

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, 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 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.

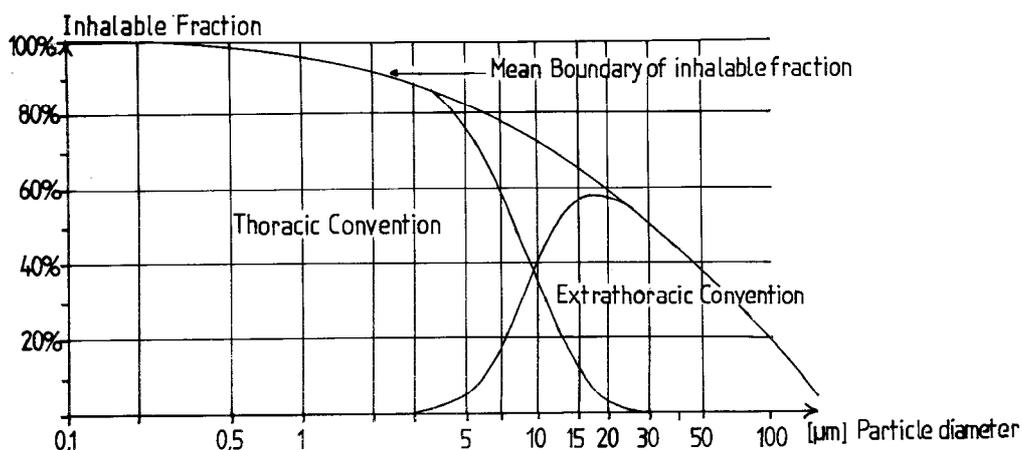


Fig. 4.41: Fraction respirable en fonction de la taille des particules
Field Measurements of Suspended Particulates – report to CEC, J.Müller, Frankfurt 1984

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 μm et un second maximum auprès de 2,5 à 5 μm . Les répartitions tri-modales admettent un maximum supplémentaire pour les particules ultrafines d'un diamètre de 0,01 à 0,03 μm .

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 μm). Une partie des nitrates est pourtant supérieure à 1 μm . 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 μm).

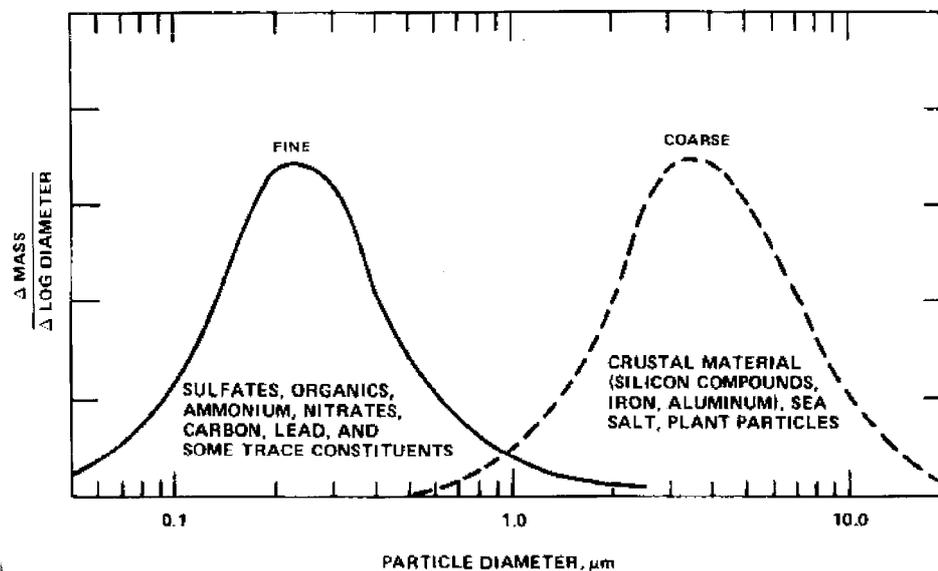


Fig. 4.42 : Répartition bi-modale de la taille des particules et indication du type
Aerosol Measurement, Willeke and Baron, 1993 - R&P Seminar – Antwerp 2002

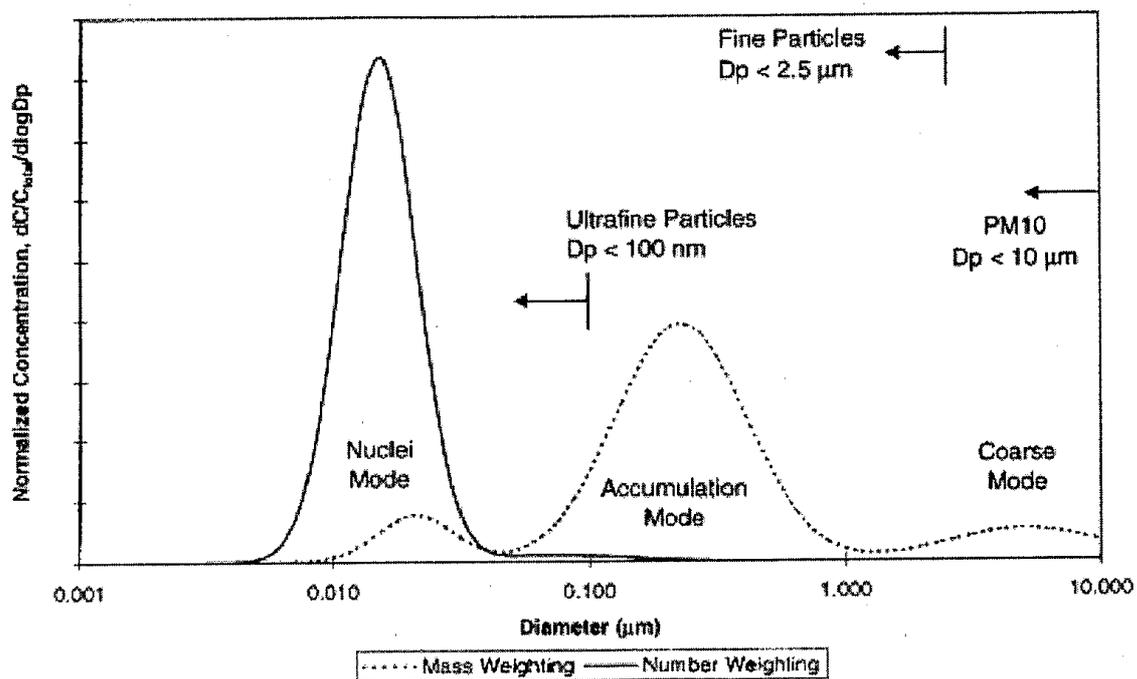


Fig. 4.43 : Répartition des particules par taille – distribution par nombre et par masse
Journal of Air & Waste Management Association, Volume 59, January 2009

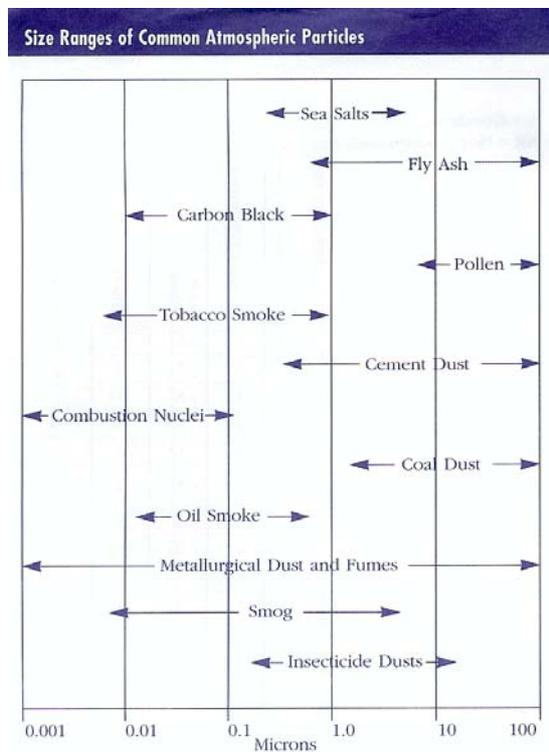


Fig. 4.44: Taille des particules très courantes
Environmental Tables & Information, 1999-2000

4.3.2 Méthodes de mesure des particules PM10

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 ± 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 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 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 β ». Les postes de mesure en Région Wallonne sont équipés d'appareils « néphélogéométrie laser » et « absorption β ».

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 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 par rapport aux normes CE a été réalisée sur base de ces données corrigées :

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

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 (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 ± 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 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. 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)
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, induit probablement une surestimation des concentrations réelles, comme à Molenbeek et Haren.

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 Haren 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), 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.

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 Haren (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, Haren 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 Haren (*voir annexe A*).

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

4.3.3 Réglementation PM10 selon la directive 1999/30/CE

La directive européenne 1999/30/CE pour le SO₂, le NO₂, 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^{er} janvier 2005)

- **50 µg/m³** comme **concentration moyenne journalière**, 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 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

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^{er} 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/m³** comme **valeur sur 24 heures**, à ne pas dépasser plus de **35 fois** par année calendrier
- **40 µg/m³** 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/m³** en tant que **moyenne annuelle** à partir du 1^{er} janvier 2010
- **valeur limite** de **25 µg/m³** en tant que **moyenne annuelle** à partir du 1^{er} janvier 2015
- une **valeur limite indicative** de **20 µg/m³** en tant que **moyenne annuelle** à partir du 1^{er} 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/m³ 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 1996-2008, un aperçu des concentrations PM10 aux différents postes de mesure, telles que communiquées à la Cellule Interrégionale de l'Environnement et à la Commission Européenne. 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 et P98**
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

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

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

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. Pour certains années, les valeurs à Berchem sont légèrement plus basses qu'à Uccle. En raison d'un problème technique au niveau du système FDMS, les résultats à Berchem étaient probablement temporairement sousestimés. Ces deux point sont idéalement situés 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. 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.

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 autrefois fixé par la directive 1999/30/CE à l'horizon 2010 et abandonné dans la récente 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 décroît ensuite linéairement et doit arriver à zéro au 1^{er} janvier 2005. La moyenne annuelle de l'année 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 et 2004 doivent être comparées respectivement à 46, 45, 43 et $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A partir de 2005, la valeur à respecter est $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Les concentrations les plus élevées sont mesurées 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 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

-- : 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 Haren (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. 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) 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 2000-2008, 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 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 2005 (maximum 35 jours par an) ou l'objectif abandonné de 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	<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

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

En 2007, 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 2000-2008 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. 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/m³) à certains endroits.

Pour la période 2000-2005, une marge tolérance peut être appliquée à l'objectif pour les valeurs journalières. Pour l'an 2000 la marge est de 50% et elle retombe à 0% en 2005. Pour l'année 2000, 75 µg/m³ est le seuil à prendre en compte pour le calcul du nombre de dépassements. Pour les années 2001, 2002, 2003 et 2004, les seuils sont respectivement 70, 65, 60 et 55 µg/m³. 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) 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 2002-2008. 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/m³ serait probablement respecté dans tous les postes de mesure. Une moyenne annuelle de 20 µg/m³, l'objectif abandonné pour 2010, ne semble pas encore accessible.

Au poste de mesure de Haren, la concentration moyenne pendant le week-end est environ 15 à 20% inférieure à la concentration moyenne annuelle réelle. Dans les autres postes de mesure, les concentrations moyennes des week-ends des années 2006, 2007 et 2008 ne sont que faiblement inférieures aux moyennes annuelles réelles.

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
2006 – alld	31	23	29	34		27
2006 – wknd	30	24	30	30		27
2007 – alld	34	25	29	34	34	27
2007 – wknd	31	24	28	29	33	25
2008 – alld	32	28	24	34	29	26
2008 – wknd	26	25	21	24	25	22

() : 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 $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$**

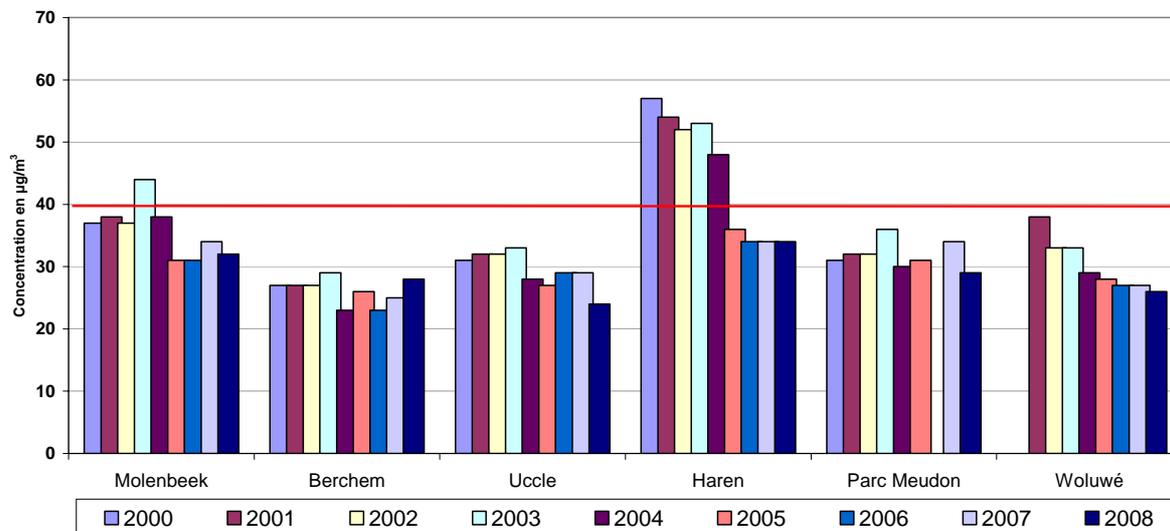
Nombre de jours en dépassement sur base des données de tous les jours (alld) et
Simulation du nombre de dépassement sur base des jours de week-end (wknd)

nd-24h > 50	R001	B011	R012	N043	MEU1	WOL1	RÉGION
2002 - alld	74	19	39	152	43	35	155
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
2006 - alld	40	17	25	56		29	58
2006 - wknd	45	28	42	52		45	52
2007 - alld	65	30	42	68	46	37	82
2007 - wknd	56	28	39	39	42	21	60
2008 - alld	44	25	15	66	33	23	80
2008 - wknd	28	4	7	14	14	4	32

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

PM10 : CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE - TOUS les JOURS

Période : 2000 - 2008



PM10 : CONCENTRATION MOYENNE - JOURS de WEEK-END

Période : 2000 - 2008

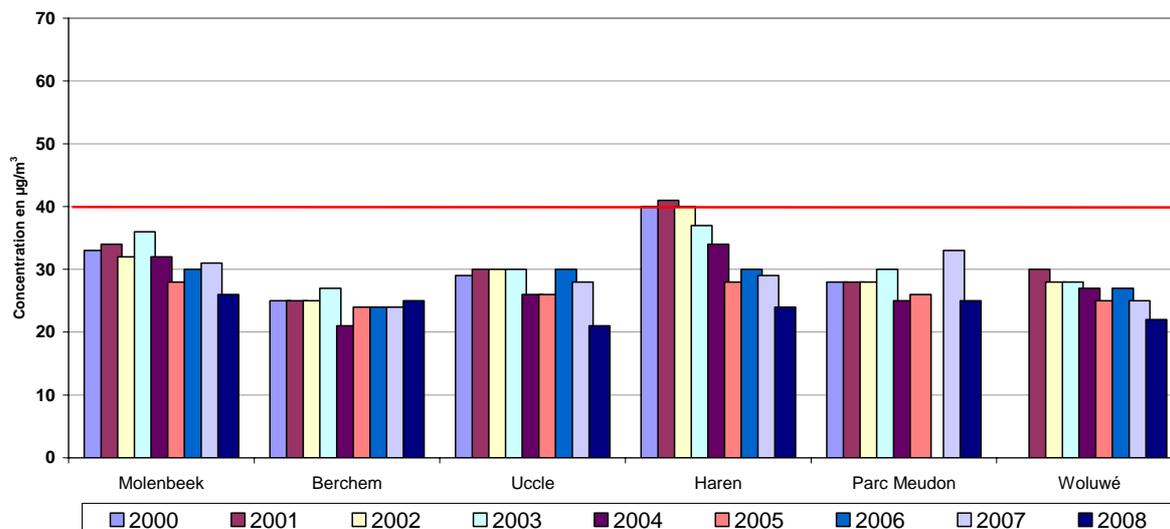
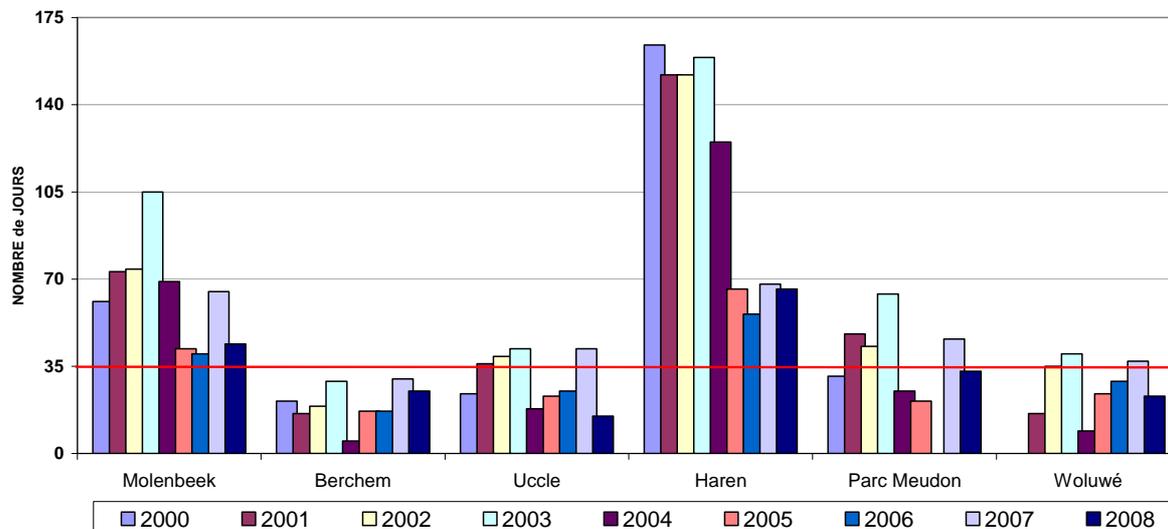


Fig. 4.45: PM10 – Évolution de la concentration moyenne annuelle. Période 2000-2008
Concentration moyenne annuelle calculée pour tous les jours (graphique du dessus) et
Concentration moyenne des jours de week-end (graphique du dessous)

PM10 : NOMBRE de JOURS avec VALEUR JOURNALIERE > 50 µg/m³
PERIODE : 2000 - 2008 - TOUS les JOURS



PM10 : Simulation NOMBRE JOURS de DEPASSEMENT (PM10 > 50 µg/m³)
BASE sur les JOURS de WEEK-END - PERIODE : 2000 - 2008

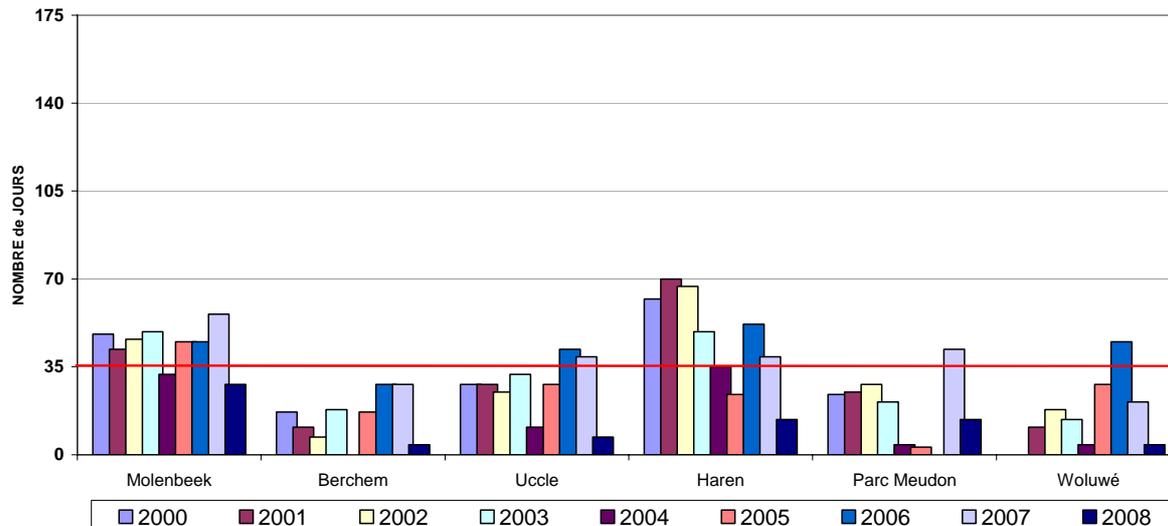


Fig. 4.46: PM10 – Valeur journalière > 50 µg/m³ – Évolution du nombre de dépassements Période 2000 – 2008

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 Haren (41N043). Il s'agit de la période couvrant les années civiles 1997 à 2008. 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 (1981-2008) est donnée plus loin (voir 4.3.9) dans le texte.

