	0.6	0.4	-	-	-	-	-	0.8	-		
	Nb ^h >8 mg/m ³	nb	1	0	0	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^h : Nombre de moyennes horaires.

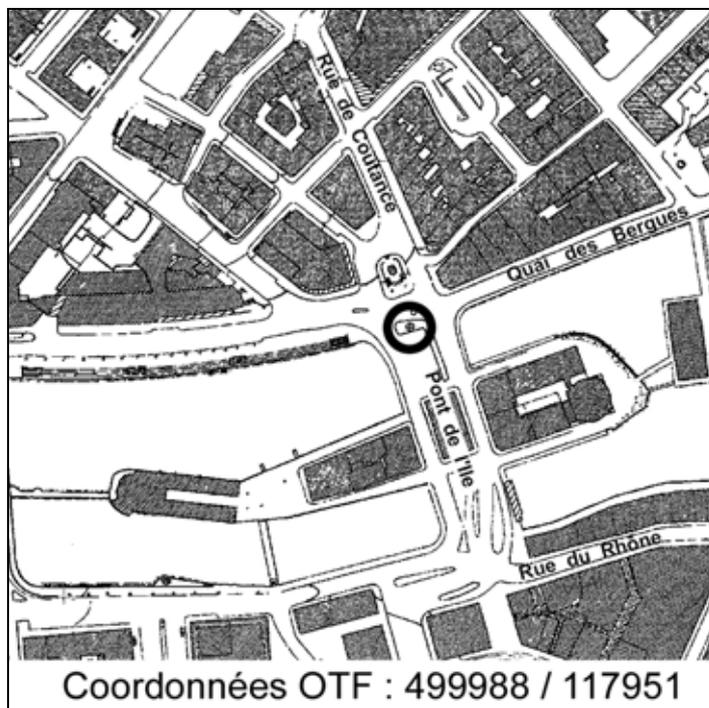
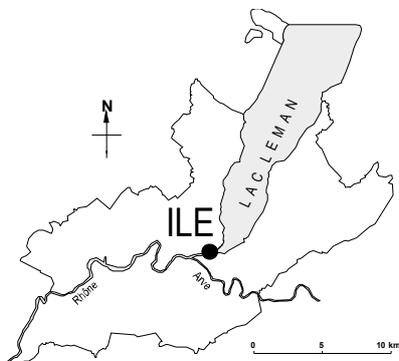
Nb^j : Nombre de moyennes journalières.

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

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

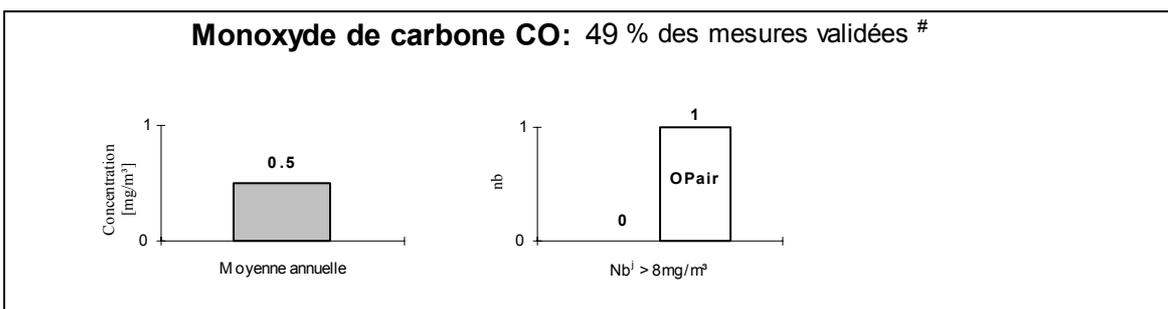
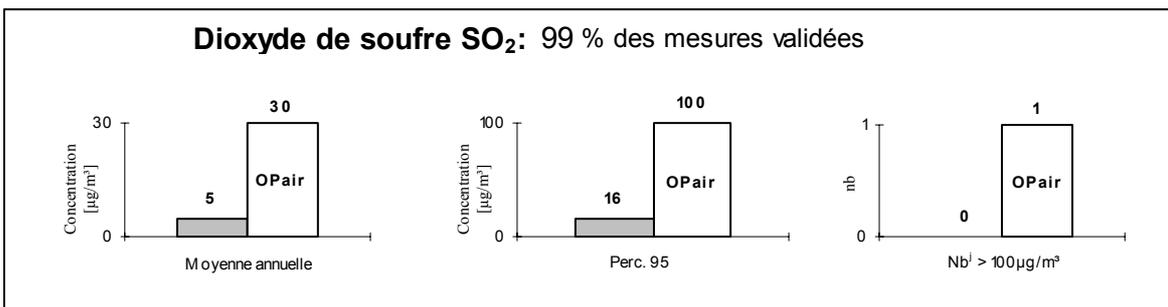
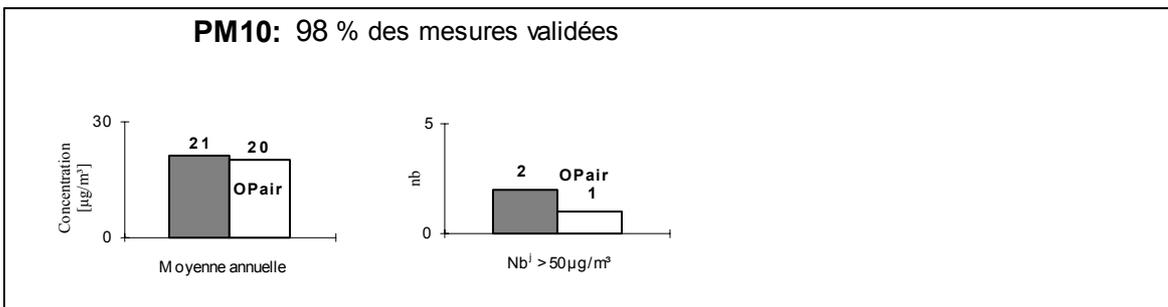
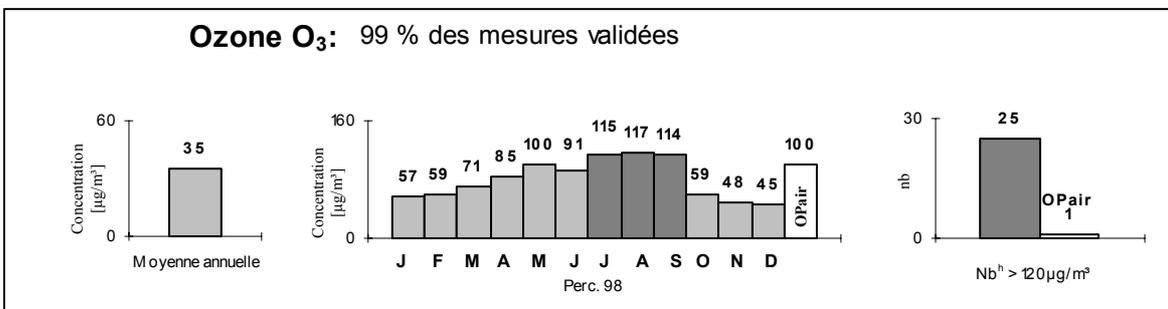
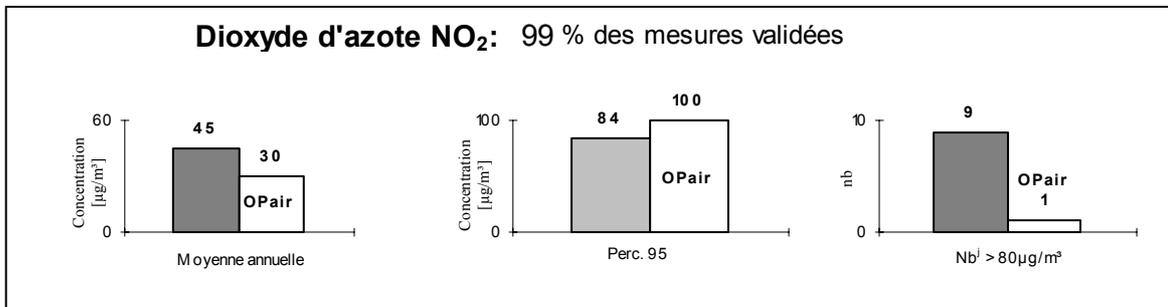
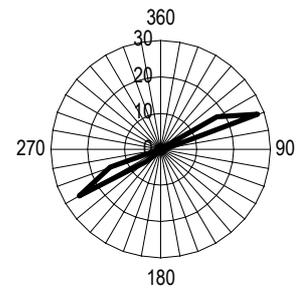
4.2. Présentation des résultats par station

Les résultats de l'année 2004, pour les 8 stations fixes, pour les 2 stations mobiles ainsi que pour le DOAS de l'Aéroport International de Genève (AIG) sont présentés ci-après.

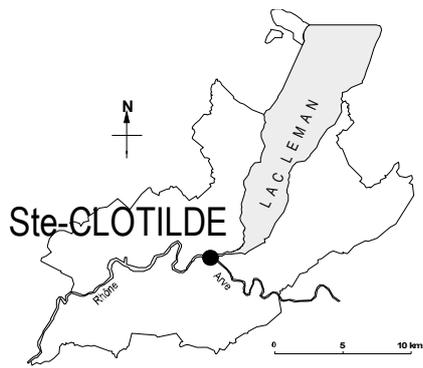


Milieu urbain

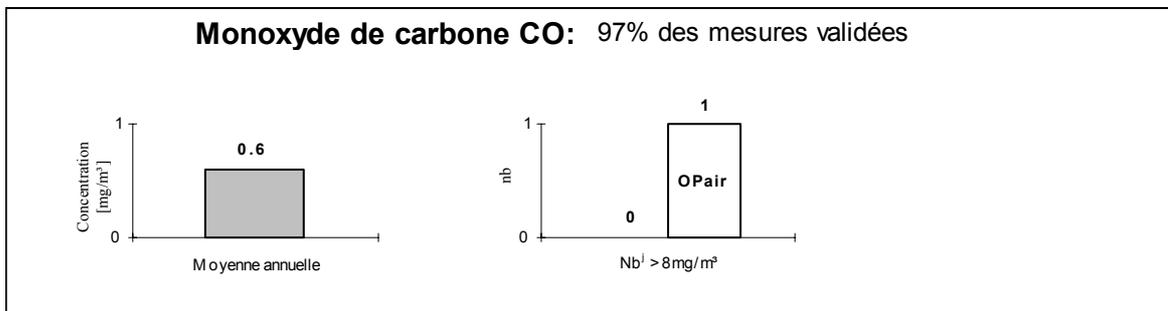
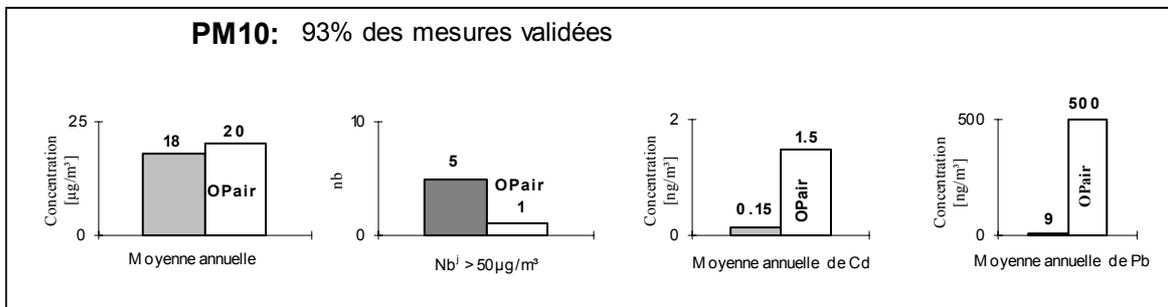
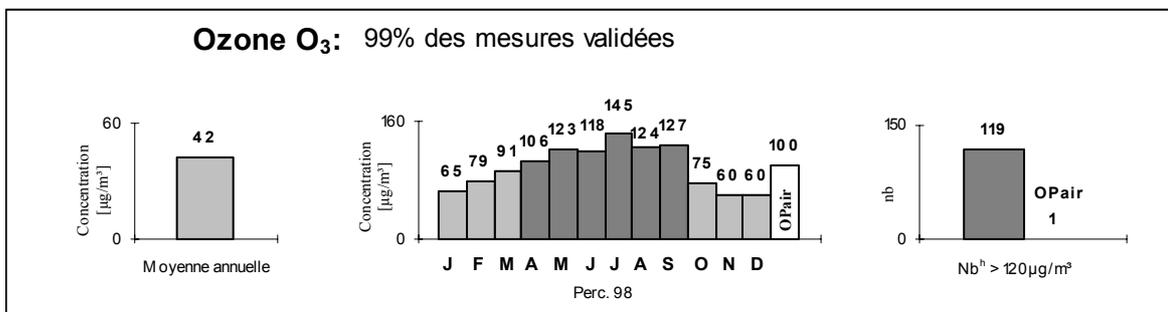
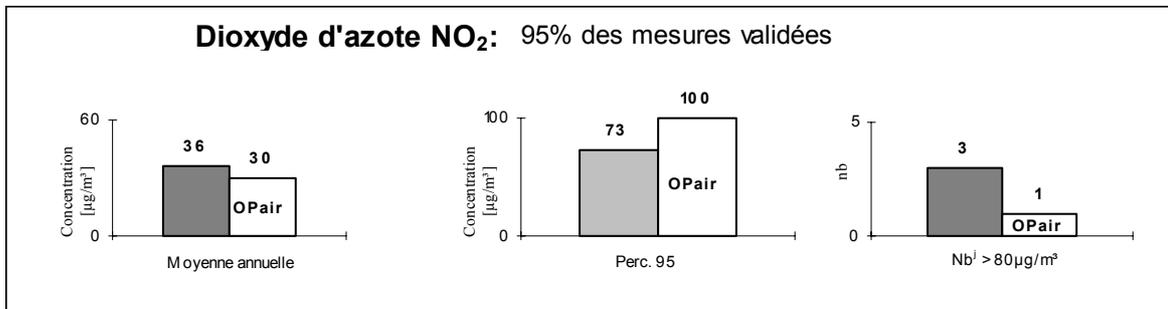
ILE



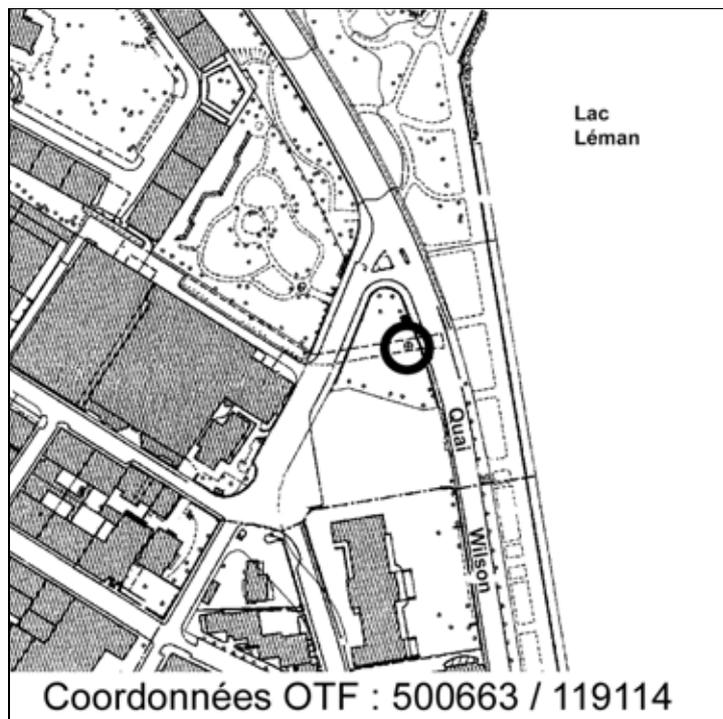
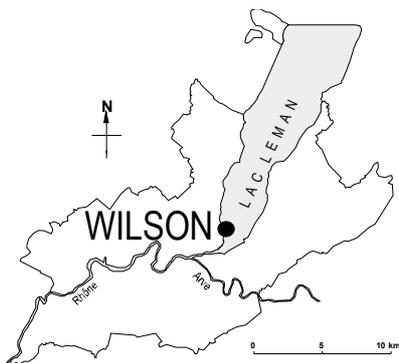
Abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.



STE - CLOTILDE

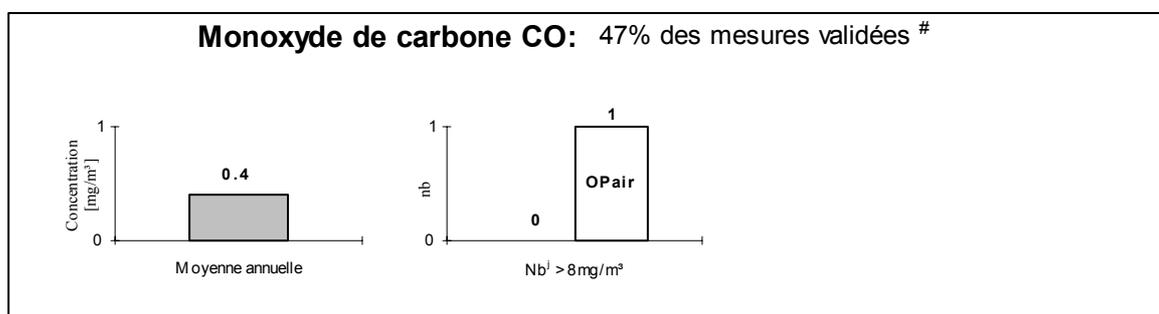
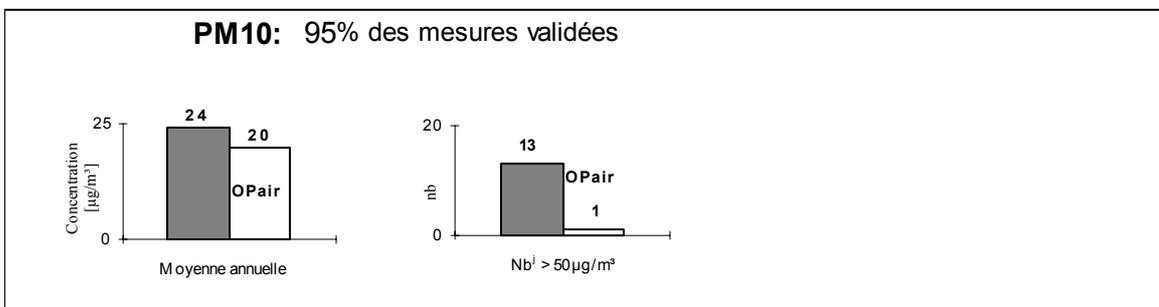
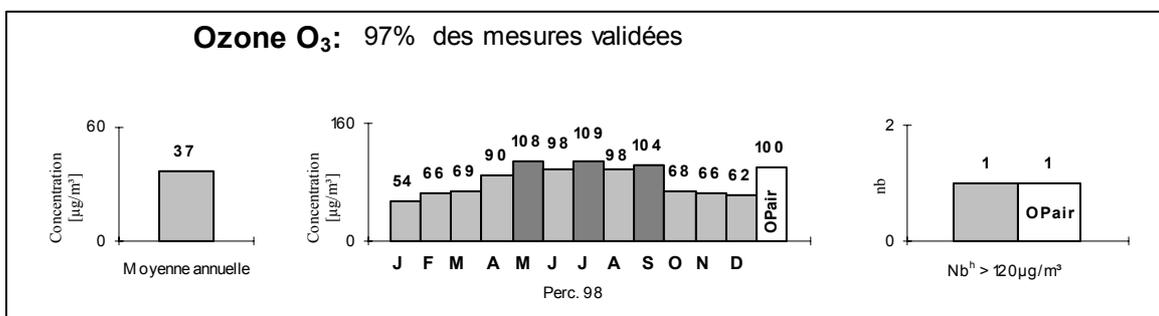
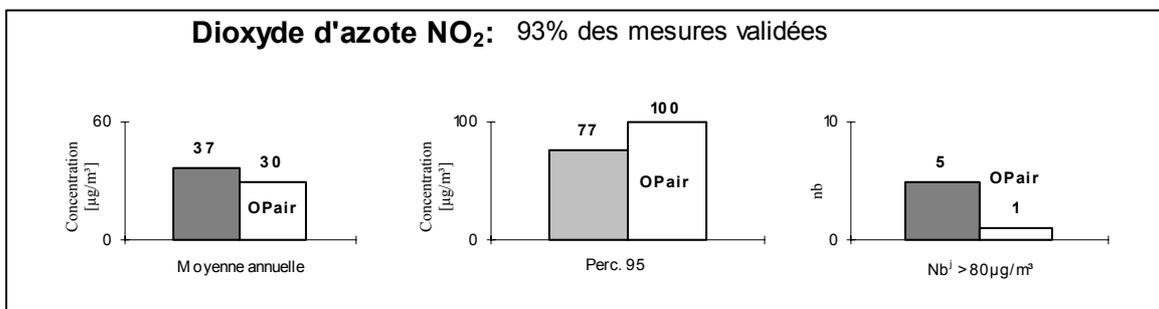
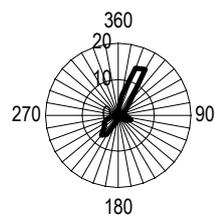


Abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.

