

# LA QUALITÉ DE L'AIR EN RÉGION DE BRUXELLES-CAPITALE

Mesures à l'immission 2009-2011

Version juin 2012



AIR



BRUXELLES ENVIRONNEMENT  
IBGE - INSTITUT BRUXELLOIS POUR LA GESTION DE L'ENVIRONNEMENT



## Table des matières

<b>1. Principaux Polluants et Programmes de mesure</b> .....	<b>1.1</b>
1.1 Principaux polluants .....	1.1
1.1.1 Les oxydes d'azote.....	1.1
1.1.2 Les composés organiques .....	1.2
1.1.3 Ozone .....	1.3
1.1.4 Le monoxyde de carbone.....	1.4
1.1.5 Les poussières en suspension : PM10 et PM2,5.....	1.4
1.1.6 Le dioxyde de soufre .....	1.5
1.1.7 Les Fumées noires.....	1.5
1.1.8 Le plomb.....	1.6
1.1.9 L'ammoniac .....	1.6
1.1.10 HCl.....	1.6
1.1.11 Le dioxyde de carbone .....	1.7
1.2 Programme de mesure du Réseau télémétrique .....	1.8
1.3 Paramètres météorologiques .....	1.11
1.4 Programme de mesure des réseaux non télémétriques .....	1.13
1.5 Réseau de mesure du benzène .....	1.17
<b>2. Influence de la météo sur les concentrations</b> .....	<b>2.1</b>
2.1 Émission - immission .....	2.1
2.2 Conditions météorologiques .....	2.2
2.2.1 Dispersion horizontale .....	2.2
2.2.2 Dispersion verticale.....	2.3
2.2.3 Modèle de prévision ALADIN.....	2.9
2.2.4 Étude de la pollution de l'air.....	2.14
<b>3. Normes – Directives CE</b> .....	<b>3.1</b>
3.1 SO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub> , PM10 et Pb selon la directive 2008/50/CE (et 1999/30/CE).....	3.4
3.2 CO et Benzène selon la directive 2008/50/CE (et 2000/69/CE).....	3.8
3.3 Ozone selon la directive 2008/50/CE (et 2002/3/CE) .....	3.9
3.4 As, Cd, Hg, Ni et HPA selon la directive 2004/1007/CE .....	3.12
3.5 Réglementation plus sévère.....	3.13
3.5.1 Considérations théoriques .....	3.13
3.5.2 Conséquences pratiques pour l'exploitation des systèmes de mesure.....	3.14
3.6 Anciennes Directives.....	3.16
3.6.1 Dioxyde d'azote (1985/580/CE – directive abrogée).....	3.16
3.6.2 Ozone (1992/72/CE – directive abrogée) .....	3.16
3.6.3 Dioxyde de soufre (1980/779/CE – directive abrogée).....	3.17
3.6.4 Particules en suspension (1980/779/CE – directive abrogée).....	3.18
3.6.5 Plomb (1982/884/CE – directive abrogée).....	3.18

<b>4. Évaluation des résultats de mesure</b> .....	<b>4.1</b>
4.1 Les oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> ) .....	4.1
4.1.1. Le dioxyde d'azote (NO <sub>2</sub> ) .....	4.3
4.1.1.1 Réglementation NO <sub>2</sub> .....	4.3
4.1.1.2 Valeur limite NO <sub>2</sub> selon l'ancienne directive .....	4.3
4.1.1.3 Valeur limite NO <sub>2</sub> de la concentration horaire – directive 2008/50/CE .....	4.4
4.1.1.4 Valeur limite de la concentration moyenne annuelle – directive 2008/50/CE .....	4.8
4.1.1.5 Évolution à long terme des concentrations de NO <sub>2</sub> .....	4.13
4.1.2 Monoxyde d'azote (NO) .....	4.22
4.1.2.1 Réglementation NO .....	4.22
4.1.2.2 Valeurs de NO mesurées .....	4.22
4.1.2.3 Évolution à long terme des concentrations de NO .....	4.25
4.1.3 Oxydes d'azote (NO <sub>x</sub> ) .....	4.34
4.1.4 Rendement des données en NO <sub>x</sub> .....	4.36
4.2 Ozone (O <sub>3</sub> ) .....	4.38
4.2.1. Réglementation O <sub>3</sub> .....	4.41
4.2.2 Valeurs d'ozone mesurées .....	4.43
4.2.3 Dépassements des valeurs seuils pour l'ozone- directive 2008/50/CE .....	4.47
4.2.4 Dépassements selon l'ancienne directive 1992/72/CE .....	4.59
4.2.5 Évolution à long terme des concentrations en ozone .....	4.61
4.2.6 Rendement et précision des mesures d'ozone .....	4.74
4.3 Particules en suspension : PM10, PM2,5, Nombre Particules, Black Carbon	4.75
4.3.1. Présence des particules en suspension .....	4.75
4.3.2 Méthodes de mesure des particules PM10 .....	4.79
4.3.3 Réglementation PM10 selon l'ancienne directive 1999/30/CE .....	4.83
4.3.4 Réglementation PM10 et PM2,5 selon la directive 2008/50/CE .....	4.84
4.3.5 Valeurs de PM10 mesurées .....	4.85
4.3.6 Dépassements des valeurs limites PM10 .....	4.86
4.3.7 Évolution à long terme des concentrations PM10 .....	4.94
4.3.8 Influence de la direction et de l'humidité sur les dépassements PM10 .....	4.101
4.3.9 Concentrations élevées en PM10 – Nature des dépassements .....	4.109
4.3.10 Historique – estimation évolution PM10 à long terme (1981-2011) .....	4.121
4.3.11 Valeurs PM2,5 – résultats et évolution .....	4.126
4.3.12 N043 – Dépassements causés par les particules plus grosses .....	4.133
4.3.13 Rendement résultats PM10 et PM2,5 .....	4.135
4.3.14 Nombre de Particules .....	4.137
4.3.15 Éruption du volcan Eyjafjallajökull .....	4.154
4.3.16 Black Carbon .....	4.156
4.4 Composés Organiques Volatils (C.O.V.) .....	4.169
4.4.1. Réglementation benzène .....	4.169
4.4.2 Résultats et évolution .....	4.169
4.4.3 Rendement et précision des résultats pour les C.O.V. .....	4.176
4.4.4 Réseau de mesure pour le benzène .....	4.177

4.5	Hydrocarbures Polyaromatiques (H.P.A.).....	4.179
4.5.1.	<i>Réglementation HPA</i> .....	4.179
4.5.2	<i>Résultats et évolution</i> .....	4.180
4.5.3	<i>Rendement et précision des résultats pour les H.P.A.</i> .....	4.183
4.5.4	<i>Évaluation de l'origine des particules HPA</i> .....	4.184
4.6	Monoxyde de carbone (CO) .....	4.186
4.6.1.	<i>Réglementation CO</i> .....	4.186
4.6.2	<i>Valeurs mesurées de CO</i> .....	4.186
4.6.3	<i>Dépassements de la valeur limite CO</i> .....	4.188
4.6.4	<i>Évolution à long terme des concentrations de CO</i> .....	4.189
4.6.5	<i>Évolution du CO à l'Avenue de la Couronne à Ixelles</i> .....	4.195
4.6.6	<i>Rendement et précision des résultats pour le CO</i> .....	4.197
4.7	Dioxyde de soufre (SO <sub>2</sub> ) .....	4.198
4.7.1.	<i>Réglementation SO<sub>2</sub></i> .....	4.198
4.7.2	<i>Valeurs de SO<sub>2</sub> mesurées</i> .....	4.198
4.7.3	<i>Dépassements des valeurs limites SO<sub>2</sub> (1999/30/EG)</i> .....	4.201
4.7.4	<i>Évolution à long terme des concentrations de SO<sub>2</sub></i> .....	4.201
4.7.5	<i>Rendement et précision des mesures du SO<sub>2</sub></i> .....	4.202
4.8	Plomb (Pb).....	4.205
4.8.1.	<i>Réglementation Pb</i> .....	4.205
4.8.2	<i>Valeurs plomb mesurées</i> .....	4.205
4.8.3	<i>Évolution à long terme des concentrations de Pb</i> .....	4.205
4.8.4	<i>Rendement et précision des mesures de Pb</i> .....	4.208
4.9	Fumées Noires (BSM).....	4.209
4.9.1.	<i>Réglementation Fumées Noires</i> .....	4.209
4.9.2	<i>Valeurs Fumées Noires mesurées</i> .....	4.209
4.9.3	<i>Évolution à long terme</i> .....	4.211
4.9.4	<i>Rendement des mesures de Fumées Noires</i> .....	4.213
4.10	Ammoniac (NH <sub>3</sub> ) .....	4.214
4.11	Chlorures (HCl) .....	4.217
4.12	Vapeur de Mercure (Hg) .....	4.219
4.13	Métaux Lourds (As, Ni, Cd) .....	4.223
4.14	Dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> ) .....	4.225

<b>5. Calcul de l'indice de la qualité de l'air .....</b>	<b>5.1</b>
<b>6. Résultats des Journées sans voiture .....</b>	<b>6.1</b>
Paramètres météorologiques .....	6.1
NO et NO <sub>2</sub> .....	6.4
CO .....	6.11
O <sub>3</sub> .....	6.11
PM10 .....	6.20
PM2,5 .....	6.21
CO <sub>2</sub> .....	6.30
Plusieurs journées sans voiture .....	6.30
Black Carbon .....	6.33
<b>7. Résumé .....</b>	<b>7.1</b>
7.1 Évolution de la réglementation .....	7.1
7.2 Systèmes de mesures.....	7.2
7.3 Information.....	7.3
7.4 Le respect des valeurs normatives.....	7.4
<i>Dioxyde d'azote.....</i>	<i>7.4</i>
<i>Ozone.....</i>	<i>7.8</i>
<i>Particules PM10 – PM2.5 – Nombre – Black Carbon.....</i>	<i>7.11</i>
<i>Dioxyde de soufre .....</i>	<i>7.22</i>
<i>Plomb .....</i>	<i>7.22</i>
<i>Monoxyde de Carbone.....</i>	<i>7.22</i>
<i>Benzène .....</i>	<i>7.23</i>
<i>Hydrocarbures poly aromatiques .....</i>	<i>7.23</i>
7.5 Évolution journalière et hebdomadaire moyenne.....	7.24
7.6 Évolution à long terme .....	7.25
7.7 Synthèse.....	7.32

# 1. Principaux POLLUANTS et PROGRAMMES DE MESURE

## 1.1 Principaux polluants

Pour connaître la provenance exacte des polluants de l'air, il faut consulter l'inventaire des émissions dans la Région de Bruxelles - Capitale. Le lien entre les concentrations dans l'air (valeurs d'immission) et les émissions est très complexe. Ce n'est que lorsqu'on est proche de la source, p. ex. dans un lieu où le trafic est intense ou à proximité d'un bâtiment industriel, que l'on peut établir un lien plus ou moins clair entre la concentration et les émissions. Pour le reste, les niveaux de concentration sont la résultante de l'influence des conditions météorologiques et des transformations physico-chimiques sur les émissions de polluants provenant d'un grand nombre de sources, inégalement réparties dans le temps et l'espace. L'influence des principaux paramètres (météorologiques) sur la répartition de la pollution de l'air est expliquée au chapitre 2.

L'influence éventuelle des polluants sur la santé et l'environnement dans la Région de Bruxelles - Capitale peut être estimée en comparant les résultats obtenus dans les différents postes de mesure (voir chapitre 4 : évaluation des résultats de mesure) aux normes.

Les effets éventuels de l'exposition aux différents polluants sont abordés dans la description sommaire ci-dessous. Il y a du reste peu d'études épidémiologiques qui décrivent clairement l'effet synergique de l'exposition simultanée à plusieurs polluants. De même, il y a peu d'informations disponibles sur une éventuelle synergie avec d'autres causes possibles de problèmes pour la santé, telle que l'influence d'allergènes dans les cas de difficultés respiratoires.

### 1.1.1 Les oxydes d'azote

Sous la dénomination oxydes d'azote, symbolisée par  $\text{NO}_x$ , on retrouve essentiellement au niveau des mesures à l'immission le monoxyde d'azote ( $\text{NO}$ ) et le dioxyde d'azote ( $\text{NO}_2$ ). Ces deux gaz se trouvent ensemble

dans l'atmosphère; il existe des équilibres chimiques entre les différentes substances ( $\text{NO}$  et  $\text{NO}_2$ ) et l'ozone ( $\text{O}_3$ ): le  $\text{NO}$  s'oxyde en  $\text{NO}_2$  sous l'influence de l'oxygène (réaction lente) ou de l'ozone (rapide) présent dans l'air.

Les oxydes d'azote sont produits par l'oxydation de l'azote de l'air dans tout processus de combustion. Suite à la température élevée de la flamme, de petites quantités d'azote et d'oxygène se combinent pour former du  $\text{NO}$ . Une partie de ce  $\text{NO}$  est déjà oxydée en  $\text{NO}_2$  dans les gaz de combustion.

En Région de Bruxelles-Capitale, les émissions annuelles de  $\text{NO}_x$  atteignent environ 5.399 tonnes (2009, inventaires soumis en 2011), dont 3.421 tonnes proviennent du trafic et 964 tonnes provenant de l'utilisation de combustibles dans le secteur domestique.

Il n'y a pas d'effet toxique associé à la présence de monoxyde d'azote dans l'air ambiant. Par contre, la présence de dioxyde d'azote peut être nocive pour les voies respiratoires. Des effets sérieux sont constatés chez les personnes en bonne santé en présence de très hautes concentrations ( $1 \text{ ppm} = 1.910 \mu\text{g}/\text{m}^3$  à 293 K et 1.013 hPa). Les personnes asthmatiques et les malades pulmonaires chroniques subissent eux des effets suite à une exposition prolongée à des concentrations de l'ordre de quelques dixièmes de ppm.

Des études toxicologiques (sur animaux) montrent des changements au niveau de la structure pulmonaire, du métabolisme pulmonaire et des mécanismes de défense pulmonaire contre les infections chez des organismes exposés pendant 1 à 6 mois à des concentrations de NO<sub>2</sub> de l'ordre de 0,1 à 0,5 ppm (190 à 950 µg/m<sup>3</sup>).

Comme risque "admissible" tant pour les populations saines que pour les plus sensibles (les asthmatiques, les malades respiratoires chroniques et les enfants), les niveaux d'exposition recommandés par l'O.M.S. en 1987 (Organisation Mondiale de la Santé) étaient de 400 µg/m<sup>3</sup> comme moyenne horaire maximale et 150 µg/m<sup>3</sup> comme moyenne sur 24 heures. Depuis 1999 l'O.M.S. recommande une valeur horaire de seulement 200 µg/m<sup>3</sup> et une moyenne annuelle de 40 µg/m<sup>3</sup>.

Les oxydes d'azote jouent un rôle très important dans quelques-uns des mécanismes de transformations physico-chimiques les plus courants. Ils sont des "précurseurs" de la formation de l'ozone troposphérique et contribuent à la formation des "pluies acides". Les brouillards et dépositions acides peuvent avoir des effets directs, en milieu urbain, sur le patrimoine architectural. Les pluies acides ont des effets néfastes sur la végétation, même à de longues distances des sources. Le dioxyde d'azote intervient également dans la problématique de fines particules (formation de nitrates -aérosol secondaire).

### **1.1.2 Les Composés organiques**

Ce large groupe de produits se compose de molécules où les liaisons sont principalement entre des atomes de carbone et des atomes d'hydrogène. Les différents composés sont produits aussi bien de façon naturelle que par des processus industriels, ou dans des masses d'air pollué.

**Le méthane** (CH<sub>4</sub>) est le plus simple de ces composés. Le méthane n'est pas toxique, mais il contribue à l'effet de serre au niveau de la haute atmosphère. Le méthane se forme par fermentation anaérobie de matières organiques; en Région de Bruxelles - Capitale le méthane est mesuré ponctuellement dans les endroits confinés situés sur des anciennes décharges de déchets ménagers.

**D'autres composés organiques caractéristiques** sont mesurés ponctuellement à Bruxelles à proximité de sources spécifiques : dans le passé des composés chlorés tels le trichloréthylène provenant des nettoyages à sec ou encore maintenant des dichloréthanés et dioxines provenant de la combustion de déchets ménagers; il s'agit de toxiques de proximité de sources ponctuelles réglementées.

En fonction de la nature générale du problème, on classe les composés organiques dans l'air ambiant dans deux grandes catégories: les composés organiques volatils (C.O.V.) et les hydrocarbures polyaromatiques (H.P.A.).

#### **Les composés organiques volatils:**

En Région de Bruxelles - Capitale, on a eu en 2009 une production annuelle de 4.050 tonnes de COVNM (composés organiques volatils, non méthaniques), dont 979 tonnes ont pour source le transport routier et 3.052 l'utilisation de solvants dans les secteurs domestiques et industriels (2009, inventaires soumis en 2011).

Aussi bien les composés organiques volatils d'origine naturelle (tels que l'isoprène) qu'humaine contribuent à la formation en excès de l'ozone troposphérique.

Le benzène est, parmi les composés organiques volatils présents dans l'atmosphère et mesurés à Bruxelles, le composé le plus toxique. Le benzène est un cancérigène. L'Organisation Mondiale de la Santé estime qu'il n'y a pas de niveau en dessous duquel il n'y a aucun risque sur la santé. Sur base d'une extrapolation des résultats de différentes études toxicologiques des risques de leucémie ont été constatés. La valeur limite européenne pour le benzène a été fixée à  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en tant que moyenne annuelle.

### ***Les hydrocarbures polyaromatiques:***

Une grande partie de ces hydrocarbures peu volatils est adsorbée sur des particules solides. Le benzo- $\alpha$ -pyrène, le dérivé le plus représentatif de ces hydrocarbures, est repris dans la liste de 13 polluants à analyser prioritairement mentionnés dans la directive cadre 96/62/CE sur la qualité de l'air ambiant. Ceci a été confirmé par la directive 2008/50/CE concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe.

Le benzo- $\alpha$ -pyrène a des propriétés cancérigènes. D'après les premières mesures effectuées à Bruxelles, il se retrouve dans l'air ambiant à des concentrations de l'ordre de 1 nanogramme par  $\text{m}^3$  ou inférieures. Les principales sources de ces composés sont le chauffage domestique et le trafic routier.

### **1.1.3 Ozone**

L'Ozone est un *polluant secondaire* qui n'est pas rejeté directement dans l'atmosphère. En cas d'ensoleillement important, il est formé à partir de "*précurseurs*", notamment les oxydes d'azote et les composés organiques volatils réactifs. Les mécanismes de formation, destruction et dispersion de l'ozone sont expliqués au chapitre 4. Des concentrations entre 180 et  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  provoquent une diminution de la fonction respiratoire d'environ 5% chez les personnes saines, et d'environ 10% chez les personnes sensibles. La littérature mentionne parfois des irritations des yeux.

En présence de concentrations comprises entre 240 et  $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , on constate une diminution de la fonction respiratoire de l'ordre de 5 à 15% auprès de la population saine et de 10 à 30% chez les personnes sensibles. Chez les personnes sensibles, les plaintes les plus fréquentes sont: des irritations des yeux, du nez, de la gorge, de la toux, des douleurs à la poitrine et des maux de tête. Les symptômes sont plus aigus chez les personnes atteintes d'affections respiratoires chroniques.

En présence de concentrations supérieures à  $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ces effets sont encore plus forts. La diminution de la fonction respiratoire est de plus de 15% auprès de la population générale et de plus de 30% chez les personnes sensibles; on constate également une diminution significative des performances physiques. L'ozone a également un effet néfaste sur la végétation, non seulement au niveau visible des cellules des feuilles, mais aussi au niveau de la croissance (rendement, pertes économiques), entre autres par un épuisement des réserves.

### **1.1.4 Le monoxyde de carbone**

Le monoxyde de carbone est un des polluants les plus communs dans l'atmosphère ; il provient de la combustion incomplète de matériaux contenant du carbone (lorsque la combustion est complète le produit de combustion serait le CO<sub>2</sub>).

La quantité annuelle de CO produite en Région de Bruxelles - Capitale est de 7.701 tonnes (2009) dont 4.072 tonnes par le transport routier (2009, inventaires soumis en 2011).

Le CO se fixe à l'hémoglobine et forme la carboxyhémoglobine ce qui diminue le transport d'oxygène dans le sang. Des empoisonnements dus à des expositions à des concentrations trop élevées de CO sont la cause de fréquents accidents mortels en milieu domestique, notamment par l'emploi de chauffe-eau dans des salles de bains ayant un apport insuffisant d'oxygène.

Des effets sont également observés suite à des expositions prolongées à des taux plus faibles. Chez les personnes en bonne santé on peut observer une diminution des capacités physiques et intellectuelles, une baisse de la perception visuelle, et une perte de motricité.

Etant donné le fait que le tabagisme constitue le facteur prépondérant dans la formation de carboxyhémoglobine, les recommandations concernant les taux de CO à ne pas dépasser sont surtout une protection pour les non-fumeurs. Le taux de carboxyhémoglobine de 2,5 à 3% max. est recommandé pour la protection de la population générale, y compris les groupes sensibles. Pour atteindre cet objectif, l'O.M.S. propose une série de recommandations maximales au niveau des temps d'exposition et des concentrations respirées.

Conc. max.	Durée d'exposition
100 mg/m <sup>3</sup>	15 minutes
60 mg/m <sup>3</sup>	30 minutes
30 mg/m <sup>3</sup>	1 heure
10 mg/m <sup>3</sup>	8 heures

### **1.1.5 Les particules en suspension: fraction PM10 et PM2,5**

Les poussières en suspension ont des degrés de toxicité différents suivant leurs compositions et dimensions. Au vu de leurs importantes propriétés toxiques, la directive 1999/30/CE prévoit l'obligation de mesurer la fraction PM10 des poussières en suspension (PM10: particules d'un diamètre équivalent inférieur à 10 microns). De plus, il est recommandé de commencer des mesures de la fraction PM2,5 (particules plus petites que 2,5 microns). La fraction PM10 a surtout un effet sur les voies respiratoires supérieures et les bronches, tandis que la fraction PM2,5 pénètre jusque dans les alvéoles pulmonaires. La directive 2008/50/CE oblige à suivre la présence des particules PM2,5 dans l'air.

Le réseau de contrôle de la qualité de l'air de la Région de Bruxelles - Capitale a été complété avec des appareils de mesure de la fraction PM10 (1996 – 2000) et de la fraction PM2,5 (1999-2000). Entre 2004 et 2006 les appareils ont été adaptés en installant des systèmes FDMS (*Filter Dynamics Measurement System*) pour obtenir des résultats de mesure qui s'approchent au mieux de la méthode de référence.

Lors de la création du réseau télémétrique de contrôle de la qualité de l'air (à partir de 1978), la concentration des particules en suspension dans l'air était mesurée par néphélométrie (Dust). Cette méthode de détection optique mesurait aussi bien les particules d'origine climatologiques (brouillard) que celles provenant de sources de pollution. Les résultats sont bien représentatifs de la pollution optique de l'air (visibilité), mais la méthode est beaucoup moins adaptée pour la détermination des concentrations massiques de particules dans l'air. Les mesures du paramètre « Dust » ont été arrêtées en 2001.

Tant en 2008 qu'en 2009, un moniteur supplémentaire a été mis en service pour mesurer le nombre de particules dans l'air ambiant. Il s'agit des spectromètres basés sur la diffusion d'un faisceau laser (*laser light scattering spectrometers*), modèle 365 de la marque GRIMM. Ces compteurs optiques de particules (*Optical Particle Counters* ou OPC) permettent de mesurer le nombre de particules pour 31 classes de diamètre s'étendant de 0.25 à 32 µm. La distribution de la taille est une information intéressante et complémentaire aux concentrations massiques.

Chaque année en 2009, 2010 et 2011, un moniteur supplémentaire a été mis en service pour la mesure du "Black Carbon". Les résultats de ces mesures sont étroitement liés à la présence de particules de suie noire.

#### **1.1.6 Le dioxyde de soufre**

Le dioxyde de soufre en Région de Bruxelles - Capitale est un gaz provenant principalement de la combustion de matières fossiles contenant du soufre (charbon, fuel, diesel...) et de processus industriels. La quantité annuelle de SO<sub>2</sub> produite à Bruxelles est de 597 tonnes (2009), dont 567 tonnes provenant du chauffage des bâtiments dans les secteurs résidentiel et tertiaire et 4 tonnes du secteur des transports (2009, inventaires soumis en 2011). Depuis la fin des années '60 on constate une diminution systématique des émissions en SO<sub>2</sub>.

Le dioxyde de soufre à fortes concentrations peut avoir des conséquences graves sur la santé. Des expositions répétées pendant des temps courts à des concentrations élevées, associées à une exposition permanente plus faible augmentent les risques de bronchites chroniques, particulièrement chez les fumeurs. Des concentrations élevées incommodes les personnes sensibles, souffrant d'affections respiratoires chroniques.

Le dioxyde de soufre est aussi un polluant acidifiant et joue un rôle dans les dépôts acides secs et humides. Les attaques acides sur certains matériaux de construction peuvent provoquer des dégâts au patrimoine architectural et culturel. L'acidification de l'environnement induit également un changement de l'équilibre naturel: la détérioration du sol provoque des dégâts aux plantes et à la végétation, et l'acidification des lacs peut entraîner la mort des poissons.

#### **1.1.7 Les Fumées noires**

Une directive européenne 80/779/CE réglementait la présence des particules en suspension dans l'air ambiant mesurées selon la méthode des "fumées noires". De la fin des années '60 au début des années '80, on constate une diminution générale des émissions de poussières noires, en parallèle à la diminution des émissions de SO<sub>2</sub>.

Depuis le milieu des années '80 et ce jusqu'aux années '90, on constate, en milieu urbain, une augmentation des émissions attribuable à l'augmentation du trafic automobile et de la consommation de diesel. Les niveaux actuels sont à nouveau inférieurs à ceux du début des années '80.

Il existe une très bonne corrélation entre les résultats "Fumées Noires" et "Black Carbon". Vu la méthode d'analyse, les résultats "Black Carbon" sont beaucoup plus spécifiques pour la présence des particules de suie. Exprimés en concentration massique, les résultats "Black Carbon" correspondent en moyenne à environ 20% des résultats "Fumées Noires" et à 10% des résultats PM10.

### **1.1.8 Le plomb**

Le plomb dans l'atmosphère des villes provenait essentiellement des additifs plombés présents dans l'essence. L'émission de plomb en Région de Bruxelles - Capitale a considérablement diminué depuis le début des années '70. La baisse de 1974 s'explique par la crise pétrolière. Les diminutions systématiques suivantes sont principalement dues aux limitations des teneurs maximales de plomb dans l'essence : 0.55 g/l le 1<sup>er</sup> janvier 1978, réglementation qui a été suivie par d'autres: 0.45 g/l à partir d'octobre 1978, 0.40 g/l en juin 1982 et ensuite 0.15 g/l à partir de janvier 1987. Depuis fin 1988, de l'essence sans plomb est disponible en Belgique, et depuis plusieurs années déjà l'essence plombée n'est plus distribuée. Les autres sources de pollution sont les entreprises de traitement du plomb.

Le plomb a des effets toxiques cumulatifs et les enfants sont les plus vulnérables: à chaque ingestion ou inhalation de plomb, les doses s'accumulent, ce qui a des effets sur la biosynthèse de l'hémoglobine, le système nerveux central et la pression sanguine.

Le taux limite de 0,5 µg/m<sup>3</sup> de plomb dans l'air ambiant est fixé pour la protection de la santé.

### **1.1.9 L'ammoniac**

L'ammoniac présent dans l'air ambiant en faibles quantités n'a pas d'effets toxiques sur la santé. Après transformation (entre autres en nitrates), il joue un rôle dans l'acidification du sol et les dégâts à la végétation. Via la formation de particules de sulfates et de nitrates d'ammonium (aérosol secondaire), l'ammoniac intervient également dans la problématique des fines particules.

En milieu rural, il est principalement produit par des installations d'élevage intensif; en milieu urbain sa production est due au transport routier et à certains processus industriels.

### **1.1.10 HCl**

La présence de composés chlorés dans les déchets conduit à une production de chlore lors de leur combustion. La présence de sels marins est une autre source du chlore.

### **1.1.11 Le dioxyde de carbone**

Le CO<sub>2</sub> ne peut être considéré comme un polluant au même titre que les autres paramètres présentés ici. A court terme, il ne constitue pas une menace pour la santé ou la nature; son action néfaste se situe à moyen terme, à l'échelle planétaire, au niveau de l'effet de serre. Le CO<sub>2</sub> provient de tout phénomène de combustion, y compris la combustion biochimique de la nourriture par les êtres vivants. En 2009, l'émission annuelle de CO<sub>2</sub> en Région de Bruxelles – Capitale (hors incinération de biomasse) est de 3.705.450 tonnes, dont 864.340 tonnes provenant du secteur des transports routiers, 805.850 tonnes provenant du chauffage des bâtiments dans le secteur tertiaire et 1.668.120 tonnes provenant du chauffage des bâtiments dans le secteur résidentiel (*inventaires soumis en 2011*).

## 1.2 Programme de mesure du RÉSEAU TÉLÉMÉTRIQUE

Le réseau de mesure télémétrique est équipé d'appareils de mesure qui fonctionnent en continu et enregistrent la présence d'un ou plusieurs polluants spécifiques de l'air. Ces systèmes de mesure permettent de suivre au jour le jour l'évolution de la qualité de l'air (mesures "on-line"). Une explication plus détaillée sur la nécessité d'un "monitoring permanent" et la description des techniques employées figurent en annexe A.

Le réseau de mesure télémétrique de la Région de Bruxelles - Capitale est l'héritier du réseau de mesure national de l'air, lancé vers 1978. Le 1<sup>er</sup> janvier 1994, le "réseau de mesure national" a été régionalisé. Le réseau de mesure de Bruxelles est depuis exploité par le Laboratoire de Recherche en Environnement (LRE) de l'IBGE. Après le transfert, le réseau de mesure de Bruxelles comptait six postes de mesure. Quatre de ces postes appartenaient au réseau national : Molenbeek (R001), Uccle (R012) et l'Avant Port à Haren (N043) sont opérationnels depuis 1980 et le poste d'Ixelles (R002) depuis 1986. En 1992 l'IBGE avait créé 2 postes supplémentaires : Arts-Loi (B003) et Berchem-Ste-Agathe (B011).

A l'origine (1980), le réseau était équipé pour mesurer les polluants gazeux SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub> et la pollution optique de l'air par des particules (Dust). Vers la moitié des années '80, un premier appareil de mesure de l'ozone a été mis en service à Uccle.

Depuis 1994, le réseau de mesure en Région de Bruxelles-Capitale a été étendu. Des appareils de mesure ont été ajoutés dans les cabines existantes, pour déterminer les teneurs en O<sub>3</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, les fractions de particules PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> et les BTeX. Des postes de mesure supplémentaires ont été installés à Woluwé-St-Lambert (WOL1 - mars 1994) et au parc Meudon (MEU1 - octobre 1999). Un poste de mesure, appartenant au réseau de surveillance des installations d'Electrabel se situe à Forest (E013 - janvier 1996).

Dans le courant de la période 2000-2002 le réseau a encore été étendu. En décembre 2000 un poste de mesure a été installé à la hauteur de la station de métro Ste-Catherine (B004), suivi par un poste de mesure au Parlement Européen (B006 – septembre 2001) et un poste supplémentaire en proximité de ce Parlement (B005 – décembre 2001).

Aujourd'hui le contrôle de la qualité de l'air en Région de Bruxelles-Capitale se fait au moyen de 11 postes de mesure du réseau télémétrique gérés par l'IBGE et un poste de mesure géré par Electrabel.

En décembre 2002 deux postes de mesures ont été mis en service dans le tunnel Léopold II, un dans chaque sens. Ces postes de mesure sont équipés d'appareils permettant de mesurer les concentrations de CO, NO et NO<sub>2</sub> dans le tunnel. Ils appartiennent à Bruxelles-Mobilité, mais sont également exploités par l'IBGE-LRE. Les systèmes de gestion des données de ces postes de mesure sont raccordés au réseau télémétrique de surveillance de la qualité de l'air.

Le nombre de paramètres de pollution mesurés et le nombre de données finales (valeurs semi-horaire) conservées annuellement dans la base de données, figurent au tableau I.1. Le tableau I.2 représente la configuration du réseau télémétrique (situation fin 2011). Respectivement depuis juillet 2008 et juillet 2009, le nombre de particules est mesuré dans les postes de Woluwé et de Molenbeek : les comptages se font pour 31 classes de tailles différentes dans la gamme de 0,25 µm à 32 µm. Les données sont conservées pour 26 classes différentes.

**Tableau I.1: Nombre de PARAMETRES de POLLUTION et nombre de VALEURS SEMI-HORAIREs dans le RESEAU TELEMETRIQUE de surveillance de la qualité de l'air.**

Fin de l'année	Appareils	Paramètres	VALEURS SEMI-HORAIREs
1993	15	25	438.000
1994	22	34	595.680
1995	23	35	613.200
1996	28	42	737.856
1997	30	44	770.880
1998	35	51	893.520
1999	42	64	1.121.280
2000	47	71	1.247.328
2001	51	86	1.506.720
2002	57	93	1.629.360
2003	57	95	1.664.400
2004	57	99	1.734.480
2005	55	103	1.804.560
2006	56	112	1.962.240
2007	57	117	2.049.840
2008	58	117 + 26 (Count)	2.055.456 + 456.768
2009	60	119 + 2*26	2.084.880 + 911.040
2010	61	121 + 2*26	2.119.920 + 911.040
2011	62	123 + 2*26	2.154.960 + 911.040

Au 31 décembre 1993, il y avait 25 séries de mesures en continu pour la pollution (438.000 valeurs semi-horaires par an). Fin 2011 il y a, réparties sur toutes les stations de mesures, au total « 123 + 2\*26 séries de mesures ». Par période annuelle ceci correspond à 2.154.960 (+ 911.040) données semi-horaires.

Par rapport à la situation de fin 1994, la composition des installations de mesure a quadruplé et le nombre de données pratiquement quintuplé. Le personnel chargé du suivi quotidien du réseau téléométrique et du banc d'étalonnage est resté pendant cette période limité à 3,5 à 4 emplois temps plein.

Tableau I.2: **CONFIGURATION du RÉSEAU TÉLÉMÉTRIQUE**  
Situation fin 2011

	SO <sub>2</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	CO	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	P <sub>Cnt</sub> <sup>*</sup>	BC	CO <sub>2</sub>	BTX <sup>*</sup>	Hg
R001	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
R002	X	X	X	X		X				X	X		
B003	X	X	X	X		X					X		
B011	O#	X	X	X	X		X	X					
R012	X	X	X	X	X		X	X			X		
N043	X	X	X	X	X	X	X	X					
WOL1	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	
MEU1	X	X	X	X			X	X					X
B004		X	X	X	X	X							
B005	X	X	X	X	X	X						X	
B006		X	X	X		X							
E013	O#	X	X	X									

(\*) P<sub>Cnt</sub>: nombre de particules : résultats pour 26 classes

(\*\*) BTX: 5 paramètres

PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> : chaque fois 3 valeurs

BC : Black Carbon : chaque fois 2 valeurs

**O#** : les appareils SO<sub>2</sub> vétustes des postes de mesure B011 et E013 ont été mis hors service au courant de l'année 2004

L'emplacement et spécificité des postes de mesure existants est :

Poste de Mesure	Emplacement	Type d'activité
R001	Molenbeek - Écluse	trafic – habitation – industrie
R002	Ixelles – Av. de la Couronne	trafic (rue canyon)
B003	Bruxelles – Arts - Loi	trafic
B004	Bruxelles – métro Ste-Catherine	activité commerciale - habitation
B005	Eastman Belliard	quartier européen – parc
B006	Parlement Européen « Spinelli »	quartier européen – zone piétonne
B011	Berchem – Drève des Maricolles	background urbain – résidentiel
R012	Uccle – site IRM	background urbain - résidentiel
N043	Bruxelles Avant Port (Haren)	industrie et trafic
MEU1	Bruxelles (N.O.H) – Parc Meudon	résidentiel à proximité industrie
WOL1	Woluwé-St-Lambert – Gulledelle (IBGE)	trafic – environnement ouverte
E013*	Forest (club de tennis)	résidentiel

47E013\*: poste de mesure exploité par Electrabel

La figure 1.1 représente l'emplacement de ces postes de mesure avec en fond, une carte de la Région.

### 1.3 Paramètres météorologiques

Le réseau de mesure télémétrique de la pollution de l'air de la Région de Bruxelles - Capitale compte deux postes de mesure (Molenbeek et Uccle) équipés d'un mât de 30 m de haut pour la mesure des paramètres météorologiques: vitesse du vent, direction du vent, température à 3 m de haut, température à 30 m, pression atmosphérique et humidité relative.

Un mât de 8 m de hauteur est installé au poste de mesure de Berchem-Ste-Agathe : vitesse et direction de vent, température à 3 m d'hauteur et l'humidité relative.

Les valeurs de 20 paramètres météorologiques au total sont mesurées. Annuellement 350.400 valeurs semi-horaires sont conservées dans la base de données.

#### Localisation des postes de mesure météo :

T1M001	:	Molenbeek	Écluse (mât de 30 m de haut)
T1M003	:	Uccle	IRM (mât de 30 m de haut)
T1M011	:	Berchem-Ste-Agathe	Drève des Maricolles (mât de 8 m de haut)

L'emplacement des mâts météo est également représenté à la figure 1.1.

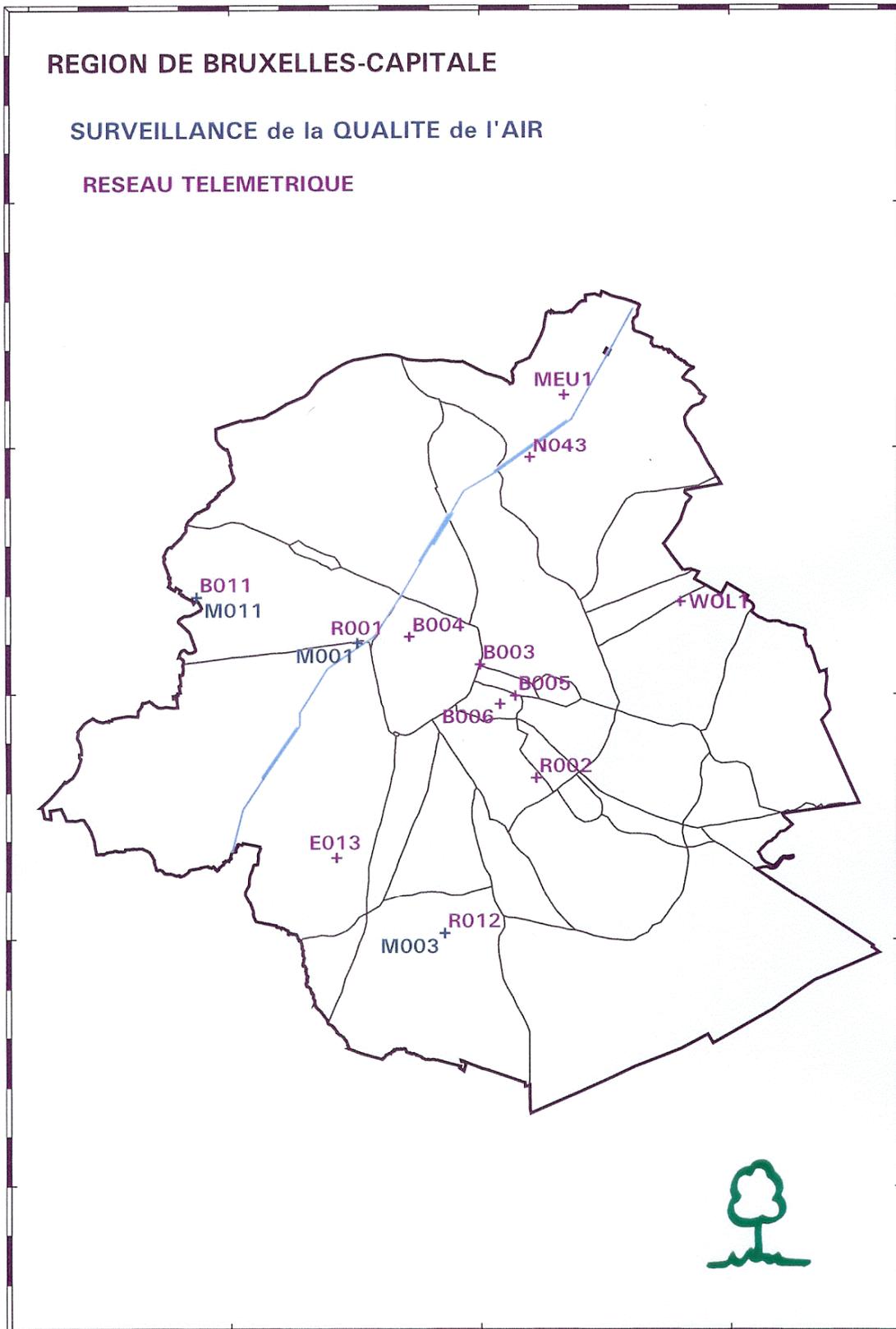


Fig. 1.1 : emplacement des postes de mesure du réseau télémétrique

## 1.4 Programme de mesure des Réseaux NON TÉLÉMÉTRIQUES

Dans les autres réseaux de mesure (non téléométriques), l'air est échantillonné en permanence. Les échantillons prélevés sont ensuite acheminés vers le laboratoire et analysés pour mesurer la présence de polluants déterminés. Ces réseaux de mesure ne permettent toutefois **pas** de suivre la qualité de l'air "on-line". De plus amples informations sur la nécessité de ces réseaux de mesure et sur les techniques employées figurent en annexe A.

En Région de Bruxelles-Capitale, ces réseaux de mesure à "analyse différée" permettent de déterminer la présence dans l'air des composants suivants :

- plomb dans les particules (réseau de mesure Pb)
- composés organiques volatils (réseau de mesure COV)
- hydrocarbures polycycliques dans les particules (réseau de mesure HPA)
- fumées noires (réseau de mesure BSM)
- SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, HCl et HF gazeux (réseau de mesure SNH)
- métaux lourds (réseau de mesure HMT) tels que Cu, Ni, Cd, Mn, As, Sb, Tl, Cr et sulfates (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) dans les particules

Avec les réseaux de mesure du "plomb", des "fumées noires" et des "composés organiques volatils", les mesures du réseau national ont été poursuivies ou étendues. Les premières mesures systématiques de "fumées noires" en Belgique (et à Bruxelles) datent de 1968. Le réseau de mesure des "métaux lourds" (y compris le plomb) donne des résultats réguliers depuis 1973. Les mesures de composés organiques volatils ont commencé à Bruxelles en 1989.

Pour ces réseaux, une vaste extension des activités a également eu lieu depuis 1994. De plus, deux nouveaux réseaux ont été mis sur pied. Un premier sert notamment à déterminer la teneur en ammoniac gazeux (NH<sub>3</sub>) et en HCl dans l'atmosphère. Le second permet de déterminer la teneur de 11 hydrocarbures polycycliques différents dans les particules en suspension dans l'air. Le nombre d'analyses effectuées au laboratoire a quasi triplé, tandis que le nombre de résultats finaux (valeurs journalières) a pratiquement quintuplé. Le personnel chargé du suivi quotidien de ces réseaux est également resté limité à 3,5 à 4 emplois temps plein.

L'évolution du nombre de résultats journaliers dans les réseaux de mesure non téléométriques de la Région de Bruxelles-Capitale est reproduite dans le tableau I.3. Le tableau I.4 représente la configuration des différents réseaux de mesure (situation fin 2011).

**Tableau I.3: nombre de VALEURS JOURNALIÈRES**  
dans les  
**RÉSEAUX non-TÉLÉMÉTRIQUES**

Fin de l'année	Valeurs Journalières
1994	10.585
1995	20.440
1996	22.995
1997	41.975
1998	50.005
1999	50.370
2000	50.370
2001	60.590
2002	60.590
2003	60.955
2004	61.122
2005	56.575
2006	58.035
2007	55.480
2008	58.926
2009	58.765
2010	58.765
2011	58.765

**Tableau I.4: CONFIGURATION des RÉSEAUX non-TÉLÉMÉTRIQUES**  
Situation fin 2011

	Pb	HMT	SNH	BSM	COV	HPA
R001				X	X	X
R002				X	X	X
B003					X	
B004			X			
R012	X		X	X	X	X
WOL1					X	X
IHE03	X					
MEU1	X	X	X			X
AND3	X	X				

SNH : 2 paramètres jusqu'à 1996 (SO<sub>2</sub> et NH<sub>3</sub>) – après 4 (HCl et HF)  
9 paramètres depuis 2006/2007

COV : 12 paramètres

HPA : 8 paramètres jusqu'à 2000 – 11 paramètres par après

HMT : 10 paramètres

Emplacement des postes de mesures :

R001	:	Molenbeek	Écluse
R002	:	Ixelles	Avenue de la Couronne
B003	:	Bruxelles	Arts – Loi
B004	:	Bruxelles	gare de métro Ste-Catherine
R012	:	Uccle	IRM
WOL1	:	Woluwé-St.-Lambert	Gulledelle (IBGE)
IHE03	:	Ixelles	Avenue de la Couronne
MEU1	:	Neder-over-Heembeek	Parc Meudon
AND3	:	Anderlecht	Boulevard de l'Humanité

L'emplacement de ces postes de mesures, avec en fond une carte de la Région, est représenté à la figure 1.2.

**REGION DE BRUXELLES-CAPITALE**

**SURVEILLANCE de la QUALITE de l'AIR**

**RESEAUX NON-TELEMETRIQUES**

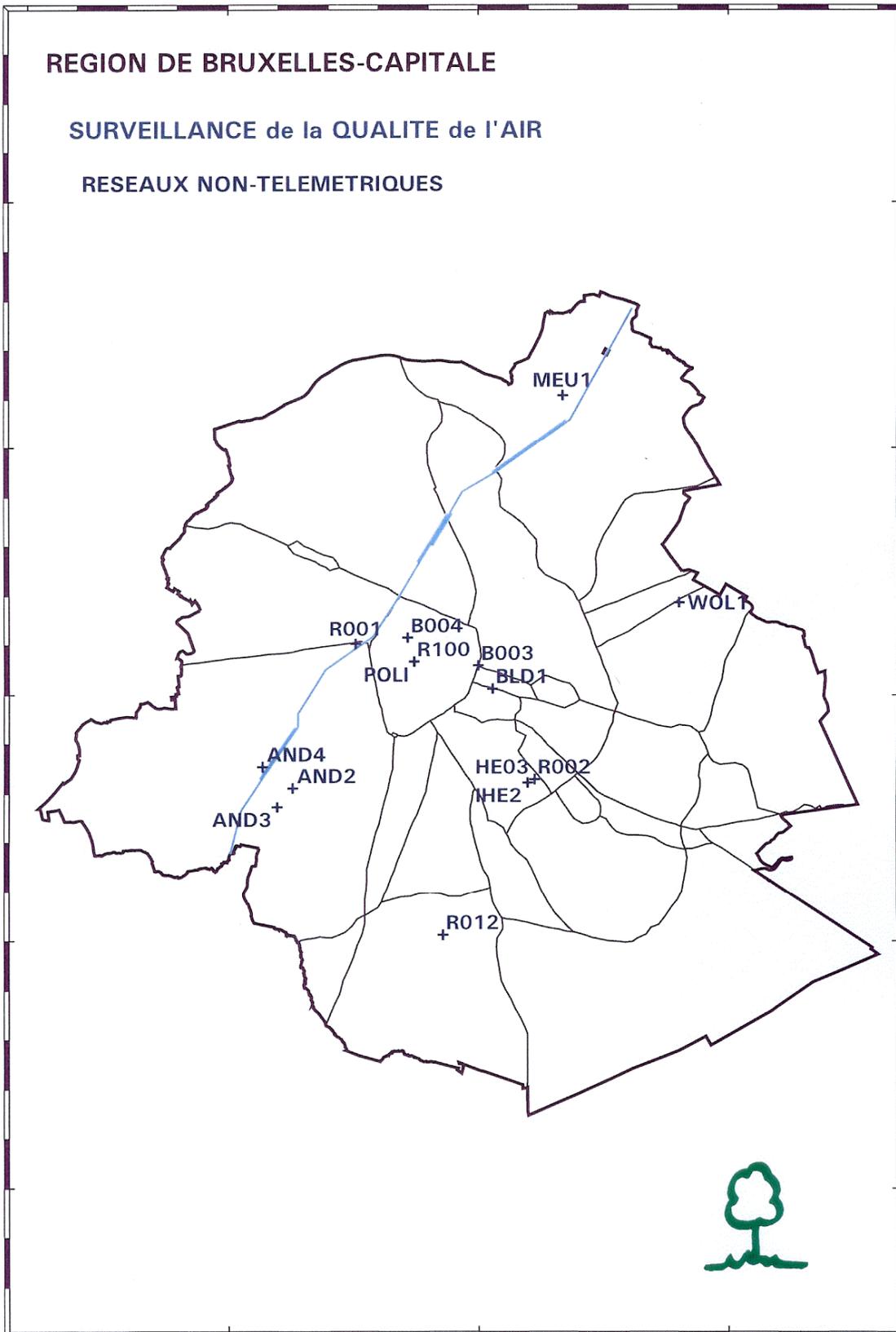


Fig. 1.2 : emplacement des postes de mesure des réseaux non-téléométriques

## 1.5 Réseau de mesure du benzène

Au cours de l'année 1998, un réseau de mesure a été mis en place pour déterminer la répartition spatiale du benzène dans la Région. A cet effet, on utilise des “*échantillonneurs passifs*”, exposés à l'air extérieur dans une vingtaine d'endroits différents. Les échantillons sont remplacés toutes les deux semaines et emmenés au labo pour analyse. Le résultat obtenu est une concentration moyenne de benzène sur une période de deux semaines.

Ce système est un bon complément aux systèmes de mesure existants. Il n'y a pas de séries de mesures détaillées pour un nombre limité de points de mesure, mais les informations obtenues permettent de se faire une bonne idée de la répartition spatiale des concentrations de benzène dans la Région.



## 2. Influence de la MÉTÉO sur les CONCENTRATIONS

### 2.1 Émission - Immission

Par pollution, on entend la présence dans l'air de gaz ou de particules, qui engendrent une modification de sa composition susceptible d'avoir des conséquences néfastes pour l'homme ou la nature. La production ou émission de ces matières peut être d'origine naturelle (incendie de forêts, éruptions volcaniques, décomposition de matières organiques) ou humaine.

Par immission on entend les concentrations des substances polluantes auxquelles les récepteurs sont exposés. Il y a évidemment un rapport entre la production (*émission*) d'une part et les concentrations observées (*immission*) d'autre part.

A proximité des sources ou des zones d'émission, ce rapport est assez complexe et pas simplement linéaire. Par exemple, dans un endroit influencé par plusieurs sources, la qualité de l'air peut, à certains moments être influencée par la source la plus faible et à d'autres moments être sous l'influence de la source la plus importante. Ce n'est qu'à partir de distances relativement grandes et pour autant qu'il n'y ait pas de transformations physico-chimiques importantes, que les concentrations observées sont proportionnelles aux quantités émises.

Profil des émissions: la plupart du temps, les émissions ne sont pas constantes, mais plutôt d'allure cyclique. De plus, il y a des émissions dont l'origine est irrégulière, diffuse ou accidentelle. L'allure cyclique des émissions dépend des activités sociales (travail, trafic, chauffage domestique, activité industrielle, loisirs, etc.). On distingue entre autres des cycles:

- diurnes : jour et nuit
- hebdomadaires : week-end et jours ouvrables
- saisonniers : été et hiver
- journaliers : heures de pointe et heures creuses pour le trafic
- journaliers : pointes de production d'énergie/chauffage

Concentrations variables: le profil fortement variable des concentrations instantanées mesurées (voir fig. 2.3 et 2.7) ne montre pas de lien direct avec le profil des émissions. Il y a cependant un rapport évident entre le profil moyen des concentrations et les émissions. On peut le constater en observant les nombreux graphiques des *profils hebdomadaires moyens* ou des *profils journaliers moyens* (samedi, dimanche et jours ouvrables) présentés au chapitre 4, et ce pour les périodes hiver (octobre - mars) et été (avril - septembre).

En général on peut postuler que les concentrations augmentent pour les émissions plus fortes et qu'elles diminuent quand le "*renouvellement*" de l'air augmente. Dans les zones d'émissions et où la pollution est d'origine locale, les concentrations mesurées peuvent varier assez rapidement et de façon importante. Les concentrations mesurées varient de façon plus importante qu'attendue au vu des fluctuations des émissions. Dans ces cas, des changements de concentration d'un facteur 2 ou 3 au cours d'une même journée sont possibles. Des changements des concentrations d'un facteur 10 ne sont pas exceptionnels et des fluctuations plus fortes encore ne sont pas impossibles. Même pour des émissions maintenues constantes les concentrations mesurées peuvent montrer de très fortes variations. Dans la pratique, ce ne sont pas tant les variations d'émissions qui sont déterminantes pour les niveaux de pollution auxquels nous sommes exposés, mais bien plus les variations continues des conditions météorologiques.

Pour certains polluants (PM10, PM2.5, NO<sub>2</sub>, ...), des concentrations de fond relativement élevées sont constatées. Leur présence ne dépend pas uniquement ou pas essentiellement des sources locales. Ceci se traduit par des fluctuations moins intenses des concentrations, qui ne sont pas proportionnelles aux changements des émissions locales.

*Processus atmosphérique*: les polluants ne sont pas tous introduits dans l'atmosphère par des sources directes. Certains sont formés par suite de processus de réactions dans l'atmosphère qui transforment les polluants primaires rejetés. Un exemple type en est l'ozone. Par temps chaud et ensoleillé, il y a, sous l'influence des rayons U.V. du soleil, un processus de réaction par lequel de l'ozone en excès est produit dans l'air déjà contaminé. Les polluants primaires, appelés aussi « *préalables* » ou « *précurseurs* », sont dans ce cas les oxydes d'azote et les composés organiques volatils réactifs. L'ozone, produit final, est décrit comme "*polluant secondaire*".

Dans un environnement riche en monoxyde d'azote, une partie de l'ozone oxyde le NO et est transformé en NO<sub>2</sub>. Des aérosols également (sulfates, nitrates, ...) sont formés partiellement dans l'atmosphère. Le NO<sub>2</sub> et les particules fines sont en partie des polluants secondaires.

## **2.2 Conditions météorologiques**

### 2.2.1 Dispersion horizontale

Le vent assure l'arrivée d'air frais (ou de pollution éloignée) et l'évacuation de la pollution locale. Plus la vitesse du vent est élevée et plus le taux de renouvellement de l'air et la dilution de la pollution sont élevés.

Il y a une influence évidente de la vitesse et de la direction du vent sur la dispersion horizontale de la pollution.

Les vents ou déplacements de masses d'air, sont dus à des différences de pression atmosphérique. Autour des zones de basse pression ou cyclones, l'air tourne dans le sens contraire des aiguilles d'une montre. Pour nos régions, cela signifie généralement une arrivée d'air assez pur en provenance de l'océan atlantique (vents de Sud-Ouest à Nord-Ouest). Ces vents en général assez forts assurent une grande dilution et l'évacuation de la pollution émise localement.

Autour des noyaux de haute pression, ou anti-cyclones, les masses d'air, vues du dessus, tournent dans le sens horlogique. Pour nos régions, cela correspond très fréquemment à des vents de secteur Est (Sud-Est à Nord-Nord-Est). Cela s'accompagne d'arrivée d'air continental qui est déjà en grande partie chargé de polluants. Les concentrations de fond sont plus élevées que d'habitude et à cela vient s'ajouter la pollution locale. Les vents généralement faibles, associés à cette direction, assurent une moins bonne dilution de la pollution.

La présence d'inversions de température et de vent faibles sont responsables des concentrations bien élevées entre le 7 et 10 et le 26 et 30 Janvier 2009. Les vents plus élevés et l'absence d'inversions thermiques entre le 11 et le 25 Janvier 2009, sont responsables pour des concentrations plus faibles durant toute cette période du mois (fig. 2.3).

### 2.2.2 Dispersion verticale

La dispersion de la pollution de l'air dans le sens vertical a une influence beaucoup plus grande encore que la dispersion horizontale sur les concentrations. Les matières polluantes sont émises dans l'atmosphère à hauteur plutôt faible (de quelques mètres à quelques dizaines de mètres). Les polluants se dispersent en altitude et contaminent les couches basses de la troposphère (plusieurs centaines de mètres jusque maximum 2.000 m de haut). Dans certains cas la pollution ne se disperse que dans quelques dizaines de mètres de hauteur, ou, au plus, quelques centaines de mètres.

La hauteur de la couche de mélange, c.-à-d. la hauteur jusqu'à laquelle la pollution est mélangée, est de loin le plus important des paramètres déterminants pour les niveaux de concentration au sol. Les concentrations diminuent quand la hauteur de la couche de mélange augmente (fig. 2.1). Avec une couche de mélange de 800 m de haut, la pollution se disperse dans un volume quatre fois plus grand qu'avec une couche de mélange de 200 m de haut. Dans le dernier cas, les concentrations au sol sont quatre fois plus élevées.

Le profil vertical de température de l'air est déterminant pour la façon (facile ou difficile) dont les polluants se mélangent dans les couches d'air supérieures.

Gradient de température: dans les couches d'air de la troposphère, la température diminue, en principe, avec l'altitude. En moyenne, *la chute de température dans l'air ambiant* est d'environ 0.65 °C par 100 m, mais cela peut varier de 0 °C à un peu plus d'1 °C par 100 m. Une situation où la température augmente avec l'altitude est connue comme « inversion de température ».

Les *variations de température* dans une *poche d'air pollué* se passent de façon plus au moins adiabatique. La différence entre ces changements de température adiabatiques (dans une poche d'air ascendante ou descendante) et le gradient de température de l'air environnant détermine en grande partie le mélange vertical (fig. 2.2).

Dans une poche d'air sec (pas complètement saturé en vapeur d'eau) le changement de température adiabatique est d'environ 1 °C par 100 m. Dans une poche d'air saturé en humidité, le changement de température adiabatique est inférieur à 1 °C par 100 m (0.2 à 0.9°C), à cause de l'éventuelle condensation ou évaporation.

Atmosphère instable: si le changement de température adiabatique dans une poche d'air ascendante est inférieur au changement de température de l'air environnant, la température d'une poche d'air émise à température ambiante va devenir supérieure à celle de la température de l'air environnant. La densité de la poche d'air devient donc inférieure à celle de l'air environnement et la poche d'air continue à monter.

Si la poche d'air descend, alors sa température va devenir inférieure à celle de l'air environnant. Sa densité augmente et devient plus grande que celle de l'air qui l'entoure. La poche d'air continue donc à descendre.

Dans une atmosphère instable, la poche d'air rejetée s'écarte toujours de la situation de départ. Il y a par conséquent un très bon mélange vertical, et avec comme conséquence, des concentrations moyennes plus basses.

Atmosphère stable: si le changement de température adiabatique dans une poche d'air qui s'élève est plus grand que le changement de température de l'air environnant, alors la température dans une poche d'air émise à température ambiante va devenir inférieure à la température ambiante. Par conséquent la densité de la poche d'air va augmenter par rapport à l'air environnant et la poche d'air aura donc une tendance à descendre.

Si la poche d'air descend, alors sa température va devenir supérieure à la température de l'air environnant. La densité de la poche d'air devient plus faible que celle de l'air environnant et la poche d'air aura donc tendance à monter.

Dans une atmosphère stable, une poche d'air rejeté a toujours tendance à revenir à la situation d'origine. Il y a, par conséquent, un plutôt mauvais mélange vertical. La pollution reste donc présente et se concentre dans la couche d'air dans laquelle elle est émise et la concentration augmente dans cette couche.

Situation neutre: une situation neutre se présente quand le changement de température adiabatique dans une poche d'air rejeté est plus ou moins égal au changement de température de l'air environnant. Dans ce cas, une poche d'air émise à température ambiante est en équilibre avec l'air environnant à toutes les hauteurs. Dans une telle situation, il y a un mélange convenable en altitude.

Les passages entre les différentes situations s'effectuent de façon dynamique. Au cours d'une journée plusieurs situations peuvent se succéder, avec différents degrés de stabilité des couches d'air. De plus, une relativement faible variation du profil vertical de température peut conduire à une autre stabilité des couches d'air, avec des changements rapides de concentration comme résultat.

Stabilité de la couche d'air et hauteur d'émission: les concentrations au niveau du sol sont en grande partie influencées par la stabilité des couches d'air. Il y a cependant aussi une interaction avec la hauteur d'émission.

Dans une atmosphère stable et avec des vitesses de vent faibles, le panache de fumée d'une cheminée élevée va rester à la hauteur d'émission pendant des kilomètres et il y aura peu d'expansion verticale ou horizontale. Dans ces conditions les rejets de la cheminée influenceront peu la qualité de l'air dans un espace plus ou moins grand. Les rejets à faible hauteur, p.ex. du trafic ou du chauffage domestique dans les villes, vont, dans les mêmes conditions, certainement engendrer des concentrations élevées au niveau du sol.

Dans une atmosphère instable, avec une bonne dispersion en hauteur et des vents forts, les rejets des sources basses vont se disperser convenablement. Dans ce cas les concentrations dans les villes restent plutôt faibles. Dans les mêmes circonstances, le panache d'une cheminée élevée peut, à très courte distance, être rabattu vers le sol et provoquer temporairement des concentrations locales élevées.

Inversion de température: dans des circonstances spéciales se produit une inversion de température. Les polluants émis en dessous de la couche d'inversion ne la traversent pratiquement pas. Dans les villes, les valeurs de pointe les plus élevées sont enregistrées lors d'inversions de température à faible hauteur (quelques dizaines de mètres), associées à des périodes de vent calme. Il y a une accumulation des polluants émis à faible hauteur.

De telles inversions de température se produisent généralement après une froide nuit d'hiver sans couverture nuageuse. Pendant la nuit la surface terrestre se refroidit suite aux pertes de chaleur par rayonnement. Le matin, les couches d'air inférieures, au contact du sol, sont plus froides que l'air qui se trouve à quelques dizaines de mètres de haut (fig. 2.1). Cette forme d'inversion est appelée inversion par rayonnement, et est généralement de courte durée. Le matin, avec le retour du soleil, le sol se réchauffe et l'inversion disparaît. Ce phénomène revient fréquemment en période hivernale mais ce produit également en période estivale.

Dans les graphiques de la *figure 2.3*, on peut voir facilement l'influence des inversions de température matinales sur les niveaux de concentration des divers polluants, mesurés en différents emplacements dans la Région. Respectivement entre le 7 et le 10 et entre le 26 et le 30 Janvier 2009 il se manifeste régulièrement une inversion matinale, une condition météorologique tout à fait défavorable à la dispersion des polluants. Ceci ressort de l'évolution du gradient de température mesuré à Uccle (voir graphique du bas). Une valeur négative pour le paramètre "T3-T30" indique une inversion de température au sol (T3-T30 : la température à 3 m d'altitude moins la température à 30 m).

Une autre forme d'inversion est l'inversion de subsidence. Cette forme d'inversion se produit généralement à grande échelle, p. ex. une grande partie de l'Europe de l'Ouest. Elle se produit quand une couche d'air doux glisse au-dessus des couches froides au niveau du sol. Lors de l'abaissement et de la compression des couches d'air doux, leur température va augmenter de façon plus au moins adiabatique. Comme l'air des couches supérieures est moins dense, la couche du dessus va se comprimer plus fort que la couche inférieure et donc s'échauffer plus également; le phénomène d'inversion peut se développer. Dans les cas extrêmes, une telle situation peut conduire à un épisode de pollution: une période de pollution fortement élevée et persistante.

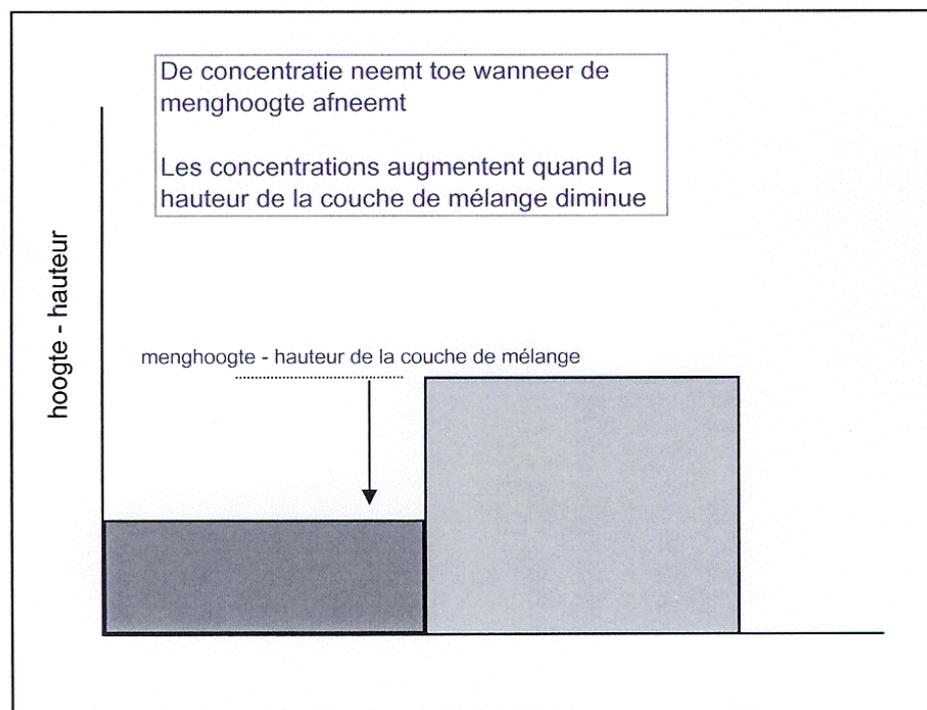
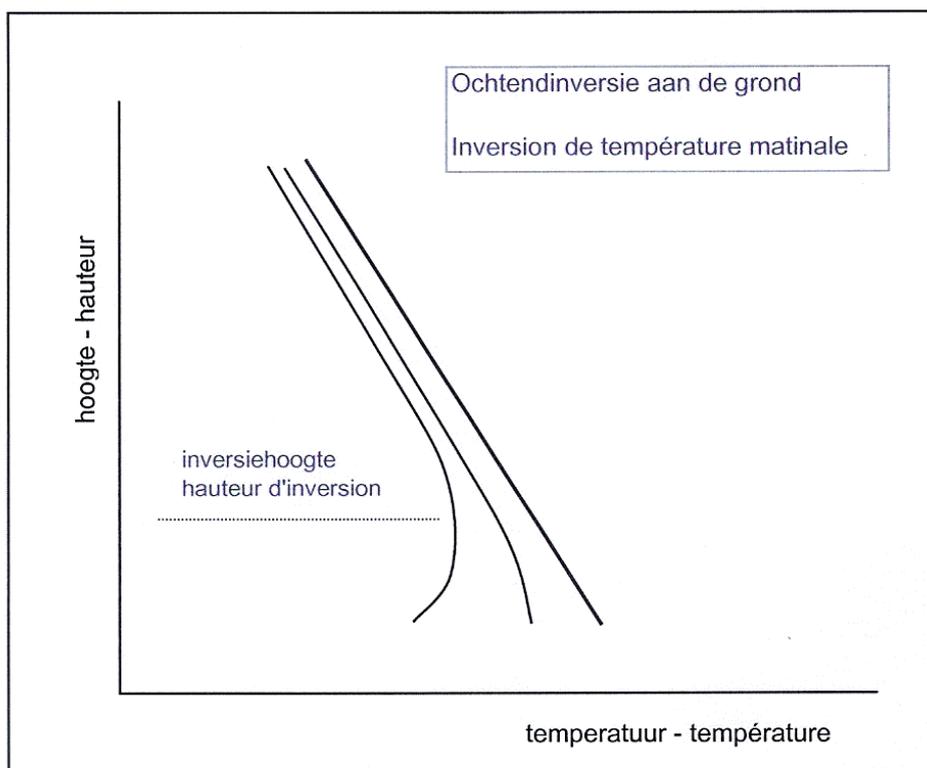


Fig. 2.1 : inversion matinale et effet de la hauteur de la couche de mélange

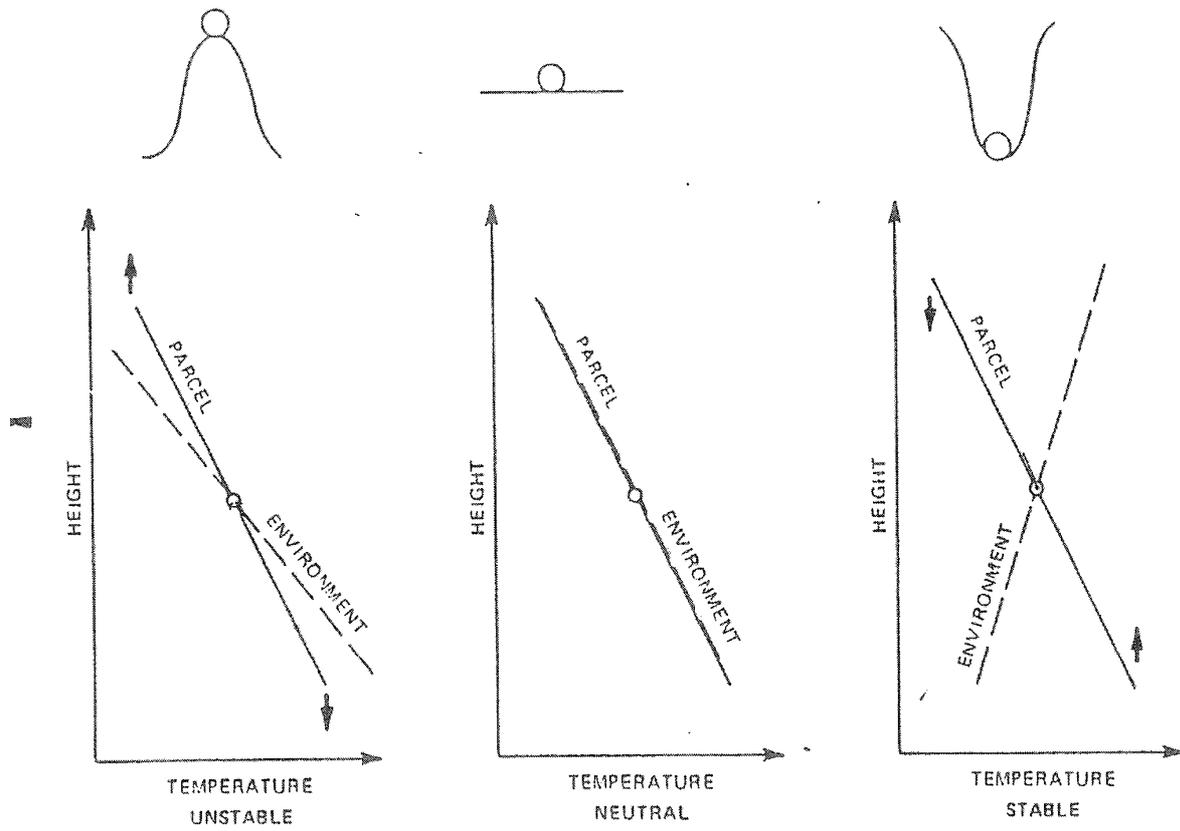


Fig. 2.2 : Profil de température instable, neutre et stable

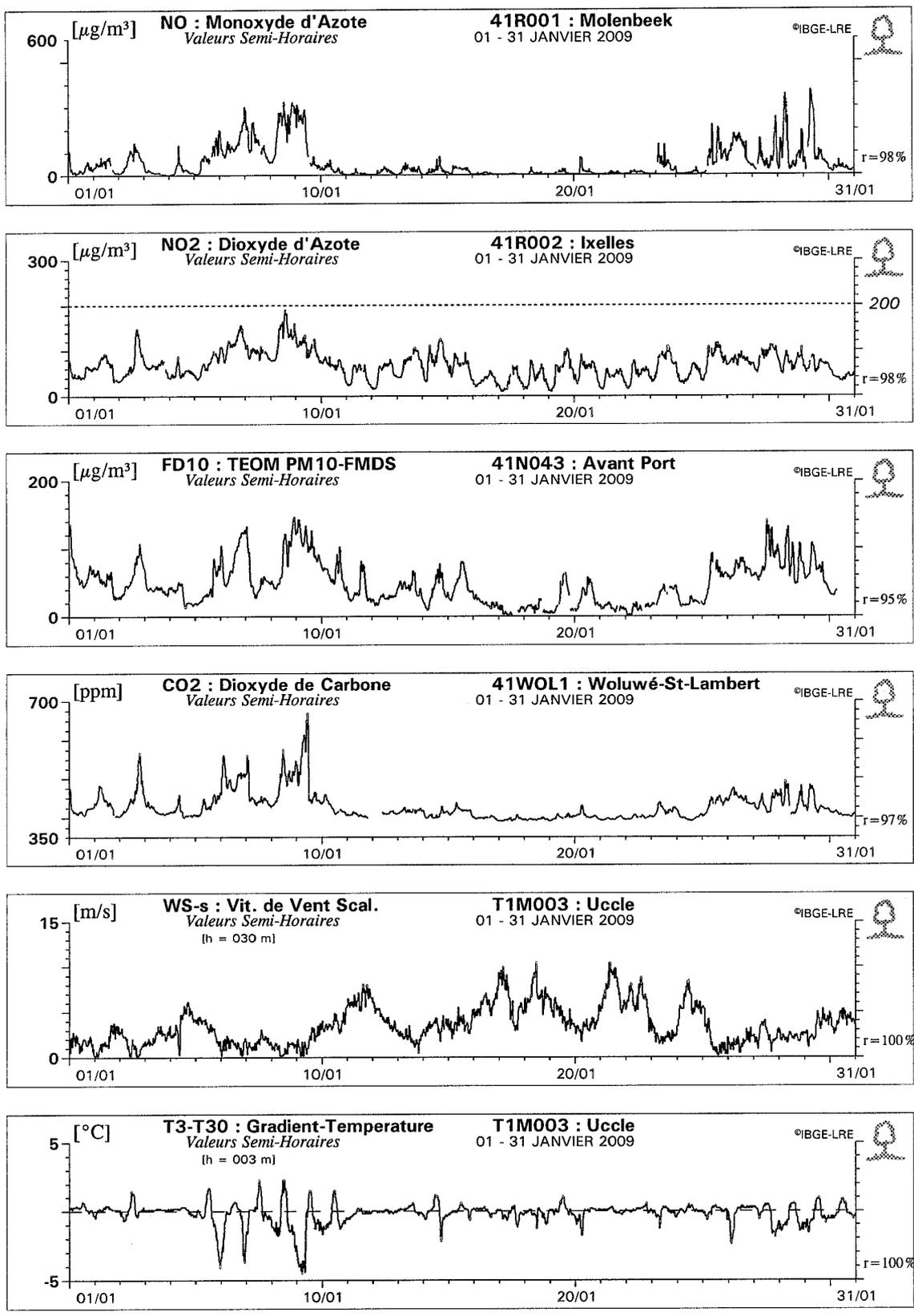


Fig. 2.3 : Évolution de la concentration en Janvier 2009.

Inversions de température, vents faibles et concentrations élevées entre le 7 et 10 et entre le 26 et 30 Janvier  
 Vitesse de vent plus forte et concentrations plus faibles entre le 11 et le 25 Janvier

### 2.2.3 Modèle de prévision ALADIN

Suite à un accord avec l'IRM, l'IBGE reçoit depuis avril 2002, deux fois par jour, les résultats du modèle *ALADIN*. Ce modèle fournit, pour les prochaines 60 heures des prévisions pour deux paramètres météorologiques significatifs, à savoir: « *le profil de température vertical* » (gradient de température) et « *l'indice de transport horizontal* ». L'indice de transport est obtenu en divisant la vitesse de vent par la fréquence de Brunt-Väisälä. Cette fréquence est une mesure de la stabilité des couches d'air: plus les couches d'air sont stables, plus la fréquence est élevée.

Les conditions météorologiques sont considérées comme particulièrement défavorables à la dispersion de la pollution de l'air quand les 4 conditions suivantes sont remplies:

- il y a une inversion de température évidente
- la longueur de transport est particulièrement faible (< 100 m), dans une zone allant du sol à la hauteur de la couche de mélange
- la situation est stable pendant plusieurs heures (ordre de 24 heures)
- dans un large espace il y a peu de différences de pression : présence d'un “*marais barométrique*”

Dans ces circonstances il n'y a presque aucun mouvement d'air, ni horizontal, ni vertical. Si cette situation dure assez longtemps (durée minimale ~24 heures) les concentrations augmentent suite à l'accumulation de la pollution locale (accumulation des émissions d'un soir et d'un matin) qui se superpose à la pollution de fond.

La prévision de la longueur de transport, réalisée le jeudi 8 Janvier 2009, à 0 h TU, pour les 60 heures à venir, est représentée à la figure 2.4. La prévision indique une période relativement longue, du jeudi 8 Janvier dans l'après-midi jusqu'au samedi 10 Janvier 2009, avec des conditions météo défavorables à une bonne dispersion de la pollution. Durant cette période des concentrations élevées se manifestent partout dans le réseau, et pour pratiquement tous les polluants (fig. 2.3).

La prévision réalisée le dimanche 20 Novembre 2011 (fig. 2.6), à 0 h TU, indique également une situation de blocage de plus longue durée. La prévision du dimanche 27 Novembre 2011, indique pour le lundi 28 Novembre une situation de courte durée, avec des conditions météorologiques défavorables à une bonne dispersion. Des concentrations observées durant le mois de Novembre 2011 (fig. 2.7) sont une parfaite illustration des possibilités de ces prévisions.

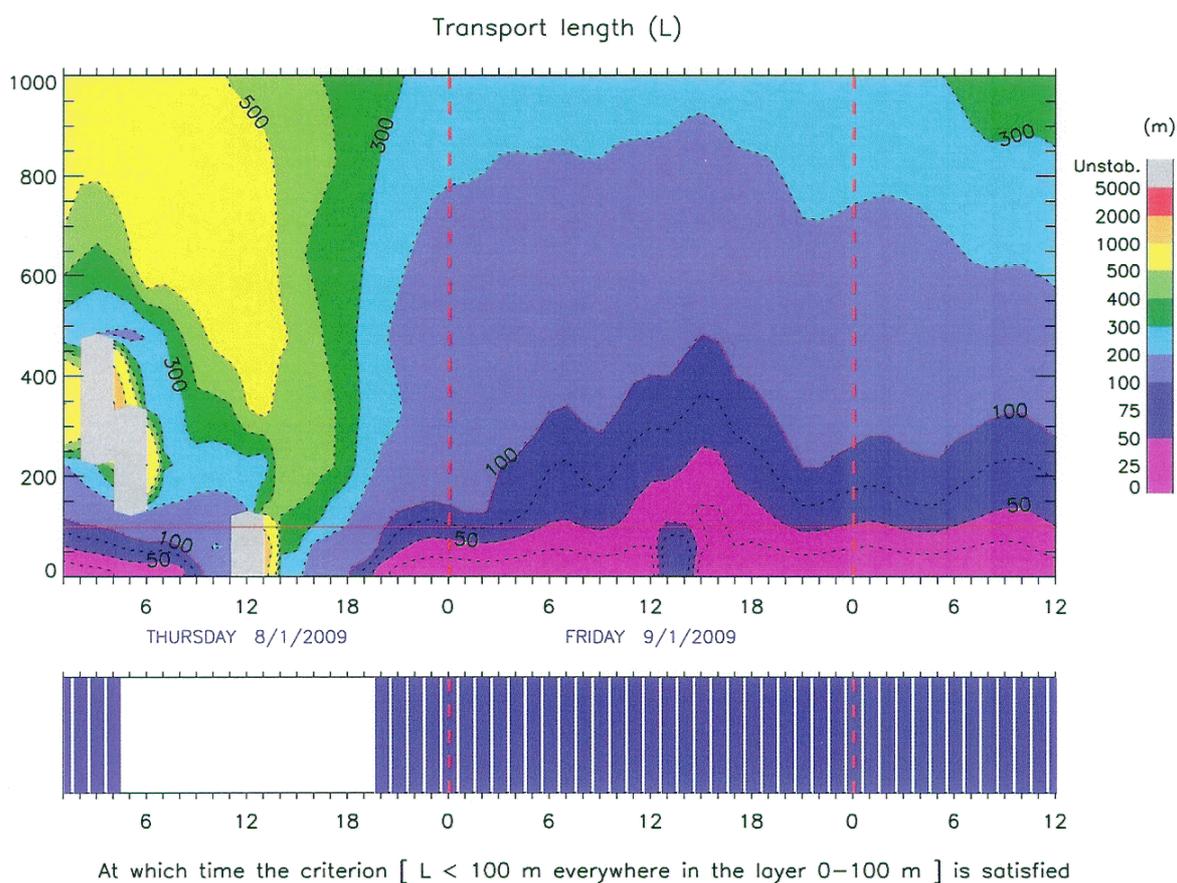
Le modèle ALADIN permet de prévoir à l'avance, avec une grande fiabilité, des périodes où les conditions météorologiques seront défavorables à la bonne dilution de la pollution. Le modèle ne convient pourtant pas pour la prévision des niveaux de concentration.

La Cellule Interrégionale pour l'Environnement (CELINE) dispose de plusieurs types de modèles, qui permettent de prévoir les concentrations en ozone, dioxyde d'azote et de particules PM10 pour les jours à venir. Les résultats de ces modèles peuvent être consultés sur le site de CELINE : [www.irceline.be](http://www.irceline.be).

# BRUSSELS



ALADIN forecast initialized on THURSDAY 8/1/2009 at 0 UT



Longest period unfavourable to the dispersion of pollutants:

From THURSDAY 8/1/2009 at 19:30 UT

To SATURDAY 10/1/2009 at 12:30 UT

Event duration: 41 hours

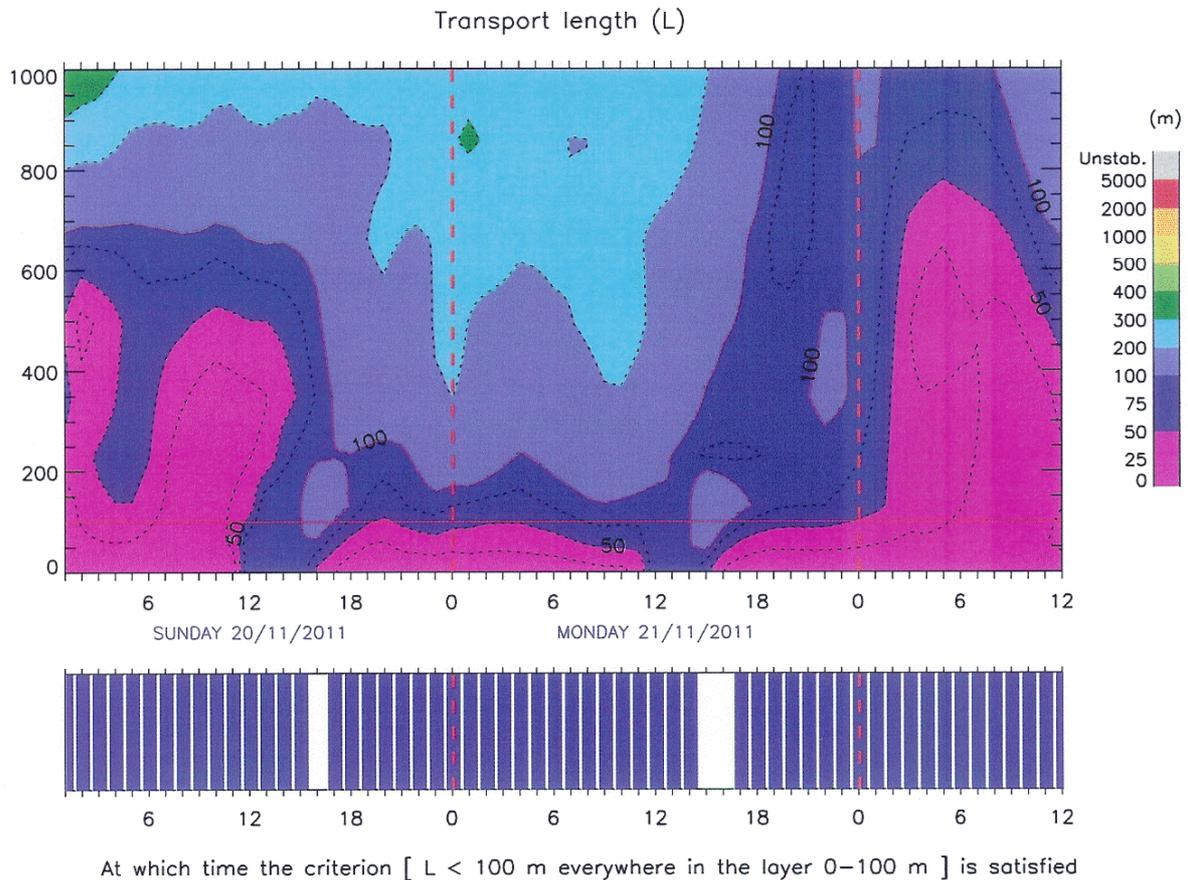
## POLLUTION ALERT

Fig. 2.4 : Modèle Aladin (source IRM) – prévision du jeudi 8 Janvier 2009, à 00 h TU, de la longueur de transport pour les 60 heures à venir

# BRUSSELS



ALADIN forecast initialized on SUNDAY 20/11/2011 at 0 UT



Longest period unfavourable to the dispersion of pollutants:

From SUNDAY 20/11/2011 at 16:30 UT

To MONDAY 21/11/2011 at 14:30 UT

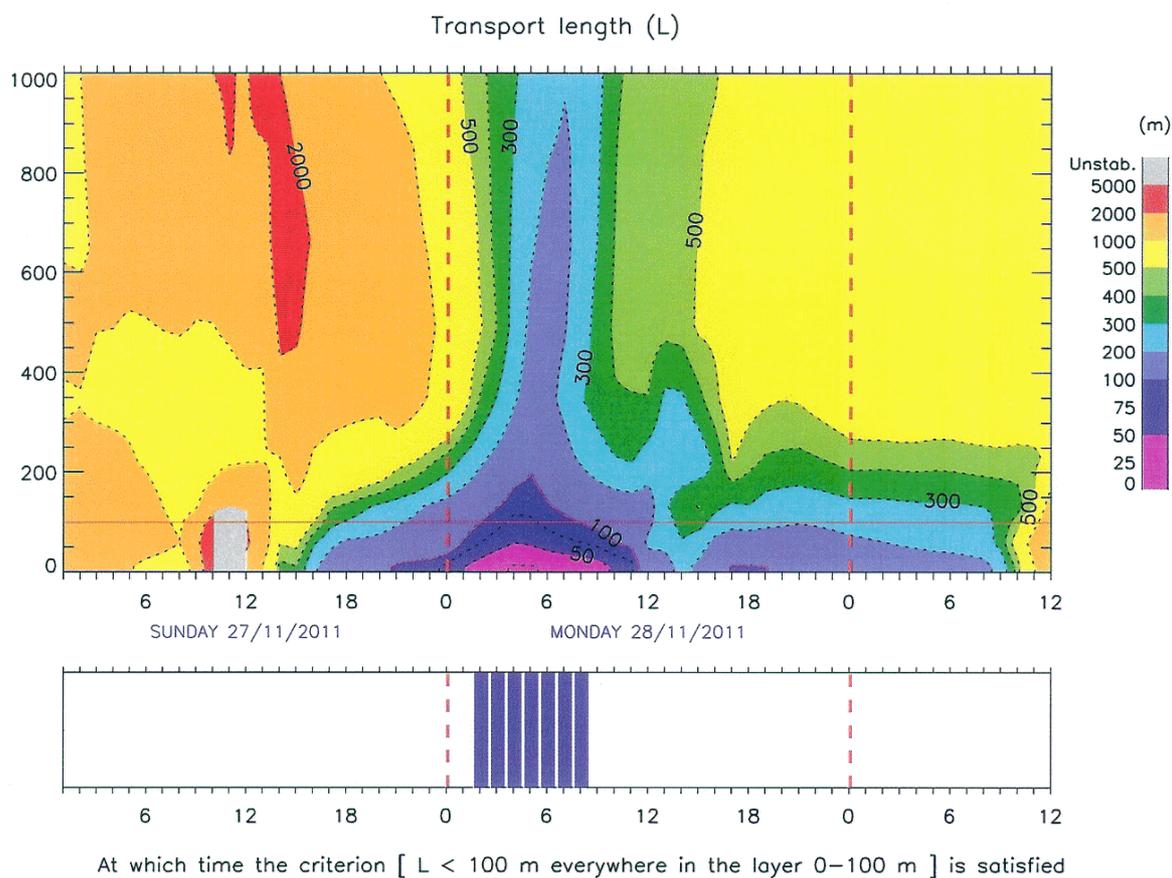
Event duration: 22 hours

## POLLUTION ALERT

Fig. 2.5 : Modèle Aladin (*source IRM*) – prévision du dimanche 20 Novembre 2011, à 00 h TU, de la longueur de transport pour les 60 heures à venir

# BRUSSELS

ALADIN forecast initialized on SUNDAY 27/11/2011 at 0 UT



Longest period unfavourable to the dispersion of pollutants:

From MONDAY 28/11/2011 at 1:30 UT

To MONDAY 28/11/2011 at 8:30 UT

Event duration: 7 hours

**NO POLLUTION ALERT**

Fig. 2.6 : Modèle Aladin (source IRM) – prévision du dimanche 27 Novembre 2011, à 00 h TU, de la longueur de transport pour les 60 heures à venir

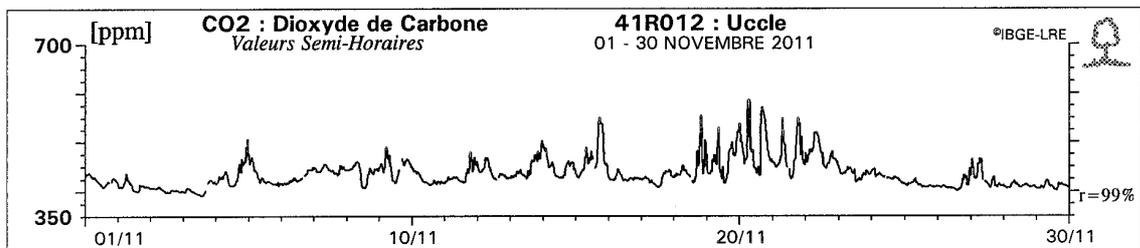
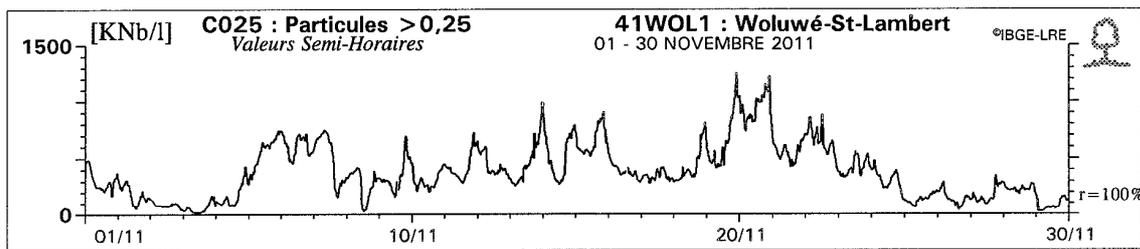
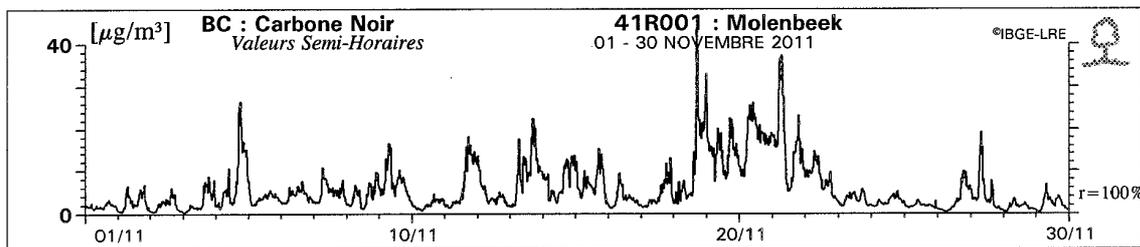
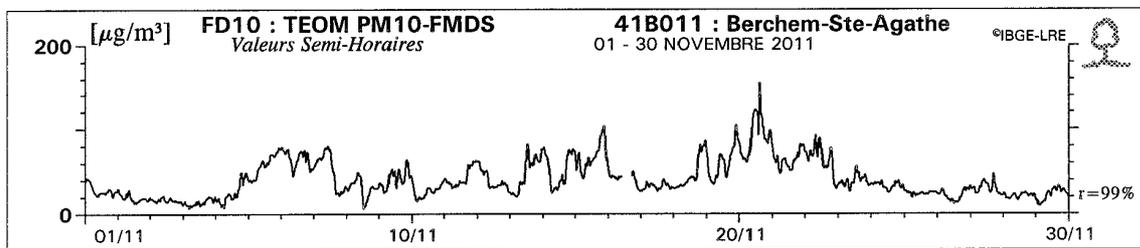
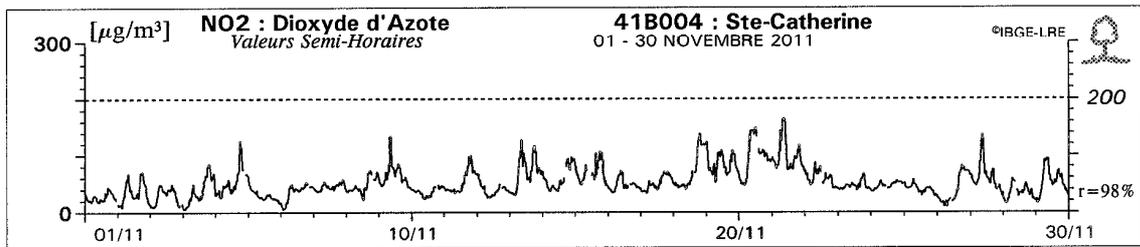
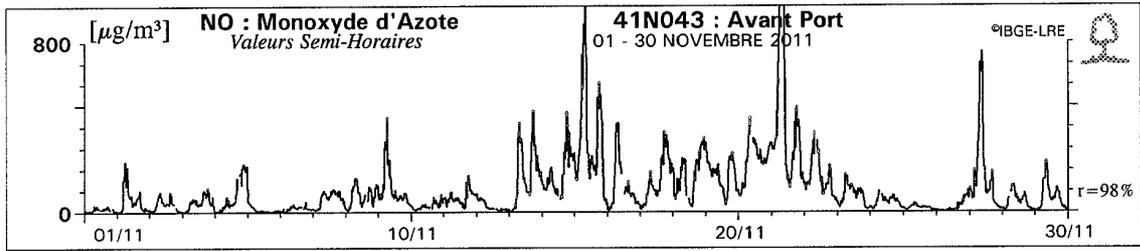


Fig. 2.7: Concentrations élevées du 20 au 23 Novembre 2011, avec les concentrations les plus élevées le lundi 21 et mardi 22 Novembre (prévision 20 Novembre)  
Pic de pollution momentané le lundi 28 Novembre 2011 (prévision du 27 Novembre)

#### 2.2.4 Étude de la pollution de l'air

Les rejets changeants d'un grand nombre de sources très différentes, et l'influence de conditions météorologiques variant en permanence font de la pollution atmosphérique « *un phénomène dynamique* » par excellence. Une conséquence directe est la grande variabilité des concentrations mesurées. Il faut donc effectuer des mesures sur une longue période avant de pouvoir évaluer globalement la situation.

Une longue période de mesure induit naturellement une grande quantité de données chiffrées. La grande masse de données disponibles fait qu'il n'est pas aisé de "*voir clair*" à travers toutes ces informations. L'évaluation des données doit donc se faire avec l'aide de valeurs statistiques significatives :

- moyennes
- centiles
- évolution journalière et hebdomadaire
- roses de pollution
- comparaison des niveaux de pollution entre différents postes
- comparaison des rapports de concentration entre différents polluants
- etc. ...

L'analyse de tendance doit se faire de préférence sur plusieurs années, sinon on risque de mettre en évidence l'influence d'une situation météorologique "particulièrement différente" (p.ex. un été particulièrement chaud par rapport à un été moyen, un hiver glacial par rapport à une période hivernale avec des nombreuses tempêtes), plutôt que l'évolution réelle des sources de pollution. Dans cette optique, les systèmes de mesure doivent être soumis à un contrôle de qualité strict qui assure une fiabilité des données constante sur plusieurs années.

### 3. NORMES : Directives CE

**Historique :** La loi du 28 décembre 1964 relative à la lutte contre la pollution atmosphérique fut la première loi en Belgique qui obligeait de suivre de façon systématique, à l'aide de réseaux de mesure, la présence de certains polluants dans l'air. En 1968 le réseau "Soufre - Fumées" a été créé, avec l'accent sur le dioxyde de soufre et les fumées noires. La nécessité de ce réseau était incitée, entre autre par l'épisode de pollution (smog) à Londres qui, entre le 5 et le 9 décembre 1952, était accompagnée d'une surmortalité d'environ 4.000 personnes. En 1973 suivait le réseau "métaux lourds", orienté essentiellement sur le plomb et de métaux non ferreux (cuivre, cadmium, nickel, chrome, vanadium, ...). A partir de 1978, suite à un programme d'impulsion de la politique scientifique ('70), un ambitieux réseau téléométrique a été construit pour le contrôle, en temps réel, des concentrations de dioxyde de soufre, des particules en suspension, des oxydes d'azote, de l'ozone et du monoxyde de carbone.

Entre 1982 et 1992, dans le cadre de la CE, des normes de qualité de l'air ont été fixées pour plusieurs polluants. Ce fut le cas notamment pour le dioxyde de soufre et les particules en suspension, le dioxyde d'azote, le plomb et l'ozone. Les directives y afférentes 80/779/CE (SO<sub>2</sub> et particules en suspension), 85/580/CE (NO<sub>2</sub>), 82/884/CE (Pb) donnent des **valeurs limites** et des **valeurs guides**. La directive 92/72/CE pour l'ozone fixe des **valeurs seuils**.

Actuellement ces directives sont abrogées et plus d'application. Les valeurs normatives de ces directives sont, pour compléter le tableau historique, présentées à la fin de ce chapitre (pt 3.6).

Les **valeurs limites** ont un *caractère légal contraignant* et doivent être respectées. Elles ont été fixées dans un but de protection de la santé publique. Les **valeurs guides** sont des valeurs fortement recommandées mais leur respect, du point de vue strictement légal, n'est *pas* obligatoire. Ces valeurs sont définies dans le but de protéger la santé et l'environnement à long terme. Leur respect devrait permettre d'éviter toute conséquence néfaste permanente pour la santé publique ou pour l'environnement dans son ensemble. Les valeurs à atteindre sont également indicatives pour l'instauration de régimes spécifiques dans des zones clairement circonscrites, par exemple pour la protection de zones naturelles vulnérables.

Dans le cas de l'ozone, des **valeurs seuils** sont formulées. Le dépassement d'une valeur seuil peut conditionner l'obligation d'informer la population ou inciter à prendre des mesures visant à réduire les émissions.

**Réglementation actuelle :** Durant la période 1996-2004 de *nouvelles normes européennes* pour la qualité de l'air ont été publiées. Le 21.11.1996 est parue au Journal officiel des Communautés Européennes la **directive cadre** 1996/62/CE concernant l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant. En Région de Bruxelles-Capitale, cette directive a été transposée par l'ordonnance du 25 mars 1999.

A l'annexe I de cette directive figure une liste de 13 substances dont la présence dans l'air ambiant doit faire l'objet d'une étude prioritaire: dioxyde de soufre, dioxyde d'azote, particules fines (y compris PM10), particules en suspension, plomb, ozone, benzène, monoxyde de carbone, hydrocarbures aromatiques polycycliques, cadmium, arsenic, nickel et mercure. La directive prévoit en outre plusieurs définitions et modalités qui doivent être prises en compte lors de son exécution.

Faisant suite à la directive cadre, une première directive fille est apparue rapidement (*1999/30/CE*) avec les objectifs pour le *dioxyde de soufre*, le *dioxyde d'azote* et les *oxydes d'azote*, les *particules en suspension* et le *plomb* dans l'air. Le 16 novembre 2000 est parue une seconde directive fille (*2000/69/CE*) fixant les normes pour le *monoxyde de carbone* et le *benzène*, suivie le 12 février 2002 par une troisième directive fille (*2002/3/CE*), fixant des seuils pour l'*ozone*. Ces directives sont transposées dans des arrêtés du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale respectivement le 28/06/2001, le 05/07/2001 et le 18/04/2002.

Dans les nouvelles définitions le terme « valeur seuil » est remplacé par « valeur cible ». Les **valeurs cibles** (p.ex. pour l'ozone) sont des niveaux de concentration qui doivent être atteints dans la mesure du possible sur une période donnée.

La quatrième directive fille (*2004/107/CE*) fixant les objectifs pour le nickel, le cadmium, l'arsenic, le mercure et les hydrocarbures aromatiques polycycliques est parue le 26 janvier 2005. Cette directive a été adoptée par la Région de Bruxelles-Capitale par l'arrêté du 25 octobre 2007.

**Directive 2008/50/CE** concernant la qualité de l'air et un air pur pour l'Europe : cette nouvelle directive, regroupant la plupart des directives existantes sur la qualité de l'air, dans une seule directive, est apparue le 21 mai 2008. La directive intègre la directive cadre 1996/62/CE et les directives filles 1999/30/CE (*SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub>, PM10 et Pb*), 2000/69/CE (*CO et benzène*) et 2002/3/CE (*ozone*), qui ont toutes été abrogées à partir du 11 juin 2010. En Région de Bruxelles-Capitale, cette directive a été transposée par l'ordonnance du 10 février 2011, modifiant l'ordonnance du 25 mars 1999, et par un arrêté du 10 février 2011 apportant des modifications à de divers arrêtés relatifs à la qualité de l'air ambiant.

La directive établit des mesures visant :

- à définir et à fixer des objectifs concernant la qualité de l'air ambiant, afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs pour la santé humaine et pour l'environnement dans son ensemble
- à évaluer la qualité de l'air ambiant dans les États membres sur la base de méthodes et de critères communs
- à obtenir des informations sur la qualité de l'air ambiant afin de contribuer à lutter contre la pollution de l'air et les nuisances et de surveiller les tendances à long terme et les améliorations obtenues grâce aux mesures nationales et communautaires
- à faire en sorte que ces informations sur la qualité de l'air ambiant soient mises à la disposition du public
- à préserver la qualité de l'air ambiant, lorsqu'elle est bonne, et à l'améliorer dans les autres cas
- à promouvoir une coopération accrue entre les États membres en vue de réduire la pollution atmosphérique

Dans cette directive des objectifs de qualité pour les particules PM<sub>2,5</sub> ont été spécifiés. Les différents objectifs devraient ou doivent être atteints pour le 1<sup>er</sup> janvier 2005, le 1<sup>er</sup> janvier 2010, le 31 décembre 2012 ou le 1<sup>er</sup> janvier 2015.

Dès l'apparition d'une quelconque directive, les données doivent (toutefois) être évaluées par rapport aux objectifs fixés par ces directives (objectif qualité de l'air 2005, 2010, 2013 ou 2015). Pour la période entre la date d'apparition et la date d'entrée en vigueur de la nouvelle norme, une *marge de dépassement* est prévue, qui est exprimée en pourcentage de la valeur limite ultime. Cette marge de dépassement baisse de façon linéaire d'année en année et doit être ramenée à zéro pour la date finale prévue.

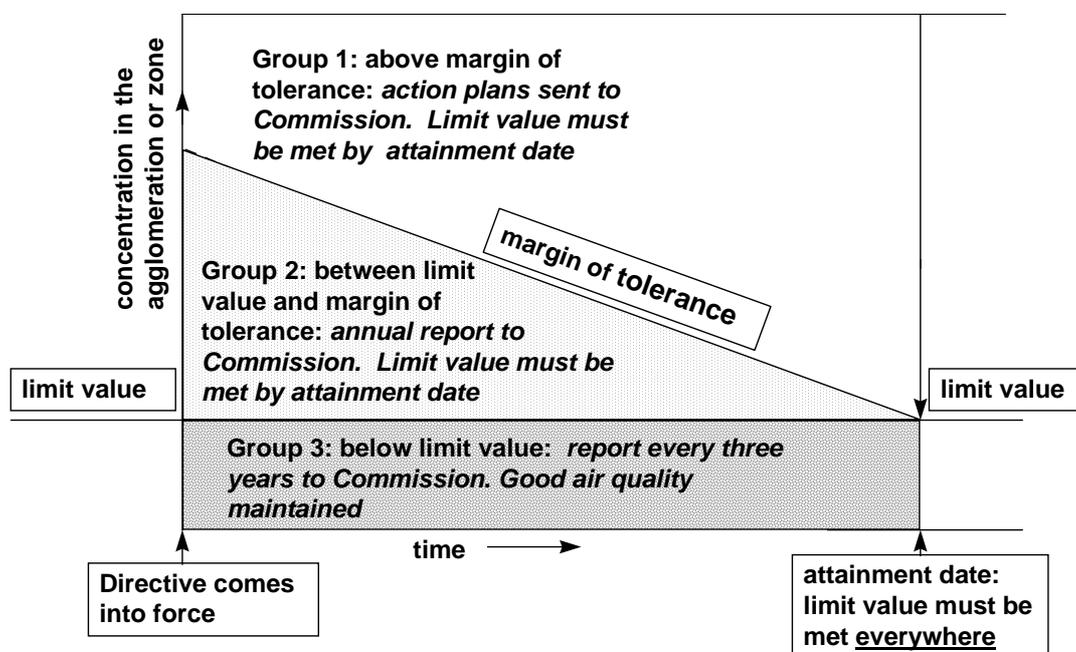


Fig. 3.1: Schéma de rapportage des dépassements de la valeur limite majorée de la marge de tolérance.  
(Guidance on Assessment under the EU Air Quality Directives)

L'existence d'une marge de dépassement autorisée n'introduit toutefois **pas** de valeur limite intermédiaire. La valeur limite reste inchangée et doit être respectée pour la date finale et pas avant. Le fait de prévoir une marge de dépassement sert simplement à l'identification des zones où la qualité de l'air est moins bonne. Dans les zones où les résultats sont supérieurs à la valeur limite, majorée de la marge de dépassement autorisée, les États sont tenus d'élaborer des plans d'action détaillés, qui indiquent comment la valeur limite sera atteinte pour la date finale. Ces plans doivent être communiqués à la Commission européenne et à la population.

Pour les valeurs situées entre la valeur limite et la valeur limite majorée de la marge de dépassement, il ne faut pas de plans d'action détaillés. Ces valeurs doivent néanmoins être communiquées à la Commission et les mesures qui s'imposent doivent être prises pour que la valeur limite soit respectée à temps.

Au chapitre 4 de ce rapport, les résultats sont évalués en fonction des dispositions légales les plus récentes.

### 3.1 SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM10 et Pb selon la DIRECTIVE 2008/50/CE (et 1999/30/CE)

La directive 1999/30/CE est la première directive fille issue de la directive cadre 96/62/CE. Elle fixe des **valeurs limites** pour le *dioxyde de soufre*, le *dioxyde d'azote* et les *oxydes d'azote*, les *particules en suspension (PM10)* et le *plomb* dans l'air, qui devraient être respectées pour le 1<sup>er</sup> janvier 2005 ou pour le 1<sup>er</sup> janvier 2010, selon le polluant en question. Pour le dioxyde de soufre et le dioxyde d'azote, un seuil d'alerte est également donné. Les dispositions sont entièrement reprises dans la directive 2008/50/CE.

L'article 2 de la directive donne comme définition de "valeur limite" : un niveau fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser une fois atteint.

Le même article donne aussi notamment la définition de "seuil d'alerte" : un niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de l'ensemble de la population et à partir duquel les États membres doivent immédiatement prendre des mesures.

Durant une période de transition, le cas échéant entre 2001 et 2005 (*SO<sub>2</sub>, Pb et PM10*) ou entre 2001 et 2010 (*NO<sub>2</sub>*), le dépassement de la valeur limite d'une valeur supérieure à la "marge de dépassement" autorisée (*un pourcentage de la valeur limite*) entraînait l'obligation d'élaborer des plans d'action détaillés. Ces plans devraient être communiqués à la Commission et à la population. Un dépassement de la valeur limite d'une valeur inférieure à la marge de dépassement autorisée devrait être communiqué à la Commission mais ne requerrait pas l'élaboration de plans détaillés. Les valeurs limites pour le dioxyde de soufre et les marges de dépassement correspondantes figurent dans le *tableau III.1*.

Tableau III.1: **VALEURS LIMITES pour le DIOXIDE de SOUFRE (SO<sub>2</sub>)**

Protection	Période d'intégration	Valeur limite	Nombre de dépassements autorisés	Date pour le respect de la valeur limite	Marge initiale au 01/01/2001
Santé publique	1 heure	350 µg/m <sup>3</sup>	24 par an	1 <sup>er</sup> janvier 2005	150 µg/m <sup>3</sup> (43%)
Santé publique	24 heures	125 µg/m <sup>3</sup>	3 par an	1 <sup>er</sup> janvier 2005	Néant

Pour le SO<sub>2</sub> une valeur limite horaire est introduite et la valeur limite journalière est plus stricte qu'auparavant. Il ne peut plus y avoir que *3 valeurs journalières* supérieures à *125 µg/m<sup>3</sup>* par an. Comme seuil d'alerte pour le SO<sub>2</sub>, il est prévu 500 µg/m<sup>3</sup> pendant trois périodes horaires consécutives, mesurés à des endroits représentatifs pour des zones d'au moins 100 km<sup>2</sup> ou pour une agglomération entière, si celle-ci couvre une plus petite superficie.

Le niveau critique pour SO<sub>2</sub> est fixé à 20 µg/m<sup>3</sup> en tant que moyenne sur l'année calendrier et sur les périodes hivernales (octobre à mars). Le "niveau critique" est un niveau fixé sur la base des connaissances scientifiques, au-delà duquel des effets nocifs directs peuvent se produire sur certains récepteurs, tels que arbres, autres plantes ou écosystèmes naturels, mais pas sur des êtres humains. Les points de prélèvement visant à assurer la protection des écosystèmes naturels doivent être représentatifs pour une zone environnante d'au moins 1.000 km<sup>2</sup>.

Tableau III.2: **VALEURS LIMITES** pour le **DIOXIDE d' AZOTE (NO<sub>2</sub>)**

Protection	Période d'intégration	Valeur limite	Nombre de dépassements autorisés	Date pour le respect de la valeur limite	Marge initiale au 01/01/2001
Santé publique	1 heure	200 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub>	18 par an	1 <sup>er</sup> janvier 2010	50%
Santé publique	Année calendrier	40 µg/m <sup>3</sup> NO <sub>2</sub>		1 <sup>er</sup> janvier 2010	50%

Les valeurs limites pour le NO<sub>2</sub> figurent dans le *tableau III.2*. La valeur limite journalière pour le NO<sub>2</sub> est devenue sensiblement plus stricte. Selon la directive d'application, il ne peut plus y avoir par an que *18 valeurs horaires* supérieures à 200 µg/m<sup>3</sup>.

La *valeur limite annuelle de 40 µg/m<sup>3</sup>* est une condition supplémentaire encore beaucoup plus stricte. Sa formulation impose un critère beaucoup plus lourd que la *valeur guide* de 50 µg/m<sup>3</sup> en tant que 50<sup>ème</sup> centile des valeurs horaires, d'une ancienne directive abrogée (85/580/CE).

Il y a tout d'abord la condition de *valeur limite* légalement contraignante au lieu d'une *valeur guide* non contraignante. De plus, dans les mesures de la pollution de l'air, et certainement en proximité des sources, la moyenne arithmétique est en principe supérieure à la valeur médiane (50<sup>ème</sup> centile). En effet, la distribution des résultats ne suit généralement pas "*une loi normale*", mais plutôt une "*loi lognormale*". L'ancienne formulation admettait un P50 à 50 µg/m<sup>3</sup> et donc implicitement, une moyenne annuelle supérieure à 50 µg/m<sup>3</sup>.

Le *seuil d'alarme* pour le NO<sub>2</sub> est de 400 µg/m<sup>3</sup> pendant trois périodes horaires successives, mesurés à des endroits représentatifs pour des zones supérieures à 100 km<sup>2</sup> ou pour une agglomération, si celle-ci couvre une plus petite superficie.

Pour le NO<sub>x</sub>, le *niveau critique* pour la protection de la végétation a été fixé à 30 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>x</sub> en tant que moyenne annuelle. Les points de prélèvement visant à assurer la protection des écosystèmes naturels doivent être représentatifs pour une zone environnante d'au moins 1.000 km<sup>2</sup>.

Tableau III.3: **VALEURS LIMITES** pour les **PARTICULES** en **SUSPENSION (PM10)**

Protection	Période d'intégration	Valeur limite	Nombre de dépassements autorisés	Date pour le respect de la valeur limite	Marge initiale au 01/01/2001
Santé publique	24 heures	50 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub>	35 par an	1 <sup>er</sup> janvier 2005	50%
Santé publique	Année calendrier	40 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub>		1 <sup>er</sup> janvier 2005	20%

Dans la formulation des objectifs pour les PM10, la directive 1999/30/CE prévoyait deux phases. Les objectifs de la phase 1 devraient être atteints pour le 1<sup>er</sup> janvier 2005 et ceux de la phase 2 pour le 1<sup>er</sup> janvier 2010. Les valeurs limites indicatives de la phase 2 ont été revues entre-temps à la lumière d'informations complémentaires concernant les effets sur la santé et l'environnement, la faisabilité technique et l'expérience de l'application des valeurs limites de la phase 1 dans les États membres. La directive 2008/50/CE remplace les valeurs limites indicatives PM10 de la phase 2 par des objectifs à atteindre pour les PM2,5.

Les valeurs limites PM10 figurent dans le *tableau III.3*. Une comparaison avec les valeurs limites du passé, formulées pour la fraction totale des particules en suspension, n'est pas toujours concluante. Les valeurs limites PM10 peuvent être considérées comme clairement plus strictes.

La directive 2008/50/CE fixe, pour la présence de la fraction PM2,5 des particules dans l'air ambiant, différents objectifs qui deviennent progressivement plus sévères :

**a** – une valeur cible (2010), remplacé plus tard par une valeur limite (2015) qui pourrait devenir plus sévère en 2020

- valeur cible de 25 µg/m<sup>3</sup> en tant que moyenne annuelle à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2010
- valeur limite de 25 µg/m<sup>3</sup> en tant que moyenne annuelle à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2015
- une valeur limite indicative de 20 µg/m<sup>3</sup> en tant que moyenne annuelle à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2020, éventuellement à revoir à partir de 2013

**b** – un objectif national de réduction de l'exposition

- entre 2010 et 2020 l'indicateur d'exposition moyenne (IEM) doit être réduit d'un pourcentage fixé; ce pourcentage dépend de l'exposition durant l'année de référence 2010. En Belgique une réduction de 20% sera probablement obligatoire.
- l'IEM est déterminé sur la base des mesures effectuées dans des lieux caractéristiques de la pollution de fond urbaine situés dans des zones et des agglomérations sur l'ensemble du territoire de l'État membre. L'IEM est estimé en tant que concentration moyenne annuelle sur trois années civiles consécutives en moyenne sur tous les points de pollution installés à ce but. L'IEM de l'année de référence 2010 est la concentration moyenne des années 2008, 2009 et 2010. L'IEM de 2020 est la concentration moyenne des années 2018, 2019 et 2020.
- une obligation en matière de concentration relative à l'exposition de 20 µg/m<sup>3</sup> pour l'année 2015. L'IEM pour 2015 est la concentration moyenne des années 2013, 2014 et 2015.

La valeur limite pour le plomb est reproduite au *tableau III.4*. La nouvelle valeur limite annuelle pour le plomb est de  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (soit  $500 \text{ ng}/\text{m}^3$ ) et est donc nettement plus stricte que la moyenne annuelle de  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en vigueur par le passé (directive 82/884/CE).

Dans l'environnement immédiat de sources spécifiques (p.ex. raffinerie de plomb), une valeur limite annuelle de  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  est admise, moyennant notification dûment motivée. La zone dans laquelle la valeur limite supérieure peut être enregistrée, ne peut pas s'étendre au-delà de 1000 mètres à partir de la source spécifique.

Tableau III.4: **VALEUR LIMITE pour le PLOMB (Pb)**

Protection	Période d'intégration	Valeur limite	Date pour le respect de la valeur limite	Marge initiale au 01/01/2001
Santé publique	Année calendrier	$0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	1 <sup>er</sup> janvier 2005	100%

### 3.2 CO et BENZÈNE selon la DIRECTIVE 2008/50/CE (et 2000/69/CE)

Les valeurs limites pour le CO et le benzène sont reproduites dans les *tableaux III.5* et *III.6*.

Tableau III.5: VALEUR LIMITE pour le MONOXYDE de CARBONE (CO)

Protection	Période d'intégration	Valeur limite	Date pour le respect de la valeur limite	Marge initiale 13/12/2000
Santé publique	<i>Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures</i>	10 mg/m <sup>3</sup>	1 <sup>er</sup> janvier 2005	6 mg/m <sup>3</sup>

A partir du 1<sup>er</sup> janvier 2003 la marge de tolérance diminue de 2 mg/m<sup>3</sup> tous les 12 mois

Tableau III.6: VALEUR LIMITE pour le BENZÈNE

Protection	Période d'intégration	Valeur limite	Date pour le respect de la valeur limite	Marge initiale 13/12/2000
Santé publique	Année civile	5 µg/m <sup>3</sup>	1 <sup>er</sup> janvier 2010	5 µg/m <sup>3</sup>

A partir du 1<sup>er</sup> janvier 2006 la marge de tolérance diminue de 1 µg/m<sup>3</sup> tous les 12 mois

**Report de délai** : l'article 22 de la directive 2008/50/CE offre la possibilité de report de délai lorsque les valeurs limites fixées pour le dioxyde d'azote, le benzène ou les PM10 ne peuvent pas être respectées dans les délais prévues par la directive. Pour le NO<sub>2</sub> et le benzène le délai peut être au maximum 5 ans. Pour les PM10 les États membres peuvent être exemptés de l'obligation d'appliquer les valeurs limites jusqu'au 11 juin 2011. Ces délais ne peuvent être appliqués à condition qu'un plan relatif à la qualité de l'air soit établi dans lequel on démontre comment les valeurs limites seront respectées avant la nouvelle échéance. Le dépassement de la valeur limite fixée ne peut pas être supérieur à la marge de dépassement indiquée pour le polluant concerné et le plan doit être accepté par la Commission Européenne.

### 3.3 OZONE selon la DIRECTIVE 2008/50/CE (et 2002/3/CE)

La directive ne donne pas de valeur limite (limit value) pour l’ozone, mais une “*valeur cible*” (target value): un niveau fixé dans le but d’éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l’environnement dans son ensemble, à atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée.

Outre la valeur à atteindre, des valeurs sont également données comme “*objectif à long terme*”: un niveau à atteindre à long terme, sauf lorsque cela n’est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d’assurer une protection efficace de la santé humaine et de l’environnement.

Les valeurs définies sont reproduites dans les *tableaux III.7 et III.8*.

Tableau III.7: **VALEURS CIBLES pour l’ OZONE (O<sub>3</sub>)**

Protection	Valeur d’appréciation	Valeur à atteindre	Nombre de dépassements autorisés	Première année dont les données seront utilisées pour calculer la conformité
Santé publique	Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, (calculée sur base de moyennes glissantes sur 8 heures)	120 µg/m <sup>3</sup>	25 par an en moyenne sur 3 ans	2010
Végétation	AOT40, calculée à partir des valeurs sur 1h de mai à juillet	18.000 µg/m <sup>3</sup> .h (moyenne calculée sur 5 ans)		2010

Tableau III.8: **OBJECTIF à LONG TERME pour l’ OZONE (O<sub>3</sub>)**

Protection	Valeur d’appréciation	Objectif Long terme	Date pour le respect de l’objectif
Santé publique	Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures pendant une année civile, (calculée sur base de moyennes glissantes sur 8 heures)	120 µg/m <sup>3</sup>	non précisé
Végétation	AOT40, calculée à partir de valeurs sur 1h de mai à juillet	6.000 µg/m <sup>3</sup> .h	non précisé

AOT signifie “*Accumulated exposure over a Threshold*”. L’AOT40 est la somme des surplus au-delà du seuil de 40 ppb d’ozone (= 80 µg/m<sup>3</sup> O<sub>3</sub> à 293 K et 1013 hPa). L’AOT40 pour la protection de la végétation est calculé sur la base des concentrations moyennes horaires d’O<sub>3</sub> durant la période du “*1<sup>er</sup> mai au 31 juillet*” (saison de croissance). Le calcul se fait pour les périodes horaires entre “*8 h et 20 h Heure Europe Centrale*” (8 AM à 8 PM CET). La période de 8 à 20 h CET correspond à “*7 à 19 h TU*”.

Cette exposition cumulative au-delà de 40 ppb d’ozone (soit  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) est calculée comme suit : pour la période “1 mai – 31 juillet”, on examine si les valeurs horaires d’ $\text{O}_3$  entre 8 et 20 h CET sont supérieures à  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et on fait la somme de tous les surplus positifs. Le surplus au-delà de  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  est de  $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour une valeur horaire d’ $\text{O}_3$  de  $115 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et de  $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour une valeur horaire d’ $\text{O}_3$  de  $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Le principe du calcul de l’AOT40 est illustré à la figure 3.2, où les surplus positifs au-delà de  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  entre 8 h et 20 h CET sont en foncé.

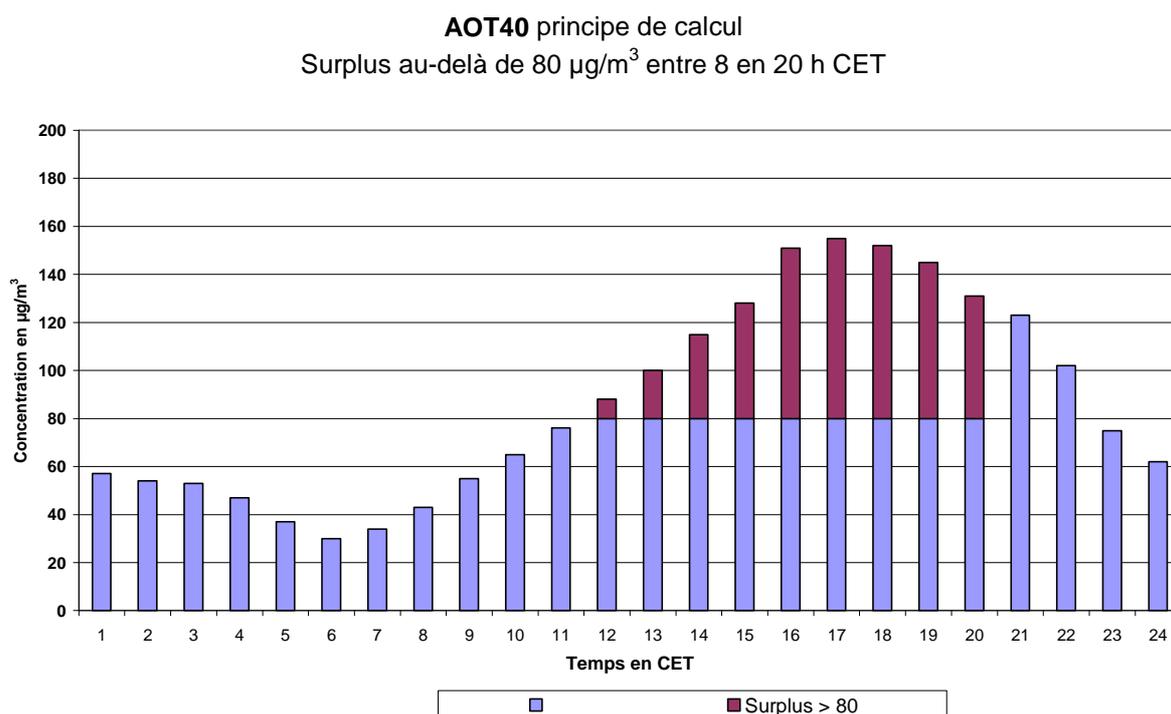


Fig. 3.2: AOT40: Représentation de surplus au-delà de  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  entre 8 et 20 h CET

Pour valider les résultats AOT une disponibilité de 90% des valeurs horaires est requise. L’AOT estimée est alors calculée en corrigeant l’AOT mesurée pour une disponibilité de 100% des valeurs horaires de la période considérée :

$$\text{AOT}_{\text{estimée}} = \text{AOT}_{\text{mesurée}} * (\text{nombre total d'heures} / \text{nombre d'heures mesurées})$$

De plus la directive fixe un “seuil d’information” et un “seuil d’alerte”.

Définition de “*seuil d’information*”: un niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine des groupes particulièrement sensibles de la population et pour lequel des informations immédiates et adéquates sont nécessaires.

“*Seuil d’alerte*”: un niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de l’ensemble la population et à partir duquel les États membres doivent immédiatement prendre des mesures.

Tableau III.9: **SEUIL d' INFORMATION et SEUIL d' ALERTE pour l' OZONE (O<sub>3</sub>)**

Seuil	Période	Valeur seuil
Seuil d'Information	Moyenne sur 1 heure	180 µg/m <sup>3</sup>
Seuil d'Alerte	Moyenne sur 1 heure (*)	240 µg/m <sup>3</sup>

(\*) pour la mise en oeuvre des mesure, le dépassement du seuil doit être mesuré ou prévu pendant trois heures consécutives.

L'article 24 de la directive 2008/50/CE spécifie que pour l'ozone les États membres n'établissent des plans d'action à court terme que dans le cas où ils estiment qu'il existe un potentiel significatif de réduction du risque, de la durée ou de la gravité d'un dépassement.

Information au public: **180 µg/m<sup>3</sup>** comme **valeur moyenne** sur **1 heure**

A partir de ce seuil, il peut y avoir des effets passagers pour la santé d'une part croissante de la population, à savoir les personnes particulièrement sensibles. Lorsque des pics d'ozone supérieurs à la valeur seuil sont prévus, la population est avertie par le biais des messages téléphoniques journaliers de l'action "TRANSPARENCE AIR".

Par ces communiqués, il est déconseillé à la population, et plus précisément aux personnes particulièrement sensibles à cette forme de pollution de l'air (notamment les enfants, les personnes âgées, les personnes souffrant d'affections respiratoires, etc..) de se livrer à des efforts physiques inhabituels en plein air entre 12 et 20 heures. De manière générale, il est recommandé d'éviter tout effort physique prolongé pendant cette partie de la journée.

La *cellule interrégionale de l'environnement* (CELINE) diffuse chaque matin un tableau des concentrations d'O<sub>3</sub> mesurées la veille dans les postes de mesure des trois Régions. Le message et une prévision pour les deux jours à venir peuvent être consultés sur le site web **www.irceline.be**. Ce site donne également accès aux valeurs actuelles pour les polluants SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, PM10, PM2.5 et « Black Carbon », mesurées aux postes de mesure des trois Régions, ainsi qu'à l'historique des dépassements.

L'accès à ces informations est aussi possible au départ du site web de l'IBGE, **www.ibgebim.be**, où figurent également les résultats actuels de la qualité de l'air mesurés en Région de Bruxelles-Capitale.

### 3.4 As, Cd, Hg, Ni et HPA selon la DIRECTIVE 2004/107/CE

La directive établit une valeur cible pour la concentration d'arsenic (As), de cadmium (Cd), de nickel (Ni) et de benzo(a)pyrène dans l'air ambiant, afin d'éviter, prévenir ou réduire les effets nocifs de ces métaux et des hydrocarbures aromatiques polycycliques sur la santé des personnes et sur l'environnement dans son ensemble. Elle concerne les concentrations mesurées dans la fraction PM10 des particules.

Dans la présente directive le benzo(a)pyrène est utilisé comme traceur du risque carcinogène lié aux hydrocarbures aromatiques polycycliques. La directive n'impose pas d'objectifs de qualité à atteindre pour le mercure (Hg) dans l'air, mais bien l'obligation de mesurer la présence de Hg et la mise à disposition du public des résultats de mesures de tous les composés concernés.

Les États membres prennent toutes les mesures nécessaires qui n'entraînent pas de coûts disproportionnés pour veiller à ce que, à partir du 31 décembre 2012, les concentrations ne dépassent pas les niveaux cibles qui figurent au tableau III.10:

Tableau III.10: **VALEURS CIBLES pour l' ARSENIC (As), le NICKEL (Ni), le CADMIUM (Cd) et le BENZO(a)PYRÈNE**  
À partir du 31 décembre 2012

Polluant	Valeur cible
Arsenic	6 ng/m <sup>3</sup>
Cadmium	5 ng/m <sup>3</sup>
Nickel	20 ng/m <sup>3</sup>
Benzo(a)pyrène	1 ng/m <sup>3</sup>

## 3.5 RÉGLEMENTATION PLUS SÉVÈRE

### 3.5.1 Considérations théoriques

Temps d'intégration ou d'exposition: les valeurs limites sont fixées en tenant compte des effets connus sur la santé. Ces derniers peuvent être observés suite à l'exposition à des teneurs déterminées en polluant pendant une période donnée. Pour les effets sur la santé qui apparaissent après une exposition de longue durée (p. ex. un effet cumulatif) les valeurs normatives sont généralement exprimées sous la forme de moyennes calculées sur un long intervalle de temps. Il s'agit souvent dans ce cas d'une moyenne annuelle. Les effets aigus pour la santé sont généralement relatifs à des expositions de courte durée. Les valeurs normatives sont alors des moyennes horaires. Il n'est cependant pas exclu que, pour un même polluant, des normes soient établies pour plusieurs intervalles de temps.

Formulation: les valeurs limites et valeurs guides des anciennes directives de l'UE étaient rédigées sous forme de centiles d'une série de données mesurées pendant une période de référence fixée. Cette formulation "*technico-scientifique*" n'est cependant pas facile à comprendre pour tout un chacun. La nouvelle directive retient le principe des centiles mais sa formulation en rend la compréhension plus aisée. C'est ainsi qu'une valeur limite sera par exemple exprimée sous forme d'une moyenne horaire qui ne pourra être dépassée plus d'un certain nombre de fois pendant la période de référence considérée.

Sévérité des valeurs limites: les valeurs limites fixées par des directives plus récentes sont plus sévères que les anciennes. On peut arriver à une plus grande sévérité de plusieurs manières, soit en diminuant la limite, soit en diminuant le nombre de dépassements autorisés, soit encore en combinant les deux. C'est ainsi par exemple que la nouvelle directive prévoit que la moyenne horaire de  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{NO}_2$  ne peut être dépassée que 18 fois pendant une année calendrier, ce qui équivaut à un centile 99,8 (P99,8) alors que, dans l'ancienne, la même concentration correspondait au centile 98 (P98). Le nombre de dépassements autorisés de la teneur de  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  a donc été notablement diminué (de 176 à 18). Pour le même polluant, la sévérité est en outre renforcée par la fixation d'une valeur limite de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour la moyenne annuelle, comparée à un médiane (P50) de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  antérieurement. Même chose pour le  $\text{SO}_2$ , cas dans lequel la sévérité se marque tant en ce qui concerne les niveaux tolérés que le nombre de dépassements autorisés.

Distribution de fréquences et valeur(s) limite(s): la simplification de la formulation des valeurs limites s'accompagne du risque de voir l'attention se détourner de l'information intrinsèque contenue dans l'entièreté de la population des données mesurées. La formulation scientifique utilisée dans les anciennes directives était de toute évidence basée sur une approche fondamentale de l'information qui pouvait être tirée des données. Dans le cas de la pollution de l'air ambiant, les concentrations sont généralement distribuées selon une "loi lognormale", c.-à-d. que les logarithmes des concentrations, et non les concentrations elles-mêmes, sont distribués selon une « *loi normale* ». Ce type de distribution est caractérisé par deux paramètres statistiques et la logique voudrait donc que deux valeurs normatives soient choisies pour chaque polluant, tout en veillant à leur cohérence mutuelle. Ce dernier ne semble pas être le cas pour les PM10 : les deux valeurs limites ne forment pas un set cohérent pour les distributions actuelles des valeurs de mesures PM10.

L'imposition d'une norme unique relative à un centile élevé sans qu'il y ait de contrepartie pour des valeurs proches de la médiane peut, à première vue, paraître comme étant une démarche sévère, ce qui n'est pas nécessairement le cas. Fixer une valeur normative pour les concentrations proches de la médiane peut en effet l'être plus, car cela se répercute sur les "valeurs de pics" qui s'en trouvent implicitement limitées de même que le niveau moyen d'exposition. Ce dernier constitue un des objectifs principaux de la directive cadre dans le sens où *il convient de conserver l'état de la qualité de l'air là où il s'avère qu'il est déjà bon.*

La fixation de deux valeurs normatives pour un même polluant améliore la solidité statistique de l'approche en ce sens que la distribution complète des valeurs s'en trouve ainsi définie. La réalité du respect d'une valeur limite unique relative à un centile élevé peut être difficile à évaluer car la sensibilité de ce critère à des éléments *purements fortuits* gagne en importance lorsque trop de données de mesure sont manquantes. Supposons à titre d'exemple que 90% des données soient disponibles sur l'ensemble d'une année (ce qui peut être considéré comme étant un bon rendement), cela veut dire que l'on manque des informations relatives à 878 périodes horaires. Or, la norme pour le NO<sub>2</sub> mentionne que l'on ne peut avoir sur l'année plus de 18 valeurs horaires supérieures à 200 µg/m<sup>3</sup>. Cela situe le problème. Il est certain que la validité de cette approche s'améliore plus le nombre de données disponibles est important.

*Exactitude et contrôle du respect de la norme*: deux conditions doivent être remplies si l'on veut calculer la valeur exacte d'un centile donné. Il faut tout d'abord que toutes les données de mesure soient disponibles pour la période considérée, et ensuite que ces données présentent un degré d'exactitude suffisant. L'absence d'une partie des données entachera les valeurs calculées des centiles d'une incertitude d'autant plus grande que le centile considéré sera élevé (elle sera par exemple plus grande pour le centile 98 que pour la médiane) et que le nombre de données manquantes sera important.

Il en résulte que fixer une limite pour un centile moins élevé, par exemple le centile 95 au lieu du centile 99,8 qui correspond aux 18 dépassements tolérés dans le cas du NO<sub>2</sub>, offrirait toutes les garanties quant à la distribution de fréquences préconisée tout en exerçant un rôle protecteur plus affirmé. Tant d'un point de vue théorique qu'à cause d'évidentes raisons pratiques, notamment les pourcentage de données disponibles, le contrôle d'une valeur normative relative à un centile moins élevé s'avère donc être plus pertinent et plus précis.

Un *rendement en données le plus élevé possible* associé à un *degré suffisant d'exactitude des données* sont des *exigences fondamentales* pour une confrontation valable des valeurs mesurées aux normes sévères des nouvelles directives.

### 3.5.2 Conséquences pratiques pour l'exploitation des systèmes de mesure

Assurer un rendement en données élevé ainsi qu'une exactitude suffisante demande des *efforts supplémentaires* : la fiabilité et la stabilité à moyen terme des systèmes de mesure doivent être améliorées et la surveillance (quotidienne) de leur bon état de fonctionnement permanent doit s'intensifier. Le rendement actuel en données est d'environ 90% ou plus alors qu'il se situait entre 70 et 80% au début des années '90.

La directive préconise un rendement d'au moins 90%. L'obtention de rendements plus élevés est donc un objectif primordial pour celui qui exploite les systèmes de mesure afin de fiabiliser la surveillance du respect des normes.

Le degré d'exactitude sur les données individuelles tel que préconisé dans la directive, c.-à-d. 15-25 %, ne pose pas de problème en pratique puisque des critères de qualité plus sévères sont appliqués aux réseaux de la Région de Bruxelles-Capitale pour lesquels on exige mieux que 10 % tout en essayant d'arriver à mieux que 6 %.

La Cellule Interrégionale ou un des instituts des trois régions, avec le support de CELINE, participent régulièrement et avec succès, dans le cadre de la coopération interrégionale, à des exercices internationaux de comparaison organisés par la Commission Européenne ou l'OMS (Bruxelles 1994 - Essen 1994 - Ispra 1995 - UE-lm Région de Bruxelles-Capitale 1996 - Offenbach 1998 - Essen 1999 – Londres 2000 – Paris 2004 – réseaux français 2004-2005 – Langen 2006 – Essen 2007 – réseaux français 2010 – Ispra 2011) .

Dans la directive 2008/50/CE, la Commission Européenne réfère clairement à la nécessité d'assurer la qualité des mesures pour la surveillance, et plus particulièrement l'évaluation de la qualité de l'air ambiant. Des programmes de qualité basés sur la norme ISO/IEC17025 :2005 devraient être élaborés dans ce but. Les réseaux et les laboratoires nationaux de référence devraient à terme satisfaire à ces critères. Il conviendra donc, tant en ce qui concerne le réseau téléométrique de la Région de Bruxelles-Capitale que le banc d'étalonnage interrégional, de développer les procédures existantes de contrôle de la qualité afin qu'elles satisfassent aux exigences européennes. Au plus tard en 2010 les laboratoires nationaux doivent être accrédités conformément à la norme EN/ISO 17025 pour les méthodes de référence.

Les obligations d'une diffusion rapide des données (via Internet) ainsi que celle de l'information à la population en cas de dépassement impliquent que les performances des systèmes de mesure soient optimales. La qualité et la stabilité de l'instrumentation, tant au niveau de la mesure qu'à celui de la transmission des données, les méthodes de travail ainsi que l'implication du personnel dans les procédures de contrôle et de validation doivent garantir une disponibilité optimale des données même entre le vendredi soir et le lundi matin (ce qui représente en fait 38 % de la semaine).

Ces considérations mettent en évidence la nécessité de disposer d'un personnel qualifié et du maintien de « *know-how* ». Depuis 1994 le nombre de postes de mesures a doublé, le nombre d'appareils de mesures triplé et le nombre de données quintuplé. Durant cette période le nombre de personnes chargées des mesures de la qualité de l'air n'a pas évolué.

### 3.6 ANCIENNES DIRECTIVES

Les valeurs limites publiées dans les anciennes directives, qui datent de la période 1980-1992, restaient valables jusqu'à la date de l'entrée en vigueur des nouvelles valeurs limites fixées dans les directives européennes apparues entre 1996 et 2004. Depuis la publication de ces nouvelles directives tous les autres dispositifs (p.ex. valeurs guides, valeurs seuils) ne sont plus d'application. La valeur limite NO<sub>2</sub> fixée par la directive 1985/580/CE était la dernière à rester d'application jusqu'au 1<sup>er</sup> janvier 2010.

#### 3.6.1 DIOXYDE D'AZOTE (1985/580/CE – DIRECTIVE ABROGÉE)

La directive CE 85/580/CE du 20 décembre 1985, transposée dans la législation belge par l'A.R. du 01.07.86, fixe comme **valeur limite** pour le NO<sub>2</sub> :

- la valeur limite pour le **98<sup>ème</sup> centile** des **valeurs moyennes horaires** sur l'**année calendrier** s'élève à **200 µg/m<sup>3</sup>**

La valeur limite se base, avec une certaine marge de sécurité, sur les valeurs guides de l'OMS, soit 400 µg/m<sup>3</sup> comme valeur moyenne horaire. Sous ce seuil, aucun impact irréversible sur la santé n'a été rapporté. La formulation de la valeur limite comme 98<sup>ème</sup> centile permet implicitement que 2% du nombre total de valeurs horaires soient, sur une base annuelle, supérieurs à 200 µg/m<sup>3</sup>.

#### 3.6.2 OZONE (1992/72/CE – DIRECTIVE ABROGÉE)

La directive CE 92/72/CE relative à la pollution de l'air par l'ozone a pour but l'harmonisation de la surveillance de la qualité de l'air, l'échange d'informations entre les États membres et l'information de la population. Les valeurs seuils, données en annexe I de la directive en vigueur, sont proposées dans le but de protéger la santé publique et la végétation. Les valeurs de concentration mentionnées sont liées à une période d'intégration précise (p.ex. une période de 1 heure, 8 ou 24 heures) et sont exprimées en µg/m<sup>3</sup>.

- seuil de protection de la santé publique:

**110 µg/m<sup>3</sup>** comme **valeur moyenne** pour une **période de 8 heures**

Cette valeur seuil est basée sur les recommandations de l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) pour la protection de la santé publique en cas d'épisodes prolongés de pollution. Quatre périodes de 8 heures sont envisagées, à savoir de 0 à 8 h TU, de 8 à 16 h TU, de 16 à 24 h TU et de 12 à 20 h TU. C'est en effet l'après-midi (12-20 h TU) que les concentrations sont les plus fortes.

- seuil de protection de la végétation :

**200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  comme **valeur moyenne** sur **1 heure**

**65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  comme **valeur moyenne** sur **24 heures**

A partir de ces concentrations et de la période d'exposition y afférente, des effets plus ou moins graves peuvent être observés sur certains végétaux.

- seuil d'information de la population :

**180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  comme **valeur moyenne** sur **1 heure** (voir plus haut)

- seuil d'avertissement de la population :

**360  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  comme **valeur moyenne** sur **1 heure**

Au-delà de cette valeur de concentration et pour une période d'exposition relativement courte, les effets sur la santé peuvent être plus fréquents et plus intenses; une légère diminution des capacités physiques peut en outre être constatée.

### 3.6.3 DIOXYDE DE SOUFRE (1980/779/CE – DIRECTIVE ABROGÉE)

La directive CE 80/779/CE du 15 juillet 1980, transposée dans la législation belge par l'A.R. du 16 mars 1983, fixe les valeurs limites et valeurs guides pour le dioxyde de soufre. Les valeurs normatives fixées pour le  $\text{SO}_2$  sont associées aux valeurs pour les particules en suspension, déterminées selon la méthode des "fumées noires". Les mesures sur lesquelles porte la norme, sont des moyennes sur 24 heures. Les périodes considérées sont, d'une part, une période annuelle et, d'autre part, une période hivernale (1<sup>er</sup> octobre – 31 mars).

- valeurs limites annuelles :

Des valeurs limites distinctes sont imposées pour le 50<sup>ème</sup> (P50) et le 98<sup>ème</sup> centile (P98).

**P50 :** **80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  comme **50<sup>ème</sup> centile** (ou médiane) des valeurs journalières en  $\text{SO}_2$  sur l'année, associées à une valeur P50 supérieure à 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les particules en suspension

ou

**120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  comme **50<sup>ème</sup> centile** des valeurs journalières en  $\text{SO}_2$  sur l'année, associées à une valeur P50 inférieure ou égale à 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les particules en suspension

**P98\*** : **250 µg/m<sup>3</sup>** comme **98<sup>ème</sup> centile** des valeurs journalières en SO<sub>2</sub> sur l'année, associées à une valeur P98 supérieure à 150 µg/m<sup>3</sup> pour les particules en suspension

ou

**350 µg/m<sup>3</sup>** comme **98<sup>ème</sup> centile** des valeurs journalières en SO<sub>2</sub> sur l'année, associées à une valeur P98 inférieure ou égale à 150 µg/m<sup>3</sup> pour les particules en suspension

\* cette valeur limite ne peut pas être dépassée plus de trois jours consécutifs

- valeurs limites pour la période hivernale :

- **130 µg/m<sup>3</sup>** comme **50<sup>ème</sup> centile** des valeurs journalières en SO<sub>2</sub> durant l'hiver, associées à une valeur P50 supérieure à 60 µg/m<sup>3</sup> pour les particules en suspension

ou

- **180 µg/m<sup>3</sup>** comme **50<sup>ème</sup> centile** des valeurs journalières en SO<sub>2</sub> durant l'hiver, associées à une valeur P50 inférieure ou égale à 60 µg/m<sup>3</sup> pour les particules en suspension

#### 3.6.4 PARTICULES EN SUSPENSION (1980/779/CE – DIRECTIVE ABROGÉE)

La directive CE précitée (pt. 3.5.3) 80/779/CE fixe aussi les valeurs limites et valeurs guides pour les particules en suspension, mesurées selon la méthode des “fumées noires”.

- valeur limite pour l'année :

- **80 µg/m<sup>3</sup>** comme **50<sup>ème</sup> centile** des valeurs journalières de l'année
- **250 µg/m<sup>3</sup>** comme **98<sup>ème</sup> centile** des valeurs journalières de l'année

- valeur limite pour la période hivernale :

- **130 µg/m<sup>3</sup>** comme **50<sup>ème</sup> centile** des valeurs journalières durant l'hiver

#### 3.6.5 PLOMB (1982/884/CE – DIRECTIVE ABROGÉE)

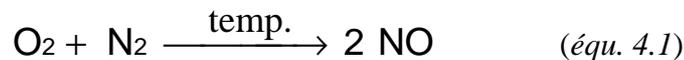
La directive CE 82/884/CE du 3 décembre 1982, transposée dans la législation belge par l'A.R. du 3 août 1984, fixe comme valeur limite pour la teneur en plomb dans l'atmosphère: **2 µg/m<sup>3</sup> comme concentration moyenne annuelle.**

## 4. ÉVALUATION DES RÉSULTATS DE MESURE

### 4.1 Les OXYDES D'AZOTE [NO<sub>x</sub>]

Pour la qualité de l'air en milieu urbain, le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) sont les principales composantes du groupe des oxydes d'azote. Le terme NO<sub>x</sub> représente la somme de ces deux composantes principales : [NO<sub>x</sub>] = [NO] + [NO<sub>2</sub>]. D'autres composés de ce groupe sont présents en faible concentration dans l'air ambiant.

Les oxydes d'azote sont formés par tous les processus de combustion avec adjonction d'air. À haute température au niveau de la flamme, une partie de l'oxygène de l'air réagit avec l'azote de l'air, formant du monoxyde d'azote. Dans la zone de température élevée (> 600 °C), le NO est le composant thermodynamiquement le plus stable. Cette réaction n'a toutefois un rendement important qu'à des températures beaucoup plus élevées (> 1000 °C).

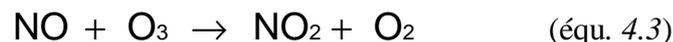


À température plus basse (ainsi qu'à température ambiante), le NO<sub>2</sub> est le composant thermodynamiquement le plus stable. Dans la zone en dehors de la flamme ou à l'endroit d'évacuation des fumées (200 à 400 °C), une partie du NO qui vient de se former est oxydé par l'excédent d'oxygène pour former du NO<sub>2</sub>. Dans cette zone de température, la vitesse de réaction est suffisante pour que, malgré le temps de séjour relativement bref, une certaine quantité de NO<sub>2</sub> soit tout de même formée.



Les processus de combustion émettent des oxydes d'azote en majeure partie sous forme de NO et, dans une moindre mesure, sous forme de NO<sub>2</sub>. Avec des véhicules équipés d'un moteur au diesel, environ 20 à 30 % de la fraction de NO<sub>x</sub> dans les émissions sont présents sous forme de NO<sub>2</sub>, le reste étant du NO. Dans les émissions des voitures à essence, 6 à 10% de la fraction de NO<sub>x</sub> avant le pot catalytique sont du NO<sub>2</sub>. Seuls quelques procédés chimiques très spécifiques donnent lieu à des émissions plus massives sous forme de NO<sub>2</sub> ou d'oxydes d'azote supérieurs.

Dans l'air ambiant, le NO est oxydé en NO<sub>2</sub> selon la réaction ci-dessus (équ. 4.2). A température ambiante, cette réaction est toutefois très lente. La transformation de NO en NO<sub>2</sub> dans l'air ambiant est toutefois assez rapide (environ 1 minute) en présence d'ozone (O<sub>3</sub>).



Dans l'air ambiant, le monoxyde d'azote est transformé spontanément en NO<sub>2</sub> (équ. 4.2 et 4.3), le NO disparaissant progressivement, alors que le NO<sub>2</sub> reste omniprésent. Étant donné que le NO<sub>2</sub> n'est pas bien soluble dans l'eau, il n'est éliminé que dans une faible mesure de l'atmosphère par les précipitations.

Le NO<sub>2</sub> est l'un des principaux 'précurseurs' de la formation d'ozone. Le NO<sub>2</sub> étant omniprésent, il y aura toujours formation d'ozone dès que les conditions météorologiques seront favorables.

La principale source d'oxydes d'azote était et reste toujours la circulation routière. Comme le révèle l'évolution des concentrations pour le NO, le CO et le benzène (voir plus loin), obtenues en des endroits où la circulation est intense, une tendance à la baisse des émissions liées au trafic se dessine déjà depuis le début des années '90. Exprimées en quantités équivalentes (molaires), les concentrations de NO sont encore supérieures aux concentrations de NO<sub>2</sub> mesurées dans ces lieux. Les émissions de NO<sub>x</sub> se font principalement sous forme de NO.

Les fluctuations dans le temps et l'espace de la concentration de NO sont considérablement plus importantes que celles de la concentration de NO<sub>2</sub>. La distribution spatiale du NO<sub>2</sub> est beaucoup plus homogène que celle du NO. Cette différence caractéristique ne se limite pas au seul milieu urbain, elle est valable pour une zone beaucoup plus vaste. Dans les régions où l'air est peu pollué, la moyenne annuelle des concentrations en NO<sub>2</sub> est d'environ 20 à 25 µg/m<sup>3</sup>. Dans les agglomérations, on note environ 30 à 35 µg/m<sup>3</sup> pour un environnement résidentiel et 40 à 60 µg/m<sup>3</sup> dans les endroits à grande circulation. Les fluctuations de NO dans le temps et l'espace couvrent une plage de concentrations beaucoup plus vaste (facteur 10 ou plus).

Contrairement à la concentration de NO, qui est une conséquence directe des émissions de NO, la concentration de NO<sub>2</sub> dépend de plusieurs éléments :

- une concentration ambiante omniprésente due à la lente transformation du NO en NO<sub>2</sub> avec l'oxygène de l'air,
- des émissions directes de NO<sub>2</sub>,
- une oxydation du NO en NO<sub>2</sub> en présence d'ozone.

L'excédent de NO<sub>2</sub> dans les villes et les zones à forte circulation est dû principalement à ces deux derniers phénomènes.

Les concentrations d'oxydes d'azote en Région de Bruxelles-Capitale sont mesurées en permanence dans les 11 postes du réseau téléométrique :

- Molenbeek (41R001) depuis 1981
- Uccle-IRM (41R012) depuis 1981
- Ixelles-Avenue de la Couronne (41R002) depuis 1986
- Carrefour Arts-Loi (41B003) depuis 1993
- Berchem-Ste-Agathe (41B011) depuis 1993
- Woluwé-St-Lambert (41WOL1) depuis 1994
- L'Avant Port à Haren (41N043) depuis janvier 1998
- Parc Meudon (41MEU1) depuis octobre 1999
- Ste-Catherine (41B004) depuis décembre 2000
- Parlement Européen (41B006) depuis septembre 2001
- Eastman-Belliard (41B005) depuis octobre 2001

Les résultats du poste de mesure d'Electrabel (47E013), situé à Forest (depuis janvier 1996), sont également repris dans le présent rapport.

#### **4.1.1 DIOXYDE D'AZOTE (NO<sub>2</sub>)**

##### **4.1.1.1 Réglementation NO<sub>2</sub>**

La directive 2008/50/CE du 21 mai 2008 impose pour le NO<sub>2</sub> deux **valeurs limites**. Ces valeurs devront être respectées à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2010 :

- **200 µg/m<sup>3</sup>** comme **valeur horaire**; ne peut être dépassée plus de **18 fois** par an
- **40 µg/m<sup>3</sup>** comme **valeur moyenne annuelle**

La directive 85/203/CE du 7 mars 1985, modifiée par la directive 85/580/CE du 20 décembre 1985 prévoyait comme **valeur limite**:

- une **valeur limite de 200 µg/m<sup>3</sup>** comme **98<sup>ème</sup> centile** des valeurs horaires sur l'année (cette valeur limite restait d'application jusqu'au 1<sup>er</sup> janvier 2010).

##### **4.1.1.2 Valeur limite NO<sub>2</sub> selon l'ancienne directive – P98 < 200 µg/m<sup>3</sup>**

Le tableau IV.1 donne un aperçu de l'évolution des niveaux P98 (98<sup>ème</sup> centile) des valeurs horaires en NO<sub>2</sub>. Cette valeur ne pouvait dépasser 200 µg/m<sup>3</sup> jusqu'au 1<sup>er</sup> janvier 2010.

Tableau IV.1: **P98 des VALEURS HORAIRES en NO<sub>2</sub> [µg/m<sup>3</sup>]**  
Période : 1 JANVIER – 31 DECEMBRE

P98	R001	R002	B003	B004	B005	B006	B011	R012	N043	MEU1	WOL1	E013
1994	95	102	148				94	83			95	
1995	109	113	161				85	86			104	
1996	102	118	135				91	81			92	81
1997	110	110	138				96	87			101	91
1998	86	94	142				76	73	92		91	78
1999	94	91	137				81	75	102	--	94	82
2000	83	95	126	--			77	74	89	78	90	74
2001	92	--	137	95	--	--	82	71	99	88	--	--
2002	94	98	--	99	89	83	77	65	100	84	92	87
2003	114	125	171	106	94	91	96	75	108	99	108	96
2004	100	107	167	91	86	81	77	70	94	89	91	75
2005	99	114	184	92	84	83	77	69	94	80	96	79
2006	103	111	208	--	89	88	77	77	102	80	105	76
2007	102	114	196	--	97	89	82	80	113	86	106	71
2008	107	113	208	89	89	89	82	78	111	92	103	--
2009	98	111	--	95	95	92	85	81	112	90	99	--
2010	92	107	--	89	86	80	77	73	103	85	90	76
2011	104	110	--	95	87	82	85	74	109	--	84	78

-- : moins de 50% de données sur base annuelle – (re)mise en service

La valeur limite de la directive 85/580/CE a été respectée partout. Aucun poste de mesure n'a eu un 98<sup>ème</sup> centile des valeurs horaires supérieur à 200 µg/m<sup>3</sup>.

#### 4.1.1.3 Valeur limite - concentration horaire en NO<sub>2</sub> – directive 2008/50/CE

Le tableau IV.2.a donne le nombre de *périodes horaires* où la concentration est *supérieure à 200 µg/m<sup>3</sup>*. Suivant la directive 2008/50/CE, il n'y aura plus, en 2010, que **18** dépassements autorisés. À l'exception du poste de mesure Arts-Loi (B003), il n'y a aucun poste de mesure avec plus de 18 valeurs horaires supérieures à 200 µg/m<sup>3</sup>.

Tableau IV.2: **NOMBRE de VALEURS HORAIREs NO<sub>2</sub> supérieures à 200 µg/m<sup>3</sup>**  
Période ANNUELLE : JANVIER - DÉCEMBRE

	R001	R002	B003	B004	B005	B006	B011	R012	N043	MEU1	WOL1	E013
1981	25							(17)				
1982	6							2				
1983	5							1				
1984	13							1				
1985	15							4				
1986	7	(3)						0				
1987	10	15						2				
1988	2	36						0				
1989	19	16						7				
1990	10	1						0				
1991	0	0						2				
1992	0	1						0				
1993	2	0	51				2	2				
1994	0	0	15				0	0			4	
1995	0	4	7				0	0			2	
1996	0	1	1				0	0			1	0
1997	1	0	7				0	0			0	0
1998	0	0	9				0	0	0		0	0
1999	0	0	3				0	0	0	(0)	0	0
2000	0	0	2	(0)			0	0	0	0	0	0
2001	2	(0)	8	4	(0)	(0)	0	0	0	0	(0)	(0)
2002	0	0	(0)	1	0	0	0	0	1	0	0	0
2003	2	4	37	0	0	0	0	0	1	1	0	0
2004	1	0	24	0	0	0	0	0	2	1	0	0
2005	0	0	90	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	1	216	(0)	0	0	0	0	0	0	2	0
2007	1	8	135	--	3	0	1	0	1	1	7	0
2008	4	4	142	0	1	1	0	0	6	0	2	--
2009	0	0	--	0	0	0	0	0	1	0	0	--
2010	0	1	--	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2011	1	0	--	0	0	0	0	0	3	--	0	0

( ) : série incomplète de données – (re)mise en service

-- pas en service ou moins de 50% de données sur base annuelle – (re)mise en service

B003 – Poste de mesure situé dans le carrefour  
Pas d'évaluation des données en fonction des normes

## **Remarques :**

### **Poste de mesure Arts-Loi:**

La situation de ce poste de mesure, dans le carrefour "Arts-Loi", fait que conformément aux spécifications des directives CE, les données ne sont pas prises en compte pour l'évaluation des objectifs en matière de qualité de l'air (selon les directives un poste de mesure doit être situé à au moins 25 m des carrefours).

Il faut signaler que le choix de l'emplacement du poste de mesure Arts-Loi, effectué en 1992, soit sept ans avant l'adoption de la directive 1999/30/CE, avait pour objectif l'étude de la pollution de l'air par le trafic. Les résultats de ce poste de mesure fournissent des informations très intéressantes à ce sujet mais *ne peuvent pas être interprétées* comme une indication de la *qualité de l'air générale* ou *moyenne* dans la Région de Bruxelles-Capitale.

L'objectif était de mieux percevoir, grâce à l'évolution des concentrations à moyen terme, l'influence de la circulation sur la qualité de l'air et l'incidence favorable éventuelle des mesures de limitation des émissions. La qualité de l'air au carrefour est directement influencée par les rejets de la circulation locale.

Depuis le réaménagement du carrefour en 2003, la prise d'air de ce poste de mesure se trouve encore plus proche de la circulation. Un nombre croissant de valeurs élevées en est la conséquence. Des valeurs élevées en NO<sub>2</sub> se manifestent également fréquemment en période estivale, simultanément avec des valeurs élevées en ozone sur d'autres postes de mesure. Une partie du NO provenant du trafic y est oxydé en NO<sub>2</sub> par l'ozone.

Suite aux travaux d'aménagement au complexe « Arts- Loi » le poste B003 a du être mis à l'arrêt depuis 2009. Le but est de réinstaller le poste après la fin des travaux.

### **Poste de Mesure d'Ixelles :**

Le poste de mesure d'Ixelles est situé Avenue de la Couronne, avec un bâti continu des deux côtés de la route (canyon street). Les concentrations y sont mesurées depuis 1986, suite à une demande du groupe de travail CE, chargé du suivi de l'ancienne directive NO<sub>2</sub> (1985). Il a été demandé aux États Membres d'installer au moins un poste de mesure dans une « canyon street ». Le poste de mesure de l'Avenue de la Couronne est le seul du pays situé dans un environnement plus ou moins confiné et à une telle proximité du trafic.

**Marge de Dépassement – valeur horaire NO<sub>2</sub>** : Pour la première année d’application (2000) une marge de dépassement de 50% pourrait être appliquée. Cette marge diminuait linéairement d’année en année et devrait atteindre 0% au 1<sup>er</sup> janvier 2010. En 2000, il ne pouvait donc y avoir plus de 18 valeurs horaires supérieures à 300 µg/m<sup>3</sup> (200 µg/m<sup>3</sup> + 50%). Pour les années 2001 et 2002, le niveau se situait respectivement à 290 et 280 µg/m<sup>3</sup>. Pour les années 2008, 2009 et 2010, il ne pouvait y avoir plus de 18 dépassements des seuils suivants : 220, 210 et 200 µg/m<sup>3</sup>.

En 2009 il n’y a pas eu de dépassements. En 2010 et 2011, il a eu quelques dépassements dans les postes de mesure à Molenbeek, Ixelles et l’Avant Port.

Tableau IV.3: **NOMBRE de VALEURS HORAIREs en NO<sub>2</sub> supérieures à la VALEUR LIMITE + MARGE de DÉPASSEMENT**  
Période ANNUELLE : JANVIER – DÉCEMBRE

	Valeur Limite + Marge de dépassement	R001	R002	B003	B004	B005	B006	B011	R012	N043	MEU1	WOL1	E013
2000	300	0	0	0	(0)			0	0	0	0	0	0
2001	290	0	0	0	0	(0)	(0)	0	0	0	0	(0)	(0)
2002	280	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	270	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	260	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	250	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	240	0	0	63	(0)	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	230	1	4	40	--	0	0	0	0	0	0	1	0
2008	220	1	2	60	0	1	1	0	0	5	0	2	--
2009	210	0	0	--	0	0	0	0	0	0	0	0	--
2010	200	0	1	--	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2011	200	1	0	--	0	0	0	0	0	3	--	0	0

( ) : série incomplète de données – (re)mise en service  
-- pas en service (moins de 50% de données)

B003 – Poste de mesure situé dans le carrefour  
Pas d’évaluation des données en fonction des normes

Le tableau IV.4 donne le nombre de jours où il y eu des périodes horaires avec une concentration de NO<sub>2</sub> supérieure à 200 µg/m<sup>3</sup>. Le nombre global de jours de dépassements pour la Région, c.-à.-d. le nombre de jours où il y a dépassement dans un seul poste ou dans plusieurs postes de mesure, a été fixé sans tenir compte des dépassements du poste de mesure Arts-Loi (voir remarque plus haut).

Tableau IV.4: **NOMBRE de JOURS de DÉPASSEMENT du seuil de 200 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub> en tant que VALEUR HORAIRE**

Période ANNUELLE : JANVIER – DÉCEMBRE

Dépassements par Poste de Mesure et globalement en Région de Bruxelles-Capitale (RBC)

	R001	R002	B004	B005	B006	B011	R012	N043	MEU1	WOL1	E013	RBC
1981	9						(5)					12
1982	3						1					4
1983	2						1					3
1984	5						1					6
1985	7						3					10
1986	3	(3)					0					5
1987	5	4					2					6
1988	2	10					0					11
1989	7	6					2					10
1990	6	1					0					7
1991	0	0					2					2
1992	0	1					0					1
1993	1	0				1	1					1
1994	0	0				0	0			2		2
1995	0	1				0	0			1		1
1996	0	1				0	0			1	0	2
1997	1	0				0	0			0	0	1
1998	0	0				0	0	0		0	0	0
1999	0	0				0	0	0	(0)	0	0	0
2000	0	0	(0)			0	0	0	0	0	0	0
2001	1	(0)	1	(0)	(0)	0	0	0	0	(0)	(0)	1
2002	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	2
2003	1	3	0	0	0	0	0	1	1	0	0	5
2004	1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	3
2005	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2006	0	1	(0)	0	0	0	0	0	0	1	0	2
2007	1	3	--	1	0	1	0	1	1	2	0	5
2008	2	2	0	1	1	0	0	3	0	2	--	5
2009	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	--	1
2010	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
2011	1	0	0	0	0	0	0	2	--	0	0	2

() : série incomplète de données – (re)mise en service  
 -- : pas en service (moins de 50% de données)

#### 4.1.1.4 Valeur limite concentration moyenne annuelle en NO<sub>2</sub> – directive 2008/50/CE

Le tableau IV.5 donne l'évolution de la concentration moyenne annuelle en NO<sub>2</sub> dans les différents postes de mesure de la Région de Bruxelles-Capitale. La concentration moyenne annuelle est calculée à partir des valeurs semi horaires disponibles. La valeur limite de 40 µg/m<sup>3</sup> à respecter à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2010 (1999/30/CE), est dépassée en plusieurs endroits. Le seuil est respecté aux points de mesure qui ne subissent pas une influence directe du trafic : Parlement Européen (B006), Berchem-Ste-Agathe (B011), Uccle (R012), le parc Meudon (MEU1) et Forest (E013).