Dans la figure 4.48, 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 2007 – mars 2008' et la carte d'en bas, la situation durant la période estivale 'avril – septembre 2008'. La concentration moyenne est plus élevée pour le secteur Est.

Dans la figure 4.49, 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 2007 – mars 2008' et le graphique du dessous, la période estivale 'avril – septembre 2008'. 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 4.50 représente le profil hebdomadaire normalisé pour les paramètres PM10-FDMS, PM2,5-FDMS, NO et NO₂. 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, 2006, 2007 et 2008. Le graphique du dessous présente des résultats similaires mais uniquement pour le poste de mesure de Haren (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 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'une concentration minimale de NO₂ est présente partout et en permanence.

La chute des concentrations durant le week-end est d'environ de 15% pour les PM10 et de 5% pour les PM2,5. 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, 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.

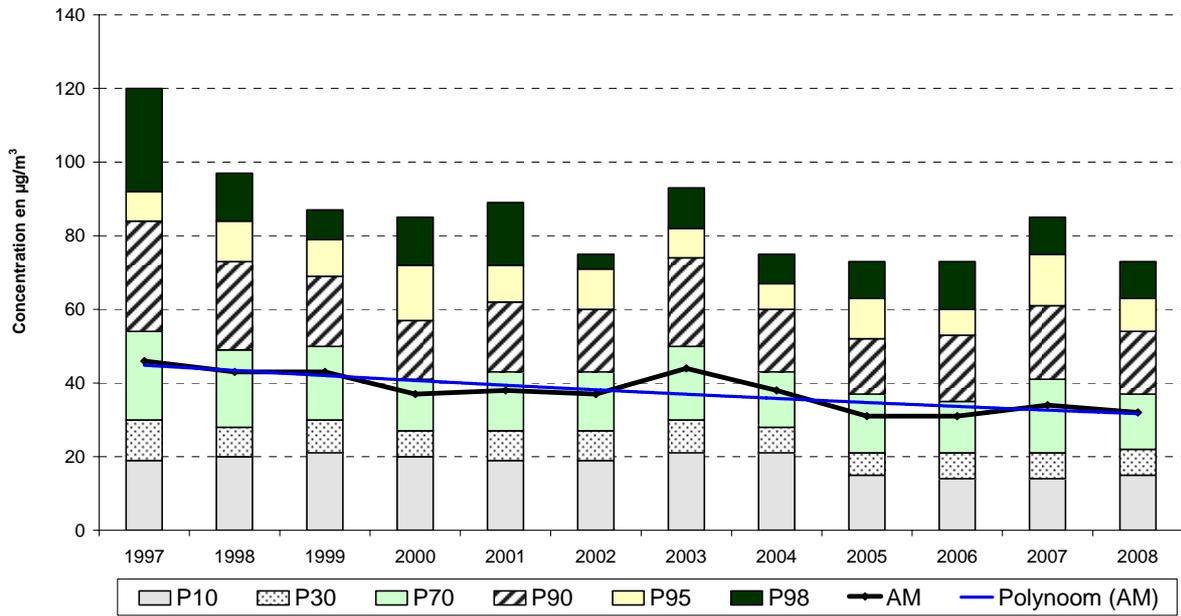
La chute des concentrations en PM10 semble moins intense que pour la période 2003-2005. Ceci s'explique en grande partie par la situation exceptionnelle de l'an 2006, où il y a eu proportionnellement beaucoup plus de jours de dépassements les jours de week-end que les jours de semaine.

Le graphique du dessous de la figure 4.50 démontre que la situation dans le poste de Haren est très différente de celles des autres postes. La concentration en PM10 à Haren diminue d'environ 20% les samedis et de 30% 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 Haren (N043) durant la période hivernale 'octobre 2007 – mars 2008' et durant la période estivale 'avril – septembre 2008'. 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 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 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 HAREN (N043) - EVOLUTION dans le TEMPS
DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS JOURNALIERES
 1998-2004 : PM10_raw * 1,47 - 2005-... : PM10_FDMS

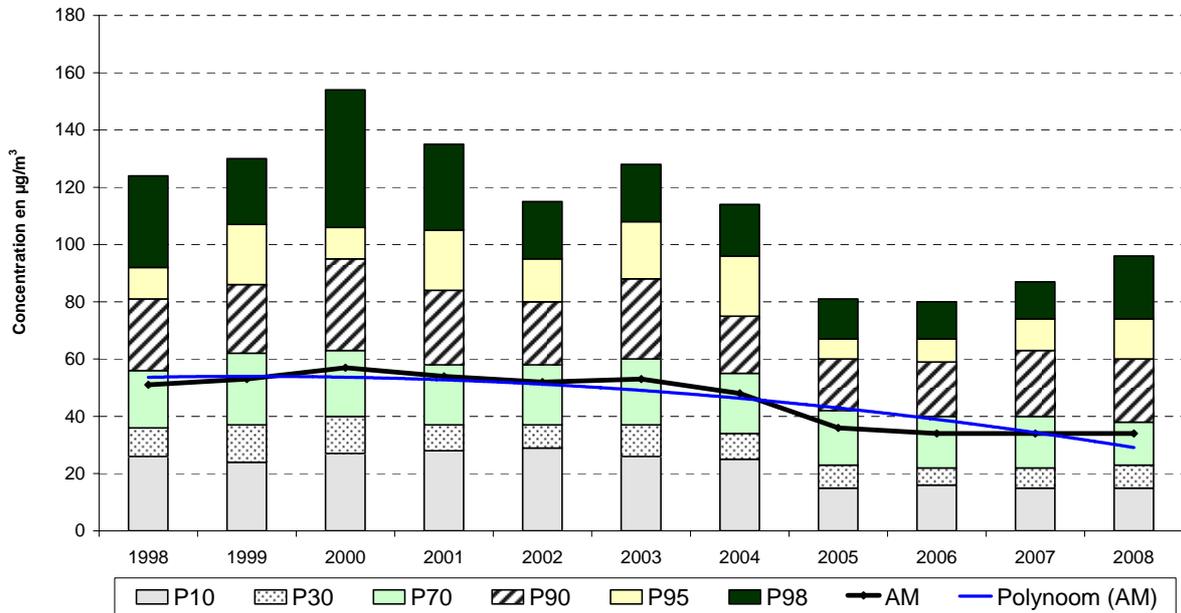


Fig. 4.47: PM10 – Évolution des concentrations PM10 à Molenbeek (R001) et Haren (N043)
 PM10_EqReg : 1997-2004 --- PM10_FDMS : 2005-2008

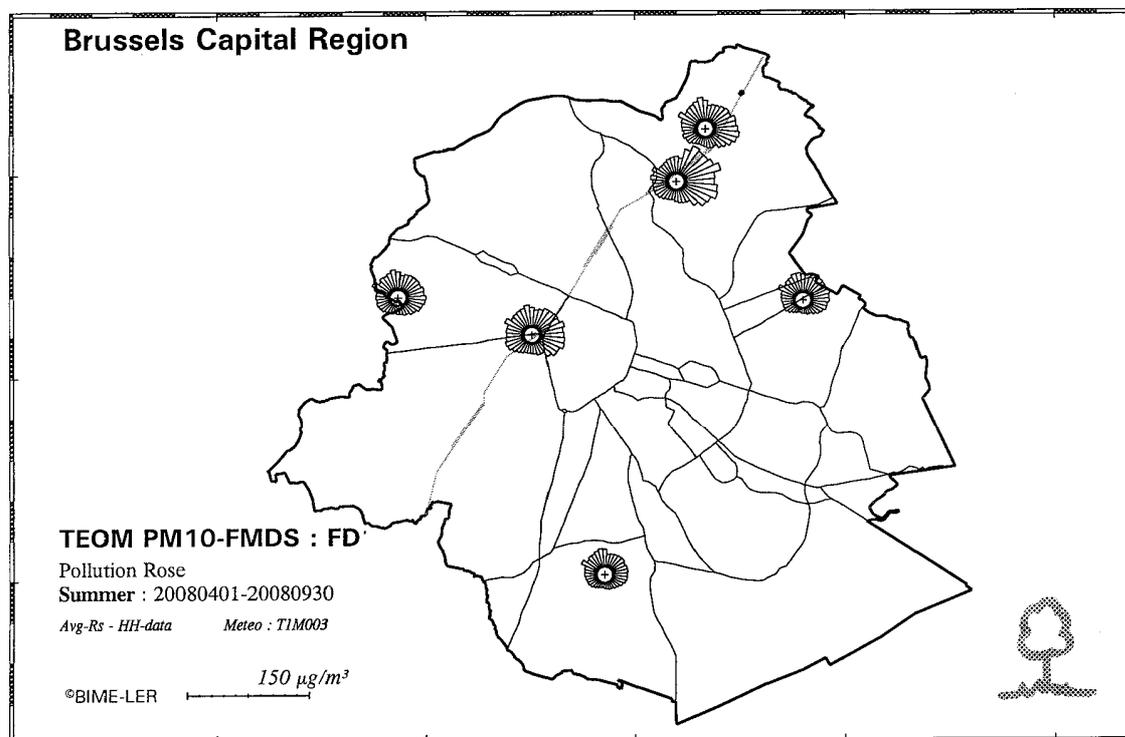
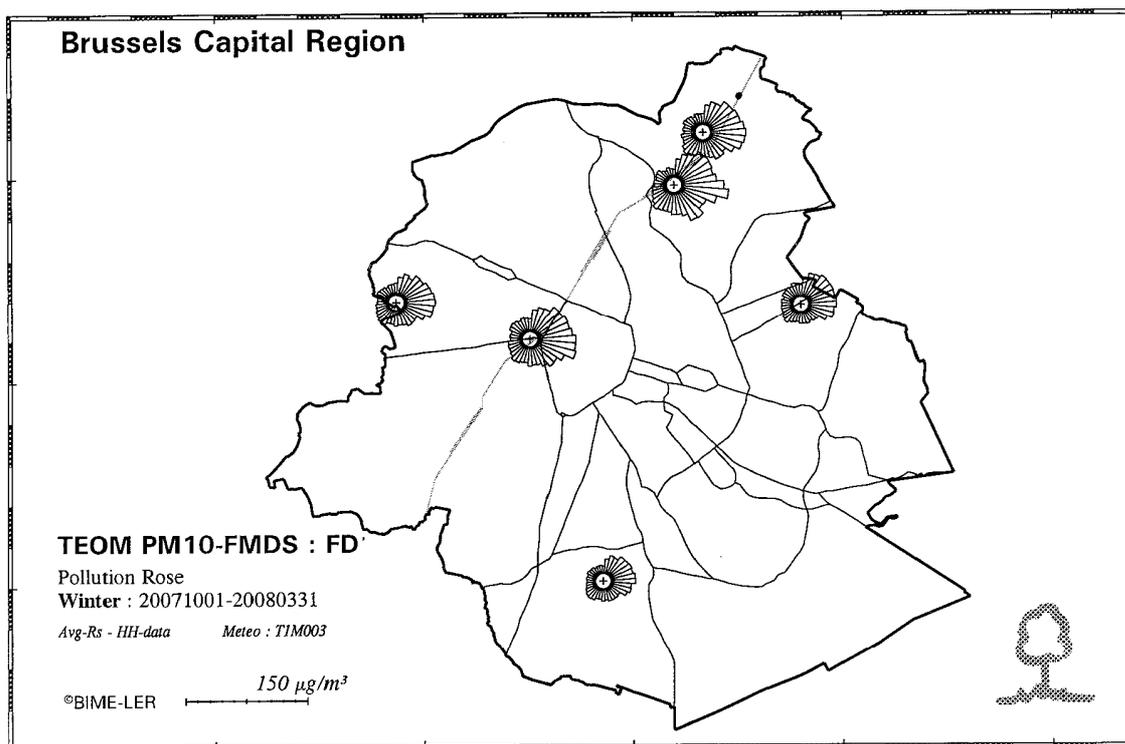
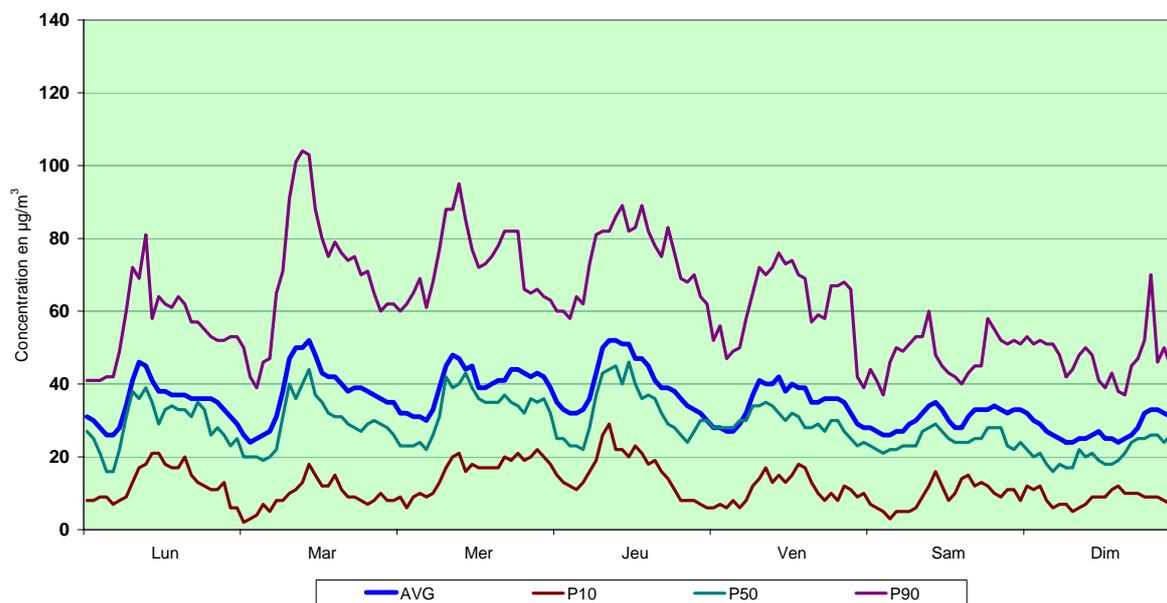


Fig. 4.48: PM10 - Roses de pollution pendant l'hiver et l'été
 Résultats PM10-FDMS

PM10_FDMS à MOLENBEEK (R001)
 EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
 Période HIVERNALE : OCTOBRE 2007 - MARS 2008



PM10_FDMS à MOLENBEEK (R001)
 EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
 Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2008

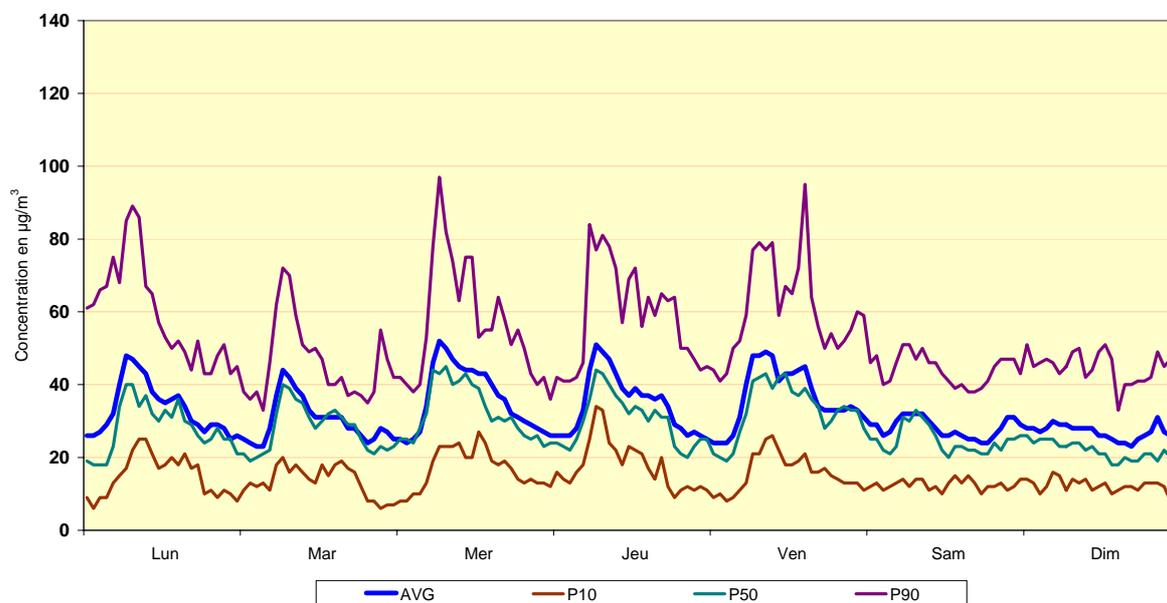
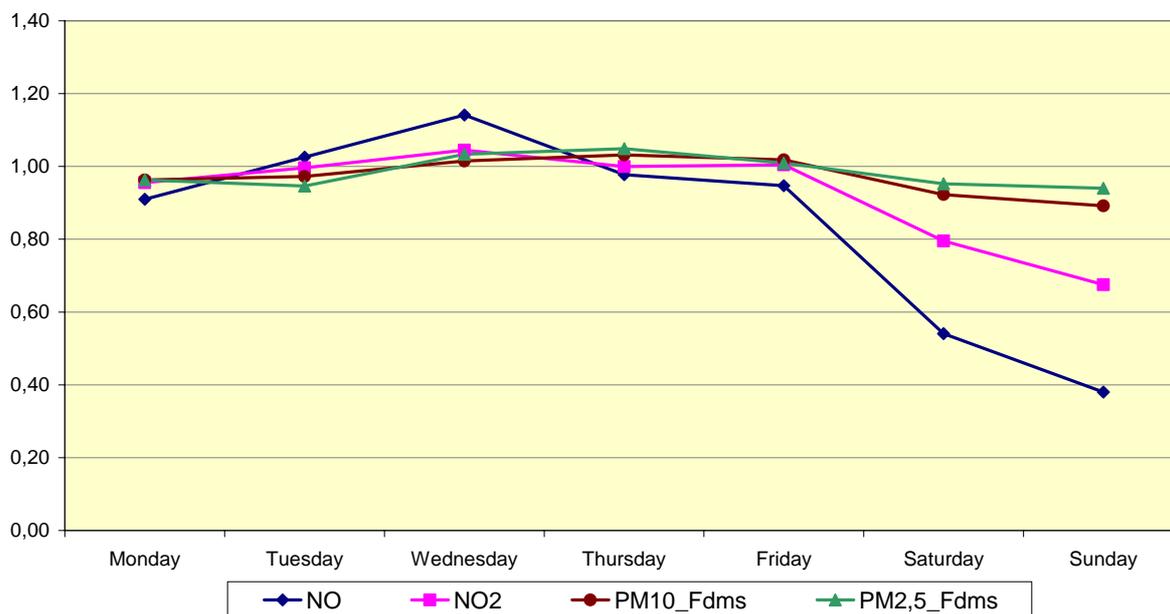


