

4.3 PARTICULES EN SUSPENSION : PM10 et PM2,5

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 (p. ex. SO₂, NO₂, ...) 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 les 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.

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: la trachée et ses divisions et jusque dans les alvéoles pulmonaires. (*voir également le rapport IBGE : La mesure des PM10 en Région de Bruxelles-Capitale durant la période 1996-2004 – Septembre 2005*).

Lors de la fixation de la réglementation CE (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. La directive ne comprend pas d'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.

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

Vu que la plus grande partie de la masse des PM10 se compose 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 observer l'évolution des concentrations de particules les plus dangereuses. Une diminution significative du nombre des particules dangereuses, p.ex. suite à une éventuelle obligation d'installation de filtres à particules sur les voitures diesel, n'induirait probablement qu'une diminution minime de la concentration massique des PM10, mais apporterait certainement une amélioration réelle au niveau de la santé.

Composition des particules :

Dans le cadre du projet “*Research in Brussels Actions*”, une étude sur la composition physique et chimique des particules en suspension dans l'air Bruxellois a été réalisée en collaboration avec l'ULB. Des prises d'échantillons sur 24 heures ont été réalisées au moyen de “low volume samplers” pendant un an à trois emplacements différents (Uccle, Woluwé-St-Lambert et l'ULB). Les résultats de cette étude ont été présentés en septembre 2002: *Airborne particle dynamics in the Brussels Environment – ULB*.

Lors de l'analyse de la taille des particules, l'attention a été portée sur les fractions suivantes: $< 1 \mu\text{m}$, $1-3 \mu\text{m}$, $3-10 \mu\text{m}$ et $> 10 \mu\text{m}$. Bien que pour une date donnée on puisse constater parfois des variations importantes des concentrations entre les trois postes de mesure, la distribution de la taille des particules semble rester pratiquement identique dans les trois emplacements. Pour chaque mois, les filtres d'au moins deux jours ont été analysés, à savoir les jours avec les concentrations maximale et minimale. Ensuite les filtres d'un certain nombre de jours choisis au hasard ont également été analysés. On a de nouveau constaté que la composition des particules est pratiquement identique dans les trois postes de mesure. Cela tend à prouver une origine commune pour les particules. L'analyse chimique semble également montrer que la majeure partie de la masse de la fraction PM10 mesurée est liée à la présence de particules d'origine naturelle (argile).

4.3.2 Méthodes de mesure des particules PM10

Les résultats obtenus avec des méthodes de détection différentes ne sont suffisamment 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 perte 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 ± 1 °C et une humidité relative de 50 ± 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 β » 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 néphélogétrie 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 β » et les postes de mesure de la Région Wallonne sont uniquement équipés d'appareils « absorption β ».

Une étude de la VMM (2002) sur la comparaison entre la méthode de référence 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 β* ”. 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 β . 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 (normes CE, concentration moyenne, nombre de dépassements) a été réalisée sur base de ces données corrigées :

$$\text{PM10_EqRef} = 1,47 * \text{PM10_données brutes}$$

Systeme 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. 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 ± 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. La perte de masse causée par la dissociation de certaines matières et la volatilisation de composés gazeux, qui se produit également dans la phase de collecte des particules sur filtre, est déterminée dans cette deuxième phase et elle est 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**.

À partir de 2005 l'évaluation de la qualité de l'air 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 Haren. Les périodes considérées étaient respectivement 'septembre 2003 – décembre 2005' et 'septembre 2004 – décembre 2005'. Pour rendre possible cette comparaison, les mesures de PM_{2,5} y ont été interrompues temporairement. Au cours de l'an 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 (calculés par la méthode de régression orthogonale pondéré – voir annexe A):

Molenbeek	un facteur ~1,30	(24 mois)
Haren	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 Haren (~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, enduit probablement une surestimation des concentrations réelles, comme à Molenbeek et Haren.

Une analyse jour par jour 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 Haren entre ~0,6 et ~2,0. Si les études ultérieures venaient à montrer qu'il y a jour par jour 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.

Une étude de la VMM en cours depuis plusieurs mois, comparant PM10-FDMS et la méthode de référence dans une situation de proximité (trafic) en ville, conduit jusqu'à présent à un facteur ~1,00. Dans un nouveau programme commun entre la Région Flamande, la Région Wallonne et Bruxelles-Capitale des analyses d'intercomparaison supplémentaires seront réalisées, également pour des endroits qui se situent en dehors des centres villes.

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. Un facteur de correction n'a pas encore été déterminé. Les résultats rapportés pour la période 1999 à 2005 sont les données brutes.

Dans le courant de l'année 2000, le réseau a été élargi avec deux appareils PM2,5 supplémentaires. Un appareil se trouve dans le poste de mesure de Molenbeek (R001 – avril 2000) et l'autre dans le poste de mesure de Haren (N043 – mai 2000). Ces deux appareils ont été temporairement transformés en PM10-FDMS, respectivement depuis septembre 2003 et mai 2004, en raison des tests de comparaison entre PM10-FDMS et PM10_données brutes.

Depuis janvier 2006 la fraction PM2,5 est à nouveau déterminée à trois endroits : Molenbeek, Haren et le parc Meudon. Les trois appareils ont été convertis en PM2,5-FDMS. Au cours du mois de mars 2006 un quatrième appareil PM2,5-FDMS a été installé à Uccle. L'installation de systèmes FDMS permet d'effectuer les mesures de la fraction PM2,5 dans des conditions contrôlées de température et d'humidité relative.

Au parc Meudon la mesure de PM10 a été arrêtée temporairement. Depuis juillet 2005 une comparaison entre TEOM-PM2,5-FDMS et TEOM-PM2,5 est en cours. Après une période d'intercomparaison de 9 mois environs, un facteur de $\sim 1,40$ est obtenu pour le rapport entre ces deux méthodes.

Il est prévu de mesurer à nouveau PM10-FDMS à côté de PM2,5-FDMS dans ce poste, dès la fin des tests d'intercomparaison en automne 2006. À partir de ce moment le réseau télémétrique de la RBC sera équipé de 6 appareils PM10-FDMS et 4 appareils PM2,5-FDMS.

4.3.3 Réglementation PM10

La directive européenne 1999/30/CE pour le SO₂, le NO₂, les particules en suspension et le plomb prévoit 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 prévoit *deux valeurs limites*, une première pour la *moyenne sur 24 heures* (valeur journalière) et une seconde pour la *moyenne annuelle*. Les valeurs limites doivent évoluer en deux étapes. Un premier objectif doit être atteint d'ici 2005, le second pour 2010.

Phase 1 (à respecter à partir du 1^{er} janvier 2005)

- **50 µg/m³** comme **valeur sur 24 heures**, à ne pas dépasser plus de **35 fois** par année calendrier
- **40 µg/m³** comme **concentration moyenne annuelle**,

Phase 2 (à respecter à partir du 1^{er} janvier 2010)

- **50 µg/m³** comme **valeur sur 24 heures**, à ne pas dépasser plus de **7 fois** par année calendrier
- **20 µg/m³** comme **concentration moyenne annuelle**,

Sur base des résultats déjà disponibles pour les PM10 et la situation actuelle, les objectifs et en particulier ceux pour l'an 2010 semblent très ambitieux.

Pour les PM2,5 il n'y a pas encore de valeur limite. Les États membres sont néanmoins invités à entreprendre les mesures de PM2,5. Les résultats des mesures des PM2,5 serviront de base à l'élaboration de normes spécifiques à cette fraction de particules. Une proposition pour une nouvelle directive est actuellement en discussion au niveau européen. Cette directive devrait regrouper en une directive unique les différentes directives actuelles sur la qualité de l'air. Dans cette nouvelle proposition sont formulés des objectifs concernant les concentrations de la fraction PM2,5 des particules. Ces objectifs remplaceraient probablement ceux des PM10 dans la phase 2.

Tous les résultats PM10-données brutes de la période 1996-2004, mesurés en Région de Bruxelles-Capitale, sont multipliés par un facteur 1,47 et sont identifiés comme PM10_EqRef. À partir de 2005, en utilisant une nouvelle technologie (FDMS), des résultats PM10 obtenus sont, par mesure, mieux comparables à ceux de la méthode de référence. Ces résultats sont identifiés comme PM10-FDMS. Pour les années précédentes, les données utilisées pour l'évaluation de la qualité de l'air et le respect des normes européennes, et communiquées à la Cellule Interrégionale de l'Environnement et à la Commission Européenne sont les suivantes:

Période 1996 -2004	PM10_EqRef
À partir de 2005	PM10-FDMS

4.3.4 Valeurs de PM10 mesurées

Le tableau IV.20 donne, pour la période 1996-2005, un aperçu des concentrations PM10 aux différents postes de mesure, telles que communiquées à la Cellule Interrégionale et la Commission Européenne. Il comprend des valeurs statistiques représentatives, le centile 98 (P98), la médiane (P50) ainsi que la concentration moyenne annuelle (MOY). Les résultats sont calculés sur la base des valeurs journalières disponibles pour l'année.

Tableau IV.20 : **PM10-VALEURS JOURNALIÈRES : P98 – P50 – MOYENNE ANNUELLE**

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

P50	R001	B011	R012	N043	MEU1	WOL1
1996	--		36			
1997	41		36	--		
1998	37		30	46		
1999	39	26	28	47		
2000	33	24	28	49	28	
2001	34	24	29	46	27	
2002	35	25	29	46	28	30
2003	42	26	29	47	33	30
2004	35	21	25	42	26	--
2005	28	22	24	32	(27)	25

-- : 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

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

-- : 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 Haren (N043), suivi par Molenbeek (R001). Les valeurs à Uccle (R012), Berchem-Ste-Agathe (B011), au Parc Meudon (MEU1) et à Woluwé (WOL1) sont clairement inférieures. Les valeurs à Berchem sont encore légèrement plus basses qu'à Uccle, où le point de mesure se situe quasi idéalement pour déterminer la concentration de fond dans la Région de Bruxelles-Capitale.

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. Il s'agit des résultats suivants : PM10_données brutes, PM10_EqRef (facteur 1,47) et PM10_FDMS.

4.3.5 Dépassements des valeurs limites PM10

Moyenne Annuelle et Marge de Tolérance

À l'exception du poste de mesure de Haren (N043) durant la période 1998-2004 et de celui de Molenbeek (R001) pour les années 1997, 1998, 1999 et 2003, la moyenne annuelle calculée est partout inférieure à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, l'objectif pour l'an 2005. Dans tous les postes de mesures, même les postes pour mesurer les niveaux de fond (R012-Uccle et B011-Berchem), la concentration moyenne annuelle est supérieure à $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, l'objectif pour l'an 2010.

Pour l'année 2000 on pouvait ajouter une marge de dépassement de 20% à l'objectif de la concentration moyenne annuelle. Cette marge autorisée décroît ensuite linéairement et doit arriver à zéro au 1^{er} janvier 2005. La moyenne annuelle de l'an 2000 doit 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, 2004 et 2005 doivent être comparées respectivement à 46, 45, 43, 42 et $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Le tableau IV.21 fait apparaître que la valeur limite pour la moyenne annuelle, majorée de la marge de dépassement admise, est systématiquement dépassée dans le poste de mesure de Haren (N043). Ce poste de mesure est situé dans l'avant port, un environnement à proximité de sources industrielles (entre autre stockage et manutention de matériaux de construction) et beaucoup de trafic. Pour le poste de mesure de Molenbeek (R001), on observe un dépassement pour l'année 2003. D'ailleurs la concentration moyenne annuelle de l'an 2003, avec son été exceptionnellement chaud et sec, est plus élevée dans tous les postes de mesures.

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

- : 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 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. Pour un environnement industriel situé dans une agglomération, l'objectif 2005 n'est pas toujours tenable. La distribution spatiale des concentrations de PM10 sur le pays (cartes PM10 sur le site internet www.irceline.be) montre que ce problème se pose de façon générale. Les concentrations mesurées dans des grandes parties de la Flandre ou de Wallonie sont d'ailleurs fréquemment plus élevées qu'à Bruxelles.

Etant donné qu'une partie des particules PM10 vient parfois de loin et qu'une grande partie est formée dans l'atmosphère, il ne semble pas évident de respecter la condition stricte prévue pour 2010. Cela posera d'ailleurs problème dans une grande partie de l'Europe et pas seulement dans la Région de Bruxelles-Capitale ou dans les autres Régions du pays. La concentration moyenne annuelle dans les endroits les moins pollués de la Région atteint en effet 27 à 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ceci est largement supérieure à l'objectif général pour tous les postes de mesures en l'an 2010.

Pour la période 2000-2005, l'évolution de la concentration moyenne annuelle en PM10, dans les différents postes de mesure en RBC, est représentée à la figure 4.35 (graphique du dessus). Le graphique du dessous représente l'évolution de la concentration moyenne des jours de week-end. À l'exception du poste de mesure de Haren, les concentrations moyennes du week-end sont systématiquement inférieures à 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mais clairement plus élevées que 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, l'objectif à atteindre à partir de 2010.

Moyenne Journalière et Marge de Tolérance

Le critère pour la moyenne journalière (valeur sur 24 heures) est fréquemment dépassé dans le poste de mesure de Haren (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 l'an 2005 (35 jours par an) ou 2010 (7 jours par an).