Tableau IV.5: **CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE en NO<sub>2</sub> [µg/m<sup>3</sup>]**

Période ANNUELLE : JANVIER – DÉCEMBRE

Valeurs à comparer à 40 µg/m<sup>3</sup> – à respecter à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2010

	R001	R002	B003	B004	B005	B006	B011	R012	N043	MEU1	WOL1	E013
1981	61							(49)				
1982	64							(40)				
1983	64							42				
1984	60							56				
1985	60							49				
1986	52	(57)						45				
1987	60	59						44				
1988	55	57						37				
1989	64	60						44				
1990	54	59						40				
1991	49	61						50				
1992	41	54						38				
1993	35	45	76				41	34				
1994	43	50	68				38	35			44	
1995	49	58	73				35	37			48	
1996	48	56	69				38	37			47	38
1997	47	51	70				37	35			47	41
1998	39	50	73				29	28	43		45	34
1999	43	49	74				28	30	48	(43)	46	35
2000	38	53	69	(50)			30	27	47	36	43	33
2001	40	(60)	73	45	(51)	(47)	33	30	50	38	(50)	(27)
2002	43	(54)	(72)	46	41	36	30	26	48	35	44	35
2003	48	61	85	47	42	40	36	28	47	40	49	38
2004	44	56	87	42	41	37	31	28	45	37	42	31
2005	47	58	93	42	40	38	32	27	46	32	44	33
2006	47	54	98	--	39	37	29	30	45	31	46	31
2007	46	54	97	--	42	40	30	29	45	31	46	29
2008	44	53	101	41	36	38	28	26	46	35	41	--
2009	43	51	--	42	38	38	28	28	47	34	39	--
2010	<b>43</b>	<b>54</b>	--	<b>43</b>	<b>41</b>	37	30	28	<b>44</b>	(35)	39	32
2011	<b>41</b>	<b>50</b>	--	40	39	33	27	26	<b>44</b>	--	37	31

B003 – Poste de mesure situé dans le carrefour  
Pas d'évaluation des données en fonction des normes

Étant donné la stagnation des concentrations de NO<sub>2</sub> au fil des ans, la transformation spontanée du NO en NO<sub>2</sub> et une élimination plutôt difficile du NO<sub>2</sub> de l'atmosphère, une baisse significative de la concentration de NO<sub>2</sub> n'est pas prévue dans l'immédiat. Il en ressort qu'il n'était pas possible de respecter ce seuil strict pour l'an 2010 aux endroits à grande circulation, situés dans des agglomérations et des zones urbanisées.

**Marge de Dépassement – moyenne annuelle NO<sub>2</sub>** : Entre 2000 et 2010 une marge de tolérance pouvait être appliquée sur la valeur limite. Pour la première année d'application (2000) une marge de tolérance de 50% pouvait être appliquée. Cette marge diminuait linéairement d'année en année et devrait atteindre 0% au 1<sup>er</sup> janvier 2010. La concentration moyenne annuelle en NO<sub>2</sub> ne pouvait donc pas dépasser 60 µg/m<sup>3</sup> en 2000 (40 µg/m<sup>3</sup> + 50%), 58 µg/m<sup>3</sup> en 2001 et 56 µg/m<sup>3</sup> en 2002. La concentration moyenne annuelle ne pouvait pas dépasser 44 µg/m<sup>3</sup> en 2008, 42 µg/m<sup>3</sup> en 2009 et 40 µg/m<sup>3</sup> en 2010 et les années suivantes.

La valeur limite de 40 µg/m<sup>3</sup> en tant que concentration moyenne annuelle n'est pas encore respectée dans les postes R002 (Ixelles), R001 (Molenbeek) et N043 (Avant Port). Le respect de la valeur limite ne peut pas encore être garanti dans plusieurs postes de mesure de la Région, comme p.ex. à B004 (Ste-Catherine), B005 (Eastman Belliard), WOL1 (Woluwe-St-Lambert) et B006 (Parlement Européen). La valeur limite est bien respectée dans les postes qui sont moins directement influencés par le trafic routier : R012 (Uccle), B011 (Berchem-Ste-Agathe), MEU1 (Parc Meudon) et E013 (Forest).

Tableau IV.6: **MOYENNE ANNUELLE NO<sub>2</sub> et MARGE de DÉPASSEMENT**  
Période ANNUELLE : JANVIER – DÉCEMBRE – concentrations en µg/m<sup>3</sup>

	Valeur Limite + Marge de dépassement	R001	R002	B004	B005	B006	B011	R012	N043	MEU1	WOL1	E013
2000	60	38	53	(50)			30	27	47	36	43	33
2001	58	40	(60)	45	(51)	(47)	33	30	50	38	(50)	(27)
2002	56	43	(54)	46	41	36	30	26	48	35	44	35
2003	54	48	61	47	42	40	36	28	47	40	49	38
2004	52	44	56	42	41	37	31	28	45	37	42	31
2005	50	47	58	42	40	38	32	27	46	32	44	33
2006	48	47	54	--	39	37	29	30	45	31	46	31
2007	46	46	54	--	42	40	30	29	45	31	46	29
2008	44	44	53	41	36	38	28	26	46	35	41	--
2009	42	43	51	42	38	38	28	28	47	34	39	--
2010	40	43	54	43	41	37	30	28	44	(35)	39	32
2011	40	41	50	40	39	33	27	26	44	--	37	31

() : série de données incomplète – (re)mise en service  
-- pas en service (moins de 50% de données)

Au tableau IV.7 sont données, par année calendrier, les concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> des *samedis* et des *dimanches*. Les moyennes sont calculées sur base des valeurs semi horaires disponibles.

Le graphique de la figure 4.1 représente, pour certains postes de mesure, l'évolution de la concentration moyenne annuelle (*tous les jours*). L'évolution de la concentration moyenne les samedis et les dimanches est représentée à la figure 4.2 et 4.3. Le niveau de 40 µg/m<sup>3</sup>, l'objectif relatif à la concentration moyenne annuelle en NO<sub>2</sub> à respecter à partir de 2010, est indiqué par une ligne horizontale qui traverse les graphiques.

Tableau IV.7: **CONCENTRATION MOYENNE en NO<sub>2</sub> [µg/m<sup>3</sup>]**  
**les SAMEDIS et les DIMANCHES**  
Période ANNUELLE : JANVIER – DÉCEMBRE  
Moyennes calculées à partir des VALEURS SEMI HORAIRES

Samedis	R001	R002	B004	B005	B006	B011	R012	N043	MEU1	WOL1	E013
2000	37	51	(64)			28	24	40	33	41	32
2001	37	(55)	42	(48)	(45)	29	28	42	34	(46)	(24)
2002	39	50	42	36	32	27	24	39	30	40	34
2003	39	53	41	33	32	29	23	36	30	41	32
2004	39	52	39	37	33	28	25	37	31	37	29
2005	42	53	39	35	32	27	23	36	26	37	30
2006	44	48	--	35	33	26	28	36	26	41	29
2007	43	50	--	38	34	27	26	37	27	40	26
2008	38	48	37	29	30	22	21	35	27	33	--
2009	39	47	40	34	33	25	25	39	29	35	--
2010	38	48	39	33	30	24	22	34	(28)	33	27
2011	39	46	37	34	29	25	23	37	--	33	29

Dimanches	R001	R002	B004	B005	B006	B011	R012	N043	MEU1	WOL1	E013
2000	30	45	(50)			23	22	33	28	36	26
2001	29	(52)	34	(45)	(40)	24	25	35	29	(42)	(21)
2002	31	42	34	29	25	22	19	33	25	33	27
2003	36	50	36	30	30	26	21	33	29	36	29
2004	30	43	32	31	28	23	22	30	26	32	24
2005	36	47	33	31	28	24	20	31	22	33	26
2006	36	42	--	29	27	21	24	29	22	33	24
2007	36	43	--	32	28	23	22	30	24	34	23
2008	32	41	32	26	27	20	19	30	24	29	--
2009	32	37	32	28	28	19	20	30	23	28	--
2010	33	42	34	31	28	21	21	28	(24)	31	26
2011	32	39	31	30	24	20	20	30	--	28	24

() : série incomplète de données – (re)mise en service  
-- pas en service (moins de 50%de données)

**NO<sub>2</sub> - CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE  
TOUS LES JOURS (1990-2011)**

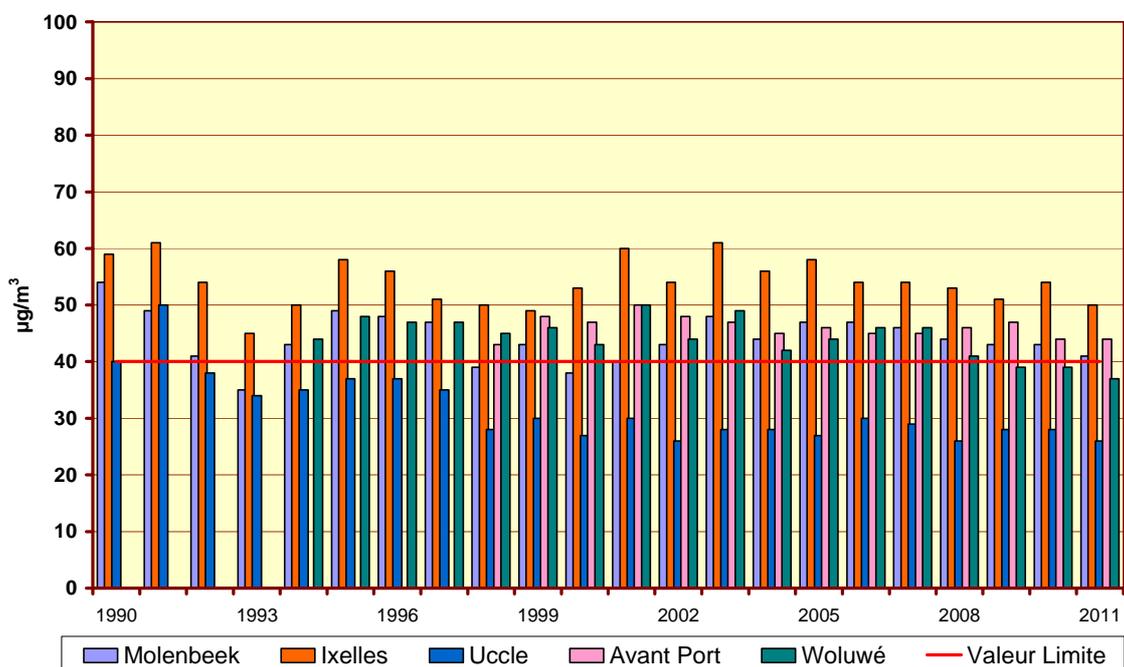


Fig. 4.1 : NO<sub>2</sub> - Évolution concentration moyenne annuelle (*tous les jours*) – Période 1990-2011

**NO<sub>2</sub> - CONCENTRATION MOYENNE les SAMEDIS  
(1990-2011)**

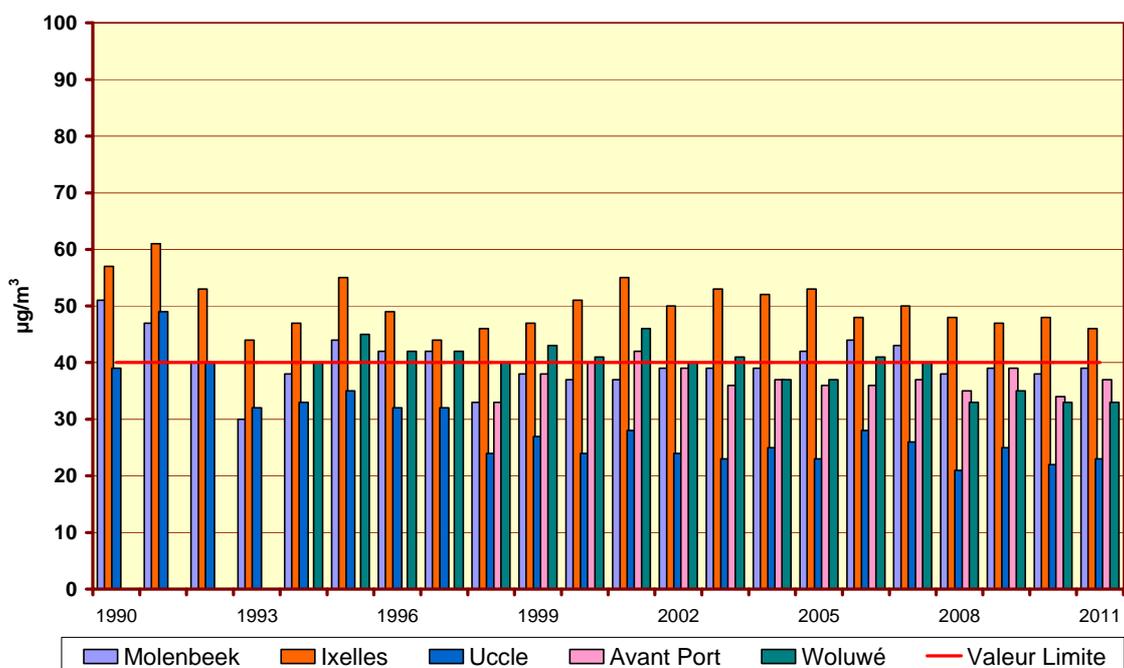


Fig. 4.2 : NO<sub>2</sub> - Évolution de la concentration moyenne les 'Samedis' – Période 1990-2011

## NO<sub>2</sub> - CONCENTRATION MOYENNE les DIMANCHES (1990-2011)

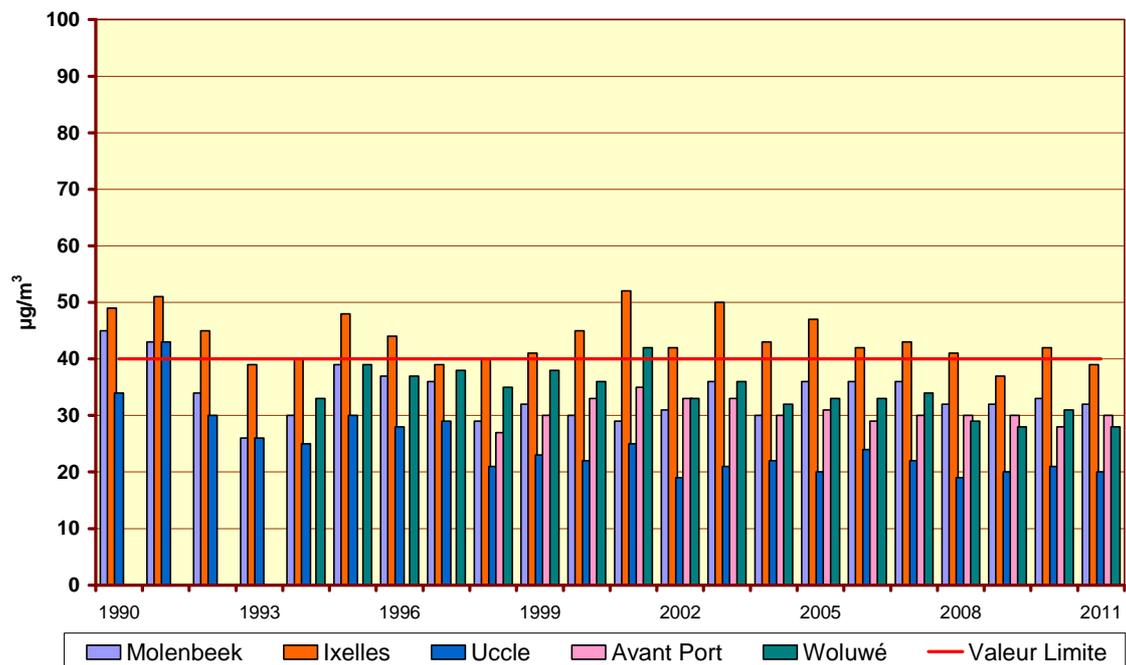


Fig. 4.3 : NO<sub>2</sub> –Évolution de la concentration moyenne les 'Dimanches' – Période 1990-2011

Malgré une forte réduction des activités émettrices (moins de trafic), la concentration moyenne en NO<sub>2</sub> le samedi se situe encore aux environs de 40 µg/m<sup>3</sup> dans certains postes de mesure. Dans le poste de mesure d'Ixelles (canyon street) elle reste même largement supérieure à cet objectif. Cet objectif pourrait être respecté presque partout si les activités émettrices étaient limitées toute l'année au niveau de celles d'un dimanche moyen. Ixelles resterait le seul endroit où la limite de 40 µg/m<sup>3</sup> serait encore dépassée.

Une forte diminution des émissions NO<sub>x</sub> doit donc encore être réalisée avant de pouvoir respecter partout la valeur limite imposée pour la concentration moyenne annuelle.

#### 4.1.1.5 Évolution à long terme des concentrations de NO<sub>2</sub>

La figure 4.4 reproduit l'évolution dans le temps de la pollution par le NO<sub>2</sub>, au moyen de la présentation graphique de la distribution de fréquences cumulées. Le graphique supérieur donne les résultats du poste de mesure d'Ixelles-Avenue de la Couronne (41R002) pour la période couvrant les années civiles 1987 à 2011. Le graphique inférieur présente les résultats du poste de l'Avant Port pour la période 1998 à 2011.

Les graphiques reproduisent plusieurs centiles, à savoir P10, P30, P70, P90, P95 et P98, ainsi que la moyenne arithmétique [AM]. Les résultats sont calculés sur base de valeurs moyennes horaires. Il n'y a pas de tendance manifeste à observer dans l'évolution des concentrations de NO<sub>2</sub> au fil des ans. Les résultats pour le NO<sub>2</sub> à Ixelles indiquent un statu quo pendant quasi toute la période. En comparaison avec le début des années '80, le niveau des centiles les plus élevés a baissé. Ces dernières années, la concentration moyenne annuelle à Ixelles semble légèrement en hausse. Les résultats de poste de l'Avant Port indiquent également un statu quo de la concentration moyenne.

Dans la figure 4.5, le graphique supérieur reproduit l'évolution dans le temps (1981-2011) pour le poste de mesure 41R001. Le graphique repris en-dessous présente l'évolution pour le poste d'Uccle (41R012). Entre 1981 et 2002 il semble y avoir une légère tendance à la baisse de la concentration moyenne en NO<sub>2</sub>. Le niveau moyen se stabilise ensuite (R012) ou semble être légèrement en hausse (R001).

La figure 4.6 donne une comparaison entre les niveaux des différents postes de mesure. Le graphique au-dessus représente les résultats de la période hivernale « *octobre 2010 – mars 2011* ». tandis que le graphique en-dessous représente ceux de la période estivale « *avril – septembre 2011* ». L'ordre des niveaux constatés dans les différents postes (R002, R001, N043, B004, B005, WOL1 et B006), donne une indication de la proximité du trafic. Les niveaux les plus faibles sont constatés dans les postes de mesure situés en zone résidentielle, mieux protégés de l'influence du trafic (B011 et R012).

Un historique détaillé, avec les résultats calculés de la distribution de fréquences cumulées pour des périodes annuelles (tous les ans), des périodes estivales (*avril – septembre*) et hivernales (*octobre – mars*), figurent aux annexes B, C et D. Une information supplémentaire, notamment pour les *jours ouvrables*, les *jours non ouvrables*, les *samedis* et les *dimanches* est également disponible.

La figure 4.7 fournit une image de la distribution spatiale des concentrations en NO<sub>2</sub>. Les roses de pollution sont dessinées avec, en fond, la carte de la Région. La carte supérieure donne la situation pour la période estivale '*avril – septembre 2011*' et la carte inférieure concerne la période hivernale '*octobre 2010 – mars 2011*'. En moyenne, les concentrations sont plus élevées dans le centre de la Région, mais les différences entre les postes entre eux sont moins marquées que dans le cas du NO (voir plus loin). On n'observe pas de différence manifeste au niveau de la situation moyenne entre la période estivale et la période hivernale.

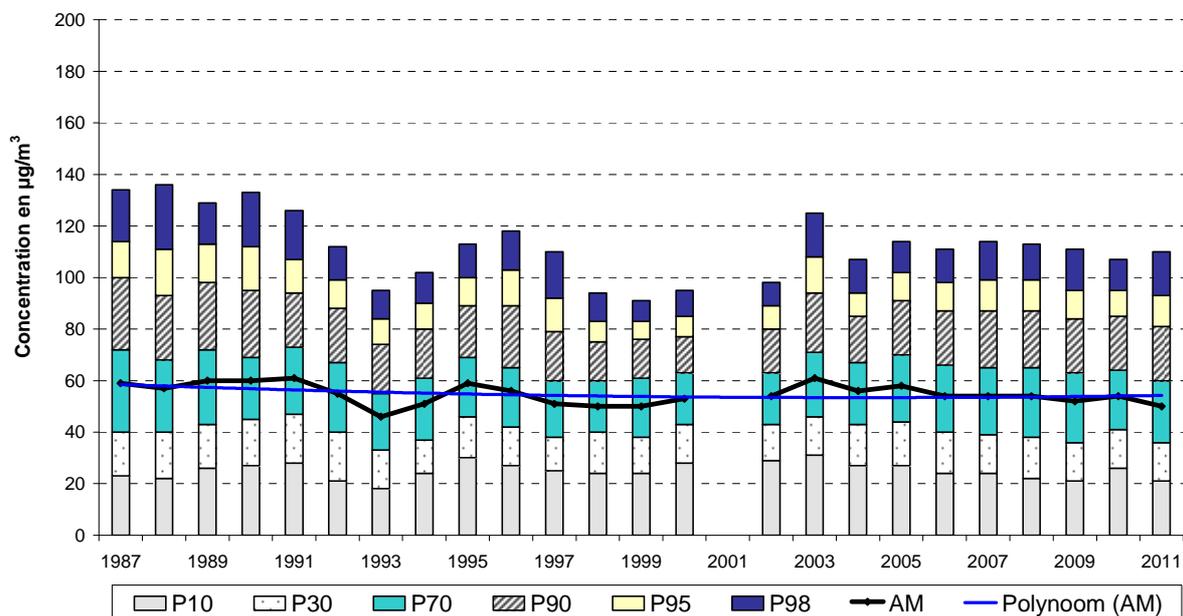
À la plupart des postes de mesure, la concentration de NO<sub>2</sub> est en moyenne légèrement plus élevée en hiver qu'en été. Aux postes de mesure, davantage soumis à la circulation (p. ex. R002), la concentration de NO<sub>2</sub> est parfois supérieure l'été. La proximité de la circulation fait qu'il y a beaucoup d'émissions de NO qui, en présence d'ozone, s'oxyde assez rapidement en NO<sub>2</sub>. En période estivale, on observe ainsi localement des pics plus importants de NO<sub>2</sub> l'après-midi.

La figure 4.8 reproduit graphiquement l'évolution hebdomadaire moyenne pour le poste de mesure d'Ixelles. Le graphique au-dessus est relatif à la période hivernale et celui du dessous à la période estivale. Les graphiques donnent, par période horaire, l'évolution de la concentration moyenne (AVG), de la médiane (P50) et des centiles P10 et P90. Ces deux dernières valeurs délimitent approximativement la zone dans laquelle la concentration varie de jour en jour.

La figure 4.9 donne l'évolution journalière moyenne du NO<sub>2</sub> pour le poste de mesure R002. Les résultats du graphique au-dessus concernent la période hivernale 'octobre 2010 – mars 2011' et ceux du-dessous la période estivale 'avril – septembre 2011'. À cet égard, une distinction est opérée entre les jours ouvrables, les samedis et les dimanches. En moyenne, la concentration en NO<sub>2</sub> est plus élevée les jours ouvrables que les jours non ouvrables.

La figure 4.10 donne une comparaison entre les niveaux observés en 1989 et 2011. Pour ces deux périodes, l'évolution moyenne journalière d'un 'dimanche moyen' et d'un 'jour ouvrable moyen' est représentée. Le graphique au-dessus se réfère aux périodes hivernales 'octobre 2010 – mars 2011' et 'octobre 1988 – mars 1989'. Le graphique en-dessous se réfère aux périodes estivales 2011 (avril – septembre) et 1989. Contrairement à d'autres polluants tels que NO et CO, il n'y a pas de différence notable à constater entre les niveaux observés en 1989 et 2011.

**NO<sub>2</sub> à IXELLES (R002) - EVOLUTION dans le TEMPS**  
**DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES**  
 Période "JANVIER - DECEMBRE"



**NO<sub>2</sub> à L'AVANT PORT (N043) - EVOLUTION dans le TEMPS**  
**DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES**  
 Période "JANVIER - DECEMBRE"

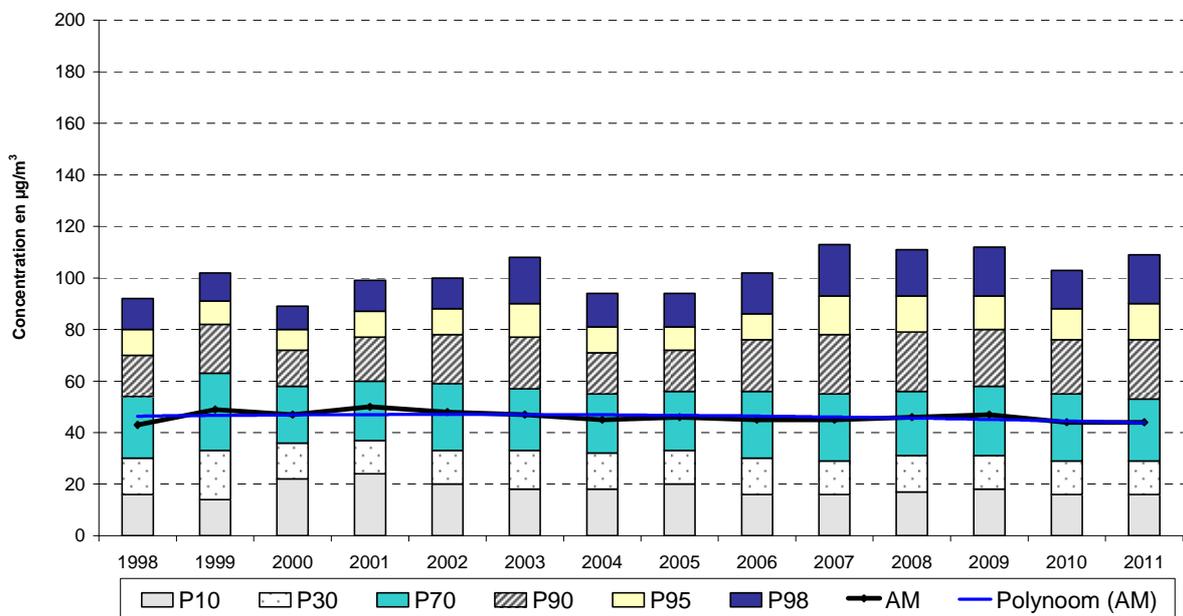
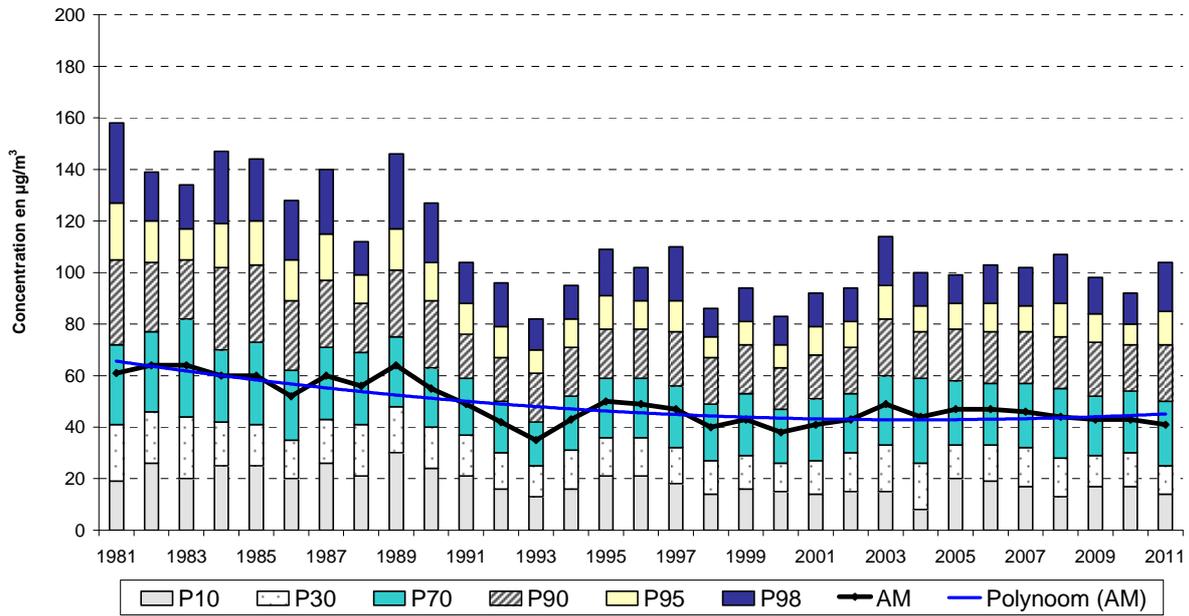


Fig. 4.4: Évolution des concentrations en NO<sub>2</sub> à Ixelles-Av. de la Couronne (R002) pour la période 1987-2011 et à l'Avant Port pour la période 1998-2011

**NO<sub>2</sub> à MOLENBEEK (R001) - EVOLUTION dans le TEMPS**  
**DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES**  
 Période "JANVIER - DECEMBRE"



**NO<sub>2</sub> à UCCLE (R012) - EVOLUTION dans le TEMPS**  
**DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES**  
 Période "JANVIER - DECEMBRE"

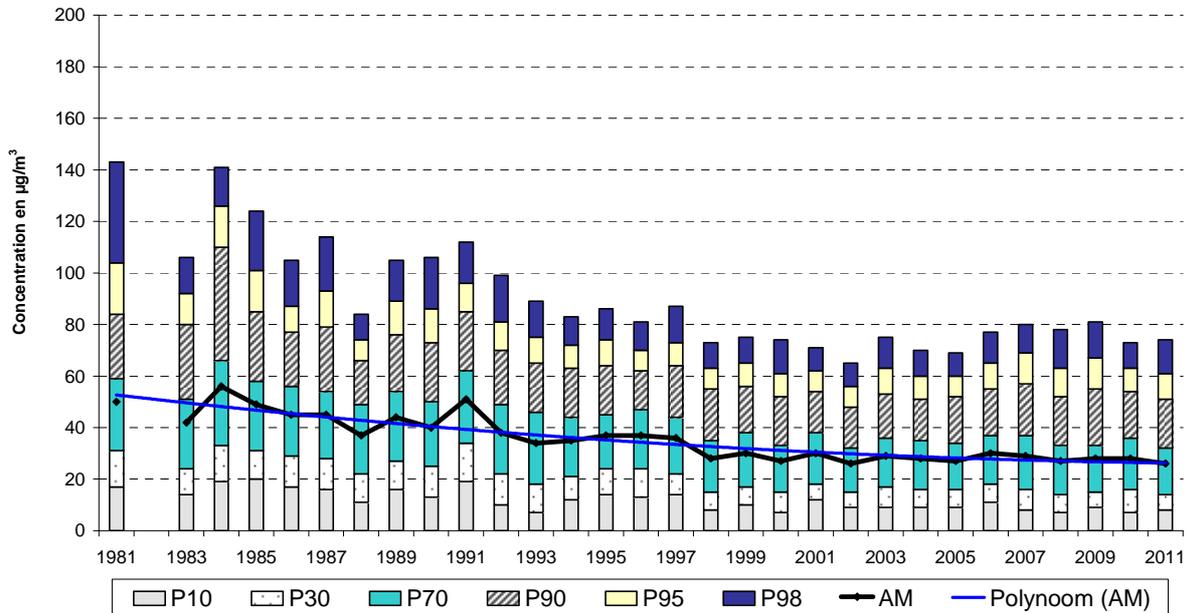
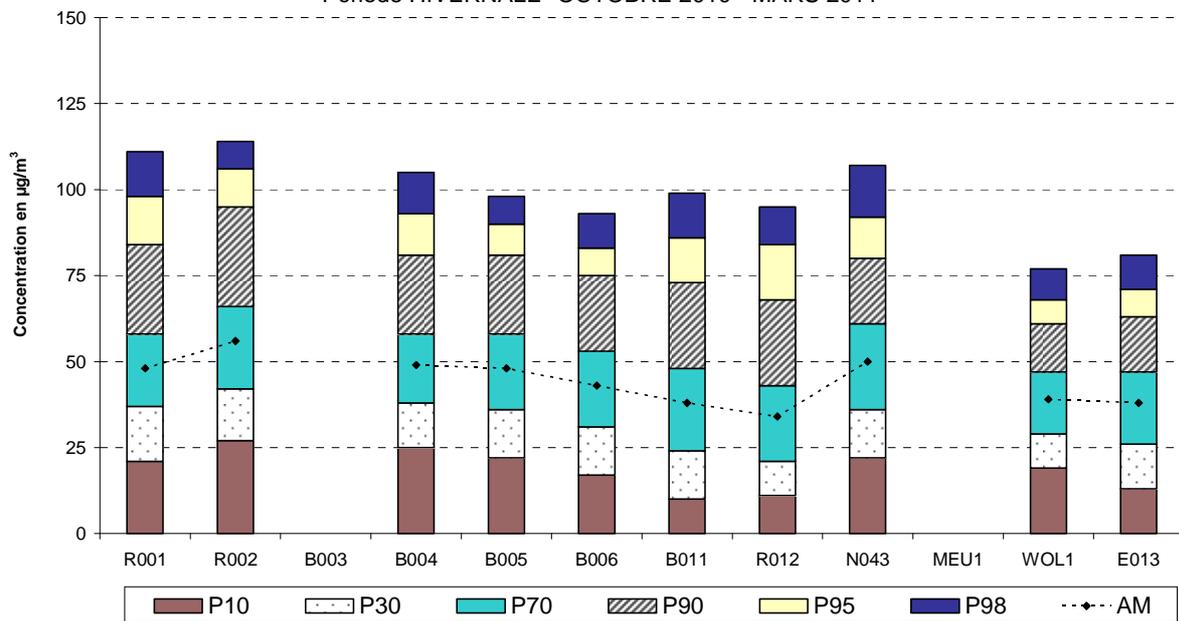


Fig. 4.5: Évolution des concentrations en NO<sub>2</sub> à Molenbeek (R001) et Uccle (R012)  
 Période 1981 – 2011

**NO<sub>2</sub> - COMPARAISON POSTES de MESURE**  
**DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES**  
 Période HIVERNALE "OCTOBRE 2010 - MARS 2011"



**NO<sub>2</sub> - COMPARAISON POSTES de MESURE**  
**DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES**  
 Période ESTIVALE "AVRIL - SEPTEMBRE 2011"

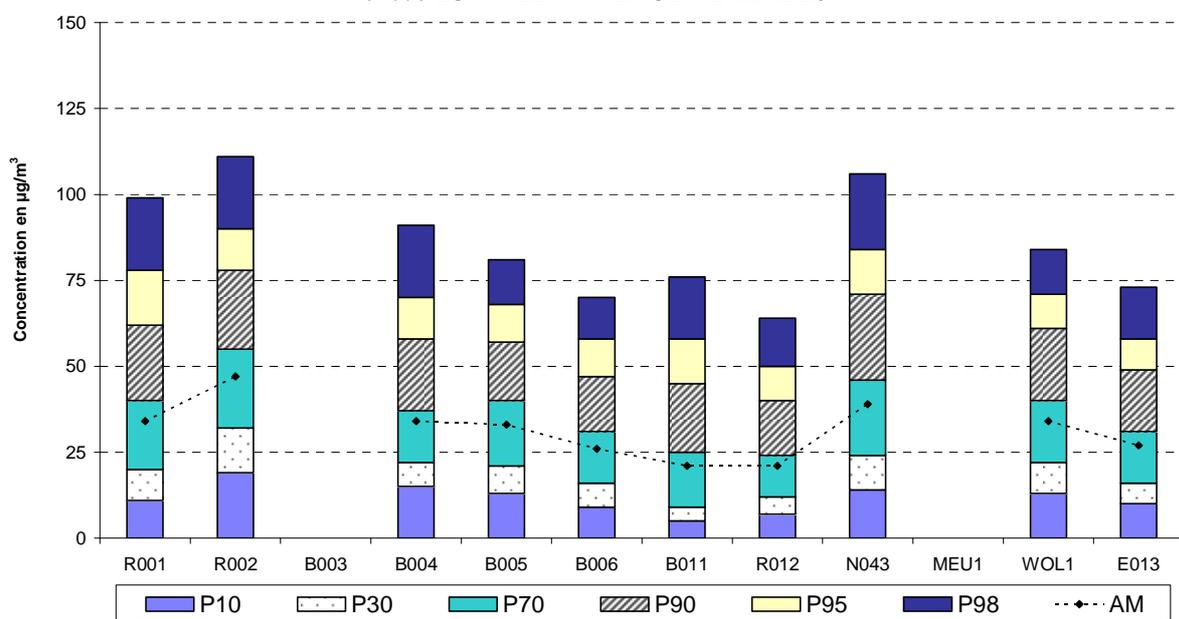


Fig. 4.6 : Comparaison des concentrations en NO<sub>2</sub> aux différents postes de mesure Période hivernale 'octobre 2010 – mars 2011' et estivale 'avril – septembre 2011'

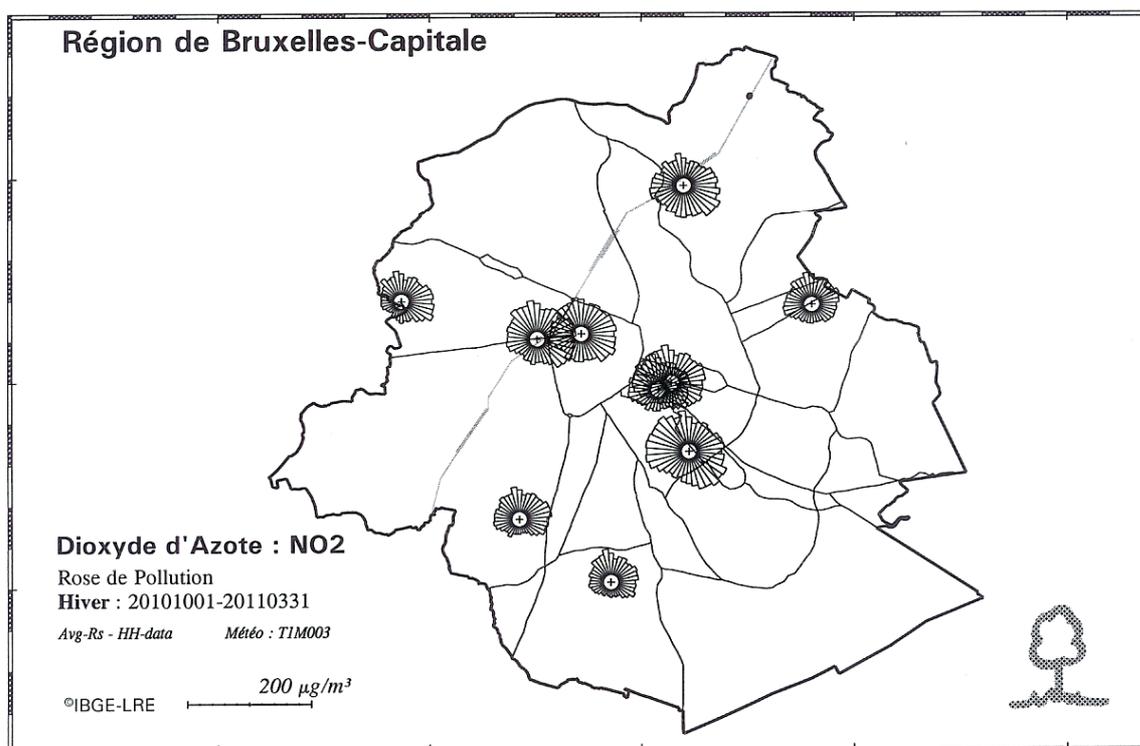
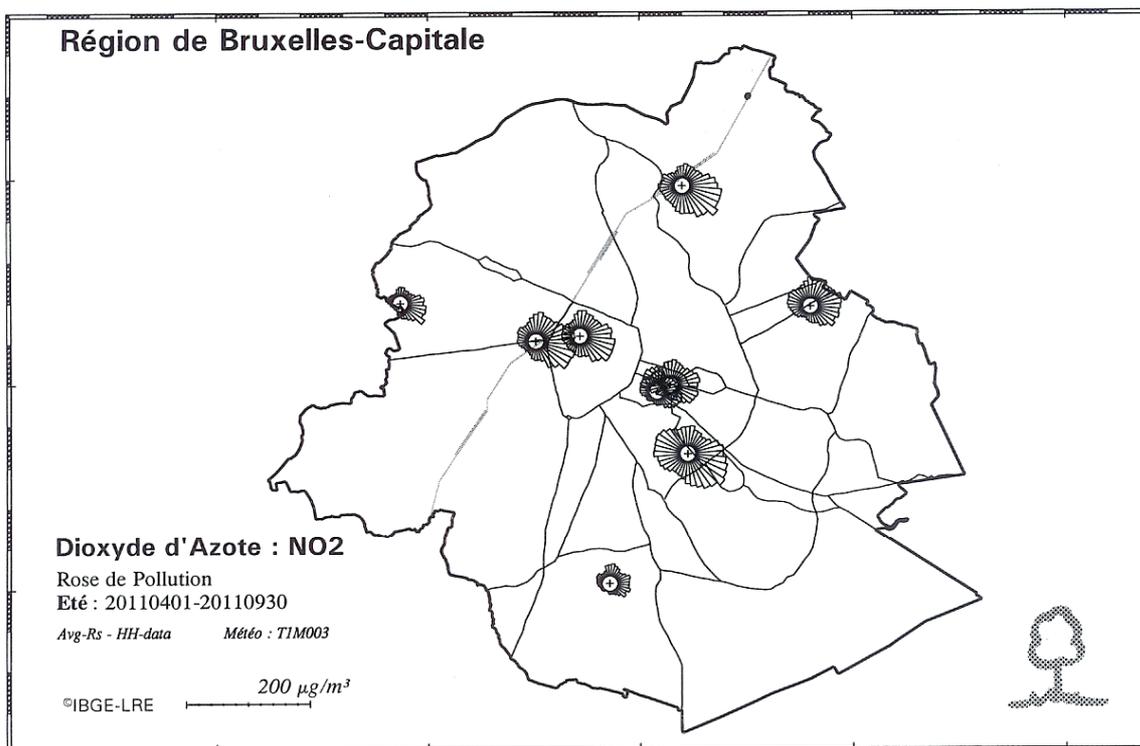
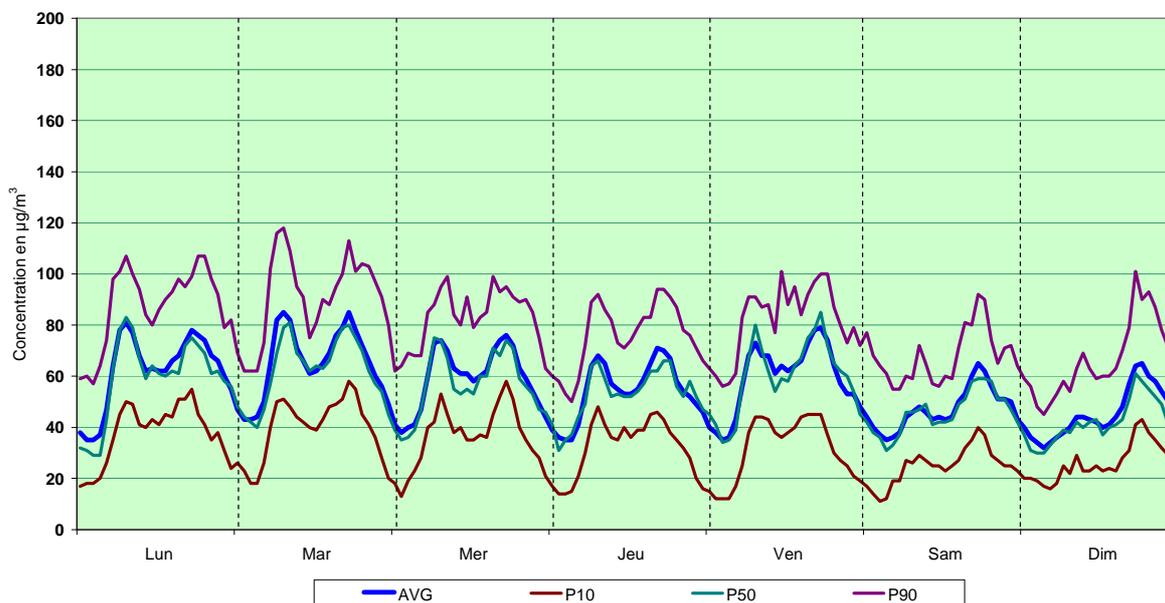


Fig. 4.7: NO<sub>2</sub> - Roses de pollution: distribution spatiale des concentrations en NO<sub>2</sub> pendant l'été et l'hiver

### NO<sub>2</sub> à IXELLES (R002) - CANYON STREET

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE

Période HIVERNALE : OCTOBRE 2010 - MARS 2011



### NO<sub>2</sub> à IXELLES (R002) - CANYON STREET

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE

Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2011

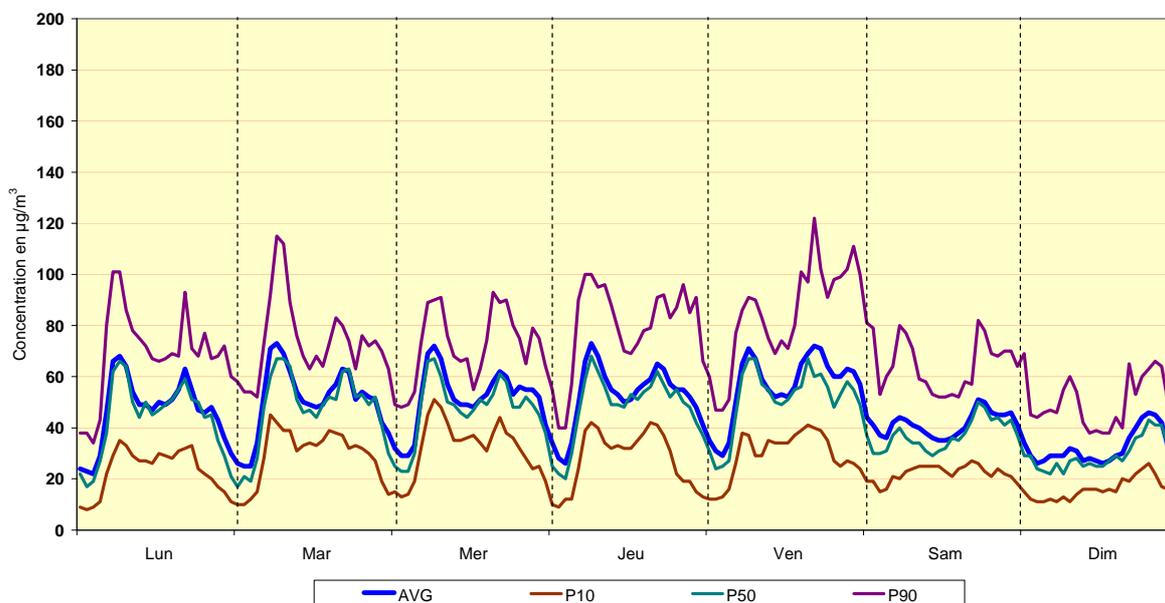
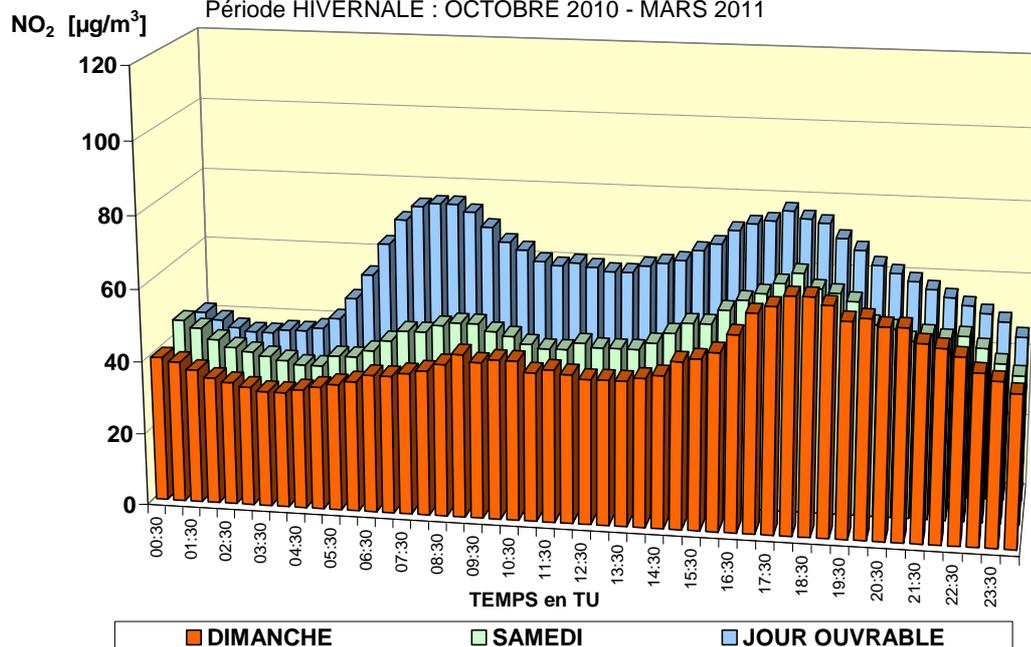


Fig. 4.8: NO<sub>2</sub> - Évolution hebdomadaire moyenne en hiver et en été  
Moyenne (AVG), P10, médiane (P50) et P90

**NO<sub>2</sub> - IXELLES (R002) - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE  
COMPARAISON DIMANCHE, SAMEDI et JOUR OUVRABLE MOYEN**

Période HIVERNALE : OCTOBRE 2010 - MARS 2011



**NO<sub>2</sub> - IXELLES (R002) - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE  
COMPARAISON DIMANCHE, SAMEDI et JOUR OUVRABLE MOYEN**

Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2011

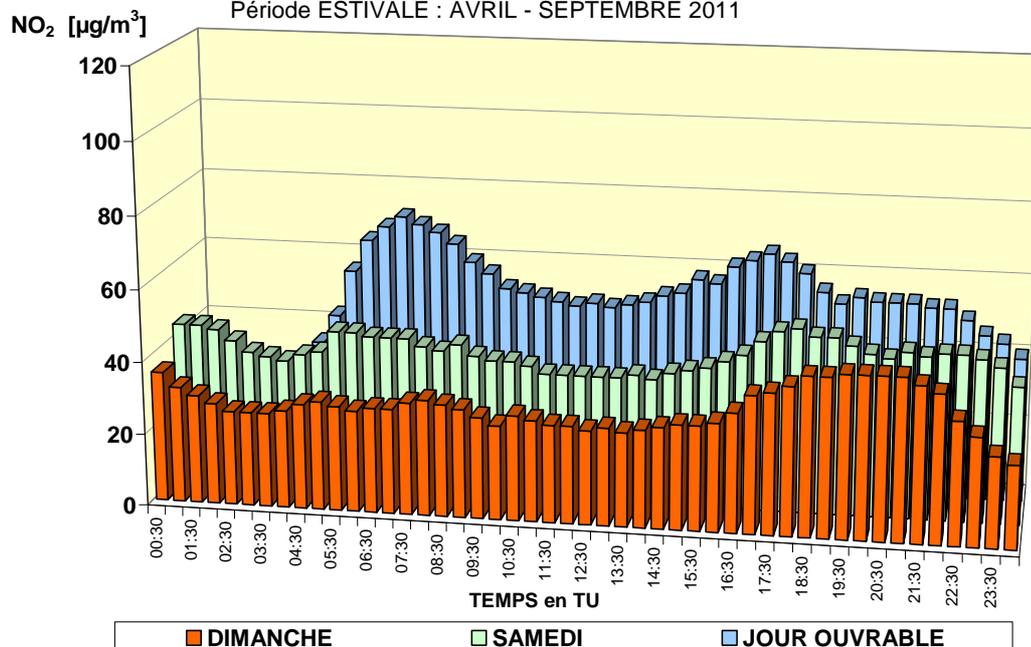


Fig. 4.9: NO<sub>2</sub> - Évolution journalière moyenne pendant l'hiver et l'été (dimanches, samedis et jours ouvrables) - Poste de mesure d'Ixelles (R002)

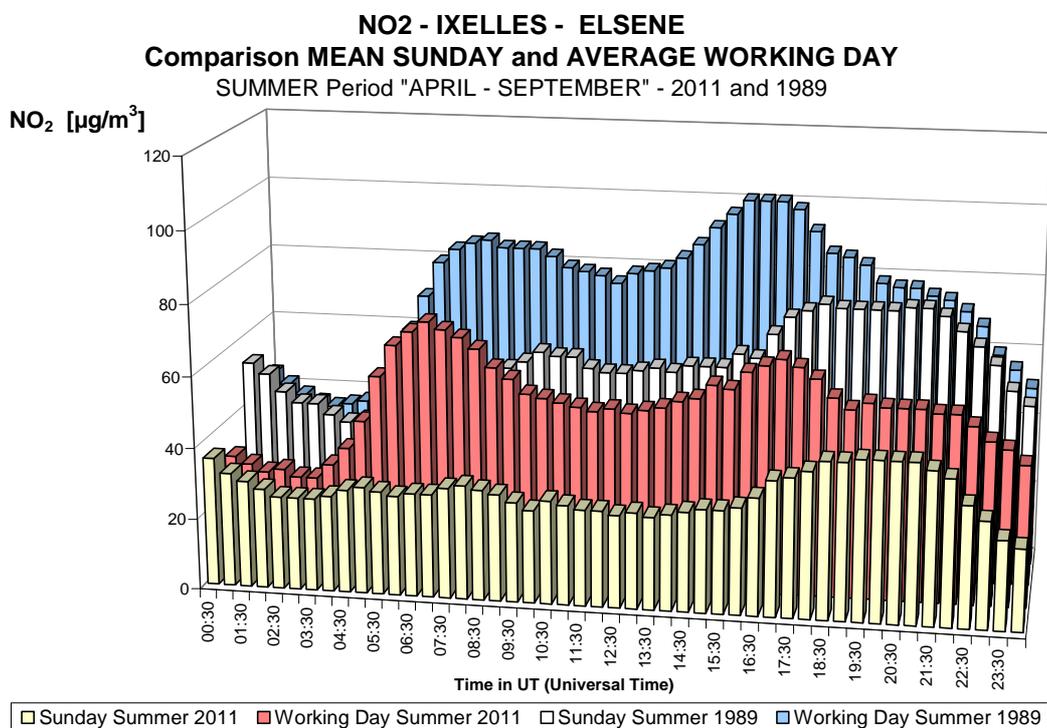
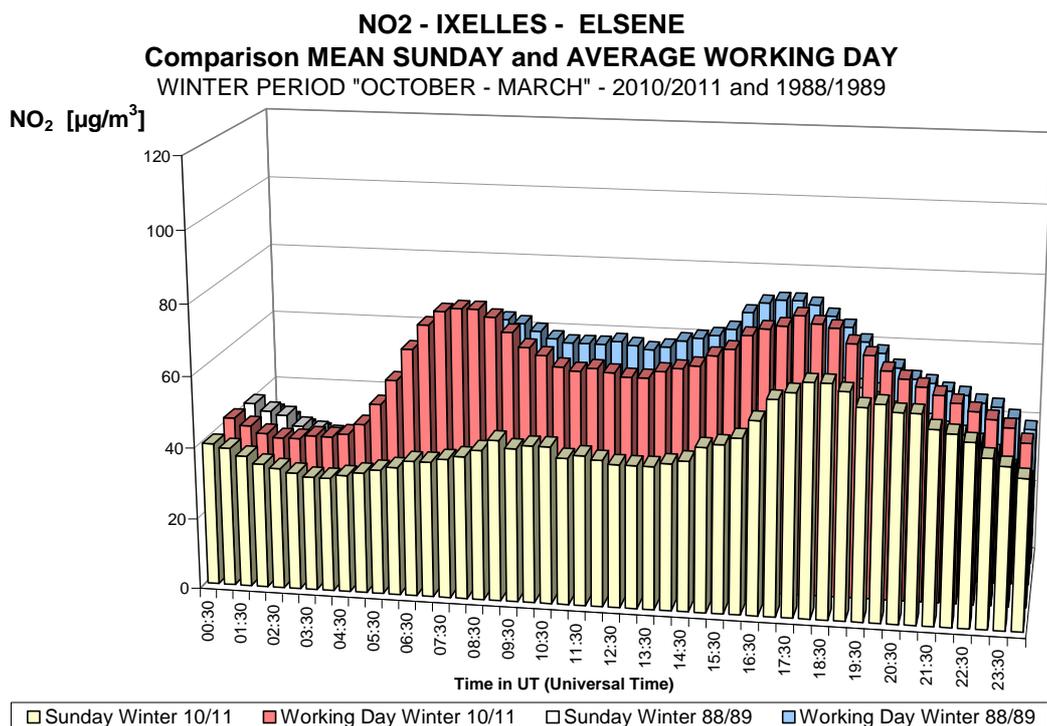


Fig. 4.10: NO<sub>2</sub> - Évolution journalière moyenne – ‘dimanche moyen’ et ‘jour ouvrable moyen’ Ixelles (R002) – Comparaison périodes hivernales 88-89 et 2010-2011 (graphique au-dessus) et périodes estivales 1989 et 2011 (graphique en dessous)

## 4.1.2 MONOXYDE D'AZOTE (NO)

### 4.1.2.1 Réglementation NO

Les concentrations en NO dans l'air ambiant sont plusieurs fois inférieures au niveau de concentration toxique. Il n'y a donc aucune valeur normative imposée pour les concentrations de NO dans l'air ambiant. Ce polluant mérite toutefois que l'on s'y attarde dans l'étude de la pollution de l'air. C'est un polluant important émis par des processus de combustion et c'est l'un des polluants caractéristiques du trafic routier. Ne fut-ce qu'en raison de la part de ce secteur dans l'ensemble des émissions, il est conseillé d'accorder l'attention nécessaire à l'évolution de la pollution par le NO. Une autre raison pour laquelle il convient d'étudier la pollution par le NO est la transformation spontanée du NO en NO<sub>2</sub>. Ce dernier est l'objet de normes visant la protection de la santé publique mais, et c'est peut être le plus important, il joue aussi le rôle de *précurseur* dans la pollution photochimique (formation d'ozone). Par ailleurs, la présence de NO donne lieu à une destruction de l'ozone, avec formation de NO<sub>2</sub>.

Il y également une raison purement pratique: la mesure du NO<sub>2</sub> dans l'air ambiant est basée sur la détection du NO (réaction photochimique entre NO et O<sub>3</sub>), après réduction du NO<sub>2</sub> en NO. Les appareils de mesure en continu mesurent dès lors d'office le NO et le NO<sub>2</sub>.

### 4.1.2.2 Valeurs de NO mesurées

Le tableau IV.8 établit une comparaison des concentrations de NO aux différents postes de mesure de la Région de Bruxelles-Capitale, au moyen de paramètres statistiques (P98, P50 et moyenne annuelle).

Tableau IV.8: **VALEURS HORAIRES NO : P98 – P50 - MOYENNE ANNUELLE (MA)**  
PÉRIODE : 1 JANVIER – 31 DECEMBRE. [ Concentration en µg/m<sup>3</sup> ]

P98	R001	R002	B003	B004	B005	B006	B011	R012	N043	MEU1	WOL1	E013
1994	244	357	490				170	125			166	
1995	199	318	438				130	82			162	
1996	191	298	396				136	109			193	118
1997	224	285	405				120	92			165	139
1998	164	269	347				105	79	258		147	91
1999	154	215	326				99	71	249	--	132	83
2000	136	210	284	--			86	59	216	110	120	74
2001	217	--	349	211	--	--	150	111	302	193	--	--
2002	150	200	--	133	102	81	85	57	218	124	124	85
2003	188	232	300	176	123	96	115	72	291	155	157	107
2004	135	193	292	127	88	76	91	71	218	120	109	86
2005	160	172	283	140	94	88	96	64	215	114	107	96
2006	143	162	285	--	90	88	87	61	210	103	123	77
2007	156	170	275	--	102	82	87	76	209	114	128	64
2008	160	154	236	111	84	78	91	62	240	116	111	--
2009	129	161	--	125	84	79	89	64	225	109	112	--
2010	118	143	--	102	73	65	70	56	196	77	86	68
2011	151	149	--	125	76	66	77	48	238	--	86	68

P50	R001	R002	B003	B004	B005	B006	B011	R012	N043	MEU1	WOL1	E013
1994	11	66	135				5	4			10	
1995	17	62	140				5	4			10	
1996	18	50	122				5	4			13	6
1997	16	53	113				5	9			12	6
1998	13	51	99				5	7	22		10	2
1999	13	43	98				4	3	15	--	9	3
2000	12	47	89	--			4	3	25	4	9	5
2001	14	--	90	9	--	--	3	4	21	4	--	--
2002	11	34	--	7	6	3	3	3	15	4	10	3
2003	10	33	72	8	7	4	3	2	17	4	8	3
2004	6	30	85	8	5	4	3	2	18	4	6	2
2005	11	28	81	7	5	3	3	3	18	3	6	3
2006	10	22	78	--	4	3	3	3	12	3	6	3
2007	12	23	77	--	7	3	3	2	14	3	6	3
2008	9	23	63	7	5	3	3	2	17	3	4	--
2009	8	21	--	7	6	4	3	2	16	3	5	--
2010	10	21	--	8	6	4	3	2	16	3	7	3
2011	8	21	--	8	6	3	3	2	20	--	5	3

MA	R001	R002	B003	B004	B005	B006	B011	R012	N043	MEU1	WOL1	E013
1994	36	93	163				21	15			27	
1995	36	87	160				18	12			27	
1996	37	74	143				20	15			31	18
1997	38	74	135				17	16			28	20
1998	28	69	120				14	13	46		24	12
1999	28	58	115				13	9	41	--	22	11
2000	24	61	102	--			11	8	45	14	20	13
2001	32	--	111	28	--	--	16	13	47	22	--	--
2002	26	50	--	21	17	12	12	8	37	17	22	12
2003	29	53	95	25	20	14	14	9	44	20	24	15
2004	21	46	102	21	15	12	12	9	41	17	18	12
2005	25	41	98	20	14	12	11	8	39	15	17	12
2006	23	36	95	--	13	11	10	8	33	12	17	10
2007	28	38	95	--	17	12	12	10	36	14	19	9
2008	24	36	79	18	13	11	10	8	39	13	15	--
2009	20	34	--	18	13	11	10	8	37	13	15	--
2010	21	33	--	17	13	11	9	7	35	11	16	9
2011	22	33	--	19	13	9	9	6	41	--	13	9

-- : moins de 50% de données sur base annuelle – (re)mise en service

Les valeurs moyennes les plus élevées en NO sont atteintes aux postes les plus soumis à l'influence de la circulation, à savoir Ixelles-Avenue de la Couronne (R002), suivis de l'Avant Port (N043), Molenbeek (R001), Ste-Catherine (B004) et Woluwé (WOL1). Ces lieux de mesure sont situés dans un environnement de circulation intense mais assez ouvert. Les lieux de mesure à Berchem-Ste-Agathe (B011), à Uccle (R012), au Parlement Européen (B006) et à Forest (E013) sont mieux protégés de la circulation.

Un historique détaillé, avec les résultats de la distribution de fréquences cumulées, est repris en annexe B (toutes les périodes annuelles). Des tableaux contenant les résultats des périodes estivales et hivernales sont établis aux annexes C et D.

#### 4.1.2.3 Évolution à long terme des concentrations de NO

La figure 4.11 donne l'évolution dans le temps de la pollution par le NO au moyen de la présentation graphique de la distribution de fréquences cumulées. Le graphique au-dessus reproduit les statistiques annuelles pour le poste de mesure à Ixelles-Avenue de la Couronne (R002) pour la période couvrant les années civiles 1987 à 2011. Le graphique en dessous, montre l'évolution des concentrations au poste de l'Avant Port, pour la période 1998-2011.

Les résultats à Ixelles-Avenue de la Couronne montrent une baisse progressive de tous les niveaux à partir de 1990/91. A partir de l'an 2002 les niveaux de concentration semblent se stabiliser plus ou moins. Une baisse analogue des niveaux est enregistrée aux postes directement influencés par le trafic routier et pour les hautes centiles dans tous les postes.

La baisse des concentrations de NO est probablement due à l'introduction du pot catalytique à trois voies. Depuis 1989, les voitures à essence d'une cylindrée de plus 2000 cc. doivent obligatoirement être équipées d'un pot catalytique et, depuis 1993, cette obligation s'applique à toutes les voitures neuves avec moteur à essence. À ces deux postes de mesure, on constate une baisse toute aussi importante de la concentration en CO (voir plus loin) et, avec quelques années de retard, de la teneur en benzène dans l'air. Les données les plus récentes, depuis 2002-2003, confirment un affaiblissement de la nette tendance à la baisse ou démontrent une stabilisation. Ceci tient probablement au fait que depuis lors la majeure partie du parc automobile équipé des moteurs à essence est pourvue de pots catalytiques à trois voies.

La baisse de la concentration en NO est spectaculaire aux postes qui sont soumis aux émissions de NO directement dues à la circulation. À d'autres postes, situés dans un environnement plus ouvert ou en périphérie, la baisse est moins marquée. Le lien entre la concentration en NO et les émissions de NO y est moins manifeste étant donné qu'une partie du NO est déjà transformée en NO<sub>2</sub>. La figure 4.12 donne l'évolution des statistiques annuelles pour les postes à Molenbeek (R001) et Uccle (R012). Il s'agit des résultats de 1981 à 2011. Dès 1991, on constate une baisse progressive des centiles supérieurs (P98 et P95). Les résultats depuis 2001 indiquent que cette tendance à la baisse vient également de se terminer.

La figure 4.13 fournit une comparaison entre les niveaux des différents postes de mesure. Le graphique supérieur représente les résultats de la période hivernale « octobre 2010 – mars 2011 » et le graphique inférieur ceux de la période estivale « avril – septembre 2011 ». Les niveaux les plus élevés sont observés dans les postes de mesures localisés à proximité du trafic et les niveaux les plus faibles en zones résidentielles. Il y a une différence notable entre les concentrations mesurées en période hivernale et estivale. Pendant l'été, une plus grande partie du NO est oxydée en NO<sub>2</sub>.

La figure 4.14 donne un aperçu de la distribution spatiale de la concentration en NO. Les roses de pollution pour le NO sont dessinées avec, en fond, une carte de la Région. La carte au-dessus donne la situation durant la période estivale 'avril – septembre 2011' et la carte en-dessous renvoie à la période hivernale 'octobre 2010 – mars 2011'. Dans les deux cas, il y a une différence notable dans la pollution moyenne aux différents points de mesure. La distribution dans l'espace est plus hétérogène que dans le cas du NO<sub>2</sub>. La pollution la plus importante est observée dans le centre de la Région et aux endroits de grande circulation.

En période estivale, la concentration en NO aux postes périphériques est sensiblement plus faible qu'en période hivernale. Aux postes de mesure moins soumis à l'influence directe des émissions dues à la circulation, il y a un excédent d'ozone en été. Le NO présent y est presque intégralement transformé en NO<sub>2</sub>.

La figure 4.15 reproduit graphiquement l'évolution hebdomadaire moyenne pour le poste de mesure d'Ixelles. La concentration moyenne (AVG), la médiane (P50) et les centiles P10 et P90 sont mis en graphique par période horaire. Ces deux dernières valeurs délimitent approximativement la zone dans laquelle la concentration peut fluctuer de jour en jour.

Le graphique au-dessus renvoie à la période hivernale '*octobre 2010 – mars 2011*' et le graphique en-dessous à la période estivale '*avril – septembre 2011*'. Le schéma hebdomadaire suit les mouvements de la circulation. Les concentrations sont manifestement plus élevées les jours ouvrables que les samedis ou les dimanches. D'autre part, l'évolution des niveaux indique que les concentrations d'une journée particulière de week-end (P90) peuvent être plus élevées que celles d'une journée de semaine (P10). En période estivale, le pic de l'après-midi s'atténue à tous les postes de mesure. La présence accrue d'ozone durant les après-midi d'été suscite un effet de titrage, le NO étant oxydé en NO<sub>2</sub> sous l'effet de l'ozone.

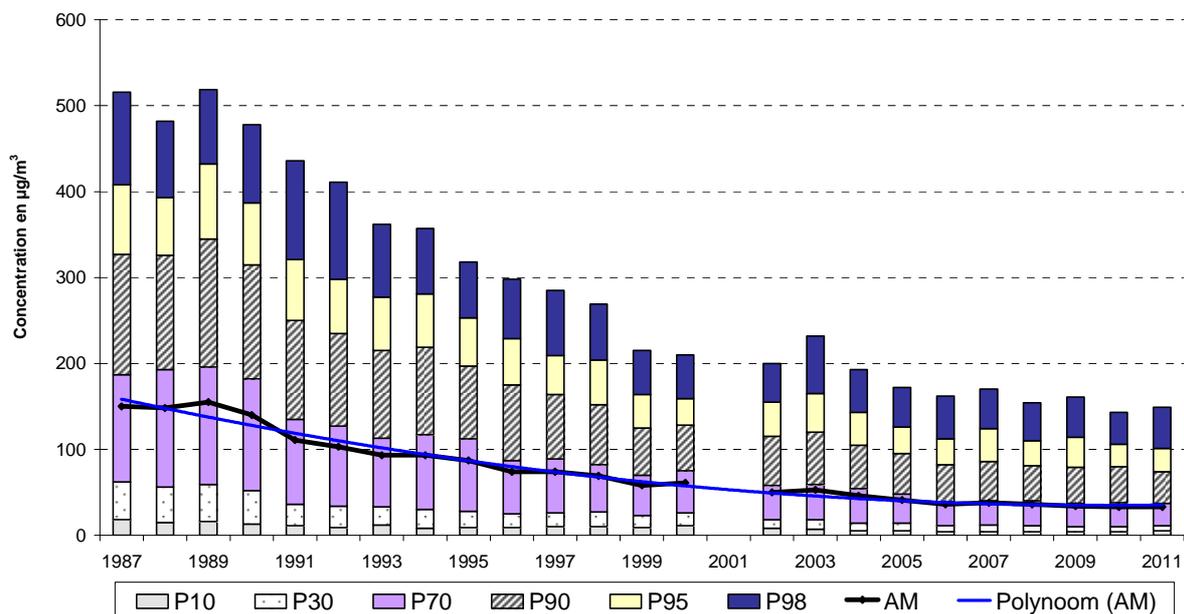
La figure 4.16 donne la représentation graphique de l'évolution journalière moyenne du NO pour le poste d'Ixelles (R002). Le graphique au-dessus renvoie à la période hivernale '*octobre 2010 – mars 2011*' et le graphique en-dessous, à la période estivale '*avril – septembre 2011*'. Une distinction est opérée entre les *jours ouvrables*, les *samedis* et les *dimanches*.

Aux postes de mesure axés sur la circulation, les concentrations de NO sont en moyenne plus élevées les jours ouvrables et plus élevées les samedis que les dimanches. Entre un jour ouvrable, un samedi et un dimanche, il se produit en outre un glissement dans le temps au niveau du profil journalier. Le pic du matin le samedi se produit plus tard dans la journée et est moins marqué. Durant les heures de la nuit du samedi au dimanche, on assiste à une légère augmentation de la concentration de NO. Le dimanche, il n'y a pas de pic du matin et le pic du soir est beaucoup plus étalé de l'après-midi au début de nuit.

Les concentrations moyennes en NO sont systématiquement plus élevées les jours ouvrables que les jours non-ouvrables, les samedis que les dimanches et les périodes hivernales que les périodes estivales.

La figure 4.17 effectue une comparaison entre les niveaux observés en 1989 et 2011. Pour ces deux périodes, l'évolution moyenne journalière d'un '*dimanche moyen*' et d'un '*jour ouvrable moyen*' est représentée. Le graphique au-dessus se réfère aux périodes hivernales '*octobre 2010 – mars 2011*' et '*octobre 1988 – mars 1989*'. Le graphique en-dessous se réfère aux périodes estivales 2011 (*avril – septembre*) et 1989. Les concentrations mesurées en 2010/11 sont sensiblement plus faibles que celles mesurées pendant la période 1989/90.

**NO à IXELLES (R002) - EVOLUTION dans le TEMPS**  
**DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES**  
 Période "JANVIER - DECEMBRE"



**NO à L'AVANT PORT (N043) - EVOLUTION dans le TEMPS**  
**DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES**  
 Période "JANVIER - DECEMBRE"

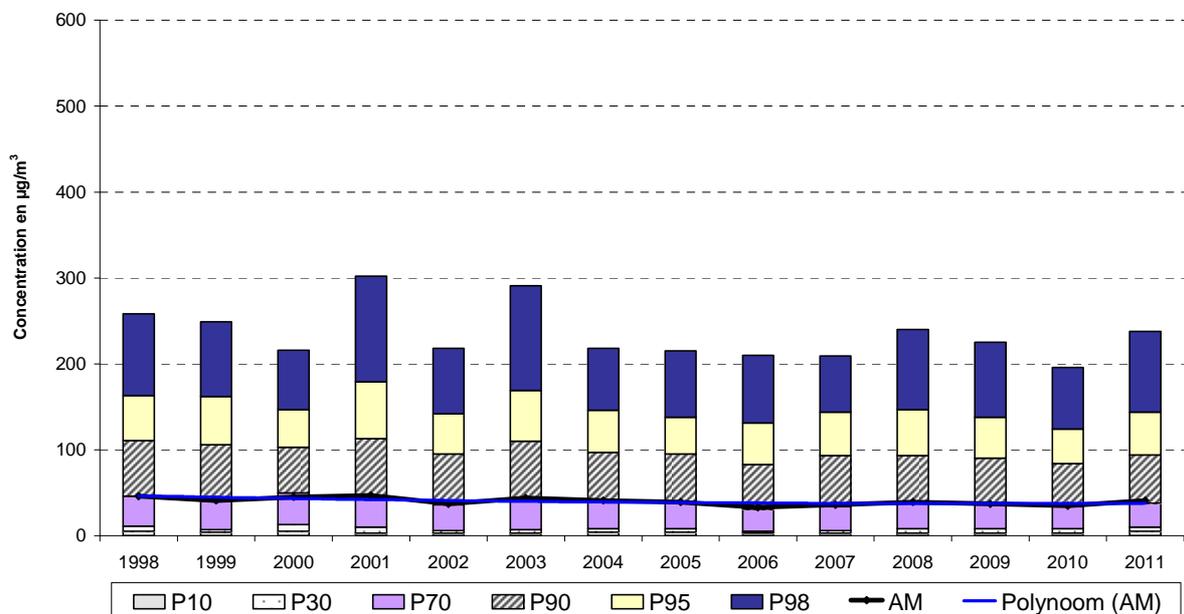
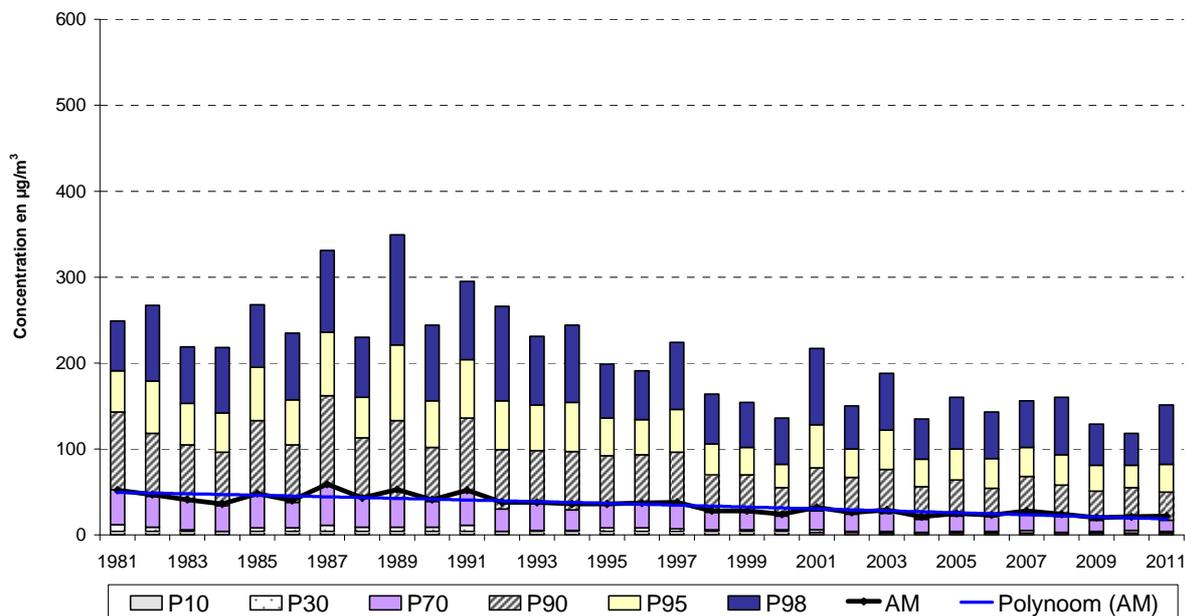


Fig. 4.11 Évolution de la concentration en NO à Ixelles (R002) pour la période 1987-2011 et à l'Avant Port (N043) pour la période 1998-2011

**NO à MOLENBEEK (R001) - EVOLUTION dans le TEMPS**  
**DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES**  
 Période "JANVIER - DECEMBRE"



**NO à UCCLE (R012) - EVOLUTION dans le TEMPS**  
**DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES**  
 Période "JANVIER - DECEMBRE"

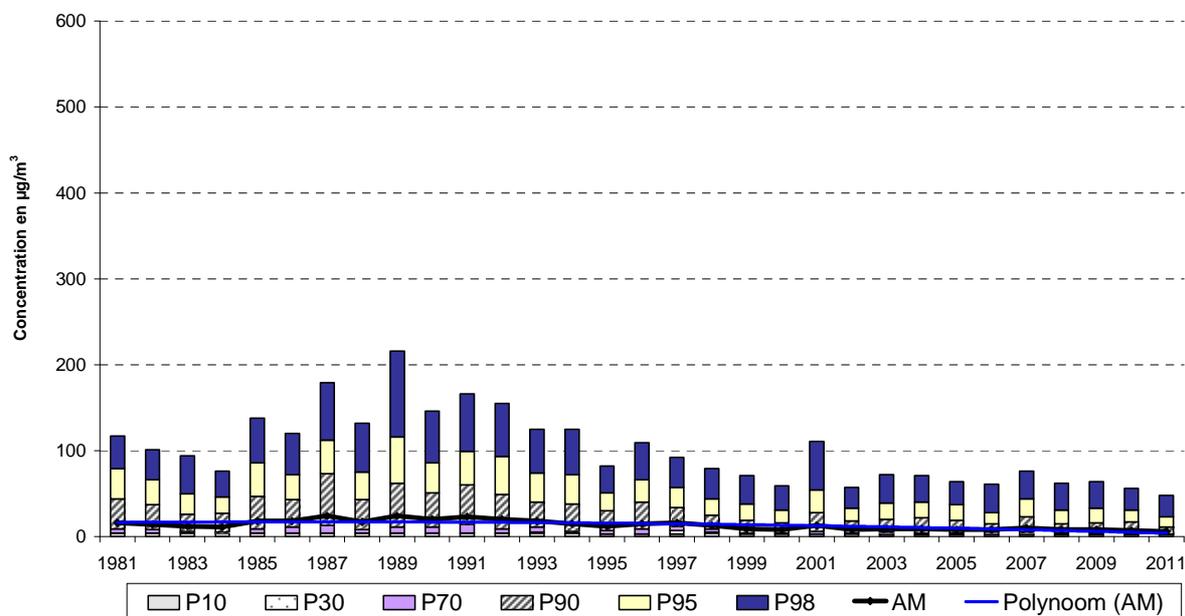
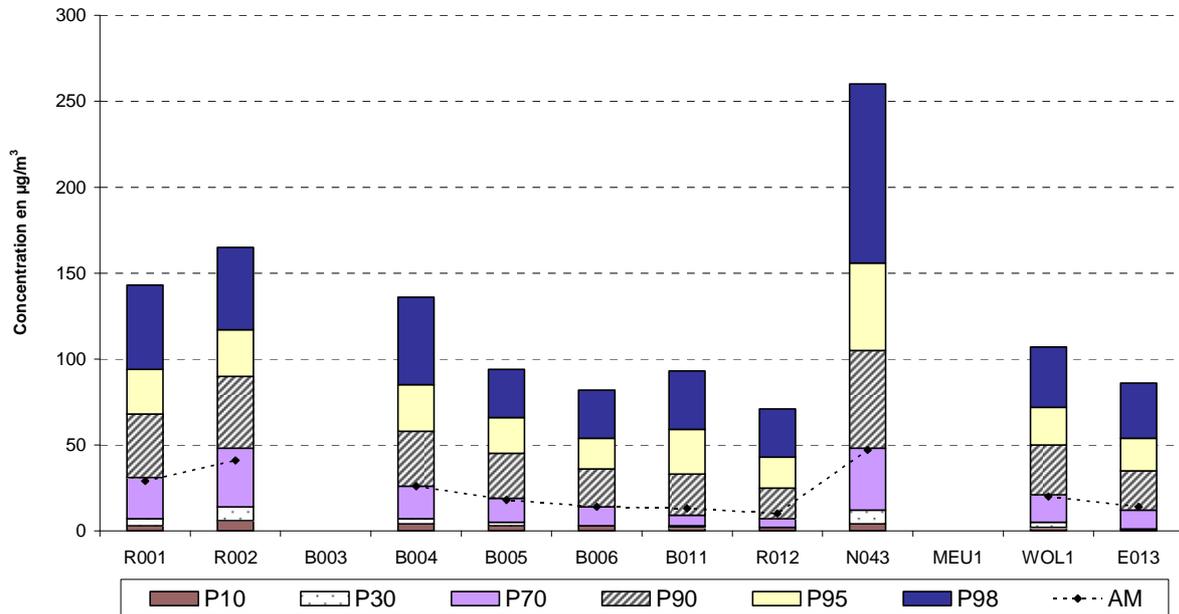


Fig. 4.12: Évolution de la concentration en NO à Molenbeek (R001) et Uccle (R012)  
 Période 1981 - 2011

**NO - COMPARAISON POSTES de MESURE**  
**DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES**  
 Période HIVERNALE "OCTOBRE 2010 - MARS 2011"



**NO - COMPARAISON POSTES de MESURE**  
**DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES**  
 Période ESTIVALE "AVRIL - SEPTEMBRE 2011"

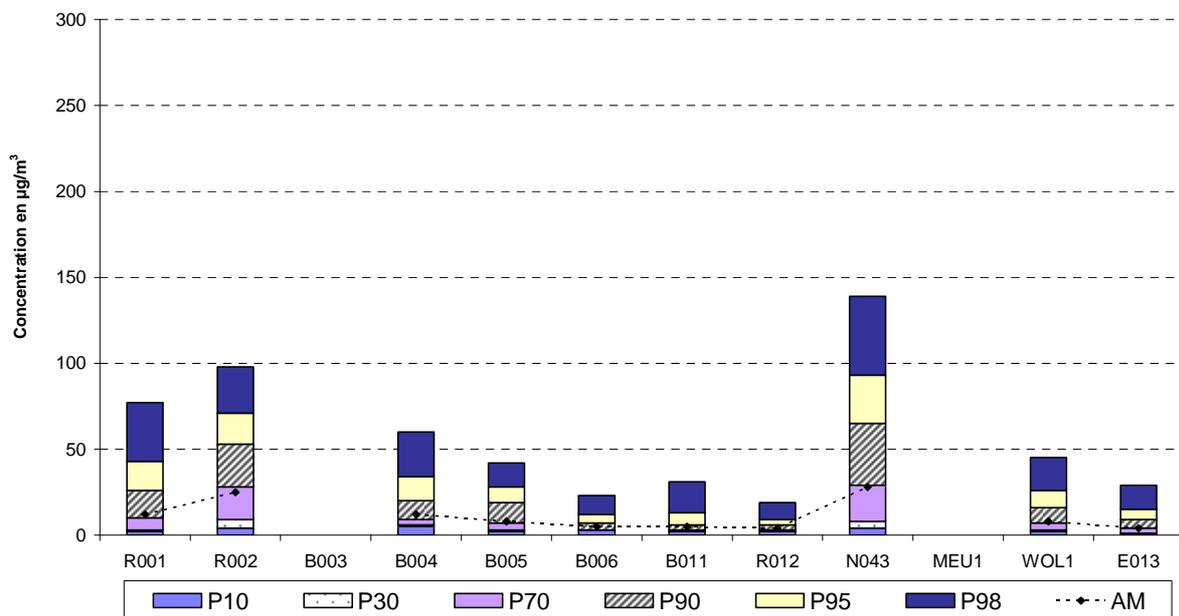


Fig. 4.13 : Comparaison des concentrations en NO aux différents postes de mesure Période hivernale 'octobre 2010 – mars 2011' et estivale 'avril – septembre 2011'

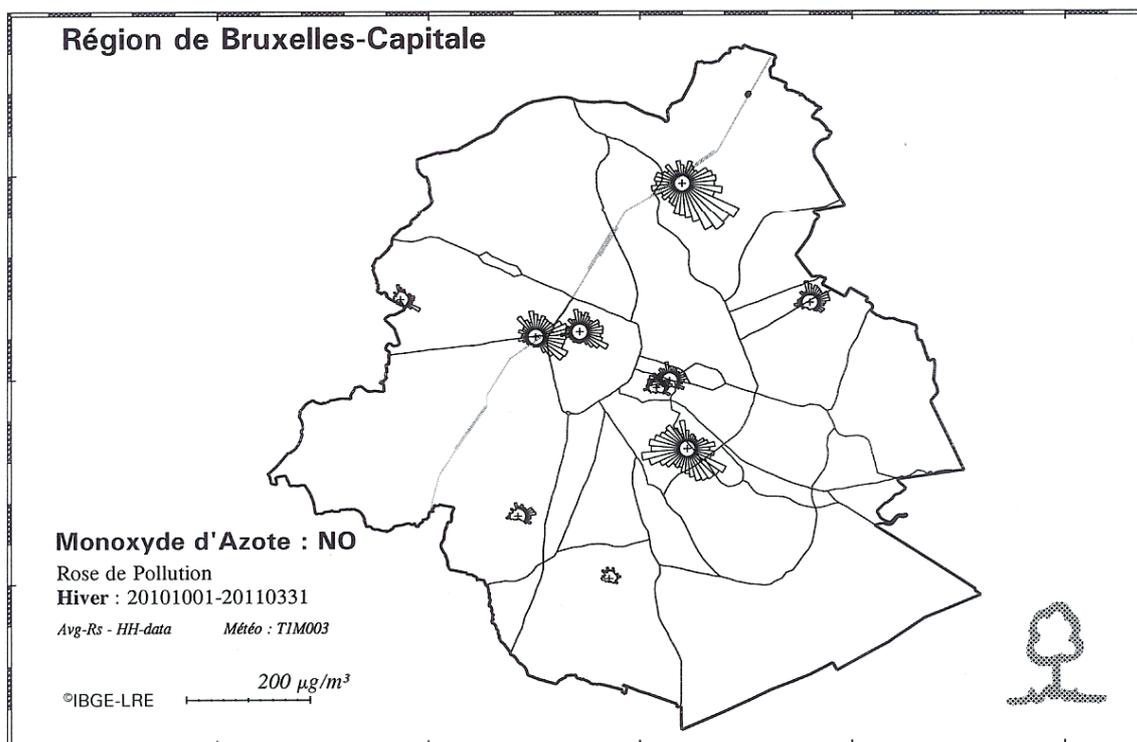
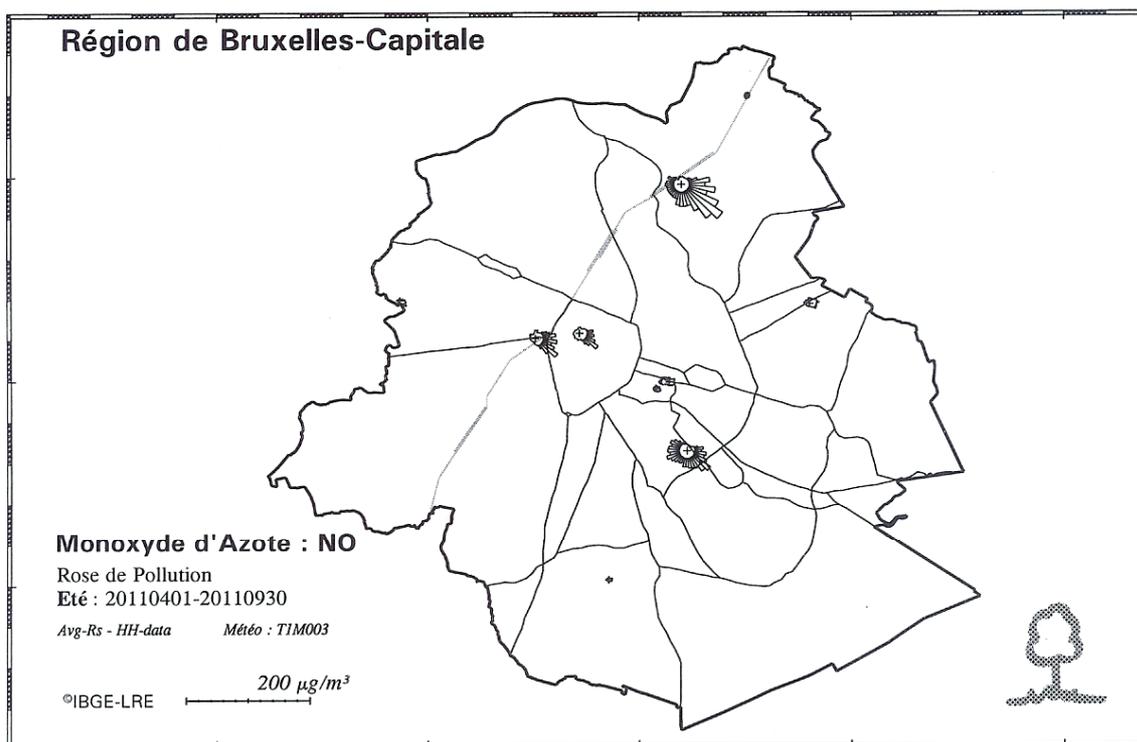
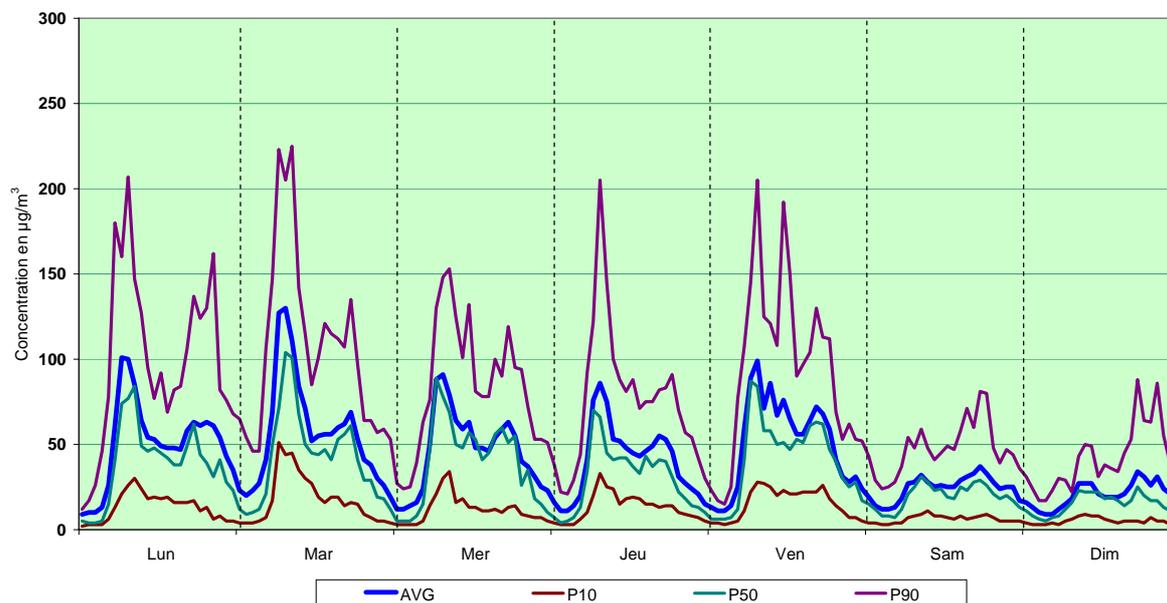


Fig. 4.14: NO - Roses de pollution: distribution spatiale de la concentration pendant l'été et l'hiver

### NO à IXELLES (R002) - CANYON STREET

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE

Période HIVERNALE : OCTOBRE 2010 - MARS 2011



### NO à IXELLES (R001) - CANYON STREET

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE

Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2011

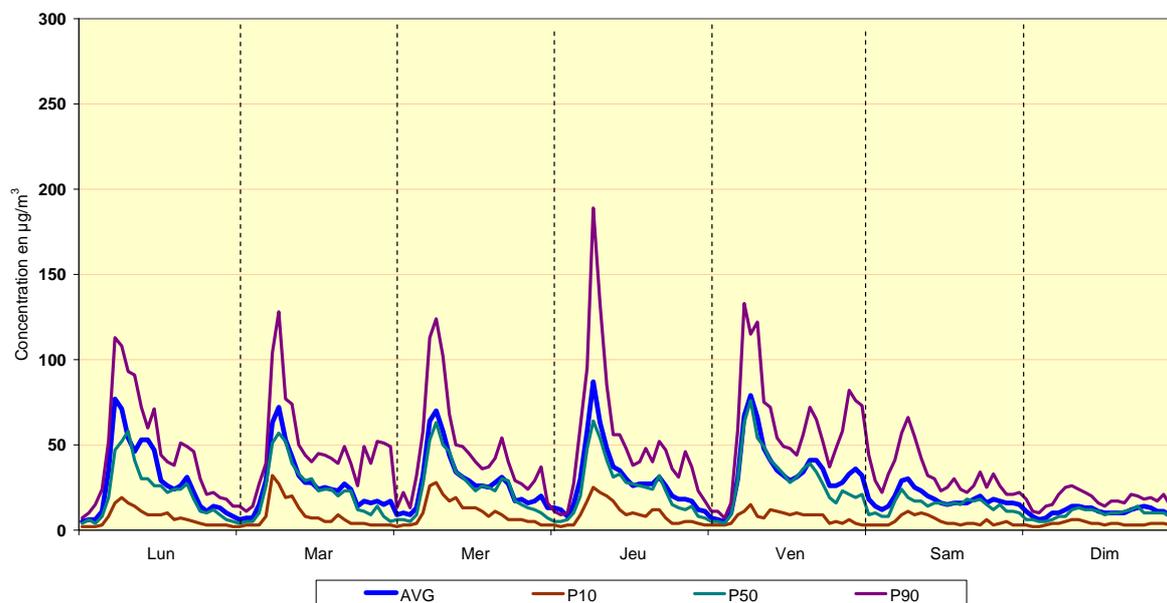
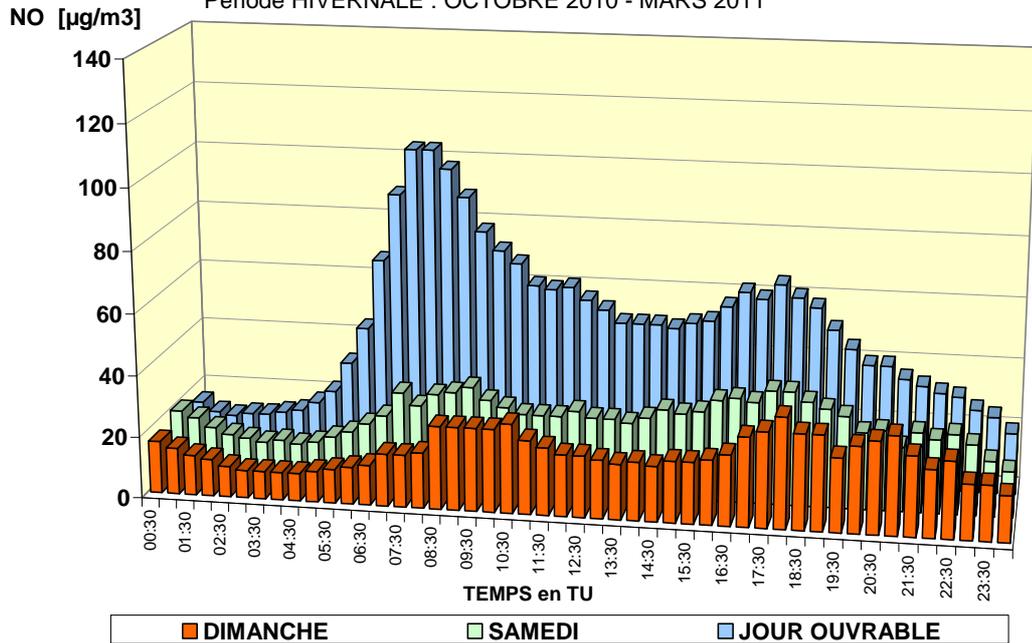


Fig. 4.15: NO: Évolution hebdomadaire moyenne de la concentration en hiver et en été  
Concentration moyenne (AVG), P10, la médiane (P50) et P90

**NO - IXELLES (R002) - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE  
COMPARAISON DIMANCHE, SAMEDI et JOUR OUVRABLE MOYEN**

Période HIVERNALE : OCTOBRE 2010 - MARS 2011



**NO - IXELLES (R002) - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE  
COMPARAISON DIMANCHE, SAMEDI et JOUR OUVRABLE MOYEN**

Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2011

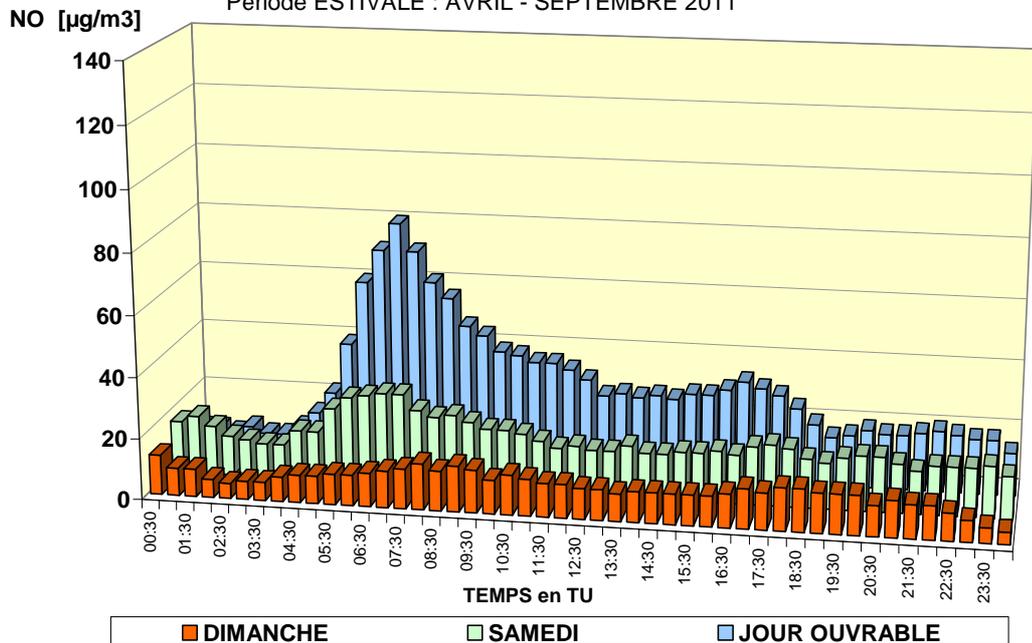


Fig. 4.16: NO - Évolution journalière moyenne pendant l'hiver et l'été (dimanches, samedis et jours ouvrables) - Poste de mesure d'Ixelles (R002)

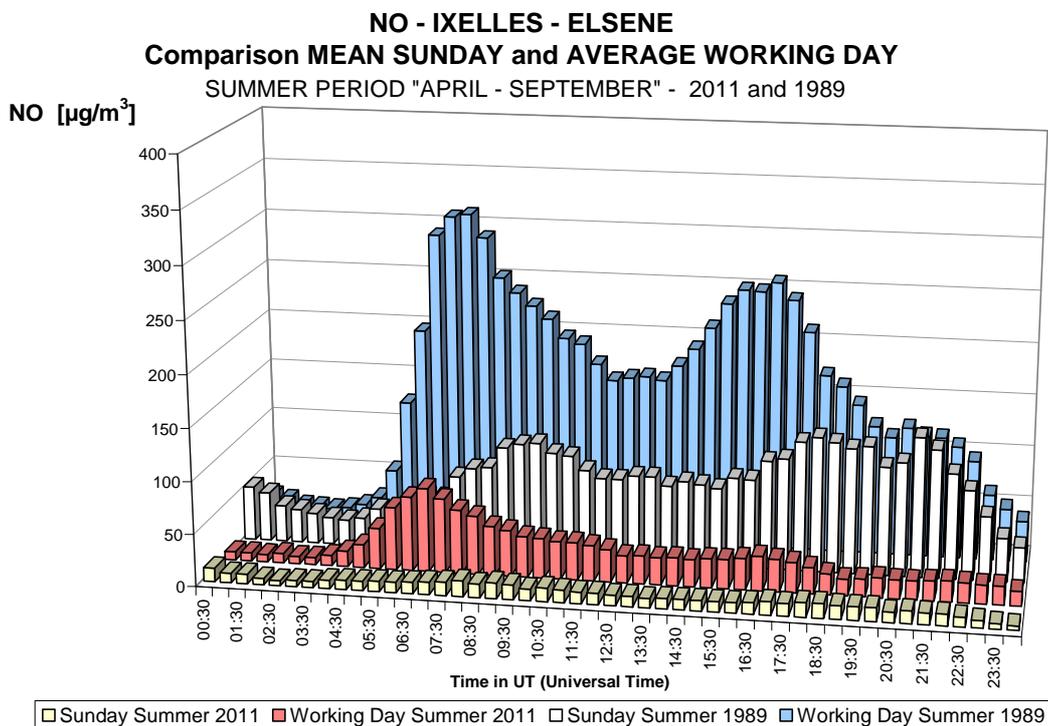
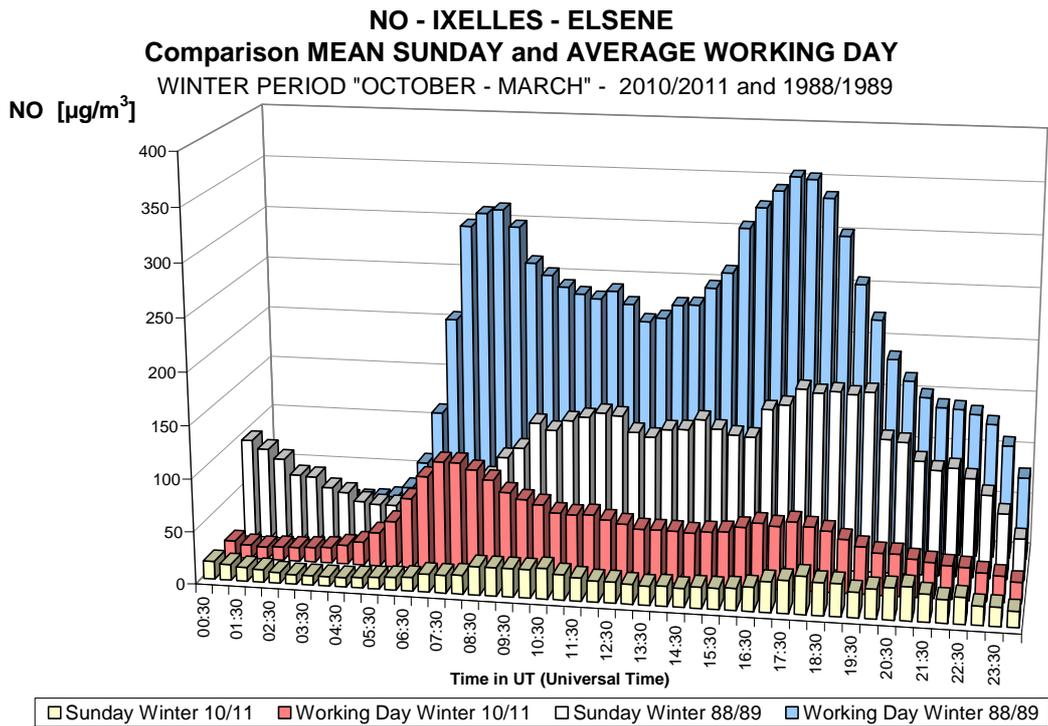


Fig. 4.17: NO - Évolution journalière moyenne – 'dimanche moyen' et 'jour ouvrable moyen' Ixelles (R002) – Comparaison périodes hivernales 88-89 et 2010-2011 (graphique au-dessus) et périodes estivales 1989 et 2011 (graphique en dessous)

### 4.1.3 OXYDES D'AZOTE (NO<sub>x</sub>)

La concentration de NO<sub>x</sub> est la somme des concentrations de NO et de NO<sub>2</sub>, exprimées en concentration de masse équivalente NO<sub>2</sub> :  $[NO_x] = 1.53 [NO] + [NO_2]$  (en µg/m<sup>3</sup>).

Les premières mesures systématiques de NO<sub>x</sub> en Belgique ont été réalisées en 1973 par la division "Air" de l'IHE (Institut d'Hygiène et d'Épidémiologie), Avenue de la Couronne à Bruxelles. Les résultats détaillés des mesures n'ont pas été conservés. En raison des dimanches sans voiture de l'époque (crise pétrolière), le profil journalier moyen pour le NO<sub>x</sub>, calculé pour toute l'année civile 1973 et pour les dimanches sans voiture, a néanmoins été conservé.

La figure 4.18 compare le profil journalier moyen de 1973 pour le NO<sub>x</sub> au profil journalier du NO<sub>x</sub>, calculé pour les années civiles 1989, 1999, 2005 et 2011. Les mesures de 1973 ont été effectuées au même endroit que celui où se situe l'actuel point de mesure dans l'Avenue de la Couronne à Ixelles. Ce point de mesure est typique d'une rue à grande circulation, avec un bâti continu des deux côtés de la route (*canyon street*).

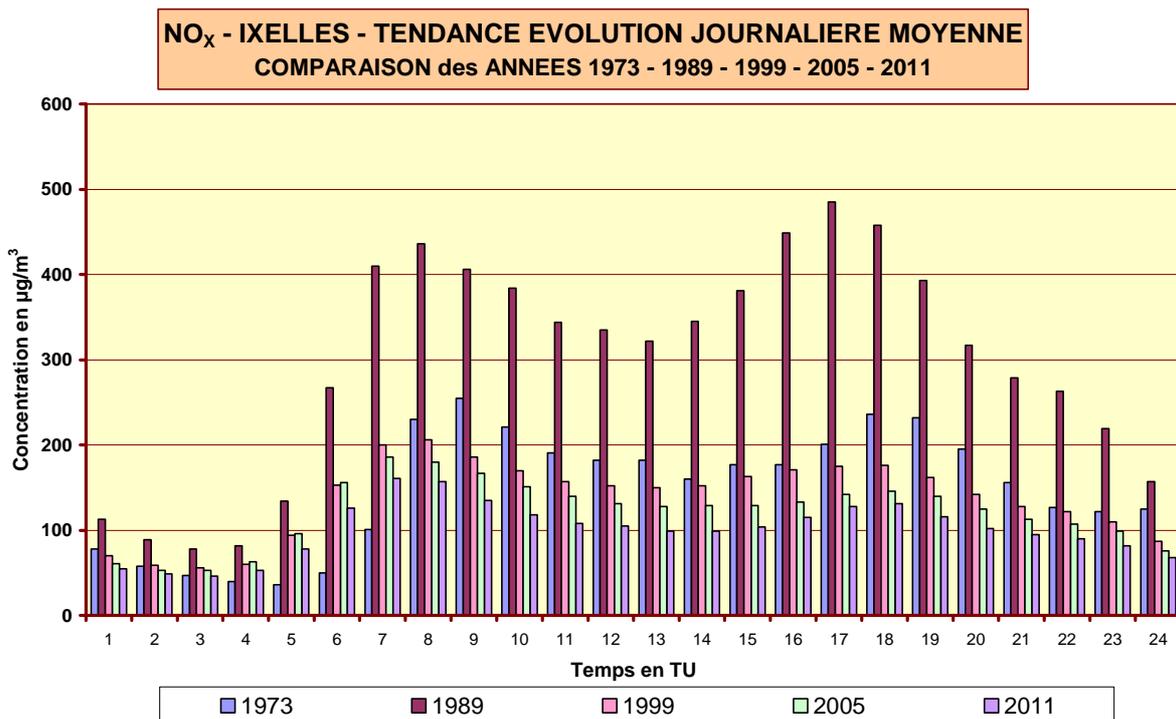


Fig. 4.18: Évolution journalière moyenne en NO<sub>x</sub> en 1973, 1989, 1999, 2005 et 2011

Il n'y a pas eu de mesures systématiques du NO<sub>x</sub> entre 1973 et 1986. Toutefois, durant cette période, les concentrations de NO<sub>x</sub> ont sensiblement augmenté en raison de la croissance de la circulation. Les concentrations de NO<sub>x</sub> ont atteint un maximum vers 1989/1990, pour ensuite baisser à nouveau. Ces fluctuations peuvent être déduites de l'évolution dans le temps de la concentration de NO (fig. 4.11 et 4.12) et de NO<sub>x</sub> (fig. 4.19). Dès 1989, le pot catalytique à trois voies était obligatoire sur les voitures neuves avec un moteur à essence de plus de 2000 cc et, à partir de 1993, sur toute voiture neuve à essence.

**NO<sub>x</sub> à IXELLES (R002) - EVOLUTION dans le TEMPS**  
**DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES**  
 Période "JANVIER - DECEMBRE"

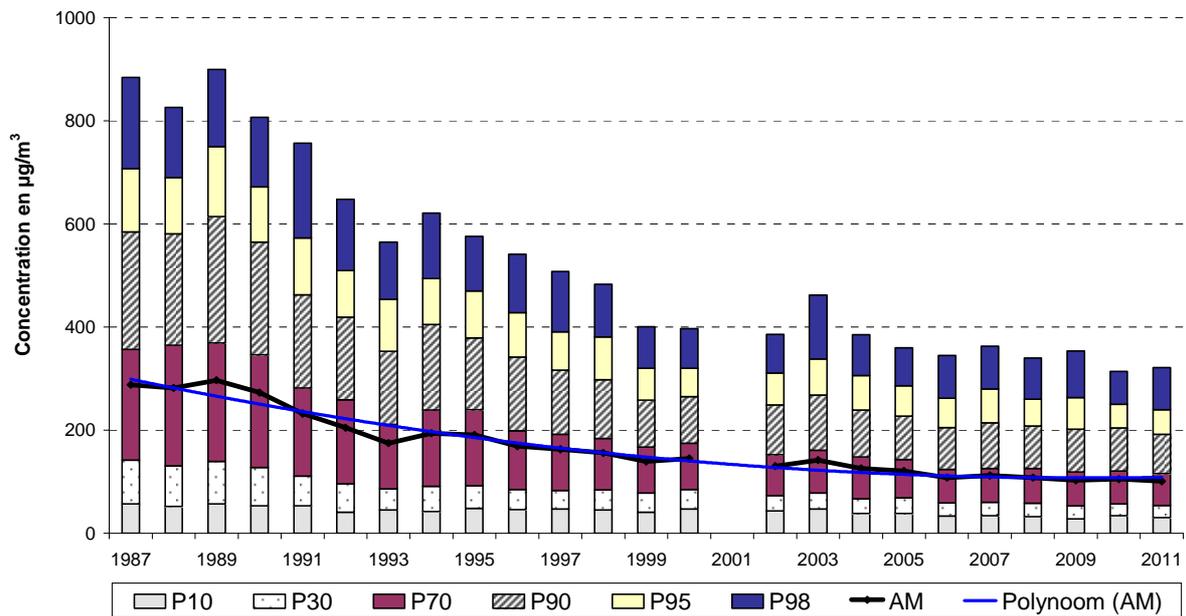


Fig. 4.19: Évolution des concentrations en NO<sub>x</sub> à Ixelles (R002). Période 1987 - 2011

#### **4.1.4 Rendement et fiabilité des données en NO<sub>x</sub>**

À l'annexe I de la directive 2008/50/CE sont formulés des objectifs concernant la qualité des données de mesure et la collecte des résultats pour évaluer la qualité de l'air. Pour des mesures continues, une précision de 15% est requise ainsi qu'un enregistrement minimal de données de 90%.

La qualité des résultats de mesure est déterminée notamment par la précision du standard primaire (référence) et du standard de transfert (environ 2%), la reproductibilité du test interne de chaque poste de mesure (environ 1%) et l'écart autorisé pour les tests de contrôle réguliers (actuellement 6% pour le NO et 7% pour le NO<sub>2</sub>).

La fiabilité du système de référence (banc d'étalonnage CELINE) est régulièrement contrôlée par la participation à des tests comparatifs internationaux, dans le cadre des programmes de qualité organisés par la CE ou l'OMS. Après concertation au sein de la cellule de coopération interrégionale, l'IBGE et la Région wallonne ont participé en 1998 à des tests de l'OMS (Offenbach) sur le NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO et BTX ; en 1999 le VMM (Vlaamse Milieu Maatschappij) a participé au test de la CE (Essen) sur le NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, CO et SO<sub>2</sub> et en 2011 au test de l'EU à Ispra.

En 1999, 2000 et 2004, le VMM, avec le support du banc d'étalonnage commun de CELINE et de l'IBGE, a participé à des campagnes d'intercomparaison à Essen (1999 - SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> en CO), Londres (2000 - O<sub>3</sub>) et à Paris (AirParif 2004 - NO<sub>x</sub> en O<sub>3</sub>). En 2004 et 2005 l'Issep (Institut scientifique public de la Région wallonne) a participé à des tests d'intercomparaison avec des réseaux de mesure en France. En 2006, l'Issep a participé à une exercise à Langen, organisée par OMS/JRC et, en 2007, la VMM a participé à un test organisé à Essen. À chaque occasion, des résultats particulièrement bons ont été atteints.

La majeure partie des mesures ont une précision nettement supérieure au taux d'insécurité imposé, qui est de 15%. Grâce aux améliorations techniques l'ensemble du système de mesure est devenu plus stable dans le temps et la saisie de données est actuellement d'environ 90% (voir tableau IV.9) aux différents postes de mesure. Les principales améliorations techniques ont consisté en l'installation de sécheurs à membrane (du type « *permapure* ») dans le circuit de l'air "*zero et span*", en la mise en service de contrôleurs de débits massiques pour régler la dilution des concentrations étalon ainsi qu'en la migration vers des appareils de mesure NO<sub>x</sub> qui ne connaissent qu'une dérive minimale du signal de mesure.

Tableau IV.9: **VALEURS HORAIRES en NO<sub>x</sub>: Saisie de données**

Rendement (en%) = nombre de valeurs horaires validées / nombre de périodes horaires

PÉRIODE ANNUELLE : 1 JANVIER – 31 DECEMBRE

%	R001	R002	B003	B004	B005	B006	B011	R012	N043	MEU1	WOL1	E013
1981	66.8							48.8				
1982	56.7							31.1				
1983	49.4							59.8				
1984	67.3							64.5				
1985	58.1							56.8				
1986	68.5	33.2						68.5				
1987	71.4	94.0						72.6				
1988	69.4	95.5						73.0				
1989	76.5	95.8						80.6				
1990	73.6	94.0						66.1				
1991	79.9	71.2						84.1				
1992	79.2	75.0						74.1				
1993	81.6	66.5	76.3				88.5	82.9				
1994	76.6	83.5	77.3				89.0	84.5			67.2	
1995	83.2	81.3	50.0				85.5	84.3			89.5	
1996	74.7	79.8	83.1				84.2	84.6			91.8	58.8
1997	80.0	77.0	86.8				77.8	86.1			82.1	73.6
1998	83.9	84.0	86.5				84.9	88.4	88.0		89.7	86.7
1999	91.0	90.0	89.2				88.8	92.6	91.9	14.2	87.7	86.9
2000	90.6	90.1	92.9	5.8			92.9	93.2	88.9	86.1	93.6	71.7
2001	94.7	37.3	87.9	93.9	19.5	27.9	92.4	93.0	91.9	92.4	25.0	46.7
2002	93.4	59.8	43.9	93.6	92.1	95.1	86.8	89.5	86.7	93.2	88.5	69.4
2003	94.4	94.2	92.1	95.3	94.2	92.6	95.6	94.2	95.5	95.2	91.3	91.3
2004	94.9	97.0	95.0	97.0	93.8	96.9	90.0	96.6	94.6	95.6	92.0	90.8
2005	96.4	96.6	92.5	92.1	95.6	96.8	96.9	94.2	94.9	94.4	89.4	92.7
2006	95.7	94.3	95.4	16.1	95.0	95.0	93.3	96.9	91.5	96.3	92.6	93.7
2007	96.3	96.7	94.9		90.1	90.1	96.8	96.8	93.1	88.2	91.8	73.0
2008	96.3	97.4	60.8	76.8	96.7	97.0	94.4	95.6	86.8	96.2	95.8	16.3
2009	96.2	96.8	--	97.0	84.1	97.2	96.5	96.2	94.0	96.0	95.2	--
2010	96.5	94.4	--	97.1	88.1	95.3	96.0	95.4	96.5	52.6	93.3	91.0
2011	97.3	97.7	--	95.6	97.4	94.2	96.4	97.0	97.4	26.5	94.0	82.9

Série incomplète de données – (re)mise en service

Plus de 90% de données disponibles

## 4.2 OZONE (O<sub>3</sub>)

L'ozone est un polluant typique de la période estivale en Europe occidentale. L'ozone est toujours présent en concentration relativement stable dans la zone de la troposphère juste au-dessus de la couche de mélange. Dans les couches inférieures de la troposphère (la couche de mélange), la concentration d'ozone est moins stable et peut varier du niveau zéro à environ 200 à 250 µg/m<sup>3</sup> les jours d'été à grande chaleur. L'ozone n'est pas émis directement dans l'atmosphère mais est le résultat d'un processus complexe de réactions photochimiques. C'est pourquoi l'ozone est qualifié de '*polluant secondaire*'.

Lors des périodes ensoleillées et par températures élevées, un processus de réaction est initié, sous l'effet des rayons UV du spectre solaire, dans les masses d'air déjà polluées par des oxydes d'azote et des composés organiques volatils (COV). La concentration d'ozone augmente en cours de journée et atteint sa valeur maximale en fin d'après-midi ou en soirée. Les oxydes d'azote et les COV sont appelés '*précurseurs*' de la formation d'ozone.

Le niveau de concentration atteint dépend de nombreux paramètres : l'*intensité des rayons UV et la durée*, la *température*, la *nébulosité*, l'*hygrométrie*, la *stabilité des couches atmosphériques*, la *hauteur de la couche de mélange*, la *vitesse* et la *direction du vent*, etc. ...

L'air provenant du continent est plus sec et déjà plus pollué que les masses d'air arrivant de l'océan. Un vent fort a un effet plus diluant qu'un vent faible. Lorsque l'atmosphère est instable, le mélange en hauteur se fait mieux et les concentrations au sol sont plus faibles.

Lorsque les couches atmosphériques sont plus stables ou que la hauteur de couche de mélange est plus basse, la pollution reste concentrée dans une couche d'air plus mince. Dans ce cas, les concentrations sont plus importantes qu'habituellement. Dans le commentaire des paramètres météorologiques (chapitre 2), il a été signalé que les concentrations d'ozone les plus élevées sont généralement précédées d'une inversion de température (inversion au sol) en matinée.

La concentration d'ozone en un endroit précis est toujours le résultat de deux processus simultanés : un processus de '*formation d'ozone*' évoluant assez lentement (plusieurs heures) et un processus de '*destruction d'ozone*' assez rapide (d'une à quelques minutes). La photolyse (scission sous l'influence de photons) d'une molécule de NO<sub>2</sub> est à la base de la formation d'ozone.



L'atome d'oxygène libéré réagit avec une molécule d'oxygène pour former de l'ozone :



La principale réaction qui donne lieu à la destruction d'ozone est la réaction directe avec du monoxyde d'azote :



En l'absence de composés organiques volatils, un équilibre dynamique devrait s'établir entre la formation d'ozone (équ. 4.4 et 4.5) et la destruction d'ozone (équ. 4.6). Cet équilibre est toutefois perturbé du fait que le NO est en grande partie oxydé en NO<sub>2</sub> dans une réaction avec des radicaux provenant de composés organiques volatils. Par conséquent, le NO n'est pas disponible pour la destruction d'ozone et le NO<sub>2</sub> formé peut à nouveau être scindé sous l'influence des rayons UV et former de l'ozone.

Une même molécule de NO<sub>2</sub> peut en quelque sorte engendrer la formation de plusieurs molécules d'O<sub>3</sub>. Ce processus en chaîne peut donner lieu à une formation d'ozone excédentaire, même en cas de faible concentration des *précurseurs*.

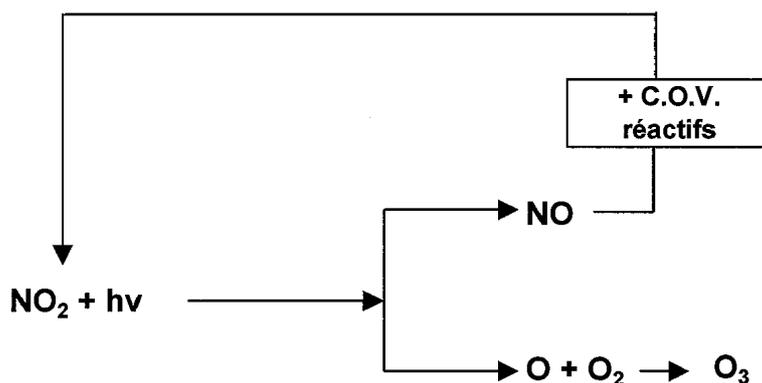


Fig. 4.20: formation excessive d'ozone (schéma simplifié)

Les polluants entraînant la formation et la destruction d'ozone appartiennent au même groupe et proviennent dans une large mesure des mêmes sources (trafic routier). Des mesures d'urgence pour une réduction immédiate des émissions de *précurseurs* entraînent également une réduction de la destruction d'ozone. On pourrait donc obtenir un résultat contraire à celui visé.

Généralement on admet qu'une diminution claire de la pollution d'ozone ne peut intervenir qu'à condition que les réductions d'émissions des précurseurs soient réalisées de manière draconienne (~50 à 60%), à grande échelle (une grande partie de l'Europe de l'Ouest) et de façon durable dans le temps.

Phénomène de week-end: Une indication de l'augmentation éventuelle de la concentration d'ozone, lors d'une réduction brusque et temporaire des émissions, est la différence marquée de la concentration d'ozone un "jour ouvrable moyen" par rapport à un "un jour de week-end ou un jour férié moyen". Tout comme pour les étés précédents (1994 à 2008), les concentrations d'ozone pendant les étés 2009, 2010 et 2011 ont été, en moyenne, plus élevées les jours non-ouvrables.

De nouveau, il apparaît que cette différence n'est pas due à la situation météorologique qui serait significativement différente les jours ouvrables et les jours non-ouvrables. L'hypothèse la plus probable pour expliquer cette différence provient du changement du modèle d'émission (situation du trafic) les jours ouvrables et non-ouvrables. Les week-ends et jours fériés les émissions sont plus faibles. Il y a dès lors moins de NO présent dans l'air et la destruction de l'ozone devient moins importante.

Dans ses rapports d'été l'AEE (Agence Européenne d'Environnement) consacre également de l'attention à ce phénomène de « week-end ». Il apparaît que l'on peut constater dans la plupart des postes de mesure des pays membres de la CE, une différence marquée en concentration d'ozone le week-end et les jours ouvrables. Aux Etats-Unis, ce phénomène est le sujet d'un programme de recherche qui rassemble toutes les informations (émissions et concentrations) historiques disponibles afin d'étudier ce phénomène et les tendances par rapport aux évolutions des émissions en  $\text{NO}_x$  et COV.

*Dispersion spatiale de la concentration en ozone:* le processus de formation d'ozone seul, entraînerait peut-être une concentration d'ozone pratiquement homogène au-dessus de la Région. La distribution spatiale de la concentration d'ozone n'est toutefois pas homogène, en raison surtout de la destruction d'ozone qui peut varier d'un endroit à l'autre.

En général, au centre-ville et à proximité des axes routiers (surplus en NO) la destruction d'ozone l'emporte sur la formation. Dans la périphérie et en aval des grandes villes la formation d'ozone devient plus importante que sa destruction. C'est bien dans ces endroits qu'on retrouve les concentrations en ozone les plus élevées.

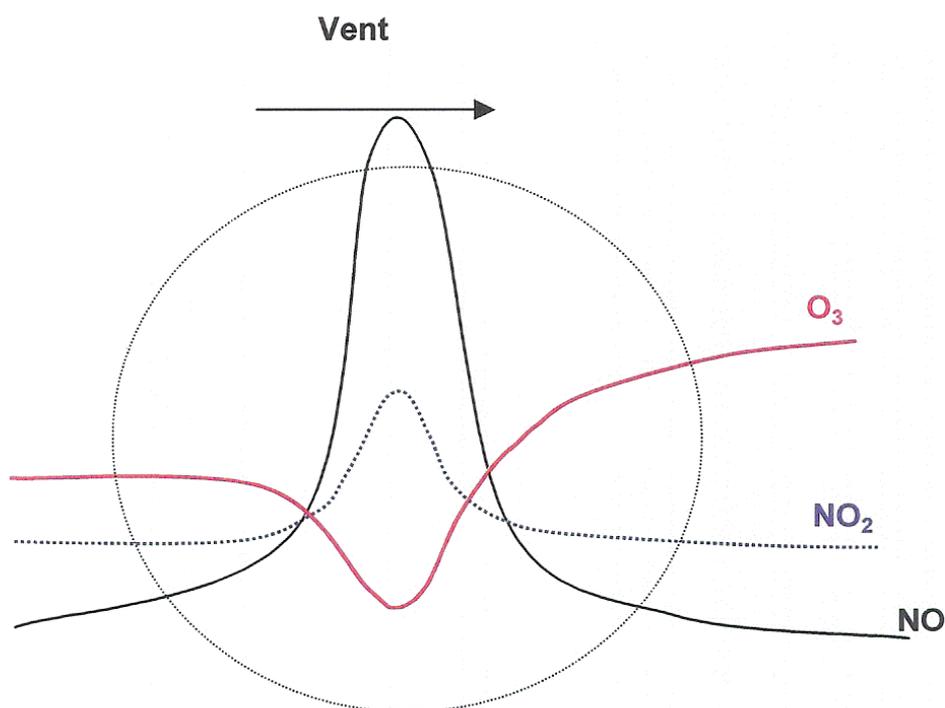


Fig. 4.21: Destruction de l'ozone au centre-ville par l'excès de NO provenant du trafic. Formation d'ozone plus importante en périphérie et en aval des grandes villes.

Les concentrations d’ozone en Région de Bruxelles-Capitale sont mesurées en permanence à 7 endroits différents du réseau télémétrique:

- Uccle (41R012) depuis 1986
- Berchem-Ste-Agathe (41B011) depuis janvier 1993
- Woluwé-St.-Lambert (41WOL1) depuis mars 1994
- Molenbeek (41R001) depuis septembre 1997
- Avant Port à Haren (41N043) depuis juillet 1998
  
- Ste-Catherine (41B004) depuis décembre 2000
- le Parlement Européen (41B006) depuis septembre 2001

#### 4.2.1 Réglementation O<sub>3</sub>

La directive 2008/50/CE fixe **deux valeurs cibles** :

- **120 µg/m<sup>3</sup>** comme **le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures**, à ne pas dépasser plus de **25** jours par année civile, moyenne calculée sur 3 ans
- **18.000 µg/m<sup>3</sup>.h** comme **AOT-40**, moyenne sur 5 ans, calculée à partir des valeurs sur 1 heure de mai à juillet (entre 8 et 20 heures de l’Europe centrale)

Définition “*valeur cible*” : un niveau fixé dans le but d’éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l’environnement dans son ensemble, à atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée.

Les valeurs cibles sont à atteindre à partir de 2010 : autrement dit, 2010 sera la première année dont les données seront utilisées pour calculer la conformité sur les 3 ou 5 années suivantes, selon le cas.

La directive 2008/50/CE fixe également deux objectifs à long terme :

- **120 µg/m<sup>3</sup>** comme **le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures**, pendant une année civile
- **6.000 µg/m<sup>3</sup>.h** comme **AOT-40**, calculée à partir de valeurs sur 1 heure de mai à juillet (entre 8 et 20 heures de l’Europe centrale)

Définition “*objectif à long terme*” : un niveau à atteindre à long terme, sauf lorsque cela n’est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d’assurer une protection efficace de la santé humaine et de l’environnement.

La directive 2008/50/CE ne prévoit pas de date de référence pour la réalisation de cet objectif à long terme.

En plus la directive 2008/50/CE fixe un **seuil d'information** et un **seuil d'alerte** :

- *seuil d'information* : **180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  comme **valeur horaire**
- *seuil d'alerte* : **240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  comme **valeur horaire**

Définition "*seuil d'information*" : un niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine des groupes particulièrement sensibles de la population et pour lequel des informations immédiates et adéquates sont nécessaires.

Définition "*seuil d'alerte*" : un niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de l'ensemble de la population et à partir duquel les États membres doivent immédiatement prendre des mesures

*Pour la mise en œuvre de l'article 24 (plan d'actions à court terme) de la directive 2008/50/CE le dépassement du seuil doit être mesuré ou prévu pour trois heures consécutives.*

#### 4.2.2 Valeurs d'ozone mesurées

Le tableau IV.10 reproduit les niveaux horaires d'O<sub>3</sub> obtenus aux postes de mesure de la Région de Bruxelles-Capitale lors des périodes estivales successives '1<sup>er</sup> avril – 30 septembre'. Il s'agit des niveaux des centiles P98 et P50 et de la valeur moyenne (MOY).

Les résultats repris dans les deux tableaux montrent que les concentrations en ozone de l'été 2003 figurent parmi les plus élevées depuis le début des observations. Cette période estivale était la plus chaude depuis l'été 1976, lorsqu'il y a eu lieu à Bruxelles (section "Air" de l'IHE) une première tentative de mesurer la présence d'ozone, préalablement à l'installation des appareils de mesure O<sub>3</sub> dans le réseau télémétrique. Les résultats de ces tests n'ont pas été conservés mais des concentrations horaires en ozone entre 200 et 240 µg/m<sup>3</sup> ont été observées régulièrement (plusieurs jours) durant la période de canicule de fin juin 1976.

Pour les années 2009 à 2011, il y a eu relativement peu de valeurs élevées en ozone pendant les périodes estivales. En effet ces périodes estivales appartiennent au moins riches en ozone depuis le début des mesures. Le nombre le plus faible de dépassements a été noté durant la période estivale de 2011. Par contre, durant le mois d'avril 2011, des concentrations d'ozone inhabituellement élevées pour cette période de l'année et presque estivales, ont été enregistrées.

Au vu de la comparaison des résultats, il semble que les concentrations en ozone les plus élevées ont été mesurées à Uccle (R012), à Berchem-Ste-Agathe (B011) et au Parlement européen (B006). Les niveaux de concentrations à Molenbeek (R001), St.-Catherine (B004), l'Avant Port (N043) et Woluwé-St-Lambert (WOL1) sont plus faibles.

Les postes de mesures à Uccle (R012) et Berchem (B011) sont moins directement sous influence des émissions du trafic. Ceci est également le cas, dans une moindre mesure, pour le poste situé au Parlement européen (B006). A proximité de ces sites, les émissions en NO ainsi que la destruction de l'ozone sont plus faibles. Ces postes sont quasi idéalement situés pour pouvoir mesurer des concentrations élevées d'ozone à l'intérieur d'une agglomération.

Une grande destruction locale de l'ozone, entre autres par les émissions de NO liées à la densité de circulation, aux postes de mesure de Molenbeek, Ste-Catherine, l'Avant Port et Woluwé est responsable des concentrations plus faibles en ozone. Aux centres-ville et à proximité des axes routiers (surplus en NO), la destruction d'ozone l'emporte en général sur sa formation. Dans la périphérie et en aval des grandes villes, la formation d'ozone devient plus importante que sa destruction.

L'évolution de la concentration moyenne annuelle, calculée sur base des valeurs semi horaires disponibles, est représentée dans le tableau IV.11.

Tableau IV.10 : **OZONE : VALEURS HORAIRES : Centiles P98 et P50**  
**Période ESTIVALE : 1 AVRIL – 30 SEPTEMBRE**  
 [ Concentration en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ]

P98	R001	B004	B006	B011	R012	N043	WOL1
1994				168	169		144
1995				182	183		168
1996				140	140		127
1997	--			161	149		124
1998	113			131	128	--	104
1999	120			138	146	126	109
2000	108			123	129	93	97
2001	128	122	--	149	151	135	--
2002	114	118	119	127	127	113	98
2003	144	150	152	162	169	147	139
2004	111	118	121	133	135	112	125
2005	118	127	123	134	139	114	112
2006	136	--	141	158	159	135	132
2007	103	--	120	124	132	113	103
2008	114	130	123	139	139	113	116
2009	108	112	121	124	129	110	102
2010	122	122	128	135	137	108	118
2011	106	113	116	124	126	106	111

P50	R001	B004	B006	B011	R012	N043	WOL1
1994				43	51		35
1995				45	48		36
1996				42	44		32
1997	--			46	49		33
1998	43			48	51	--	36
1999	38			50	58	35	37
2000	38			45	50	27	30
2001	41	38	--	50	53	37	--
2002	41	41	48	47	51	36	32
2003	46	49	58	56	61	40	44
2004	41	43	50	49	55	35	45
2005	43	45	48	48	50	35	39
2006	45	--	53	54	58	38	43
2007	38	--	45	44	49	34	34
2008	44	45	50	50	57	32	40
2009	46	45	53	51	57	37	40
2010	44	43	52	48	54	37	41
2011	44	44	52	49	53	34	42

-- : moins de 50% de données - (re)mise en service

Suite du tableau IV.10 : VALEURS HORAIRES OZONE

**CONCENTRATION MOYENNE [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]**  
**Période ESTIVALE : 1 AVRIL – 30 SEPTEMBRE**

MOY	R001	B004	B006	B011	R012	N043	WOL1
1994				49	56		42
1995				53	58		45
1996				47	48		37
1997	--			52	53		38
1998	45			50	53	--	38
1999	42			54	61	41	40
2000	40			48	52	31	33
2001	44	42	--	53	57	43	--
2002	43	44	50	49	52	40	35
2003	50	53	61	59	64	46	48
2004	43	46	52	51	57	39	47
2005	45	47	51	50	54	39	42
2006	49	--	57	57	62	43	47
2007	40	--	48	47	53	38	37
2008	45	48	52	53	59	36	43
2009	48	47	56	54	60	41	43
2010	46	45	53	50	55	39	43
2011	46	47	54	52	56	37	45

-- : moins de 50% des données - (re)mise en service

Tableau IV.11 : **OZONE – CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]**  
**Période ANNUELLE : 1 JANVIER – 31 DÉCEMBRE**

CALCUL sur base de VALEURS SEMI HORAIRES

MOY	R001	B004	B006	B011	R012	N043	WOL1
1986					35		
1987					32		
1988					30		
1989					37		
1990					38		
1991					31		
1992					29		
1993				30	34		
1994				34	41		37
1995				41	42		34
1996				31	34		27
1997	--			38	40		27
1998	34			38	41		29
1999	33			41	47	30	32
2000	33			39	43	25	27
2001	31	28	--	39	41	29	--
2002	33	32	38	38	41	30	27
2003	35	35	41	42	45	32	34
2004	30	32	38	38	43	28	33
2005	32	33	37	39	41	28	32
2006	35	--	40	43	46	31	35
2007	31	--	36	38	42	30	30
2008	35	37	40	41	47	29	34
2009	35	34	41	41	47	30	31
2010	33	33	39	38	43	28	32
2011	34	33	41	40	44	28	33

-- : moins de 50% des données - (re)mise en service

#### 4.2.3 Dépassements des valeurs seuils pour l'ozone – directive 2008/50/CE

##### Valeur cible pour la santé humaine

Selon la directive, le nombre de jours avec une valeur maximale sur 8 heures supérieure à  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , moyenné sur 3 années, ne peut excéder 25 à partir de l'an 2010. Autrement dit, 2010 sera la première année dont les données seront utilisées pour calculer la conformité sur la période des 3 années suivantes (2010-2011-2012). Le tableau IV.12 donne l'évolution des dépassements de la valeur cible pour la santé humaine. Les résultats représentent, par poste de mesure et pour l'ensemble de la Région de Bruxelles-Capitale, le nombre de jours avec dépassement, moyenné sur trois ans.

**Tableau IV.12 : OZONE - NOMBRE de JOURS par AN, moyenné sur 3 ans, avec VALEUR MAXIMALE sur 8 HEURES supérieure à  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$**

VALEURS sur 8 HEURES calculées sur base de VALEURS SEMI HORAIRES  
Base de temps : Temps de l'Europe Centrale

Période	R001	B004	B006	B011	R012	N043	WOL1	RBC
1986 - 1988					(5)			
1987 - 1989					14			
1988 - 1990					19			
1989 - 1991					22			25
1990 - 1992					17			21
1991 - 1993					16			18
1992 - 1994					22			25
1993 - 1995				28	31			31
1994 - 1996				29	29		17	31
1995 - 1997				30	28		14	31
1996 - 1998				21	18		8	22
1997 - 1999				22	23		6	25
1998 - 2000	7			15	18		4	19
1999 - 2001	10			19	23	10	(4)	23
2000 - 2002	10			17	18	9	3	19
2001 - 2003	15	15		27	26	17	11	29
2002 - 2004	12	14	17	24	24	14	11	27
2003 - 2005	12	16	17	25	26	14	12	29
2004 - 2006	12	11	16	22	25	12	11	26
2005 - 2007	11	--	15	20	24	11	8	24
2006 - 2008	9	--	16	22	26	11	8	25
2007 - 2009	3	15	10	15	19	7	4	18
2008 - 2010	6	13	12	17	19	7	7	18
2009 - 2011	7	9	10	13	16	5	6	15

*Les résultats de ce tableau sont calculés en tenant compte d'une disponibilité de 75% des valeurs sur 8 heures pour la validation de la valeur maximale sur 8 heures de la journée. Les valeurs sur 8 heures sont calculées si au moins 75% des valeurs semi horaires sont disponibles ; le temps est celui de l'Europe Centrale.*

Pour les années 2009, 2010 et 2011 il y a eu, sur l'ensemble de la Région, respectivement 15, 17 et 14 jours de dépassement. Ces nombres figurent parmi les plus faibles depuis le début des mesures. Seulement la période 1991-1993 était comparablement pauvre en dépassements d'ozone. Les années avec un temps estival chaud et ensoleillé durant les mois de juillet ou août connaissent normalement plus de 25 jours de dépassement. Apparemment, ce nombre est plus limité pour les périodes estivales avec un temps modéré au cours de ces deux mois.

Les mesures d'ozone à Bruxelles commencent en 1986. Les millésimes avec étés riches en ozone durant cette période sont 1989, 1990, 1994, 1995, 2003 et 2006. Le plus grand nombre de jours avec dépassement de la valeur maximale sur 8 heures a été relevé en 2003 (45 jours de dépassement), suivi par 1995 (43) et 2006 (36). Dans ces cas, le nombre de jours correspondant, moyenné sur 3 ans, peut être supérieur aux 25 jours de dépassement autorisés.

En moyenne sur 3 ans, le nombre de jours de dépassement varie entre 20 et 30. Deux périodes estivales moyennement riches en ozone, ou un été très riche, sur trois ans peuvent entraîner un dépassement de la valeur moyenne de 25 jours, valeur cible à partir de 2010. Le nombre moyen de jours de dépassement sur plus long terme (1989-2011) s'approche de 23. Compte tenu de la tendance légèrement à la hausse de la concentration moyenne d'ozone, aucun garanti ne peut être donné à l'heure actuelle en ce qui concerne le respect de cet objectif.

L'évolution du nombre de jours avec dépassement de la valeur cible, à savoir  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en tant que valeur maximale journalière sur 8 heures, est représentée à la figure 4.22 et 4.23, respectivement pour les postes de mesure d'Uccle et de Berchem. Les graphiques donnent le nombre de jours avec dépassement par an, le nombre moyen par période de 3 ans et le nombre moyen depuis le début des mesures. Le graphique de la figure 4.24 donne des résultats similaires pour l'ensemble de la Région de Bruxelles-Capitale.

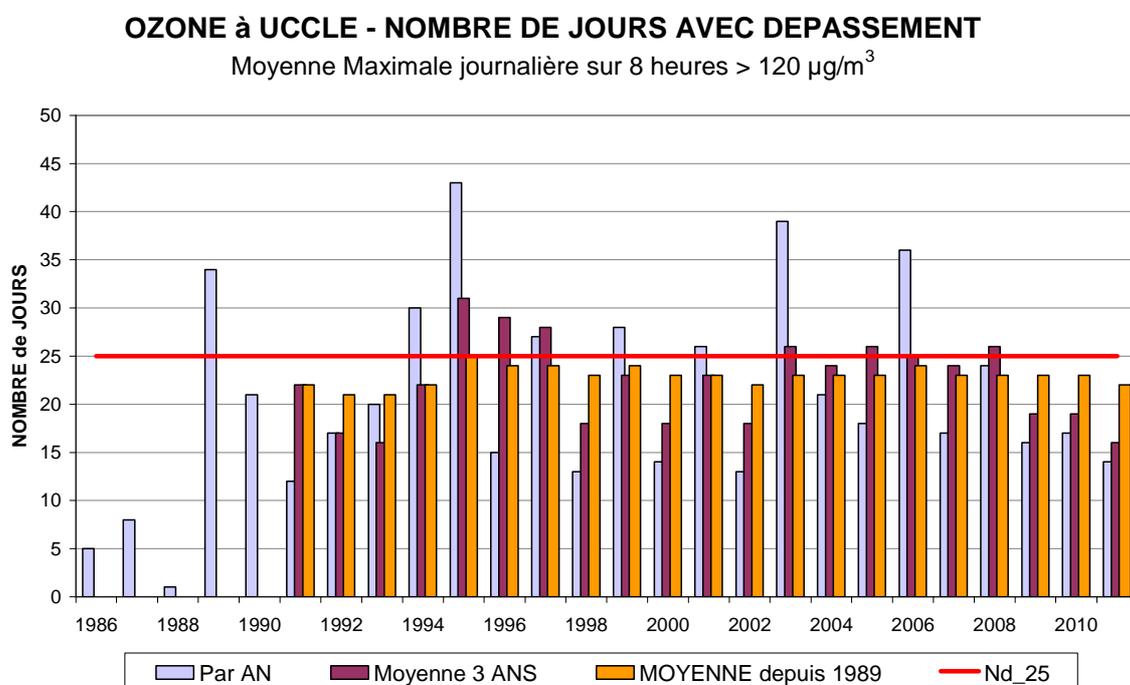


Fig. 4.22 : Ozone à Uccle – nombre de jours de dépassement de la valeur cible pour la santé  
Nombre de jours avec dépassement par an, nombre moyen par période de trois ans  
et nombre moyen depuis le début des mesures

### OZONE à BERCHEM - NOMBRE DE JOURS AVEC DEPASSEMENT

Moyenne Maximale journalière sur 8 heures > 120 µg/m<sup>3</sup>

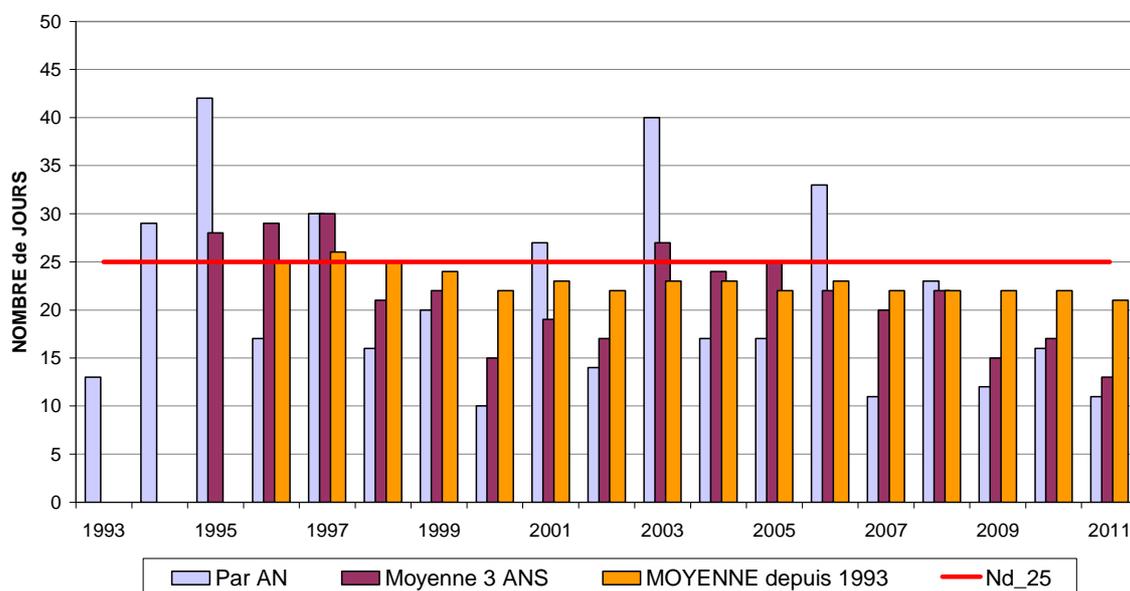


Fig. 4.23 : Ozone à Berchem – nombre de jours de dépassement de la valeur cible pour la santé  
Nombre de jours avec dépassement par an, nombre moyen par période de trois ans  
et nombre moyen depuis le début des mesures

### OZONE - NOMBRE DE JOURS AVEC DEPASSEMENT

Moyenne Maximale journalière sur 8 heures > 120 µg/m<sup>3</sup>  
REGION de BRUXELLES-CAPITALE

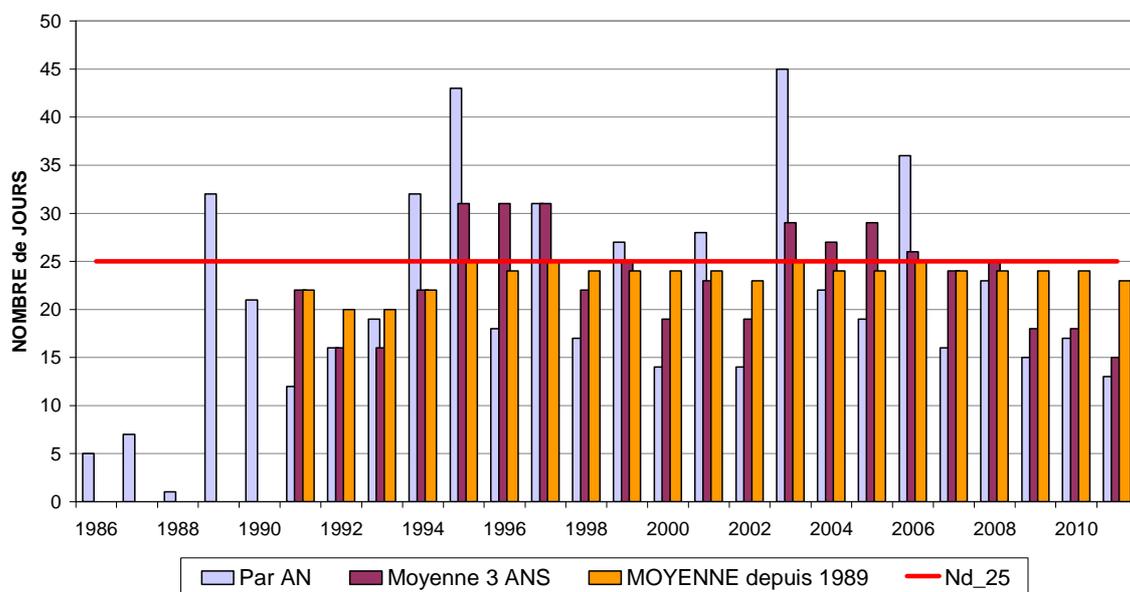


Fig. 4.24 : Ozone – nombre de jours avec dépassement de la valeur cible pour la santé.  
Nombre de jours avec dépassement par an, nombre moyen par période de trois ans  
et nombre moyen depuis le début des mesures – sur l'ensemble de la Région

### Valeur cible pour la végétation :

La directive sur l'O<sub>3</sub> fixe également une valeur cible pour la protection de la végétation : l'**AOT40 estimée** (= l'AOT40 mesurée et corrigée à 100%) dans la période de mai à juillet, entre 8 et 20 h, heure de l'Europe centrale, et moyenné sur 5 ans, ne peut être supérieur à **18.000 µg/m<sup>3</sup>.h**. La valeur cible devra être atteinte en 2010. Autrement dit, 2010 sera la première année dont les données seront utilisées pour calculer la conformité sur la période des 5 années suivantes (2010-2011-2012-2013-2014).

L'objectif à plus long terme est une AOT40 qui ne dépasserait pas **6.000 µg/m<sup>3</sup>.h**.

Cette exposition au-dessus de 40 ppb (= 80 µg/m<sup>3</sup>) est calculée comme suit : pour la période considérée '*1<sup>er</sup> mai – 31 juillet*', pour chaque valeur horaire de l'O<sub>3</sub> supérieure à 80 µg/m<sup>3</sup>, on fait la somme de tous les soldes positifs.

Cette **AOT40 mesurée** n'est acceptée que si au moins 90% des valeurs horaires sont disponibles. Par après l'AOT40 mesurée est corrigée pour une disponibilité de 100% des valeurs horaires. L'**AOT40 estimée** est alors obtenue :

$$\text{AOT40}_{\text{(estimée)}} = \text{AOT40}_{\text{(mesurée)}} * (\text{nombre total d'heures} / \text{nombre d'heures disponibles})$$

Il y a un lien entre l'**AOT40-MJ** (*mai-juillet*) ainsi calculée et le rendement moyen des terres agricoles et des prairies. Pour les dégâts aux forêts, un niveau **AOT40-AS** (*avril-septembre*) est calculé pendant une période de 6 mois, soit d'avril à septembre. La valeur cible de l'AOT40 calculée pour cette période est de 20.000 µg/m<sup>3</sup>.h.

Les niveaux **AOT40-MJ** (*mai-juillet*), moyennés sur 5 ans, sont énumérés dans le tableau IV.13. L'évolution des niveaux AOT40-MJ, observés dans certains postes de mesure, est graphiquement représentée à la figure 4.25. Des lignes horizontales, traversant le graphique, indiquent les niveaux correspondants à la valeur cible (18.000 µg/m<sup>3</sup>.h) et à l'objectif à plus long terme (6.000 µg/m<sup>3</sup>.h).

En moyenne sur 5 ans, dans aucun des postes de mesure, on ne relève de valeur de l'AOT40-MJ (*mai-juillet*) supérieure à 18.000 µg/m<sup>3</sup>.h. Des valeurs inférieures à l'objectif à long terme, à savoir 6.000 µg/m<sup>3</sup>.h, sont pour l'instant loin d'être accessibles dans les postes de mesure d'Uccle (R012) et de Berchem-Ste-Agathe (B011).

Les niveaux **AOT40-AS** (*avril-septembre*), moyennés sur 5 ans, sont énumérés dans le tableau IV.14. L'évolution des niveaux, observés dans certains postes de mesure, est graphiquement représentée à la figure 4.26. Le niveau de la valeur cible de 20.000 µg/m<sup>3</sup>.h est également indiqué par une ligne horizontale. Pour les années avec une période estivale chaude, les résultats de l'**AOT40-AS** (*avril-septembre*) de ces années, obtenus à Uccle et Berchem, sont assez proches ou peuvent dépasser légèrement la valeur de 20.000 µg/m<sup>3</sup>.h.

Les résultats AOT obtenus pour la période 2007-2011 (cfr. tableau IV.13 et IV.14) révèlent que la qualité médiocre des périodes estivales 2009, 2010 et 2011 est la cause de la diminution importante des valeurs AOT en moyenne sur les 5 dernières années.

Tableau IV.13 : **AOT40-MJ, MOYENNE sur 5 ANS**

AOT40-MJ – période **MAI – JUILLET** (8 – 20 h – heure de l'Europe centrale)

[ AOT40 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$  – Calculé pour une disponibilité de 100%]

Période	AOT40 – MAI-JUILLET						
	R001	B004	B006	B011	R012	N043	WOL1
1986 – 1990					13.223		
1987 – 1991					12.914		
1988 – 1992					14.292		
1989 – 1993					15.906		
1990 – 1994					15.086		
1991 – 1995					16.366		
1992 – 1996					17.404		
1993 – 1997				15.273	16.554		
1994 – 1998				15.656	16.181		8.654
1995 – 1999				13.691	14.810		6.545
1996 – 2000				11.134	11.398		4.606
1997 – 2001	5.111			11.522	12.049		3.165
1998 – 2002	6.100			10.614	11.885	5.462	2.735
1999 – 2003	6.846			11.797	13.736	7.226	3.626
2000 – 2004	5.901	5.862		10.420	12.056	6.138	3.713
2001 – 2005	6.856	7.906	7.164	11.359	13.295	7.158	4.422
2002 – 2006	8.527	(8.106)	10.708	13.313	15.178	7.851	7.033
2003 – 2007	8.108	(9.090)	10.499	13.011	15.033	7.784	7.087
2004 – 2008	7.574	(9.051)	9.736	12.660	14.634	7.313	6.998
2005 – 2009	7.748	(9.363)	10.152	13.114	15.048	7.609	6.587
2006 – 2010	7.551	(8.578)	10.176	12.902	14.742	7.188	6.658
2007 – 2011	5.037	7.507	7.610	9.456	11.221	4.853	4.675

( ) : moyenne sur 3 ans dans une période de 5 ans

Tableau IV.14 : **AOT40-AS, MOYENNE sur 5 ANS**

AOT40-AS – période **AVRIL – SEPTEMBRE** (8 – 20 h – heure de l'Europe centrale)

[ AOT40 en  $\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$  – Calculé pour une disponibilité de 100%]

Période	AOT40 – AVRIL - SEPTEMBRE						
	R001	B004	B006	B011	R012	N043	WOL1
1986 - 1990					20.116		
1987 – 1991					20.858		
1988 – 1992					21.949		
1989 – 1993					23.654		
1990 - 1994					22.947		
1991 - 1995					23.524		
1992 – 1996					23.943		
1993 – 1997				23.494	24.929		
1994 – 1998				24.266	24.482		13.981
1995 – 1999				22.811	23.757		12.038
1996 – 2000				18.464	18.739		7.618
1997 – 2001	7.060			18.710	19.598		5.469
1998 – 2002	8.313			15.386	17.926	7.677	4.169
1999 – 2003	10.750			18.828	22.491	11.358	6.464
2000 – 2004	10.313	10.516		18.036	21.162	10.575	7.324
2001 - 2005	11.247	13.103	12.567	19.047	22.250	11.636	8.145
2002 - 2006	12.380	(13.978)	16.490	20.457	23.615	11.867	10.793
2003 - 2007	12.071	(15.879)	16.444	20.519	24.046	11.878	11.017
2004 - 2008	9.650	(12.276)	13.301	17.621	20.666	9.396	9.276
2005 - 2009	9.847	(7.235)	13.756	17.735	20.815	9.318	8.020
2006 - 2010	9.527	(10.749)	13.541	17.171	20.144	8.783	7.900
2007 - 2011	7.612	10.383	11.727	14.613	17.476	6.991	6.591

( ) : moyenne sur 3 ans dans une période de 5 ans

### OZONE - AOT40-MJ - en MOYENNE sur 5 ANS

Période : MAI - JUILLET - 8-20 h de l'Europe Centrale

AOT calculé pour une disponibilité de 100% des données

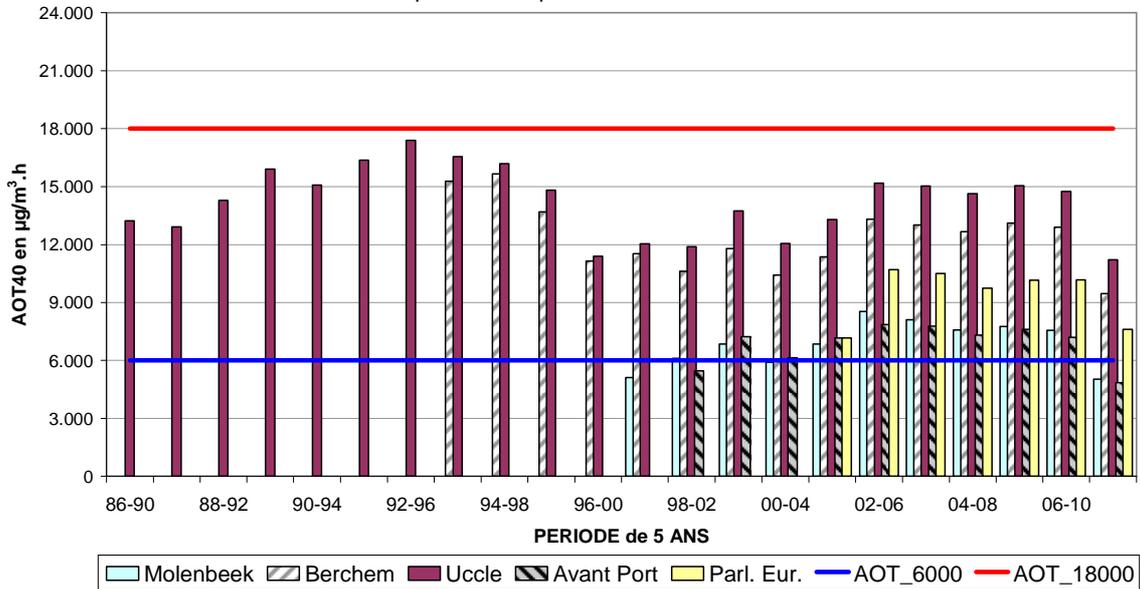


Fig. 4.25 : Ozone – Évolution de l'AOT40-MJ – Résultats moyennés sur 5 ans  
AOT40 de la période Mai-Juillet, de 8 à 20 h – heure de l'Europe centrale  
Valeurs AOT40-estimées pour une disponibilité de 100% des données

### OZONE - AOT40-AS - en MOYENNE sur 5 ANS

Période : AVRIL - SEPTEMBRE - 8-20 h de l'Europe Centrale

AOT calculé pour une disponibilité de 100% des données

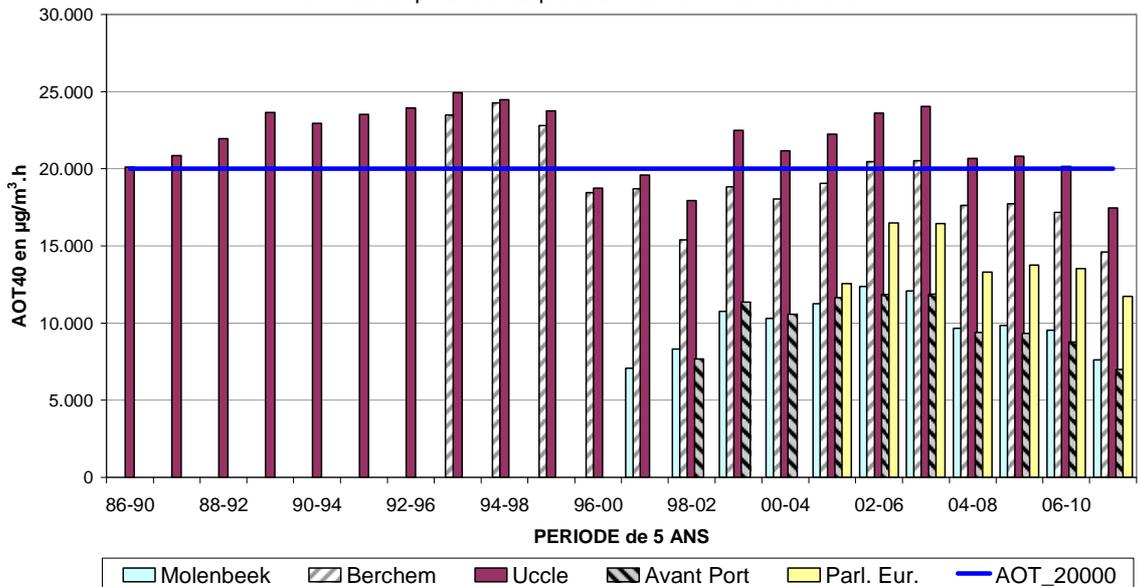


Fig. 4.26 : Ozone – Évolution de l'AOT40-AS – Résultats moyennés sur 5 ans  
AOT40 de la période Avril-Septembre, de 8 à 20 h – heure de l'Europe centrale  
Valeurs AOT40-estimées pour une disponibilité de 100% des données

Seuil d'information – 180 µg/m<sup>3</sup> en tant que valeur horaire :

Le tableau IV.15 représente l'évolution du nombre de jours avec dépassement du seuil d'information à la population. Pour chaque année le nombre de dépassements est donné par poste de mesure et pour l'ensemble de la Région de Bruxelles-Capitale.