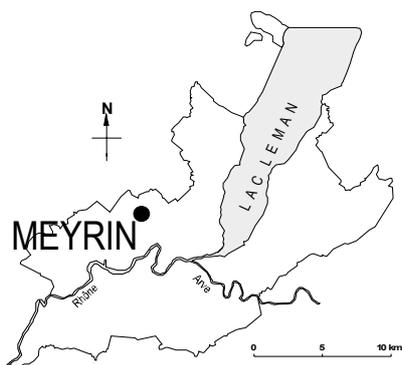


Milieu urbain

WILSON

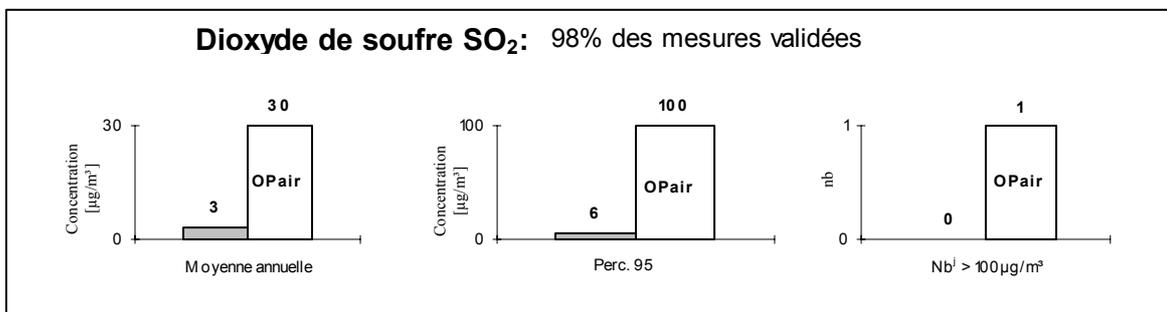
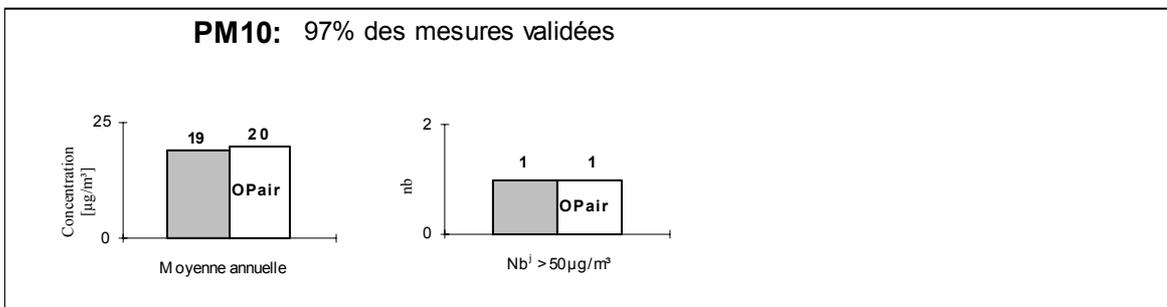
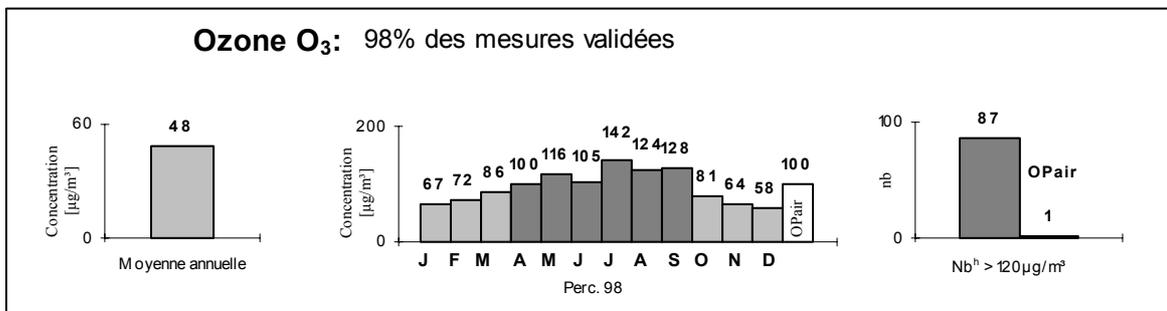
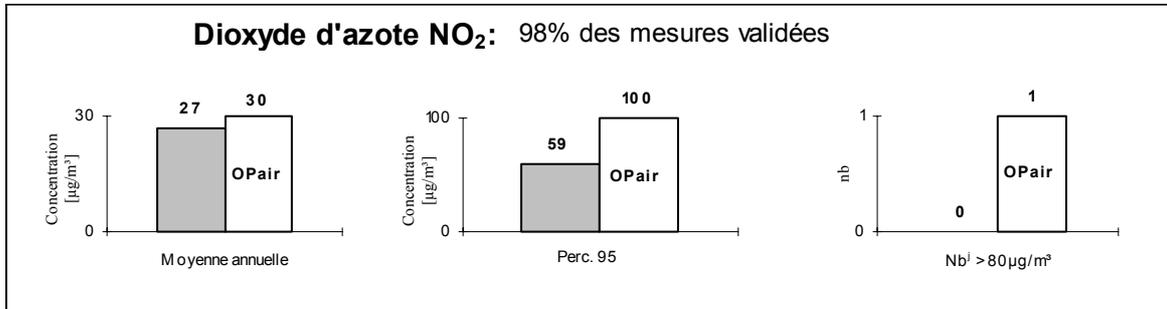
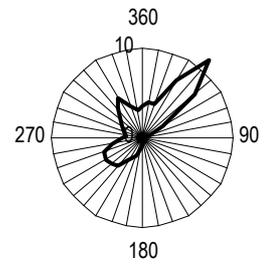


Abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.

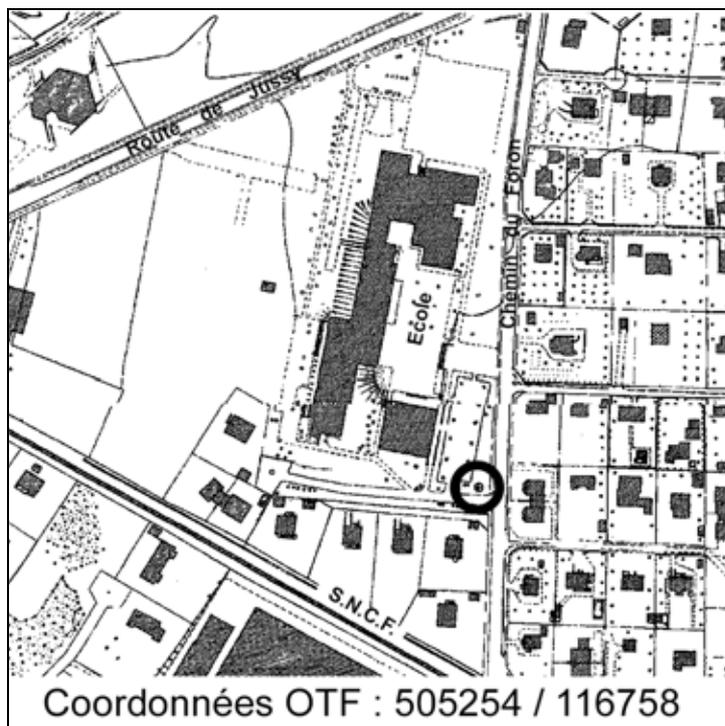
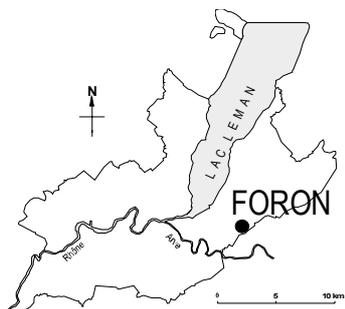


Milieu suburbain

MEYRIN

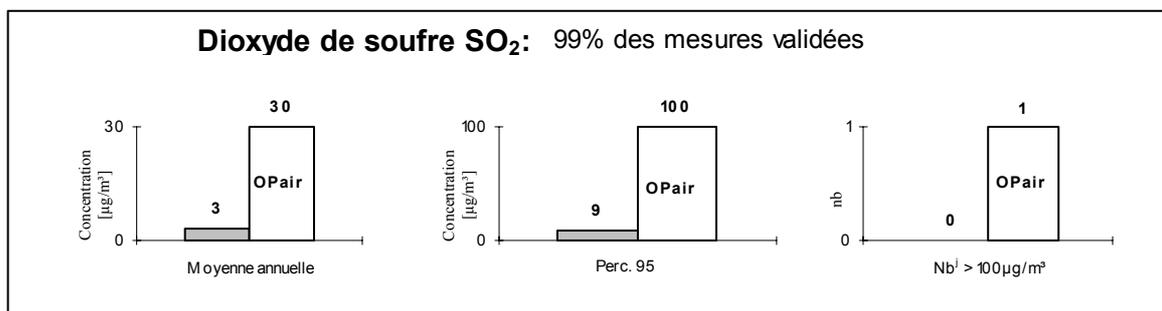
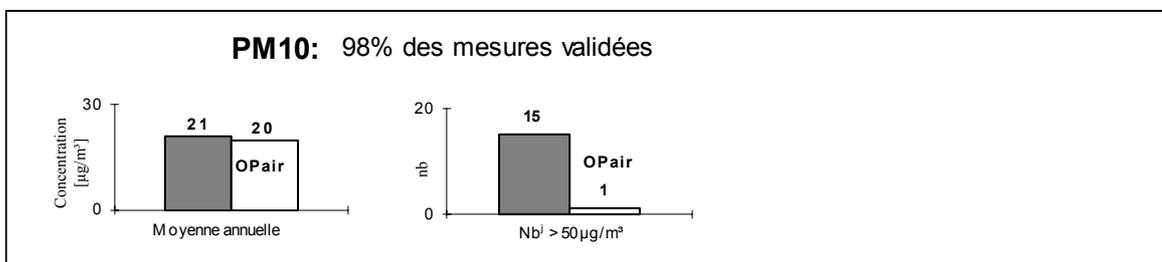
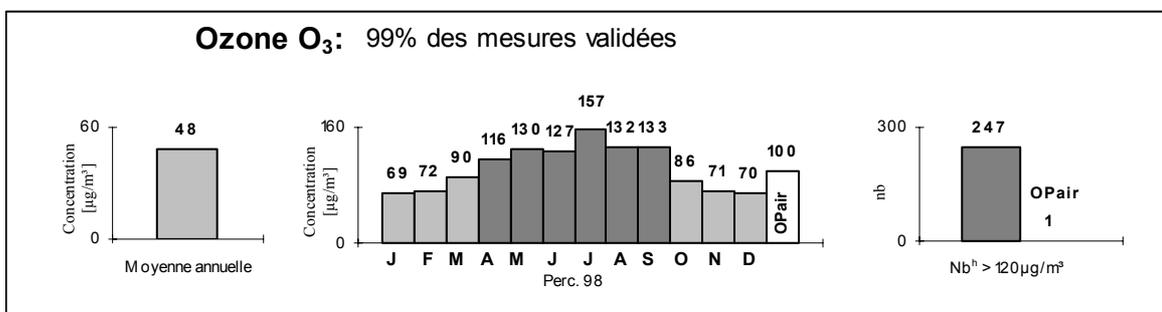
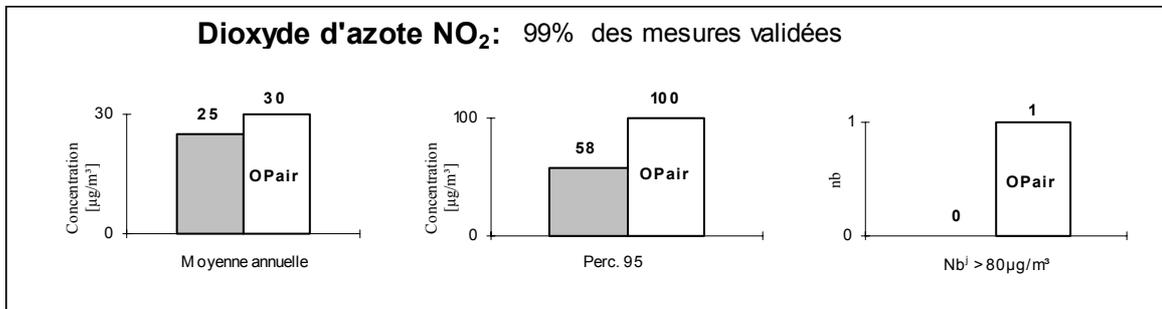
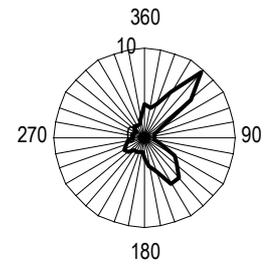


Abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.

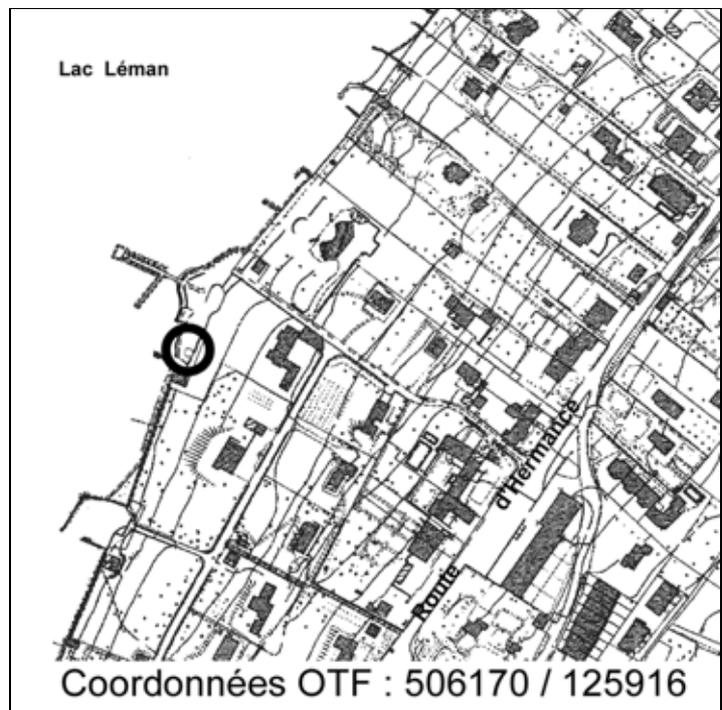
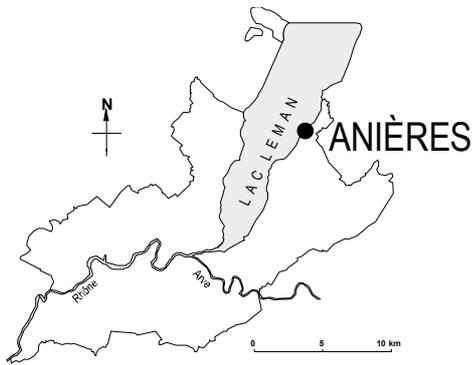


Milieu suburbain

FORON

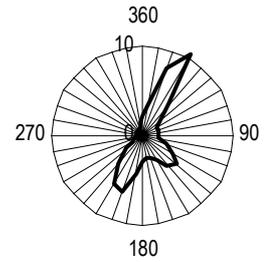


Abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.

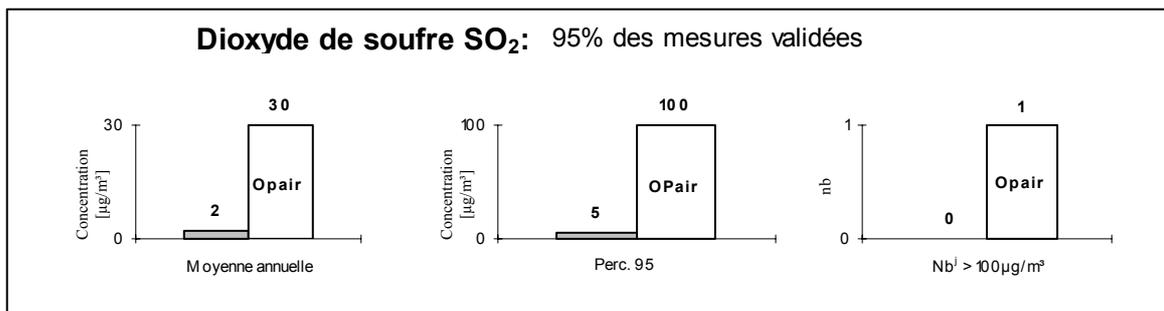
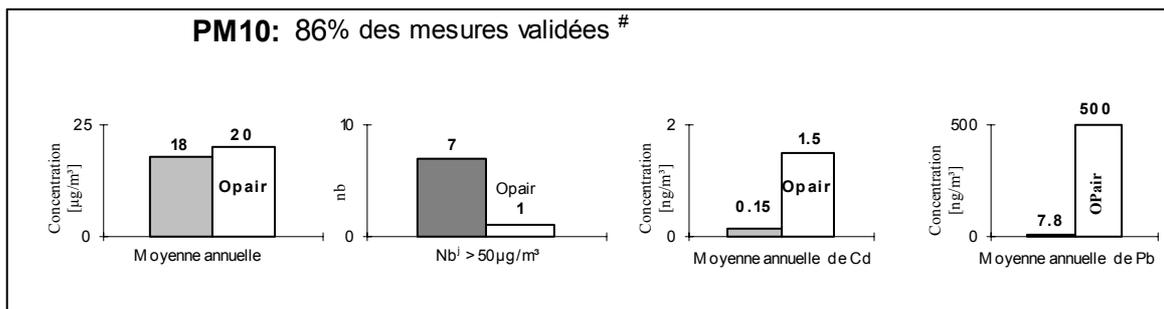
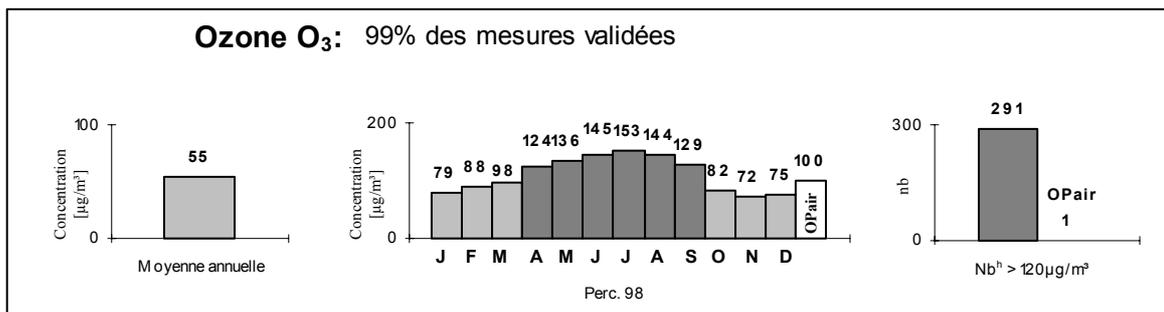
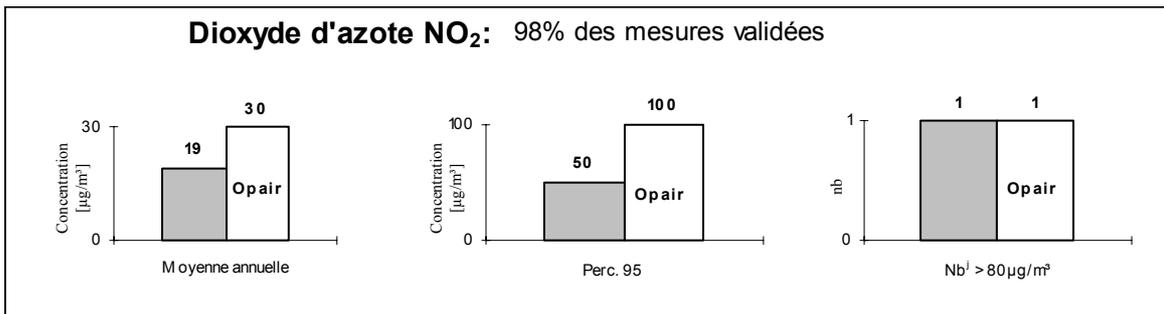


Milieu rural

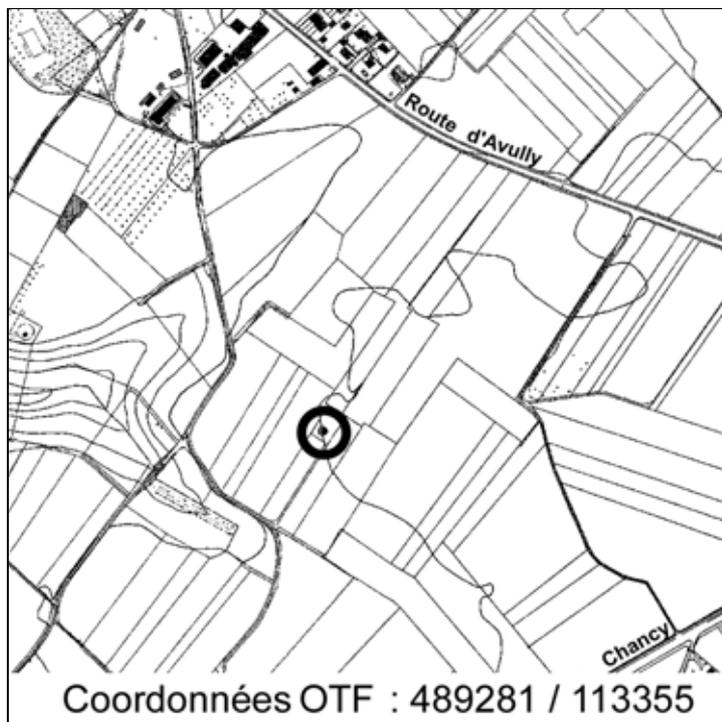
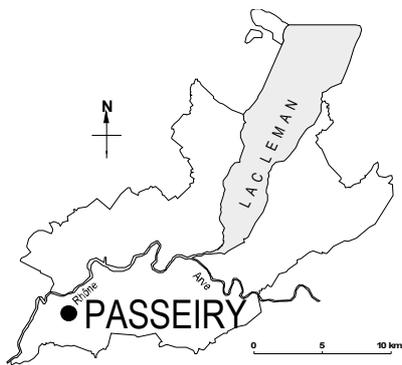
ANIÈRES



Nota : La station d'Anières a changé d'emplacement depuis fin novembre 2000. Auparavant, elle était située à 1500m de l'emplacement actuel, en direction d'Hermance, et ce jusqu'au 15 novembre 2000. A cette date, une station mobile a pris le relais à l'emplacement actuel jusqu'au début janvier 2001, date à laquelle la nouvelle station fixe a fourni les premières mesures.