Fig. 4.49: PM10 à Molenbeek - Évolution hebdomadaire moyenne pendant l'hiver et l'été
 Concentration moyenne (AVG), la médiane (P50) et les centiles P10 et P90

Week Pattern for NO, NO₂, PM10 and PM2,5
 Period : 3_YEARS 2006 - 2007 - 2008 ::: 5 Sites



N043 - Week Pattern for NO, NO₂, PM10 and PM2,5
 Period : 3_YEARS 2006 - 2007 - 2008

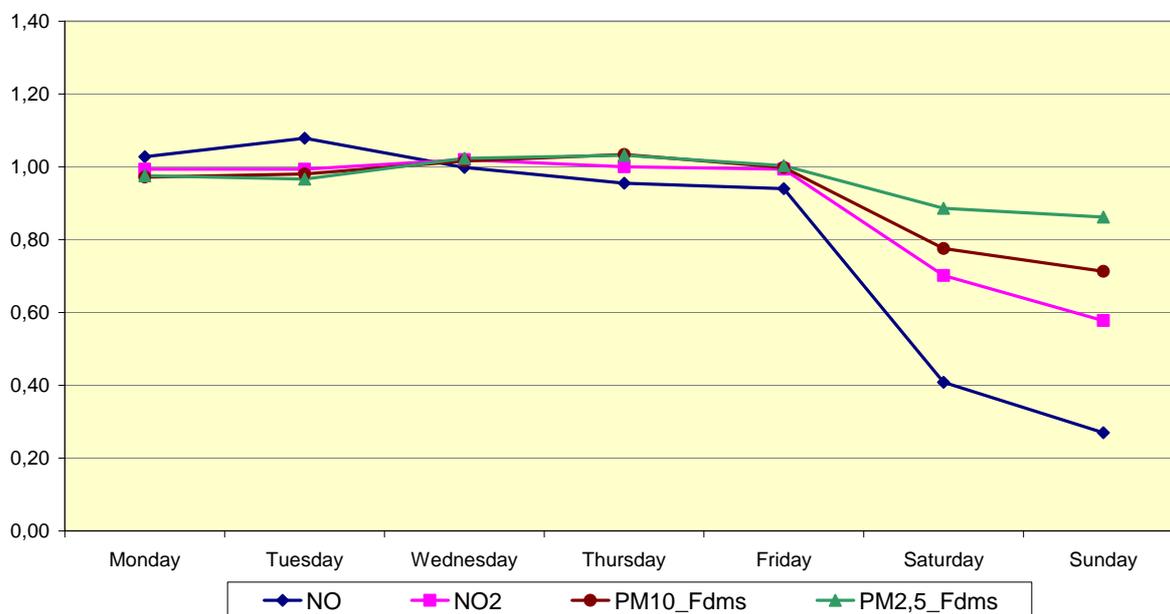
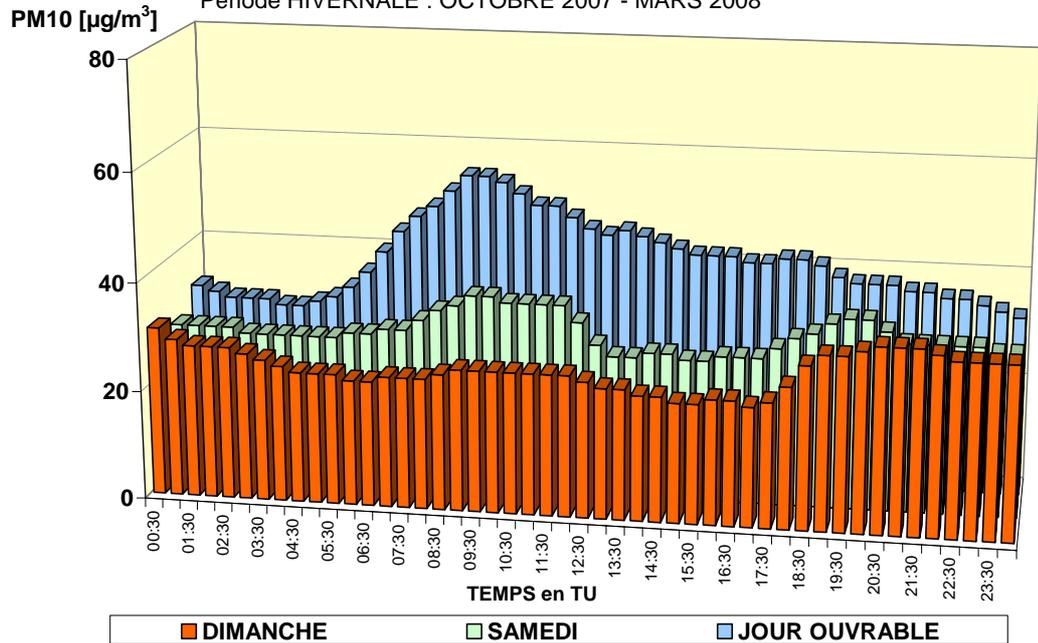


Fig. 4.50: PM10, PM2,5, NO₂ et NO – Évolution hebdomadaire moyenne normalisée
 Période : trois années successives 2006, 2007 et 2008
 Graphique du dessus : moyenne sur cinq postes de mesure (Haren excepté)
 Graphique du dessous : postes de mesure de Haren

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

Période HIVERNALE : OCTOBRE 2007 - MARS 2008



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

Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2008

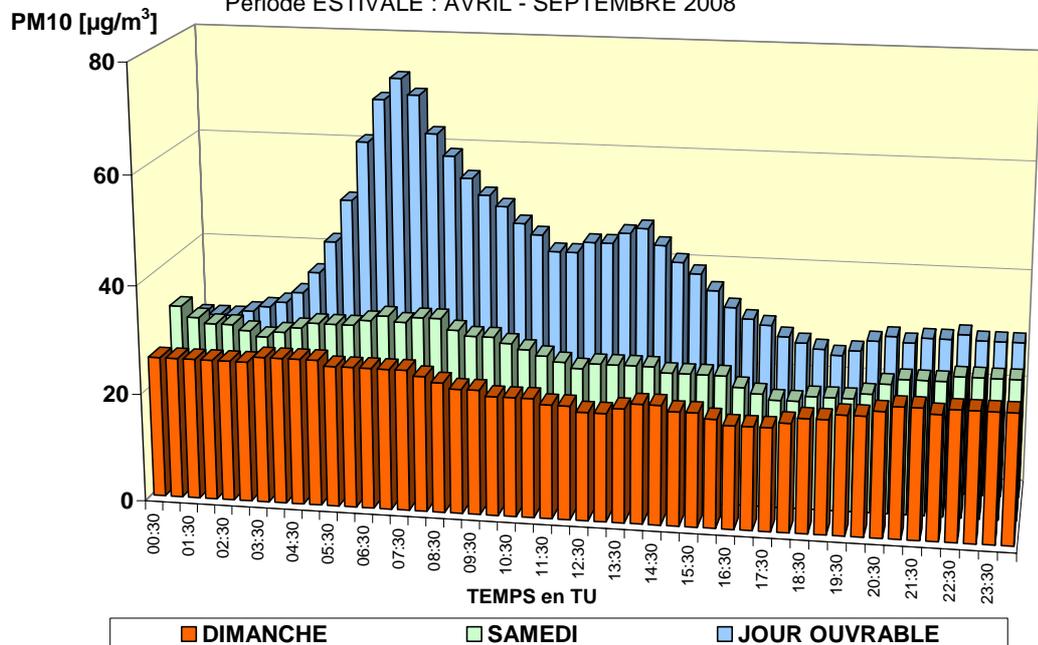


Fig. 4.51: PM10 – Évolution journalière moyenne (dimanche, samedi, jour ouvrable)
Poste de mesure Haren (N043) – PM10_FDMS

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 certain nombre 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 (voir plus loin '*dimanche sans voiture 2006*'). Pour objectiver ces constatations, un tableau des fréquences (valeurs semi horaires) a été réalisé pour tous les jours de la période 2005-2008 (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 22 et 28% (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 20% (S) et 30% (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 2005-2008, pour lesquels il y a des données disponibles. Dans ce graphique, on voit clairement que les postes de mesure de Haren 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 Haren présentent des dépassements. Avec cette restriction, les données des postes de mesure de Molenbeek et Haren 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 2005-2008 et tous les jours pour lesquels il y a des données disponibles. On constate également dans ce cas que les postes de mesure de Haren 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 Haren 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 dépassements dans les postes de mesure de Haren et Molenbeek.

Le graphique de la figure 4.58 représente un exemple de période où seul le poste de Haren présente des dépassements 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 lundi 15 au dimanche 21 septembre 2008. 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 4 jours consécutifs : du mardi 16 au vendredi 19 septembre 2008 les valeurs moyennes journalières ont été respectivement de 69, 68, 92 et $92 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 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 ne constate pas de dépassement, bien que la valeur journalière en PM10 atteigne $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$ le vendredi 19 septembre.

Les graphiques de la figure 4.60 représentent le profil hebdomadaire moyen pour PM10 et PM2,5 de la station de mesure de Haren, respectivement pour la période hivernale 'octobre 2007 – mars 2008' (graphique au dessus) et la période estivale 'avril - septembre 2008' (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 Haren 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).

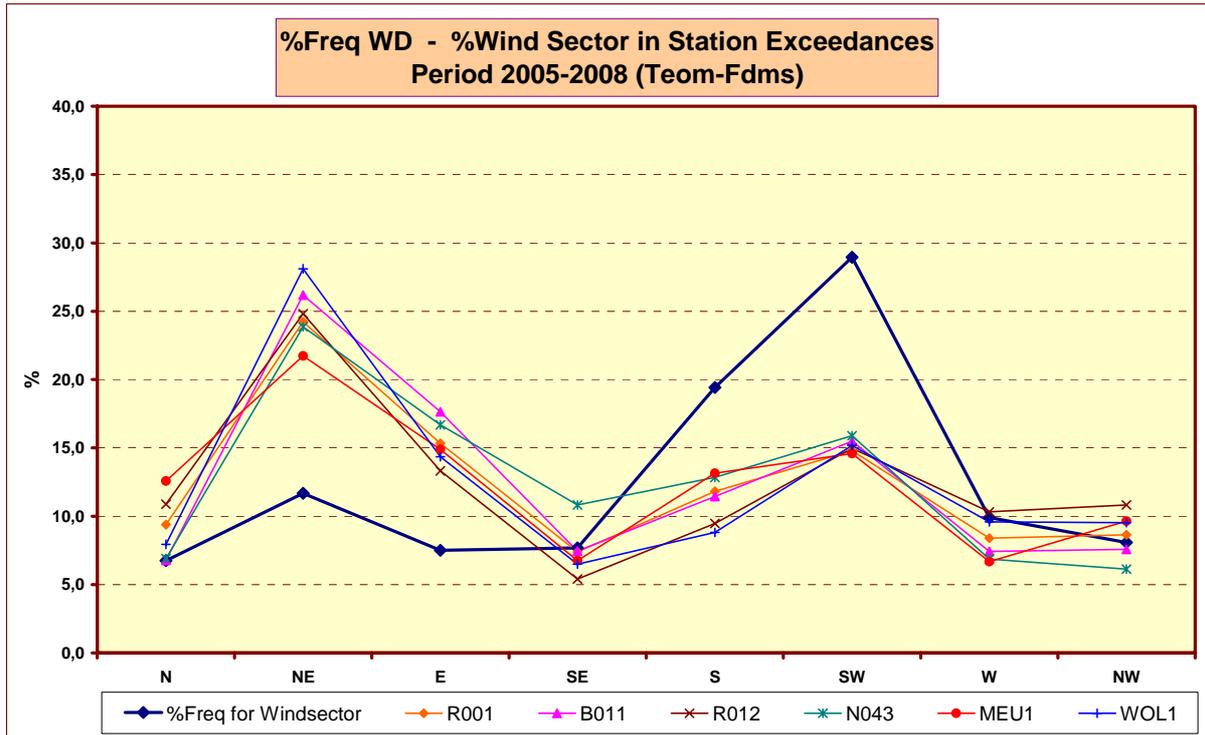


Fig. 4.52: Distribution de Fréquences de la Direction de Vent – Tous les Jours (%Freq_Windsector) Par Poste : Distr. Fréquences de la Direction de Vent pour les jours en dépassement PM10

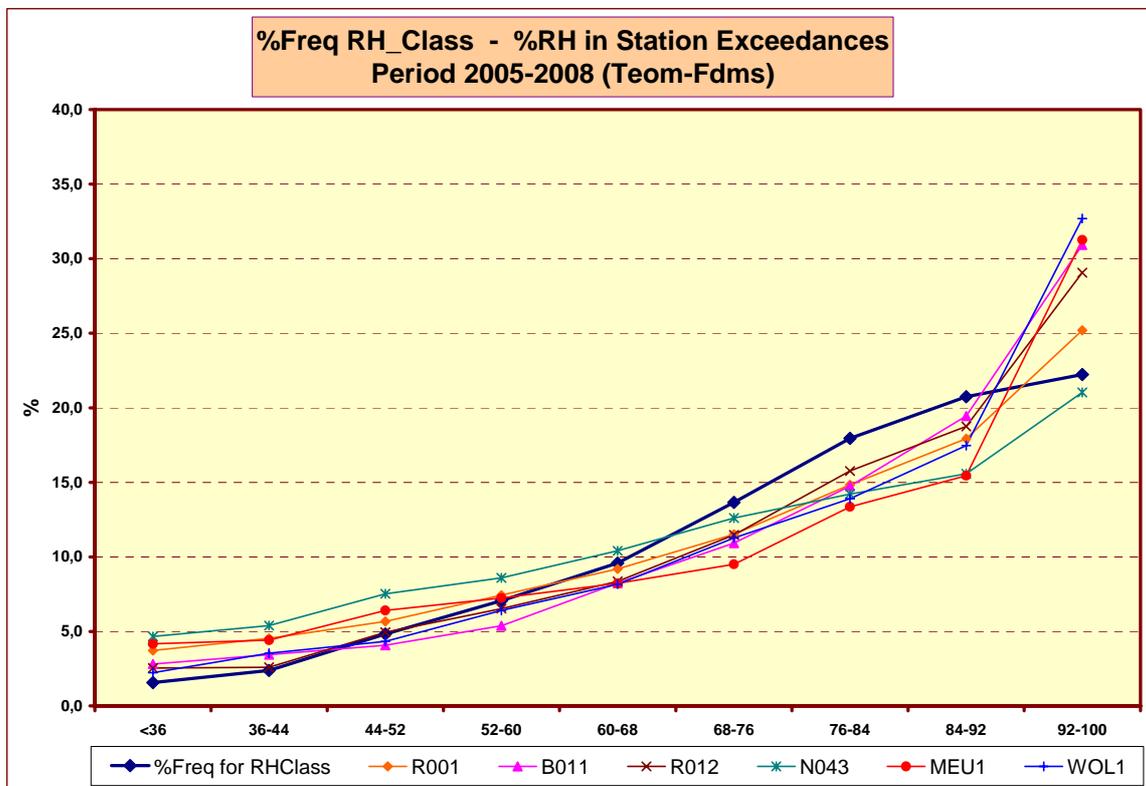


Fig. 4.53: Distr. Fréquences classes d'Humidité – Tous les Jours (%Freq_RHClass) Par Poste : Distr. Fréquences Humidité Relative pour les jours en dépassement PM10

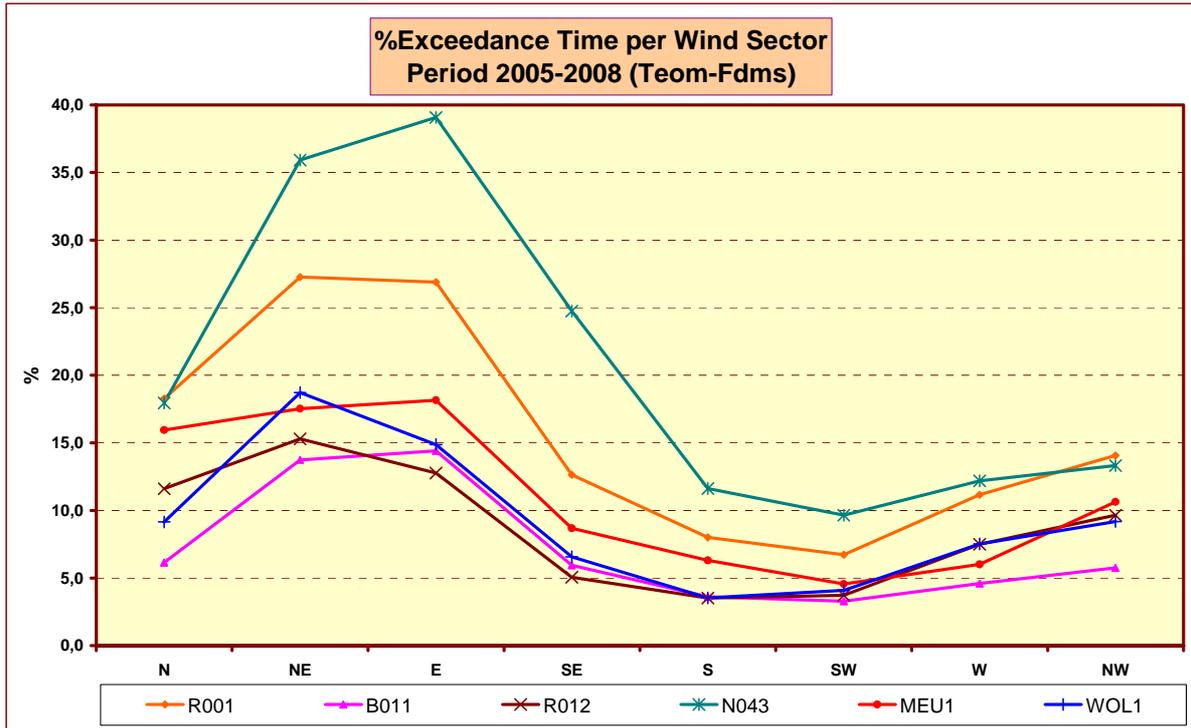


Fig. 4.54: Par Secteur de Vent le pourcentage du temps en dépassement PM10
Données : Tous les Jours