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	42	17	23	66		24	74

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

Pour l'an 2003, avec son été exceptionnellement chaud et sec, le nombre de dépassement est plus élevé. 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).

Pour la période 2000-2005 l'évolution du nombre de dépassements par an, dans les différents postes de mesure, est représentée à la figure 4.36. Le graphique du dessus donne le nombre réel des jours de dépassements, calculé sur base des données de tous les jours. Le graphique du dessous donne une estimation du nombre de dépassement, calculé sur base des jours de week-end (= nombre de dépassement 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 $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) à certains endroits.

Pour l'an 2000 une tolérance de 50% peut être appliquée à l'objectif pour les valeurs journalières. Cette tolérance retombe à 0% en l'an 2005. Pour l'année 2000, $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est le seuil à prendre en compte pour le calcul du nombre de dépassements. Pour les années 2001 et 2002, 2003 et 2004 les seuils sont respectivement $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 60 et $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 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 Haren (N043) montrent une pollution plus importante due à l'axe industriel et commercial de la Région. Au poste de mesure de Haren ou dans un environnement similaire (ville + industrie + trafic), ce deuxième objectif pour l'an 2005 (maximum 35 jours de dépassement) n'est certainement pas tenable.

En 2010 il ne pourra plus y avoir que 7 jours par an avec une moyenne journalière supérieure à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La réalisation de cet objectif ne semble pas non plus évidente.

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 2002-2005. Une réduction systématique des activités émettrices moyennes au niveau des jours de week-end ne ferait baisser que faiblement la concentration moyenne annuelle en PM10. Dans ce cas l'objectif actuel pour une moyenne annuelle de 40 µg/m³ serait probablement respecté dans tous les postes de mesure. Une moyenne annuelle de 20 µg/m³, à respecter à partir de 2010, ne semble pas encore accessible.

Tableau IV.24: **PM10 – CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE** [en µg/m³]

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
2002 – wknd	32	25	30	40	28	28
2003 – alld	44	29	33	53	36	33
2003 – wknd	36	27	30	37	30	28
2004 – alld	38	23	28	48	30	(29)
2004 – wknd	32	21	26	34	25	(27)
2005 – alld	31	26	27	36	(31)	28
2005 – wknd	28	24	26	28	(26)	25

() : 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 µg/m³, et d'autre part une simulation (wknd) du nombre de dépassements calculé sur base du nombre de dépassements constatés 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 µg/m³) resterait supérieur aux objectifs de l'année 2005 (max. 35 jours) et largement au dessus de l'objectif prévu pour l'an 2010 (max. 7 jours).

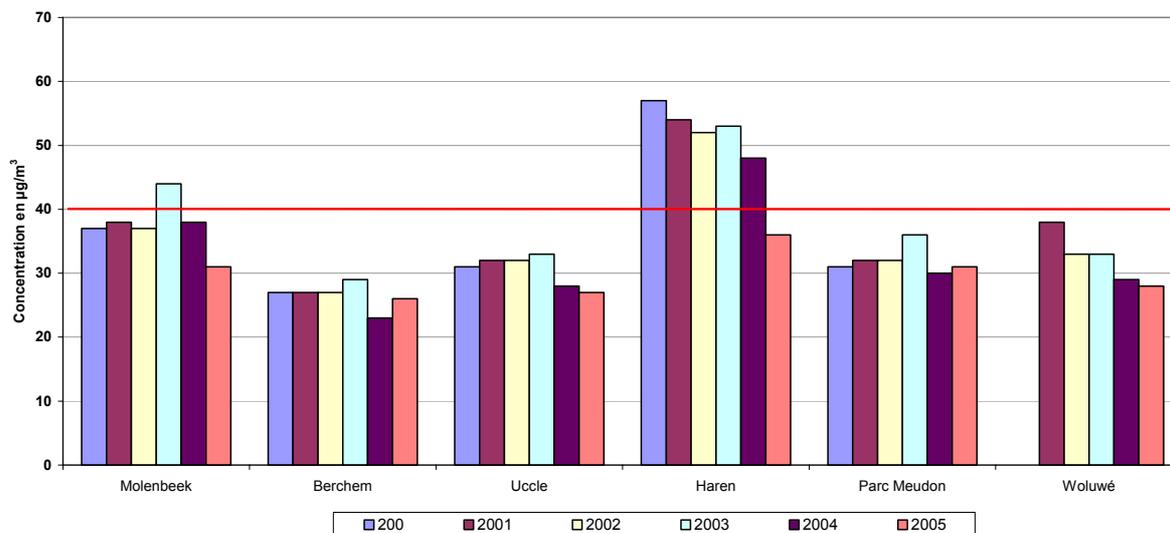
Tableau IV.25: **PM10 – NOMBRE de JOURS par AN avec DÉPASSEMENT**
VALEUR JOURNALIÈRE > 50 µg/m³

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
2002 - wknd	46	7	25	67	28	18	70
2003 - alld	105	29	42	159	64	40	174
2003 - wknd	49	18	32	49	21	14	67
2004 - alld	69	5	18	125	25	(9)	133
2004 - wknd	32	0	11	35	4	(4)	46
2005 - alld	42	17	23	66	(21)	24	74
2005 - wknd	45	17	28	24	3	28	45

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

PM10 : CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE
Période : 2000 - 2005



PM10 : CONCENTRATION MOYENNE - JOURS de WEEK-END
Période : 2000 - 2005

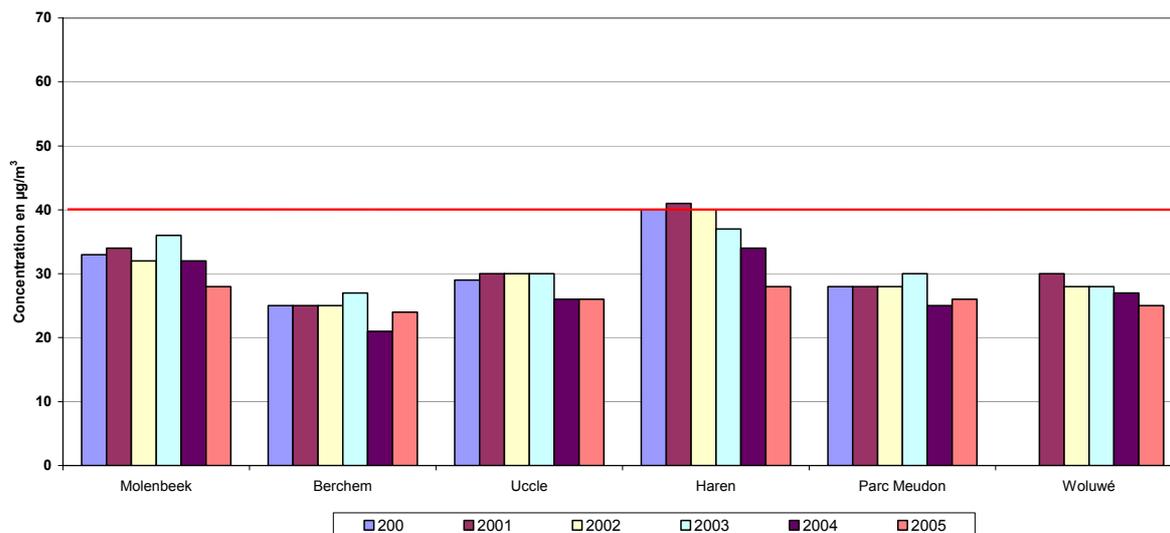
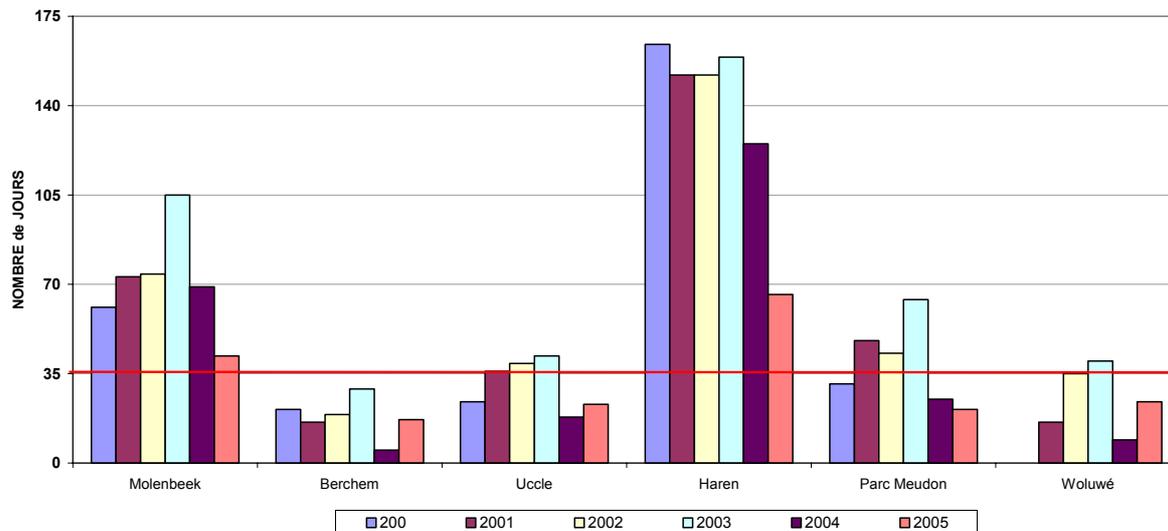


Fig. 4.35: PM10 – Évolution de la concentration moyenne annuelle. Période 2000-2005
Concentration moyenne annuelle calculée pour tous les jours (graphique du dessus) et
Concentration moyenne des jours de week-end (graphique du dessous)

PM10 : NOMBRE de JOURS avec VALEUR JOURNALIERE > 50 µg/m³
PERIODE : 2000 - 2005



PM10 : SIMULATION NOMBRE de JOURS en DEPASSEMENT (PM10 > 50 µg/m³)
BASE sur les JOURS de WEEK-END - PERIODE : 2000 - 2005

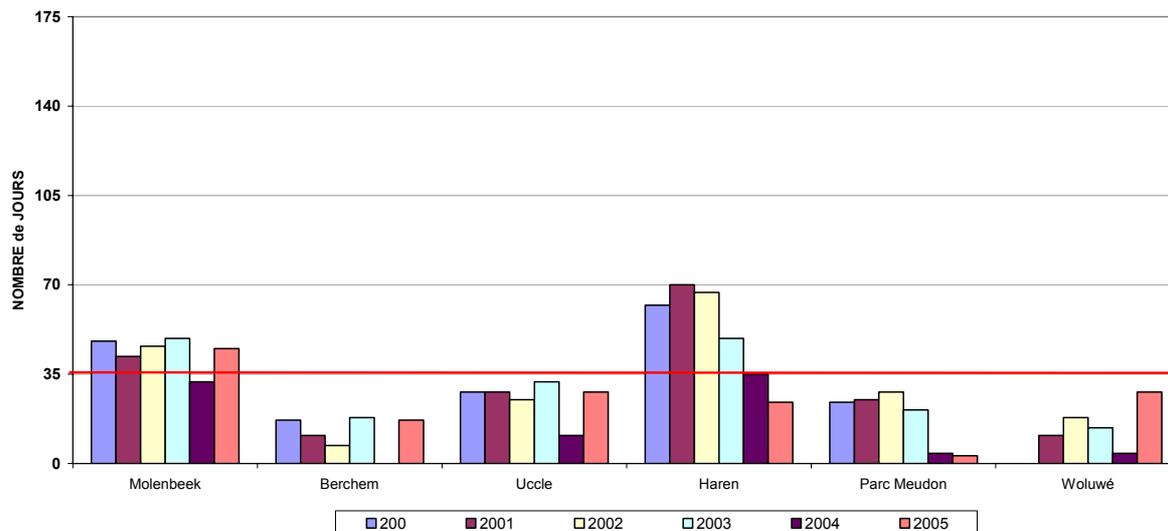


Fig. 4.36: PM10 – Valeur journalière > 50 µg/m³ – Évolution du nombre de dépassements
 Période 2000 – 2005

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)

4.3.6 Évolution à long terme des concentrations PM10

La figure 4.37 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 Haren (41N043). Il s'agit de la période couvrant les années civiles 1997 à 2005. 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 Haren, 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 (1981-2005) est donné plus loin (voir 4.3.8) dans le texte.

Dans la figure 4.38, les roses de pollution, calculées sur la base des valeurs semi-horaires, sont cartographiées. La carte d'en haut reproduit la situation durant la période hivernale 'octobre 2005 – mars 2006' et la carte d'en bas, la situation durant la période estivale 'avril – septembre 2005'. La concentration moyenne est plus élevée pour le secteur Est.

Dans la figure 4.39, 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 2004 – mars 2005' et le graphique du dessous, la période estivale 'avril – septembre 2005'. La différence notable entre les deux périodes est la chute plus rapide des concentrations en fin d'après-midi pendant les périodes d'été. Cette image correspond assez bien avec le profil des concentrations de NO dans ce poste de mesure.

La figure 4.40 représente le profil hebdomadaire normalisé pour les paramètres NO, NO₂ et PM10-EqRef. 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 % de chute des concentrations pendant le weekend peut être lu directement sur le graphique.