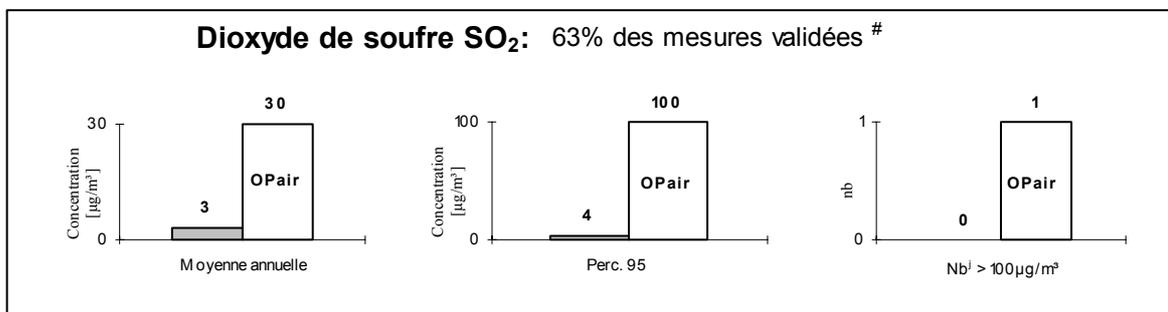
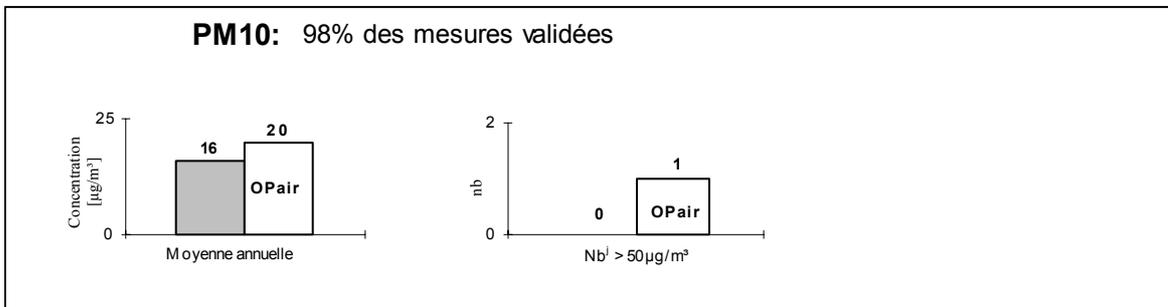
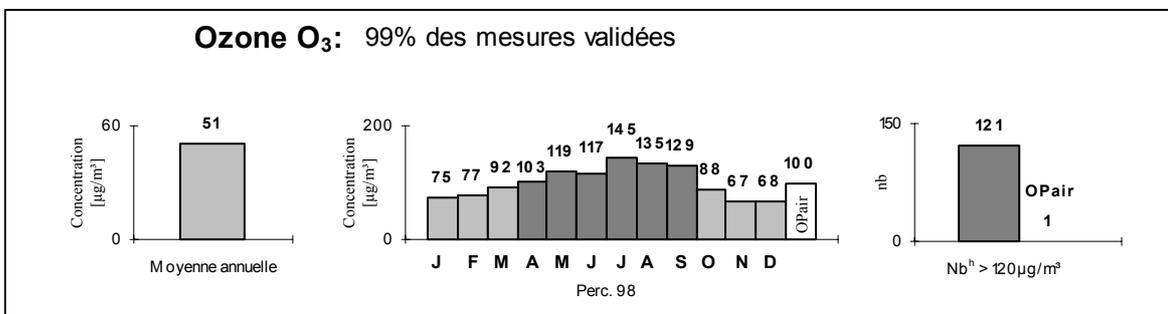
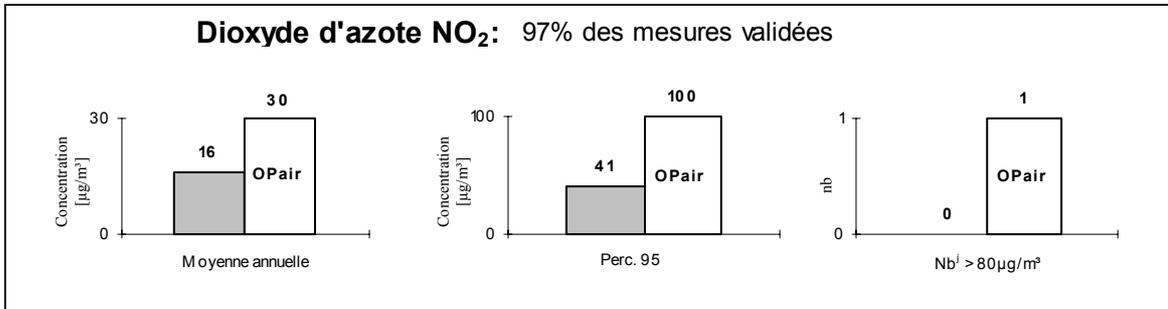
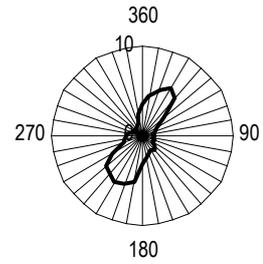


Abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.

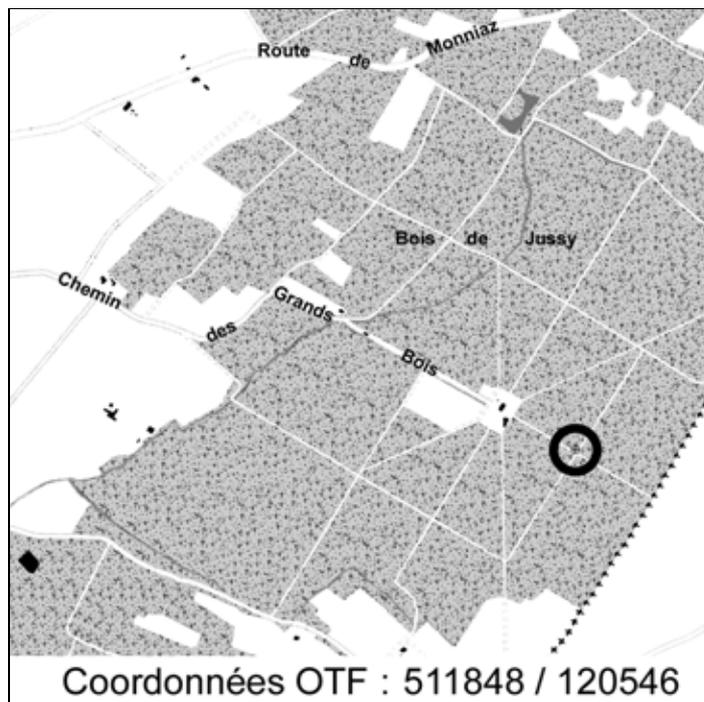
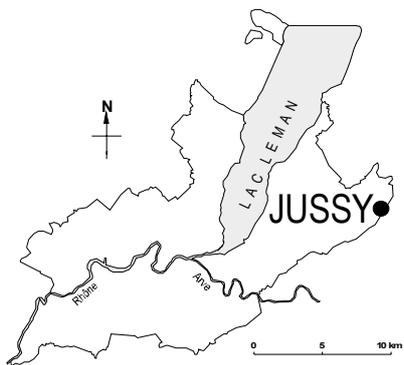


Milieu rural

PASSEIRY

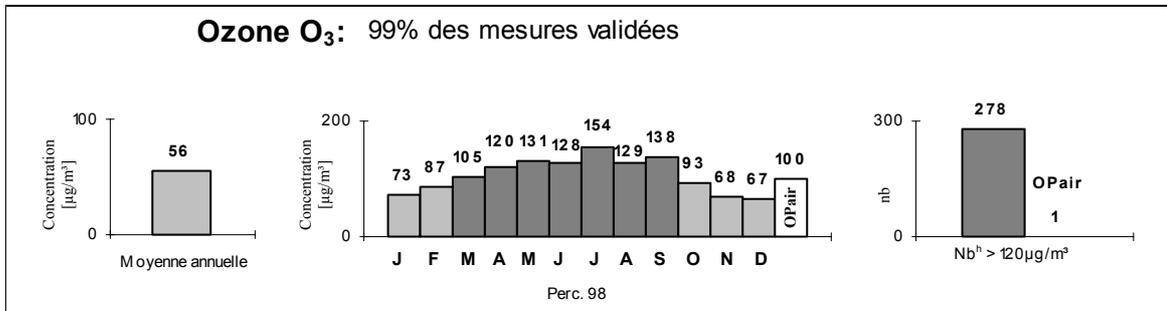
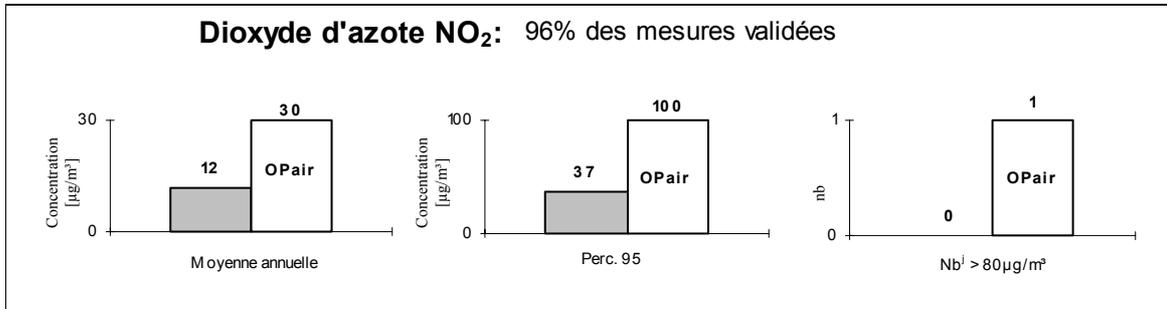
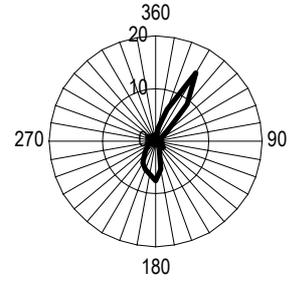


Abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.



Milieu rural

JUSSY

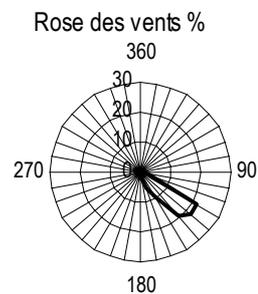


Abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.

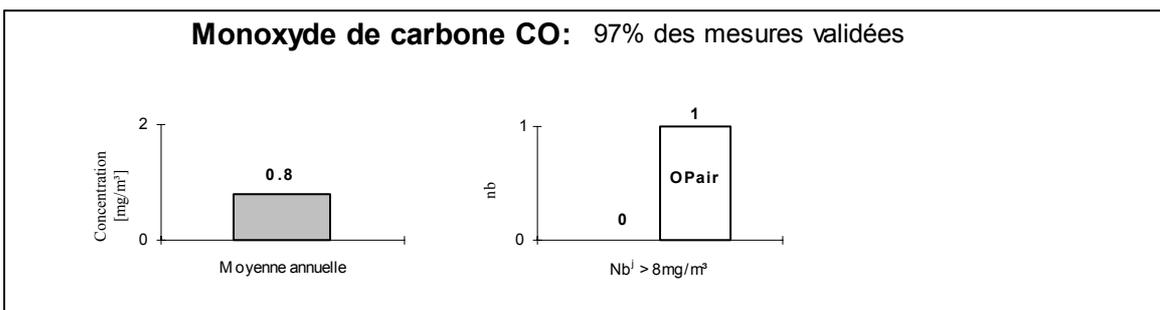
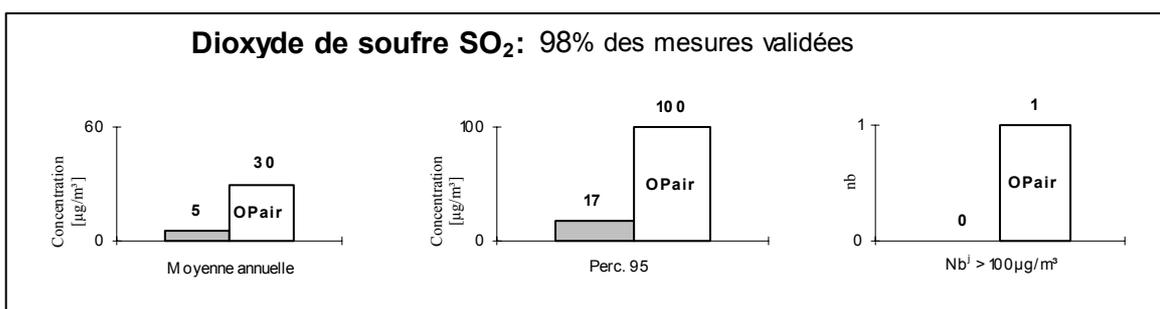
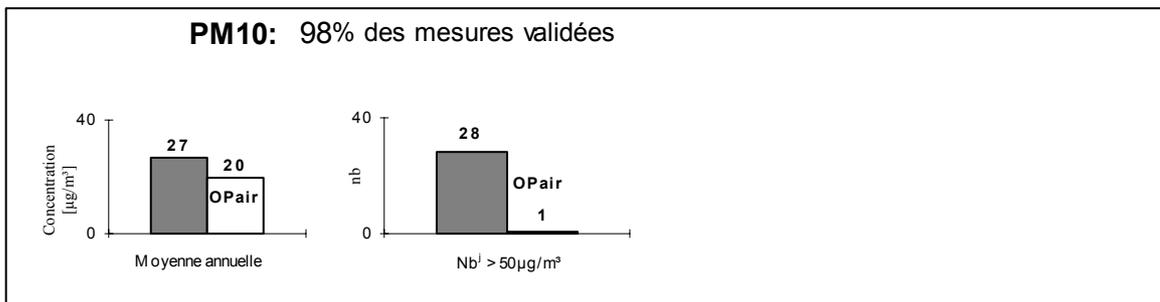
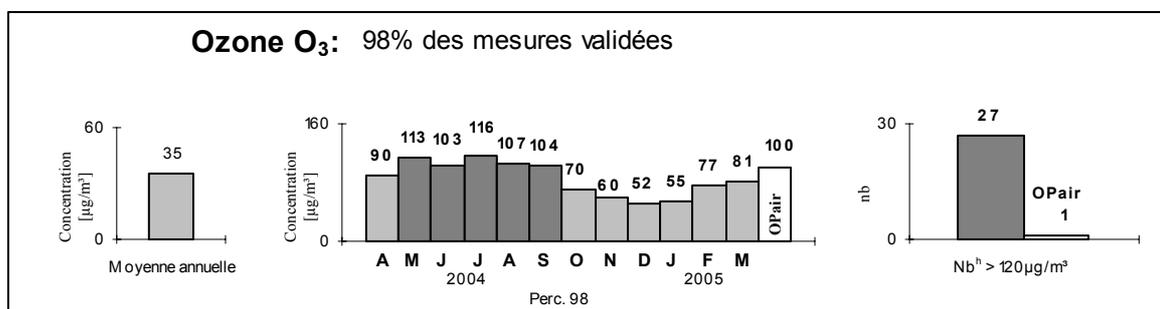
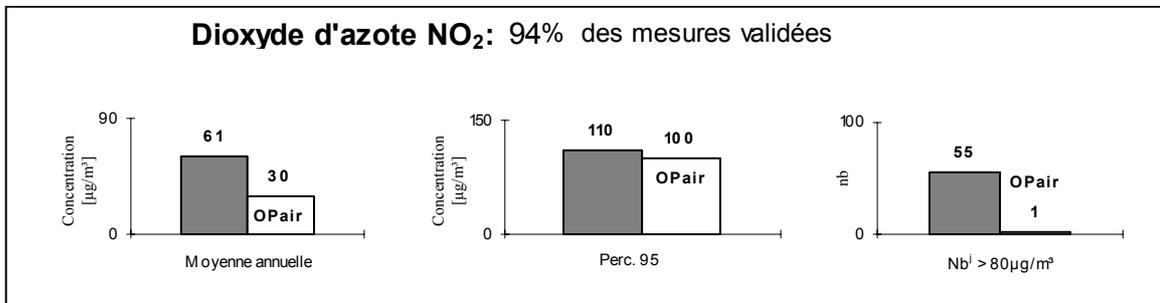


Station mobile (milieu urbain)

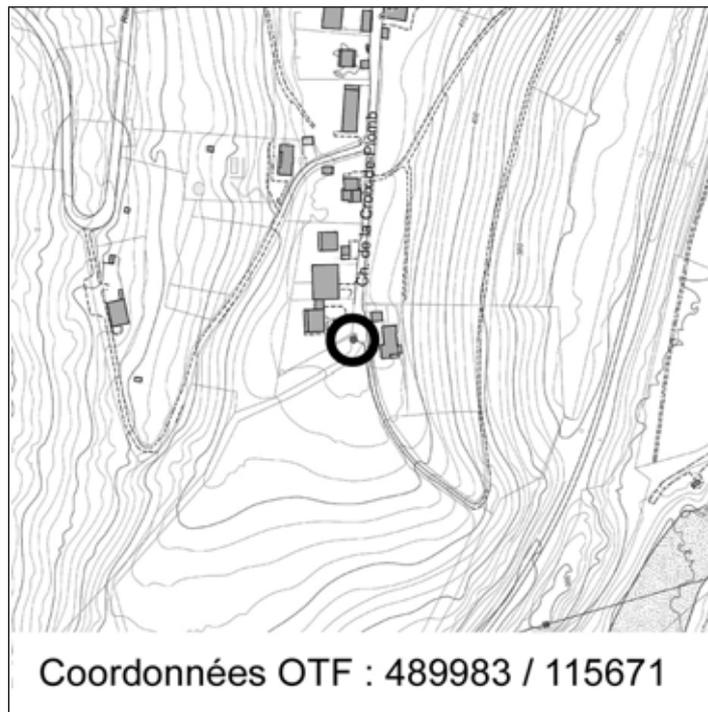
WINKELRIED



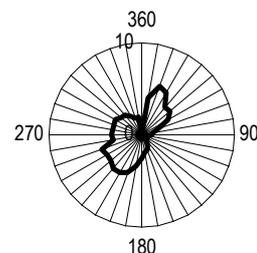
Les mesures présentées ci-dessous concernent la période du 01.04.2004 au 31.03.2005



Abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.

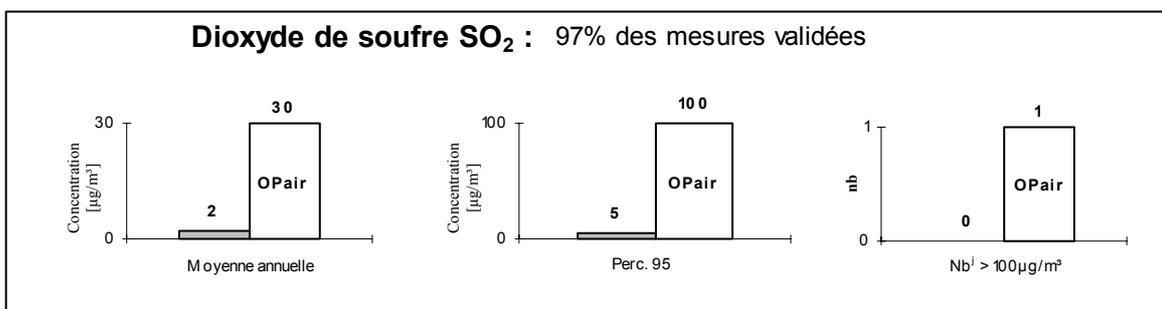
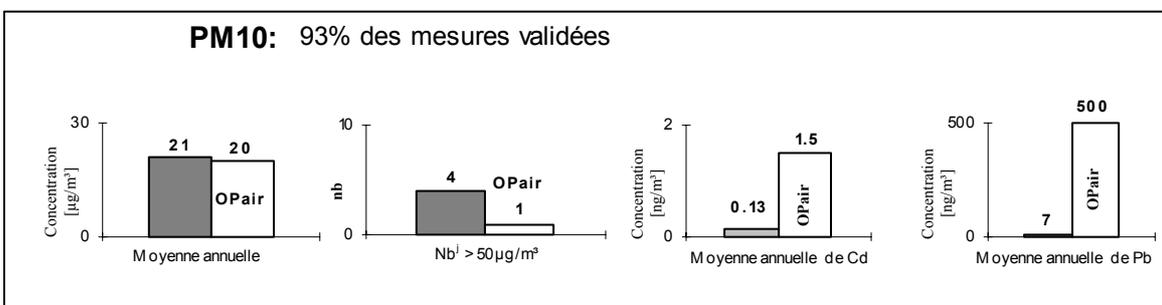
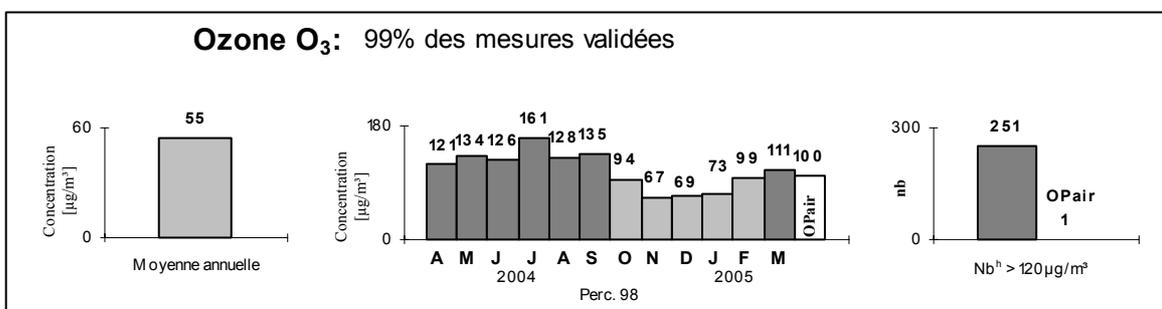
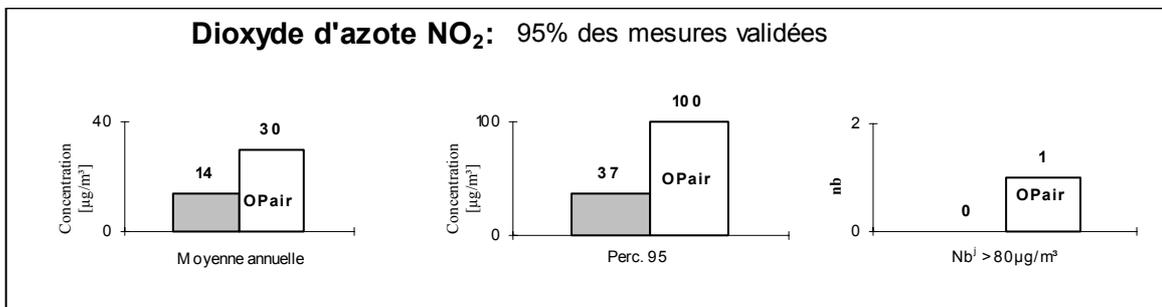