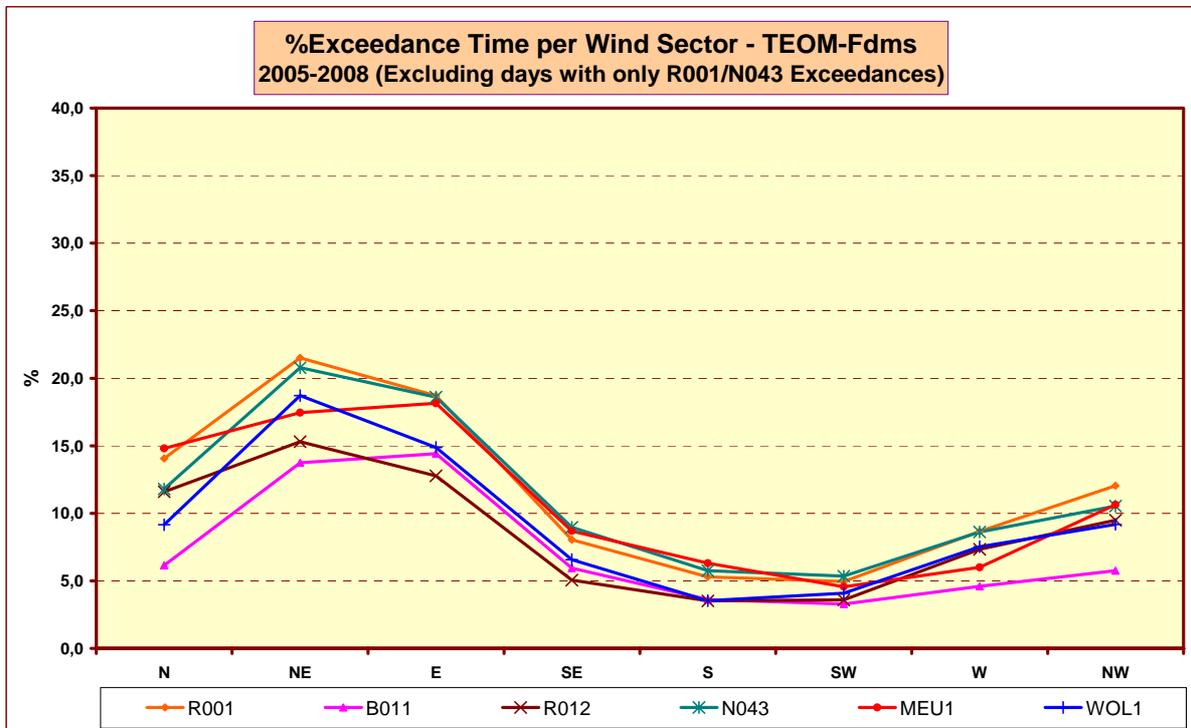


Fig. 4.55: Par Secteur de Vent le pourcentage du temps en dépassement PM10
Données: Tous les Jours, à l'exception des jours où seuls les postes de Haren et/ou Molenbeek sont en dépassement PM10

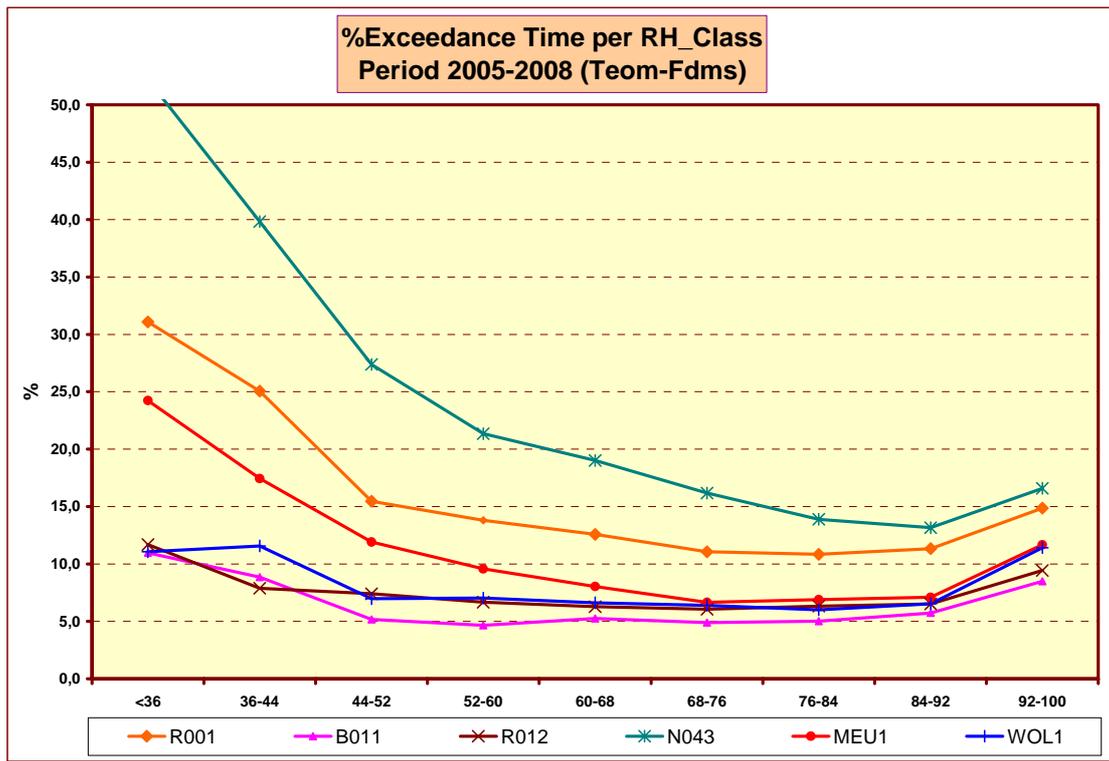


Fig. 4.56: Par classe RH le pourcentage du temps en dépassement PM10
Données : Tous les Jours

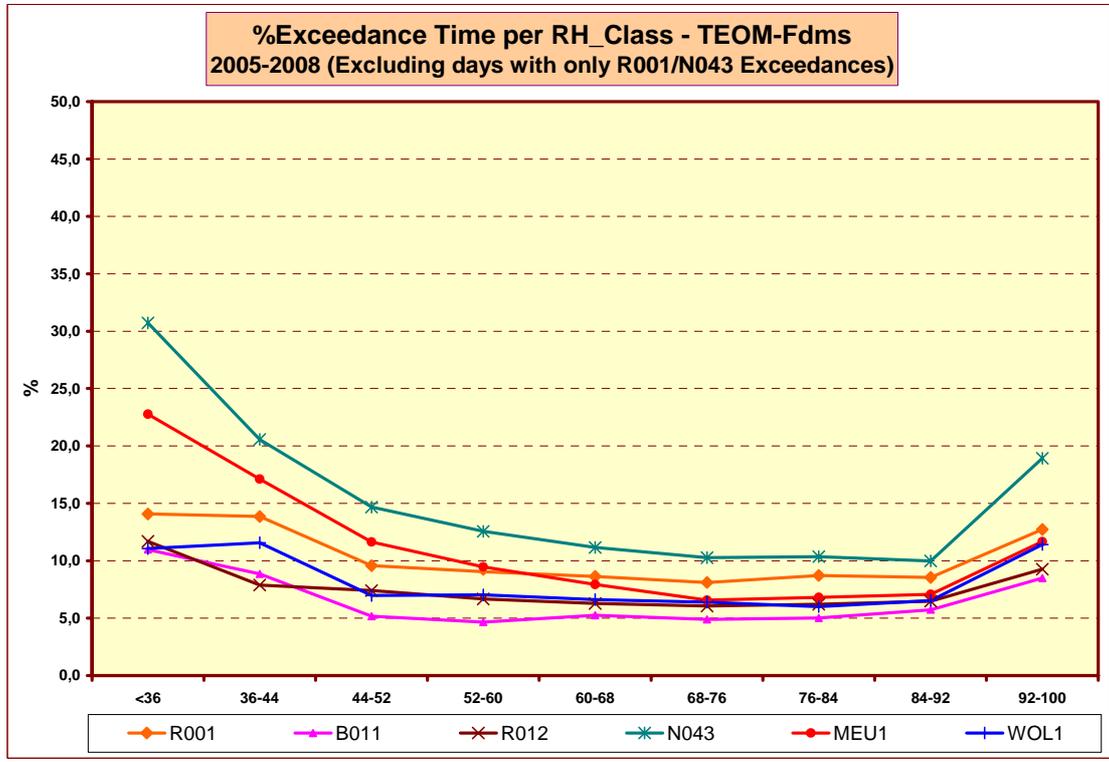


Fig. 4.57: Par classe RH le pourcentage du temps en dépassement PM10
Données: Tous les Jours, à l'exception des jours où seuls les postes de Haren et/ou Molenbeek sont en dépassement PM10

N043 - Evolution "PM10-FDMS" , "PM2,5-FDMS" and VOLATILE Fraction

Period : Monday 15 - Sunday 21 September 2008

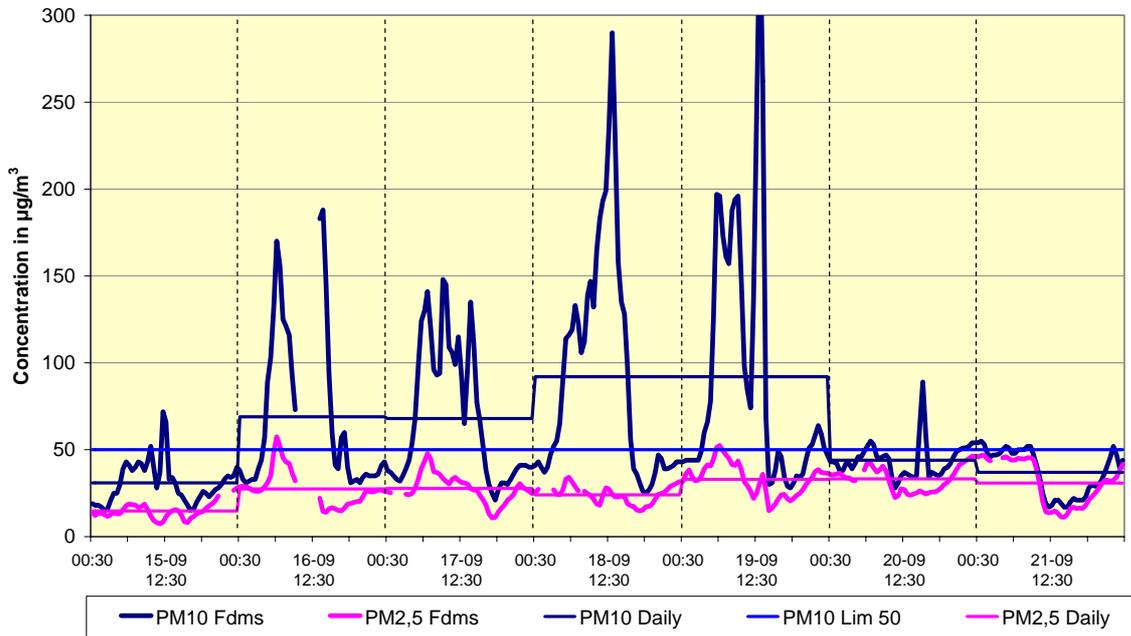


Fig. 4.58: Poste de mesure à Haren – Evolution des concentrations en PM10 et PM2,5
Période : Lundi 15 – Dimanche 21 Septembre 2008

R001 - Evolution "PM10-FDMS" , "PM2,5-FDMS" and VOLATILE Fraction

Period : Monday 15 - Sunday 21 September 2008

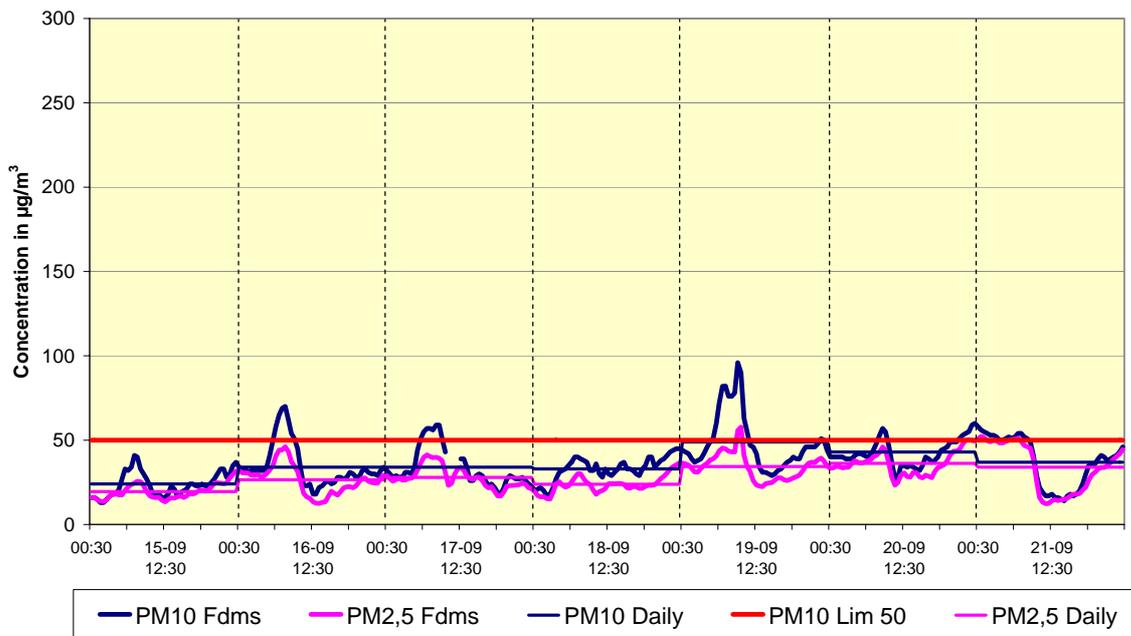
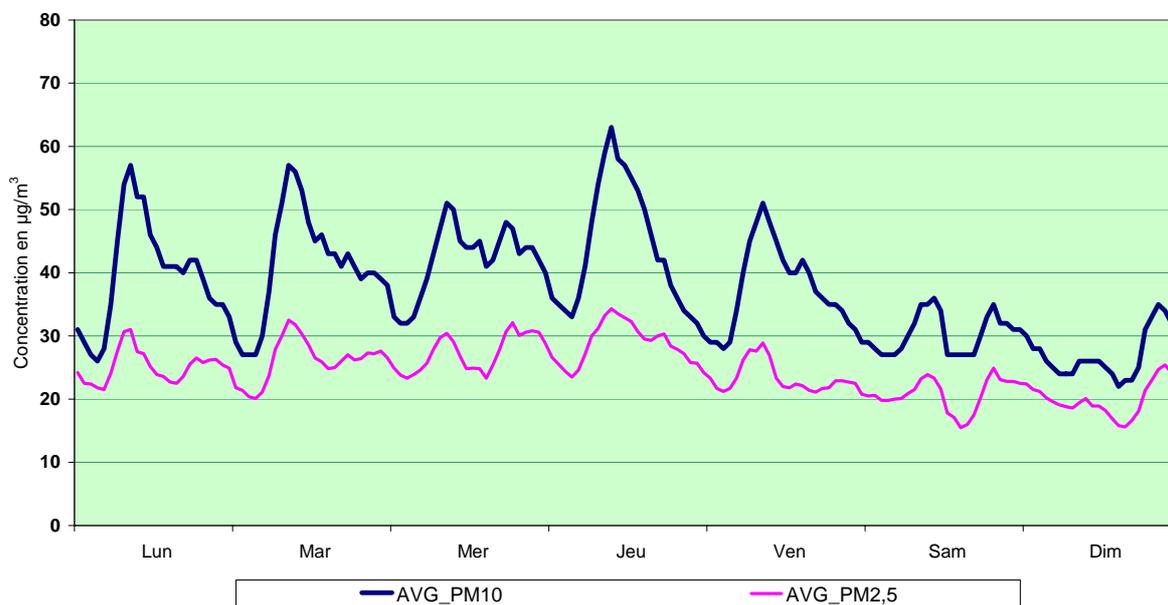


Fig. 4.59: Poste de mesure à Molenbeek – Evolution des concentrations en PM10 et PM2,5
Période : Lundi 15 – Dimanche 21 Septembre 2008

PM10_FDMS et PM2,5 à HAREN (N043)

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE

Période HIVERNALE : OCTOBRE 2007 - MARS 2008



PM10_FDMS et PM2,5_FDMS à HAREN (N043)

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE

Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2008

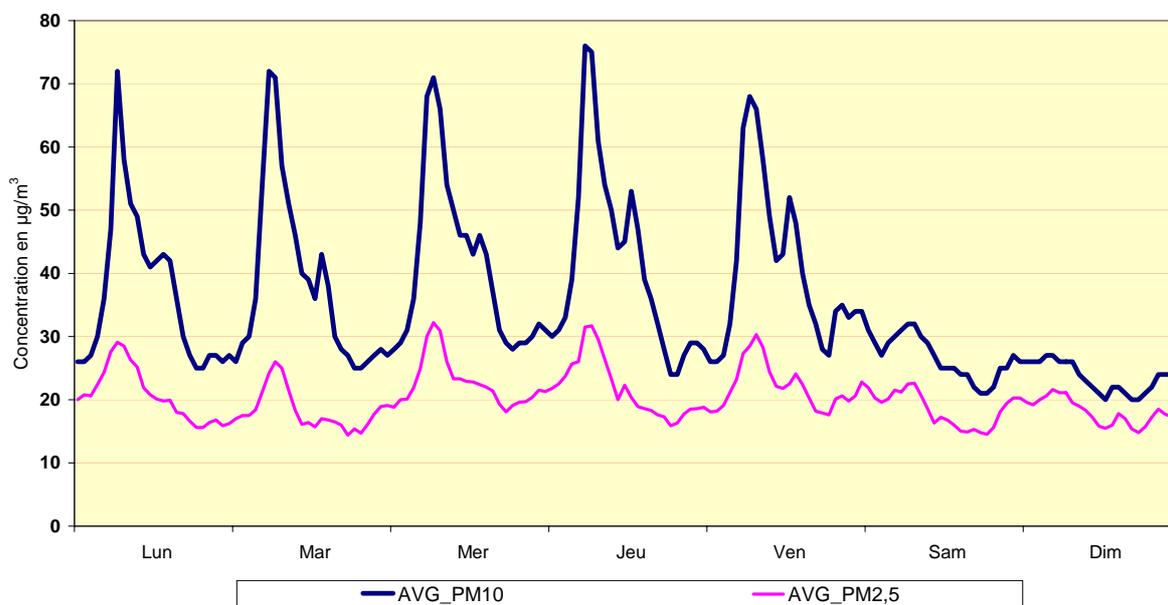


Fig. 4.60: PM10 et PM2,5 à Haren – évolution hebdomadaire moyenne en hiver et en été
Concentration moyenne en PM10 (AVG_PM10) et PM2,5 (AVG_PM2,5)

Le graphique de la figure 4.61 présente, pour les postes de mesure de Haren et Molenbeek, la composition de la fraction PM10 les jours de dépassement constatés en 2007 et 2008. 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 Haren (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 Haren et Molenbeek environ 70 à 80% des PM10, contre 50 à 65% durant les jours de dépassements avec apport d'air sec du secteur Est.