Les graphiques présentent les résultats obtenus en faisant la moyenne de trois postes de mesure représentatifs des différents types de pollution urbaine (trafic, industrie et urbain): Molenbeek, Woluwé en le Parc Meudon. Pour minimaliser les effets éventuels d'une période spéciale, les moyennes ont été calculées pour plusieurs périodes hivernales et estivales : les résultats présentés dans le graphique du dessus représentent la moyenne de 4 périodes hivernales consécutives (octobre à mars) et ceux du graphique du bas la moyenne sur 3 périodes estivales consécutives (avril – septembre)

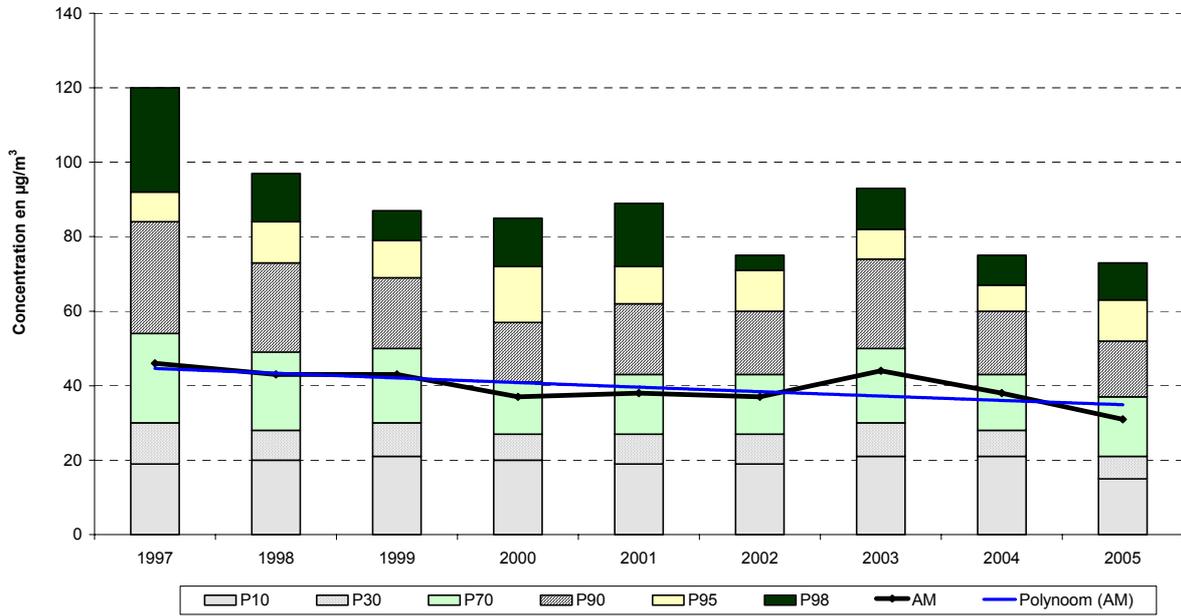
La chute des concentrations de NO, un paramètre lié au trafic, atteint pratiquement 40% le samedi et 60% un dimanche moyen. Cette diminution est du même ordre de grandeur que la diminution de trafic constatée au niveau des concentrations mesurées dans les postes de mesure trafic (Arts-Loi et Avenue de la Couronne). La chute des concentrations de NO₂ pendant le week-end atteint respectivement environ 20% le samedi et environ 30 à 35% le dimanche. Le NO₂ 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 NO₂ est thermodynamiquement le composé le plus stable des oxydes d'azote, de sorte qu'il y a partout et en permanence une concentration minimale de NO₂ présente.

En ville, la chute des concentrations de PM10 atteint environ 15% un samedi moyen et à peu près 20% un dimanche moyen. La diminution relativement importante du trafic pendant les week-ends (remarquablement moins de NO) n'induit manifestement pas une réduction équivalente des concentrations de NO₂ et PM10.

La figure 4.41 reproduit l'évolution journalière moyenne pour les PM10 au poste de mesure de Haren (N043) durant la période hivernale 'octobre 2004 – mars 2005' et durant la période estivale 'avril – septembre 2005'. 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 les jours ouvrables est plus élevé qu'en hiver.

Uniquement au poste de Haren, 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 telle différence.

PM10 à MOLENBEEK (R001) - EVOLUTION dans le TEMPS
DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS JOURNALIERES
 1997-2004 : PM10_EqRef - 2005 : PM10_FDMS



PM10 à HAREN (N043) - EVOLUTION dans le TEMPS
DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS JOURNALIERES
 1998-2004 : PM10_EqRef - 2005 : PM10_FDMS

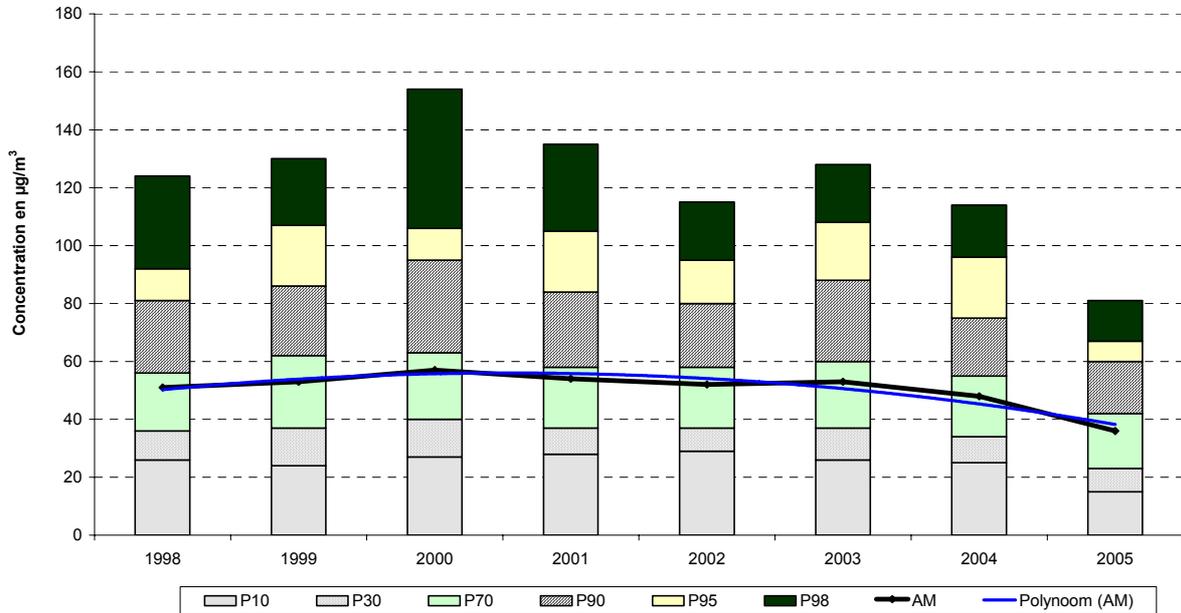


Fig. 4.37: PM10 – Évolution des concentrations PM10 à Molenbeek (R001) et Haren (N043)
 PM10_EqReg : 1997-2004 --- PM10_FDMS : 2005

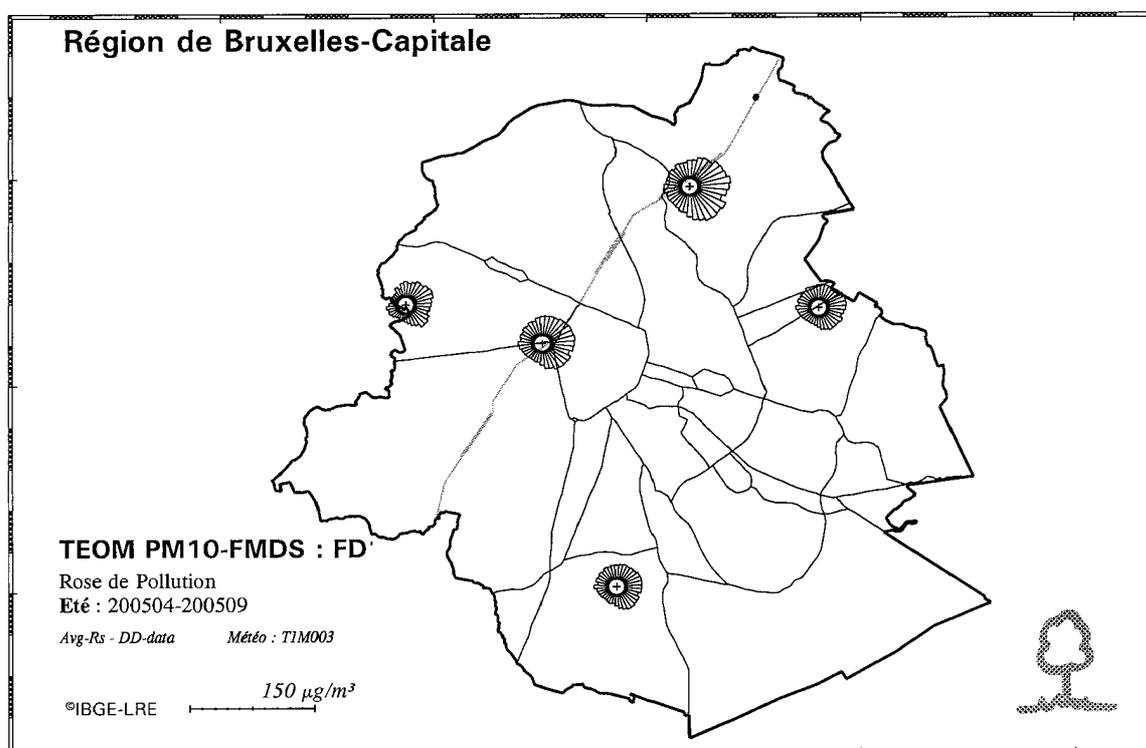
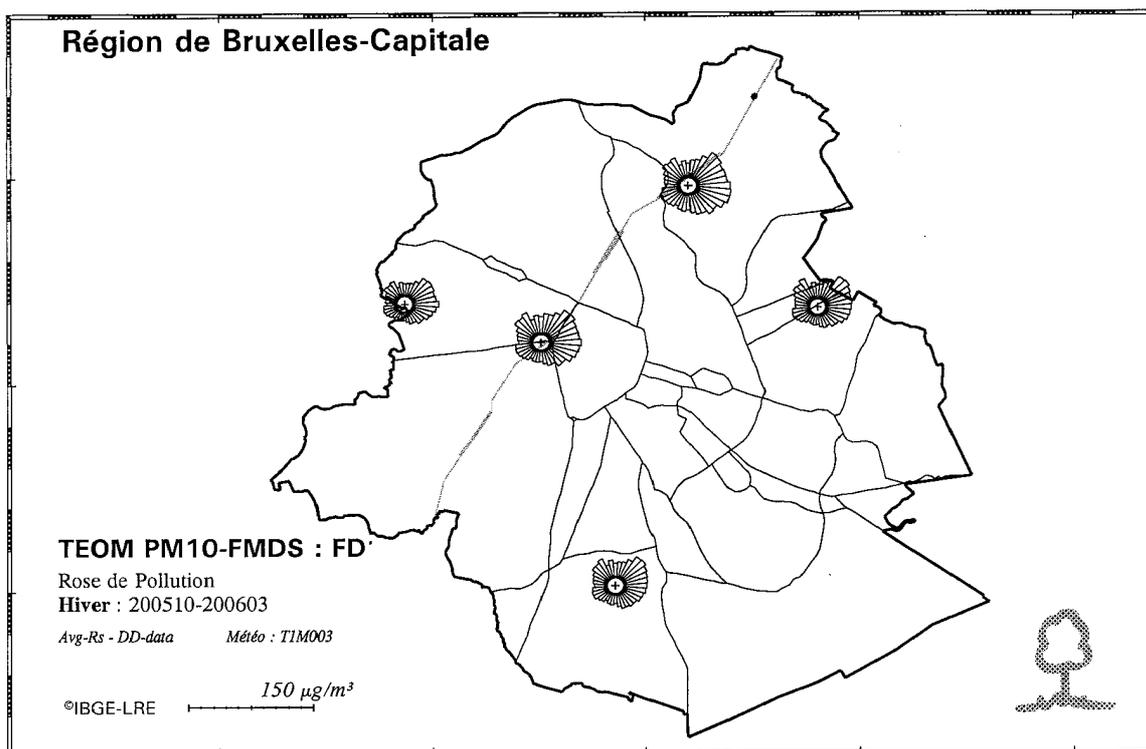
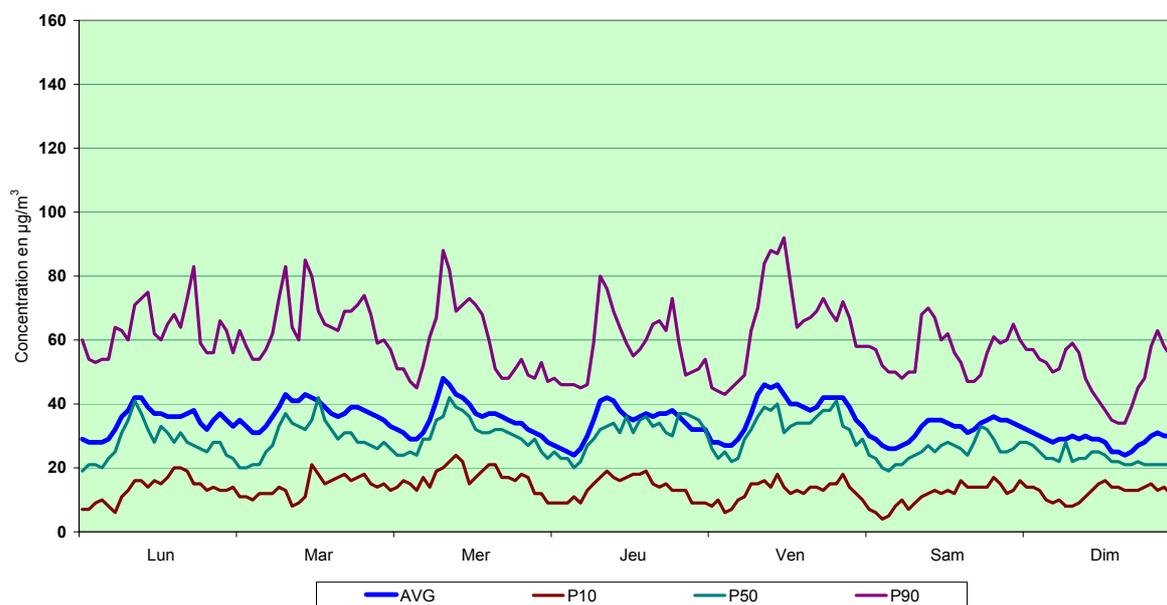