**Tableau IV.15 : NOMBRE de JOURS avec DÉPASSEMENT  
du SEUIL d'INFORMATION – 180 µg/m<sup>3</sup>**

Période : JANVIER – DÉCEMBRE  
Résultats par poste de mesure et sur l'ensemble de la Région (RBC)

ANNÉE	R001	B004	B006	B011	R012	N043	WOL1	RBC
1986					(1)			1
1987					(1)			1
1988					(0)			0
1989					12			12
1990					10			10
1991					3			3
1992					6			6
1993				(1)	7			7
1994				9	12		(6)	13
1995				19	20		14	24
1996				1	2		0	2
1997				8	4		0	8
1998	(0)			4	4		1	4
1999	0			4	2	(1)	0	4
2000	0	(0)		1	1	1	0	1
2001	0	0	(0)	3	5	2	(0)	6
2002	0	0	0	1	2	1	0	2
2003	4	7	8	11	11	9	5	12
2004	0	2	0	3	4	3	1	4
2005	2	2	2	3	4	1	2	4
2006	2	(0)	2	8	7	3	1	9
2007	0	--	0	1	1	1	0	1
2008	1	1	1	1	2	1	2	2
2009	1	1	2	2	3	1	0	
2010	0	1	1	1	3	1	0	
2011	0	0	0	0	0	0	0	

() : moins de 90% des données disponibles

La plupart des jours avec dépassement des seuils sur une courte durée (valeurs horaires), ont été enregistrés durant les chaudes périodes estivales, riches en ozone, de 1995 (24 jours), suivi par la période estivale de 1994 (13 jours), 2003 et 1989 (12 jours), 1990 (10 jours) et 2006 (9 jours). Ce constat est en concordance avec ce qui ressort de la présentation graphique de fréquences cumulées (voir plus loin), à savoir la présence plus fréquente de valeurs pics élevées pour l'O<sub>3</sub> durant les périodes estivales les plus chaudes. Pendant les périodes estivales de 2009, 2010 et 2011 il y a eu seulement peu de dépassements du seuil d'information.

Seuil d'alerte – 240 µg/m<sup>3</sup> en tant que valeur horaire :

Le tableau IV.16 donne un aperçu du nombre de jours avec dépassement du seuil d'alerte. Pour chaque année le nombre de dépassements est donné par poste de mesure et pour l'ensemble de la Région de Bruxelles-Capitale.

**Tableau IV.16 : NOMBRE de JOURS avec DÉPASSEMENT  
du SEUIL d'ALERTE – 240 µg/m<sup>3</sup>**

Période : JANVIER – DÉCEMBRE  
Résultats par poste de mesure et pour l'ensemble de la Région (RBC)

ANNÉE	R001	B004	B006	B011	R012	N043	WOL1	RBC
1986					(0)			0
1987					(0)			0
1988					(0)			0
1989					3			3
1990					0			0
1991					0			0
1992					0			0
1993				0	1			1
1994				1	1		(0)	2
1995				2	3		0	3
1996				0	0		0	0
1997				0	0		0	0
1998	(0)			0	0		0	0
1999	0			0	0	(0)	0	0
2000	0	(0)		0	0	0	0	0
2001	0	0	(0)	0	0	0	(0)	0
2002	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	2	1	0	2
2004	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	(0)	0	1	1	1	0	1
2007	0	--	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	1	0	0	1
2009	0	0	0	0	0	0	0	0
2010	0	0	0	0	0	0	0	0
2011	0	0	0	0	0	0	0	0

( ) : moins de 90% des données disponibles

Des valeurs horaires d'ozone supérieures à 240 µg/m<sup>3</sup> à Bruxelles ont seulement été constatées pendant les étés riches en ozone de 1994, 1995, 2003 et 2006. Durant l'été nettement moins chaud de 2008 il y a eu également un seul dépassement du seuil d'alerte. Il n'y a pas eu de dépassements du seuil d'alerte durant les périodes estivales de 2009, 2010 et 2010.

Aperçu des Dépassements selon la directive 2008/50/CE :

Le tableau IV.17 donne un aperçu de l'évolution du nombre de dépassements du seuil d'information ( $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  comme valeur horaire), du seuil d'alerte ( $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  comme valeur horaire) et de la valeur cible ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  comme valeur maximale sur 8 heures de la journée). Il s'agit du nombre de jours où au moins un des postes de mesure de la Région est en situation de dépassement. L'évolution des dépassements, pour l'ensemble de la Région, est graphiquement présentée à la figure 4.27. Pour les postes de mesure d'Uccle et de Berchem les dépassements sont représentés dans les figures 4.28 et 4.29.

Nombre de jours avec :

- valeurs horaires supérieures à  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [Nd\_1Hr > 180]
- valeurs horaires supérieures à  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [Nd\_1Hr > 240]
- valeur maximale sur 8 heures supérieure à  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  [Nd\_8HrMax > 120]
- valeur max. sur 8h >  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , moyenné sur 3 ans [Nd3Yr\_8HrMax > 120]

Tableau IV.17: **OZONE - NOMBRE de JOURS avec DÉPASSEMENT en RBC**  
Période ANNUELLE : 1 JANVIER – 31 DÉCEMBRE

ANNÉE	Nd_1Hr > 180	Nd_1Hr > 240	Nd_8HrMax > 120	Nd_3Yr_8HrMax > 120
1986	1	0	5	
1987	1	0	10	
1988	0	0	1	
1989	12	3	35	
1990	10	0	28	
1991	3	0	13	22
1992	6	0	23	16
1993	7	1	19	16
1994	13	2	32	22
1995	24	3	43	31
1996	2	0	18	31
1997	8	0	31	31
1998	4	0	17	22
1999	4	0	27	25
2000	1	0	14	19
2001	6	0	28	23
2002	2	0	14	19
2003	12	2	45	29
2004	4	0	22	27
2005	4	0	19	29
2006	9	1	36	26
2007	1	0	16	24
2008	2	1	23	25
2009	4	0	15	18
2010	3	0	17	18
2011	0	0	13	15

La plupart des jours avec dépassement des seuils, mesurés sur une courte durée (*valeurs horaires*), ont été enregistrés durant les chaudes périodes estivales, riches en ozone, de 1995, suivi par les périodes estivales de 2003 et 2006.

Ce constat est en concordance avec ce qui ressort de la présentation graphique de la distribution de fréquences cumulées (voir plus loin), à savoir la présence plus fréquente de valeurs pics plus élevées pour l'O<sub>3</sub> durant les périodes estivales les plus chauds.

Le plus grand nombre de périodes avec une exposition de longue durée (*valeurs sur 8 heures*) ont également été enregistrées durant les étés chauds, riches en ozone. La différence avec les années précédentes est moins flagrante par rapport au nombre de dépassement des valeurs horaires.

Selon la directive en vigueur, le nombre de jours avec une valeur maximale sur 8 heures supérieure à 120 µg/m<sup>3</sup>, moyenné sur trois années, ne peut excéder 25 d'ici l'an 2010. Ce nombre est dépassé systématiquement durant les étés chauds. Par contre ce nombre reste inférieur à 20 pour les étés normaux. Vu le mécanisme de formation d'ozone, d'une part, et la tendance légèrement à la hausse de la concentration moyenne d'ozone, d'autre part, il n'y a pas encore de garantie d'atteindre les objectifs en vigueur à partir de l'an 2010.

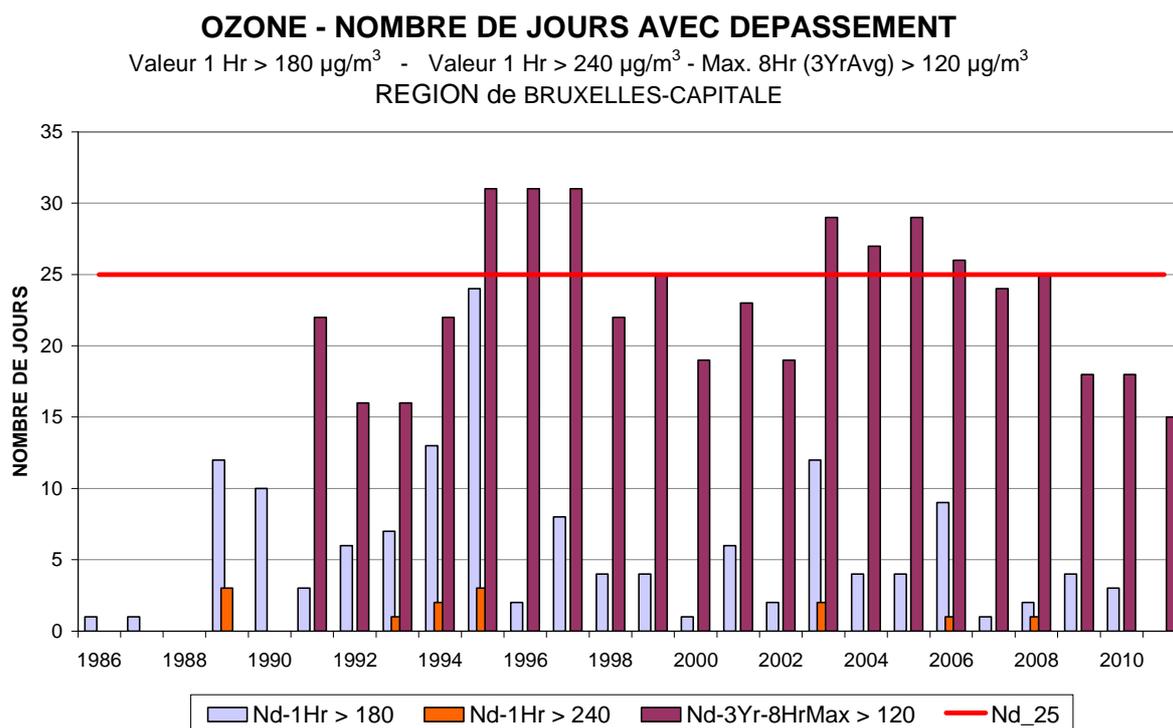


Fig. 4.27: Ozone : Évolution du nombre de jours avec dépassement pour l'ensemble de la Région de Bruxelles-Capitale.  
 Périodes annuelles : 1 janvier – 31 décembre  
 Valeur Horaire 180 µg/m<sup>3</sup> - Valeur Horaire > 240 µg/m<sup>3</sup>  
 Valeur maximale sur 8 heures > 120 µg/m<sup>3</sup> (moyenne sur 3 ans)

### OZONE à UCCLE - NOMBRE DE JOURS AVEC DEPASSEMENT

Valeur 1 Hr > 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  - Valeur 1 Hr > 240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  - Max. 8Hr (3YrAvg) > 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

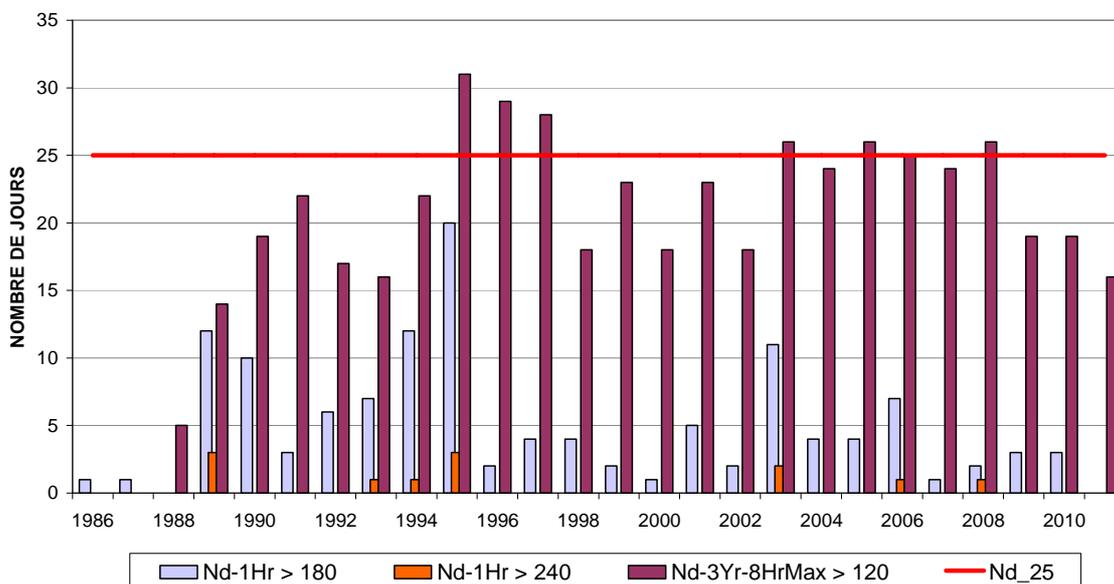


Fig. 4.28: Ozone à Uccle : Évolution du de nombre de jours avec dépassement  
Périodes annuelles : 1 janvier – 31 décembre  
Valeur Horaire 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  - Valeur Horaire > 240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   
Valeur maximale sur 8 heures > 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (moyenne sur 3 ans)

### OZONE à BERCHEM - NOMBRE DE JOURS AVEC DEPASSEMENT

Valeur 1 Hr > 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  - Valeur 1 Hr > 240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  - Max. 8Hr (3YrAvg) > 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

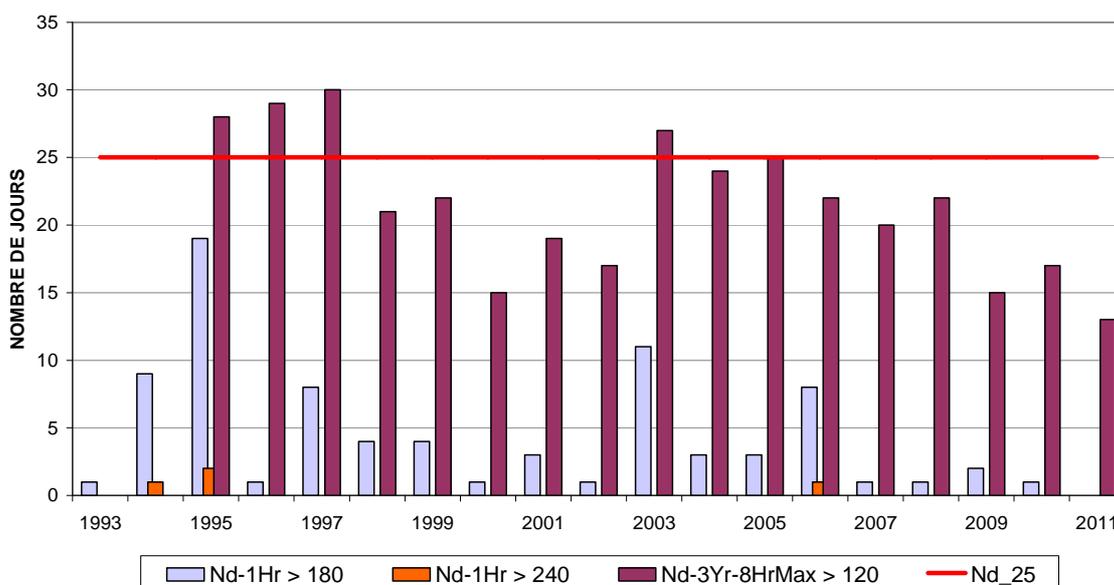


Fig. 4.29: Ozone à Berchem : Évolution du de nombre de jours avec dépassement  
Périodes annuelles : 1 janvier – 31 décembre  
Valeur Horaire 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  - Valeur Horaire > 240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   
Valeur maximale sur 8 heures > 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (moyenne sur 3 ans)

#### 4.2.4 Dépassements des valeurs seuils pour l'ozone – ancienne directive 1992/72/CE

Cette ancienne directive a été abrogée à partir du 9 septembre 2003. Pour rendre possible la comparaison avec des rapport précédents, un aperçu sommaire du nombre de dépassements selon cette ancienne directive est donné au tableau IV.18

##### Nombre de jours avec :

- valeurs horaires supérieures à 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [Nd\_1Hr > 180]
- valeurs horaires supérieures à 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [Nd\_1Hr > 200]
- valeurs journalières supérieures à 65  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [Nd\_24Hr > 65]
- valeurs sur 8 heures supérieures à 110  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [Nd\_8Hr > 110]

Tableau IV.18: **OZONE - NOMBRE de JOURS avec DÉPASSEMENT dans la RÉGION**

Période ANNUELLE : 1 JANVIER – 31 DÉCEMBRE

ANNÉE	Nd_1Hr > 180	Nd_1Hr > 200	Nd_24Hr > 65	Nd_8Hr > 110
1986	1	1	19	12
1987	1	1	15	12
1988	0	0	10	5
1989	12	7	41	40
1990	10	7	31	28
1991	3	1	17	14
1992	6	3	24	22
1993	7	4	24	22
1994	13	8	56	36
1995	24	12	57	45
1996	2	0	38	23
1997	8	1	51	33
1998	4	2	50	17
1999	4	0	79	35
2000	1	0	39	17
2001	6	2	60	30
2002	2	1	59	20
2003	12	6	91	51
2004	4	3	64	24
2005	4	2	49	23
2006	9	4	65	37
2007	1	0	52	23
2008	2	2	77	30
2009	4	0	74	26
2010	3	0	49	20
2011	0	0	52	21

Des dépassements du seuil de  $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$  n'ont jamais été constatés à Bruxelles. Le plus grand nombre de jours de dépassement de la valeur journalière ( $> 65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), indiquant une exposition plus permanente, est constaté en 2003 (91 jours), suivi de 1999 (79 jours) et 2008 (77 jours). En moyenne, il y a eu à partir de la fin des années '90 plus de dépassements que pendant la période précédente.

Le plus grand nombre des dépassements de ce type ne se manifestent pas nécessairement durant les périodes très riches en ozone (été 1994 ou 1995). La tendance légèrement à la hausse de la concentration moyenne en ozone est en concordance avec le nombre croissant de valeurs journalières supérieures à  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La figure 4.30 résume, pour les périodes annuelles à partir de 1986, l'historique du nombre de jours avec dépassements des valeurs seuils suivantes : valeurs horaires supérieures à  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valeurs sur 8 heures supérieures à  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et valeurs journalières supérieures à  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

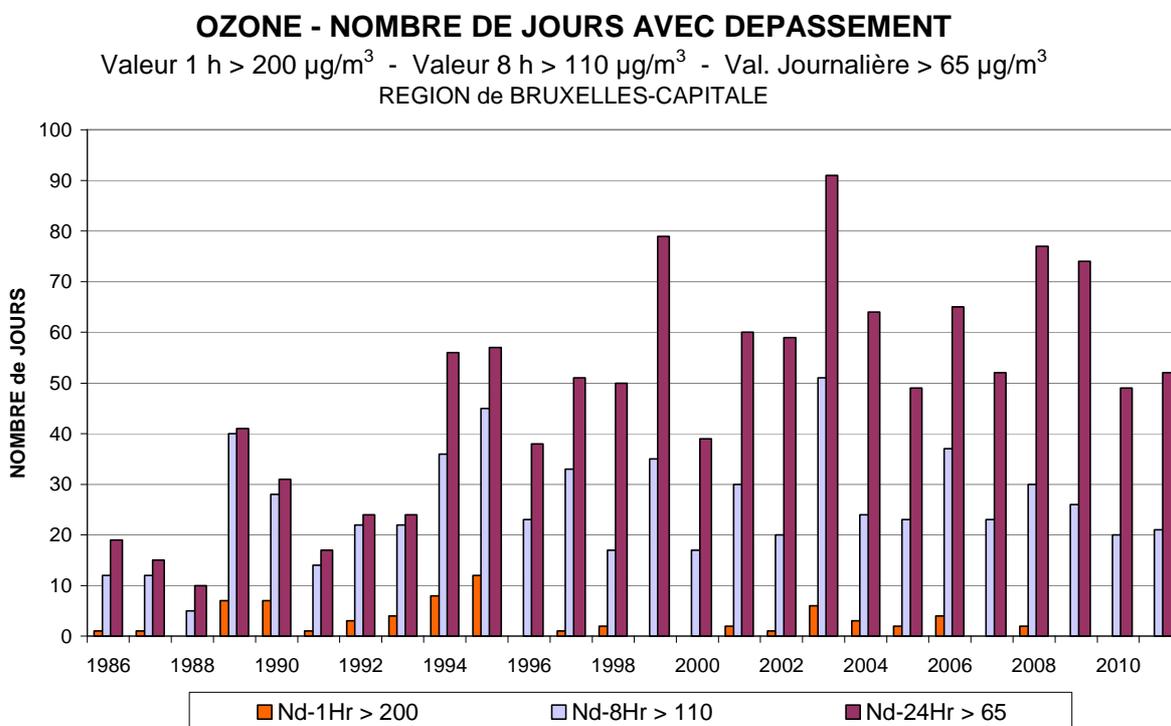


Fig. 4.30: Évolution du nombre de jours avec dépassements – Directive 1992/72/CE  
 Périodes annuelles : 1 janvier – 31 décembre  
 Situation sur l'ensemble de la Région  
 Valeur Horaire  $> 200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  – Valeur sur 8 heures  $> 110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  – Valeur journalière  $> 65 \mu\text{g}/\text{m}^3$

#### 4.2.5 Évolution à long terme des concentrations en ozone

La figure 4.31 reproduit l'évolution dans le temps de la pollution due à l'O<sub>3</sub> pour la période 1986 à 2011. Les graphiques présentent la distribution de fréquences cumulées pour les périodes estivales '1<sup>er</sup> avril – 30 septembre'. Les résultats pour les différents centiles sont calculés sur base des valeurs moyennes horaires.

Le graphique supérieur donne l'évolution au poste de mesure d'Uccle (R012), où l'ozone fait l'objet de mesures depuis 1986 déjà. Les périodes estivales plus chaudes de 1989, 1990, 1994, 1995, 2003 et 2006 se dégagent clairement de l'évolution des valeurs, et plus précisément les niveaux plus élevés des centiles supérieurs (P70 à P98). Le graphique du dessous donne l'évolution à partir de 1993 au poste de mesure de Berchem-Ste-Agathe (B011). Les périodes estivales chaudes et riches en ozone de 1994, 1995, 2003 et 2006 ressortent aussi clairement. Le nombre de dépassements des valeurs seuils pour une exposition de courte durée (valeurs horaires – p.ex. seuil d'information) fait apparaître une diminution du nombre ou de l'amplitude des valeurs pics d'ozone.

Dans les deux graphiques, on note une légère tendance à la hausse de la concentration moyenne d'ozone depuis le début des observations. Cette tendance résulte probablement de la réduction des émissions de NO laquelle réduit la quantité de NO présente pour détruire l'ozone.

La comparaison des niveaux de concentrations observés dans les différents postes de mesure est représentée graphiquement à la figure 4.32. Le graphique du dessus fait référence à la période hivernale 'octobre 2010 – mars 2011' et celui du dessous à la période estivale 'avril – septembre 2011'. Les concentrations en période estivale sont nettement plus élevées qu'en période hivernale. Les niveaux les plus élevés ont été constatés aux postes de mesure d'Uccle (R012) et Berchem (B011), qui sont plus protégés de l'influence directe du trafic.

Un historique détaillé, reprenant les résultats calculés de la distribution de fréquences cumulées pour des périodes annuelles, des périodes estivales (avril – septembre) et des périodes hivernales (octobre – mars) est donné aux annexes B, C et D.

La figure 4.33 fournit un aperçu de la distribution spatiale de la concentration d'ozone. Les roses de pollution, avec une représentation de la concentration moyenne d'ozone par secteur de vent, sont dessinées avec, en fond, une carte de la Région. La carte du dessus donne la situation pendant la période estivale 'avril – septembre 2011' et la carte du dessous renvoie à la période hivernale 'octobre 2010 – mars 2011'. Les concentrations sont plus élevées en été ainsi qu'aux endroits moins directement exposés à la pollution due à la circulation. Dans le centre de la Région et aux endroits avec une surabondance de NO, l'ozone est détruit, entraînant une formation locale de NO<sub>2</sub>. En périphérie et aux endroits où il y a peu de trafic, la formation d'ozone se poursuit sans encombre et le peu de NO disparaît presque entièrement.

La figure 4.34 donne une représentation graphique de l'évolution hebdomadaire moyenne pour les postes de mesure d'Uccle. La moyenne, la médiane (P50) et les centiles P10 et P90 sont représentés graphiquement par période horaire. Ces deux dernières valeurs délimitent approximativement la zone dans laquelle la concentration peut varier de jour en jour. Le graphique au-dessus renvoie à la période hivernale 'octobre 2010 – mars 2011' et le graphique en-dessous, à la période estivale 'avril – septembre 2011'. En été, les concentrations d'ozone sont manifestement plus élevées qu'en hiver. Les variations dans le profil journalier d'été s'expriment davantage et les valeurs varient sur une gamme de concentrations plus large.

Les figures 4.35 et 4.36 représentent, respectivement pour les postes de mesure d'Uccle et de Molenbeek, les profils hebdomadaires normalisés des concentrations en NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et de la somme [NO<sub>2</sub>+O<sub>3</sub>], moyennés sur trois périodes estivales successives ; 'avril – septembre' 2009, 2010 et 2011. La normalisation à l'unité est obtenue en divisant la concentration moyenne de chaque jour de semaine par la concentration moyenne des jours ouvrables. Ainsi une valeur proche de l'unité est obtenue pour les jours ouvrables et la diminution (NO et NO<sub>2</sub>) ou l'augmentation (O<sub>3</sub>) de la concentration durant le week-end est directement lisible en pourcentage. Dans les postes de mesure d'Uccle et de Molenbeek la concentration moyenne en ozone augmente respectivement d'environ 10 et 15% le samedi et d'environ 20 et 30% le dimanche.

La figure 4.37 reproduit l'évolution journalière moyenne pour l'O<sub>3</sub>, calculée sur base des données de tous les jours de la période 'mai – août'. La situation dans trois différents postes de mesure est comparée. Les postes de mesure d'Uccle et de Berchem sont moins exposés au trafic et le profil journalier d'O<sub>3</sub> atteint un niveau plus élevé qu'à l'Avant Port. Le surplus de NO, provenant du trafic, est responsable d'une destruction plus importante d'O<sub>3</sub> à l'Avant Port. Le graphique au-dessus fait référence à la période estivale de 2003 et celui en-dessous à la période estivale de 2009. Le profil journalier obtenu pour la période estivale plus chaude de 2003 est clairement plus élevé que le profil calculé pour 2009.

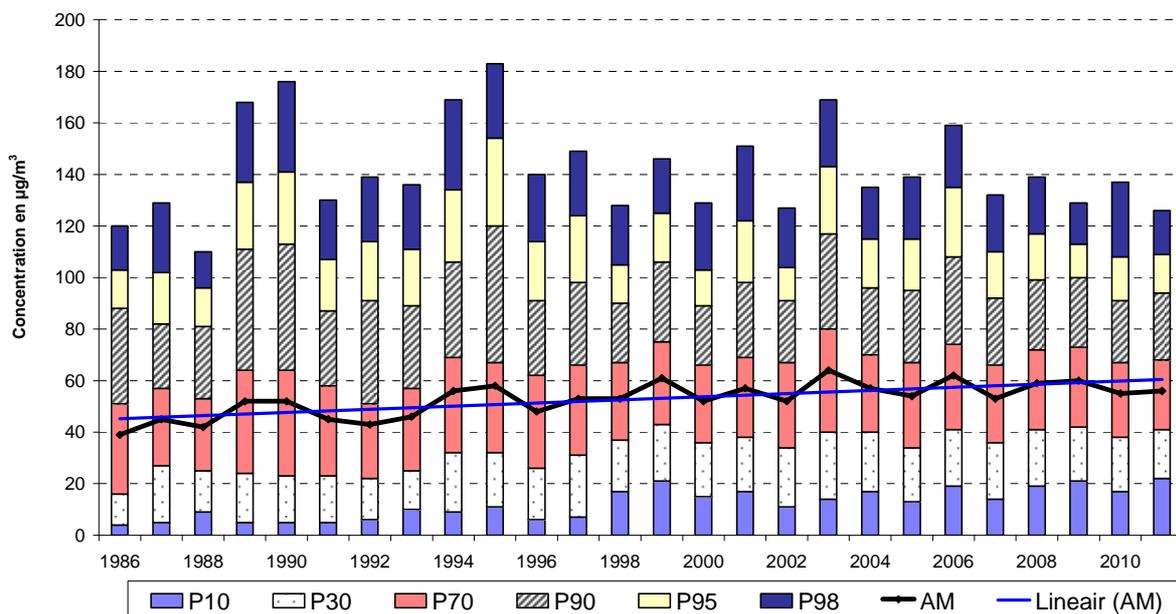
La figure 4.38 reproduit l'évolution journalière moyenne pour le NO<sub>2</sub> et pour la somme de [O<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>], exprimée en quantités équivalentes d'ozone. Les résultats sont calculés pour les trois mêmes stations et pour la sélection 'tous les jours' de la période 'mai – août 2009'. Le profil journalier du NO<sub>2</sub> est tout à fait complémentaire au profil journalier de l'ozone. Les niveaux les plus élevés se présentent à l'Avant Port : une partie du NO, plus présent à cet endroit, est oxydée par l'ozone en NO<sub>2</sub>. L'aspect complémentaire de ces deux profils est clairement illustré dans le graphique inférieur, reprenant le profil journalier de la somme [O<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>].

Les graphiques de la figure 4.39 représentent, respectivement pour les postes d'Uccle et de l'Avant Port, le profil journalier calculé pour la période estivale 'avril – septembre 2009'. A cet égard, une distinction est opérée entre la situation les *jours ouvrables* et les *jours non ouvrables*.

Les concentrations d'O<sub>3</sub> sont en moyenne **plus élevées** les *jours non ouvrables* (samedi, dimanche et jours fériés) et en moyenne **plus faibles** les *jours ouvrables*. Les différences sont plus flagrantes aux postes de mesure situés à proximité de la circulation (Avant Port). Cette différence entre la situation les jours ouvrables et les jours non ouvrables est constatée chaque année (voir rapports de l'IBGE sur la qualité de l'air en période estivale : 1994-2011). Il y a plus de circulation les jours ouvrables et en raison de la plus grande disponibilité de NO, il y a plus d'ozone détruit. Le week-end et les jours fériés, la circulation est globalement moins intense. Étant donné qu'il y a moins de NO présent, il y a moins d'ozone détruit.

La figure 4.40 reproduit l'évolution journalière moyenne de la somme [O<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>], exprimée en quantités équivalentes d'ozone. L'aspect complémentaire entre le profil O<sub>3</sub> et NO<sub>2</sub> se manifeste tant entre postes de mesures qu'entre *jours ouvrables* et *non-ouvrables*. Chaque année, on constate que le profil journalier du NO<sub>2</sub> connaît une évolution tout à fait complémentaire à celle de l'ozone, avec des **valeurs plus faibles** les *jours non ouvrables* et des **valeurs plus élevées** les *jours ouvrables*. La somme des concentrations d'O<sub>3</sub> et de NO<sub>2</sub>, et leurs profils journaliers sont pratiquement identiques à tous les postes de mesure de la Région.

**OZONE à UCCLÉ (R012) - EVOLUTION dans le TEMPS**  
**DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES**  
 Période Estivale "AVRIL - SEPTEMBRE"



**OZONE à BERCHEM-Ste-Agathe (B011) - EVOLUTION dans le TEMPS**  
**DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES**  
 Période Estivale "AVRIL - SEPTEMBRE"

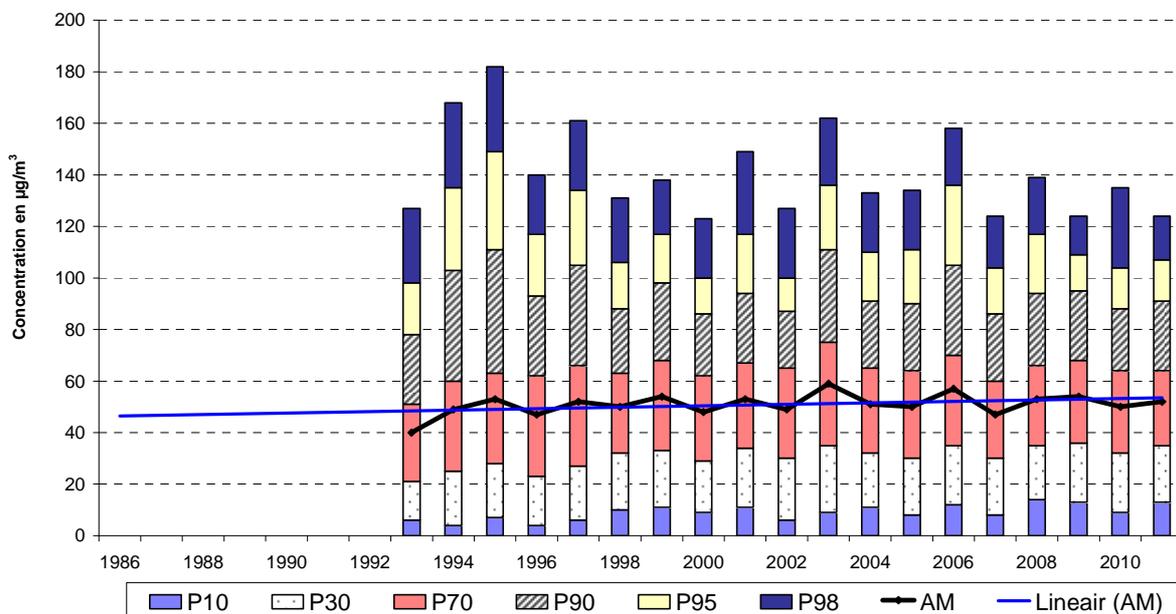
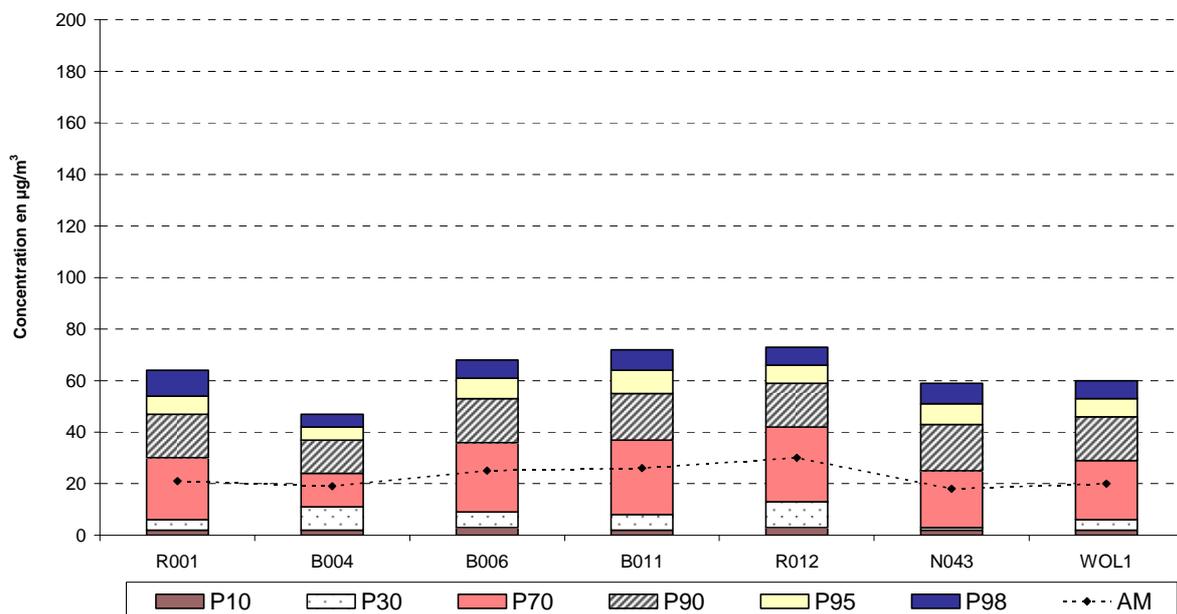


Fig. 4.31 : Ozone - Évolution des concentrations à Uccle (R012) et Berchem (B011)  
 Périodes estivales 1986 – 2011

**O<sub>3</sub> - COMPARAISON POSTES de MESURE**  
**DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES**  
 Période HIVERNALE "OCTOBRE 2010 - MARS 2011"



**O<sub>3</sub> - COMPARAISON POSTES de MESURE**  
**DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES**  
 Période ESTIVALE "AVRIL - SEPTEMBRE 2011"

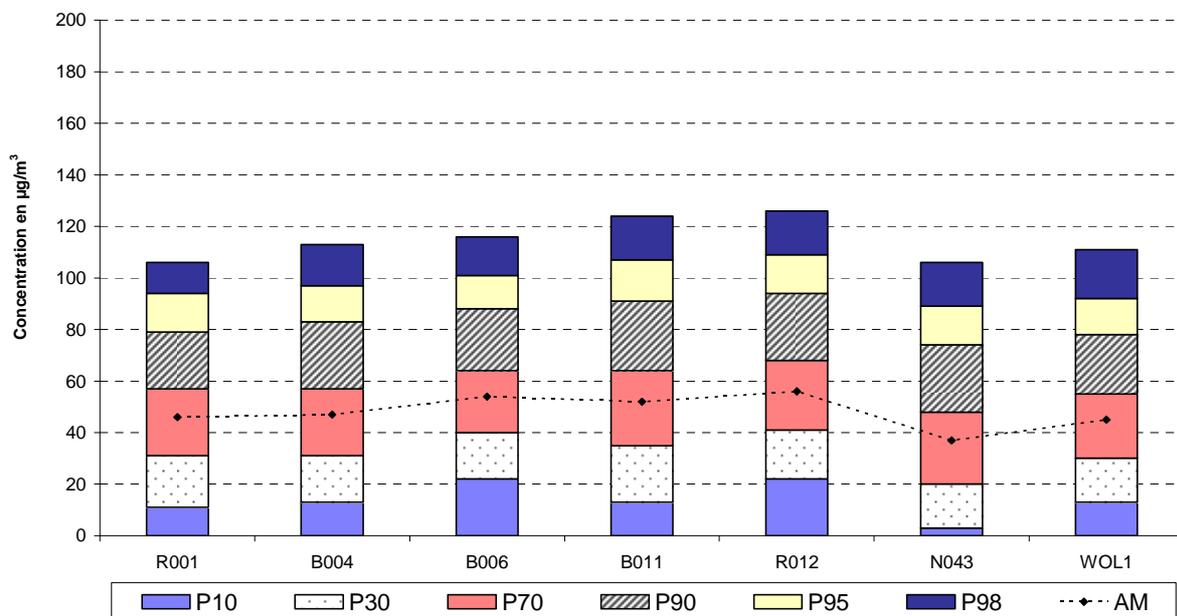


Fig. 4.32 : Ozone - Comparaison des niveaux de concentration entre différents postes de mesure Période hivernale 'octobre 2010 – mars 2011' et période estivale 'avril – septembre 2011'

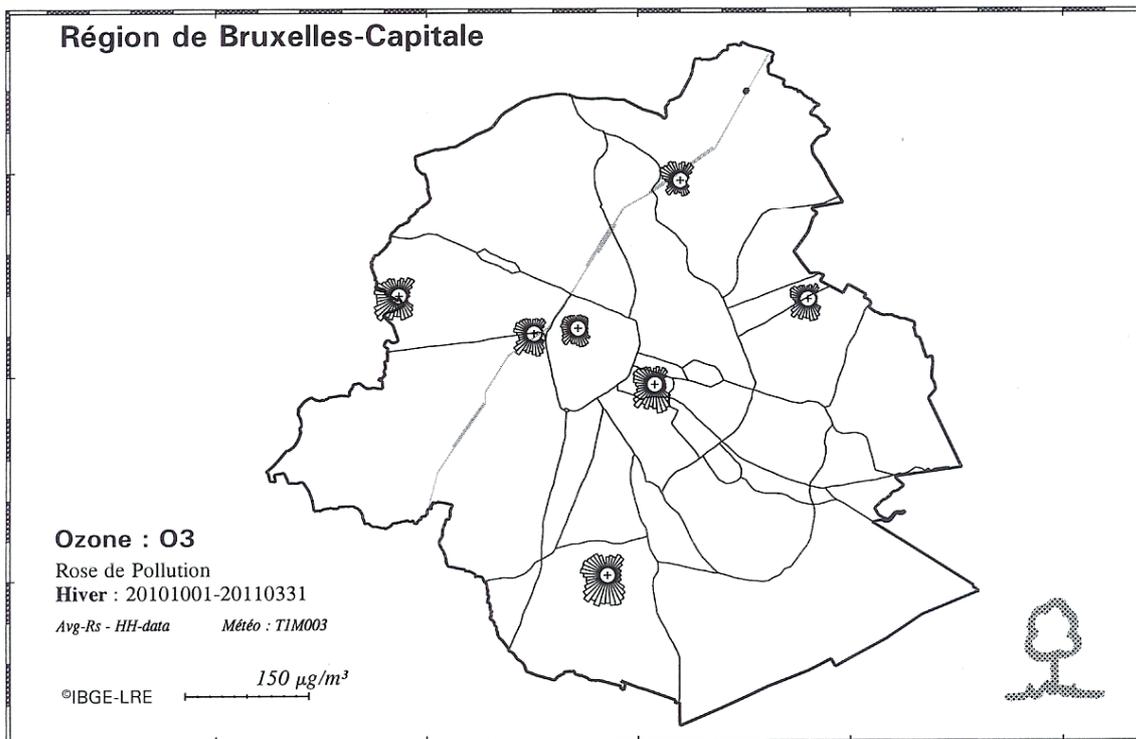
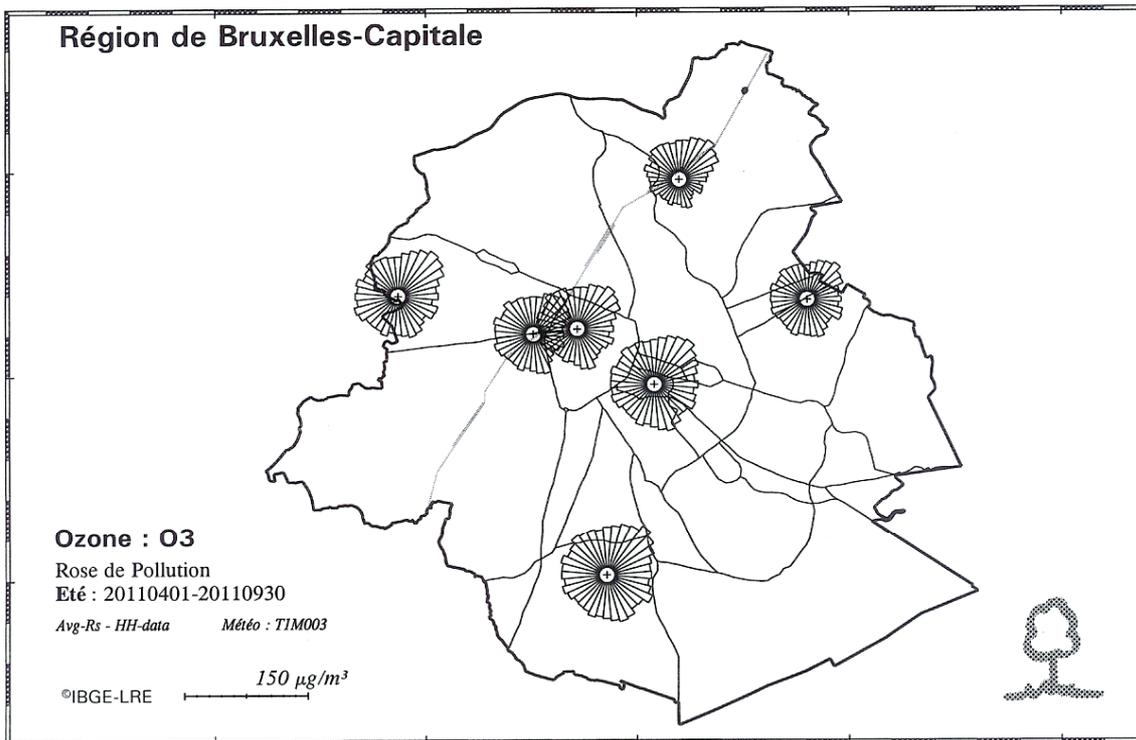
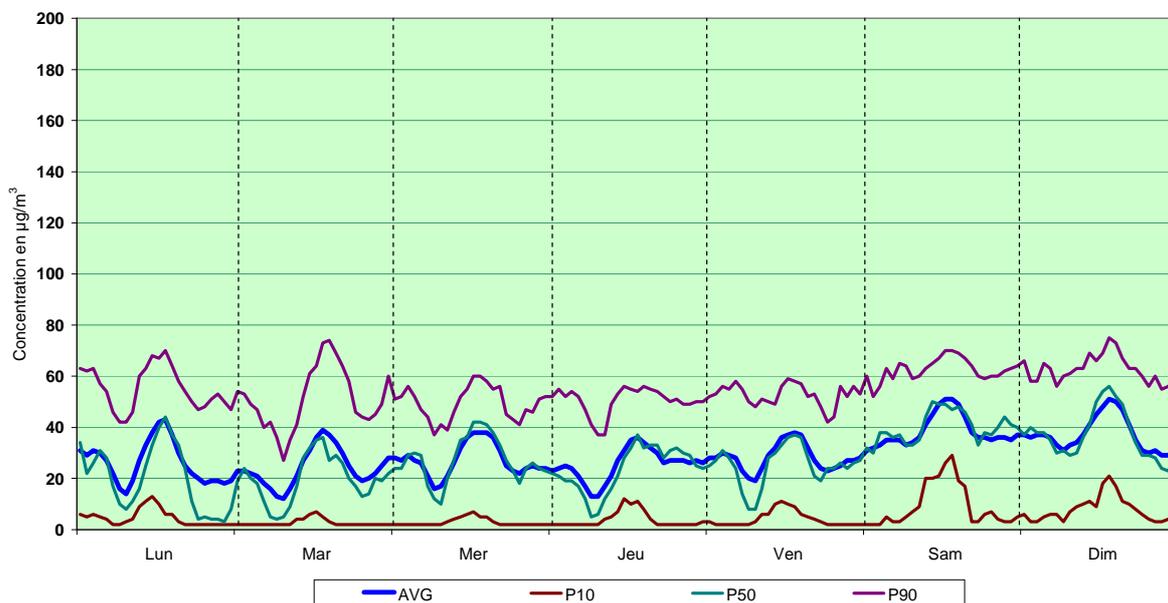


Fig. 4.33 : Roses de pollution – distribution spatiale des concentrations ozone en été et en hiver

**O<sub>3</sub> à UCCLE (R012)**  
 EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE  
 Période HIVERNALE : OCTOBRE 2010 - MARS 2011



**O<sub>3</sub> à UCCLE (R012)**  
 EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE  
 Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2011

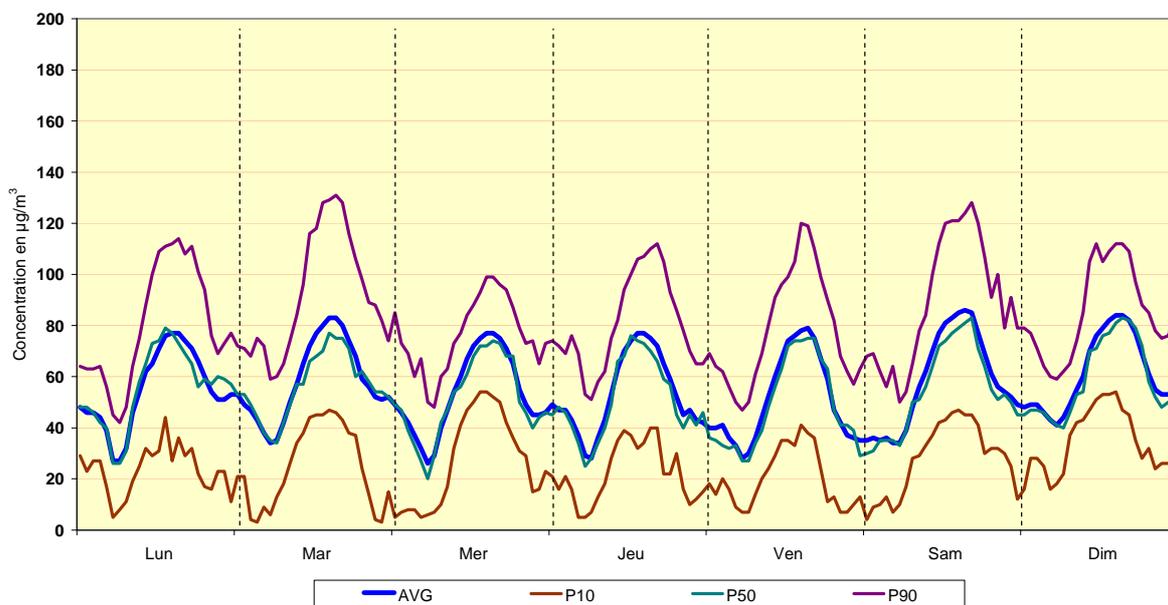


Fig. 4.34 : Ozone à Uccle – Évolution hebdomadaire moyenne des concentrations en hiver et en été. Concentration moyenne (AVG), centile P10, médiane (P50) et centile P90.

**B011 - Week Pattern for NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> and [NO<sub>2</sub>+O<sub>3</sub>]**  
 Period : Average Summer "April-September" (2009 - 2010 - 2011)

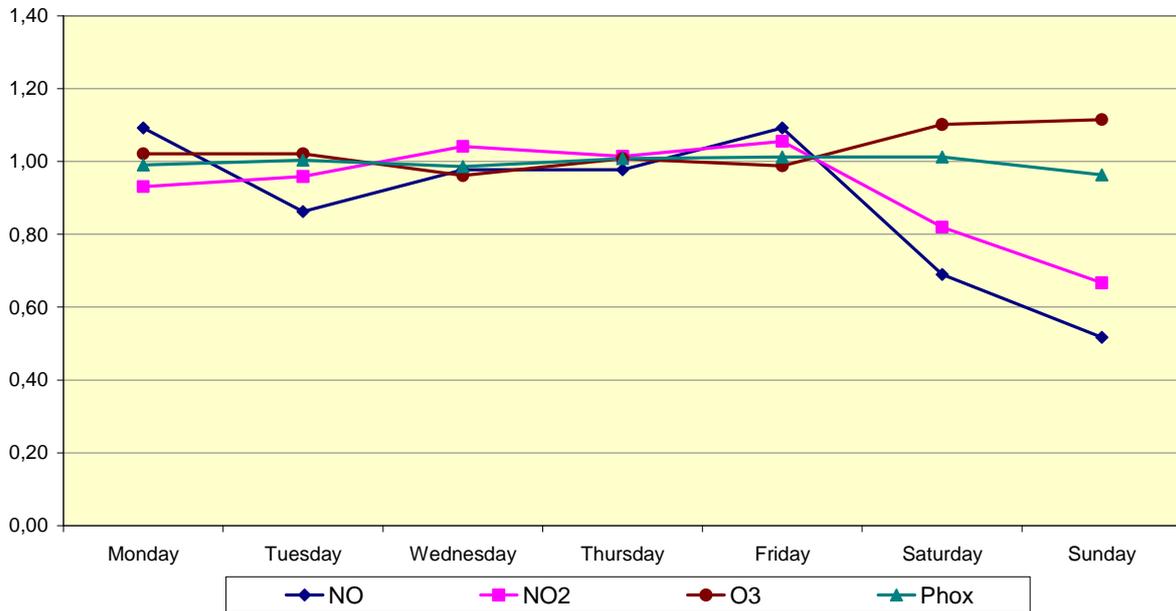


Fig. 4.35 : Poste de mesure à Berchem – Profil hebdomadaire moyen des concentrations en NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et [O<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>] sur trois périodes estivales successives : ‘avril – septembre’ 2009, 2010 et 2011

**R001 - Week Pattern for NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> and [NO<sub>2</sub>+O<sub>3</sub>]**  
 Period : Average Summer "April-September" (2009 - 2010 - 2011)

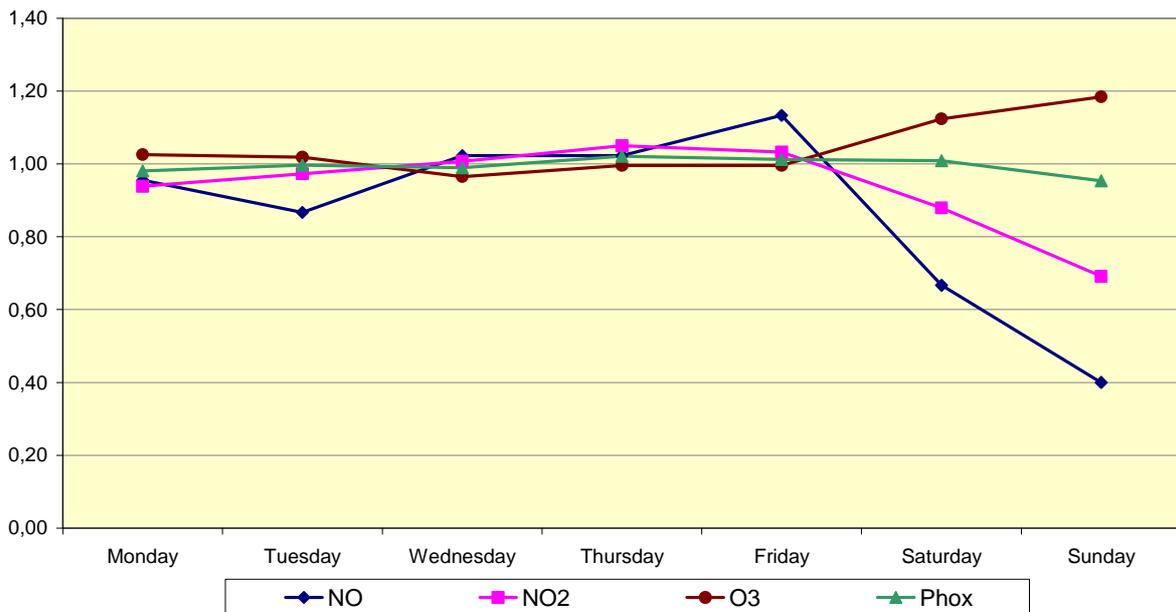


Fig. 4.36 : Poste de mesure à Molenbeek – Profil hebdomadaire moyen des concentrations en NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et [O<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>] sur trois périodes estivales successives : ‘avril – septembre’ 2009, 2010 et 2011

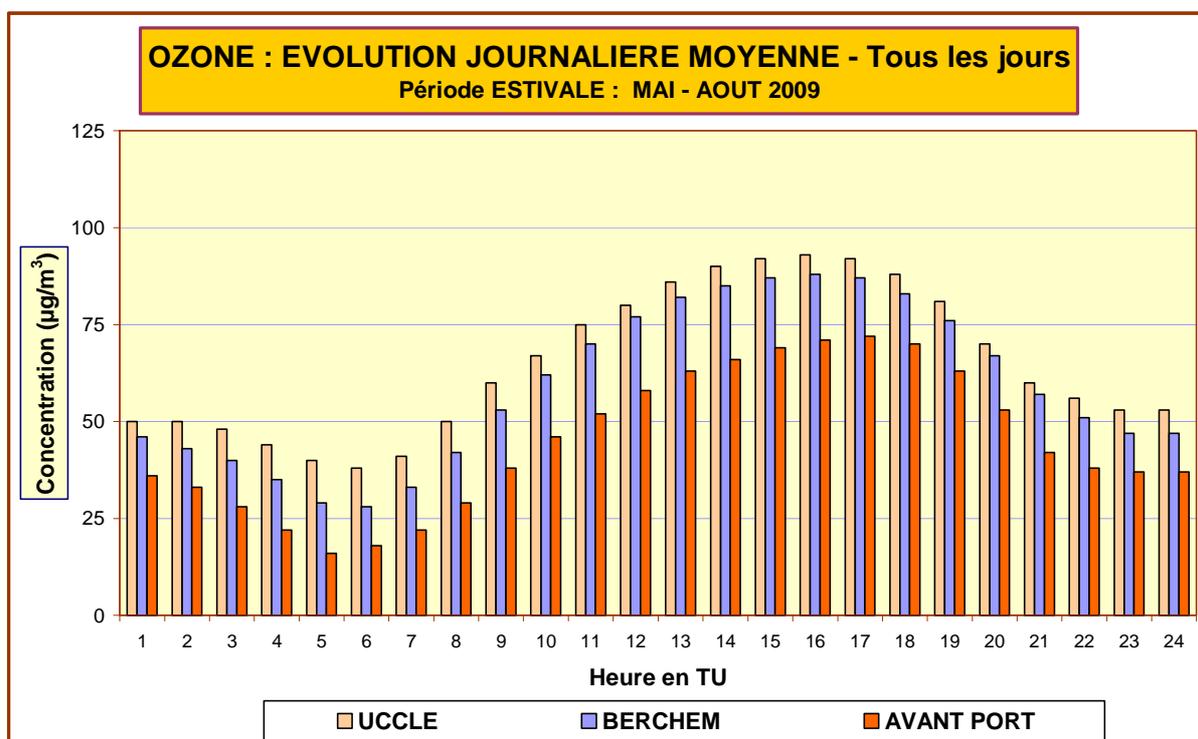
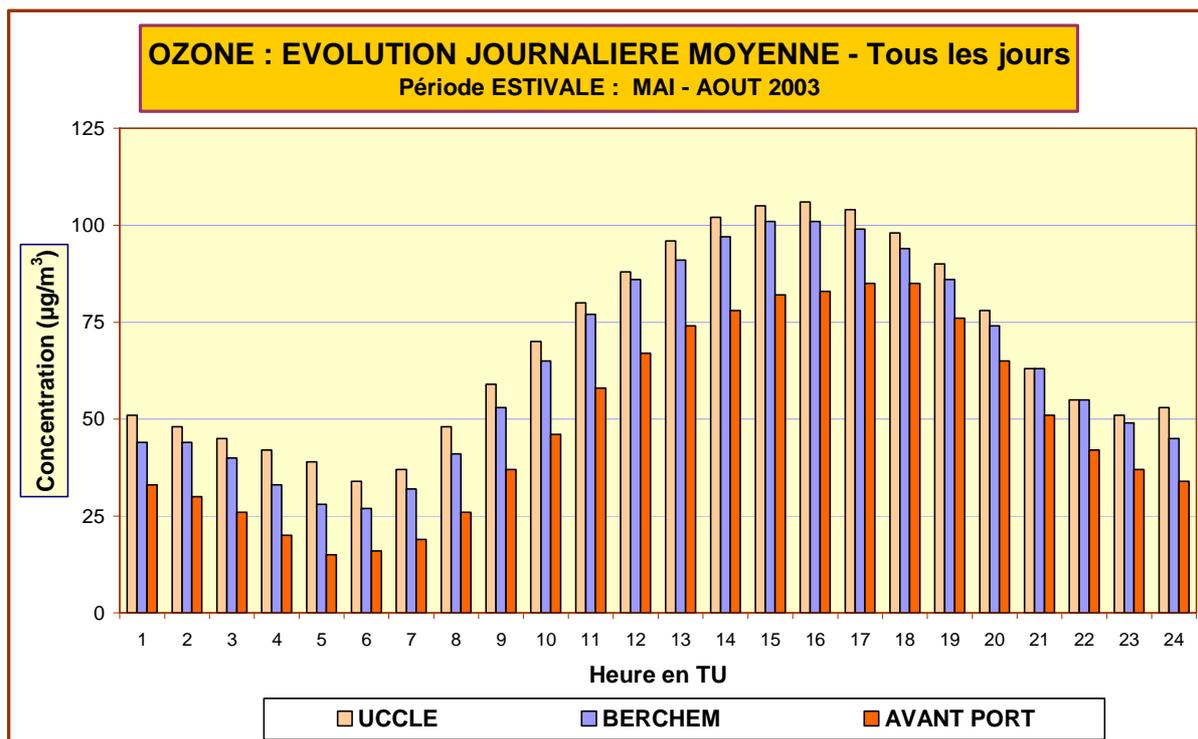


Fig. 4.37 : Ozone – Évolution journalière moyenne – Comparaison entre 3 postes de mesure. Période 'mai – août' 2003 et 2009

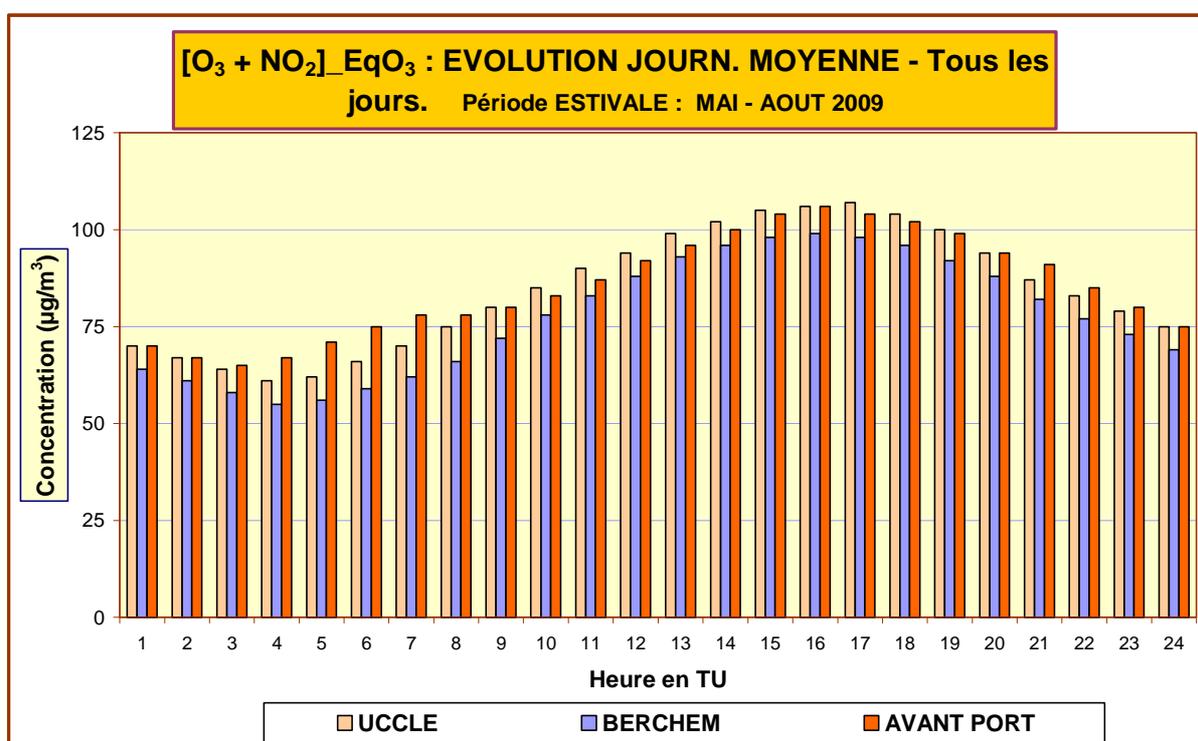
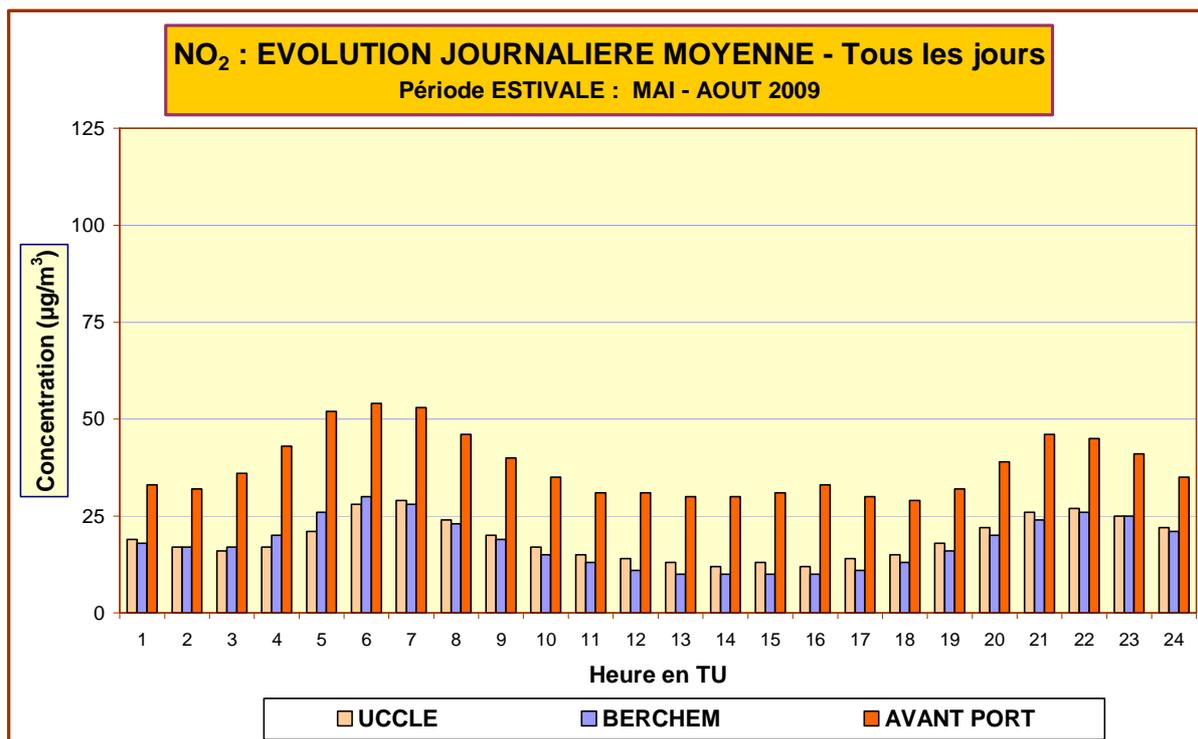
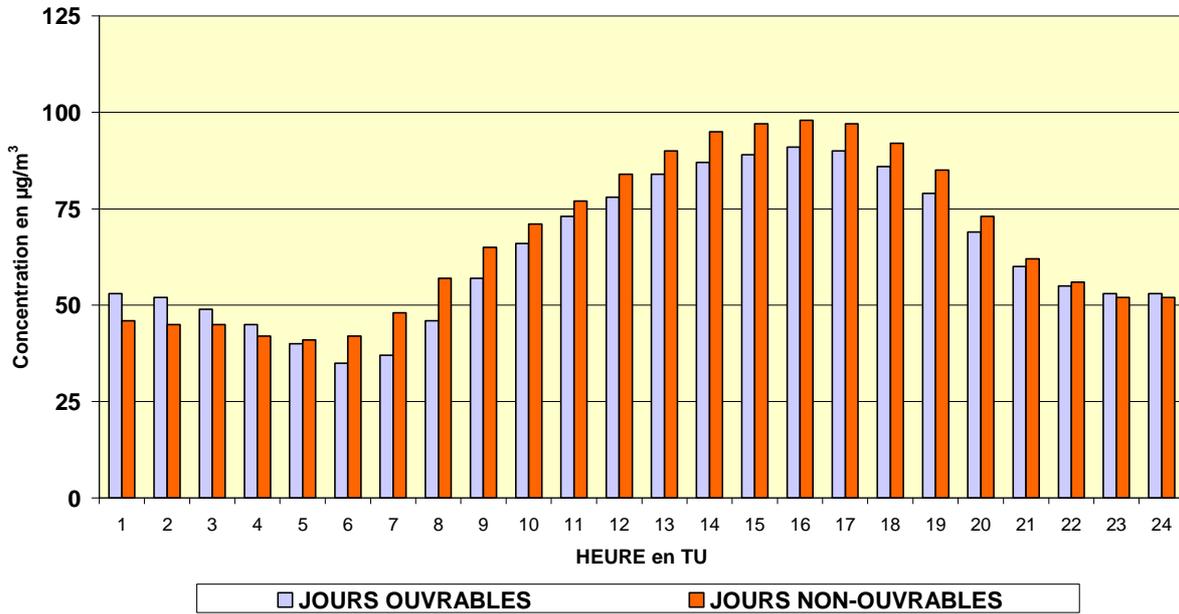


Fig. 4.38 : Évolution journalière moyenne de NO<sub>2</sub> et de la somme [O<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>] Comparaison entre 3 postes de mesure – Période 'mai – août 2009'

**OZONE - UCCLE - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE**  
**JOURS OUVRABLES ET NON-OUVRABLES**  
 PERIODE ESTIVALE : MAI - AOÛT 2009



**OZONE - AVANT PORT - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE**  
**JOURS OUVRABLES ET NON-OUVRABLES**  
 PERIODE ESTIVALE : MAI - AOÛT 2009

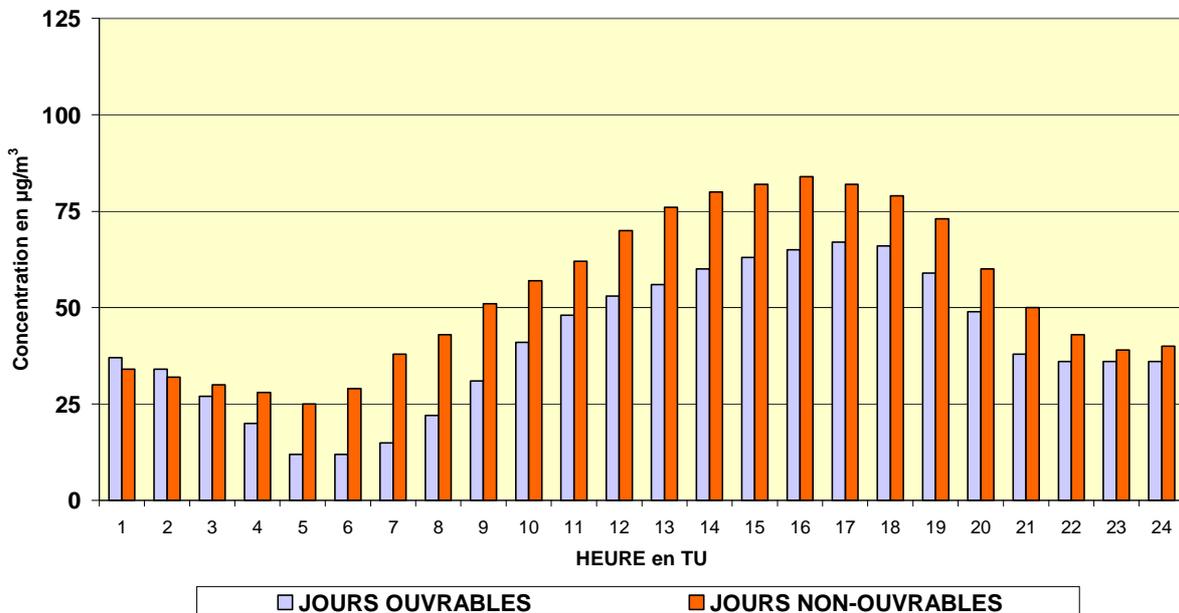
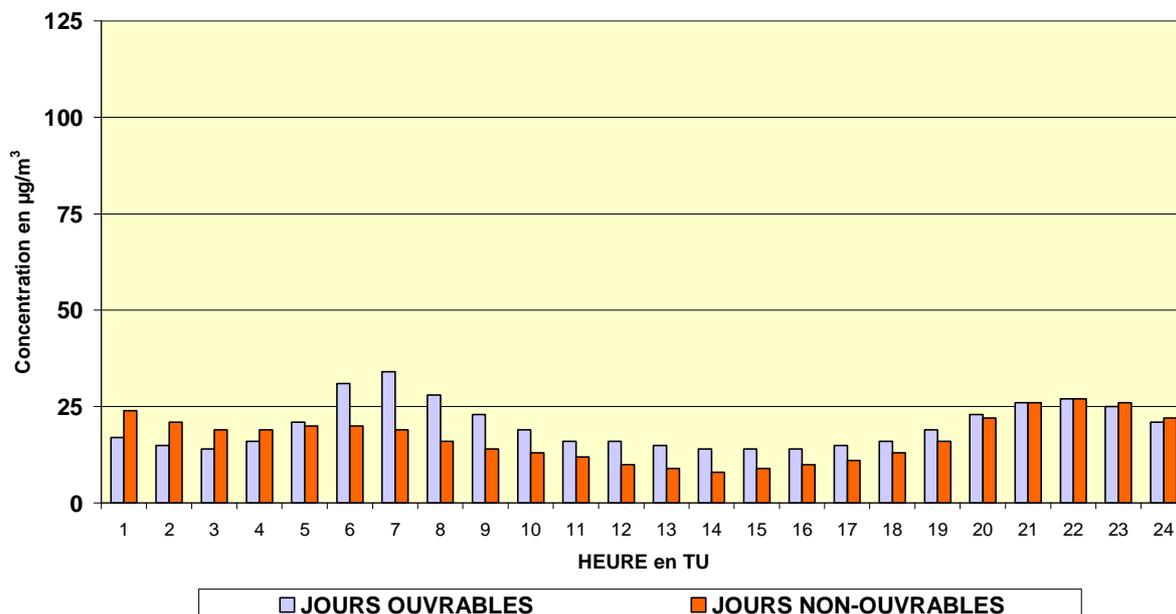


Fig. 4.39.a : Ozone – Évolution journalière moyenne les *jours ouvrables* et les *jours non ouvrables* Postes de mesure d'Uccle et l'Avant Port (trafic) – Période 'mai – août 2009'

**NO<sub>2</sub> - UCCLE - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE**  
**JOURS OUVRABLES ET NON-OUVRABLES**  
 PERIODE ESTIVALE : MAI - AOÛT 2009



**NO<sub>2</sub> - AVANT PORT - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE**  
**JOURS OUVRABLES ET NON-OUVRABLES**  
 PERIODE ESTIVALE : MAI - AOÛT 2009

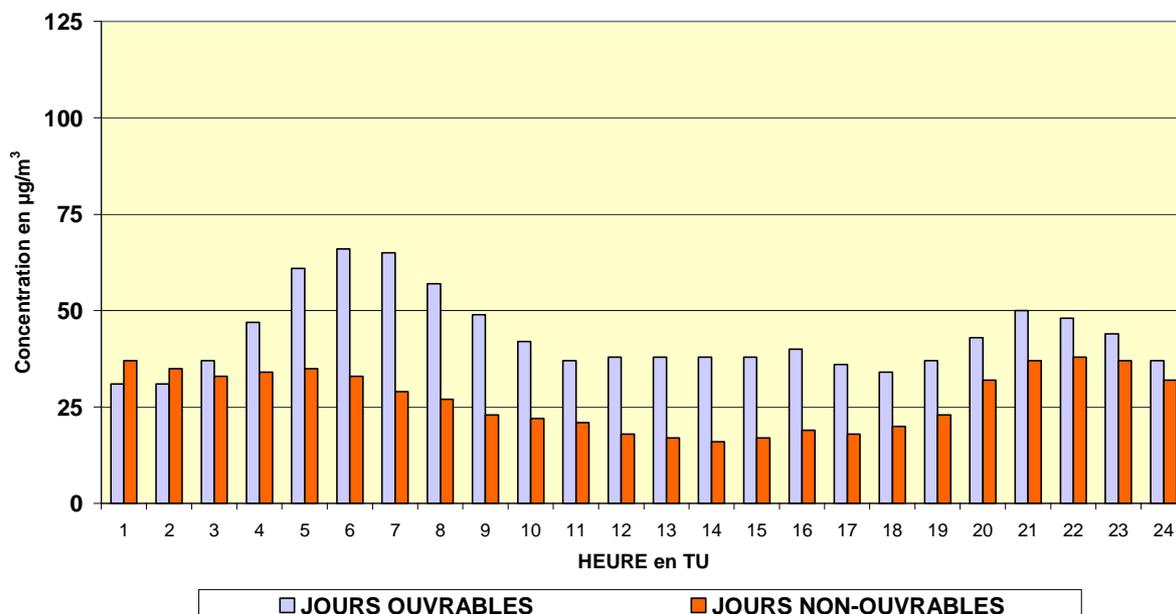
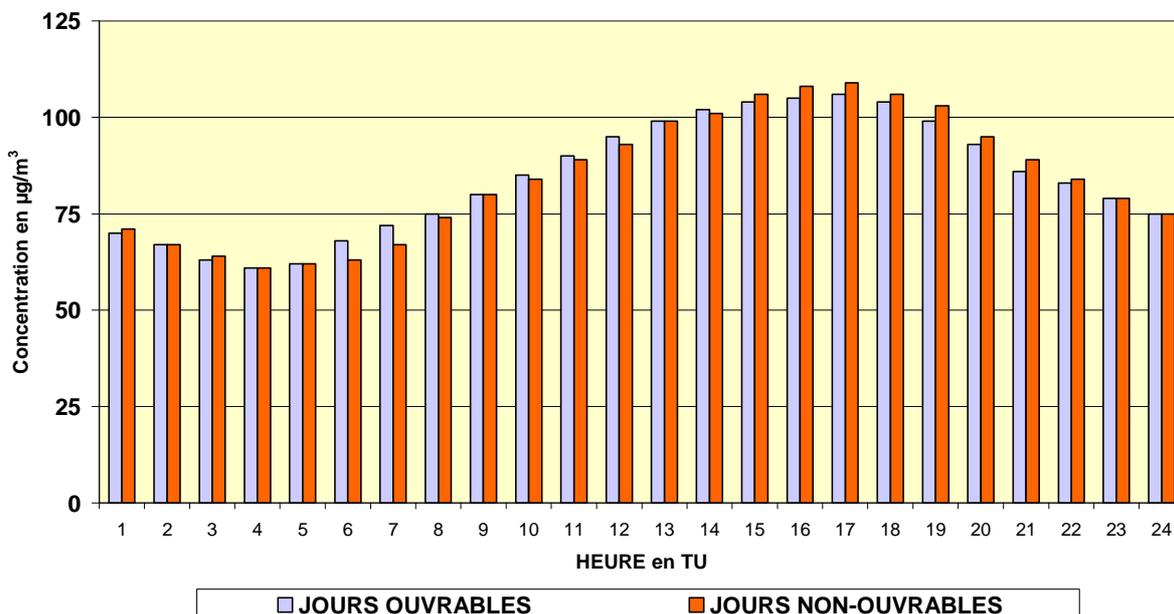


Fig. 4.39.b : NO<sub>2</sub> – Évolution journalière moyenne les *jours ouvrables* et les *jours non ouvrables*  
 Postes de mesure d'Uccle et l'Avant Port (trafic) – Période 'mai – août 2009'

**[O<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>] - UCCLE - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE**  
**JOURS OUVRABLES ET NON-OUVRABLES**  
 PERIODE ESTIVALE : MAI - AOÛT 2009



**[O<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>] - AVANT PORT - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE**  
**JOURS OUVRABLES ET NON-OUVRABLES**  
 PERIODE ESTIVALE : MAI - AOÛT 2009

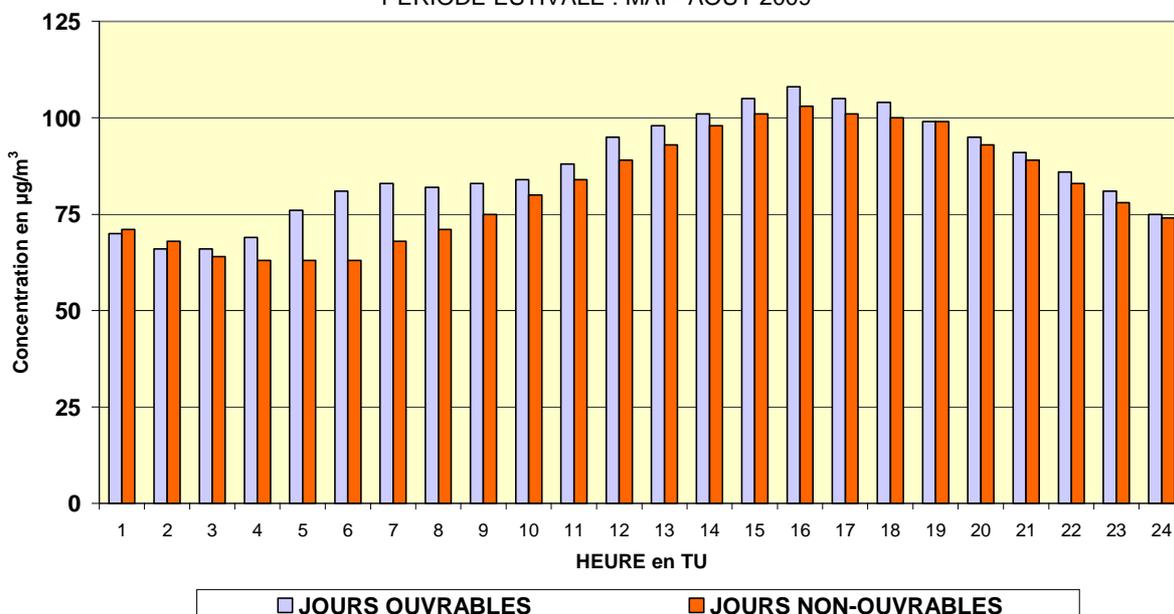


Fig. 4.40 : [O<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>] – Évolution journalière moyenne – Jours ouvrables et non ouvrables  
 Postes de mesure d'Uccle et l'Avant Port – Période 'mai – août 2009'

#### 4.2.6 Rendement et précision des mesures d'ozone

Le tableau IV.19 ci-après donne un aperçu des rendements (saisie en %) des données de mesure pour l'O<sub>3</sub>. La précision des résultats pour l'O<sub>3</sub> est déterminée lors des tests de contrôle semestriels par rapport au standard primaire du banc d'étalonnage. Il en ressort qu'une précision absolue d'environ 4% peut être atteinte.

Tableau IV.19 : **VALEURS HORAIRES en O<sub>3</sub> : Rendement**  
Saisie des données (en %) = nombre de valeurs horaires / nombre total de périodes horaires

Période : 1 JANVIER – 31 DECEMBRE

	R001	B004	B006	B011	R012	N043	WOL1
1986					60.9		
1987					61.4		
1988					78.1		
1989					83.9		
1990					59.4		
1991					75.1		
1992					85.3		
1993				89.9	88.6		
1994				83.9	83.9		(51.4)
1995				84.3	80.4		55.8
1996				82.3	84.5		85.0
1997	(23.3)			80.9	84.0		87.6
1998	89.8			89.5	92.0	44.6	90.0
1999	91.5			89.5	93.8	94.6	87.4
2000	92.7	(5.8)		89.6	92.6	88.5	91.8
2001	93.9	94.7	(28.2)	92.5	90.7	95.4	(24.6)
2002	95.5	93.8	94.6	94.8	94.6	95.8	89.7
2003	93.5	96.7	96.1	96.6	94.1	91.6	91.8
2004	95.6	97.3	96.6	96.3	96.2	94.5	93.0
2005	95.8	96.6	96.9	96.8	95.9	87.9	93.3
2006	96.3	(16.2)	97.4	94.9	96.1	96.1	91.7
2007	96.6	--	90.7	96.5	97.1	94.5	94.9
2008	96.8	77.1	96.9	94.7	96.9	95.2	93.4
2009	97.1	96.5	97.4	96.4	96.4	95.8	91.9
2010	97.2	97.8	98.2	98.0	97.6	97.9	95.2
2011	97.8	97.4	97.6	97.7	96.9	97.6	97.5

( ): série incomplète de données – début des mesures

## 4.3 PARTICULES EN SUSPENSION : CONCENTRATION MASSIQUE PM10 et PM2.5, NOMBRE de PARTICULES et BLACK CARBON

### 4.3.1 Présence des Particules en suspension

Particules en suspension est un nom commun pour toutes les particules qui flottent librement dans l'air ambiant. Contrairement aux composés gazeux, il ne s'agit pas d'une matière pure, mais d'un ensemble de plusieurs matières qui peuvent être très différentes, tant sur le plan de la composition chimique (substance), de l'aspect physique (forme, couleur, taille, pouvoir réfléchissant, ...) que de leur origine.

Les particules en suspension sont soit émises directement par les activités humaines, soit formées par des processus atmosphériques comme aérosols secondaires, ou encore sont d'origine naturelle.

Émissions directes:

- combustion
- formation de suies
- processus industriels
- usure des revêtements routiers
- travaux de démolition
- chantiers de construction
- stockage et manutention de matières en vrac
- ...

Formation des aérosols:

- formation de sulfates
- formation de nitrates
- phénomènes de nucléation de composés gazeux
- ...

Origine naturelle:

- éruptions volcaniques
- érosion du sol
- particules (minérales) emportées par le vent
- transport de sable du désert (Sahara)
- incendies de forêts
- ...

En fonction de la température et de l'hygrométrie, certaines particules en suspension peuvent contenir une quantité importante et variable d'humidité et de composés volatils. D'autres particules, entre autres les sels d'ammonium, se dissocient quand la température augmente et l'air devient plus sec.

Plus les particules sont fines, plus elles pénètrent profondément dans le système respiratoire. Les plus grosses particules pénètrent seulement jusqu'au pharynx et ou larynx. La fraction des plus fines particules (fraction thoracique) pénètre plus loin jusque dans les voies respiratoires de la cage thoracique, à savoir la trachée et ses divisions jusque dans les alvéoles pulmonaires.

Lors de l'entrée en vigueur de la directive 1999/30/CE, la fraction PM10 des particules a été retenue comme paramètre pour l'évaluation de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé humaine. Cette directive ne comprenait pas encore une obligation, mais bien une recommandation pour la détermination de la fraction PM2.5.

Le choix de la fraction PM10 comme paramètre pour la santé est défendable, car elle comprend aussi bien la fraction fine ( $< 2,5 \mu\text{m}$ ) qui pénètre très profondément dans le système respiratoire, que les particules plus grosses ( $2,5$  à  $10 \mu\text{m}$ ), dont une quantité non négligeable se dépose dans les voies respiratoires supérieures (fig. 4.41).

Les particules ne présentent pas toutes un danger équivalent pour la santé. En raison de leur caractère potentiellement mutagène et/ou cancérigène, les suies, HPA et particules contenant du carbone dans la fraction des fines particules présentent certainement un plus grand risque que les particules d'argile et de sable qui appartiennent à la classe  $2,5$  à  $10 \mu\text{m}$ . De plus, les fines particules peuvent être acheminées jusque dans les alvéoles pulmonaires, où le passage de substances dangereuses dans la circulation sanguine est possible.

Étant donné qu'une grande partie de la masse des PM10 peut se composer de grosses particules minérales et de particules lourdes (plus grande masse spécifique) présentant un risque plus faible pour la santé, l'établissement d'une norme en concentration massique pour la fraction PM10 n'est probablement pas la méthode la plus adéquate pour rendre compte de l'évolution des concentrations de particules les plus dangereuses. Une diminution significative du nombre des particules dangereuses, comme celle qui découlera de l'installation de filtres à particules sur les voitures diesel pour le respect de la norme EURO5, n'induirait probablement qu'une diminution minimale de la concentration massique des PM10, mais apporterait certainement une amélioration réelle au niveau de la santé.

La directive 2008/50/CE inclut dorénavant l'obligation de suivre la présence des particules PM2.5 dans l'air ambiant. Pour les dix ans à venir, la directive prévoit des objectifs de qualité de l'air qui deviennent plus sévères dans le temps. Ces objectifs concernent tant les concentrations en PM2.5 que l'exposition de la population dans les zones urbaines.

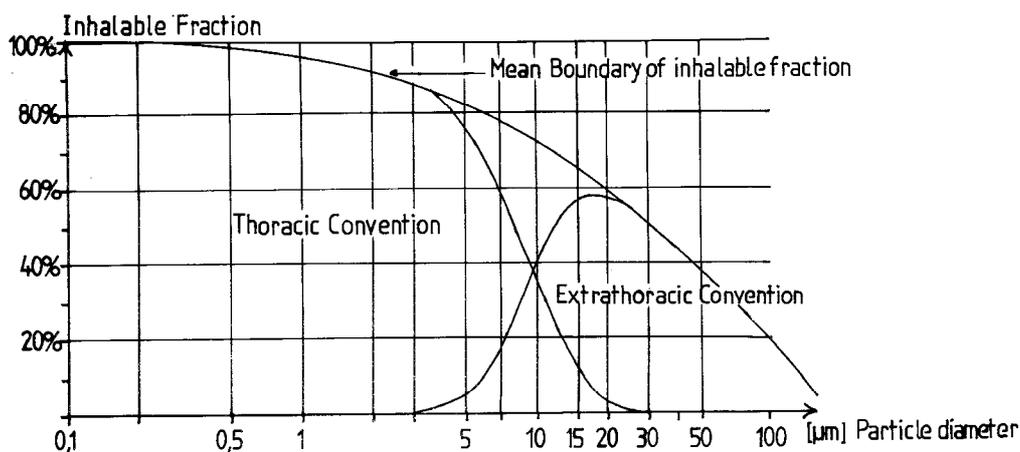


Fig. 4.41: Fraction respirable en fonction de la taille des particules  
*Field Measurements of Suspended Particulates – report to CEC, J.Müller, Frankfurt 1984*

### Composition des particules :

La répartition et l'identification des particules en fonction de leur taille ont déjà été l'objet de plusieurs études depuis les années 1970. Les figures 4.42 et 4.43 donnent quelques exemples de répartition et/ou de composition de différentes fractions de particules dans un air urbain. Le tableau de la figure 4.44 donne la taille de différents particules en suspension couramment rencontrées.

La répartition des particules suivant la taille est multimodale, leurs représentations dans la littérature sont généralement bi-modales ou tri-modales. Dans la répartition bi-modale, on admet un maximum de particules d'un diamètre de 0,2 à 0,3  $\mu\text{m}$  et un second maximum auprès de 2,5 à 5  $\mu\text{m}$ . Les répartitions tri-modales admettent un maximum supplémentaire pour les particules ultrafines d'un diamètre de 0,01 à 0,03  $\mu\text{m}$ .

Les particules les plus fines sont en principe présentes en plus grand nombre, mais leur contribution à la concentration massique ne contrebalance pas celle des particules plus grandes (voir fig. 4.44). Pour des particules sphériques un rapport de diamètre de 10 signifie un rapport de volume, et pour une densité massique identique, également un rapport de masse, d'un facteur 1000.

Les particules de suie, le plomb originaire du trafic, le carbone élémentaire et les sels d'ammonium (sulfates et nitrates) appartiennent en grande partie à la fraction des particules fines (< 1  $\mu\text{m}$ ). Une partie des nitrates est pourtant supérieure à 1  $\mu\text{m}$ . Les particules d'origine naturelle comme le sable et l'argile, le sel de mer, etc. ... appartiennent principalement à la fraction des particules plus grosses (2,5 à 10  $\mu\text{m}$ ).

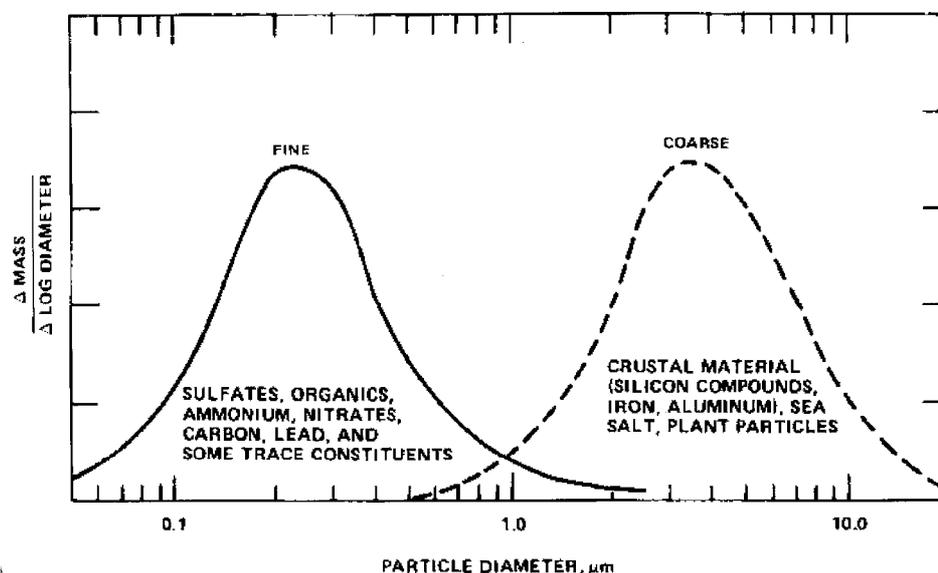


Fig. 4.42 : Répartition bi-modale de la taille des particules et indication du type  
*Aerosol Measurement, Willeke and Baron, 1993 - R&P Seminar – Antwerp 2002*

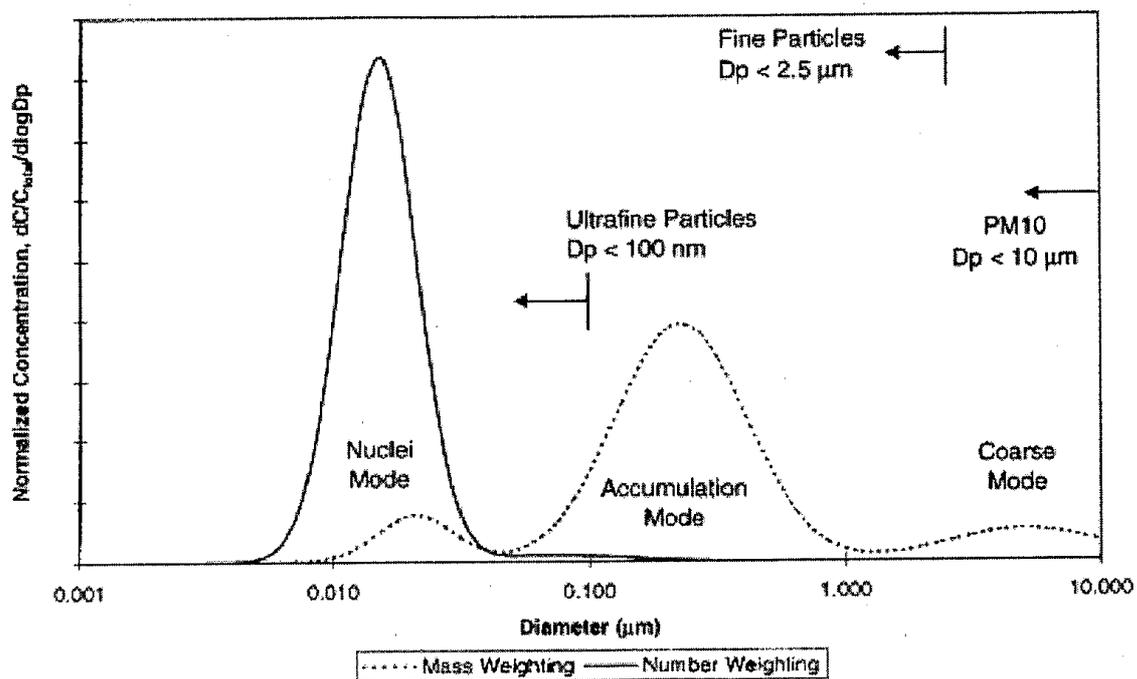


Fig. 4.43 : Répartition des particules par taille – distribution par nombre et par masse  
*Journal of Air & Waste Management Association, Volume 59, January 2009*

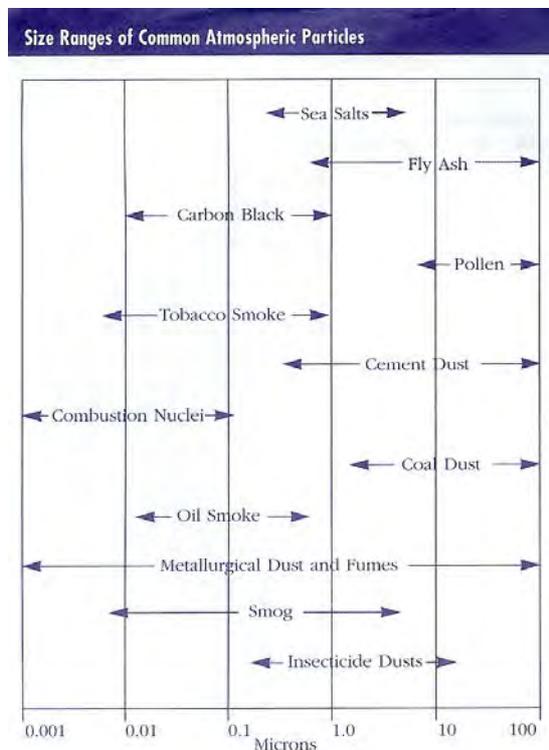


Fig. 4.44: Taille des particules très courantes  
*Environmental Tables & Information, 1999-2000*

### 4.3.2 Méthodes de mesure des particules PM10 et historique

Les résultats obtenus avec des différentes méthodes de détection ne sont comparables que si les méthodes de détection utilisées sont suffisamment spécifiques pour la mesure massique des particules et pour autant qu'il n'y ait pas de changement de masse dûs aux variations de température et d'humidité. Il peut par exemple y avoir diminution ou augmentation de masse suite à la perte ou l'absorption d'humidité ou de composés volatils, ou encore par la dissociation ou la formation de certains composés.

Dans la méthode de référence des PM10, la détermination de la masse des particules collectées sur filtre se fait par gravimétrie. La fraction PM10 des particules doit être aspirée via une tête de prélèvement parfaitement conçue pour effectuer un échantillonnage spécifique des PM10. Toutes les fractions de particules inférieures à 10 µm sont échantillonnées et il y a une coupure franche en ce qui concerne l'échantillonnage des particules de la taille de 10 µm: 50% de ces particules sont échantillonnées (cut-off de 50% à 10 µm). Avant la pesée, les filtres sont conditionnés dans un environnement contrôlé : ils sont maintenus pendant 48 à 72 heures à une température de  $20 \pm 1$  °C et une humidité relative de  $50\% \pm 3\%$ .

La méthode de référence a été établie par convention. La méthode fournit des résultats reproductibles dans des conditions contrôlées, mais il n'y a pas de garantie absolue que cette méthode soit la meilleure approche pour fournir des résultats qui représentent le mieux la réalité physique. Le conditionnement du filtre établit un équilibre spécifique aux conditions de labo. Dans quelle mesure cet équilibre reflète-t-il la réalité physique de l'échantillonnage ?

La méthode de référence est une méthode manuelle dont les résultats sont seulement connus avec retard (jours, semaines). Son intégration dans les réseaux télémétriques et l'information directe de la population sont impossibles. L'organisation de la collecte des filtres des réseaux manuels offre un inconvénient pratique supplémentaire. La durée d'échantillonnage ne permet pas d'étudier la dynamique du comportement, ni la disponibilité en temps réel des résultats.

Les États membres peuvent utiliser d'autres méthodes et l'emploi d'appareils automatisés dans les réseaux télémétriques est largement répandu. Dans ce cas, les États membres doivent démontrer que les résultats obtenus sont équivalents à ceux qui auraient été obtenus avec la méthode de référence, ou ils doivent prouver que les résultats ont un rapport constant avec la méthode de référence. Dans ce dernier cas, les mesures doivent être corrigées par un facteur exact afin d'obtenir des résultats qui soient équivalents à ceux de la méthode de référence. Si l'État membre n'établit pas ce facteur, les concentrations mesurées doivent être multipliées par le facteur 1,3.

Le facteur de correction compense les différences de masse entre la méthode de mesure et la méthode de référence. Les différences de température d'échantillonnage, le traitement et la conservation des filtres introduisent des différences au niveau des pertes d'humidité, de la vaporisation des matières organiques ou de la dissociation des sels d'ammonium.

La « microbalance oscillante » et « l'absorption  $\beta$  » font partie des méthodes instrumentales les plus utilisées. Les deux méthodes sont basées sur la détermination du changement d'une propriété physico-chimique qui est étroitement liée à la masse. Une autre méthode est la néphélométrie laser qui repose sur une combinaison de la détection optique par taille des particules et d'un facteur de conversion « *masse/propriété optique* » approprié.

Les postes de mesure pour la détermination de la fraction PM10 en Région de Bruxelles-Capitale sont équipés d'appareils à « microbalance oscillante », les appareils de mesure sont du type R&P TEOM-1400Ab. Dans le réseau de la Région Flamande on trouve aussi bien des appareils à « microbalance oscillante » que « absorption  $\beta$  ». Les postes de mesure en Région Wallonne sont équipés d'appareils « néphélogéométrie laser » et « absorption  $\beta$  ».

Une étude de la VMM (2002) sur la comparaison entre la méthode de référence PM10 et les méthodes instrumentales, effectuée à plusieurs endroits et à différentes époques de l'année, a fourni des facteurs de conversion de 1,47 pour la “microbalance oscillante” et de 1,37 pour la méthode par “absorption  $\beta$ ”. Une répétition de cette étude (en 2004) a donné des résultats pratiquement identiques : 1,49 pour la microbalance oscillante et 1,39 pour l'absorption  $\beta$ . Tous les résultats PM10-données brutes, mesurées en Région de Bruxelles-Capitale entre 1996 et 2004, sont multipliés par un facteur 1,47 pour les rendre équivalents à la méthode de référence. Ces résultats corrigés sont identifiés comme **PM10\_EqRef**.

Pour la période 1996-2004 l'évaluation de la qualité de l'air par rapport aux normes CE a été réalisée sur base de ces données corrigées :

$$\text{PM10\_EqRef} = 1,47 * \text{PM10\_données brutes}$$

### Système FDMS

Dans la directive CE, l'emploi d'un facteur fixe est imposé. Les phénomènes physiques qui conduisent à la divergence des résultats sont en fait dépendants de la composition des aérosols, de la température et de l'humidité. Cela signifie que le facteur de conversion n'est pas stable, mais qu'il peut varier en fonction du temps et du lieu de mesure.

Dans la recherche d'une méthode qui donne des résultats équivalents par mesure, la Région de Bruxelles-Capitale a choisi, en 2003, d'équiper un appareil TEOM existant avec un système FDMS (*Filter Dynamics Measurement System*). D'après un certain nombre de résultats publiés dans la littérature, il semble y avoir une bonne corrélation entre les résultats de la méthode de référence et ceux d'un TEOM-FDMS.

Un appareil TEOM équipé d'un FDMS fonctionne en deux phases de 6 minutes. L'air passe préalablement à travers un sécheur à membrane puis, pendant la première période, l'air passe à travers le filtre interchangeable où les particules sont collectées (échantillonnage). L'air qui est passé sur le filtre a donc un degré d'humidité relativement constant et assez bas. La température de fonctionnement est réglée à 30 °C. Ces conditions se rapprochent mieux de celles de la méthode de référence et collent plus étroitement à la réalité physique.

Pendant la deuxième période de 6 minutes, après le sécheur, l'air passe d'abord à travers un filtre “absolu” maintenu à  $\pm 4$  °C où il est débarrassé de toutes les particules et des composés volatils. Cet air « pur » et sans particules passe ensuite à travers le filtre de mesure interchangeable. Dans cette phase, il n'y a pas d'accumulation de masse par des nouvelles particules : la perte de masse, causée par la dissociation (sur le filtre d'échantillonnage) de certaines matières et la volatilisation de composés gazeux, qui se produit également dans la phase de collecte des particules sur filtre, est déterminée et utilisée pour corriger le signal de mesure PM10.

Les résultats sont intégrés sur une période d'une heure en supposant que la composition de l'aérosol ne varie pas trop brusquement. Le résultat final est identifié comme **PM10-FDMS**.

**Depuis 2005 l'évaluation de la qualité de l'air par rapport aux normes européennes se fait sur base des données PM10-FDMS.**

Des mesures parallèles entre TEOM-PM10-FDMS et TEOM-PM10 ont été effectuées à deux endroits, Molenbeek et l'Avant Port. Les périodes considérées étaient respectivement 'septembre 2003 – décembre 2005' et 'septembre 2004 – décembre 2005'. Pour rendre possible cette comparaison, les mesures de PM2.5 y ont été interrompues temporairement. En 2005 les appareils PM10 dans les postes de mesure d'Uccle, Berchem et Woluwé ont tous été convertis en PM10-FDMS.

Les comparaisons entre **PM10-FDMS** et **PM10-données brutes** ont donné les rapports suivants (voir *annexe A du rapport de l'IBGE sur la Qualité de l'Air en RBC. Mesures à l'immission 2003-2005*):

Molenbeek	un facteur ~1,30	(24 mois)
Avant Port	un facteur ~1,20	(16 mois)
Uccle	un facteur ~1,42	(12 mois)
Woluwé	un facteur ~1,46	(12 mois)
Berchem	un facteur ~1,51	(9 mois)

Les rapports entre PM10-FDMS et PM10-données brutes, calculés à Molenbeek (~1,30) et l'Avant Port (~1,20), sont inférieurs au facteur fixe de 1,47 utilisé pour la conversion des données brutes en valeurs équivalentes à la méthode de référence (PM10\_EqRef). Dans les autres postes de mesure on constate une meilleure correspondance entre les résultats PM10-FDMS (facteur 1,42 à 1,51 par rapport aux données brutes) et les résultats PM10\_EqRef (=1,47 \* données brutes).

Une plus grande quantité de particules d'origine minérale, présente à des endroits ou des moments spécifiques, induit probablement une surestimation des concentrations réelles, comme à Molenbeek et l'Avant Port.

Une analyse journalière des rapports entre les résultats des deux méthodes (PM10-FDMS et données brutes) fait apparaître que ceux-ci varient à Molenbeek entre ~0,8 et ~2,7 et à l'Avant Port entre ~0,6 et ~2,0. Si les études ultérieures venaient à montrer qu'il y a, à l'échelle journalière, une bonne corrélation entre la méthode de référence et la méthode FDMS, l'emploi d'un facteur fixe de correction sur les données brutes serait pour le moins mis en question.

Dans un programme commun entre la Région Flamande, la Région Wallonne et Bruxelles-Capitale (campagne à Aarschot, 2006), des analyses supplémentaires d'intercomparaison ont été réalisées. Pour l'appareil PM10-Fdms de l'IBGE, un facteur d'environ 1.00 a été constaté.

Une étude récente de laVMM (2011, *Comparative PM Measurements in Flanders-Belgium, 2010 campaign*) confirme à nouveau la bonne concordance (rapport proche de 1/1) entre d'une part les résultats PM10-Fdms et la méthode de référence PM10 et d'autre part, les résultats PM2.5-Fdms et la méthode de référence PM2.5.

### Mesures de la fraction PM2.5

Depuis le démarrage du poste de mesure du Parc Meudon (MEU1) le 01/10/1999, des mesures de PM10 et PM2.5 ont été effectuées simultanément. L'appareil de mesure PM2.5 est du même type que l'appareil PM10, avec une détection par microbalance oscillante. L'échantillonnage sélectif de la fraction PM2.5 est obtenu en faisant suivre la tête d'aspiration PM10 du système d'échantillonnage par un cyclone PM2.5.

Dans le courant de l'année 2000, le réseau a été élargi avec deux appareils PM2.5 supplémentaires ; un appareil se trouvant dans le poste de mesure de Molenbeek (R001 – avril 2000) et l'autre dans le poste de mesure de l'Avant Port (N043 – mai 2000). Ces deux appareils ont été temporairement transformés en PM10-FDMS (tête d'aspiration), respectivement depuis septembre 2003 et mai 2004, en raison des tests de comparaison entre PM10-FDMS et PM10\_données brutes. Durant les périodes en question, il n'y a donc pas de résultats PM2.5 disponibles.

Depuis janvier 2006, après l'installation des systèmes FDMS, la fraction PM2.5 est à nouveau déterminée à trois endroits : Molenbeek, Avant Port et le parc Meudon. En mars 2006, un quatrième appareil PM2.5-FDMS a été installé à Uccle. Un cinquième appareil PM2.5-FDMS a été ajouté à Berchem en octobre 2007. L'installation de systèmes FDMS permet d'effectuer les mesures de la fraction PM2.5 dans des conditions mieux contrôlées de température et d'humidité relative.

Un facteur de correction pour les mesures PM2.5-brutes n'a pas encore été déterminé. Les résultats rapportés pour la période 1999 à 2005 sont les données brutes. Entre juillet 2005 et mars 2007, une étude de comparaison entre **TEOM-PM2.5-FDMS** et **TEOM-PM2.5\_données brutes** a été tenue au poste du parc Meudon. A cet effet, la mesure de PM10 a été arrêtée temporairement. Sur base de périodes d'intercomparaison de 12 mois un facteur, de ~1,57 est obtenu pour le rapport entre ces deux méthodes.

Le rapport entre **PM2.5\_FDMS** et **PM2.5\_données brutes** peut également être obtenu de façon *indirecte*. Les résultats de deux périodes annuelles sont comparés avec ceux d'un poste de mesure (41MEU1) pour lequel le rapport entre **PM2.5\_FDMS** et **PM2.5\_données brutes** a été déterminé de façon *directe*. La comparaison est établie avec les résultats de **PM2.5\_données brutes** pour la première période annuelle, avec les résultats **PM2.5\_FDMS** pour la seconde période annuelle.

Par cette méthode indirecte, des facteurs de 1,60 et 1,47 ont été obtenus pour le rapport entre PM2.5-FDMS et PM2.5\_données brutes, respectivement pour les postes de mesure de Molenbeek et Avant Port (*voir annexe A*).

Depuis la fin de l'année 2007, le réseau téléométrique de la RBC est équipé de 6 appareils PM10-FDMS et 5 appareils PM2.5-FDMS.

#### 4.3.3 Réglementation PM10 selon l'ancienne directive 1999/30/CE (plus en vigueur)

La directive européenne 1999/30/CE pour le SO<sub>2</sub>, le NO<sub>2</sub>, les particules en suspension et le plomb prévoyait des valeurs limites pour la présence de particules PM10 dans l'air ambiant. La directive ne contient pas encore de valeurs limites pour les particules plus fines (fraction PM2.5), mais bien la recommandation claire de commencer les mesures de PM2.5, de préférence aux endroits où les PM10 sont également mesurées.

La directive prévoyait *deux valeurs limites*, une première pour la *moyenne sur 24 heures* (valeur journalière) et une seconde pour la *moyenne annuelle*. Les valeurs limites devaient évoluer en deux étapes. Un premier objectif devait être atteint en 2005, le second pour 2010.

##### Phase 1 (à respecter à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2005)

- **50 µg/m<sup>3</sup>** comme **concentration moyenne journalière**, à ne pas dépasser plus de **35 fois** par année calendrier
- **40 µg/m<sup>3</sup>** comme **concentration moyenne annuelle**,

##### Phase 2 (à respecter à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2010)

- **50 µg/m<sup>3</sup>** comme **valeur sur 24 heures**, à ne pas dépasser plus de **7 fois** par année calendrier
- **20 µg/m<sup>3</sup>** comme **concentration moyenne annuelle**,

Sur base des résultats PM10 déjà disponibles à cette époque, les objectifs fixés semblaient très ambitieux, particulièrement ceux pour 2010 (assez utopiques).

#### 4.3.4 Réglementation PM10 et PM2.5 selon la directive 2008/50/CE (directive en vigueur)

La directive européenne 2008/50/CE reprend, pour les particules PM10, les valeurs limites de la phase 1 de la directive 1999/30/CE. Les valeurs limites de la phase 2 ne sont pas reprises, mais remplacées par des objectifs de qualité de l'air pour la fraction PM2.5 des particules.

**PM10** : la directive prévoit *deux valeurs limites*, une première pour la *moyenne sur 24 heures* (valeur journalière) et une seconde pour la *moyenne annuelle*. Les valeurs limites devraient déjà être respectées depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2005. La nouvelle directive prévoit la possibilité d'un report des délais fixés pour le respect des valeurs limites, moyennant des conditions strictes, jusqu'au 11 juin 2011 (voir plus haut « *Report de délai* » sous le point 3.2).

- **50 µg/m<sup>3</sup>** comme **valeur sur 24 heures**, à ne pas dépasser plus de **35 fois** par année calendrier
- **40 µg/m<sup>3</sup>** comme **concentration moyenne annuelle**,

**PM2.5** : la directive 2008/50/CE fixe, pour la présence de la *fraction PM2.5 des particules* dans l'air ambiant, différents objectifs qui deviennent progressivement plus sévères :

**a** – une valeur cible (2010), remplacée plus tard par une valeur limite (2015) qui pourrait devenir plus sévère en 2020

- **valeur cible** de **25 µg/m<sup>3</sup>** en tant que **moyenne annuelle** à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2010
- **valeur limite** de **25 µg/m<sup>3</sup>** en tant que **moyenne annuelle** à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2015
- une **valeur limite indicative** de **20 µg/m<sup>3</sup>** en tant que **moyenne annuelle** à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2020, éventuellement à revoir à partir de 2013

**b** – un objectif national de réduction de l'exposition

- entre 2010 et 2020, l'indicateur d'exposition moyenne (IEM) doit être réduit d'un pourcentage fixé; ce pourcentage dépend de l'exposition durant l'année de référence 2010. En Belgique, une réduction de 20% sera probablement obligatoire.
- l'IEM est déterminé sur la base des mesures effectuées dans des lieux caractéristiques de la pollution de fond urbaine situés dans des zones et des agglomérations sur l'ensemble du territoire de l'État membre. L'IEM est estimé en tant que concentration moyenne annuelle sur trois années civiles consécutives en moyenne sur tous les points de pollution installés à ce but. L'IEM de l'année de référence 2010 est la concentration moyenne des années 2009, 2010 et 2011. L'IEM de 2020 est la concentration moyenne des années 2018, 2019 et 2020.
- une obligation en matière de concentration relative à l'exposition de 20 µg/m<sup>3</sup> pour l'année 2015. L'IEM pour 2015 est la concentration moyenne des années 2013, 2014 et 2015.

#### 4.3.5 Valeurs de PM10 mesurées

Le tableau IV.20 donne, pour la période 1996-2011, un aperçu des concentrations PM10 aux différents postes de mesure. Il comprend des valeurs statistiques représentatives, la concentration moyenne annuelle (MOY) et le centile 98 (P98). Les résultats sont calculés sur base des valeurs journalières disponibles pour l'année.

Tableau IV.20 : **PM10-VALEURS JOURNALIÈRES : MOYENNE ANNUELLE**  
PÉRIODE ANNUELLE : 1 JANVIER – 31 DÉCEMBRE  
[ Concentration en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ]

MOY	R001	B011	R012	N043	MEU1	WOL1
1996	--		38			
1997	46		40	--		
1998	43		35	51		
1999	43	29	31	53		
2000	37	27	31	57	31	
2001	38	27	32	54	32	
2002	37	27	32	52	32	33
2003	44	29	33	53	36	33
2004	38	23	28	48	30	--
2005	31	26	27	36	(31)	28
2006	31	23	29	34	--	27
2007	34	25	29	34	34	27
2008	32	28	24	34	29	26
2009	29	31	27	36	31	27
2010	29	27	25	33	30	25
2011	29	28	25	39	--	24

-- : moins de 50% des données – (re)mise en service  
( ) : série de données incomplète

PM10_EqRef (facteur 1,47)
Série mixte – PM10_EqRef & PM10_FDMS
PM10_FDMS

Les valeurs les plus élevées sont enregistrées au point de mesure de l'Avant Port (N043), suivi par Molenbeek (R001) et le Parc Meudon (MEU1). Les valeurs à Uccle (R012), Berchem-Ste-Agathe (B011) et à Woluwé (WOL1) sont inférieures.

Un historique détaillé, avec les fréquences cumulées pour les valeurs journalières PM10, calculées pour les périodes annuelles, estivales (*avril – septembre*) et hivernales (*octobre – mars*) figurent aux *annexes B, C et D*. Dépendant du fait si l'instrument était, oui ou non, déjà équipé d'un système FDMS, il s'agit des résultats suivants : PM10\_FDMS, PM10\_EqRef (facteur 1,47) et PM10\_données brutes.

Suite du tableau IV.20 : **PM10 – P98 des VALEURS JOURNALIÈRES**  
 PÉRIODE ANNUELLE : 1 JANVIER – 31 DÉCEMBRE  
 [ Concentration en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ]

P98	R001	B011	R012	N043	MEU1	WOL1
1996	--		79			
1997	120		96	--		
1998	97		78	124		
1999	87	59	60	130		
2000	85	63	67	154	68	
2001	89	59	65	135	68	
2002	75	59	66	115	71	65
2003	93	71	74	128	81	75
2004	75	46	58	114	63	--
2005	73	58	61	81	(63)	63
2006	73	62	69	80	--	67
2007	85	70	71	87	86	74
2008	73	67	58	96	73	62
2009	70	71	68	88	74	66
2010	70	62	58	75	67	54
2011	76	73	66	105	--	63

#### 4.3.6 Dépassements des valeurs limites PM10

##### **Moyenne Annuelle et Marge de Tolérance**

Depuis 2005, la concentration moyenne annuelle calculée est partout inférieure à  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (tableau IV.21). Dans tous les postes de mesures, même les postes mesurant les niveaux de fond, la concentration moyenne annuelle est supérieure à  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , l'objectif de la phase 2 autrefois fixé par la directive 1999/30/CE à l'horizon 2010 et abandonné dans la directive 2008/50/CE.

Pour l'année 2000 on pouvait ajouter une marge de dépassement de 20% à l'objectif de la concentration moyenne annuelle. Cette marge autorisée devait diminuer linéairement pour atteindre zéro au 1<sup>er</sup> janvier 2005. La moyenne annuelle de l'année 2000 devait être comparée à la valeur de  $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3 + 20\%$ ). Les moyennes annuelles des années suivantes 2001, 2002, 2003 et 2004 devaient être comparées respectivement à 46, 45, 43 et  $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . A partir de 2005, la valeur à respecter est fixé à  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Les concentrations les plus élevées sont mesurées dans le poste de mesure de l'Avant Port (N043). Ce poste de mesure est situé dans un environnement à proximité de sources industrielles (entre autre stockage et manutention de matériaux de construction) et d'un trafic dense (poids lourds). A l'exception de ce poste les niveaux les plus élevés ont été mesurés en 2003, une année avec un été exceptionnellement chaud et sec.

**Tableau IV.21: PM10 – CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE  
et l'objectif pour la qualité de l'air  
VALEUR LIMITE majorée de la MARGE de TOLÉRANCE**

PÉRIODE ANNUELLE : 1 JANVIER – 31 DÉCEMBRE

Année	Valeur Limite + Marge de Tolérance	R001	B011	R012	N043	MEU1	WOL1
2000	48	37	27	31	<u>57</u>	31	
2001	46	38	27	32	<u>54</u>	32	--
2002	45	37	27	32	<u>52</u>	32	33
2003	43	<u>44</u>	29	33	<u>53</u>	36	33
2004	42	38	23	28	<u>48</u>	30	--
2005	40	31	26	27	36	(31)	28
2006	40	31	23	29	34	--	27
2007	40	34	25	29	34	34	27
2008	40	32	28	24	34	29	26
2009	40	29	31	27	36	31	27
2010	40	29	27	25	33	30	25
2011	40	29	28	25	39	--	24

-- : moins de 50% de données – (re)mise en service  
( ) : série incomplète de données

PM10_EqRef (facteur 1,47)
Série mixte – PM10_EqRef & PM10_FDMS
PM10_FDMS

Aux endroits de l'Avant Port (N043) et Molenbeek (R001), où une fraction plus importante de particules minérales est présente, l'utilisation d'un facteur fixe de 1,47 a probablement conduit à une surestimation des concentrations réelles.

Dans la plupart des emplacements de la Région, l'objectif pour 2005 est rencontré. En 2011 la concentration moyenne annuelle à l'Avant Port s'élève à  $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . La valeur limite est respectée de justesse. Pour un environnement industriel situé dans une agglomération, l'objectif 2005 n'est pas toujours respecté. La distribution spatiale des concentrations de PM10 sur le pays (cartes PM10 sur le site internet [www.irceline.be](http://www.irceline.be)) montre que ce problème se pose de façon générale. Les concentrations mesurées dans des grandes agglomérations en Flandre ou en Wallonie sont d'ailleurs fréquemment plus élevées qu'à Bruxelles.

Pour la période 2000-2011, l'évolution de la concentration moyenne annuelle en PM10, dans les différents postes de mesure en RBC, est représentée à la figure 4.45 (graphique du dessus). Le graphique du dessous représente l'évolution de la concentration moyenne des jours de week-end. Depuis 2005, les concentrations moyennes du week-end sont également systématiquement inférieures à  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mais clairement plus élevées que  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## Moyenne Journalière et Marge de Tolérance

Le critère sur la moyenne journalière (valeur sur 24 heures) est fréquemment dépassé dans le poste de mesure de l'Avant Port (N043) et Molenbeek (R001) et parfois au Parc Meudon (MEU1), comme il ressort des données des tableaux IV.22 en IV.23. Le tableau IV.22 reprend, par an et par poste de mesure, le nombre de jours où la moyenne journalière dépasse la valeur de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Le nombre annuel de jours en dépassement est clairement plus élevé que l'objectif pour 2005 (maximum 35 jours par an) ou l'objectif de la phase 2 pour 2010 (7 jours par an). Ce dernier objectif étant abondonné par la directive en vigueur.

Tableau IV.22 : **PM10 – NOMBRE de JOURS par an (Maximum 35) où la CONCENTRATION JOURNALIÈRE >  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$**

PÉRIODE : 1 JANVIER – 31 DÉCEMBRE

nd-24h > 50	R001	B011	R012	N043	MEU1	WOL1	RÉGION
1996	(5)		(36)				(40)
1997	112		72	(5)			124
1998	100		56	152			156
1999	106	(17)	27	160	(2)		167
2000	61	21	24	164	31		170
2001	73	16	36	152	48	(16)	154
2002	74	19	39	152	43	35	155
2003	105	29	42	159	64	40	174
2004	69	5	18	125	25	(9)	133
2005	<u>42</u>	17	23	<u>66</u>		24	74
2006	<u>40</u>	17	25	<u>56</u>		29	58
2007	<u>65</u>	30	<u>42</u>	<u>68</u>	<u>46</u>	<u>37</u>	82
2008	<u>44</u>	25	15	<u>66</u>	33	23	80
2009	<u>41</u>	<u>40</u>	23	<u>66</u>	<u>51</u>	28	70
2010	26	16	14	<u>45</u>	(15)	14	53
2011	<u>42</u>	32	24	<u>87</u>	--	23	88

( ) : série incomplète de données – (re)mise en service

En 2009, on note plus de 35 jours en dépassement ( $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dans tous les postes de mesures, sauf celui de Berchem (B011) et de Woluwé (WOL1). En 2010 il y avait relativement peu de dépassements. Le premier semestre de 2010 était caractérisé par un apport beaucoup plus fréquent que d'habitude d'air venant du secteur Nord. Le nombre de dépassement en 2011 rejoint celui des années précédentes à 2010.

Pour la période 2000-2011 l'évolution du nombre de dépassements par an, dans les différents postes de mesure, est représentée à la figure 4.46. Le graphique du dessus donne le nombre réel des jours de dépassements, calculé sur base des données de tous les jours de l'année.

Le graphique du dessous donne une estimation du nombre de dépassements, calculé sur base des jours de week-end (= nombre de dépassements si tous les jours de l'année étaient des jours de week-end). Même avec une réduction généralisée des activités émettrices au niveau des jours de week-end, il y aurait encore probablement plus de 35 jours de dépassement (valeur journalière > 50 µg/m<sup>3</sup>) à certains endroits.

Pour la période 2000-2005, une marge de tolérance pouvait être appliquée à l'objectif pour les valeurs journalières. Pour l'an 2000 la marge était de 50% et elle retombait à 0% en 2005. Pour l'année 2000, 75 µg/m<sup>3</sup> était le seuil à prendre en compte pour le calcul du nombre de dépassements. Pour les années 2001, 2002, 2003 et 2004, les seuils étaient respectivement 70, 65, 60 et 55 µg/m<sup>3</sup>. Le nombre de jours avec une valeur journalière supérieure à la valeur limite, majorée de la marge de tolérance admise, est donné au tableau IV.23.

Tableau IV.23: **PM10 – NOMBRE de JOURS par an où la CONCENTRATION JOURNALIÈRE dépasse la VALEUR LIMITE majorée de la MARGE de TOLÉRANCE**

PÉRIODE : 1 JANVIER – 31 DÉCEMBRE

Année	Valeur Limite + Marge de Tolérance	R001	B011	R012	N043	MEU1	WOL1	RÉGION
2000	nd-24h > 75	13	2	2	<u>65</u>	5		67
2001	nd-24h > 70	19	4	6	<u>70</u>	7	7	70
2002	nd-24h > 65	27	2	8	<u>76</u>	14	6	78
2003	nd-24h > 60	<u>62</u>	18	20	<u>106</u>	<u>37</u>	25	110
2004	nd-24h > 55	<u>50</u>	1	8	<u>105</u>	14	7	113
2005	nd-24h > 50	<u>42</u>	17	23	<u>66</u>		24	74

PM10_EqRef (facteur 1,47)
Série mixte – PM10_EqRef & PM10_FDMS
PM10_FDMS

Les résultats des postes de mesure de Molenbeek (R001) et surtout de l'Avant Port (N043) montrent une pollution plus importante due à l'axe industriel et commercial de la Région. Au poste de mesure de l'Avant Port ou dans un environnement similaire (ville + industrie + trafic), ce deuxième objectif pour l'an 2005 (maximum 35 jours de dépassement) ne sera certainement pas respecté.

*Jours de week-end:* Dans le tableau IV.24, la concentration moyenne annuelle (alld - tous les jours) est comparée à la concentration moyenne des jours de week-end (wknd - samedis et dimanches) pour la période 2002-2011. Une réduction systématique des activités émettrices moyennes au niveau des jours de week-end ne ferait que baisser faiblement la concentration moyenne annuelle en PM10. Dans ce cas l'objectif actuel pour une moyenne annuelle de 40 µg/m<sup>3</sup> serait probablement respecté dans tous les postes de mesure. Une moyenne annuelle de 20 µg/m<sup>3</sup>, l'objectif de la phase 2 abandonné pour 2010, ne semble pas accessible.

Au poste de mesure de l'Avant Port, la concentration moyenne pendant le week-end est environ 20 à 30% inférieure à la concentration moyenne annuelle réelle. Dans les autres postes de mesure, les concentrations moyennes des week-ends des années 2009, 2010 et 2011 sont inférieures de 10 à 15% aux moyennes annuelles réelles.

Tableau IV.24: **PM10 – CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE** [en µg/m<sup>3</sup>]

Concentration moyenne annuelle calculée sur base de tous les jours (alld) et  
Concentration moyenne sur base des jours de week-end (wknd)

Année – Type de jours	R001	B011	R012	N043	MEU1	WOL1
2002 – alld	37	27	32	52	32	33
<b>2002 – wknd</b>	<b>32</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>28</b>	<b>28</b>
2003 – alld	44	29	33	53	36	33
<b>2003 – wknd</b>	<b>36</b>	<b>27</b>	<b>30</b>	<b>37</b>	<b>30</b>	<b>28</b>
2004 – alld	38	23	28	48	30	(29)
<b>2004 – wknd</b>	<b>32</b>	<b>21</b>	<b>26</b>	<b>34</b>	<b>25</b>	<b>(27)</b>
2005 – alld	31	26	27	36	(31)	28
<b>2005 – wknd</b>	<b>28</b>	<b>24</b>	<b>26</b>	<b>28</b>	<b>(26)</b>	<b>25</b>
2006 – alld	31	23	29	34		27
<b>2006 – wknd</b>	<b>30</b>	<b>24</b>	<b>30</b>	<b>30</b>		<b>27</b>
2007 – alld	34	25	29	34	34	27
<b>2007 – wknd</b>	<b>31</b>	<b>24</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>33</b>	<b>25</b>
2008 – alld	32	28	24	34	29	26
<b>2008 – wknd</b>	<b>26</b>	<b>25</b>	<b>21</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>22</b>
2009 – alld	29	31	27	36	31	27
<b>2009 – wknd</b>	<b>27</b>	<b>30</b>	<b>26</b>	<b>29</b>	<b>29</b>	<b>26</b>
2010 – alld	29	27	25	33	30	25
<b>2010 – wknd</b>	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>22</b>
2011 – alld	29	28	25	39	--	24
<b>2011 – wknd</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>22</b>	<b>30</b>	<b>--</b>	<b>21</b>

() : série incomplète de données – (re)mise en service

Le tableau IV.25 donne, d'une part le nombre réel (alld) de jours avec dépassement de la moyenne journalière de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , et d'autre part une simulation (wknd) du nombre de dépassements calculé sur base du nombre de dépassements constatés pendant les week-ends.

Avec une réduction des activités émettrices moyennes au niveau de celles des jours de week-end (diminution draconienne), le nombre de dépassements (moyenne journalière  $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dans certains postes et pour certaines années, resterait supérieur aux objectifs de l'année 2005 (maximum 35 jours de dépassement) et largement au dessus de l'objectif abandonné pour l'an 2010 (maximum 7 jours).

En 2008, il y a eu relativement peu de jours de dépassements les jours de week-ends. Par contre, en 2006, il y a eu proportionnellement beaucoup plus de dépassements les jours de week-end que les jours de semaine.

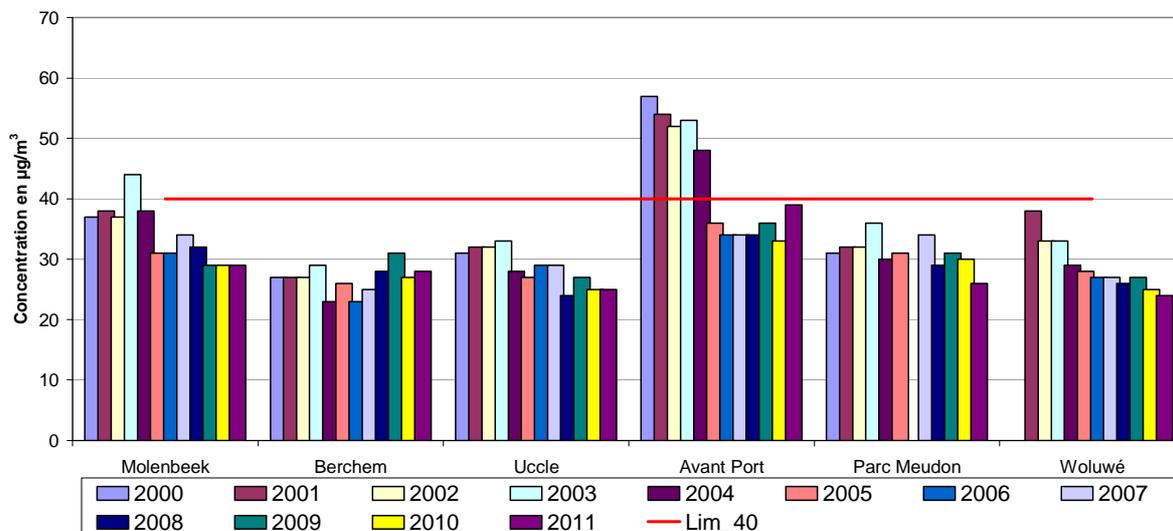
**Tableau IV.25: PM10 – NOMBRE de JOURS par AN avec DÉPASSEMENT  
VALEUR JOURNALIÈRE  $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$**

Nombre de jours en dépassement sur base des données de tous les jours (alld) et  
Simulation du nombre de dépassement sur base des jours de week-end (wknd)

nd-24h $> 50$	R001	B011	R012	N043	MEU1	WOL1	RÉGION
2002 - alld	74	19	39	152	43	35	155
<b>2002 - wknd</b>	<b>46</b>	<b>7</b>	<b>25</b>	<b>67</b>	<b>28</b>	<b>18</b>	<b>70</b>
2003 - alld	105	29	42	159	64	40	174
<b>2003 - wknd</b>	<b>49</b>	<b>18</b>	<b>32</b>	<b>49</b>	<b>21</b>	<b>14</b>	<b>67</b>
2004 - alld	69	5	18	125	25	(9)	133
<b>2004 - wknd</b>	<b>32</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>35</b>	<b>4</b>	<b>(4)</b>	<b>46</b>
2005 - alld	42	17	23	66	(21)	24	74
<b>2005 - wknd</b>	<b>45</b>	<b>17</b>	<b>28</b>	<b>24</b>	<b>3</b>	<b>28</b>	<b>45</b>
2006 - alld	40	17	25	56		29	58
<b>2006 - wknd</b>	<b>45</b>	<b>28</b>	<b>42</b>	<b>52</b>		<b>45</b>	<b>52</b>
2007 - alld	65	30	42	68	46	37	82
<b>2007 - wknd</b>	<b>56</b>	<b>28</b>	<b>39</b>	<b>39</b>	<b>42</b>	<b>21</b>	<b>60</b>
2008 - alld	44	25	15	66	33	23	80
<b>2008 - wknd</b>	<b>28</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>4</b>	<b>32</b>
2009 - alld	41	40	23	66	51	28	70
<b>2009 - wknd</b>	<b>32</b>	<b>42</b>	<b>25</b>	<b>42</b>	<b>46</b>	<b>32</b>	<b>46</b>
2010 - alld	26	16	14	45	15	14	53
<b>2010 - wknd</b>	<b>11</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>11</b>
2011 - alld	42	32	24	87	--	23	88
<b>2011 - wknd</b>	<b>31</b>	<b>28</b>	<b>21</b>	<b>52</b>	--	<b>17</b>	<b>52</b>

() : série incomplète de données – (re)mise en service

**PM10 : CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE - TOUS les JOURS**  
Période : 2000 - 2011



**PM10 : CONCENTRATION MOYENNE - JOURS de WEEK-END**  
Période : 2000 - 2011

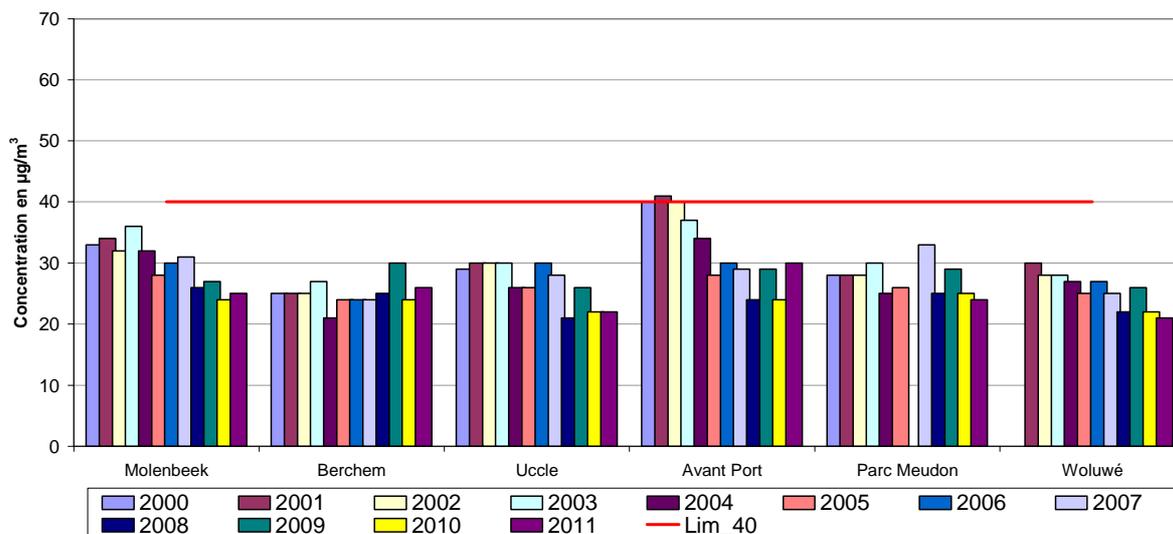


Fig. 4.45: PM10 – Évolution de la concentration moyenne annuelle. Période 2000-2011  
Concentration moyenne annuelle calculée pour tous les jours (graphique du dessus) et  
Concentration moyenne des jours de week-end (graphique du dessous)

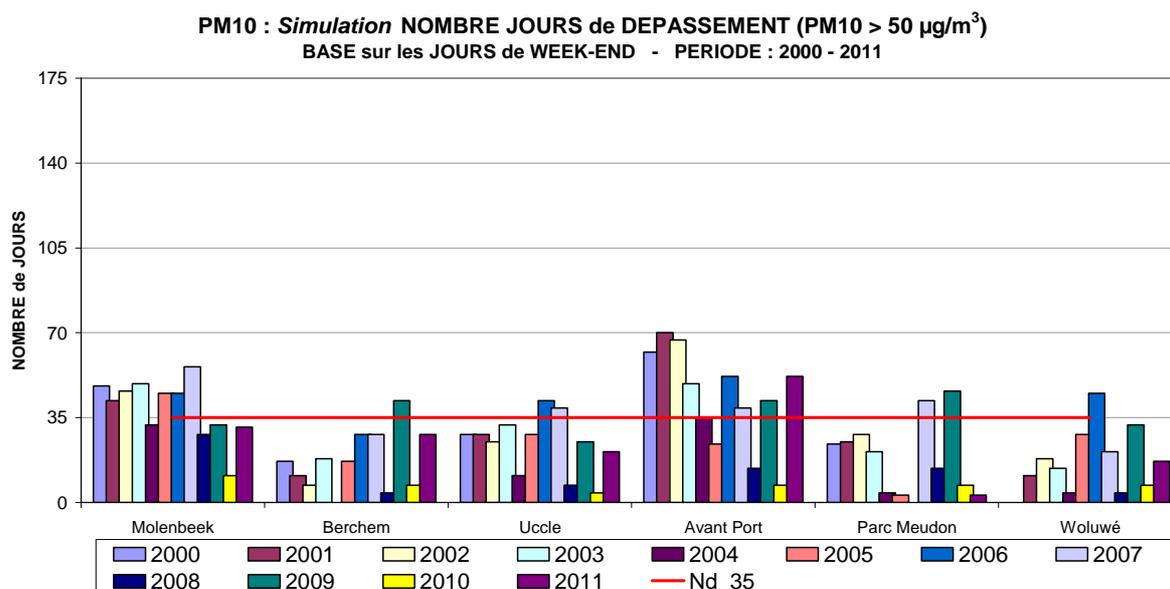
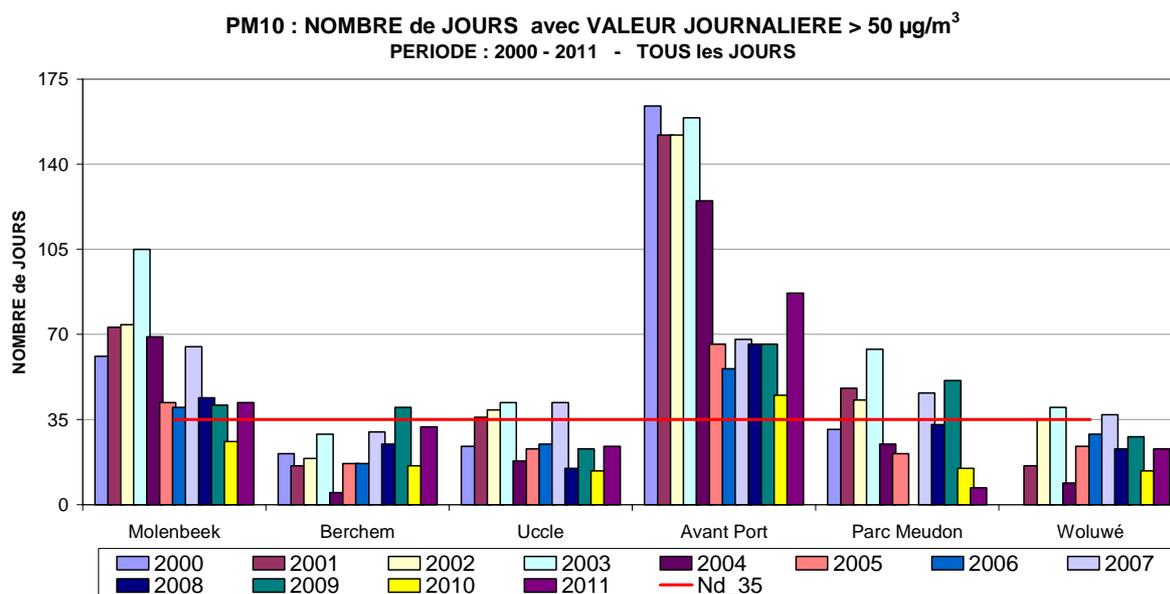


Fig. 4.46: PM10 – Valeur journalière > 50 µg/m<sup>3</sup> – Évolution du nombre de dépassements  
Période 2000 – 2011

Nombre réel de dépassements sur base des données de tous les jours (graphique du dessus) et  
Simulation du nombre de dépassements sur base des données des jours de week-end  
(graphique du dessous)

#### 4.3.7 Évolution à long terme des concentrations PM10

La figure 4.47 reproduit l'évolution dans le temps de la pollution par les PM10, au moyen de la représentation graphique de la distribution de fréquences cumulées. Le graphique du dessus donne les résultats du poste de mesure de Molenbeek (41R001) et le graphique du dessous, ceux du poste de mesure de l'Avant Port (41N043). Il s'agit de la période couvrant les années civiles 1997 à 2011. Les résultats de Molenbeek indiquent une légère tendance à la baisse pour la moyenne annuelle et pour les centiles les plus élevés. Par contre, au poste de l'Avant Port, cette tendance à la baisse ne se remarque qu'à partir de 2003. Depuis 2005, les résultats rapportés sont les résultats PM10-FDMS. L'utilisation d'un facteur fixe de 1,47 pour la conversion des données brutes en PM10\_EqRef au cours des années précédentes a probablement conduit à une surestimation des concentrations réelles dans les cas où une fraction plus importante de particules minérales était présente. Une tentative d'estimer l'évolution des concentrations PM10 sur une plus longue période (1981-2011) est donnée plus loin (voir 4.3.9) dans le texte.

Dans la figure 4.48, l'évolution hebdomadaire moyenne est reproduite graphiquement pour le poste de mesure de Molenbeek (R001). La concentration moyenne, la médiane (P50) et les centiles P10 et P90 sont donnés sous forme de graphique, par période horaire. Ces deux dernières valeurs délimitent approximativement la zone dans laquelle la concentration varie de jour en jour. Le graphique du dessus représente la période hivernale 'octobre 2010 – mars 2011' et le graphique du dessous, la période estivale 'avril – septembre 2011'.

Dans la figure 4.49 le graphique du dessus représente l'évolution hebdomadaire des PM10 dans tous les postes de mesure et le graphique du dessous celle des PM2.5. Au poste de l'Avant Port la concentration PM10 est beaucoup plus élevée que dans les autres postes. Les jours de week-end, la concentration PM10 de l'Avant Port est mieux comparable à celle des autres postes. Les concentrations PM2.5 des différents postes sont plus proches durant toute la semaine. Ceci indique une plus haute présence des particules plus grosses au poste de l'Avant Port les jours ouvrables.

La figure 4.50 représente le profil hebdomadaire normalisé pour les paramètres PM10-FDMS, PM2.5-FDMS, NO et NO<sub>2</sub>. Ce profil hebdomadaire normalisé est obtenu en calculant, pour chaque polluant, la concentration moyenne pour chaque jour de la semaine et en divisant la valeur obtenue par la concentration moyenne des jours ouvrables. Les résultats ainsi obtenus sont proches de 1,00 pour les jours ouvrables. Le pourcentage de réduction des concentrations pendant le weekend peut être lu directement sur le graphique.

Le graphiques du dessus présente les résultats obtenus en faisant la moyenne de cinq postes de mesure représentatifs des différents types de pollution urbaine: Molenbeek, Berchem, Uccle, le parc Meudon et Woluwé. Pour minimiser les éventuels effets d'une période spéciale, les moyennes ont été calculées sur 3 années consécutives, 2009, 2010 et 2011. Le graphique du dessous présente des résultats similaires mais uniquement pour le poste de mesure de l'Avant Port (N043).

Dans le graphique du dessus de la figure 4.50, la chute des concentrations de NO, un paramètre lié au trafic, atteint pratiquement 40% le samedi et 60% un dimanche moyen. Cette diminution est du même ordre de grandeur que la diminution des concentrations mesurées constatée dans les postes de mesure trafic (Arts-Loi et Avenue de la Couronne). La chute des concentrations de NO<sub>2</sub> pendant le week-end atteint respectivement environ 20% le samedi et environ 30 à 35% le dimanche. Le NO<sub>2</sub> est un polluant partiellement lié au trafic, mais aussi un polluant secondaire qui se forme dans l'atmosphère, principalement par l'oxydation du NO par l'ozone. De plus, le NO<sub>2</sub> est thermodynamiquement le composé le plus stable des oxydes d'azote, de sorte qu'une concentration minimale de NO<sub>2</sub> est présente partout et en permanence.

La concentration de fond en NO est très faible. Le NO n'est que présent en proximité du trafic et son origine est donc quasi entièrement locale. Pour le NO<sub>2</sub> par contre, la moitié de la concentration mesurée à l'intérieur de la ville est déjà présent dans l'air apporté.

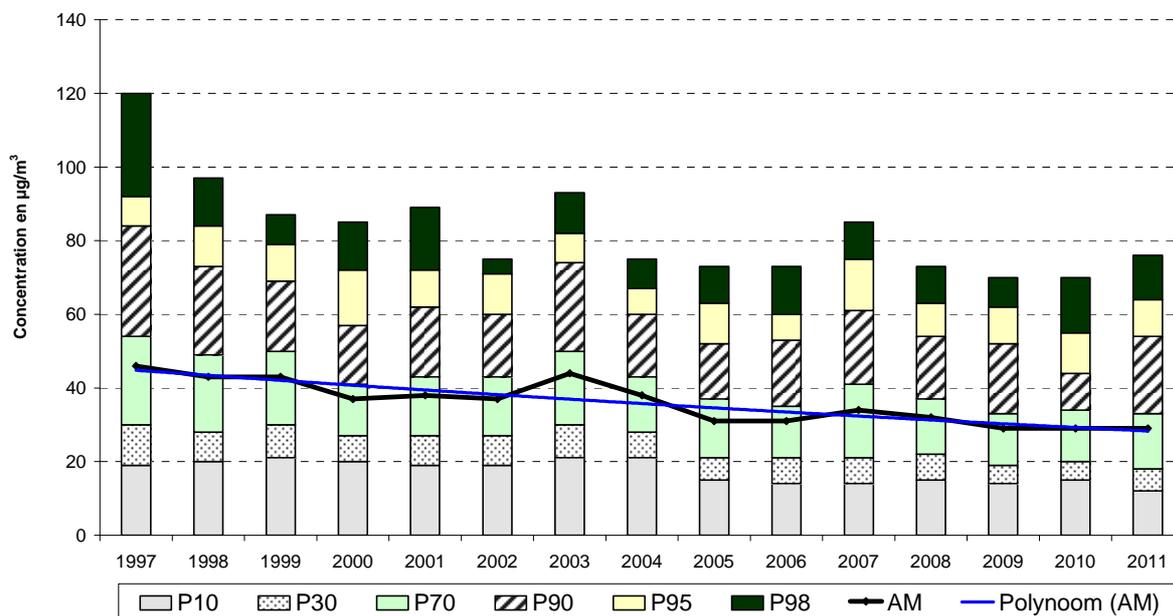
La chute des concentrations durant le week-end est d'environ de 15% pour les PM10 et de 5% pour les PM2.5. La chute des concentrations en PM10 semble fort comparable à celle constatée pour la période précédente (2006-2008). La diminution relativement importante du trafic pendant les week-ends (remarquablement moins de NO) n'induit manifestement pas une réduction équivalente des concentrations de NO<sub>2</sub>, PM10 et PM2.5. La raison principale en est que la concentration de fond, déjà présente dans l'air qui arrive sur la ville, n'est pas négligeable par rapport à la concentration totale mesurée en ville. Pour ces polluants, seulement une partie de la concentration localement mesurée peut être attribuée aux émissions locales de la Région. Ceci limite les possibilités de réduire les concentrations de façon importante en se basant uniquement sur des mesures de réduction locale des émissions.

Le graphique du dessous de la figure 4.50 démontre que la situation dans le poste de l'Avant Port est très différente de celles des autres postes. La concentration en PM10 à l'Avant Port diminue d'environ 30% les samedis et de 35% les dimanches. Pour les PM2.5, la diminution est de 10% et 15% respectivement.

La figure 4.51 reproduit l'évolution journalière moyenne pour les PM10 au poste de mesure de l'Avant Port (N043) durant la période hivernale 'octobre 2010 – mars 2011' et durant la période estivale 'avril – septembre 2011'. A cet égard, une distinction est faite entre les *jours ouvrables*, les *samedis* et les *dimanches*. En moyenne, la concentration de PM10 est supérieure les jours ouvrables. En période estivale, le pic du matin durant les jours ouvrables est plus marqué qu'en hiver.

Uniquement au poste de l'Avant Port, et dans une moindre mesure au poste de Molenbeek, une différence notable (pic matinal) est constatée entre le profil journalier des jours ouvrables et non ouvrables. Le profil journalier calculé dans les autres postes de mesure ne montre pas de différence aussi importante (voir *annexes F et G*).

**PM10 à MOLENBEEK (R001) - EVOLUTION dans le TEMPS**  
**DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS JOURNALIERES**  
 1997-2004 : PM10\_raw \* 1,47 - 2005-... : PM10\_FDMS



**PM10 à l'AVANT PORT (N043) - EVOLUTION dans le TEMPS**  
**DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS JOURNALIERES**  
 1998-2004 : PM10\_raw \* 1,47 - 2005-... : PM10\_FDMS

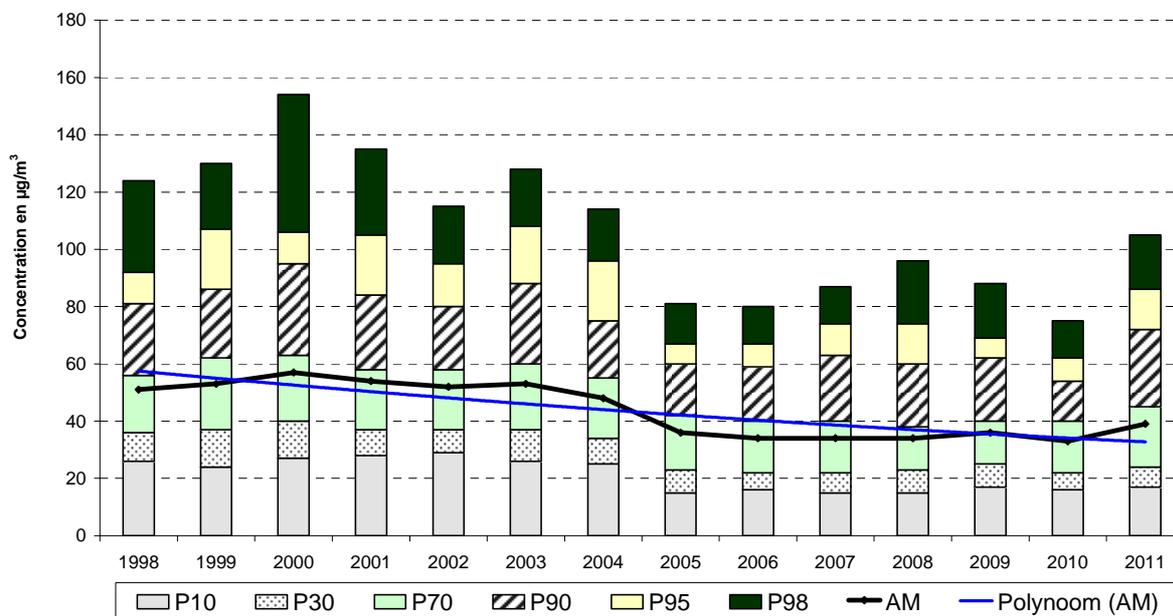
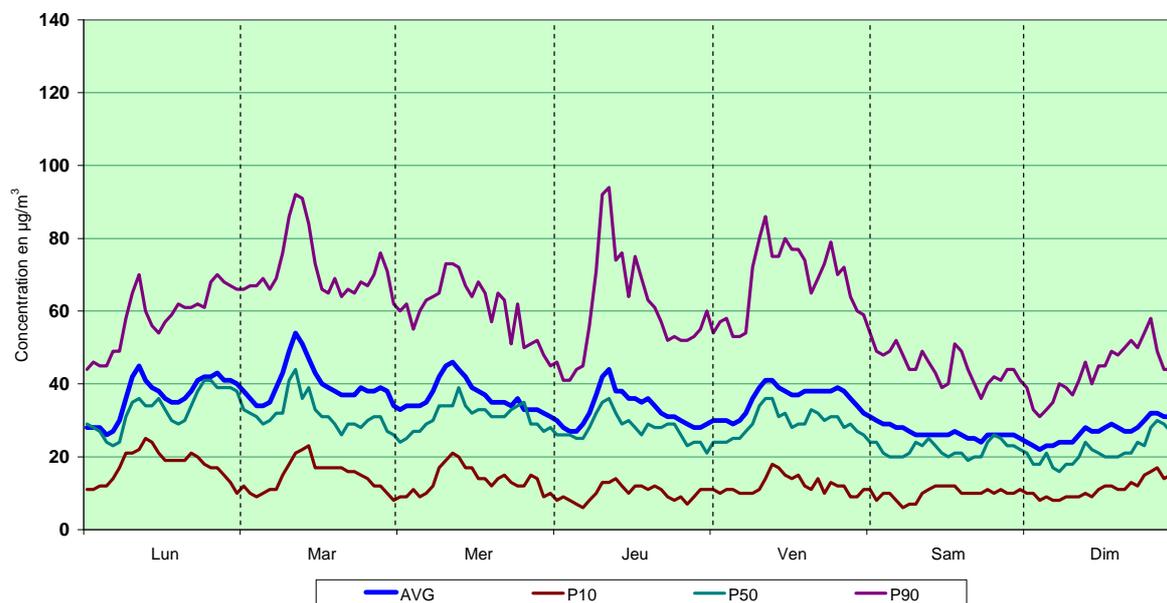


Fig. 4.47: PM10 – Évolution des concentrations PM10 à Molenbeek (R001) et l'Avant Port (N043)  
 PM10\_EqReg : 1997-2004 --- PM10\_FDMS : 2005-2011

**PM10\_FDMS à MOLENBEEK (R001)**  
 EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE  
 Période HIVERNALE : OCTOBRE 2010 - MARS 2011



**PM10\_FDMS à MOLENBEEK (R001)**  
 EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE  
 Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2011

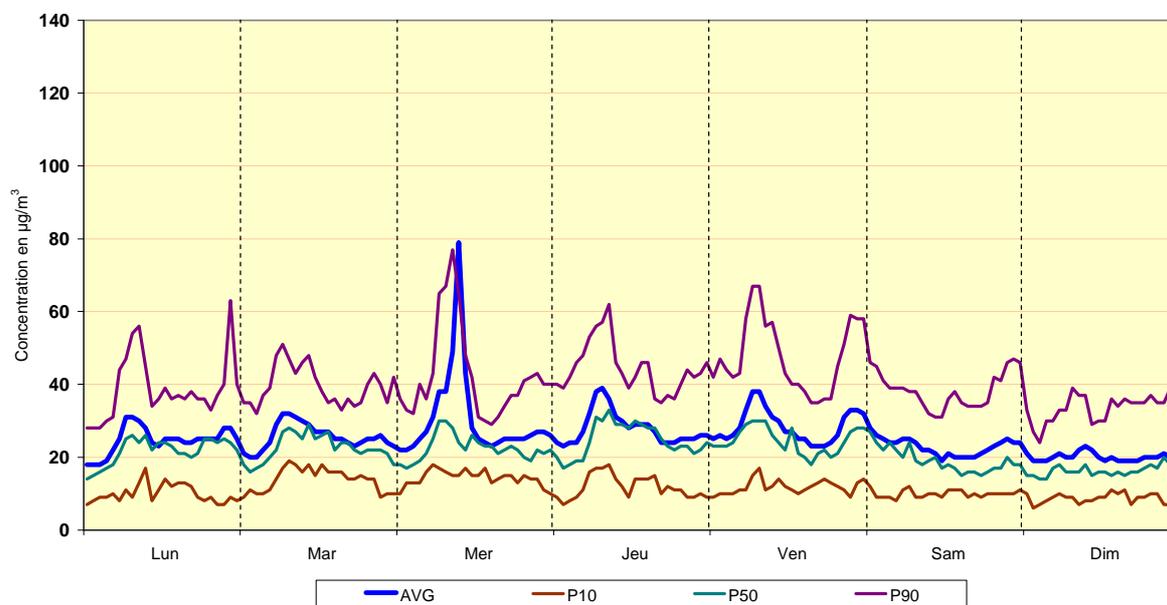
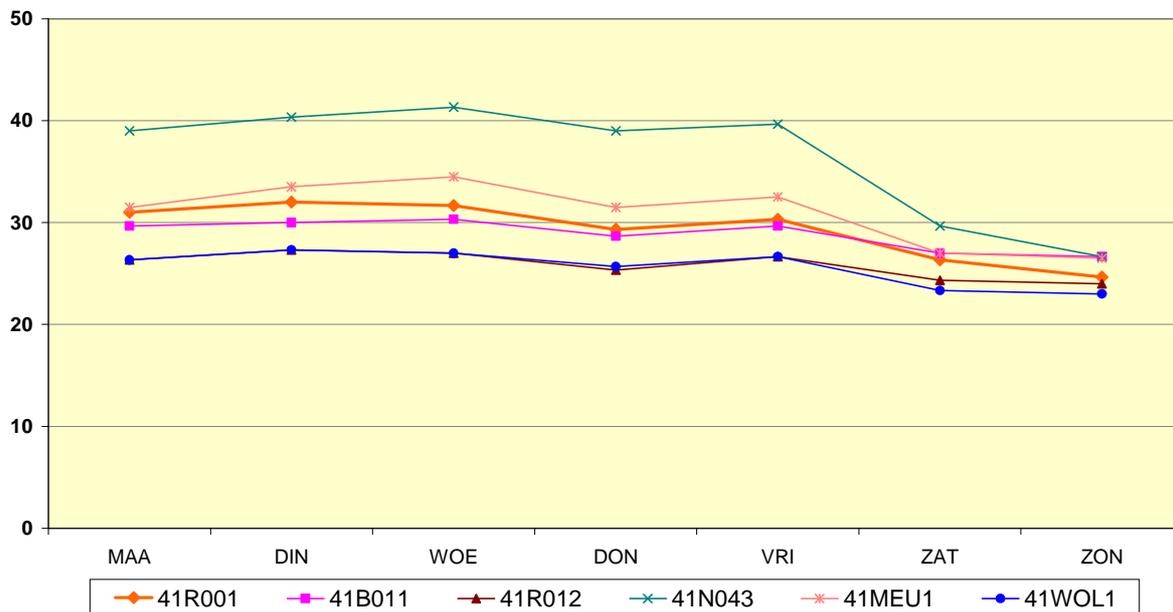


Fig. 4.48: PM10 à Molenbeek - Évolution hebdomadaire moyenne pendant l'hiver et l'été  
 Concentration moyenne (AVG), la médiane (P50) et les centiles P10 et P90

**PM10 - AVERAGE WEEK PROFILE**  
**PERIOD 2009-2011 - Concentration in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**



**PM2,5 - AVERAGE WEEK PROFILE**  
**PERIOD 2009-2011 - Concentration in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

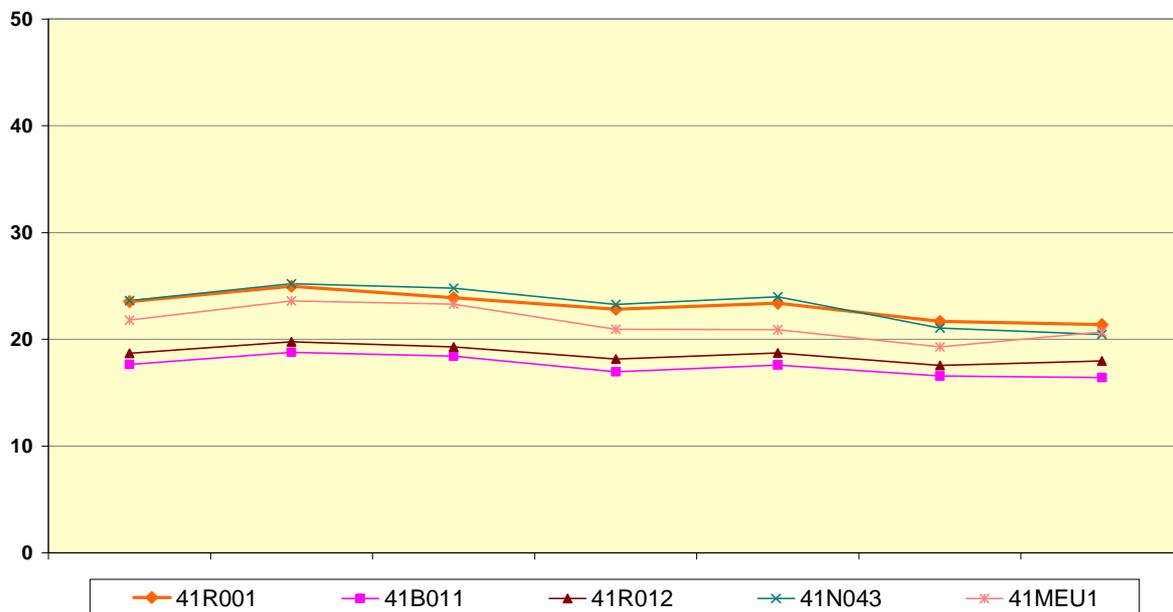
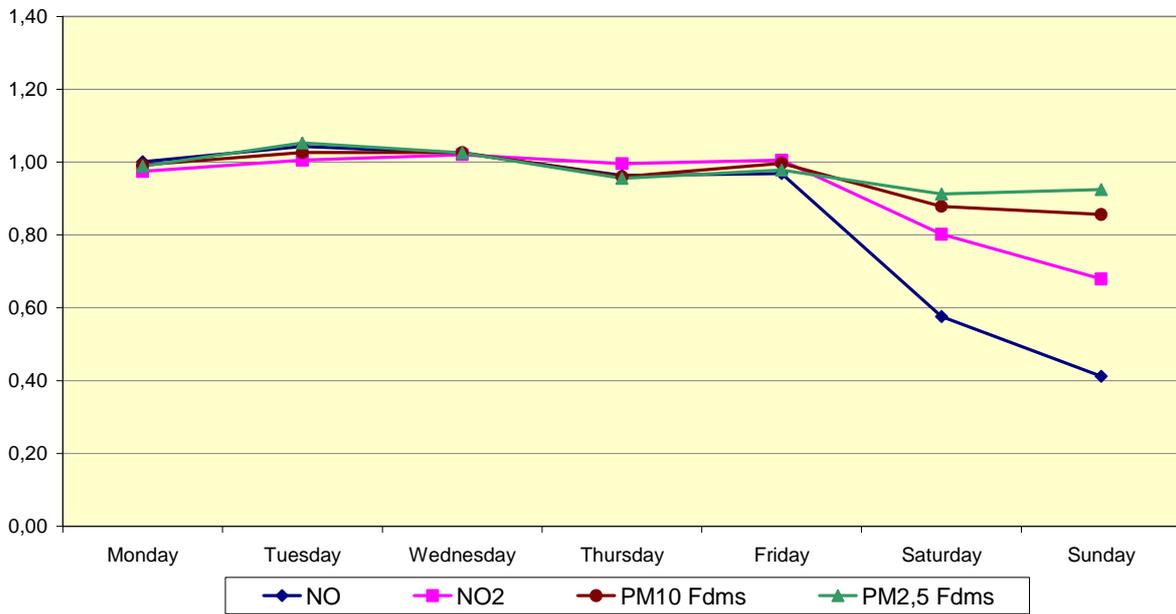


Fig. 4.49: PM10 et PM2,5 – Évolution hebdomadaire moyenne pour les différents postes  
 Période : trois années successives 2009, 2010 et 2011

**Week Pattern for NO, NO<sub>2</sub>, PM10 and PM2,5**  
 Period : 3\_YEARS : 2009 - 2010 - 2011 ::: 5 Sites



**N043 - Week Pattern for NO, NO<sub>2</sub>, PM10 and PM2,5**  
 Period : 3\_YEARS : 2009 - 2010 - 2011

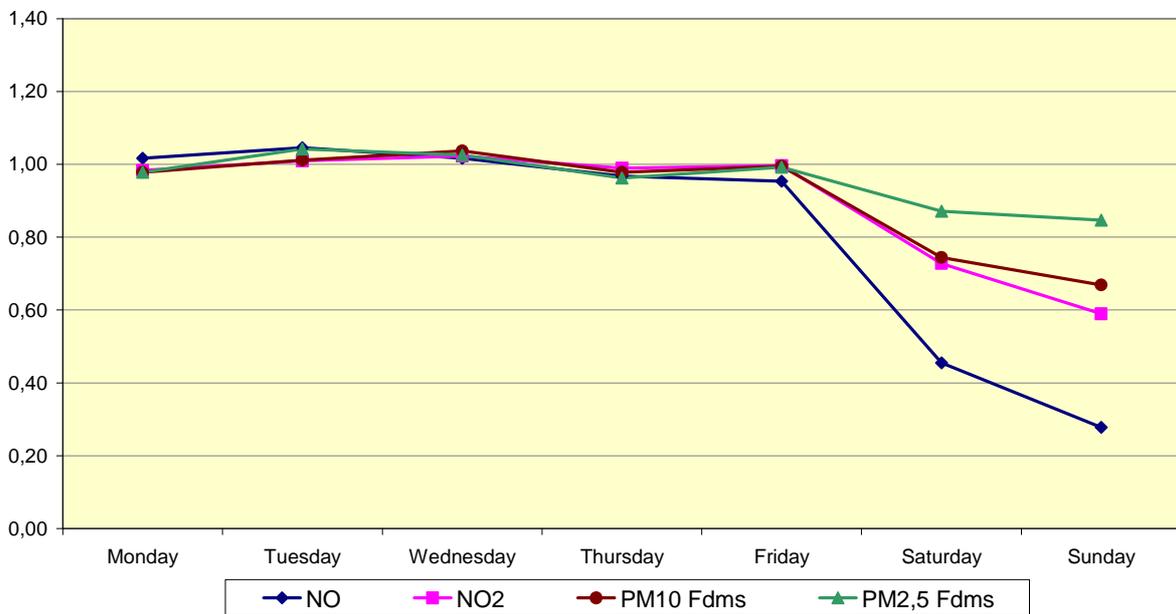
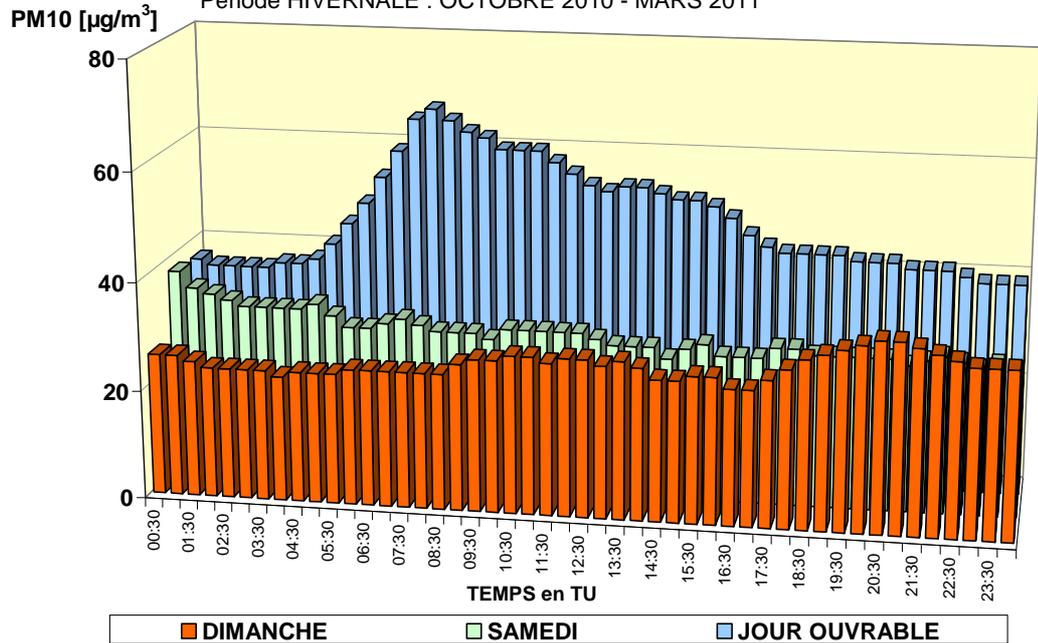


Fig. 4.50: PM10, PM2.5, NO<sub>2</sub> et NO – Évolution hebdomadaire moyenne normalisée  
 Période : trois années successives 2009, 2010 et 2011  
 Graphique du dessus : moyenne sur cinq postes de mesure (Avant Port excepté)  
 Graphique du dessous : postes de mesure de l'Avant Port

**PM10-FDMS - AVANT PORT - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE  
COMPARAISON DIMANCHE, SAMEDI et JOUR OUVRABLE MOYEN**

Période HIVERNALE : OCTOBRE 2010 - MARS 2011



**PM10-FDMS - AVANT PORT - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE  
COMPARAISON DIMANCHE, SAMEDI et JOUR OUVRABLE MOYEN**

Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2011

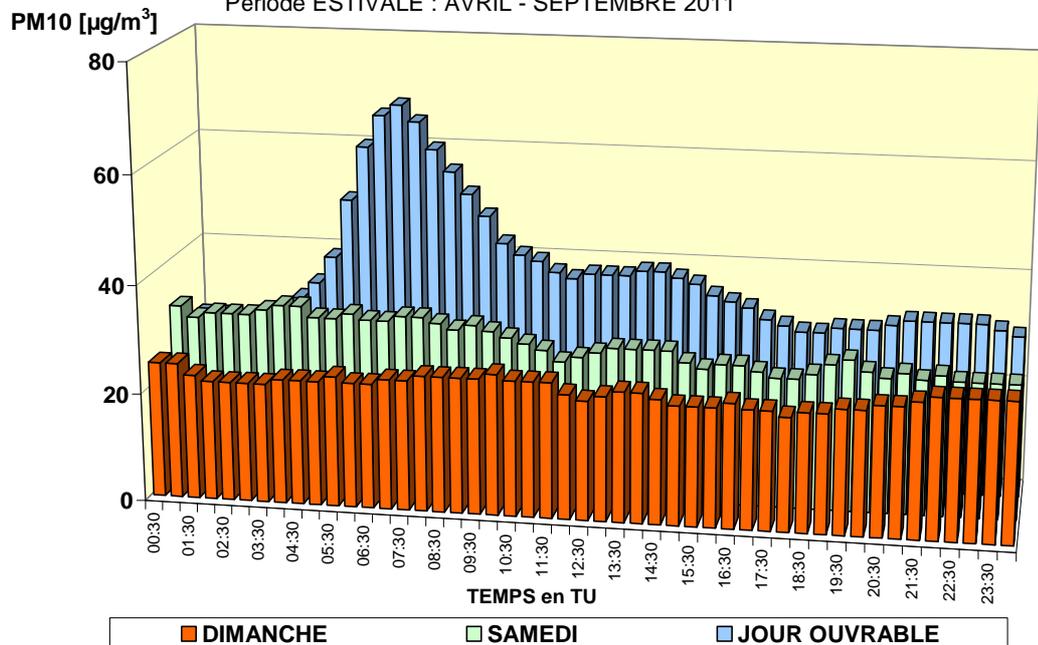


Fig. 4.51: PM10 – Évolution journalière moyenne (dimanche, samedi, jour ouvrable)  
Poste de mesure de l'Avant Port (N043) – PM10\_FDMS

#### 4.3.8 Influence de la direction du vent et de l'humidité de l'air sur les dépassements PM10

Lors des premières observations, il est apparu plus ou moins clairement qu'un nombre important de dépassements PM10 (valeur journalière  $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) se produisent par vent d'est et par temps sec. D'autres dépassements, avec parfois de très hautes concentrations en PM10, ont, de façon quelque peu étonnante, été constatés par température plutôt moyenne et par haute humidité relative de l'air (p. ex. '*dimanche sans voiture 2009*'). Pour rendre plus objectives ces constatations, un tableau des fréquences (valeurs semi horaires) a été réalisé pour tous les jours de la période 2005-2011 (résultats PM10-Fdms) pour la direction de vent et l'humidité relative de l'air. L'humidité relative est certes un concept relatif, mais elle indique bien dans quelle mesure l'air est éloigné du point de rosée et, par conséquent, l'état de saturation de la masse d'air.