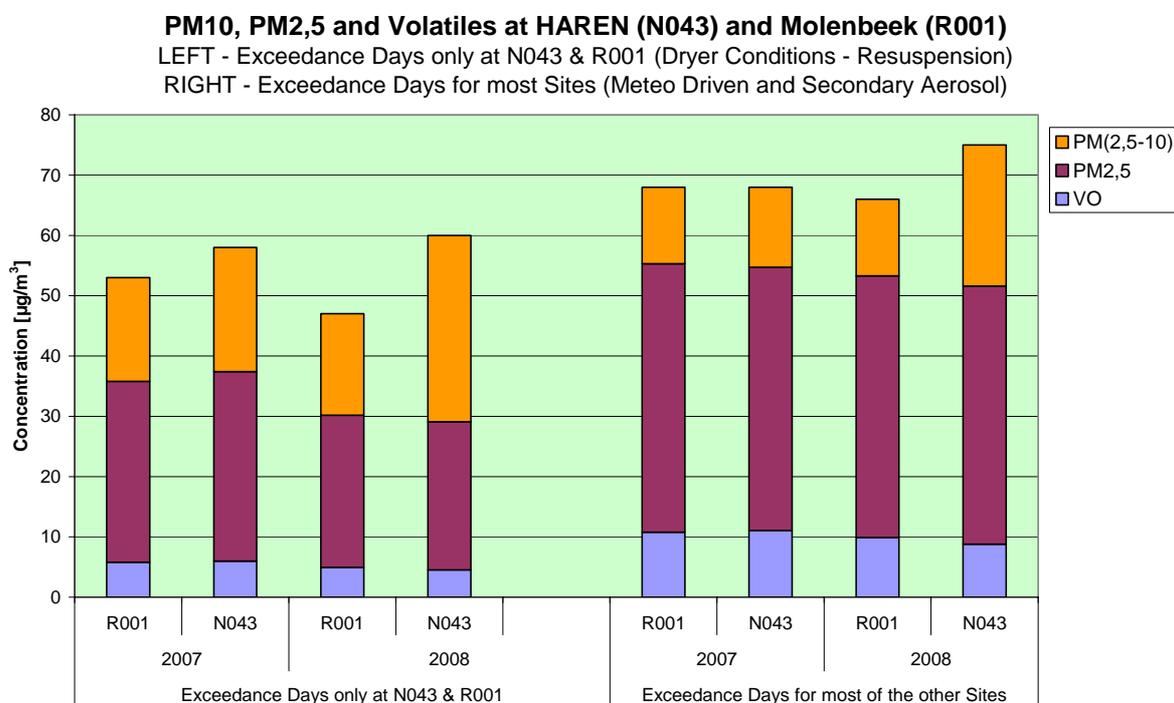


Fig. 4.61: PM10, PM2,5 et fraction volatile les jours de dépassement – situation à Haren et Molenbeek
 Différence entre jours avec dépassement uniquement à Haren et/ou Molenbeek (apport d'air sec du secteur Est) et jours avec dépassement généralisé (formation d'aérosol secondaire et/ou conditions météorologiques générales défavorables)

4.3.9 Concentrations élevées lors de jours avec peu de trafic

Dans le rapport tri-annuel précédent, traitant la qualité de l'air en Région de Bruxelles-Capitale durant la période 2003-2005, 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. C'était entre autres le cas pour le lundi 7 et mardi 8 février 2005 (congé de carnaval) et pour le lundi de Pâques, le 28 mars 2005, un jour de congé officiel.

Le graphique de la figure 4.62 représente l'évolution des concentrations en PM10 et PM2,5 mesurées dans le poste situé au parc Meudon (*résultats avec facteur 1,47*), entre le samedi 5 et le jeudi 10 février 2005. Le graphique à la figure 4.63 reprend, pour le même poste, les résultats de la période du samedi 26 au mercredi 30 mars 2005.

Dans les deux cas, la situation météorologique était caractérisée par un vent plutôt faible, une température modérée (8-11 °C) et une humidité relative assez élevée (~90% RH). Le matin et l'avant midi il y avait également formation de brume.

Les profils des concentrations permettent de constater que 80 à 90% 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), il est apparu qu'on se trouvait vraisemblablement en présence de conditions favorables au processus de nucléation.

Dans ces conditions, des concentrations en PM10 relativement élevées ont été constatées : 75 à 85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les valeurs journalières (*de PM10-EqRef – facteur 1,47*), ce qui est largement supérieur à la valeur limite. Pourtant les concentrations des polluants gazeux tels que NO, NO₂, CO et CO₂, n'étaient pas anormalement élevées.

Journée sans voitures – dimanche 17 septembre 2006

Le dimanche 17 septembre 2006, dans le cadre d'une action européenne, la Région de Bruxelles-Capitale a organisé, pour la cinquième 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 pratiquement complètement interdit sur l'entièreté du territoire de la Région.

La situation météorologique était caractérisée par un vent faible, soufflant surtout de direction ouest à nord-ouest. La température était assez douce, environ 19°C en matinée et 22°C durant l'après-midi. L'humidité relative de l'air diminuait d'environ 90% le matin à 70% l'après-midi.

L'apport d'air de la Mer du Nord signifie normalement un apport d'air peu pollué et donc des concentrations assez basses. C'était effectivement le cas pour les polluants gazeux tels que NO, NO₂, CO et CO₂. Malgré cet apport d'air maritime, l'absence du trafic, une contribution minimale des émissions de chauffage domestique (température douce), une activité commerciale et industrielle bien réduite (dimanche), ainsi que la présence de concentrations très basses pour les polluants gazeux, des concentrations très élevées en PM10 et PM2,5 ont été constatées partout dans la Région : les valeurs journalières de PM10 et PM2,5 s'élevaient respectivement de 75 à 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et de 70 à 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sur l'ensemble de l'année 2006, il y a eu seulement un jour avec des concentrations encore plus élevées.

La figure 4.64 présente l'évolution des concentrations en PM10 et PM2,5 pour le poste de mesure de Molenbeek pendant la période allant du jeudi 14 au mardi 19 septembre 2006. Le graphique présente tant l'évolution dynamique des valeurs horaires (ligne continue) que l'évolution des moyennes journalières (histogramme) pour les PM10 et PM2,5, ainsi que l'évolution dynamique de la fraction volatile des particules PM10 et PM2,5 (VO10 et VO2,5). Les résultats sont les plus élevés le dimanche 17 septembre. La ligne horizontale sur toute la largeur du graphique représente le niveau de la valeur limite de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la moyenne journalière des PM10. Les résultats pour VO10 et VO2,5 sont quasi identiques, ce qui signifie que la masse volatile est entièrement liée à la fraction PM2,5 des particules. Les résultats VO ne représentent pas la quantité absolue de la masse volatile, mais ils donnent plutôt une indication qualitative de la présence d'une masse volatile et donc de l'aérosol secondaire.

L'évolution dynamique des concentrations de PM10 et PM2,5 révèle un accroissement progressif de la concentration et ce à partir de la soirée du jeudi 14 septembre jusqu'au samedi 16 septembre en fin de journée. Cette évolution ne montre aucune ressemblance avec l'évolution dynamique des polluants plus spécifiques au trafic, tels que NO et NO₂. L'évolution dynamique du NO et NO₂ dans les postes de mesure de Molenbeek et d'Ixelles est représentée à la figure 4.65. A la fin de la période (mardi 19 sept.), l'évolution dynamique des concentrations en PM se distingue à nouveau clairement de celle des NO_x.

Dans la figure 4.66, l'évolution dynamique des concentrations en PM10 dans quelques postes de mesures bruxellois est comparée à celle des postes de mesure d'Anvers (Borgerhout) et de Malines, où les PM10 sont mesurés de façon identique (PM10-FDMS). A quelques détails près, les concentrations en PM10 mesurées à Anvers (R801) et à Malines (ML01) sont pratiquement interchangeables avec les concentrations relevées à Bruxelles. Le phénomène des concentrations élevées semble donc s'être étendu sur un domaine spatialement beaucoup plus vaste que la Région de Bruxelles-Capitale.

Les graphiques des figures 4.67 et 4.68 montrent l'évolution dynamique, respectivement pour les concentrations en PM2,5 et les teneurs de la masse volatile (VO2,5), dans quelques postes bruxellois : Molenbeek, Uccle, Haren et le parc Meudon. Pour ces deux paramètres, on constate un profil quasi identique dans les différents postes de mesure.

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. La masse totale en nitrates et sulfates représente environ un tiers de la masse totale des PM10. L'accroissement progressif des concentrations en PM10 et PM2,5, le comportement différent de l'évolution dynamique des PM comparé à celui des polluants gazeux, la présence de concentrations élevées en PM sur un domaine spatialement étendu ainsi que la présence de concentrations élevées de sels d'ammonium font apparaître clairement que les concentrations élevées en PM sont en grande partie liées à un tout autre phénomène que les émissions directes de particules du trafic ou d'autres sources.

Déjà dans le passé, notamment la période de carnaval 2005 (fig. 4.62) et le lundi de Pâques 2005 (fig. 4.63), des concentrations très élevées en PM10 et PM2,5 ont été constatées dans des conditions similaires : des contributions réduites du trafic (congé), 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, NO₂, CO en CO₂) 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.

La journée sans voitures de 2006 a été précédée par un mois d'août plutôt froid et humide, ce qui n'a pas permis d'achever les récoltes avant fin août. La période d'épandage, qui se termine normalement vers fin août, a été prolongée exceptionnellement jusque mi-septembre. Durant les quelques jours qui ont précédé la journée sans voiture, il y avait donc une présence massive d'ammoniac venant des terres agricoles. Sous l'influence de conditions météorologiques spécifiques, ces émissions d'ammoniac ont conduit à une formation abondante de sels d'ammonium (aérosol secondaire) et, par conséquent, à des concentrations très élevées en PM10 et PM2,5.

Un phénomène semblable a été constaté plusieurs fois également au cours du mois d'avril 2007. Les activités agricoles étaient intenses fin mars et début avril 2007. Le temps en avril 2007 était exceptionnellement chaud, presque estival, avec des températures élevées pour la saison (> 25°C), ainsi que de fortes humidités relatives en matinée et en soirée.

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 l'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, il y a eu, en Région de Bruxelles-Capitale, au total 16 jours de dépassement de la valeur limite (50 µg/m³) 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.

Le profil journalier des concentrations en PM10 et PM2,5 du dimanche sans voiture (17 sept. 2006) au poste de Molenbeek est représenté dans les figures 4.70 et 4.71. Ce profil est comparé au profil journalier d'un dimanche moyen et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2006'. Les concentrations du dimanche sans voiture sont jusqu'à trois fois plus élevées que pendant un dimanche ou un jour ouvrable moyen. Ce constat se confirme dans tous les postes de mesures de PM de la Région. De plus, contrairement aux constats pour les polluants gazeux, on n'a constaté, dans aucun poste de mesure, un changement significatif de la concentration PM, en particulier, pas de diminution au début de la période d'interdiction, ni de hausse à la fin de celle-ci.

Le graphique à la figure 4.69 présente le profil moyen en PM10 sur les sept dimanches sans trafic de la période 2002-2008. Ce profil est comparé à celui de la moyenne de tous les dimanches et de tous les jours ouvrables des périodes 'mai- septembre 2002-2008'.

Le profil moyen en PM10 des journées sans voiture est du même niveau que le profil moyen des dimanches et n'est que légèrement inférieur au profil moyen des jours ouvrables. Dans aucun poste, on ne note de changement significatif des concentrations, ni au début, ni à la fin de la période d'interdiction du trafic. Ceci marque également une différence nette avec les constatations établies pour les polluants gazeux.

Sable du Sahara: le graphique à la figure 4.72 représente l'évolution des concentrations en PM10 et PM2,5, allant du vendredi 23 au vendredi 30 mars 2007. On distingue clairement deux pics de concentration, un premier pic qui se partage entre le 24 et le 25 mars et un deuxième le jeudi 29 mars.

La nuit du samedi 24 au dimanche 25 mars 2007, des concentrations très élevées en PM10 ont été mesurées dans tous les postes bruxellois et les postes des régions avoisinantes. Un dépassement inattendu de la valeur limite de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en tant que concentration moyenne journalière des PM10 a été constaté pour ces deux jours. Dans le graphique, on peut observer que la concentration en PM2,5 est bien inférieure à celle de PM10 et qu'elle ne représente qu'environ 45% de la concentration totale de PM10. Le profil des paramètres VO10 et VO2,5 révèle qu'il n'y a pratiquement pas de masse volatile présente. Il s'agit ici d'un transport à longue distance du sable venant des déserts du Nord d'Afrique (cfr. étude des trajectoires par l'IRM, voir fig. 4.73).

Le deuxième pic, qui résulte également en un dépassement, se présente de façon totalement différente. La fraction PM2,5 représente environ 86% de la masse totale des PM10 et il y a clairement une présence de masse volatile. L'analyse de filtres supplémentaires échantillonnés à Uccle, montre une concentration de sels d'ammonium d'environ $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (surtout des nitrates) pour ce deuxième pic, à comparer à environ $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durant le premier pic. La présence de l'aérosol secondaire est la cause principale de ce dépassement.

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 limitée 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 NO₂
- l'expérience avec les dimanches sans voiture du 21 septembre 2003 et du 17 septembre 2006, et d'autres 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 NO₂
- 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 $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (moyenne journalière) dépasserait encore le nombre maximal autorisé (maximum 35 jours par an)

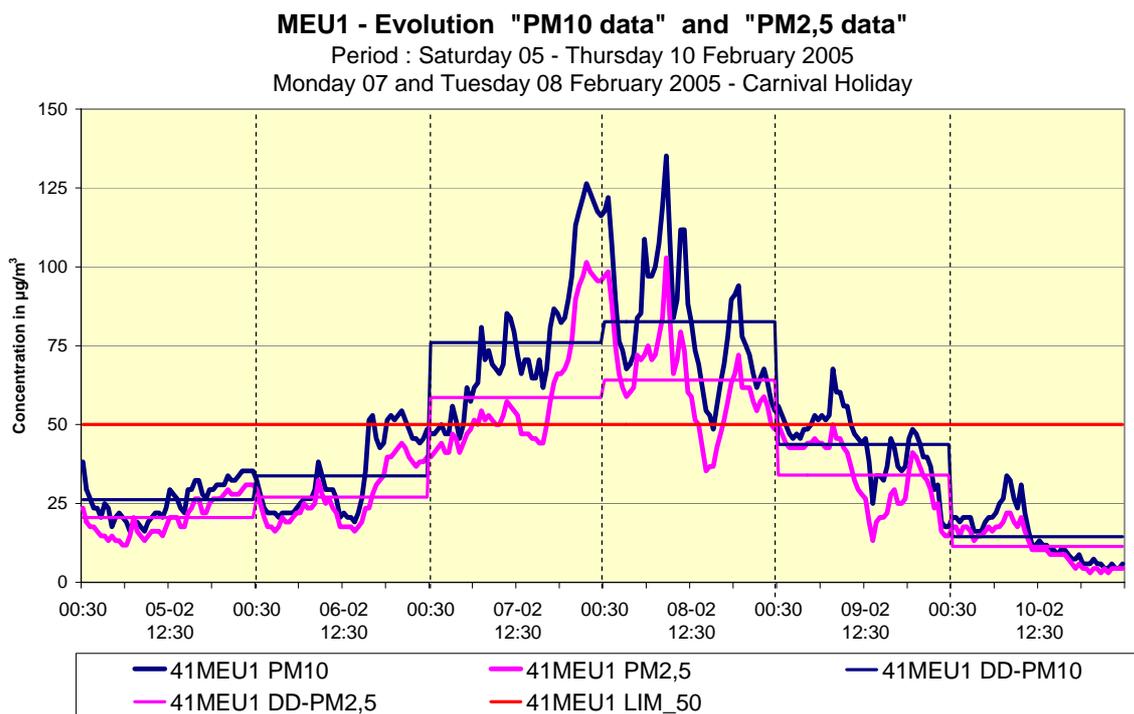


Fig. 4.62: Parc Meudon – Évolution des concentrations PM10 et PM2,5 (facteur de correction 1,47)
 Période : samedi 5 – jeudi 10 février 2005
 Congé de carnaval le lundi 7 en mardi 8 février 2005

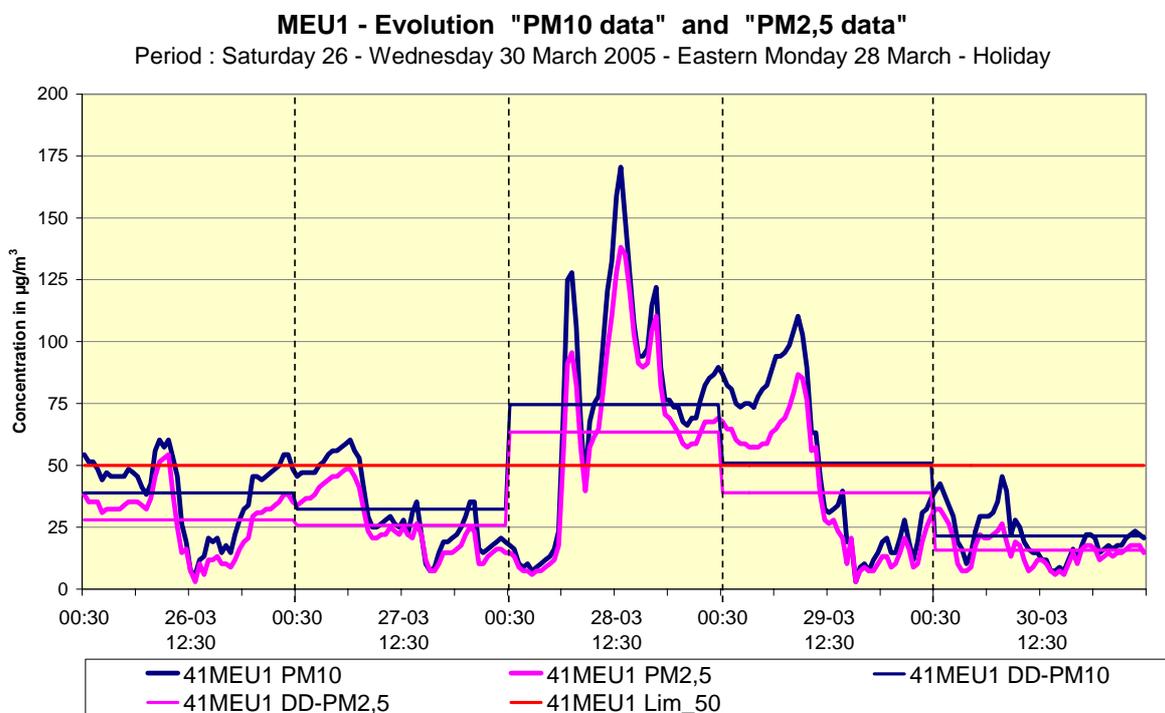


Fig. 4.63: Parc Meudon – Évolution des concentrations PM10 et PM2,5 (facteur de correction 1,47)
 Période : samedi 26 – mercredi 30 mars 2005 // Lundi de Pâques 28 mars