Fig. 4.38: PM10 - Roses de pollution pendant l'hiver et l'été
 Résultats PM10-FDMS

PM10_FDMS à MOLENBEEK (R001)
 EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
 Période HIVERNALE : OCTOBRE 2004 - MARS 2005



PM10_FDMS à MOLENBEEK (R001)
 EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
 Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2005

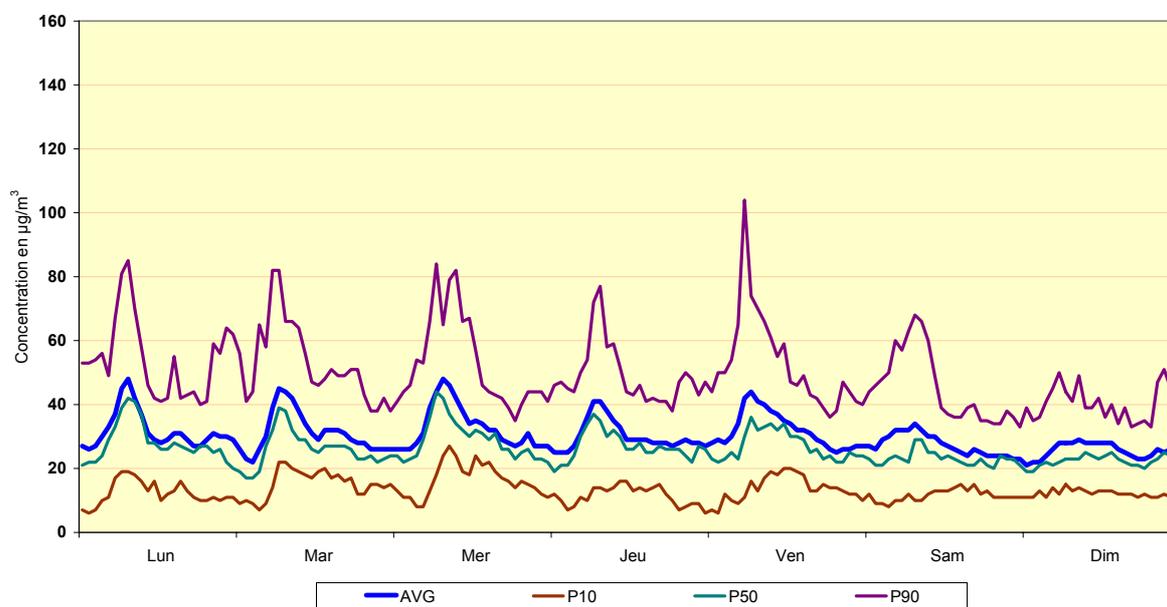
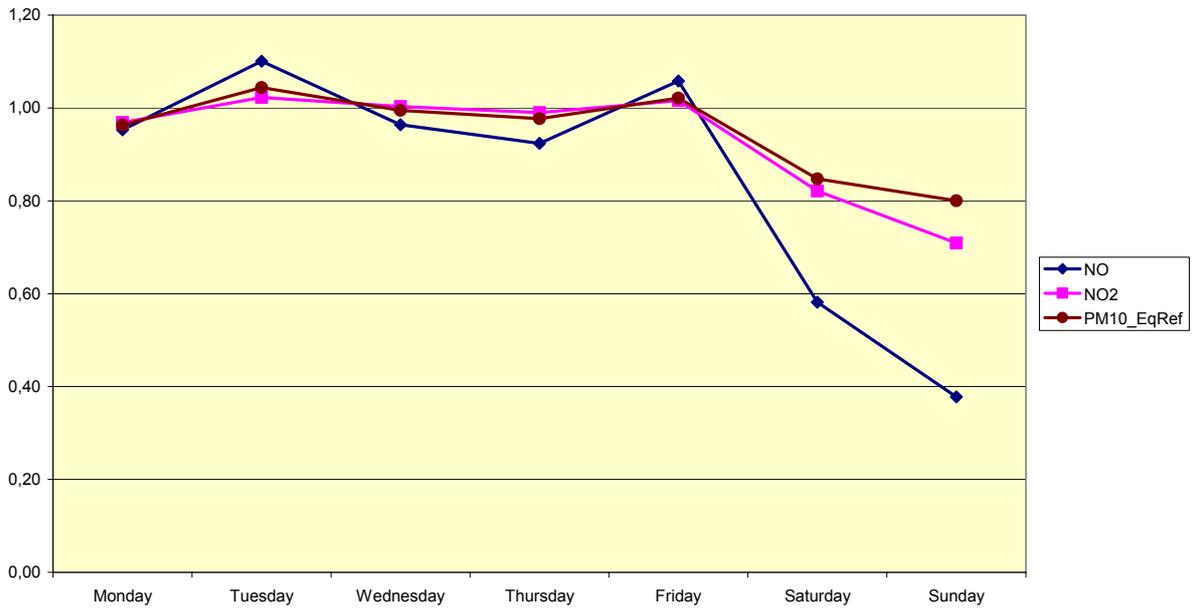


Fig. 4.39: PM10 à Molenbeek - Évolution hebdomadaire moyenne pendant l'hiver et l'été
 Concentration moyenne (AVG), la médiane (P50) et les centiles P10 et P90

City Average - Week Pattern for NO, NO₂ and PM10_EqRef
 Period : Average Winter "October-March" (2001/02 - 2002/03 - 2003/04 - 2004/05)



City Average - Week Pattern for NO, NO₂ and PM10_EqRef
 Period : Average Summer "April - September" (2002 - 2003 - 2004)

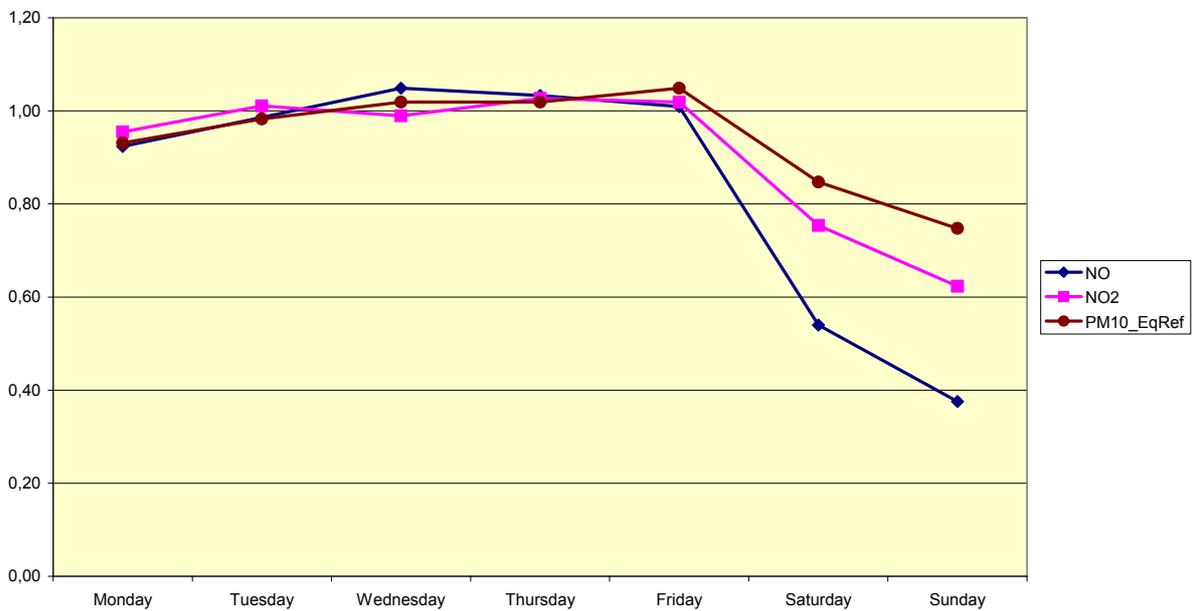
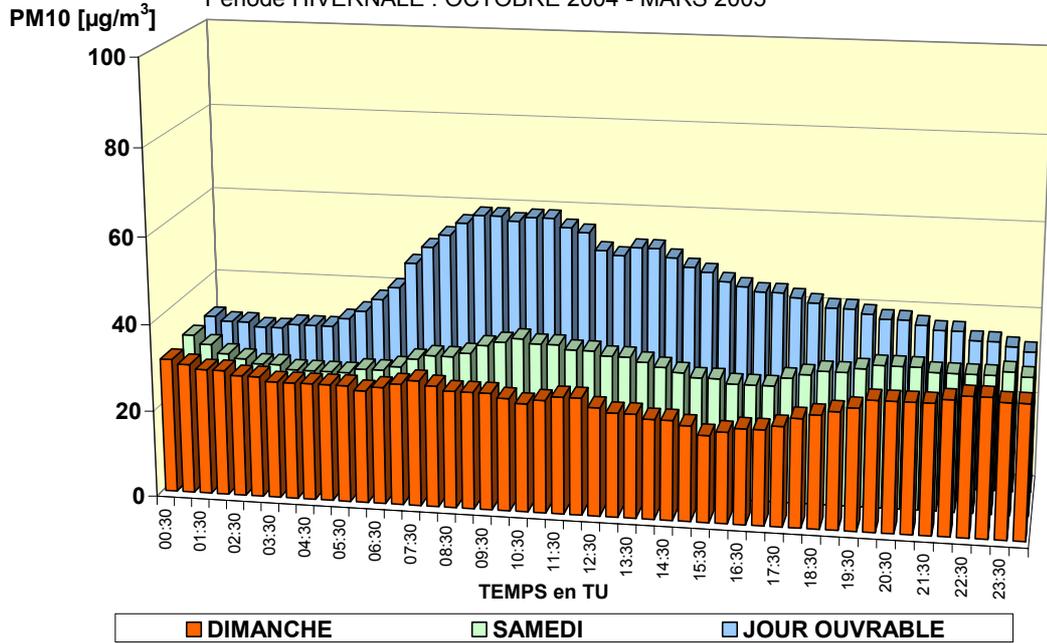


Fig. 4.40: PM10, NO₂ et NO – Évolution hebdomadaire moyenne normalisée
 Moyenne sur trois postes de mesure situés en ville (sources trafic, industrie, ville)
 pendant quatre saisons hivernales et trois saisons estivales successives

**PM10-FDMS - HAREN (N043) - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE
COMPARAISON DIMANCHE, SAMEDI et JOUR OUVRABLE MOYEN**

Période HIVERNALE : OCTOBRE 2004 - MARS 2005



**PM10-FDMS - HAREN (N043) - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE
COMPARAISON DIMANCHE, SAMEDI et JOUR OUVRABLE MOYEN**

Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2005

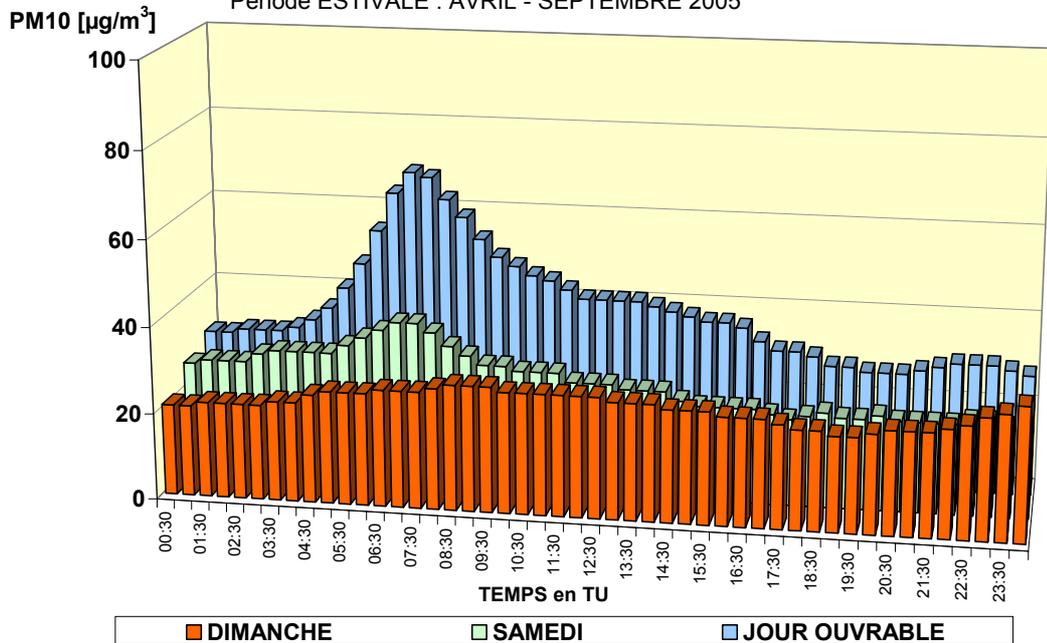


Fig. 4.41: PM10 –Évolution journalière moyenne (dimanche, samedi, jour ouvrable)
Poste de mesure Haren (N043) – PM10_FDMS

4.3.7 Influence de l'humidité et des observations particulières

Les valeurs journalières de PM10-EqRef des années 2002, 2003 et 2004 ont été réparties en trois classes, en fonction du degré de saturation en humidité de l'air. Une première classe est formée par les jours où l'humidité relative de l'air est supérieure à 80% ($HR \geq 80$) pendant la plus grande partie de la journée. Une deuxième classe est formée par les jours où l'humidité de l'air reste comprise, pour la plus grande partie, entre 60 et 80% ($60 < HR < 80$) et la troisième classe pour les jours où pour la majorité des valeurs horaires $HR \leq 60\%$.