Le graphique de la figure 4.52 représente la distribution de fréquences des directions de vent, d'une part pour la sélection '*tous les jours*' (ligne bleu foncé - %Freq\_for\_Windsector) et d'autre part, pour chaque station où les PM10 sont mesurés, la distribution de fréquences des directions de vent pour la sélection '*jours avec dépassement PM10*' (valeur journalière PM10  $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). On voit clairement que les secteurs 'Nord-Est' et 'Est' sont proportionnellement mieux représentés dans le nombre de jours avec dépassement que ce que l'on pourrait attendre sur base de leur occurrence moyenne. Ces secteurs arrivent en moyenne environ 12% (N-E) et 7% (E) du temps, mais représentent, selon le poste de mesure, entre 20 et 30% (N-E) et entre 13 et 18% (E) du temps des jours avec dépassement.

Les secteurs 'Sud' et 'Sud-Ouest' sont par contre sous représentés, par rapport à leur occurrence moyenne, dans le nombre de jours avec dépassement. Ces secteurs représentent environ 19% (S) et 28% (S-O) du temps, mais leur part du temps pendant les jours de dépassement se limite à 8 à 13% (S) et environ 15% (S-O).

Le graphique de la figure 4.53 représente la distribution de fréquences pour certaines classes d'humidité relative (RH), d'une part pour la sélection '*tous les jours*' (ligne bleu foncé - %Freq\_for\_RHClass) et d'autre part, pour chaque poste où les PM10 sont mesurés, la distribution de fréquences de ces classes RH pour la sélection '*jours avec dépassement PM10*'. Les périodes avec humidité relative limitée ( $< 36$  à 52% RH) sont légèrement mieux représentées dans les jours avec dépassement que ce qu'on aurait pu attendre sur base de leur occurrence moyenne.

Un groupe intermédiaire (68 à 92% RH) est par contre légèrement sous-représenté par rapport à son occurrence moyenne. Le plus étonnant est certainement que la classe d'humidité relative la plus élevée (92 à 100%) représente environ 30% du temps des jours avec dépassement, alors que l'occurrence de cette classe ne représente guère plus que 20% du temps.

Le graphique de la figure 4.54 donne une approche quelque peu différente: pour chaque direction de vent est indiqué le pourcentage du temps durant lequel des dépassements PM10 sont constatés. Le graphique donne les résultats pour chaque poste de mesure et cela concerne tous les jours de la période 2005-2011, pour lesquels il y a des données disponibles. Dans ce graphique, on voit clairement que les postes de mesure de l'Avant Port et, dans une moindre mesure pour celui de Molenbeek, se distinguent des autres postes de mesure : un beaucoup plus grand pourcentage de temps au secteur Est élargi (N-E, E, S-E) est associé à des dépassements de PM10 dans ces postes de mesure.

Le graphique de la figure 4.55 présente des résultats identiques, mais à l'exclusion des jours où uniquement les postes de Molenbeek et/ou l'Avant Port présentent des dépassements. Avec cette restriction, les données des postes de mesure de Molenbeek et de l'Avant Port correspondent mieux avec les résultats des autres postes de mesure, en particulier pour les secteurs de vent Est. Cela signifie qu'il y a un lien évident entre les secteurs de vent Est et le surplus de dépassements de PM10 dans ces deux postes de mesure.

Le graphique de la figure 4.56 représente pour chaque classe d'humidité relative de l'air (RH) à quel pourcentage de temps, appartenant à cette classe RH, correspondent les jours avec dépassement PM10. Cela concerne les résultats de la période 2005-2011 et tous les jours pour lesquels il y a des données disponibles. On constate également dans ce cas que les postes de mesure de l'Avant Port et Molenbeek, et dans une moindre mesure du Parc Meudon, se distinguent des autres postes de mesure.

Le graphique de la figure 4.57 donne des résultats identiques, mais à l'exclusion des jours où seuls les postes de mesure de l'Avant Port et/ou Molenbeek présentent un dépassement de PM10. Également dans ce cas, les résultats de tous les postes de mesure correspondent mieux, ce qui signifie qu'il y a un lien évident entre la présence d'air sec et le surplus de jours de dépassement dans les postes de mesure de l'Avant Port et Molenbeek.

Le graphique de la figure 4.58 représente un exemple de période où le poste de l'Avant Port présente des dépassements très marqués en PM10. Le graphique donne l'évolution dynamique des concentrations en PM10 et PM2.5 (ligne courbe) et l'histogramme de l'évolution des concentrations moyennes journalières PM10 et PM2.5. Cela concerne les résultats de la période du dimanche 20 au dimanche 27 mars 2011. La ligne horizontale qui traverse tout le graphique représente la valeur limite de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les PM10. La valeur limite a été dépassée pendant 5 jours consécutifs : du lundi 21 au vendredi 25 mars 2011 les valeurs moyennes journalières ont été respectivement de 104, 122, 82, 91 et  $93 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . On constate que les PM2.5 n'augmentent pas dans les mêmes proportions. Il s'agit donc ici principalement de grosses particules, de la fraction de 2,5 à  $10 \mu\text{m}$ .

Le graphique de la figure 4.59 donne, à titre de comparaison et pour la même période, les résultats au poste de mesure de Molenbeek. Dans ce poste de mesure, on constate des dépassements plus faibles. Le mardi, mercredi et vendredi des valeurs entre 52 et  $71 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ont été atteintes.

Les graphiques de la figure 4.60 représentent le profil hebdomadaire moyen pour PM10 et PM2.5 de la station de mesure de l'Avant Port, respectivement pour la période hivernale 'octobre 2010 – mars 2011' (graphique au dessus) et la période estivale 'avril - septembre 2011' (graphique en dessous). Pendant les jours ouvrables, on note une différence visiblement plus importante entre les PM10 et les PM2.5 que pendant les weekends. Cette différence est également plus importante en été qu'en hiver. La combinaison des vents d'Est et d'air sec, avec la présence d'une fraction de particules plus grosses, conduisent à une augmentation de la concentration massique dans l'air de cette fraction plus grosse (entre 2,5 et  $10 \mu\text{m}$ ).

L'augmentation des concentrations en PM10 apparaissait déjà clairement dans les graphiques de la figure 4.51 qui représentent pour le poste de mesure de l'Avant Port le profil journalier pour les PM10, respectivement pour les dimanches, les samedis et les jours ouvrables, aussi bien pour la période hivernale (graphique du dessus) que pour la période estivale (graphique du dessous).

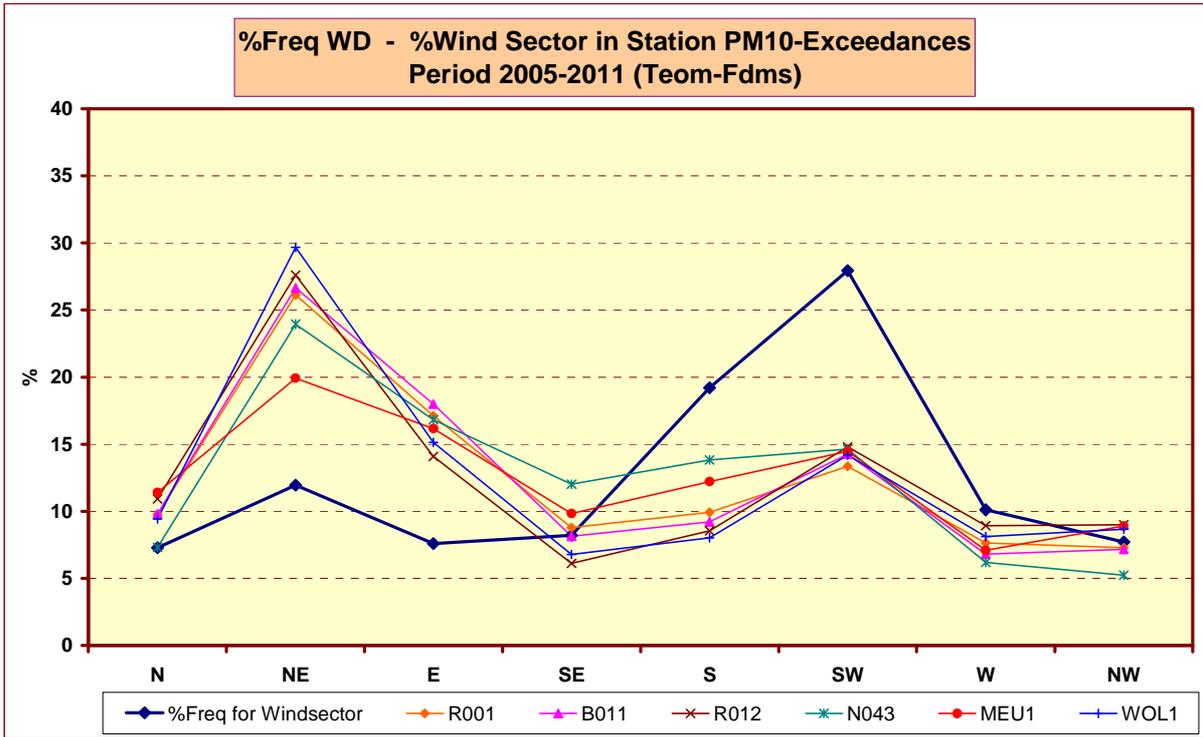


Fig. 4.52: Distribution de Fréquences de la Direction de Vent – Tous les Jours (%Freq\_Windsector)  
Par Poste : Distr. Fréquences de la Direction de Vent pour les jours en dépassement PM10

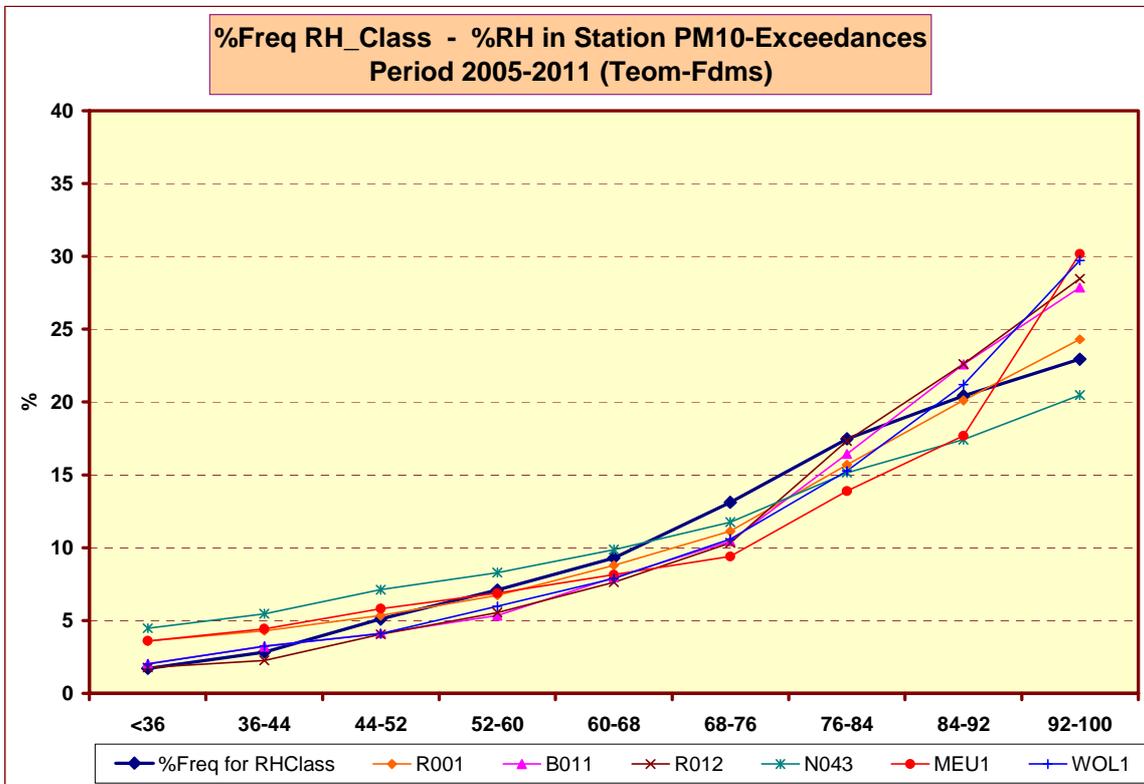


Fig. 4.53: Distribution Fréquences classes d'Humidité – Tous les Jours (%Freq\_RHClass)  
Par Poste : Distribution Fréquences Humidité Relative pour les jours en dépassement PM10

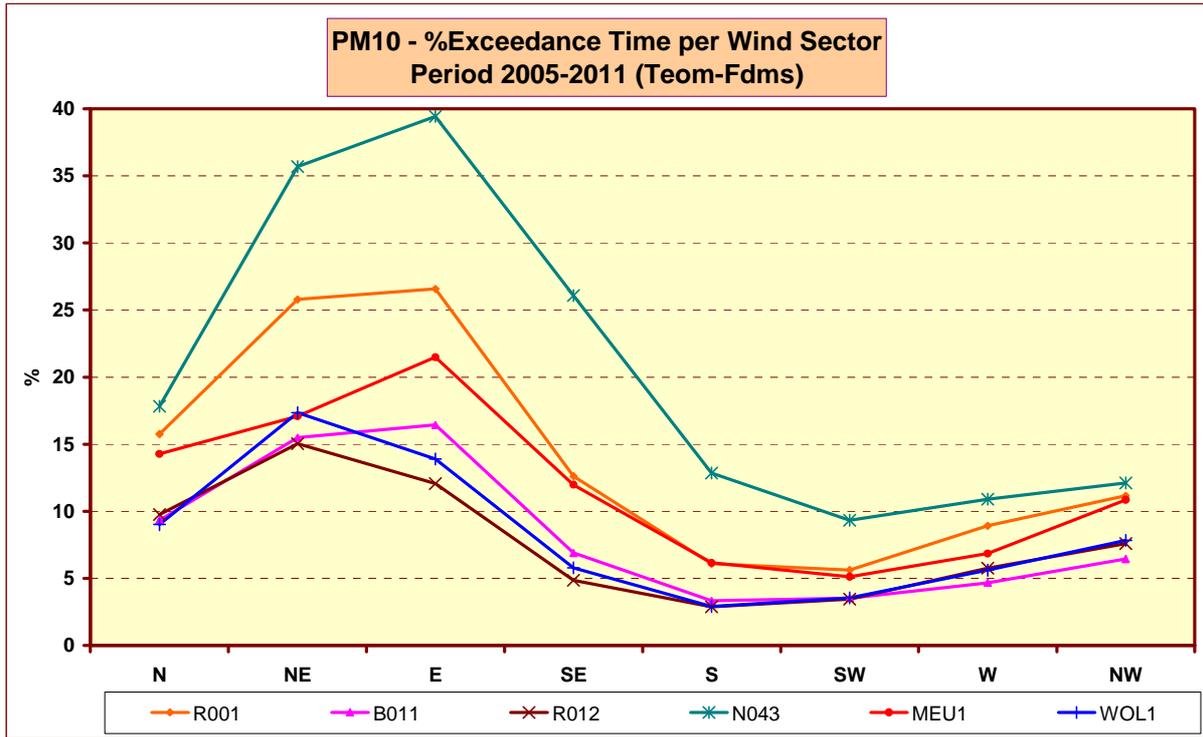


Fig. 4.54: Par Secteur de Vent le pourcentage du temps en dépassement PM10  
Données : Tous les Jours

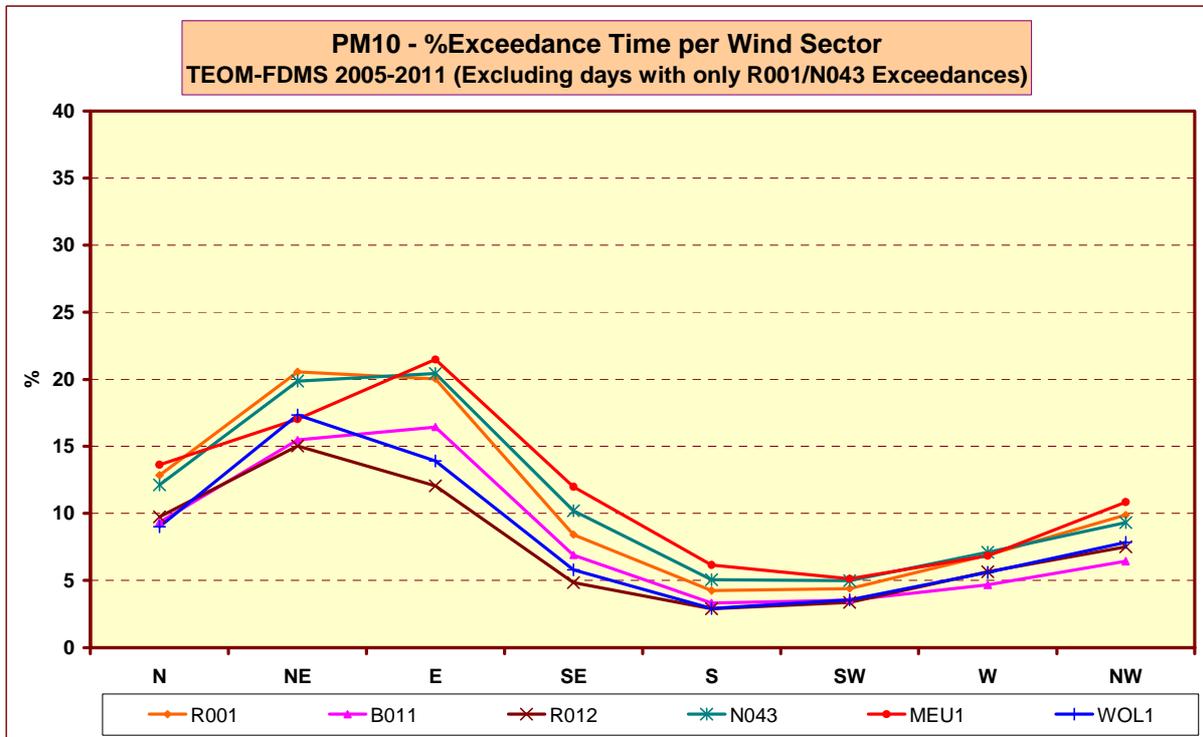


Fig. 4.55: Par Secteur de Vent le pourcentage du temps en dépassement PM10  
Données: Tous les Jours, à l'exception des jours où seuls les postes de l'Avant Port et/ou Molenbeek sont en dépassement PM10

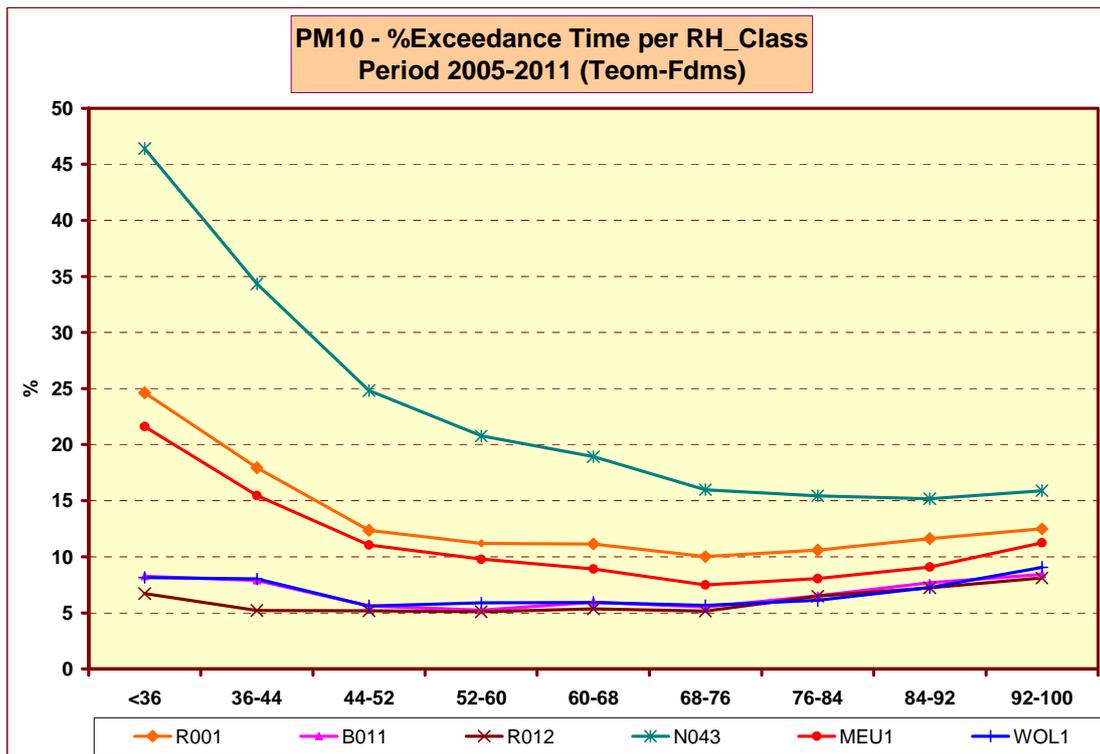


Fig. 4.56: Par classe RH le pourcentage du temps en dépassement PM10  
Données : Tous les Jours

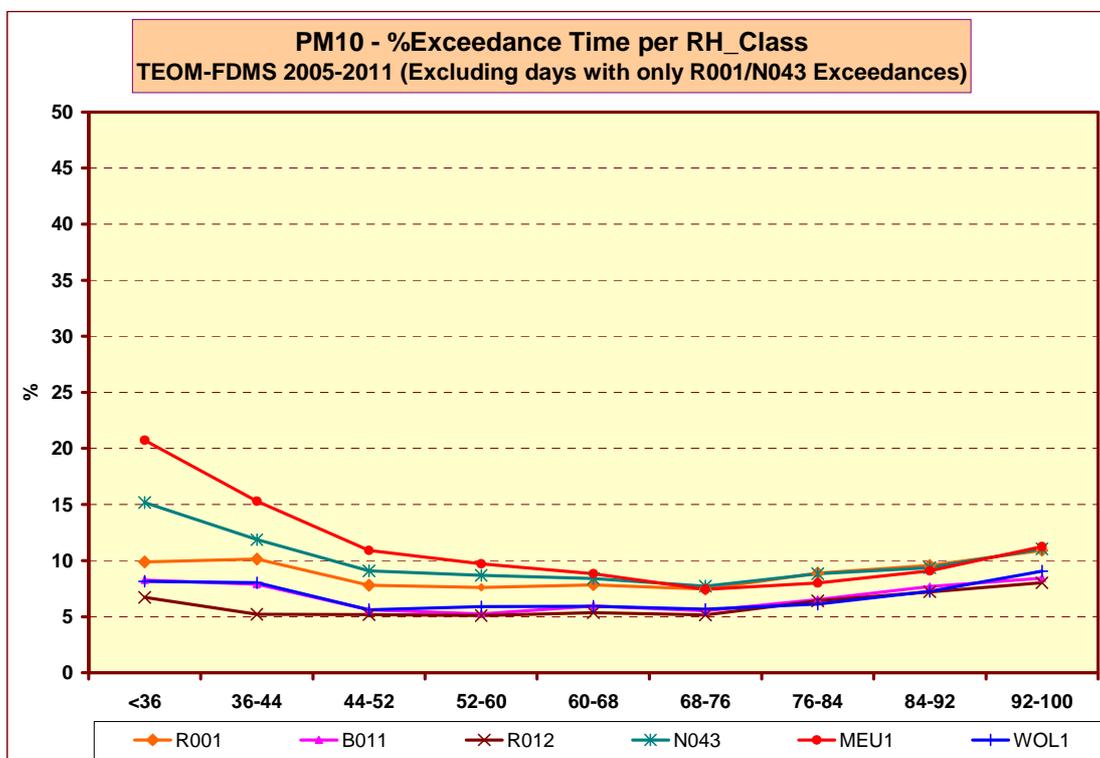


Fig. 4.57: Par classe RH le pourcentage du temps en dépassement PM10  
Données: Tous les Jours, à l'exception des jours où seuls les postes de l'Avant Port et/ou Molenbeek sont en dépassement PM10

### N043 - Evolution "PM10-FDMS" and "PM2,5-FDMS"

Period : Sunday 20 - Sunday 27 March 2011

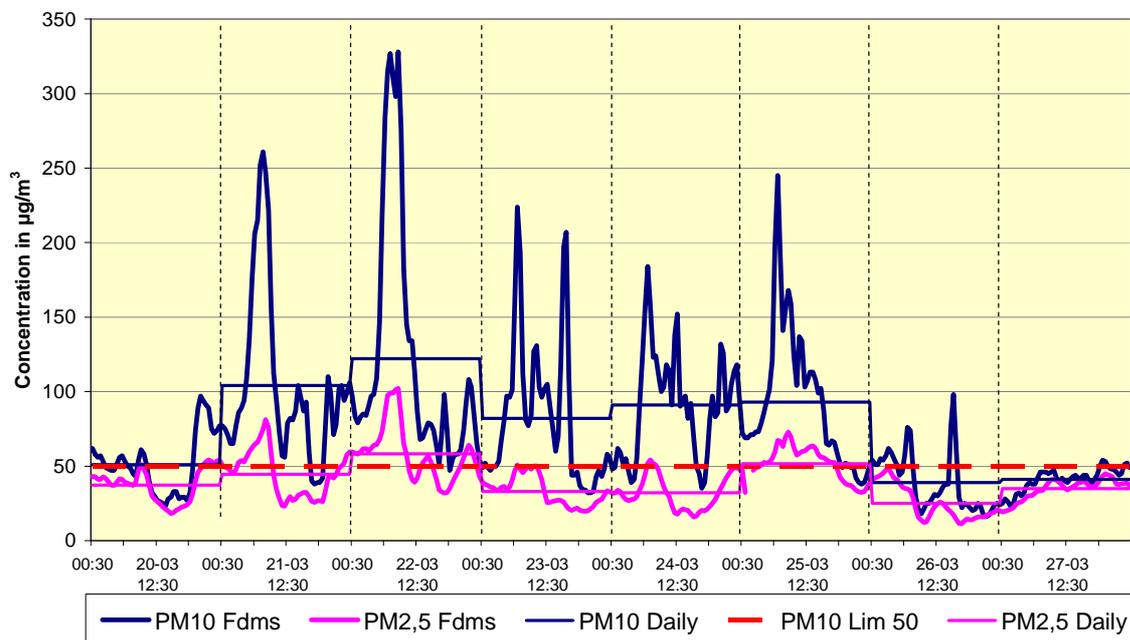


Fig. 4.58: Poste de mesure à l'Avant Port – Evolution des concentrations en PM10 et PM2.5  
Période : Dimanche 20 – Dimanche 27 Mars 2011

### R001 - Evolution "PM10-FDMS" and "PM2,5-FDMS"

Period : Sunday 20 - Sunday 27 March 2011

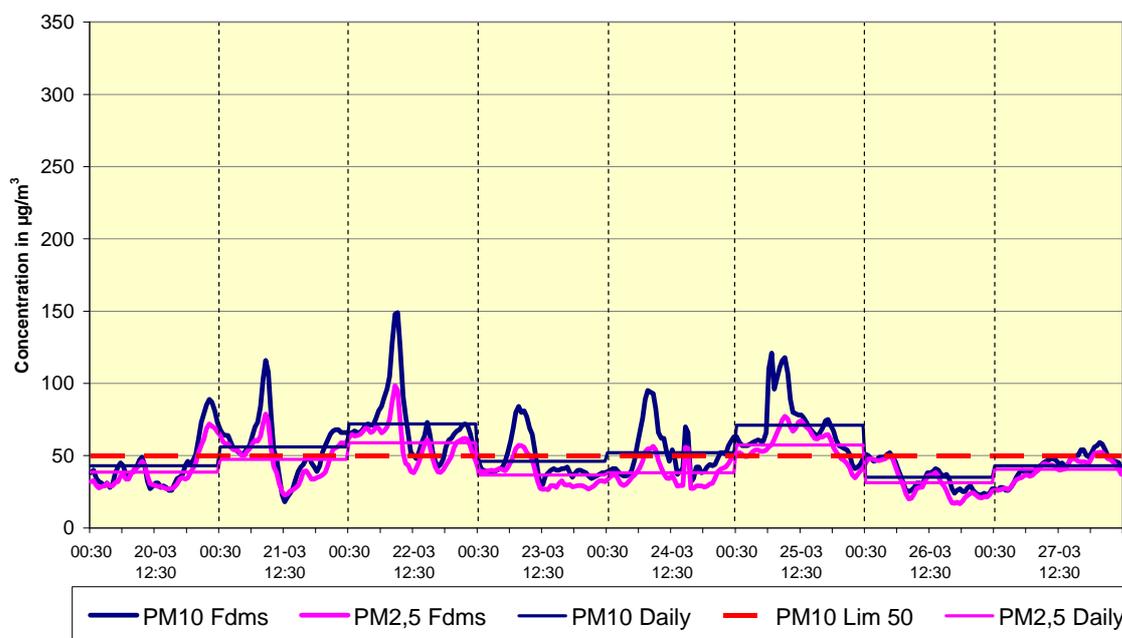
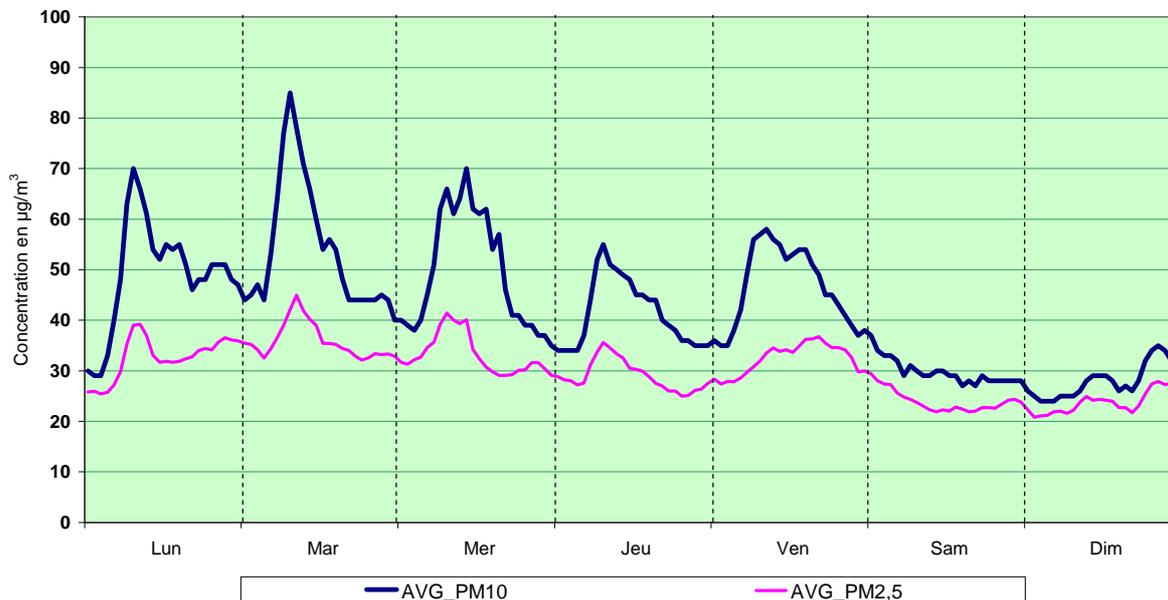


Fig. 4.59: Poste de mesure à Molenbeek – Evolution des concentrations en PM10 et PM2.5  
Période : Dimanche 20 – Dimanche 27 Mars 2011

### PM10\_FDMS et PM2,5 à l'AVANT PORT (N043)

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE

Période HIVERNALE : OCTOBRE 2010 - MARS 2011



### PM10\_FDMS et PM2,5\_FDMS à l'AVANT PORT (N043)

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE

Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2011

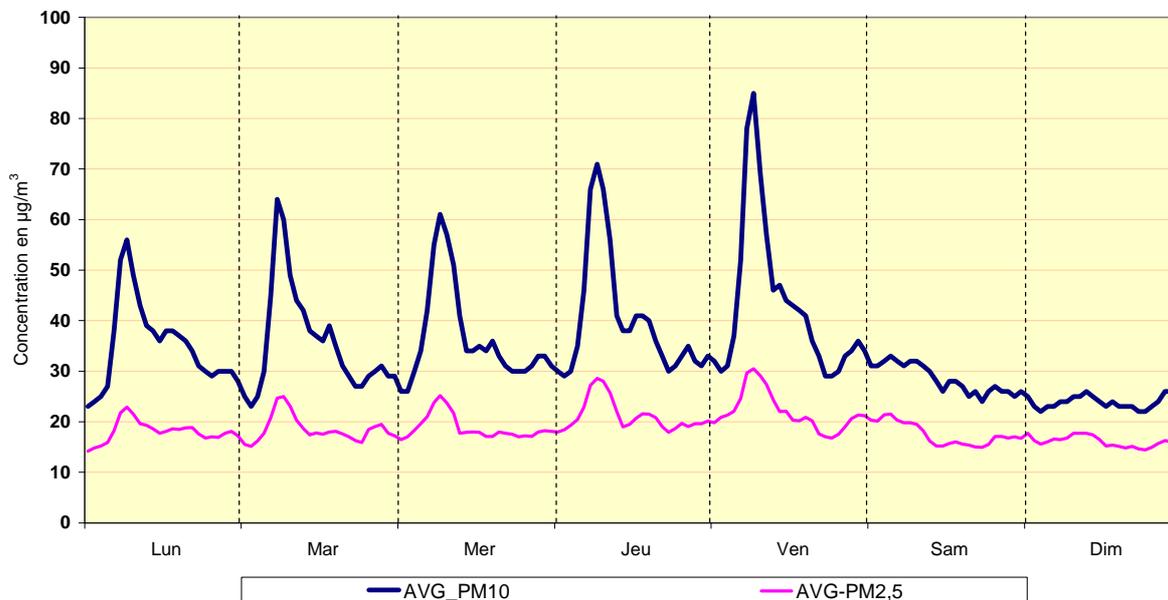


Fig. 4.60: PM10 et PM2.5 à l'Avant Port – évolution hebdomadaire moyenne en hiver et en été  
Concentration moyenne en PM10 (AVG\_PM10) et PM2.5 (AVG\_PM2.5)

Le graphique de la figure 4.61 présente, pour les postes de mesure de l'Avant Port et Molenbeek, la composition de la fraction PM10 les jours de dépassement constatés entre 2007 et 2011. Le graphique reprend les informations pour la part de la fraction volatile, la concentration massique de la fraction PM2.5 (dont la fraction volatile fait partie intégrale) et la différence entre les concentrations massiques de PM10 et PM2.5. Cette dernière est identifiée dans le graphique par PM(2,5-10).

La partie gauche du graphique correspond aux jours où les dépassements sont constatés uniquement dans les postes de mesure de l'Avant Port (N043) et /ou Molenbeek (R001). Ce sont principalement des jours avec importation d'air sec du secteur Est. La partie droite du graphique correspond aux jours où les dépassements sont constatés dans plusieurs postes de mesure. Ce sont principalement les jours où les conditions météorologiques sont défavorables à la dispersion de la pollution, et/ou des jours où la formation d'aérosols secondaires est importante.

Lors des jours de dépassement avec apport d'air sec de secteur Est, la concentration totale en PM10 est plus basse et la masse de la fraction volatile est plus faible. Par contre la concentration massique en grosses particules, c'est-à-dire la fraction entre 2,5 et 10 µm, est visiblement plus importante. Les jours où les dépassements sont constatés dans la plupart des postes de mesure, la masse de la fraction volatile est plus importante, ce qui se répercute sur la concentration massique totale en PM10 ainsi que sur la part des PM2.5 dans la concentration massique des PM10. Les jours de dépassement généralisé, la fraction PM2.5 représente à l'Avant Port et Molenbeek environ 70 à 85% des PM10, contre 50 à 65% durant les jours de dépassements avec apport d'air sec du secteur Est.

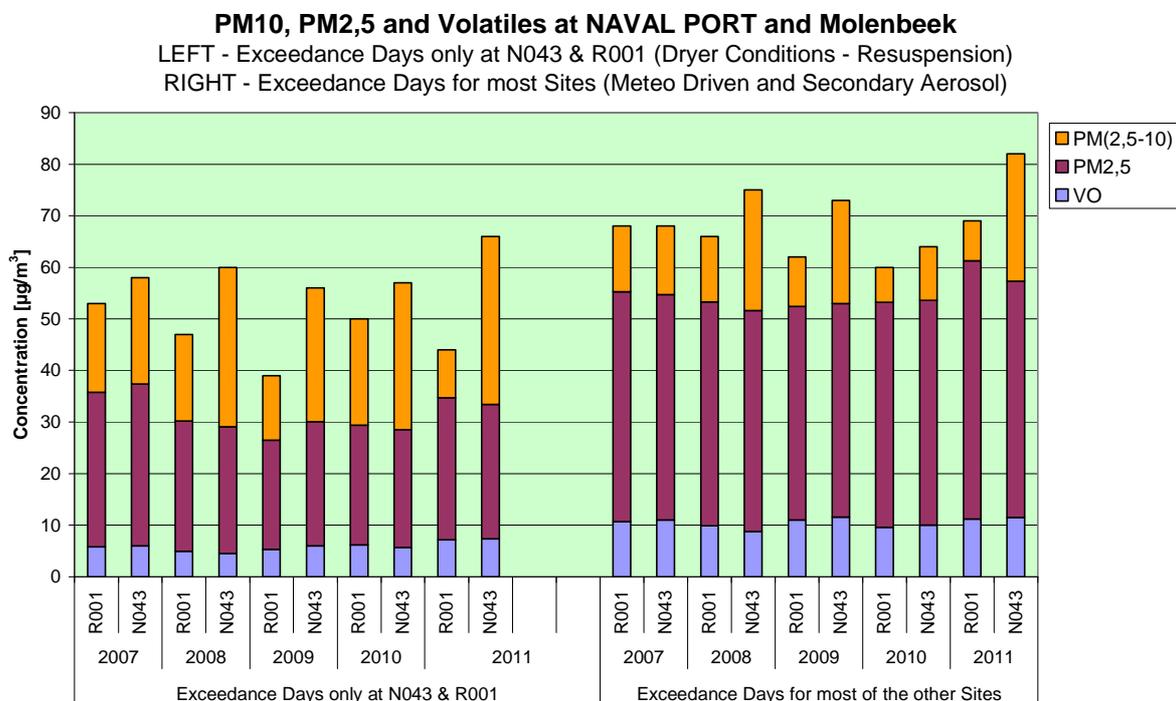


Fig. 4.61: PM10, PM2.5 et fraction volatile les jours de dépassement – Avant Port et Molenbeek  
 Différence entre jours avec dépassement uniquement à Avant Port et/ou Molenbeek (apport d'air sec du secteur Est) et jours avec dépassement généralisé (formation d'aérosol secondaire et/ou conditions météorologiques générales défavorables)

#### 4.3.9 Concentrations élevées en PM10 – Nature des dépassements

Dans les rapports tri-annuel précédents, traitant la qualité de l'air en Région de Bruxelles-Capitale durant la période 2003-2005 et 2006-2008, il était fait mention de situations, où des concentrations très élevées en PM10 ont été mesurées dans tous les postes de mesure de la Région et ce pour des jours avec peu de trafic. Un cas intéressant fût la journée sans trafic du 17 septembre 2006. Ce jour, des concentrations très élevées en PM10 et PM2.5 ont été constatées dans tous les postes de mesure de la Région. Les valeurs journalières en PM10 variaient entre 80 et 90  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et celles de PM2.5 entre 70 et 80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Sur toute l'année 2006 il n'y avait qu'une seule journée avec des concentrations encore plus élevées.

Les journées et les heures précédentes à la journée sans voiture, l'évolution dynamique de la concentration massique en PM10 se distinguait clairement de celle du NO et du NO<sub>2</sub>, deux polluants gazeux liés au trafic routier. De plus, des concentrations élevées en PM10 étaient présentes sur un domaine beaucoup plus étendu que la Région de Bruxelles-Capitale. Elles n'étaient donc pas causées par les émissions de particules du trafic local. C'était la formation d'un aérosol secondaire qui était à l'origine de ces concentrations élevées.

Sur base d'une analyse profonde des résultats des années précédentes (2003-2011) il n'est pas possible de conclure qu'il y ait une relation claire et nette entre les concentrations élevées en PM10 et la proximité du trafic. Par contre il y a plusieurs indications que les particules provenant directement du trafic ne contribuent que partiellement à la concentration totale de PM10 ou de PM2.5:

- un gradient spatial plutôt faible des concentrations de PM10 et PM2.5
- le profil hebdomadaire normalisé ne montre qu'une diminution faible des concentrations PM durant le week-end comparée à la chute des concentrations pour NO et NO<sub>2</sub>
- il y a fréquemment des concentrations élevées en PM et en nombre de particules à des moments avec peu de trafic (week-end, la nuit)
- des évolutions remarquées des concentrations les dimanches sans trafic (2006, 2009)
- l'évolution dynamique des concentrations massiques de PM se distingue clairement de celle des polluants gazeux originaires du trafic (NO en NO<sub>2</sub>)

#### Gradient spatial des concentrations en PM10 et PM2.5

Les concentrations moyennes annuelles de PM10 et PM2.5 dans les différents postes de mesures sont représentées dans les tableaux IV.20 et IV.27. Ces résultats confirment le gradient spatial plutôt faible des concentrations. À l'exception des résultats PM10 du poste de l'Avant Port (N043), les différences de niveau entre les postes de mesure sont limitées à environ 25 à 30%. Cet écart plutôt faible est confirmé également par l'évolution hebdomadaire moyenne de PM10 et PM2.5, représentés aux figures 4.62 et 4.63. Les différences de niveau entre les postes de mesure sont, à l'exception des résultats PM10 à l'Avant Port, beaucoup plus faibles que celles pour les polluants NO<sub>2</sub> en NO, pour lesquels les différences observées entre les postes s'élèvent respectivement à 50% (tableau IV.5) et à 70% (tableau IV.8).

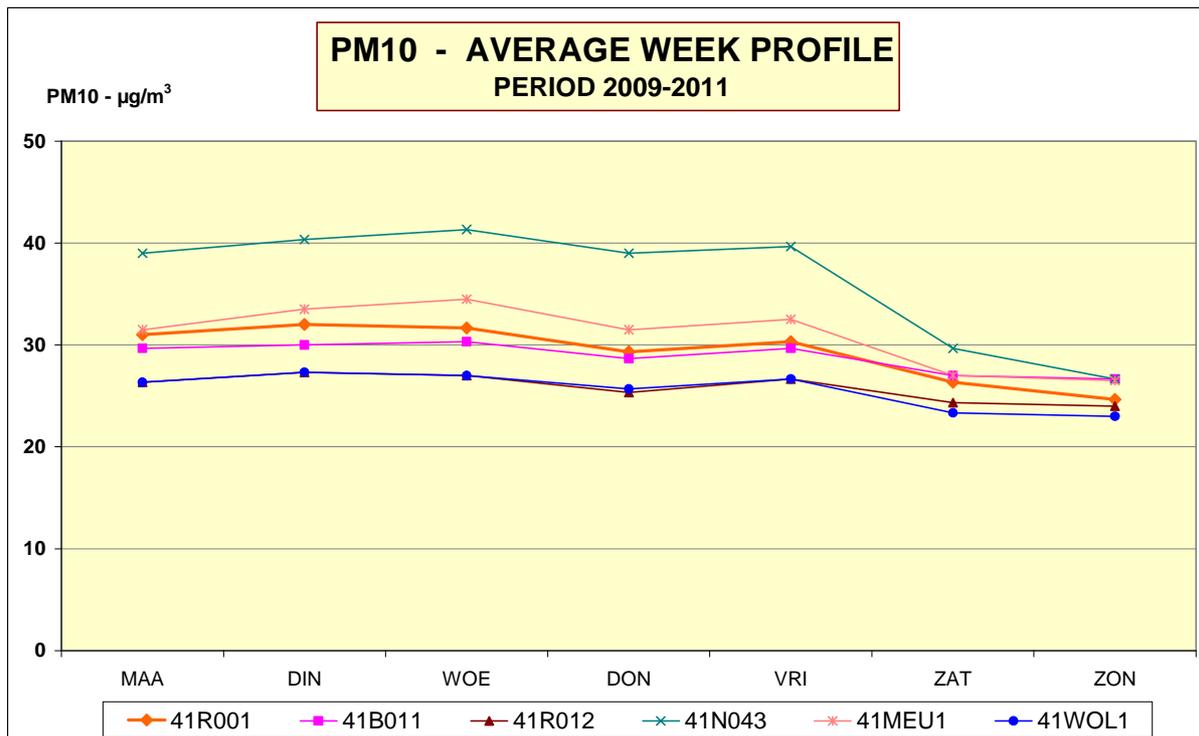


Fig. 4.62: PM10 – Évolution hebdomadaire moyenne sur la période 2009-2011  
Concentration moyenne par jour de semaine – Concentration en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

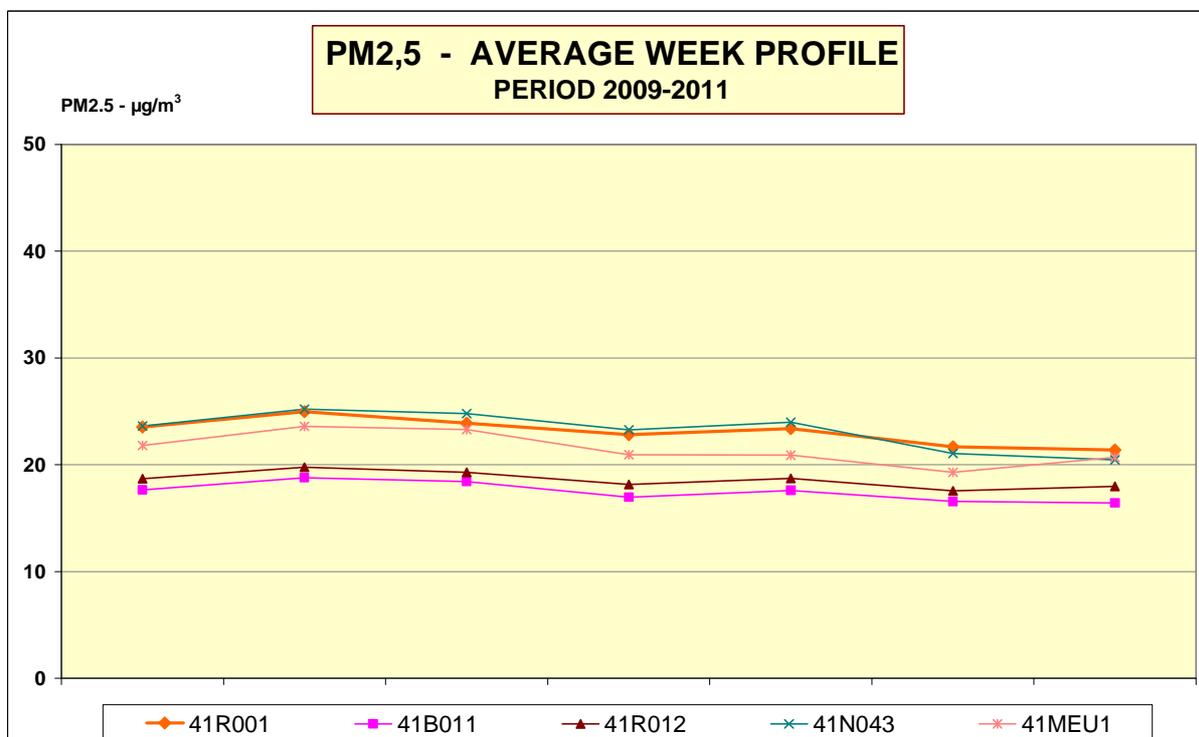


Fig. 4.63: PM2,5 – Évolution hebdomadaire moyenne sur la période 2009-2011  
Concentration moyenne par jour de semaine – Concentration en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

### Profil hebdomadaire normalisé

Le profil hebdomadaire normalisé est représenté à la figure 4.50 (page 4.99) et le commentaire y afférent à la page 4.94 et 4.95 (chapitre 4.3.7, “*Evolution à long terme des concentrations PM10*”). La chute des concentrations PM10 et PM2.5 durant le week-end est limitée à 10 ou 15% et elle est nettement inférieure à la chute des concentration de NO et NO<sub>2</sub>. Le niveau de fond des concentration PM10 et PM2.5 est beaucoup plus élevé que le niveau de fond pour NO<sub>2</sub> et NO. Pratiquement deux tiers de la concentration PM au centre de la Région est déjà présent dans l’air qui arrive à Bruxelles. Des réductions drastiques au niveau des émissions locales de PM ne permettront donc qu’une diminution limitée de la concentration locale en PM.

### Journée sans Voiture – Dimanche 20 septembre 2009

Le dimanche 20 septembre 2009, dans le cadre d’une action européenne, la Région de Bruxelles-Capitale a organisé, pour la huitième fois une journée sans voiture. De 09:00 à 19:00 h heure locale (07:00 à 17:00 h TU), le trafic motorisé privé a été quasi complètement interdit sur l’entièreté du territoire de la Région.

Les conditions météorologiques du dimanche 20 septembre 2009 étaient assez douces. La température s’élevait à 16 °C pendant les heures matinales, à 21°C durant l’après-midi et retombait à 15°C durant la nuit. Tôt le matin il y a eu une inversion de température dans les couches basses proches du sol : à Uccle la différence de température [dT= T3 – T30] entre 0 et 30 m variait de -2.2°C à -0,2°C entre 0:00 h et 8:00 h TU. L’inversion de température était donc encore présente en début de la période sans trafic. Entre 20:00 h et 24:00 h TU, bien après le retour du trafic, une différence de température entre -0.1 et -0,3°C a été constatée.

Le vent était faible le matin (0,5-2 m/sec), la vitesse montait de 2 à 3 m/s à l’heure de midi et restait entre ces valeurs l’après-midi et le soir. Le matin le temps à Bruxelles était clair et ensoleillé, le vent soufflait surtout de direction Sud à Sud-Ouest. Vers l’heure de midi le vent venait plutôt de direction Nord-Ouest et Nord. Une atmosphère plus trouble, déjà présente sur l’Ouest du pays, arrivait à Bruxelles. Il n’y a pas eu de précipitations. L’humidité relative de l’air diminuait d’environ 90% le matin vers 70% l’après-midi pour remonter vers 85 à 90% la nuit suivante.

Le profil journalier de le concentration PM10 à Molenbeek du dimanche sans voiture (20 septembre 2009) est représenté dans la figure 4.64. Le profil journalier est comparé au profil journalier des PM10 d’un dimanche moyen et d’un jour ouvrable moyen de la période “*mai – septembre 2009*”. Suite aux concentrations élevées durant les heures d’interdiction du trafic, le profil journalier PM10 du dimanche sans trafic a été déplacé vers l’arrière du graphique, avec dans l’ordre : les résultats d’un dimanche moyen (devant), d’un jour ouvrable moyen (au milieu) et de la journée sans trafic.

Dans aucun des postes de mesure on n’a constaté de changement significatif de concentration au début ou à la fin de la période sans trafic : pas de baisse soudaine de la concentration au début de la période d’interdiction, ni de hausse à la fin de celle-ci. Par contre, au cours la période d’interdiction du trafic, on note une augmentation importante des concentrations suivie par une diminution.

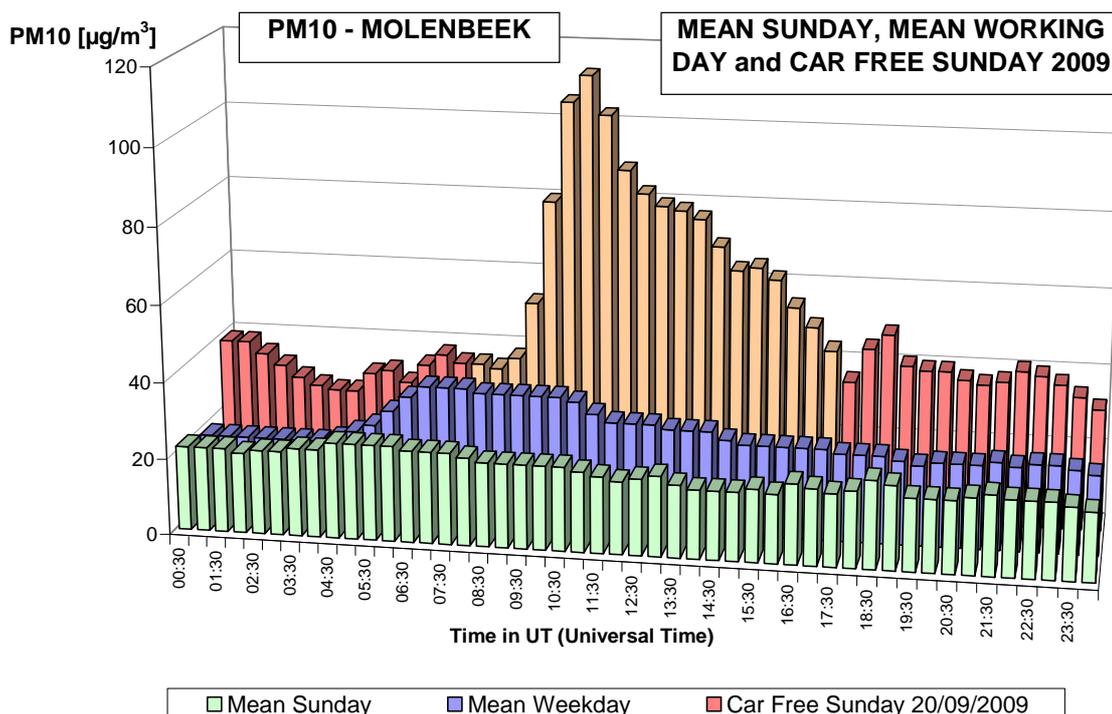


Fig. 4.64: PM10 à Molenbeek – Évolution des valeurs semi horaires lors d'un dimanche moyen, d'un jour ouvrable moyen et du dimanche sans voiture (20 septembre 2009)

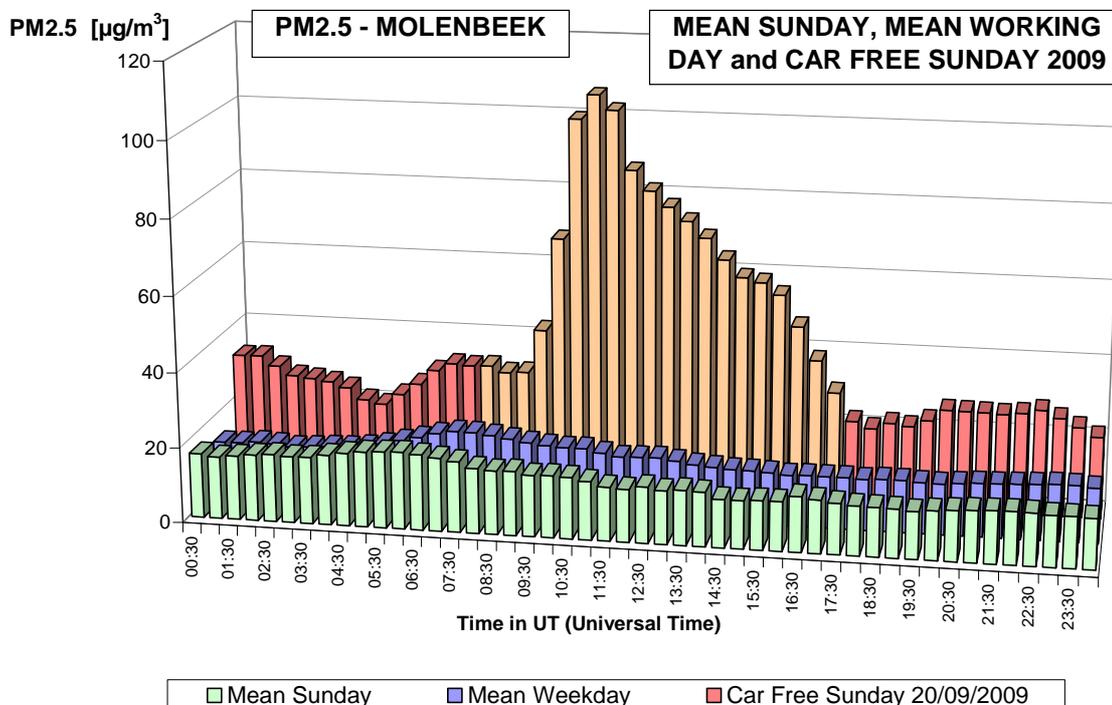


Fig. 4.65: PM2.5 à Molenbeek – Évolution des valeurs semi horaires lors d'un dimanche moyen, d'un jour ouvrable moyen et du dimanche sans voiture (20 septembre 2009)

Comme c'était déjà le cas lors de la journée sans trafic en 2006, il s'agit vraisemblablement d'un phénomène d'apport et/ou de formation d'aérosol secondaire. Comme c'était les cas le 17 septembre 2006, la valeur journalière en PM10 dépasse le seuil de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  le dimanche sans trafic du 20 septembre 2009.

Le graphique de la figure 4.65 donne le profil journalier de PM2.5 au postes de mesure de Molenbeek. Les résultats de la journée sans voiture (20/09/2009) y sont comparés aux profils journaliers des PM2.5 d'un dimanche moyen et d'un jour ouvrable moyen de la période "mai – septembre 2009". Les concentrations élevées de la journée sans trafic sont présentées au fond des graphiques, avec dans l'ordre : les résultats du dimanche moyen (devant), du jour ouvrable moyen (au milieu) et du dimanche sans trafic. L'image obtenue pour les PM2.5 est analogue à celle des PM10 : il n'y a pas non plus de changement de concentration évident au début ou à la fin de la période d'interdiction du trafic. Durant la période d'interdiction, une augmentation importante de la concentration en PM2.5 est également observée, suivie par une diminution continue jusqu'à la fin de l'interdiction.

Cette croissance des concentrations de PM10 et PM2.5, au milieu de la période d'interdiction du trafic, a été constatée dans tous les postes de mesure de la Région. La figure 4.66 regroupe, pour la période du 18 au 22 septembre 2012, l'évolution dynamique des valeurs PM10 de tous les postes de mesure de la Région et la figure 4.67 celle des valeurs PM2.5. Cette croissance simultanée et uniforme des concentrations semble indiquer une source commune située à l'extérieur de Bruxelles ou un phénomène commun qui s'étend sur une surface beaucoup plus large que la Région. Les pics de concentration ne peuvent être attribués aux émissions du trafic locale (absente). Il y a donc bien d'autres phénomènes qui sont à l'origine de ces concentrations élevées en PM10 et PM2.5.

Le graphique de la figure 4.68 montre l'évolution dynamique de la masse volatile présent dans les PM2.5. Il y a une croissance claire et nette de cette masse volatile au milieu de la période d'interdiction. On constate également un profil quasi identique dans les différents postes de mesure. Bien qu'il ne s'agit pas d'une mesure absolue de la fraction volatile des particules, cette observation indique une présence importante de l'aérosol secondaire, qui est composé de certains composés dissociables. Des mesures complémentaires effectuées au poste de mesure d'Uccle montrent une présence accrue en nitrates, sulfates et ammonium dans la fraction solide des particules.

Déjà dans le passé, notamment la période de carnaval 2005, le lundi de Pâques 2005 et la journée sans voiture de 2006, des concentrations très élevées en PM10 et PM2.5 ont été constatées dans des conditions similaires : des contributions réduites du trafic (congé ou arrêt de trafic), une contribution minimale des chauffages domestiques (température douce) et une activité industrielle fort limitée. Dans chacun de ces cas les concentrations des polluants gazeux étaient plutôt faibles (NO, NO<sub>2</sub>, CO en CO<sub>2</sub>) et la concentration massique des PM2.5 représentait environ 80 à 90% de la concentration massique des PM10.

Les conditions météorologiques révèlent chaque fois une température douce et une assez forte humidité relative (~90%). Il s'agit probablement de conditions météorologiques qui favorisent le phénomène de nucléation. Dans une atmosphère humide se forment des nitrates et sulfates. Les propriétés hygroscopiques de certains de ces composés pourraient contribuer à accroître la masse totale des particules.

### Evolution "PM10-FDMS" at different Measuring Sites

Period : Friday 18 - Tuesday 22 September 2009

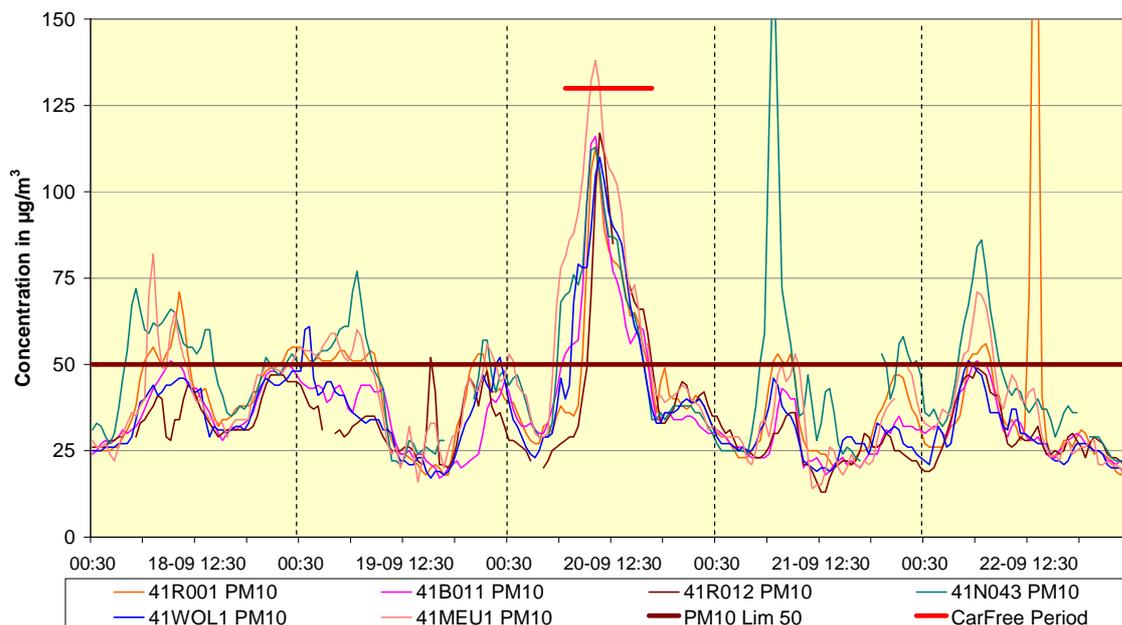


Fig. 4.66: Évolution des valeurs semi horaires de PM10 durant la période 18-22 septembre 2009  
Pics des concentrations PM10 dans tous les postes au milieu de la période d'interdiction

### Evolution "PM2,5-FDMS" at different Measuring Sites

Period : Friday 18 - Tuesday 22 September 2009

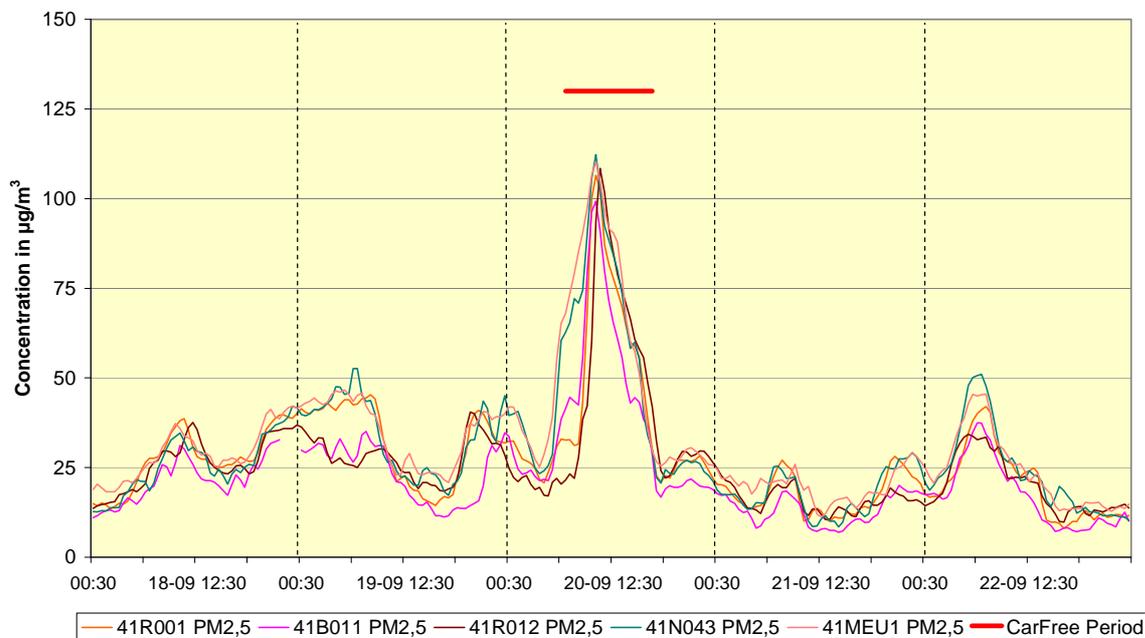


Fig. 4.67: Évolution des valeurs semi horaires de PM2.5 durant la période 18-22 septembre 2009  
Pics des concentrations PM2.5 dans tous les postes au milieu de la période d'interdiction

Un phénomène semblable a été constaté plusieurs fois également au cours du mois d'avril 2007, avril 2009 et mars 2011. Les activités agricoles (e.a. épandage) sont intenses fin mars et début avril. Le temps en avril 2007 et 2009 était exceptionnel, presque estival, avec des températures douces ainsi que de fortes humidités relatives en matinée et en soirée, et des températures élevées pour la saison ( $> 20^{\circ}\text{C}$ ) et de l'air plus sec l'après-midi.

En regardant à l'horizon, il était possible d'observer le niveau de pollution en estimant la visibilité ou la transparence de l'air. Durant les heures matinales et jusque l'heure de midi, la visibilité était réduite (atmosphère brumeuse – aérosol secondaire). La hausse de la température et la diminution de l'humidité relative au cours de l'après-midi rendait l'air quasiment transparent, particulièrement vers 16:00 h, heure locale (transition de l'aérosol en phase gazeuse). En fin d'après-midi (entre 19:00 et 20:00 en heure locale), avec la chute de la température et une humidité devenant plus forte, une visibilité plus réduite s'installait à nouveau (formation d'aérosol). Au cours de mois d'avril 2007, d'avril 2009 ou mars 2011, il y a eu, en Région de Bruxelles-Capitale et dépendant de l'endroit, au total entre 12 et 16 jours de dépassement de la valeur limite ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) pour les valeurs journalières en PM10. Un nombre important de ces jours s'explique par la formation de l'aérosol secondaire.

Dans la problématique de la pollution par les particules, les conditions météorologiques n'interviennent pas uniquement au niveau de la dispersion des polluants, mais également au niveau de la formation et de la stabilité de l'aérosol secondaire.

#### Evolution VOLATILE Fraction of PM2,5 at different Measuring Sites

Period : Friday 18 - Tuesday 22 September 2009

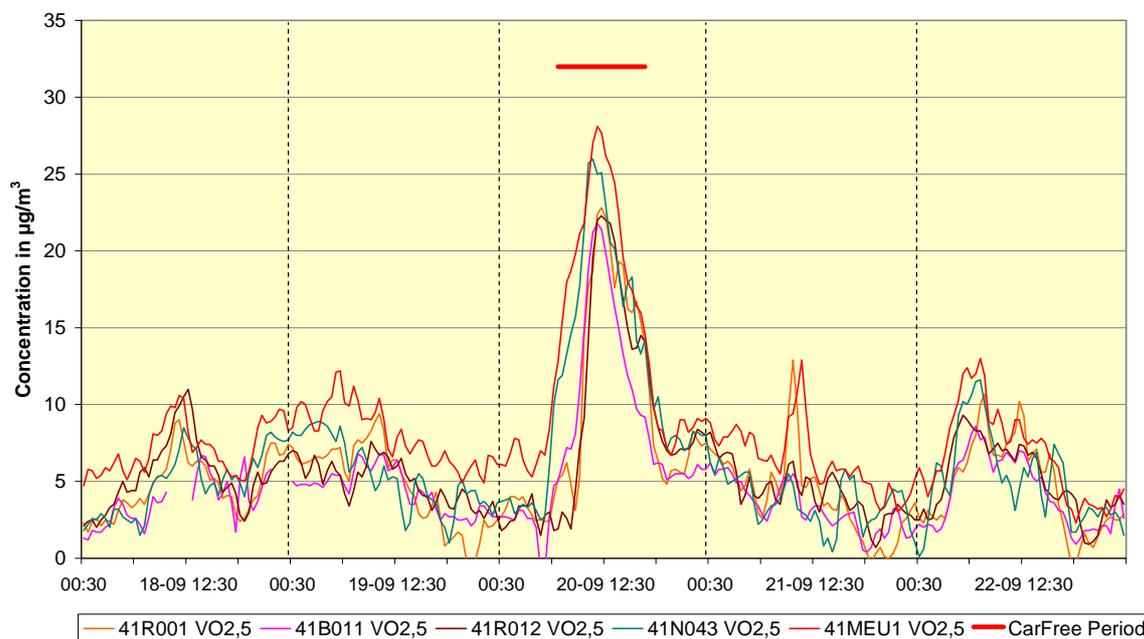


Fig. 4.68: Évolution de la masse volatile dans les PM2,5 durant la période 18-22 septembre 2009  
Croissance de la masse volatile dans tous les postes au milieu de la période d'interdiction

Le graphique à la figure 4.69 présente, par mois, le nombre moyen des dépassements du seuil de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  PM10 en tant que concentration moyenne journalière. Le nombre moyen de jours de dépassements par mois est calculée pour la période de 'janvier 2005 à mars 2012'. Le nombre le plus élevé de jours de dépassements est obtenu pour les mois de mars et avril, suivi par les mois hivernales de février et janvier et puis octobre, novembre et décembre.

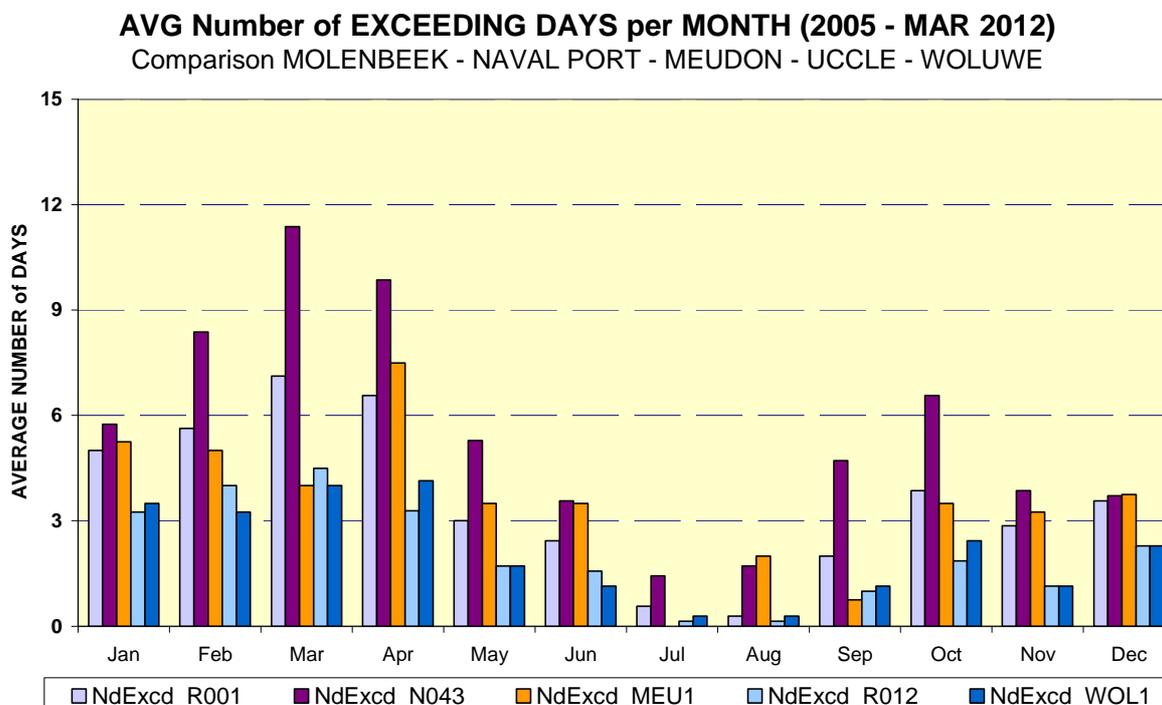


Fig. 4.69: Dépassements PM10 – Valeur journalière PM10 >  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .  
Nombre moyen de jours de dépassement par mois. Période : Janvier 2005 – Mars 2012

Les graphiques 4.70 et 4.71 donnent, pour le poste de mesure à Molenbeek, l'évolution du nombre de particules (nombre de particules par litre d'air), respectivement pour les fractions de particules comprises entre  $0.25$  et  $0.28 \mu\text{m}$  de diamètre et entre  $0.50$  et  $0.65 \mu\text{m}$ , comme constatée la journée sans voiture du 20 septembre 2009. Les résultats du dimanche sans trafic y sont comparés avec ceux d'un dimanche moyen et d'un jour ouvrable moyen de la période "mai – septembre 2009". Le profil journalier des fractions comprises entre  $1.00$  et  $1.60 \mu\text{m}$  est présenté à la figure 4.72 et celui des fractions comprises entre  $2.50$  et  $10 \mu\text{m}$  à la figure 4.73.

Pour toutes les classes ayant un diamètre inférieur à  $2.5 \mu\text{m}$ , une croissance du nombre de particules a été constatée durant la période d'interdiction, correspondant au pic des concentrations massiques de PM2.5. Les particules formées dans l'aérosol secondaire font part de cette fraction de particules plus fines. En ce qui concerne les particules plus grosses ( $>2,50 \mu\text{m}$ ), aucune croissance de leur nombre n'a été constatée durant les heures de l'arrêt du trafic. Les particules de l'aérosol secondaire ne font pas part de cette fraction plus grosse. De plus, suite à l'absence de trafic et à cause d'un vent faible il y avait probablement peu de particules qui sont remises en suspension.

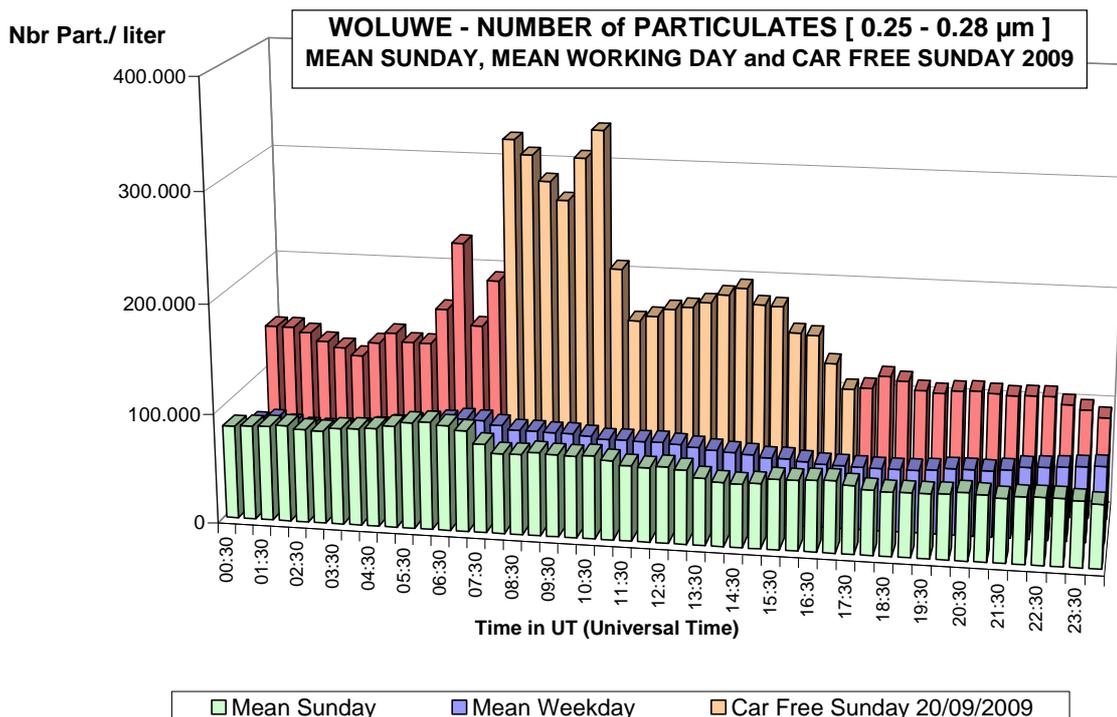


Fig. 4.70: Particules entre 0.25 et 0.28 µm (nombre par litre d'air) – Profil d'un dimanche moyen et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2009' – Profil de la journée sans voiture

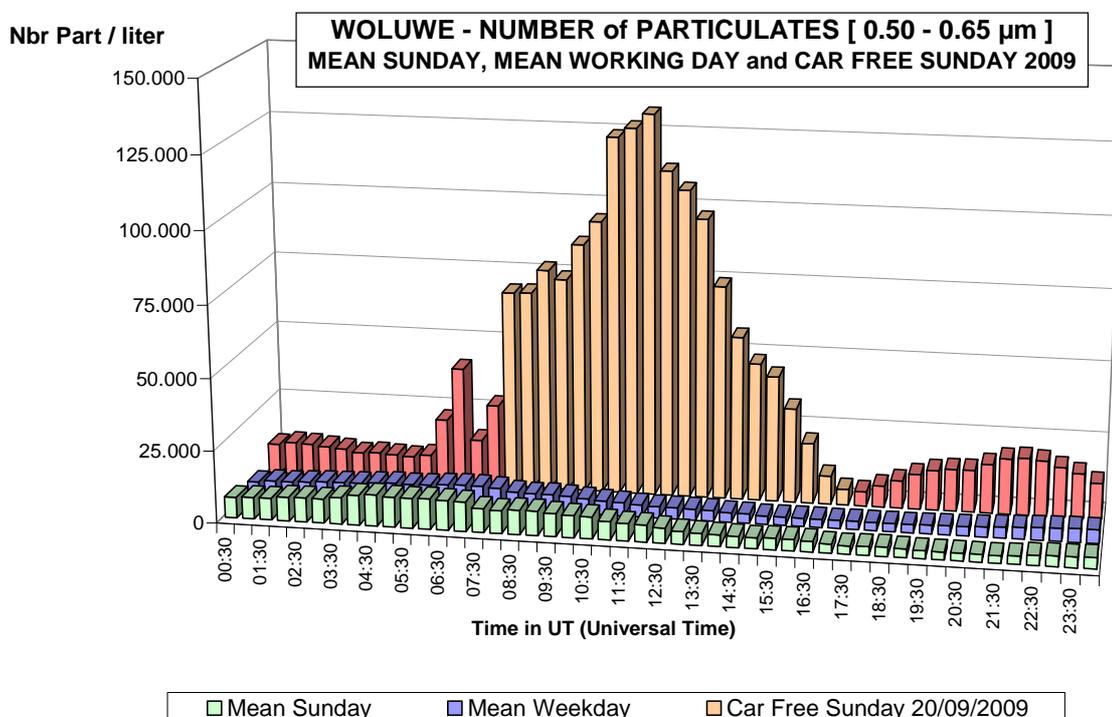


Fig. 4.71: Particules entre 0.50 et 0.65 µm (nombre par litre d'air) – Profil d'un dimanche moyen et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2009' – Profil de la journée sans voiture

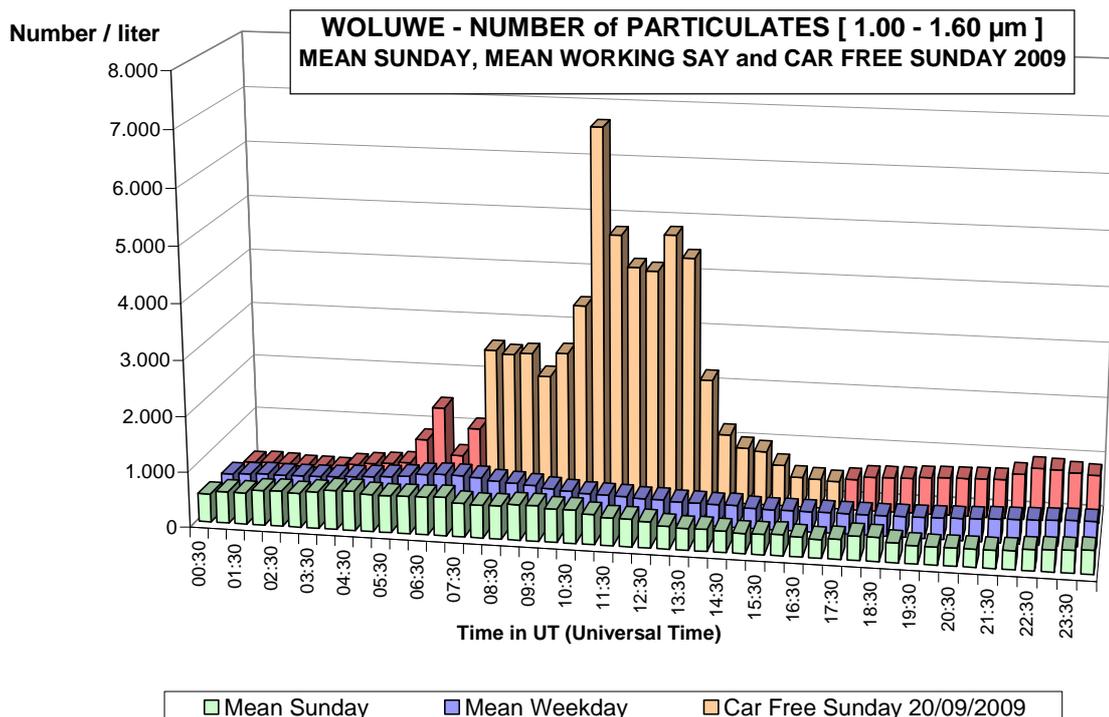


Fig. 4.72: Particules entre 1.00 et 1.60 µm (nombre par litre d'air) – Profil d'un dimanche moyen et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2009' – Profil de la journée sans voiture

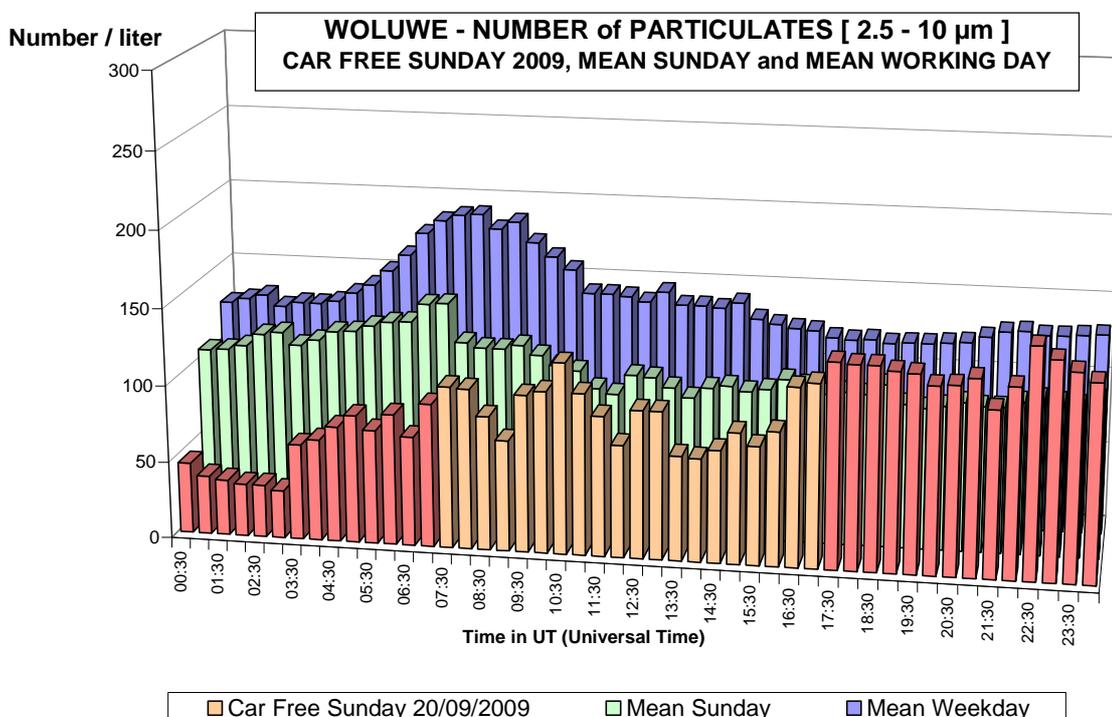


Fig. 4.73: Particules entre 2.50 et 10 µm (nombre par litre d'air) – Profil de la journée sans voiture et profil d'un dimanche moyen et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2009'

## Évolution des concentrations PM10 et NO – Valeurs PM10 élevées le dimanche et la nuit

La figure 4.74 représente pour le poste de mesure à Molenbeek le comportement dynamique des concentrations en PM10, PM2.5, NO et NO<sub>2</sub> durant la période allant du samedi 6 au mercredi 10 février 2010. Le comportement des concentrations massiques en PM10 et PM2.5 est fort comparable. Les différences entre l'évolution dynamique des concentrations PM d'une part et celle en NO et NO<sub>2</sub> d'autre part est le plus marquée le dimanche 7 et le lundi 8 février 2010.

Les concentrations PM10 et PM2.5 sont bien élevées le dimanche 7 février, et se distinguent clairement des concentrations beaucoup plus basses en NO et NO<sub>2</sub>. Aux heures de pointe matinale du 8 février leur comportement est opposé : les concentrations massiques en PM10 et PM2.5 diminuent, lorsque les concentrations en NO et NO<sub>2</sub> augmentent. On peut également observer des concentrations élevées en PM durant la nuit du dimanche 7 au lundi 8 février, et spécialement entre 2 et 6 heures le matin, aux heures où il y a normalement très peu de trafic.

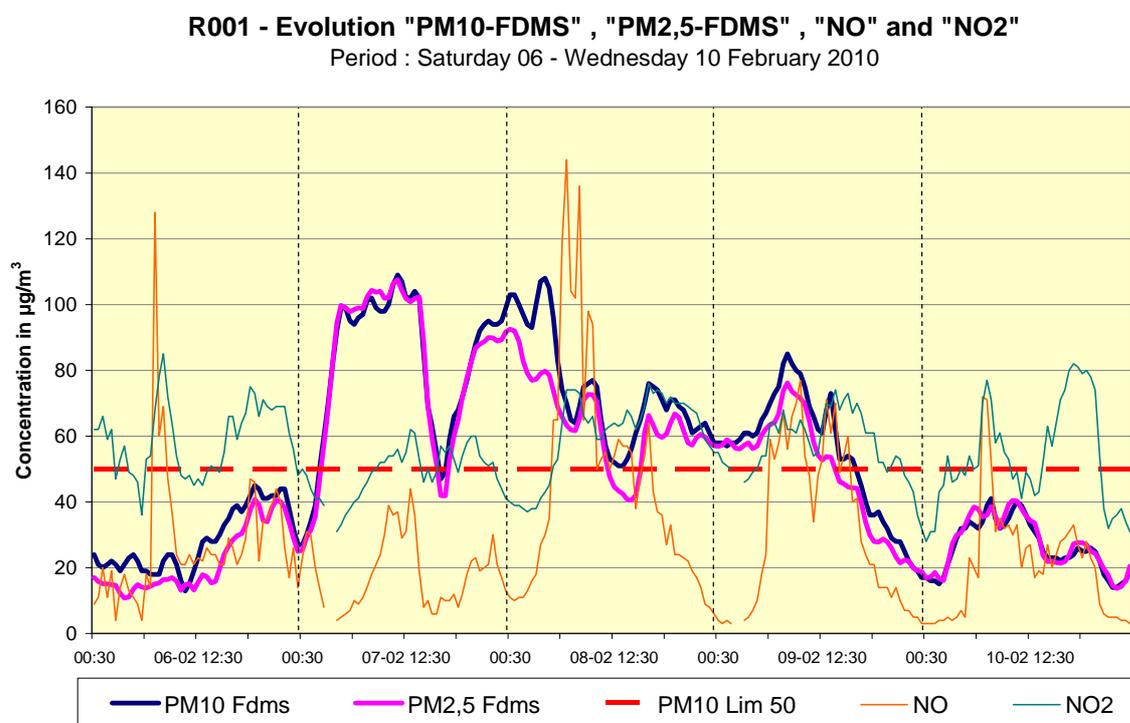


Fig. 4.74: Poste de mesure à Molenbeek – Samedi 6 au Mercredi 10 février 2010  
Des différences marquées dans le comportement dynamique des concentrations massiques PM10 et PM2.5 d'une part et des concentration NO et NO<sub>2</sub> d'autre part

## Commentaire sur la relation 'particules fines' et trafic routier

La problématique des particules fines semble bien complexe et ne peut pas être réduite aux seules émissions de particules par le trafic routier local. Sur base d'une analyse profonde des résultats de mesure des niveaux de PM10 et PM2.5, plusieurs éléments indiquent que la concentration massique des PM n'est pas principalement déterminée par les émissions locales de particules venant du trafic:

- une différence plutôt faible entre les concentrations en périphérie et au centre de la ville
- une différence notable dans le profil hebdomadaire des concentrations de PM10, PM2.5, NO et NO<sub>2</sub>
- l'expérience avec les dimanches sans voiture 21/09/2003, 17/09/2006 et 20/09/2009 et de nombreux jours de congé ou de week-end avec peu de trafic qui se sont soldés par des concentrations élevées en PM
- la différence dans l'évolution dynamique des concentrations de PM10, NO et NO<sub>2</sub>
- les concentrations moyennes en PM10 des dimanches sans trafic sont du même niveau que celles des dimanches moyens
- l'absence d'un changement significatif des concentrations en PM10 et PM2.5 en début et en fin de la période d'interdiction du trafic lors des dimanches sans voiture
- une concentration assez uniforme sur un domaine spatialement étendu en cas de formation de l'aérosol secondaire
- même dans le cas de figure où les émissions de semaine seraient ramenées de façon permanente au niveau des émissions du week-end, le nombre de jours avec une concentration moyenne en PM10 supérieure à 50 µg/m<sup>3</sup> (moyenne journalière) risque de dépasser le nombre maximal autorisé (maximum 35 jours par an)

Une analyse profonde des dépassements PM10 (valeur journalière > 50 µg/m<sup>3</sup>) révèle au moins 3 phénomènes différents responsables du nombre élevé de dépassements:

- des conditions météorologiques défavorables à une bonne dispersion, notamment une combinaison de vents très faibles et d'une inversion de température dans les couches basses. Ce phénomène intervient surtout pendant la période hivernale (novembre à février) et est à l'origine d'une croissance de concentration partout et de dépassements PM10 simultanés dans plusieurs postes de mesures.
- la formation d'un aérosol secondaire est constaté fréquemment juste avant ou juste après la saison agricole. Suite à l'épandage une quantité importante d'ammoniac (NH<sub>3</sub>) est libérée dans l'atmosphère. Dans certaines conditions, notamment une température douce (8 à 20°C) associée et une humidité relative importante (80 à 90 %HR), un aérosol secondaire stable peut être formé avec le nitrate d'ammonium comme un des principales composés. Ce phénomène est observé fréquemment durant les mois de mars et avril et dans une moindre mesure durant les mois de septembre et octobre. Dans ces cas des dépassements simultanés dans plusieurs postes de mesures sont constatés, mais également repartis sur un domaine beaucoup plus large que la Région de Bruxelles-Capitale.
- la (re)mise en suspension des particules plus grosses, des particules de nature minérale avec un diamètre compris entre 2.5 et 10 µm. Ce genre de dépassement est constaté surtout par temps sec, et essentiellement aux postes de mesure où cette fraction de particules est présente dans l'environnement proche. Les particules sont (re)mises en suspension par le vent ou par les turbulences créées par le trafic et des concentration très élevées peuvent être atteintes (plusieurs centaines de µg/m<sup>3</sup> PM10 pendant quelques heures). Ces dépassements sont constatés principalement dans le poste de mesure de l'Avant Port (N043), où ils représentent entre un tiers et la moitié des dépassements (voir chapitre 4.3.12) et, dans une moindre mesure, dans le poste situé à Molenbeek (R001).

#### 4.3.10 Historique – Estimation de l'évolution PM10 à long terme (1981-2011)

Le début des mesures de PM10 en Région de Bruxelles-Capitale se situe entre 1996 et 2000. Durant la période précédente (1981-2000), la pollution par les particules en suspension était déterminée par une méthode optique (néphélométrie). Le signal optique mesuré, caractéristique pour la visibilité, était converti en concentration massique en utilisant un facteur de conversion. Les résultats étaient identifiés comme "DUST". Un historique détaillé avec les résultats des distributions de fréquences cumulées de cette mesure, calculées pour les différentes périodes annuelles figurent à l'annexe B.

Suivant l'installation des appareils de mesure PM10 dans les postes de mesure de Molenbeek et l'Avant Port, une étude comparative entre la méthode "DUST" (méthode optique) et PM10 (PM10-données brutes) a été réalisée pendant trois années consécutives (1998-2000). Les facteurs de conversion entre les deux méthodes ont été calculés (régression orthogonale pondérée) sur base des résultats de ces tests :

Molenbeek	DUST = 2,3665 . PM10_données brutes
Avant Port	DUST = 1,5143 . PM10_données brutes

Durant la période 'septembre 2003 – décembre 2005', des tests d'intercomparaison entre les résultats PM10\_FDMS et PM10\_données brutes ont été réalisés à Molenbeek. Des tests similaires à l'Avant Port ont été réalisés entre septembre 2004 et décembre 2005. Les facteurs suivants ont été calculés pour la conversion entre PM10\_FDMS et PM10\_données brutes:

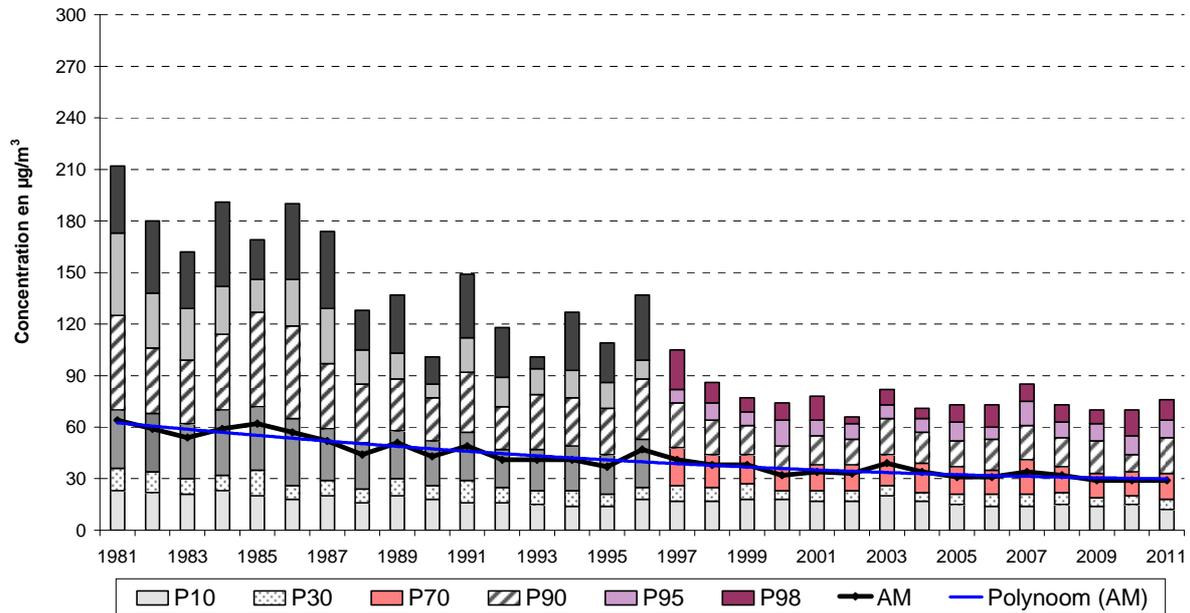
Molenbeek	PM10_FDMS = 1,30 . PM10_données brutes
Avant Port	PM10_FDMS = 1,20 . PM10_données brutes

À l'aide de ces facteurs de conversion, la série historique des données DUST (1981-1996) a été convertie en PM10\_FDMS. La conversion des résultats a introduit certainement une incertitude qui augmente au fur et à mesure que l'on remonte dans le temps. Il s'agit cependant de la seule méthode dont on dispose pour pouvoir estimer les concentrations PM10 du passé.

La figure 4.75 représente, à l'aide des résultats de la distribution des fréquences cumulées, l'évolution des concentrations PM10 estimées durant la période 1981-2011. Le graphique du dessus fait référence aux données du poste de mesure de Molenbeek et celui du dessous au poste de mesure de l'Avant Port. Les concentrations moyennes annuelles de PM10 de ces dernières années ne représentent qu'environ 50% de celles estimées pour le début des années 1980.

La figure 4.76 représente l'évolution de la concentration moyenne annuelle PM10 estimée. L'évolution du nombre estimé de jours de dépassement (valeur journalière PM10 > 50 µg/m<sup>3</sup>) est donnée à la figure 4.77. Dans les deux cas, le graphique du dessus renvoie aux données de Molenbeek et le graphique du dessous à celles du poste de mesure de l'Avant Port. Le tableau IV.26 établit les données numériques correspondantes.

**PM10 à MOLENBEEK - EVOLUTION dans le TEMPS**  
**DISTRIBUTION FREQUENCES CUMULEES - VALEURS JOURNALIERES (1981-2011)**  
 1981-1996 : DUST\_to\_PM10<sub>FDMS</sub> - 1997-2003 : PM10<sub>Raw\_to\_PM10</sub><sub>FDMS</sub> - 2004... : PM10<sub>FDMS</sub>



**PM10 à l'AVANT PORT (N043) - EVOLUTION dans le TEMPS**  
**DISTRIBUTION FREQUENCES CUMULEES - VALEURS JOURNALIERES (1981-2011)**  
 1981-1997 : DUST\_to\_PM10<sub>FDMS</sub> - 1998-2004 : PM10<sub>Raw\_to\_PM10</sub><sub>FDMS</sub> - 2005... : PM10<sub>FDMS</sub>

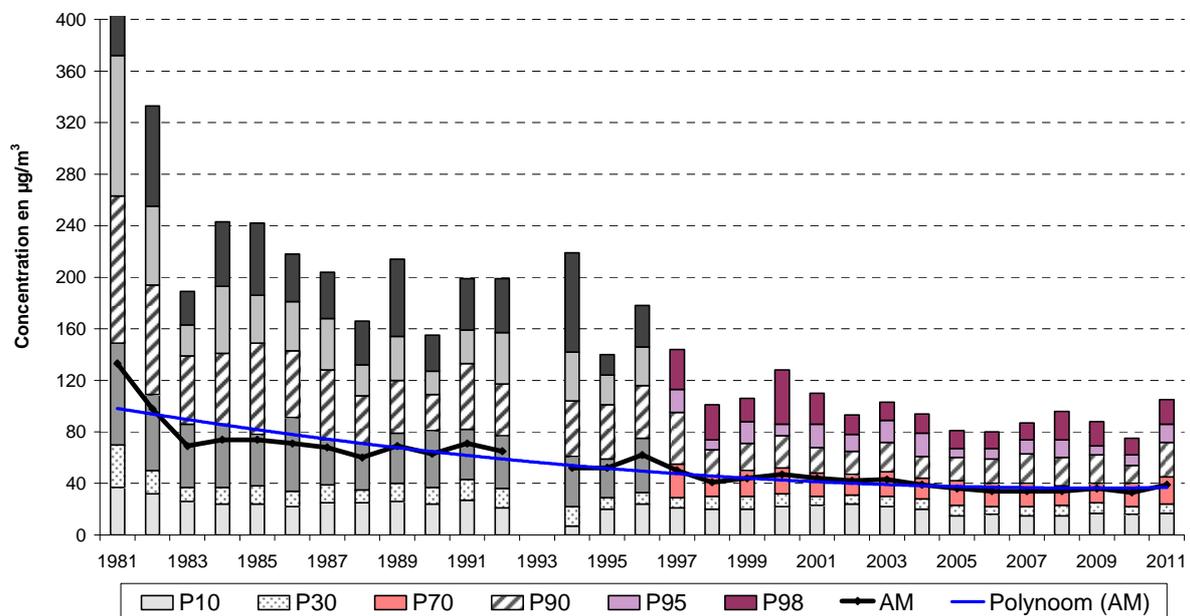
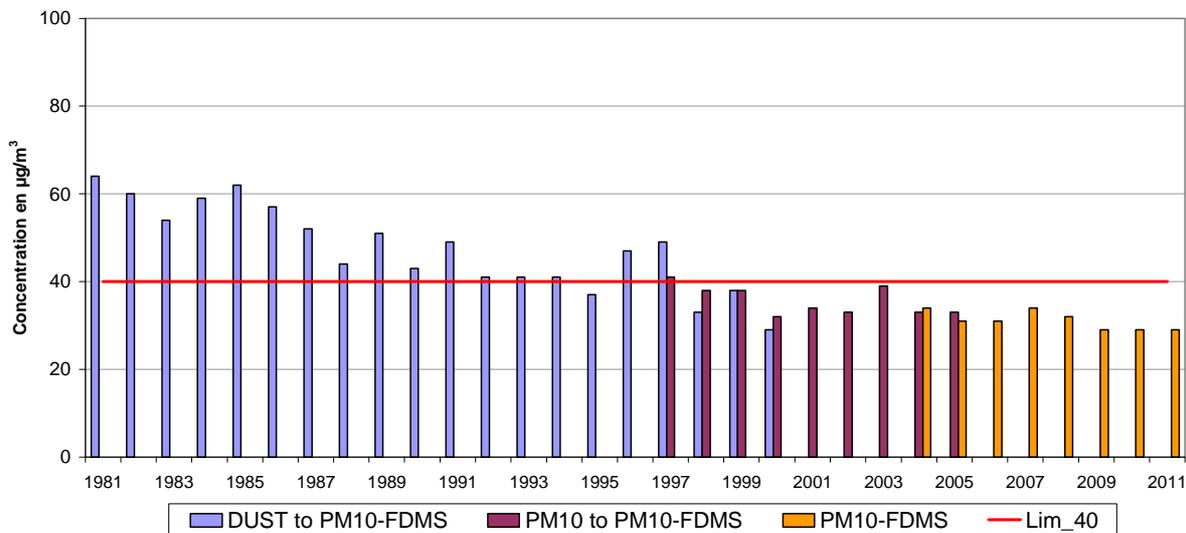


Fig. 4.75: PM10 – Postes de mesure de Molenbeek et de l'Avant Port  
 Estimation de l'évolution des concentrations à plus long terme (1981-2011)

1981-1997: conversion données DUST en PM10<sub>FDMS</sub>  
 1998 – 2004: conversion de PM10<sub>données brutes</sub> en PM10<sub>FDMS</sub>  
 2004 – 2011 : résultats mesures PM10<sub>FDMS</sub>

**PM10 à MOLENBEEK : CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE**  
**PERIODE : 1981 - 2011**



**PM10 à l'AVANT PORT : CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE**  
**PERIODE : 1981 - 2011**

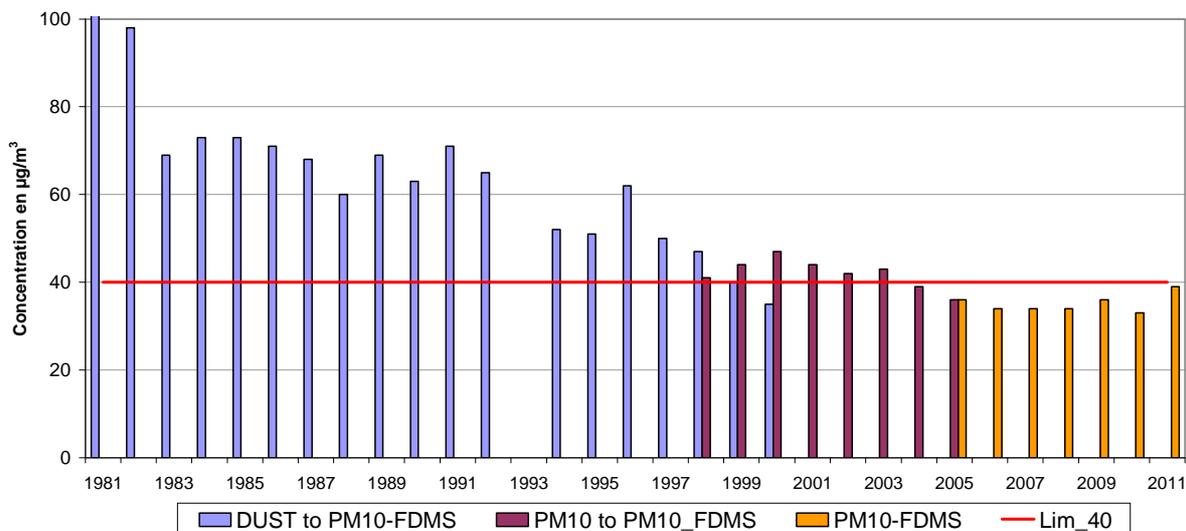


Fig. 4.76: PM10 – Postes de mesure de Molenbeek et de l'Avant Port  
 Estimation de l'évolution de la concentration moyenne annuelle (1981-2011)

1981-1997: conversion données DUST en PM10\_FDMS  
 1998 – 2004: conversion de PM10\_données brutes en PM10\_FDMS  
 2004 – 2011 : résultats mesures PM10\_FDMS

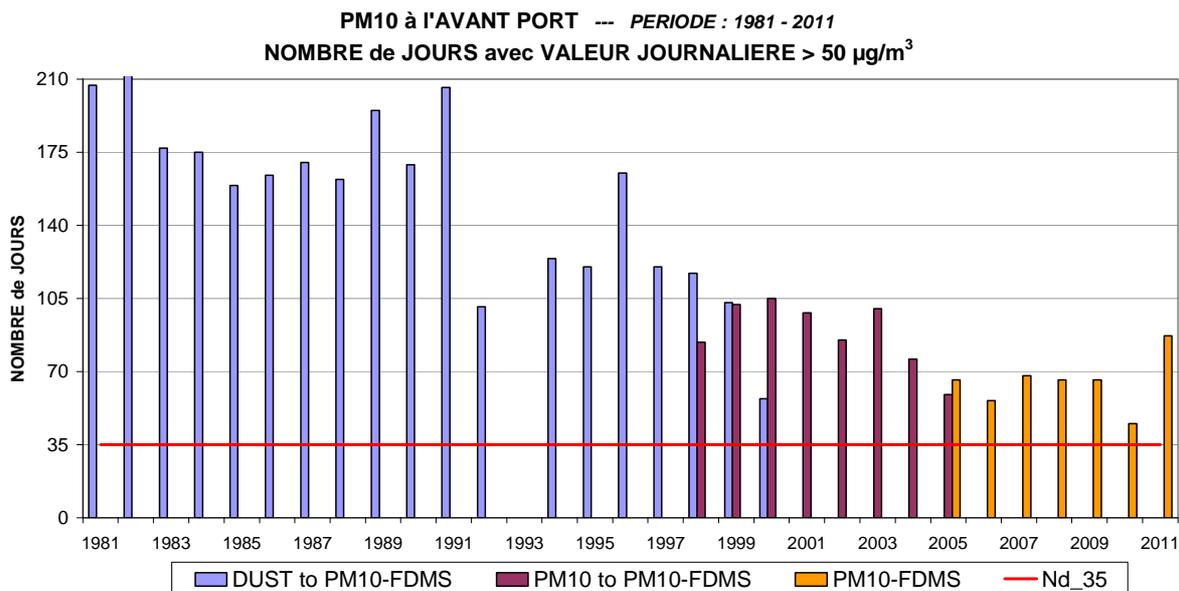
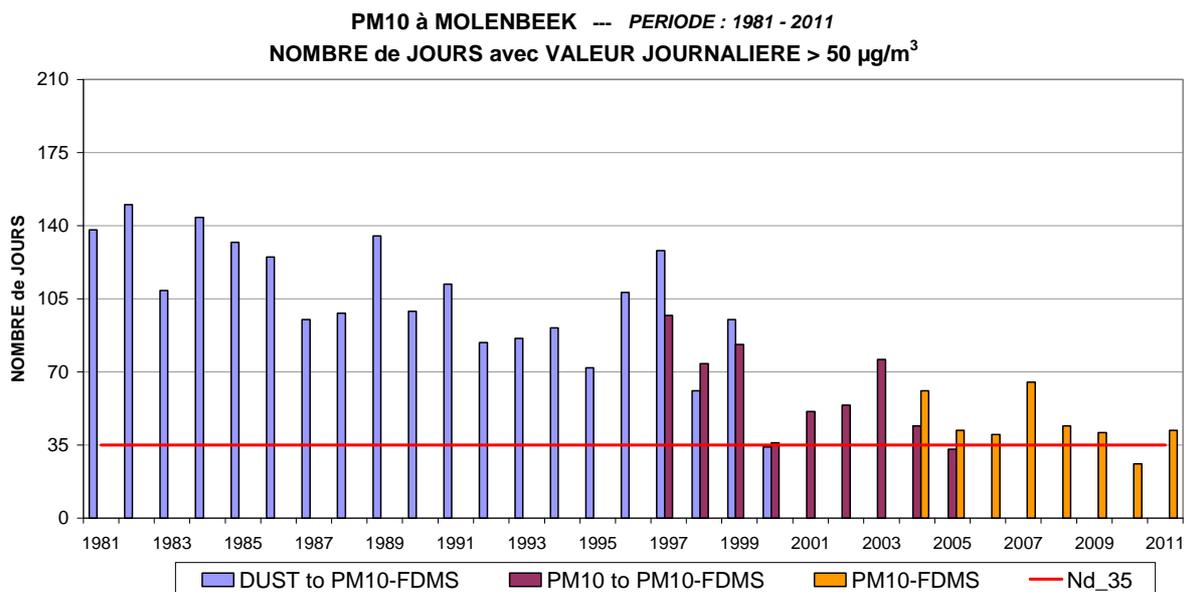


Fig. 4.77: PM10 – Postes de mesures de Molenbeek et de l'Avant Port  
 Estimation du nombre de jours de dépassement – Valeur journalière > 50 µg/m<sup>3</sup>  
 Période 1981 – 2011

1981-1997: conversion données DUST en PM10\_FDMS  
 1998 – 2004: conversion PM10\_données brutes en PM10\_FDMS  
 2004 – 2011 : résultats de mesures PM10\_FDMS

Tableau IV.26: **PM10-ÉVOLUTION à LONG TERME - PÉRIODE 1981-2011**

**ESTIMATION de l'évolution de la CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE  
et du NOMBRE de JOURS de DÉPASSEMENT**

**VALEUR JOURNALIÈRE > 50 µg/m<sup>3</sup>**

ANNÉE	CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE [µg/m <sup>3</sup> ]		DÉPASSEMENTS VALEUR JOURNALIÈRE [NOMBRE de JOURS]	
	Molenbeek	Haren	Molenbeek	Haren
1981	64	133	138	207
1982	60	98	150	218
1983	54	69	109	177
1984	59	73	144	175
1985	62	73	132	159
1986	57	71	125	164
1987	52	68	95	170
1988	44	60	98	162
1989	51	69	135	195
1990	43	63	99	169
1991	49	71	112	206
1992	41	65	84	101
1993	41	--	86	--
1994	41	52	91	124
1995	37	51	72	120
1996	47	62	108	165
1997	41	50	97	120
1998	38	41	74	84
1999	38	44	83	102
2000	32	47	36	105
2001	34	44	51	98
2002	33	42	54	85
2003	39	43	76	100
2004	34	39	61	76
2005	31	36	42	66
2006	31	34	40	56
2007	34	34	65	68
2008	32	34	44	66
2009	29	36	41	66
2010	29	33	26	45
2011	29	39	42	87

Résultats "DUST" convertis en PM10\_FDMS

Résultats PM10\_données brutes convertis en PM10\_FDMS

Résultats de mesure PM10\_FDMS

#### 4.3.11 Valeurs PM2.5: résultats et évolution

Les mesures visant à déterminer la teneur en particules de fraction PM2.5 dans l'air sont assez récentes. Depuis le 1<sup>er</sup> octobre 1999, le poste de mesure du parc Meudon donne des résultats aussi bien pour les PM10 que pour les PM2.5. Ce poste de mesure fut le premier du pays où étaient effectuées des mesures systématiques des PM2.5. Dans la période avril – mai 2000 ont suivi les postes de mesure à Molenbeek (R001) et l'Avant Port (N043).

Les mesures de PM2.5 à Molenbeek ont été interrompues durant la période 'septembre 2003 – décembre 2005'. L'appareil de mesure a été utilisé pour les tests de comparaison entre PM10\_FDMS et PM10\_données brutes. Dans ce même but, les mesures PM2.5 à l'Avant Port ont été interrompues durant la période 'septembre 2004 – décembre 2005'.

Des tests de comparaison entre PM2.5\_FDMS et PM2.5\_données brutes au Parc Meudon ont été effectuées entre juillet 2005 et mars 2007. Les analyses PM10 y ont été interrompues temporairement. Pour des périodes de comparaison de 12 mois, le rapport entre les deux séries de données, PM2.5\_FDMS et PM2.5\_données brutes, est d'environ 1,57. Une méthode indirecte, se basant d'une part sur la comparaison des signaux PM2.5\_données brutes et d'autre part sur les signaux PM2.5\_FDMS avec ceux mesurés au Parc Meudon, et faisant référence à deux périodes annuelles différentes, indique un rapport de 1,60 pour les résultats du poste de Molenbeek et 1,47 pour ceux de l'Avant Port.

La figure 4.78 représente, pour le poste de mesure de l'Avant Port, l'évolution des valeurs statistiques annuelles (centiles de la distribution de fréquences cumulées) de la période 2000-2011. Un facteur de correction de 1,60 a été appliqué sur les données brutes de la période 2000-2005. A partir de 2006, les résultats PM2.5-FDMS sont repris dans le graphique.

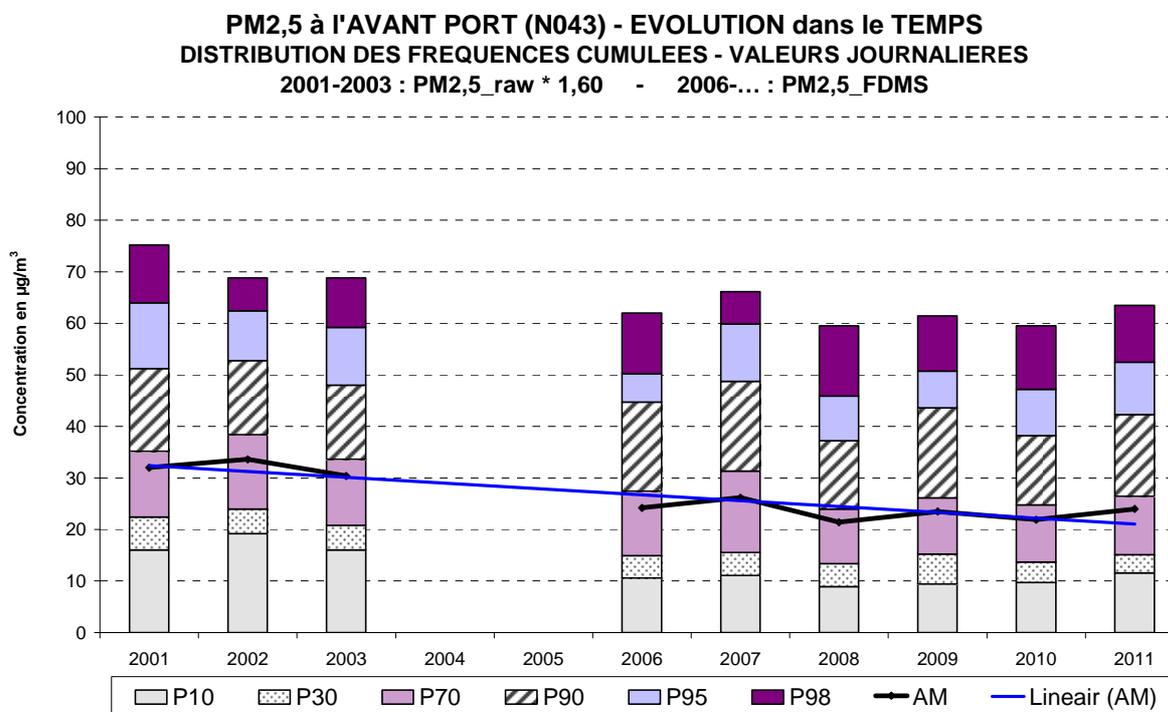


Fig. 4.78: PM2.5 – Évolution des concentrations au poste de l'Avant Port (N043)  
 « PM2.5 \* 1,60 » : 2000-2005 --- PM2.5\_FDMS : 2006-2011

Le tableau IV.27 établit les résultats numériques de PM2.5 : pour la période 2000-2005, il s'agit des données PM2.5 brutes, ainsi que des données converties (facteur 1,60). A partir de l'année 2006, les résultats PM2.5\_FDMS sont communiqués. Le tableau reprend la concentration moyenne annuelle (MOY) et le centile 98 (P98).

La valeur cible de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  PM2.5 en tant que concentration moyenne annuelle, à respecter à partir de 2010, qui se transforme en valeur limite à partir de 2015, sera probablement respectée. A l'heure actuelle, on ne peut pas encore se prononcer sur le respect éventuel de la valeur limite indicative de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  prévue pour 2020.

Dans la figure 4.79, l'évolution hebdomadaire moyenne est reproduite pour le poste de mesure de Molenbeek. La concentration moyenne (AVG), la médiane (P50) et les centiles P10 et P90 sont donnés sous forme graphique, par période horaire. Ces deux dernières valeurs délimitent approximativement la zone dans laquelle la concentration varie de jour en jour. Le graphique de dessus renvoie à la période hivernale 'octobre 2010 – mars 2011' et le graphique du dessous à la période estivale 'avril – septembre 2011'. Pour les PM2.5, on remarque un pic matinal les jours ouvrables. Les concentrations des samedis et des dimanches sont légèrement inférieures.

La figure 4.80 reproduit l'évolution journalière moyenne pour les PM2.5 au poste de mesure de l'Avant Port durant la période hivernale 'octobre 2010 – mars 2011' et durant la période estivale 'avril – septembre 2011'. A cet égard, une distinction est faite entre les *jours ouvrables*, les *samedis* et les *dimanches*. Pour les PM2.5 il n'y a pas, contrairement aux autres polluants, de distinction évidente entre les jours ouvrables et non ouvrables. On note des concentrations légèrement plus élevées durant les heures de pointe matinales des jours ouvrables.

**Tableau IV.27 : VALEURS JOURNALIÈRES PM2.5 – MOYENNE ANNUELLE**  
PÉRIODE ANNUELLE : 1 JANVIER – 31 DÉCEMBRE  
[ Concentration en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ]

MOY	R001	B011	R012	N043	MEU1
2000	(14)			--	14
2001	16			20	14
2002	17			21	15
2003	(18)			19	15
2004	--			--	13
2005	--			--	14
2000	(22,4)			--	22,4
2001	25,6			32,0	22,4
2002	27,2			33,6	24,0
2003	(28,8)			30,4	24,0
2004	--				20,8
2005	--				22,4
2006	23,7		17,0	24,2	19,7
2007	24,6		20,7	26,2	21,5
2008	22,6	15,6	18,1	21,4	18,4
2009	21,6	18,1	18,6	23,5	22,4
2010	22,4	17,0	18,5	21,9	--
2011	25,0	17,4	18,8	24,0	--

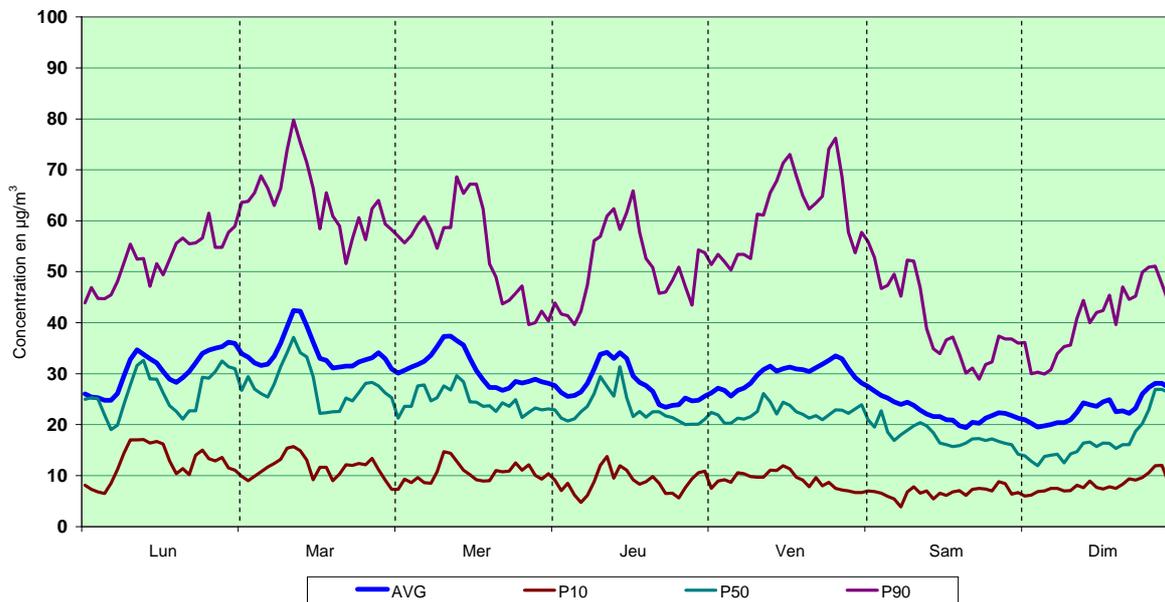
-- : moins de 50% de données sur base annuelles – (re)mise en service  
() : série incomplète de données

Suite du **Tableau IV.27 : VALEURS JOURNALIÈRES PM2.5 – CENTILE 98**  
PÉRIODE ANNUELLE : 1 JANVIER – 31 DÉCEMBRE  
[ Concentration en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  ]

P98	R001	B011	R012	N043	MEU1
2000	(32)			--	36
2001	39			47	34
2002	37			43	34
2003	(44)			43	40
2004	--			--	28
2005	--			--	32
2000	(51,2)			--	57,6
2001	62,4			75,2	54,4
2002	59,2			68,8	54,4
2003	(70,4)			68,8	64,0
2004	--			--	44,8
2005	--			--	51,2
2006	65,5		48,5	62,0	55,6
2007	69,2		56,9	66,1	62,1
2008	60,9	50,6	49,6	59,5	54,5
2009	63,9	58,8	56,8	61,4	59,4
2010	56,7	51,1	51,8	59,5	--
2011	70,9	60,5	59,4	63,5	--

PM2.5_données brutes
PM2.5 * 1,60
PM2.5_FDMS

**PM2,5\_FDMS à MOLENBEEK (R001)**  
 EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE  
 Période HIVERNALE : OCTOBRE 2010 - MARS 2011



**PM2,5\_FDMS à MOLENBEEK (R001)**  
 EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE  
 Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2011

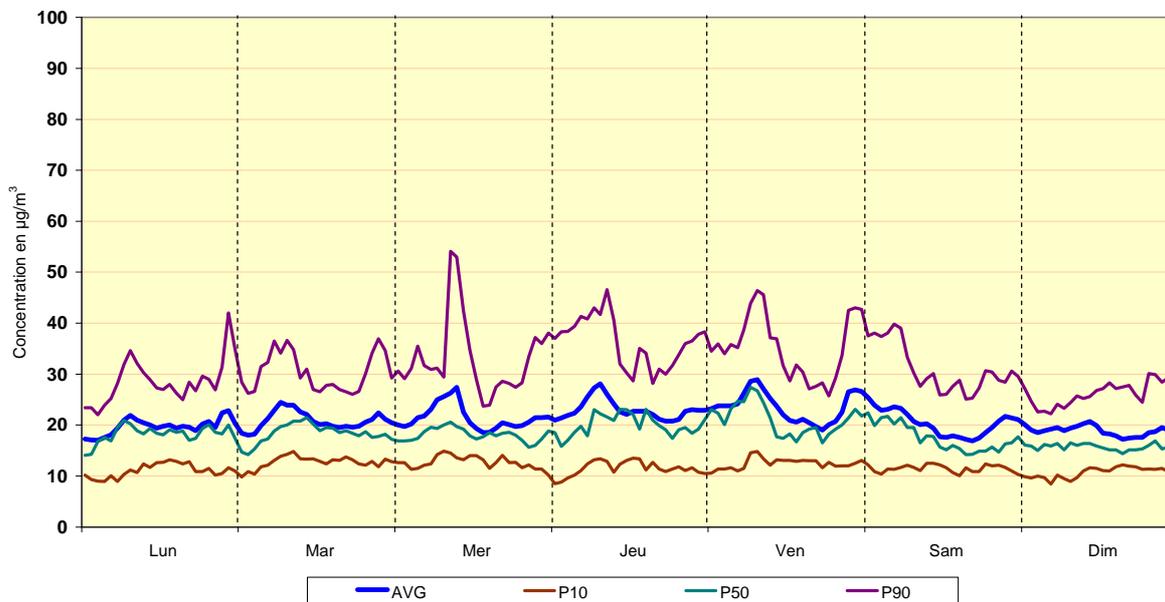
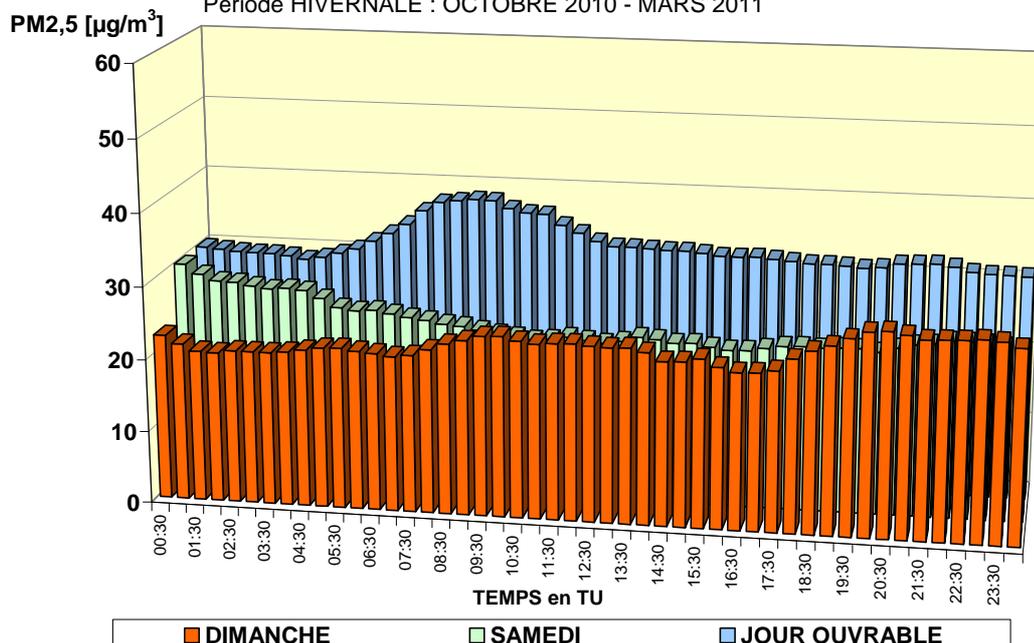


Fig. 4.79: PM2.5 – évolution hebdomadaire moyenne pendant l'hiver et l'été  
 Poste de mesure à Molenbeek – Période hivernale 'octobre 2010 – mars 2011' et  
 Période estivale 'avril – septembre 2011'

**PM2,5-FDMS - AVANT PORT - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE  
COMPARAISON DIMANCHE, SAMEDI et JOUR OUVRABLE MOYEN**

Période HIVERNALE : OCTOBRE 2010 - MARS 2011



**PM2,5\_FDMS - AVANT PORT - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE  
COMPARAISON DIMANCHE, SAMEDI et JOUR OUVRABLE MOYEN**

Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2011

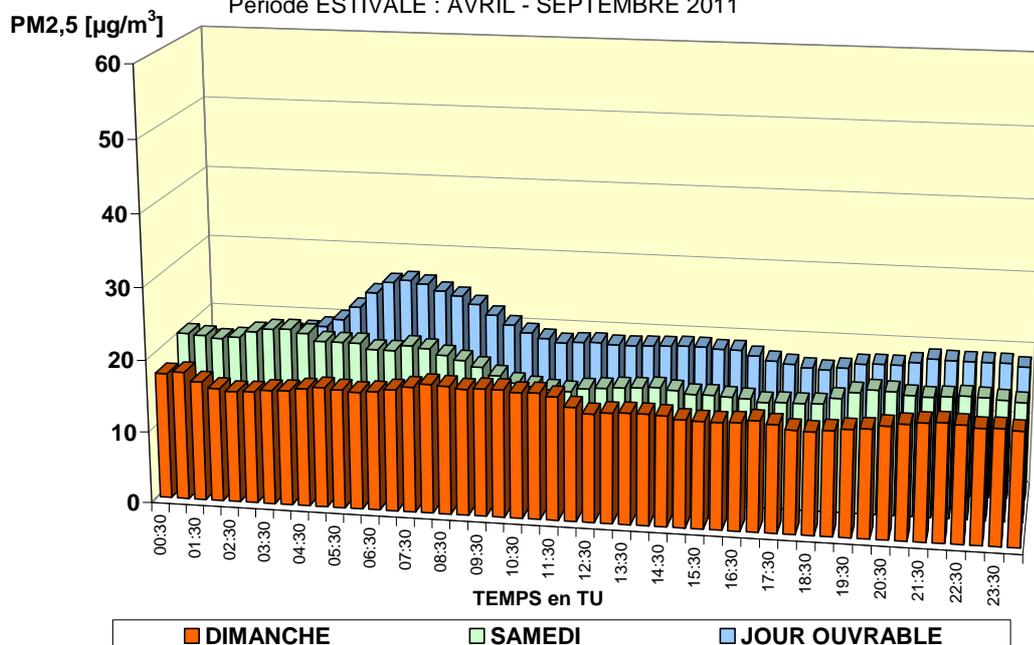


Fig. 4.80: PM2.5 – évolution journalière moyenne (dimanche, samedi, jour ouvrable) en hiver et en été. Poste de mesure à l'Avant Port  
Période hivernale 'octobre 2010 – mars 2011' et estivale 'avril – septembre 2011'

## Rapport PM2.5/PM10

Le tableau ci-dessous présente les résultats du rapport de masse en % (rapport masse/masse en %) entre les PM2.5 et les PM10. Les résultats sont calculés pour trois postes de mesure (Molenbeek, Avant Port et Uccle) et pour les années 2006 à 2011, pour lesquelles les données de mesures sont disponibles tant pour les PM10 que pour les PM2.5. Cela concerne les données pour trois différentes sélections de jours : *tous les jours*, *tous les jours avec une concentration en PM10 supérieure à 50 µg/m<sup>3</sup>* et *tous les jours non ouvrables avec une valeur journalière supérieure à 50 µg/m<sup>3</sup>*.

Le poste de mesure de Molenbeek est caractéristique d'un environnement d'habitat, trafic intense et activité commerciale/industrielle. Le poste de mesure d'Uccle se trouve dans un environnement résidentiel éloigné du trafic et celui de l'Avant Port dans un environnement industriel avec trafic intense.

Pour les postes de mesure de Molenbeek et d'Uccle, on constate que le rapport PM2.5/PM10 durant les jours de dépassement PM10 est plus élevé que pour la moyenne de tous les jours et que ce rapport est encore plus élevé lorsqu'il s'agit de jours de dépassement qui ne sont pas des jours ouvrables. Ceci est une indication que la formation d'aérosols secondaires, et donc une fraction PM2.5 plus importante, n'est pas un facteur négligeable dans l'existence du grand nombre de jours de dépassements par PM10 dans la Région de Bruxelles-Capitale.

Pour le poste de mesure de l'Avant Port, on ne note pas de différence significative entre les rapports PM2.5/PM10 pour les sélections 'tous les jours' et 'tous les jours avec dépassement PM10'. Ceci est attribué au plus grand nombre de jours de dépassement dû à la présence d'une fraction plus grosse (entre 2,5 et 10 µm) en cas d'apport d'air sec du secteur Est. La sélection 'dépassements les jours non ouvrables', par contre, présente de nouveau un rapport PM2.5/PM10 plus élevé. Pendant le week-end et les jours fériés, il y a moins de particules soulevées à ce poste de mesure, d'où la part plus importante des PM2.5 et d'aérosols secondaires.

PM2.5/PM10	R001 - Molenbeek			R012 - Uccle			N043 – Avant Port			
	%mass/mass	2006	2007	2008	2006	2007	2008	2006	2007	2008
<b>All Days</b>		76,5	72,4	70,6	58,6	71,4	75,4	71,2	77,1	62,9
<b>All Excd Days</b>		86,0	78,1	72,9	74,0	78,7	80,8	77,0	76,6	58,2
<b>Nwrk Excd Days</b>		90,2	82,6	78,9	80,2	79,1	87,5	88,5	83,4	76,9

PM2.5/PM10	R001 - Molenbeek			R012 - Uccle			N043 – Avant Port			
	%mass/mass	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011
<b>All Days</b>		74,5	77,2	85,4	68,9	74,0	75,3	65,3	66,4	60,9
<b>All Excd Days</b>		80,0	74,1	84,0	76,8	79,1	82,4	66,7	66,3	58,5
<b>Nwrk Excd Days</b>		92,3	81,5	91,9	82,0	78,8	86,4	87,0	77,0	79,8

#### 4.3.12 N043 – Estimation des dépassements causés par les particules plus grosses:

Au poste de mesure de l'Avant Port (N043) il y a systématiquement, chaque année trop de dépassements (> 35 jours) de la valeur limite journalière fixé à  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  PM10. Une analyse profonde des résultats fait apparaître qu'un nombre important de ces dépassements est causé par la présence de particules plus grosses, ayant un diamètre entre 2.5 et  $10 \mu\text{m}$ . Par la suite les résultats présentés sont issus d'une tentative pour estimer ce genre de dépassements d'une façon objective, en appliquant une série de critères expérimentaux sur les résultats de mesure et en estimant les valeurs PM10 qui auraient été obtenues dans l'absence de la remise en suspension des particules plus grosses. Une description plus complète de ces méthodes se trouve dans le rapport IBGE: "Evaluation of PM10 Exceedances at the Navel Port. September 2011".

#### Critères expérimentaux:

L'identification des dépassements PM10 dans le poste de mesure de l'Avant Port, causés par les particules plus grosses, est basée sur les principes suivants:

- o la concentration journalière en PM10 à l'Avant Port doit être nettement supérieure à la concentration journalière en PM2.5 dans ce même poste
- o la concentration journalière en PM10 de l'Avant Port doit être nettement supérieure aux concentrations journalières en PM10 dans les autres postes de la Région
- o les concentrations moyennes en PM10 et PM2.5 sur l'ensemble des autres postes doivent être nettement inférieures à  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Les critères eux mêmes se basent sur les résultats suivants de PM10 et PM2.5:

- **PM10\_N043** = valeur journalière PM10 dans le poste de mesure de l'Avant Port
- **PM10\_AVG** = moyenne calculée des valeurs journalières PM10 sur l'ensemble des autres postes de mesure de la Région (R001, B011, R012, MEU1 et WOL1)
- **PM2.5\_AVG** = moyenne calculée des valeurs journalières PM2.5 sur l'ensemble des autres postes de mesure de la Région (R001, B011, R012 et MEU1)

Les dépassements PM10 dans l'Avant Port sont identifiés comme causés par une présence importante de particules plus grosses si au moins 3 des 4 critères suivants sont satisfaits:

Critère 1	$\text{PM10\_AVG} < 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Critère 2	$\text{PM2.5\_AVG} < 35 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Critère 3	$\text{PM10\_N043} > (1,5 * \text{PM10\_AVG})$ <b>OU</b> $(\text{PM10\_N043} - \text{PM10\_AVG}) > 17 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Critère 4	$\text{PM10\_N043} > (2 * \text{PM2.5\_AVG})$ <b>OU</b> $(\text{PM10\_N043} - \text{PM2.5\_AVG}) > 23 \mu\text{g}/\text{m}^3$

L'application de ces critères sur les concentrations mesurées donne le résultat suivant:

ANNÉE	N043 – Nombre total de Dépassements	N043 – Dépassements sans la remise en suspension	Dépassements causés par particules plus grosses
2008	66	34	32
2009	66	48	18
2010	47	23	24
2011	87	46	41

### Estimation des concentrations PM10 à N043 dans l'absence de la remise en suspension:

Les différences de niveaux de PM2.5 dans les différents postes de mesure de la Région sont plutôt limitées, même aux moments où une contribution importante de particules plus grosses est présente. Une nouvelle série de concentrations journalières en PM10 au poste de mesure de l'Avant Port (PM10\_N043\_estimated) est estimée sur base de la concentration PM2.5 dans ce poste et du rapport PM10/PM2.5 (= Ratio) constaté dans les autres poste de mesure de la Région. Les valeurs PM10 estimées de cette façon ne tiennent donc pas compte de la remise en suspension de particules plus grosses:

$$\text{PM10\_N043\_estimated} = \text{PM2.5\_N043} * \text{Ratio\_avg}$$

avec Ratio\_avg = AVERAGE (Ratio\_R001, Ratio\_B011, Ratio\_R012)

La figure 4.81 présente l'évolution des valeurs journalières PM10 mesurées (en bleu) et la concentration (en jaune) causée par les particules plus grosses, représentée par la différence entre la concentration PM10 mesurée et estimée (PM10\_N043\_estimated).

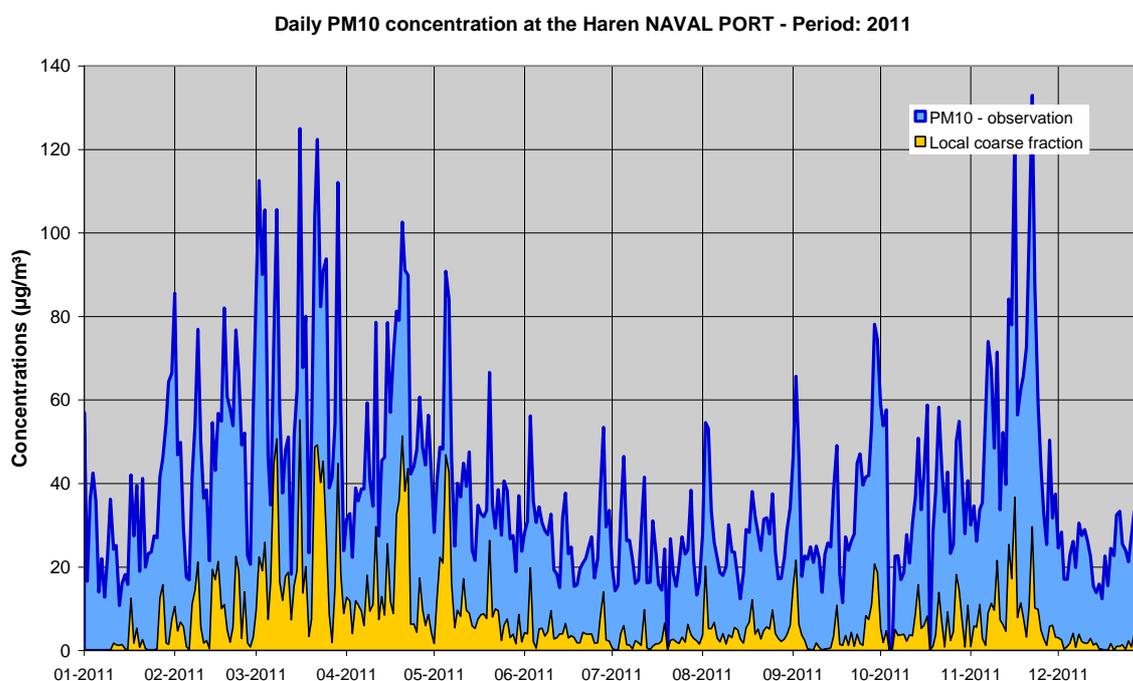


Fig. 4.81: PM10 à l'Avant Port – Évolution des valeurs journalières en 2011 et la part de la concentration causée par les particules plus grosses

Le nombre de dépassements des concentrations PM10 estimées (PM10\_N043\_Estimated) sont données dans le tableau suivant:

ANNÉE	N043 – Nombre total de dépassements	N043_estimated dépassements	Dépassements causés par particules plus grosses
2008	66	33	33
2009	66	42	24
2010	47	21	26
2011	87	45	42

Les deux approches mènent à la conclusion que la présence de particules plus grosses, ayant un diamètre entre 2.5 et 10 µm, sont responsables pour un nombre important de dépassements PM10 au poste de l'Avant Port. Anuellement, entre un tiers et la moitié des dépassements PM10 dans ce poste sont causés par la remise en suspension de particules plus grosses. Néanmoins, même dans l'hypothèse d'une éventuelle correction pour ce genre de dépassements, le nombre de dépassements restants dépasse les 35 jours autorisés pour certaines années (2009, 2011).

#### 4.3.13 Rendement résultats PM10 et PM2.5:

Les rendements (saisie de données en %) des résultats pour les particules PM10 et PM2.5 sont donnés dans les tableaux IV.28 et IV.29.

Tableau IV.28 : **VALEURS JOURNALIÈRES PM10 - RENDEMENT**

saisie de données en % = nombre valeurs journalières / nombre de jours

PÉRIODE ANNUELLE : 1 JANVIER – 31 DÉCEMBRE

PM10	R001	B011	R012	N043	MEU1	WOL1
1996	--		60,9			
1997	93,9		96,4	--		
1998	96,7		98,6	99,4		
1999	98,3	65,7	98,3	97,8	14,7	
2000	98,6	99,4	97,2	93,9	95,9	
2001	96,4	96,4	98,3	99,4	96,7	--
2002	98,6	92,6	97,8	99,7	99,7	90,9
2003	95,6	98,6	98,3	98,3	97,2	93,6
2004	97,8	98,6	93,2	97,5	98,6	--
2005	98,9	97,5	95,3	98,0	(51,7)	91,5
2006	98,9	98,6	99,1	98,0	--	94,2
2007	99,1	97,8	99,1	95,8	71,5	96,9
2008	99,1	93,4	99,9	97,5	96,4	98,0
2009	99,1	97,2	98,0	94,7	96,9	98,0
2010	97,5	98,0	99,1	95,8	(48,7)	95,8
2011	99,9	97,8	97,2	98,9	(28,7)	97,2

-- : moins de 50% de données sur base annuelle – (re)mise en service  
 () : série incomplète de données

PM10_EqRef (facteur 1,47)
Série mixte – PM10_EqRef & PM10_FDMS
PM10_FDMS

\* suite à un glissement de terrain le poste de mesure MEU1 était hors service entre le 22 juillet 2010 et le 30 septembre 2011

Tableau IV.29 : **VALEURS JOURNALIÈRES PM2.5 - RENDEMENT**

saisie de données en % = nombre valeurs journalières / nombre de jours

PÉRIODE ANNUELLE : 1 JANVIER – 31 DÉCEMBRE

PM2.5	R001	B011	R012	N043	MEU1
2000	(50,2)			--	96,1
2001	99,9			99,4	98,6
2002	98,9			99,9	96,4
2003	(64,1)			99,7	96,4
2004	--			--	98,9
2005	--			--	98,6
2006	92,6		78,0	89,5	98,6
2007	99,1	(22,1)	98,0	93,1	96,4
2008	99,1	93,7	98,6	92,0	96,7
2009	99,1	97,8	93,1	93,4	97,5
2010	98,6	99,1	98,9	99,1	(40,8)
2011	99,1	99,8	97,5	99,8	(26,5)

-- : moins de 50% de données sur base annuelle – (re)mise en service  
 () : série incomplète de données

PM2.5_données brutes
PM2.5_FDMS

\* suite à un glissement de terrain le poste de mesure MEU1 était hors service entre le 22 juillet 2010 et le 30 septembre 2011

#### 4.3.14 Nombre de Particules

Des appareils pour analyser le nombre de particules présents dans l'air ont été installés aux postes de mesure de Woluwé et de Molenbeek, respectivement en juillet 2008 et juillet 2010. Il s'agit des appareils du type *Laser Light Scattering Spectrometer*, modèle 365 du marque Grimm. À l'aide de ces appareils le nombre de particules est déterminé pour 31 classes de taille différente dans la gamme de 0,25 µm à 32 µm.

Les tableaux IV.30 et IV.31 représentent, pour les deux postes, les résultats de la distribution des fréquences cumulées pour une sélection de classes de particules. Il s'agit des résultats de la période estivale 'avril – septembre 2011' et de la période hivernale 'octobre 2011 – mars 2012'. Les résultats, exprimés en nombre de particules par litre d'air, sont donnés pour les centiles P10, P30, P50, P70, P90, P95 et P98, pour le maximum (MAX) et pour le nombre moyen des particules (AVG).

Tableau IV.30: **NOMBRE de PARTICULES au poste de WOLUWÉ**  
Distribution de Fréquences Cumulées – Nombre de particules par litre d'air

PÉRIODE ESTIVALE : AVRIL – SEPTEMBRE 2011

Classes	P10	P30	P50	P70	P90	P95	P98	MAX	AVG
> 0,25 µm	26.600	51.100	91.700	154.300	289.500	369.900	497.600	994.300	130.800
> 0,30 µm	9.810	17.340	31.400	58.870	129.530	168.880	258.550	624.170	54.640
> 0,40 µm	2.980	5.130	8.240	13.330	31.710	44.770	78.370	239.060	14.540
> 0,50 µm	1.410	2.380	3.460	5.360	9.880	13.840	23.260	83.260	5.280
> 0,65 µm	470	810	1.170	1.680	2.900	3.750	4.790	20.090	1.520
> 1,0 µm	191	247	495	693	1.237	1.569	1.907	4.066	620
> 1,6 µm	90	159	232	319	516	608	734	1.574	271
> 2,5 µm	26	49	73	101	148	172	211	960	82
> 10,0 µm	0	0	1	1	2	3	6	76	1
2,5<X<10,0	26	48	72	99	146	170	207	934	81

PÉRIODE HIVERNALE : OCTOBRE 2011 – MARS 2012

Classes	P10	P30	P50	P70	P90	P95	P98	MAX	AVG
> 0,25 µm	35.900	98.500	203.200	339.100	582.200	720.900	899.200	1.337.800	262.400
> 0,30 µm	15.290	33.710	79.640	165.410	299.440	376.780	463.060	728.940	125.050
> 0,40 µm	5.750	10.950	19.170	45.080	101.670	139.650	174.230	298.840	39.690
> 0,50 µm	2.770	5.350	8.070	13.680	34.850	52.200	70.610	134.580	14.480
> 0,65 µm	800	1.460	2.170	3.160	5.240	7.260	10.580	24.010	2.800
> 1,0 µm	251	460	647	937	1.414	1.696	2.169	5.313	774
> 1,6 µm	104	177	248	345	508	591	694	1.548	283
> 2,5 µm	25	49	72	102	153	189	230	1.071	84
> 10,0 µm	0	0	0	1	2	3	6	51	1
2,5<X<10,0	25	49	71	101	151	186	226	1.020	83

Tableau IV.31: **NOMBRE de PARTICULES au poste de MOLENBEEK**  
Distribution de Fréquences Cumulées – Nombre de Particules par litre d'air

PÉRIODE ESTIVALE : AVRIL – SEPTEMBRE 2011

Classes	P10	P30	P50	P70	P90	P95	P98	MAX	AVG
> 0,25 µm	38.500	72.800	123.900	199.500	344.200	441.300	570.300	1.083.600	165.100
> 0,30 µm	14.150	26.770	48.980	87.630	169.210	226.340	308.390	868.870	75.650
> 0,40 µm	4.720	7.940	12.860	23.030	50.770	71.010	105.820	625.860	22.490
> 0,50 µm	2.120	3.320	4.730	7.270	14.140	19.870	28.860	477.920	7.240
> 0,65 µm	780	1.240	1.690	2.380	3.850	4.740	6.940	403.450	2.270
> 1,0 µm	324	518	690	943	1.558	1.940	2.729	249.240	899
> 1,6 µm	157	251	343	462	715	889	1.133	192.710	448
> 2,5 µm	43	74	107	149	231	293	410	120.500	164
> 10,0 µm	0	1	1	3	5	7	10	10.023	5
2,5<X<10,0	42	73	105	146	226	288	404	110.470	160

PÉRIODE HIVERNALE : OCTOBRE 2011 – MARS 2012

Classes	P10	P30	P50	P70	P90	P95	P98	MAX	AVG
> 0,25 µm	44.400	113.500	221.900	340.600	555.500	697.300	866.100	1.161.300	266.200
> 0,30 µm	18.310	44.700	99.980	180.640	315.390	388.810	470.620	750.640	137.820
> 0,40 µm	6.860	13.850	27.010	57.900	115.570	150.710	190.220	325.370	47.170
> 0,50 µm	2.980	5.860	9.090	15.670	36.130	51.430	70.650	122.440	15.390
> 0,65 µm	950	1.770	2.640	3.620	6.330	8.960	13.550	26.770	3.370
> 1,0 µm	286	513	753	1.055	1.558	1.926	2.549	7.887	876
> 1,6 µm	116	211	304	424	611	730	916	2.503	345
> 2,5 µm	25	54	83	119	193	241	327	1.207	102
> 10,0 µm	0	0	1	1	3	5	7	41	1
2,5<X<10,0	25	53	83	117	191	237	322	1.195	100

Les appareils de mesure fournissent les données toujours comme '*nombre de particules plus grosses qu'un diamètre donné*' (p.ex. >0.30 µm, >0.40 µm, ...). Le nombre de particules comprises entre deux diamètres, p.ex. le nombre de particules comprises entre 0.30 et 0.40 µm [0.30-0.40] doit être déduit de ces données d'analyse.

Les résultats présentés dans les tableaux indiquent que le nombre de particules jusqu'à environ 1.0 µm de diamètre soit plus élevé en période hivernale qu'en période estivale. Par contre le nombre de particules ayant un diamètre supérieur à 2.5 µm puisse être plus élevé en période estivale. Pendant la période hivernale il y a plus fréquemment formation de fines particules et d'un aérosol secondaire. Ces particules se retrouvent en très grand nombre parmi les classes jusqu'à 1,0 µm de diamètre. En période estivale il y a moins fréquemment formation de fines particules et, sous influence d'une température plus élevée et une humidité relative plus basse, les particules plus grosses se trouvent plus souvent en suspension.

L'évolution, en fonction du temps, du nombre de particules appartenantes aux classes ayant un diamètre entre 0.25 et 1.6  $\mu\text{m}$  est fort similaire. Le comportement des particules plus grosses que 2.5  $\mu\text{m}$  se distingue clairement de celui des particules plus fines. L'aérosol ambiant semble être composé au moins de deux populations différentes. Dans le groupe de particules ayant un diamètre entre 1.6 et 2.5  $\mu\text{m}$  certains semblent appartenir au groupe de particules plus fines et d'autres au groupe de particules plus grosses. [Black Carbon, PM10 Mass Concentration, Nitrogen Monoxide, Nitrogen Oxides and Particulate Number Concentration at the Woluwe Traffic Site. Preliminary study, period July 2009-June 2010. IBGE Report. September [2010]

Il n'existe pas de corrélation univoque entre le nombre de particules et la concentration massique présents dans l'air ambiant. Un très grand nombre de particules correspond normalement à une concentration massique élevée et un nombre plus réduit à une concentration plus limitée. Par contre, la présence d'un nombre plus limité de particules plus grosses [2.5 à 10  $\mu\text{m}$ ] peut augmenter considérablement la concentration massique en PM10.

Dans les pages suivantes six cas sont illustrés, pour lesquels un nombre élevé de particules plus fines (poste WOL1) est accompagné d'une concentration massique élevée:

- mercredi 07 – lundi 12 janvier 2009
- samedi 11 – jeudi 16 avril 2009
- vendredi 18 – mardi 22 septembre 2009
- dimanche 24 – vendredi 29 janvier 2010
- samedi 06 – mercredi 10 février 2010
- vendredi 18 – mercredi 23 novembre 2011

Ces cas sont illustrés à l'aide de 3 graphiques. Le premier graphique représente, pour un mois complet, le nombre total de particules appartenantes à certaines classes : nombre de particules ayant un diamètre  $>0.25 \mu\text{m}$ ,  $>0.30 \mu\text{m}$ ,  $>0.40 \mu\text{m}$ , ...,  $>5 \mu\text{m}$ ,  $>7.5 \mu\text{m}$  et  $>10 \mu\text{m}$ . Vu la grande différence dans les ordres de grandeur de particules (quelques uns à des centaines de milliers), le graphique représente le logarithme du nombre de particules. L'évolution du nombre de particules est comparée à celle de la concentration massique de PM10 au même poste (WOL1). Deux lignes verticales dans le graphique délimitent la période qui sera étudiée de plus près.

Le deuxième et troisième graphique font un zoom sur la période considérée. Le deuxième graphique représente le nombre total de particules ayant un diamètre supérieur à 0.25  $\mu\text{m}$ , ainsi que la concentration massique de PM10 (WOL1) et de PM2.5 (moyenne sur les postes bruxellois). Le facteur d'échelle entre les deux séries de données (nombre de particules par litre d'air et concentration massique en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) s'élève à 10.000. Si les courbes de concentration se touchent, cela signifie que 10.000 particules ( $>0.25 \mu\text{m}$ ) par litre d'air correspondent à une concentration massique d'environ  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  PM ou que 100.000 particules ( $>0.25 \mu\text{m}$ ) par litre d'air correspondent à une concentration massique d'environ  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  PM.