Station mobile (milieu rural)

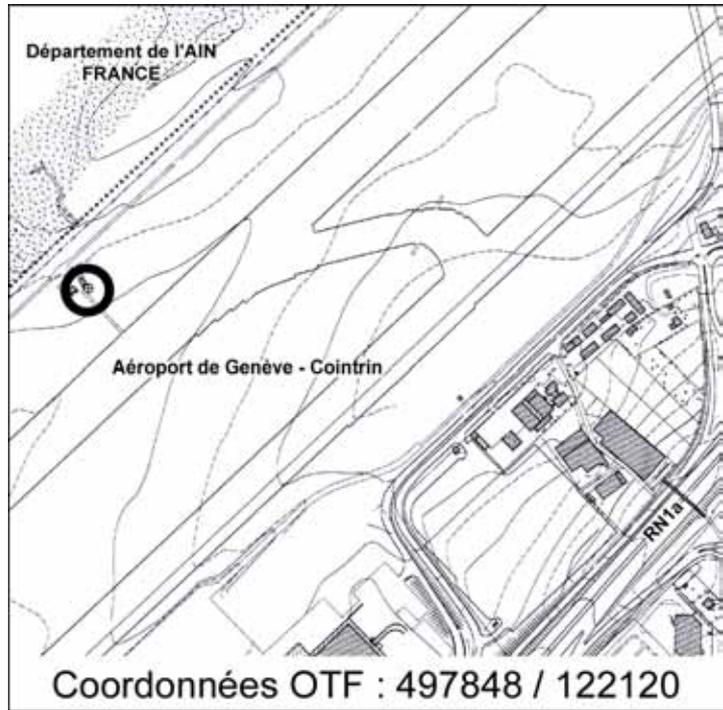
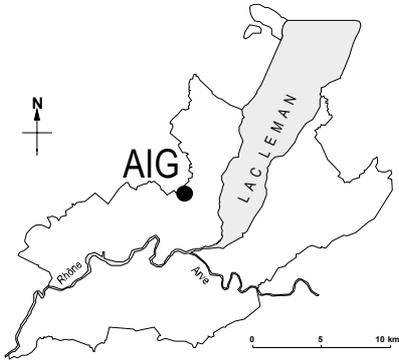


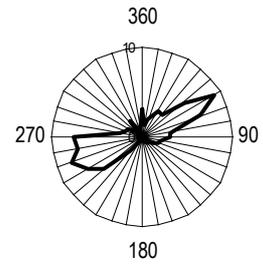
RUSSIN

Les mesures présentées ci-dessous concernent la période du 04.03.2004 au 03.04.2005



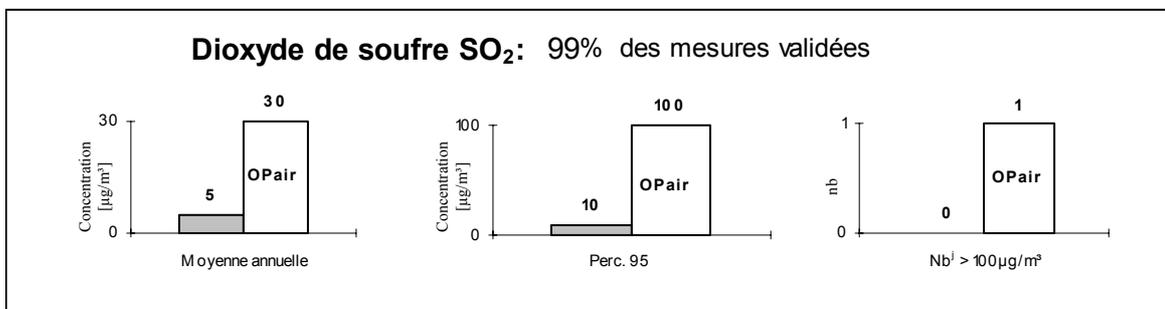
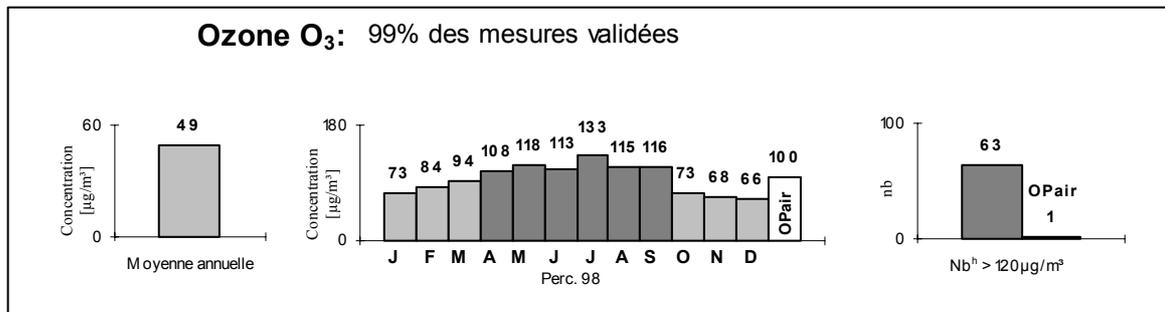
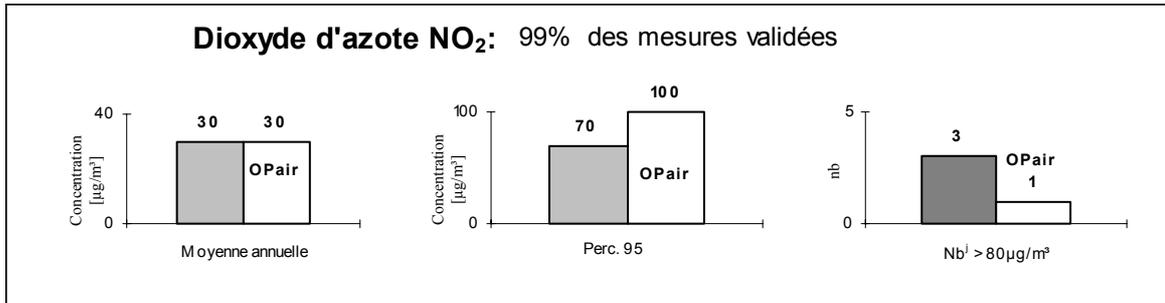
Abréviations : Se reporter au paragraphe 4.1.





AIG

(Aéroport International de Genève)



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 2004.

Station	Durée de l'exposition [Nombre de jours]	Concentration des retombées de poussières			
		Total	Zinc	Plomb	Cadmium
		[mg / (m ² ·d)] [‡]	[µg / (m ² ·d)]	[µg / (m ² ·d)]	[µg / (m ² ·d)]
ILE	368	66	185	24	0.11
STE-CLOTILDE	368	83	484	28	0.27
WILSON	368	42	194	13	0.08
FORON	368	55	80	3	0.02
ANIERES	368	48	18	4	0.06
PASSEIRY	368	31	9	4	0.06
PENEY (step)	368	24	19	5	0.07
RUSSIN (stat. mobile)	365	24	21	3	0.06
VLI OPair		200	400	100	2

Les concentrations sont bien en dessous des VLI OPair à l'exception de la concentration en zinc à la station de Ste-Clotilde, valeur imputable au toit zingué attenant au lieu de prélèvement.

Par rapport à l'année précédente, on constate une relative stabilisation des concentrations.

Légendes et abréviations :

 : Dépassement de la VLI OPair.

[‡] d : day

5. Evolution de la qualité de l'air

5.1. Dioxyde d'azote (NO₂)

5.1.1. Généralités

Les oxydes d'azote (NO_x), terme qui comprend le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂), 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.

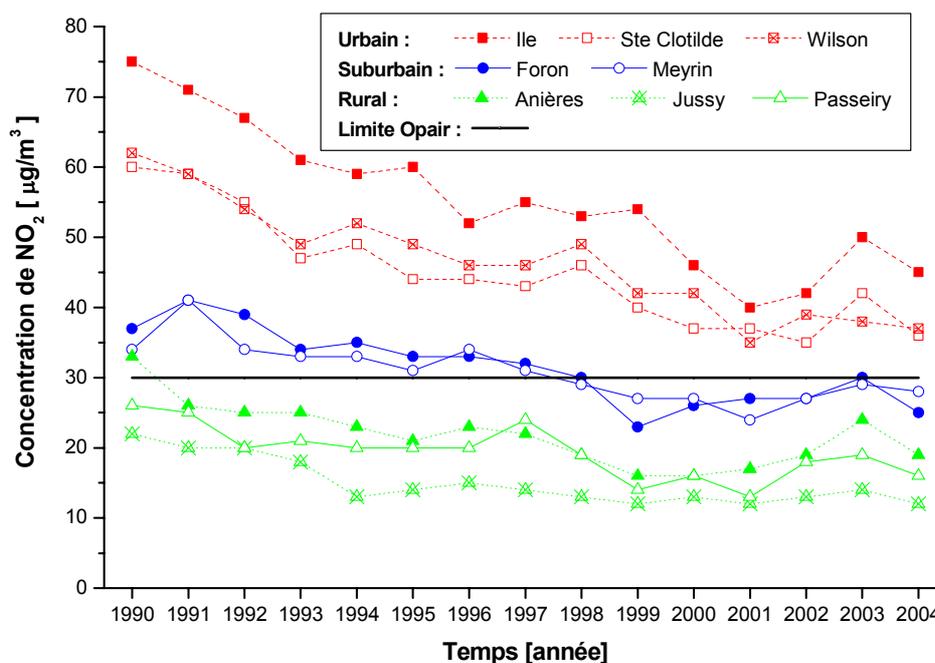
L'obligation, depuis 1986, d'équiper les nouvelles voitures à essence de catalyseurs, ainsi que différents procédés industriels, ont permis de faire baisser la pollution au NO₂. Devant l'augmentation du nombre de kilomètres parcourus, de la demande énergétique, ainsi que du volume des déchets, cette tendance s'est inversée dans le canton de Genève depuis le début des années 2000.

Le NO₂ est un gaz particulièrement oxydant. Des études en laboratoire montrent que pour des concentrations rencontrées en atmosphère polluée, les personnes souffrant d'asthme peuvent subir une augmentation des réactions bronchiques, alors que pour les sujets sains le seuil se situe beaucoup plus haut. Le NO₂ est associé à toute une série de maux dont le plus important serait l'augmentation des décès anticipés par affection cardio-vasculaire et respiratoire.

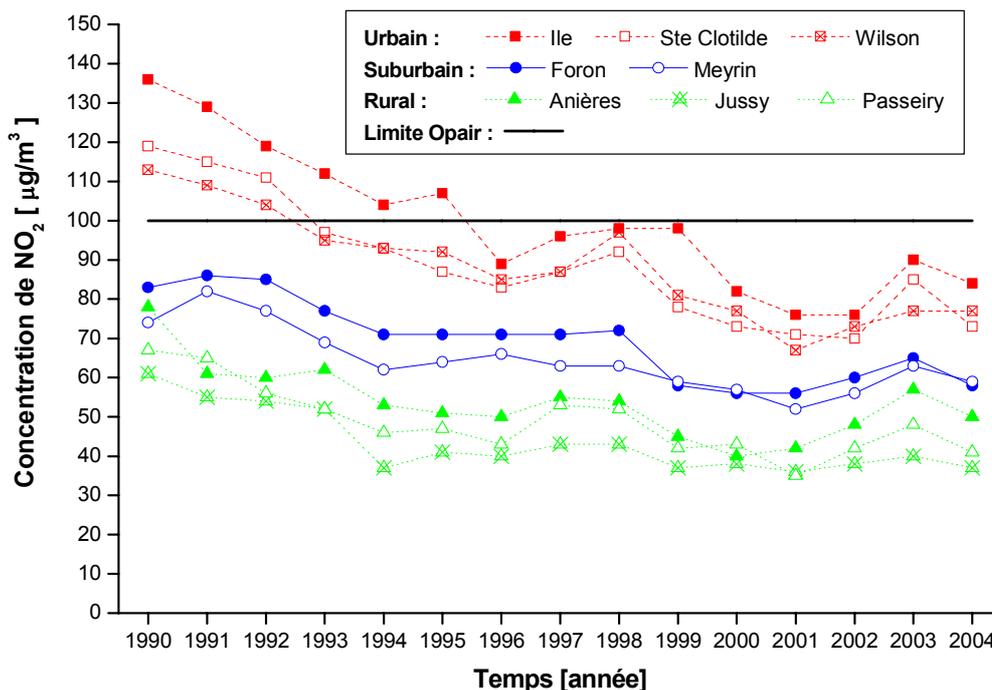
Outre l'effet d'acidification et d'eutrophisation des milieux, les NO_x modifient la biodiversité en faveur de plantes adaptées aux substrats azotés.

Les NO_x en tant qu'éléments d'acidification des pluies, participent à la corrosion des matériaux de type pierre calcaire et dégradent les vitres et les vitraux.

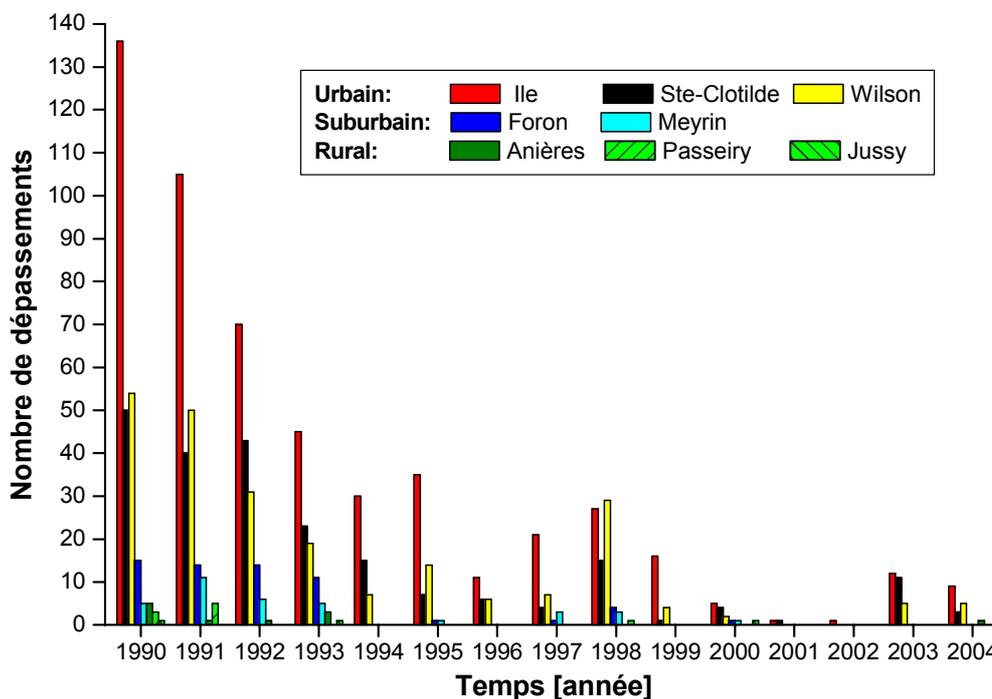
5.1.2. Moyenne annuelle



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

Après la diminution, particulièrement marquée en milieu urbain, des immissions de dioxyde d'azote observée pendant les années 1990 à 2001, l'année 2004 confirme la relative stabilisation des concentrations moyennes annuelles de ce polluant depuis 2000-2001 dans la majorité des stations rurales et suburbaines, ainsi qu'une tendance à l'augmentation pour les stations urbaines.

5.2. Ozone (O₃)

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.

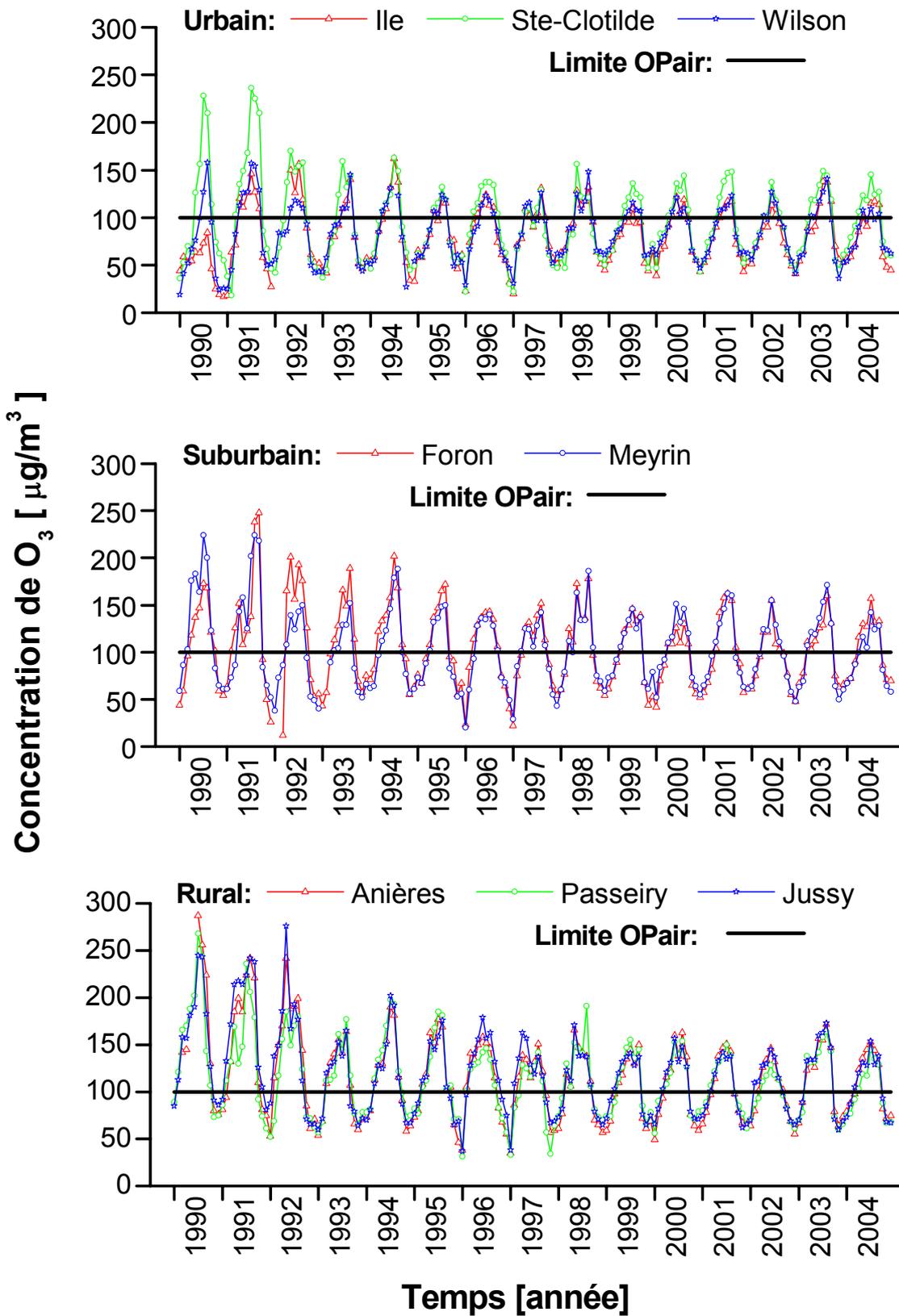
Près du sol, certains gaz polluants, qualifiés de « primaires » ou « précurseurs », provenant du trafic routier ou des chauffages (oxydes d'azote - NO_x) ainsi que des émanations de solvants ou carburants (composés organiques volatils - COV) contribuent à la formation d'ozone sous l'effet du soleil. 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 qui, au-delà d'une certaine concentration, 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. Certaines personnes souffriront de 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 pour cause d'affection respiratoire.