Dans le tableau IV.26 sont données, pour tous les postes de mesure de la Région, les concentrations moyennes des PM10-EqRef calculées sur la période 2002-2004 et réparties selon les trois classes définies ci-dessus. Les concentrations moyennes sont partout significativement plus élevées quand l'air est sec et baissent avec l'accroissement de l'humidité de l'air. Par temps sec, la concentration moyenne en PM10 est environ 14 à 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ plus élevée que par temps humide. Par temps sec la concentration moyenne est presque partout plus élevée que 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (l'objectif pour la concentration moyenne annuelle).

Tableau IV.26: **PM10-EqRef – CONCENTRATION MOYENNE** [en $\mu\text{g}/\text{m}^3$]
Influence de l'HUMIDITÉ - Période 2002 - 2004

Poste de Mesure	Molenbeek	Berchem	Uccle	Haren	Meudon	Woluwé
$HR \leq 60\%$	55	37	42	71	47	42
$60\% < HR < 80\%$	41	27	32	51	33	32
$HR \geq 80\%$	35	23	29	45	29	29

Les fréquences cumulées des valeurs journalières PM10, calculées suivant les trois classes d'humidité, sont représentées graphiquement dans la figure 4.42.

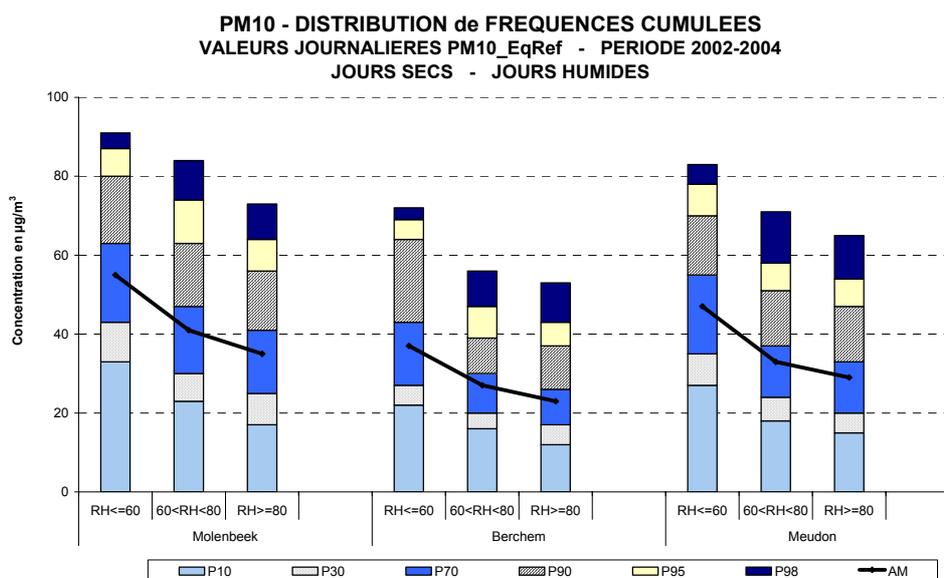


Fig. 4.42: Valeurs journalières PM10 – Distribution de fréquences cumulées (PM10_EqRef)
Trois classes d'humidité ($HR \leq 60$; $60 < HR < 80$; $80 \leq HR$)
Postes de mesure de Molenbeek, Berchem-Ste-Ag et le Parc Meudon. Période 2002-2004

Le tableau IV.27 représente, par poste de mesure et pour les trois classes d'humidité, le *nombre de jours* où des *valeurs PM10 sont disponibles (Nd)* et le *nombre de jours (NdExcd)* où la valeur journalière est supérieure à 50 µg/m³ (nombre de jours en dépassement).

Le nombre de jours à temps sec (HR ≤ 60 %) représente environ 10% de la totalité des jours de la période 2002-2004. Suivant le poste de mesure, le nombre de jours de dépassement par temps sec représente 20 à 40% du nombre total des jours de dépassement.

Tableau IV.27: **PM10 – NOMBRE de JOURS avec VALEUR JOURNALIÈRE > 50 µg/m³**
Influence de l'HUMIDITÉ
 Période 2002 – 2004 -- Résultats PM10_EqRef

PM10_EqRef	80% ≤ HR		60% < HR < 80%		HR ≤ 60%		Total	
	Nd	NdExcd	Nd	NdExcd	Nd	NdExcd	Nd	NdExcd
Molenbeek	460	67	483	116	110	61	1053	244
Berchem	443	11	490	17	112	22	1045	50
Uccle	346	26	389	35	103	26	838	87
Haren	456	151	498	203	112	76	1066	430
Parc Meudon	457	35	495	52	114	41	1066	128
Woluwé	347	27	383	32	97	22	827	81

Nd: nombre de jours avec données PM10 disponibles
 NdExcd: nombre de jours avec valeur journalière supérieure à 50 µg/m³

Remise en suspension – Influence des activités agricoles

Lors de changements importants de l'humidité de l'air, lors du passage d'air humide à sec, et par vent fort, on peut parfois observer une augmentation très rapide de la masse des particules PM10 dans l'air. Dans ces circonstances on n'observe généralement pas, ou parfois une légère augmentation de la fraction PM2,5 des particules. Dans certains circonstances, ce sont principalement les plus grosses particules (2,5 à 10 µm) qui sont remises en suspension.

Une augmentation notable des concentrations PM10 à Bruxelles a été constatée pendant la période de récolte, en 2003, de diverses céréales. Pendant cette période l'augmentation de la concentration moyenne en PM10 était de 40 µg/m³ par rapport aux quinzaines précédentes et suivantes. Bien que la récolte de céréales se fasse par temps sec, cette augmentation brusque ne peut certainement pas être attribuée totalement à la baisse de l'humidité de l'air. Une partie de l'augmentation des particules PM10 en Région de Bruxelles-Capitale est probablement liée à certaines activités du secteur agricole.

Des illustrations de ces phénomènes sont données dans le Rapport IBGE: *La mesure des PM10 en Région de Bruxelles-Capitale. Période 1996-2004 – Septembre 2005.*

Concentrations élevées lors de jours avec peu de trafic

Les lundi 7 et mardi 8 février 2005 des concentrations élevées de PM10 ont été mesurées dans tous les postes de mesure de la Région : 60 à 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ comme PM10-EqRef (40 à 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ comme PM10-données brutes dans le graphique). Ceci est nettement plus élevé que la valeur limite journalière (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Dans le poste de mesure du Parc Meudon, des concentrations assez élevées de PM2,5 ont également été relevées.

Pendant ce lundi et mardi de carnaval il y avait moins de circulation (écoles fermées) et donc moins d'émissions par le trafic que lors d'un lundi ou un mardi moyen. À partir du mercredi 9 février la circulation a recommencé à augmenter et était pratiquement redevenue normale à partir du jeudi 10 février 2005.

Les conditions météorologiques de ce lundi et mardi étaient caractérisées par un vent plutôt faible (< 2,5 m/sec) de direction variée, une température minimale d'environ 0 °C et un maximum d'environ 5 °C le lundi et 9 °C le mardi. À l'exception d'une courte période l'après-midi, l'humidité relative était assez élevée (~90%). Le matin il y avait également formation de brume.

La figure 4.43 présente les évolutions des concentrations de PM10-données brutes et PM2,5-données brutes du poste de mesure du Parc Meudon, du samedi 5 au jeudi 10 février 2005. Les profils d'évolution des concentrations des deux paramètres sont très ressemblants : il y a une forte augmentation des concentrations pendant l'après-midi du lundi 7 suivie d'une diminution vers minuit, après quoi les concentrations augmentent de nouveau pendant la matinée du mardi 8 et restent très élevées jusque tard dans l'après-midi.

Les profils des concentrations permettent de constater que 80% de la masse des PM10 concernent des particules PM2,5. Vu la contribution plutôt faible du trafic et une contribution du chauffage domestique qui n'est pas exceptionnelle (température pas anormalement froide) on se trouve peut-être ici en présence de conditions favorables au processus de nucléation.

Une situation quasi identique s'est produite le lundi de Pâques 28 mars 2005, jour férié officiel. La vitesse de vent était inférieure à 2,5 m/sec et la direction du vent est passée du Sud au Nord, en passant par l'Ouest. La température a varié entre 9,6 et 11,7 °C et l'air était saturé en humidité à partir de minuit jusqu'en début de l'après-midi. Il y avait également formation de brume dans la matinée.

Des concentrations relativement élevées ont également été constatées ce lundi, journée avec très peu de circulation et une contribution plutôt limitée du chauffage domestique (température douce). Les valeurs pour PM10-EqRef ont atteint 75 à 85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (50 à 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ comme PM10-données brutes dans le graphique), ce qui est largement supérieur à la valeur limite pour les concentrations journalières.

La figure 4.44 représente l'évolution de concentration de PM10-données brutes au poste de mesure du Parc Meudon. Il s'agit des données du samedi 26 au mercredi 30 mars 2005. Environ 90% de la masse des PM10 est constitué de particules PM2,5. Il s'agit probablement ici également d'une situation favorable au processus de nucléation.

MEU1 - Evolution "PM10-raw data" and "PM2,5-raw data"

Period : Saturday 05 - Thursday 10 February 2005

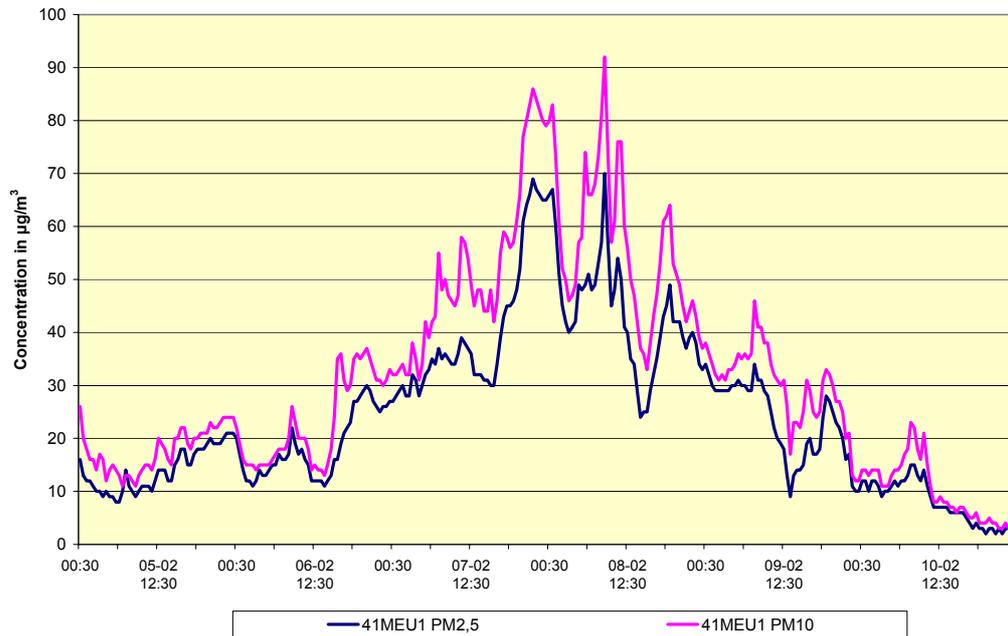


Fig. 4.43: Parc Meudon – Évolution des concentrations PM10-brut et PM2,5-brut
Période : samedi 5 – jeudi 10 février 2005