Le troisième graphique représente l'évolution du nombre de particules pour les classes ayant un diamètre inférieur à 0.50  $\mu\text{m}$ : le nombre de particules ayant un diamètre entre 0.25 et 0.28  $\mu\text{m}$  [0.25-0.28], entre 0.28 et 0.30  $\mu\text{m}$  [0.28-0.30], entre 0.30 et 0.35  $\mu\text{m}$  [0.30-0.35], entre 0.35 et 0.40  $\mu\text{m}$  [0.35-0.40], entre 0.40 et 0.45  $\mu\text{m}$  [0.40-0.45] et entre 0.45 et 0.50  $\mu\text{m}$  [0.45-0.50]. L'évolution de ces classes suit un profil fort similaire en fonction du temps. Le graphique présente également le nombre de particules ayant un diamètre supérieur à 2.5  $\mu\text{m}$ , multiplié d'un facteur 100 (en raison de la visibilité dans le graphique). La différence entre les concentrations massiques de PM10 et PM2.5 devient plus importante avec un nombre croissant de particules dans cette classe.

Mercredi 07 – Lundi 12 Janvier 2009

La figure 4.82 représente, pour une sélection de différentes classes de particules, les résultats de comptage du nombre de particules au poste WOL1 pour le mois janvier 2009. Vu la grande différence dans les ordres de grandeur du nombre de particules (quelques uns à des centaines de milliers), le graphique représente le logarithme du nombre de particules : p.ex. une échelle de 6 (à gauche du graphique) correspond à un million de particules par litre d'air. Le graphique reprend également l'évolution de la concentration massique en PM10. L'échelle de concentration est donnée à droite du graphique.

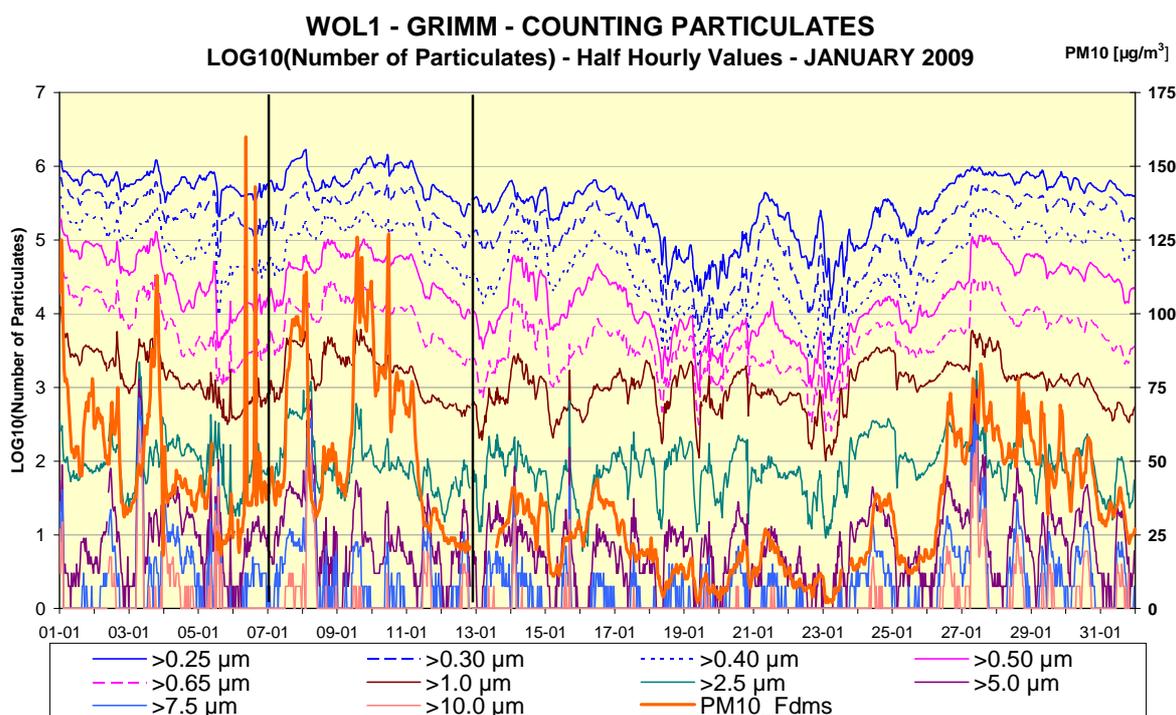


Fig. 4.82: Woluwé – Janvier 2009. Logarithme du nombre de particules par taille.  
Concentration massique en PM10

La période du mercredi 7 au lundi 12 est délimité dans le graphique 4.82 par deux lignes verticales. La figure 4.83 représente, pour cette période, l'évolution du nombre de toutes les particules ayant un diamètre plus grand que 0.25 µm (ligne bleue). L'échelle correspondante, 1.750.000 particules par liter d'air, est donnée à gauche du graphique. Le graphique représente également la concentration massique PM10 (WOL1) et la moyenne de la concentration PM2.5 (lignes orange-rouge). L'échelle correspondante, 175 µg/m<sup>3</sup>, est donnée à droite du graphique. Les courbes dans le graphique se suivent de très près, ce qui signifie qu'il y a environ 100.000 particules par litre d'air pour une concentration de 10 µg/m<sup>3</sup>.

La figure 4.84 représente l'évolution du nombre de particules de différentes classes ayant un diamètre inférieur à 0.50 µm. Les profils d'évolution de ces classes sont bien corrélés. Le graphique reprend également le nombre de particules avec un diamètre supérieur à 2.5 µm, multiplié d'un facteur 100 (en raison de la visibilité dans le graphique). Un nombre croissant de ces particules plus grosses, correspond à une différence croissante entre la concentration massique de PM10 et de PM2.5 Les niveaux les plus élevés (en nombre et en masse) sont enregistrés durant la nuit du mercredi 7 au jeudi 8 janvier et durant la nuit du vendredi 9 au samedi 10 janvier et puis jusqu'au dimanche 11 janvier, tôt le matin, souvent aux moments avec moins de trafic.

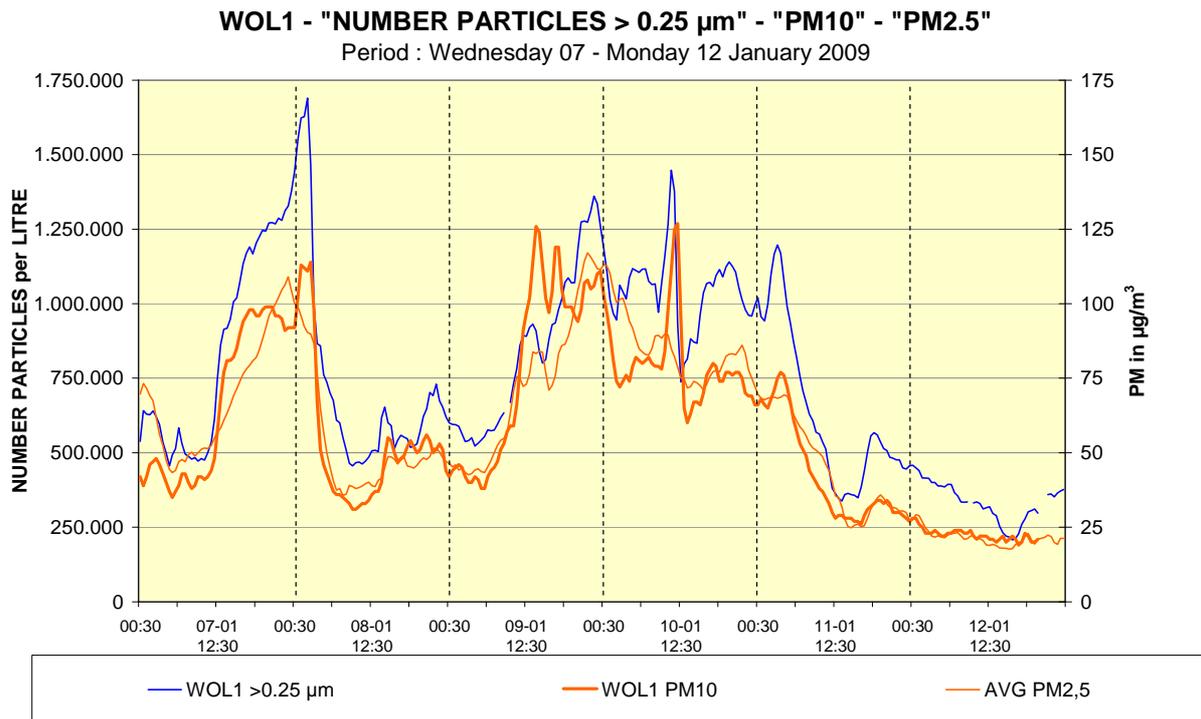


Fig. 4.83: Woluwé – Mercredi 07 – Lundi 12 Janvier 2009 – Nombre Total de Particules >0.25 µm. Concentration PM10 (WOL1) – Concentration Moyenne en PM2.5

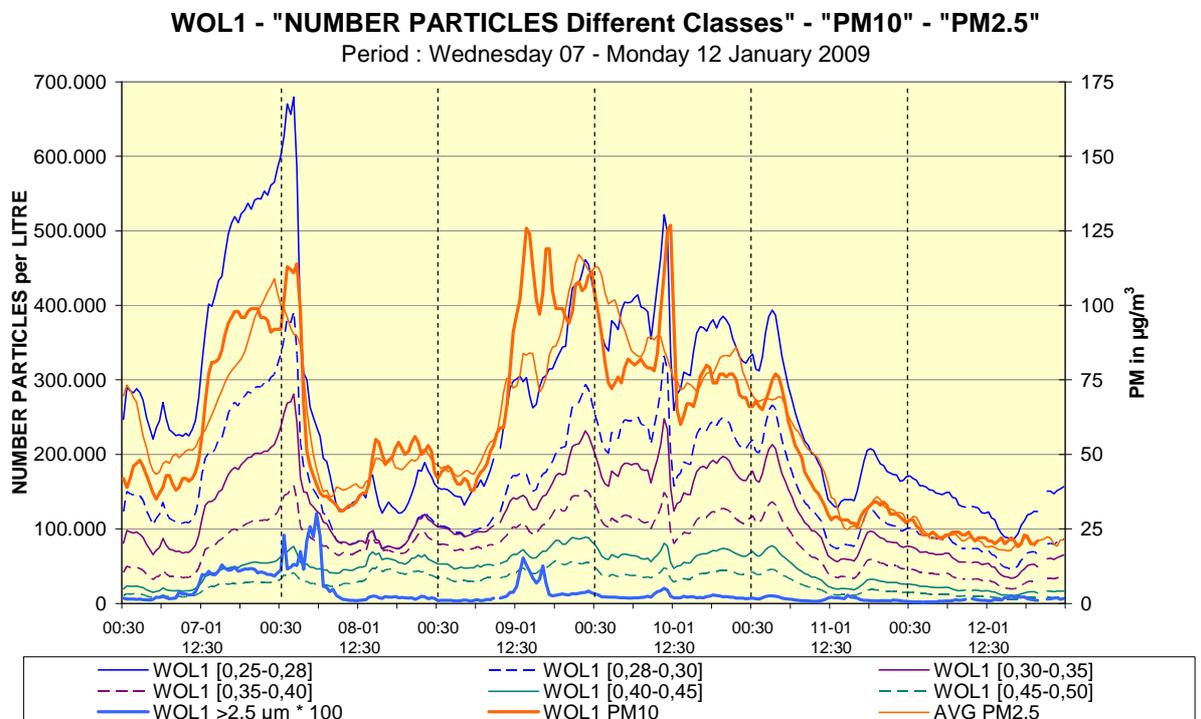


Fig. 4.84: Woluwé – Mercredi 07 – Lundi 12 Janvier 2009  
 Nombre de Particules pour différentes classes [0.25-0.28 µm], [0.28-0.30 µm], [0.30-0.35 µm], [0.35-0.40 µm], [0.40-0.45 µm], [0.45-0.50 µm] et Nombre de Particules >2.5 µm (fois cent)  
 Concentration PM10 (WOL1) – Concentration Moyenne en PM2.5

Samedi 11 – Jeudi 16 Avril 2009

La figure 4.85 représente, pour une sélection de différentes classes de particules, les résultats de comptage du nombre de particules au poste WOL1 pour le mois avril 2009. Vu la grande différence dans les ordres de grandeur du nombre de particules (quelques uns à des centaines de milliers), le graphique représente le logarithme du nombre de particules : p.ex. une échelle de 6 (à gauche du graphique) correspond à un million de particules par litre d'air. Le graphique reprend également l'évolution de la concentration massique en PM10. L'échelle de concentration est donnée à droite du graphique.

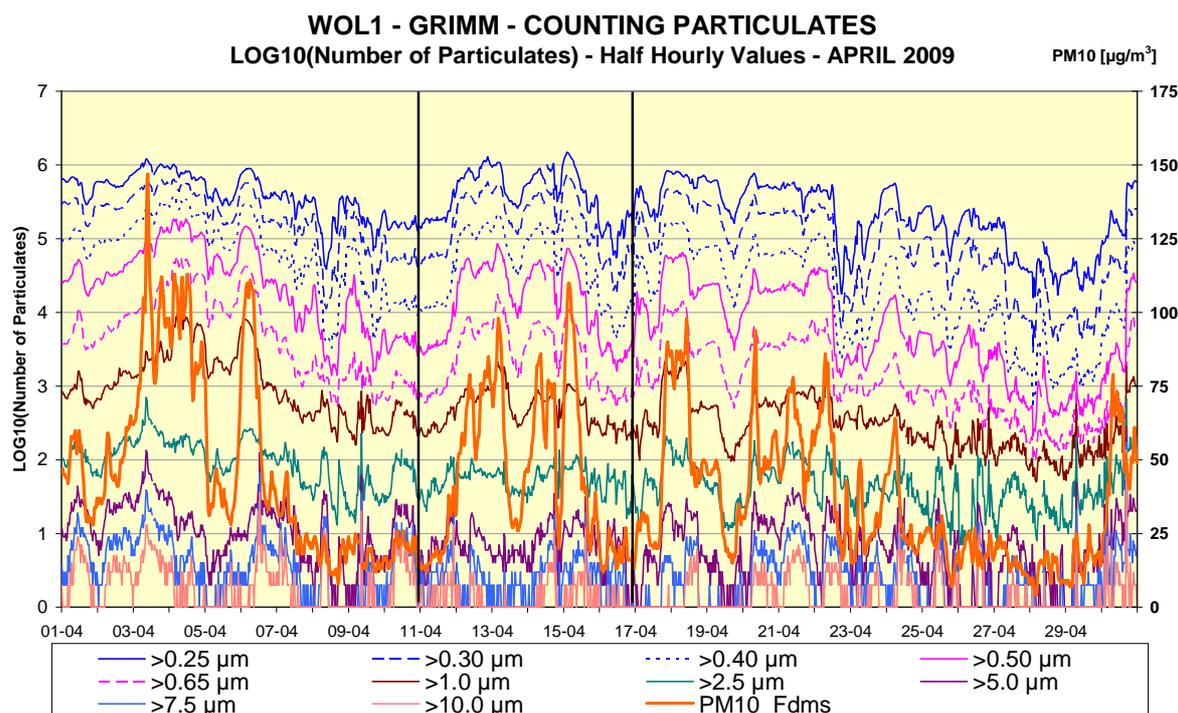


Fig. 4.85: Woluwé – Avril 2009. Logarithme du nombre de particules par taille.  
Concentration massique en PM10

La période du samedi 11 au jeudi 16 avril 2009 est délimité dans le graphique 4.85 par deux lignes verticales. La figure 4.86 représente, pour cette période, l'évolution du nombre de toutes les particules ayant un diamètre plus grand que  $0.25 \mu\text{m}$  (ligne bleue). L'échelle correspondante, 1.500.000 particules par litre d'air, est donnée à gauche du graphique. Le graphique représente également la concentration massique PM10 (WOL1) et la moyenne de la concentration PM2.5 (lignes orange-rouge). L'échelle correspondante,  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , est donnée à droite du graphique. Des concentrations élevées ont été constatées le dimanche (Pâques) 12 avril 2009 et pendant la nuit du 12 au 13 avril (lundi de Pâques), ainsi que le mercredi 15 avril 2009 tôt le matin, aux moments avec une moindre présence du trafic.

La figure 4.87 représente l'évolution du nombre de particules de différentes classes ayant un diamètre inférieur à  $0.50 \mu\text{m}$ . Les profils d'évolution de ces classes sont bien corrélés. Le graphique reprend également le nombre de particules avec un diamètre supérieur à  $2.5 \mu\text{m}$ , multiplié d'un facteur 100 (en raison de la visibilité dans le graphique). Il n'y a pas de période avec un nombre croissant de ces particules plus grosses. La différence entre les concentrations massiques de PM10 et PM2.5 reste assez limitée.

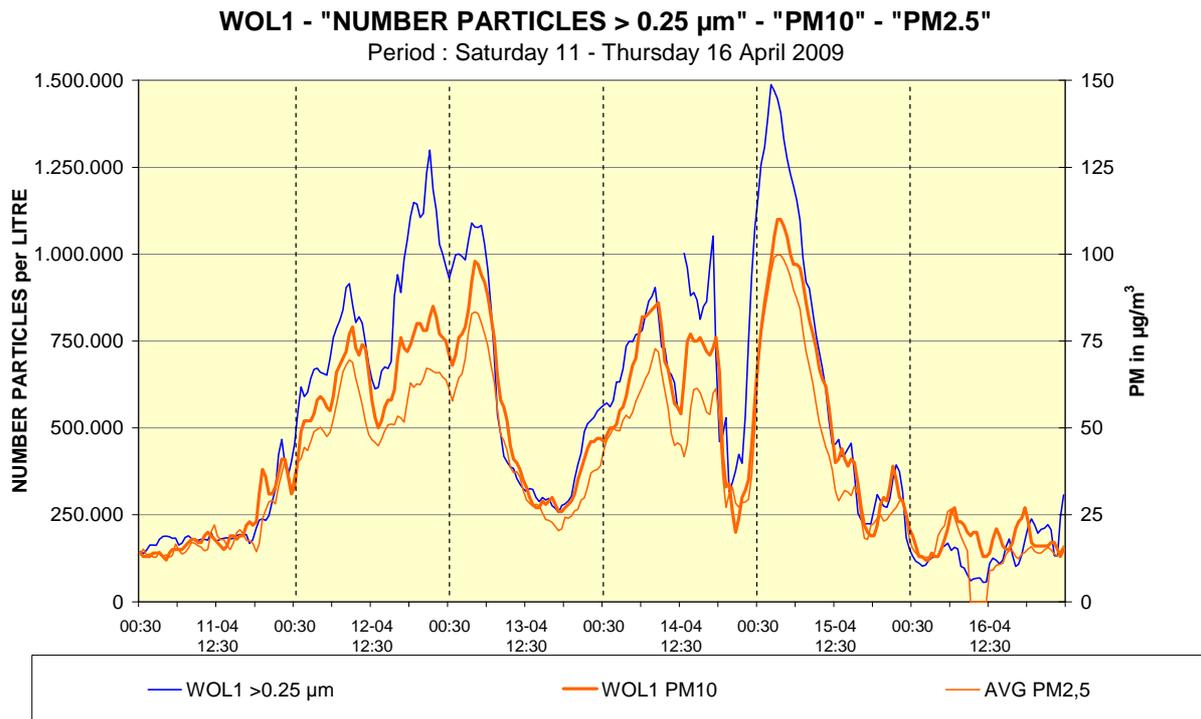


Fig. 4.86: Woluwé – Samedi 11 – Jeudi 16 Avril 2009 – Nombre Total de Particules >0.25µm.  
 Concentration PM10 (WOL1) – Concentration Moyenne en PM2.5

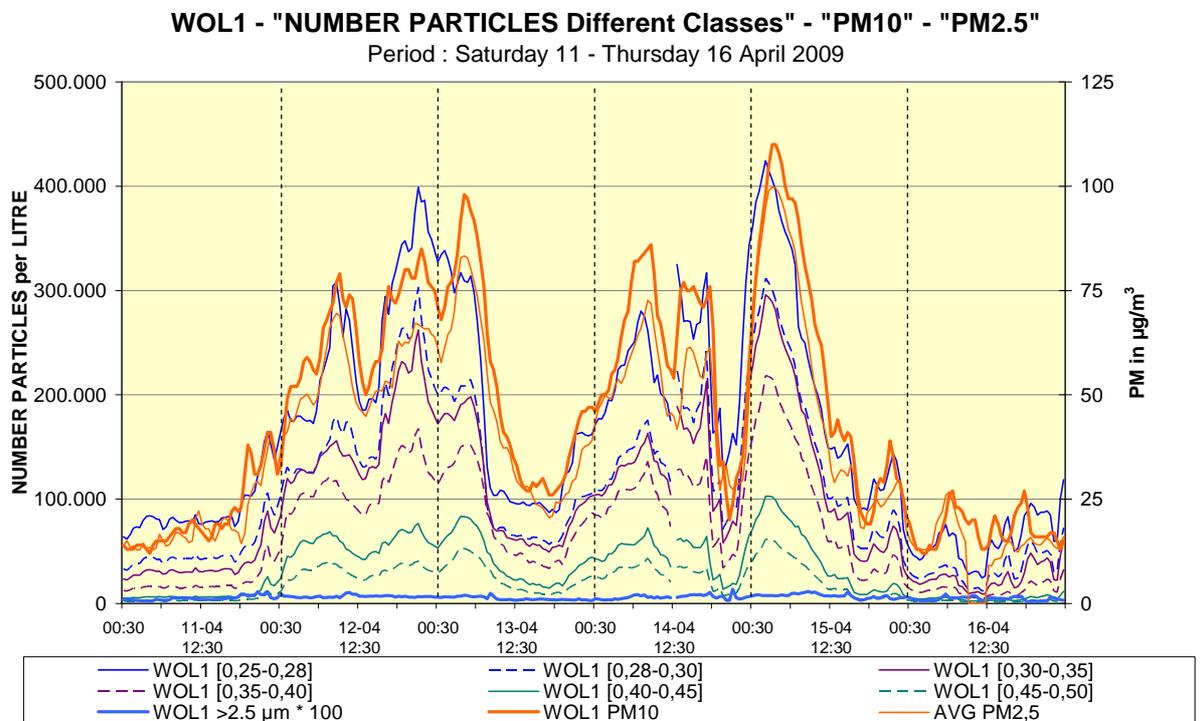


Fig. 4.87: Woluwé – Samedi 11 – Jeudi 16 Avril 2009  
 Nombre de Particules pour différentes classes [0.25-0.28 µm], [0.28-0.30 µm], [0.30-0.35 µm]  
 [0.35-0.40 µm], [0.40-0.45 µm], [0.45-0.50 µm] et Nombre de Particules >2.5 µm (fois cent)  
 Concentration PM10 (WOL1) – Concentration Moyenne en PM2.5

Vendredi 18 – Mardi 22 Septembre 2009

La figure 4.88 représente, pour une sélection de différentes classes de particules, les résultats de comptage du nombre de particules au poste WOL1 pour le mois septembre 2009. Vu la grande différence dans les ordres de grandeur du nombre de particules (quelques uns à des centaines de milliers), le graphique représente le logarithme du nombre de particules : p.ex. une échelle de 6 (à gauche du graphique) correspond à un million de particules par litre d'air. Le graphique reprend également l'évolution de la concentration massique en PM10. L'échelle de concentration est donnée à droite du graphique.

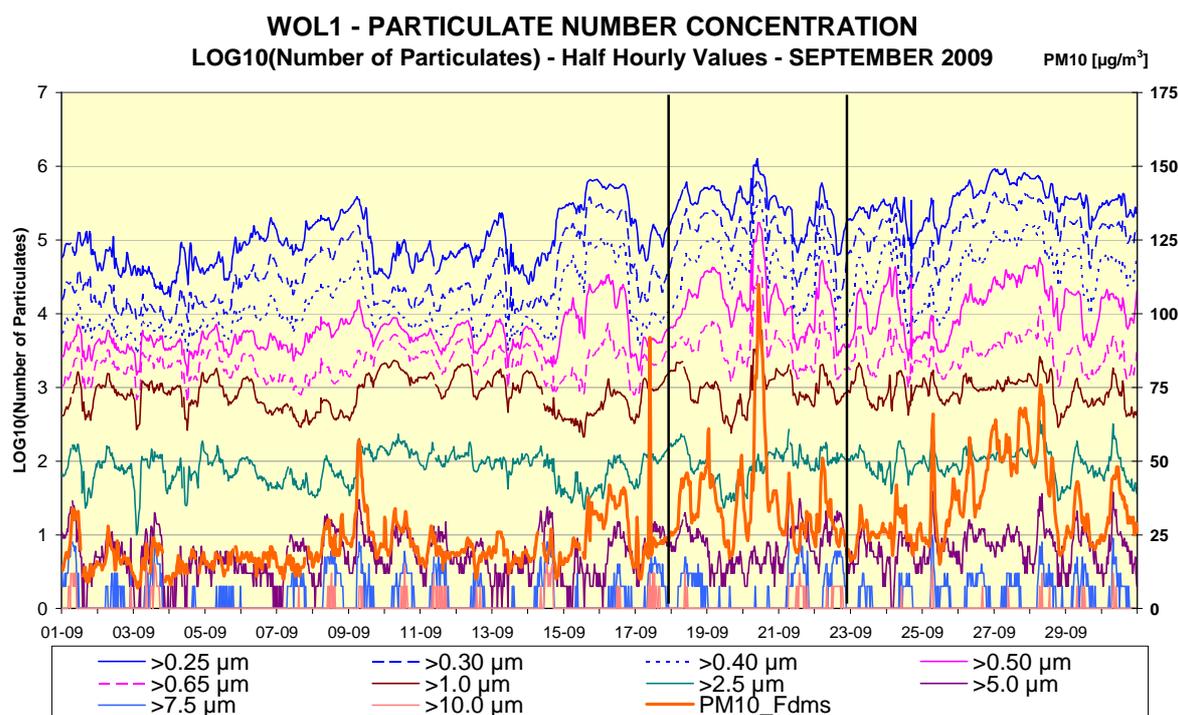


Fig. 4.88: Woluwé – Septembre 2009. Logarithme du nombre de particules par taille. Concentration massique en PM10

La période du vendredi 18 au mardi 22 septembre est délimité dans le graphique 4.88 par deux lignes verticales. La figure 4.89 représente, pour cette période, l'évolution du nombre de toutes les particules ayant un diamètre plus grand que 0.25 µm (ligne bleue). L'échelle correspondante, 1.250.000 particules par litre d'air, est donnée à gauche du graphique. Le graphique représente également la concentration massique PM10 (WOL1) et la moyenne de la concentration PM2.5 (lignes orange-rouge). L'échelle correspondante, 125 µg/m<sup>3</sup>, est donnée à droite du graphique. La courbe bleue (nombre) et les courbes oranges (masse PM) se suivent de très près. Cela signifie qu'il y ait environ 100.000 particules par litre d'air pour une concentration massique de 10 µg/m<sup>3</sup>. Des concentrations élevées ont été constatées durant la période d'interdiction de trafic (ligne horizontale rouge) du dimanche sans voiture du 20 septembre 2009, correspondante à une absence quasi totale de trafic à l'intérieur de la Région.

La figure 4.90 représente l'évolution du nombre de particules de différentes classes ayant un diamètre inférieur à 0.50 µm. Les profils d'évolution de ces classes sont bien corrélés. Le graphique reprend également le nombre de particules avec un diamètre supérieur à 2.5 µm, multiplié d'un facteur 100 (visibilité dans le graphique). Les différences plus prononcées entre les concentrations massiques de PM10 et PM2.5 au début et à la fin de cette période correspondent à un nombre croissant de particules plus grosses (>2.5 µm).

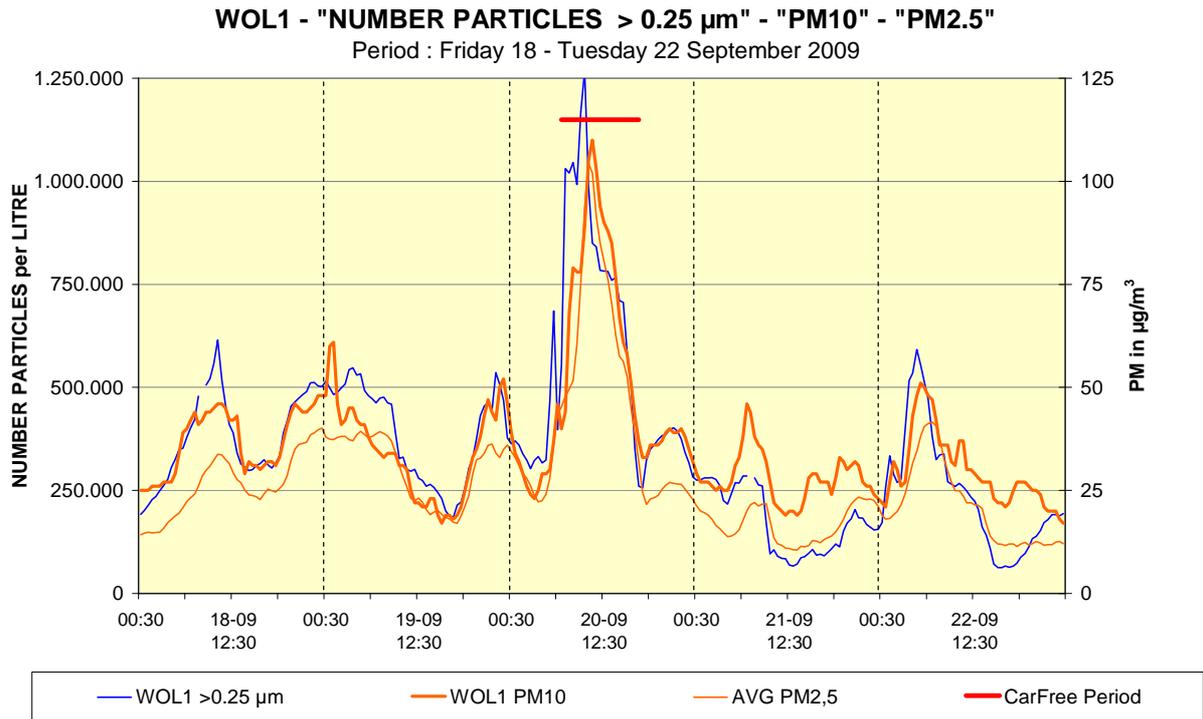


Fig. 4.89: Woluwé – Vendredi 18 – Mardi 22 Septembre 2009 – Nombre Total de Particules >0.25 µm  
 Concentration PM10 (WOL1) – Concentration Moyenne en PM2.5

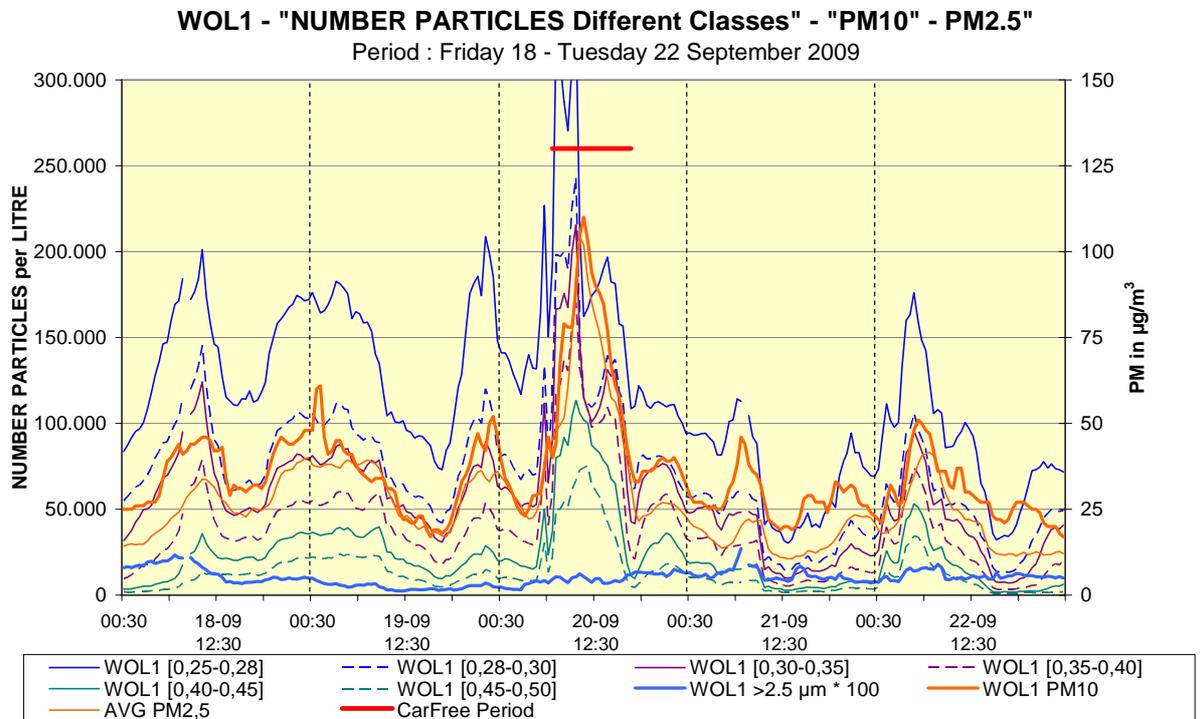


Fig. 4.90: Woluwé – Vendredi 18 – Mardi 22 Septembre 2009  
 Nombre de Particules pour différentes classes [0.25-0.28 µm], [0.28-0.30 µm], [0.30-0.35 µm]  
 [0.35-0.40 µm], [0.40-0.45 µm], [0.45-0.50 µm] et Nombre de Particules >2.5 µm (fois cent)  
 Concentration PM10 (WOL1) – Concentration Moyenne en PM2.5

Dimanche 24 – Vendredi 29 Janvier 2010

La figure 4.91 représente, pour une sélection de différentes classes de particules, les résultats de comptage du nombre de particules au poste WOL1 pour le mois janvier 2010. Vu la grande différence dans les ordres de grandeur du nombre de particules (quelques uns à des centaines de milliers), le graphique représente le logarithme du nombre de particules : p.ex. une échelle de 6 (à gauche du graphique) correspond à un million de particules par litre d'air. Le graphique reprend également l'évolution de la concentration massique en PM10. L'échelle de concentration est donnée à droite du graphique.

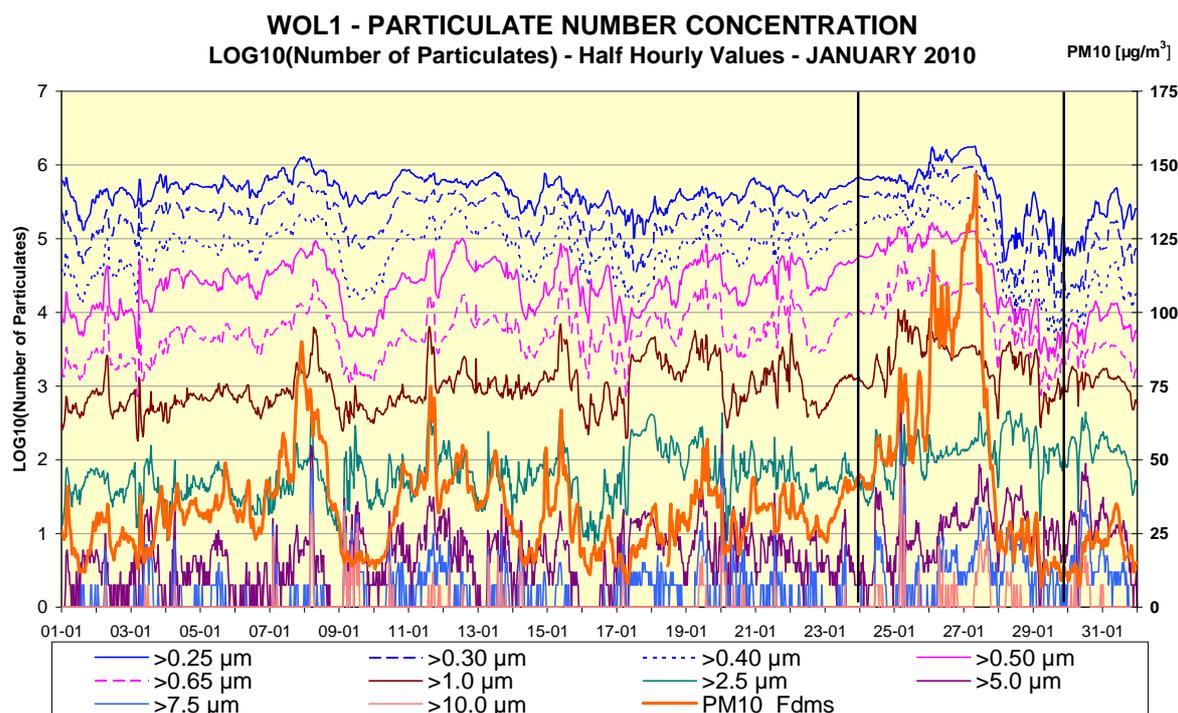


Fig. 4.91: Woluwé – Janvier 2010. Logarithme du nombre de particules par taille.  
Concentration massique en PM10

La période du dimanche 24 au vendredi 29 janvier 2010 est délimité dans le graphique 4.91 par deux lignes verticales. La figure 4.92 représente, pour cette période, l'évolution du nombre de toutes les particules ayant un diamètre plus grand que 0.25 µm (ligne bleue). L'échelle correspondante, 2.000.000 particules par litre d'air, est donnée à gauche du graphique. Le graphique représente également la concentration massique PM10 (WOL1) et la moyenne de la concentration PM2.5 (lignes orange-rouge). L'échelle correspondante, 200 µg/m<sup>3</sup>, est donnée à droite du graphique. Quand les courbes se touchent, cela signifie qu'il y a environ 100.000 particules par litre d'air pour une concentration massique de 10 µg/m<sup>3</sup>. Les concentrations les plus élevées ont été constatées le mardi 26 et le mercredi 27 janvier, très tôt le matin, e.a. aux heures où il y a moins de trafic.

La figure 4.93 représente l'évolution du nombre de particules de différentes classes ayant un diamètre inférieur à 0.50 µm. Les profils d'évolution de ces classes sont bien corrélés. Le graphique reprend également le nombre de particules avec un diamètre supérieur à 2.5 µm, multiplié d'un facteur 100 (en raison de la visibilité dans le graphique). Il n'y a pas de période de durée importante avec un nombre croissant de ces particules plus grosses.

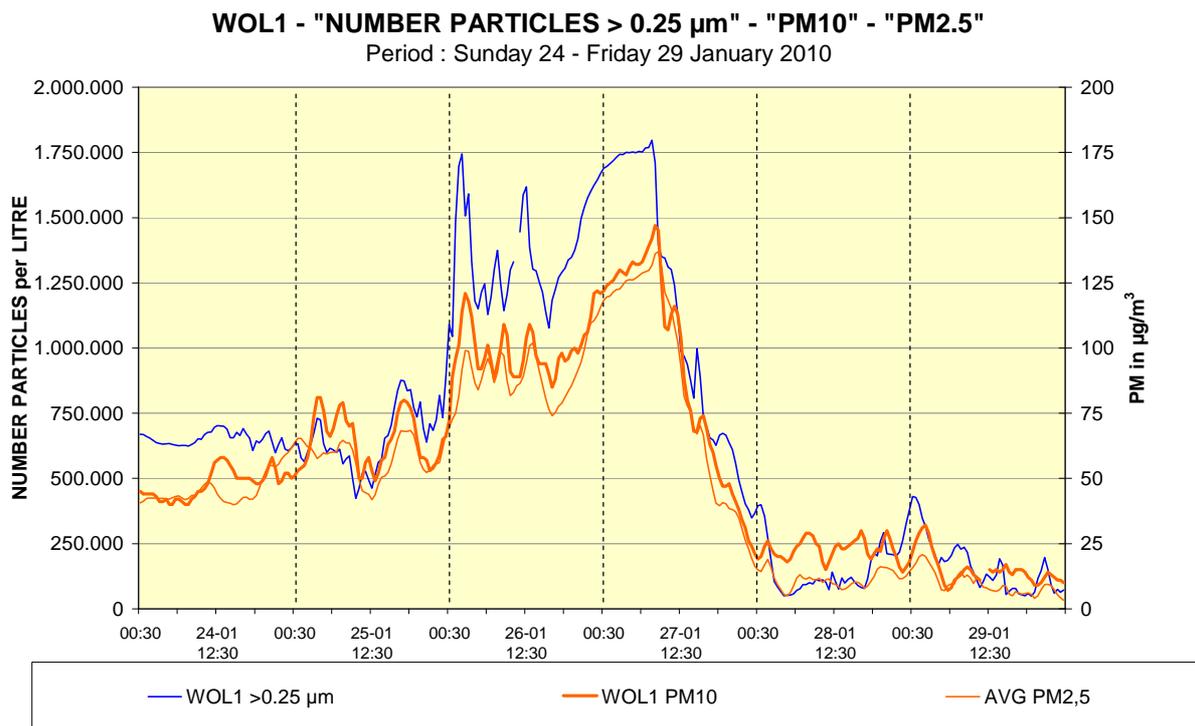


Fig. 4.92: Woluwé – Dimanche 24 – Vendredi 29 Janvier 2010 – Nombre de Particules >0.25 µm  
 Concentration PM10 (WOL1) – Concentration Moyenne en PM2.5

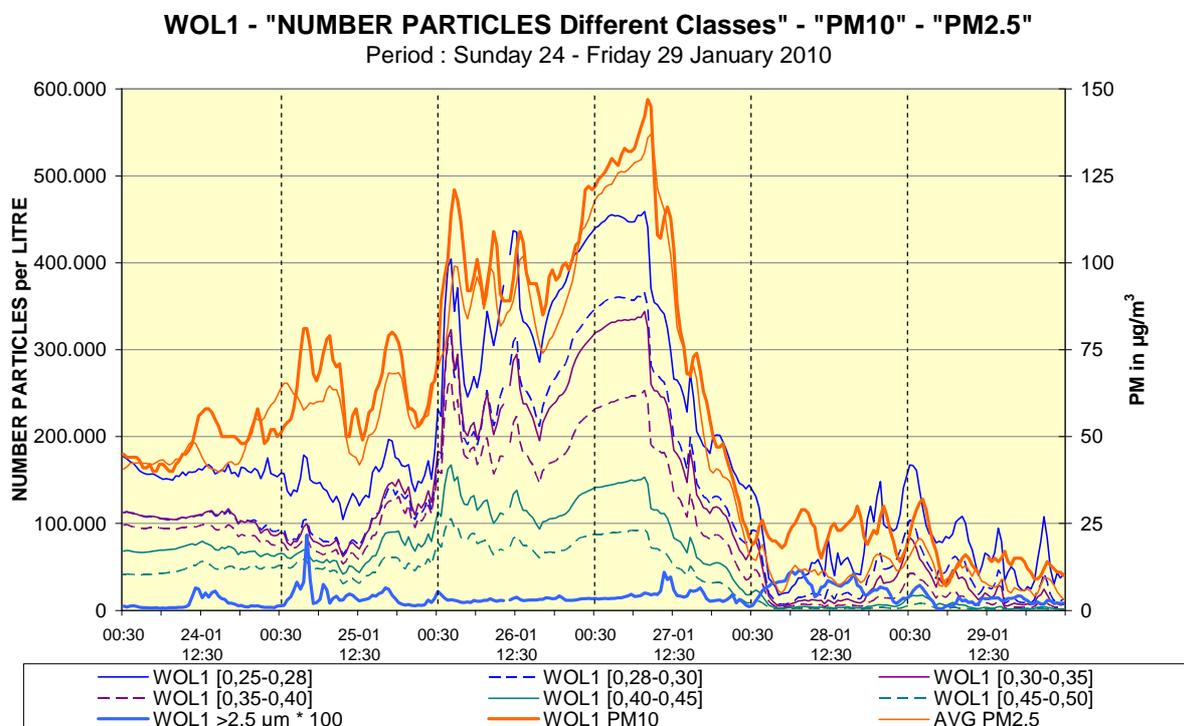


Fig. 4.93: Woluwé – Dimanche 24 – Vendredi 29 Janvier 2010  
 Nombre de Particules pour différentes classes [0.25-0.28 µm], [0.28-0.30 µm], [0.30-0.35 µm]  
 [0.35-0.40 µm], [0.40-0.45 µm], [0.45-0.50 µm] et Nombre de Particules >2.5 µm (fois cent)  
 Concentration PM10 (WOL1) – Concentration Moyenne en PM2.5

La figure 4.94 représente, pour une sélection de différentes classes de particules, les résultats de comptage du nombre de particules au poste WOL1 pour le mois février 2010. Vu la grande différence dans les ordres de grandeur du nombre de particules (quelques uns à des centaines de milliers), le graphique représente le logarithme du nombre de particules : p.ex. une échelle de 6 (à gauche du graphique) correspond à un million de particules par litre d'air. Le graphique reprend également l'évolution de la concentration massique en PM10. L'échelle de concentration est donnée à droite du graphique.

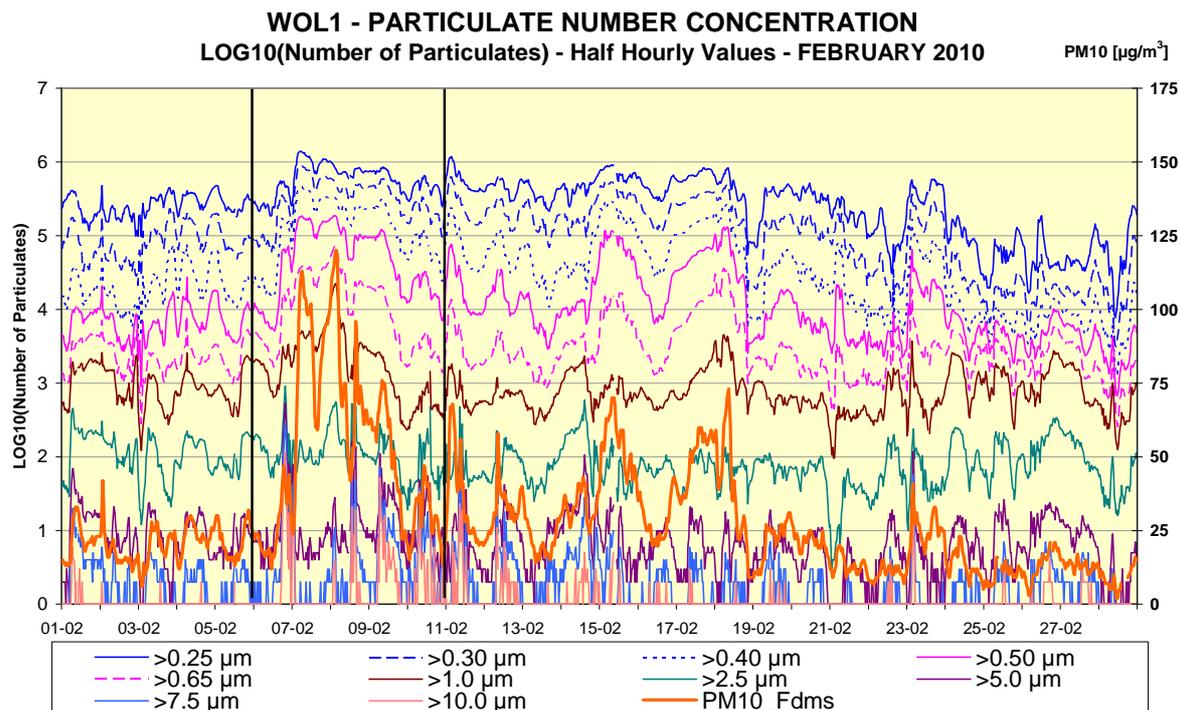


Fig. 4.94: Woluwé – Février 2010. Logarithme du nombre de particules par taille  
Concentration massique en PM10

La période du samedi 6 au mercredi 10 février 2010 est délimité dans le graphique 4.94 par deux lignes verticales. La figure 4.95 représente, pour cette période, l'évolution du nombre de toutes les particules ayant un diamètre plus grand que  $0.25 \mu\text{m}$  (ligne bleue). L'échelle correspondante, 1.500.000 particules par litre d'air, est donnée à gauche du graphique. Le graphique représente également la concentration massique PM10 (WOL1) et la moyenne de la concentration PM2.5 (lignes orange-rouge). L'échelle correspondante,  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , est donnée à droite du graphique. Il y a de nouveau environ 100.000 particules ( $>0.25 \mu\text{m}$ ) par litre d'air pour une concentration massique de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les concentrations les plus élevées ont été constatées le dimanche 7 février et très tôt le matin du lundi 8 février, aux heures avec une moindre présence de trafic.

La figure 4.96 représente l'évolution du nombre de particules de différentes classes ayant un diamètre inférieur à  $0.50 \mu\text{m}$ . Les profils d'évolution de ces classes sont bien corrélés. Le graphique reprend également le nombre de particules avec un diamètre supérieur à  $2.5 \mu\text{m}$ , multiplié d'un facteur 100 (en raison de la visibilité dans le graphique). La différence entre la concentration massique de PM10 et PM2.5 augmente pendant les périodes avec un nombre croissant de particules plus grosses ( $>2.5 \mu\text{m}$ ).

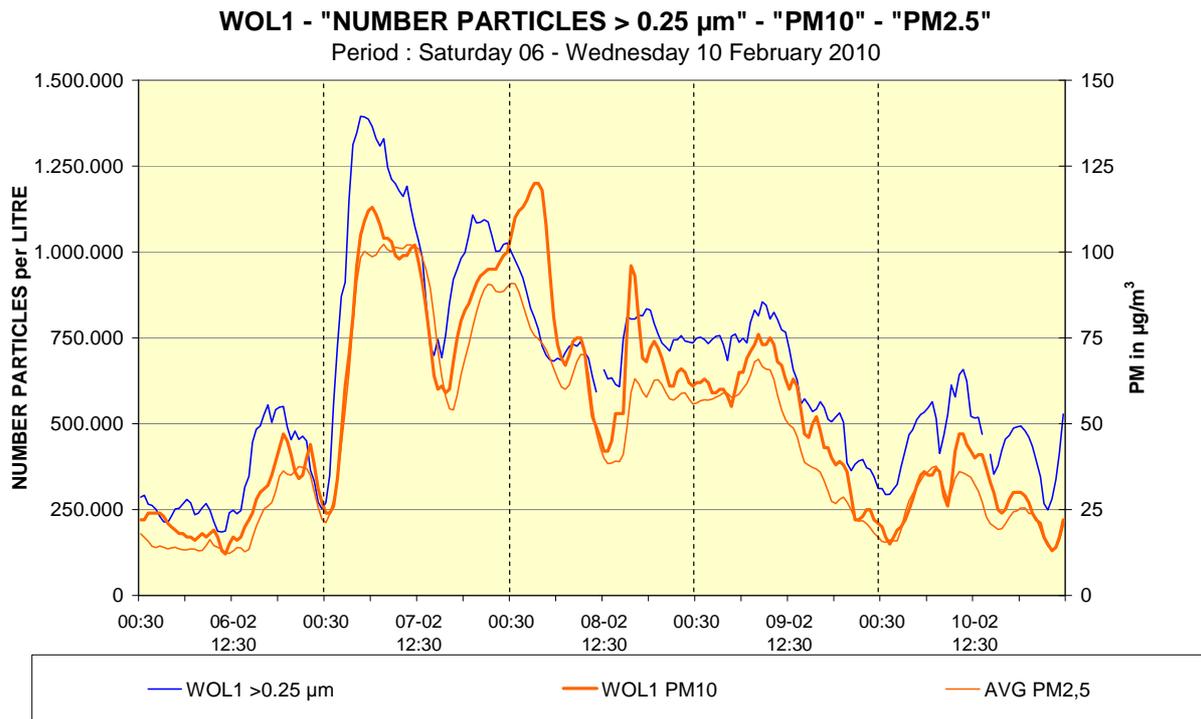


Fig. 4.95: Woluwé – Samedi 06 – Mercredi 10 Février 2010 – Nombre Total de Particules >0.25 µm  
 Concentration PM10 (WOL1) – Concentration Moyenne en PM2.5

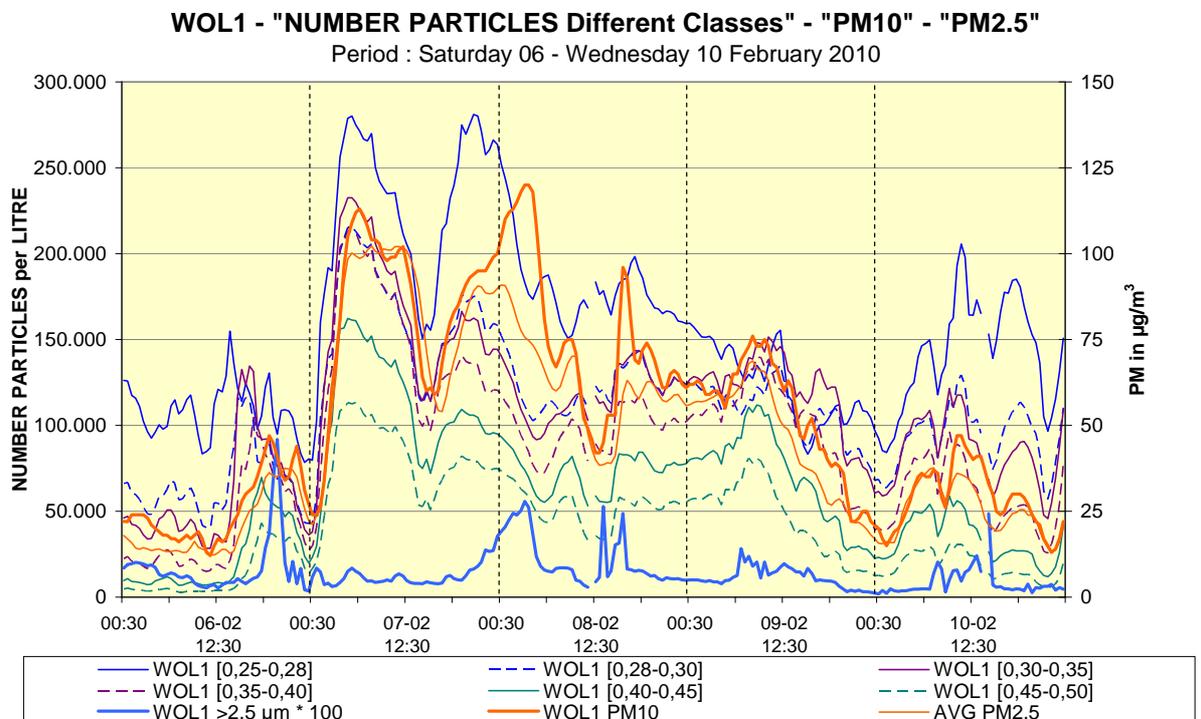


Fig. 4.96: Woluwé – Samedi 06 – Mercredi 10 Février 2010  
 Nombre de Particules pour différentes classes [0.25-0.28 µm], [0.28-0.30 µm], [0.30-0.35 µm]  
 [0.35-0.40 µm], [0.40-0.45 µm], [0.45-0.50 µm] et Nombre de Particules >2.5 µm (fois cent)  
 Concentration PM10 (WOL1) – Concentration Moyenne en PM2.5

Vendredi 18 – Mercredi 23 Novembre 2011

La figure 4.97 représente, pour une sélection de différentes classes de particules, les résultats de comptage du nombre de particules au poste WOL1 pour le mois novembre 2011. Vu la grande différence dans les ordres de grandeur du nombre de particules (quelques uns à des centaines de milliers), le graphique représente le logarithme du nombre de particules : p.ex. une échelle de 6 (à gauche du graphique) correspond à un million de particules par litre d'air. Le graphique reprend également l'évolution de la concentration massique en PM10. L'échelle de concentration est donnée à droite du graphique.

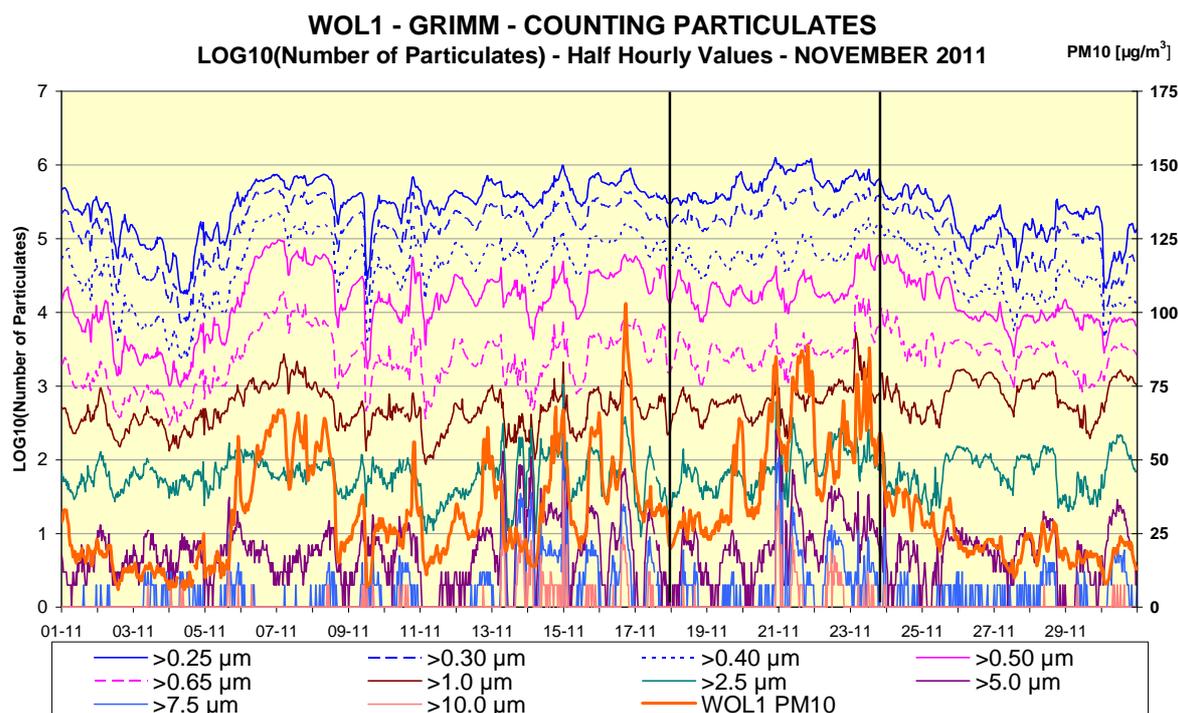


Fig. 4.97: Woluwé – Novembre 2011. Logarithme du nombre de particules par taille  
Concentration massique en PM10

La période du vendredi 18 au mercredi 23 novembre 2011 est délimitée dans le graphique 4.97 par deux lignes verticales. La figure 4.98 représente, pour cette période, l'évolution du nombre de toutes les particules ayant un diamètre plus grand que 0.25 µm (ligne bleue). L'échelle correspondante, 1.500.000 particules par litre d'air, est donnée à gauche du graphique. Le graphique représente également la concentration massique PM10 (WOL1) et la moyenne de la concentration PM2.5 (lignes orange-rouge). L'échelle correspondante, 150 µg/m<sup>3</sup>, est donnée à droite du graphique. Il y a de nouveau environ 100.000 particules (>0.25 µm) par litre d'air pour une concentration massique de 10 µg/m<sup>3</sup>. Les concentrations les plus élevées ont été constatées durant la nuit du samedi 19 au dimanche 20 novembre, durant la nuit du dimanche 20 au lundi 21 novembre et la nuit du lundi 21 au mardi 22 novembre 2011, aux heures où il y a normalement moins de trafic.

La figure 4.99 représente l'évolution du nombre de particules de différentes classes ayant un diamètre inférieur à 0.50 µm. Les profils d'évolution de ces classes sont bien corrélés. Le graphique reprend également le nombre de particules avec un diamètre supérieur à 2.5 µm, multiplié d'un facteur 100 (en raison de la visibilité dans le graphique).

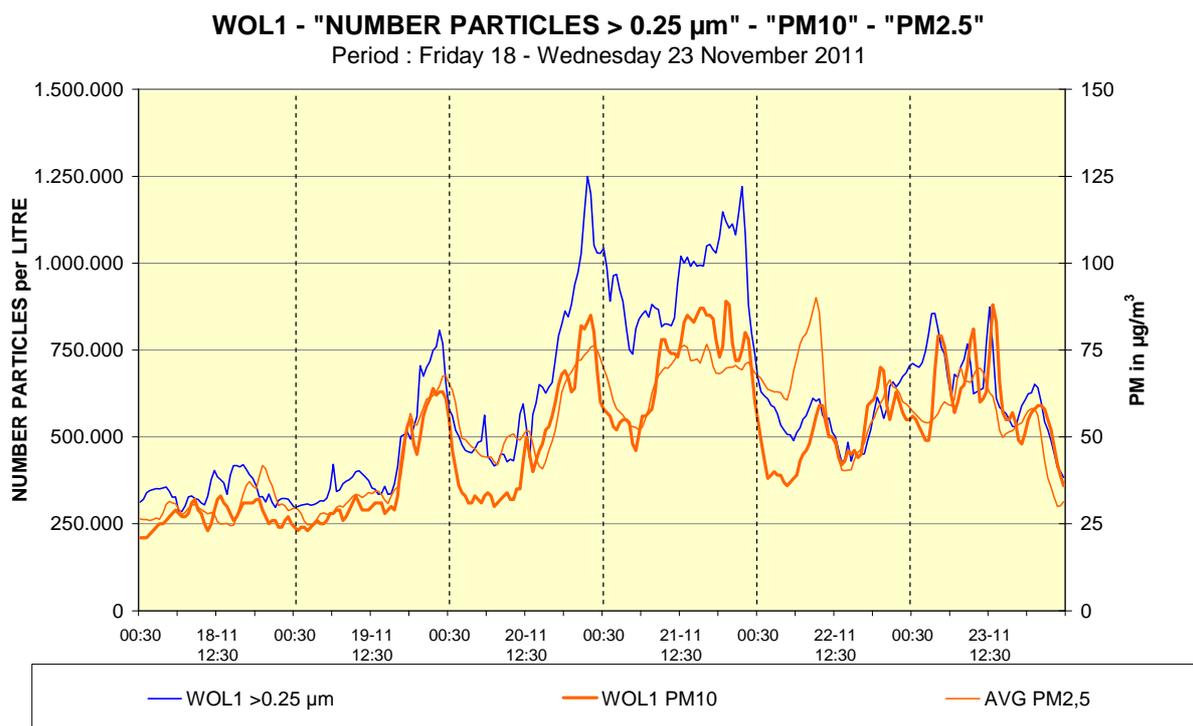


Fig. 4.98: Woluwé – Vendredi 18 – Mercredi 23 Novembre 2011 – Nombre de Particules >0.25 µm  
 Concentration PM10 (WOL1) – Concentration Moyene en PM2.5

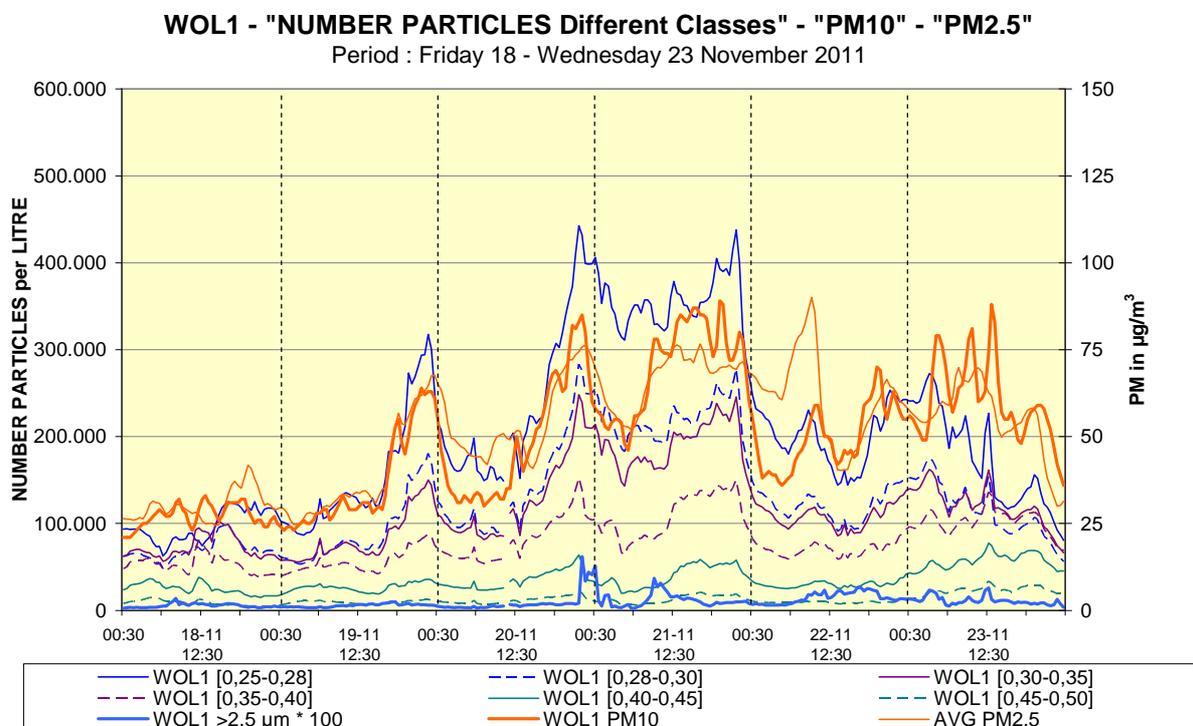


Fig. 4.99: Woluwé – Vendredi 18 – Mercredi 23 Novembre 2011  
 Nombre de Particules pour différentes classes [0.25-0.28 µm], [0.28-0.30 µm], [0.30-0.35 µm]  
 [0.35-0.40 µm], [0.40-0.45 µm], [0.45-0.50 µm] et Nombre de Particules >2.5 µm (fois cent)  
 Concentration PM10 (WOL1) – Concentration Moyene en PM2.5

La figure 4.100 représente, pour la période du vendredi 18 au mercredi 23 novembre 2011 et pour le poste de mesure de Molenbeek (R001), l'évolution du nombre de toutes les particules ayant un diamètre plus grand que 0.25 µm (ligne bleue). L'échelle correspondante, 1.500.000 particules par litre d'air, est donnée à gauche du graphique. Le graphique représente également, pour le même poste de mesure (R001), la concentration massique de PM10 et PM2.5 (lignes orange-rouge). L'échelle correspondante, 150 µg/m<sup>3</sup>, est donnée à droite du graphique.

À l'exception de quelques pointes de concentration de PM10 le lundi 21 et le mardi 22 novembre, il y a de nouveau environ 100.000 particules par litre d'air pour une concentration massique de 10 µg/m<sup>3</sup>. Les niveaux les plus élevés en nombre de particules ont été mesurés, comme c'était le cas à Woluwé, durant la nuit du samedi 19 au dimanche 20 novembre, durant la nuit du dimanche 20 au lundi 21 novembre et durant la nuit du lundi 21 au mardi 22 novembre 2011, e.a. aux heures où il y a moins de trafic.

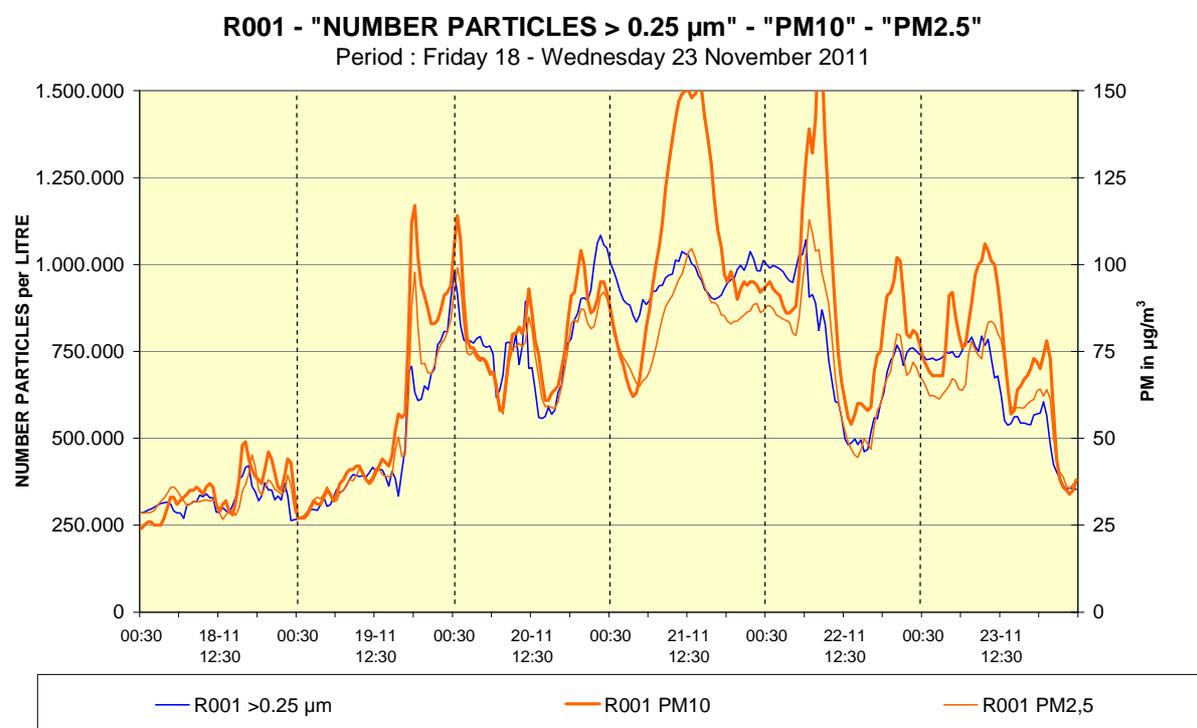


Fig. 4.100: Molenbeek – Vendredi 18 – Mercredi 23 Novembre 2011  
 Nombre Total de Particules >0.25 µm  
 Concentration PM10 (R001) – Concentration PM2.5 (R001)

La figure 4.101 représente l'évolution du nombre de particules de différentes classes ayant un diamètre inférieur à 0.50 µm. Les profils d'évolution de ces classes sont bien corrélés. Le graphique reprend également le nombre de particules avec un diamètre supérieur à 2.5 µm, multiplié d'un facteur 100 (en raison de la visibilité dans le graphique). Un nombre croissant de ces particules plus grosses (>2.5 µm) est à l'origine de la différence plus prononcée entre les concentrations massiques de PM10 et PM2.5 que l'on observe le lundi 21 novembre aux heures de midi et le mardi 22 novembre tôt le matin.

### R001 - "NUMBER PARTICLES Different Classes" - "PM10" - "PM2.5"

Period : Friday 18 - Wednesday 23 November 2011

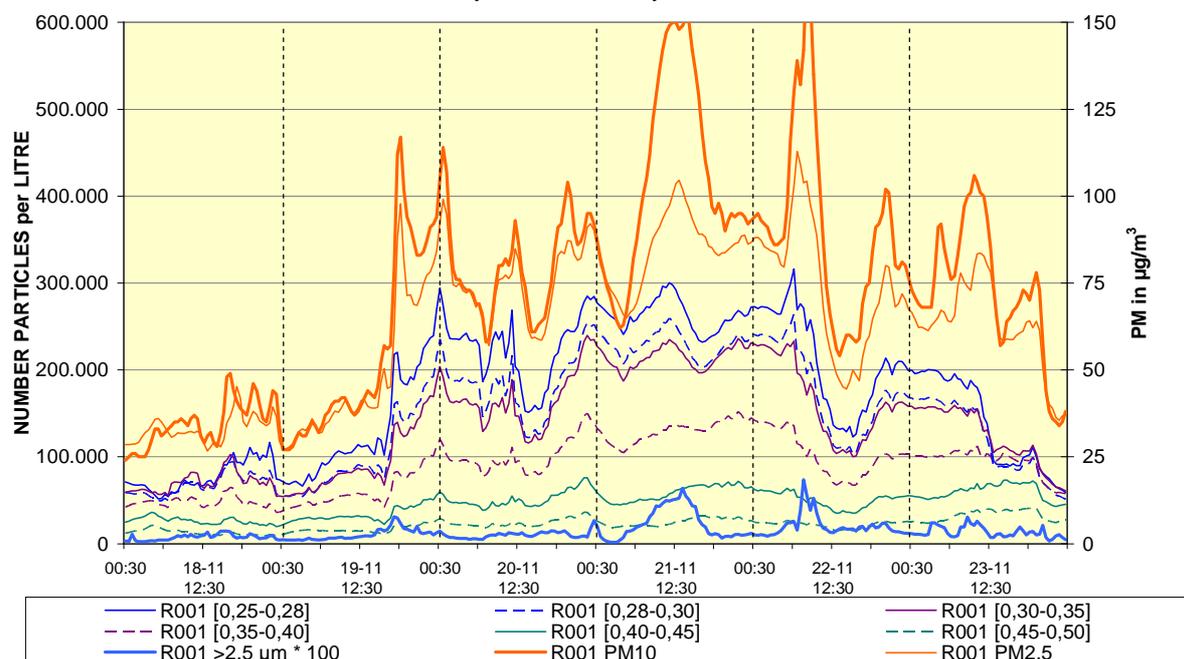


Fig. 4.101: Molenbeek – Vendredi 18 – Mercredi 23 Novembre 2011  
 Nombre de Particules pour différentes classes [0.25-0.28  $\mu\text{m}$ ], [0.28-0.30  $\mu\text{m}$ ], [0.30-0.35  $\mu\text{m}$ ], [0.35-0.40  $\mu\text{m}$ ], [0.40-0.45  $\mu\text{m}$ ], [0.45-0.50  $\mu\text{m}$ ] et Nombre de Particules >2.5  $\mu\text{m}$  (fois cent)  
 Concentration PM10 (R001) – Concentration PM2.5 (R001)

#### 4.3.15 Éruption du volcan Eyjafjallajökull

Le mercredi 14 avril 2010 il y a eu une éruption du volcan Eyjafjallajökull, situé en Islande. En conséquence d'un apport d'air du secteur Nord-Ouest le risque était réel que des particules provenant de l'éruption étaient transportées jusque dans nos régions. À l'instar de la clôture d'autres aéroports de l'Europe du Nord, le trafic aérien à l'aéroport de Zaventem a été réduit de façon importante le jeudi 15 avril 2010 dans l'après-midi.

La figure 4.102 représente, pour la période du mercredi 14 au mardi 20 avril 2010, l'évolution de la concentration massique de PM10 et PM2.5 de tous les postes de mesure de la Région de Bruxelles-Capitale. Le vendredi 16 avril durant l'après-midi et le dimanche 18 avril durant l'après-midi et fin d'après-midi il y a des périodes de quelques heures où la concentration PM10 augmente simultanément dans tous les postes bruxellois et où elles sont clairement supérieures aux concentrations PM2.5. Dans le graphique, ces périodes sont indiquées par une courte ligne horizontale.

Cette observation indique une source commune des particules plus grosses, ayant un diamètre supérieur à 2.5 µm, située en dehors de la Région et probablement à grande distance. Des particules plus grosses remises en suspension à l'intérieur ou à proximité de la Région ne sont constatées que dans les quelques postes de mesure en proximité. Le mardi 20 avril, un peu avant l'heure de midi, il y a également une période de quelques heures où une situation similaire puisse être observée.

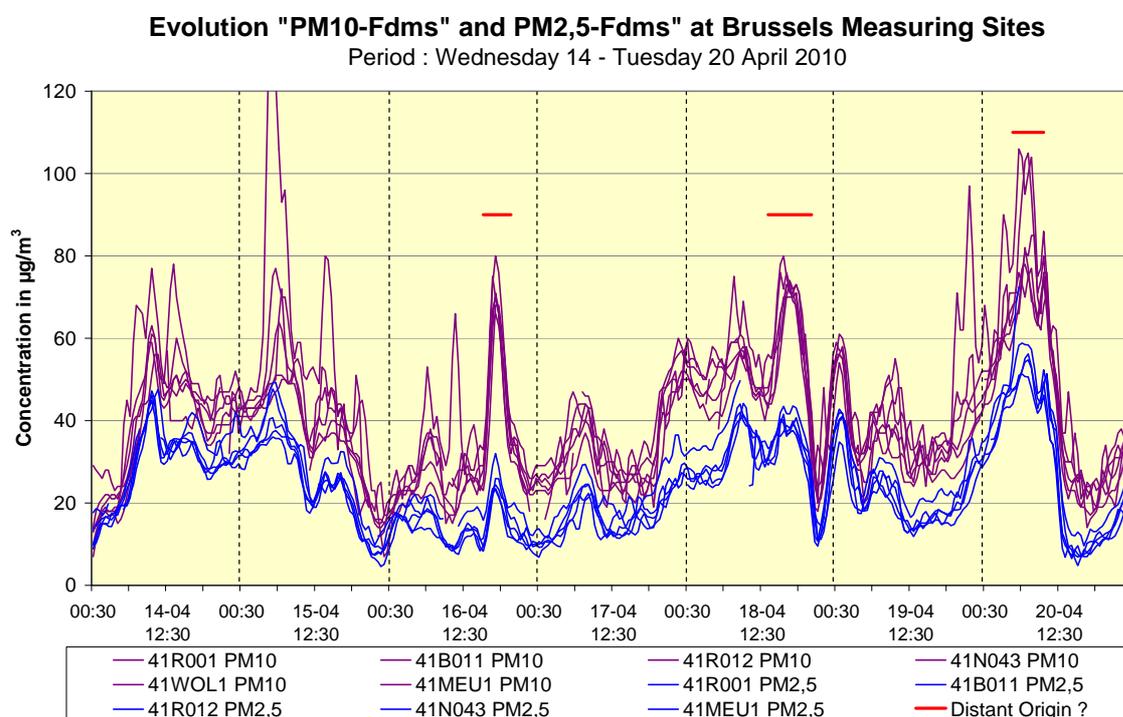


Fig. 4.102: PM10 et PM2.5 – Évolution des concentrations dans tous les postes de mesure de la Région de Bruxelles-Capitale. Mercredi 14 – Mardi 20 Avril 2010

Le graphique de la figure 4.103 représente pour la même période, le mercredi 14 au mardi 20 avril 2010, l'évolution du nombre de particules comme constatée au poste de mesure de Woluwé. Il s'agit des classes de particules ayant un diamètre plus gros que respectivement 2.5, 3.0, 3.5 et 4.0  $\mu\text{m}$ .

Les périodes de quelques heures citées plus avant, celles du vendredi 16, du dimanche 18 et du mardi 20 avril 2010, sont caractérisées par la présence d'un nombre plus élevé de particules appartenantes au classes ayant un diamètre supérieur à 2.5  $\mu\text{m}$ .

Il s'agit d'un apport de particules plus grosses provenant d'une source qui se situe à grande distance de la Région de Bruxelles-Capitale. Ces particules sont très probablement originaires de l'éruption du volcan Eyjafjallajökull en Islande. La présence de ces particules dans l'air ambiant à Bruxelles a conduit à une légère croissance de la concentration moyenne journalière en PM10. Le vendredi 16 avril le seuil de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (valeur limite) n'a pas été dépassé. Le dimanche 18 avril le seuil a été dépassé légèrement dans 4 postes de mesure ( $51$  à  $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) et le mardi 20 avril seulement dans le poste de l'Avant Port ( $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Aucun de ces dépassements ne peut être attribué exclusivement à l'éruption volcanique.

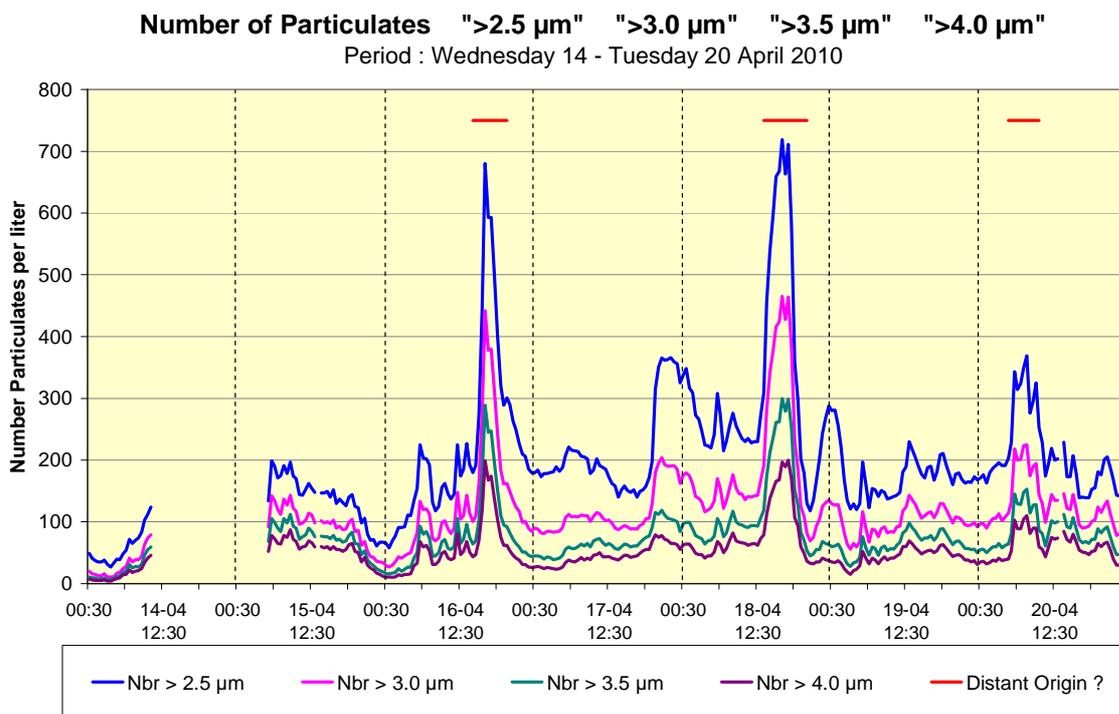


Fig. 4.103: Nombre de Particules des fractions plus grosses [ >2.5  $\mu\text{m}$  ; >3.0  $\mu\text{m}$  ; > 3.5  $\mu\text{m}$  ; >4  $\mu\text{m}$ ] Évolution du nombre de particules durant la période 'Mercredi 14 – Mardi 20 Avril 2010'

#### 4.3.16 Black Carbon

Des mesures de Black Carbon dans l'air ambiant, à l'aide d'un aethalomètre, modèle AE22-ER de Magee Scientific, ont démarrées au postes de mesure de Woluwé (WOL1) et de Molenbeek (R001), respectivement en juillet 2009 et juillet 2010. Le mot 'Aethalos' vient du Grecque et signifie 'noirci avec la suie'. Le signal de mesure d'un aethalomètre est spécifique pour les suies noires. Les particules sont collectées sur une bande filtrante et la transmission à travers la bande et la tâche noire est mesurée dans le proche infrarouge, à 880 nm. À cette longueur d'onde le signal de mesure est spécifique pour les "particules noires" et, jusqu'à une certaine charge du filtre, la détection est proportionnelle à la quantité massique des particules déposées, ce qui rend possible une mesure quasi continue.

Les particules Black Carbon ont un diamètre inférieur à 1 µm. Leur diamètre se situe plutôt entre 20 et 150 nm (nanomètre). À proximité du trafic ces particules peuvent être présentes dans de très grands nombres. Leurs dimensions sont trop faibles pour être détectées par les compteurs optiques (*Grimm, Laser Light Scattering Spectrometer*) installés dans le réseau de mesure (détection seulement à partir de ~250 nm). Vu les faibles tailles, la contribution de ces particules à la totalité de la concentration massique des PM10 ou des PM2.5 est plutôt limitée.

Dans les deux postes de mesure (Woluwé et Molenbeek) il y a également des appareils de mesure pour les PM10 et pour la détermination optique du nombre de particules ayant un diamètre dans le domaine de 0.25 à 32 µm. Le poste de Molenbeek est également équipé d'un appareil de mesure PM2.5 et de "Black Smoke" (« Fumées Noires » ou BSM), une mesure de la fraction fine des particules selon une ancienne méthode OCDE de 1964. En juin 2011 un troisième aethalomètre a été installé au poste de mesure de l'Avenue de la Couronne à Ixelles (R002). Puisque les appareils de mesure de ce poste se trouvent dans la cave d'un bâtiment, il est impossible d'y installer un appareil de mesure PM10 ou PM2.5.

#### Dimanche sans voiture du 20 Septembre 2009

Le dimanche 20 septembre 2009, dans le cadre d'une action Européenne, la Région de Bruxelles-Capitale a organisé, pour la huitième fois, une journée sans voiture. Entre 9:00 et 19:00 h heure locale (07:00 à 17:00 h TU), le trafic motorisé privé a été quasi complètement interdit sur l'entièreté du territoire de la Région. En plein milieu des heures d'interdiction du trafic des concentrations très élevées de PM10, PM2.5 et de la fraction volatile des particules ont été constatées dans tous les postes de mesure de la Région. Au poste de mesure de Woluwé, simultanément aux valeurs pics de la concentration des PM, une croissance du nombre de particules a été observée pour les différentes classes ayant un diamètre entre 0.25 en 2.5 µm.

Une description plus détaillée et un résumé des résultats remarquables constatés durant la période d'interdiction de ce jour sans trafic est donnée dans les pages 4.111 à 4.118 (figures 4.64 à 4.73) et dans les pages 4.144 et 4.145 (figures 4.88 à 4.90).

Comme cela fût déjà le cas le dimanche sans trafic du 17 septembre 2006, il s'agit à nouveau d'une croissance des concentrations massiques des PM suite à la présence ou la formation d'aérosol secondaire. Ces deux dimanches sans trafic (17/09/2006 et 20/09/2009), la valeur limite de 50 µg/m<sup>3</sup> PM10 en tant que concentration moyenne journalière a été dépassée dans plusieurs postes de mesure de la Région.

La figure 4.104 représente, pour la période du vendredi 18 au mardi 22 Septembre 2009, l'évolution des concentrations de Black Carbon, PM10 et du monoxyde d'azote (NO), un polluant gazeux qui reste toujours très spécifique pour la proximité du trafic routier. La période d'interdiction de la journée sans voiture est indiquée par une courte ligne horizontale au milieu du graphique. Les données Black Carbon réfèrent à l'échelle [0–21  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] à gauche du graphique et celles de PM10 ou de NO à l'échelle [0–140  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] à droite du graphique.

Il y avait manifestement, au milieu de la période d'interdiction, une concentration de pointe pour les PM10. Des valeurs PM10 entre 100 en 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , dont environ 90% présent comme PM2.5, ont été constatées dans tous les postes de mesure de la Région. Ces valeurs élevées appartiennent aux plus hauts centiles (P99.5 à P99.9) de toutes les valeurs semi horaires de l'année 2009. Aux mêmes heures, il y a avait une croissance du nombre de particules de toutes les classes ayant un diamètre entre 0.25 et 2.5  $\mu\text{m}$ . En ce qui concerne les particules ayant un diamètre plus gros que 0.25  $\mu\text{m}$ , une valeur maximale de ca. 1.200.000 particules par litre d'air a été atteinte. Cette valeur représente le centile P99.8 de toutes les valeurs semi horaires de l'année 2009.

Durant les heures d'arrêt du trafic, avec des concentrations maximales pour PM10, PM2.5, la fraction volatile des particules et le nombre de particules, la concentration du Black Carbon continue à diminuer, contrairement à l'évolution de la concentration des PM10. Dans ce cas il n'y a pas de bonne corrélation entre le Black Carbon et les PM10. Par contre, l'évolution de la concentration du Black Carbon semble mieux corrélée avec celle du NO, un polluant spécifique pour la proximité du trafic routier. Ceci est en outre illustré par la coïncidence des pics le vendredi 18, le samedi 19 et le lundi 22 septembre 2009.

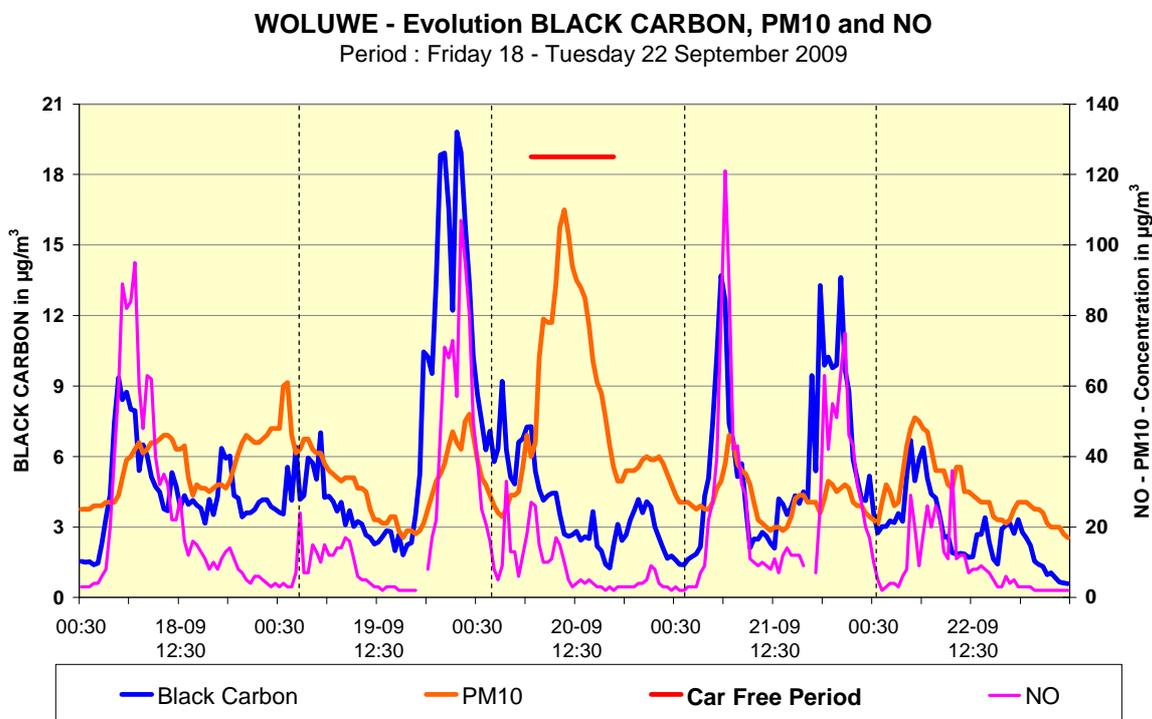


Fig. 4.104: Poste de mesure de Woluwé. Évolution de la concentration Black Carbon, PM10 et NO Période 'Vendredi 18 – Mardi 22 Septembre 2009' – Dimanche sans Voiture 20/09/2009

### Résultats Black Carbon, PM10 et NO durant le mois Février 2010

Les constats d'une bonne et moins bonne corrélation, entre d'une part le Black Carbon et le NO et d'autre part le Black Carbon et les PM10, ne se limitent pas aux observations faites lors du dimanche sans voiture de 2009. Pour le poste de mesure de Woluwé ceci est illustré par les résultats du mois Février 2010. La figure 4.105 représente l'évolution des concentrations semi horaires du Black Carbon et des PM10 et la figure 4.106 celles du Black Carbon et du NO. Les concentrations de Black Carbon réfèrent à l'échelle à gauche des graphiques [0–14  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] et celles des PM10 ou du NO à l'échelle à droite des graphiques [0–140  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]. À chaque fois il y a un facteur 10 entre les deux échelles.

Dans le graphique de la figure 4.105 on peut observer que les courbes du Black Carbon et des PM10 se suivent généralement assez bien, ce qui signifie qu'il y ait approximativement un facteur 10 entre les moyennes des deux séries de données. Bien qu'il semble être vrai pour la plupart du temps, il existe des périodes où ce n'est pas le cas, p.ex des concentrations très élevées en PM10, accompagnées de concentrations plutôt basses de Black Carbon ou l'inverse. La période entre le 7 et 9 Février 2009, délimitée dans le graphique par deux lignes verticales, en donne une illustration très nette. Des concentrations bien élevées en PM10 sont atteintes, avec dépassements du seuil de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en tant que concentration moyenne journalière. En même temps des valeurs élevées sont atteintes pour les PM2.5 et pour le nombre de particules ayant un diamètre inférieur à 2.5  $\mu\text{m}$  (voir pages 4.148 et 4.149), mais pas pour le Black Carbon. Il s'agit à nouveau d'une présence importante d'aérosol secondaire, formée localement ou importée à distance. Les concentrations faibles de black Carbon indiquent que ce ne sont pas les émissions de particules par le trafic local qui sont à l'origine de ces valeurs élevées de la concentration massique en PM. Durant la période considérée, les niveaux de concentration de Black Carbon (2 à 3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ne représentent qu'environ 2 à 4% de la concentration massique de PM10 (60 à 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) au poste de Woluwé.

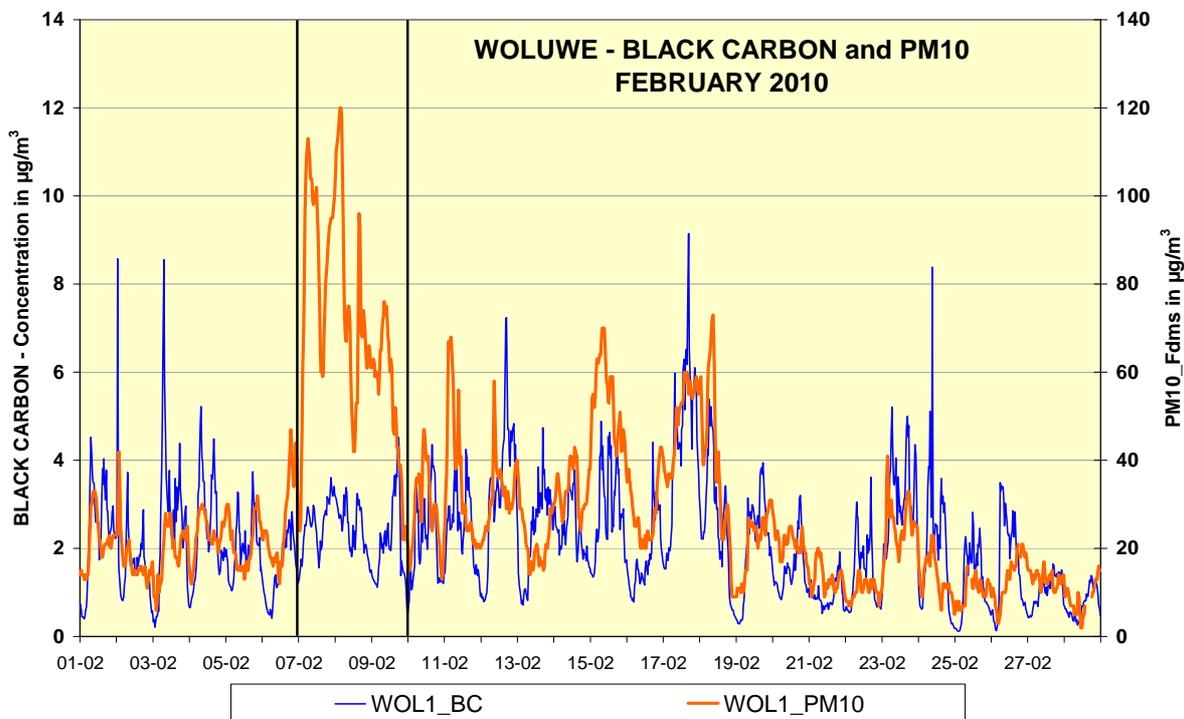


Fig. 4.105: Poste de mesure à Woluwé. Évolution de la concentration Black Carbon et PM10 Le mois Février 2010

Pour une telle période avec typiquement des concentrations élevées en PM10 et PM2.5, mais pas en Black Carbon, les mesures éventuelles pour réduire les émissions locales du trafic ne permettront pas de diminuer de façon significative la concentration massique des PM10 ou des PM2.5. Dans ces conditions les mesures auront alors plutôt un effet de sensibilisation, tout en sachant qu'elles réduisent toujours les émissions de particules sur base de carbone, qui portent probablement un risque plus important pour la santé humaine.

La figure 4.106 représente l'évolution des concentrations du Black Carbon et du monoxyde d'azote. Il y a une meilleure coincidence entre les pics des ces deux polluants. On remarque une évolution diurne plus régulière. Par rapport au concentrations de pointe le niveau de fond du NO est nettement plus bas que celui du Black Carbon. Durant la nuit et aux moments avec peu de trafic le niveau de fond du NO retombe à celle de la limite de détection. Ceci signifie que le rapport entre les concentrations de ces deux polluants peut être bien différente du facteur (~10) entre les deux échelles et qu'il y ait en permanence une concentration de fond pour le Black Carbon (ou éventuellement une autre source).

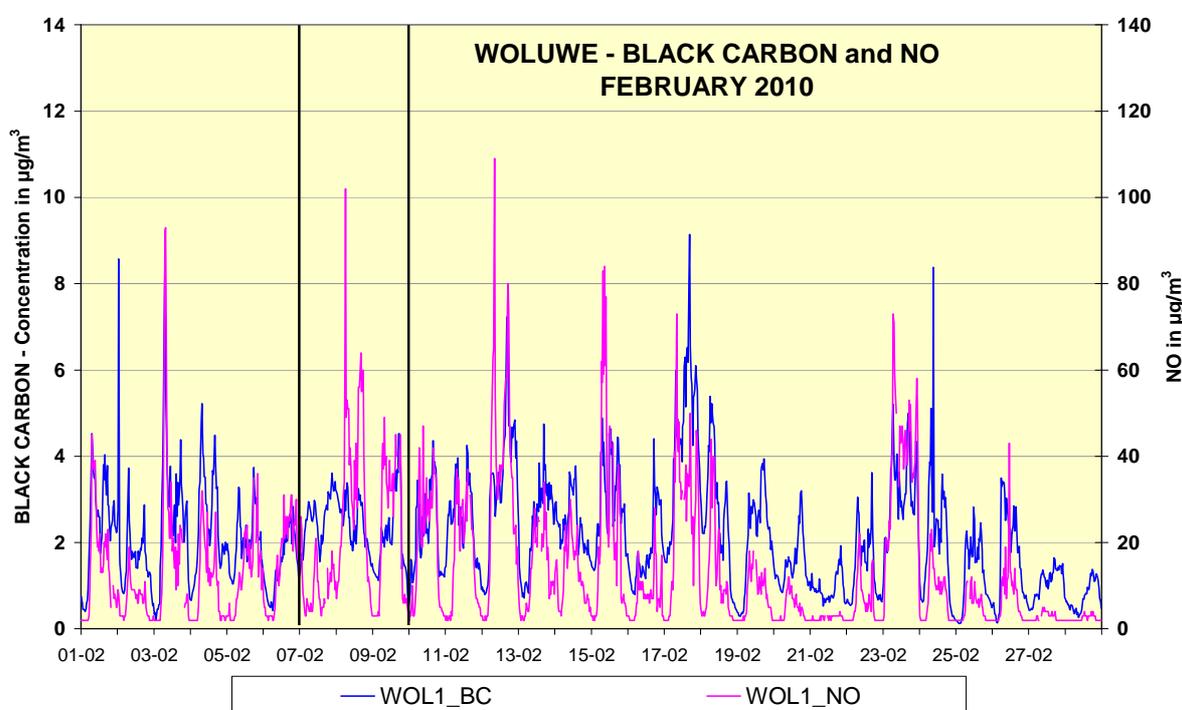


Fig. 4.106: Poste de mesure à Woluwé. Évolution de la concentration Black Carbon et NO Le mois Février 2010

#### Résultats Black Carbon, PM10 et NO à Molenbeek

Le constat d'une corrélation plus ou moins bonne entre les concentrations de Black Carbon, PM10 et NO au poste de mesure de Molenbeek est illustré par les résultats de mesure du mois de Novembre 2011. Ce mois est caractérisé par des concentrations bien élevées.

La figure 4.107 représente l'évolution des valeurs semi horaires du Black Carbon et des PM10 et la figure 4.108 celle de Black Carbon comparé à NO. Les concentrations Black Carbon réfèrent à l'échelle à gauche du graphique [0–30 µg/m<sup>3</sup>] et celles de PM10 ou du NO à l'échelle donnée à droite du graphique [0–300 µg/m<sup>3</sup>]. Dans les deux cas il y a un facteur 10 entre les deux échelles.

**R001 - Black Carbon and PM10  
NOVEMBER 2011**

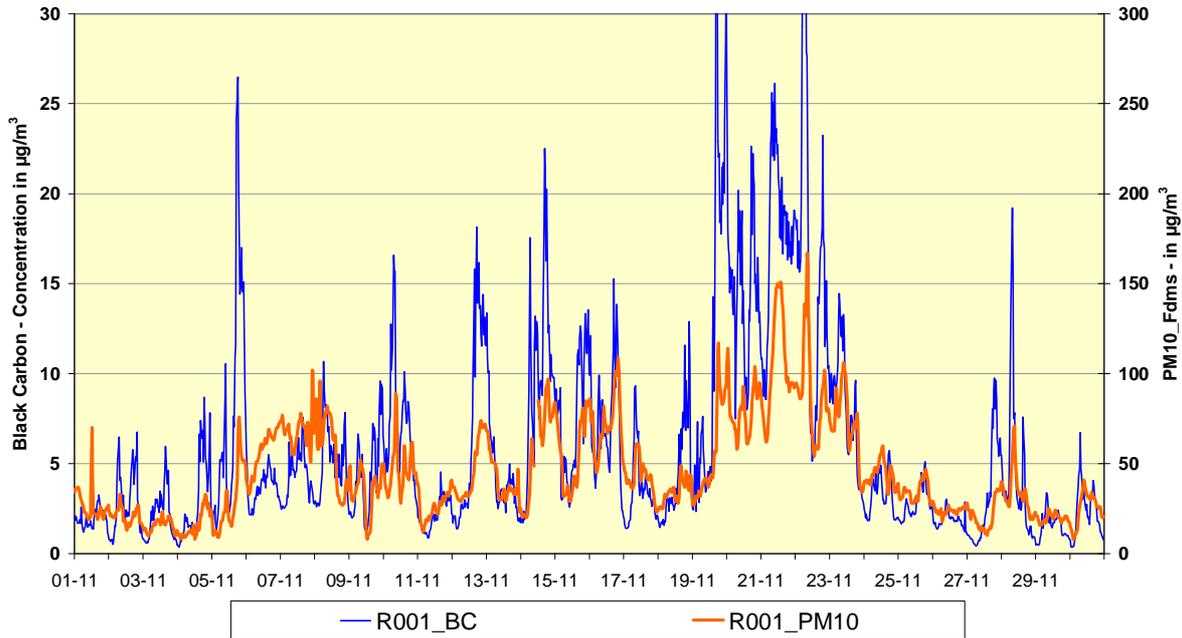


Fig. 4.107: Poste de mesure à Molenbeek. Évolution de la concentration Black Carbon et PM10  
Le mois Novembre 2011

**R001 - Black Carbon and NO  
NOVEMBER 2011**

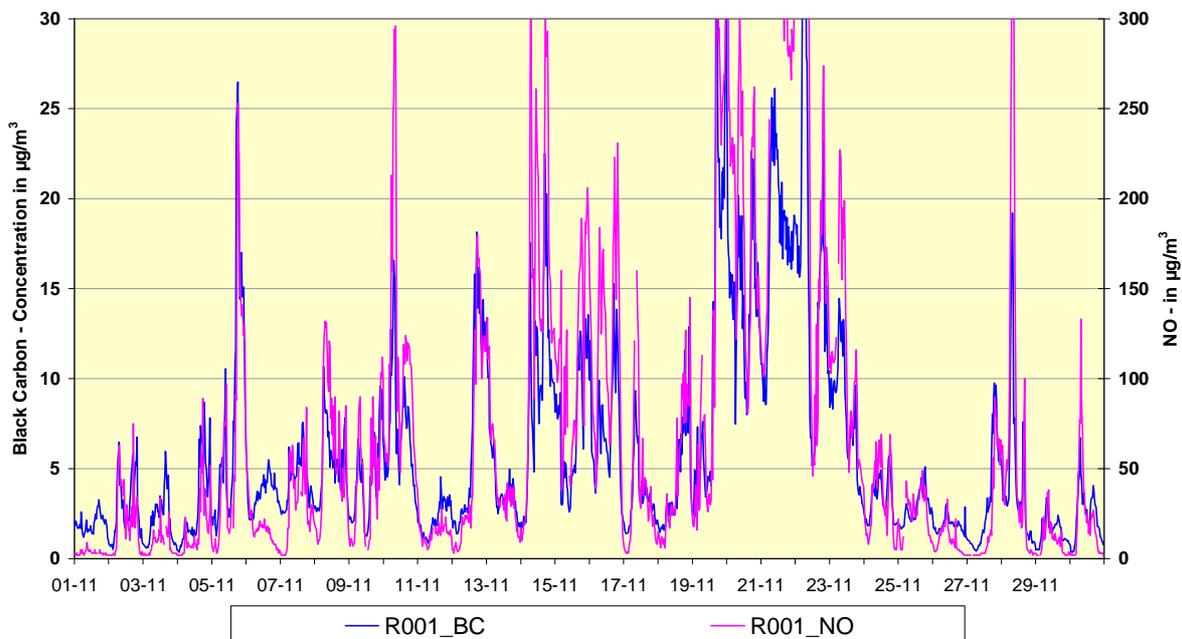


Fig. 4.108: Poste de mesure à Molenbeek. Évolution de la concentration Black Carbon et NO  
Le mois Novembre 2011

Intuitivement on peut conclure à une corrélation entre les valeurs de Black Carbon et le NO qui est meilleure qu'entre le Black Carbon et les PM10. Comme c'est le cas au poste de mesure de Woluwé on constate également à Molenbeek qu'il y a approximativement un facteur 10 entre la concentration moyenne des PM10 et du Black Carbon. Durant les périodes de concentrations plus élevées du mois Novembre 2011, qui sont caractéristiques pour des conditions météorologiques défavorables à une bonne dispersion, l'influence des émissions locales devient plus importante. Pour certains de ces pics la concentration Black Carbon représente environ 20 à 25% de la concentration massique des PM10. Dans des conditions pareilles, des mesures pour réduire les émissions locales sont nettement plus à recommander.

#### Résultats Black Carbon et NO à l'Avenue de la Couronne à Ixelles

La figure 4.109 montre l'évolution des valeurs semi horaires de Black Carbon et des PM10 au poste de mesure à Ixelles pour le mois Décembre 2011. Les concentrations de Black Carbon font référence à l'échelle à gauche du graphique [0–21  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] et celles du NO à l'échelle donnée à droite du graphique [0–210  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]. Les deux courbes de concentration se suivent remarquablement bien. Les concentrations des deux paramètres évoluent pratiquement à tout moment dans le même sens. Il y a apparemment une très bonne corrélation entre le Black carbon et le monoxyde d'azote à cet endroit.

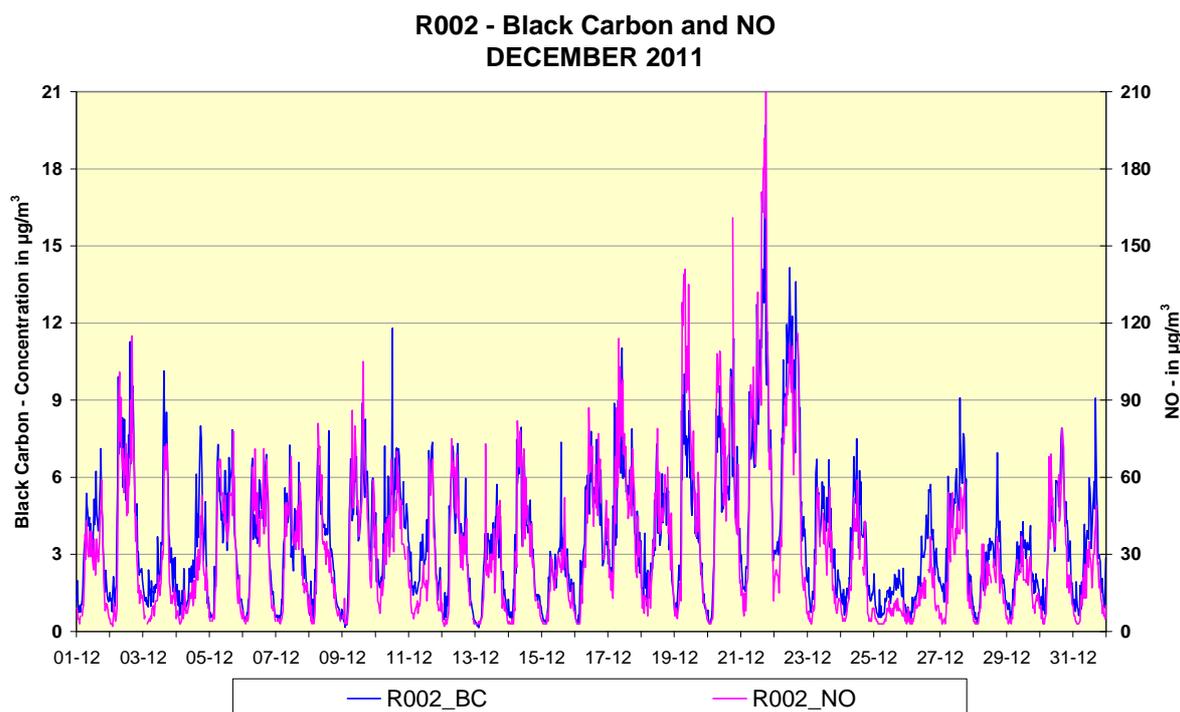


Fig. 4.109: Poste de mesure à Ixelles. Évolution de la concentration Black Carbon et NO  
Le mois Décembre 2011

Les graphiques présentés sont représentatifs. Des résultats analogues sont obtenus pour la plupart des mois. Le rapport entre Black Carbon et NO peut pourtant changer significativement pendant les périodes chaudes. Une partie du NO présent puisse être oxydée par l'ozone pour former du NO<sub>2</sub>. L'information des tableaux IV.32 à IV.34 indique que le facteur de corrélation entre Black Carbon et NO<sub>x</sub> (somme des oxydes d'azote) est supérieur à celui avec le NO. La corrélation avec le NO<sub>x</sub> semble également être plus stable dans le temps.

## Corrélations entre Black Carbon et les autres polluants

Des facteurs de corrélation entre le Black Carbon (BC) et les autres polluants mesurés au même endroit ont été calculés pour les trois postes de mesure Woluwé, Molenbeek et Ixelles. Il concerne e.a. les polluants NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, PM10, PM2.5, Black Smoke et le nombre de particules (PNC, *Particle Number Concentration*) ayant un diamètre plus gros que 0.25 µm, un diamètre plus gros que 0.65 µm et un diamètre compris entre 0.25 et 0.65 µm. Pour le poste de mesure de Woluwé les corrélations sont calculées pour les années 2010 et 2011. Les facteurs de corrélation obtenus sur base des valeurs journalières sont représentés graphiquement à la figure 4.110. Les valeurs chiffrées des facteurs de corrélation, calculées pour les valeurs semi horaires et journalières, sont représentées au tableau IV.32.

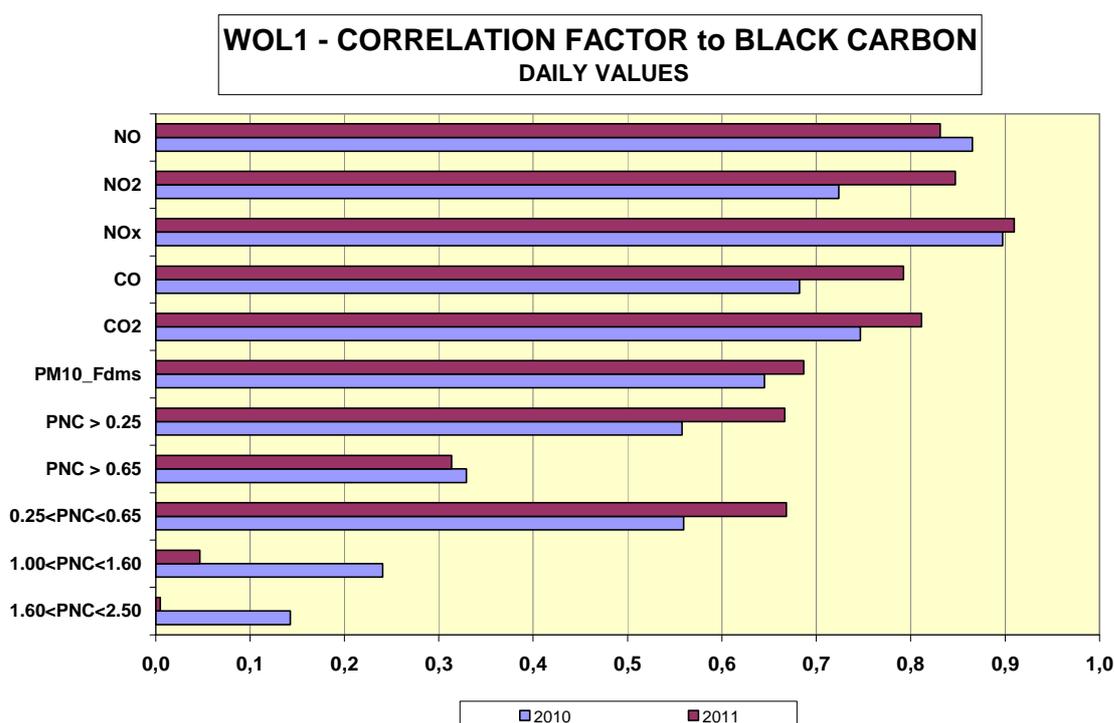


Fig. 4.110: Woluwé – Valeurs Journalières. Facteurs de Corrélation entre le Black Carbon et les autres polluants. Années 2010 et 2011

Tableau IV.32: **WOLUWÉ – FACTEURS de CORRÉLATION entre BLACK CARBON et les AUTRES POLLUANTS**

WOLUWÉ CORRÉLATION BLACK CARBON avec	VAL. SEMI HORAIRES		VAL. JOURNALIÈRES	
	2010	2011	2010	2011
NO	0.8030	0.7350	0.8653	0.8314
NO <sub>2</sub>	0.7014	0.7766	0.7238	0.8473
NO <sub>x</sub>	0.8551	0.8390	0.8974	0.9098
CO	0.5935	0.7149	0.6821	0.7926
CO <sub>2</sub>	0.6859	0.7016	0.7466	0.8115
PM10	0.5048	0.5687	0.6453	0.6869
PNC > 0.25 µm	0.4137	0.5353	0.5577	0.6664
PNC > 0.65 µm	0.2287	0.2724	0.3294	0.3136
0.25 µm < PNC < 0.65 µm	0.4146	0.5362	0.5593	0.6681

Des facteurs de corrélation bien élevés (0.80 à 0.90) sont obtenus entre le Black Carbon et le NO ou les NO<sub>x</sub> au poste de mesure de Woluwé. La corrélation avec le NO<sub>2</sub> est légèrement moins bonne (0.70 à 0.85). Ces facteurs sont clairement supérieurs aux facteurs de corrélation entre BC et les PM10 (0.50 à 0.70). Des corrélations nettement moins bonnes ont été calculées (0.40 à 0.66) entre BC et le nombre de particules, même pour les particules plus fines, ayant un diamètre entre 0.25 et 0.65 µm. Généralement les facteurs de corrélation calculés sur base des valeurs journalières sont plus élevés que ceux basés sur les valeurs semi horaires. Dans les valeurs journalières, les fluctuations de courtes périodes sont amorties et une différence de temps de réponse entre les instruments de mesure est légèrement défavorable pour les facteurs de corrélation calculés sur de courtes périodes (valeurs semi horaires) par rapport au facteurs calculés sur de périodes plus longues (valeurs journalières).

Pour le poste de mesure de Molenbeek les corrélations sont calculées pour la période 'Juillet – Décembre 2010' et pour l'année calendrier de 2011. Les facteurs de corrélation calculés sur base des valeurs journalières sont représentés graphiquement à la figure 4.112. Les valeurs chiffrées sur base des concentrations semi horaires et journalières sont représentées au tableau IV.33. Des facteurs de corrélation élevés entre Black Carbon et NO ou NO<sub>x</sub> (0.80 à 0.90) ont également été calculés pour le poste de Molenbeek. Les facteurs de corrélation avec les PM10 et PM2.5 leurs sont inférieurs (0.50 à 0.70) et ceux entre le Black Carbon et le nombre de particules sont davantage plus faibles, même pour le nombre de particules fines, ayant un diamètre entre 0.25 en 0.65 µm.

Des facteurs de corrélation exceptionnellement élevés (0.95 à 0.96) sont obtenus entre les valeurs journalières de Black Carbon et de "Black Smoke", déterminées selon la méthode OCDE qui date de 1964. La concentration massique de Black Carbon représente environ 20% du résultat massique de Black Smoke (figure 4.111).

### BLACK CARBON versus BLACK SMOKE MOLENBEEK : CALENDAR YEAR 2011

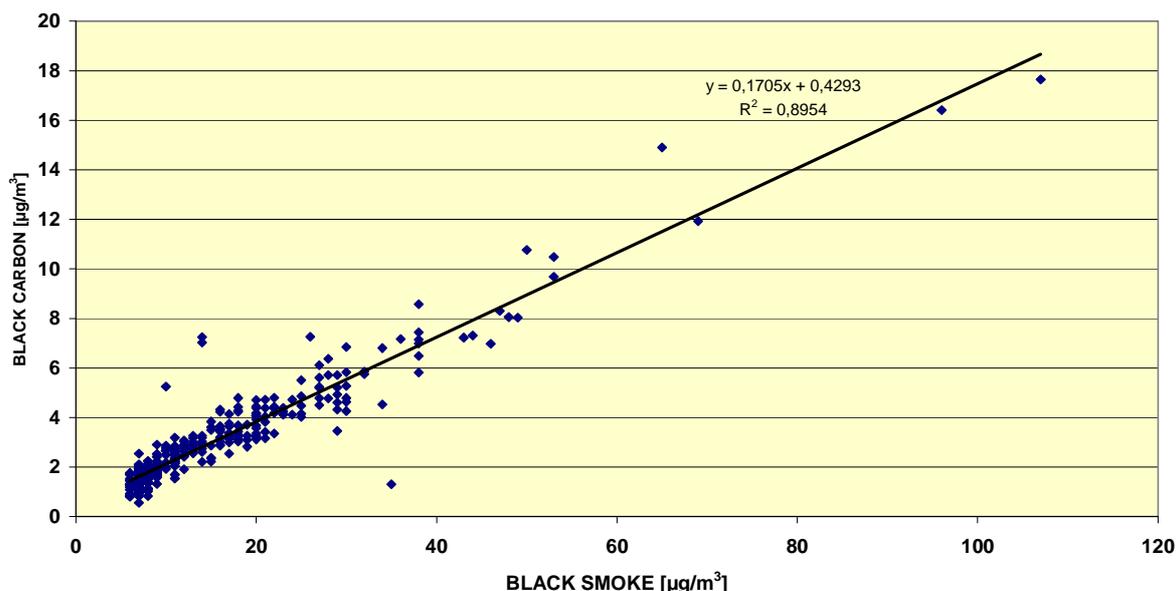


Fig. 4.111: Poste de mesure à Molenbeek. Année 2011.  
Corrélation et Rapport Linéaire entre les Valeurs Journalières de Black Carbon et de Black Smoke.

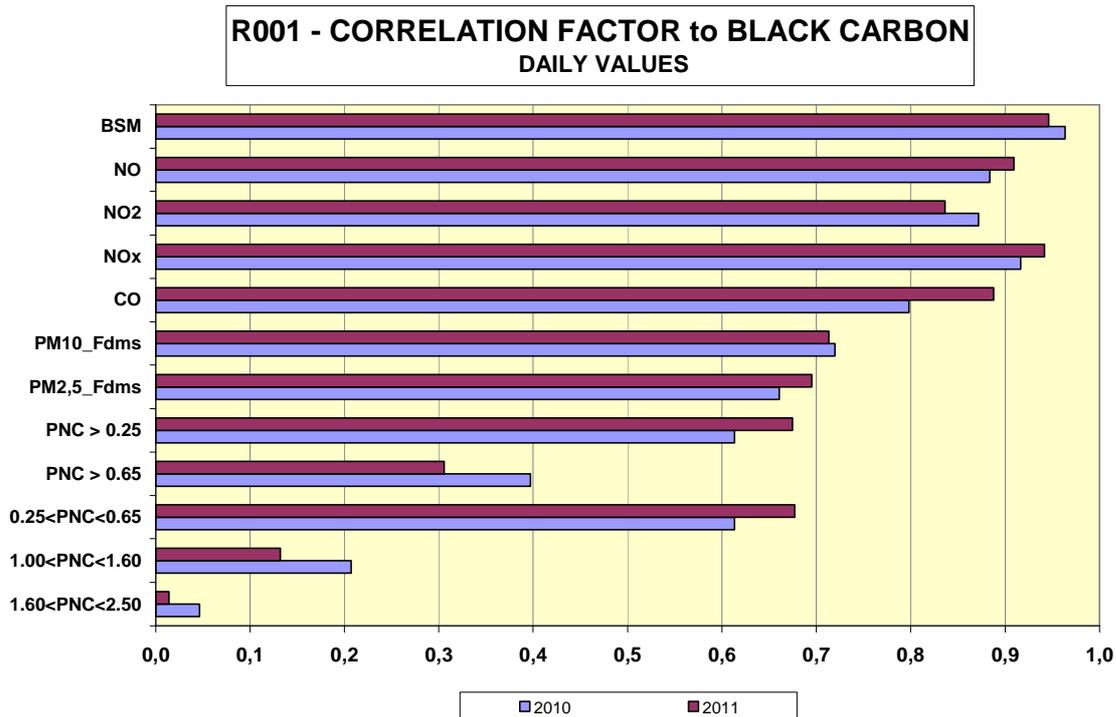


Fig. 4.112: Molenbeek – Valeurs Journalières. Facteurs de corrélation entre Black Carbon et les autres polluants. Période 'Juillet - Décembre 2010 et l'Année 2011

Tableau IV.33: MOLENBEEK – FACTEURS de CORRÉLATION entre BLACK CARBON et les AUTRES POLLUANTS

MOLENBEEK CORRÉLATION BLACK CARBON avec	VAL. SEMI HORAIRES		VAL. JOURNALIÈRES	
	Juil-Déc'10	2011	Juil-Déc'10	2011
Black Smoke	--	--	0.9637	0.9463
NO	0.7962	0.8156	0.8840	0.9094
NO <sub>2</sub>	0.7813	0.7840	0.8719	0.8364
NO <sub>x</sub>	0.8485	0.8682	0.9166	0.9419
CO	0.7587	0.8289	0.7981	0.8880
PM10	0.5991	0.5120	0.7196	0.7130
PM2.5	0.5281	0.5723	0.6609	0.6952
PNC > 0.25 µm	0.4781	0.5444	0.6133	0.6748
PNC > 0.65 µm	0.2935	0.1599	0.3972	0.3058
0.25 µm < PNC < 0.65 µm	0.4779	0.5463	0.6135	0.6770

Pour le poste de mesure à Ixelles les facteurs de corrélation ont été calculés pour la période 'Juin – Décembre 2011'. Les résultats obtenus sur base des concentrations journalières sont représentés graphiquement à la figure 4.113. Les valeurs chiffrées sur base des valeurs semi horaires et journalières sont représentées au tableau IV.34. Les facteurs de corrélation de tous les polluants sont bien élevés ; les valeurs les plus élevées sont obtenues pour les NO<sub>x</sub> (0.9402), le Black Smoke (0.9337) et le NO (0.8949). Comme à Molenbeek la concentration massique du Black Carbon à Ixelles représente environ 20% du résultat massique de Black Smoke (figure 4.114).

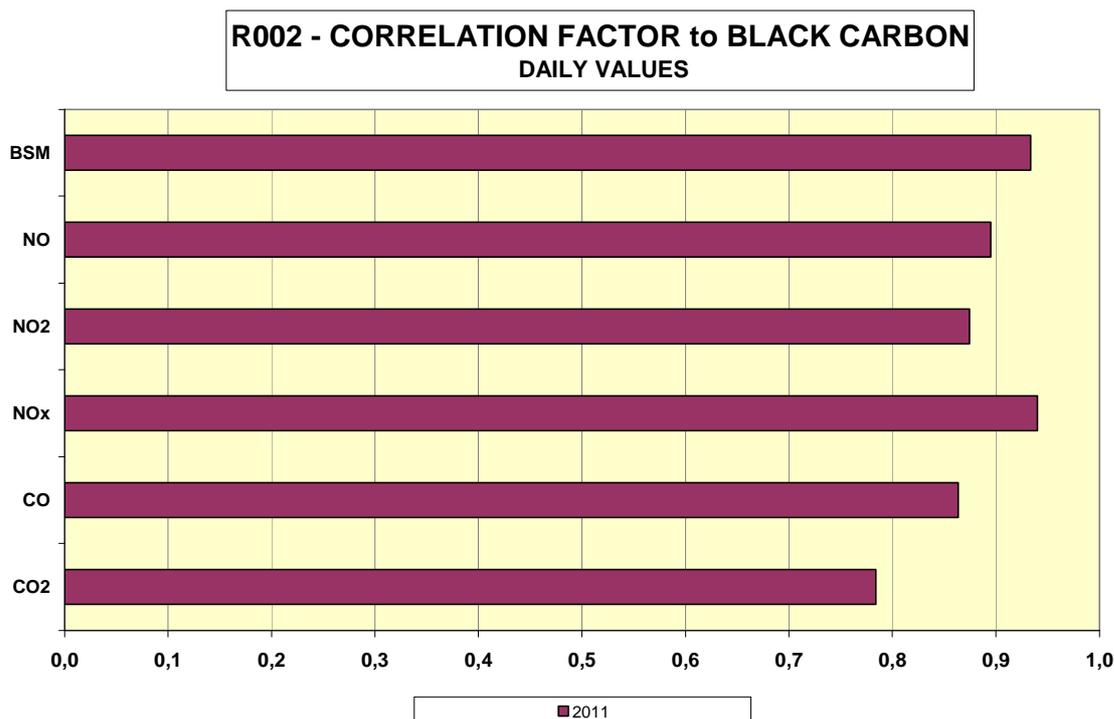


Fig. 4.113: Ixelles – Valeurs Journalières. Facteurs de Corrélation entre Black Carbon et les autres polluants. Période 'Juin - Décembre 2011'

Tableau IV.34: **IXELLES – FACTEURS de CORRÉLATION**  
**entre BLACK CARBON et les AUTRES POLLUANTS**

IXELLES CORRÉLATION BLACK CARBON avec	VAL. SEMI HORAIRES	VAL. JOURNALIÈRES
	Juin – Décembre 2011	Juin – Décembre 2011
<b>Black Smoke</b>	--	0.9337
<b>NO</b>	0.7986	0.8949
<b>NO<sub>2</sub></b>	0.8052	0.8747
<b>NO<sub>x</sub></b>	0.8523	0.9402
<b>CO</b>	0.7645	0.8637
<b>CO<sub>2</sub></b>	0.6937	0.7838

### BLACK CARBON versus BLACK SMOKE IXELLES-ELSENE : CALENDAR YEAR 2011

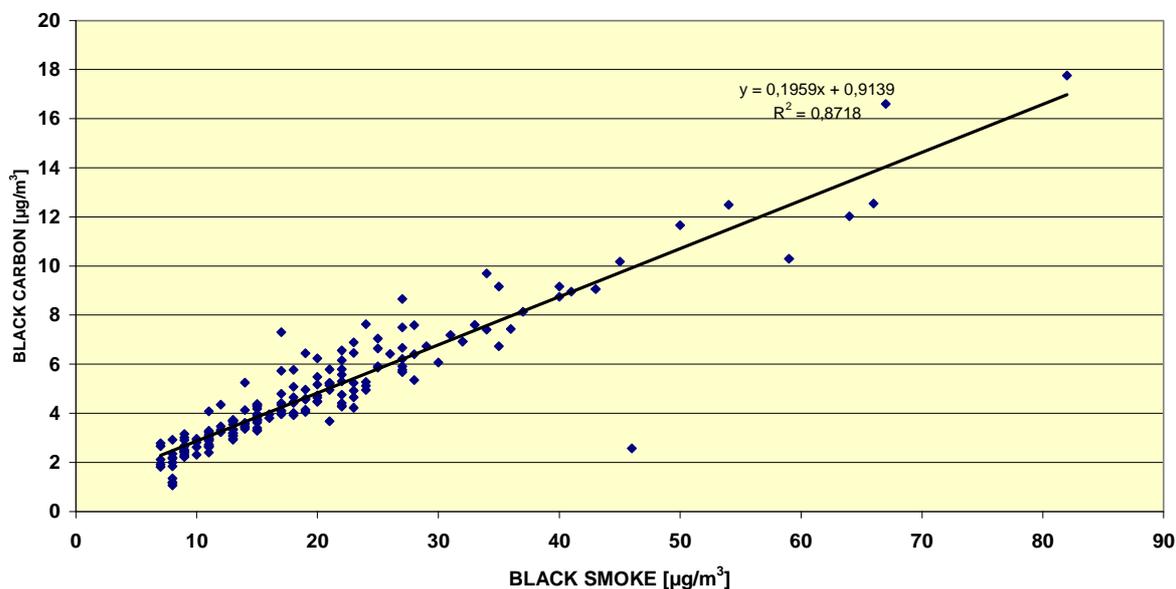


Fig. 4.114: Poste de mesure à Ixelles. Période 'Juin – Décembre 2011'.  
Corrélation et Rapport Linéaire entre les Valeurs Journalières de Black Carbon et de Black Smoke.

La bonne corrélation entre le Black Carbon et le NO ou les NO<sub>x</sub>, constatée à trois endroits différents situés dans un environnement à trafic intense, particulièrement la corrélation basée sur les concentrations semi horaires, ensemble avec le fait que le NO est toujours un des meilleurs indicateurs de la proximité du trafic, indiquent qu'il y ait un lien étroit entre la présence de Black Carbon dans l'air ambiant et la proximité des émissions trafic. Ce lien est plus étroitement établi entre le Black Carbon et les NO<sub>x</sub> qu'entre le Black Carbon et la concentration massique des PM10 ou des PM2.5 ou entre le Black Carbon et le nombre de particules détectées par voie optique.

## **Publications**

Temporal Variations of Airborne Particles Concentration in the Brussels Environment.

*P. Vanderstraeten, Y.Lénelle, A. Meurrens, D. Carati, L. Brenig and Z.Y. Offer*  
Journal of Environmental Monitoring and Assessment. (2007) **132**:253-262  
DOI 10.1007/s10661-006-9531-z (16.12.2006)

Elevated PM10 concentrations and high PM2.5/PM10 ratio in the Brussels Urban area during the 2006 Car Free Sunday

*P. Vanderstraeten, M. Forton, Y.Lénelle, A. Meurrens, D. Carati, L. Brenig, Z.Y. Offer and E. Zaady*  
International Journal for Environment and Waste Management.  
Vol. No. 6, Issue Number 3/4, 2010, pp. 264-279

Dust Storm Originate from Sahara Covering Western Europe – A case study

*P. Vanderstraeten, Y.Lénelle, A. Meurrens, D. Carati, L. Brenig, A. Delcloo, Z.Y. Offer and E. Zaady*  
Atmospheric Environment Vol. 42 (2008) pp 5489-5493, doi: 10.1016/j.atmosenv.2008.02.063

Airborne particulates and traffic related pollutants during Car-Free Days in the Brussels urban area

*P. Vanderstraeten, Y. Lénelle, A. Meurrens, D. Carati, L. Brenig and Z.Y. Offer*  
Proc. of the 6<sup>th</sup> Int. Conference on Urban Air Quality, Limassol, Cyprus, 27-29 March 2007

Evaluation of Car Free Days on Air Quality in the Brussels urban area

*P. Vanderstraeten, M. Forton, Y. Lénelle, A. Meurrens, D. Carati, L. Brenig and Z.Y. Offer*  
Proc. of Innovation for Sustainable Production *i-SUP* 2008, Bruges, Belgium, 22-25 April 2008

Particulates and Nitrogen Dioxide in the Brussels Ambient Air need Drastic Emission Reduction

*P. Vanderstraeten, O. Brasseur, M. Forton, A. Cheymol and M. Squilbin*  
Proceedings of the 5<sup>th</sup> Int. Conference on Energy, Environment, Ecosystems and Sustainable Development, 95-100. ISSN:1790-5095. ISBN:978-960-474-125-0  
WSEAS Conference EEESD '09, Athens (Greece), 28-30 September 2009

Particulate Matter and Nitrogen Dioxide in the Brussels Ambient Air. To what extent local emission reductions need to be drastic to enable compliance with the EU limit values

*P. Vanderstraeten, O. Brasseur, M. Forton, A. Cheymol and M. Squilbin*  
Geographical Forum and Environmental Protection Journal (2010), No. 9, 75-86

Observation of Unusual High Particulate Mass and Number Concentration during Traffic Ban Hours of the 2009 Car Free Sunday in the Brussels Urban Area

*P. Vanderstraeten, M. Forton, O. Brasseur, Y. Lénelle, A. Meurrens and Z. Y. Offer*  
Geographical Forum and Environmental Protection Journal (2011) – No. 10, Issue 1, pp.167-176.  
Doi:10.5775/fg.2067-4635.2011.035.i

Black Carbon instead Particle Mass Concentration as an indicator for the traffic related particles in the Brussels Capital Region

*P. Vanderstraeten, M. Forton, O. Brasseur and Z. Y. Offer*

EFCA International Symposium Ultrafine Particles – Sources, Effects, Risks and Mitigation Strategies, Brussels, Belgium, May 26-27, 2011

Black Carbon instead of Particle Mass Concentration as an indicator for the traffic related particles in the Brussels Capital Region

*P. Vanderstraeten, M. Forton, O. Brasseur and Z. Y. Offer*

Journal of Environmental Protection, 2011, 2, pp. 525-532, doi:4236/jep.2011.25060

Atmospheric pollution by Iceland volcano lava dispersion – the Brussels case

*Z.Y. Offer, P. Vanderstraeten, L. Brenig, D. Carati, Y. Lénelle, A. Meurrens and E. Zaady*

Submitted to Environmental Monitoring and Assessment

Black Carbon, PM10 Mass Concentration, Nitrogen Monoxide, Nitrogen Oxides and Particulate Number Concentration at the Woluwe Traffic Site. Period July 2009-June2010.

Report IBGE-BIM. September 2010

Evaluation of PM10 Exceedances at the Haren Naval Port

*P. Vanderstraeten, O. Brasseur and A. Meurrens*

Report IBGE-BIM. September 2011

#### 4.4 COMPOSES ORGANIQUES VOLATILS (C.O.V.)

La teneur en composés organiques volatils dans l'air ambiant est mesurée en 5 endroits différents dans la Région de Bruxelles-Capitale, à savoir Molenbeek (R001), Ixelles-Avenue de la Couronne (R002), Uccle (R012), Woluwé-St-Lambert (WOL1-WOL2) et à la hauteur du Parlement Européen (B006). Suite aux travaux au complexe « Arts-Loi » il n'y a pas de données disponibles pour ce site.

Durant toute l'année, dans les quatre premiers points de mesure, l'air est échantillonné à l'aide de tubes absorbants Carbotrap. Aux trois premiers points de mesure, un seul échantillon est pris sur une semaine complète (échantillon hebdomadaire), tandis qu'au dernier point de mesure, l'échantillonnage se fait sur une période de 24 heures (7 échantillons journaliers par semaine). Lors de l'analyse en laboratoire, la présence de 12 composés différents est examinée par chromatographie en phase gazeuse. Il s'agit des composés suivants :

aromatiques	: benzène, toluène, (m+p)-xylène, o-xylène et éthylbenzène
alifatiques	: n-pentane, n-hexane, 2-méthylhexane, n-heptane et n-octane
hydrocarbures chlorés	: 1,2-dichloroéthane et tétrachloroéthylène

Dans la détermination des COV, l'attention va surtout aux BTX (benzène, toluène et les xylènes). Cette méthode a été complétée par des mesures de BTX basées sur des appareils en continu, qui donnent une image plus détaillée (par demi-heure) de la pollution. En octobre 1999, un premier appareil de mesure en continu des BTX a été mis en service au poste de mesure de Woluwé-St-Lambert (WOL2). Depuis décembre 2002 un deuxième appareil de ce type est opérationnel au poste de mesure du Parlement Européen (B006).

##### 4.4.1 Réglementation benzène

Le benzène est une substance dont les propriétés cancérigènes sont reconnues. La teneur en benzène dans l'air ambiant n'était soumise, jusqu'il y a peu, à aucune valeur normative. Une directive européenne 2000/69/CE fixe, pour le benzène, une valeur limite de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  comme moyenne annuelle d'ici 2010. Une marge de dépassement de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  était encore acceptée entre décembre 2000 et le 1<sup>er</sup> janvier 2006. Par après cette marge de dépassement devrait diminuer tous les 12 mois de  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  et elle devrait être nulle le 1<sup>er</sup> janvier 2010, date à partir de laquelle la valeur limite de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  est d'application.

##### 4.4.2 Résultats et évolution

La moyenne annuelle est calculée pour chaque composé, sur base des résultats obtenus (valeur hebdomadaire, journalière ou semi-horaire). L'évolution de la concentration moyenne annuelle de benzène à plus long terme est représentée graphiquement à la figure 4.115. Après une augmentation de la moyenne annuelle entre 1989 et 1992, résultant de l'introduction de l'essence sans plomb, une tendance à la baisse est constatée à partir de 1997. Les changements dans la composition des carburants (auto-oil) et l'amélioration du parc de voitures ont contribué à améliorer la situation. Depuis 2001 l'objectif de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en tant que moyenne annuelle a été respecté dans tous les postes de mesures. Le respect de l'objectif de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  les années suivantes ne posera probablement pas de problème.

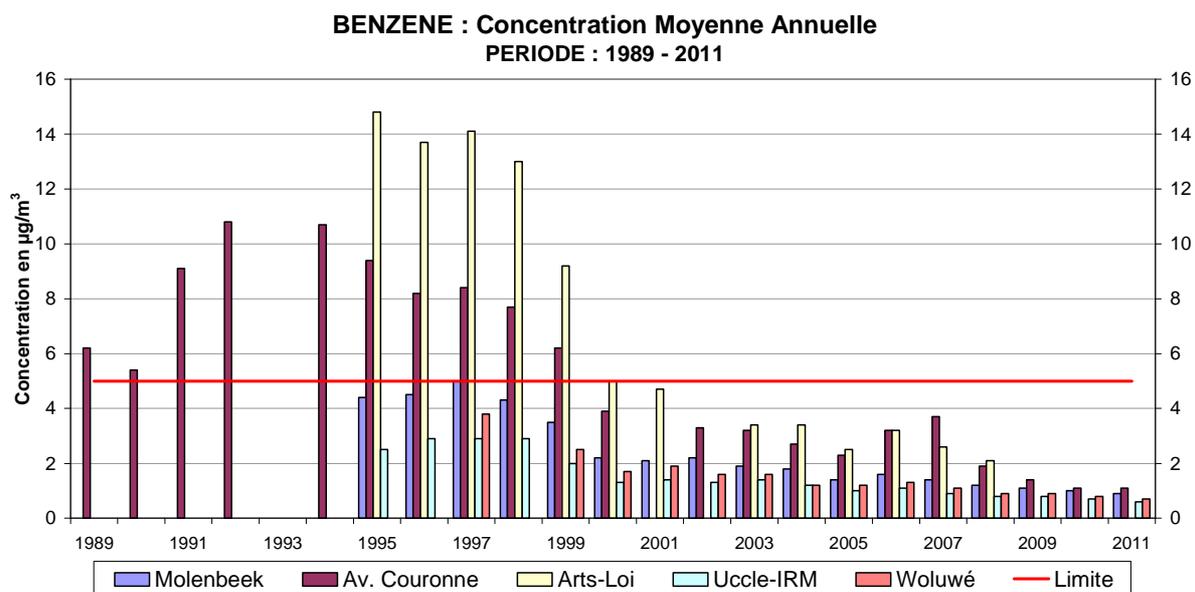


Fig. 4.115: Benzène - évolution de la concentration moyenne annuelle. Période 1989-2011

L'évolution de la concentration moyenne annuelle en toluène et de la concentration globale des différents xylènes, est représentée graphiquement aux figures 4.116 et 4.117. L'évolution présente certaines similitudes avec celle du benzène, notamment une augmentation des concentrations entre 1989 et 1992 et une tendance à la baisse à partir de 1997.

L'évolution de la concentration des différents composés est plus ou moins similaire dans tous les lieux de mesure. Une tendance à la baisse se dessine clairement à partir de l'année 1997.

Le tableau IV.31 donne les concentrations moyennes de BTX pour les périodes annuelles passées. Des tableaux plus détaillés, avec les concentrations moyennes mensuelles des 12 composés C.O.V. mesurés, figurent en annexe J.

A l'instar du NO et du CO, les concentrations sont maximales aux points de mesure situés à proximité du trafic et où l'espace environnant est plutôt fermé. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées à l'Avenue de la Couronne à Ixelles (R002). Les valeurs les plus basses sont observées au point de mesure d'Uccle (R012).

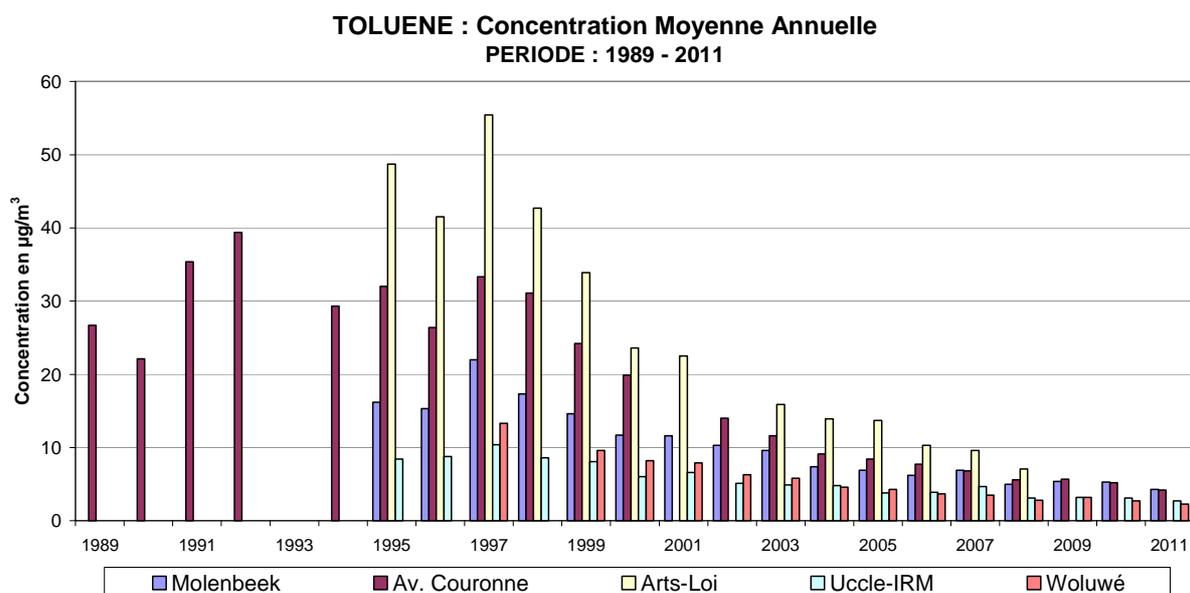


Fig. 4.116: Toluène - évolution de la concentration moyenne annuelle. Période 1989-2011

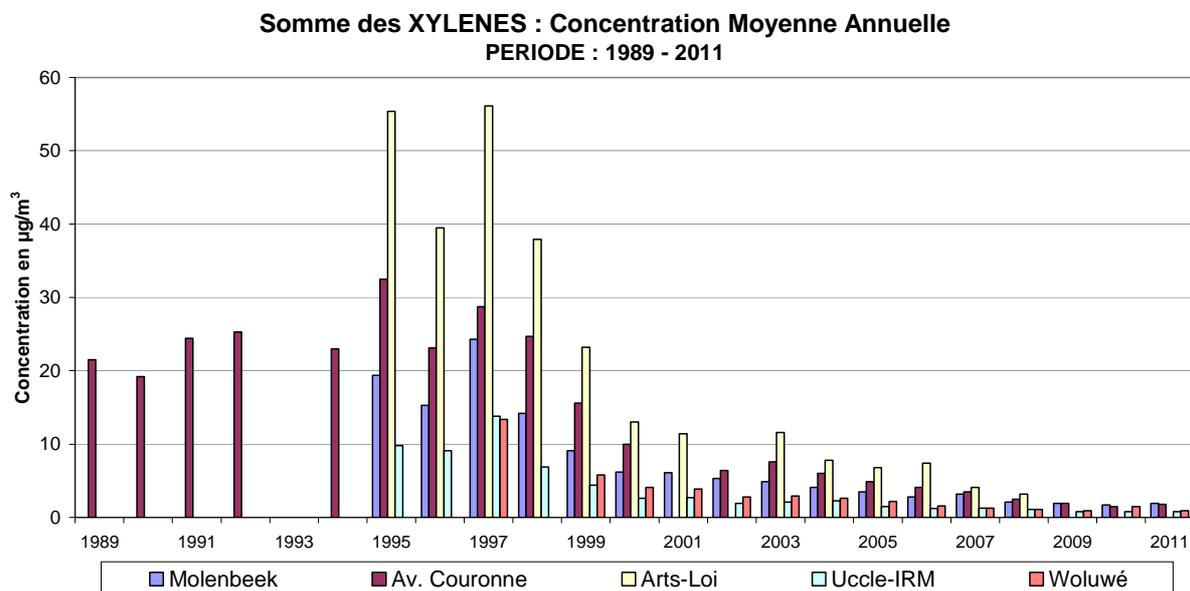


Fig. 4.117: Somme des Xylènes (meta+para+ortho) - évolution de la concentration moyenne annuelle Période 1989-2011

Tableau IV.31 : HYDROCARBURES AROMATIQUES

BENZÈNE – CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

<b>BENZÈNE</b>	<b>R001</b>	<b>R002</b>	<b>B003</b>	<b>R012</b>	<b>WOL1</b>	<b>WOL2</b>	<b>B006</b>
1989		6.2					
1990		5.4					
1991		9.1					
1992		10.8					
1993		--					
1994		10.7					
1995	4.4	9.4	14.8	2.5			
1996	4.5	8.2	13.7	2.9			
1997	5.0	8.4	14.1	2.9	3.8		
1998	4.3	7.7	13.0	2.9	--		
1999	3.5	6.2	9.2	2.0	2.5	--	
2000	2.2	3.9	5.0	1.3	1.7	1.8	
2001	2.1	--	4.7	1.4	1.9	1.7	
2002	2.2	3.3	(4.2)	1.3	1.6	1.2	--
2003	1.9	3.2	3.4	1.4	1.6	1.7	1.9
2004	1.8	2.7	3.4	1.2	1.2	1.2	1.6
2005	1.4	2.3	2.5	1.0	1.2	1.5	1.5
2006	1.6	3.2	3.2	1.1	1.3	1.1	1.4
2007	1.4	3.7	2.6	0.9	1.1	0.9	0.9
2008	1.2	1.9	(2.1)	0.8	0.9	0.8	1.1
2009	1.1	1.4		0.8	0.9	0.7	0.8
2010	1.0	1.1		0.7	0.8	0.7	0.7
2011	0.9	1.1		0.6	0.7	0.7	0.5

-- : moins de 50% de données disponibles

() : série incomplète de données – (interruption des mesures)

Suite du Tableau IV.31 : **HYDROCARBURES AROMATIQUES**

**TOLUÈNE – CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]**

<b>TOLUÈNE</b>	<b>R001</b>	<b>R002</b>	<b>B003</b>	<b>R012</b>	<b>WOL1</b>	<b>WOL2</b>	<b>B006</b>
1989		26.7					
1990		22.1					
1991		35.4					
1992		39.4					
1993		--					
1994		29.3					
1995	16.2	32.0	48.7	8.4			
1996	15.3	26.4	41.5	8.8			
1997	22.0	33.3	55.4	10.4	13.3		
1998	17.3	31.1	42.7	8.6	--		
1999	14.6	24.2	33.9	8.1	9.6	--	
2000	11.7	19.9	23.6	6.0	8.2	7.5	
2001	11.6	--	22.5	6.6	7.9	6.5	
2002	10.3	14.0	(17.3)	5.1	6.3	4.1	--
2003	9.6	11.6	15.9	4.9	5.8	5.3	7.5
2004	7.4	9.1	13.9	4.8	4.6	4.4	5.3
2005	6.9	8.4	13.7	3.8	4.3	4.4	4.7
2006	6.2	7.7	10.3	3.9	3.7	4.1	4.1
2007	6.9	6.8	9.6	4.7	3.5	3.7	4.9
2008	5.0	5.6	(7.1)	3.1	2.8	3.1	4.3
2009	5.4	5.7		3.2	3.1	2.5	3.0
2010	5.3	5.2		3.1	2.7	2.1	2.3
2011	4.3	4.2		2.7	2.3	2.3	2.3

-- : moins de 50% de données disponibles

() : série incomplète de données – (interruption des mesures)

Suite du Tableau IV.31 : **HYDROCARBURES AROMATIQUES**

**m+p-XYLÈNE – CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]**

<b>m+p-XYLÈNE</b>	<b>R001</b>	<b>R002</b>	<b>B003</b>	<b>R012</b>	<b>WOL1</b>	<b>WOL2</b>	<b>B006</b>
1989		15.8					
1990		14.0					
1991		17.8					
1992		18.6					
1993		--					
1994		15.9					
1995	13.4	21.5	36.5	6.9			
1996	10.6	15.6	26.2	6.2			
1997	16.8	19.4	37.9	10.0	9.2		
1998	9.9	17.3	26.5	4.9	--		
1999	6.6	11.2	16.5	3.2	4.2	--	
2000	4.5	7.2	9.3	1.9	2.9	2.7	
2001	4.3	--	8.2	1.9	2.8	2.0	
2002	3.8	4.6	(6.4)	1.4	2.0	1.1	--
2003	3.5	5.5	8.4	1.5	2.1	2.5	3.0
2004	2.9	4.2	5.6	1.6	1.8	1.6	1.6
2005	2.5	3.5	4.8	1.1	1.6	1.3	1.3
2006	2.1	3.0	5.4	0.9	1.2	1.1	1.8
2007	2.4	2.5	3.0	1.0	1.0	1.0	0.8
2008	1.6	1.8	(2.3)	0.8	0.8	0.8	1.5
2009	1.4	1.4		0.6	0.7	0.7	1.1
2010	1.3	1.1		0.6	1.1	1.1	0.8
2011	1.4	1.3		0.6	0.7	0.7	0.9

-- : moins de 50% de données disponibles

() : série incomplète de données – (interruption des mesures)

Suite du Tableau IV.31 : **HYDROCARBURES AROMATIQUES**

**o-XYLÈNE – CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]**

<b>o-XYLÈNE</b>	<b>R001</b>	<b>R002</b>	<b>B003</b>	<b>R012</b>	<b>WOL1</b>	<b>WOL2</b>	<b>B004</b>
1989		5.7					
1990		5.3					
1991		6.7					
1992		6.7					
1993		--					
1994		7.1					
1995	6.0	11.0	18.9	2.9			
1996	4.7	7.5	13.3	2.9			
1997	7.5	9.3	18.2	3.8	4.2		
1998	4.3	7.4	11.4	2.0	--		
1999	2.5	4.4	6.7	1.2	1.6	--	
2000	1.7	2.8	3.7	0.7	1.2	1.2	
2001	1.8	--	3.2	0.8	1.1	0.9	
2002	1.5	1.8	(2.6)	0.5	0.8	0.4	--
2003	1.4	2.1	3.2	0.6	0.8	1.1	1.3
2004	1.2	1.8	2.2	0.7	0.8	0.7	1.4
2005	1.0	1.4	2.0	0.4	0.6	0.5	1.1
2006	0.7	1.1	2.0	0.3	0.4	0.5	0.9
2007	0.8	1.0	1.1	0.3	0.3	0.3	0.8
2008	0.5	0.7	(0.9)	0.3	0.3	0.3	0.3
2009	0.5	0.5		0.2	0.2	0.2	0.2
2010	0.4	0.4		0.2	0.4	0.4	0.2
2011	0.5	0.5		0.2	0.2	0.3	0.2

-- : moins de 50% de données disponibles

() : série incomplète de données – (interruption des mesures)

#### 4.4.3 Rendement et précision des résultats pour les C.O.V. :

Le Laboratoire de Recherche en Environnement de l'IBGE disposait entre 1998 et 2004 d'une accréditation EN45001 pour déterminer notamment la teneur en COV dans l'air ambiant. Depuis les analyses se font toujours en respectant les procédures d'échantillonnage et d'analyse mises au point pour cette accréditation. La reproductibilité et la précision des résultats est meilleure que 10%. Le rendement (saisie de données en %) des résultats de benzène est repris au tableau IV.32.

Tableau IV.32 : **BENZÈNE : rendement (saisie de données en %)**

PÉRIODE : 1 JANVIER – 31 DECEMBRE

<b>Benzène</b>	<b>R001</b>	<b>R002</b>	<b>B003</b>	<b>R012</b>	<b>WOL1</b>	<b>WOL2</b>	<b>B006</b>
<b>1994</b>		71.7		38.6			
<b>1995</b>	57.8	96.4	85.4	93.4			
<b>1996</b>	89.3	95.3	87.7	93.4			
<b>1997</b>	91.7	89.8	93.6	92.0	79.4		
<b>1998</b>	93.9	93.9	93.9	99.7	39.1		
<b>1999</b>	92.3	99.9	94.2	99.9	83.0		
<b>2000</b>	98.0	98.0	99.9	97.8	84.1	82.7	
<b>2001</b>	90.1	34.7	96.1	96.1	83.5	66.8	
<b>2002</b>	98.0	54.7	42.4	98.0	85.7	92.6	9.8
<b>2003</b>	98.0	85.7	70.9	95.8	92.8	78.0	74.5
<b>2004</b>	90.1	98.0	72.9	99.9	93.1	92.8	88.2
<b>2005</b>	96.1	92.3	83.8	94.2	92.8	86.5	87.6
<b>2006</b>	97.8	99.9	97.8	94.2	90.9	83.2	93.9
<b>2007</b>	94.2	61.3	98.0	99.9	94.7	89.3	74.7
<b>2008</b>	96.1	84.4	62.8	98.0	96.9	93.4	67.2
<b>2009</b>	98.0	80.0		98.0	98.0	77.5	98.9
<b>2010</b>	96.1	99.9		99.9	97.5	95.6	99.7
<b>2011</b>	99.9	99.9		98.0	99.1	82.1	94.5

( ): interruption temporaire des mesures

#### 4.4.4 Réseau de mesure pour le Benzène

Dans le cadre de la directive concernant le benzène, un réseau comportant environ 20 points de prélèvements a été installé en 1998. Il avait pour but de donner une représentation spatiale des niveaux de benzène dans la Région de Bruxelles-Capitale et de mettre en évidence les zones où la norme ne serait éventuellement pas respectée. Les emplacements ont été choisis pour être représentatifs des différents cadres de vie de la population : parcs publiques, jardins privés, artères à circulation intense et "canyon street".

Les prélèvements sont réalisés au moyen de tubes à diffusion passive, exposés par périodes de 2 à 4 semaines. Les analyses des concentrations de benzène sont faites en laboratoire par chromatographie gazeuse après désorption thermique.

La figure 4.118 représente l'évolution des concentrations moyennes annuelles mesurées pour différents postes du réseau benzène.

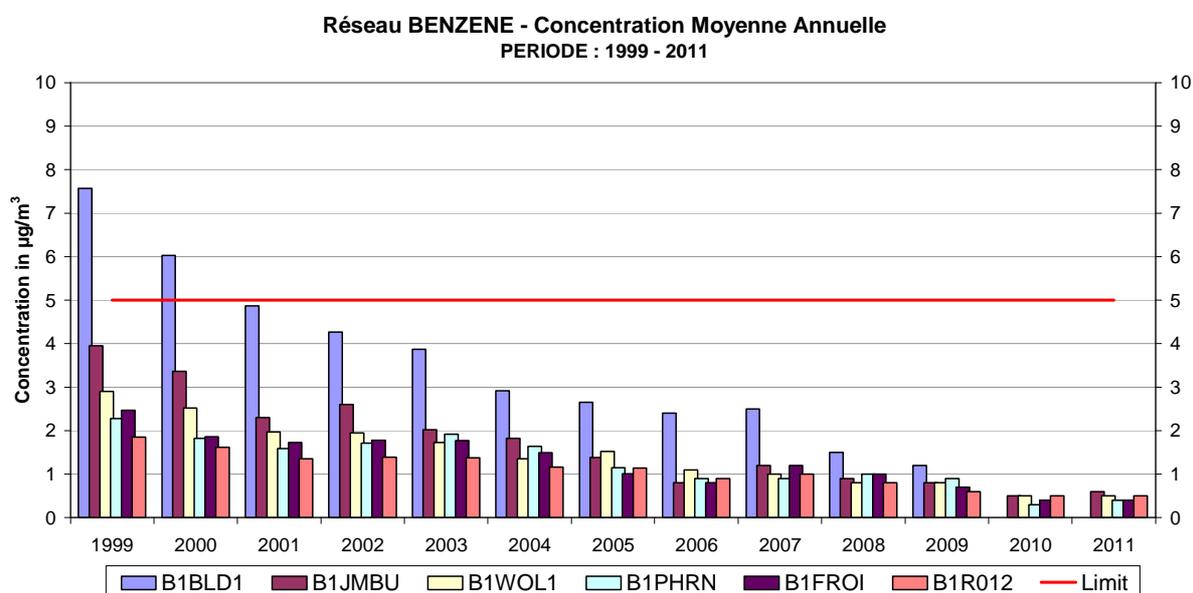


Fig. 4.118 : Benzène - évolution de la concentration (1998-2011)

Les résultats de ce réseau de mesure montrent également une diminution nette des concentrations en benzène à des endroits situés à proximité du trafic.

La figure 4.119 représente la distribution spatiale de la concentration moyenne annuelle obtenue en 2009, 2010 et 2011, ainsi que l'emplacement et l'identification des endroits de mesure. Il n'y a plus de dépassement de la valeur limite de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en tant que concentration moyenne annuelle.

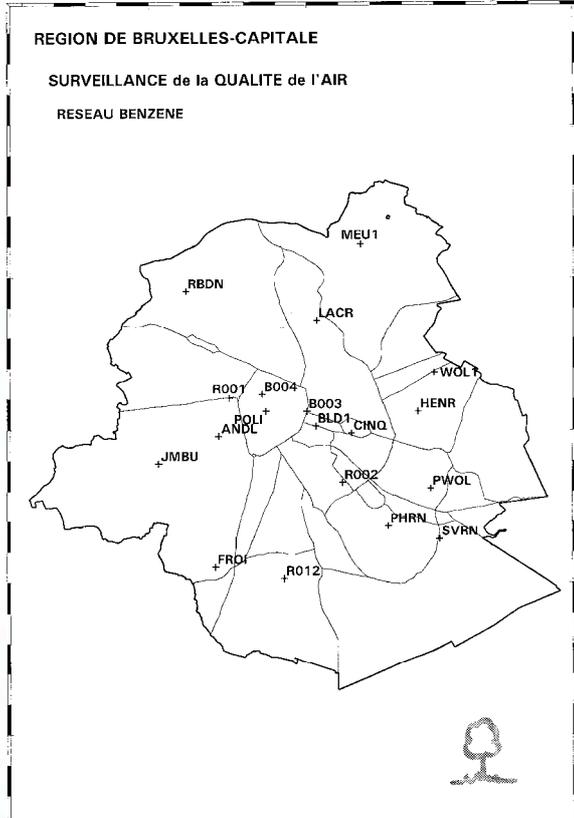
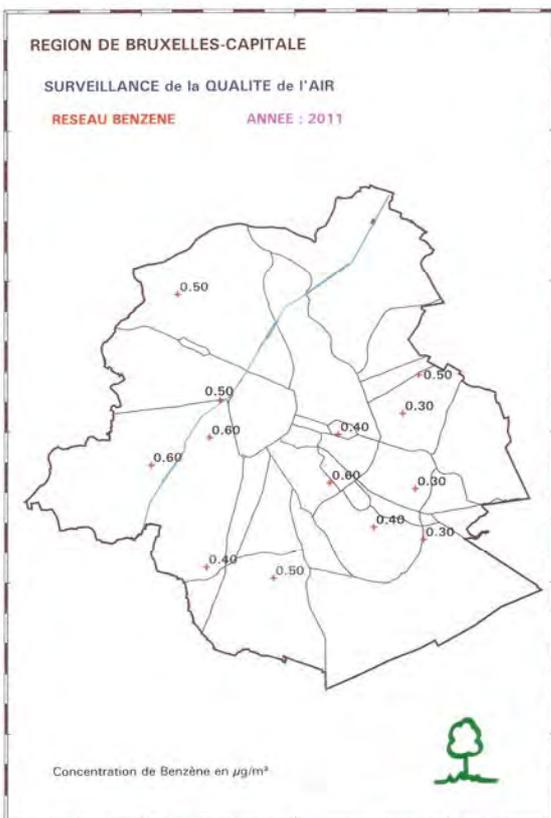
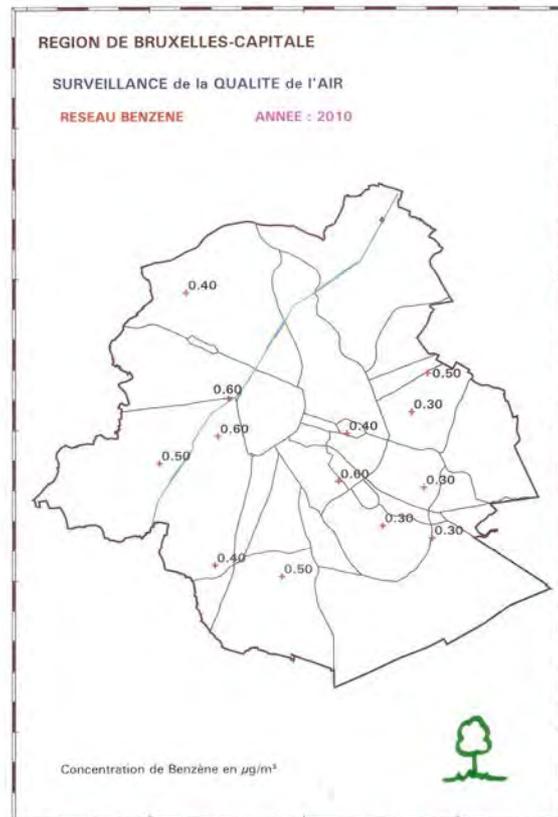
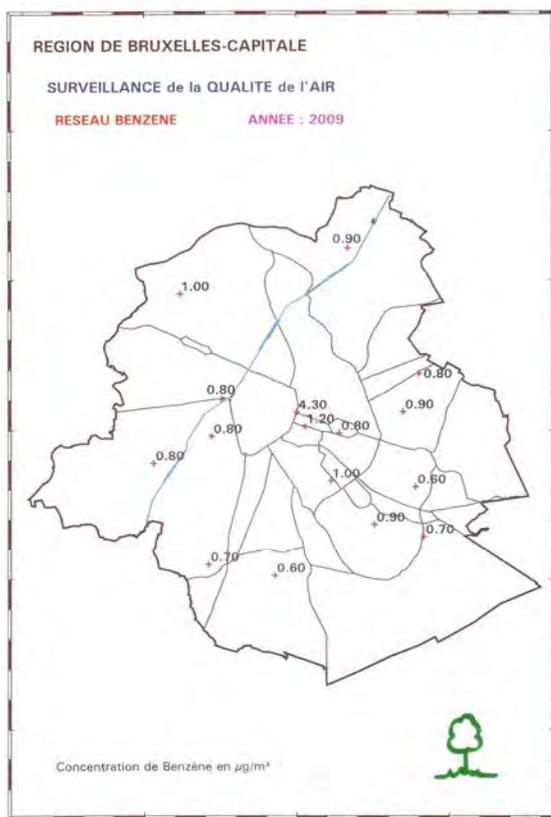


Fig. 4.119: Benzène - concentration moyenne annuelle en benzène en 2009, 2010 et 2011  
Emplacement et identification des endroits de mesure

## 4.5 HYDROCARBURES POLYAROMATIQUES (H.P.A.)

Au cours de l'année 1997, une procédure a été mise au point pour déterminer la teneur en hydrocarbures polyaromatiques dans l'air. Entre fin 1997 et mi-1998, un échantillonnage permanent a ensuite été lancé à cinq points de mesure, à savoir dans l'Avenue de la Couronne à Ixelles (R002), à Uccle (R012), à Woluwé-St-Lambert (WOL1), dans la rue Belliard (BLD1) et au parc Meudon (MEU1). L'échantillonnage est basé sur les prélèvements hebdomadaires, via un échantillonnage continu sur sept jours consécutifs. L'analyse est ensuite réalisée en laboratoire. Des informations plus détaillées sur la méthode d'analyse sont présentées à l'annexe A.