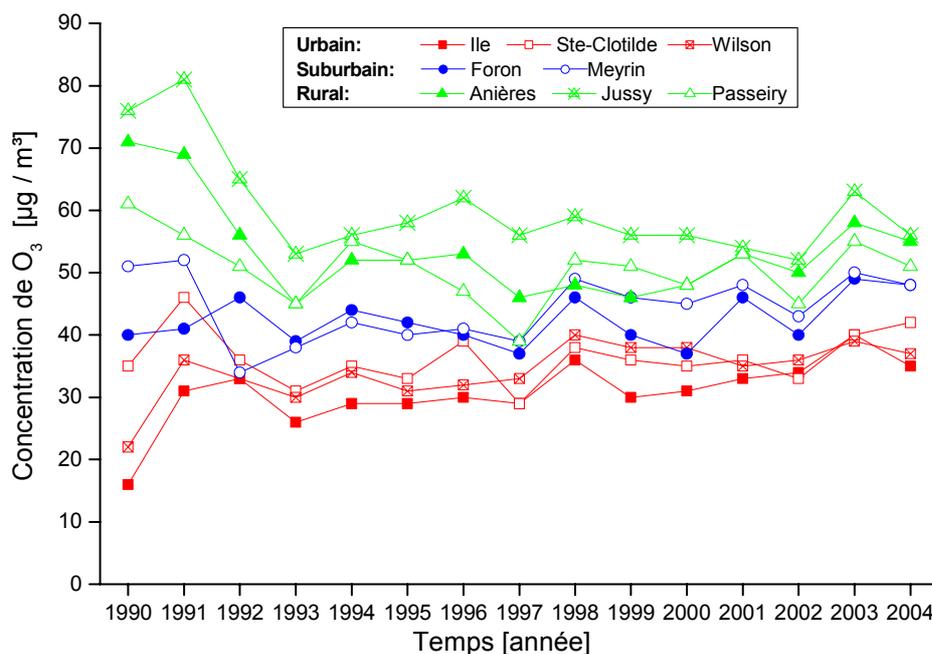
L'effet de l'ozone sur les végétaux reste variable et dépend de l'espèce. Il perturbe entre autre le cycle photosynthétique de la plante, la rendant sensible aux sécheresses et déséquilibrant son cycle nutritif. Le plus souvent cela se traduit par des nécroses et/ou des baisses de rendement des cultures.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

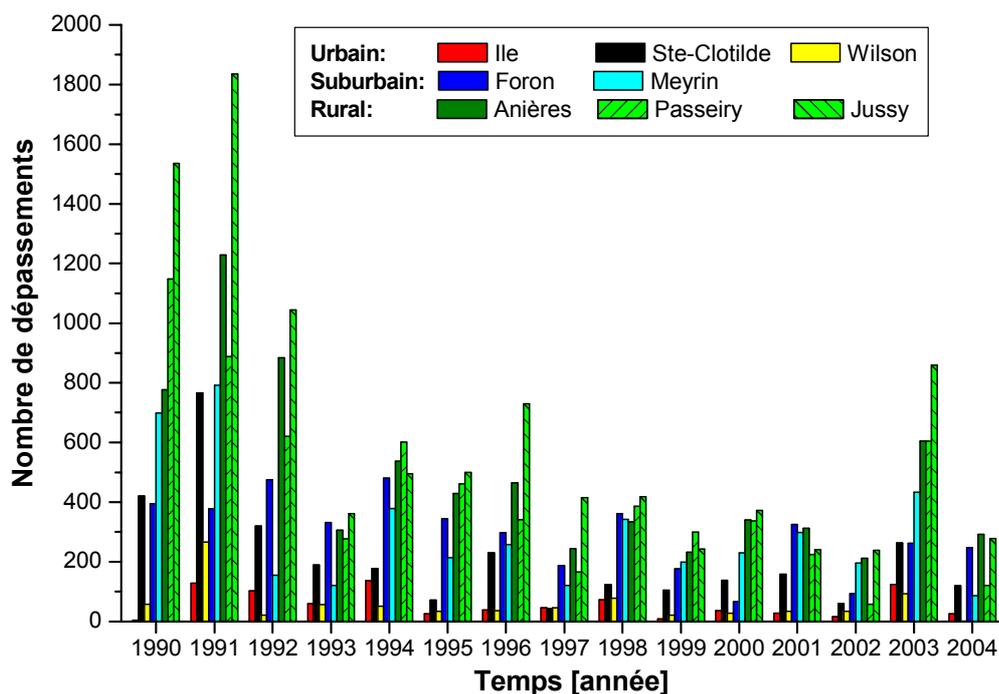
5.2.2. Percentile 98 des moyennes semi-horaires mensuelles



5.2.3. Moyenne annuelle



5.2.4. Nombre de dépassements de la VLI OPair horaire



5.2.5. Bilan

Abstraction faite de l'année 2003, atypique du point de vue des conditions météorologiques, on retrouve en 2004 des fréquences de dépassements comparables aux années précédentes. Pour toutes les stations, les immissions d'ozone sont toujours excessives. Ceci provient du fait que la charge des émissions de polluants primaires (oxydes d'azote et composés organiques volatils) demeure trop élevée. Comme par le passé, la charge en ozone augmente au fur et à mesure que l'on s'éloigne du milieu urbain.

5.3. Poussières en suspension totales (TSP[§]) et PM10

5.3.1. Généralités

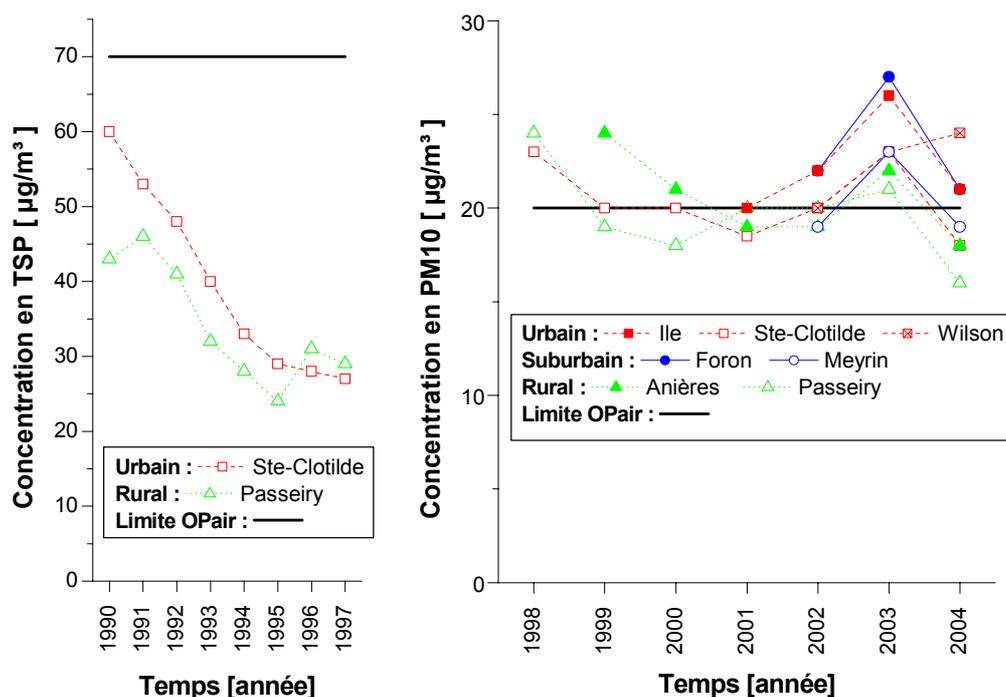
Ces poussières de natures diverses sont émises dans l'atmosphère par les processus de combustion (trafic routier, chauffage, incinération des déchets), par certains procédés industriels ou par des phénomènes de friction (usure des freins de véhicules tels que trains, automobiles, etc). On peut distinguer les particules dites « primaires » qui sont émises directement, des particules « secondaires » formées par exemple par agrégats. Au niveau planétaire la majorité des émissions seraient 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. 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 les alvéoles pulmonaires et certaines d'entre elles sont cancérogènes (suies de diesel par ex). Ces particules fines augmentent la sensibilité aux allergènes et plusieurs études les rendent responsables de l'augmentation du nombre des hospitalisations pour raisons d'asthme et de bronchite chronique, ainsi que de la mortalité par défaillance cardio-vasculaire.

Les particules induisent une baisse de croissance sur 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.

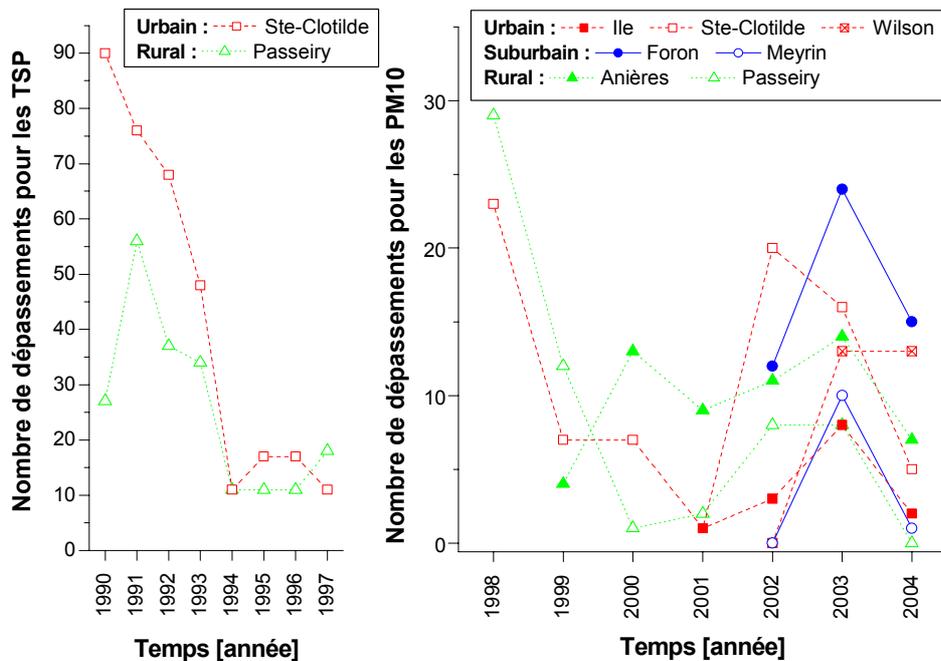
5.3.2. Moyenne annuelle



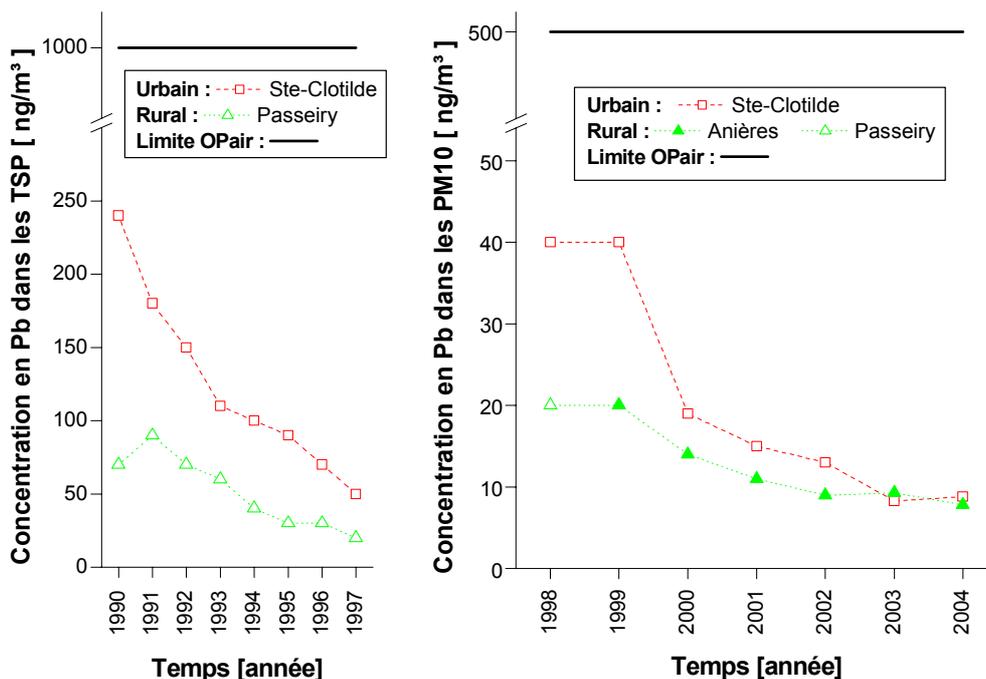
§ TSP : Total suspended particulates.

Nota : Avant 1998, les poussières en suspension totales (TSP) étaient mesurées. Suite à une modification de l'annexe 7 de l'OPair en vigueur depuis le 1^{er} mars 1998, on ne mesure plus que les poussières en suspension dans l'air dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 10 µm (PM10). Dans la figure ci-dessus, ceci explique la « cassure » en 1998, date à partir de laquelle les PM10 ont été mesurées. Il faut noter qu'à cette date, la VLI OPair a aussi été modifiée (70 µg/m³ avant 1998 pour les TSP, 20 µg/m³ après 1998 pour les PM10).

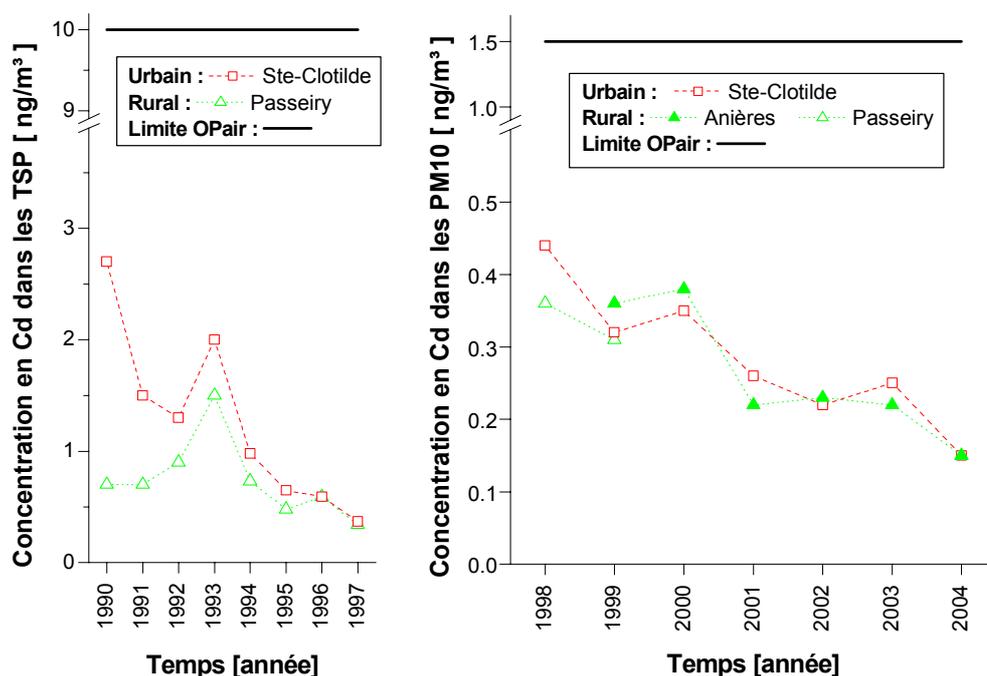
5.3.3. Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière



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



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



5.3.6. Bilan

Pour les moyennes totales, le constat en 2004 présente une amélioration de la situation par rapport à 2003.

L'évolution à plus long terme est plus difficile à évaluer car les mesures sur les PM10 ont débuté en 1998 et les appareils ont été installés progressivement. Néanmoins, l'évolution depuis 1998 semble indiquer une tendance à la stagnation autour de la VLI OPair pour la plupart des stations.

5.4. Dioxyde de soufre (SO₂)

5.4.1. Généralités

Le SO₂ 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 SO₂.

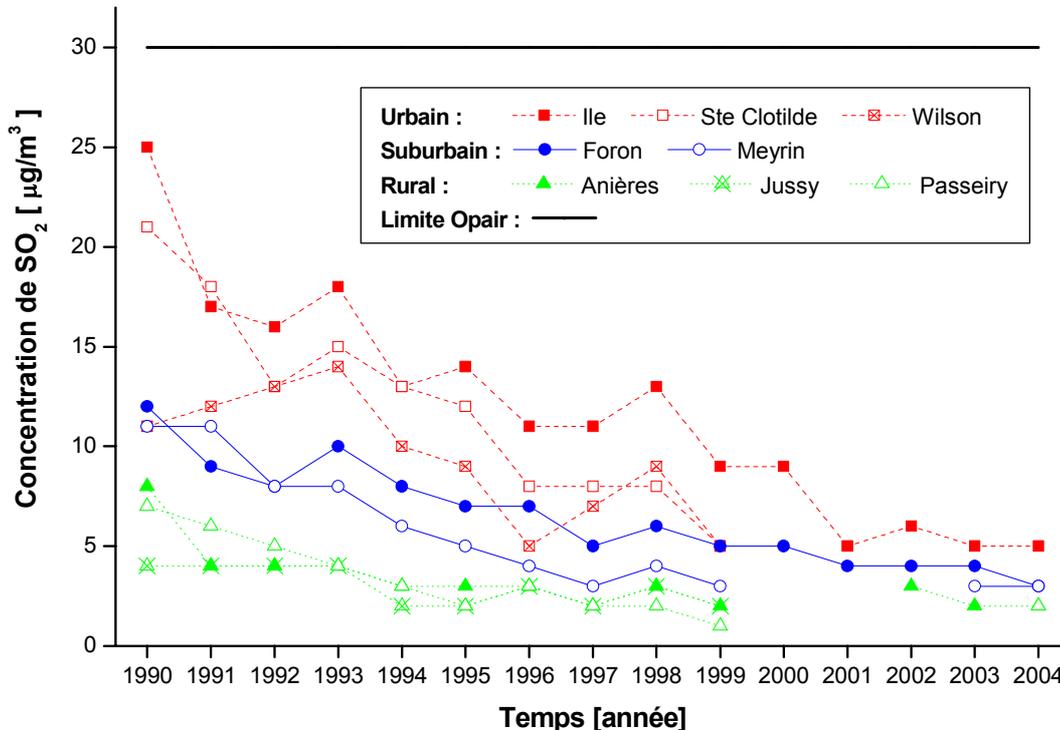
Les normes en vigueur imposent la désulfuration des carburants à 150 ppm pour l'essence et 350 ppm pour le diesel. Dès le 1^{er} janvier 2006, en accord avec les normes européennes, ces valeurs passeront à 50 ppm pour les deux carburants.

Le SO₂ 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 la survenue de crises d'asthme.

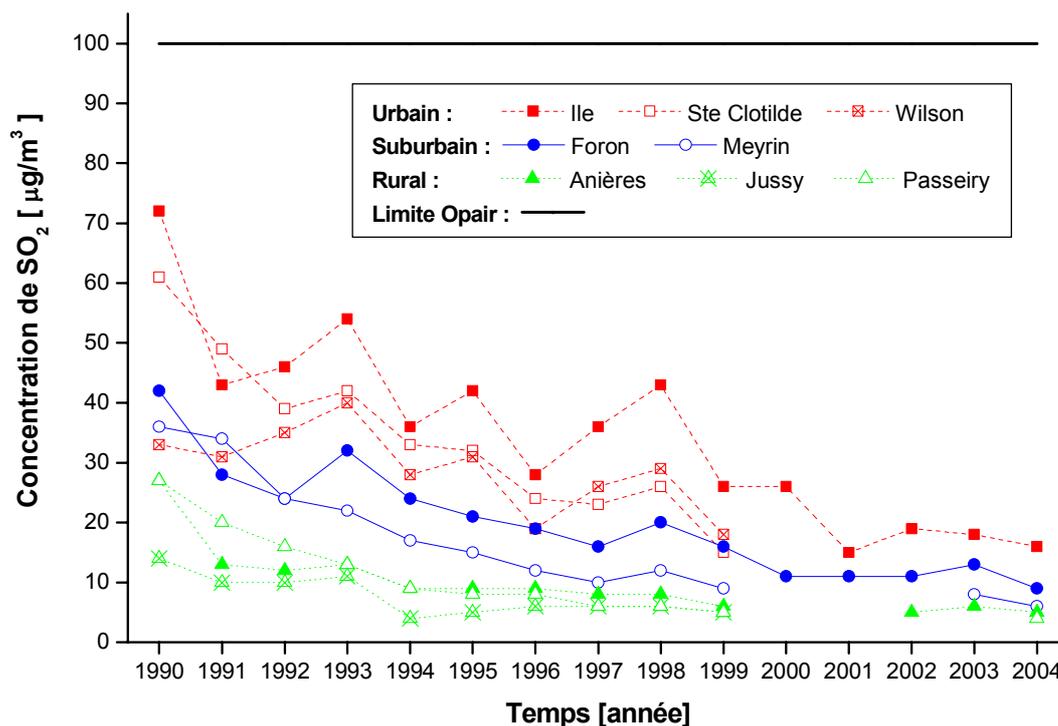
Par dépôt, le SO₂ participe à l'acidification des milieux et cause des dommages aux plantes et aux écosystèmes fragiles. Ceci entraîne une baisse de la biodiversité.

Le SO₂, associé à des poussières ou en phase gazeuse, forme du SO₃. 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



5.4.3. Percentile 95 des moyennes semi-horaires annuelles



5.4.4. Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière

Depuis 1989, il n'y a eu que deux dépassements de la VLI OPair journalière (100 µg/m³), à la station de l'Ile en 1990.

5.4.5. Bilan

En 2004, les immissions de SO₂ sont restées au niveau de celles de 2003. Elles se situent bien en dessous des VLI OPair.

5.5. Monoxyde de carbone (CO)

5.5.1. Généralités

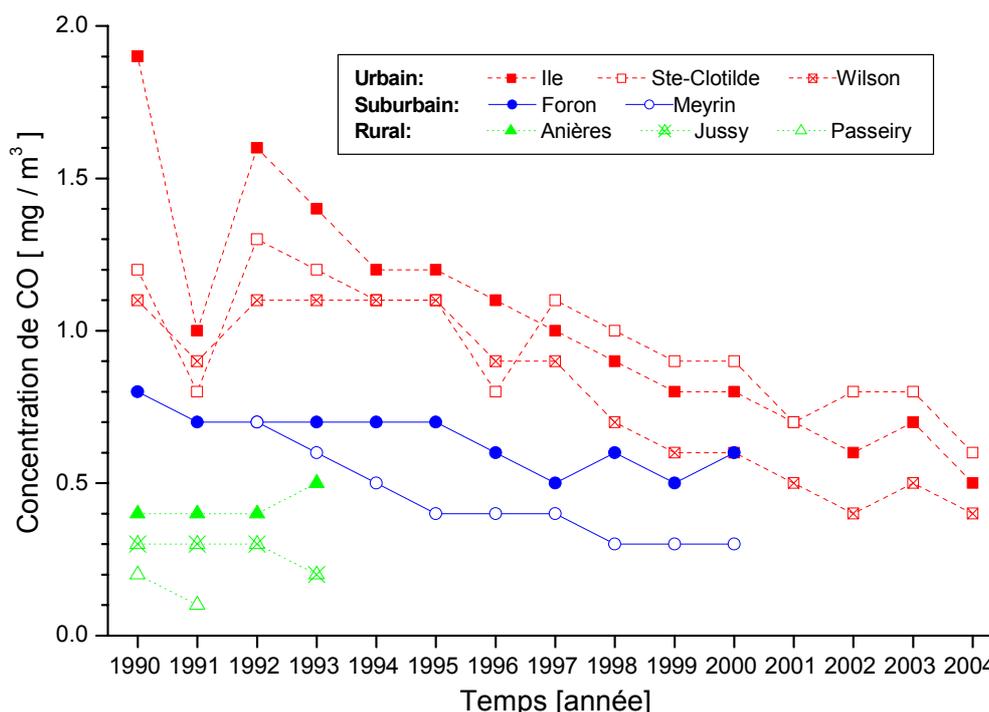
Le CO se forme lors de réactions de combustions incomplètes, principalement en déficit d'oxygène, et est un rejet typique d'une installation (moteur, chauffage, ...) défectueuse ou mal réglée.