MEU1 - Evolution "PM10-raw data" and "PM2,5-raw data"

Period : Saturday 26 - Wednesday 30 March 2005

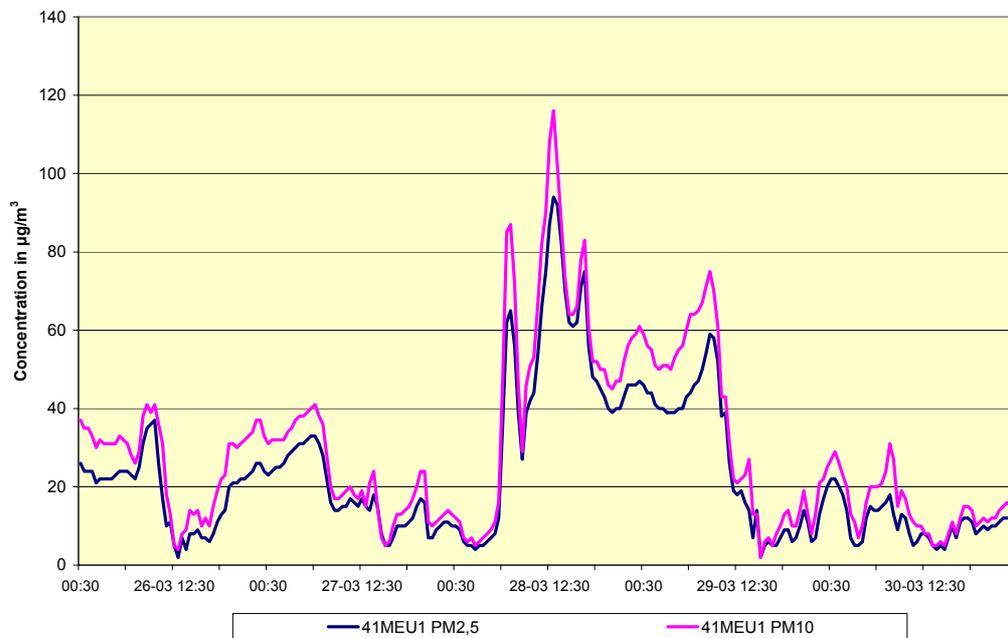


Fig. 4.44: Parc Meudon – Évolution des concentrations PM10-brut et PM2,5-brut
Période : samedi 26 – mercredi 30 mars 2005

4.3.8 Historique – Estimation de l'évolution PM10 à long terme (1981-2005)

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 distribution de fréquences cumulées de ce polluant, 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 Haren, 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
Haren	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 Haren 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
Haren	PM10_FDMS = 1,20 . PM10_données brutes

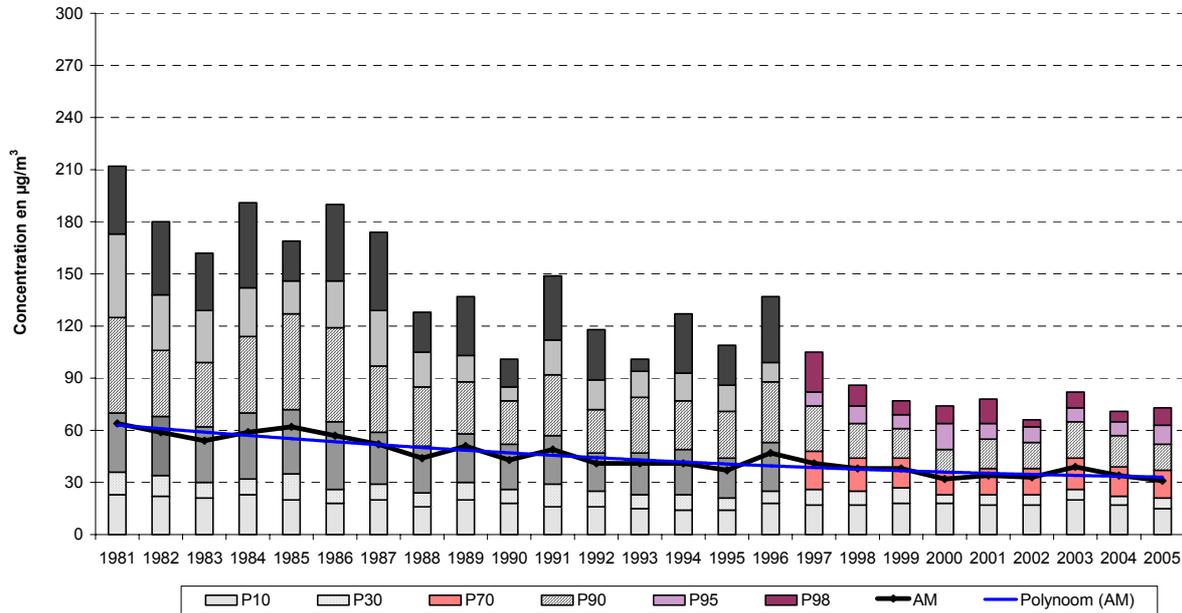
À l'aide de ces facteurs de conversion la série historique des données DUST (1981-1996) a été convertie en PM10_FDMS. La conversion des mesures introduit certainement une incertitude qui augmente au fur et à mesure que l'on remonte dans le temps. Il s'agit cependant de la seule méthode dont on dispose pour pouvoir estimer les concentrations PM10 du passé.

La figure 4.45 représente, à l'aide des résultats de la distribution des fréquences cumulées, l'évolution des concentrations PM10 estimées durant la période 1981-2005. Le graphique du dessus fait référence aux données du poste de mesure de Molenbeek et celui du dessous au poste de mesure de Haren.

La figure 4.46 représente l'évolution de la concentration moyenne annuelle PM10 estimée. L'évolution du nombre estimé de jours de dépassement (valeur journalière PM10 > 50 µg/m³) est donné à la figure 4.47. 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 Haren. La tableau IV.28 établit les données numériques correspondantes.

Pour la période 1996-2004 les résultats PM10-EqRef (facteur de conversion fixe 1,47) ont été utilisés pour la transmission des données à la Commission Européenne et à CELINE. Si les tests en cours (VMM) confirment qu'il existe effectivement une bonne correspondance entre les mesures PM10_FDMS et la méthode de référence, les résultats donnés dans le tableau IV.28 correspondent probablement mieux à la réalité. L'objectif de concentration annuelle moyenne de 40 µg/m³ serait alors probablement respecté partout. Le nombre de jours de dépassement de la moyenne journalière (> 50 µg/m³) reste cependant supérieur à 35, le nombre de dépassements autorisés pour l'année.

PM10 à MOLENBEEK - ESTIMATION de l'EVOLUTION dans le TEMPS
DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS JOURNALIERES
 1981-1996 : DUST_to_PM10_{FDMS} - 1997-2003 : PM10_{Raw_to_PM10_{FDMS}} - 2004... : PM10_{FDMS}



PM10 à HAREN - ESTIMATION de l'EVOLUTION dans le TEMPS
DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS JOURNALIERES
 1981-1997 : DUST_to_PM10_{FDMS} - 1998-2004 : PM10_{Raw_to_PM10_{FDMS}} - 2005... : PM10_{FDMS}

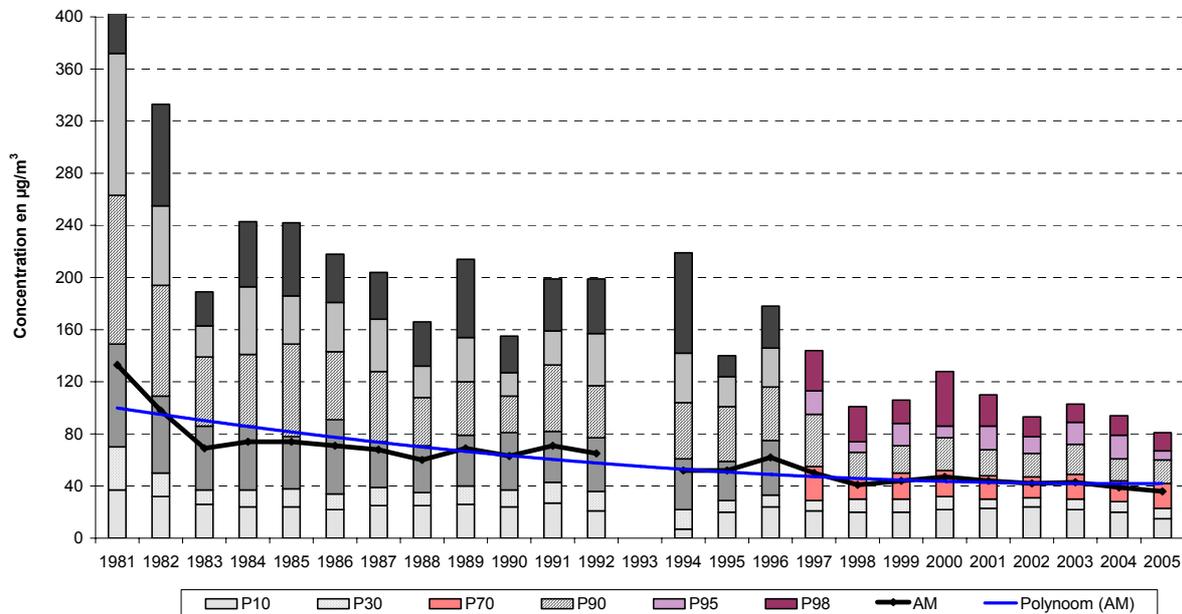
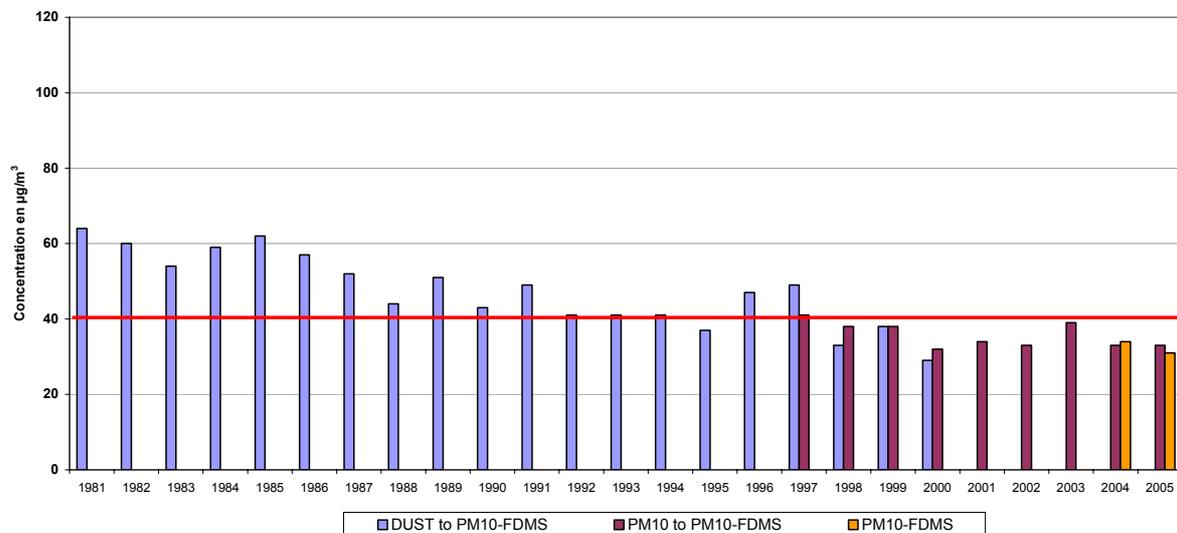


Fig. 4.45: PM10 – Poste de mesure de Molenbeek et Haren
 Estimation de l'évolution des concentrations à plus long terme (1981-2005)

1981-1997: conversion données DUST en PM10_{FDMS}
 1998 – 2004: conversion de PM10_{données brutes} en PM10_{FDMS}

PM10 à MOLENBEEK - PERIODE : 1981 - 2005
ESTIMATION EVOLUTION CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE



PM10 à HAREN - PERIODE : 1981 - 2005
ESTIMATION EVOLUTION CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE

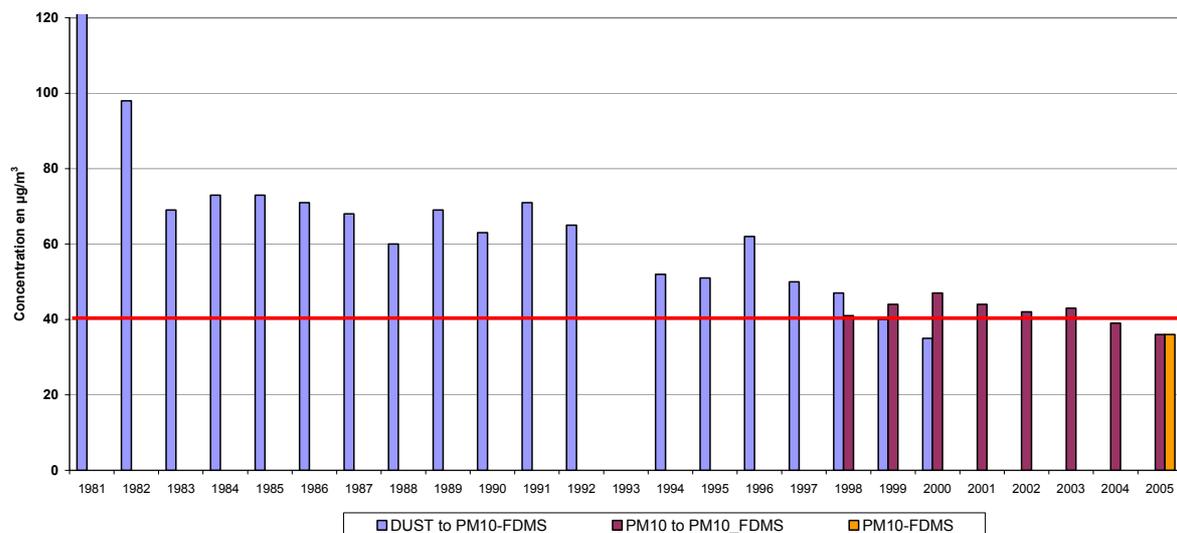


Fig. 4.46: PM10 – Postes de mesure de Molenbeek et Haren
 Estimation de l'évolution de la concentration moyenne annuelle (1981-2005)