Depuis 2006, 3 stations ont été équipées de systèmes de prélèvement conformes à la nouvelle directive. Les échantillonnages se font via une tête PM10 et le volume prélevé quotidiennement est de 24 m<sup>3</sup>. Il s'agit des stations R001 (Molenbeek), R012 (IRM) et WOL2 (IBGE).

À l'origine, lors de l'analyse, la concentration en particules HPA de 8 composés différents, présents totalement en phase solide, était déterminée:

- Benzo e pyrène
- Benzo a pyrène
- Benzo b fluoranthène
- Benzo k fluoranthène
- Indénol(123cd)pyrène
- Benzo ghi pérylène
- Coronène
- Benzo(a)anthracène

La somme des concentrations de ces 8 composés est désignée ci-après "**Somme 8 H.P.A.**".

Entre 2001 et 2006 un sixième poste de mesure (IHE2) a été installé dans le jardin de l'Institut de Santé Publique (ISP). Ce poste, à proximité de celui de l'Avenue de la Couronne (R002), est protégé par les bâtiments de l'impact direct des émissions du trafic.

De plus en 2001, trois autres composés ont été ajoutés à la liste à analyser ; il s'agit de:

- Fluoranthène
- Pyrène
- Dibenz(a,h)anthracène

La somme des concentrations des 11 composés est désignée ci-après "**Somme 11 H.P.A.**".

### 4.5.1 Réglementation HPA

Étant donné que l'on reconnaît des propriétés cancérigènes ou mutagènes à certains H.P.A., on craint qu'une exposition excessive à ces substances n'ait éventuellement des impacts sur la santé. La teneur en HPA dans l'air ambiant n'était soumise, jusqu'il y a peu, à aucune valeur normative.

La directive européenne 2004/107/CE concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures polycycliques aromatiques fixe, pour le Benzo(a)pyrène, une valeur cible de 1 ng/m<sup>3</sup>, en tant que concentration moyenne annuelle, à atteindre à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2013.

#### 4.5.2 Résultats et évolution

Les concentrations moyennes sont calculées par mois et par année civile sur base des résultats hebdomadaires. L'évolution des concentrations moyennes annuelles du composé **benzo a pyrène** est représentée graphiquement à la figure 4.120. La valeur cible de  $1 \text{ ng/m}^3$  est respectée dans tous les postes de mesure de la Région. L'évolution des concentrations moyennes annuelles de la somme de 8 composés HPA différents est représentée à la figure 4.121.

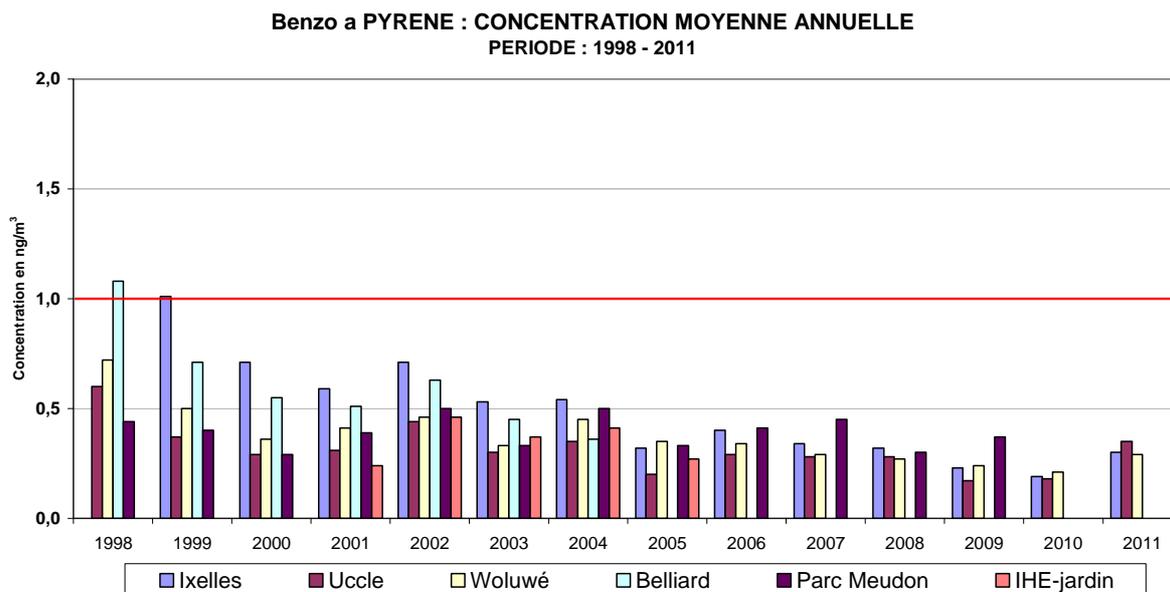


Fig. 4.120: Évolution de la concentration moyenne annuelle du **benzo a pyrène** (1998 – 2011)

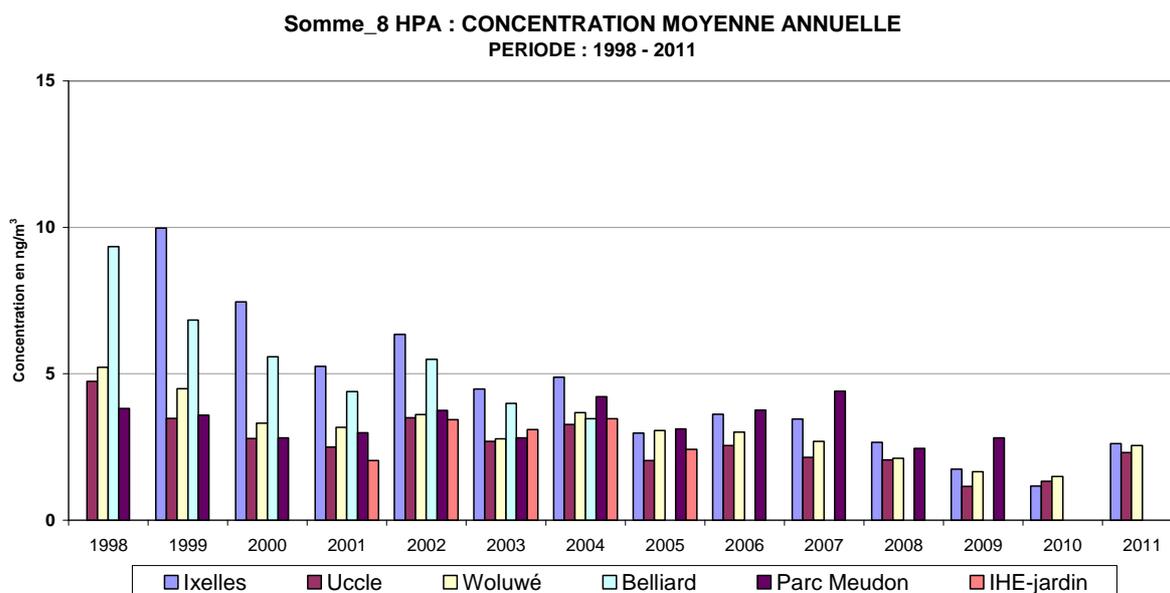


Fig. 4.121: Somme des concentrations moyennes annuelles de 8 composés HPA (1998 – 2011)

L'évolution des concentrations moyennes mensuelles du composé **benzo a pyrène** et de la somme des concentrations de 8 composés différents est représentée graphiquement aux figures 4.122 et 4.123. Il ressort de l'évolution qu'à tous les lieux de mesure, les concentrations sont manifestement maximales durant les mois d'hiver. Ceci est d'ailleurs le cas pour tous les composés H.P.A. mesurés. La part plus importante du chauffage dans les émissions totales, d'une part, et les conditions météorologiques, d'autre part, souvent moins favorables à la dispersion durant les mois d'hiver, en sont notamment responsables.

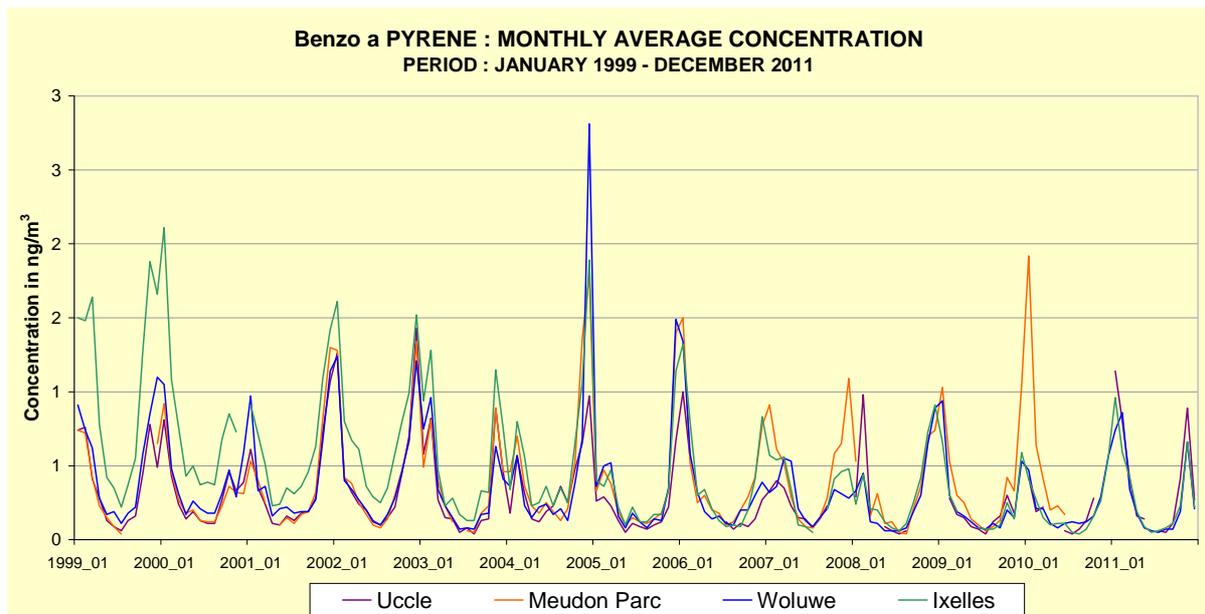


Fig. 4.122: Évolution de la concentration moyenne mensuelle du **benzo a pyrène** dans 4 postes de mesure. Période : janvier 1999 - décembre 2011

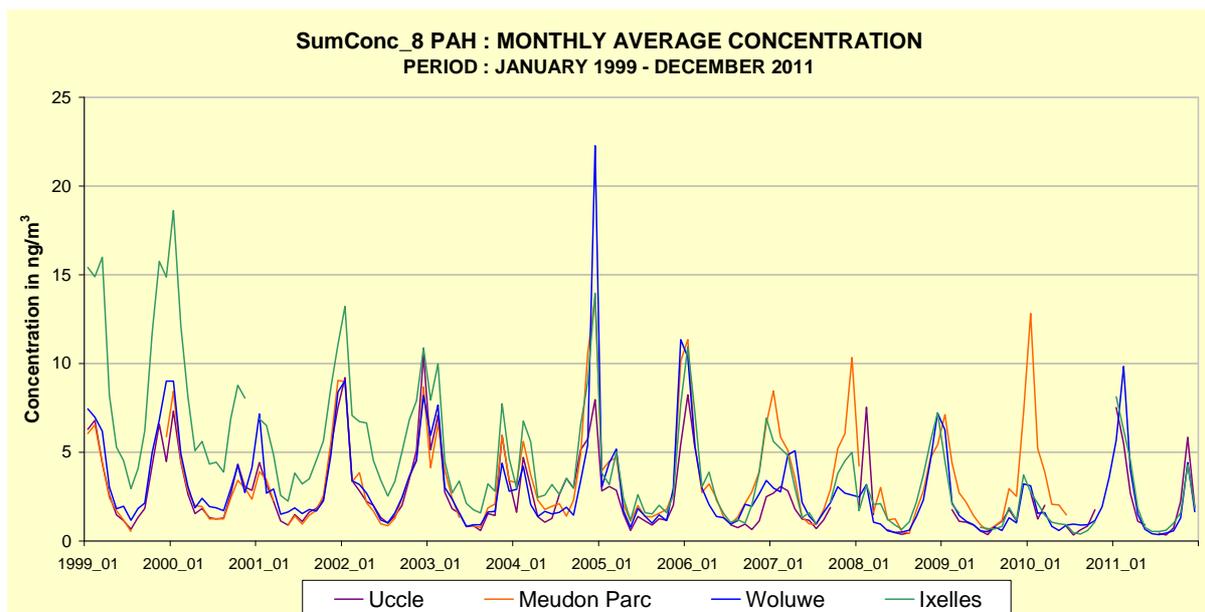


Fig. 4.123: Évolution de la somme des concentrations moyennes mensuelles de 8 composés dans 4 postes de mesure. Période : janvier 1999 - décembre 2011

Les concentrations moyennes du composé *benzo a pyrène* sont reproduites dans le tableau IV.33. Il s'agit des concentrations moyennes des années calendriers 1998 à 2011. L'unité de concentration est le nanogramme par mètre cube d'air [ng/m<sup>3</sup>]. Les résultats annuels de tous les composés sont donnés à l'annexe I et les valeurs mensuelles figurent à l'annexe J.

Tableau IV.33: **BENZO a PYRÈNE**

CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE [ng/m<sup>3</sup>]

Benzo a pyrène	R001	R002	R012	R112	WOL1	WOL2	BLD1	MEU1	IHE2
1998		--	0.60		0.72		1.08	0.44	--
1999		1.01	0.37		0.50		0.71	0.40	--
2000		0.71	0.29		0.36		0.55	0.29	--
2001		0.59	0.31		0.41		0.51	0.39	0.24
2002		0.71	0.44		0.46		0.63	0.50	0.46
2003		0.53	0.30		0.33		0.45	0.33	0.37
2004		0.54	0.35		0.45		0.36	0.50	0.41
2005		0.32	0.20		0.35		#	0.33	0.27
2006	(0.20)	0.40	0.29		0.34	(0.17)		0.41	(0.46)
2007	0.47	0.34	0.28		0.29	0.39		0.45	#
2008	0.36	0.32	0.28		0.27	0.33		0.30	
2009	(0.38)	0.23	0.17	0.08	0.24	0.20		0.37	
2010	--	0.19	0.18	0.14	0.21	0.29		(0.61)	
2011	0.36	0.30	0.35	0.24	0.29	0.36		--	

Les concentrations moyennes les plus élevées sont enregistrées dans la rue Belliard (BLD1) et dans l'Avenue de la Couronne (R002). Ces deux points de mesure sont situés dans un environnement plutôt fermé, où le trafic est intense. Au point de mesure de Woluwé (WOL1 et WOL2), également situé dans un environnement à trafic intense mais plus ouvert, des concentrations plus faibles sont observées. La station R001 (Molenbeek) installée depuis 2006 se trouve dans un environnement industriel et à trafic dense.

Les concentrations moyennes sont les plus basses aux points de mesure d'Uccle (R012 et R112) et dans le jardin de l'ISP (IHE2). Ces postes sont situés dans un environnement plus ouvert où l'influence directe du trafic est assez limitée. La situation du point de mesure à Uccle, sur le terrain de l'IRM, situé en hauteur par rapport à la ville, est idéale pour déterminer la concentration de fond de la plupart des polluants dans la Région de Bruxelles-Capitale. Les résultats H.P.A. au poste IHE2 sont à peine supérieurs à ceux du poste d'Uccle.

#### 4.5.3 Rendement et précision des résultats pour les H.P.A.

La reproductibilité et la précision des résultats est de l'ordre de 10%. Le rendement (saisie de données en %) des résultats pour la concentration de benzo a pyrène est donné dans le tableau IV.34.

Tableau IV.34: H.P.A. - rendement (saisie de données en %)

PÉRIODE : 1 JANVIER – 31 DÉCEMBRE

Benzo a pyrène.	R001	R002	R012	R112	WOL1	WOL2	BLD1	MEU1	IHE2
1997			(15.8)		(15.8)		(15.8)		
1998		(16.7)	98.0		97.8		99.9	75.3	
1999		99.9	99.9		98.0		98.0	78.9	
2000		90.7	92.6		92.6		94.5	90.7	(26.5)
2001		90.1	91.6		95.6		91.7	84.1	80.2
2002		90.4	94.2		98.0		94.2	88.2	46.0
2003		88.4	98.0		99.9		96.1	86.5	65.2
2004		96.7	96.7		90.9		65.0	92.8	92.8
2005		98.0	98.0		98.0		#	96.1	69.5
2006	(46.5)	96.1	64.1		98.0	(49.3)		96.1	(35.3)
2007	87.9	89.5	80.8		95.3	87.3		97.2	#
2008	72.4	98.0	62.8		99.9	65.0		96.1	
2009	(27.6)	82.7	77.5	70.1	98.0	87.6		98.0	
2010		98.9	68.4	92.3	98.6	98.0		(48.4)	
2011	82.1	99.4	78.9	97.5	95.3	90.4			

() : début des mesures

# : fin des mesures

Au cours du mois septembre 2004, le poste de mesure de la Rue Belliard (BLD1) a été mis à l'arrêt à cause des travaux de rénovation du bâtiment où le poste était installé. Le poste IHE2 a été mis à l'arrêt en 2006 pour des raisons similaires.

Suite à un aménagement du terrain autour du poste de mesure à Molenbeek, il n'y a pas de données disponibles pour ce poste entre mai 2009 et décembre 2010. Suite à un glissement de terrain près du poste de mesure situé au Parc Meudon, il n'y a pas de données disponibles pour ce poste entre juillet 2010 et décembre 2011.

#### 4.5.4 Évaluation de l'origine des particules HPA

Les premiers résultats d'une étude sur l'évaluation de l'origine des particules HPA ont été présentés dans un des rapports précédents : « La qualité de l'air en Région de Bruxelles-Capitale 1997-1999 ».

La figure 4.124 représente, pour 4 postes de mesure différents et pour la période 2000-2011, l'évolution de la part des concentrations HAP d'origine « trafic » et « non trafic ». Il s'agit des postes de mesure de l'Avenue de la Couronne (Couronne), de Woluwé-St.-Lambert (IBGE), d'Uccle (IRM) en du Parc Meudon (Meudon).

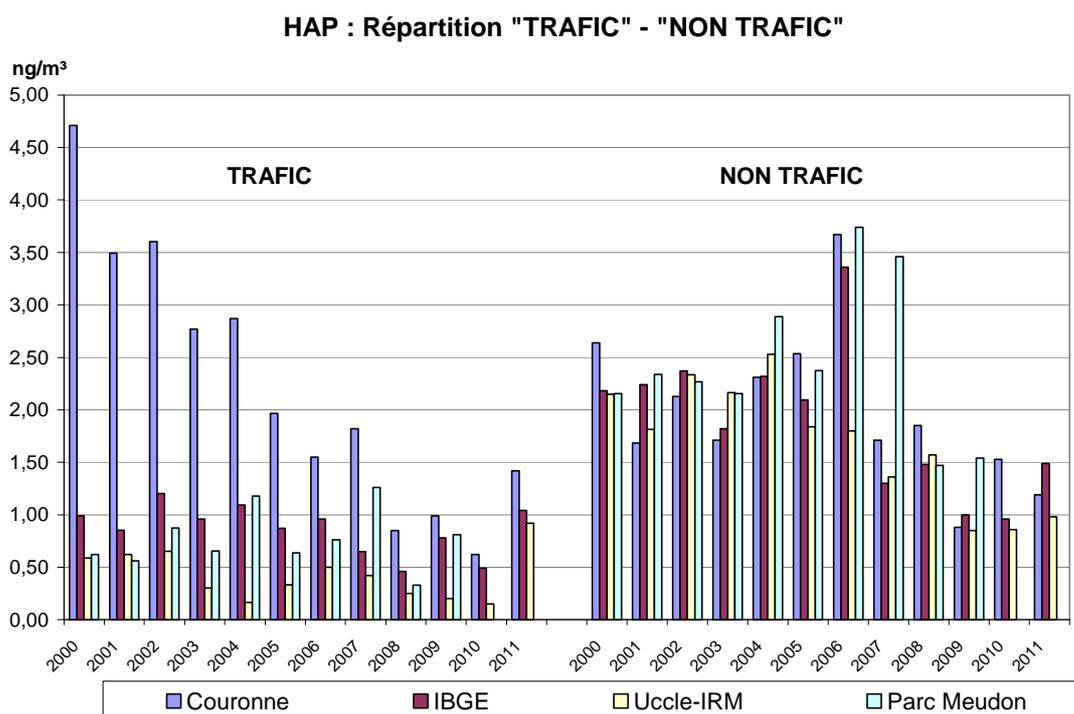


Fig. 4.124: Évolution de la somme des concentrations moyennes mensuelles de 8 composés dans 4 postes de mesure. Période : 2000 - 2011

On constate que les concentrations en HAP particulières dues au « non trafic », soit chauffage (fuel) et importation, sont restées relativement stables entre 2000 et 2008 pour les quatre stations. Les années par après il y a une légère chute des concentrations.

Pour la partie émise par le trafic, elle est en diminution marquée à l'Avenue de la Couronne où elle était prépondérante ; pour les autres stations, il n'y a pas d'évolution marquée.

Sur le graphique de la figure 4.125 sont représentés les pourcentages de HAP dus au trafic. On constate que pour l'Avenue de la Couronne l'apport du trafic dans le total des HAP particuliers a diminué depuis l'an 2000, mais augmente légèrement les dernières années. La diminution est une conséquence de l'évolution technologique des moteurs diesel. Pour les autres stations qui sont moins sous l'influence directe du trafic, la diminution est faible ou nulle.

### HAP - Pourcentage provenant du TRAFIC

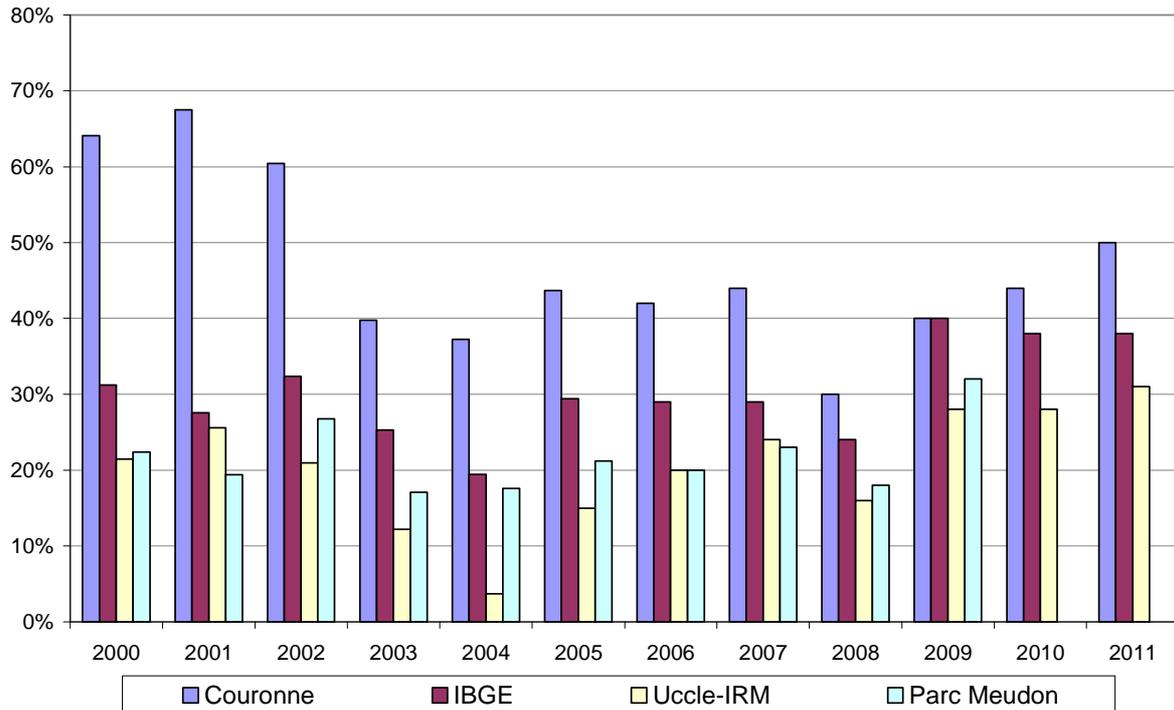


Fig. 4.125: Evolution des pourcentages des HAP dus au trafic.  
Période : 2000 - 2011

## 4.6 MONOXYDE DE CARBONE (CO)

Le trafic routier est la principale source d'émissions de CO. Les concentrations maximales sont observées dans un environnement où le trafic est intense. Début 1997, le monoxyde de carbone faisait déjà l'objet de mesures dans la Région de Bruxelles-Capitale en trois endroits, Arts-Loi (B003), Ixelles-Avenue de la Couronne (R002) et Woluwé-St-Lambert (WOL1). En 1998, le réseau de mesure a été complété par deux appareils de mesure du CO. Le premier a été mis en service au poste de Molenbeek (R001) et le second au poste de l'Avant Port (N043). Le trafic est assez dense à proximité de ces deux postes de mesure, mais l'environnement y est plutôt ouvert.

Durant la période 2000-2002 trois nouveaux postes de mesure ont été installés et équipés d'un appareil de mesures pour le CO. Il s'agit des postes Ste-Catherine (B004 – décembre 2000), le Parlement Européen (B006 – septembre 2001) et Eastman-Belliard (B005 – octobre 2001).

### 4.6.1 Réglementation CO

La directive européenne 2008/50/CE du 21 mai 2008 fixe comme valeur limite :

- **10 mg/m<sup>3</sup>** comme **le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures**, ce seuil ne peut plus être dépassé depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2005

### 4.6.2 Valeurs mesurées de CO

Le tableau IV.35 compare les niveaux de concentration obtenus aux différents postes de mesure. Les résultats de la concentration moyenne annuelle (MOY) et du 98<sup>ème</sup> centile (P98) sont donnés pour les années civiles 1997 à 2011. Les concentrations sont maximales au point de mesure Arts-Loi (B003), suivi par l'Avenue de la Couronne (R002).

Aux postes de mesure de Molenbeek (R001), Avant Port (N043) et Woluwé-St.-Lambert (WOL1), les concentrations mesurées sont moins élevées (voir fig. 4.128). Des concentrations moins élevées encore ont été constatées à Ste-Catherine (B004), Eastman-Belliard (B005) et au Parlement Européen (B006).

Un trafic ralenti engendre plus d'émissions de CO qu'un trafic fluide. Dans un environnement ouvert, la dispersion de la pollution est meilleure que dans un environnement fermé.

Les résultats indiquent clairement une tendance à la baisse (voir également fig. 4.127). Cela ressort de l'évolution dans le temps, aussi bien du centile supérieur (P98) que de la valeur moyenne. Depuis quelques années les concentrations moyennes semblent se stabiliser à un niveau faible.

Des tableaux plus détaillés, avec les résultats calculés de la distribution de fréquences cumulées pour les années civiles, ainsi que les périodes hivernales et estivales, figurent aux annexes B, C et D.

La valeur limite est déjà respectée sans problème depuis plusieurs années, même aux postes de mesures situés en proximité du trafic (voir la figure 4.126 et le tableau IV.36).

Tableau IV.35 : **CO-VALEURS HORAIRES : MOYENNE ANUELLE et P98**

PÉRIODE ANNUELLE : 1 JANVIER – 31 DÉCEMBRE  
 [ Concentration en mg/m<sup>3</sup> ]

MOY	R001	R002	B003	B004	B005	B006	N043	WOL1
1997		1.15	1.92					0.52
1998	0.24	0.84	1.50				--	0.55
1999	0.51	0.76	1.39				0.50	0.43
2000	0.50	0.85	1.13	--			0.44	0.35
2001	0.56	--	1.11	0.44	--	--	0.47	--
2002	0.57	0.67	--	0.41	0.40	0.36	0.49	0.36
2003	0.53	0.66	0.67	0.47	0.42	0.38	0.46	0.41
2004	0.43	0.59	0.68	0.41	0.36	0.34	0.44	0.39
2005	0.40	0.51	0.75	0.37	0.35	0.34	0.40	0.37
2006	0.38	0.45	0.71	--	0.34	0.33	0.43	0.37
2007	0.36	0.40	0.58	--	0.35	0.32	0.39	0.33
2008	0.34	0.33	0.55	0.29	0.28	0.23	0.34	0.32
2009	0.33	0.33		0.30	0.28	0.24	0.29	0.29
2010	0.37	0.37		0.30	0.29	0.27	0.27	0.28
2011	0.31	0.32		0.27	0.26	0.25	0.26	0.28

P98	R001	R002	B003	B004	B005	B006	N043	WOL1
1997		3.50	5.48					1.52
1998	0.88	2.68	4.31				--	1.46
1999	1.40	2.19	3.79				1.44	1.11
2000	1.29	2.21	2.80	--			1.22	1.04
2001	1.67	--	2.89	1.42	--	--	1.48	--
2002	1.36	1.82	--	1.13	0.97	0.92	1.39	1.03
2003	1.32	1.80	2.02	1.31	1.05	0.98	1.31	0.12
2004	1.10	1.47	1.88	1.04	0.88	0.78	1.15	0.95
2005	1.05	1.29	1.77	1.04	0.83	0.81	1.10	0.95
2006	0.94	1.13	1.61	--	0.81	0.79	0.92	0.91
2007	0.92	1.05	1.35	--	0.75	0.65	0.92	0.79
2008	0.97	0.89	1.27	0.73	0.68	0.59	0.84	0.78
2009	0.84	0.88		0.74	0.64	0.58	0.82	0.70
2010	0.84	0.80		0.72	0.65	0.60	0.65	0.66
2011	0.82	0.78		0.72	0.62	0.62	0.68	0.67

-- : moins de 50% de données validées par an

### 4.6.3 Dépassements de la valeur limite CO

Le tableau IV.36 représente, par année civile, la valeur maximale sur 8 heures. A partir du 1<sup>er</sup> janvier 2005 cette valeur doit être inférieure à 10 mg/m<sup>3</sup>. Actuellement cette condition est respectée partout dans la Région de Bruxelles-Capitale.

Tableau IV.36: **CO - VALEUR MAXIMALE sur 8 HEURES de l'ANNÉE**  
Période ANNUELLE : 1 JANVIER – 31 DÉCEMBRE  
[ Concentration en mg/m<sup>3</sup> ]

CO-8HrMax	R001	R002	B003	B004	B005	B006	N043	WOL1
1997		7.28	9.22					2.08
1998	1.74	4.73	6.54				--	2.39
1999	2.35	3.12	4.56				2.94	1.90
2000	4.09	3.42	3.56	--			3.06	2.17
2001	2.96	--	7.63	2.90	--	--	3.04	--
2002	2.86	2.06	--	2.42	1.46	1.40	2.41	1.40
2003	2.42	2.84	2.68	2.23	2.08	1.67	2.26	1.80
2004	1.71	2.24	2.28	1.61	1.70	1.76	1.92	2.38
2005	1.84	2.07	2.35	7.89	1.61	1.72	1.82	1.66
2006	1.87	2.09	2.60	(1.64)	1.81	1.64	2.05	1.77
2007	2.48	2.39	2.93	--	2.15	2.21	2.54	2.38
2008	1.94	1.73	(2.08)	(1.40)	1.30	1.26	1.32	1.26
2009	1.73	1.53		1.64	1.27	0.98	1.51	1.50
2010	1.25	1.23		1.09	0.96	0.95	1.04	1.08
2011	1.95	1.57		1.44	1.46	1.43	1.70	1.35

-- : moins de 50% de données validées par an

CO - CONCENTRATION MAXIMALE sur 8 HEURES de l'ANNEE  
PERIODE : 1987 - 2011

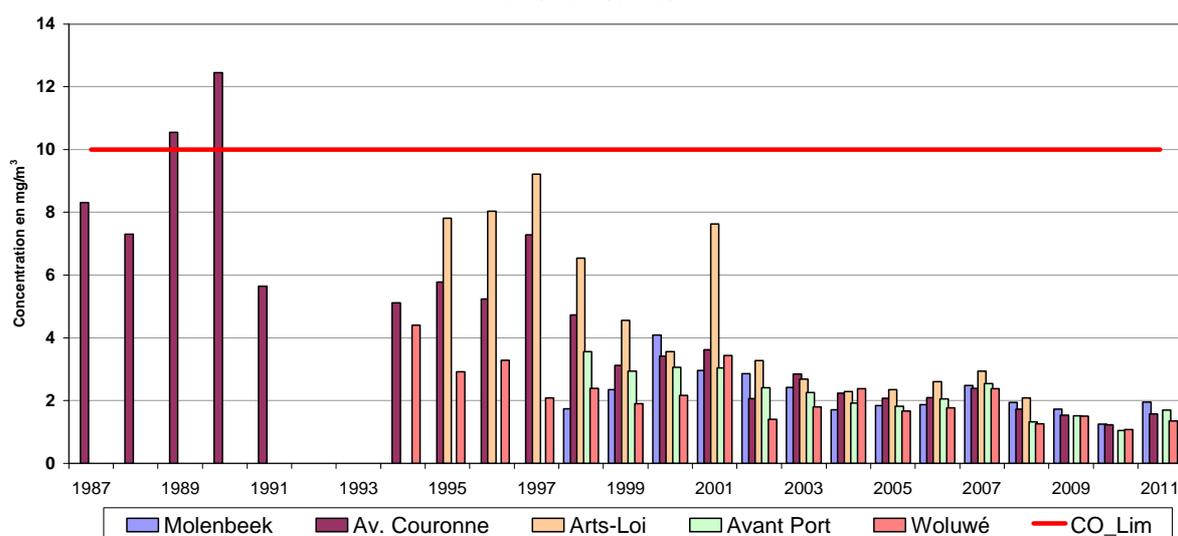


Fig. 4.126 : CO – Évolution de la concentration maximale sur 8 heures. Période 1987 – 2011

#### 4.6.4 Évolution à long terme des concentrations de CO

La figure 4.127 reproduit l'évolution de la pollution de CO dans le temps par un graphique de la distribution de fréquences cumulées. Le graphique du haut donne les statistiques annuelles pour le poste de mesure de l'Avenue de la Couronne à Ixelles (R002) et le graphique du dessous, celles pour le poste de mesure de Woluwé (WOL1). La période couvre les années civiles 1987 à 2011 pour le poste R002 et 1994 à 2011 pour WOL1.

Les résultats des deux postes de mesure révèlent une baisse notable des différents paramètres statistiques (P30 à P98, médiane et moyenne arithmétique). Tout comme la baisse des concentrations de monoxyde d'azote (fig. 4.11), cette baisse est due notamment à l'introduction du catalyseur à trois voies. Pour l'année 2001, les séries de données sont incomplètes à cause du déménagement forcé du poste de mesure R002 et à une indisponibilité temporaire du poste de Woluwé. À partir de l'an 2002 la tendance à la baisse devient plus faible comparée à celle constatée durant les années '90. Les dernières années la concentration moyenne semble plutôt se stabiliser à un niveau faible.

Depuis 1989, le catalyseur est obligatoire sur les nouvelles voitures à essence d'une cylindrée supérieure à 2000 cc et depuis 1993, sur toutes les nouvelles voitures à essence. La valeur limite, fixée à 10 mg/m<sup>3</sup> en tant que valeur maximale sur 8 heures, pourra être respectée sans aucun problème à l'avenir.

La figure 4.128 donne une comparaison entre les niveaux CO des différents postes de mesure. Le graphique au-dessus représente les résultats de la période hivernale « octobre 2010 – mars 2011 » et le graphique en dessous ceux de la période estivale « avril – septembre 2011 ». Les niveaux les plus élevés sont observés dans les postes de mesures à proximité du trafic et les niveaux les plus faibles en zone résidentielle. Il y a une différence notable entre les concentrations mesurées en période hivernale et estivale.

La figure 4.129 reproduit graphiquement l'évolution hebdomadaire moyenne pour le poste de mesure situé à l'Avenue de la Couronne à Ixelles (R002). La concentration moyenne (AVG), la médiane (P50) et les centiles P10 et P90 sont représentés sous forme de graphique, par période horaire. Ces deux dernières valeurs délimitent approximativement la zone dans laquelle la concentration fluctue de jour en jour.

Le graphique du dessus renvoie à la période hivernale 'octobre 2010 – mars 2011' et le graphique du dessous à la période estivale 'avril – septembre 2011'. Le profil hebdomadaire suit l'intensité du trafic. Les concentrations moyennes sont manifestement plus élevées les jours ouvrables que les samedis et dimanches. Au poste R002, le pic du matin est plus élevé que celui du soir. Le pic du soir de la période estivale est plus faible que celui de la période hivernale.

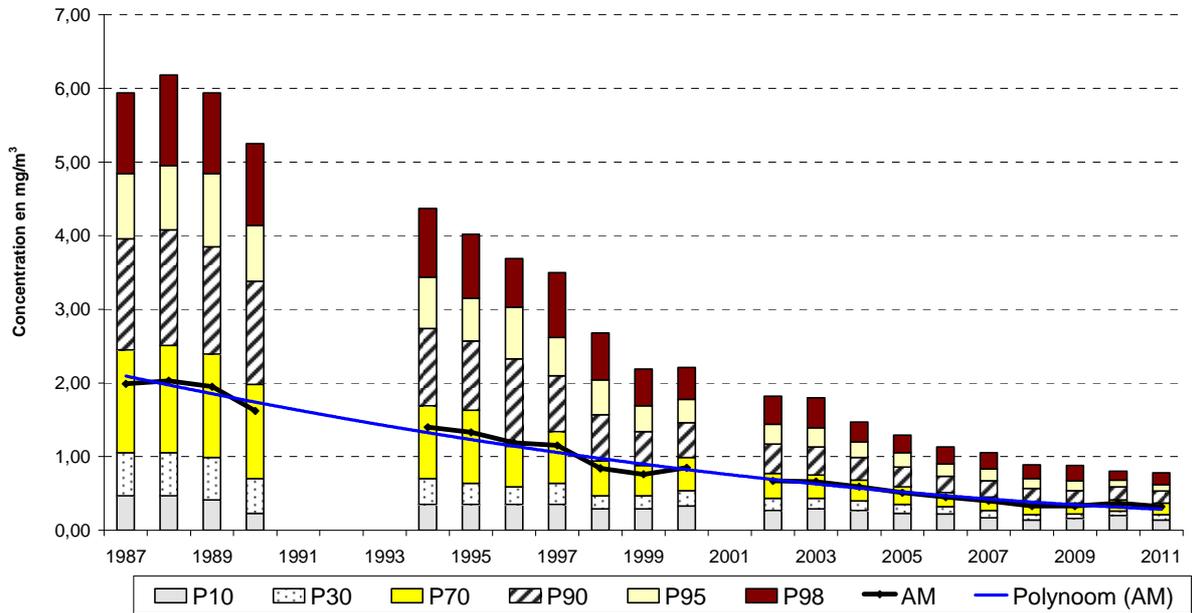
La figure 4.130 reproduit graphiquement le *profil journalier moyen* pour le *CO*, pour le poste Ixelles-Avenue de la Couronne (R002). Le graphique d'en haut renvoie à la *période hivernale* 'octobre 2010 – mars 2011' et le graphique d'en bas, à la *période estivale* 'avril – septembre 2011'. À cet égard, une distinction est faite entre les jours ouvrables, les samedis et les dimanches.

Aux postes de mesure axés sur le trafic, les concentrations de CO sont en moyenne plus élevées les jours ouvrables, et plus élevées le samedi que le dimanche. Entre un jour ouvrable, un samedi et un dimanche, le profil journalier opère en outre un glissement dans le temps. Le samedi, le pic matinal est fortement réduit et se produit plus tard dans la journée. Le dimanche, le pic matinal est encore plus faible et le pic du soir est largement étendu de l'après-midi à la fin de soirée. Les concentrations pendant les heures nocturnes du dimanche au lundi sont moindres par rapport aux autres nuits.

Au poste de mesure d'Ixelles les niveaux des pics du soir sont plus faibles que ceux du pic matinal. Les niveaux du pic du soir de la période estivale sont inférieurs à ceux de la période hivernale.

La figure 4.132 donne, pour le poste de mesure d'Ixelles, une comparaison entre les niveaux observés en 1989 et 2011. Pour ces deux périodes est représentée l'évolution moyenne journalière d'un 'dimanche moyen' et d'un 'jour ouvrable moyen'. Le graphique du dessus se réfère aux périodes hivernales 'octobre 2010 – mars 2011' et 'octobre 1988 – mars 1989'. Le graphique du dessous se réfère aux périodes estivales 2011 (avril – septembre) et 1989. Les concentrations mesurées en 2010/11 sont sensiblement plus faibles que celles mesurées pendant la période 1989/90.

**CO à IXELLES (R002) - EVOLUTION dans le TEMPS**  
**DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES**  
 Période "JANVIER - DECEMBRE"



**CO à WOLUWE-St-Lambert (WOL1) - EVOLUTION dans le TEMPS**  
**DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES**  
 Période "JANVIER - DECEMBRE"

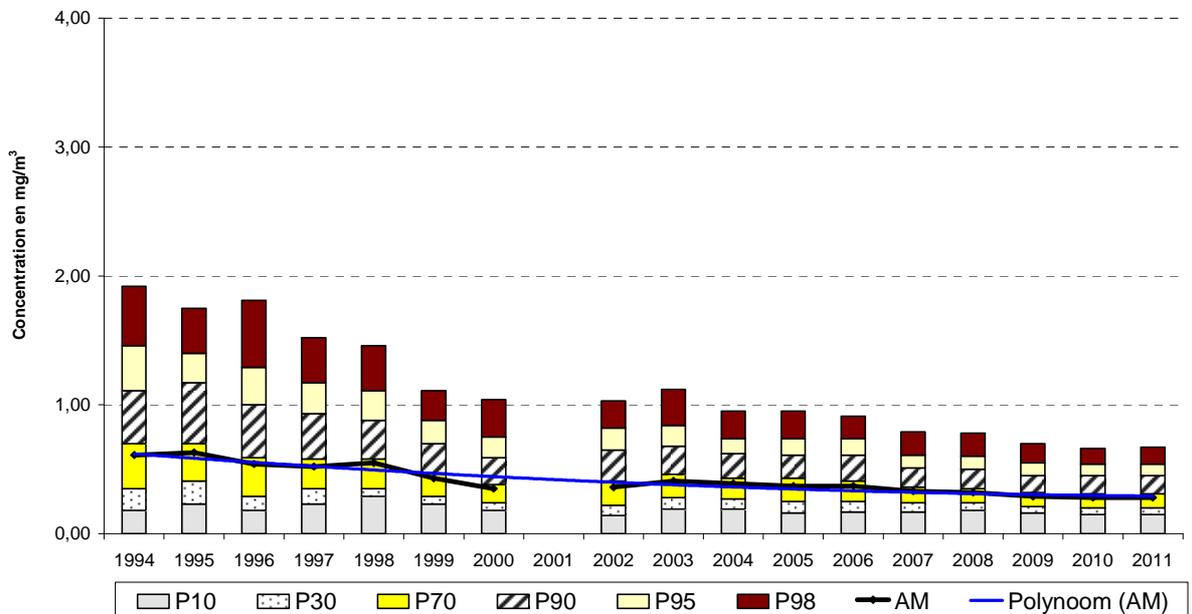
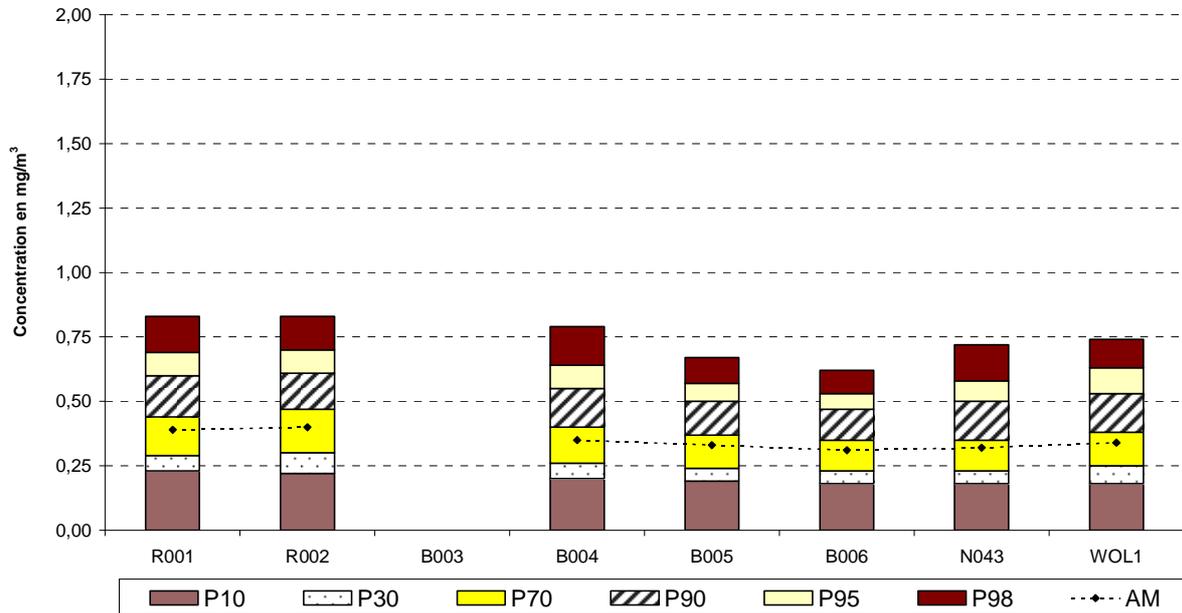


Fig. 4.127: CO : Évolution de la concentration à Ixelles (1987 – 2011) et à Woluwé (1994 – 2011)

**CO - COMPARAISON POSTES de MESURE**  
**DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES**  
 Période HIVERNALE "OCTOBRE 2010 - MARS 2011"



**CO - COMPARAISON POSTES de MESURE**  
**DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES**  
 Période ESTIVALE "AVRIL - SEPTEMBRE 2011"

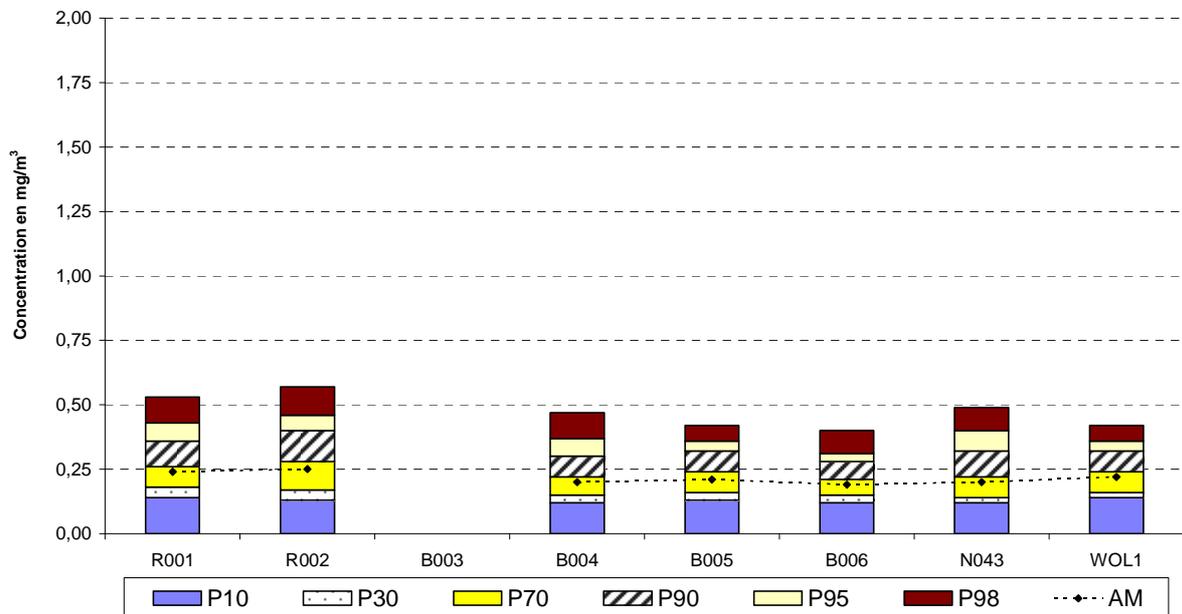
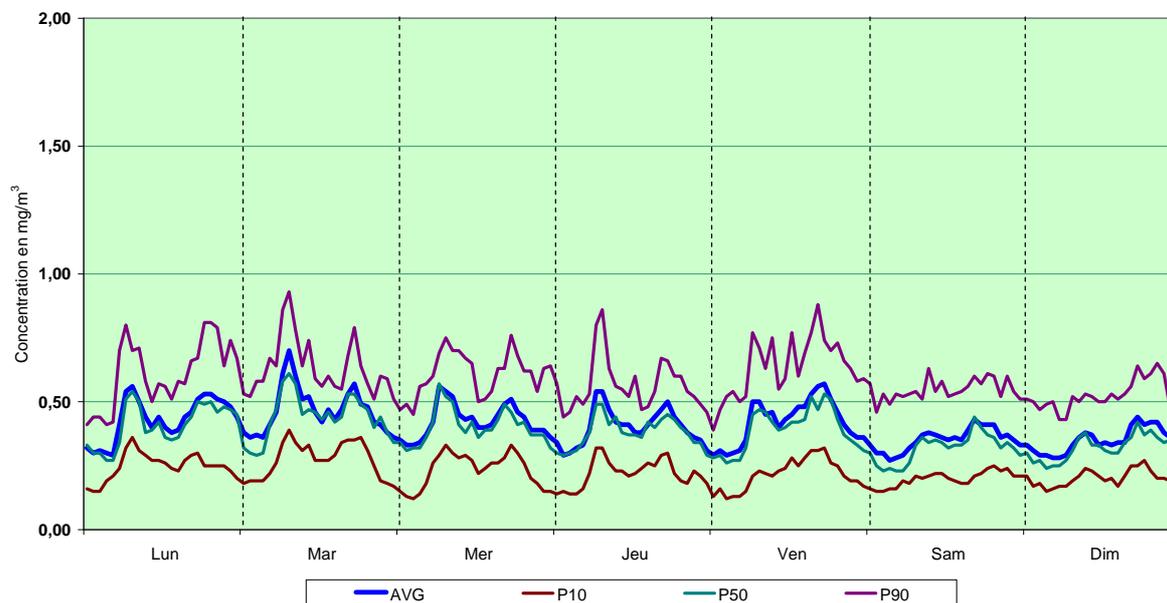


Fig. 4.128: Comparaison des concentrations en CO aux différents postes de mesure Période hivernale 'octobre 2010 – mars 2011' et estivale 'avril – septembre 2011'

### CO à IXELLES (R002) - CANYON STREET

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE

Période HIVERNALE : OCTOBRE 2010 - MARS 2011



### CO à IXELLES (R001) - CANYON STREET

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE

Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2011

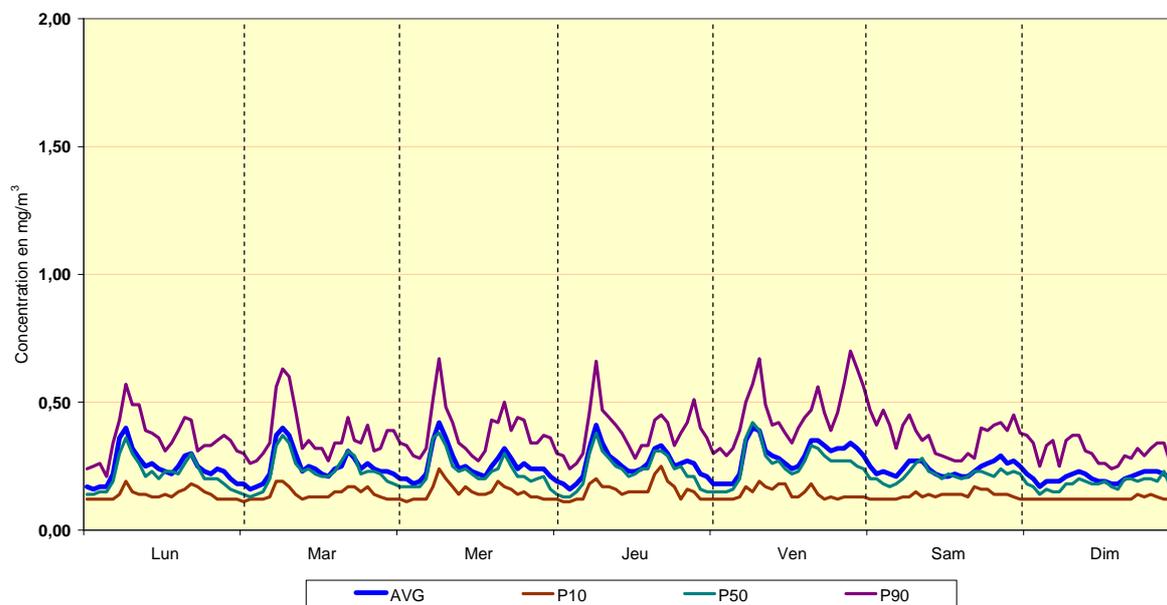
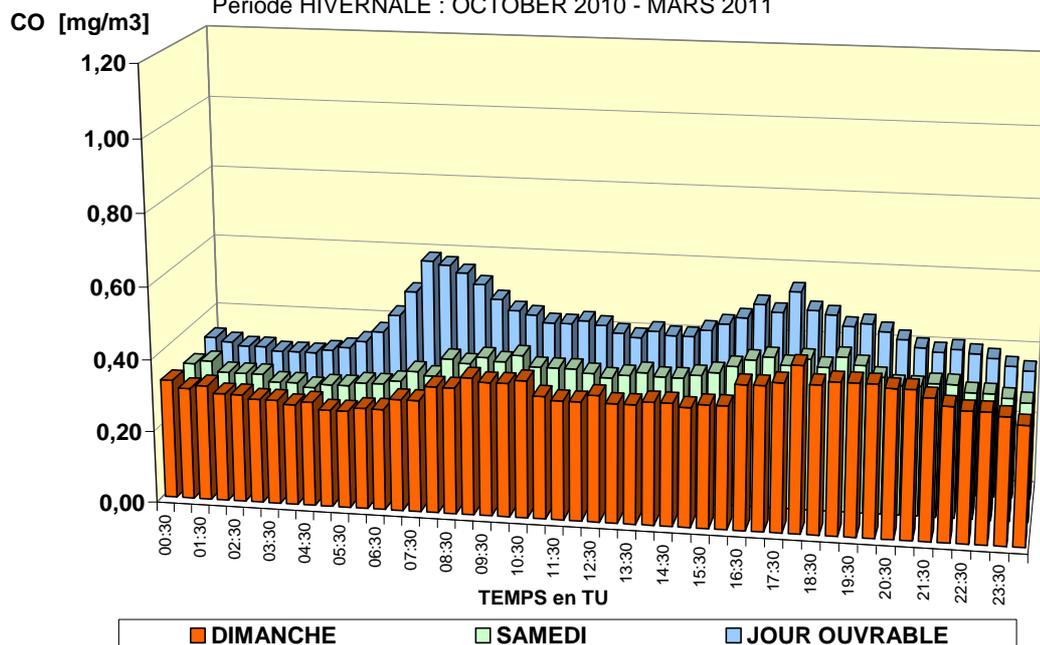


Fig. 4.129: Évolution hebdomadaire moyenne de la concentration en CO pendant l'hiver et l'été  
Concentration moyenne (AVG), P10, la médiane (P50) et P90

**CO - IXELLES (R002) - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE  
COMPARAISON DIMANCHE, SAMEDI et JOUR OUVRABLE MOYEN**

Période HIVERNALE : OCTOBER 2010 - MARS 2011



**CO - IXELLES (R002) - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE  
COMPARAISON DIMANCHE, SAMEDI et JOUR OUVRABLE MOYEN**

Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2011

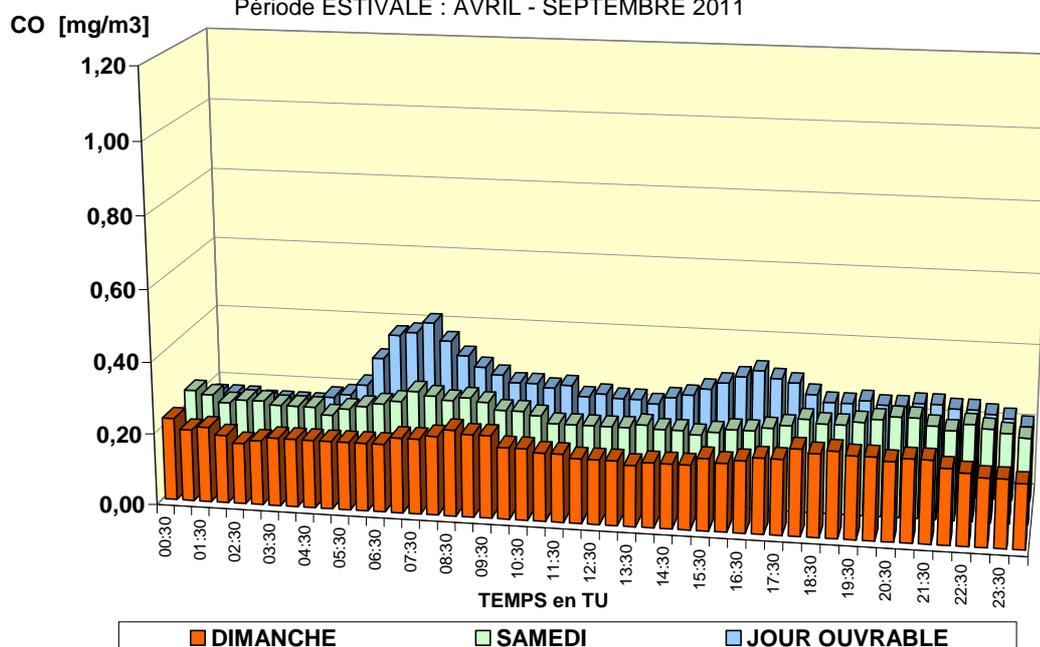


Fig. 4.130: Évolution journalière moyenne en CO pendant l'hiver et l'été (dimanche, samedi et jour ouvrable) - Poste de mesure Ixelles – Avenue de la Couronne (R002)

#### 4.6.5 ÉVOLUTION du CO à l'Avenue de la Couronne à Ixelles

Les premières mesures systématiques du CO en Belgique ont été effectuées en 1973 par la division "Air" de l'IHE (Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie) dans l'Avenue de la Couronne, à Bruxelles. Les résultats de ces mesures n'ont pas été conservés en détail. En raison des dimanches sans voiture de l'époque (première crise pétrolière), le profil journalier moyen pour le CO, calculé pour toute l'année civile 1973 et pour les dimanches sans voiture, a toutefois été conservé.

La figure 4.131 compare le profil journalier moyen pour le CO de 1973 au profil journalier pour le CO, calculé pour les années civiles 1989, 1999, 2005 et 2011. En 1973, les mesures ont été effectuées au même endroit que l'actuel point de mesure de l'Avenue de la Couronne. Ce point de mesure est typique d'une rue à grand trafic, avec un bâti ininterrompu de part et d'autre de la route (*canyon-street*).

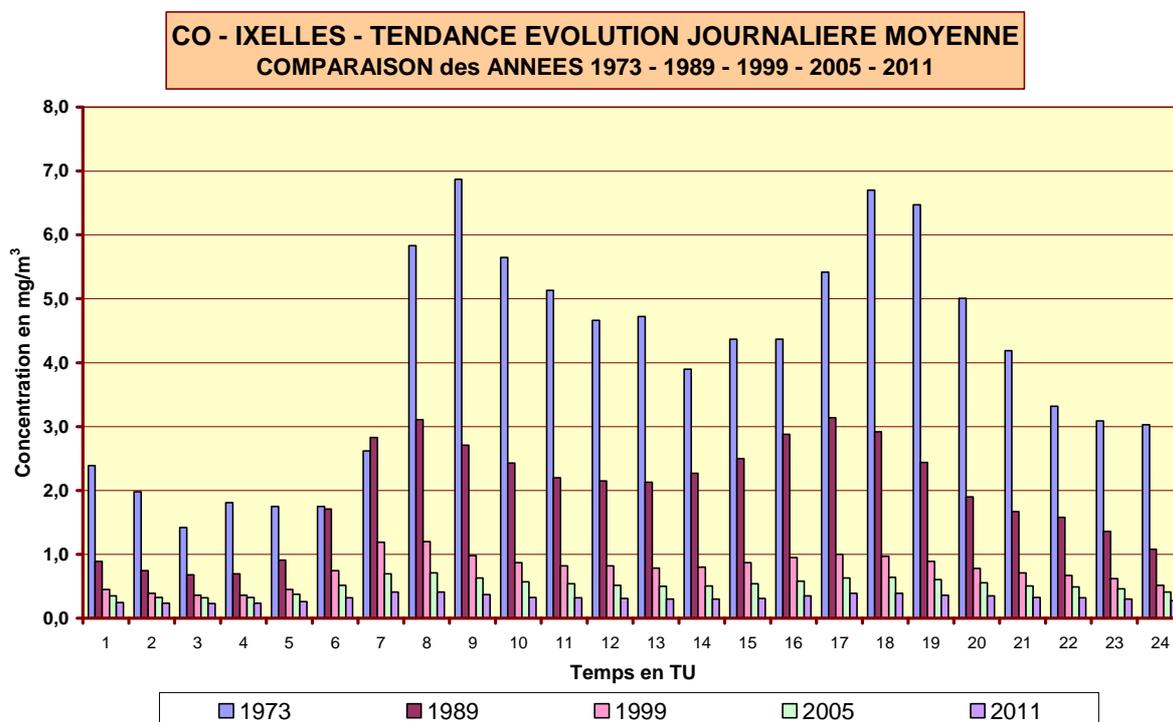


Fig. 4.131: Évolution journalière moyenne en CO en 1973, 1989, 1999, 2005 et 2011

Entre 1973 et 1986, le CO n'a pas fait l'objet de mesures permanentes et les résultats éventuels n'ont pas été conservés systématiquement. Durant cette période, les concentrations de CO ont cependant diminué sensiblement, alors que durant la même période, les concentrations de NO<sub>x</sub> ont nettement augmenté, suite à l'augmentation du trafic. Très tôt, il y a eu, en Belgique (contrôle technique) et chez certains de nos voisins, un contrôle sur les émissions de CO dues aux voitures. Le développement de nouveaux moteurs à essence d'un meilleur rendement et le nombre croissant de véhicules au diesel ont fortement contribué, à l'époque, à la diminution manifeste des émissions de CO.

Le fait que la situation ait continué de s'améliorer après 1989 est dû notamment à l'introduction du catalyseur à trois voies et à la part toujours croissante de véhicules au diesel dans le parc de voitures total.

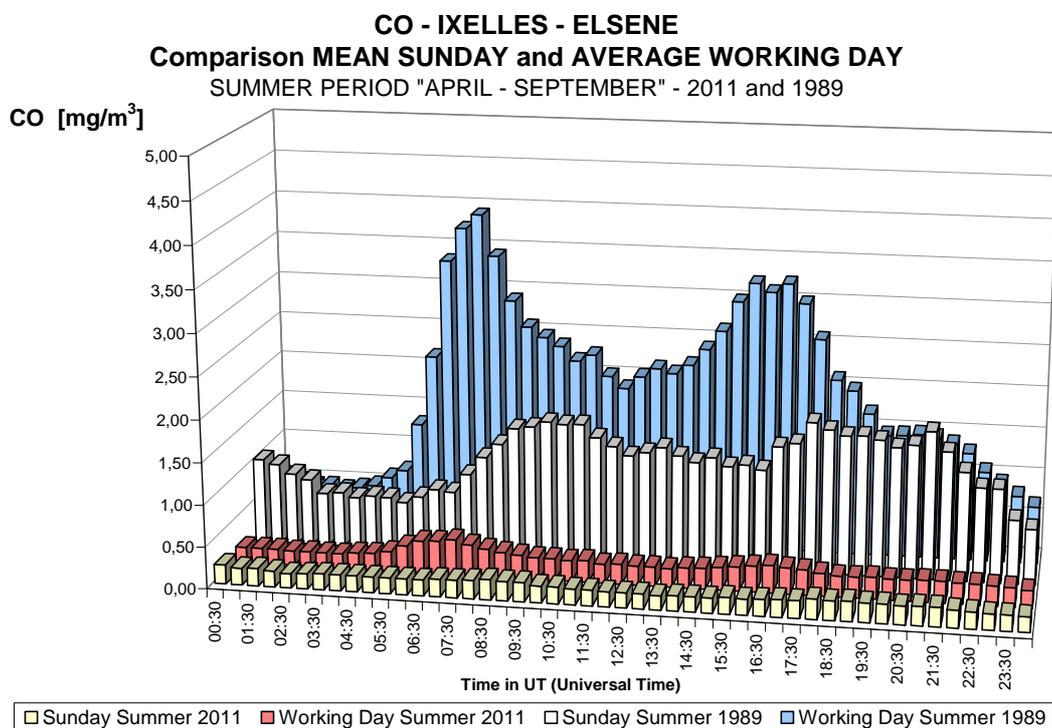
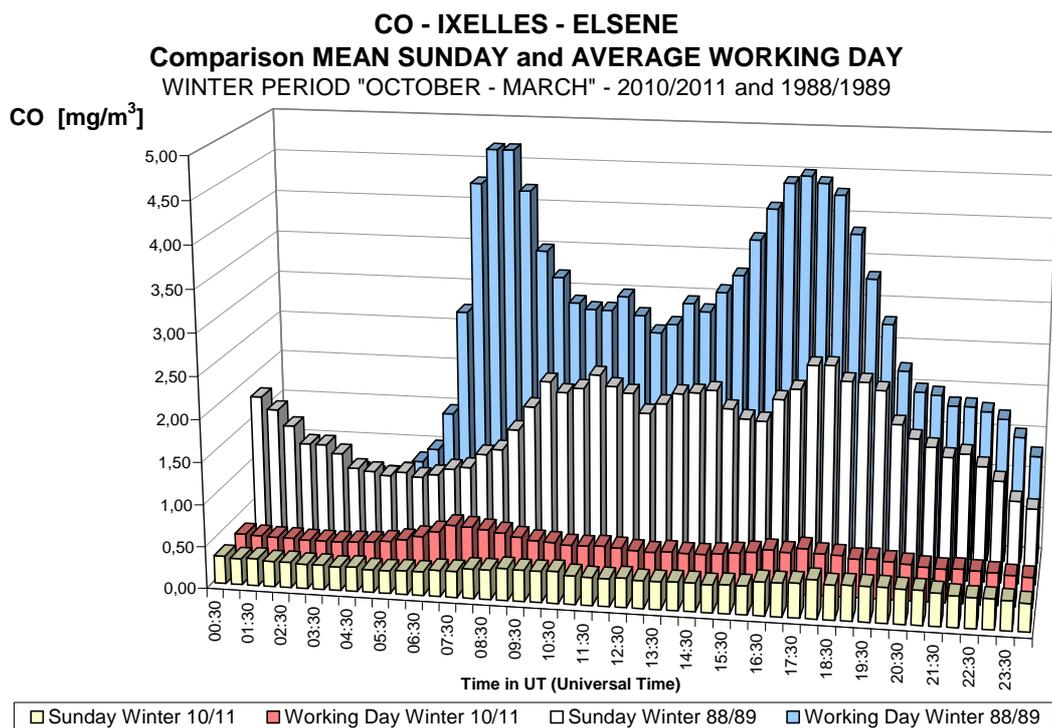


Fig. 4.132: CO - Évolution journalière moyenne – ‘dimanche moyen’ et ‘jour ouvrable moyen’ Ixelles (R002) – Comparaison périodes hivernales 1988-1989 et 2010-2011 (graphique du dessus) et périodes estivales 1989 et 2011 (graphique du dessous)

#### 4.6.6 Rendement et précision des résultats pour le CO :

Les tolérances applicables aux tests de contrôle réguliers (tous les trois jours) du réseau de mesure télémétrique sont de 5%. Le rendement (saisie de données en %) des résultats pour le CO est donné dans le tableau IV.37.

Tableau IV.37 : **VALEURS HORAIRES en CO – Saisie de données**

Rendement en % = nombre de valeurs horaires validées / nombre de périodes horaires

PÉRIODE ANNUELLE : 1 JANVIER – 31 DÉCEMBRE

CO	R001	R002	B003	B004	B005	B006	N043	WOL1
1986		38.5						
1987		94.3						
1988		95.3						
1989		93.1						
1990		91.1						
1991		44.8						
1992								
1993								
1994		77.6						77.3
1995		95.6	80.2					84.5
1996		97.0	94.5					90.9
1997		91.6	96.5					84.4
1998	79.9	96.2	95.7				20.9	90.1
1999	96.8	95.6	95.1				97.6	88.7
2000	95.1	94.9	93.9	5.9			92.9	91.2
2001	96.1	36.9	96.7	95.5	19.5	29.2	97.7	24.2
2002	97.2	65.1	43.6	97.9	97.3	96.7	73.1	92.1
2003	87.2	98.4	82.5	97.1	98.3	98.0	97.9	90.8
2004	84.8	98.0	97.7	96.7	90.1	98.4	96.4	92.9
2005	97.4	91.9	93.9	91.2	97.0	98.2	94.9	90.7
2006	96.4	98.3	95.6	16.2	97.9	98.3	96.2	91.2
2007	92.1	90.0	98.2		93.8	98.1	95.6	93.7
2008	89.6	89.5	61.4	75.7	94.3	92.4	86.6	96.0
2009	89.0	88.9		93.7	97.9	91.2	90.0	97.4
2010	89.6	88.1		98.3	96.9	90.9	98.4	94.6
2011	91.1	89.6		96.9	96.0	89.6	97.7	88.2

Série incomplète de données – (re)mise en service

Plus de 90% de données disponibles

## 4.7 DIOXYDE DE SOUFRE (SO<sub>2</sub>)

Le dioxyde de soufre est mesuré en «temps réel» dans 7 des 11 postes du réseau téléométrique. Un échantillonnage sur 24 heures est de plus effectué à 3 points de mesure. Dans ce cas, la détermination du SO<sub>2</sub> se fait ensuite en laboratoire, par le biais d'une analyse chimique humide. Les mesures du SO<sub>2</sub> dans les poste de Berchem-Ste-Agathe, de Forest (Electrabel) et à Arts-Loi ont été mises à l'arrêt respectivement en février 2005, avril 2005 et août 2008.

Les points de mesure de SO<sub>2</sub> du réseau téléométrique se situent à Molenbeek (41R001), Ixelles-Avenue de la Couronne (41R002), Eastman-Belliard (B005), Uccle (41R012), l'Avant Port (41N043), Woluwé-St-Lambert (41WOL1) et au parc Meudon (41MEU1). Les valeurs journalières pour le SO<sub>2</sub> sont calculées sur la base des concentrations moyennes semi-horaires.

Les points de mesure à échantillonnage sur 24 heures se situent à Uccle (21R012), à Bruxelles-ville (21B004) et au parc Meudon (21MEU1).

### 4.7.1 Réglementation SO<sub>2</sub>

La *directive européenne 2008/50/CE* du 21 mai 2008 fixe les valeurs limites pour le SO<sub>2</sub> ; les valeurs limitent devraient être respectées à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2005 :

- **350 µg/m<sup>3</sup>** comme **valeur horaire** à ne pas dépasser plus de **24 fois par année calendrier**.
- **125 µg/m<sup>3</sup>** comme **valeur journalière** à ne pas dépasser plus de **3 fois par année calendrier**.

### 4.7.2 Valeurs de SO<sub>2</sub> mesurées

Le tableau IV.38 reproduit les principaux paramètres statistiques par lieu de mesure, calculés sur la base des valeurs journalières disponibles sur l'année. Le tableau indique la moyenne arithmétique (MOY) et le 98<sup>ème</sup> centile (P98).

Les résultats indiquent que les valeurs limites, valables pour une période annuelle, sont respectées à tous les points de mesure. Sur la période 2009-2011, il n'y a eu aucune valeur journalière pour le SO<sub>2</sub> supérieure à 125 µg/m<sup>3</sup>

Dans la Région de Bruxelles-Capitale, les concentrations de SO<sub>2</sub> sont relativement basses depuis assez longtemps et les différences de niveaux de concentration entre les jours ouvrables et les jours non ouvrables, et entre les périodes estivales et hivernales sont donc assez limitées. Des tableaux détaillés, avec la répartition de fréquences cumulées pour les valeurs horaires et journalières du SO<sub>2</sub>, figurent aux *annexes B, C et D*. Des résultats y sont présentés pour les périodes annuelles, hivernales (*octobre - mars*) et estivales (*avril - septembre*).

Tableau IV.38: **SO<sub>2</sub>-VALEURS JOURNALIÈRES – MOYENNE et P98 [µg/m<sup>3</sup>]**

PÉRIODE ANNUELLE : 1 JANVIER – 31 DÉCEMBRE

MOY	R001	R002	B003	B005	B011	R012	N043	MEU1	WOL1	E013
1996	25	17	24		13	14	16		14	19
1997	18	11	17		13	12	12		11	15
1998	15	9	14		10	10	13		7	11
1999	12	9	13		9	9	11	--	5	9
2000	10	8	10		7	7	9	8	4	9
2001	10	--	11	--	8	8	8	9	--	9
2002	9	6	--	7	6	7	6	6	6	7
2003	10	7	9	8	6	7	7	7	7	8
2004	9	5	9	7	5	7	6	6	4	7
2005	6	4	8	5	#	6	6	5	6	#
2006	6	5	7	5		6	6	5	6	
2007	5	4	6	4		7	6	4	5	
2008	4	5	5	4		5	5	3	3	
2009	4	4	#	4		5	4	3	4	
2010	4	6		4		5	3	3	4	
2011	4	4		3		5	3	--	4	

P98	R001	R002	B003	B005	B011	R012	N043	MEU1	WOL1	E013
1996	71	58	67		47	56	47		52	70
1997	65	49	67		64	51	44		60	72
1998	43	32	40		33	30	37		26	36
1999	34	20	36		22	26	30	--	21	30
2000	27	19	28		21	22	21	20	18	27
2001	31	--	28	--	25	23	22	23	--	31
2002	26	14	--	23	26	23	17	20	13	29
2003	30	24	29	29	23	28	23	22	21	30
2004	22	14	24	17	16	20	14	18	15	19
2005	18	13	18	14	#	19	15	12	13	#
2006	19	14	22	16		19	17	15	15	
2007	15	12	18	14		20	15	14	13	
2008	12	13	18	10		12	11	10	8	
2009	12	9	#	9		12	13	10	10	
2010	9	11		9		11	7	7	9	
2011	8	7		6		10	7	--	7	

-- : moins de 50% de données validées sur base annuelle

Suite du tableau IV.38: **SO<sub>2</sub>-VALEURS JOURNALIÈRES – Réseau NON-TÉLÉMÉTRIQUE**

**CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE et P98 [µg/m<sup>3</sup>]**

MOY	21MEU1	21R012	21B004	21POLI	21LAEK	21ANDE
1996		11.1		--	10.8	--
1997		9.1		17.2	10.8	13.7
1998	6.2	7.6		13.2	7.5	8.7
1999	6.0	6.4		10.6	6.2	8.7
2000	4.8	5.4		10.0	5.0	6.7
2001	4.5	5.3		9.2		
2002	4.5	4.9		7.7		
2003	6.0	5.6	--	9.5		
2004	4.5	3.6	5.2			
2005	3.6	3.5	5.1			
2006	3.1	3.4	--			
2007	3.0	3.2	--			
2008	2.1	3.4	2.6			
2009	2.0	2.9	2.7			
2010	2.2	2.1	1.8			
2011	--	1.3	1.1			

P98	21MEU1	21R012	21B004	21POLI	21LAEK	21ANDE
1996		34.8		--	44.1	--
1997		44.9		78.5	53.4	68.2
1998	19.9	26.1		40.4	28.5	26.7
1999	16.4	18.7		33.0	17.8	29.3
2000	13.5	16.1		27.9	19.9	20.8
2001	12.7	16.1		24.9		
2002	14.7	15.7		23.7		
2003	17.4	18.8	--	26.1		
2004	12.4	9.4	13.9			
2005	10.2	8.7	12.8			
2006	10.6	10.2	--			
2007	9.2	10.4	--			
2008	7.0	14.0	7.7			
2009	8.2	8.9	10.6			
2010	6.0	6.5	6.7			
2011	--	4.8	3.8			

-- : moins de 50% de données sur base annuelle

#### 4.7.3 Dépassements des valeurs limites SO<sub>2</sub> (2008/50/CE)

Depuis 1998 il n'y a plus eu de dépassements de la valeur limite de 350 µg/m<sup>3</sup> en tant que moyenne horaire, ni de la valeur limite de 125 µg/m<sup>3</sup> en tant que moyenne journalière.

#### 4.7.4 Évolution à long terme des concentrations de SO<sub>2</sub>

La figure 4.133 reproduit l'*évolution* de la concentration de SO<sub>2</sub> à *plus long terme* (1968-2011). La baisse constatée durant les années '70 jusqu'au début des années '80, est la conséquence de divers facteurs : une succession de limitations légales concernant la teneur maximale autorisée en soufre dans les combustibles de chauffage et de production d'énergie, le remplacement de combustibles solides et liquides par le gaz naturel comme source d'énergie pour le chauffage domestique et la mise en service de centrales nucléaires. Le taux de soufre dans le diesel, qui a été ramené à 0,2% (masse/masse) durant les années '80, a été diminué par après vers 0,05%. Depuis 2000 les taux admissibles de S sont de 350 ppm (0.035%) pour le diesel et de 150 ppm pour l'essence. Les concentrations moyennes actuelles en SO<sub>2</sub> sont environ 20 à 50 fois plus faibles que celles mesurées au début des années '70.

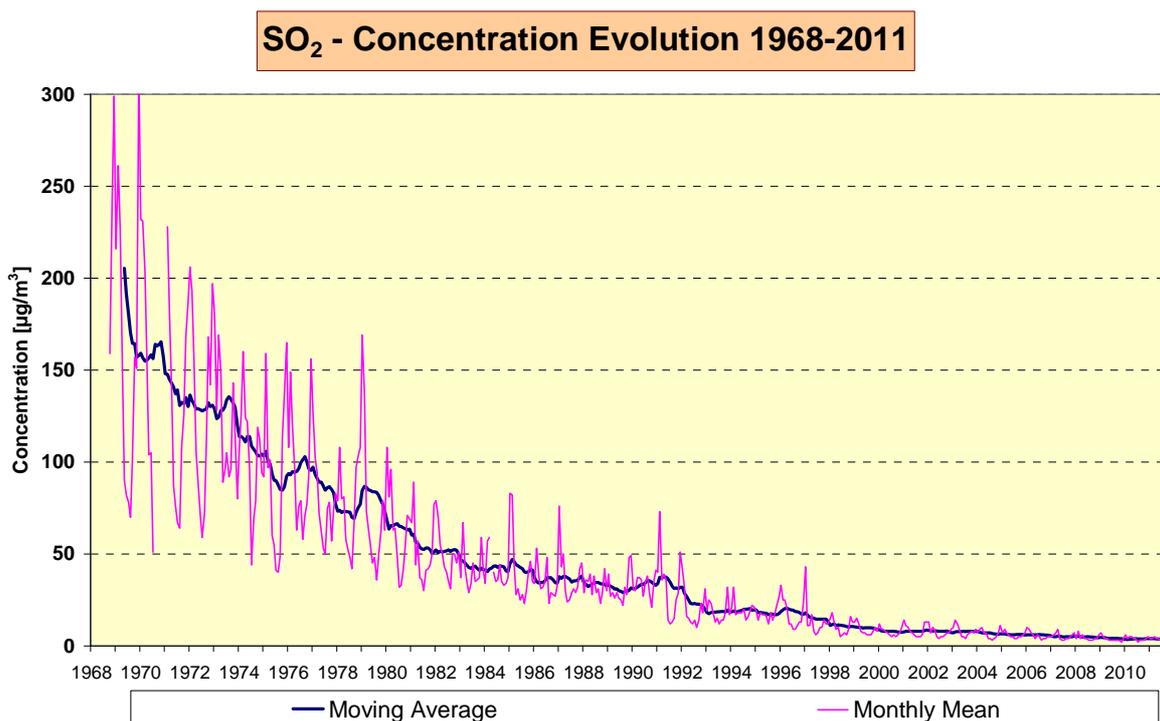


Fig. 4.133: SO<sub>2</sub> - évolution de la concentration à long terme (1968-2011)

#### 4.7.5 Rendement et précision des mesures du SO<sub>2</sub>

L'annexe I de la directive 2008/50/CE formule des objectifs relatifs à la qualité des données de mesure et à la collecte des résultats en vue d'évaluer la qualité de l'air. Pour les mesures en continu, une précision de 15% et un enregistrement minimal de données de 90% sont requis.

La qualité des résultats de mesure du réseau téléométrique est déterminée notamment par la précision du standard de référence et du standard de transfert (environ 2%), la reproductibilité du test interne de chaque poste de mesure (environ 1%) et l'écart autorisé lors de la réalisation des tests de contrôle réguliers (6%).

La fiabilité du standard de référence (banc d'étalonnage CELINE) est régulièrement contrôlée par la participation à des tests comparatifs internationaux, dans le cadre de programmes de qualité organisés par la CE ou l'OMS.

La majorité des mesures ont une précision nettement meilleure que la tolérance de 15 % imposée. Grâce aux progrès techniques de ces dernières années, tout le système de mesure est devenu plus stable dans le temps.

Les concentrations de SO<sub>2</sub> dans la Région de Bruxelles-Capitale sont cependant très faibles. Vu la proximité de la limite de détection, la marge d'erreur des résultats les plus bas (1 à 3 fois la limite de détection) peut être proportionnellement supérieure à 15%. Dans cet environnement, la précision est de toute façon limitée par la procédure analytique. La plus petite valeur détectable est d'environ 2,6 µg/m<sup>3</sup> (1 ppb) pour le réseau de mesure téléométrique et d'environ 1 µg/m<sup>3</sup> pour la méthode chimique en milieu humide.

Le tableau IV.42 donne un aperçu des rendements (saisie de données en %) des mesures du SO<sub>2</sub>. Actuellement, l'enregistrement de données est supérieur à 90% sur base annuelle et ce, à plusieurs points de mesure. Les rendements plus faibles à R002 en 2001, à B003 en 2002 et 2008 et à MEU1 en 2010 et 2011 sont dus respectivement au déménagement, à la réinstallation/aménagement et l'indisponibilité du poste de mesure.

Tableau IV.39 : **SO<sub>2</sub>-VALEURS JOURNALIÈRES – RENDEMENTS**

saisie de données (en %) = nombre de valeurs journalières validées / nombre de jours

RÉSEAU TÉLÉMÉTRIQUE  
PÉRIODE ANNUELLE : 1 JANVIER – 31 DÉCEMBRE

Année	R001	R002	B003	B004	B011	R012	N043	MEU1	WOL1	E013
1981	68.2					75.0	67.6			
1982	61.9					84.3	79.4			
1983	70.6					83.0	92.8			
1984	64.2					84.9	86.6			
1985	83.0					79.1	83.8			
1986	81.9	35.6				86.5	92.0			
1987	84.3	86.0				77.5	83.2			
1988	77.3	95.9				85.2	84.9			
1989	82.1	94.5				93.9	80.8			
1990	75.0	70.6				69.0	79.4			
1991	48.2	53.4				93.9	85.2			
1992	86.0	61.7				79.7	92.8			
1993	92.3	19.4	93.1		94.5	91.2	95.0			
1994	87.1	70.6	75.8		89.8	83.5	87.3		74.7	
1995	90.9	89.3	79.4		93.9	61.3	90.1		84.6	
1996	89.8	90.7	82.5		93.1	90.7	93.4		96.4	77.0
1997	84.6	90.6	81.0		74.7	80.8	78.0		89.0	66.8
1998	93.4	96.9	82.1		94.5	97.2	97.8		95.6	91.5
1999	95.3	96.4	93.1		96.7	98.6	97.5	9.5	86.8	94.5
2000	96.7	95.9	97.5		97.8	96.4	90.7	89.8	73.7	80.6
2001	91.5	38.6	93.6	18.9	96.9	95.3	93.4	99.1	5.7	85.7
2002	98.3	66.5	40.2	94.2	94.2	98.6	97.5	99.9	92.0	86.5
2003	97.5	97.2	76.9	98.9	95.3	98.3	92.3	98.3	92.8	85.2
2004	98.6	95.6	98.9	98.3	92.6	98.9	96.7	98.3	92.8	92.6
2005	98.9	99.9	92.8	97.2	8.7	97.8	98.0	90.1	94.2	31.5
2006	98.3	99.9	98.0	98.9		98.0	96.9	95.8	95.0	
2007	99.1	99.9	97.5	96.7		99.4	92.8	95.6	96.9	
2008	99.4	99.9	60.3	99.9		95.9	94.2	98.3	98.0	
2009	99.9	99.7		99.9		96.7	86.5	99.1	98.0	
2010	99.1	97.5		98.6		97.8	98.9	54.7	94.7	
2011	99.9	99.4		99.4		97.2	96.9	26.0	95.6	

Série de données incomplète – (re)mise en service/interruption des mesures

Plus de 90% de données disponibles

Suite du tableau IV.39 : **SO<sub>2</sub>-VALEURS JOURNALIÈRES – RENDEMENTS**

RÉSEAU NON-TÉLÉMÉTRIQUE : ÉCHANTILLONNAGE sur 24-HEURES  
PÉRIODE ANNUELLE : 1 JANVIER – 31 DÉCEMBRE

Année	21MEU1	21R012	21B004	21POLI	21LAEK	21ANDE
1995		96.4				
1996		92.6		46.9	93.7	48.0
1997		97.8		86.3	98.3	81.6
1998	61.3	83.0		86.3	94.7	74.2
1999	92.0	95.3		96.7	99.1	96.4
2000	93.9	86.6		91.2	65.8	61.2
2001	92.6	90.1		91.2		
2002	93.4	94.2		93.1		
2003	93.9	93.4	7.3	71.5		
2004	94.5	85.2	92.0			
2005	96.7	91.2	93.1			
2006	95.8	94.2	14.5			
2007	99.4	90.9				
2008	99.4	95.3	67.7			
2009	99.4	96.7	99.4			
2010	54.2	95.8	96.1			
2011	21.6	95.0	99.7			

## 4.8 PLOMB (Pb)

La teneur en plomb dans l'air est actuellement mesurée dans 4 postes de mesures : l'Avenue de la Couronne à Ixelles (0IHE03), le Parc Meudon (01MEU1), le site de l'IRM à Uccle (01R012) et à proximité de la société FMM à Anderlecht (01AND3).

La station de l'Avenue de la Couronne se situe dans une "canyon street" où le trafic est intense. Des mesures sur le niveau de fond sont effectuées sur les terrains de l'IRM à Uccle. Jusqu'en 2003 l'échantillonnage se faisait sur 24 heures. Depuis l'échantillonnage se fait par période de 7 jours.

### 4.8.1 Réglementation Pb

La directive 2008/50/CE du 21 mai 2008 fixe comme valeur limite :

- **0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  comme **concentration moyenne annuelle**. Cette valeur limite est à respecter depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2005.

### 4.8.2 Valeurs plomb mesurées

Le tableau IV.40 reproduit les concentrations moyennes annuelles obtenues aux différents postes de mesure durant les années calendrier 1997 à 2011. Les valeurs sont exprimées en **nanogramme par mètre cube** et doivent donc être comparées à la valeur normative de 500  $\text{ng}/\text{m}^3$  (0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

La valeur limite de 500  $\text{ng}/\text{m}^3$  (0,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) n'a été dépassée à aucun poste de mesure. La valeur limite a également été respectée au poste 01AND3, situé à proximité d'une société de traitement du Pb (FMM) à Anderlecht. Suite à une pollution importante de mercure fin janvier 2008, l'arrêt de la production y a été imposé durant plusieurs mois en 2008. En conséquence, la concentration moyenne annuelle de Pb, mesurée au poste de mesure à Anderlecht, était nettement plus faible en 2008 qu'aux autres années.

### 4.8.3 Évolution à long terme des concentrations de Pb

La figure 4.134 reproduit l'évolution de la concentration de Pb à plus long terme. Le graphique donne pour certains postes de mesure, la progression de la moyenne annuelle pour la période 1973-2011. La concentration moyenne est ainsi représentée par mois, pour les douze mois écoulés. La concentration de plomb dans l'air baisse depuis quelque temps, en raison de limitations légales successives de la teneur maximale en Pb autorisée dans l'essence. Comparé au début des mesures, les concentrations moyennes aux postes fortement soumis à l'influence du trafic ne sont plus que très légèrement supérieures par rapport à la périphérie.

Tableau IV.40 : **PLOMB : CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE**

PÉRIODE ANNUELLE : 1 JANVIER – 31 DÉCEMBRE  
 Concentration en ng/m<sup>3</sup> [*nanogramme par mètre cube*]

Année	0IHE02	0IHE03	01BLD1	01R012	01AND2	01MEU1	01AND3
1994	77	172	(195)				
1995	75	165	159	(77)			
1996	76	137	142	58			
1997	62	129	118	46			
1998	49	114	116	44		60	
1999	28	62	76	31	164	38	
2000	30	43	50	25	167	27	
2001	#	50	52	32	135	41	(90)
2002		41	44	25	128	32	91
2003		44	46	21	(125)	45	88
2004		38	31	32	#	30	74
2005		28	#	21		30	94
2006		26		23		24	64
2007		23		19		19	72
2008		20		13		12	21
2009		20		9		13	28
2010		20		9		12	34
2011		14		8		--	43

# : fin des mesures

() : moins de 50% de données validées sur base annuelle

Depuis début 1989, de l'essence sans plomb est disponible sur le marché belge et la baisse plus douce de la concentration de Pb dans les rues à fort trafic qui y a succédé est un indicateur de la part de marché croissante du carburant sans Pb. Entre-temps, la production et la distribution d'essence avec Pb pour le trafic routier normal ont cessé. Les différences minimales dans la concentration de Pb aux endroits avec peu et beaucoup de trafic, sont probablement dues à la quantité résiduelle minimale de Pb (quelques ppm) encore présente dans l'essence sans plomb.

Dans le voisinage de l'entreprise de traitement de plomb FMM, les valeurs mesurées sont plus élevées que dans les autres postes de mesure. L'objectif en matière de qualité de l'air pour l'an 2005, à savoir une moyenne annuelle maximale de 0,5 µg/m<sup>3</sup> (ou 500 ng/m<sup>3</sup>), est respecté sans problème dans tous les postes de mesure. La figure 4.135 reproduit, pour la période 1996-2011, l'évolution de la concentration moyenne annuelle dans les 4 stations qui sont encore actuellement opérationnelles.

### Lead - Concentration Evolution 1973-2011

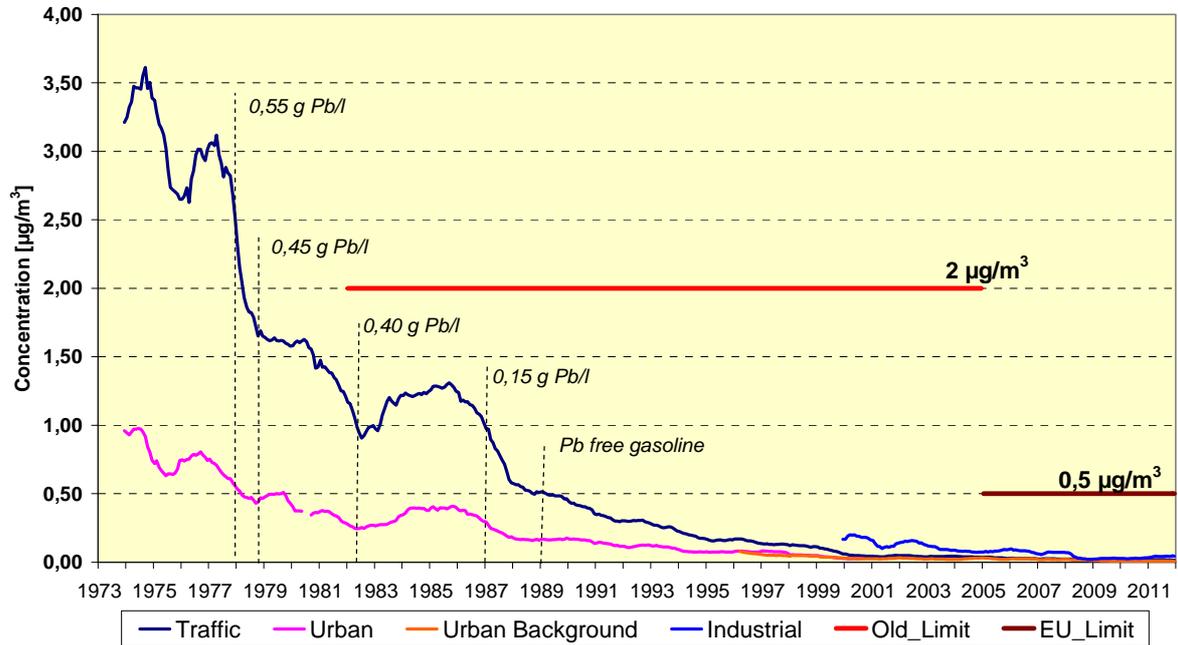


Fig. 4.134: Évolution à long terme de la teneur en plomb dans l'air (1973-2011)

### PLOMB : CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE PERIODE : 1996 - 2011

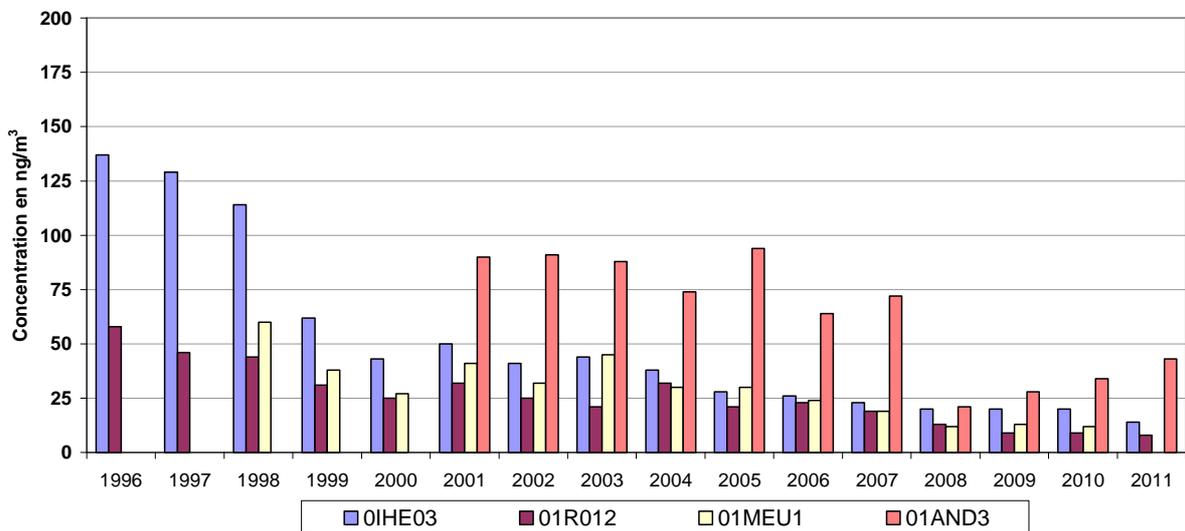


Fig. 4.135: Plomb - Concentration moyenne annuelle pendant la période 1996-2011

#### 4.8.4 Rendement et précision des mesures de Pb

Le Laboratoire de Recherche en Environnement de l'IBGE possédait, entre 1998 et 2004, une accréditation EN45001 pour déterminer notamment la teneur en plomb dans l'air ambiant. Les analyses se font toujours selon les procédures développées à ce moment. L'incertitude et la reproductibilité des résultats sont d'environ 6%.

La directive CE 2008/50/CE exige une précision d'au moins 25% et un enregistrement de données de 90% sur l'année. La certitude sur les données relatives au Pb est nettement meilleure que ce qui est imposé par la directive CE récente.

Le rendement des mesures du plomb (saisie de données en %) est reproduit dans le tableau IV.41. À tous les postes de mesure, le rendement est d'environ 90% ou plus.

Tableau IV.41 : **PLOMB : RENDEMENT (saisie de données en %)**

PERIODE ANNUELLE : 1 JANVIER – 31 DECEMBRE

Année	0IHE02	0IHE03	01BLD1	01R012	01AND2	01MEU1	01AND3
1994	86.8	86.0	(42.7)				
1995	95.0	93.4	98.3	(33.1)			
1996	96.7	90.9	99.1	99.4			
1997	83.2	89.3	99.4	95.3			
1998	94.7	93.4	98.0	95.3		76.1	
1999	87.6	92.0	98.6	95.0	52.3	89.8	
2000	63.1	92.0	93.1	93.1	87.1	97.5	
2001	#	93.9	90.4	88.7	90.9	94.7	58.6
2002		99.1	99.4	91.2	94.7	98.6	97.2
2003		92.3	99.9	99.9	46.8	99.9	96.9
2004		96.4	67.2	80.8	#	99.9	99.9
2005		98.0	#	97.2		95.8	98.0
2006		99.9		96.9		99.9	98.0
2007		99.9		96.1		99.9	98.0
2008		98.0		94.5		99.9	99.9
2009		86.5		90.4		99.9	99.9
2010		95.0		99.9		(54.7)	99.9
2011		97.5		99.9		(16.7)	99.9

Suite à un glissement de terrain le poste MEU1 était hors service entre juillet 2010 et novembre 2011.

## 4.9 FUMÉES NOIRES (BSM)

Les postes de mesure des “fumées noires” dans la Région de Bruxelles-Capitale se situent dans l’Avenue de la Couronne à Ixelles (2FR002), à Uccle (2FR012) et à Molenbeek (2FR100). Suite à des travaux d’aménagement de la station de métro Ste-Catherine (2FB004), ce poste a été mis à l’arrêt en mars 2006. Le poste a été remplacé à partir d’avril 2008 par celui installé à Molenbeek.

### 4.9.1 Réglementation Fumées Noires

Actuellement, pour les « Fumées Noires », il n’y a plus de normes européennes en vigueur.

La directive européenne 80/779/CE fixait les valeurs limites et les valeurs guides pour les particules en suspension dans l’air ambiant, mesurées selon la méthode des “Fumées Noires”. Ces dispositions restaient en vigueur jusque 2005. À partir du 1<sup>er</sup> janvier 2005 et 2010, les particules en suspension sont soumises aux valeurs limites des PM10 et aux valeurs guides PM2.5, telles que prévues par la directive 2008/50/CE (voir le chapitre 4.3).

La directive 80/779/CE fixait comme valeurs limites pour les valeurs journalières:

- **80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  en tant que **50<sup>ème</sup> centile** des valeurs journalières sur l’année
- **250  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  en tant que **98<sup>ème</sup> centile** des valeurs journalières sur l’année
- **130  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**  en tant que **50<sup>ème</sup> centile** des valeurs journalières durant la période hivernale (octobre–mars)

### 4.9.2 Valeurs Fumées Noires mesurées

Le tableau IV.42 donne un aperçu des principaux paramètres statistiques (valeur moyenne annuelle et P98) des valeurs pour les “Fumées Noires”, obtenues pour les différentes années calendrier de la période 1996-2011. Le tableau IV.43 indique les valeurs du centile P50 pour les périodes hivernales envisagées (octobre – mars).

Durant la période 2009-2011, aucun dépassement des anciennes valeurs limites n’a été constaté.

Tableau IV.42 : VALEURS JOURNALIÈRES « FUMÉES NOIRES »  
**CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE et CENTILE P98 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]**  
 PÉRIODE ANNUELLE : JANVIER - DÉCEMBRE

MOY	2FR001	2FR002	2FR012	2FB004	2FB011	2FR100
1996		37			22	22
1997		37			21	27
1998		24			14	19
1999		23			12	14
2000		22	--		12	13
2001		--	10			13
2002		--	12			13
2003		19	12	--		13
2004		21	11	12		
2005		21	11	13		
2006		17	11	--		
2007		13	9			
2008	14	16	8			
2009	14	19	9			
2010	15	20	9			
2011	15	19	9			

P98	2FR001	2FR002	2FR012	2FB004	2FB011	2FR100
1996		96			62	55
1997		76			58	87
1998		61			42	50
1999		40			27	29
2000		40	--		27	30
2001		--	24			33
2002		--	28			28
2003		49	28	--		28
2004		51	29	40		
2005		49	27	39		
2006		40	31	--		
2007		29	18			
2008	34	39	17			
2009	38	49	24			
2010	34	42	23			
2011	49	50	20			

-- : moins de 50% de données validées sur base annuelle

Tableau IV.43 : « FUMÉES NOIRES » – P50 – Période HIVERNALE [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]  
PÉRIODE HIVERNALE : 1 OCTOBRE – 31 MARS

P50	2FR001	2FR002	2FR012	2FB004	2FB011	2FR100
H95-96		44			23	--
H96-97		38			22	24
H97-98		28			18	24
H98-99		18			10	15
H99-00		23			11	14
H00-01		19	--			12
H01-02		--	10			13
H02-03		19	10			13
H03-04		20	9	9		
H04-05		19	9	10		
H05-06		15	11	12		
H06-07		15	9			
H07-08	--	10	7			
H08-09	15	24	8			
H09-10	15	20	8			
H10-11	16	19	8			

-- : moins de 50% de données validées

#### 4.9.3 Évolution à long terme

La figure 4.136 reproduit l'évolution hebdomadaire moyenne des valeurs journalières pour les « Fumées Noires ». Les valeurs les plus élevées sont observées au poste de mesure 2FR002, situé dans un environnement à fort trafic (Av. de la Couronne à Ixelles). Les concentrations y sont en moyenne légèrement plus élevées les jours ouvrables que les week-end.

Au poste à proximité du trafic la concentration moyenne des « fumées noires » diminue d'environ 20% le samedi et d'environ 30% le dimanche.

L'évolution à plus long terme, au cours de la période 1968-2011, est représentée graphiquement à la figure 4.137. On note une tendance à la baisse jusque dans les années '70 (baisse de la consommation de charbon et de mazout). A partir du milieu des années '80, on assiste à une légère augmentation des "fumées noires". Elle est liée à la part croissante du diesel comme carburant pour le trafic routier. L'interprétation du graphique doit cependant se faire avec une certaine réserve. Jusqu'en 1993, la moyenne de "l'Agglomération bruxelloise" était calculée sur la base d'un plus grand nombre de postes de mesure (IHE). A partir de 1994, la moyenne a été obtenue sur la base d'un nombre restreint de postes de mesure (trois seulement), situés dans la Région de Bruxelles-Capitale. En raison du nombre restreint de postes de mesure, le poids de chacun, donc y compris le(s) les poste(s) situé(s) dans un environnement à fort trafic, est donc plus lourd dans le calcul de la moyenne qu'auparavant.

L'influence d'événements locaux mais temporaires est donc aussi plus importante que jadis. La démolition de l'Hôpital militaire à l'Avenue de la Couronne à Ixelles (1995-1997) a engendré une production de particules fines dans l'environnement.

Il en a résulté une nette augmentation des concentrations de «Fumées Noires» mesurées au poste de mesure situé à proximité (2FR002). Etant donné le poids relativement important de chacun de ces trois postes de mesure, cette augmentation locale et temporaire s'est également répercutée dans la concentration moyenne de "fumées noires" de la Région. À partir de 1999 les niveaux sont de nouveau plus bas et ils rejoignent ceux de la fin des années '80.

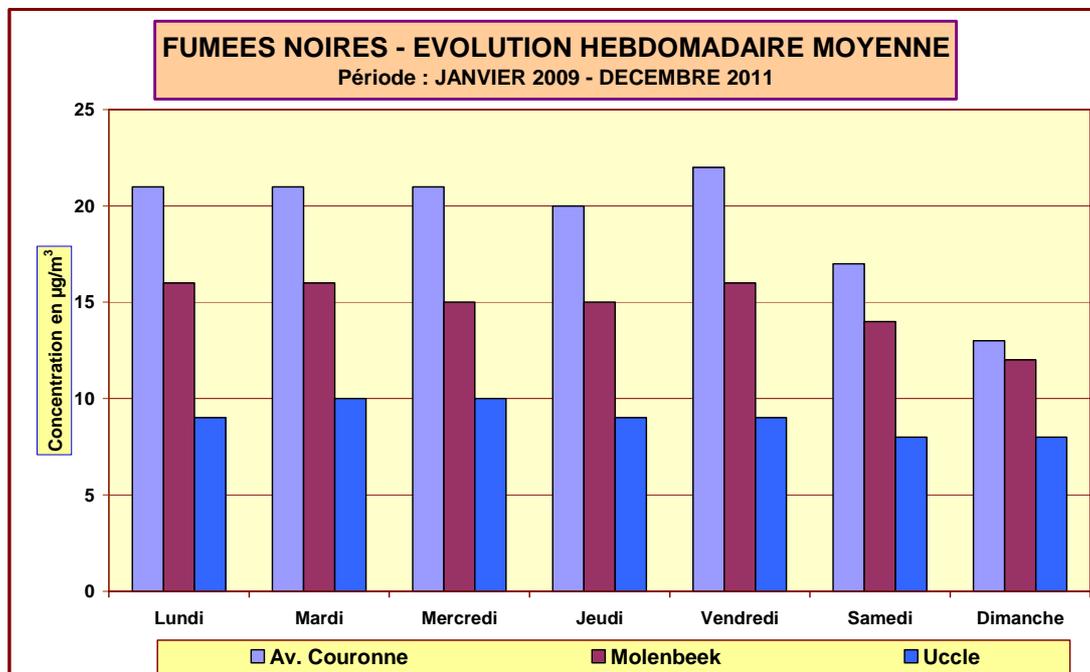


Fig. 4.136: Fumées Noires – Evolution hebdomadaire moyenne durant la période 2009-2011

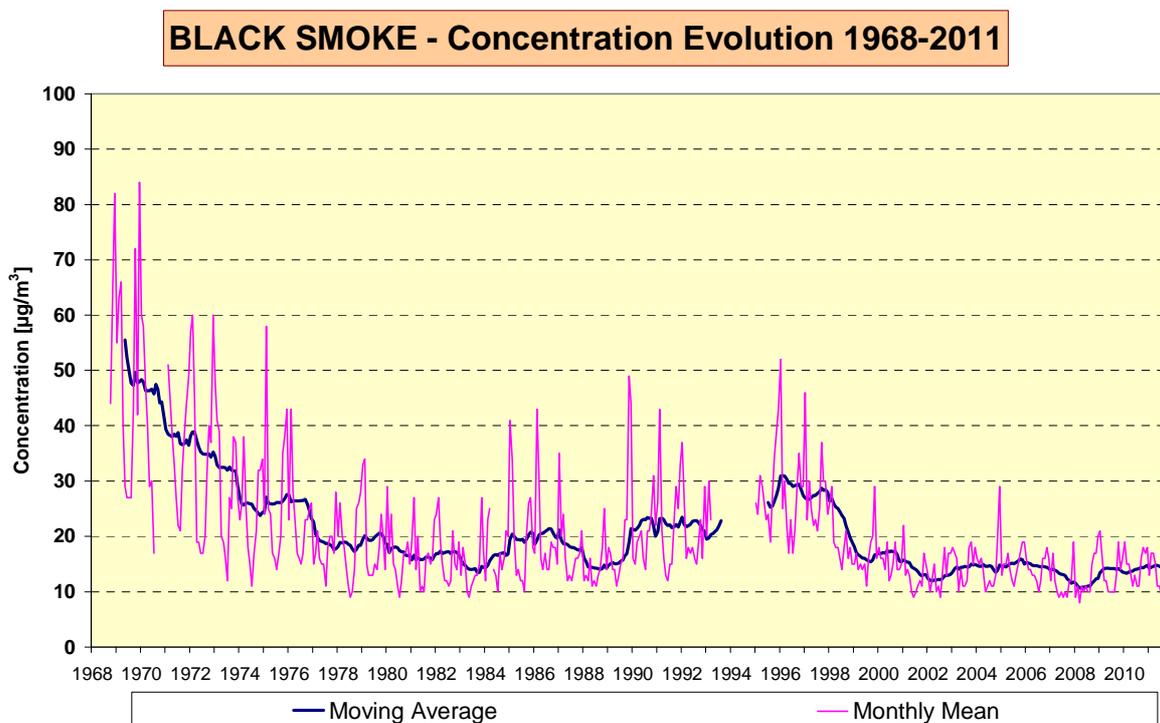


Fig. 4.137: Évolution "fumée noire" à long terme (1968 – 2011)

#### 4.9.4 Rendement des mesures de Fumées Noires

Le rendement des mesures (saisie de données en %) selon la méthode des “fumées noires” est donné dans le tableau ci-dessous.

Tableau IV.44 : **VALEURS JOURNALIÈRES « FUMÉES NOIRES »**  
saisie de données en % = Nombre de données validées / nombre de jours  
PÉRIODE ANNUELLE : 1 JANVIER – 31 DÉCEMBRE

ANNÉE	2FR001	2FR002	2FR012	2FB004	2FB011	2FR100
1994		67.9			(6.5)	
1995		91.5			83.8	
1996		89.8			86.3	69.6
1997		86.8			92.3	85.2
1998		69.3			91.7	97.2
1999		80.5			97.5	98.3
2000		92.0	(16.6)		62.2	96.7
2001		(26.3)	78.0			92.8
2002		(16.9)	80.5			89.8
2003		83.8	70.9	(7.3)		68.7
2004		90.1	89.6	83.6		
2005		91.5	83.8	87.3		
2006		72.3	93.6	(12.6)		
2007		79.4	90.1			
2008	74.3	93.9	71.3			
2009	96.7	80.2	82.1			
2010	78.6	88.2	89.0			
2011	97.5	92.3	86.3			

() : moins de 50% de données validées sur base annuelle

#### 4.10 AMMONIAC (NH<sub>3</sub>)

L'ammoniac gazeux ne fait pas partie des 13 substances prioritaires mentionnées à l'annexe I de la directive CE 96/62/CE. L'ammoniac n'est pas non plus mentionné dans la directive 2008/50/CE. Cependant, les émissions de NH<sub>3</sub> dans l'atmosphère contribuent de façon non négligeable au problème général de "l'acidification". L'importance relative des émissions de NH<sub>3</sub> augmente suite à la tendance à la baisse des émissions de SO<sub>2</sub>. Exprimée en quantités équivalentes, la contribution du NH<sub>3</sub> dépasse celle du SO<sub>2</sub> dans certaines régions.

Par la formation de sels d'ammonium (d'aérosol secondaire) les émissions d'ammoniac jouent également un rôle important dans la problématique des « fines particules ».

Dans la Région de Bruxelles-Capitale, l'échantillonnage du NH<sub>3</sub> gazeux se fait simultanément à l'échantillonnage de SO<sub>2</sub> pour l'analyse chimique en milieu humide. Jusqu'en 2000 la présence de gaz NH<sub>3</sub> a été mesurée à 5 endroits différents. Depuis le NH<sub>3</sub> n'est plus mesuré qu'à 3 endroits, notamment au Parc Meudon (21MEU1), à l'IRM à Uccle (21R012) et à la station de métro Ste-Catherine (21B004). Ce dernier poste remplace celui de Bruxelles-ville (21POLI) qui est devenu moins accessible. Suite aux travaux d'aménagement de la station de métro Ste-Catherine le poste 21B004 était hors service entre mars 2006 et mars 2008.

L'analyse se fait par chromatographie ionique. Le gaz NH<sub>3</sub> initialement présent dans l'air est analysé comme ion ammoniac et le gaz SO<sub>2</sub> comme ion sulfate. Étant donné que la période d'échantillonnage couvre 24 heures, les résultats obtenus sont des valeurs journalières.

L'ammoniac est un polluant typique de l'activité agricole (p.ex. élevage intensif). Le NH<sub>3</sub> présent dans l'air de la ville provient probablement de l'utilisation de détergents contenant du NH<sub>3</sub> et de processus de putréfaction (notamment dans les égouts). Une faible partie est peut-être due aux gaz d'échappement de voitures équipées d'un catalyseur, en raison d'une éventuelle réduction trop importante des oxydes d'azote.

Le tableau IV.45 donne un aperçu des principaux paramètres statistiques (concentration moyenne annuelle et P98) des concentrations d'ammoniac, obtenues lors des différentes années calendrier. Les résultats indiquent que les concentrations de NH<sub>3</sub> sont en moyenne plus élevées aux points de mesure situés dans un environnement à forte densité de population. C'est notamment le cas à Bruxelles-ville (21B004 et 21POLI) comme dans le passé à Anderlecht (21ANDE) et à Laeken (21LAEK).

En moyenne, la pollution par le NH<sub>3</sub> est supérieure en été. Lorsque la température est plus élevée, le processus de putréfaction se fait plus rapidement. Un temps sec et chaud favorise une bonne dispersion du gaz NH<sub>3</sub>. Par temps de pluie ou en présence d'air humide, le gaz NH<sub>3</sub> disparaît très rapidement de l'atmosphère.

**Tableau IV.45: VALEURS JOURNALIÈRES en NH<sub>3</sub>  
MOYENNE ANNUELLE (MOY) et P98 [µg/m<sup>3</sup>]**

PÉRIODE ANNUELLE : JANVIER - DÉCEMBRE

MOY	21MEU1	21R012	21B004	21POLI	21LAEK	21ANDE
1996		2.01		--	4.98	--
1997		2.02		5.86	5.18	4.93
1998	3.00	1.67		5.59	4.54	5.04
1999	3.24	1.93		5.40	4.77	5.09
2000	3.71	2.08		5.15	4.48	5.30
2001	3.46	2.00		5.81		
2002	3.84	2.04		6.09		
2003	3.96	1.91	--	6.90		
2004	2.79	0.84	4.36			
2005	2.74	0.64	5.22			
2006	3.54	1.14	--			
2007	2.92	0.85	--			
2008	3.28	1.04	5.07			
2009	3.87	0.84	5.80			
2010	2.94	0.66	5.35			
2011	--	0.51	5.76			

P98	21MEU1	21R012	21B004	21POLI	21LAEK	21ANDE
1996		5.02		--	10.45	--
1997		5.55		12.09	9.91	11.51
1998	8.16	4.56		12.55	9.44	10.29
1999	7.75	5.27		10.97	10.40	10.66
2000	8.92	5.36		10.12	9.23	11.84
2001	7.70	4.73		12.00		
2002	8.50	5.00		11.86		
2003	10.33	4.88	--	13.76		
2004	6.83	3.27	10.13			
2005	7.70	2.18	10.75			
2006	8.86	4.84	--			
2007	8.45	2.88	--			
2008	7.14	4.93	9.85			
2009	8.91	4.53	10.50			
2010	7.67	0.76	11.94			
2011	--	0.86	19.44			

-- : moins de 50% de données validées sur base annuelle

La figure 4.138 reproduit l'*évolution hebdomadaire moyenne* pour les valeurs journalières du NH<sub>3</sub>, obtenues durant la période 2009-2011. Contrairement à la plupart des autres polluants, un schéma hebdomadaire clair ne peut pas être dégagé pour le NH<sub>3</sub>. Des différences de concentration sont constatées entre les différents postes de mesure, mais pour chaque poste individuel, la concentration journalière moyenne reste pratiquement constante pendant toute la semaine. Il n'y a pas de différence notable entre les résultats des jours ouvrables et le week-end ou entre ceux des samedis et des dimanches. Ce phénomène souligne le caractère permanent et plutôt diffus des émissions de NH<sub>3</sub>. À aucun point de mesure il n'est possible d'établir un lien avec les variations de l'intensité du trafic ou avec celles d'autres activités.

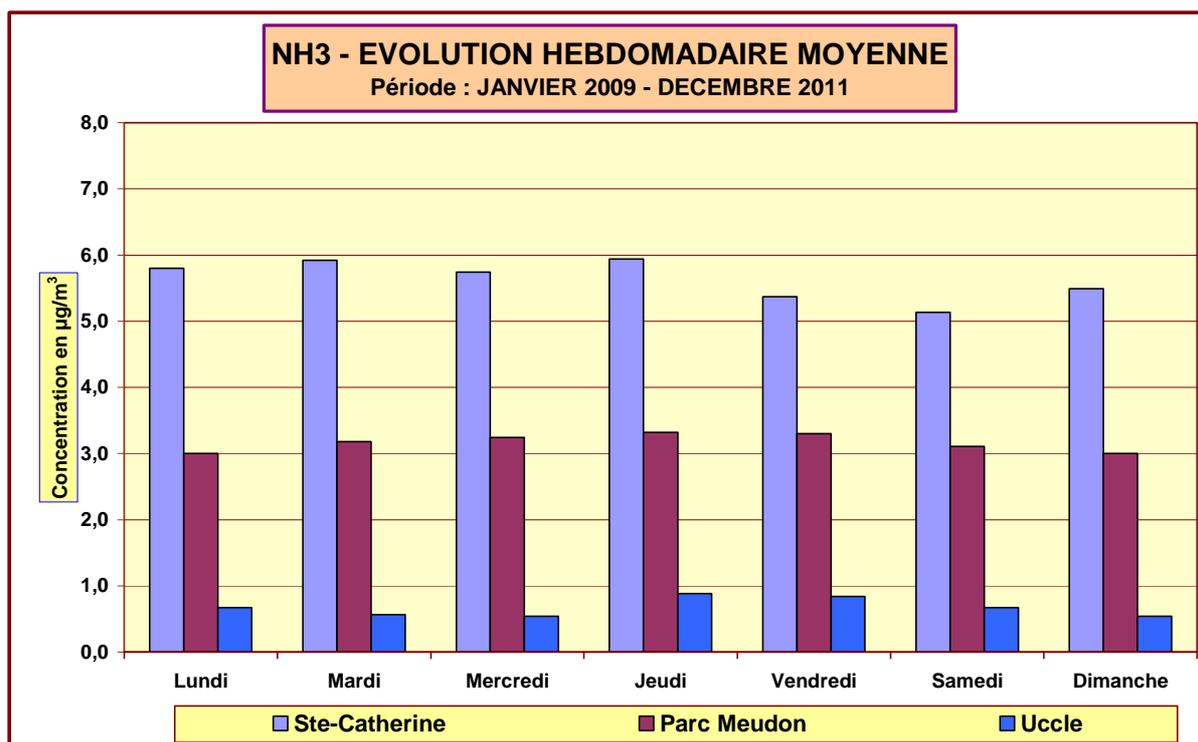


Fig. 4.138: Évolution hebdomadaire moyenne des valeurs en NH<sub>3</sub> (période 2009-2011)

## 4.11 CHLORURES (HCl)

Ce polluant ne fait pas non plus partie du groupe des 13 substances prioritaires mentionnées à l'annexe I de la directive-cadre CE 1996/62/CE et il n'est pas mentionné dans la directive 2008/50/CE. Les émissions de HCl sont généralement liées à une activité industrielle spécifique et, précédemment, à l'incinération de déchets PVC. La présence de ce polluant dans l'air ambiant ne constitue donc pas un problème général. Cependant, à proximité de sources spécifiques, on mesure (mesurait) parfois localement des valeurs assez importantes de HCl. Ce composé contribue également à "l'acidification de l'environnement".

L'échantillonnage de HCl dans la Région de Bruxelles-Capitale se fait simultanément à l'échantillonnage de SO<sub>2</sub> et NH<sub>3</sub>, destiné à l'analyse chimique humide. La présence de HCl dans l'air ambiant est donc également suivie à 3 points de mesure différents (5 en 2000). Tout comme pour l'analyse chimique des échantillons journaliers de SO<sub>2</sub> et NH<sub>3</sub>, l'analyse se fait par chromatographie ionique.

Le tableau IV.46 donne un aperçu des principaux paramètres statistiques (concentration moyenne annuelle et P98) des concentrations de HCl. Les résultats sont en moyenne plus élevés au poste de mesure d'Uccle (21R012) et de Bruxelles-ville (21B004 et 21POLI). Les valeurs les plus basses sont mesurées au parc Meudon (21MEU1). La concentration moyenne est assez basse à tous les points de mesure.

La figure 4.139 reproduit l'*évolution hebdomadaire moyenne* pour les valeurs journalières du HCl, obtenues au cours de la période 2009-2011. Pour aucun des postes de mesure le schéma hebdomadaire ne permet d'établir un lien avec les variations de l'intensité du trafic ou avec celles d'autres activités.

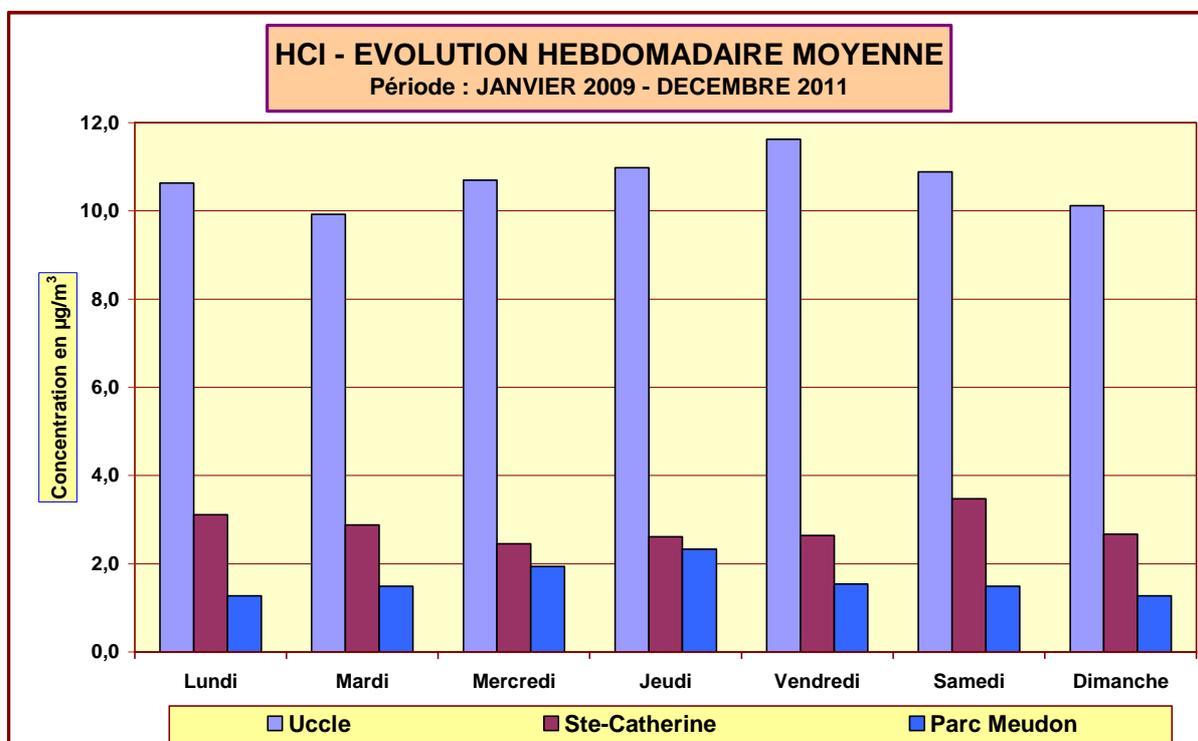


Fig. 4.139 : Évolution hebdomadaire moyenne des valeurs journalières en HCl (2009 - 2011)

**Tableau IV.46: VALEURS JOURNALIÈRES en HCl  
MOYENNE ANNUELLE et P98 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]**

PÉRIODE ANNUELLE : JANVIER – DECEMBRE

MOY	21MEU1	21R012	21B004	21POLI	21LAEK	21ANDE
1998	1.67				--	
1999	1.86	3.00		3.70	1.65	1.60
2000	1.40	1.45		3.39	2.03	1.48
2001	0.73	1.95		3.37		
2002	0.58	2.03		3.38		
2003	0.65	2.21	--	2.45		
2004	0.50	3.10	2.07			
2005	0.46	4.23	2.12			
2006	1.51	7.45	--			
2007	1.27	7.48	--			
2008	0.97	0.85	2.81			
2009	1.33	10.27	2.70			
2010	2.17	11.02	2.93			
2011	--	10.80	2.87			

P98	21MEU1	21R012	21B004	21POLI	21LAEK	21ANDE
1998	5.10				--	
1999	7.33	10.97		17.25	5.93	5.46
2000	7.83	6.48		13.05	9.37	7.10
2001	3.58	7.39		16.69		
2002	1.91	8.83		15.49		
2003	2.89	7.33	--	7.48		
2004	2.41	14.52	10.19			
2005	2.68	16.23	8.31			
2006	3.85	26.14	--			
2007	2.89	22.60	--			
2008	3.05	29.79	10.17			
2009	5.13	32.22	9.83			
2010	8.71	38.95	11.90			
2011	--	33.02	11.02			

--: moins de 50% de données validées sur base annuelle

## 4.12 VAPEUR DE MERCURE (Hg)

Le mercure est l'un des 13 paramètres prioritaires mentionnés à l'annexe I de la directive-cadre CE 1996/62/CE pour lesquels la qualité de l'air doit obligatoirement être évaluée. La directive 2004/107/CE concernant As, Cd, Hg, Ni et les hydrocarbures polycycliques aromatiques dans l'air ambiant rend obligatoire l'évaluation de la présence de Hg, mais ne prévoit pas de valeur limite ou cible pour ce composant. L'idée était que les concentrations actuelles de Hg dans l'air ambiant sont nettement plus faibles que les niveaux toxiques et que la fixation ne donnerait pas nécessairement plus de protection mais pourrait éventuellement encourager à émettre plus de Hg dans l'atmosphère. D'autre part l'exposition au Hg via la chaîne alimentaire dépasse probablement plusieurs fois celle par l'air ambiant.

Un appareil de mesure en continu des vapeurs de mercure a été mis en service en mai 1999, au poste de mesure du parc Meudon (41MEU1). Ce poste n'est pas exposé directement aux émissions du trafic, mais sa situation est idéale du point de vue de la distance et de l'orientation, pour détecter une pollution éventuelle provenant de l'incinérateur de Neder-over-Heembeek. Les concentrations sont exprimées en **nanogramme par mètre cube**. Le tableau IV.47 donne un aperçu des principaux paramètres statistiques (P50, P98, maximum et moyenne) des valeurs horaires du Hg, obtenues durant la période 1999-2008.

Tableau IV.47 : **VALEURS HORAIRES en Hg - P50 – P98 – MAXIMUM – MOYENNE**

Poste de mesure MEUDON (41MEU1) – [ Concentration en  $\text{ng}/\text{m}^3$  ]

41MEU1	P50	P98	MAX	MOY
1999	--	--	--	--
2000	2.53	6.48	294.51	3.05
2001	2.20	5.50	27.15	2.46
2002	1.92	5.40	45.30	2.24
2003	1.96	4.97	>999	2.68
2004	1.66	5.62	50.00	1.93
2005	2.14	6.05	32.52	2.48
2006	1.86	5.11	22.16	2.10
2007	2.02	5.36	35.66	2.15
2008	1.18	3.68	791.70	1.62
2009	1.27	3.29	12.70	1.39
2010	--	--	--	--
2011	--	--	--	--

-- : moins de 50% de données validées sur base annuelle  
(2010 et 2011 – poste hors service conséquence glissement de terrain en 2010)

Durant la période de test qui a précédé l'installation dans le réseau de mesure, quelques  $6 \text{ ng}/\text{m}^3$  ont été mesurés en moyenne dans l'air extérieur à l'IBGE (Woluwé) et environ  $30 \text{ ng}/\text{m}^3$  dans le laboratoire. Dans ce laboratoire se trouvaient notamment un baromètre au mercure (ouvert à l'atmosphère) et plusieurs appareils, équipés de pistons à joint de mercure (frottement nul), pour l'étalonnage ou le contrôle de débits d'air. Lorsqu'un de ces appareils était mis en service, une concentration de  $60$  à  $70 \text{ ng}/\text{m}^3$  était atteinte au labo. Depuis environ 2 ans, tous ces appareils sont retirés du laboratoire.

## Pollution par le Mercure – Fin Janvier 2008

Entre le 21 et le 25 janvier 2008 de très hautes concentrations de mercure ont été constatées au poste de mesure du parc Meudon, situé dans le nord de la Région. Cela fut le cas pendant trois nuits consécutives: la nuit du mardi 22 au mercredi 23 janvier, la nuit du mercredi 23 au jeudi 24 et du jeudi 24 au vendredi 25 janvier 2008. L'évolution des valeurs semi horaires du vapeur de mercure pour la période du lundi 21 au samedi 26 janvier 2008 est présentée à la figure 4.140.

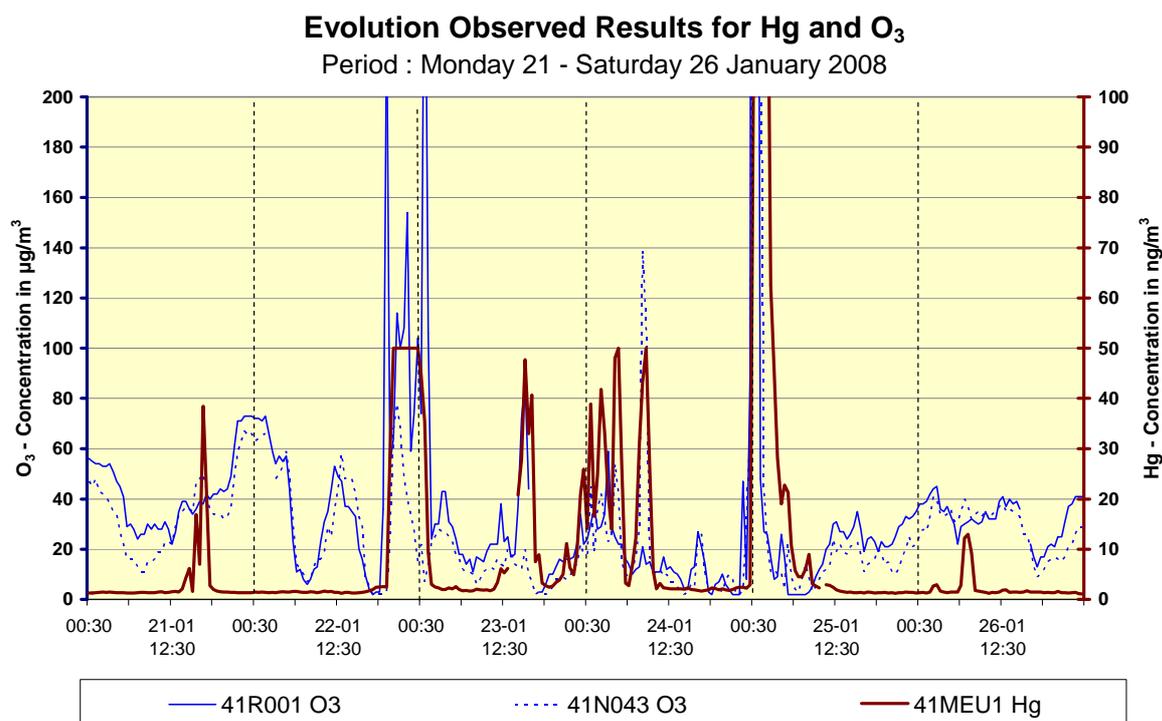


Fig. 4.140: Vapeur de mercure au poste du parc Meudon et interférences de Hg sur la détection de l'ozone. Évolution des valeurs semi horaires du lundi 21 au samedi 26 janvier 2008

Les hautes valeurs de mercure la nuit étaient accompagnées par des valeurs anormalement élevées pour l'ozone, mesurées dans différents postes de mesure de la Région. C'était le cas durant la nuit du 22 au 23 (jusqu'à  $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$  d'ozone ??) et durant la nuit du 24 au 25 janvier 2008 (jusqu'à  $1.200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  d'ozone ??). Des valeurs tellement élevées en ozone sont déjà très invraisemblables pendant les épisodes de pollution en été et elles sont encore plus incroyables en plein hiver, au milieu de la nuit.

La détection de l'ozone dans les appareils qui fonctionnent selon la méthode de référence est basée sur l'absorption de l'UV par l'ozone à la longueur d'onde de 253,7 nanomètre. La détection du mercure dans l'appareil installé au poste de mesure du parc Meudon est basée sur la fluorescence UV à la même longueur d'onde. Une interférence sur la détection de l'ozone, suite à la présence de mercure est possible et peut être démontrée au labo.

La présence de quelques centaines de nanogrammes de mercure par mètre cube d'air peut entraîner un signal de mesure de l'ordre de quelques centaines de microgrammes d'ozone. Une interférence éventuelle de l'ozone sur la détection du mercure est exclue car le mercure est absorbé exclusivement sur un filtre d'or avant de passer au détecteur.

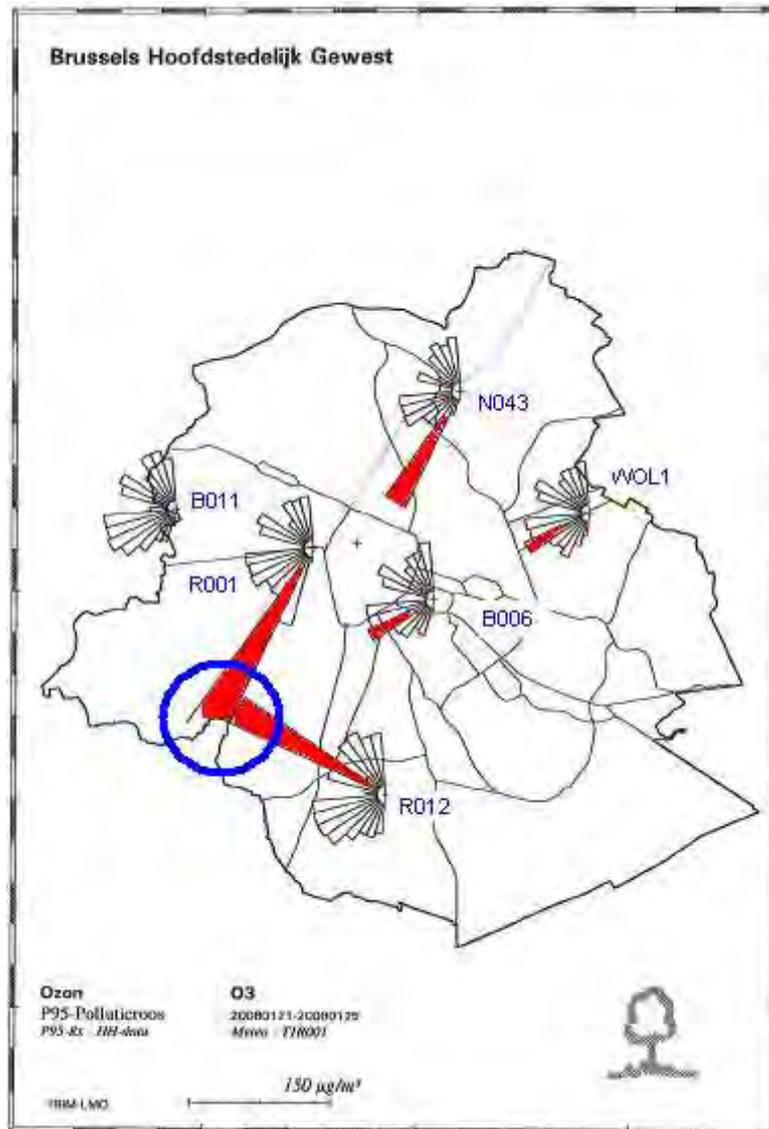


Fig. 4.141: Roses de pollution d'ozone et interférents. Lundi 21 au vendredi 25 janvier 2008  
Indication de la direction et du lieu d'origine de la pollution

Il s'agissait ici de fausses mesures d'ozone et les données ont été invalidées en tant que résultats d'ozone. Leur présence à différents postes de mesures a pourtant permis d'indiquer, avec haute précision la direction et le lieu d'origine de cette pollution. Le graphique de la figure 4.141 représente les roses de pollution de l'artefact sur l'ozone (roses du centile 95), calculées pour la période du lundi 21 au vendredi 25 janvier 2008.

Le graphique à la figure 4.142 présente la rose de pollution du mercure (95<sup>ème</sup> centile par direction) du lundi 21 au vendredi 25 janvier 2008. La source de la pollution par le mercure se trouvait à la société FMM à Anderlecht, active au niveau de la récupération du plomb. La production y a été arrêté par le pouvoir public pendant plusieurs mois en 2008.

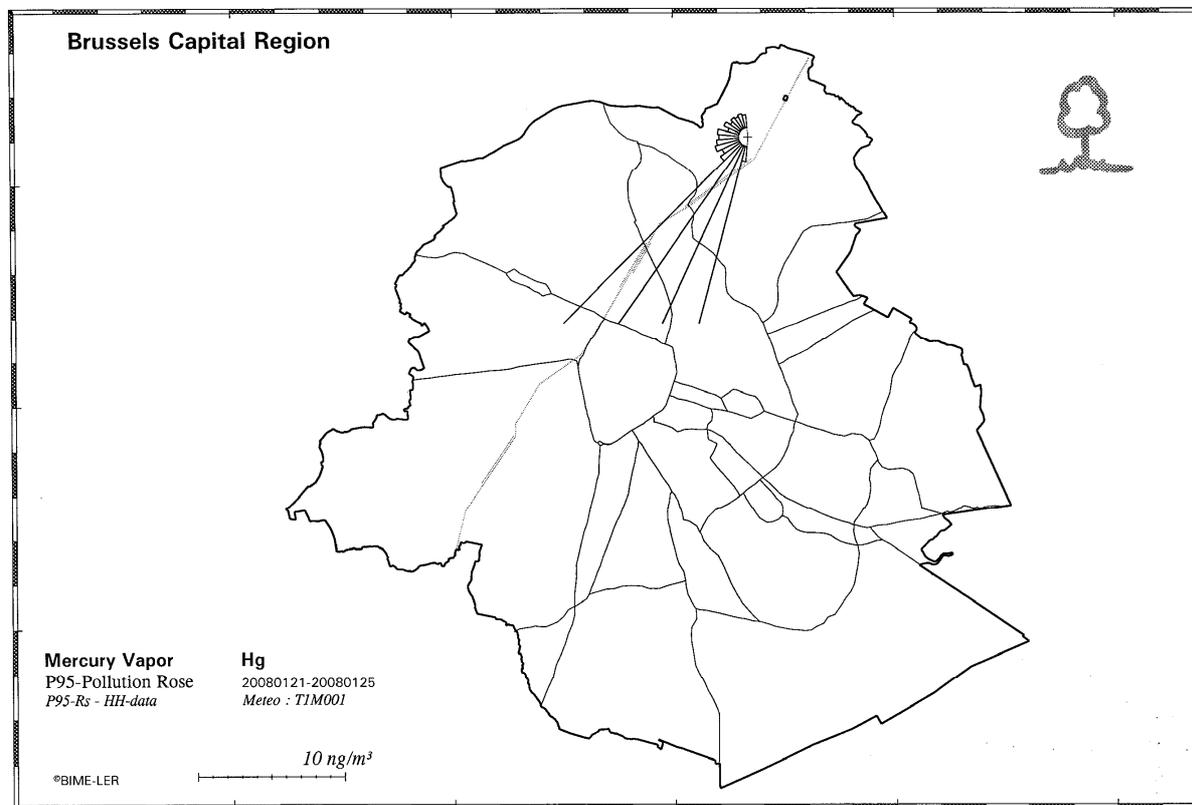


Fig. 4.142: Rose de pollution du vapeur mercure du lundi 21 au vendredi 25 janvier 2008

#### 4.13 MÉTAUX LOURDS (As, Ni, Cd)

La liste des substances prioritaires de l'annexe I de la directive CE 96/62/CE comprend, outre le *plomb* (Pb) et le *mercure* (Hg), les métaux lourds : *cadmium* (Cd), *nickel* (Ni) et *arsenic* (As). La directive 2004/1007/CE fixe comme valeur cible pour la **concentration moyenne annuelle** pour l'arsenic, le cadmium et le nickel présent dans la fraction PM10 de l'air ambiant :

As	6 ng/m <sup>3</sup>
Cd	5 ng/m <sup>3</sup>
Ni	20 ng/m <sup>3</sup>

Ces valeurs cibles doivent être respectées à partir du 31 décembre 2012.

Les résultats du réseau de mesure national "métaux lourds", opérationnel entre 1980 et 1993, indiquaient l'absence d'une pollution élevée par ces polluants à Bruxelles. La présence de substances telles que le Cd, le Ni et l'As dans l'air est du reste généralement liée à la présence d'installations de production de l'industrie non ferreuse. À Bruxelles la présence de certains de ces métaux dans l'air peut être due à une activité artisanale et locale. Après la régionalisation des réseaux de mesure "air" et le démantèlement des labos (depuis le 01.01.1994), il a fallu attendre pour que les métaux lourds, à l'exception du plomb, fassent à nouveau l'objet de mesures. L'absence de sources industrielles importantes dans la Région de Bruxelles-Capitale, les faibles valeurs du passé (inférieures à la limite de détection) et les moyens limités (trop peu de personnel laborantin) ont contribué à ce retard.

Depuis l'année 1998 les « métaux lourds », autres que le plomb, sont à nouveau mesurés dans la Région de Bruxelles-Capitale. En avril 1998, l'échantillonnage de métaux lourds a commencé au poste de mesure du parc Meudon (MEU1), situé à environ 1 km au nord-est de l'incinérateur de Neder-over-Heembeek. En mai 2001 un poste supplémentaire a été mis en service à proximité de la société FMM à Anderlecht (01AND3). La durée de l'échantillonnage est de 24 heures (échantillons journaliers). L'analyse des échantillons de ces 2 postes est sous-traitée à l'ISSEP, à Liège.

Le tableau IV.48 donne les valeurs moyennes annuelles pour la période 1998-2011.

Tableau IV.48: **MÉTAUX LOURDS - MOYENNE ANNUELLE**

Poste de mesure MEUDON (41MEU1) et ANDERLECHT (01AND3)  
[ Concentration en ng/m<sup>3</sup> ]

01MEU1	Cu	Tl	As	Ni	Cr	Mn	Sb	Cd
1998	16	≤10	≤10	≤10	≤10	23	31	11
1999	14	≤10	≤10	≤10	≤10	17	31	≤10
2000	15	≤5	≤5	≤3	≤4	14	≤26	≤7
2001	24	7	6	5	7	22	37	9
2002	19	≤5	≤5	5	7	17	27	8
2003	28	4	4	6	9	28	20	4
2004	18	≤3	≤3	5	5	18	≤13	≤3
2005	17	≤3	≤3	5	5	16	≤13	≤3
2006	16	≤3	≤3	5	6	15	≤13	≤3
2007	14	≤3	≤3	5	5	12	≤13	≤3
2008	17	≤3	≤3	3	4	13	≤13	≤3
2009	15	2	2	2	4	13	8	2
2010	14	2	1	3	4	15	7	2
2011	24	2	2	3	5	16	7	2

01AND3	Cu	Tl	As	Ni	Cr	Mn	Sb	Cd
2001	38	6	≤5	5	7	28	41	≤7
2002	36	≤5	≤5	6	8	26	32	8
2003	41	≤3	4	6	8	30	22	4
2004	42	≤3	≤3	5	7	23	16	≤3
2005	40	≤3	≤3	5	7	23	15	≤3
2006	36	≤3	≤3	5	7	21	≤13	≤3
2007	39	≤3	≤3	4	7	20	≤13	≤3
2008	37	≤3	≤3	3	5	17	≤13	≤3
2009	38	2	2	2	6	16	9	2
2010	40	2	1	3	6	18	8	2
2011	43	2	1	3	7	24	8	2

≤ : ≤ limite de détection

Pour le thallium (Tl), l'arsenic (As), le nickel (Ni), le chrome (Cr) et le cadmium (Cd), la plupart des résultats obtenus (valeurs journalières) sont inférieurs à la limite de détection. Pour le cuivre (Cu), le manganèse (Mn) et l'antimoine (Sb), les valeurs mesurées sont aussi très faibles. Environ 50% des valeurs journalières sont inférieures à la limite de détection.

Les concentrations observées pour As, Cd et Ni sont déjà maintenant inférieures aux valeurs cibles, à respecter à partir du 31 décembre 2012.

#### 4.14 DIOXYDE DE CARBONE (CO<sub>2</sub>)

Le dioxyde de carbone n'a pas d'effets négatifs immédiats sur la santé publique. La concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère augmente en raison de l'utilisation massive de combustibles fossiles. Ce phénomène peut engendrer un lent réchauffement de l'atmosphère terrestre (effet de serre). À cause de cet effet, des quantités importantes de CO<sub>2</sub> peuvent être libérées des océans et d'autres gaz à effet de serre des terres permafrost. De par la présence d'émissions locales importantes de CO<sub>2</sub>, les concentrations mesurées, à Bruxelles ou dans d'autres zones de source, **ne sont pas** une bonne indication de la concentration moyenne mondiale de CO<sub>2</sub>. À plus long terme, la concentration de CO<sub>2</sub> à Bruxelles suivra pourtant la tendance mondiale.

Le niveau de concentration de CO<sub>2</sub> est par contre *un très bon indicateur* pour l'évaluation de la pollution de l'air. À l'occasion d'une évaluation de fiabilité des modèles de prévision (voir chapitre 2) il est apparu que tous les épisodes d'augmentation de pollution, sans exception, étaient caractérisés par des concentrations élevées de CO<sub>2</sub>.

La concentration minimale de CO<sub>2</sub> à Bruxelles est d'environ 350 à 360 ppm. C'est notamment le cas lorsque des vents forts amènent de l'air non pollué de l'océan. Pendant 80% du temps environ, les concentrations de CO<sub>2</sub> enregistrées se situent entre 370 et 420 ppm. Lorsque les conditions météorologiques sont peu favorables à une dispersion, des valeurs plus élevées sont enregistrées (420 à 500 ppm). La présence d'une inversion à faible altitude engendre exceptionnellement des valeurs situées entre 500 et 650 à 700 ppm de CO<sub>2</sub>.

Dans la Région de Bruxelles-Capitale, le dioxyde de carbone dans l'air est mesuré à Ixelles (41R002), Uccle (41R012) et Woluwé-St-Lambert (41WOL1).

Le tableau IV.49 reproduit les principaux paramètres statistiques de la distribution des moyennes horaires de CO<sub>2</sub>. Des tableaux plus détaillés, avec les résultats de la distribution de fréquences cumulées pour les périodes annuelles, hivernales et estivales, figurent dans les *annexes B, C et D*.

La figure 4.143 présente la distribution des fréquences cumulées. Le graphique du dessus montre les résultats pour le poste de mesure d'Uccle et le graphique du dessous ceux du poste de mesure de Woluwé.

La figure 4.144 représente graphiquement l'*évolution hebdomadaire moyenne* de la concentration en CO<sub>2</sub> dans le poste de mesure d'Ixelles (R002). Le graphique du dessus représente la période hivernale 'octobre 2010 – mars 2011' et le graphiques du dessous, la période estivale 'avril – septembre 2011'. Chaque graphique donne, par période horaire, la concentration moyenne (AVG) et la médiane (P50), ainsi qu'un les centiles P90 et P10.

La figure 4.145 reproduit graphiquement, pour le poste de mesure R002, l'*évolution journalière moyenne* durant l'hiver (2010/11) et l'été (2011). À cet égard, une distinction est faite entre un dimanche, un samedi et un jour ouvrable.

On remarque dans les deux figures une nette différence entre la période hivernale et estivale. Durant la période estivale, l'effet de la photosynthèse se traduit particulièrement bien par la baisse de la concentration de CO<sub>2</sub> pendant les heures de clarté.

Tableau IV.49: VALEURS HORAIRES pour CO<sub>2</sub> : MOYENNE et P98 [ppm]

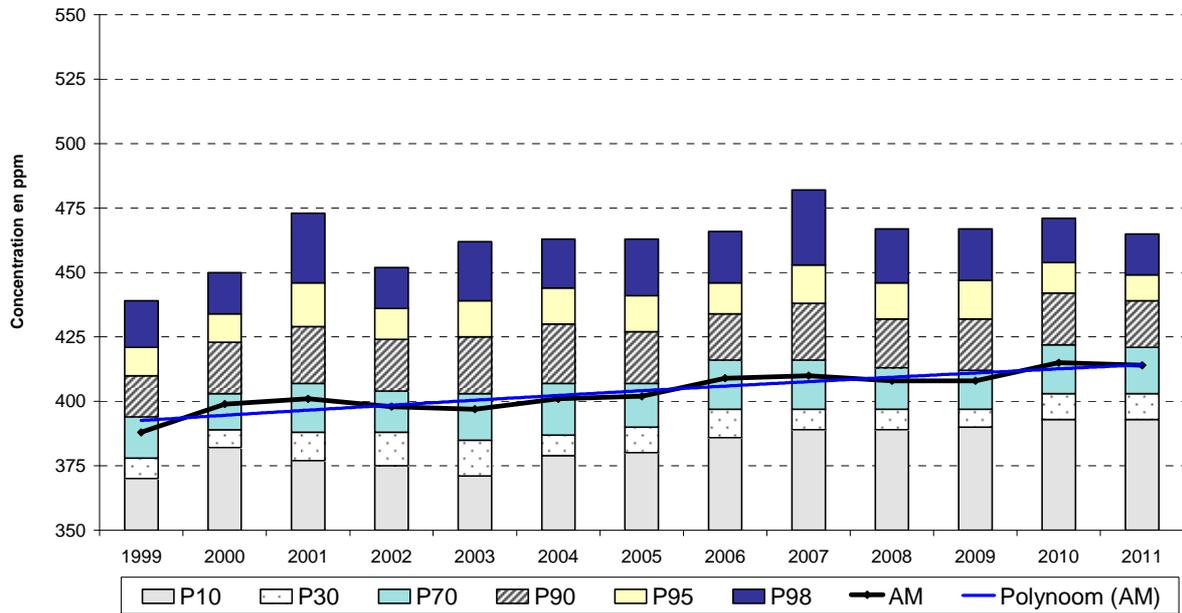
PÉRIODE ANNUELLE : JANVIER – DÉCEMBRE

MOY	R002	B003	R012	WOL1
1997	392			388
1998	--			391
1999	401		388	394
2000	406		399	395
2001	--		401	--
2002	413		398	412
2003	419	408	397	413
2004	418	420	401	404
2005	423	431	402	406
2006	425	438	409	409
2007	425	426	410	412
2008	419	415	408	408
2009	417		408	403
2010	413		415	407
2011	414		414	405

P98	R002	B003	R012	WOL1
1997	465			458
1998	--			441
1999	457		439	446
2000	459		450	453
2001	--		473	--
2002	474		452	470
2003	494	498	462	479
2004	478	516	463	467
2005	490	517	463	464
2006	489	527	466	467
2007	495	413	482	473
2008	490	491	467	471
2009	490		467	460
2010	482		471	460
2011	488		465	462

( ) : série de données incomplète – début ou interruption des mesures

**CO<sub>2</sub> à UCCLE (R012) - EVOLUTION dans le TEMPS**  
**DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES**  
 Période "JANVIER - DECEMBRE"



**CO<sub>2</sub> à WOLUWE-St-Lambert (WOL1) - EVOLUTION dans le TEMPS**  
**DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES**  
 Période "JANVIER - DECEMBRE"

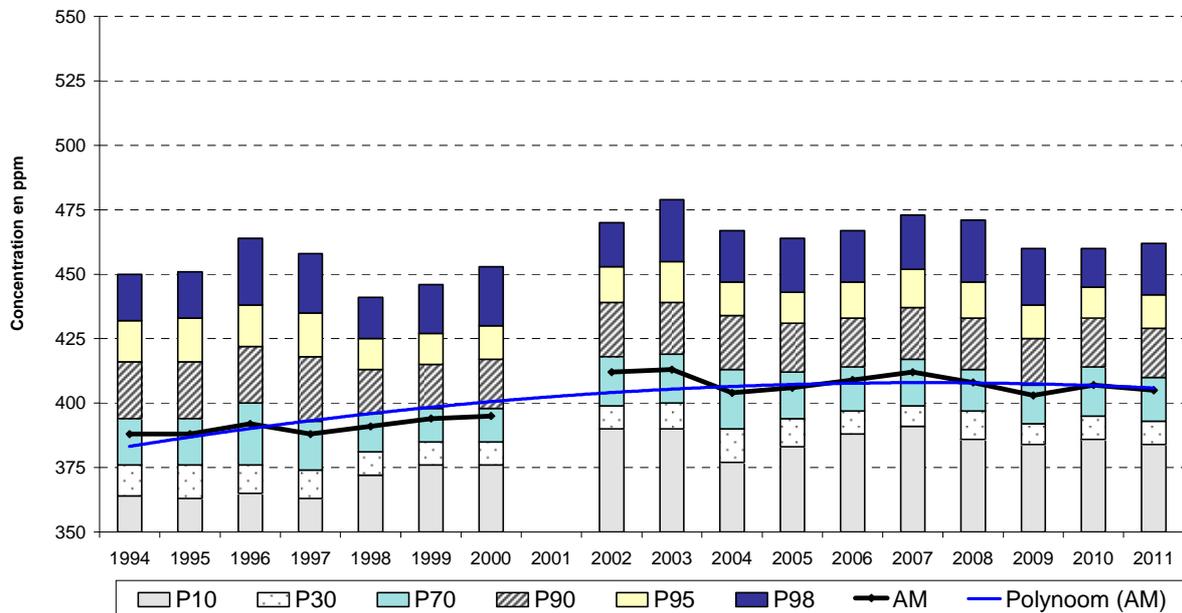
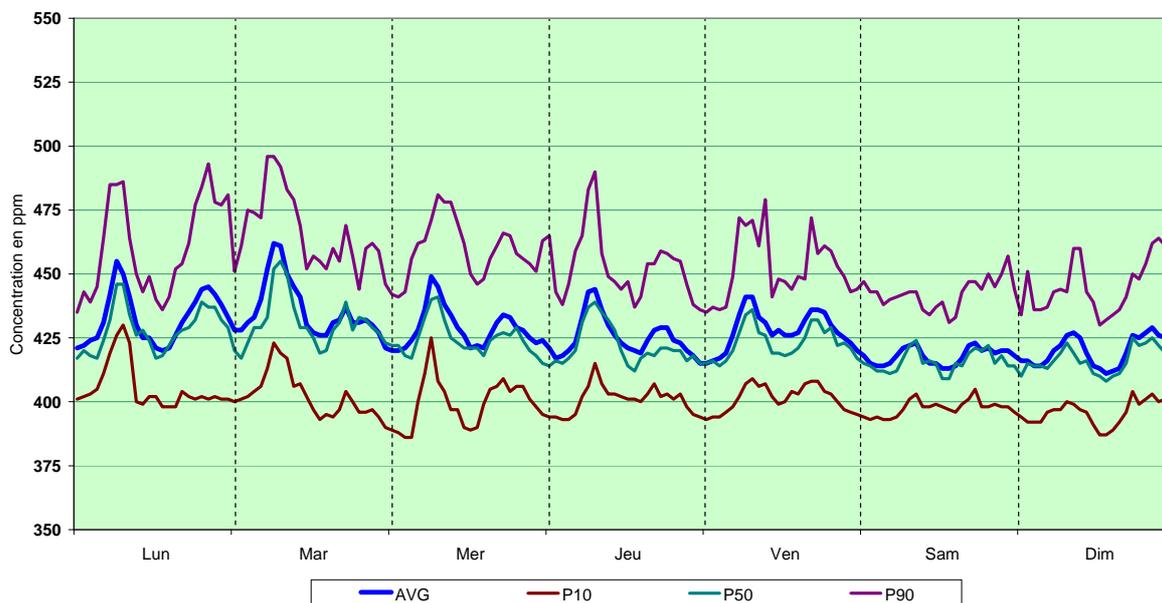


Fig. 4.143: CO<sub>2</sub> : Évolution de la concentration à Uccle (R012) et Woluwé (WOL1)  
 Période 1994 - 2011

### CO<sub>2</sub> à IXELLES (R002) - CANYON STREET

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE

Période HIVERNALE : OCTOBRE 2010 - MARS 2011



### CO<sub>2</sub> à IXELLES (R001) - CANYON STREET

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE

Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2011

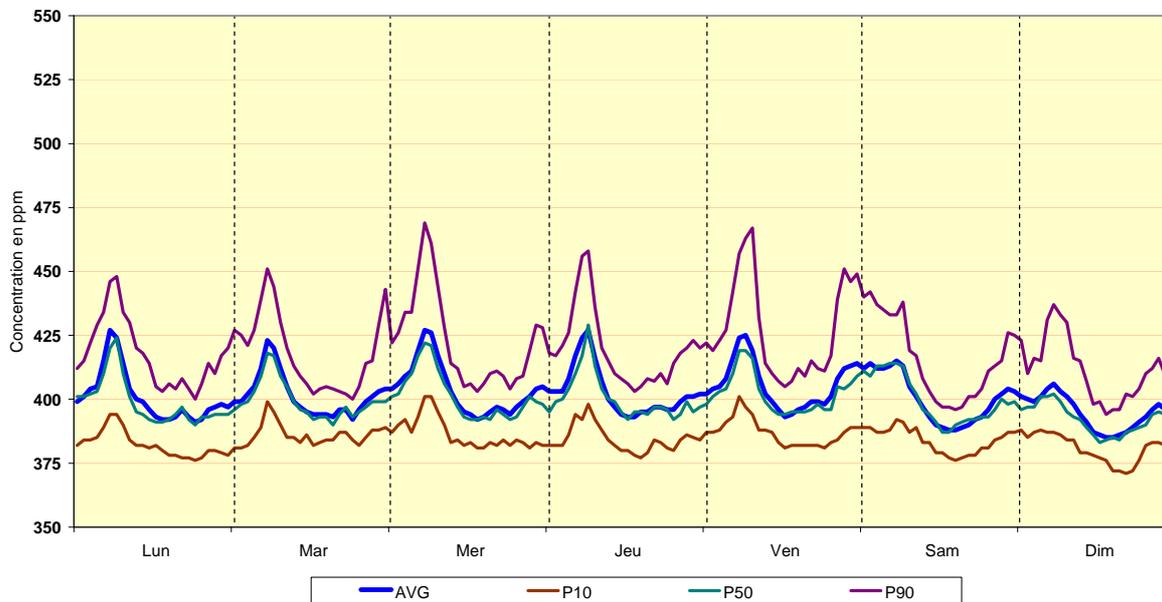


Fig. 4.144: Évolution hebdomadaire moyenne de la concentration en CO<sub>2</sub> pendant l'hiver et l'été

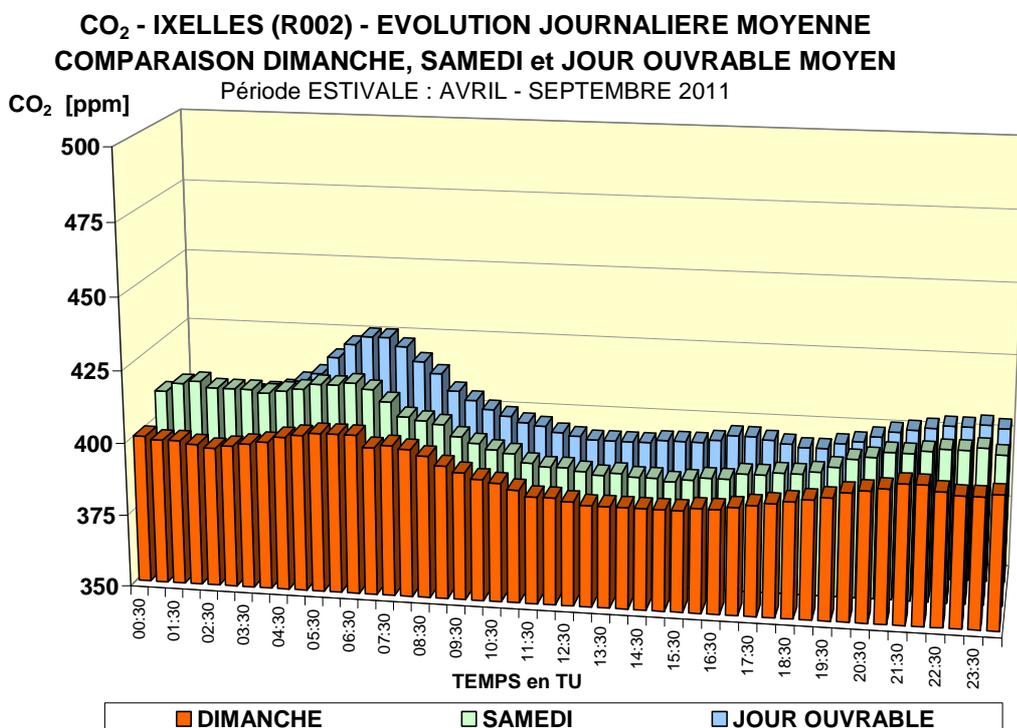
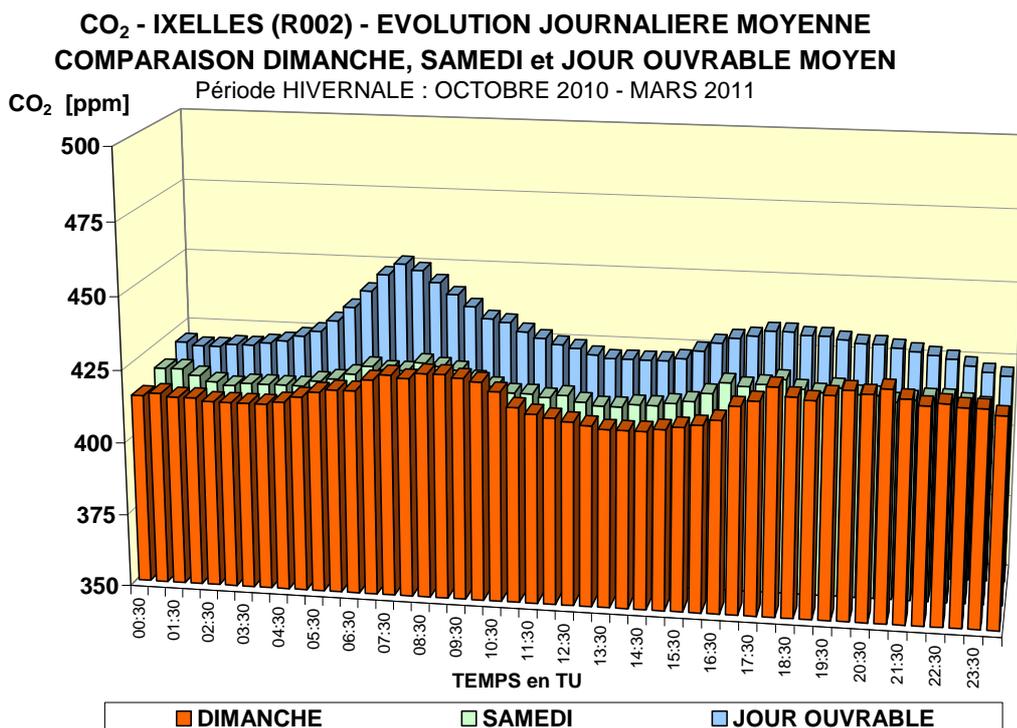


Fig. 4.145: Évolution journalière moyenne de la concentration en CO<sub>2</sub> pendant l'hiver et l'été

Le tableau IV.50 reprend les rendements des résultats de CO<sub>2</sub>.