De par ses propriétés (densité proche de l'air, incolore, inodore) le CO représente un réel danger à l'intérieur des bâtiments. C'est une fréquente cause d'intoxication, allant jusqu'à la mort, lorsque les concentrations sont élevées (bien au-delà de celles observées dans l'air ambiant).

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 le CO entraîne une mort rapide.

Ce polluant produit aussi un effet sur les plantes dont il peut limiter la croissance, entraînant au pire la chute des feuilles et la mort.

5.5.2. Moyenne annuelle



5.5.3. Nombre de dépassements de la VLI OPair journalière

Au moins depuis 1989, il n'y a pas eu de dépassement de la VLI OPair journalière (8 mg/m³) sur l'ensemble des stations du ROPAG.

5.5.4. Bilan

Les concentrations restent faibles et stationnaires par rapport à celles de 2003.

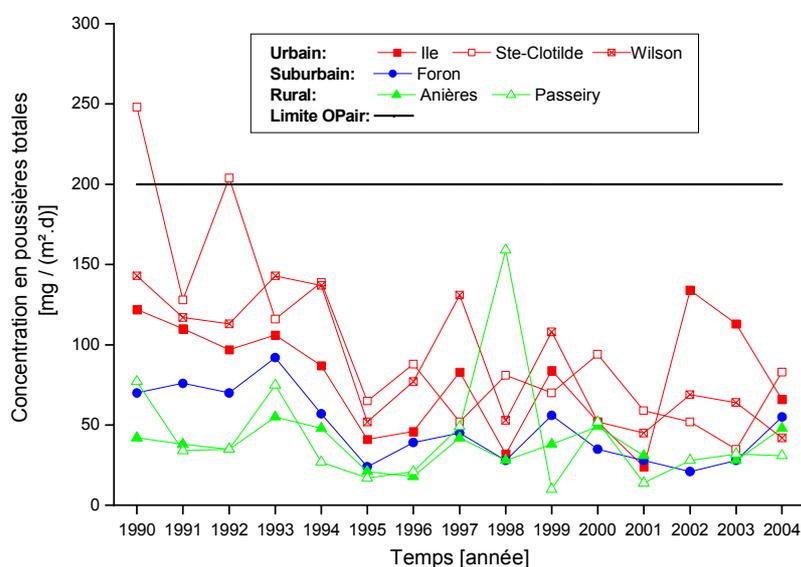
5.6. Retombées de poussières

5.6.1. Généralités

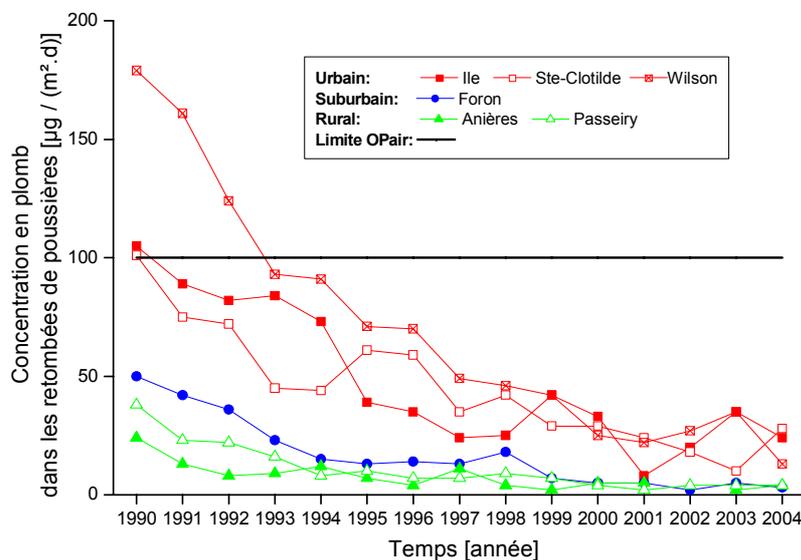
A la différence des PM10, poussières en suspension dans l'air dont le diamètre aérodynamique est inférieur à $10\ \mu\text{m}$, les retombées de poussières concernent plus particulièrement les grosses particules, qui sédimentent et qui, de par leur masse, ne restent pas en suspension dans l'air et tombent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

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

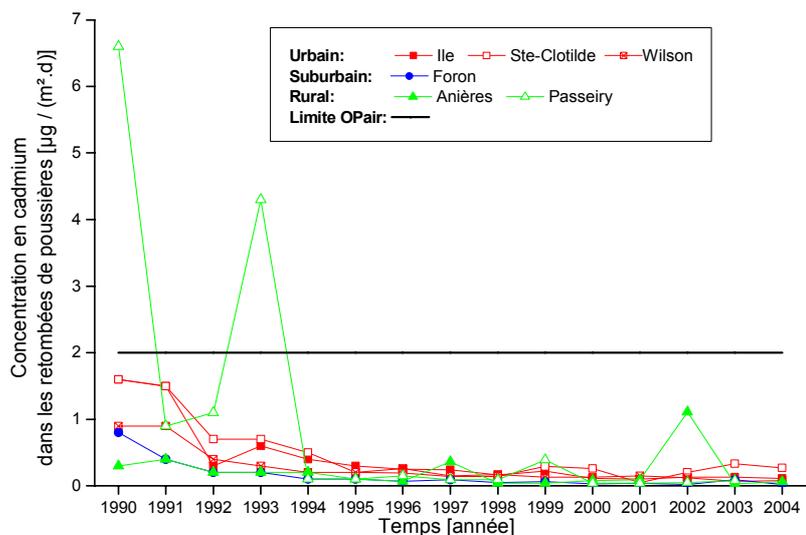
5.6.2. Moyenne annuelle totale



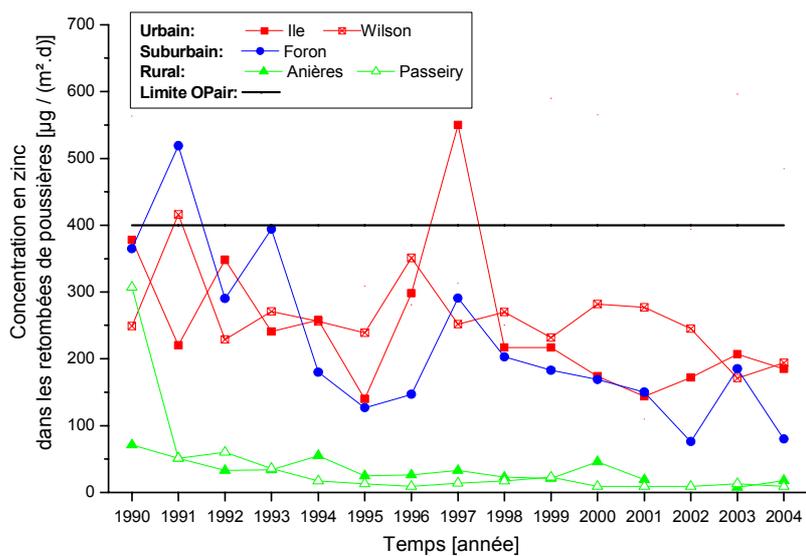
5.6.3. Moyenne annuelle pour le plomb (Pb) dans les retombées de poussières



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



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



5.6.6. Bilan

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

6. Capteurs passifs : Campagne NO₂

6.1. Introduction

Depuis 1994-1995, un réseau de capteurs passifs mesure les concentrations de dioxyde d'azote dans l'agglomération genevoise. Il compte 88 points de mesure, répartis selon une maille kilométrique.

Cette méthode, validée en Suisse par l'OFEFP, 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'égales 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 qui absorbe le NO₂. Cette absorption crée une diffusion du NO₂ à l'intérieur du tube, due à la différence de concentration produite. L'analyse permet de mesurer la valeur de NO₂ 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 dans du Metex 5 %, à 60°C, aux ultrasons, 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 triéthanolamine (TEA) sur les grilles.

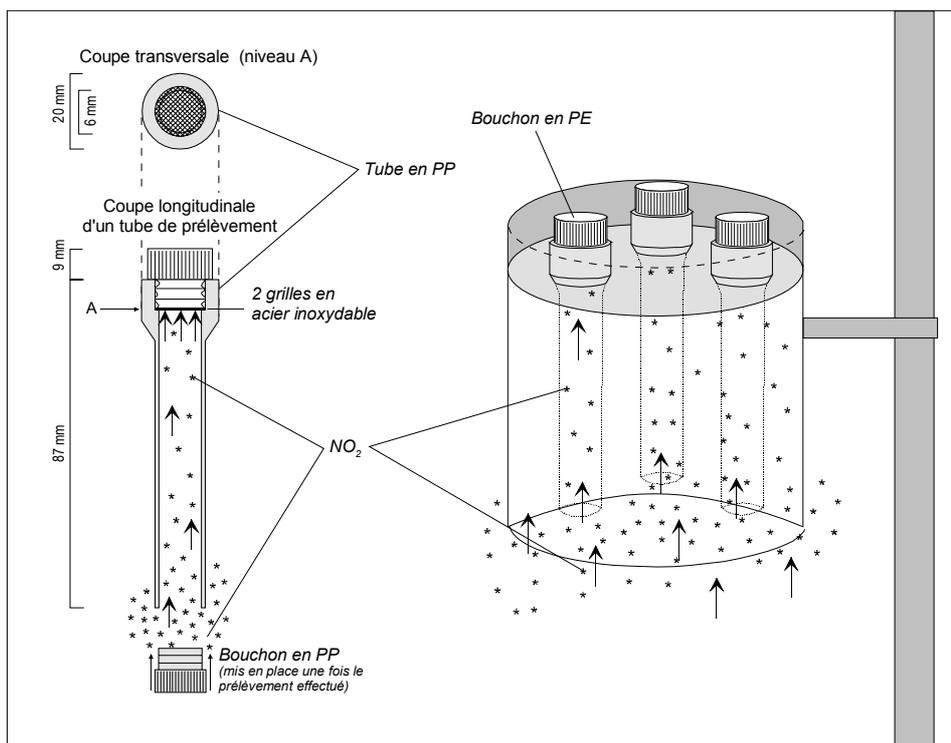
Chaque capteur reçoit deux grilles en acier inox traitées et est obturé à une extrémité par un bouchon en PE. A l'aide d'une micro pipette, 30 µl d'une solution composée de TEA 20 % sont déposés sur les grilles. Afin d'éviter toute contamination due au NO₂ atmosphérique ambiant, l'extrémité ouverte est alors immédiatement bouchée au moyen d'un bouchon en PE.

Pose - dépose

Les capteurs sont ensuite installés sur le site de mesure, par lots de 3 dans des boîtiers en PP, et exposés au NO₂ pendant 14 jours, en enlevant les bouchons inférieurs.

Les tubes contenant les capteurs sont ensuite collectés et refermés avant d'être analysés dans le laboratoire du SCPA, pour déterminer la concentration en NO₂ durant la période considérée.

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



Principe de montage des capteurs passifs de NO₂

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 NaNO₂ (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 NO₂, les capteurs ne sont pas placés à proximité immédiate des sources d'émissions.

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

Le tableau de la page 56 donne les emplacements des 88 boîtiers contenant les capteurs passifs de NO₂, ainsi que les concentrations correspondantes pour l'année 2004.

6.4. Résultats

Une carte (page 57) des mesures du réseau de capteurs passifs présente les immissions de dioxyde d'azote en moyennes annuelles pour l'année 2004, calculées par interpolation des résultats obtenus sur les 88 points de prélèvement, ainsi que ceux donnés par les stations du ROPAG. On peut y reconnaître les zones soumises à des immissions excessives, dont la moyenne annuelle est supérieure à la VLI OPair ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Par rapport à 2003, l'année 2004 montre une amélioration de la pollution au dioxyde d'azote sur la plupart du territoire genevois, tendance confirmée par le graphique du paragraphe 5.1. Il faut cependant rappeler que 2003 a été une année particulière en terme de météorologie. L'évolution constatée sur une période d'environ cinq années (voir par exemple les cartes dans les rapports des années précédentes ou encore le paragraphe 5.1) montre plutôt une tendance à la stagnation des concentrations en NO_2 , voire une augmentation au cœur de l'agglomération.

Année	Nombre d'habitants du canton*	Nombre d'habitants soumis à $\text{VLI} > 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Pourcentage d'habitants soumis à $\text{VLI} > 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Nombre de travailleurs sur le canton*	Nombre de travailleurs soumis à $\text{VLI} > 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Pourcentage de travailleurs soumis à $\text{VLI} > 30 \mu\text{g}/\text{m}^3$
2002	427'705	168'551	39%	259'501	133'781	52%
2003	434'490	224'393	52%	259'501	165'018	64%
2004	438'500	113'364	26%	259'501	109'740	44%

En 2004, une zone plus restreinte de l'agglomération genevoise dépasse la VLI OPair, mais dans cette zone, les concentrations ont augmenté. C'est ainsi qu'en 2004, environ 26% de la population et 44% des personnes travaillant dans le canton ont été soumises à des concentrations excessives (au-dessus de la VLI OPair annuelle). La forte concentration des emplois au centre-ville explique en partie ces résultats.

La différence des concentrations entre l'année 2004 et l'année 2002 est présentée sous forme de carte (page 58). L'analyse montre une péjoration de la pollution au dioxyde d'azote, principalement au cœur de l'agglomération genevoise, et une amélioration – stagnation en périphérie.

En conclusion, il faut retenir qu'après une amélioration importante des immissions de dioxyde d'azote pendant les années 1990-2001, l'année 2004 est encore une année décevante pour le NO_2 avec des niveaux qui peinent à descendre en dessous des VLI et ce, malgré les mesures mises en place dans le cadre des Plans de mesures OPair successifs.

* Source : Office cantonal de la statistique du canton de Genève

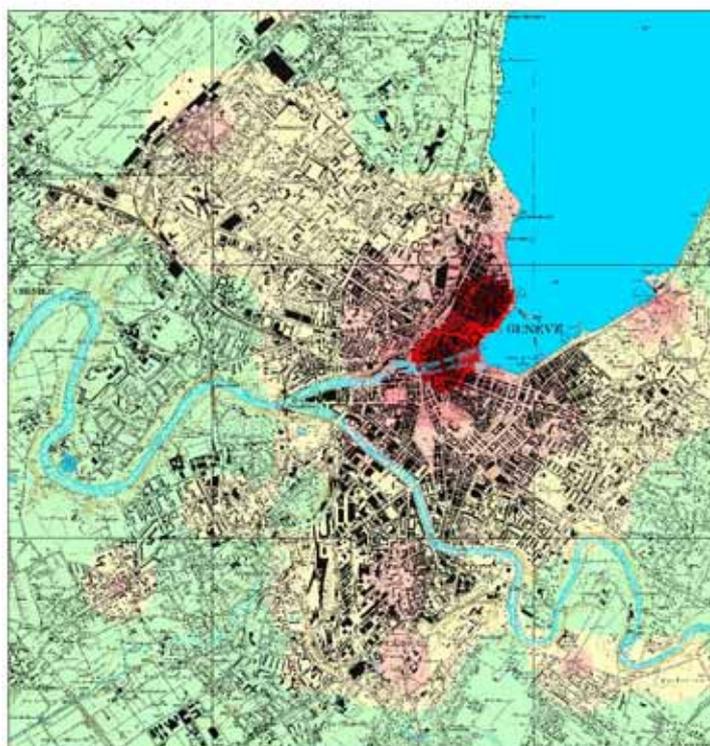
Emplacements et concentrations moyennes annuelles des capteurs passifs

Emplacements	Coordonnées OTF		C*(NO ₂) [µg/m ³]	Emplacements	Coordonnées OTF		C*(NO ₂) [µg/m ³]
	X	Y	2004		X	Y	2004
Rte de Prévessin	495434	122459	14.5	Prom. de St-Antoine	500605	117334	34.4
Av. A.F. Dubois	496167	122239	20.5	Rue Ernest-Block	501610	117673	30
Aéroport/Bois Perdriaux	497311	121917	14.3	Ch. Frank-Thomas	502588	117683	28.7
Voie des Traz/Voirie	498502	122207	28.1	Ch. de Grange-Falquet	503576	117409	23.3
Ch. de Valérie	499629	122464	19.8	Ch. des Meures	504342	117363	18
Ch. des Cornillons	500379	121780	17.9	Ch. des Mouilles/Rte de Loex	495413	116483	20.2
Rue des Lattes	494862	121644	14.2	Av. des Grandes-Communes	496618	116369	22.3
Ch. du Marais Long	496044	121388	15.7	Av. des Morgines	497503	116314	29.1
Ch. de la Colombelle	498422	121308	24.7	Ch. de Surville	498567	116454	23.8
Ch. Palud	499528	121458	19.8	Rte des Acacias	499461	116477	27.4
Ch. de Trémessaz	504515	121513	17.9	Rue Alcide-Jentzer	500331	116381	29.4
Rue de la Golette	494898	120665	18.2	Av. Eugène-Pittard	501444	116399	30.5
Ch. de Perrault	496128	120714	18.4	Ch. des Bougeries	502506	116417	23.7
Ch. Riant-Bosquet	497366	120544	34.4	Rte de Malagnou	503434	116212	24
Ch. du Pommier	498533	120537	29.2	Av. Adrien-Jeandin	504413	116106	28.2
CICR	499639	120470	20.9	Ch. de Gambay	495497	115472	19.8
Ch. de l'Impératrice	500280	120510	18	Ch. de l'Auberge	496473	115493	31.6
Ch. du Nant-d'Argent	503528	120559	25.1	Ch. de Gilly	497508	115486	19.8
Ch. Marclay	504550	120480	14.8	Av. Eugène-Lance	498390	115409	27.1
Ch. Deley	494977	119560	24.9	Place de Sardaigne	499594	115525	34.8
Rte de Vernier	496020	119503	30	Rue Daniel Gevril	500315	115551	26.8
Les Avanchets	497469	119536	29	Stade de Vessy	501462	115314	19.5
Ch. des Crêts	498586	119622	26.6	Ch. de Rojoux	502673	115458	20.3
Square de Mesmes	499570	119479	28	Ch. de la Béraille	503516	115498	18.6
Station Wilson	500657	119115	35	Ch. des Marais	495505	114445	20.5
Ch. de Bellefontaine	502710	119020	19.7	Ch. des Charrotons	496623	114506	18
Ch. de la Fraidieu	503567	119499	18.8	Ch. du Nant-Boret	497463	114553	19.2
Ch. des Peutets	504637	119420	16	Ch. des Pontets	498463	114509	26.4
Ch. du Progrès	494846	118560	21.9	Rte de Drize	499582	114530	35.3
Ch. du Moulin-des-Frères	496211	118576	16.6	Plateau de Pinchat	500585	114543	22.9
Ch. du Croissant	497613	118465	24.1	Rte de Veyrier	501465	114614	32.4
Rue de Bourgogne	498406	118498	26.1	Rte du Stand-de-Veyrier	502559	114595	28.7
Rue Eberhardt	499562	118596	30.8	Ch. des Bis	495334	113242	16.4
Place de la Navigation	500528	118634	52.7	Rte de Base	496397	113575	22.9
Phare des Pâquis	501088	118427	23	Rte de Bardonnex	497492	113464	25.2
Débarcadère CGN	501518	118284	25.4	Ch. de Vers/Ch.Vandel	498479	113564	20.2
Rampe de Cogny	502420	118556	37.7	Ch. Massenet	499522	113620	16.3
Ch. des Falquets	503700	118430	15.1	Ch. Sous-le-Crêt	500545	113597	17.7
Ch. de la Seymaz	504619	118365	19	Ch. des Marais	501467	113325	20.9
Ch. des Blanchards (ferme)	495513	117520	17.9	Ch. des Rasses	502625	113508	21.7
Ch. Nicolas-Bogueret	496430	117511	19.6	Rte d'Annecy	499654	112532	19.7
Ferme de St-Georges	497429	117196	21.1	Rte de Pierre-Grand	500506	112643	17.4
Dépôt TPG	498667	117459	23.4	Ch. de la Cantonnière	501320	112444	23.6
Rue de la Synagogue	499622	117624	37.2	Ch. de Tatte-Simond	502578	113003	22.1

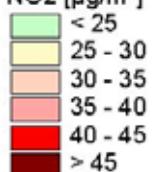
C*(NO₂) : Concentration moyenne annuelle pour le NO₂.

 : Dépassement de la VLI OPair.