1981-1997: conversion données DUST en PM10_FDMS
 1998 – 2004: conversion de PM10_données brutes en PM10_FDMS
 2004 – 2005 : résultats mesures PM10_FDMS

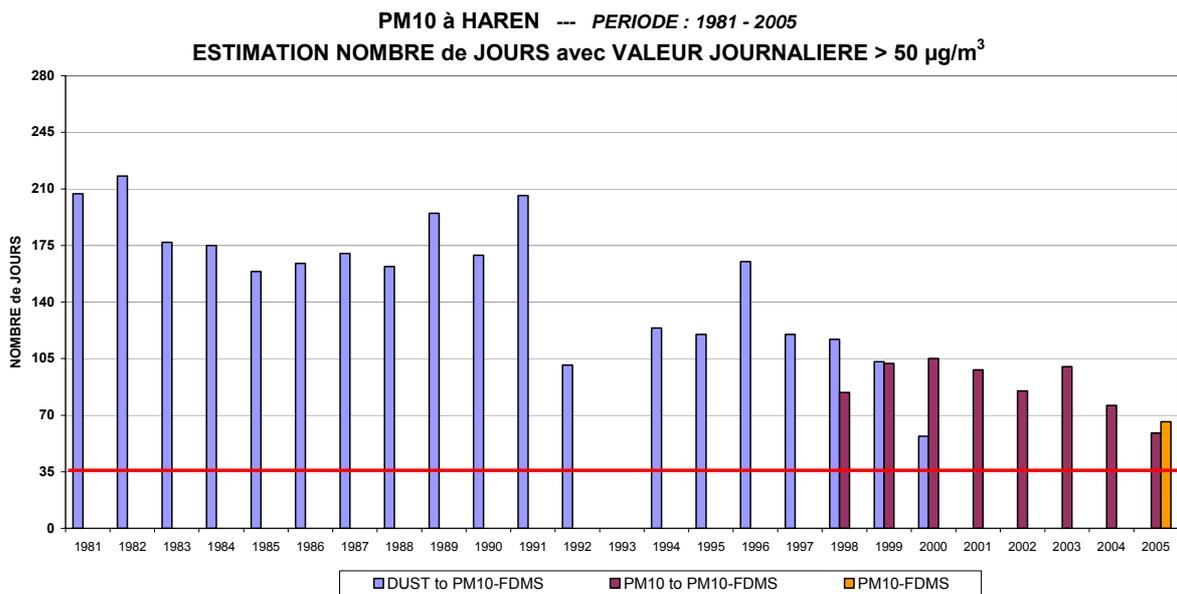
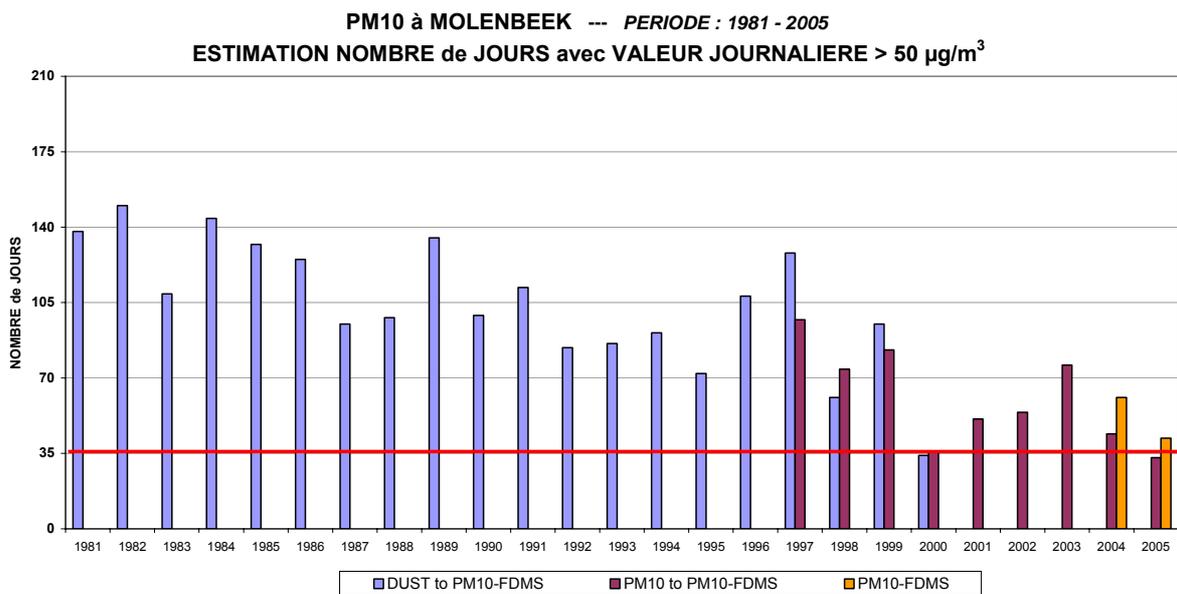


Fig. 4.47: PM10 – Postes de mesures de Molenbeek et Haren
 Estimation du nombre de jours de dépassement – Valeur journalière > 50 µg/m³
 Période 1981 – 2005

1981-1997: conversion données DUST en PM10_FDMS
 1998 – 2004: conversion PM10_données brutes en PM10_FDMS
 2004 – 2005 : résultats de mesures PM10_FDMS

Tableau IV.28: PM10-ÉVOLUTION à LONG TERME - PÉRIODE 1981-2005
ESTIMATION de l'évolution de la CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE
et du NOMBRE de JOURS de DÉPASSEMENT
VALEUR JOURNALIÈRE > 50 µg/m³

ANNÉE	CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE [µg/m ³]		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

Résultats "DUST" convertis en PM10_FDMS
Résultats PM10_données brutes convertis en PM10_FDMS
Résultats de mesure PM10_FDMS

4.3.9 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^{er} 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 est le premier du pays où sont effectuées des mesures systématiques des PM2,5. Dans la période avril – mai 2000 ont suivi les postes de mesure à Molenbeek (R001) et Haren (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 Haren 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 sont en cours depuis juillet 2005. Dans ce poste les analyses PM10 sont temporairement mises à l'arrêt. Après une période de 9 mois de comparaison le rapport entre les deux séries de données, PM2,5_FDMS et PM2,5_données brutes, est d'environ 1,40.

Le tableau IV.29 établit les résultats de PM2,5_données brutes. Il s'agit des résultats de la période 2000-2005, notamment les paramètres statistiquement représentatifs comme le centile 98 (P98), la médiane (P50) et la concentration moyenne annuelle (MOY).

Tableau IV.29 : **VALEURS JOURNALIÈRES PM2.5**

P98 - P50 - CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE (MOY)

PÉRIODE ANNUELLE : 1 JANVIER – 31 DÉCEMBRE
[Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$]

P98	R001	N043	MEU1
2000	(32)	--	36
2001	39	47	34
2002	37	43	34
2003	(44)	43	40
2004	--	--	28
2005	--	--	32

P50	R001	N043	MEU1
2000	(12)	--	12
2001	14	17	12
2002	15	19	13
2003	(16)	17	13
2004	--	--	11
2005	--	--	12

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

MOY	R001	N043	MEU1
2000	(14)	--	14
2001	16	20	14
2002	17	21	15
2003	(18)	19	15
2004	--	--	13
2005	--	--	14

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

Dans la figure 4.48 les roses de pollution de PM_{2,5}, calculées sur base des valeurs semi-horaires, sont cartographiées. La carte d'en haut reproduit la situation durant la période hivernale 'octobre 2002 – mars 2003' et la carte d'en bas, la situation durant la période estivale 'avril – septembre 2003'. La concentration moyenne est quelque peu plus élevée en cas d'importation du secteur Sud-Est.

Dans la figure 4.49 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. Pour les PM_{2,5} il semble y avoir un pic matinal les jours ouvrables. Les concentrations des samedis ne diffèrent guère de celles des jours ouvrables. C'est seulement pour les dimanches de la période hivernale que l'on constate des niveaux légèrement moins élevés.

La figure 4.50 reproduit l'évolution journalière moyenne pour les PM_{2,5} au poste de mesure de Molenbeek durant la période hivernale 'octobre 2002 – mars 2003' et durant la période estivale 'avril – septembre 2003'. A cet égard, une distinction est faite entre les *jours ouvrables*, les *samedis* et les *dimanches*. Pour les PM_{2,5} il n'y a pas, contrairement aux autres polluants (p.ex. PM₁₀), de distinction évidente entre les jours ouvrables et non ouvrables. On note des concentrations légèrement plus élevées durant la pointe matinale des jours ouvrables. Les niveaux PM_{2,5} les samedis sont de même ordre, parfois même plus élevés, que ceux des jours ouvrables. L'analyse des données de l'avenir doivent indiquer si cette constatation est accidentelle (quelques samedis avec des concentrations plus élevées) ou plus fondamentale.

Le réseau télémétrique de surveillance de la qualité de l'air en Région de Bruxelles-Capitale contient actuellement (mars 2006) quatre appareils PM_{2,5}_FDMS. Lors d'un prochain rapport (sur la période 2006-2008) il y aura plus d'information disponible afin qu'une analyse plus profonde des données PM_{2,5} puisse être réalisée. Dans les années précédentes l'information était parfois trop restreinte. Des mesures de PM_{2,5} ont du être interrompues pour rendre possible des mesure d'intercomparaison entre différentes techniques de mesure PM₁₀.