Tableau IV.50: **VALEURS HORAIRES en CO<sub>2</sub> - RENDEMENT**

saisie de données en % = nombre de valeurs horaires valides / nombre d'heures

PÉRIODE ANNUELLE : 1 JANVIER – 31 DÉCEMBRE

CO <sub>2</sub>	41R002	41B003	41R012	41WOL1
1997	89.3			89.0
1998	(20.7)			83.1
1999	95.9		83.3	87.4
2000	96.0		95.1	91.4
2001	(38.1)		94.4	(24.5)
2002	65.5		92.9	92.2
2003	97.8	77.1	93.1	93.1
2004	97.8	97.2	97.9	93.4
2005	97.4	95.1	94.0	93.0
2006	93.4	97.2	97.7	92.2
2007	94.7	95.7	97.8	96.0
2008	93.9	(62.5)	97.0	96.3
2009	96.8		94.2	97.5
2010	95.2		97.7	94.7
2011	94.0		88.6	96.5

() : série de données incomplète – début ou interruption des mesures

## 5. Calcul de l'INDICE de la QUALITÉ de l'AIR

### INDICE GÉNÉRAL de la QUALITÉ de l'AIR

Depuis la période estivale de 1996, un *indice général de la qualité de l'air* a été instauré par analogie avec d'autres grandes villes comme Paris. Cet indice est un « *indice journalier* »: il est calculé chaque jour et à chaque jour calendrier n'est attribué qu'une valeur de l'indice de la qualité de l'air, celle-ci étant indiquée par un seul chiffre dans une échelle de 1 à 10 et par l'appréciation qualitative qui y correspond :

Indice général	Appréciation qualitative “la qualité de l'air est”
1	excellente
2	très bonne
3	bonne
4	assez bonne
5	moyenne
6	médiocre
7	très médiocre
8	mauvaise
9	très mauvaise
10	exécrable

L'indice général de la qualité de l'air est basé sur les concentrations des polluants SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et PM10. Vu les effets possibles sur la santé, il y avait déjà dans le passé, pour ces polluants, une directive CE dans laquelle les valeurs limites, les valeurs-guides ou les valeurs seuils qui y sont indiquées se réfèrent à une période d'exposition relativement courte (valeur horaire, valeur sur 8 heures, valeur journalière). Les polluants sont mesurés en plusieurs emplacements dont l'environnement est parfois très différent. L'attribution d'un indice général est alors une tentative d'obtenir une image suffisamment représentative, sur base de données disponibles immédiatement.

**!!!** De commun accord avec la cellule interrégionale CELINE, il a été décidé d'adapter, à partir du *1<sup>er</sup> janvier 2001*, le calcul de l'indice aux valeurs limites des directives 1999/30/CE (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> et PM10) et 2002/3/CE (O<sub>3</sub>). Les points de départ sont les suivants: il y a pour chaque polluant un lien évident avec la valeur limite ou cible pour *la santé*, du *temps d'intégration correspondant* ainsi que du *nombre de dépassements autorisés*.

Une “*valeur caractéristique*” est calculée chaque jour pour ces quatre polluants, laquelle est comparée à une échelle de concentration. La correspondance entre l'indice et l'échelle de concentration (tableau ci-dessous) est conçue de manière à ce que les concentrations proches de la valeur limite indiquent un indice de 6, 7 ou 8. L'attribution de l'indice (6, 7 ou 8) est surtout déterminée par la sévérité de la valeur limite considérée. Plus le nombre de dépassements autorisés est faible, plus l'indice est élevé.

Les nouvelles valeurs limites ont une influence sensible sur les sous-indices SO<sub>2</sub> et PM10. Le calcul du sous-indice PM10 fait appel à des valeurs corrigées PM10-EqRef ou les valeurs PM10-FDMS, équivalentes à la méthode de référence.

## **Rapport Indice-Concentrations** (nouvelles échelles depuis le 1/1/2001)

Pol/Indice		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
SO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	0	15	30	45	60	80	100	125	165	250	>250
NO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	0	25	45	60	80	110	150	200	270	400	>400
O <sub>3</sub>	µg/m <sup>3</sup>	0	30	45	60	80	100	120	150	200	270	>270
PM10	µg/m <sup>3</sup>	0	10	20	30	40	50	70	100	150	200	>200

Le calcul de "*la valeur caractéristique*" fait appel à la concentration d'un poste de mesure imaginaire "Xmean". Par période semi-horaire, ce poste "Xmean" reçoit la concentration moyenne de tous les postes de mesure de la Région, où les résultats du polluant considéré sont disponibles en temps réel. Une valeur semi-horaire pour le poste "Xmean" n'est validée que si au moins la moitié des postes de mesure présentent une valeur semi-horaire validée.

Pour calculer les concentrations de "Xmean", les postes de mesure suivants sont pris en considération, par polluant :

SO <sub>2</sub>	R001-R002-B003-B005-R012-N043-MEU1-WOL1	Xmean_SO <sub>2</sub>
NO <sub>2</sub>	R001-R002-B003-B004-B005-B006-B011-R012-N043-MEU1-WOL1	Xmean_NO <sub>2</sub>
O <sub>3</sub>	R001-B004-B006-B011-R012-N043-WOL1	Xmean_O <sub>3</sub>
PM10	R001-B011-R012-N043-MEU1-WOL1	Xmean_PM10

Par ailleurs, pour le calcul de la "*valeur caractéristique*", il est tenu compte de la période d'intégration mentionnée dans la directive CE correspondante. Pour le SO<sub>2</sub> et les PM10 la "*valeur caractéristique*" calculée est la concentration moyenne sur 24 heures du poste de mesure imaginaire "Xmean". Pour le NO<sub>2</sub> la "*valeur caractéristique*" est la valeur horaire maximale de la journée et pour l'O<sub>3</sub> la valeur maximale sur 8 heures, constatée dans le poste de mesure imaginaire « Xmean ».

Les "*valeurs caractéristiques*" obtenues sont prises en compte dans le tableau ci-dessus, à partir duquel les quatre sous-indices I-SO<sub>2</sub>, I-PM10, I-NO<sub>2</sub> et I-O<sub>3</sub> sont déduits: par ex. pour le NO<sub>2</sub> une valeur horaire maximale allant de 61 à 80 µg/m<sup>3</sup> donne la valeur 4 pour le sous-indice I-NO<sub>2</sub> et une moyenne sur 8 heures pour l'O<sub>3</sub> comprise entre 121 à 150 µg/m<sup>3</sup> donne la valeur 7 pour le sous-indice I-O<sub>3</sub>.

Le **plus élevé** de ces **quatre sous-indices** constitue l'**indice général de la qualité de l'air**. Les figures 5.1 à 5.3 donnent, respectivement pour les années 2009, 2010 et 2011, une représentation graphique des résultats de 3 sous indices (I-NO<sub>2</sub>, I-O<sub>3</sub> et I-PM10) et de « l'Indice Général de la Qualité de l'Air ».

Vu le mode de calcul, l'indice journalier signale si oui ou non la pollution atmosphérique de la Région approche (au moins pour un polluant) la valeur de référence (valeur limite, valeur cible). L'appréciation qualitative qui se rapporte à l'échelle (1-10) permet d'apporter des nuances qui étaient impossibles auparavant (faible, moyen, élevé). Un large public peut désormais mieux situer la qualité de l'air d'un jour par rapport aux jours précédents. Un grand nombre d'informations sont toutefois perdues pour l'utilisateur plus intéressé. L'indice *ne révèle pas* le *polluant* qui est à la base de la pollution ni la *durée* du phénomène. Il n'est bien entendu **pas** davantage **approprié** à une **interprétation scientifique** du phénomène de la pollution atmosphérique. L'indice proposé est uniquement un indice d'information.

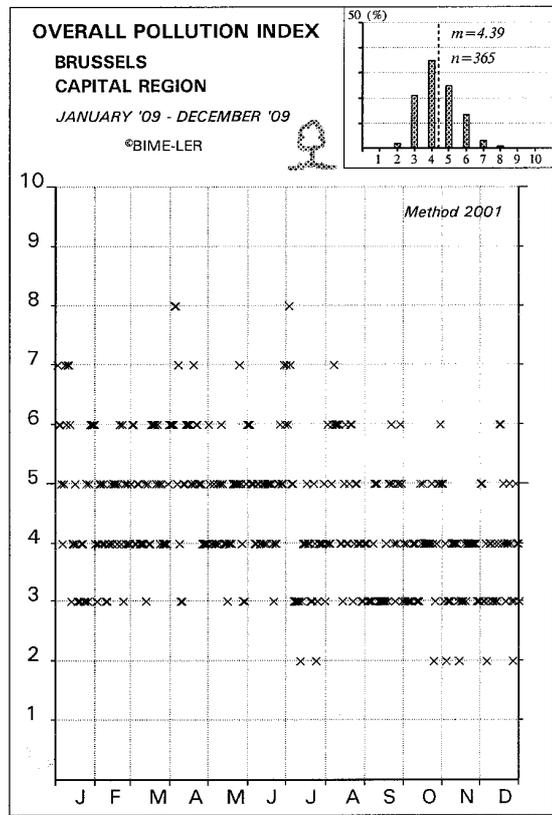
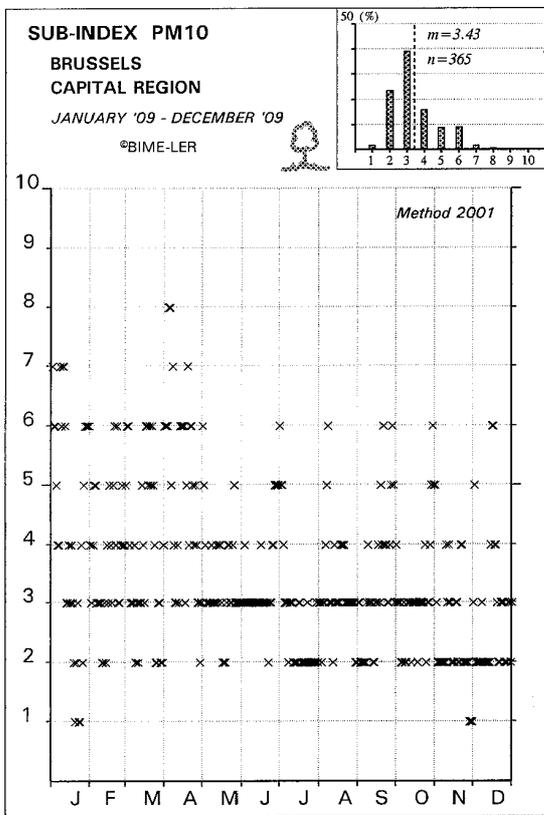
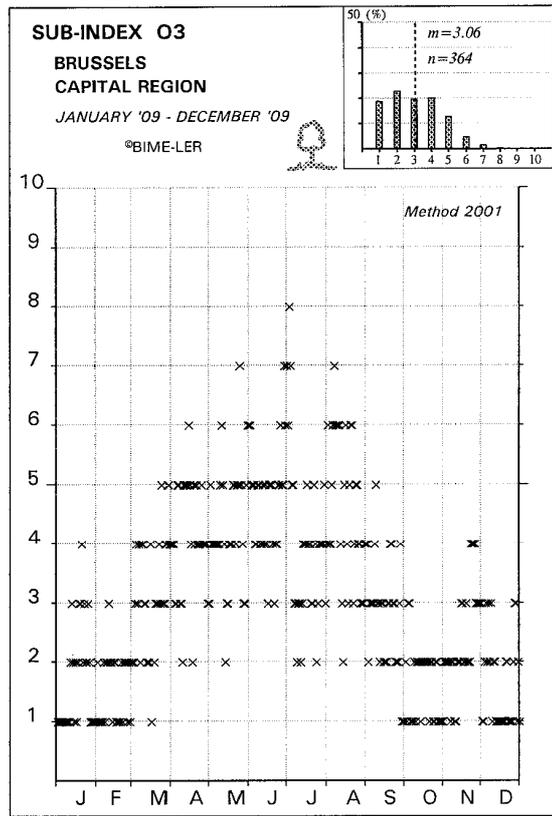
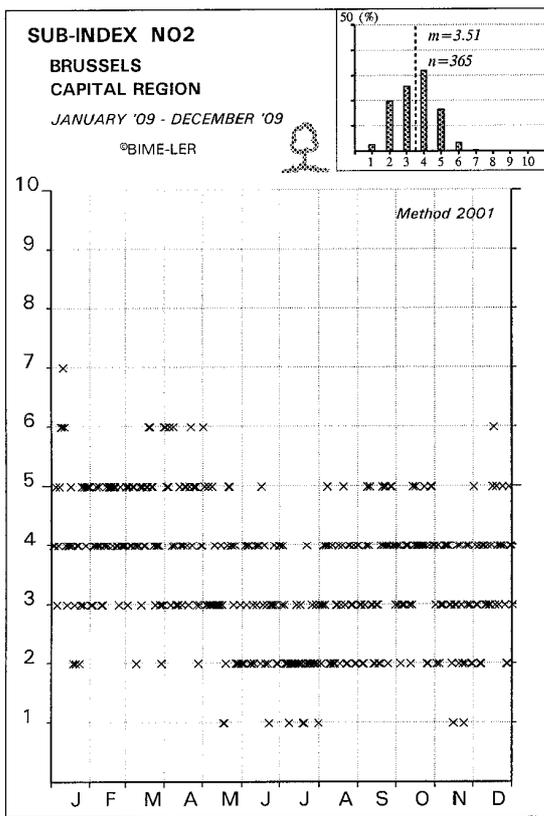


Fig. 5.1: Les sous indices pour NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et PM10 – Indice globale – Période annuelle 2009

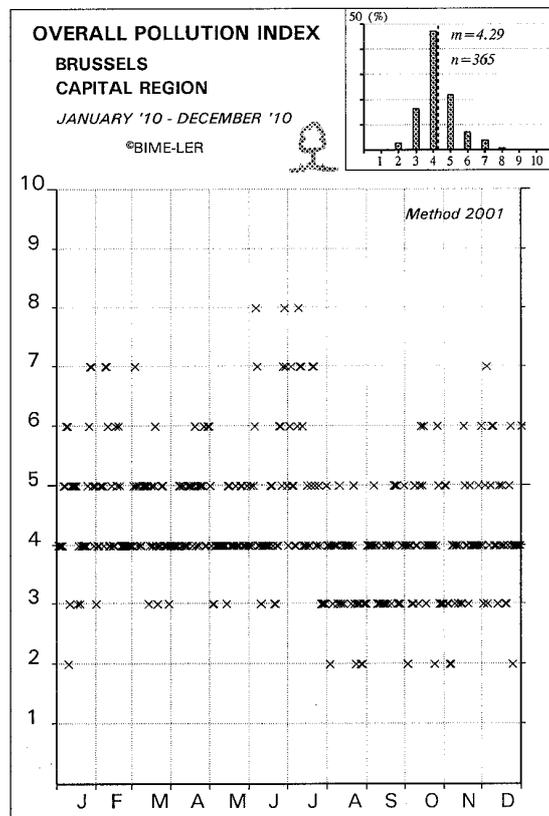
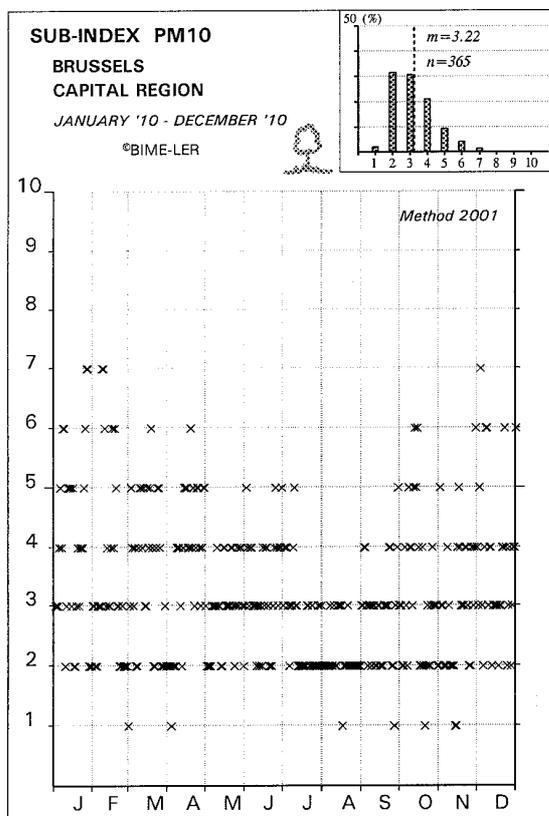
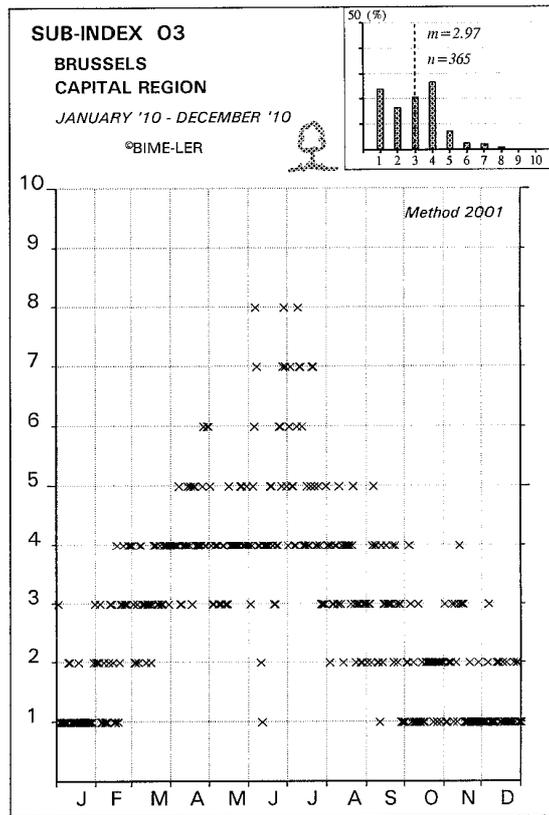
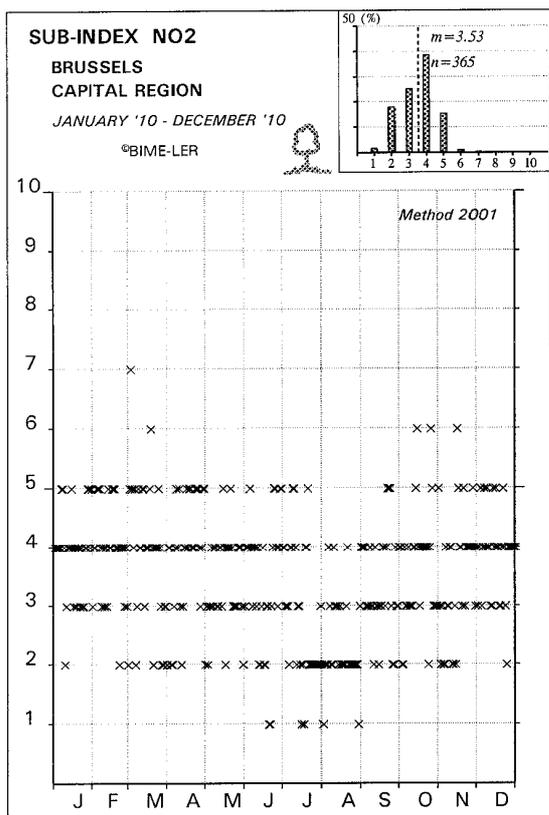


Fig. 5.2: Les sous indices pour NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et PM10 – Indice globale – Période annuelle 2010

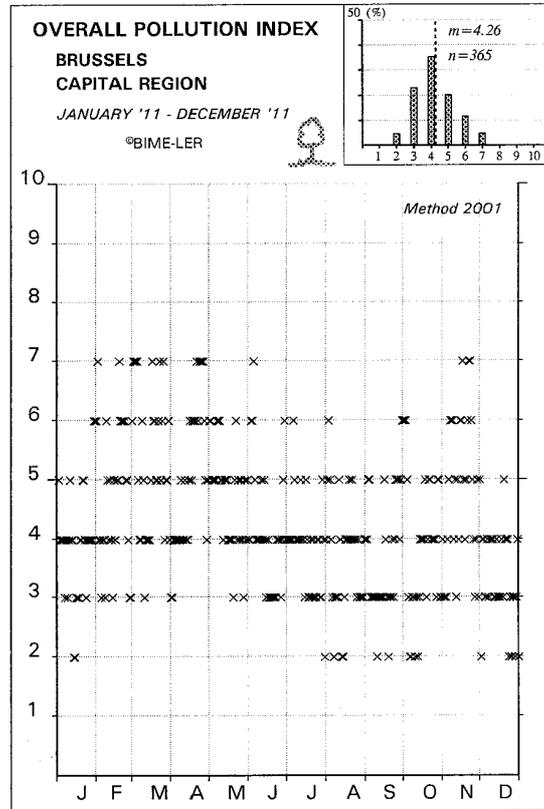
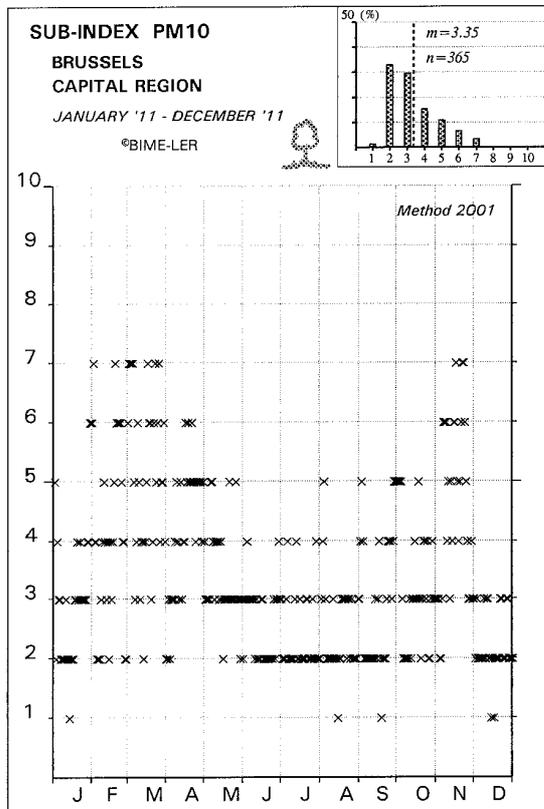
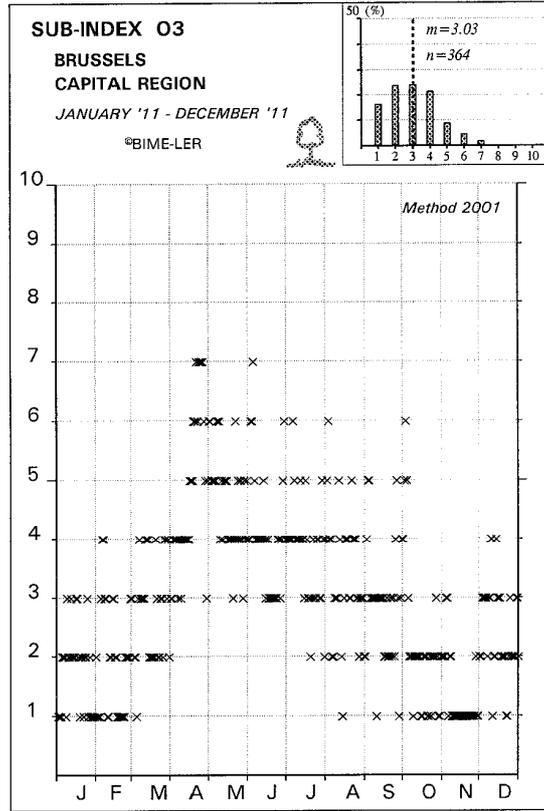
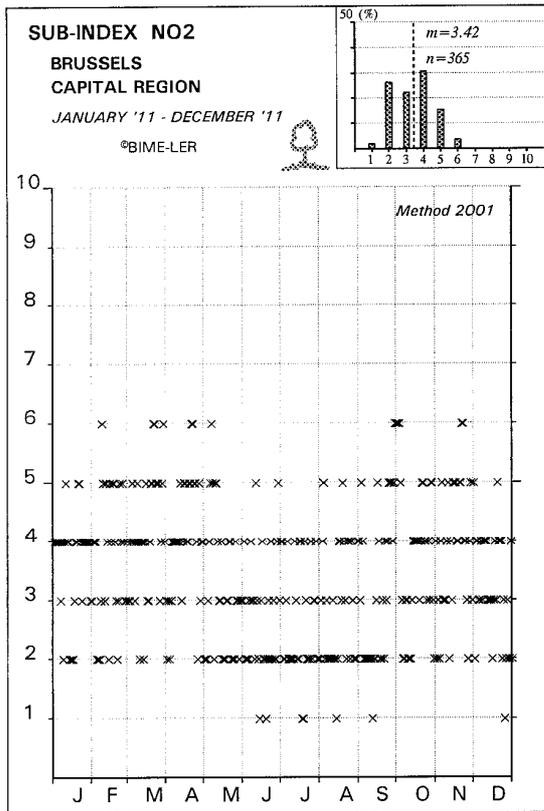


Fig. 5.3: Les sous indices pour NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> et PM10 – Indice globale – Période annuelle 2011

**Indice dynamique** : depuis la période estivale de 2004 le site web de l'IBGE présente un indice de qualité de l'air qui est mis à jour à chaque heure. Le mode de calcul et les correspondances entre les niveaux de concentration et les valeurs des sous indices sont analogues au schéma de calcul d'application pour le calcul de l'indice journalier.

Pour cette indice dynamique la « *valeur caractéristique* » de chaque polluant est calculée sur base des concentrations obtenues durant la période des dernières 24 heures (SO<sub>2</sub> et PM10), la dernière période de 8 heures (O<sub>3</sub>) ou la dernière heure (NO<sub>2</sub>).

## 6. Résultats des Journées sans voiture

Dans le cadre d'une action européenne, la Région de Bruxelles-Capitale a organisé des journées sans voiture les dimanches 20 septembre 2009, 19 septembre 2010 et 18 septembre 2011. La Région participe à cette action déjà depuis 2002 et organise chaque fois un dimanche sans trafic dans la deuxième moitié du mois de septembre. De 9 à 19 h, heure locale, le trafic motorisé privé a été pratiquement complètement interdit sur l'entièreté du territoire de la Région. Grâce au « Réseau télémétrique de contrôle de la qualité de l'air » quelques constatations dignes d'intérêt ont été notées durant ces expériences.

Les figures 6.1 donnent l'évolution journalière des concentrations de NO dans le poste de mesures situé à « l'Avenue de la Couronne à Ixelles » (R002), une *canyon street*. Des résultats analogues pour le NO<sub>2</sub> sont représentés aux figures 6.2 et pour le CO aux figures 6.3. Chaque figure présente quatre graphiques partagées sur deux pages: le graphique 6.n.a du dessus de la première page fait référence à la journée sans voiture de l'année 2009, le graphique 6.n.b du dessous de cette page à celle de 2010 et le graphique 6.n.c du dessus de la deuxième page à celle de 2011. Le graphique 6.n.d du dessous de la deuxième page fait référence à la situation moyenne des 10 jours sans voitures organisés jusqu'à présent.

Les graphiques 6.n.a, 6.n.b et 6.n.c représentent l'évolution de trois séries de données : devant dans le graphique figurent les valeurs semi horaires du dimanche sans trafic, la série du milieu représente le profil journalier d'un dimanche moyen de la période du 1<sup>er</sup> mai à mi-septembre de l'année en question et la dernière série concerne le profil journalier moyen d'un jour ouvrable de la même période. Le graphique 6.n.d représente l'évolution moyenne calculée sur les 10 dimanches sans trafic (2002-2011) et l'évolution moyenne de tous les dimanches et de tous les jours ouvrables des périodes 'mai – septembre' des années 2002 à 2011. Dans les graphiques le temps est donné en TU (temps universelle). La période d'interdiction (9 à 19 h temps local) correspond alors à la période de 7 à 17 h TU (heure d'été).

**Paramètres Météorologiques** : les informations concernant la situation météorologique des journées sans voitures sont représentées à la figure 6.14 (dimanche 20 septembre 2009), 6.15 (dimanche 19 septembre 2010) en 6.16 (dimanche 18 septembre 2011). Chaque figure est composée de trois graphiques : le graphique du dessus représente l'évolution de la température ambiante de la journée sans voiture, le graphique du milieu représente l'évolution de l'humidité relative et le graphique du dessous celle de la vitesse de vent.

Le profil de la différence de température entre 3 m et 30 m [T3 – T30] est donné dans les graphiques de la figure 6.17. Une valeur négative indique la présence d'une inversion proche du sol. Le graphique du dessus concerne la journée sans voiture de l'année 2009, le graphique du milieu celle de 2010 et le graphique du dessous celle de 2011.

**20 septembre 2009** : les conditions météorologiques du dimanche 20 septembre 2009 étaient assez douces. La température s'élevait à 16 °C pendant les heures matinales, à 21°C durant l'après-midi et retombait à 15°C durant la nuit.

Tôt le matin il y a eu une inversion de température dans les couches basses proches du sol : à Uccle la différence de température [ $dT = T_3 - T_{30}$ ] entre 0 et 30 m variait de -2.2°C à -0,2°C entre 0:00 h et 8:00 h TU. L'inversion de température était donc encore présente en début de la période sans trafic. Entre 20:00 h et 24:00 h TU, bien après le retour du trafic, une différence de température entre -0.1 et -0,3°C a été constatée.

Le vent était faible le matin (0,5-2 m/sec), la vitesse montait de 2 à 3 m/s à l'heure de midi et restait entre ces valeurs l'après-midi et le soir. Le matin le temps à Bruxelles était clair et ensoleillé, le vent soufflait surtout de direction Sud à Sud-Ouest. Vers l'heure de midi le vent venait plutôt de direction Nord-Ouest et Nord. Une atmosphère plus trouble, déjà présente sur l'Ouest du pays, arrivait à Bruxelles. Il n'y a pas eu de précipitations. L'humidité relative de l'air diminuait d'environ 90% le matin vers 70% l'après-midi pour remonter vers 85 à 90% la nuit suivante.

Suite à l'inversion de température le matin, les concentrations des polluants gazeux classiques tels que NO, NO<sub>2</sub>, CO et CO<sub>2</sub> étaient relativement élevées immédiatement après minuit, bien avant le début de la période sans trafic.

**19 septembre 2010** : les conditions météorologiques du dimanche 19 septembre 2010 étaient assez normales. Contrairement aux journées sans voiture des années précédentes la température était inférieure à la température normale de la saison. Elle s'élevait à 10 °C pendant les heures matinales, à 16 °C durant l'après-midi et retombait à 13 °C durant la nuit.

Très tôt le matin il y a eu une légère inversion de température dans les couches basses, proches du sol : à Uccle la différence de température [ $dT = T_3 - T_{30}$ ] entre 0 et 30 m variait de -1.2°C à -0,2°C entre 0:00 h et 5:00 h TU. Entre 18:00 h et 24:00 h TU, donc après le retour du trafic, une différence de température entre -0.1 et -0,3°C a été constatée.

Le vent était faible le matin (1-3 m/sec), la vitesse montait de 3 à 4 m/s à l'heure de midi et restait entre ces valeurs l'après-midi et en début de soirée. Le vent soufflait de direction Sud Sud-Ouest. L'humidité relative de l'air diminuait d'environ 80% le matin vers 65% l'après-midi pour remonter vers 75 à 80% la nuit suivante.

En début de la journée les concentrations des polluants gazeux classiques tels que NO, NO<sub>2</sub>, CO et CO<sub>2</sub> étaient assez normales. Suite à la légère inversion de température le matin, les concentrations atteignaient un maximum vers 4:30 h TU, bien avant le début de la période sans trafic.

**18 septembre 2011** : les conditions météorologiques du dimanche 18 septembre 2011 étaient assez normales. Contrairement aux journées sans voiture des années précédentes la température était inférieure à la température normale de la saison. Elle s'élevait à 10 °C pendant les heures matinales, à 14 °C durant l'après-midi et retombait à 11 °C durant la nuit.

Il n'y a pas eu d'inversion de température dans les couches basses, proches du sol, ni durant le matin, ni durant le soir. La différence de température [ $dT = T3 - T30$ ] entre 0 et 30 m, observée à Uccle et Molenbeek, restait positive.

Le vent était assez faible le matin (3-4 m/sec), restait entre ces valeurs à l'heure de midi et en début de l'après-midi et était un peu plus faible durant la soirée. Le vent soufflait de direction Sud-Ouest. L'humidité relative de l'air diminuait d'environ 100% le matin vers 80% l'après-midi pour remonter vers 100% la nuit suivante.

En début de la journée les concentrations des polluants gazeux classiques tels que NO, NO<sub>2</sub>, CO et CO<sub>2</sub> étaient assez normales. Des niveaux relativement faibles ont été observés pour les concentrations massiques des particules, ainsi que pour le nombre de particules.

**NO et NO<sub>2</sub>**: les graphiques des figures 6.1 permettent de constater que les dimanches sans voiture de 2009, 2010 et 2011, entre 7 et 17 h TU (9 et 19 h locales), les concentrations de **NO** sont nettement plus basses qu'un dimanche moyen. Les concentrations les plus élevées correspondent à un jour ouvrable moyen. Dès le retour du trafic la concentration en NO augmente directement. Les journées sans trafic de 2010 et 2011, vers la fin de la période sans trafic, des conditions météo assez stables et défavorables à une bonne dispersion des polluants faisaient augmenter davantage les concentrations. La journée sans voiture de 2009, suite à une inversion de température tôt le matin, les concentrations étaient assez élevées et elles n'ont que commencées à baisser quand l'inversion s'est levée.

Pour le NO<sub>2</sub> (figures 6.2) on constate également des concentrations plus faibles pendant la période d'application de la journée sans voiture. Pour le NO<sub>2</sub> les différences de niveau des concentrations sont plus marquées les dimanches sans voiture de 2010 en 2011. En conséquence des conditions météorologiques spécifiques la journée sans voiture de 2009, les concentrations ont tardées à diminuer.

Pour presque chaque dimanche sans voiture les concentrations sont plus faibles durant la période d'interdiction du trafic que durant la même période le dimanche moyen ou le jour ouvrable moyen. À chaque fois il y a un changement de niveau de la concentration : une diminution de la concentration en début de la période sans trafic et une augmentation à la fin de cette période. L'intensité du changement dépend des conditions météorologiques spécifiques du jour même. En présence de couches d'air stables les niveaux de concentrations pendant les heures avant et après la période d'interdiction sont plus élevés qu'en présence des couches instables.

La situation calculée pour la moyenne des tous les dimanches sans trafic (graphique 6.n.d) indique des concentrations en NO en NO<sub>2</sub> plus faibles durant la période d'interdiction, comparées aux mêmes périodes le dimanche moyen ou le jour ouvrable moyen. Il y a clairement une diminution des concentrations en début de la période sans trafic et une nette augmentation de la concentration après la fin de la période sans trafic. La situation moyenne a l'avantage de filtrer quelque part les évènements à caractère fortuit liés à une condition météorologique quelconque.

Les graphiques de la figure 6.3 donnent, pour les trois journées sans voiture et pour la situation moyenne de tous les dimanches sans trafic, une comparaison des profils journaliers de NO<sub>2</sub> dans quatre postes de mesure différents. Pour le NO<sub>2</sub> on remarque assez vite une diminution des concentrations dans tous les postes de mesure, même dans les endroits qui ne sont pas soumis à un environnement de trafic important.

Ceci est une constatation fondamentale. Il existe bien une marge pour une éventuelle diminution des concentrations de NO<sub>2</sub>. Si on pouvait réaliser à moyen terme, et de façon permanente, des réductions considérables des émissions de NO<sub>x</sub>, (p.ex. des systèmes « dé-NO<sub>x</sub> » sur les voitures diesel ou un parc automobile sans émissions NO<sub>x</sub>), la concentration générale de NO<sub>2</sub> baisserait, ce qui permettrait de respecter la sévère norme NO<sub>2</sub> (moyenne annuelle < 40 µg/m<sup>3</sup>) également dans les centres urbains à trafic intense. Une baisse significative des concentrations en NO<sub>2</sub> peut de plus induire moins de pollution photochimique (problématique de l'ozone) et éventuellement moins de formation d'aérosol secondaire (nitrate d'ammonium dans les PM<sub>2.5</sub> et PM<sub>10</sub>).

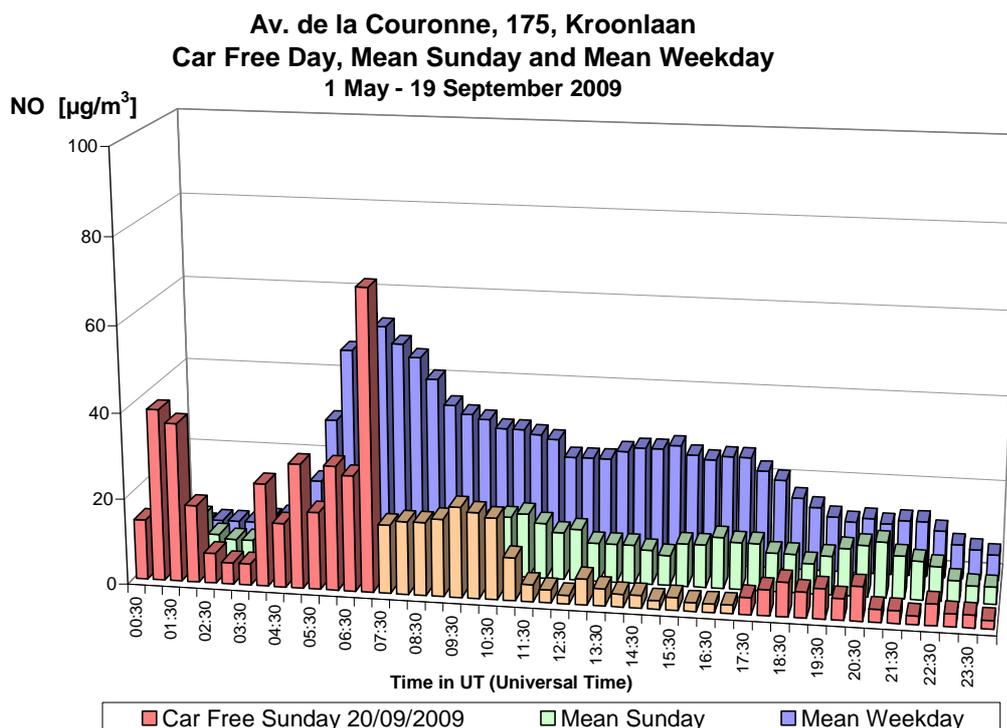


Fig. 6.1.a: Ixelles - Av. Couronne – NO – Évolution moyenne journalière du dimanche sans voiture 2009 et d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2009'

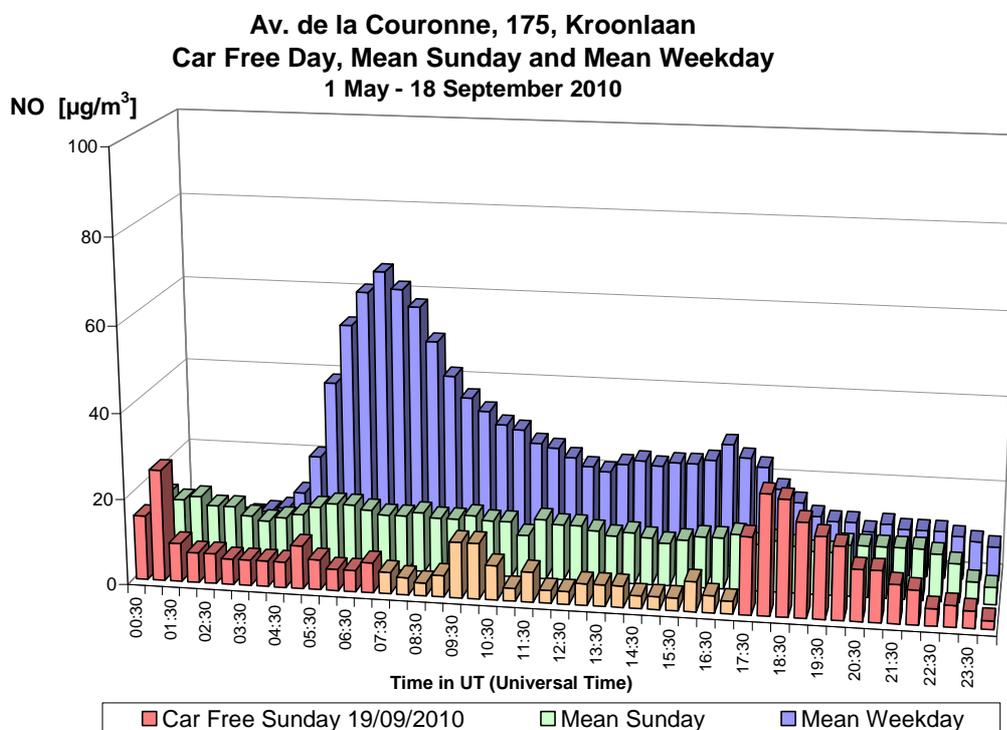


Fig. 6.1.b: Ixelles - Av. Couronne – NO – Évolution moyenne journalière du dimanche sans voiture 2010 et d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2010'

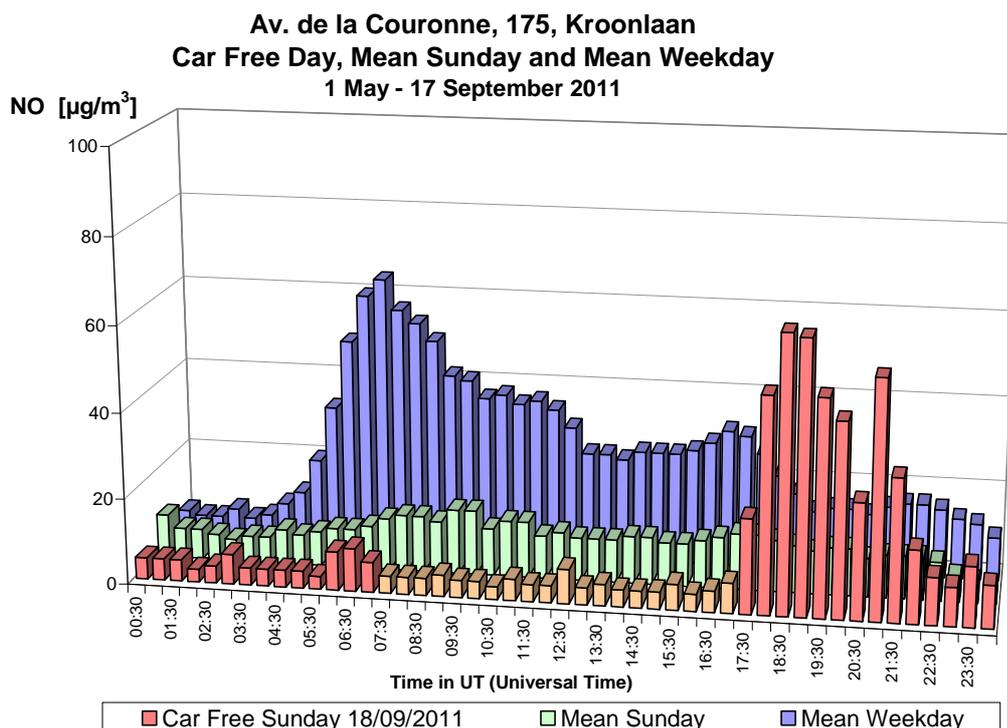


Fig. 6.1.c: Ixelles - Av. Couronne – NO – Évolution moyenne journalière du dimanche sans voiture 2011 et d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2011'

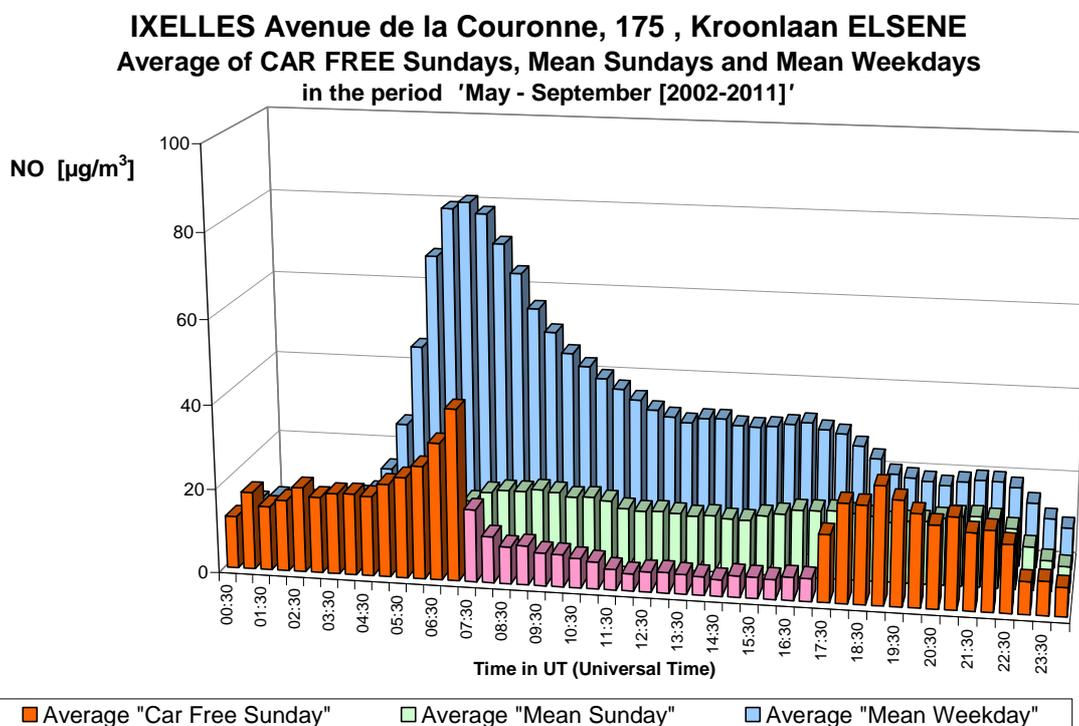


Fig. 6.1.d: Ixelles – Av. de la Couronne – NO – Évolution moyenne journalière des dimanches sans voiture [2002-2011] et des dimanches et des jours ouvrables moyens des périodes 'mai – septembre [2002-2011]'

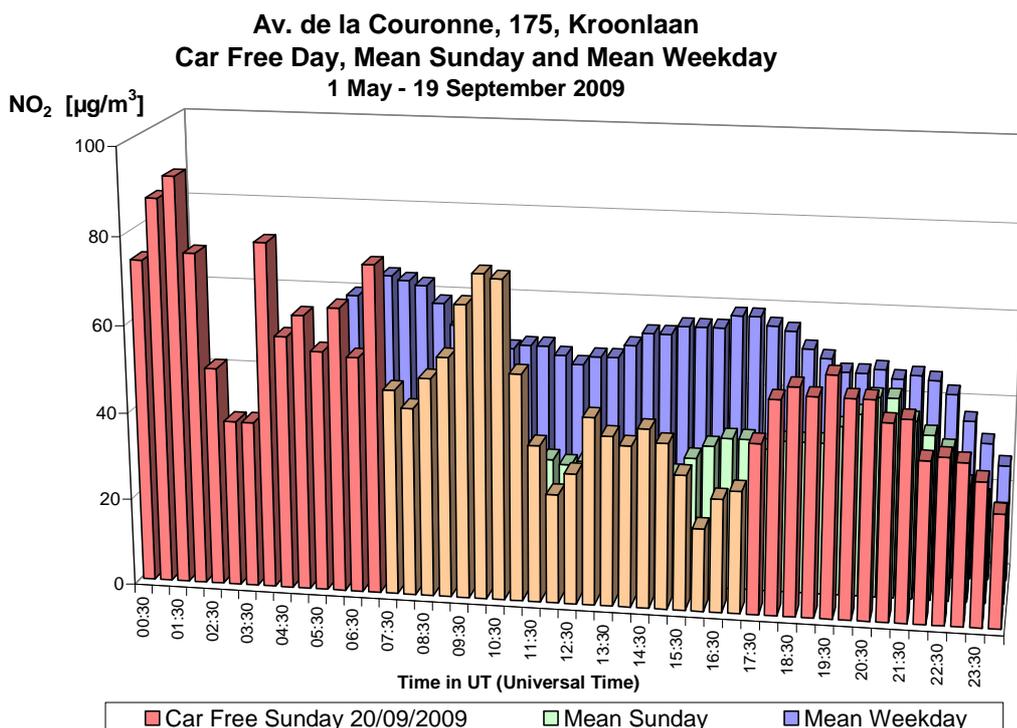


Fig. 6.2.a: Ixelles - Av. Couronne – NO<sub>2</sub> – Évolution moyenne journalière du dimanche sans voiture 2009 et d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2009'

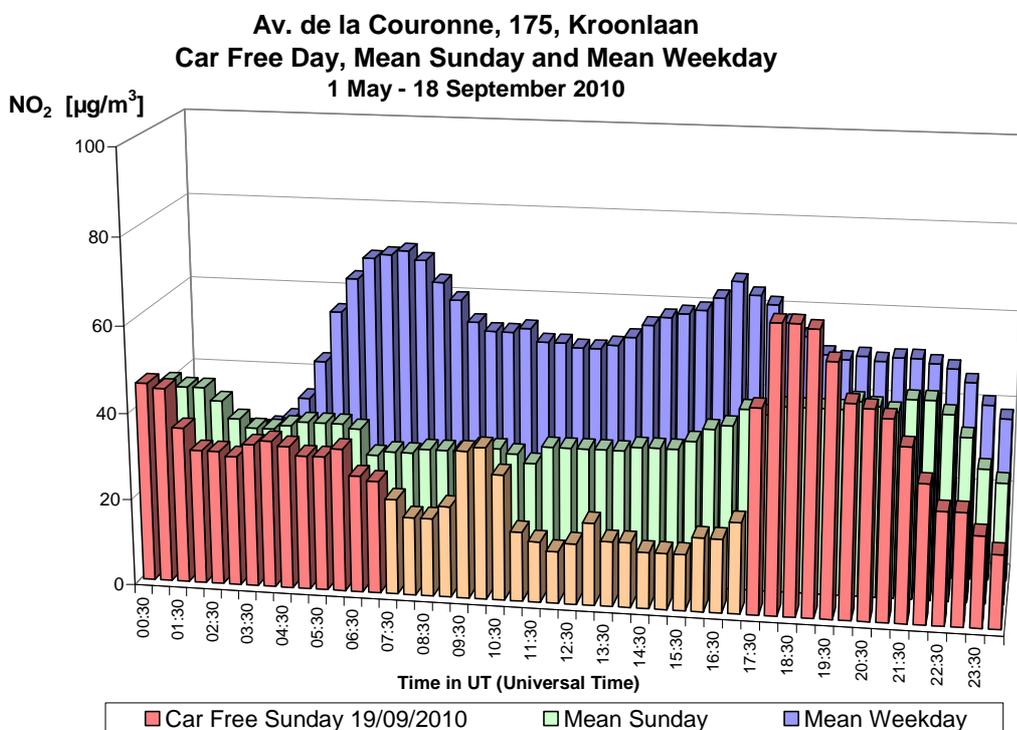


Fig. 6.2.b: Ixelles - Av. Couronne – NO<sub>2</sub> – Évolution moyenne journalière du dimanche sans voiture 2010 et d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2010'

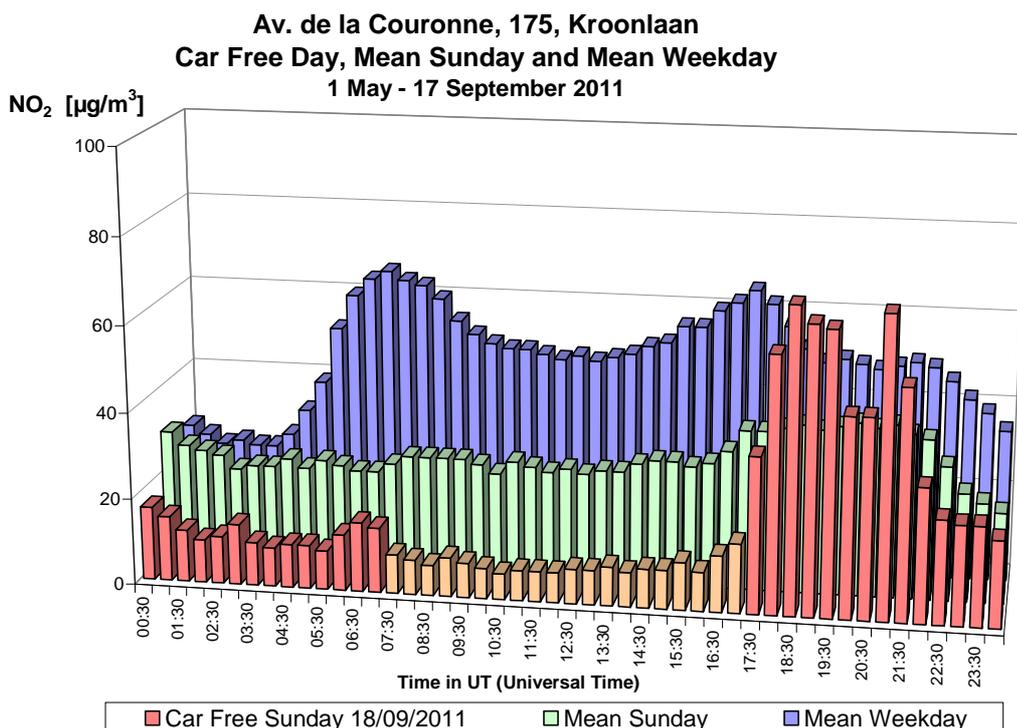


Fig. 6.2.c: Ixelles - Av. Couronne – NO<sub>2</sub> – Évolution moyenne journalière du dimanche sans voiture 2011 et d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2011'

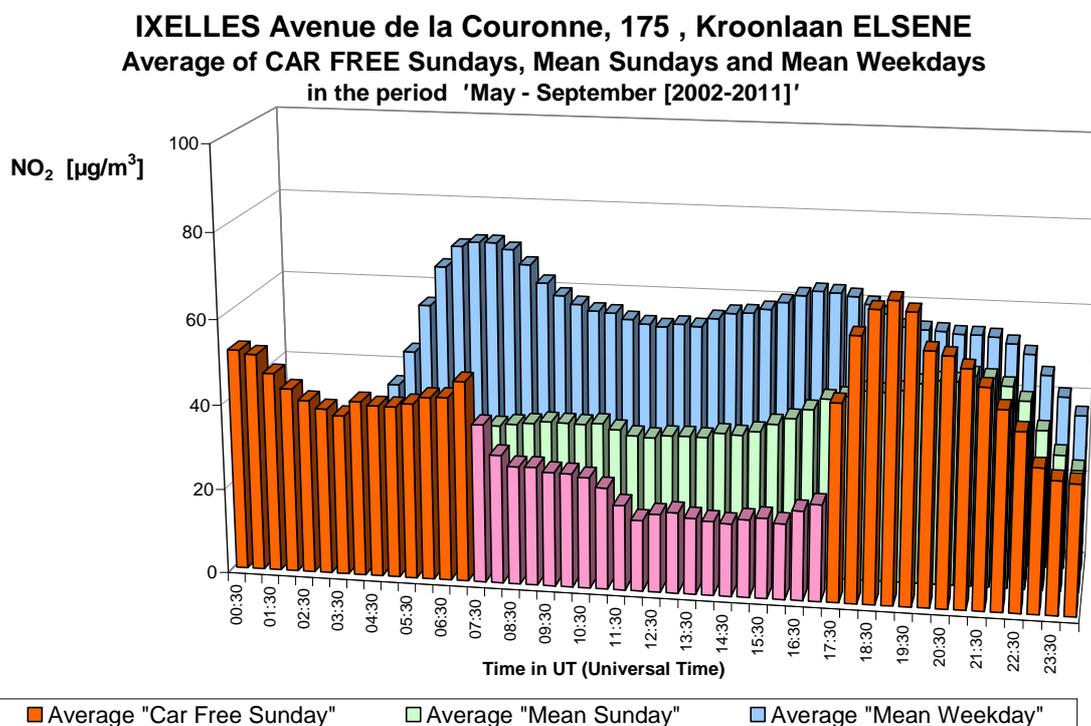


Fig. 6.2.d: Ixelles - Av. de la Couronne – NO<sub>2</sub> – Évolution moyenne journalière des dimanches sans voiture [2002-2011] et des dimanches et des jours ouvrables moyens des périodes 'mai – septembre [2002-2011]'

**NO<sub>2</sub> - Car Free Day - Sunday 20 September 2009**  
**Comparison NO<sub>2</sub> levels at 4 different sites**

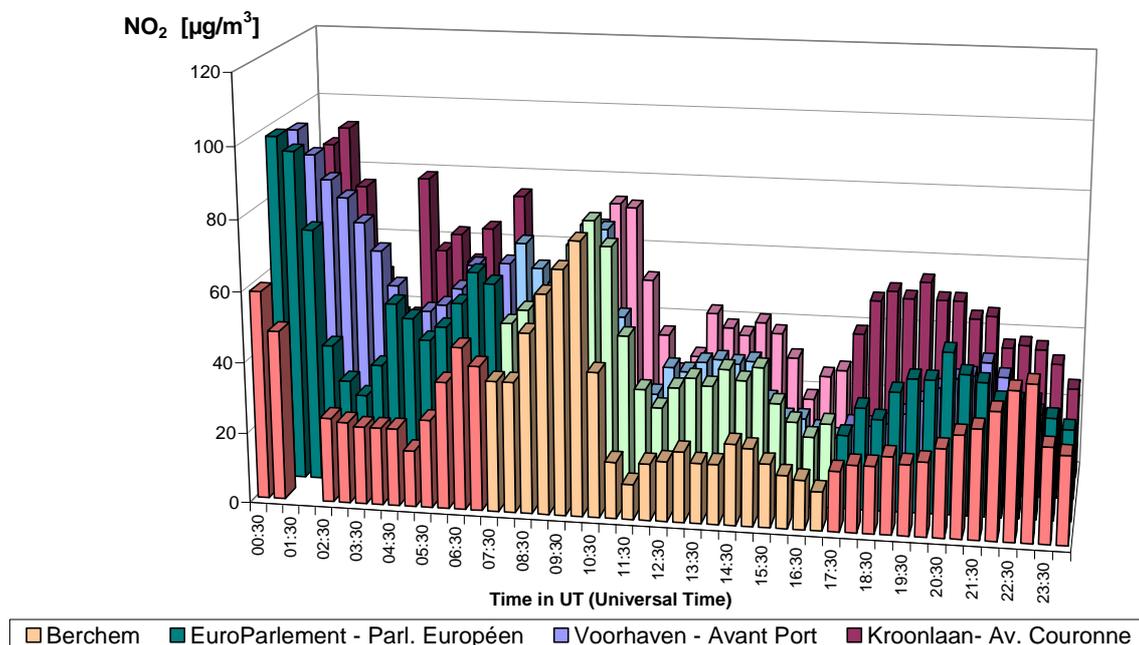


Fig. 6.3.a: Dimanche sans voiture 2009 – Évolution de la concentration en NO<sub>2</sub> dans 4 postes différents du réseau télémétrique

**NO<sub>2</sub> - Car Free Day - Sunday 19 September 2010**  
**Comparison NO<sub>2</sub> levels at 4 different sites**

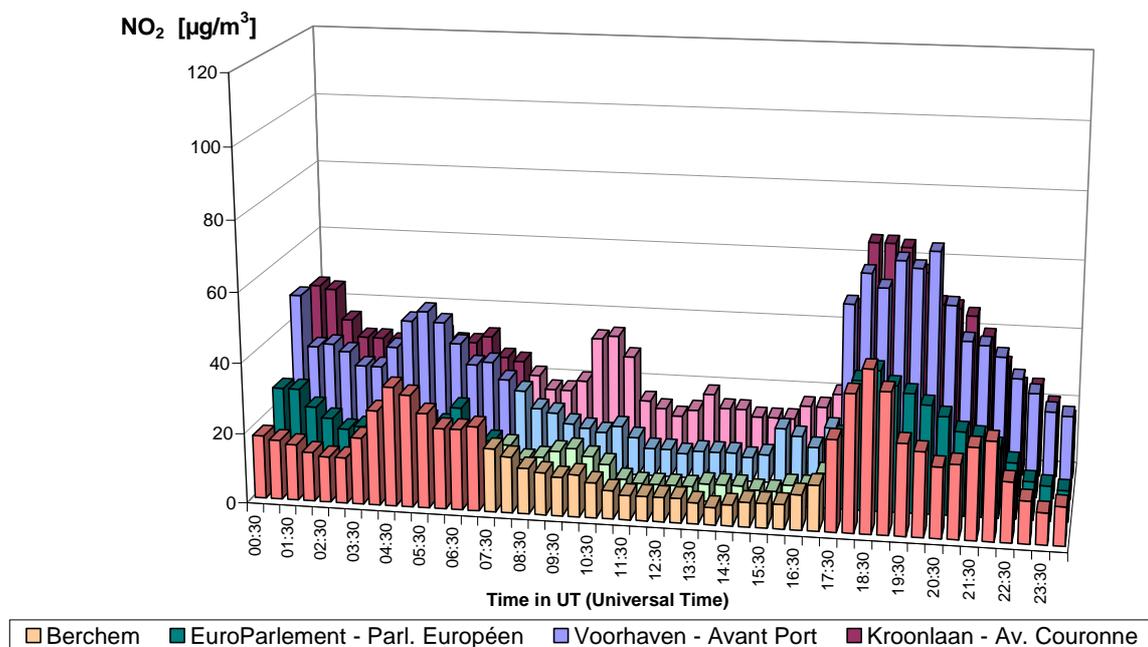


Fig. 6.3.b: Dimanche sans voiture 2010 - Évolution de la concentration en NO<sub>2</sub> dans 4 postes différents du réseau télémétrique

**NO<sub>2</sub> - Car Free Day - Sunday 18 September 2011**  
**Comparison NO<sub>2</sub> levels at 4 different sites**

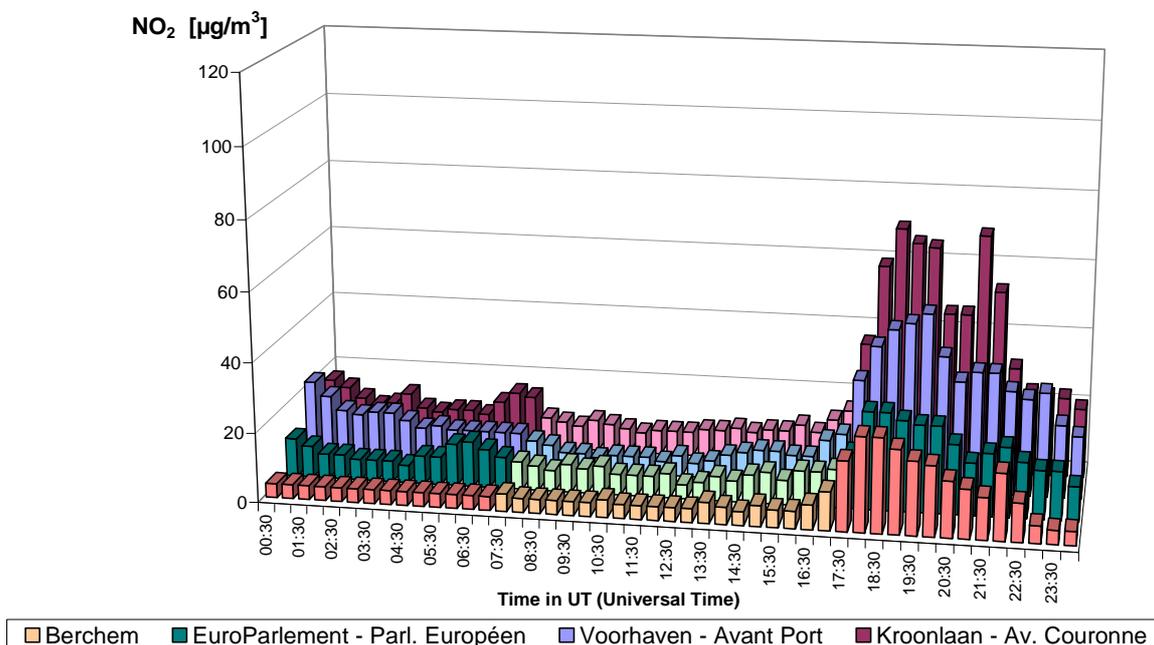


Fig. 6.3.c: Dimanche sans voiture 2011 - Évolution de la concentration en NO<sub>2</sub> dans 4 postes différents du réseau télémétrique

**NO<sub>2</sub> - AVERAGE of CAR FREE SUNDAYS [2002-2011]**  
**Comparison NO<sub>2</sub> levels at 4 different sites**

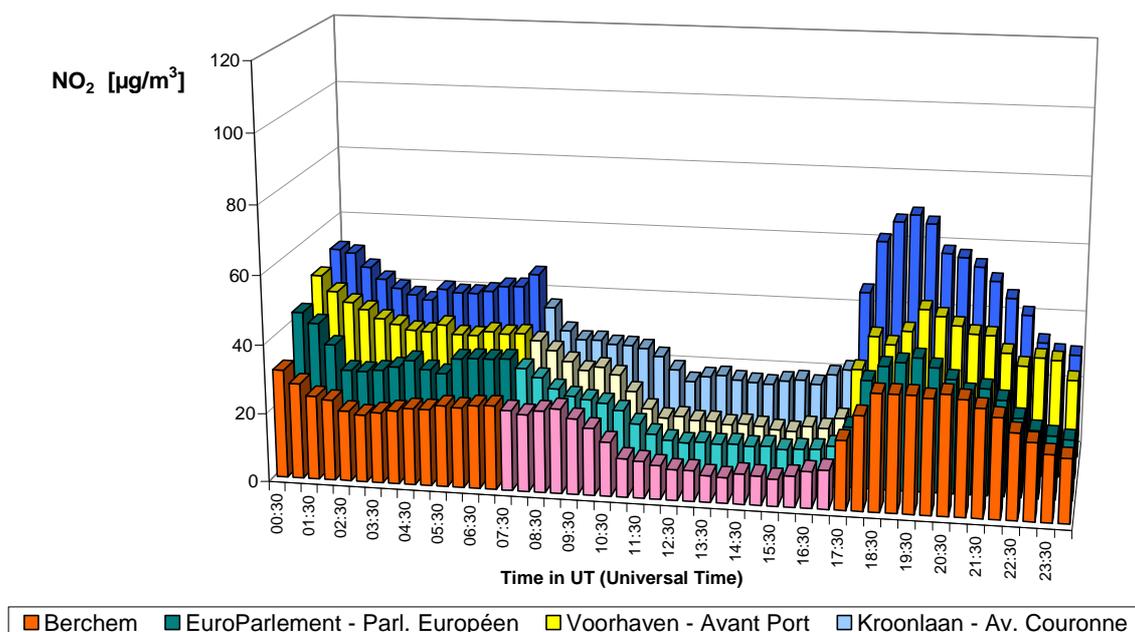


Fig. 6.3.d: Moyenne de 10 dimanches sans voiture [2002-2011] - Évolution de la concentration en NO<sub>2</sub> dans 4 postes différents du réseau télémétrique

**CO:** les graphiques de la figure 6.4 représentent l'évolution des concentrations de CO dans le poste de mesure à Ixelles (R002). Les concentrations lors des dimanches sans voiture sont plus basses que les dimanches moyens et beaucoup plus basses que les jours ouvrables moyens. Le profil des concentrations de CO suit le profil des concentrations de NO. En conséquence de la diminution importante des émissions CO du trafic, les différences de niveaux entre les périodes sans ou avec trafic sont devenues beaucoup plus faibles pour le CO.

Les journées sans voiture on note pour le CO une diminution évidente de la concentration en début et une augmentation à la fin de la période d'interdiction. On peut faire les mêmes observations pour la situation moyenne de tous les dimanches sans trafic : une concentration plus faible pendant les heures d'interdiction et un changement de la concentration en début (diminution) et à la fin (augmentation) de la période de l'arrêt du trafic.

**O<sub>3</sub>:** pour le poste de mesure d'Uccle (R012), le profil journalier des concentrations d'O<sub>3</sub> des dimanches sans voiture est représenté par les graphiques des figures 6.5. Les graphiques renvoient aux journées sans trafic des années 2009, 2010 et 2011 et à la situation moyenne sur tous les dimanches sans trafic des années 2002 à 2011. De 09.00 à 17.00 h TU (11 à 19 heure locale) on remarque une augmentation des concentrations d'ozone. Cette augmentation est généralement constatée dans tous les postes de mesure de la Région. Pendant la période d'arrêt du trafic, il y a moins de NO émis dans l'air, ce qui diminue la destruction d'ozone. Cette augmentation est la plus évidente pour la journée sans voiture de 2009, dès que l'inversion thermique a disparue.

Des observations identiques peuvent se faire pour la situation moyenne de tous les dimanches sans trafic. Les concentrations en ozone sont plus élevées durant les heures d'interdiction et on constate respectivement une augmentation et une diminution de la concentration en début et à la fin de la période sans trafic.

Conjugué avec l'effet week-end, ces expériences apportent une preuve supplémentaire qu'une mesure telle que l'arrêt du trafic, en vue d'une diminution de la concentrations en ozone, est contre productive dans les conditions actuelles et dans notre situation.

À la fin de la période sans trafic la concentration en ozone chute assez brusquement. Ce constat est générale pour tous les postes de mesure de la Région (voir figures 6.6 et 6.7). Ces figures présentent, pour les dimanches sans voiture de 2009, 2010 et 2011 et pour la moyenne de tous les dimanches sans trafic des années 2002 à 2011, le profil journalier en O<sub>3</sub> dans 4 postes de mesure différents (graphiques 6.10.x) et le profil journalier de la somme des concentrations [O<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>] (graphiques 6.11.x), exprimée en quantités équivalentes d'ozone.

La destruction d'ozone est à l'origine de l'oxydation du NO en NO<sub>2</sub>. L'évolution de la somme des concentrations [O<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>] montre clairement la complémentarité entre O<sub>3</sub> et NO<sub>2</sub> : la chute des concentrations en O<sub>3</sub> est compensé par une augmentation équivalente de la concentration en NO<sub>2</sub>. D'autre part l'absence du NO durant les heures d'interdiction permet de constater que la concentration en ozone est plus uniformément répartie sur tous les postes de mesure de la Région.

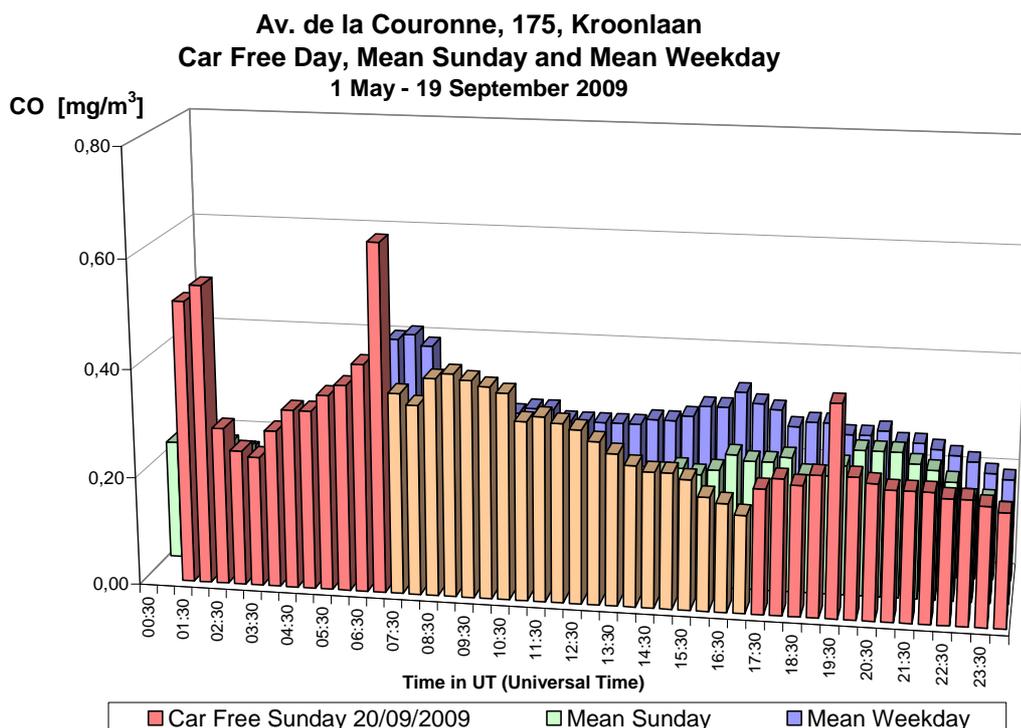


Fig. 6.4.a: Ixelles - Av. Couronne – CO – Évolution moyenne journalière du dimanche sans voiture 2009 et d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2009'

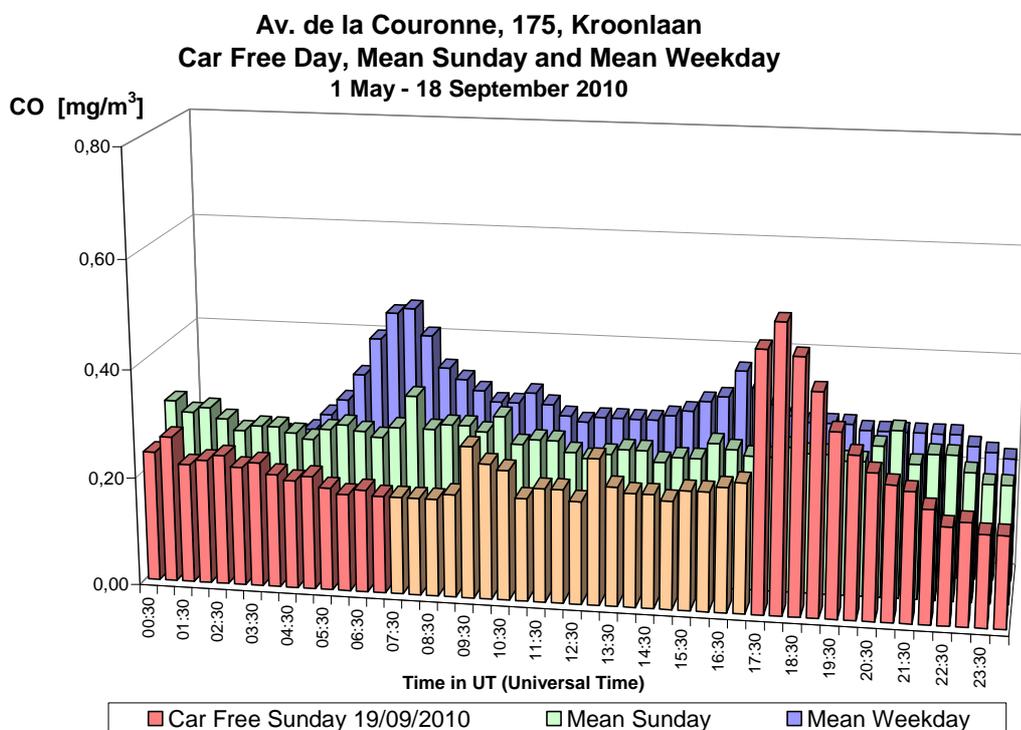


Fig. 6.4.b Ixelles - Av. Couronne – CO – Évolution moyenne journalière du dimanche sans voiture 2010 et d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2010'

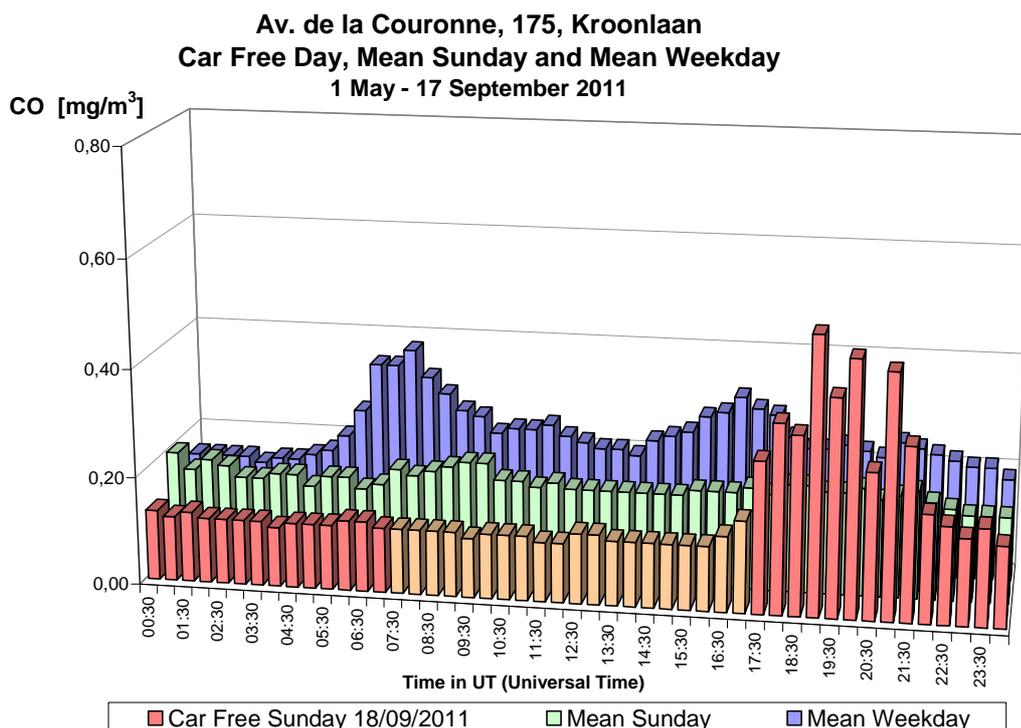


Fig. 6.4.c: Ixelles - Av. Couronne – CO – Évolution moyenne journalière du dimanche sans voiture 2011 et d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2011'

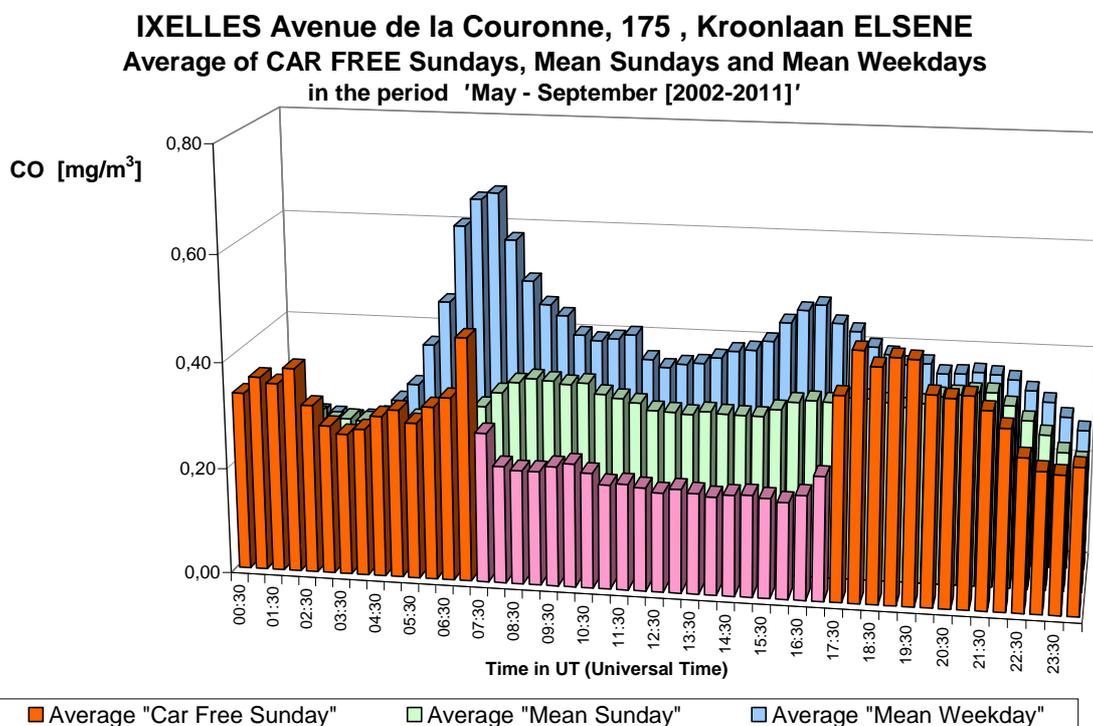


Fig. 6.4.d: Ixelles - Av. de la Couronne – CO – Évolution moyenne journalière des dimanches sans voiture [2002-2011] et des dimanches et des jours ouvrables moyens des périodes 'mai – septembre [2002-2011]'

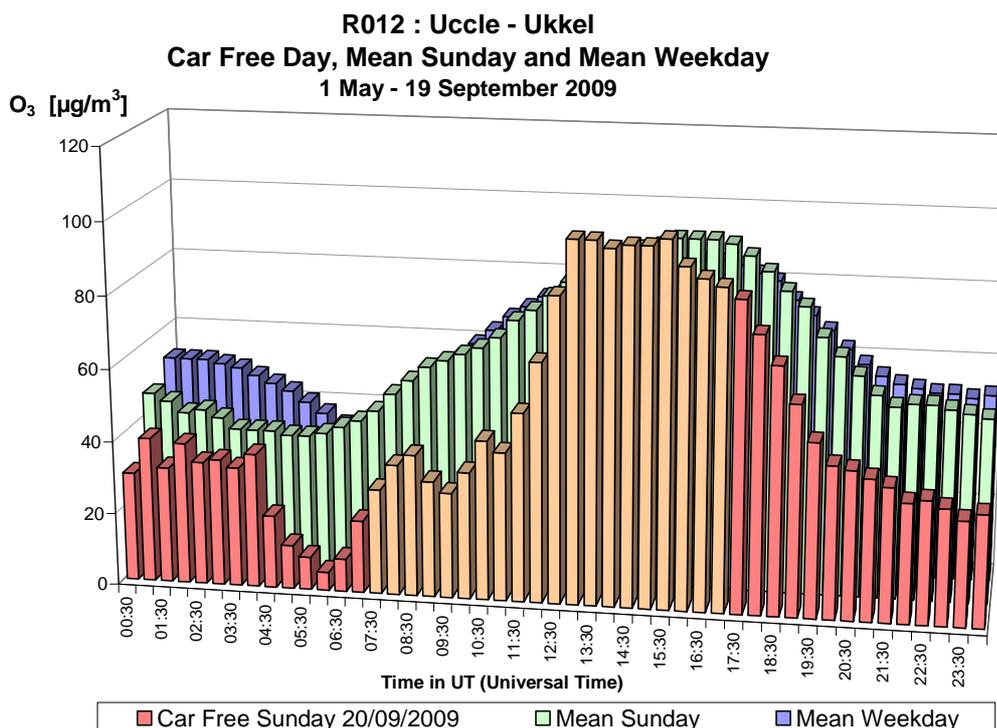


Fig. 6.5.a: Uccle – O<sub>3</sub> – Évolution moyenne journalière du dimanche sans voiture 2009 et d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2009'

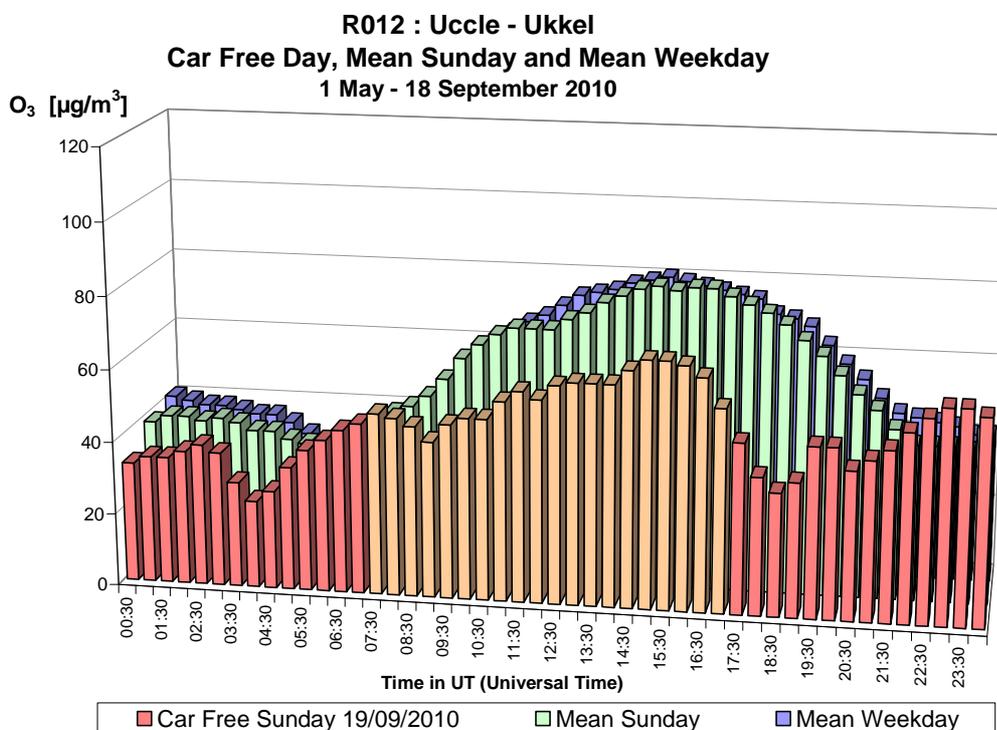


Fig. 6.5.b: Uccle – O<sub>3</sub> – Évolution moyenne journalière du dimanche sans voiture 2010 et d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2010'

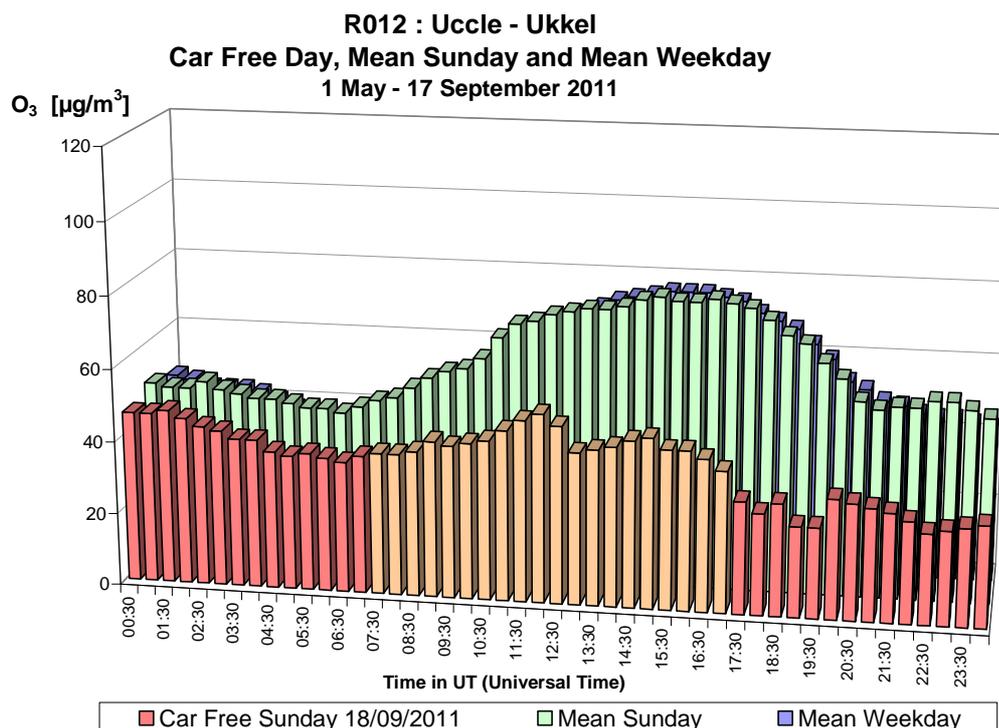


Fig. 6.5.c: Uccle – O<sub>3</sub> – Évolution moyenne journalière du dimanche sans voiture 2011 et d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2011'

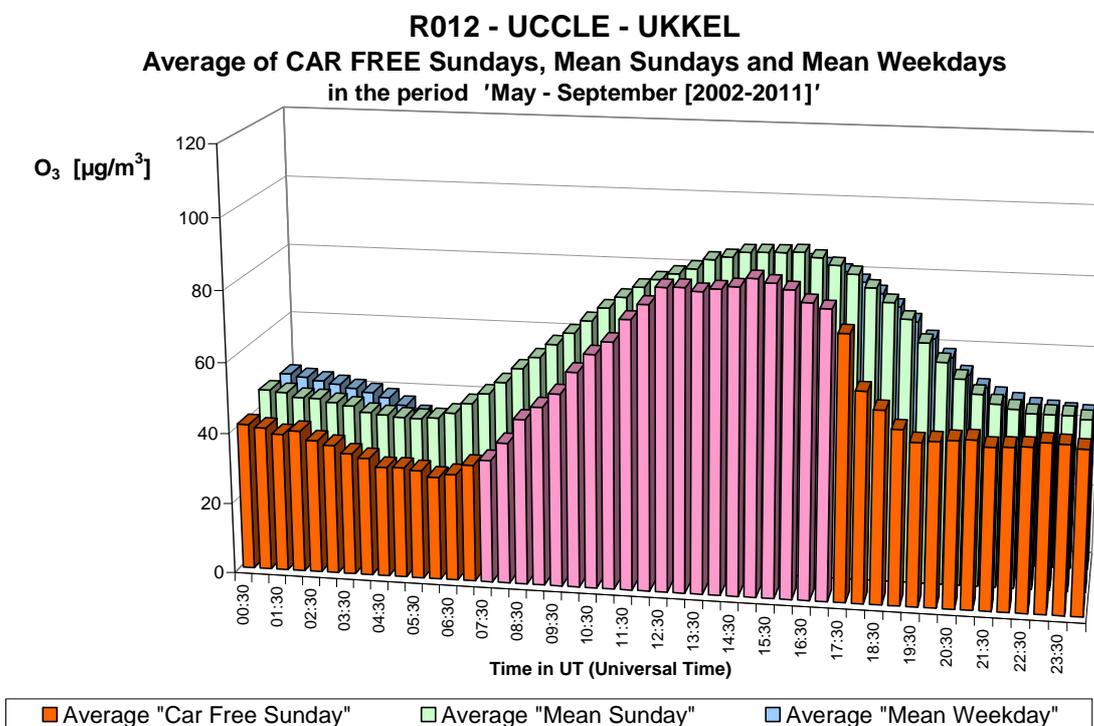


Fig. 6.5.d: Uccle – O<sub>3</sub> – Évolution moyenne journalière des dimanches sans voiture [2002-2011] et des dimanches et des jours ouvrables moyens des périodes 'mai – septembre [2002-2011]'

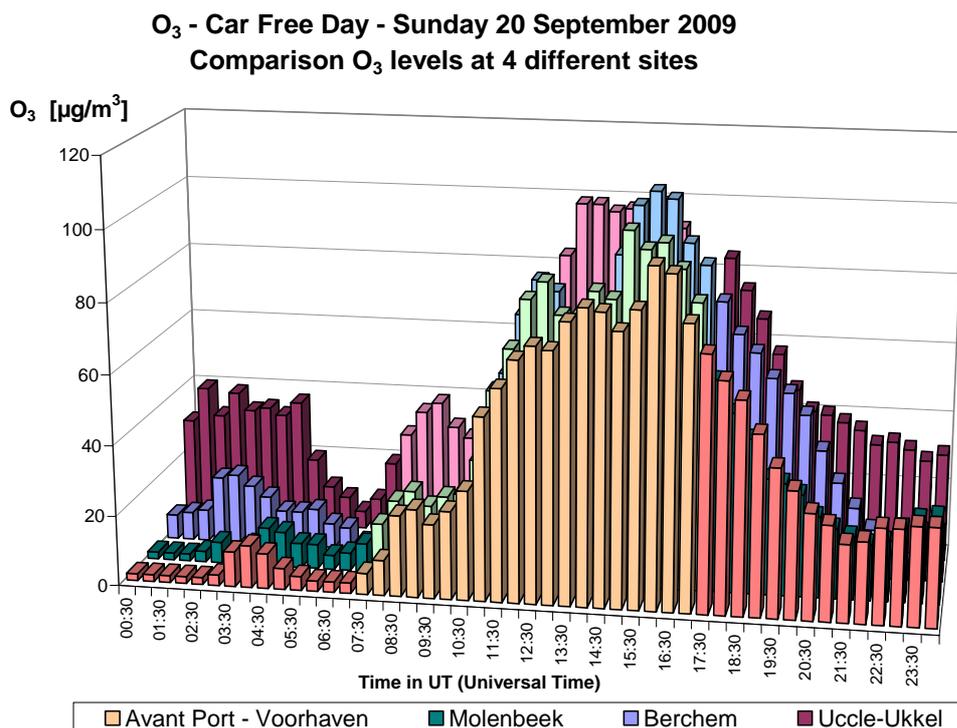


Fig. 6.6.a: Dimanche sans voiture 2009 - Évolution de la concentration en O<sub>3</sub> dans 4 postes différents du réseau télémétrique

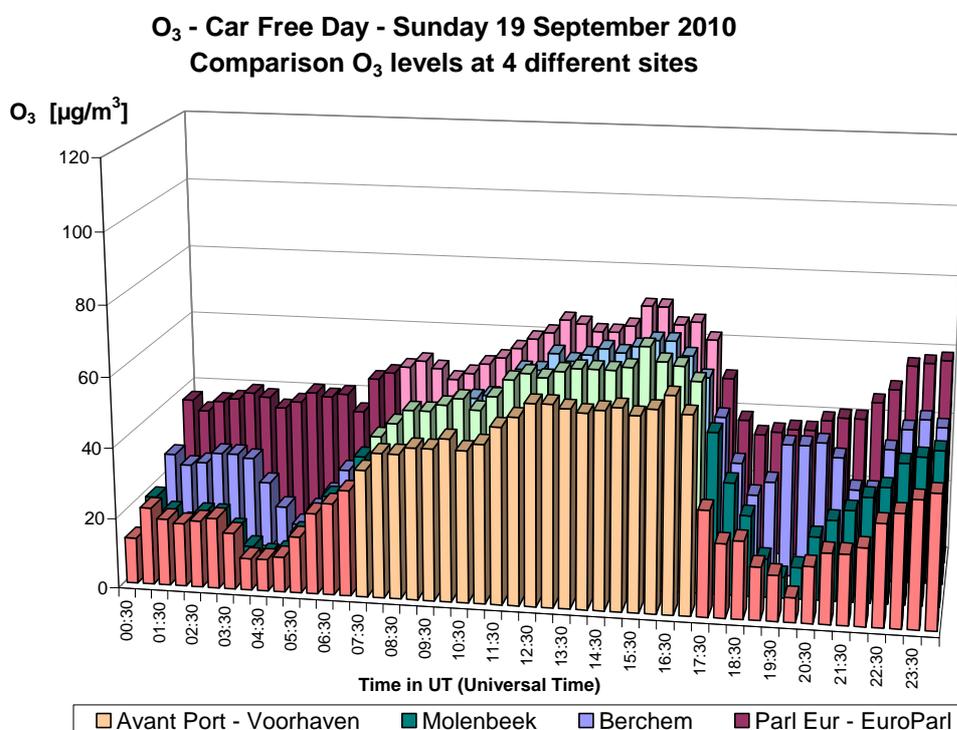


Fig. 6.6.b: Dimanche sans voiture 2010 - Évolution de la concentration en O<sub>3</sub> dans 4 postes différents du réseau télémétrique

**[O<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>] - Car Free Day - Sunday 18 September 2011**  
**Comparison Phox levels at 4 different sites**

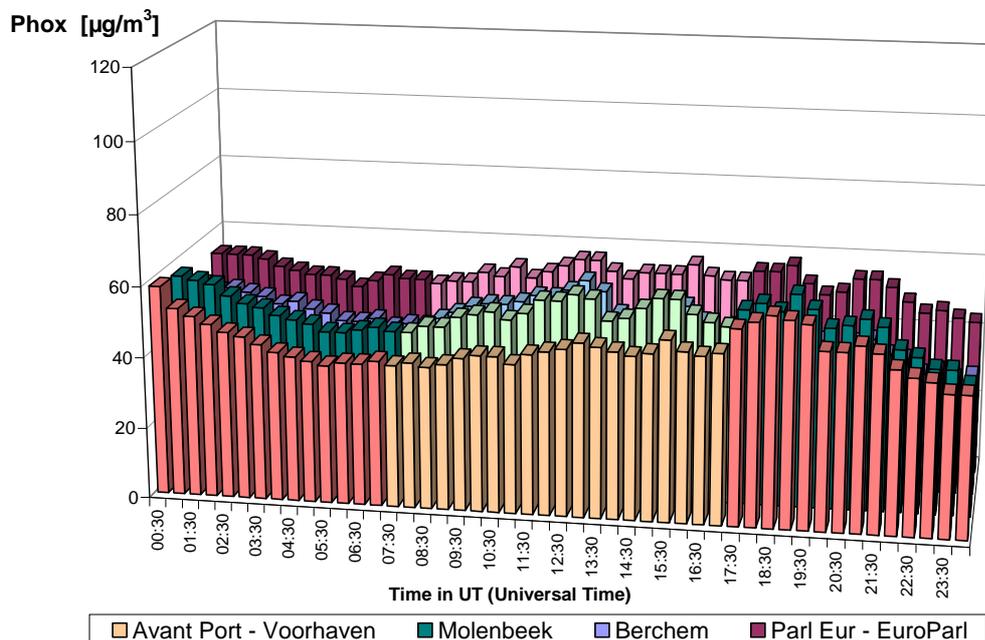


Fig. 6.6.c: Dimanche sans voiture 2011 - Évolution de la concentration en O<sub>3</sub> dans 4 postes différents du réseau télémétrique

**O<sub>3</sub> - AVERAGE of CAR FREE SUNDAYS [2002-2011]**  
**Comparison O<sub>3</sub> levels at 4 different sites**

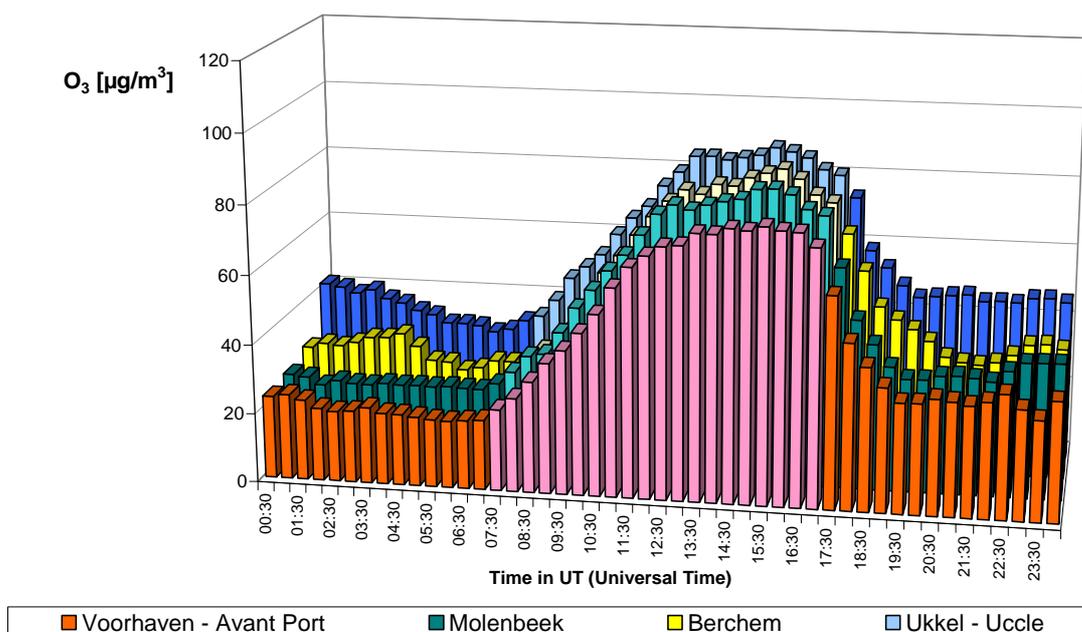


Fig. 6.6.d: Moyenne de 10 dimanches sans voiture [2002-2011] - Évolution de la concentration en O<sub>3</sub> dans 4 postes différents du réseau télémétrique

**[O<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>] - Car Free Day - Sunday 20 September 2009**  
**Comparison Phox levels at 4 different sites**

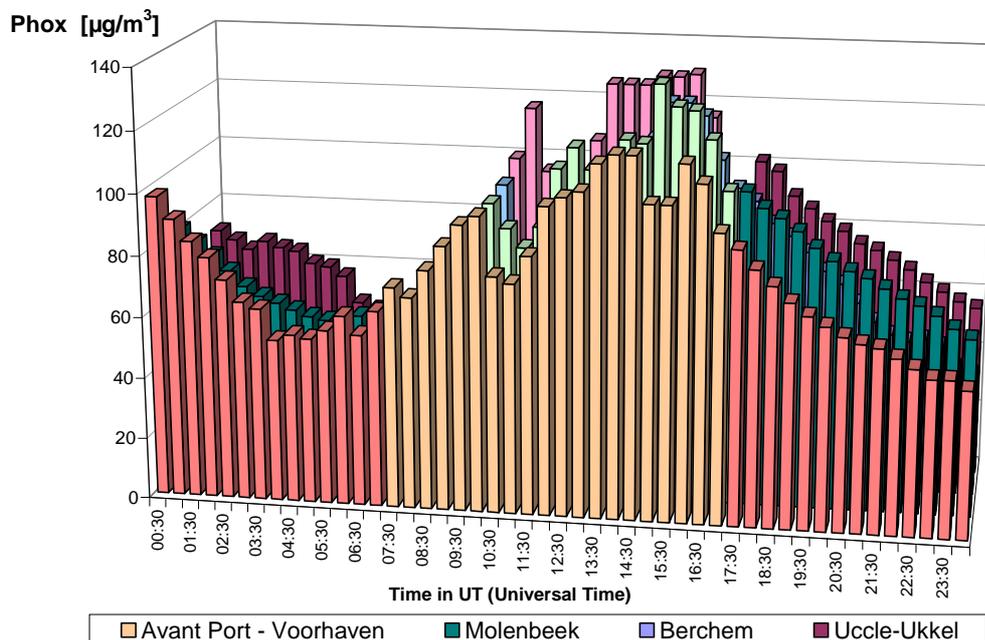


Fig. 6.7.a: Dimanche sans voiture 2009 - Évolution de la concentration [O<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>] dans quatre postes différents du réseau télémétrique

**[O<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>] - Car Free Day - Sunday 19 September 2010**  
**Comparison Phox levels at 4 different sites**

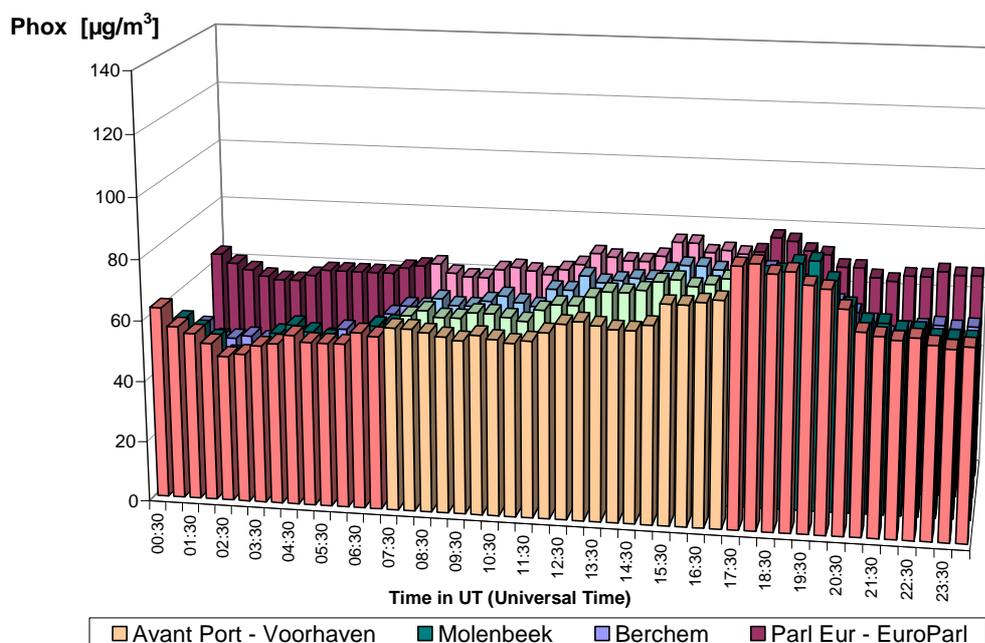


Fig. 6.7.b: Dimanche sans voiture 2010 - Évolution de la concentration [O<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>] dans quatre postes différents du réseau télémétrique

**[O<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>] - Car Free Day - Sunday 18 September 2011**  
**Comparison Phox levels at 4 different sites**

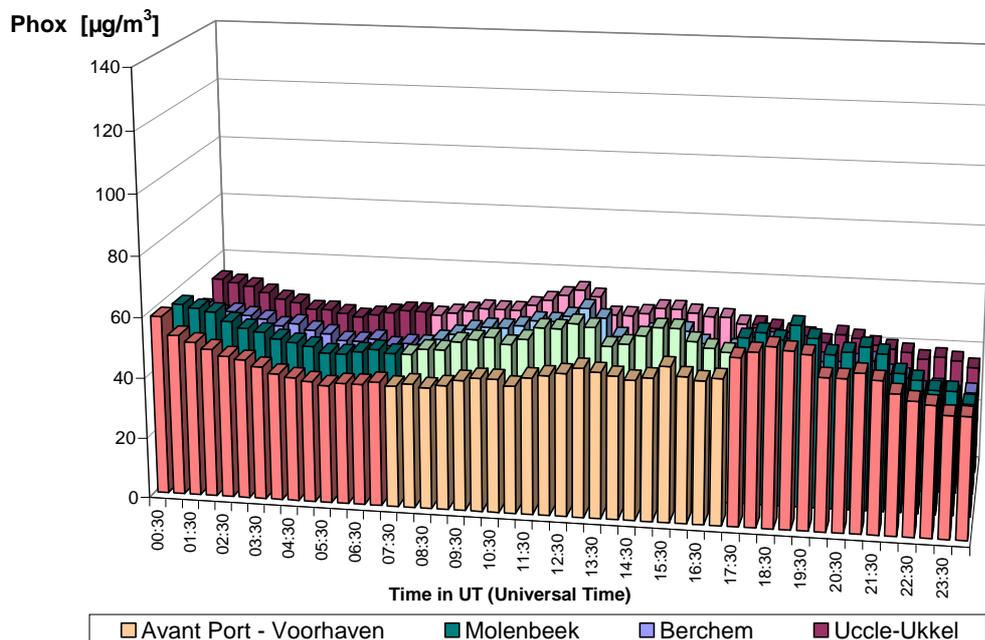


Fig. 6.7.c: Dimanche sans voiture 2011 - Évolution de la concentration [O<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>] dans quatre postes différents du réseau télémétrique

**[O<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>] - AVERAGE of CAR FREE SUNDAYS [2002-2011]**  
**Comparison Phox levels at 4 different sites**

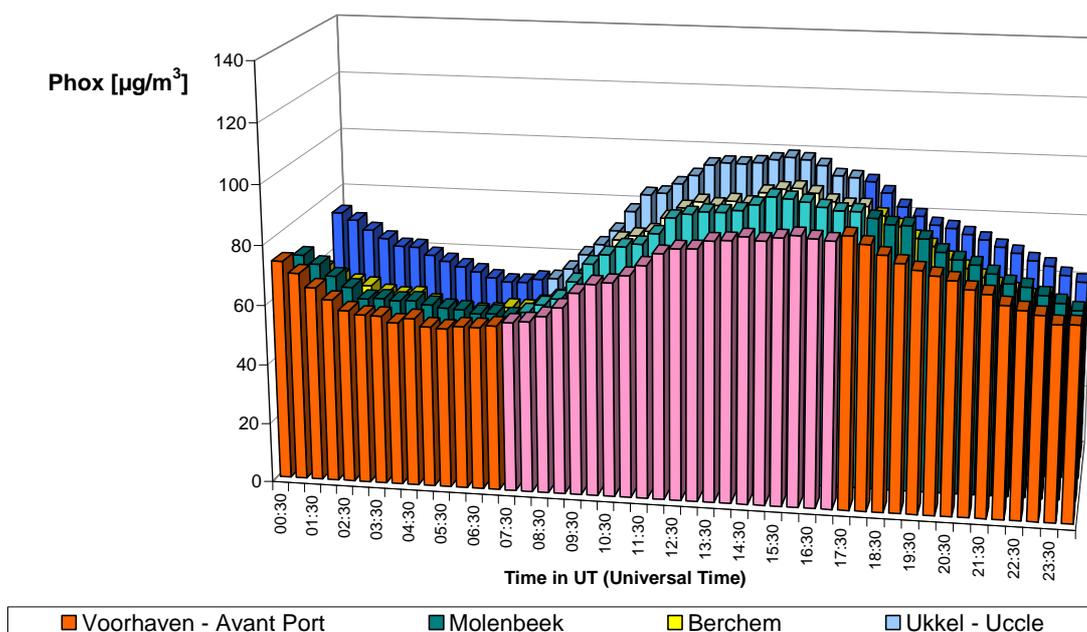


Fig. 6.7.d: Moyenne sur 10 dimanches sans voiture [2002-2011] - Évolution de la concentration [O<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>] dans quatre postes différents du réseau télémétrique

**PM10:** les graphiques de la figure 6.8 et 6.9 représentent, pour les journées sans trafic de 2009, 2010 et 2011 et pour la situation moyenne de tous les dimanches sans trafic entre 2002 et 2011, le profil des concentrations de PM10 pour les postes de mesure de Molenbeek et de l'Avant Port.

Le dimanche sans voiture du 20 septembre 2009, avec des conditions environnementales très favorables, pas de trafic et pas de chauffage domestique (température extérieure entre 15 et 21°C) et peu d'activité économique, on a cependant constaté des concentrations PM10 très élevées pendant les heures d'interdiction. Les valeurs semi horaires de cette période, entre 100 et 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , se trouvaient parmi les valeurs les plus élevées de toute l'année 2009. Malgré l'absence de sources locales (pas de trafic, pas de chauffage et peu d'activité économique) les concentrations journalières en PM10 constatées lors de la journée sans trafic étaient bien supérieures à la valeur limite de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  fixée pour la concentration moyenne journalière. La valeur limite a été dépassée dans quatre postes de mesure de la Région. Plus d'explication est donnée dans le rapport concernant la journée sans voiture de 2009 ou dans le chapitre 4.3 sur les particules en suspension (voir point 4.3.9 *Concentrations élevées en PM10 – Nature des dépassements*).

Durant cette journée sans trafic on ne remarque pas non plus un changement brusque de la concentration : pas de diminution en début et pas d'augmentation soudaine de la concentration à la fin de la période d'arrêt de trafic. Vu le niveau élevé des concentrations en PM10 le profil journalier du dimanche sans trafic (20 septembre 2009) se trouve au fond des graphiques 6.8.a et 6.9.a.

Le pic matinal constaté les jours ouvrables à l'Avant Port, est lié au trafic et aux activités locales. Il concerne surtout la fraction de particules plus grosses, entre 2,5 et 10  $\mu\text{m}$ , qui sont (ré)mis en suspension (voir point 4.3.8 *Influence de la direction du vent et de l'humidité de l'air sur les dépassements PM10*).

Les particules suspectes et potentiellement dangereuses, en provenance directe des échappements du trafic, se situent dans l'ordre de grandeur de 0,01 à 0,15  $\mu\text{m}$  et la masse totale de ces particules ne contribue que faiblement à la masse totale de la fraction PM10 (voir plus loin - Black Carbon).

La journée sans voiture du 19 septembre 2010 et du 18 septembre 2011 donnent une image différente. Il y n'y a pas d'augmentation ni de diminution de la concentration pendant la période d'arrêt du trafic (7:00-17:00 h UT). Il n'y a pas non plus de changement brusque de la concentration en début ou à la fin de la période d'interdiction.

La situation moyenne de tous les dimanches sans trafic entre 2002 et 2011 indique que la concentration en PM10 n'est pas plus faible durant les heures sans trafic, comparée à la concentration de la même période les dimanches moyens ou les jours ouvrables moyens. De plus on ne constate pas de changement brusque de la concentration : pas de diminution claire et nette en début, ni d'augmentation significative à la fin de la période sans trafic.

Ces diverses constatations montrent que la problématique des particules PM10 (et donc l'interprétation du phénomène) est de nature plus complexe que la problématique des polluants gazeux.

**PM2.5:** les graphiques de la figure 6.10 et 6.11 représentent, pour les journées sans trafic de 2009, 2010 et 2011 et pour la situation moyenne de tous les dimanches sans trafic entre 2002 et 2011, le profil des concentrations de PM2.5 pour les postes de mesure de Molenbeek et de l'Avant Port.

Le dimanche sans voiture du 20 septembre 2009, avec des conditions environnementales très favorables, pas de trafic et pas de chauffage domestique (température extérieure entre 15 et 21°C) et peu d'activité économique, on a cependant constaté des concentrations PM2.5 très élevées pendant les heures d'interdiction. Les pointes de concentration, entre 100 et 120 µg/m<sup>3</sup> en tant que moyenne semi horaire, se trouvaient parmi les valeurs les plus élevées de toute l'année 2009. Malgré l'absence de sources locales (pas de trafic, pas de chauffage et peu d'activité économique) les concentrations moyennes journalières en PM2.5 constatées lors de la journée sans trafic s'élevaient entre 40 à 52 µg/m<sup>3</sup>. Les concentrations massiques des PM2.5 représentaient environ 90% des concentrations massiques des PM10. Plus d'explication est donnée dans le rapport concernant la journée sans voiture de 2009 ou dans le chapitre 4.3 sur les particules en suspension (voir point 4.3.9 *Concentrations élevées en PM10 – Nature des dépassements*).

Durant cette journée sans trafic on ne remarque pas non plus un changement brusque de la concentration : pas de diminution en début et pas d'augmentation soudaine de la concentration à la fin de la période d'arrêt de trafic. Vu le niveau élevé des concentrations en PM10 le profil journalier du dimanche sans trafic (20 septembre 2009) se trouve au fond des graphiques 6.10.a et 6.11.a.

La journée sans voiture du 19 septembre 2010 et du 18 septembre 2011 donnent une image différente. Il n'y a pas d'augmentation ni de diminution de la concentration en PM2.5 durant la période d'arrêt du trafic (7:00-17:00 h UT). Il n'y a pas non plus de changement brusque de la concentration en début ou à la fin de la période d'interdiction.

La situation moyenne de tous les dimanches sans trafic entre 2006 et 2011 indique que la concentration en PM2.5 n'est pas plus faible durant les heures sans trafic, comparée à la concentration de la même période les dimanches moyens ou les jours ouvrables moyens. De plus on ne constate pas de changement brusque de la concentration : pas de diminution claire et nette en début, ni d'augmentation significative à la fin de la période sans trafic.

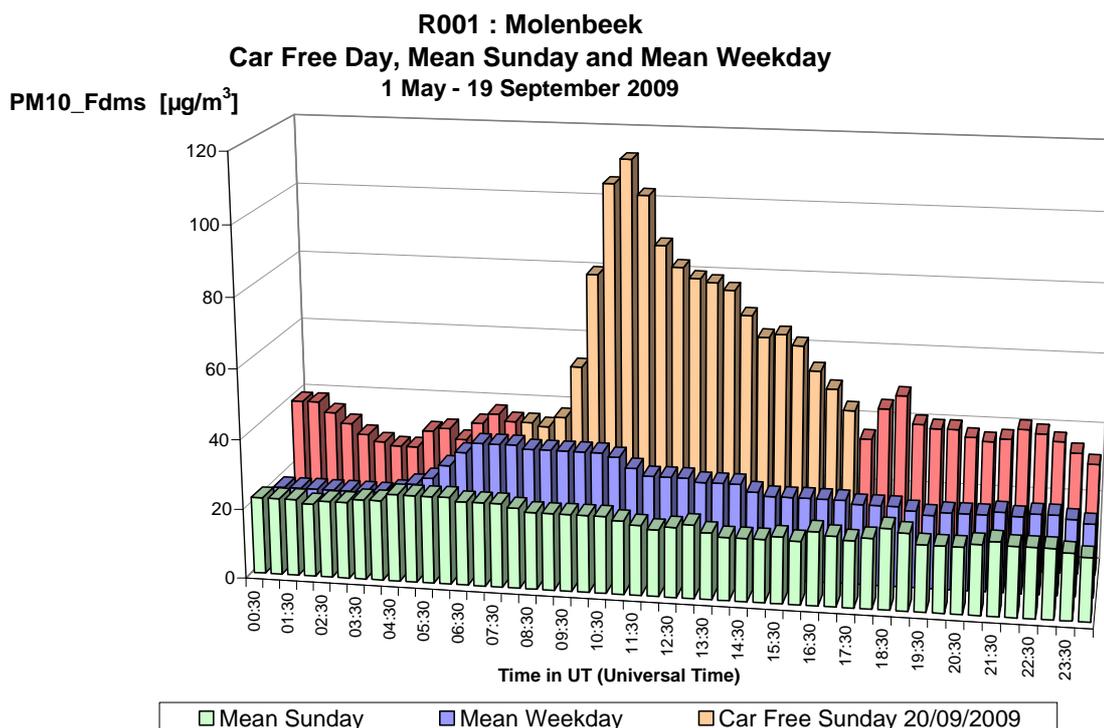


Fig. 6.8.a: Molenbeek – PM10\_Fdms – Évolution moyenne journalière d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2009' et du dimanche sans voiture 2009

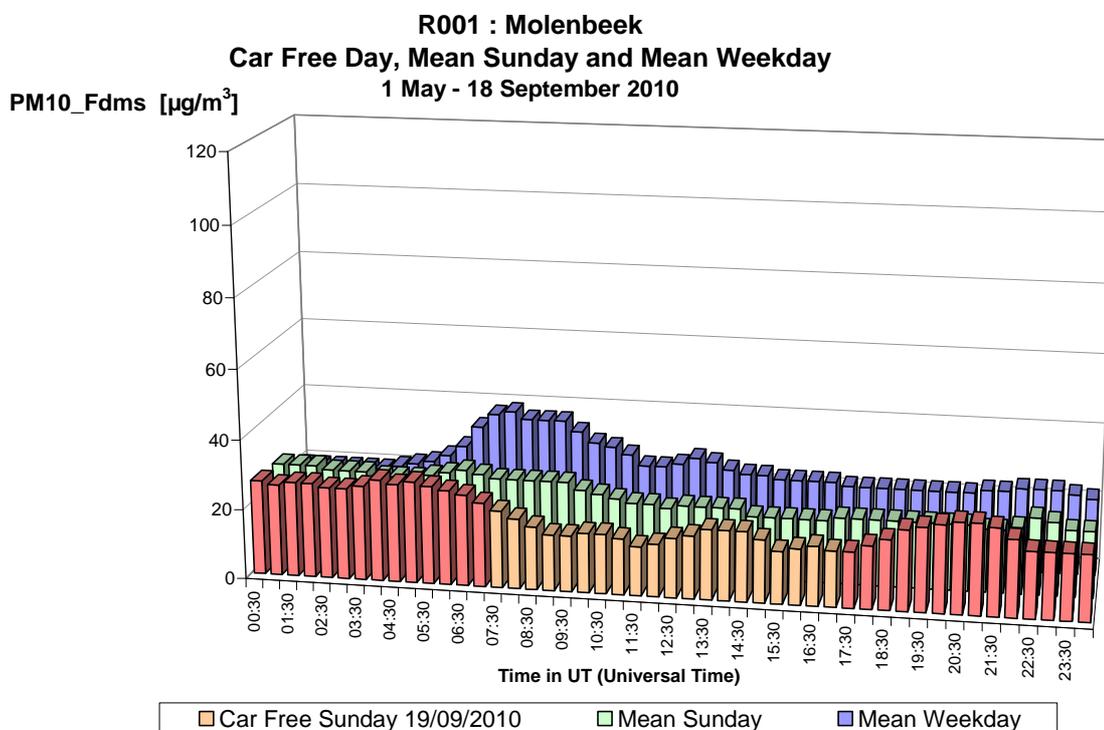


Fig. 6.8.b: Molenbeek – PM10\_Fdms – Évolution moyenne journalière du dimanche sans voiture 2010 et d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2010'

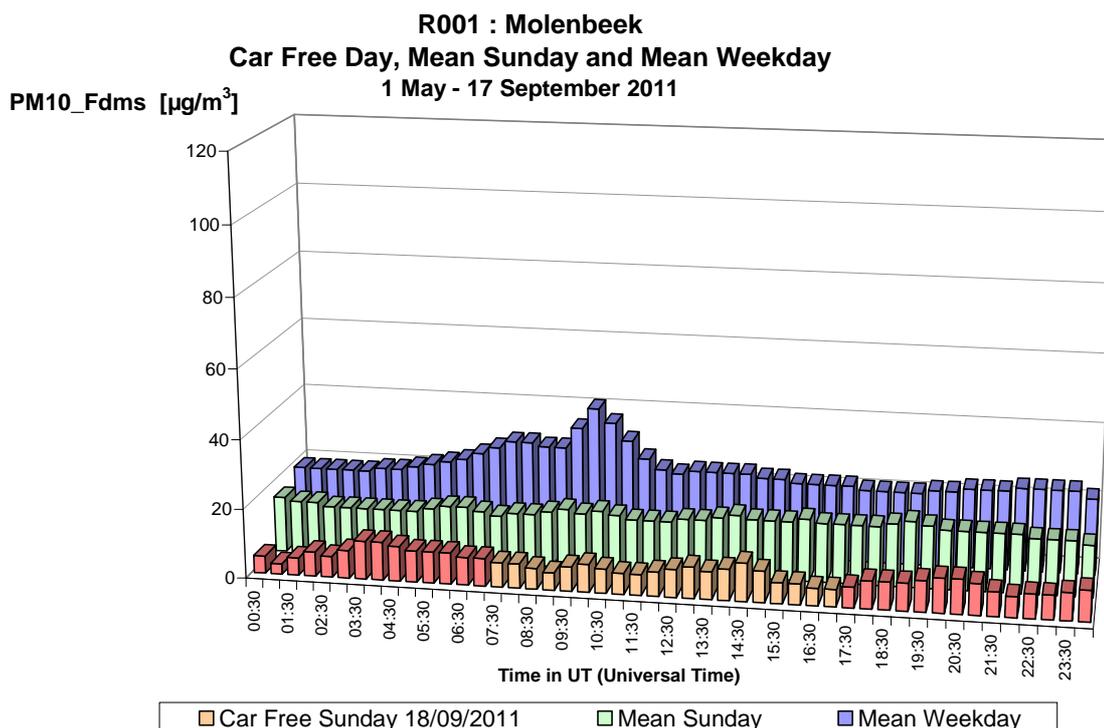


Fig. 6.8.c: Molenbeek – PM10\_Fdms – Évolution moyenne journalière du dimanche sans voiture 2011 et d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2011'

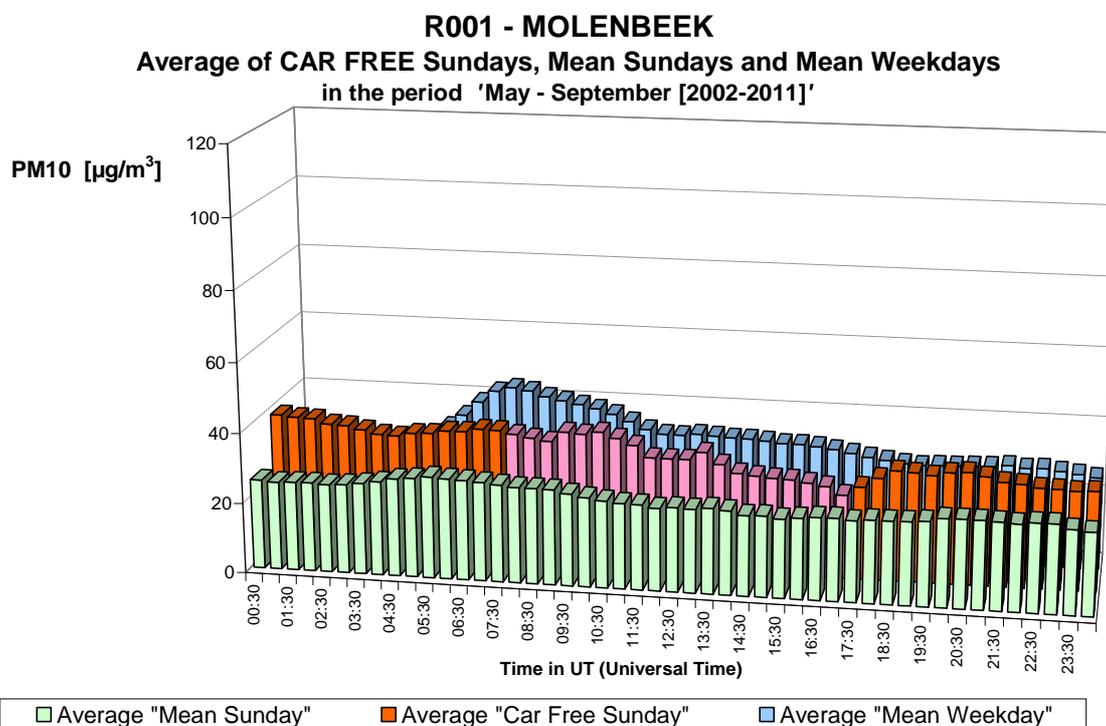


Fig. 6.8.d: Molenbeek – PM10\_Fdms – Évolution moyenne journalière des dimanches moyens des périodes 'mai – septembre 2002-2011', des dimanches sans voiture [2002-2011] et des jours ouvrables moyens des périodes 'mai – septembre [2002-2011]'

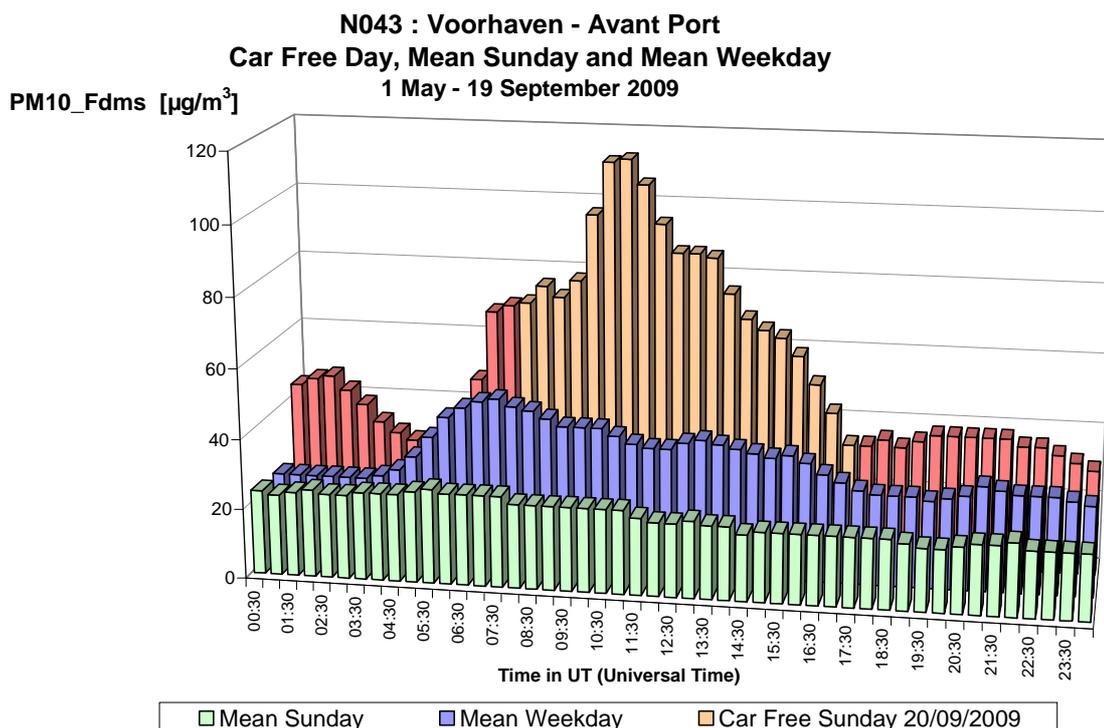


Fig. 6.9.a: Avant Port – PM10\_Fdms – Évolution moyenne journalière d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2009' et du dimanche sans voiture 2009

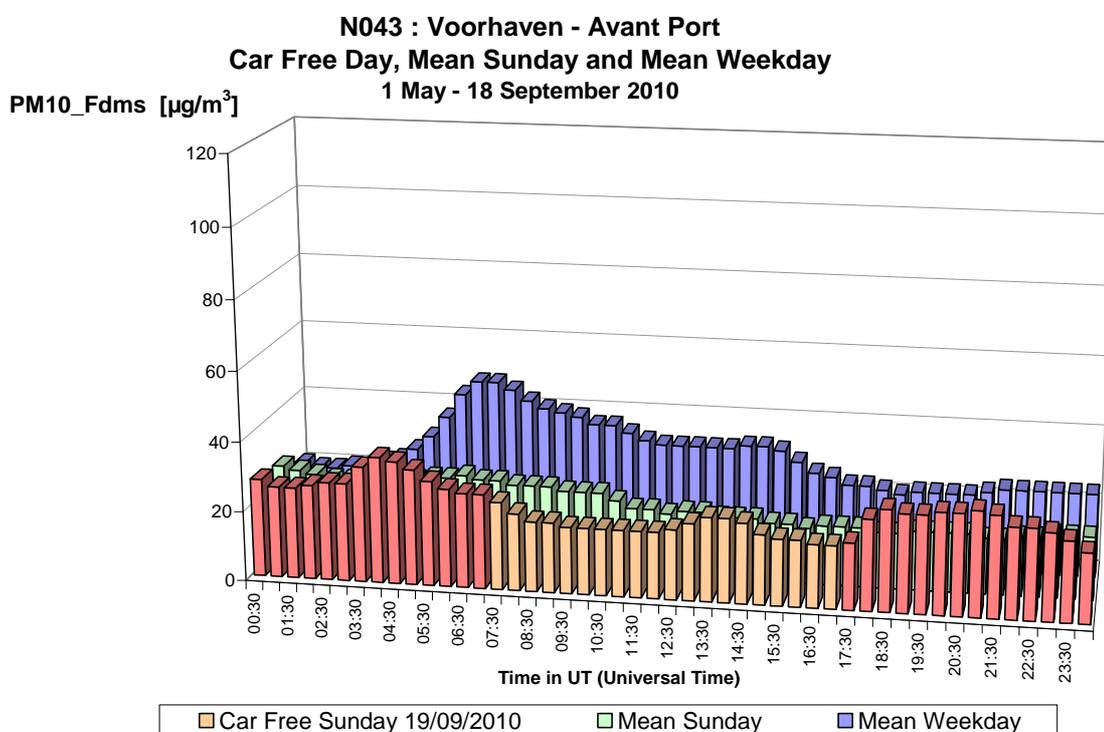


Fig. 6.9.b: Avant Port – PM10\_Fdms – Évolution moyenne journalière du dimanche sans voiture 2010 et d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2010'

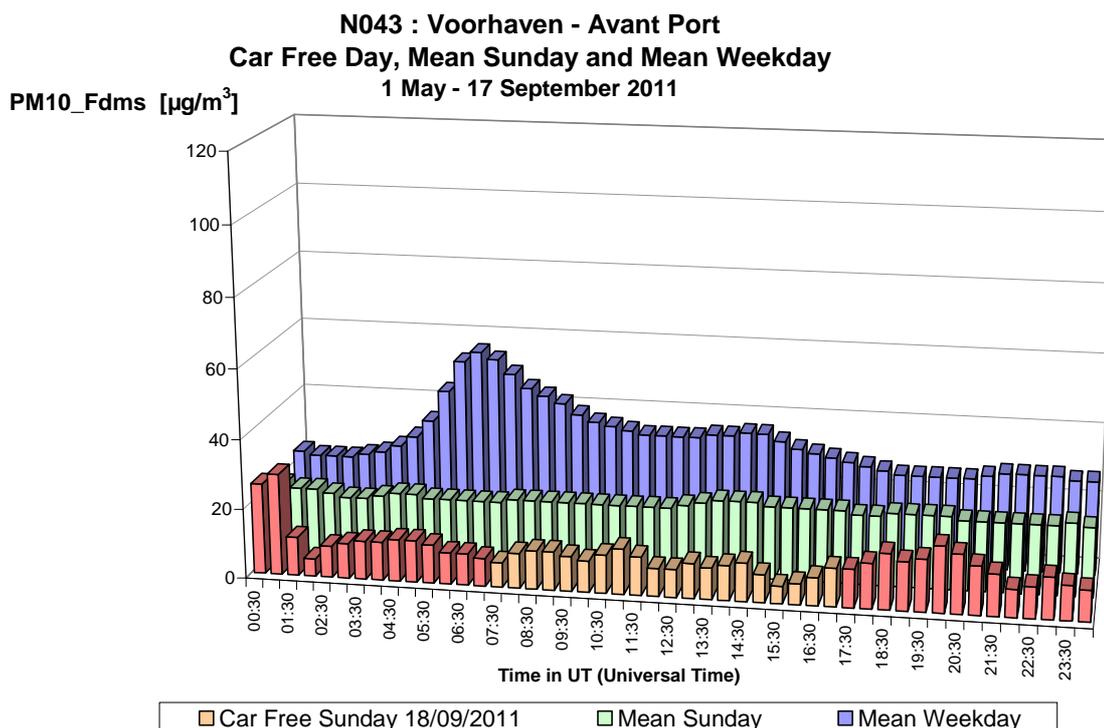


Fig. 6.9.c: Avant Port – PM10\_Fdms – Évolution moyenne journalière du dimanche sans voiture 2011 et d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2011'

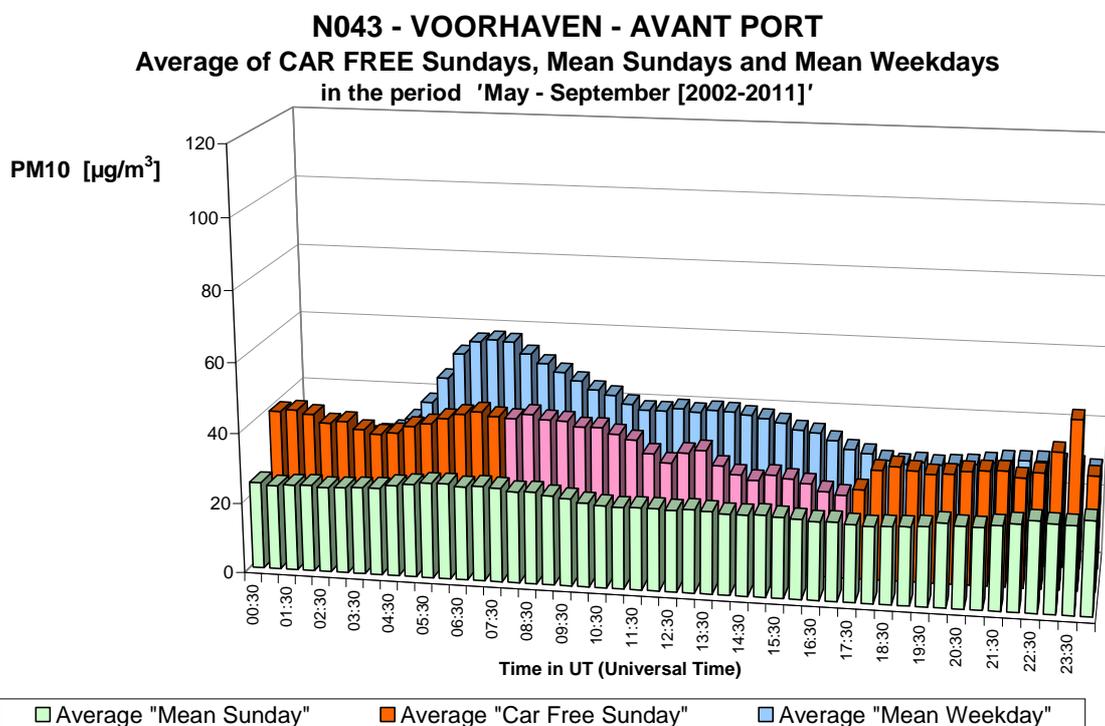


Fig. 6.9.d: Avant Port – PM10\_Fdms – Évolution moyenne journalière des dimanches moyens des périodes 'mai – septembre 2002-2011', des dimanches sans voiture [2002-2011] et des jours ouvrables moyens des périodes 'mai – septembre [2002-2011]'

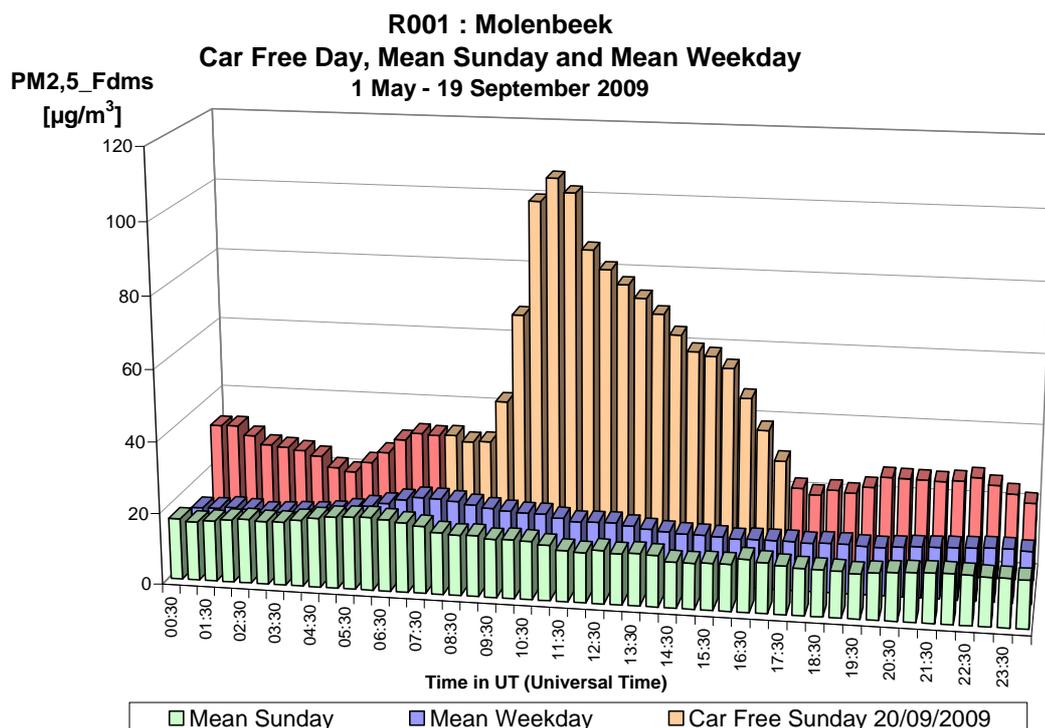


Fig. 6.10.a: Molenbeek – PM2.5\_Fdms – Évolution moyenne journalière d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2009' et du dimanche sans voiture 2009

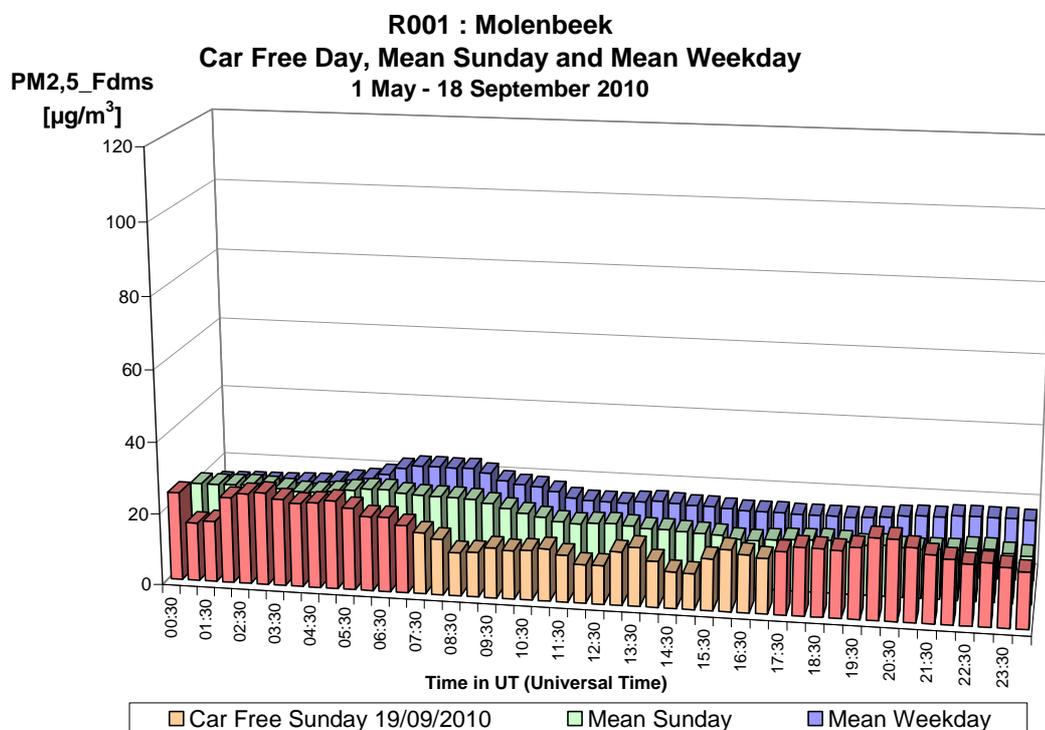


Fig. 6.10.b: Molenbeek – PM2.5\_Fdms – Évolution moyenne journalière du dimanche sans voiture 2010 et d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2010'

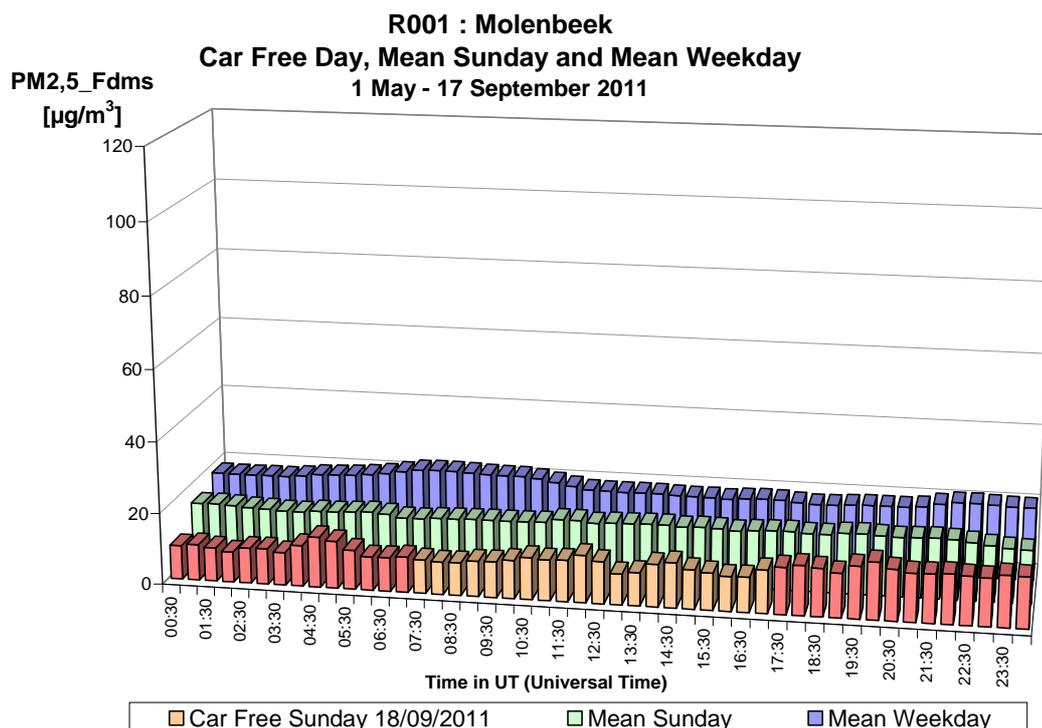


Fig. 6.10.c: Molenbeek – PM2.5\_Fdms – Évolution moyenne journalière du dimanche sans voiture 2011 et d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2011'

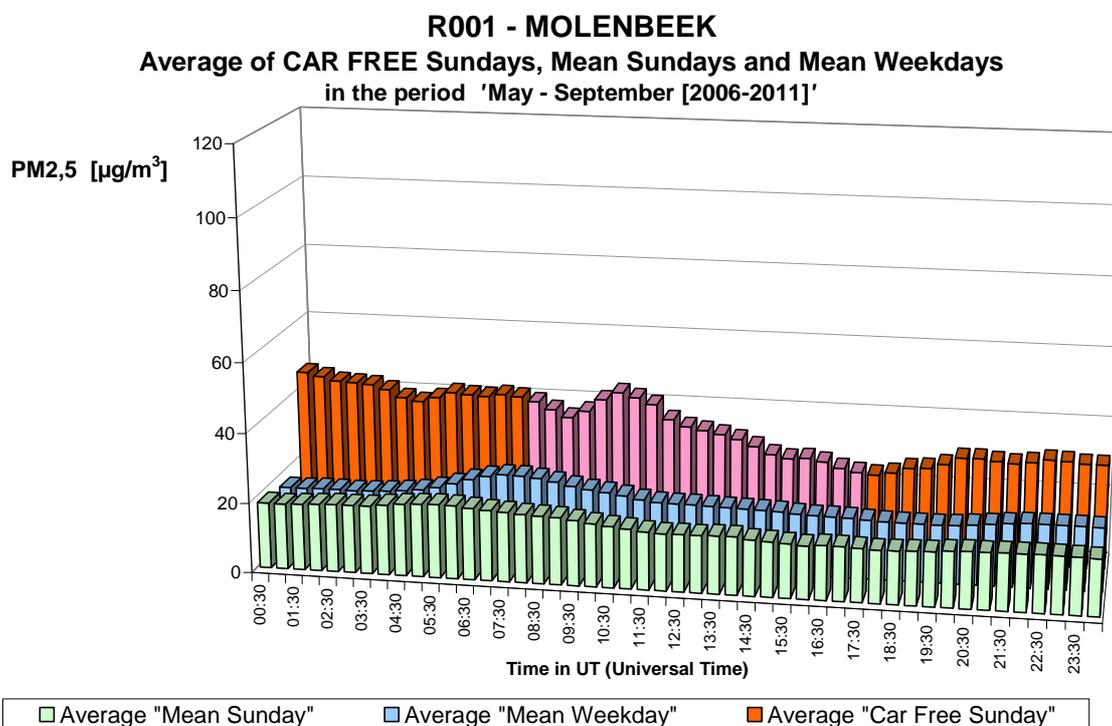


Fig. 6.10.d: Molenbeek – PM2.5\_Fdms – Évolution moyenne journalière des dimanche moyennes des périodes 'mai – septembre 2006-2011', des dimanches sans voiture [2006-2011] et des jours ouvrables moyens des périodes 'mai – septembre [2006-2011]'

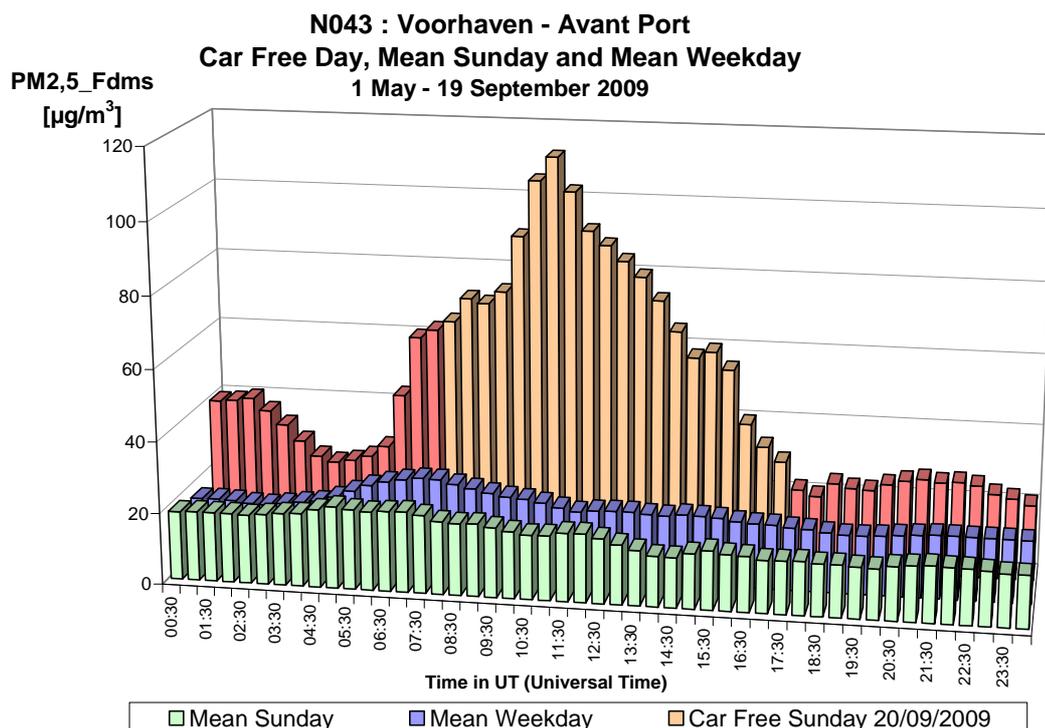


Fig. 6.11.a: Avant Port – PM<sub>2,5</sub>\_Fdms – Évolution moyenne journalière d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2009' et du dimanche sans voiture 2009

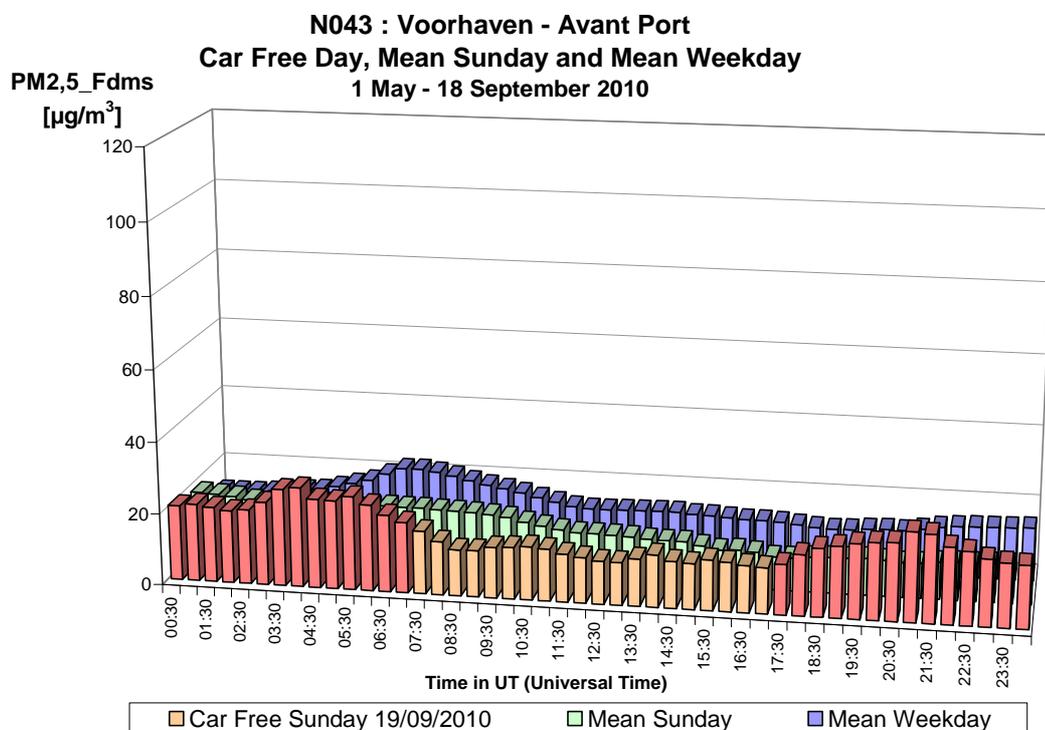


Fig. 6.11.b: Avant Port – PM<sub>2,5</sub>\_Fdms – Évolution moyenne journalière du dimanche sans voiture 2010 et d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2010'

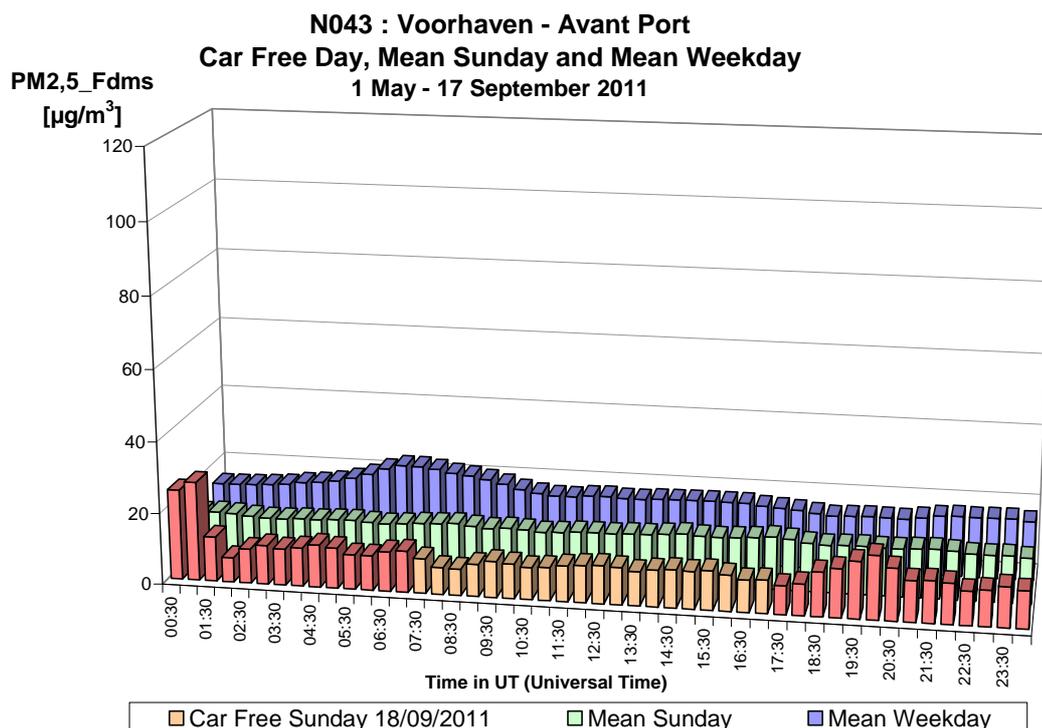


Fig. 6.11.c: Avant Port – PM2.5\_Fdms – Évolution moyenne journalière du dimanche sans voiture 2008 et d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2008'

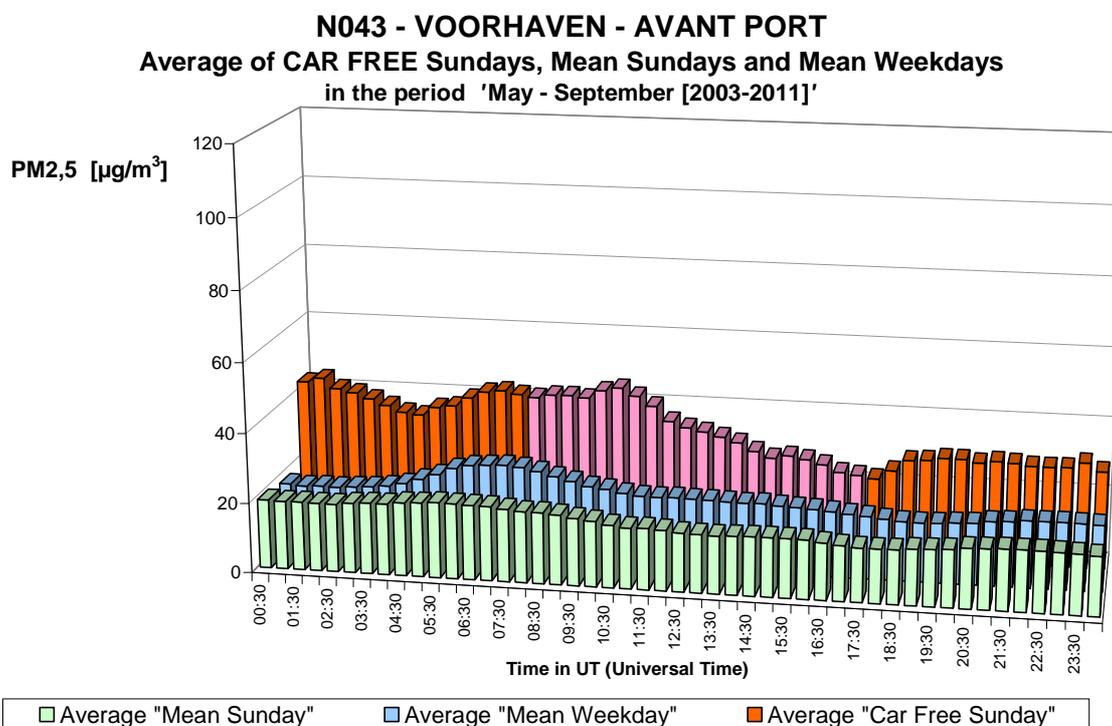


Fig. 6.11.d: Avant Port – PM2.5\_Fdms – Évolution moyenne journalière des dimanches moyens des périodes 'mai –septembre 2006-2011', des dimanches sans voiture [2006-2011] et des jours ouvrables moyens des périodes 'mai – septembre [2006-2011]'

**CO<sub>2</sub>**: pour le poste de mesure de l'Avenue de la Couronne, le profil journalier des dimanches sans voiture est donné par les graphiques de la figure 6.12. Pendant la période d'arrêt du trafic, principalement entre 09.00 et 17.00 h TU, on note une légère diminution (quelques ppm) du niveau de CO<sub>2</sub>. Le niveau de fond de CO<sub>2</sub> à Bruxelles est normalement compris entre 370 et 380 ppm. Dans des circonstances normales, les niveaux sont d'environ 400 à 420 ppm. Des concentrations plus élevées sont une indication de conditions météorologiques défavorables à une bonne dispersion de la pollution. Dans ce cadre, la diminution relativement faible (quelques ppm) de la concentration due à l'absence de trafic doit être comparée à l'écart entre le niveau du matin et le niveau de base.

Le matin de la journée sans voiture 2009 les concentrations en CO<sub>2</sub> étaient assez élevées à cause des conditions météorologiques. Les concentrations ont commencé à baisser dès que l'inversion thermique était levée. Les deux autres journées sans trafic il y a eu une légère diminution des concentrations en CO<sub>2</sub>. Pour les trois journées sans trafic, une augmentation de la concentration en CO<sub>2</sub> est constatée dès la fin de la période d'arrêt du trafic.

Une comparaison avec d'autres résultats de la période estivale n'est pas indiquée. En raison du phénomène de photosynthèse les concentrations de CO<sub>2</sub> les jours d'été, principalement l'après-midi, ont toujours une tendance à la baisse.

En ce qui concerne la situation moyenne de tous les dimanches sans trafic entre 2002 et 2011, on observe des niveaux en CO<sub>2</sub> légèrement plus faibles durant les heures sans trafic, une légère diminution de la concentration en début et une légère augmentation à la fin de cette période. Durant les heures sans trafic les concentrations sont plus faibles qu'aux mêmes heures les dimanches moyens et les jours ouvrables moyens.

**Plusieurs journées sans trafic:** La situation d'une seule journée est fortement influencée par la situation météorologique du moment. C'est pourquoi il n'est pas possible de tirer des conclusions définitives pour tous les polluants étudiés, même pas sur base des résultats de quelques journées sans trafic. En septembre 2011, déjà une dixième journée sans voiture a été organisée. Pour les polluants gazeux, associés au trafic, il y a une bonne concordance entre les observations pour la moyenne des dix dimanches sans trafic et les observations pour chacun de ces dimanches sans trafic.

Pour les fractions PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> il n'y a pas nécessairement une concordance entre l'image obtenue pour une journée individuelle et pour l'ensemble des journées sans voiture. Dans le passé des concentrations très élevées en PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub> ont été constatées pour certaines journées sans voiture (2003, 2006 et 2009).

Néanmoins il est clair que, durant les différentes périodes d'arrêt du trafic, les concentrations en NO<sub>2</sub> diminuent partout dans la Région ce qui est un constat très prometteur pour l'avenir.