Concentration moyenne du NO₂ pour l'année 2004



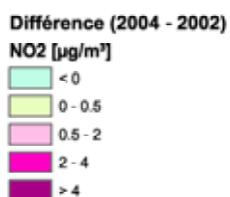
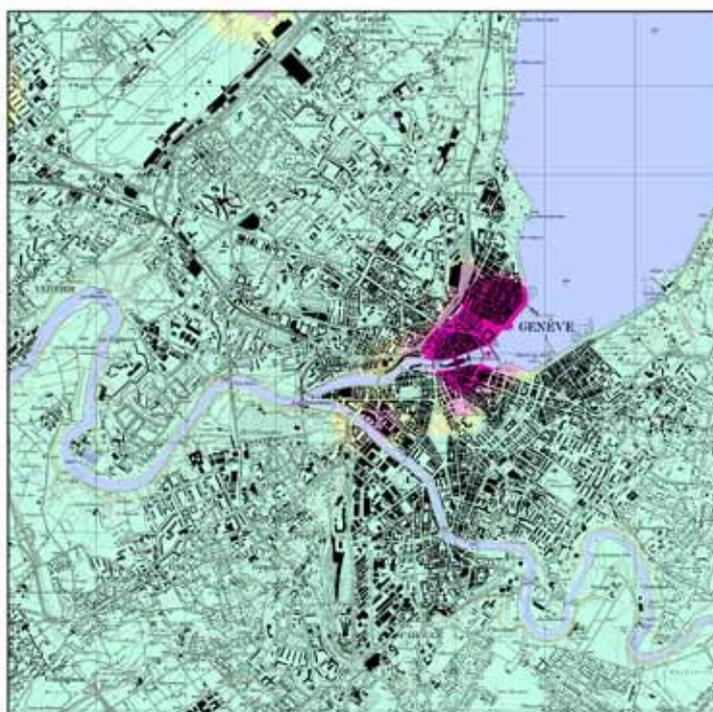
NO₂ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] moyenne annuelle 2004



Valeur limite OPAir 30 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

Nota : Afin d'améliorer la lecture, la carte servant de « fond » a été changée. Cela n'a aucune influence sur les calculs et la représentation spatiale des concentrations en NO₂.

Différence des concentrations moyennes en NO₂ des années 2004 et 2002



La carte présentée ci-dessus a été établie en effectuant la différence entre les valeurs obtenues en 2004 et celles obtenues en 2002, ce qui a permis de mettre en évidence les zones où la qualité de l'air s'est améliorée, ou dégradée entre 2002 et 2004.

7. Campagne de mesure à la rue Winkelried

7.1. Problématique

La rue Winkelried est l'objet d'un engorgement quasi permanent pendant la journée, dû en grande partie au trafic de transit. Celui-ci, de par la signalisation du quartier, est en principe restreint aux seuls riverains depuis le quai des Bergues (panneau « riverains autorisés » à l'angle avec la rue Rousseau), mais nombre d'automobilistes empruntent cet itinéraire pour rejoindre le pont du Mont Blanc.

Le débit des véhicules est faible car le feu de signalisation au bout de la rue Kléber ne fait passer que très peu de voitures à la fois, ce qui contribue à créer et à maintenir un bouchon permanent. Bien que peu important, ce débit est néanmoins suffisant pour générer une situation problématique tant du point de vue du trafic que de la qualité de l'air. En effet, cette rue est bordée d'immeubles de 5 à 6 étages formant un canyon propice à la création de fortes concentrations de polluants primaires.

7.2. Mesures effectuées

7.2.1. Emplacement et période de mesure

La station de mesure mobile a été installée à l'angle de la rue Winkelried et de la rue Kléber (voir l'extrait cadastral au paragraphe 4.2 page 32).

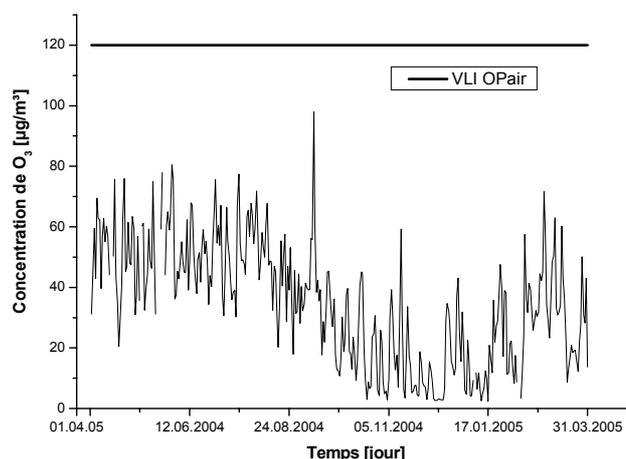
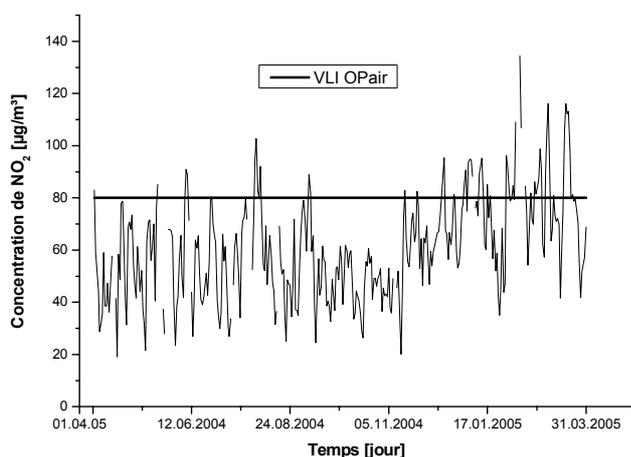
Les mesures de la qualité de l'air ont été effectuées durant une année, du 01.04.2004 au 31.03.2005.

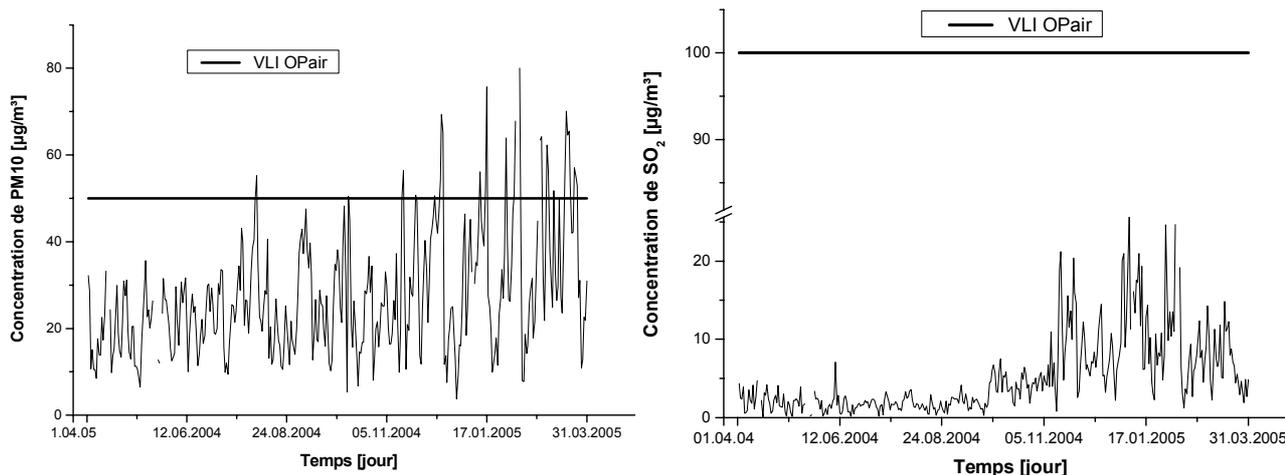
7.2.2. Analyse des résultats

Evolution des moyennes journalières sur un an

Les figures ci-dessous montrent l'évolution des moyennes journalières sur la période considérée et pour les polluants NO₂, O₃, PM10 et SO₂.

Nota : Un résumé des résultats est présenté au paragraphe 4.2 page 33.





Cette station accumule pratiquement tous les plus mauvais résultats de l'année 2004 : la position au centre-ville, une configuration « en canyon » ainsi qu'un bouchon quasi-permanent expliquent ce bilan.

Les concentrations en NO₂ ont des valeurs environ 1.5 fois plus élevées que celles d'un autre site urbain. Ce polluant provenant principalement du trafic routier, on comprend facilement les valeurs enregistrées.

Les valeurs mesurées pour l'O₃ se situent à un niveau caractéristique d'un site urbain. En effet, en ville, l'O₃ est formé mais aussi détruit par la pollution. Les concentrations d'O₃ y sont donc souvent moins élevées qu'à la périphérie.

En ce qui concerne les PM10, tout comme le NO₂, le site de Winkelried enregistre les plus importantes valeurs. L'explication est à chercher du côté de la proximité d'un trafic « intense » (en terme d'émission de polluant, mais pas de débit de voitures) ainsi que la particularité de ce site qui est encaissé.

Le SO₂ n'est actuellement plus une problématique au niveau du canton de Genève, même en ville dans une zone à trafic « intense ». Ceci vient en grande partie de l'amélioration de la qualité des carburants et notamment leur désulfuration. On peut cependant remarquer que les immissions de SO₂ sont particulièrement marquées en hiver, en période de chauffage.

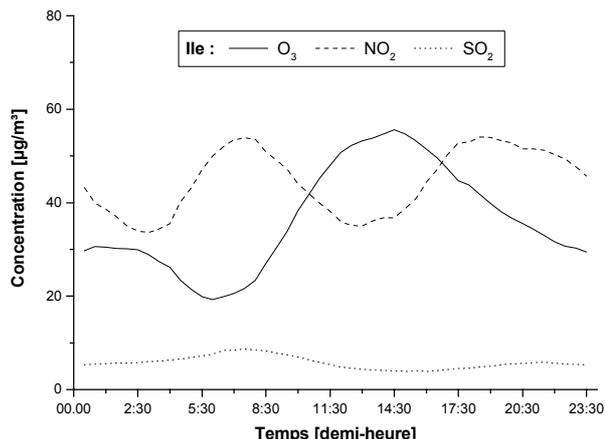
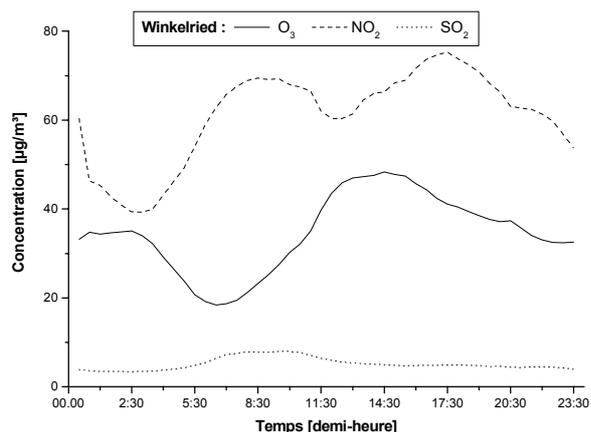
Comparaisons avec la station de l'Ile

La station de l'Ile, représentative d'un site urbain et du centre de l'agglomération genevoise, a été choisie afin d'établir un parallèle.

Des paramètres tels que les concentrations journalières moyennes ou les concentrations hebdomadaires moyennes sont calculés et discutés ci-après pour les polluants O₃, NO₂ et SO₂, aux stations de Winkelried et de l'Ile.

Profil journalier moyen

Le profil journalier moyen sur une période donnée est élaboré à partir des concentrations semi-horaires moyennes calculées pour chaque demi-heure de la journée. La concentration semi-horaire correspondant à une demi-heure H est alors obtenue en effectuant la moyenne de toutes les concentrations semi-horaires relevées à la demi-heure H pendant la période étudiée.



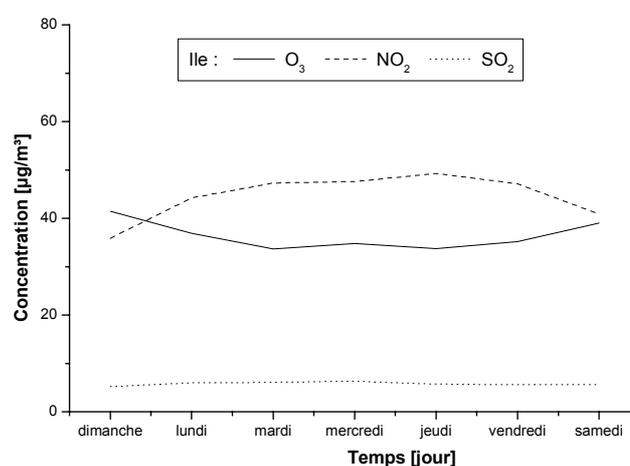
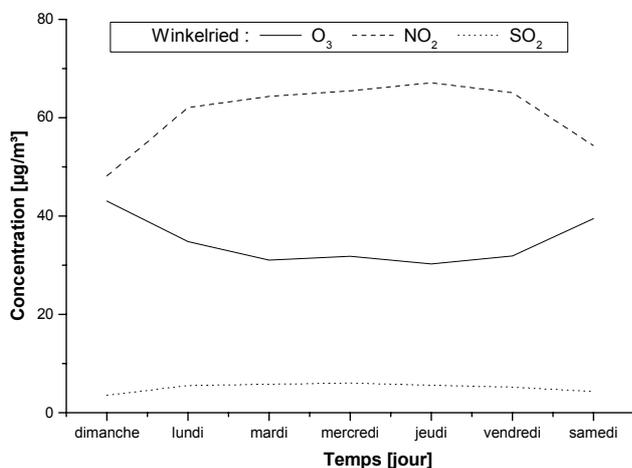
Ces figures montrent la position du maximum de concentration en O_3 , située l'après-midi et correspondant au maximum d'ensoleillement, ainsi que la position du minimum, située le matin. A ce moment le trafic (avec les chauffages en hiver) commence à émettre les polluants qui consomment l' O_3 .

Les valeurs de NO_2 sont pratiquement 1.5 fois plus élevées à la station Winkelried qu'à celle de l'Ile, pourtant déjà très élevées et au-dessus des VLI de l'OPair. On observe un creux moins prononcé en début d'après-midi sur le site de Winkelried, ce qui est cohérent avec la présence d'un bouchon quasi-permanent.

Pour ce qui est des immissions de SO_2 on observe un premier pic le matin, en phase avec celui du NO_2 . Par contre le second pic de l'après-midi n'y apparaît quasiment pas. Ainsi, on peut raisonnablement penser que le pic du matin provient des chauffages qui s'enclenchent en début de journée ainsi que des camions fonctionnant au diesel, qui livrent les magasins tôt le matin.

Profil hebdomadaire moyen

Le profil hebdomadaire moyen sur une période donnée est élaboré à partir des concentrations journalières moyennes calculées pour chaque journée de la semaine. La concentration journalière correspondant à une journée J, par exemple le lundi, est alors obtenue en effectuant la moyenne de toutes les concentrations journalières relevées au jour J pendant la période étudiée.



On remarque sur ces graphiques une similitude entre les stations de Winkelried et celle de l'Île, pour les polluants NO₂, O₃ et SO₂. Néanmoins, si les valeurs pour l'O₃ et le SO₂ sont comparables entre les deux stations, les valeurs de NO₂ sont pratiquement 1.5 fois plus élevées à la station Winkelried qu'à celle de l'Île.

On peut aussi y voir la différence semaine / week-end, ou encore le comportement opposé de l'O₃ et du NO₂. Cette opposition est encore plus prononcée à la station de Winkelried qu'à celle de l'Île.

7.3. Conclusion

Les mesures effectuées à la station mobile de la rue Winkelried ont permis de chiffrer et de confirmer une situation que l'on supposait mauvaise. Hormis pour l'O₃, les plus fortes concentrations en polluants ont été mesurées sur ce site, avec des valeurs dépassant parfois de loin les VLI OPair (de 1.5 à 2 fois pour les moyennes annuelles de PM10 et de NO₂).

On peut se demander dès lors combien de rues de ce type existent à Genève et continuent d'affecter la santé des riverains. Si des efforts étaient faits dans le sens du respect de la limitation de la circulation, ou si la circulation était limitée de manière plus efficace, la qualité de l'air dans cet ensemble de rues serait certainement bien meilleure.

8. Bilan de la saison estivale 2004 pour l'ozone

Ce chapitre reprend en grande partie le contenu du rapport de suivi de la saison 2004 du « Plan de mesures Ozone » soumis au Conseil d'Etat du canton de Genève à sa séance du 26 janvier 2005.

8.1. Situation de la pollution à l'ozone à Genève durant l'été 2004

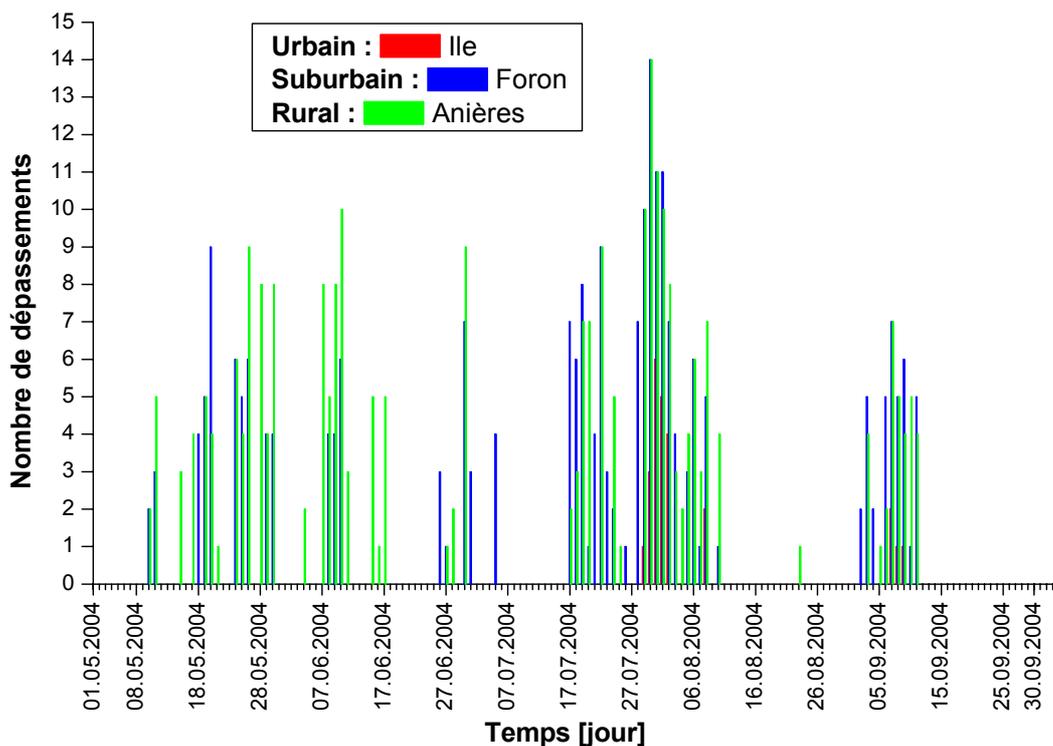
8.1.1. Situation météorologique

Après un été 2003 exceptionnel, puisqu'il a été le plus chaud depuis plusieurs centaines d'années, les mois de mai à juillet 2004 ont été plutôt proches de la normale en termes de températures, de pluviosité et d'ensoleillement.

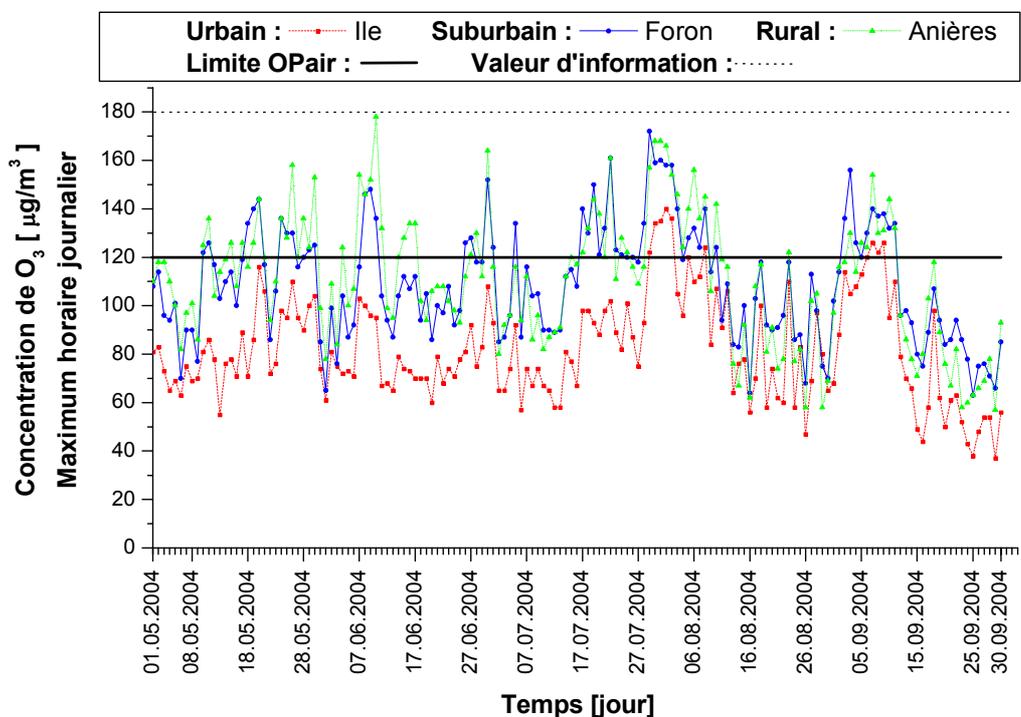
Selon MétéoSuisse, en 2004, le mois de mai a été particulièrement ensoleillé, dans la région romande, avec au total 249 heures d'ensoleillement pour le canton de Genève. La période du 17 au 21 mai a été marquée par des journées presque estivales, chaudes et très ensoleillées, avec un maximum de 28,5 °C le jour de l'Ascension (jeudi 20 mai). Entre le 7 et le 11 juin, Genève a connu 5 jours à plus de 30 °C. Avec 270 heures d'ensoleillement en juin, la région genevoise a été la plus ensoleillée du pays. Par la suite, le temps a été particulièrement gris et froid, jusqu'au 13 juillet. A partir du 25 juillet, le soleil est devenu très « généreux » et chaud, les températures dépassant plusieurs fois les 30 °C, dès le 28 juillet. C'est pendant le week-end du 1er août que les températures les plus élevées de l'année 2004 ont été enregistrées. Les jours suivants ont connu de violents orages. D'une manière générale, la température a dépassé de 1 à 1.5 °C la moyenne 1961-1990 et, pour Genève, l'ensoleillement a dépassé de 10% la moyenne. Dès le 1er septembre, un temps quasi-estival s'est de nouveau installé sur notre région, ceci jusqu'au 11 septembre. Durant cette période les températures ont dépassé de 2.5 à 4°C la norme saisonnière. Dès le milieu du mois de septembre, le temps est devenu plus contrasté, avec une alternance de pluie et de soleil.