R001 - Evolution "PM10-FDMS" , "PM2,5-FDMS" and VOLATILE Fraction

Period : Thursday 14 - Tuesday 19 September 2006

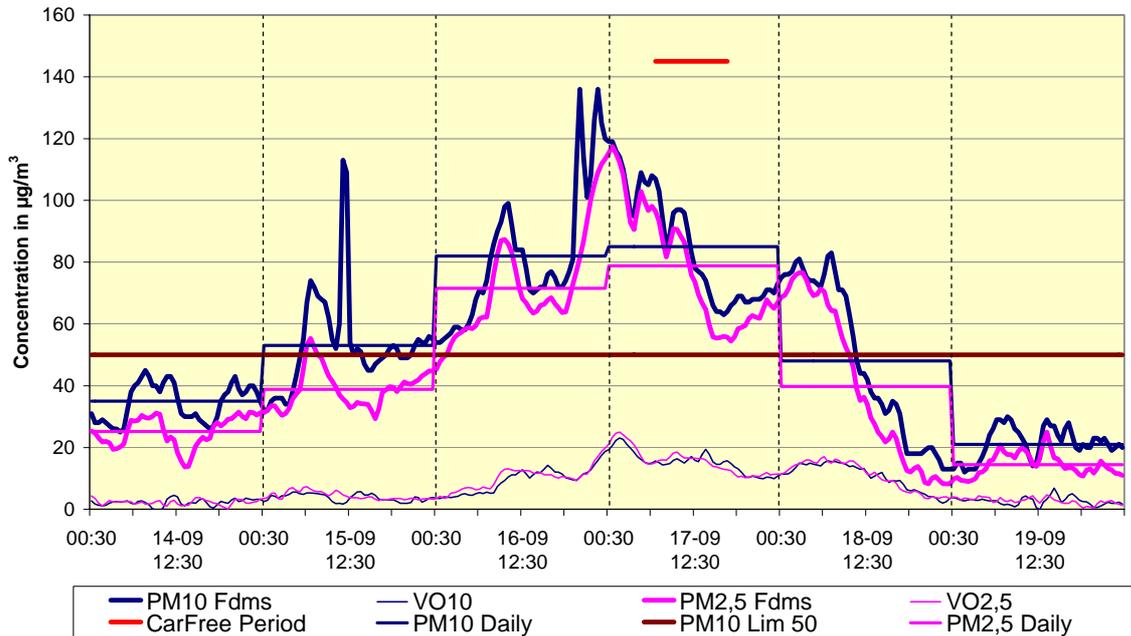


Fig. 4.64: Poste de mesure de Molenbeek (R001) – Évolution valeurs semi horaires en PM10, PM2,5 la massa volatile de deux fractions (VO10 et VO2,5) – Évolution valeurs journalières PM10 et PM2,5 Période: jeudi 14 – mardi 19 septembre 2006

R001 and R002 - Evolution NO and NO₂

Period : Thursday 14 - Tuesday 19 September 2006

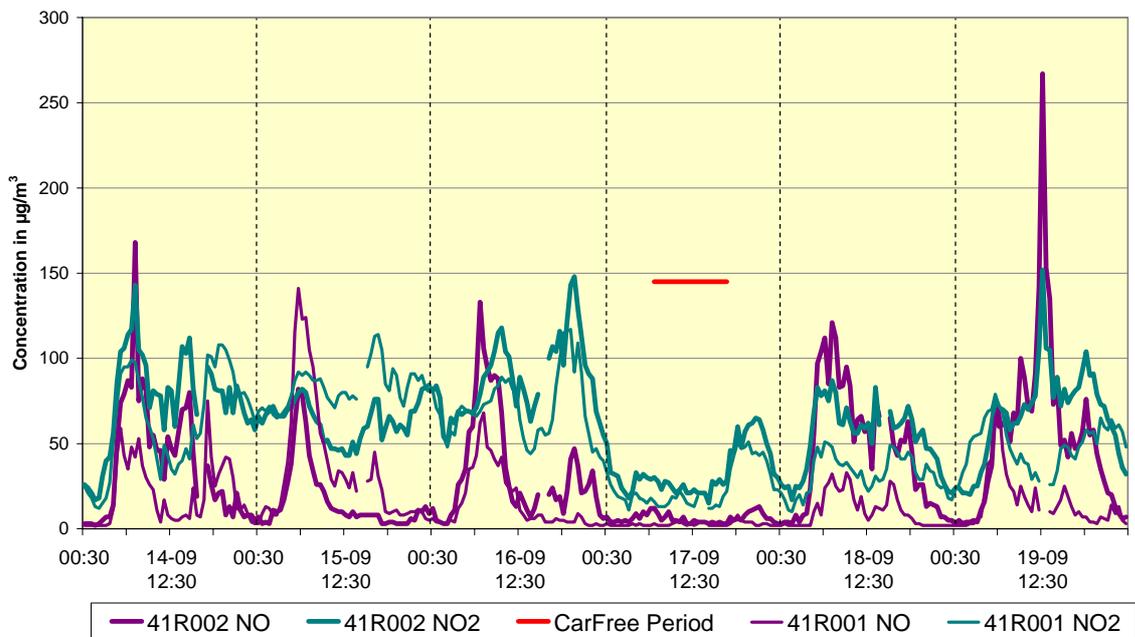


Fig. 4.65: Postes de mesure d'Ixelles et de Molenbeek (R001) – Évolution valeurs semi horaires en NO et NO₂ durant la période 'jeudi 14 – mardi 19 septembre 2006'

Evolution "PM10-FDMS" in BRUSSELS, MECHELEN and ANTWERP

Period : Thursday 14 - Tuesday 19 September 2006

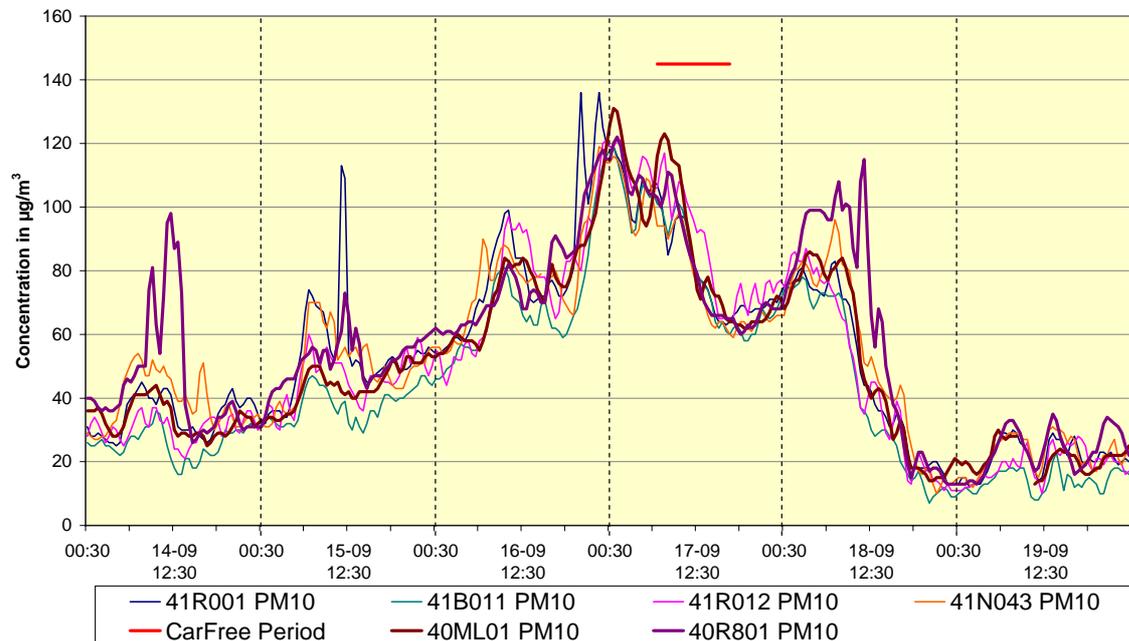


Fig. 4.66: Évolution des valeurs semi horaires en PM10 durant la période 14-19 septembre 2006
 Comparaison des niveaux PM10 dans différents postes de mesure à Bruxelles (Molenbeek, Berchem, Uccle et Haren) et les postes de mesure de Malines (40ML01) et Anvers – Borgerhout (40R801)

Evolution "PM2,5-FDMS" at different Measuring Sites

Period : Thursday 14 - Tuesday 19 September 2006

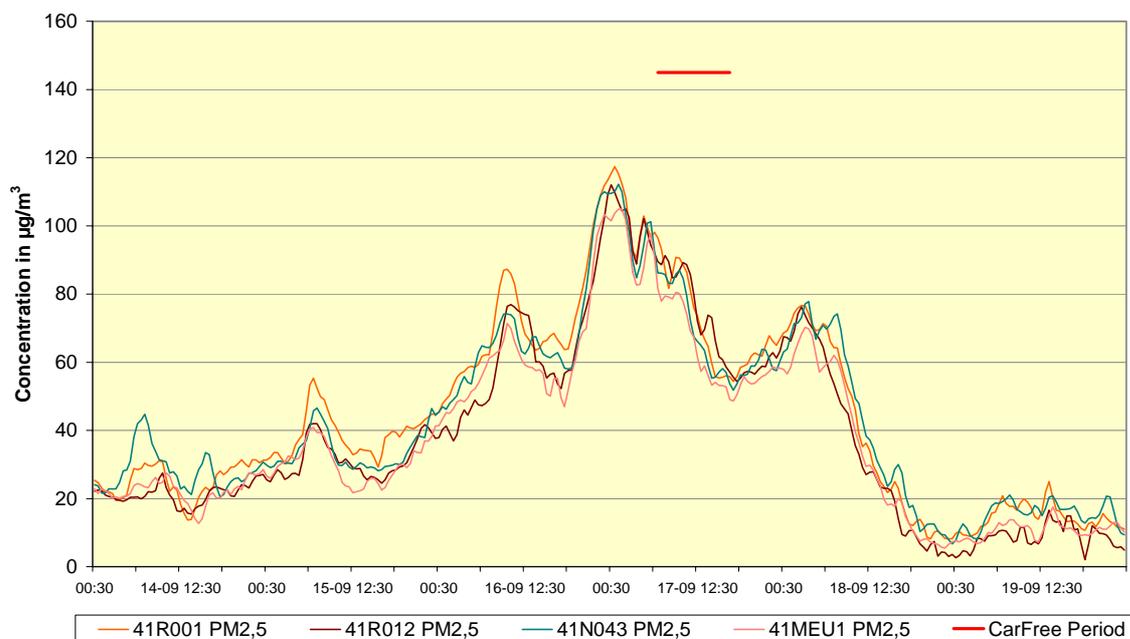


Fig. 4.67: Évolution des valeurs semi horaires en PM2,5 durant la période 14-19 septembre 2006
 Comparaison des niveaux PM2,5 à différents endroits (Molenbeek, Uccle, Haren et Meudon)

Evolution VOLATILE Fraction of PM_{2,5} at different Measuring Sites

Period : Thursday 14 - Tuesday 19 September 2006

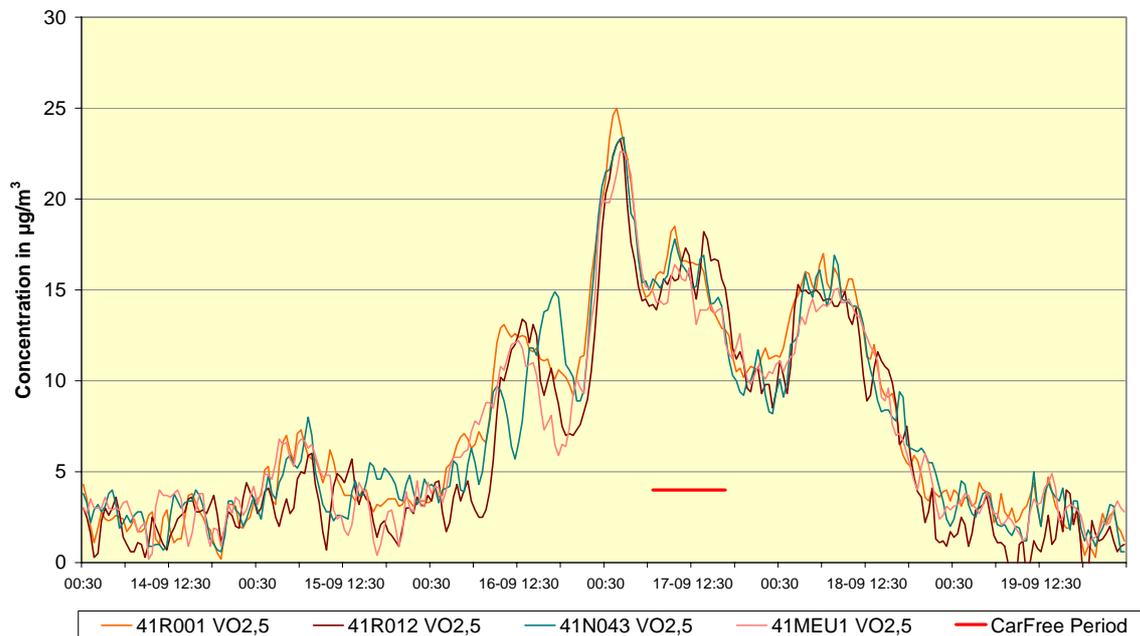


Fig. 4.68: Évolution de la masse volatile dans la fraction PM_{2,5} – Période 14-19 septembre 2006
 Comparaison des niveaux VO_{2,5} à différents endroits (Molenbeek, Uccle, Haren et Meudon)

R001 - MOLENBEEK

Average of CAR FREE Sundays, Mean Sundays and Mean Weekdays
 in the period 'May - September [2002-2008]'

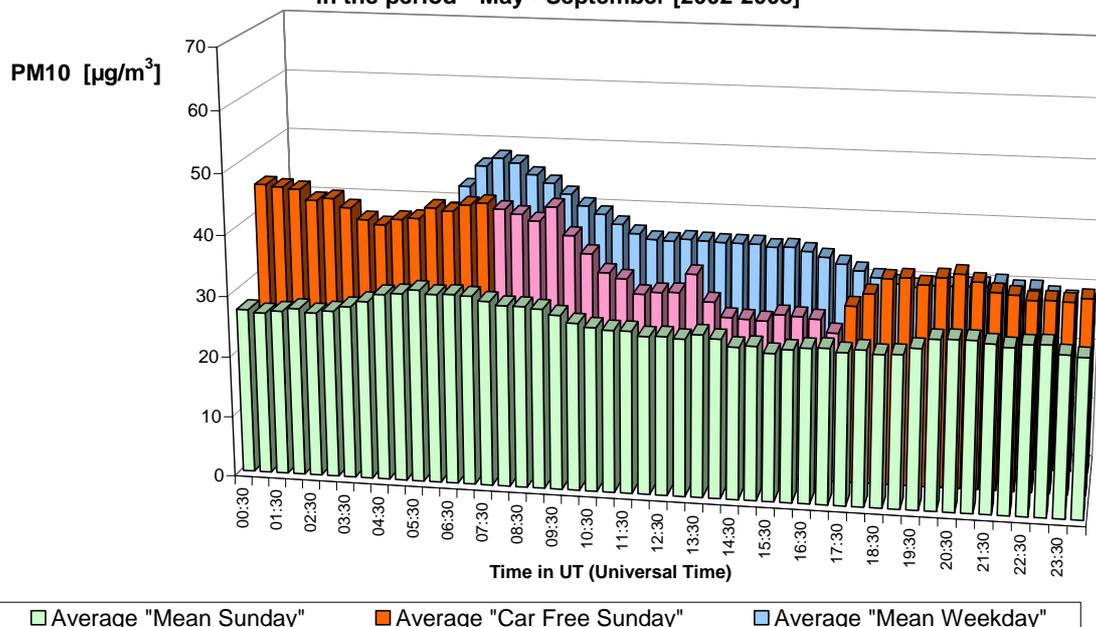


Fig. 4.69: PM₁₀ à Molenbeek – Profil journalier moyen sur les 7 dimanches sans voiture et sur tous les dimanches et jours ouvrables des périodes 'mai – septembre 2002-2008'

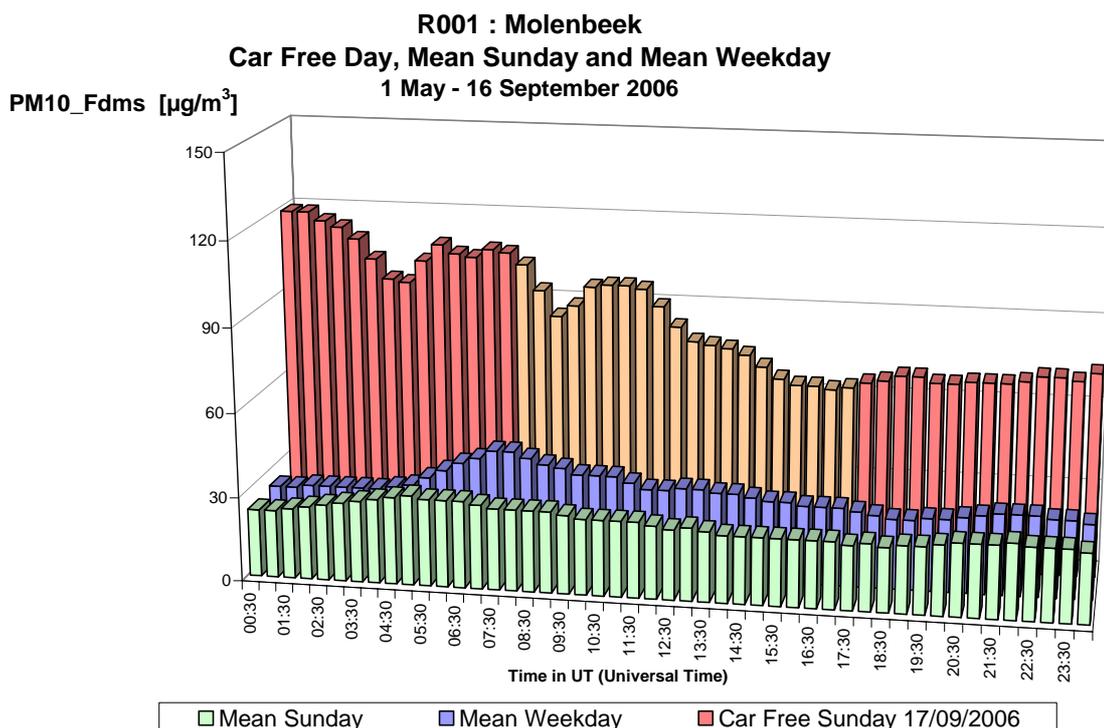


Fig. 4.70: PM10 à Molenbeek – Profil journalier d'un dimanche moyen et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2006' – Profil journalier du dimanche sans trafic 17-09-2006