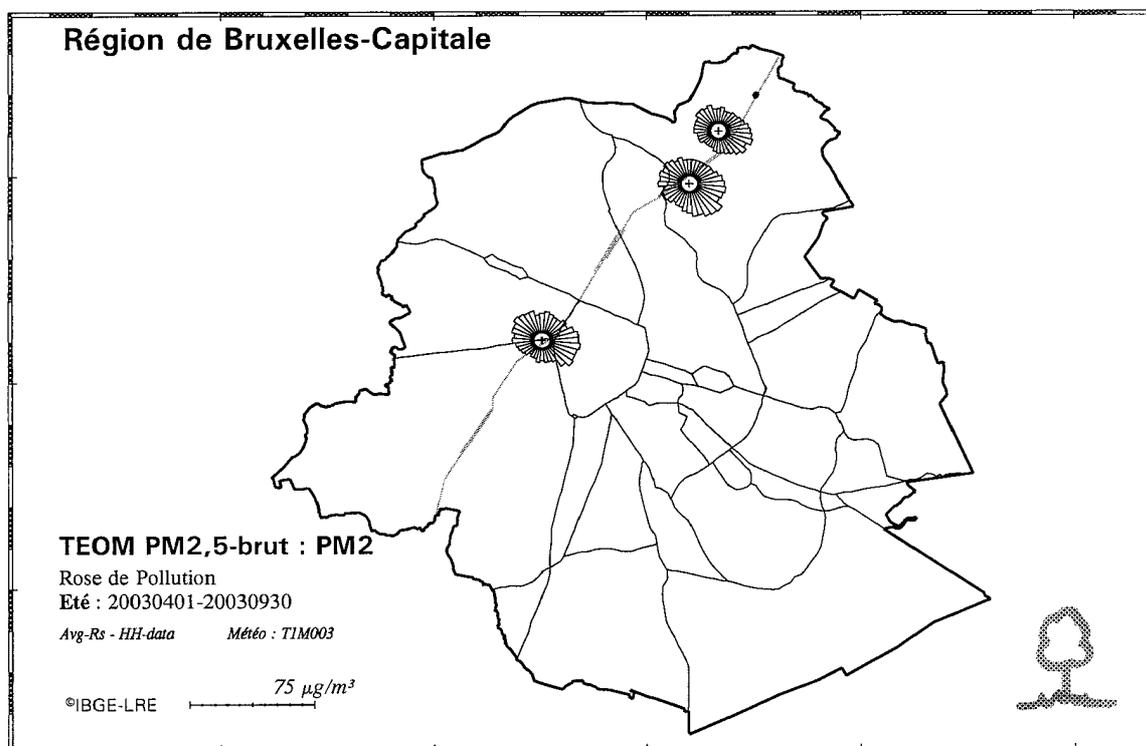
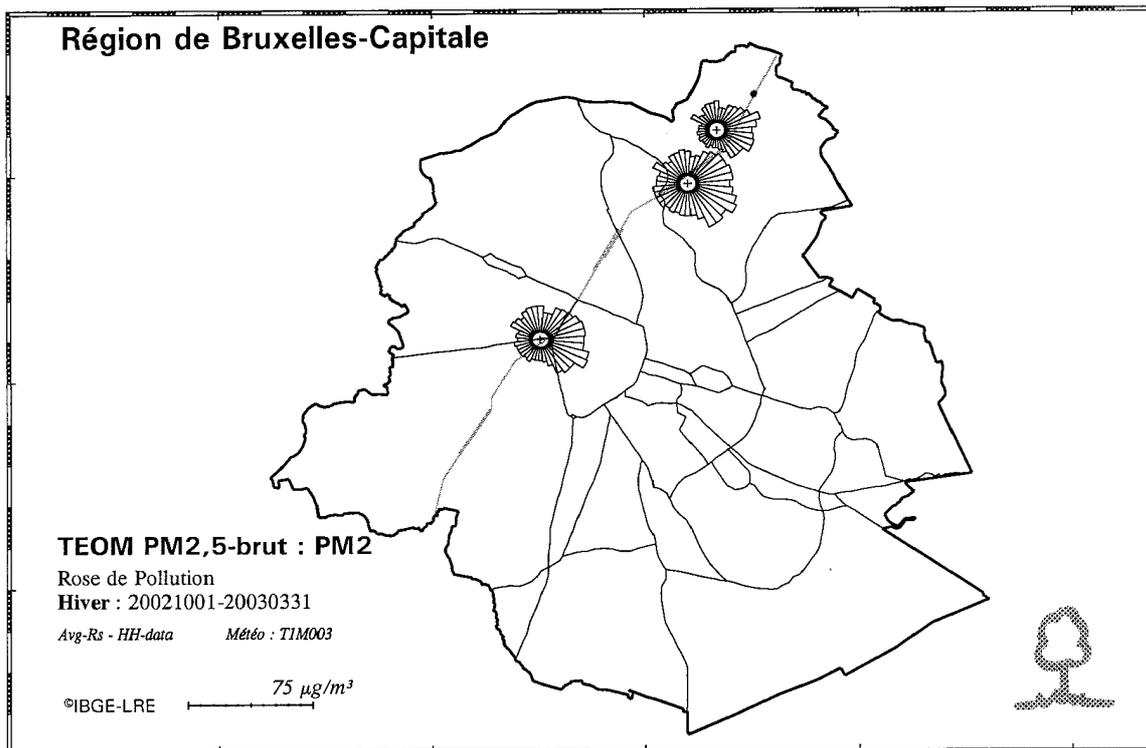
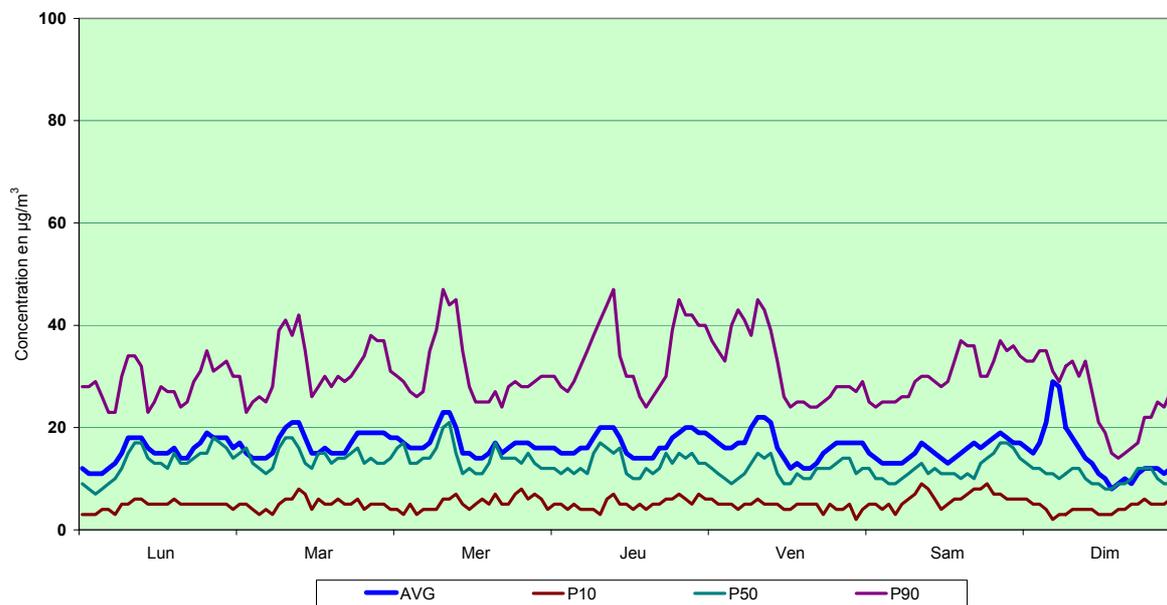


Fig. 4.48: PM2,5 - roses de pollution pendant l'hiver et l'été

PM2,5_données brutes au PARC MEUDON (MEU1)

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE

Période HIVERNALE : OCTOBRE 2002 - MARS 2003



PM2,5_données brutes à MOLENBEEK (R001)

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE

Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2003

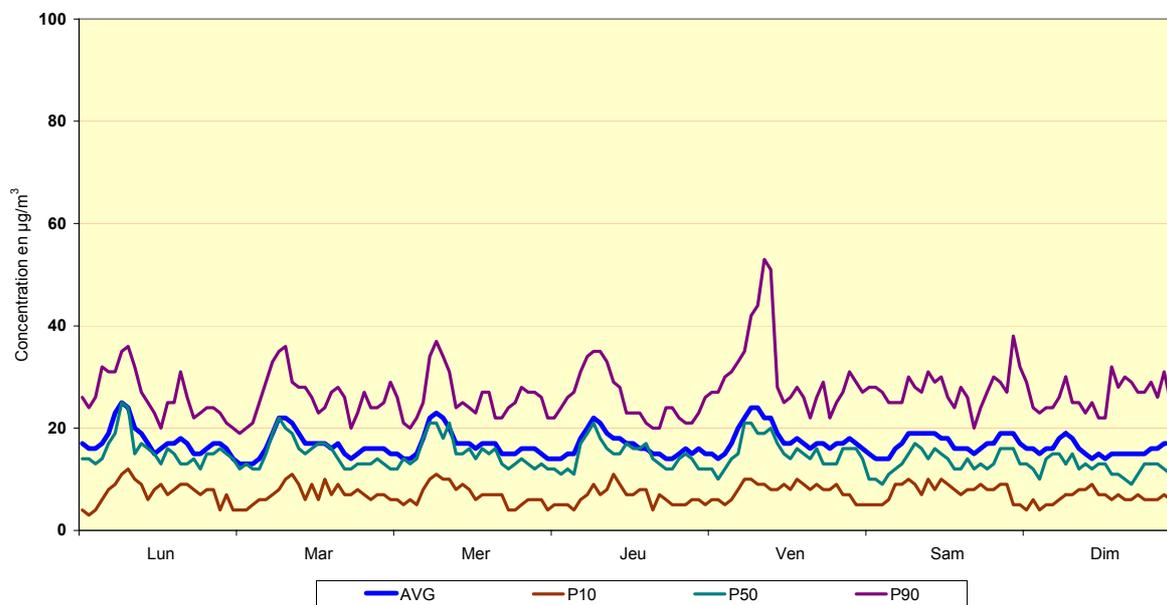
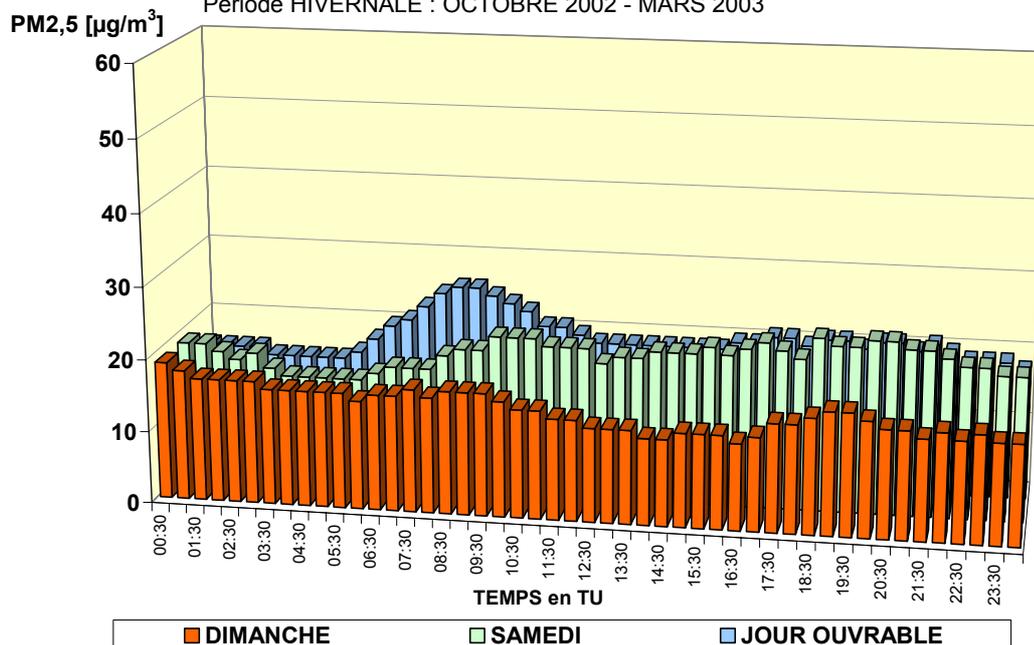


Fig. 4.49: PM2,5 – évolution hebdomadaire moyenne pendant l'hiver et l'été
Poste de mesure à Molenbeek – Période hivernale 'octobre 2002 – mars 2003' et
Période estivale 'avril – septembre 2003'

**PM2,5_brut - MOLENBEEK - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE
COMPARAISON DIMANCHE, SAMEDI et JOUR OUVRABLE MOYEN**

Période HIVERNALE : OCTOBRE 2002 - MARS 2003



**PM2,5-brut - MOLENBEEK - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE
COMPARAISON DIMANCHE, SAMEDI et JOUR OUVRABLE MOYEN**

Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2003

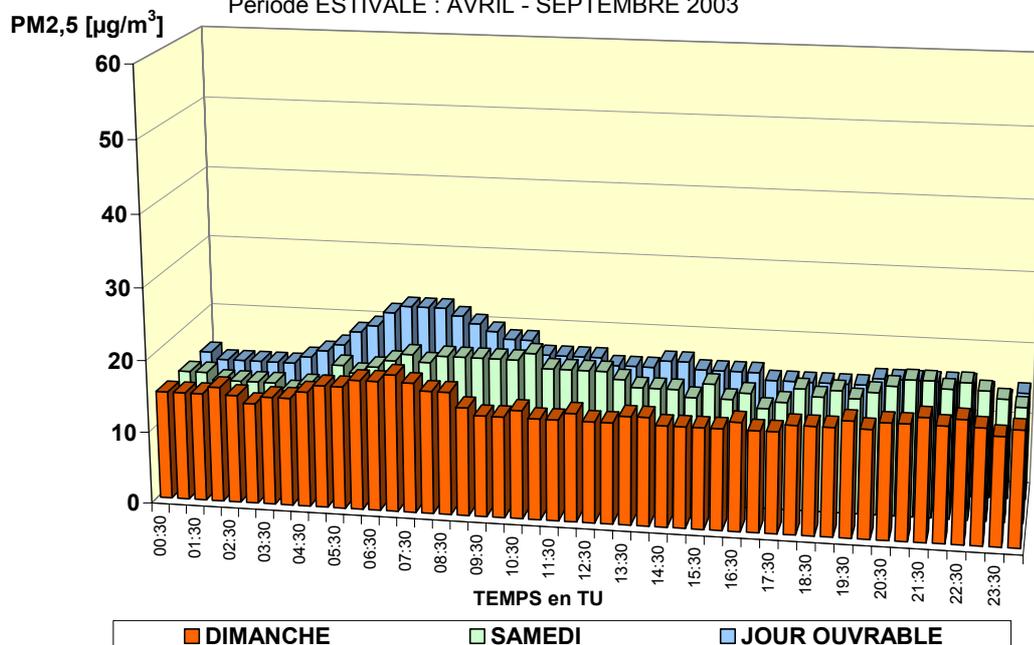


Fig. 4.50: PM2,5 – évolution journalière moyenne (dimanche, samedi, jour ouvrable) en hiver et en été. Poste de mesure à Molenbeek
Période hivernale 'octobre 2002 – mars 2003' et estivale 'avril – septembre 2003'

4.3.10 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.30 et IV.31.

Tableau IV.30 : **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

-- : 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

Tableau IV.31 : **VALEURS JOURNALIÈRES PM2,5 - RENDEMENT**

saisie de données en % = nombre valeurs journalières / nombre de jours

PÉRIODE ANNUELLE : 1 JANVIER – 31 DÉCEMBRE

PM2,5	R001	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

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