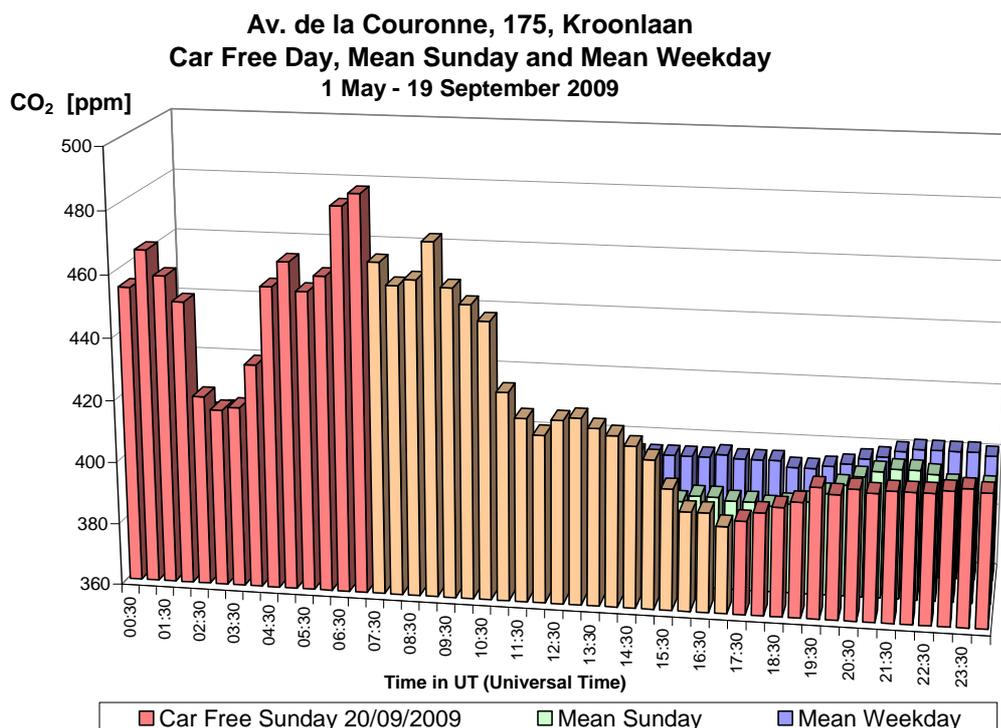


Fig. 6.12.a: Ixelles - Av. Couronne – CO<sub>2</sub> – Évolution moyenne journalière du dimanche sans voiture 2009 et d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2009'

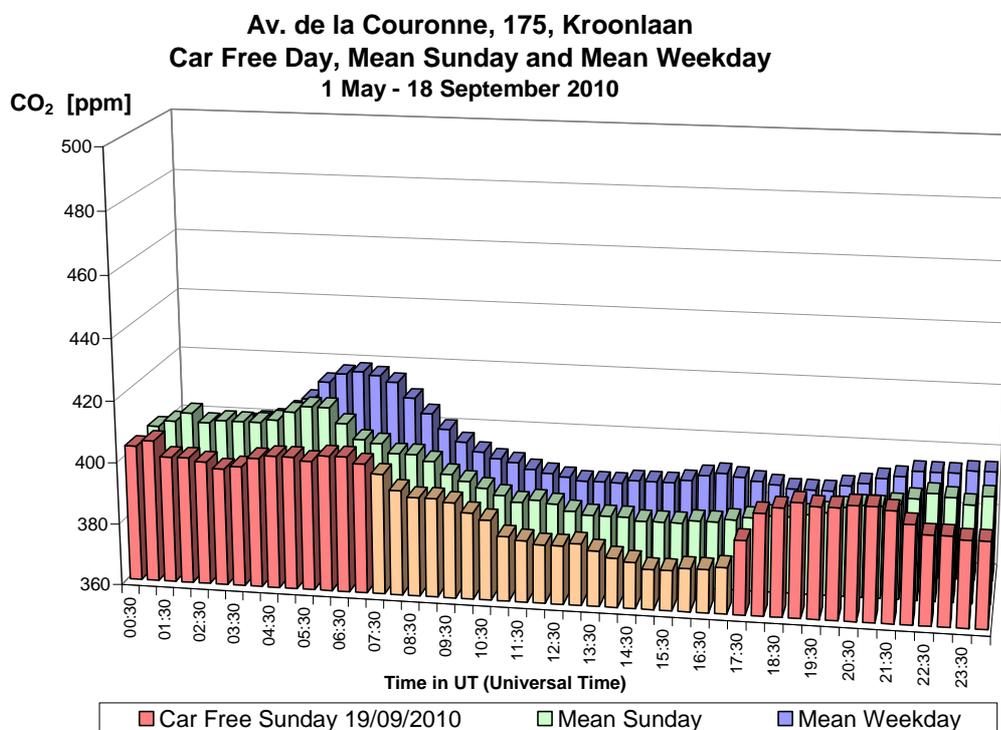


Fig. 6.12.b: Ixelles - Av. Couronne – CO<sub>2</sub> – Évolution moyenne journalière du dimanche sans voiture 2010 et d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2010'

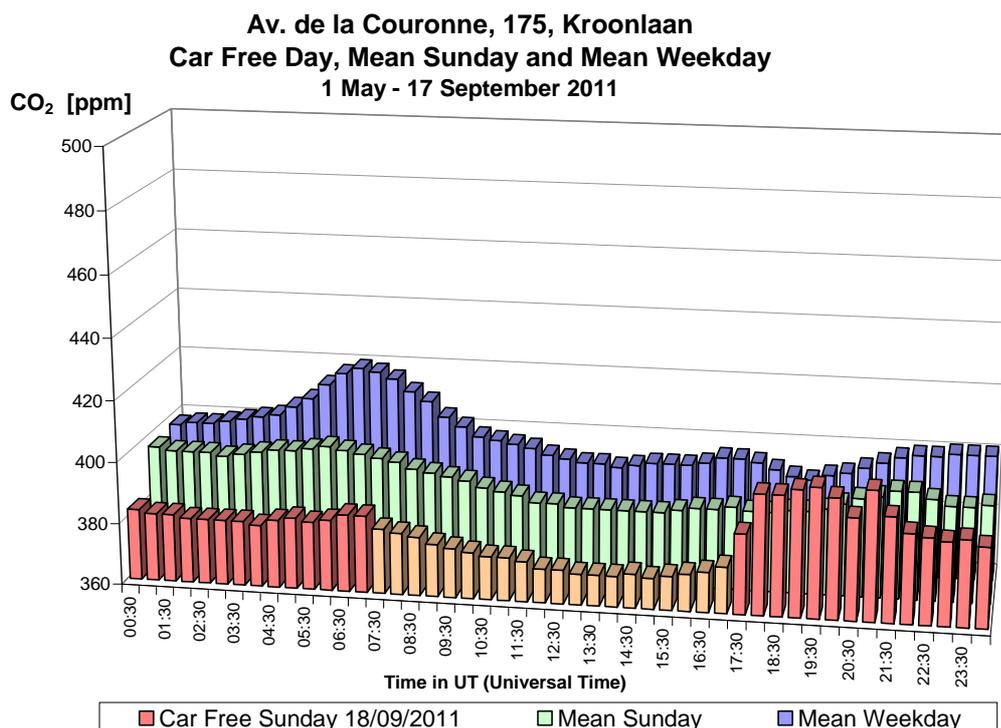


Fig. 6.12.c: Ixelles - Av. Couronne – CO<sub>2</sub> – Évolution moyenne journalière du dimanche sans voiture 2011 et d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2011'

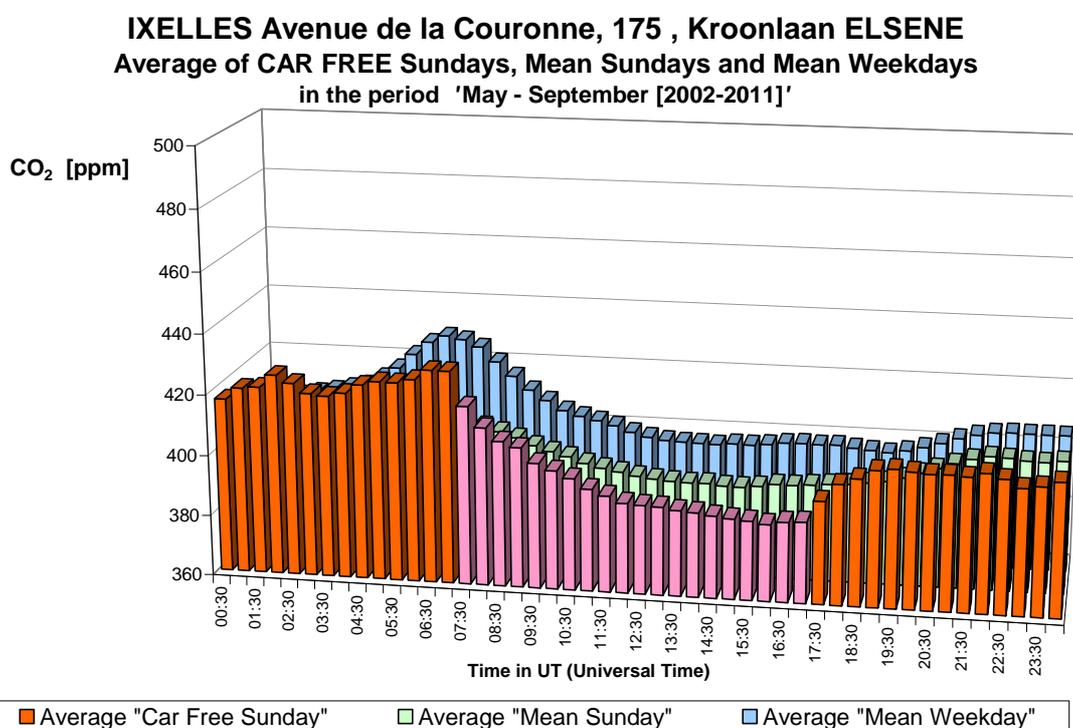


Fig. 6.12.d: Ixelles - Av. de la Couronne – CO<sub>2</sub> – Évolution moyenne journalière des dimanches sans voiture [2002-2011] et des dimanches et des jours ouvrables moyens des périodes 'mai – septembre [2002-2011]'

**Black Carbon:** pour le poste de mesure de Woluwé, le profil journalier des dimanches sans voiture est donné par les graphiques de la figure 6.13.

La journée sans trafic de 2009, les concentrations en Black Carbon étaient assez élevées les heures matinales et elles n'ont que commencé à diminuer dès que l'inversion de température s'était levée. Contrairement aux concentrations massiques PM10 et PM2.5, la concentration de Black Carbon a continué à diminuer pendant toute la période d'arrêt du trafic. Pour les journées sans voiture de 2010 et 2011 une diminution des concentrations a été constatée pendant les heures d'interdiction, ainsi qu'une légère diminution soudaine en début et une légère augmentation soudaine à la fin de cette période.

Les données de Black Carbon ne couvrent pas plus que 3 ans. Les années suivantes, des données supplémentaires seront nécessaires pour pouvoir valider si les observations faites jusqu'à présent sont bien significatives.

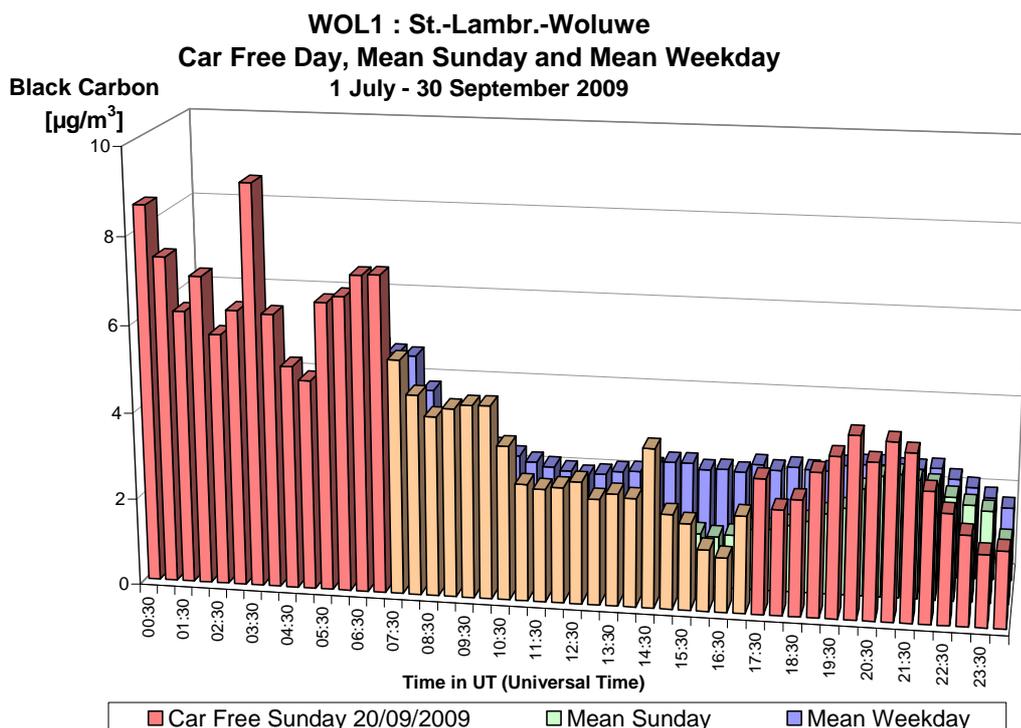


Fig. 6.13.a: Woluwé – Black Carbon – Évolution moyenne journalière du dimanche sans voiture 2009 et d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2009'

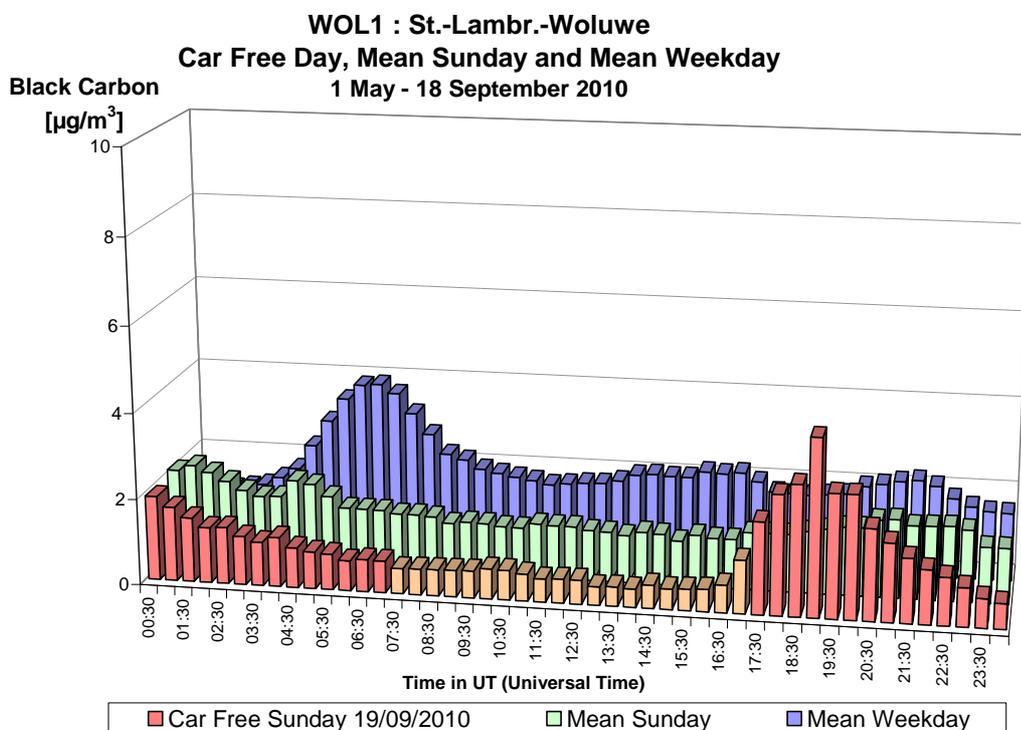


Fig. 6.13.b: Woluwé – Black Carbon – Évolution moyenne journalière du dimanche sans voiture 2010 et d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2010'

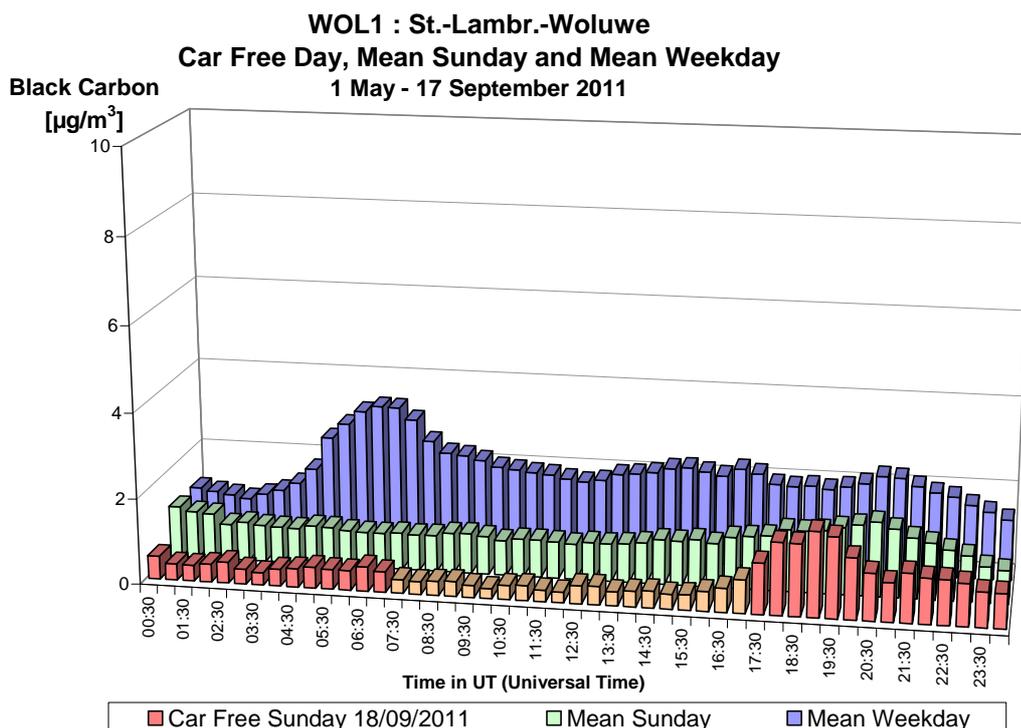


Fig. 6.13.c: Woluwé – Black Carbon – Évolution moyenne journalière du dimanche sans voiture 2011 et d'un dimanche et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2011'

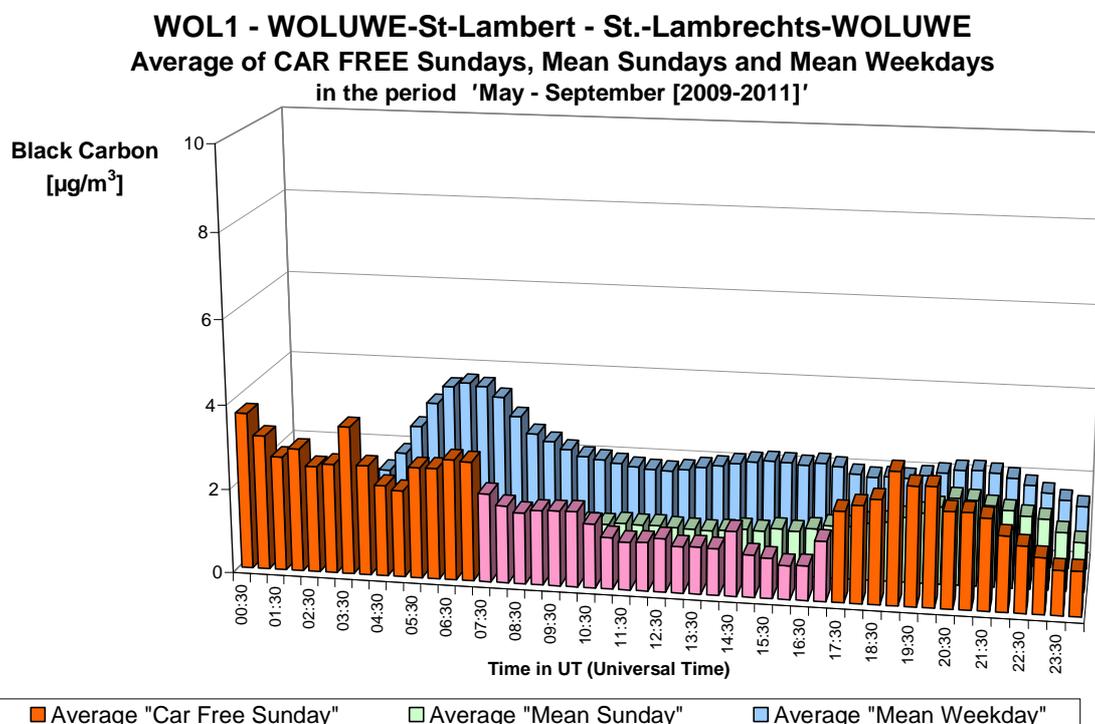


Fig. 6.13.d: Woluwé – Black Carbon – Évolution moyenne journalière des dimanches sans voiture [2002-2011] et des dimanches et des jours ouvrables moyens des périodes 'mai – septembre [2002-2011]'

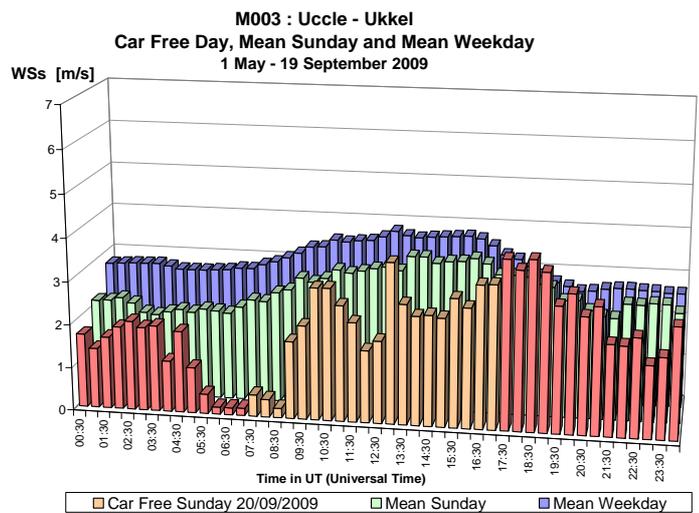
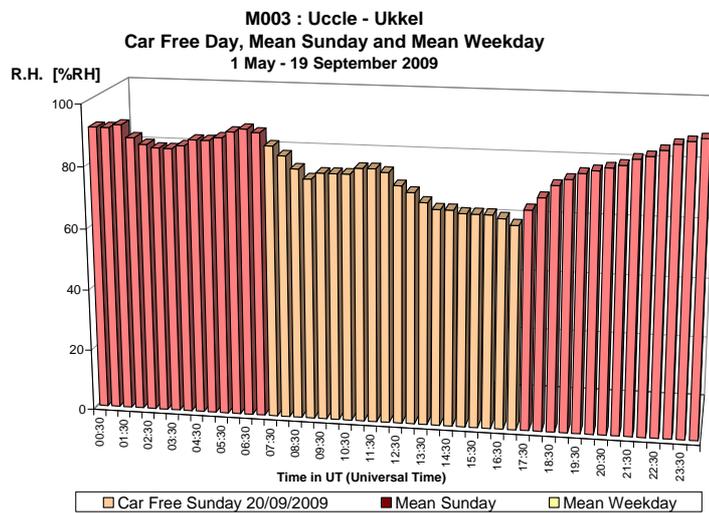
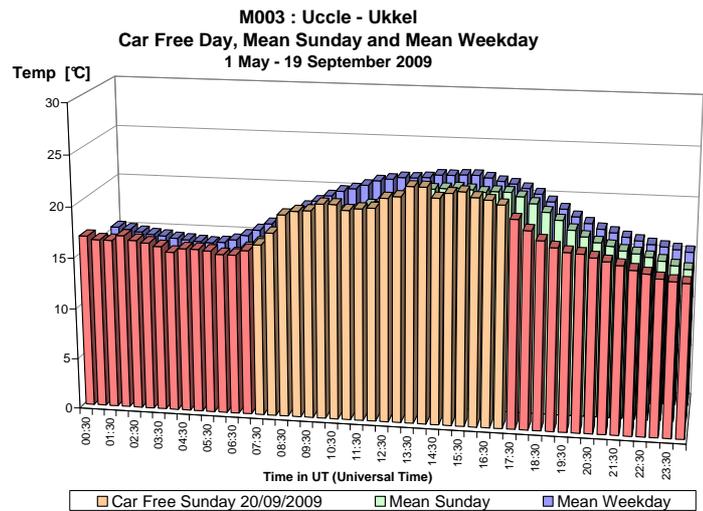


Fig. 6.14: Dimanche sans voiture 20 septembre 2009 – Évolution de la température, de l'humidité relative et de la vitesse du vent

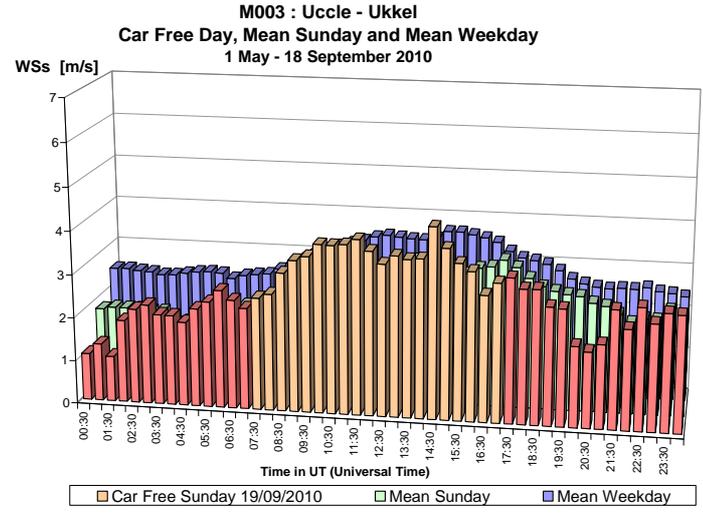
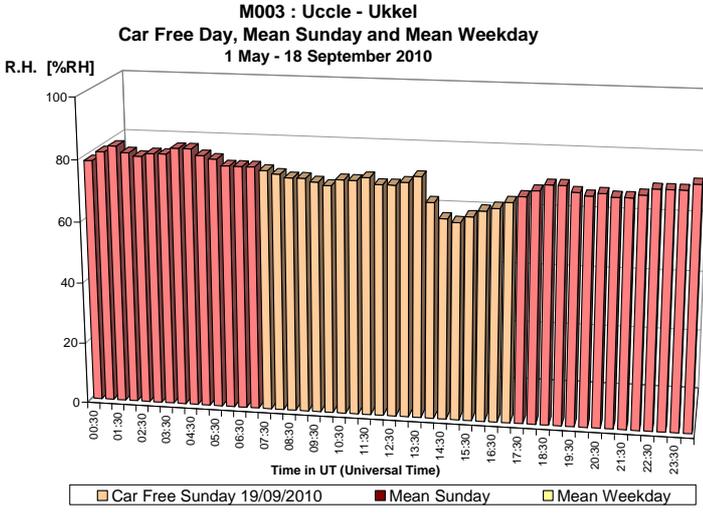
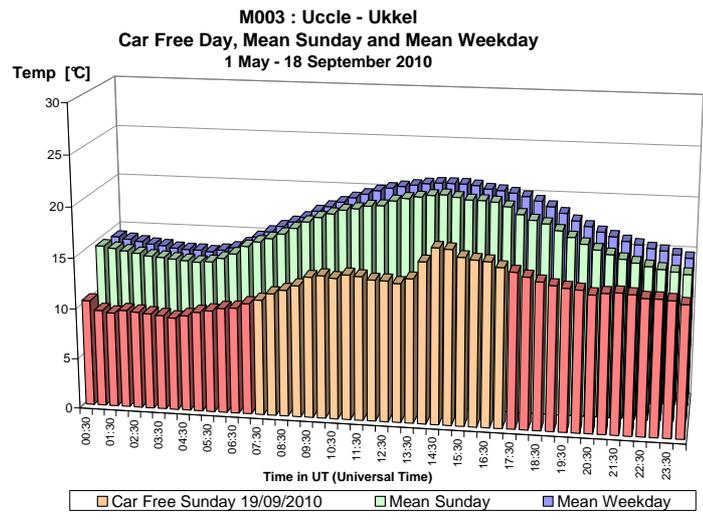


Fig. 6.15: Dimanche sans voiture 19 septembre 2010 – Évolution de la température, de l'humidité relative et de la vitesse du vent

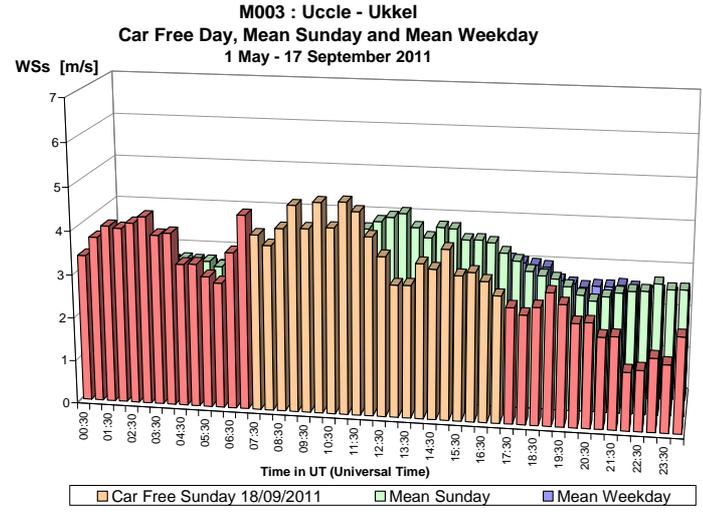
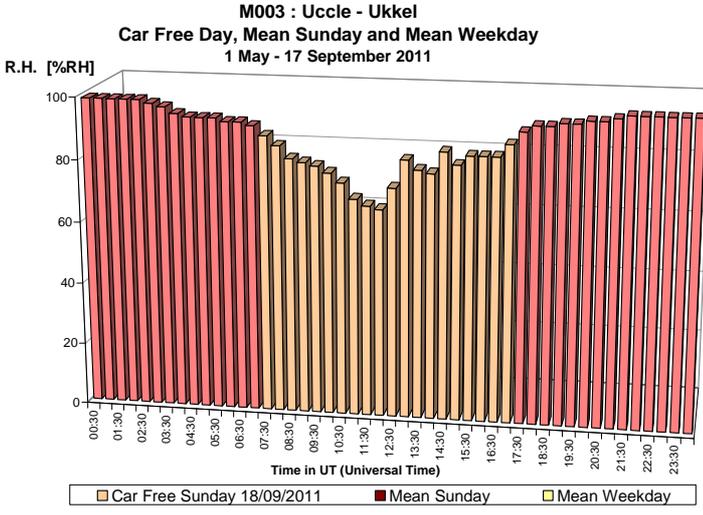
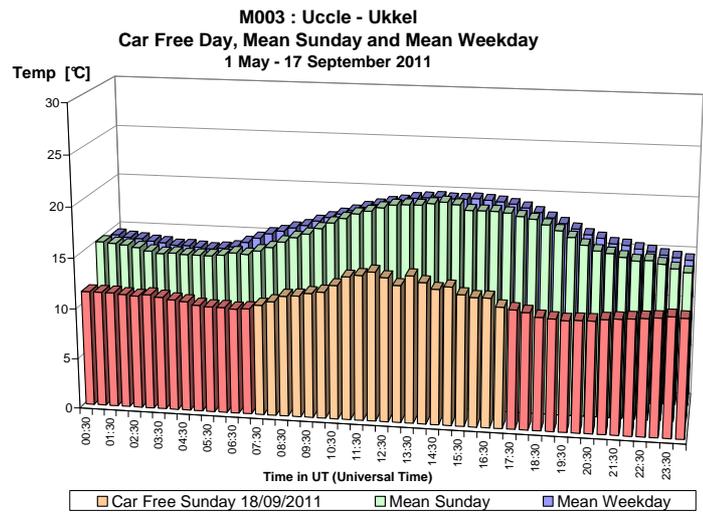


Fig. 6.16: Dimanche sans voiture 18 septembre 2011 – Évolution de la température, de l'humidité relative et de la vitesse du vent

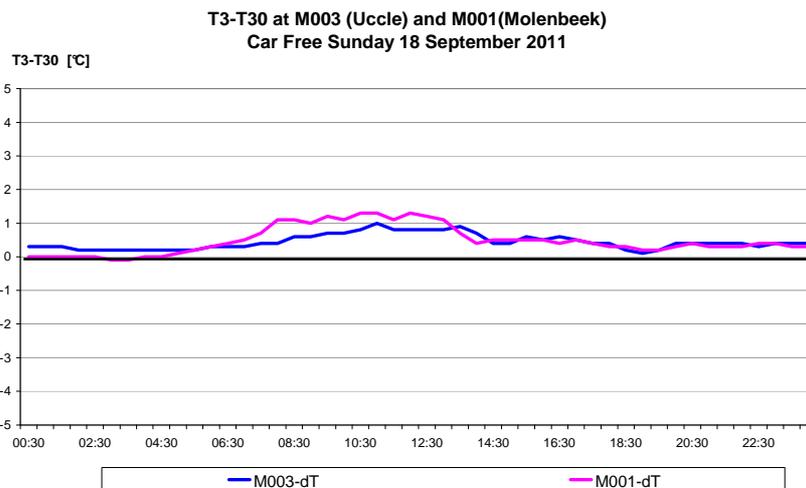
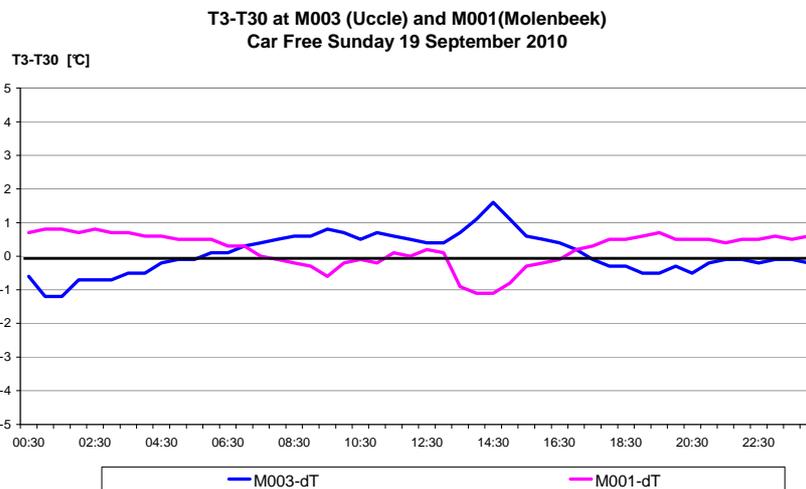
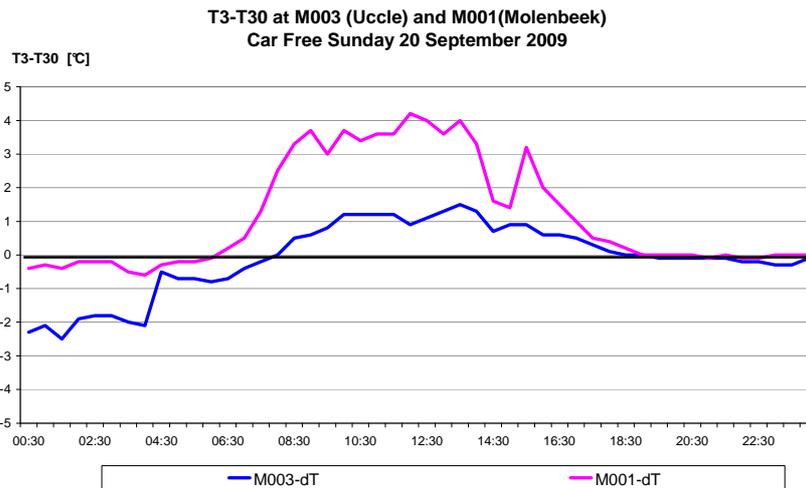


Fig. 6.17: Uccle et Molenbeek – Différence de la température entre 3 et 30 m d'altitude (T3-T30)  
Dimanches sans voiture 2009, 2010 et 2011– [valeur négative ≡ inversion proche au sol]



## 7. Résumé

La qualité de l'air à Bruxelles est suivie en permanence depuis la fin des années '60. Au début, il ne s'agissait que d'observer *le dioxyde de soufre* et les *fumées noires*. Grâce au développement du réseau de mesure télémétrique de la pollution atmosphérique, des données en temps réel sont disponibles depuis 1981, pour *le dioxyde de soufre, le monoxyde d'azote, le dioxyde d'azote, l'ozone* et *les particules en suspension*. Par ailleurs, depuis 1973, sont réalisées des mesures de la teneur *en plomb* dans l'air, depuis 1989 de la teneur *en BTX (benzène, toluène et xylènes)* et, depuis 1997, de la teneur en HPA. À partir de 1996 et 2000 des mesures sont réalisés pour respectivement les PM10 et PM2.5. Le nombre de particules pour des diamètres allant de 0,25 à 32 µm est déterminé depuis 2008 et la teneur de "Black Carbon" dans l'air depuis 2009.

Les systèmes de mesures de la pollution atmosphérique ambiante en Région de Bruxelles-Capitale sont gérés depuis début 1994 par le Laboratoire de Recherche en Environnement de l'Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement (IBGE-LRE).

### 7.1 Évolution de la réglementation

Les normes en vigueur sont fixées par les directives 2008/50/EG et 2004/107/EG. La directive 2008/50/CE décrit les principes généraux et fixe les objectifs de qualité pour la présence de dioxyde de soufre, dioxyde d'azote, les PM10, les PM2.5, le plomb, l'ozone, le benzène et le monoxyde de carbone dans l'air ambiant. La directive 2004/107/CE concerne l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures polycycliques aromatiques. En Région de Bruxelles-Capitale, la directive 2008/50/CE a été transposée par une ordonnance et un arrêté d'exécution du 10 février 2011.

*Historique* : en Belgique, une première loi sur la pollution de l'air a été publiée en 1964. Entre 1980 et 1992 l'Europe a publié plusieurs directives relatives au SO<sub>2</sub>, aux fumées noires, NO<sub>2</sub>, plomb et ozone. Fin 1996 l'Union européenne a édicté une directive cadre (1996/62/CE) relative à la pollution de l'air, qui impose l'obligation de déterminer les concentrations dans l'air ambiant d'une série de polluants considérés comme prioritaires : *le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote, les particules fines* telles que les suies (y compris PM10), *les particules en suspension, le plomb, l'ozone, le benzène, le monoxyde de carbone, les hydrocarbures polycycliques aromatiques, le cadmium, l'arsenic, le nickel et le mercure*. En Région de Bruxelles-Capitale, cette directive a été transposée par l'ordonnance du 25 mars 1999, modifiée entre-temps par l'ordonnance du 10 février 2011.

Suite à la directive cadre, une première directive fille (1999/30/CE), concernant les **valeurs limites** pour *le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote* et *les oxydes d'azote, les particules en suspension* (la fraction PM10) et *le plomb* dans l'air, a vu le jour au cours de l'année 1999. En Région de Bruxelles-Capitale, cette directive a été transposée par l'arrêté du 28 juin 2001.

Le 16 novembre 2000, une deuxième directive fille (2000/69/CE), concernant les **valeurs limites** pour le *benzène* et le *monoxyde de carbone*, a été promulguée. Cette directive a été adoptée par le Gouvernement bruxellois le 5 juillet 2001.

Une troisième directive fille (2002/3/CE), concernant l'*ozone*, a été approuvée par la Commission européenne le 12 février 2002. Cette directive a été adoptée le 18 avril 2002 par le Gouvernement bruxellois. La directive fixe des **valeurs cibles** pour l'ozone.

Une quatrième directive fille (2004/107/CE) concernant *l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel* et les *hydrocarbures polyaromatiques*, a été publiée le 15 décembre 2004. Cette directive fixe des **valeurs cibles** pour l'arsenic, le cadmium, le nickel et le benzo(a)pyrène et elle a été adoptée par la Région de Bruxelles-Capitale par l'arrêté du 25 octobre 2007.

Au niveau de la CE une nouvelle **directive 2008/50/CE** est apparue le 21 mai 2008. Cette directive réalise une intégration, dans une seule directive, de la directive cadre 1996/62/CE et des trois premières directives filles (1999/30/CE, 2000/69/CE et 2002/3/CE). Le plus gros changement est l'introduction d'un objectif de qualité de l'air pour les particules PM2.5. En vue d'une éventuelle amélioration de la directive, un groupe de travail est chargé de l'élaboration, pour fin 2013, d'une proposition de révision.

Les directives déterminent entre autres pour chaque polluant considéré des objectifs auxquels la qualité de l'air devrait ou devra satisfaire pour le 1<sup>er</sup> janvier 2005, 1<sup>er</sup> janvier 2010, 2013 ou 2015. Les objectifs de qualité de la réglementation actuelle et les valeurs limites d'une plus ancienne réglementation sont explicités *au chapitre 3 (Normes – Directives CE)*.

Les **valeurs limites** sont des valeurs normatives légales contraignantes imposées dans un but de *protection de la santé publique*. Des valeurs limites ont été fixées pour le dioxyde de soufre, le dioxyde d'azote, les PM10, le monoxyde de carbone et le benzène.

Les **valeurs cibles** doivent être atteintes, si possible, dans le délai donné. Les valeurs cibles sont également imposées en vue de la protection de la santé publique. Des valeurs cibles ont été fixées pour les PM2.5, l'ozone, l'arsenic, le cadmium le nickel et le hydrocarbures polyaromatiques.

Un suivi permanent de la qualité de l'air est prévu formellement dans les directives CE et est nécessaire en raison du "**caractère dynamique**" du phénomène de la *pollution de l'air*. Les paramètres co-responsables des variations rapides et intenses des concentrations dans l'air ambiant sont commentés *au chapitre 2 (Influence de la météo sur les concentrations)*.

## 7.2 Systèmes de mesures

Certains des polluants considérés comme prioritaires sont mesurés depuis longtemps déjà à Bruxelles et, depuis le début de l'année 1994, des adaptations ont été réalisées pour pouvoir mesurer en permanence les autres polluants prioritaires et suivre (éventuellement anticiper) les développements au niveau légal. De nouvelles méthodes de mesure et d'étalonnage ont été mises au point en laboratoire et des postes de mesure ont été installés sur le terrain afin de déterminer les concentrations des composés acidifiants (NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, HCl), des composés organiques volatiles (C.O.V.) et des hydrocarbures polyaromatiques (H.P.A.).

Dans les *réseaux non-téléométriques*, au cours de la période 2009-2011, quatre postes de mesure du réseau «*métaux lourds*» étaient opérationnels. Les réseaux hydrocarbures polyaromatiques (H.P.A) et composés organiques volatils (COV) comptent chacun 5 postes de mesure. Les mesures du réseau benzène, par échantillonnage passif, comptent environ 20 points de mesure. L'exploitation des installations permettant de suivre l'incidence de l'incinérateur sur l'environnement, mises en place en 1998, a été maintenue.

Durant la période 2009-2011, le *réseau téléométrique* comptait 10 postes de mesures pour le contrôle de la qualité de l'air ambiant et comportait 10 appareils de mesure pour les oxydes d'azote (NO, NO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub>), 7 appareils SO<sub>2</sub>, 7 appareils CO, 7 appareils O<sub>3</sub>, 6 systèmes de mesures pour les particules PM10, 5 appareils pour la mesure de la fraction PM2.5 des particules, 3 appareils CO<sub>2</sub> et 2 systèmes de mesure BTX. Selon les directives européennes, dans une agglomération d'environ 1 million d'habitants, chaque polluant soumis à une réglementation doit être mesuré à 4 endroits différents, à l'exception des PM2.5, pour lesquels il convient d'avoir 2 endroits de mesures.

Au cours de l'année 2008 un premier appareil de comptage des particules a été mis en service dans le poste de Woluwé. Le nombre de particules est déterminé pour 31 classes différentes dans la gamme de 0,25 µm à 32 µm. En 2009 un deuxième appareil a été mis en service au poste de mesure de Molenbeek. Chaque année en 2009, 2010 et 2011, un appareil de mesure du "Black Carbon" a été mis en service, respectivement à Woluwé, Molenbeek et l'Avenue de la Couronne à Ixelles. Les résultats de ces mesures sont étroitement liés à la présence de particules de suie noire.

De plus le laboratoire reçoit de façon régulière les résultats d'un des postes de mesure de l'air ambiant, appartenant à Electrabel et situé à Forest (NO et NO<sub>2</sub>). Le laboratoire exploite également deux postes de mesures appartenants à Bruxelles-Mobilité, destinés à la surveillance de la qualité de l'air dans le tunnel Léopold II (NO, NO<sub>2</sub> et CO).

Des informations plus détaillées sur la configuration des réseaux de mesure sont données dans le *chapitre 1 (Principaux polluants et programmes de mesure)* ou sont indiquées lors de la discussion des résultats des polluants (*chapitre 4 – Évaluation des résultats de mesure*).

### 7.3 Information

Depuis 1989 les résultats sont commentés via un message téléphonique journalier. Depuis mi-1996, le message est complété d'un indice de la qualité générale de l'air.

Le site Internet de l'IBGE "[www.ibgebim.be](http://www.ibgebim.be)" et le lien avec le site de la Cellule Interrégionale (les trois régions) pour l'environnement "[www.irceline.be](http://www.irceline.be)", donnent, à l'utilisateur intéressé, accès aux données de mesures récentes (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, PM10, PM2.5, benzène et « Black Carbon ») ou à un historique de données dérivées comme p.ex. l'indice de la qualité de l'air, les dépassements des valeurs limites (NO<sub>2</sub>, PM10) et cibles (O<sub>3</sub>), etc... .

Il reste pourtant utile et nécessaire de procéder régulièrement à l'évaluation de ces masses de données et de les présenter de manière synoptique au moyen de données statistiques représentatives. Suite aux rapports IBGE sur « *La qualité de l'air en Région de Bruxelles Capitale 1994-1996, 1997-1999, 2000-2002, 2003-2005 et 2006-2008* », le présent rapport donne une synthèse des résultats de mesures des années civiles 2009, 2010 et 2011. Les niveaux de concentration obtenus pour certains types de milieu urbain (à circulation dense, résidentiel ou axe industriel) sont comparés entre eux, analysés et, dans la mesure du possible, situés par rapport à l'évolution à long terme.

L'étude de la pollution de l'air en ville présente une série d'aspects intéressants. Outre le contrôle du respect des normes légales, on peut, plus généralement, observer des différences en regard des niveaux moyens de concentrations suivant les saisons (hiver et été). On peut également constater des variations marquées dans l'évolution moyenne journalière et hebdomadaire selon l'environnement typique des postes de mesure. Une évaluation détaillée des résultats de mesure est donnée au *chapitre 4 (Évaluation des résultats de mesure)*.

#### 7.4 Le respect des valeurs normatives

Les résultats de mesures de la période 2001 à 2010 devraient déjà être comparés aux objectifs de qualité formulés par la réglementation actuelle. Les objectifs mêmes ne devraient ou ne doivent être atteints qu'à la date finale : au 1<sup>er</sup> janvier 2005, 2010, 2013 ou 2015.

Entre-temps, en attendant la date finale d'application, les valeurs limites peuvent être majorées d'une marge de tolérance. La marge admise, initialement 50%, diminue progressivement d'année en année et doit être nulle pour la date finale. Lors d'un dépassement de la valeur limite, majorée de la marge de tolérance, les pays membres doivent entreprendre des actions et établir des plans pour pouvoir respecter les objectifs de qualité avant la date finale.

##### Dioxyde d'azote :

Valeur limite – concentration horaire : la directive 2008/50/CE établit les normes NO<sub>2</sub> qui devront être respectées au 1<sup>er</sup> janvier 2010. Sur base annuelle, la valeur horaire de 200 µg/m<sup>3</sup> NO<sub>2</sub> ne pourra pas être dépassée plus de 18 fois. Cette condition assez stricte est, à l'exception du poste de mesure Arts-Loi, respectée sur tous les postes de mesure de la Région. Une copie du tableau IV.3 (page suivante) représente le nombre de dépassements de la valeur limite majorée de la marge de dépassement.

Valeur limite – concentration annuelle : une condition beaucoup plus stricte encore est imposée pour la concentration moyenne annuelle de NO<sub>2</sub>. Celle-ci ne pourra plus dépasser 40 µg/m<sup>3</sup> à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2010. Cette norme n'est pas respectée dans plusieurs postes de mesure. La diminution des émissions NO<sub>x</sub> du trafic, réalisée au cours des années '90, a mené à une diminution importante des concentrations en NO. Une tendance similaire pour les concentrations de NO<sub>2</sub> n'a pas encore été constatée. Les émissions de NO<sub>x</sub> se composent principalement de NO qui s'oxyde spontanément en NO<sub>2</sub> en présence de l'oxygène de l'air (réaction lente) ou d'ozone (réaction rapide). Le NO<sub>2</sub> formé est éliminé moins rapidement de l'atmosphère ; c'est pourquoi il reste présent partout.

Après l'introduction du catalyseur à 3 voies sur les véhicules à essence et suite à une taxation différente sur l'essence et le diesel, la composition du parc automobile a évolué en faveur des voitures diesel. Ces dernières n'ont certainement pas contribué à résoudre la problématique du NO<sub>2</sub> en raison d'un rapport plus élevé de NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> dans les émissions d'oxydes d'azote et l'absence de systèmes "dé-NO<sub>x</sub>".

Copie Tableau IV.3: **NOMBRE de VALEURS HORAIREs en NO<sub>2</sub> supérieures à la VALEUR LIMITE + MARGE de DÉPASSEMENT**  
Période ANNUELLE : JANVIER – DÉCEMBRE

	Valeur Limite + Marge de dépassement	R001	R002	B003	B004	B005	B006	B011	R012	N043	MEU1	WOL1	E013
2000	300	0	0	0	(0)			0	0	0	0	0	0
2001	290	0	0	0	0	(0)	(0)	0	0	0	0	(0)	(0)
2002	280	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2003	270	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	260	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	250	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	240	0	0	63	(0)	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	230	1	4	40	--	0	0	0	0	0	0	1	0
2008	220	1	2	60	0	1	1	0	0	5	0	2	--
2009	210	0	0	--	0	0	0	0	0	0	0	0	--
2010	200	0	1	--	0	0	0	0	0	1	0	0	0
2011	200	1	0	--	0	0	0	0	0	3	--	0	0

( ) : série incomplète de données – (re)mise en service

B003 – Poste de mesure situé dans le carrefour  
Pas d'évaluation des données en fonction des normes

L'expérience des dimanches sans voiture (2002 à 2011) a pourtant démontré qu'une diminution drastique de l'émission de NO<sub>x</sub> du trafic (pratiquement pas de trafic) a un effet favorable sur la concentration en NO<sub>2</sub> dans tous les postes de mesure de la Région, même ceux qui ne se trouvent pas à proximité du trafic. Ceci est une constatation importante: si on pouvait, dans l'avenir, réaliser de façon permanente des réductions considérables des émissions de NO<sub>x</sub> provenant du trafic (p.ex par des systèmes « dé-NO<sub>x</sub> » sur des diesels ou par un parc automobile à faible émission de NO<sub>x</sub>), la concentration moyenne de NO<sub>2</sub> baisserait, ce qui permettrait de respecter la sévère norme NO<sub>2</sub> (moyenne annuelle < 40 µg/m<sup>3</sup>), y compris dans les centres urbains à trafic intense.

Le tableau IV.6 (copie à la page suivante) compare la concentration moyenne annuelle en NO<sub>2</sub> avec le niveau de la valeur limite majorée de la marge de dépassement autorisée. Les résultats des années 2009, 2010 et 2011 sont à comparer respectivement à 42, 40 et 40 µg/m<sup>3</sup>.

Si l'on excepte les postes de mesure à Arts-Loi (B003 - pas dans le tableau) et à Ixelles (Avenue de la Couronne – R002) qui sont fortement influencés par les émissions directes du trafic, il existe un risque réel que la concentration moyenne annuelle en NO<sub>2</sub> dépasse la valeur limite (majorée de la marge de tolérance), dans les postes de mesure de Molenbeek (R001), de l'Avant Port (N043), Ste-Catherine (B004), Eastman-Belliard (B005) et Woluwé-St-Lambert (WOL1).

On peut s'attendre, sur base des résultats connus, à ce que la valeur limite de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en tant que concentration moyenne annuelle en  $\text{NO}_2$  ne sera pas respectée, les années à venir, dans trois postes de mesure (Ixelles, Molenbeek et Avant Port) de la Région de Bruxelles-Capitale. Le respect de cette valeur limite ne posera probablement aucun problème dans les postes de mesures situés à Uccle, Berchem, au parc Meudon ou dans le poste d'Electrabel à Forest. Il n'est pas possible, à l'heure actuelle, de donner une garantie absolue en ce qui concerne le respect de cette valeur limite en temps voulu dans les autres postes de mesure de la Région (Ste-Catherine, le Parlement Européen, Eastman-Belliard et Woluwé).

Copie Tableau IV.6: **MOYENNE ANNUELLE  $\text{NO}_2$  et MARGE de DÉPASSEMENT**  
Période ANNUELLE : JANVIER – DÉCEMBRE – concentrations en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	Valeur Limite + Marge de dépassement	R001	R002	B004	B005	B006	B011	R012	N043	MEU1	WOL1	E013
2000	60	38	53	(50)			30	27	47	36	43	33
2001	58	40	(60)	45	(51)	(47)	33	30	50	38	(50)	(27)
2002	56	43	(54)	46	41	36	30	26	48	35	44	35
2003	54	48	61	47	42	40	36	28	47	40	49	38
2004	52	44	56	42	41	37	31	28	45	37	42	31
2005	50	47	58	42	40	38	32	27	46	32	44	33
2006	48	47	54	--	39	37	29	30	45	31	46	31
2007	46	46	54	--	42	40	30	29	45	31	46	29
2008	44	44	53	41	36	38	28	26	46	35	41	--
2009	42	43	51	42	38	38	28	28	47	34	39	--
2010	40	43	54	43	41	37	30	28	44	(35)	39	32
2011	40	41	50	40	39	33	27	26	44	--	37	31

( ) : série de données incomplète – (re)mise en service

Le tableau IV.7 (copie à la page suivante) reprend la concentration moyenne en  $\text{NO}_2$  des samedis et des dimanches. La figure 7.1 représente graphiquement l'évolution des concentrations moyennes annuelles en  $\text{NO}_2$  et des concentrations moyennes des samedis et dimanches pour une sélection de stations. Dans certains postes de mesure de la Région, la concentration moyenne en  $\text{NO}_2$  des samedis reste supérieure à  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Pour le poste de mesure situé dans une rue canyon, la concentration moyenne en  $\text{NO}_2$  des dimanches égale ou dépasse le seuil de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Même si les niveaux d'émissions durant les jours ouvrables diminuaient au niveau moyen des samedis, l'objectif pour la concentration moyenne annuelle en  $\text{NO}_2$  ne serait pas respecté partout.

Une diminution importante et supplémentaire des émissions en  $\text{NO}_x$  – à atteindre (en 2020 ?) dans le cadre de la future directive européenne qui fixera de nouveaux plafonds d'émissions sur les  $\text{NO}_x$  – sera encore absolument nécessaire pour garantir le respect de la valeur limite annuelle sur le  $\text{NO}_2$  (moyenne annuelle  $< 40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Le problème du respect de cette norme ne se pose pas seulement à Bruxelles, mais il est général pour tous les postes de mesures localisés dans les grandes villes (Europe de l'Ouest) à proximité du trafic.

**Copie Tableau IV.7: CONCENTRATION MOYENNE en NO<sub>2</sub> [µg/m<sup>3</sup>]  
les SAMEDIS et les DIMANCHES**

Période ANNUELLE : JANVIER – DÉCEMBRE  
Moyennes calculées à partir des VALEURS SEMI HORAIRES

Samedis	R001	R002	B004	B005	B006	B011	R012	N043	MEU1	WOL1	E013
2006	44	48	--	35	33	26	28	36	26	41	29
2007	43	50	--	38	34	27	26	37	27	40	26
2008	38	48	37	29	30	22	21	35	27	33	--
2009	39	47	40	34	33	25	25	39	29	35	--
2010	38	48	39	33	30	24	22	34	(28)	33	27
2011	39	46	37	34	29	25	23	37	--	33	29

Dimanches	R001	R002	B004	B005	B006	B011	R012	N043	MEU1	WOL1	E013
2006	36	42	--	29	27	21	24	29	22	33	24
2007	36	43	--	32	28	23	22	30	24	34	23
2008	32	41	32	26	27	20	19	30	24	29	--
2009	32	37	32	28	28	19	20	30	23	28	--
2010	33	42	34	31	28	21	21	28	(24)	31	26
2011	32	39	31	30	24	20	20	30	--	28	24

( ) : série incomplète de données – (re)mise en service

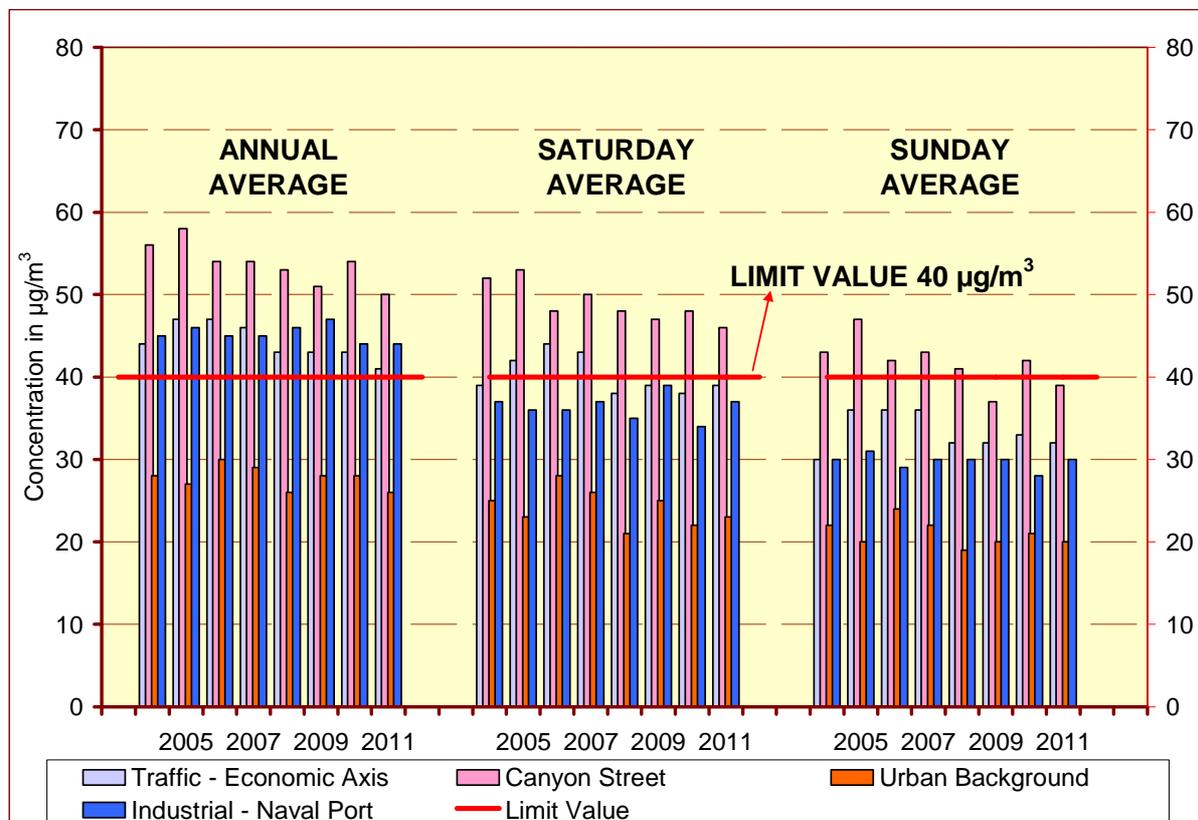


Fig. 7.1 : NO<sub>2</sub> – Concentration moyenne annuelle et concentration moyenne des samedis et des dimanches. Période : Années calendriers 2004 – 2011

## Ozone :

Valeur cible pour la santé : la directive 2008/50/CE prévoit qu'à partir de 2010 il ne pourra y avoir plus de 25 jours, par année calendrier, où la moyenne maximale sur 8 heures sera supérieure à  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . De plus, le nombre moyen de dépassements devra être calculé sur trois années calendriers consécutives. Pour les années 2009, 2010 et 2011 il y a eu, en moyenne sur 3 ans, respectivement 19, 19 et 16 jours de dépassements au poste de mesure d'Uccle. Dans l'hypothèse d'une période de trois ans avec des étés plus chauds, le respect de l'objectif de maximum 25 jours de dépassement ne peut être garanti.

Durant les périodes estivales moyennes, le nombre de jours de dépassement de la valeur cible pour la santé est limité (moins de 20). Dans le cas d'étés chauds, plus de 30 dépassements journaliers ont déjà été observés dans le passé. Dans le poste de mesure d'Uccle, durant la période 1994-2011, entre 16 et 31 dépassements ont été relevés en moyennant sur trois années calendriers. L'analyse des séries de données montre que le nombre de jours de dépassements, moyenné sur 3 ans, est susceptible de dépasser les 25 jours autorisés de dépassements si au moins 2 périodes estivales chaudes et ensoleillées ou une période estivale exceptionnellement chaude se présentent sur une période de 3 ans.

Depuis le début des mesures, le nombre moyen de jours de dépassement à Uccle s'élève à 22 jours. Pour pouvoir satisfaire, avec une marge de sécurité, à la condition pour l'an 2010, une diminution évidente des concentrations les plus élevées en ozone est nécessaire. Ceci ne peut se faire que par une diminution des émissions des *précurseurs*. Pour arriver à une diminution sensible de la formation d'ozone, les mesures à prendre devront être *drastiques, appliquées à grande échelle* (Europe de l'Ouest) et *durables*.

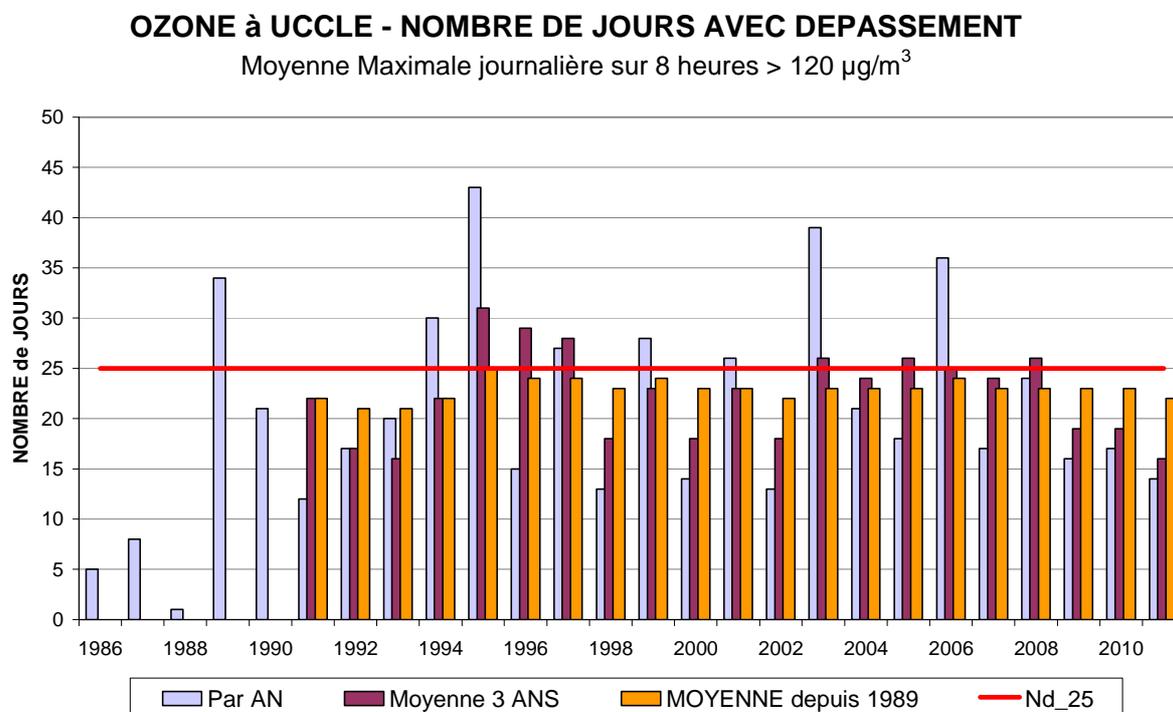


Fig. 7.2 : Ozone à Uccle – nombre de jours de dépassement de la valeur cible pour la santé  
Nombre de jours avec dépassement par an, nombre moyen par période de trois ans  
et nombre moyen depuis le début des mesures

Valeur cible pour la végétation : la directive sur l'O<sub>3</sub> donne également une valeur cible pour la protection de la végétation : l'**AOT40 estimée** (= l'AOT40 mesurée et corrigée pour une disponibilité de 100% des données) dans la période de mai à juillet, entre 8 et 20 h, heure de l'Europe centrale, et moyenné sur 5 ans, ne peut être supérieure à **18.000 µg/m<sup>3</sup>.h**. La valeur cible devra être atteinte en 2010. Autrement dit, 2010 sera la première année dont les données seront utilisées pour calculer la conformité sur la période des 5 années suivantes (2010-2011-2012-2013-2014).

L'objectif à plus long terme est une AOT40 qui ne dépasserait pas **6.000 µg/m<sup>3</sup>.h**.

En moyenne sur 5 ans, dans aucun des postes de mesure, on ne relève de valeur de l'AOT40-MJ supérieure à 18.000 µg/m<sup>3</sup>.h (Fig. 7.3). Des valeurs inférieures à l'objectif à long terme, à savoir 6.000 µg/m<sup>3</sup>.h, sont pour l'instant loin d'être accessibles dans les postes de mesure d'Uccle (R012) et de Berchem-Ste-Agathe (B011).

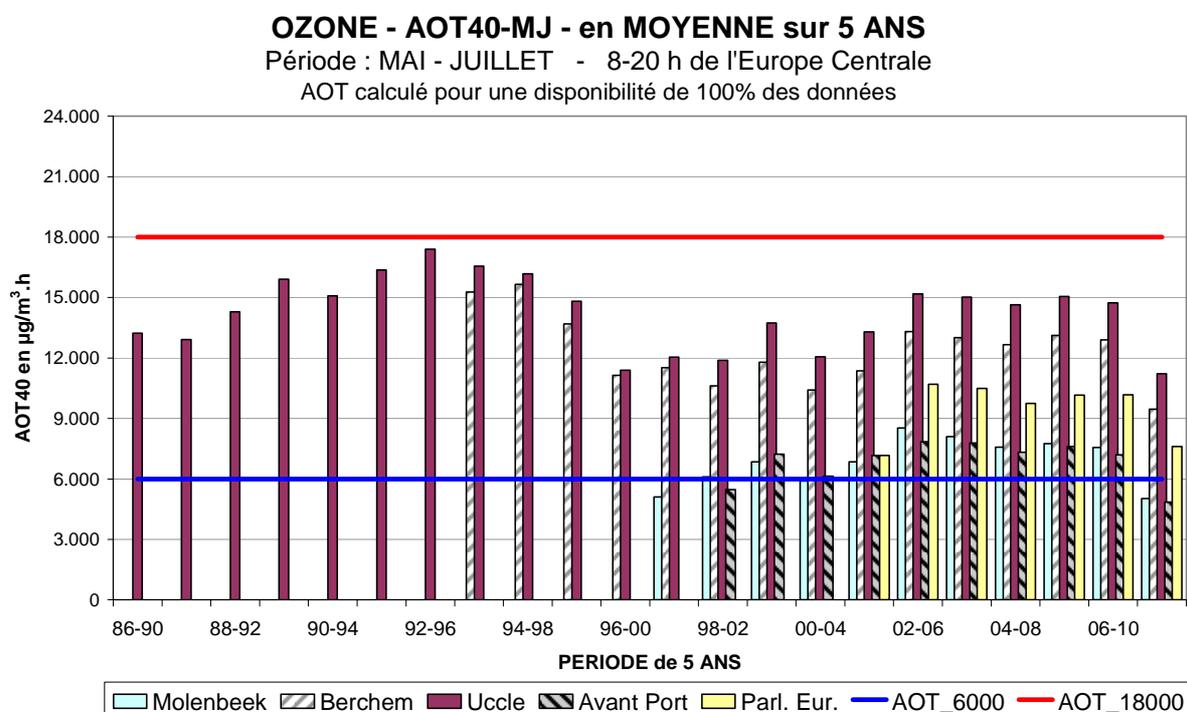


Fig. 7.3 : Ozone – Évolution de l'AOT40-MJ – Résultats moyennés sur 5 ans  
AOT40 de la période Mai-Juillet, de 8 à 20 h – heure de l'Europe centrale  
Valeurs AOT40-estimées pour une disponibilité de 100% des données

Seuil d'information et seuil d'alerte : le dépassement du seuil d'information, soit  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  d'ozone en tant que valeur horaire, impose la diffusion d'informations auprès de la population. En Région de Bruxelles-Capitale il y a eu, durant les périodes estivales des années 2009, 2010 et 2011, respectivement 4, 3 et 0 jours de dépassement. Dans la même période, aucun dépassement du seuil d'alerte ( $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  – valeur horaire), n'a été constaté.

Copie tableau IV.17: **OZONE - NOMBRE de JOURS avec DÉPASSEMENT en RBC**

**SEUIL d'INFORMATION ( $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) – SEUIL d'ALERTE ( $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

ANNÉE	Nd_1Hr > 180	Nd_1Hr > 240
1986	1	0
1987	1	0
1988	0	0
1989	12	3
1990	10	0
1991	3	0
1992	6	0
1993	7	1
1994	13	2
1995	24	3
1996	2	0
1997	8	0
1998	4	0
1999	4	0
2000	1	0
2001	6	0
2002	2	0
2003	12	2
2004	4	0
2005	4	0
2006	9	1
2007	1	0
2008	2	1
2009	4	0
2010	3	0
2011	0	0

Depuis le début des mesures, on constate que le niveau moyen des concentrations en ozone est légèrement en hausse – moins marquée au cours de ces dernières années – et que le nombre ou l'intensité des pics diminue. La tendance à la baisse des émissions en  $\text{NO}_x$  et COV a conduit parallèlement à une diminution de la destruction et de la formation d'ozone.

La moindre destruction de l'ozone se remarque de manière permanente et est à l'origine de l'augmentation légère du niveau moyen en ozone. La diminution de la formation d'ozone se remarque surtout lors des périodes extrêmement favorables à la formation photochimique de ce polluant. Par conséquent, le nombre ou l'intensité des pics d'ozone diminue.

### Les Particules en Suspension : PM10 – PM2.5 – Nombre de particules – Black Carbon :

PM10 – Valeur limite en tant que moyenne journalière : selon la directive 2008/50/CE la concentration moyenne en PM10 sur 24 heures ne peut pas dépasser  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  plus de 35 fois par an.

Ce critère pour la concentration moyenne journalière (valeur sur 24 heures) est fréquemment dépassé dans le poste de mesure de l'Avant Port (N043) et de Molenbeek (R001), et parfois au Parc Meudon (MEU1), comme il ressort des données du tableau suivant qui reprend, par an et par poste de mesure, le nombre de jours où la moyenne journalière dépasse la valeur de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Le nombre annuel de jours de dépassement est parfois nettement plus élevé que l'objectif de maximum 35 jours de dépassements par an.

Pour 2007, on note plus de 35 jours de dépassement ( $>50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) dans tous les postes de mesures, sauf celui de Berchem (B011). Également en 2009, il y a eu plus de 35 jours de dépassements dans plusieurs postes. Ces deux années étaient caractérisées par un nombre élevé de dépassements durant les premiers mois de l'année et le printemps, e.a. par la formation d'un aérosol secondaire. Dans la période juste avant et après la saison agricole et suite à l'épandage, la présence de l'ammoniac dans l'air ambiant est abondante. Par des températures modérées ( $\sim 5$  à  $20^\circ\text{C}$ ) et une forte humidité relative ( $\text{RH} > 80\%$ ) un aérosol secondaire très stable puisse être formé, avec le nitrate d'ammonium comme composé principale. Durant le mois d'avril 2007 les températures étaient élevées, presque estivales, ce qui a induit probablement aussi quelques dépassements supplémentaires causées par la remise en suspension des particules plus grosses, ayant un diamètre entre 2.5 et  $10 \mu\text{m}$

#### **PM10 – NOMBRE de JOURS par an (Maximum 35) CONCENTRATION JOURNALIÈRE $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$**

Année	R001	B011	R012	N043	MEU1	WOL1	RÉGION
2005	<u>42</u>	17	23	<u>66</u>		24	74
2006	<u>40</u>	17	25	<u>56</u>		29	58
2007	<u>65</u>	30	<u>42</u>	<u>68</u>	<u>46</u>	<u>37</u>	82
2008	<u>44</u>	25	15	<u>66</u>	33	23	80
2009	<u>41</u>	40	23	<u>66</u>	51	28	70
2010	26	16	14	<u>45</u>	(15)	14	53
2011	<u>42</u>	32	24	<u>87</u>	--	23	88

En 2010, il y avait nettement moins de dépassements que pendant les autres années, pas uniquement dans les postes bruxellois, mais partout dans les pays. Les six premiers mois de 2010 étaient caractérisés par des apports plus fréquents que d'habitude d'air venant du secteur Nord-Ouest. Par ailleurs, les conditions de température et humidité n'étaient probablement pas optimales pour former un aérosol secondaire assez stable.

En 2011 il y avait de nouveau plus de dépassements. Les températures du mois d'avril 2011 étaient assez douces, presque estivales. Le nombre élevé de dépassements de ce mois était sans doute causé en grande partie par la formation d'un aérosol secondaire. Les nombreux dépassements constatés au mois de novembre 2011 sont la conséquence des fréquentes conditions météorologiques défavorables à la dispersion des polluants.

L'activité du port et la remise en suspension des particules plus grosses ( $>2.5 \mu\text{m}$ ) par temps sec et chaud induit un nombre plus élevé de dépassements dans le poste de mesure de l'Avant Port par rapport aux autres postes. Sur la période 2008 à 2011 et en fonction de la variabilité météorologique annuelle, la remise en suspension des particules plus grosses est responsable de 30 à 50% des dépassements constatés à l'Avant Port.

Pour la période 2005-2011, l'évolution du nombre de dépassements observés annuellement, dans les différents postes de mesure est représentée à gauche de la figure 7.4. Une estimation du nombre de dépassements, calculée sur base des jours de week-end (= nombre de dépassements si tous les jours de l'année étaient des jours de week-end) est indiquée dans la moitié droite de la figure. Même avec une réduction généralisée des activités émettrices au niveau des jours de week-end, il subsiste un risque substantiel d'avoir plus de 35 jours de dépassements (valeur journalière  $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) à certains endroits.

Les résultats des postes de mesure de Molenbeek (R001) et surtout de l'Avant Port (N043) montrent une pollution plus importante en relation avec l'axe industriel et commercial de la Région. Au poste de mesure de l'Avant Port ou dans un environnement similaire (ville + industrie + trafic), il apparaît que les dépassements du seuil journalier de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  se maintiendront vraisemblablement au-delà des 35 jours autorisés par la directive européenne.

Une analyse des circonstances prévalant lors des jours de dépassement a démontré que le surplus du nombre de dépassements aux postes de l'Avant Port et, dans un moindre mesure à Molenbeek (par rapport aux autres postes) est lié à un apport d'air plus sec venant du secteur est. Dans ces conditions et sous influence des activités locales et/ou du trafic, un plus grand nombre de particules plus grosses est remis en suspension ce qui se traduit par des concentrations PM10 plus élevées par rapport aux concentrations PM2.5 dans les postes de mesure à proximité d'une voirie. Les particules plus grosses sont maintenues en suspension non seulement par le vent, mais aussi et surtout par les turbulences créées lors du passage des véhicules.

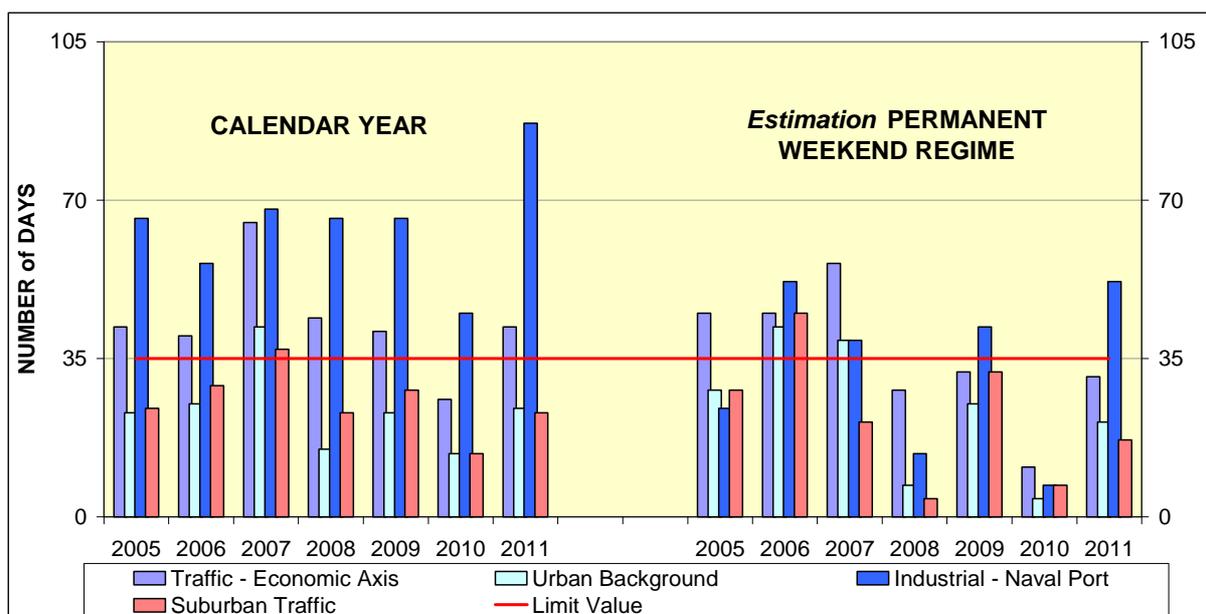


Fig. 7.4: PM10 – Valeurs Journalières  $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  – Nombre réel de jours de dépassements (à gauche) et *Estimation* du nombre de jours de dépassements pour une activité émettrice permanente au niveau des jours de week-end (à droite). Période 2005 - 2011

Nature des dépassements PM10: une analyse profonde des dépassements constatés les années précédentes a relevé qu'il y a principalement 3 raisons, ou éventuellement une combinaison entre elles, qui sont responsables pour les nombreux dépassements:

- *Conditions météorologiques défavorables à la dispersion des polluants*: durant la période hivernale, et surtout entre novembre et février, on observe un plus grand nombre de situations caractérisées par la présence d'inversions thermiques et de vents faibles. Une inversion thermique de subsidence à grande échelle spatiale, généralement accompagnée d'une inversion thermique de surface en fin de nuit, réduit fortement l'épaisseur de la couche de mélange où les polluants s'accumulent ; un vent très faible y réduit encore la dispersion dans le plan horizontal. Dans ces situations, une augmentation des concentrations des différents polluants (excepté l'ozone) peut être constatée, ainsi qu'une bonne concordance entre l'évolution dynamique des concentrations des PM10 et PM2.5 et celles des polluants gazeux tels que NO, NO<sub>2</sub>, CO et CO<sub>2</sub>.

Dans ces conditions, des dépassements du seuil journalier de 50 µg/m<sup>3</sup> pour les PM10 peuvent être observés simultanément à plusieurs endroits et pendant plusieurs jours. En janvier 2009 et novembre 2011, il y avait, dans les différents postes de mesure bruxellois, respectivement entre 9 et 12 jours et entre 7 et 15 jours de dépassements dans un seul mois. Lors de ces dépassements la fraction PM2.5 représentait environ 80 à 90% de la concentration massique des PM10. Par effet d'accumulation, les émissions locales représentent une part de plus en plus importante des concentrations mesurées.

- *Abondante formation d'aérosols secondaires*: ce type de dépassement est souvent observé au début et à la fin de la saison agricole. L'épandage du lisier sur les terres agricoles libère une source massive d'ammoniac. Par des températures modérées (~5 à 20°C) et en présence d'une forte humidité relative (RH > 80%), un aérosol secondaire très stable peut être formé, avec le nitrate d'ammonium comme composé principal. Il s'ensuit une augmentation notable des concentrations des PM10 et PM2.5 simultanément à plusieurs endroits et sur un domaine spatial beaucoup plus large que la Région de Bruxelles-Capitale. Ceci occasionne des dépassements au même moment dans plusieurs postes de mesure. Dans ces circonstances, la fraction PM2.5 représente environ 90% de la concentration massiques des PM10. Il y a également une croissance du nombre de particules dans les classes de diamètre comprises entre environ 0.25 et 0.65 µm. En cas de formation d'aérosol secondaire il n'y a généralement **pas** de bonne concordance entre l'évolution dynamique des concentrations PM10 ou PM2.5 et celles des polluants gazeux tels que NO, NO<sub>2</sub>, CO et CO<sub>2</sub> ou celles de Black Carbon.

Le système de mesure FDMS montre la présence d'une fraction volatile associée pratiquement entièrement à la fraction PM2.5. L'analyse des prélèvements sur filtre montre la présence d'ammonium, de nitrates et de sulfates. La formation et la persistance d'aérosols secondaires présente une grande dépendance aux conditions météorologiques. Si dans le courant de l'après-midi, la température augmente (> 25°C) et que l'humidité relative diminue sensiblement (<60% RH), l'aérosol secondaire peut repasser en phase gazeuse. A la tombée du jour, quand la température diminue et que l'humidité remonte, l'aérosol secondaire peut à nouveau se reformer. Ce phénomène s'observe visuellement sur l'horizon où on constate un changement de la visibilité au cours de la journée : une visibilité réduite le matin et à la tombée du jour, et une visibilité excellente au cours de l'après-midi.

Les dépassements les plus importants sont généralement observés durant les mois de mars et avril et, dans une moindre mesure, durant les mois de septembre ou octobre. En avril 2009 et en mars 2011, il y avait, dans les différents postes de mesure bruxellois, respectivement entre 8 et 13 et entre 9 et 22 jours de dépassements dans un seul mois.

- *La (re)mise en suspension de particules plus grosses*: ce type de dépassements est souvent associé à un apport d'air sec, venant principalement du secteur Est au sens large. Par contre, les phénomènes de remise en suspension ne sont pas constatés par temps pluvieux ou quand le sol est bien humide. Des dépassements liés à la remise en suspension des grosses particules sont principalement constatés aux postes de mesure de l'Avant Port ou de Molenbeek et se traduisent par la présence locale des particules plus grosses, ayant un diamètre supérieur à 2.5 µm. Pour le poste de mesure de l'Avant Port, de tels dépassements représentent entre 30 et 50% des dépassements annuels. Les particules plus grosses sont libérées dans l'atmosphère par une activité spécifique (p.ex. stockage et manutention des matériaux de construction) ou bien, les particules déjà déposées sur le sol sont remises en suspension par le vent ou par les turbulences créées par le passage des véhicules. Dans ce cas de figure, la fraction PM2.5 représente souvent moins que la moitié de la concentration massique des PM10. Il n'y **pas** non plus de bonne concordance entre l'évolution dynamique des concentrations PM10 et celles des autres polluants.

Exceptionnellement, ce genre de dépassement peut aussi être constaté dans tous les postes de mesure de la Région. L'origine du phénomène se trouve alors à grande distance de la Région, comme cela fût le cas lors des tempêtes de sable au Sahara de fin mars 2007 ou de l'éruption volcanique du Eyjafjallajökull en avril 2010.

PM10 – Valeur limite en tant que moyenne annuelle : la deuxième valeur limite prévoit une concentration moyenne annuelle de la fraction PM10 de maximum 40 µg/m<sup>3</sup>. À partir de 2005, la concentration moyenne annuelle est, dans tous les postes de mesure de la Région, inférieure à 40 µg/m<sup>3</sup>. Les concentrations les plus élevées sont mesurées dans le poste de mesure de l'Avant Port, un environnement situé à proximité de sources industrielles (entre autres stockage et manutention de matériaux de construction) et soumis à un trafic conséquent. Les concentrations moyennes annuelles de la période 2005-2011 sont chiffrées dans le tableau ci-dessous et représentées graphiquement à la figure 7.5.

#### PM10 – CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE [µg/m<sup>3</sup>]

Année	R001	B011	R012	N043	MEU1	WOL1
2005	31	26	27	36	(31)	28
2006	31	23	29	34		27
2007	34	25	29	34	34	27
2008	32	28	24	34	29	26
2009	29	31	27	36	31	27
2010	29	27	25	33	30	25
2011	29	28	25	39	--	24

A l'exception du poste de mesure de l'Avant Port, la concentration moyenne en PM10 calculée pour les jours de week-end n'est que faiblement inférieure à la concentration moyenne annuelle. En 2006, à certains endroits, la concentration moyenne des jours de week-end était quasiment identique à la concentration moyenne annuelle. Cette année-là, il y avait proportionnellement plus de jours de dépassements (valeur journalière > 50 µg/m<sup>3</sup>) les jours de week-end que les jours ouvrables.

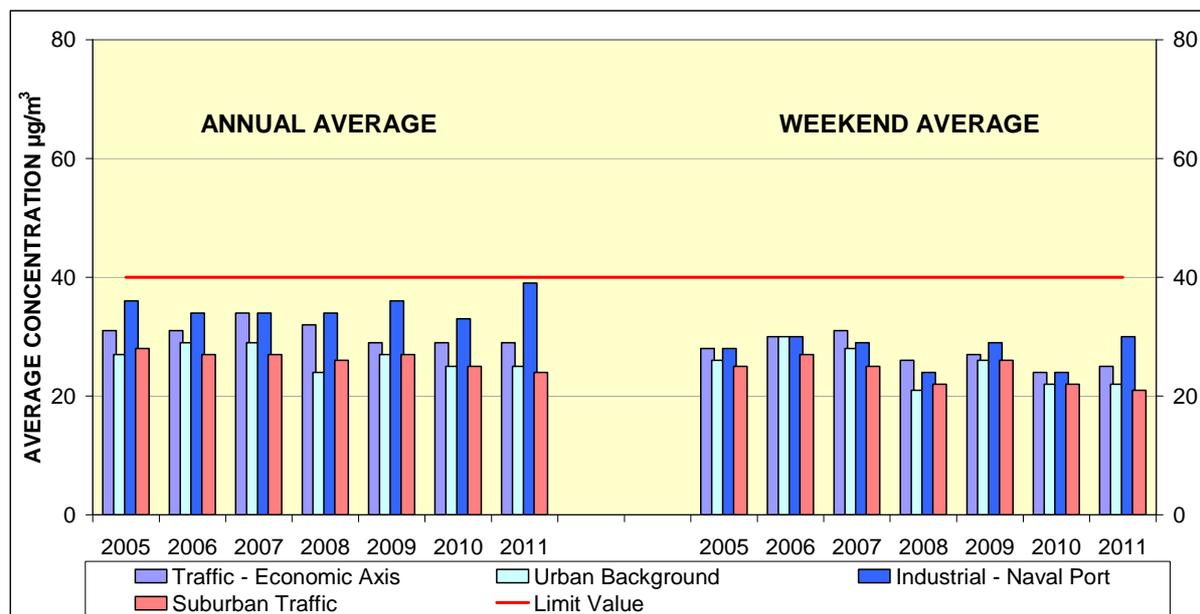


Fig. 7.5: PM10 – Évolution de la concentration moyenne annuelle (à gauche) et évolution de la concentration moyenne pour le jours de week-end (à droite). Période 2005-2011

À l'origine, la directive 1999/30/CE prévoyait, dès 2010, une valeur limite indicative de 20 µg/m<sup>3</sup> en tant que concentration moyenne annuelle. Actuellement, les concentrations de fond en Région de Bruxelles-Capitale sont de l'ordre de 24 à 28 µg/m<sup>3</sup>. Un objectif aussi ambitieux ne pouvait pas être atteint à l'échéance fixée. Dans la directive 2008/50/CE cet objectif a d'ailleurs été remplacé par des normes à respecter sur la fraction PM2.5.

La valeur cible de 25 µg/m<sup>3</sup> pour les PM2.5 en tant que concentration moyenne annuelle, à respecter depuis 2010 et qui deviendra une valeur limite à partir de 2015, sera probablement respectée. A l'heure actuelle, on ne peut pas encore se prononcer sur le respect éventuel de la valeur limite indicative de 20 µg/m<sup>3</sup> sur la concentration moyenne annuelle prévue pour 2020.

### PM2.5 – CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE [µg/m<sup>3</sup>]

MOY	R001	B011	R012	N043	MEU1
2006	23,7		17,0	24,2	19,7
2007	24,6		20,7	26,2	21,5
2008	22,6	15,6	18,1	21,4	18,4
2009	21,6	18,1	18,6	23,5	22,4
2010	22,4	17,0	18,5	21,9	--
2011	25,0	17,4	18,8	24,0	--

Profil hebdomadaire : la figure 7.6 représente le profil hebdomadaire normalisé pour les paramètres PM10, PM2.5, NO<sub>2</sub> et NO. Ce profil hebdomadaire normalisé est obtenu en calculant, pour chaque polluant, la concentration moyenne pour chaque jour de la semaine et en divisant la valeur obtenue par la concentration moyenne des jours ouvrables. Les résultats ainsi obtenus sont proches de 1,00 pour les jours ouvrables. Le pourcentage de diminution des concentrations pendant le week-end peut être lu directement sur le graphique. Les résultats représentés concernent la situation moyenne sur les années calendriers 2009, 2010 et 2011 et sur cinq postes de mesure (Molenbeek, Berchem, Uccle, Meudon et Woluwé).

La diminution des concentrations de NO, un polluant très lié aux émissions du trafic, atteint pratiquement 40% le samedi et 60% un dimanche moyen. Cette diminution est du même ordre de grandeur que la diminution de trafic constatée au niveau des concentrations mesurées dans les postes de mesure trafic (Arts-Loi et Avenue de la Couronne). La chute des concentrations de NO<sub>2</sub> pendant le week-end atteint respectivement environ 20% le samedi et environ 30 à 35% le dimanche. Ceci s'explique par le fait que le NO<sub>2</sub> est un polluant partiellement lié au trafic, mais aussi un polluant secondaire qui se forme dans l'atmosphère, principalement par l'oxydation du NO par l'ozone. De plus, le NO<sub>2</sub> étant thermodynamiquement le composé le plus stable des oxydes d'azote, une concentration minimale de NO<sub>2</sub> est présente partout et de façon permanente.

Pour la période considérée (2009-2011) la chute des concentrations de NO et NO<sub>2</sub> durant le week-end est quasi identique à celle constatée pour les période précédentes, à savoir 2003-2005 et 2006-2008.

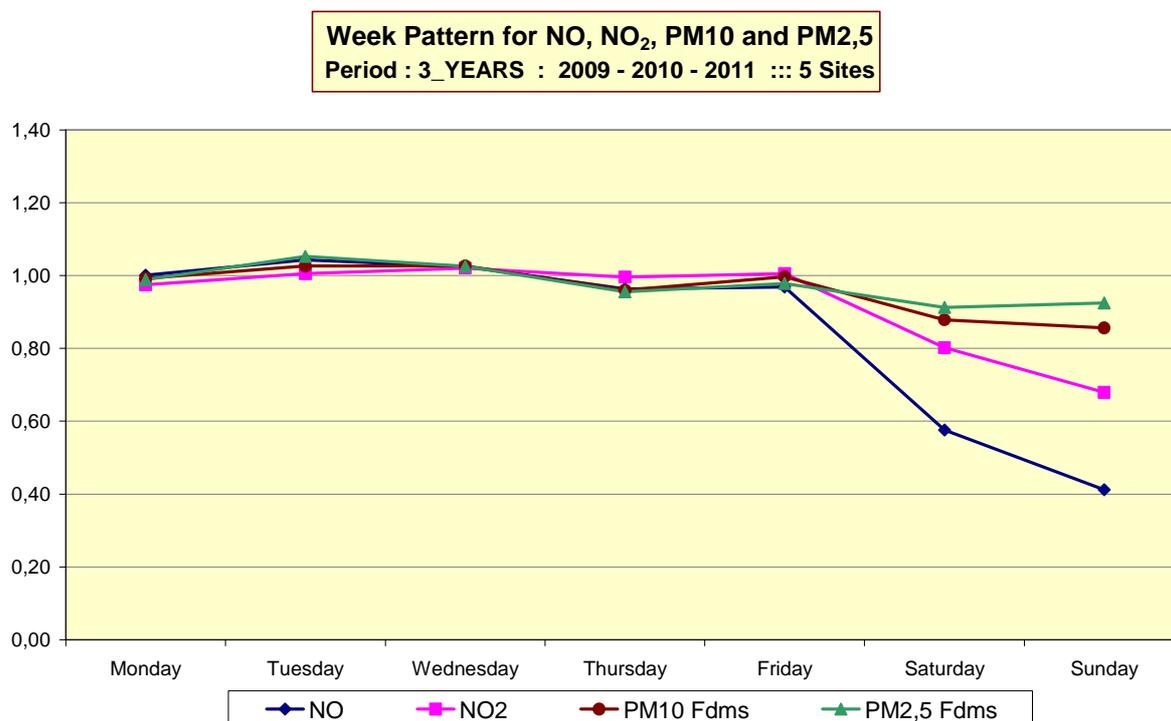


Fig. 7.6 : PM10, PM2.5, NO<sub>2</sub> et NO – Évolution hebdomadaire moyenne normalisée  
 Période : trois années successives 2009, 2010 et 2011  
 Moyenne sur cinq postes de mesure (poste de l'Avant Port exclu)

Pour la période 2009-2011, la diminution des concentrations de PM10 atteint environ 10% un samedi moyen et à peu près 14% un dimanche moyen. En comparaison, la baisse des concentrations de PM2.5 est encore moins prononcée. La diminution relativement importante du trafic pendant les week-ends (remarquablement moins de NO) n'induit manifestement pas une réduction équivalente des concentrations de NO<sub>2</sub>, PM10 ou PM2.5.

La nature de la problématique des « particules fines » est très complexe, tant sur le plan des techniques de mesure, de la compréhension du phénomène que de l'élaboration de remèdes efficaces. Des concentrations élevées sont susceptibles de se manifester dans des conditions atmosphériques qui, pour la plupart des autres polluants, n'entraînent pas de valeurs élevées à savoir par ex. par temps humide (formation de particules secondaires) ou temps sec (remise en suspension). Les particules suspectes et potentiellement dangereuses, en provenance directe des échappements du trafic, se situent dans l'ordre de grandeur de 0.01 à 0.15 µm. Même dans un environnement à trafic intense, la masse totale de ces particules ne contribue que faiblement à la masse totale de la fraction PM10 ou PM2.5. Dans ce sens, les mesures de Black Carbon ont été entamées pour obtenir une meilleure indication des particules de suie et des particules directement émises par le trafic.

#### Nombre de Particules [0.25 à 32 µm] :

Des mesures visant à déterminer le nombre de particules dans l'air ambiant ont été lancées aux postes de mesure de Woluwé et de Molenbeek, respectivement en juillet 2008 et 2010. Les mesures sont réalisées à l'aide de *Laser Light Scattering Spectrometers* du type Grimm. Les mesures distinguent 31 différentes classes de taille dans la gamme de 0.25 µm à 32 µm. La majorité des particules se trouvent dans les classes ayant un diamètre inférieur à 0.5 µm.

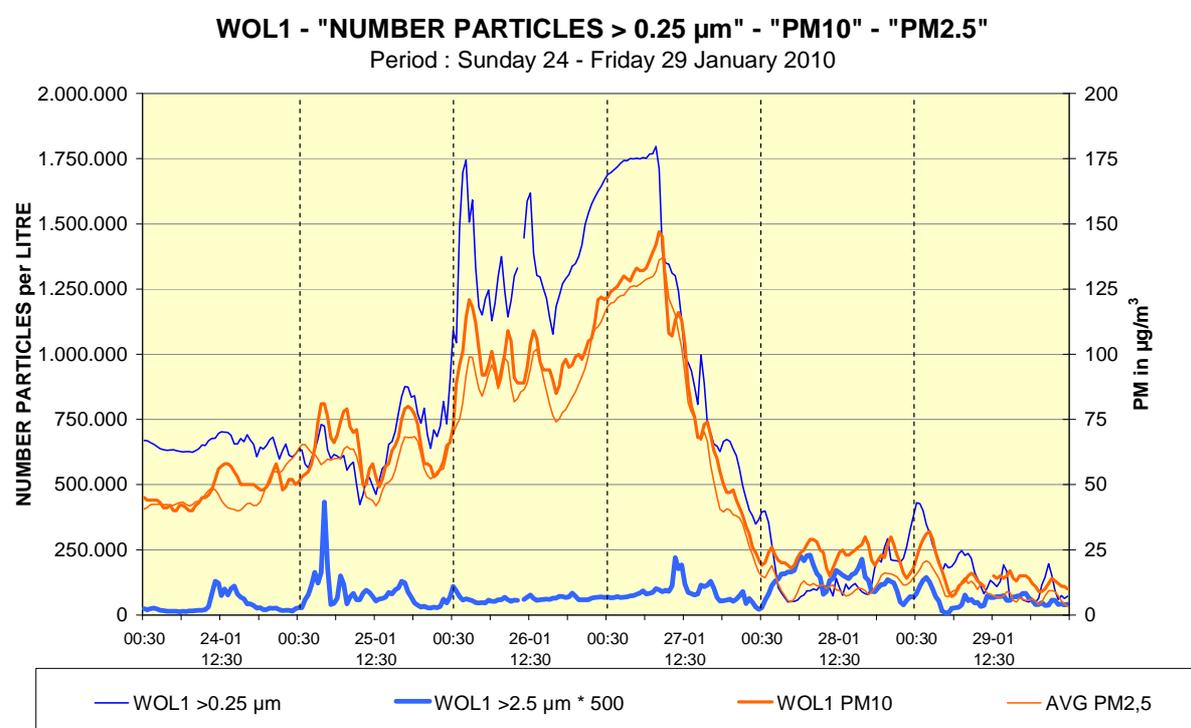


Fig. 7.7: Woluwé. Dimanche 24 – Vendredi 29 Janvier 2010.  
 Nombre Total de Particules >0.25 µm et Nombre de Particules >2.5 µm (fois 500)  
 Concentration PM10 (WOL1) et Concentration Moyenne PM2.5

Les nombres les plus élevés de particules sont constatés lors des pics de concentration où la fraction PM2.5 représente environ 90% de la concentration massique des PM10, aussi bien durant la nuit ou les jours de week-end. Pour ces situations, on note une très bonne corrélation entre la concentration massique et les nombres de particules appartenantes aux classes plus fines (diamètre jusqu'à 0.50 µm). De plus, il a été constaté régulièrement que 100.000 particules (diamètre >0.25 µm) par litre d'air correspondent environ à une concentration massique d'environ 10 µg/m<sup>3</sup> (voir figure 7.7). Par ailleurs, il faut noter que la présence d'un nombre plus limité de particules (quelques dizaines à un pair de centaines) ayant un diamètre plus gros que 2.5 µm peut faire augmenter rapidement la différence entre la concentration massique des PM10 et des PM2.5.

### Black Carbon:

Le Black Carbon est mesuré à trois endroits différents situés à proximité du trafic, Woluwé-St-Lambert, Molenbeek-St-Jean et Ixelles. Dans ces trois postes une très bonne corrélation est obtenue entre les mesures de Black Carbon et celles du NO et du NO<sub>x</sub>, ces derniers étant des polluants gazeux assez spécifiques pour le trafic routier.

Le graphique de la figure 7.8 représente l'évolution des valeurs semi horaires du Black Carbon et du NO pour le poste de mesure d'Ixelles durant le mois de novembre 2011. Les concentrations de Black Carbon se réfèrent à l'échelle à gauche et celles du NO à l'échelle à droite du graphique. Les concentrations des deux paramètres varient pratiquement toujours dans le même sens et au même moment, ce qui met en évidence une très bonne corrélation entre les concentrations Black Carbon et NO.

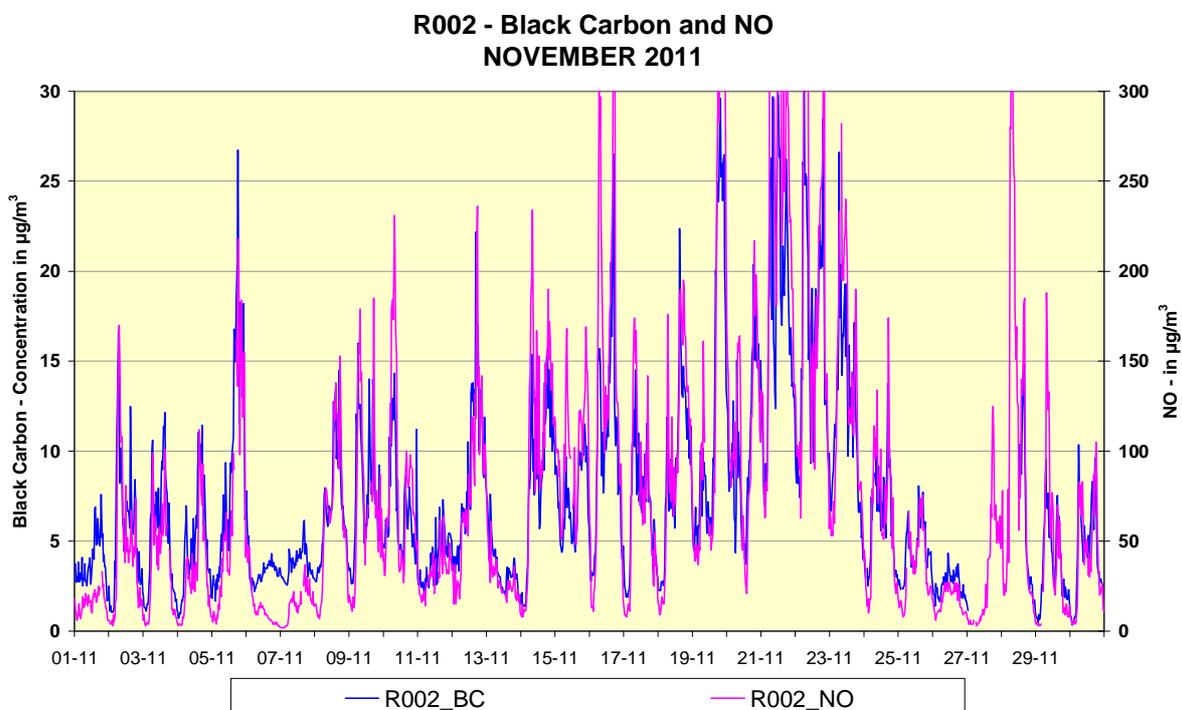


Fig. 7.8: Poste de mesure à Ixelles. Évolution des concentration Black Carbon et NO. Novembre 2011

La corrélation entre Black Carbon et PM10 est moins bonne. Le graphique de la figure 7.9 représente l'évolution des ces deux paramètres au poste de mesure de Woluwé-St-Lambert pour le mois de février 2010. Les concentrations de Black Carbon se réfèrent à l'échelle à gauche et celles des PM10 à l'échelle à droite du graphique, en considérant un facteur 10 entre les deux échelles. Puisque les deux courbes de concentrations se suivent assez bien pour la plupart du temps, on constate un facteur 10 entre les concentrations moyennes de ces deux polluants: le Black Carbon représente en moyenne seulement 10% de la concentration massique des PM10. Pour les pics de concentration, issus de conditions météorologiques défavorables à la dispersion des polluants, ce pourcentage peut pourtant atteindre environ 20 à 25%.

On peut remarquer plusieurs périodes dans le graphique où les concentrations Black Carbon et PM10 ne se suivent pas bien. Entre le 7 et 9 février, de très hautes concentrations pour les PM10, avec des dépassements du seuil journalier de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ont été observés. Durant cette période le Black Carbon ne représentait que 2 à 4% de la concentration massique des PM10. Ceci montre clairement que, dans ce cas particulier, les niveaux élevés de PM10 ne pouvaient pas être attribués aux émissions du trafic local, mais plutôt à la présence d'un aérosol secondaire. L'effet d'une réduction des émissions locales sur la concentration PM10 serait alors plutôt limité.

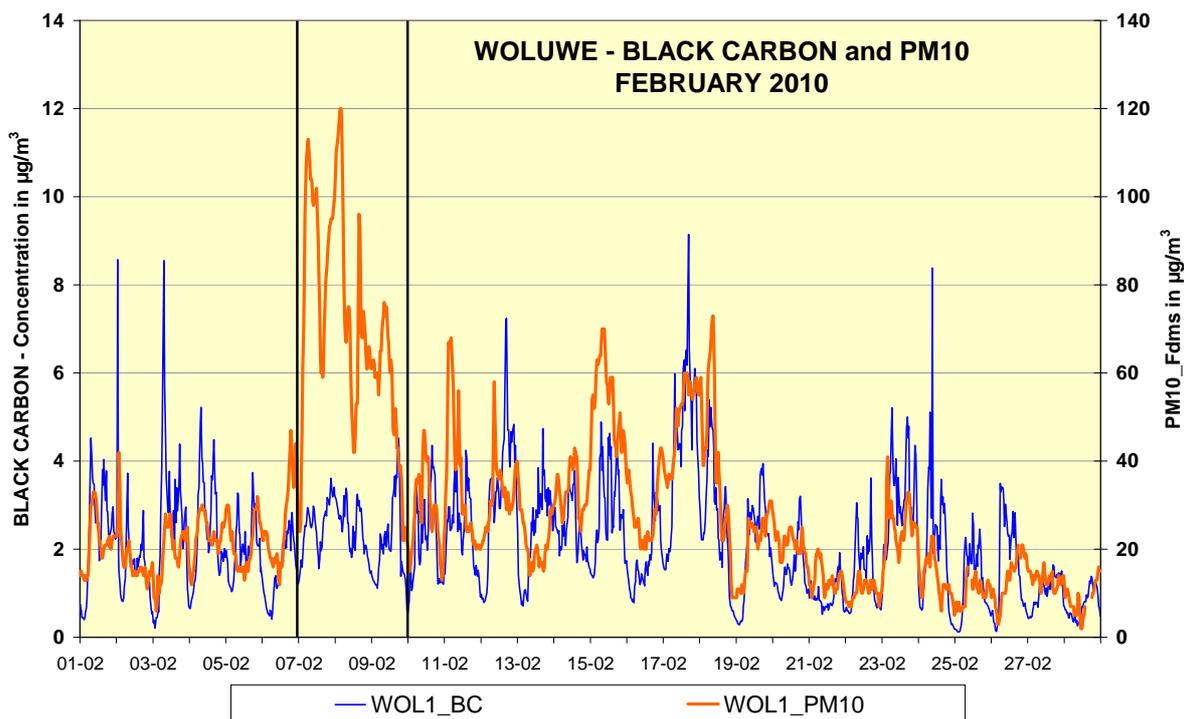


Fig. 7.9: Poste de mesure à Woluwé. Évolution des concentrations Black Carbon et PM10. Février 2010

En étudiant les relations entre le Black carbon et les autres polluants, on constate que des facteurs de corrélation élevés sont atteints avec le NO<sub>x</sub> et le NO (0.85 à 0.94), et des facteurs légèrement plus faibles avec le NO<sub>2</sub> (0.75 à 0.85). Les facteurs de corrélation avec la concentration massique des PM10 et des PM2.5 sont clairement plus faibles (0.55 à 0.70) et ceux avec les nombres de particules (PNC) sont encore plus faibles (0.30 à 0.60), même ceux calculés pour les particules fines, ayant un diamètre entre 0.25 et 0.65 µm.

Des facteurs de corrélation exceptionnellement élevés (0.94 à 0.96) sont obtenus entre le Black Carbon et les mesures de “Black Smoke” (BSM) déterminées selon l’ancienne méthode OCDE qui date de 1964. Pour le poste de mesure de Molenbeek, les facteurs de corrélation calculés entre le Black Carbon et les autres polluants, en se basant sur les valeurs journalières, sont représentés à la figure 7.10.

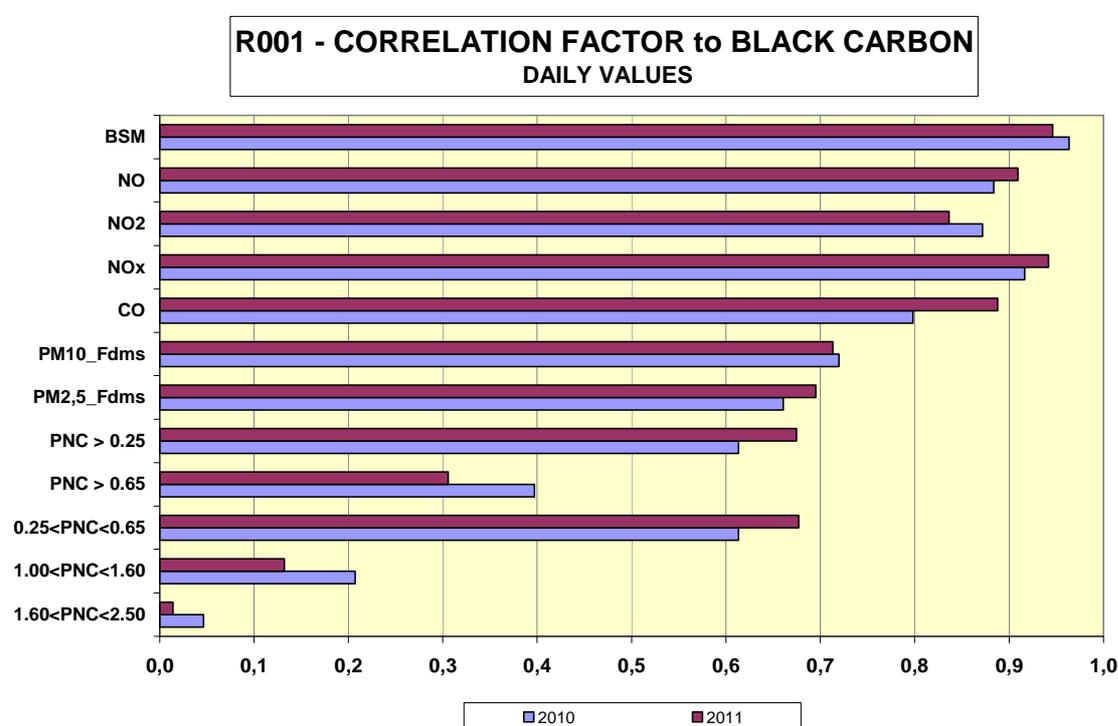


Fig. 7.10: Meetpost te Molenbeek. Correlatiefactoren voor de dagwaarden van Black Carbon met deze van een aantal andere pollutanten

Commentaire sur l’influence du trafic: le trafic est reconnu comme une des principales sources émettrices de polluants en Belgique. En s'appuyant non seulement sur l'analyse objective des mesures issues du réseau téléométrique, mais aussi sur les inventaires d'émissions et les études d'impact réalisées dans le cadre des pics de pollution, cette sous-section a pour objectif de situer l'importance relative de cette source dans le cadre de la problématique élargie des PM10 mesurés à Bruxelles.

Bien que le trafic représente environ trois quarts des émissions bruxelloises de PM10, sa contribution directe sur les concentrations massiques localement mesurées s'avère nettement plus réduite. Sur base de l'analyse de l'effet weekend et de l'évolution hebdomadaire des concentrations de PM10 et de NO, on estime que la contribution totale du trafic sur les PM10 mesurés varie généralement entre 7 (en environnement résidentiel) et 25% (en environnement urbain, proche du trafic). Cette estimation appelle les commentaires suivants :

- La contribution totale du trafic comprend non seulement les émissions directes des véhicules, mais aussi la remise en suspension des particules générée par le déplacement des véhicules. La littérature scientifique estime généralement que ces deux processus présentent une importance comparable.
- La différence importante dans la contribution relative du trafic entre les émissions bruxelloises et les concentrations mesurées s'explique par le transport à grande distance des particules, la contribution naturelle non prise en compte dans les inventaires d'émissions ainsi que la formation de particules secondaires.
- L'estimation susmentionnée de la contribution totale du trafic est une valeur moyenne. Lors de pics de pollution résultant de conditions météorologiques défavorables à la dispersion des polluants, les sources locales jouent un rôle comparativement plus important et, dans ce cas, il est probable que la contribution relative du trafic sur les concentrations de PM10 soit plus élevée. Dans d'autres situations, notamment lorsque la formation de particules secondaires est abondante, l'influence du trafic sur les concentrations mesurées est nettement amoindrie. A titre d'exemple, des concentrations élevées en PM10 et PM2.5 ont été constatées alors que le trafic était réduit, p.ex. lors de jours de congé officiel et de la journée sans voiture de 2006 et de 2009. Pour ces situations spécifiques, 80 à 90% de la masse PM10 était constituée de PM2.5.
- Des mesures prises sur le trafic dans le seul but de respecter à court terme les normes européennes fixées sur les PM10 nécessitent obligatoirement une réduction drastique de l'utilisation des véhicules (ou des émissions). Par exemple, on estime que le respect de la norme journalière sur les PM10 à Molenbeek-Saint-Jean demanderait une diminution de 70 à 80% de la circulation. Ce constat est conforté par l'analyse des concentrations hebdomadaires : un calcul de simulation du nombre de jours de dépassements, basé uniquement sur des jours de week-end, montre que le respect de la valeur limite n'est pas garanti pour une année qui ne serait constituée que des jours de week-end. Il faut aussi noter qu'une réduction des émissions consécutive à une installation généralisée de filtres à particules ne suffirait probablement pas à garantir le respect de la norme journalière sur les PM10, puisque les émissions directes des véhicules ne représentent qu'environ 50% de la contribution totale du trafic. Il n'en demeure pas moins que de telles mesures sont néanmoins fortement recommandables dans la mesure où elles limitent la présence des particules les plus nocives pour la santé.
- Une très bonne corrélation est constatée entre les concentrations de Black Carbon et celles de NO et NO<sub>x</sub>, des polluants gazeux, spécifique pour le trafic. Cette corrélation est plus étroite qu'avec les PM10, PM2.5 ou le nombre de particules. De ce fait, le Black Carbon semble être un indicateur plus approprié pour l'évaluation des particules émises directement par le trafic.

### Dioxyde de soufre :

L'évolution de la teneur en dioxyde de soufre dans l'air ambiant indique une tendance à la baisse depuis le début des mesures.

La directive 2008/50/CE établit les valeurs limites pour le SO<sub>2</sub>, qui devaient déjà être respectées depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2005. La Région de Bruxelles-Capitale respecte ces normes depuis plusieurs années. Durant la période 2009-2011, aucun dépassement n'a été constaté et, pour les années à venir, le respect de ces normes ne posera pas de problèmes.

La baisse de la teneur en SO<sub>2</sub> dans l'air au fil des années est une conséquence de la diminution des émissions chez les grands utilisateurs d'énergie (production d'énergie et grands utilisateurs industriels), de la baisse de la teneur autorisée en soufre du gasoil et du diesel et de l'augmentation de l'utilisation du gaz naturel, pauvre en soufre, pour la production d'énergie et le chauffage domestique.

### Plomb :

La tendance à la baisse des concentrations de plomb est une conséquence des baisses successives de la teneur légalement autorisée en Pb dans l'essence et, depuis 1988, de l'utilisation croissante de l'essence sans plomb. L'essence sans plomb a été introduite dans l'optique de l'utilisation du pot catalytique sur les voitures à essence. Depuis plusieurs années déjà, il n'y a plus d'essence plombée vendue en Belgique.

Monoxyde de carbone : la directive 2008/50/CE établit pour le CO une valeur limite absolue de 10 mg/m<sup>3</sup> (milligramme par mètre cube d'air) pour une concentration moyenne sur 8 heures. Cette condition a été respectée durant la période 2009-2011 et ne posera pas non plus de problème pour les années à venir.

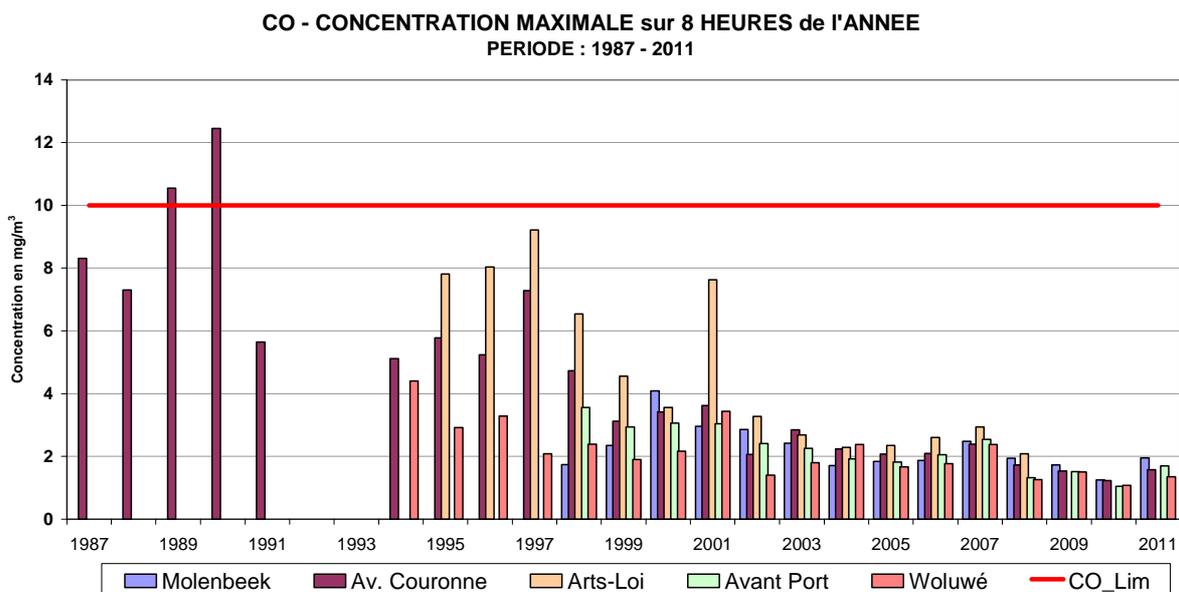


Fig. 7.8 : Évolution à long terme des concentrations en CO (1987-2011)

**Benzène** : la directive 2008/50/CE établit pour le benzène une valeur limite de  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en moyenne annuelle, à respecter depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2010. Cette valeur est respectée depuis l'an 2001, même aux endroits à trafic intense. Dans les autres points de mesure cette valeur limite était déjà respectée depuis quelques années. La tendance à la baisse des concentrations en benzène (depuis 1998) permet d'espérer raisonnablement que la norme sera respectée sans problème dans l'avenir.

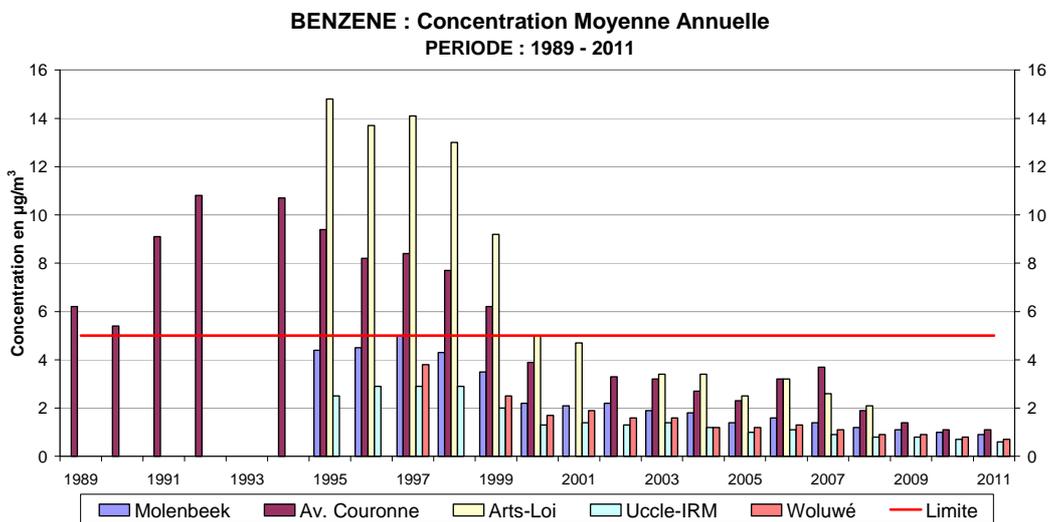


Fig. 7.9 : Benzène - Évolution de la concentration moyenne annuelle (1989-2011)

**Hydrocarbures polyaromatiques (HPA)** : la directive 2004/1007/CE fixe pour le benzo(a)pyrène (BaP) une valeur cible de  $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ , en tant que concentration moyenne annuelle, à atteindre à partir du 31 décembre 2012. Depuis quelques années déjà, une tendance à la baisse des concentrations en HPA a été constatée. Cette diminution est surtout due à la baisse des émissions du trafic, tandis que la part due au chauffage reste plus au moins constante. La valeur cible pour le BaP a été respectée durant la période 2009-2011.

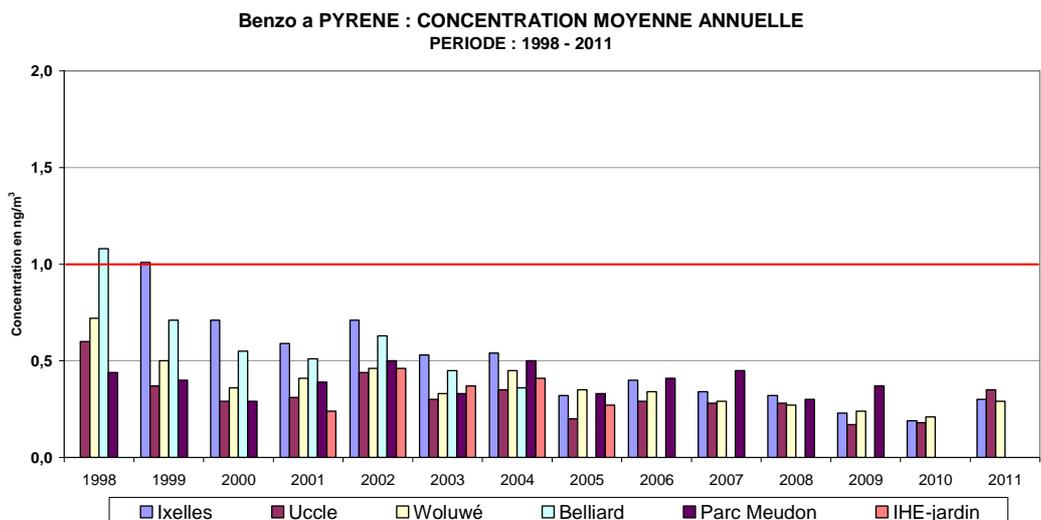


Fig. 7.10 : Benzo(a)pyrène - Évolution de la concentration moyenne annuelle (1998-2011)

## 7.5 Évolution journalière et hebdomadaire moyenne

Les niveaux moyens de concentration des polluants, l'ozone mis à part, sont plus élevés l'hiver que l'été. Une période hivernale se caractérise par une augmentation des émissions dues à la consommation d'énergie et au chauffage domestique ; il y a, d'autre part, davantage de périodes défavorables à la dispersion des polluants.

Il n'est pas possible d'évaluer suffisamment en détail la dispersion spatiale de la pollution atmosphérique en ville sur base d'un nombre limité de postes de mesure. La représentation des roses de pollution sur une carte de la Région indique néanmoins que les concentrations d'un grand nombre de polluants sont plus élevées dans les postes de mesure spécifiques à la circulation et, à l'exception de l'ozone, plus élevées au centre de la Région qu'en périphérie.

Pour la plupart des polluants, les concentrations sont en moyenne plus élevées les jours ouvrables que le week-end, le samedi que le dimanche. C'est surtout le cas pour NO, CO, BTX (émission directe) et, dans une moindre mesure pour les polluants dont les concentrations sont devenues plus faibles (SO<sub>2</sub>, la fumée noire et le plomb) ou pour les polluants qui sont formés (polluants secondaires) en partie dans l'atmosphère (NO<sub>2</sub>, PM10 et PM2.5). L'évolution moyenne hebdomadaire des concentrations indique un certain parallélisme avec les jours d'activités de la semaine. L'ozone y fait cependant exception de même que les polluants non spécifiques à la circulation.

L'évolution hebdomadaire de l'ozone en période estivale est co-déterminée par le processus de formation plutôt lente (plusieurs heures) et la destruction assez rapide (quelques minutes) de l'ozone en présence (parfois d'un excès) de monoxyde d'azote.

Les concentrations les plus élevées en ozone sont observées dans les postes de mesures où l'influence du trafic est moindre, donc là où la formation de l'ozone l'emporte sur sa destruction. En moyenne, les concentrations en ozone sont plus élevées les jours non-ouvrables que les jours ouvrables. Cette différence peut être constatée dans tous les points de mesure et les différences de niveau sont plus prononcées là où l'influence du trafic routier est plus directe. Les émissions du trafic étant plus faibles les week-ends et jours fériés, il y a moins de NO dans l'air et, de ce fait, la destruction de l'ozone est moins importante.

D'autre part, le profil journalier de la concentration NO<sub>2</sub> est complémentaire au profil de la concentration en O<sub>3</sub>. Les concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> sont plus élevées les jours ouvrables et moins élevées les jours non-ouvrables.

Pour les polluants spécifiques de la circulation (NO et CO), l'évolution moyenne journalière d'un jour ouvrable, d'un samedi et d'un dimanche, diffère de manière significative. Les jours ouvrables, on observe une augmentation des concentrations aux heures de pointe (matinales et vespérales) de la circulation. Les concentrations sont moins élevées aux heures creuses et les niveaux les plus bas sont mesurés aux petites heures du matin.

Le pic matinal moyen du samedi a lieu plus tard et est moins intense qu'un jour ouvrable moyen. Le pic vespéral est plus large que les jours ouvrables et on observe une augmentation des concentrations durant la nuit de samedi à dimanche. Le dimanche, il n'y a pas proprement dit un pic matinal mais une augmentation due à la circulation à partir du début de l'après-midi jusqu'au soir. L'augmentation est moins intense que les jours ouvrables. Les niveaux moyens les plus bas sont observés durant la nuit du dimanche au lundi.

## 7.6 Évolution à long terme

En Région de Bruxelles-Capitale, une très nette tendance à la diminution a été observée depuis plusieurs années pour le dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ) et le plomb (Pb) dans l'air ambiant. Vu les très bas niveaux atteints, cette tendance est maintenant moins marquée ; les différences entre les postes de mesure sont à peine perceptibles.

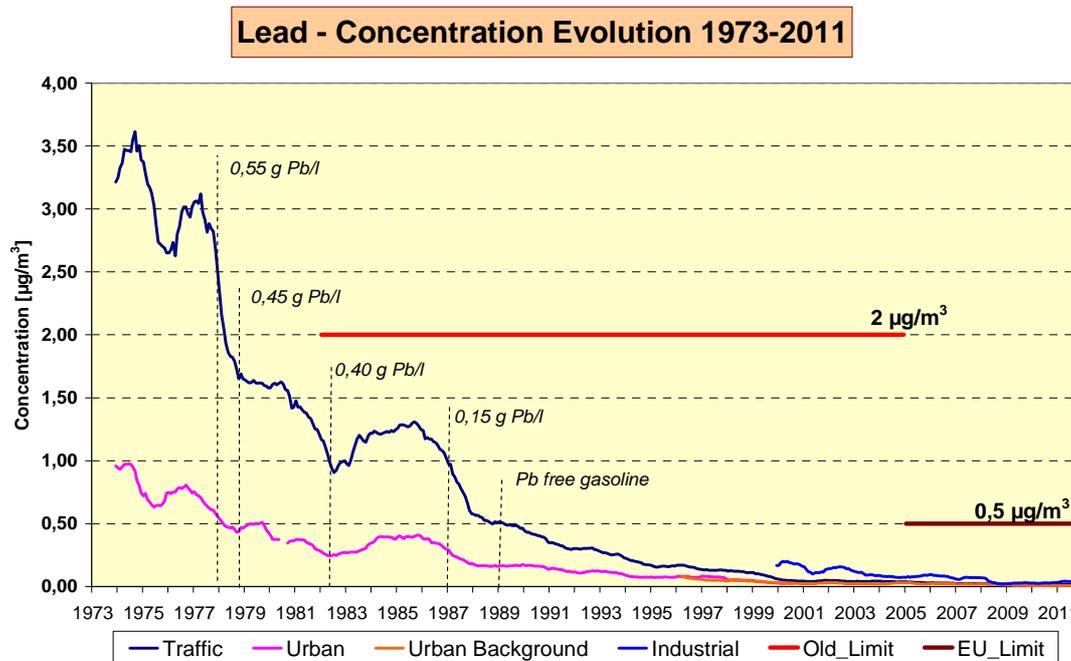
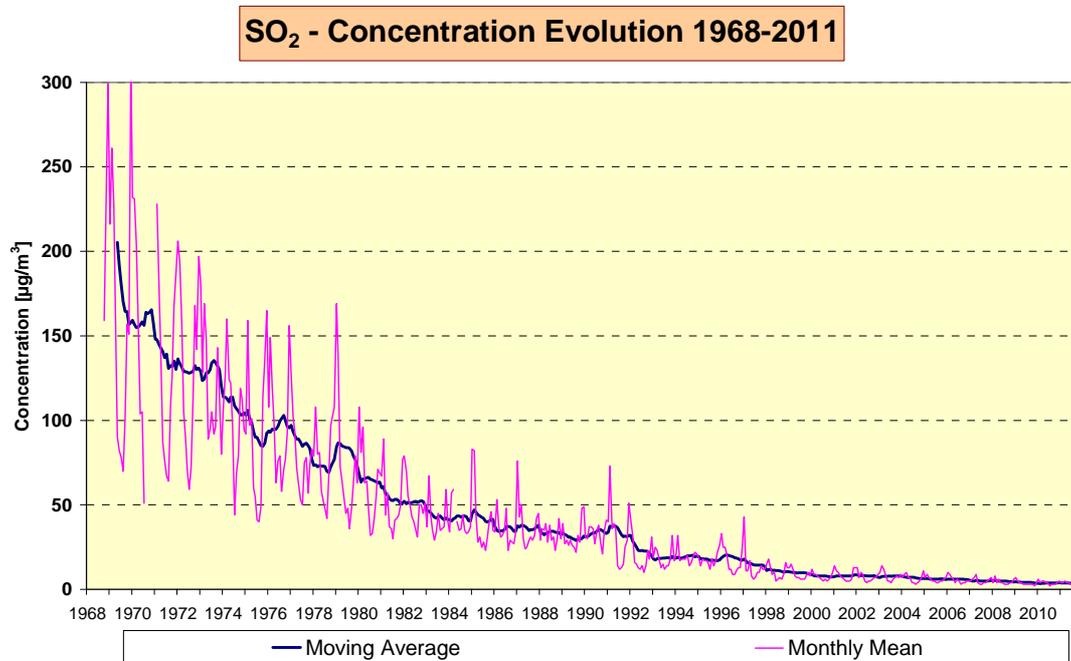


Fig. 7.11: Évolution à long terme des concentrations en  $\text{SO}_2$  et plomb

Les rapports IBGE sur la qualité de l'air durant la période 1994-1996, 1997-1999, 2000-2002, 2003-2005 et 2006-2008 indiquaient que le trafic constituait la principale source de pollution de la Région. Ceci est encore le cas mais, entre-temps, une modification est clairement apparue.

Dans les postes de mesures localisés à proximité du trafic, les niveaux de concentrations en NO, NO<sub>x</sub> et CO ont fortement diminué depuis le début des années '90. Par contre, pour les concentrations en NO<sub>2</sub> aucune diminution significative n'a été constatée jusqu'à présent et, les dernières années, une légère tendance à la hausse semble se dessiner.

À la station de l'Avenue de la Couronne à Ixelles, une diminution de plus de 60% du NO et du CO a été observée durant la période 1990-2011, tant pour les concentrations moyennes que pour les plus hauts centiles. Cette tendance est encore plus nettement marquée à la station Arts-Loi depuis le début des mesures. Aux postes moins influencés par le trafic, une diminution constante des hauts centiles est aussi observée pour les concentrations en NO et NO<sub>x</sub>.

Les résultats les plus récents obtenus aux postes de l'Avenue de la Couronne à Ixelles semblent indiquer que pour les paramètres NO et NO<sub>x</sub>, spécifiques du trafic, la tendance à la baisse des concentrations de ces polluants semble avoir atteint son plancher.

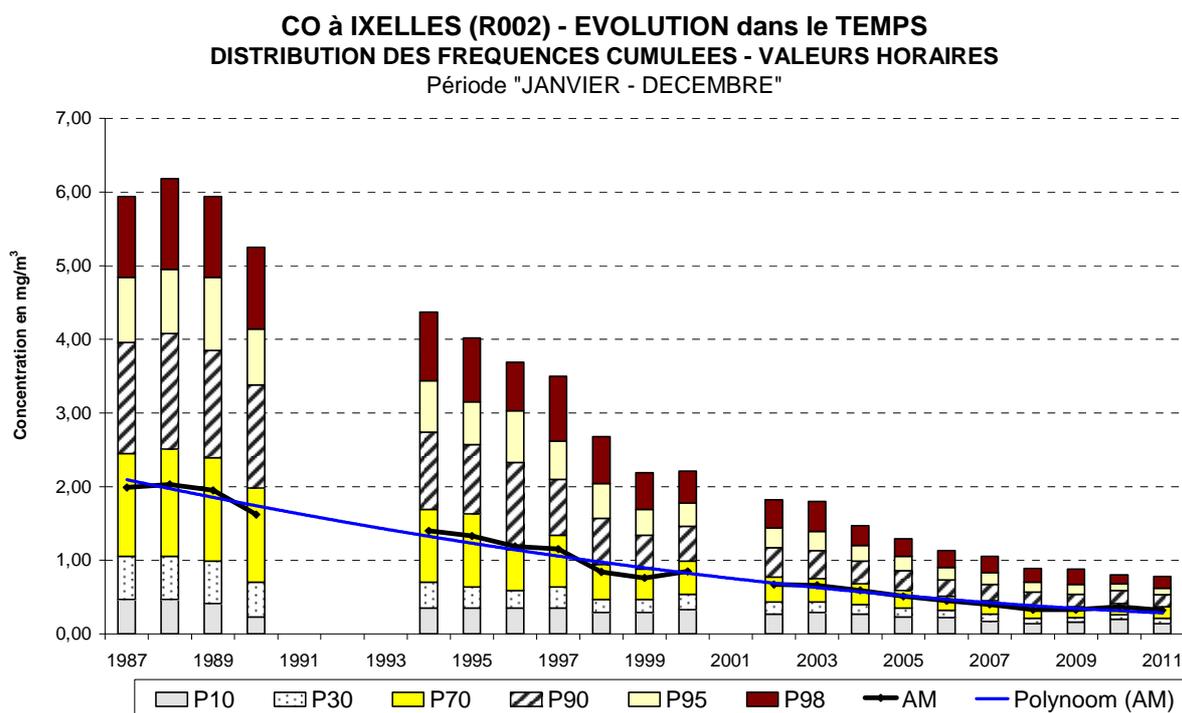
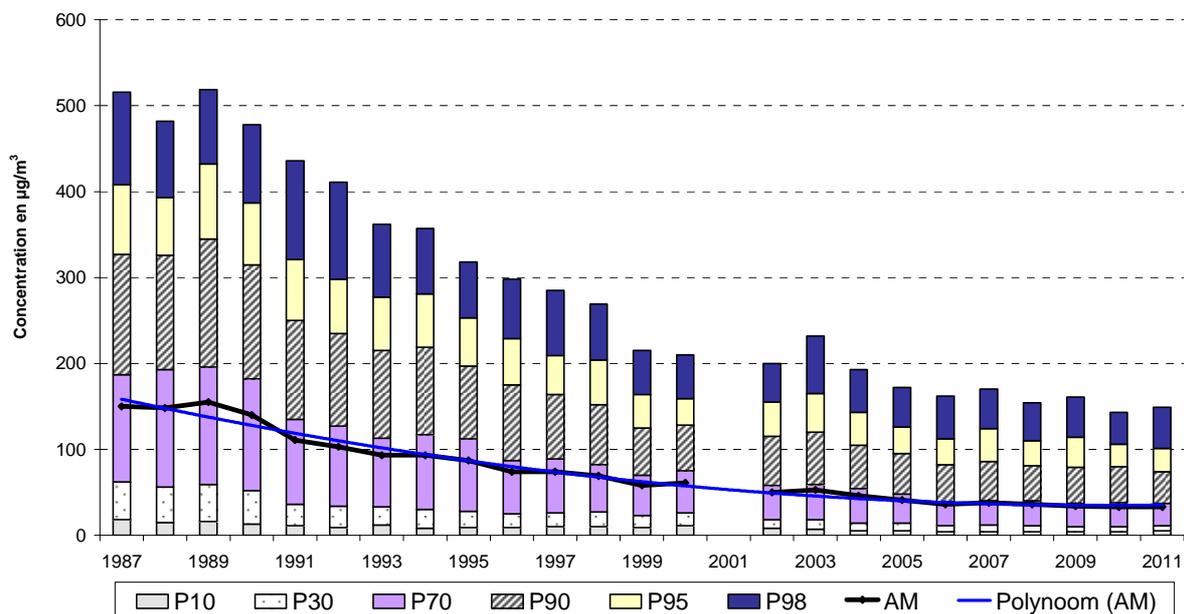


Fig. 7.12: Avenue de la Couronne à Ixelles - Évolution des concentrations en CO (1987-2011)

**NO à IXELLES (R002) - EVOLUTION dans le TEMPS**  
**DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES**  
 Période "JANVIER - DECEMBRE"



**NO<sub>x</sub> à IXELLES (R002) - EVOLUTION dans le TEMPS**  
**DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES**  
 Période "JANVIER - DECEMBRE"

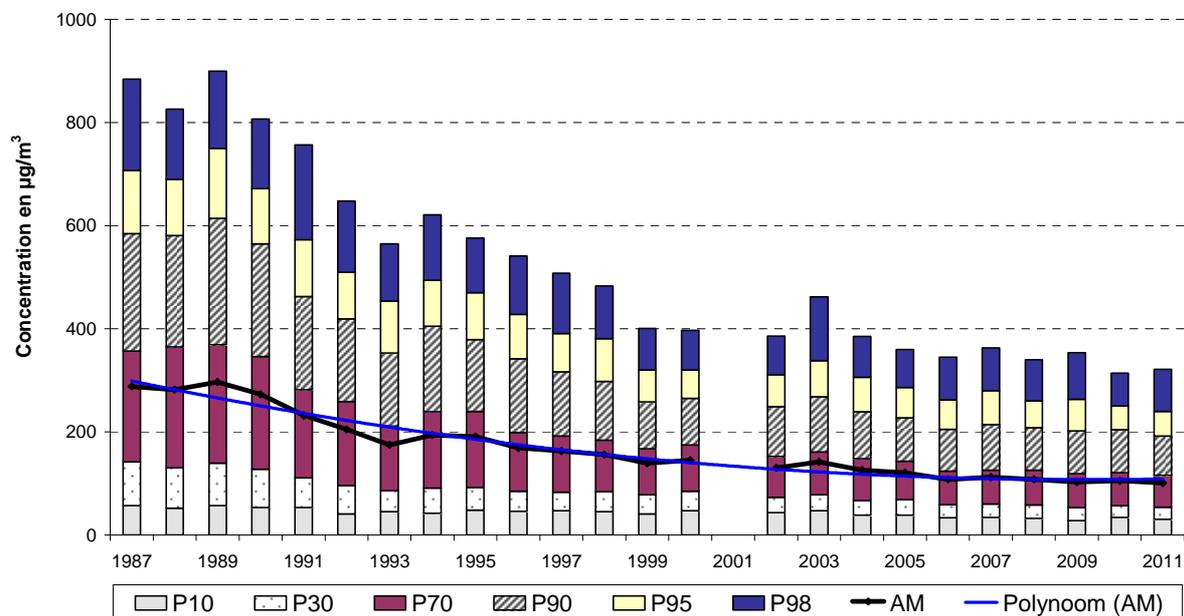


Fig. 7.13: Avenue de la Couronne à Ixelles - Évolution des concentrations en NO et NO<sub>x</sub> (1987-2011)

Une diminution analogue ne peut pas être formellement constatée pour le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et l'ozone (O<sub>3</sub>). L'ozone n'est pas émis directement mais est formé dans l'atmosphère par un processus photochimique. C'est donc un polluant secondaire comme l'est aussi en partie le NO<sub>2</sub>. L'excès de NO dans les émissions de NO<sub>x</sub> est transformé en NO<sub>2</sub>, une molécule beaucoup plus stable qui n'est éliminée que lentement de l'atmosphère. L'oxydation du NO en NO<sub>2</sub> se passe rapidement (minutes) en présence d'ozone ou plutôt lentement (heures) avec l'oxygène de l'air. Pour le NO<sub>2</sub>, il n'y a pas de tendance nette dans la période considérée et sa distribution spatiale est aussi plus homogène que celles des autres polluants.

Néanmoins, les résultats les plus récents des postes de mesures à proximité du trafic semblent indiquer une éventuelle légère tendance à la hausse des concentrations en NO<sub>2</sub>.

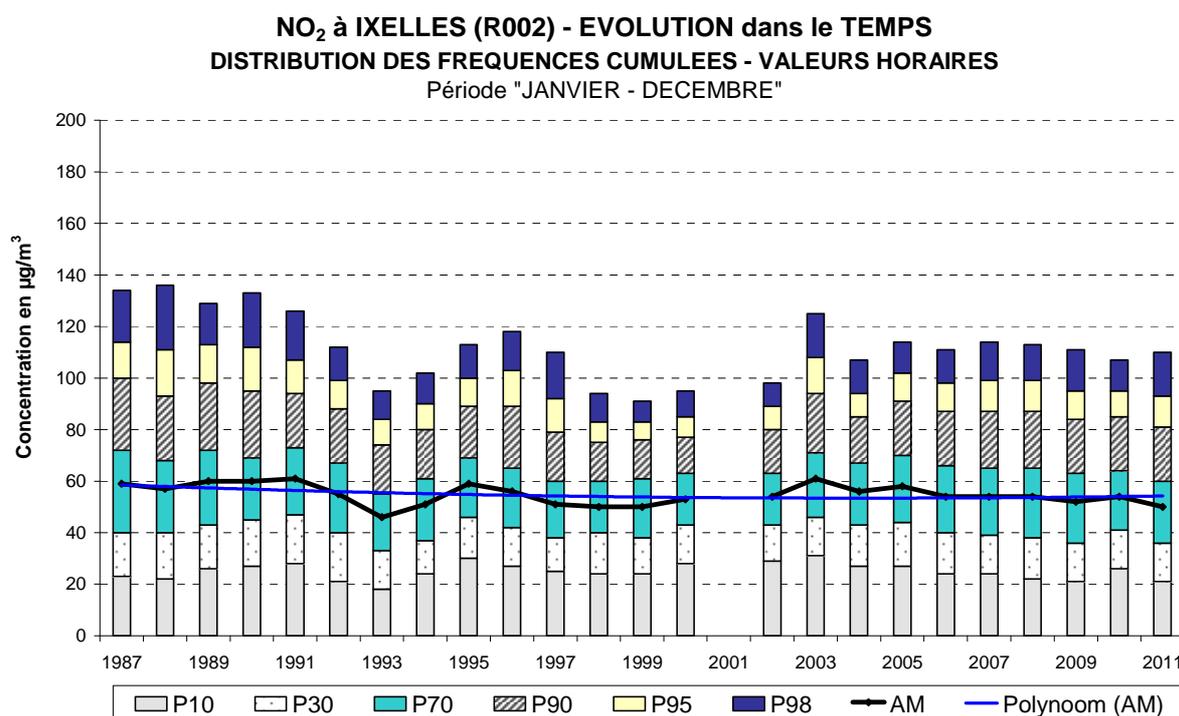


Fig. 7.14: Avenue de la Couronne à Ixelles - Évolution des concentrations en NO<sub>2</sub> (1987-2011)

Le dioxyde d'azote constitue le principal précurseur dans la formation de l'ozone. Comme on retrouve de façon quasiment permanente une faible concentration en NO<sub>2</sub> dans l'air ambiant, l'ozone peut se former dès que les conditions météorologiques sont favorables. Comme une seule molécule de NO<sub>2</sub> peut conduire à la formation de plusieurs molécules d'ozone, ceci entraîne la formation d'ozone en grande quantité.

Dans les graphiques présentant l'évolution des concentrations d'ozone, il ressort clairement que les étés riches en ozone (1989, 1990, 1994, 1995, 2003 et 2006) se caractérisent par des hauts niveaux des centiles les plus élevés. D'une manière générale, il y a une légère tendance à la hausse des concentrations moyennes. Ceci résulte sans doute d'une diminution des émissions de NO par le transport qui induit une destruction moindre de l'ozone formé. On constate que les concentrations moyennes en ozone à Bruxelles sont en légère hausse, tandis que les pics d'ozone sont moins élevés ou se manifestent moins fréquemment, tout comme aux postes de mesure situés plus à l'intérieur du continent européen.

Les concentrations de NO, NO<sub>2</sub> et O<sub>3</sub> sont liées via des processus photochimiques et des équilibres chimiques. Une diminution de la concentration en NO<sub>2</sub> n'est possible que si les émissions de NO<sub>x</sub> diminuent sensiblement. Pour observer un abaissement des concentrations en ozone, une diminution significative des émissions de tous les précurseurs (NO<sub>x</sub> et COV) est nécessaire ; celle-ci doit être drastique, appliquée à grande échelle et durable.

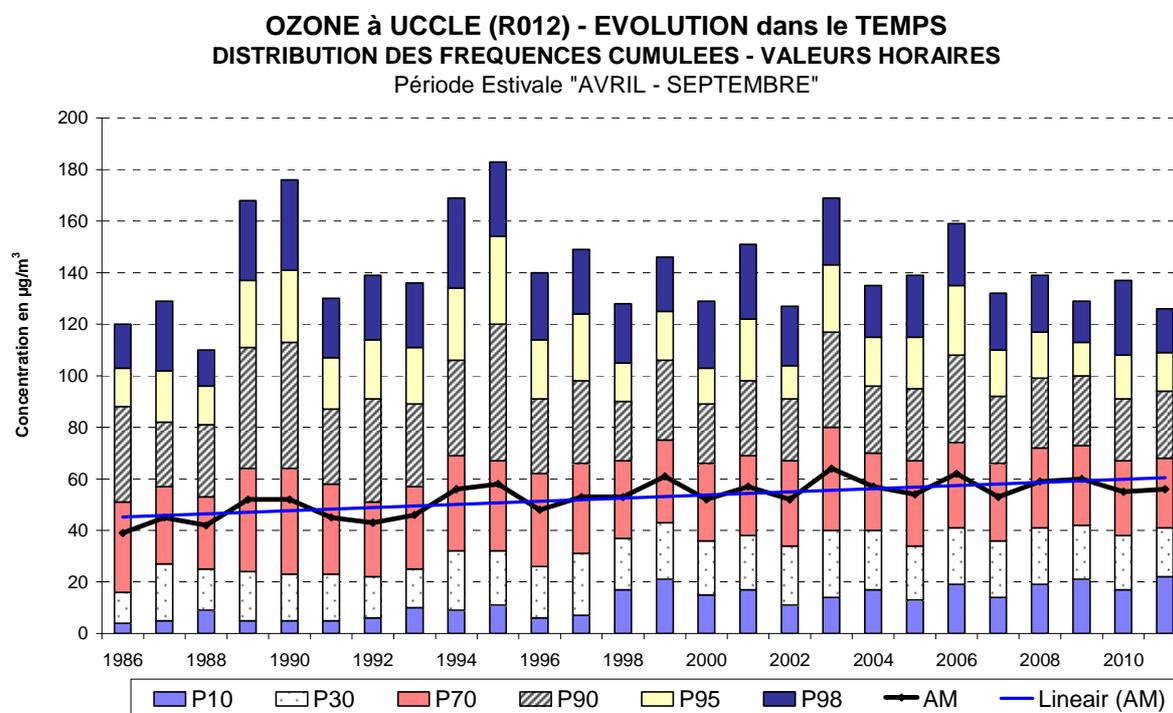


Fig. 7.15: Uccle - Évolution des concentrations en O<sub>3</sub> (1986-2011)

Depuis 1997, les concentrations en moyenne annuelle du benzène (fig. 7.9), du toluène et des xylènes sont aussi en forte diminution pour les stations à trafic intense. Depuis 2001, la concentration moyenne annuelle de benzène est devenue partout clairement inférieure à la valeur limite de 5 µg/m<sup>3</sup>, à atteindre depuis 2010 et ce, même dans les postes de mesure à proximité du trafic.

On constate également une tendance à la baisse des concentrations en hydrocarbures polyaromatiques depuis le début des mesures. Cette diminution est surtout liée à une moindre contribution du trafic. La concentration en benzo(a)pyrène (fig. 7.10) est partout inférieure à la valeur cible de 1 ng/m<sup>3</sup>, à respecter à partir du 31 décembre 2012.

Depuis l'introduction des mesures de PM<sub>10</sub> en 1996, les concentrations moyennes en PM<sub>10</sub> mesurées à Molenbeek sont légèrement à la baisse. Depuis 2005, les résultats rapportés sont les résultats PM<sub>10</sub>-FDMS. Au cours des années précédentes, les résultats de mesure PM<sub>10</sub> étaient corrigés d'un facteur fixe de 1,47 pour obtenir des résultats comparables à la méthode de référence (PM<sub>10</sub>\_EqRef). L'utilisation de ce facteur fixe a probablement conduit à une surestimation des concentrations réelles dans les cas où une fraction plus importante de particules minérales était présente.

La problématique des PM10 est très complexe. Les niveaux plus élevés de l'année 2003 sont une conséquence de l'été exceptionnellement chaud et sec (remise en suspension des particules plus grosses). Les niveaux élevés de 2007 sont une conséquence des conditions défavorables à la dispersion des polluants en combinaison avec des conditions facilitant la formation d'aérosols secondaires.

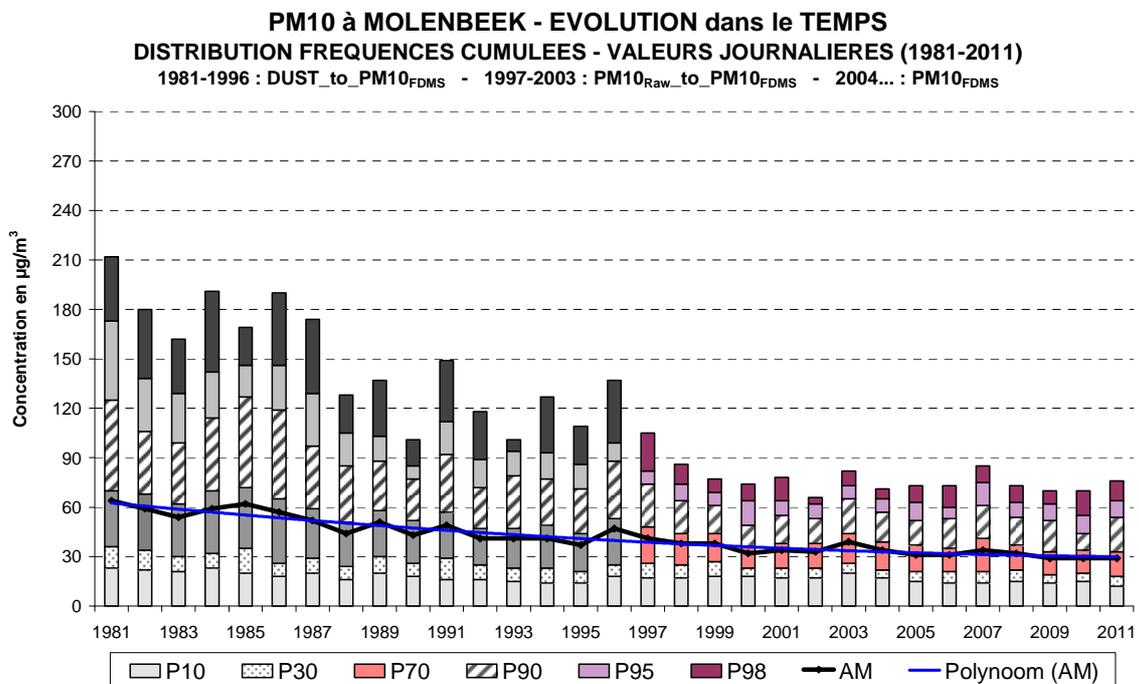
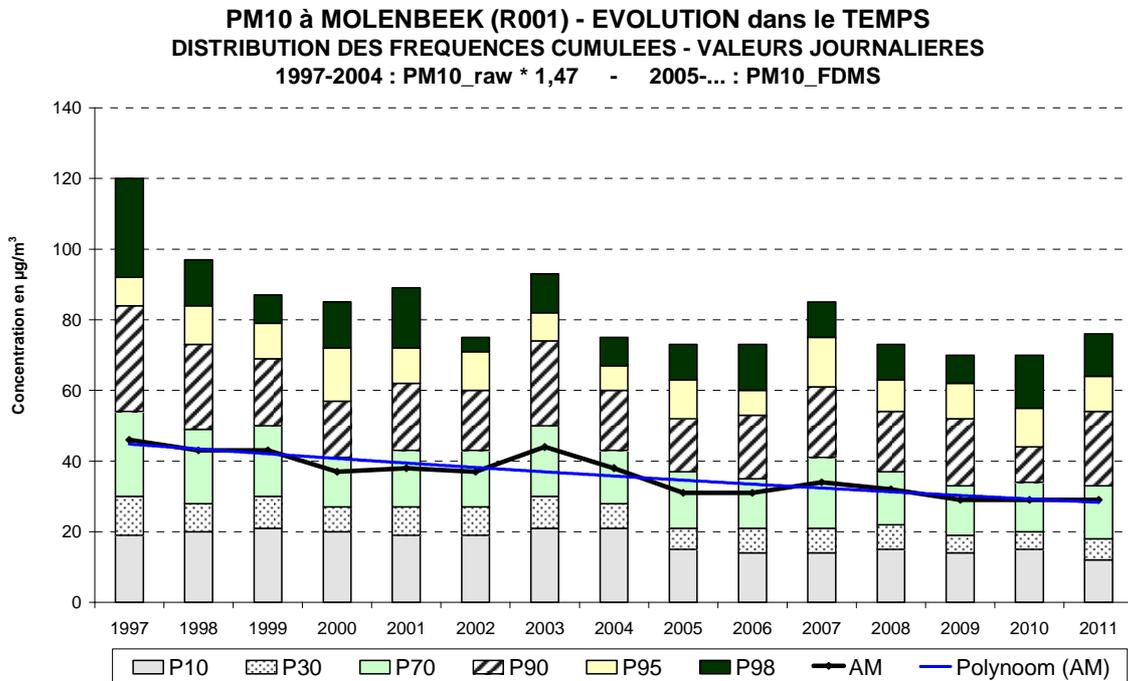


Fig. 7.16: PM10 à Molenbeek - Évolution des résultats de mesure (1996-2011) et estimation de l'évolution à plus long terme (1981-2011)

L'évolution des concentrations PM10 sur une plus longue période a été estimée sur base des données historiques du paramètre « Dust » (1981-1996) mesuré par néphélométrie. La conversion des résultats s'est faite sur base des séries de mesures effectuées en parallèle durant la période 1997-2000. Bien que cette conversion soit susceptible d'introduire une incertitude, les niveaux PM10 semblent avoir diminué lentement sur une période de 30 ans. La concentration moyenne en PM10 au cours des dernières années ne représente que la moitié de la concentration moyenne estimée pour le début des années 1980.

En ce qui concerne les teneurs en PM2.5 de l'air, il n'y a pas encore de longues séries de données disponibles (maximum 6 ans de données PM2.5-FDMS). Lorsque les concentrations de PM10 sont élevées dans l'ensemble du réseau de mesure, on constate généralement que les PM2.5 représentent 80 à 90% de la masse des PM10. Sous certaines conditions, ou à des endroits spécifiques caractérisés par une présence plus importante de particules d'origine minérale, la quantité massique PM2.5 dans la totalité des PM10 semble plus faible (parfois moins de 40%).

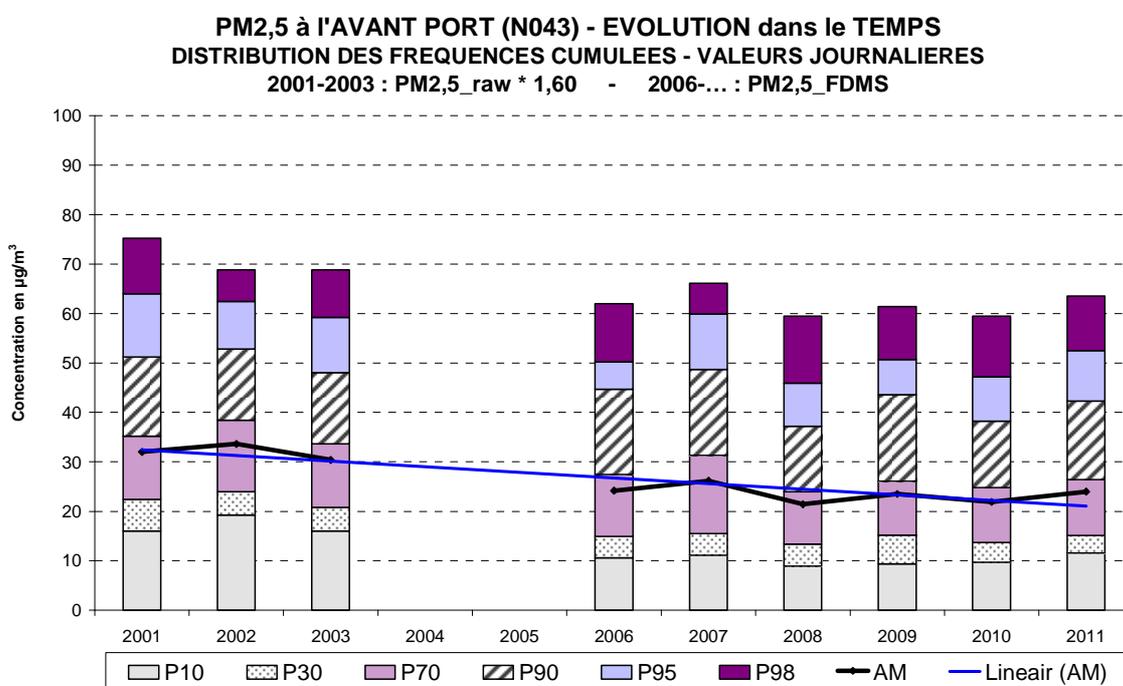


Fig. 7.17: PM2.5 à l'Avant Port - Évolution des résultats de mesure (2001-2011)

Pour les fumées noires, une diminution des concentrations a été observée jusqu'au début des années 80. À partir du milieu de la décennie, les concentrations ont à nouveau augmenté suite à l'accroissement des véhicules diesel. Actuellement, le niveau des concentrations est à nouveau en baisse et rejoint le niveau du début des années '90.

En ce qui concerne les autres polluants, les directives de l'UE imposent des normes contraignantes qui devaient ou devront être respectées pour le 1<sup>er</sup> janvier 2005, 2010, 2013 ou 2015. Pour le SO<sub>2</sub>, le plomb, le CO, le benzène, le benzo(a)pyrène, l'arsenic, le cadmium et le nickel, il n'y aura pas de difficulté, même pas à moyen terme.

## 7.7 Synthèse

En matière de pollution de l'air en Région de Bruxelles-Capitale, trois catégories de polluants demeurent problématiques : le NO<sub>2</sub>, l'ozone et les particules fines (PM10 et PM2.5). Même si les normes de qualité de l'air relatives à ces polluants sont satisfaites dans un certain nombre de postes, le respect de ces normes – parfois très sévères eu égard aux concentrations généralement observées – restera difficile à atteindre ou à garantir dans certaines stations bruxelloises. L'évolution de la situation dans les prochaines années montrera dans quelle mesure ces objectifs pourront être atteints.

Il faut aussi rappeler que le non respect de valeur(s) limite(s) fixée(s) dans les directives européennes expose la Région à d'éventuelles sanctions financières de la part des autorités européennes. Le risque est notamment bien présent depuis l'ouverture d'une procédure d'infraction (en date du 20 novembre 2009) à l'encontre de la Belgique pour le non respect de la valeur limite sur les PM10 depuis 2005.

Au niveau des dispositions à prendre pour réduire les teneurs des polluants problématiques, il faut garder à l'esprit que les équilibres physico-chimiques et les processus photochimiques qui régissent l'évolution des concentrations de polluants dans l'air ambiant imposent que des mesures structurelles de réduction des émissions soient prises à une échelle beaucoup plus grande que celle de la Région pour obtenir des effets significatifs. En ce qui concerne plus particulièrement la problématique complexe du NO<sub>2</sub>, de l'ozone et des particules PM10 et PM2.5, les changements observés au niveau des concentrations ne seront en effet pas proportionnels à la réduction des émissions locales. L'exploitation des séries de données montre également qu'une réduction des émissions au niveau moyen des week-ends, et ce tous les jours de l'année, ne sera pas suffisante pour respecter partout les normes dans les délais fixés.

Les directives européennes les plus récentes ne fixent pas seulement des objectifs de qualité de l'air. Elles imposent aussi de mesurer un plus grand nombre de polluants, avec une fiabilité accrue (> 90% de rendement pour les données mesurées) qui doit être en outre garantie par un système d'assurance de qualité. De plus, les directives demandent une diffusion plus rapide de l'information auprès de la population, ainsi que l'établissement plus régulier de rapports détaillés concernant l'état de la qualité de l'air, le respect des normes et l'exposition de la population aux polluants.

Bien que des améliorations remarquables soient observées pour certains polluants importants, la vigilance reste plus que jamais de mise. A côté de l'obligation légale d'effectuer des mesures, la continuité de la problématique nécessite de maintenir à un niveau optimal les performances de l'instrumentation de mesure, d'étendre l'exploitation des mesures pour une meilleure évaluation de la qualité de l'air, et d'affiner les connaissances au niveau des polluants susceptibles d'être visés par une procédure d'infraction. Par conséquent, le maintien du "know-how" est particulièrement important pour pouvoir suivre, au-delà de l'an 2012, les différents aspects de la surveillance de la qualité de l'air avec suffisamment d'expertise.