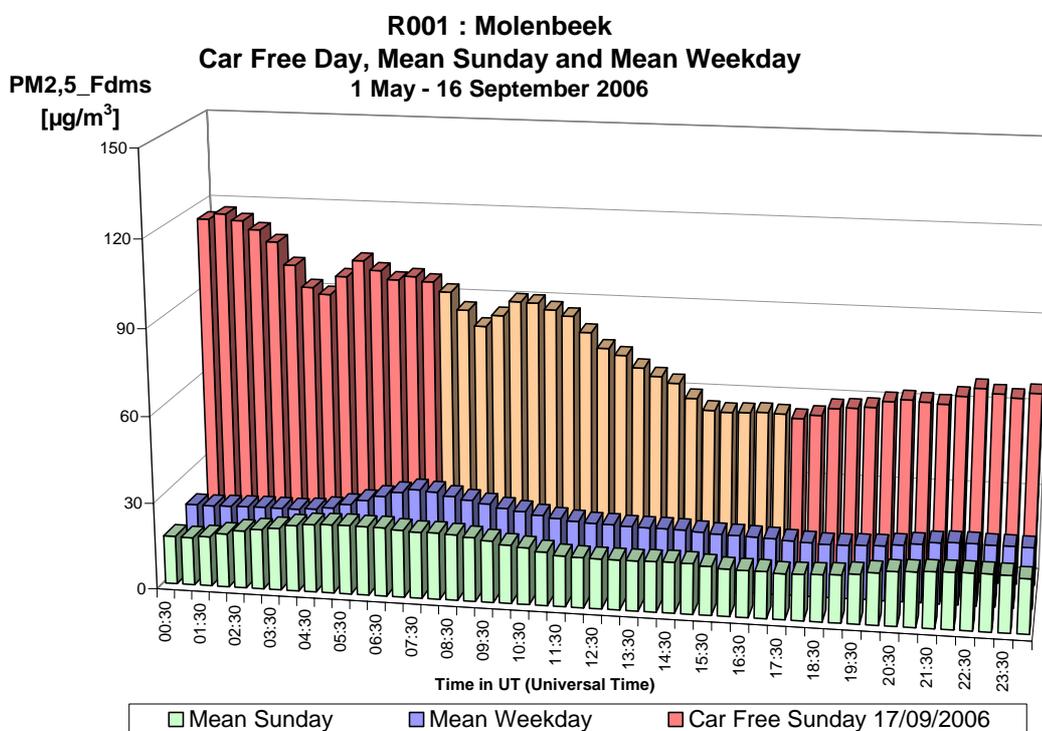


Fig. 4.71: PM2,5 à Molenbeek – Profil journalier d'un dimanche moyen et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2006' – Profil journalier du dimanche sans trafic 17-09-2006

R012 - Evolution "PM10-FDMS" , "PM2,5-FDMS" , VOLATILE Fraction
 Period : Friday 23 - Friday 30 March 2007

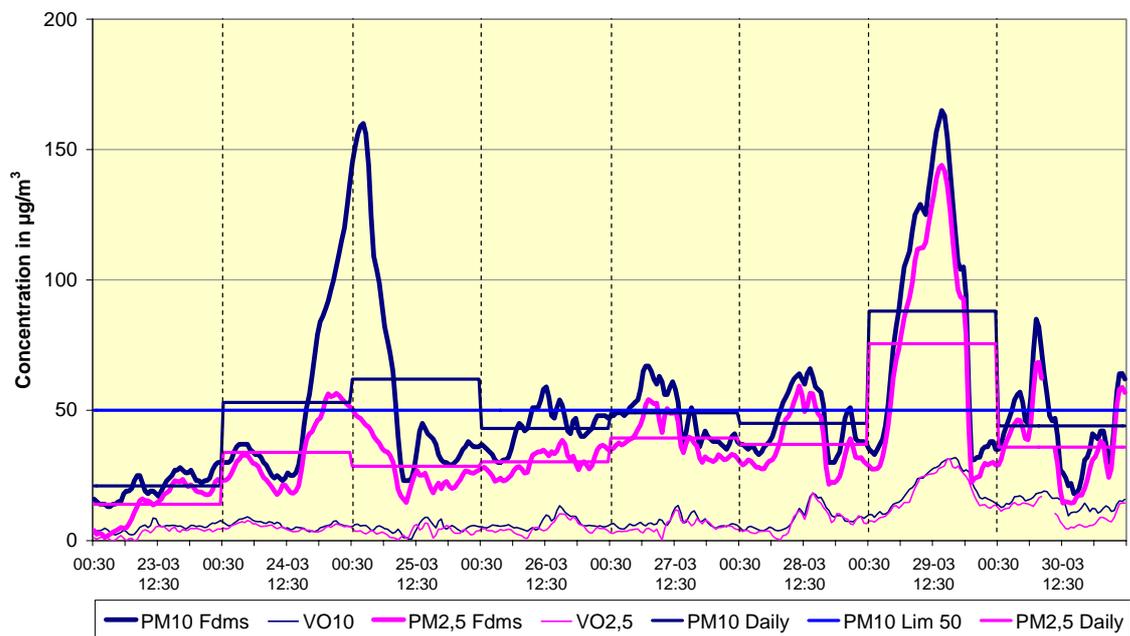


Fig. 4.72: Poste de mesure à Uccle – Évolution des concentrations en PM10 et PM2,5
 Période: vendredi 23 – vendredi 30 mars 2007
 Sable du Sahara dans la nuit du 24 au 25 mars – aérosol secondaire le jeudi 29 mars

(a) 4 day backwards trajectory, date: 20070325.06

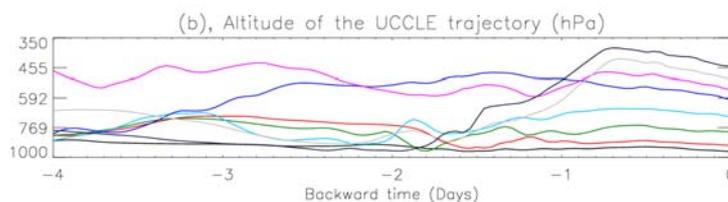
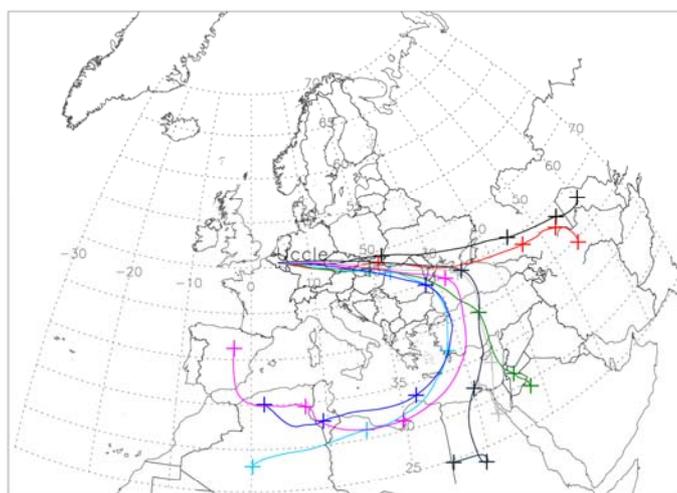


Fig. 4.73: Trajets de transport du sable du Sahara

4.3.10 Historique – Estimation de l'évolution PM10 à long terme (1981-2008)

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 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	$DUST = 2,3665 \cdot PM10_données\ brutes$
Haren	$DUST = 1,5143 \cdot PM10_données\ brutes$

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:

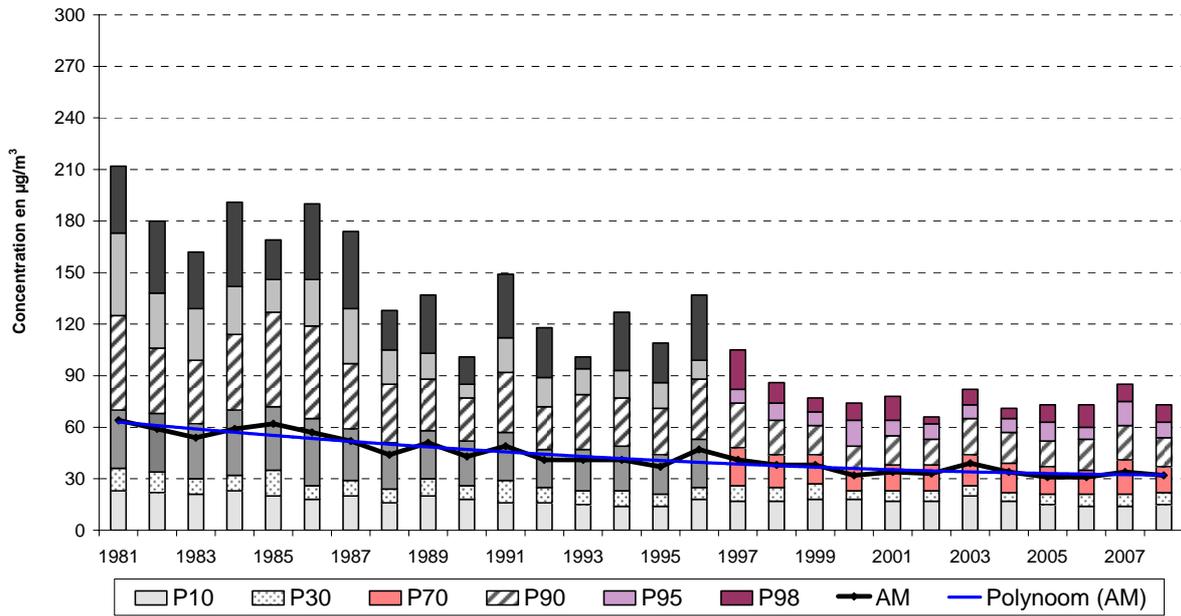
Molenbeek	$PM10_FDMS = 1,30 \cdot PM10_données\ brutes$
Haren	$PM10_FDMS = 1,20 \cdot PM10_données\ brutes$

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 4.74 représente, à l'aide des résultats de la distribution des fréquences cumulées, l'évolution des concentrations PM10 estimées durant la période 1981-2008. Le graphique du dessus fait référence aux données du poste de mesure de Molenbeek et celui du dessous au poste de mesure de Haren. 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 4.75 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 donnée à la figure 4.76. 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. Le tableau IV.26 établit les données numériques correspondantes.

PM10 à MOLENBEEK - EVOLUTION dans le TEMPS
DISTRIBUTION FREQUENCES CUMULEES - VALEURS JOURNALIERES (1981-2008)
 1981-1996 : DUST_to_PM10_{FDMS} - 1997-2003 : PM10_{Raw_to_PM10FDMS} - 2004... : PM10_{FDMS}



PM10 à HAREN (N043) - EVOLUTION dans le TEMPS
DISTRIBUTION FREQUENCES CUMULEES - VALEURS JOURNALIERES (1981-2008)
 1981-1997 : DUST_to_PM10_{FDMS} - 1998-2004 : PM10_{Raw_to_PM10FDMS} - 2005... : PM10_{FDMS}

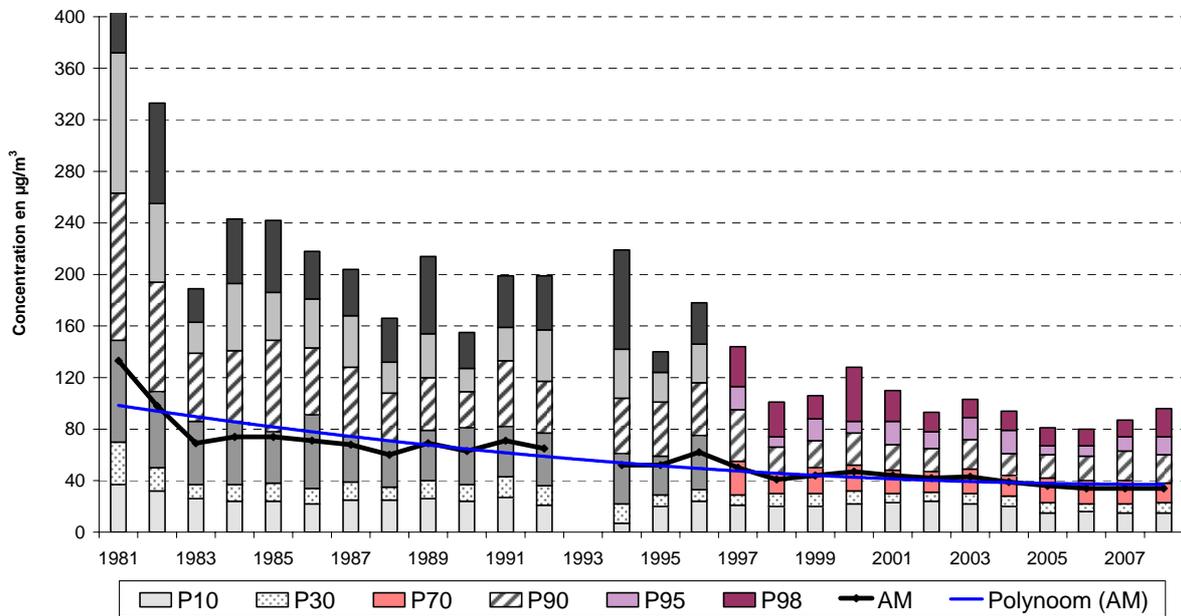
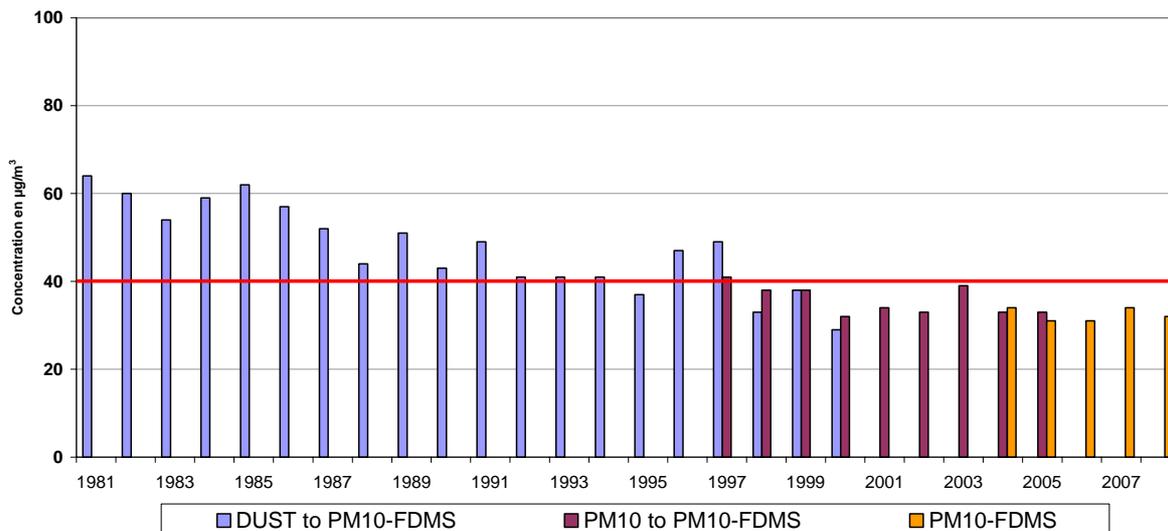


Fig. 4.74: PM10 – Postes de mesure de Molenbeek et Haren
 Estimation de l'évolution des concentrations à plus long terme (1981-2008)

1981-1997: conversion données DUST en PM10_{FDMS}
 1998 – 2004: conversion de PM10_{données brutes} en PM10_{FDMS}
 2004 – 2008 : résultats mesures PM10_{FDMS}

PM10 à MOLENBEEK : EVOLUTION CONC. MOYENNE ANNUELLE
PERIODE : 1981 - 2008



PM10 à HAREN : EVOLUTION CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE
PERIODE : 1981 - 2008

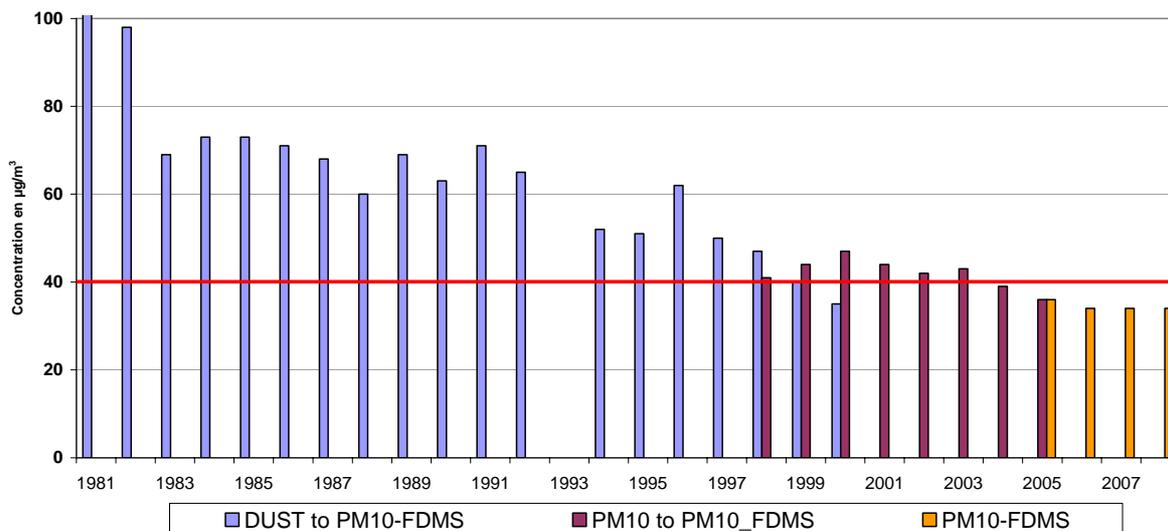


Fig. 4.75: PM10 – Postes de mesure de Molenbeek et Haren
 Estimation de l'évolution de la concentration moyenne annuelle (1981-2008)

1981-1997: conversion données DUST en PM10_FDMS
 1998 – 2004: conversion de PM10_données brutes en PM10_FDMS
 2004 – 2008 : résultats mesures PM10_FDMS