8.1.2. Concentrations d'ozone mesurées

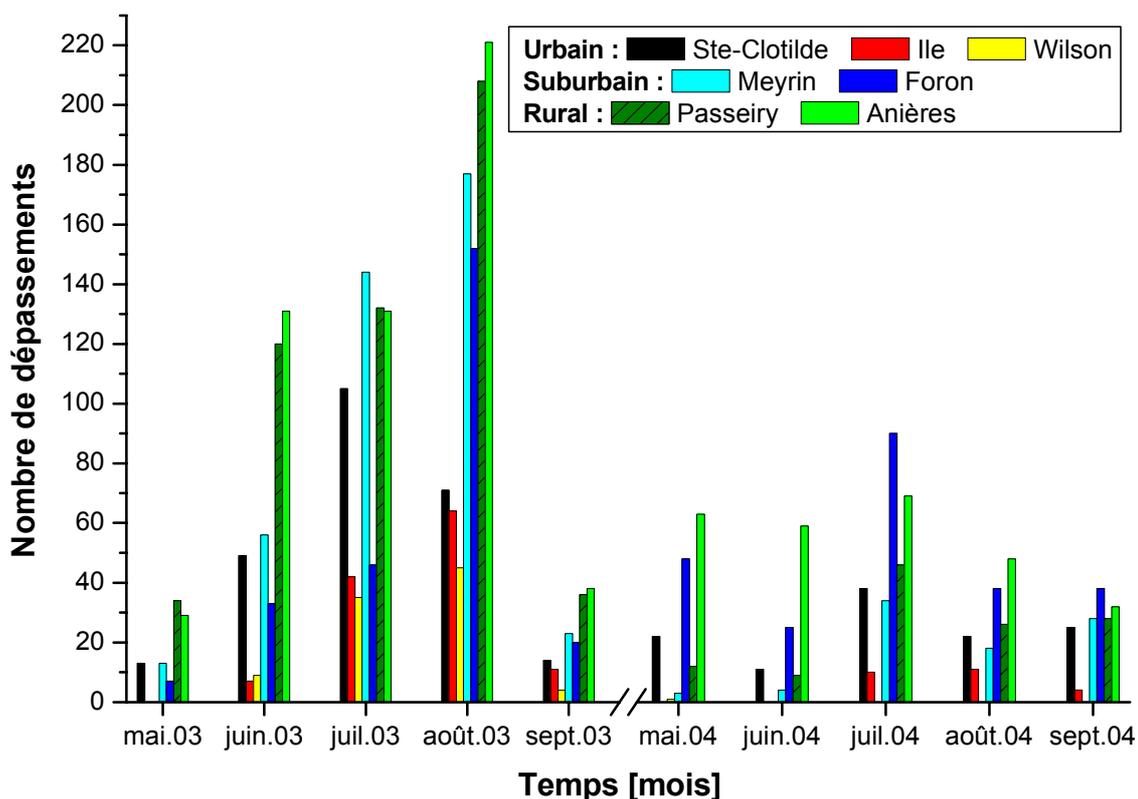
Comme il fallait s'y attendre, les taux d'ozone, relevés aux stations du ROPAG ont bien reflété les périodes de fort ensoleillement et de chaleur enregistrées de mai à début septembre 2004. Les graphiques ci-après illustrent l'évolution de la situation pour 7 stations fixes du réseau ROPAG (la station de Jussy étant exclue du fait de sa situation particulière en milieu forestier).



Nombre de dépassements de la VLI OPair pour l'O₃ pendant la période 1er mai – 30 septembre 2004



Concentration maximale d'O₃ pendant la période 1er mai – 30 septembre 2004 (moyennes horaires)



Comparaison du nombre de dépassements de la VLI OPair pour l'O₃ sur les périodes mai – septembre 2003 et mai – septembre 2004

La VLI pour l'ozone, qui ne devrait être dépassée qu'une fois dans l'année et fixée à 120 µg/m³ par la Confédération, a été dépassée dès le mois de mai et ceci au cours de trois épisodes (du 10 au 12, du 17 au 20 et du 24 au 30) ainsi que le 15 mai. Les trois stations urbaines** de l'Ile, Wilson et de Ste-Clotilde ont connu beaucoup moins de dépassements que les stations situées en milieux suburbain et rural. Le taux de 150 µg/m³ a été dépassé le 26 mai, avec le maximum du mois à la station d'Anières (158 µg/m³) le 30 mai.

En juin, le nombre des dépassements a été globalement inférieur à celui du mois de mai. Le seuil de 120 µg/m³ a été dépassé lors de deux épisodes (entre le 7 et le 11 juin et du 26 juin au 1er juillet). Durant ces périodes, le taux de 150 µg/m³ a été franchi plusieurs fois aux stations d'Anières, de Passeiry et du Foron. Le maximum constaté a été de 178 µg/m³ le 10 juin à la station du Foron.

De très nombreux dépassements ont été enregistrés du 17 juillet au 8 août, avec une interruption entre le 25 et le 27 juillet. La station mobile de Russin a enregistré le maximum de l'année 2004 avec 184 µg/m³ le 29 juillet. La limite de 120 µg/m³ a quant à elle été dépassée durant 14 heures consécutives, aux stations du Foron et d'Anières pendant la journée du 30 juillet. Le maximum relevé à l'une des stations fixes a été de 178 µg/m³, le 2 août, à la station de Passeiry. C'est au cours de cet épisode de dépassements que la procédure d'information

** La pollution à l'ozone a ceci de particulier que les taux d'ozone en été sont souvent plus élevés à la campagne qu'en ville. La cause de ce phénomène est relativement bien connue. En bref, les oxydes d'azote présents en ville, à partir desquels l'ozone est formé sous l'effet du soleil, contribuent également à le détruire. Le taux d'ozone mesuré est donc la différence entre la vitesse à laquelle l'ozone se forme et celle à laquelle il est détruit. A la campagne, la destruction de l'ozone est plus lente car les polluants primaires qui le détruisent sont moins abondants. L'ozone s'y accumule.

des médias et de la population a été déclenchée, au début du week-end du 1er août, de manière coordonnée avec les autorités de France voisine.

Le début du mois de septembre a aussi été marqué par une période de dépassements, du 2 au 11 septembre. C'est à la station du Foron qu'a été enregistrée la valeur maximale de $156 \mu\text{g}/\text{m}^3$, le 3 septembre. Le 11 septembre marque le dernier dépassement pour l'année 2004.

8.1.3. Comparaison avec l'année 2003

Avec un niveau d'ensoleillement élevé, les dépassements de la VLI OPair en mai 2004 ont été légèrement plus nombreux qu'en mai 2003. A l'inverse, pendant les mois de juin, juillet et août, les stations de mesure ont relevé beaucoup moins de dépassements de la VLI OPair qu'en 2003. La période d'ensoleillement de septembre ayant été plus longue en 2004 qu'en 2003, le nombre de dépassements a été légèrement plus élevé. Une valeur maximale horaire de $202 \mu\text{g}/\text{m}^3$ était toutefois encore enregistrée le 20 septembre 2003 à la station d'Anières.

8.2. Le système de prévision ozone à Genève

Afin de pouvoir prendre des dispositions appropriées en cas de forte pollution à l'ozone, il est indispensable de prévoir les concentrations de ce polluant pour la région genevoise.

Jusqu'en 2003, la prévision de la concentration horaire maximale d'ozone pour le lendemain était basée sur celle qu'élaborait MétéoSuisse à Payerne. Une étude a été conduite, depuis 2002, afin de pallier à divers manques et pour avoir la possibilité d'élaborer des prévisions par zone.

Pour la saison estivale 2004, entre mai et septembre, le modèle prévisionnel développé a été utilisé et a servi à la procédure d'information ozone. Sur la base des données mesurées pendant le jour J par les stations du réseau ROPAG et les prévisions météorologiques pour le jour J+1 de MétéoSuisse, une prévision des valeurs maximales horaires d'ozone pour le jour J+1 a été générée automatiquement, vers 16h07, pour les trois zones (urbaine, suburbaine et rurale). Cette prévision d'ozone a été mise à disposition sur le site de l'air de l'Etat de Genève www.geneve.ch/air et a été transmise chaque jour automatiquement par SMS ou par courriel à plusieurs responsables du DIAE et du DASS ainsi qu'aux réseaux d'observation de la qualité de l'air des cantons romands et de la France voisine.

Une comparaison des prévisions avec les valeurs mesurées sur les années 2003 et 2004, montre que ce modèle prévisionnel donne dans la majeure partie des cas le résultat dans l'intervalle de confiance $\pm 20\%$. Ainsi, pour l'année 2003 et selon la station, entre 73% et 85% des points sont dans l'intervalle de confiance $\pm 20\%$, et entre 82 et 96% des points sont dans l'intervalle de confiance $\pm 30\%$. Pour l'année 2004, entre 67% et 85% des points sont dans l'intervalle de confiance $\pm 20\%$, et entre 85 et 94% des points sont dans l'intervalle de confiance $\pm 30\%$.

8.3. Conclusion

Au total, 891 heures de dépassement de la VLI OPair ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$), dont 291 à la station d'Anières, ont été constatées sur l'ensemble de la période allant de mai à fin septembre 2004, dans 7 stations fixes du réseau ROPAG. Durant le week-end du 1er août 2004, le taux d'ozone prévu ou constaté a dépassé à plusieurs reprises le seuil de $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

L'amélioration apparente par rapport à 2003 est essentiellement due au fait que les conditions météorologiques de 2004 étaient normales pendant la période considérée, alors qu'elles étaient particulièrement caniculaires et exemptes de grands brassages d'air (situation de blocage) en 2003. Il faut cependant souligner que pendant la brève période de l'été 2004 (fin juillet à début août) où des températures de plus de $30 \text{ }^\circ\text{C}$ ont été atteintes, la pollution atmosphérique dans la région genevoise a été suffisante pour que surviennent des pics d'ozone. Ainsi, il suffit qu'une période chaude et anticyclonique s'installe, même lors d'un été « normal », pour que des pics d'ozone potentiellement dangereux pour la santé de la population apparaissent. La pollution à l'ozone est donc loin d'être maîtrisée.

9. Mesure du dioxyde de carbone en milieu forestier

9.1. Introduction

Le dioxyde de carbone (CO₂), principal gaz à effet de serre, est produit par tous les processus de combustion liés à l'utilisation de carburants et de combustibles fossiles, notamment par les moteurs des voitures et les chauffages.

Du point de vue sanitaire, le CO₂ ne présente pas de risque, puisque sa concentration dans l'air (environ 370 ppm à l'heure actuelle) est bien inférieure à la valeur de son seuil de toxicité (en Suisse la VLI moyenne d'exposition admise dans les locaux de travail est de 5'000 ppm). L'OPair ne fixe donc pas de VLI pour ce composant.

Depuis quelques années, le CO₂ est cependant au centre du débat sur le développement durable car l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre représente une menace pour le climat. L'effet de serre résulte de l'échauffement des couches inférieures de l'atmosphère dû à la présence de certains gaz (H₂O, CO₂, CH₄, N₂O, CFC, et autres) qui absorbent le rayonnement solaire. Il a pour conséquence diverses perturbations climatiques (réchauffement, sécheresses, pluies accrues, ouragans, élévation du niveau des océans, ...).

L'analyse des micro-bulles d'air contenues dans les carottes de glace polaire a permis de mesurer rétrospectivement les concentrations en CO₂ dans l'atmosphère. Ces études ont montré que la concentration du CO₂ a fluctué entre 200 et 280 ppm pendant environ 200'000 ans. Elle n'a commencé à augmenter que depuis 1750, soit au début de l'ère industrielle, pour croître depuis 1850, fin du « petit âge glaciaire », de façon quasi exponentielle. Devant l'ampleur des enjeux, les participants à la conférence de Kyoto de 1997 se sont engagés à réduire les émissions de six gaz à effet de serre de 5.2%, entre 2008 et 2012, par rapport aux niveaux de 1990. La Suisse s'est engagée pour sa part à les réduire de 10% d'ici à 2010, et a ratifié le 9 juillet 2003 le protocole de Kyoto, principal instrument international pour tenter de limiter les émissions de CO₂, sous l'égide de l'Organisation des Nations Unies.

La campagne de mesure du CO₂ sur le territoire cantonal commencée en 2000, permettant de répondre de manière objective à de nombreuses demandes de la population, s'est poursuivie en 2004. Comme les années précédentes, l'emplacement choisi reste la station de mesure de Jussy, située en forêt et éloignée des sources d'émissions de CO₂.

9.2. Méthode et appareil de mesure

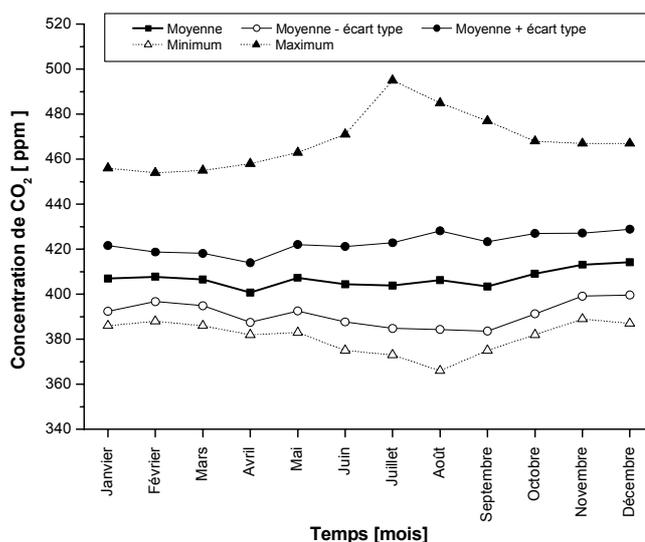
Le CO₂ est mesuré en continu grâce à un analyseur ponctuel. Celui-ci, fonctionnant sur le principe de l'absorption infrarouge, est étalonné régulièrement au moyen d'un gaz de calibration. Seules les concentrations moyennes semi-horaires sont archivées.

9.3. Résultats

Variation mensuelle de la concentration

La figure ci-dessous montre l'évolution de la moyenne mensuelle en CO₂, de début janvier à fin décembre 2004.

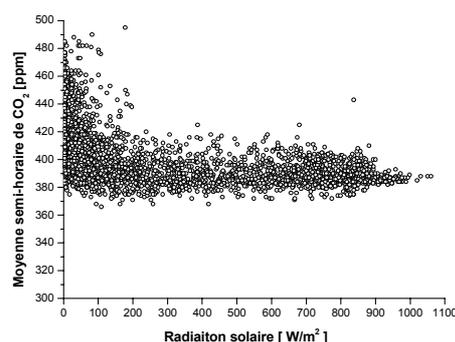
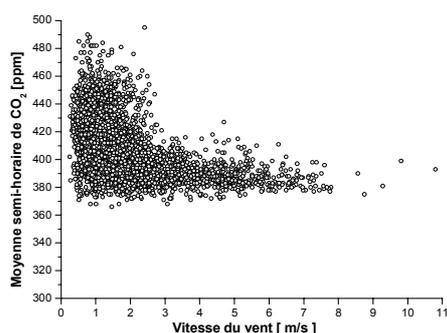
La légère augmentation de la concentration en période hivernale est probablement à attribuer à une diminution de l'activité de la photosynthèse durant cette période.



Concentrations moyennes mensuelles en CO₂

Influence du vent et de l'ensoleillement

Les figures suivantes montrent l'influence de la vitesse du vent et de l'ensoleillement sur les concentrations moyennes semi-horaires du dioxyde de carbone.



Influence du vent et du rayonnement solaire sur la concentration du dioxyde de carbone

On remarque qu'en présence de faibles vitesses de vent, les concentrations en CO₂ peuvent être plus variables que pour des vitesses élevées. Lorsque la vitesse du vent augmente, la concentration en CO₂ tend à diminuer. Les concentrations butent sur une valeur d'environ 370 ppm, qui représente la concentration de fond de l'atmosphère.

Le même phénomène est observé avec l'ensoleillement. En effet, lorsque l'énergie solaire est faible, les concentrations de CO₂ montrent une variabilité plus grande que lorsque l'énergie solaire est grande. Logiquement, la concentration en CO₂ diminue avec une augmentation de l'énergie solaire, puisque la photosynthèse des plantes, dépendante de l'ensoleillement, consomme du CO₂. La concentration limite est la même que celle observée lorsque la vitesse du vent augmente.

9.4. Conclusion

Les mesures effectuées à la station de Jussy confirment la valeur actuelle de la concentration de fond de l'atmosphère en dioxyde de carbone, qui est d'environ 370 ppm.

~ Conclusion générale ~

Par rapport aux deux à trois dernières années, l'air du canton de Genève n'a pas subi d'amélioration notable en 2004 (si l'on fait abstraction de l'année particulière 2003). Les valeurs limites d'immission (VLI) fixées par l'Ordonnance fédérale sur la protection de l'air (OPair) pour les polluants NO₂, O₃ 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.

NO₂ (dioxyde d'azote)

La péjoration enregistrée en 2004 a concerné principalement les immissions de dioxyde d'azote. Dans la zone urbaine, les concentrations ont dépassé les VLI OPair avec une diminution de l'étendue de la zone concernée mais une augmentation des concentrations à l'intérieur même de cette zone à immissions excessives. Au contraire, celles des zones suburbaines et rurales se sont maintenues en dessous des VLI OPair.

C'est la station mobile installée à la rue Winkelried, rue canyon siège d'un bouchon quasi permanent, qui indique la plus forte moyenne annuelle (61 µg/m³).

O₃ (ozone)

Pour ce qui concerne l'ozone, la situation s'est améliorée par rapport à l'année 2003 qui reste une année exceptionnelle où la météorologie a été en grande partie responsable de l'intense pollution à l'ozone observée. En 2004, l'ensemble des sites, hormis celui de Wilson pour le nombre de dépassements de 120 µg/m³, ne respectent néanmoins toujours pas les VLI OPair.

PM10 (particules fines)

Les particules fines (PM10) sont toujours en excès dans nombre de sites de mesure, avec des moyennes annuelles totales oscillant depuis plusieurs années autour de la VLI OPair et en baisse par rapport à celles de l'année 2003. Les concentrations les plus importantes ont été en général relevées sur les sites urbains ou suburbains. C'est également la station mobile de la rue Winkelried qui indique la plus forte moyenne annuelle totale (27 µg/m³).

CO (monoxyde de carbone), SO₂ (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 sont restées stables comparativement à l'année 2003.

L'année 2004 a été décevante, même si elle s'est avérée meilleure que l'année 2003. Ceci signifie que les efforts fournis par les pouvoirs publics, les communes, les différentes collectivités concernées et les particuliers pour améliorer la qualité de l'air dans le canton de Genève n'ont pas atteint leur objectif, en particulier pour ce qui est du dioxyde d'azote, de l'ozone et des poussières fines.

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

Site de l'Etat de Genève

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

Les données, récoltées dans les différentes stations fixes et mobiles du réseau d'observation de la pollution de l'air à Genève, sont mises à jour automatiquement tous les matins.

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.

Les informations suivantes sont disponibles sur ce site:

- 2 histogrammes indiquent la tendance générale des concentrations sur le canton pour l'ozone et le dioxyde d'azote.
- En cas de dépassement des VLI OPair, des commentaires et des recommandations sur les risques encourus et les comportements à adopter sont proposés.
- 8 pages présentent les mesures journalières et les moyennes annuelles des polluants.
- Un plan permet de situer les stations et d'avoir accès aux données les concernant.
- Un glossaire définit les termes utilisés.
- Une liste des publications relatives à la qualité de l'air à Genève.

Pendant l'été 2004, une prévision de la concentration maximale d'ozone pour le lendemain, ainsi que des recommandations à la population, ont été diffusées. Un site spécifique a été mis en place au niveau genevois : <http://www.ozone-info.ch/> avec un lien direct sur le site <http://www.ozonok.ch>.

Autres sites

Pour tout renseignement complémentaire :

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

Site d'Environnement-Info.

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

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

Législation suisse.

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

Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP).

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

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

<http://www.ne.ch>

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

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

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

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

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

<http://www.vs.ch>

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

<http://www.be.ch>

OFIAMT, division protection de l'environnement.

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

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

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

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

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

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

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

COPARLY - Comité de Coordination pour la 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 β

On mesure l'absorption, par le composé, d'un rayonnement β 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 (NH₃)

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_x. Suite à la réaction entre NO et O₃ (qui est rapide et complète en présence d'un excès de O₃) une molécule de NO₂ 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 NO₂, 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 NO₂ 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 (N₂) : 78.1%

Oxygène (O₂) : 20.9%

Argon (Ar) : 0.9%

Dioxyde de carbone (CO₂) : 0.03%

Et

Vapeur d'eau (H₂O) : hautement variable

Ozone (O₃), Dioxyde d'azote (NO₂), Dioxyde de soufre (SO₂), : ppb

Particules

Poussières de toutes sortes, aérosols, ...

D

Dioxyde d'azote (NO₂)

Cf. Oxydes d'azote (NO_x).

Dioxyde de carbone (CO₂)

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 CO₂ 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 (SO₂)

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 CO₂, 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 SO₂) 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 m³ 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^{er} février 1985.

Dixit l'article énonçant le but de la LPE, art. premier, 1^{er} 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 incommodes, 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/m³. 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 (CH₄)

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_x).

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/m³) contrairement aux autres polluants dont l'unité de mesure est le microgramme par mètre cube (µg/m³).

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^{ère} 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_x)

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 NO₂, la totalité des émissions est exprimée en dioxyde d'azote.

Le terme "Oxydes d'azote" (NO_x), recouvre le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂) :



En combinaison avec les composés organiques volatils, et sous l'action de l'énergie solaire, les NO_x 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 (CO₂)*.

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 (O₃)

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_x, 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'OFEP du 3 février 1995.

« Une charge estivale en ozone de 200 µg/m³, 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 μm (resp. 2.5 μm), 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 2π 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 (μg) 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 (mg/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'immission (VLI)

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

VLI à court terme :

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

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*.