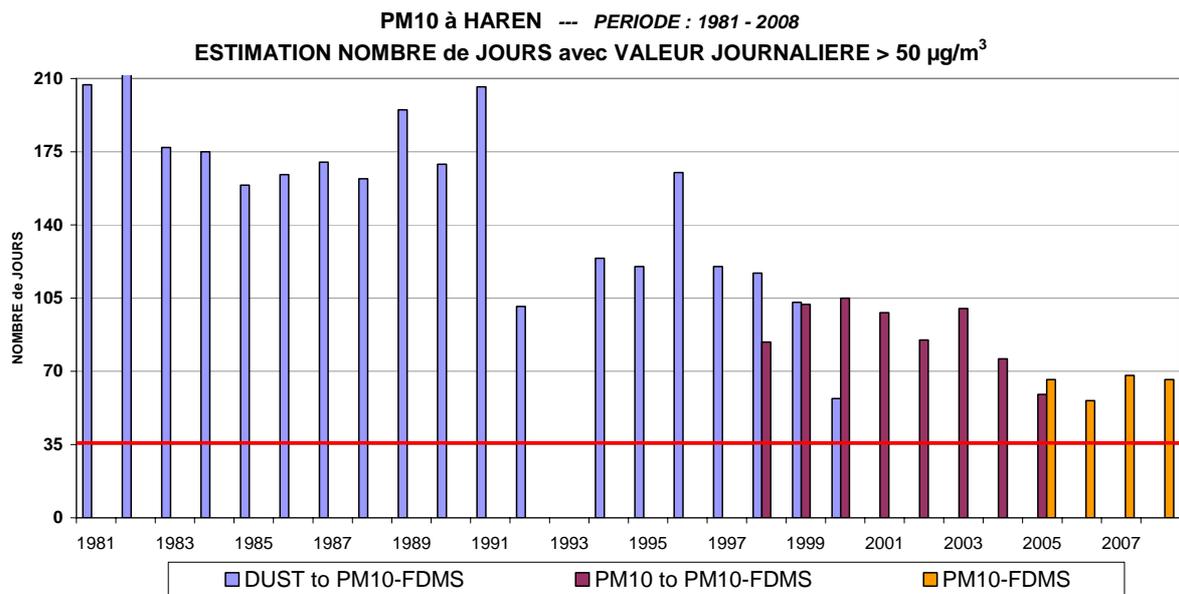
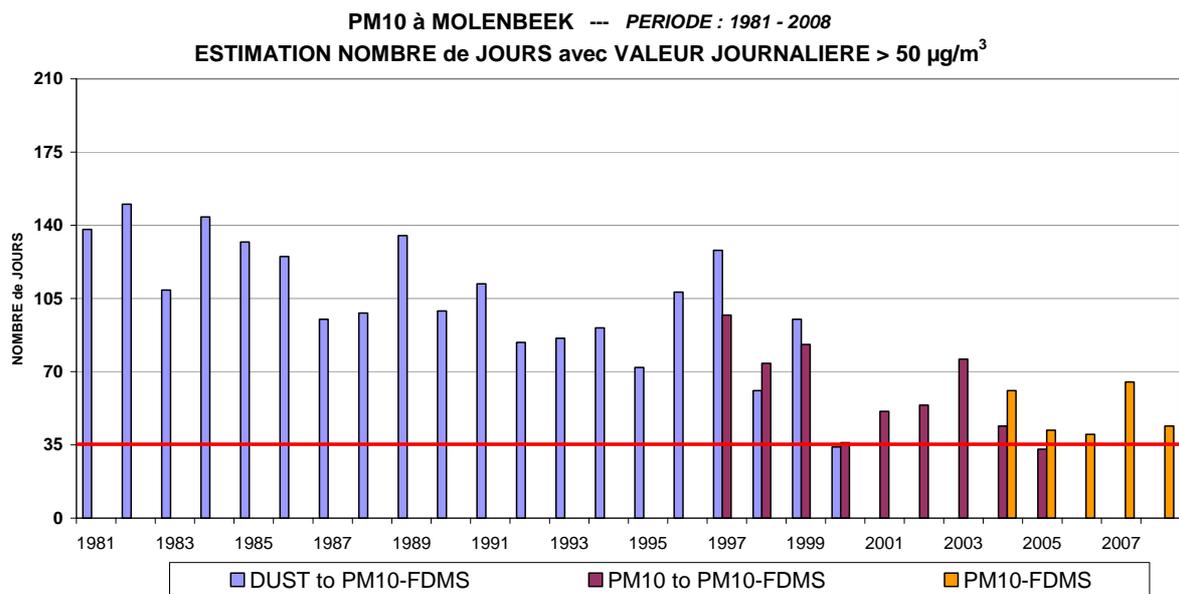


Fig. 4.76: PM10 – Postes de mesures de Molenbeek et Haren
 Estimation du nombre de jours de dépassement – Valeur journalière > 50 µg/m³
 Période 1981 – 2008

1981-1997: conversion données DUST en PM10_FDMS
 1998 – 2004: conversion PM10_données brutes en PM10_FDMS
 2004 – 2008 : résultats de mesures PM10_FDMS

Tableau IV.26: **PM10-ÉVOLUTION à LONG TERME - PÉRIODE 1981-2008**
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
2006	31	34	40	56
2007	34	34	65	68
2008	32	34	44	66

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^{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 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 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 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 Haren.

La figure 4.77 représente, pour le poste de mesure du Parc Meudon, l'évolution des valeurs statistiques annuelles (centiles de la distribution de fréquences cumulées) de la période 2000-2008. 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.

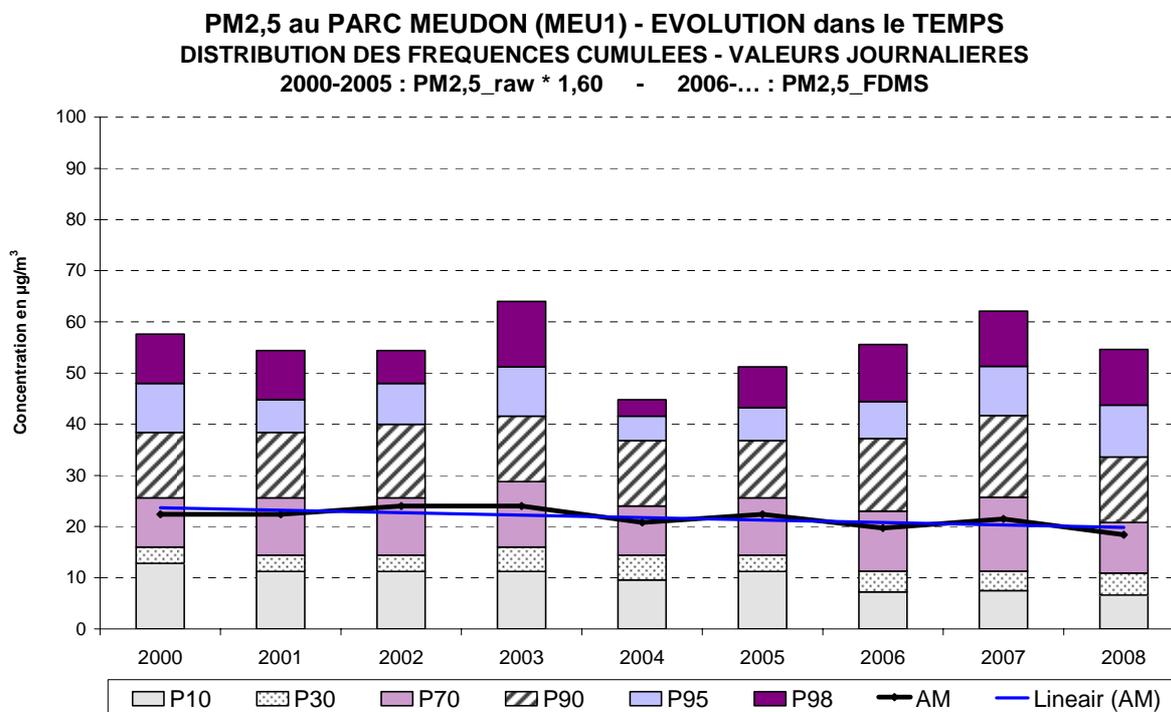


Fig. 4.77: PM2,5 – Évolution des concentrations au poste du Parc Meudon (MEU1)
 « PM2,5 * 1,60 » : 2000-2005 --- PM2,5_FDMS : 2006-2008

Le tableau IV.27 établit les résultats numériques de PM_{2,5} : pour la période 2000-2005, il s'agit des données PM_{2,5} brutes, ainsi que des données converties (facteur 1,60). A partir de l'année 2006, les résultats PM_{2,5}_FDMS sont communiqués. Le tableau reprend la concentration moyenne annuelle (MOY) et le centile 98 (P98).

La valeur cible de 25 µg/m³ PM_{2,5} 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 µg/m³ prévue pour 2020.

Dans la figure 4.78, 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 2007 – mars 2008' et la carte d'en bas, la situation durant la période estivale 'avril – septembre 2008'. La concentration moyenne est un peu plus élevée par vent de secteur Sud-Est.

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 2007 – mars 2008' et le graphique du dessous à la période estivale 'avril – septembre 2008'. Pour les PM_{2,5}, on remarque 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 4.80 reproduit l'évolution journalière moyenne pour les PM_{2,5} au poste de mesure de Haren durant la période hivernale 'octobre 2007 – mars 2008' et durant la période estivale 'avril – septembre 2008'. 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, 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 et P98
 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

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

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

PM2,5 données brutes
PM2,5 * 1,60
PM2,5_FDMS

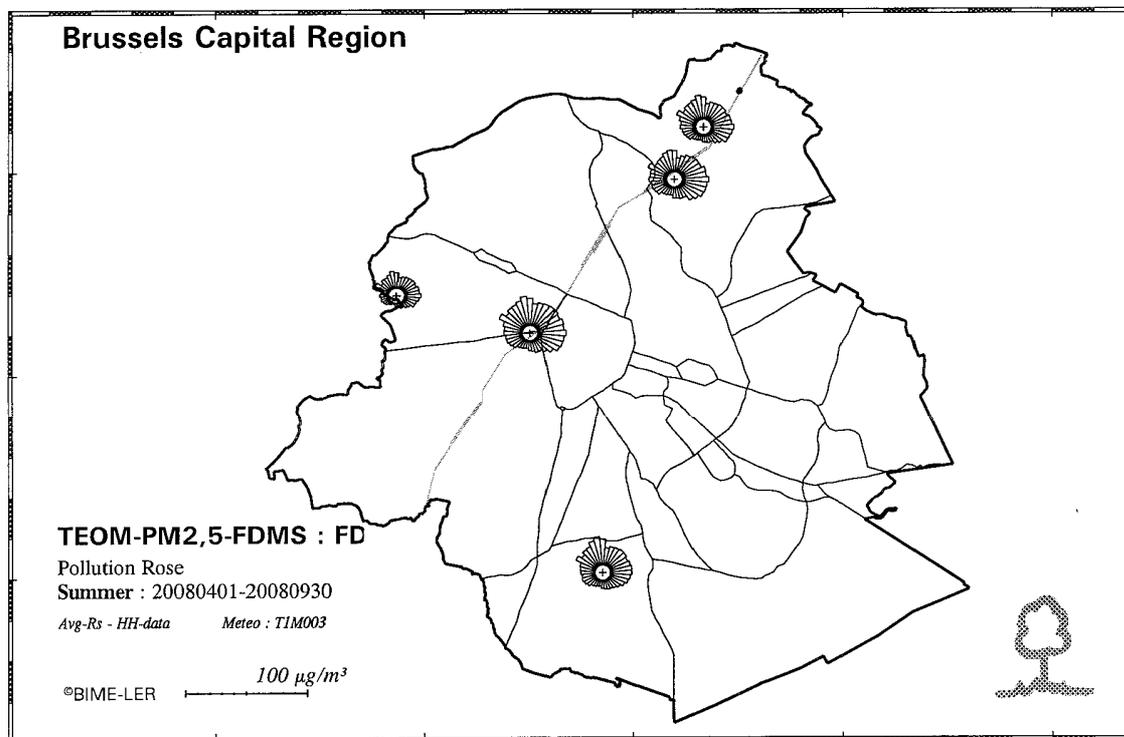
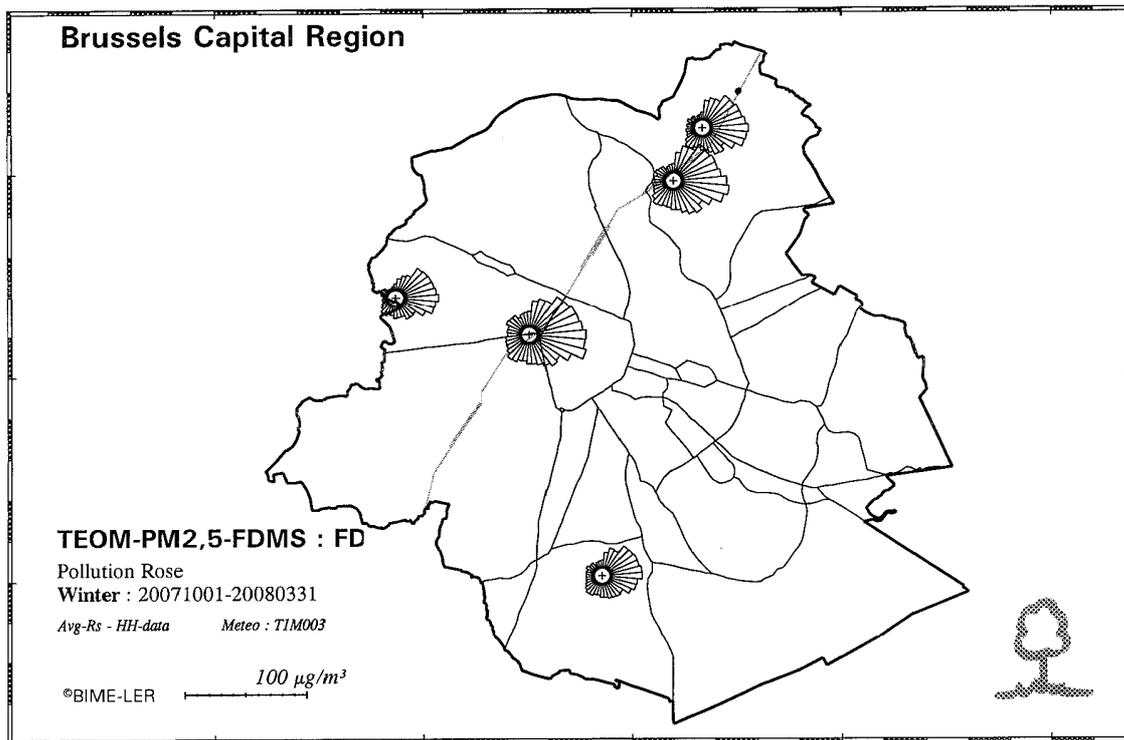
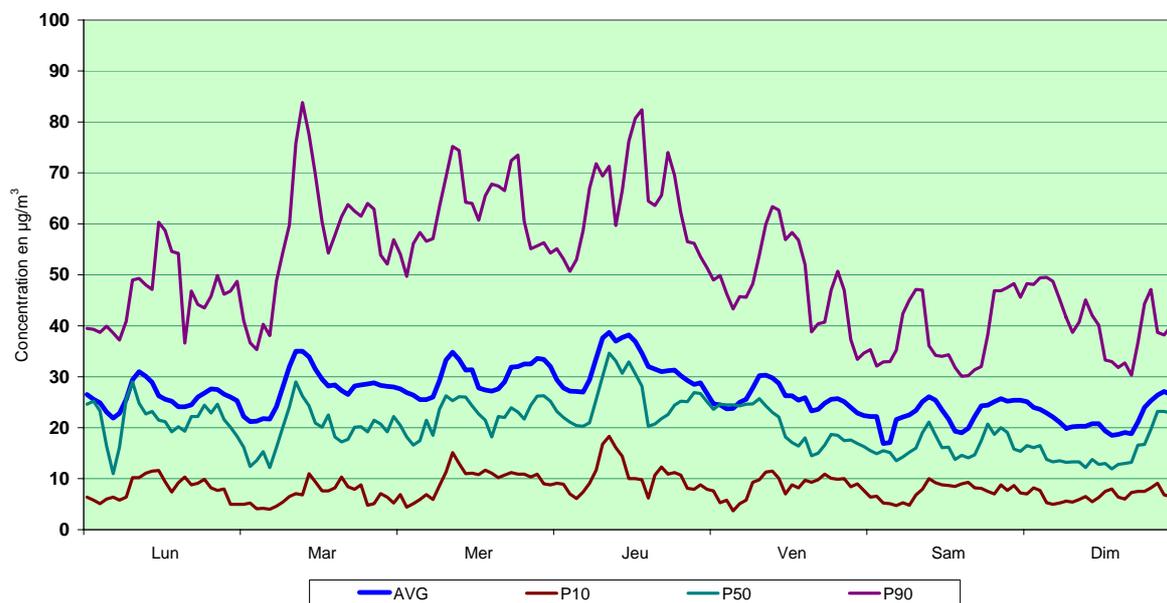


Fig. 4.78: PM2,5 - roses de pollution pendant l'hiver et l'été

PM2,5_FDMS à MOLENBEEK (R001)
 EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
 Période HIVERNALE : OCTOBRE 2007 - MARS 2008



PM2,5_FDMS à MOLENBEEK (R001)
 EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
 Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2008

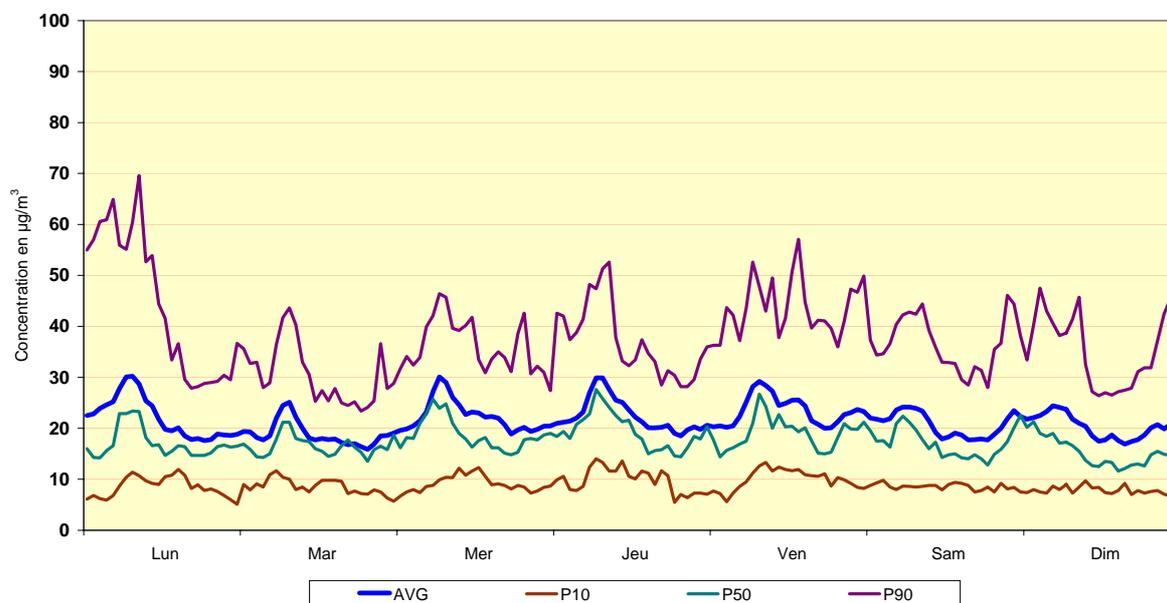
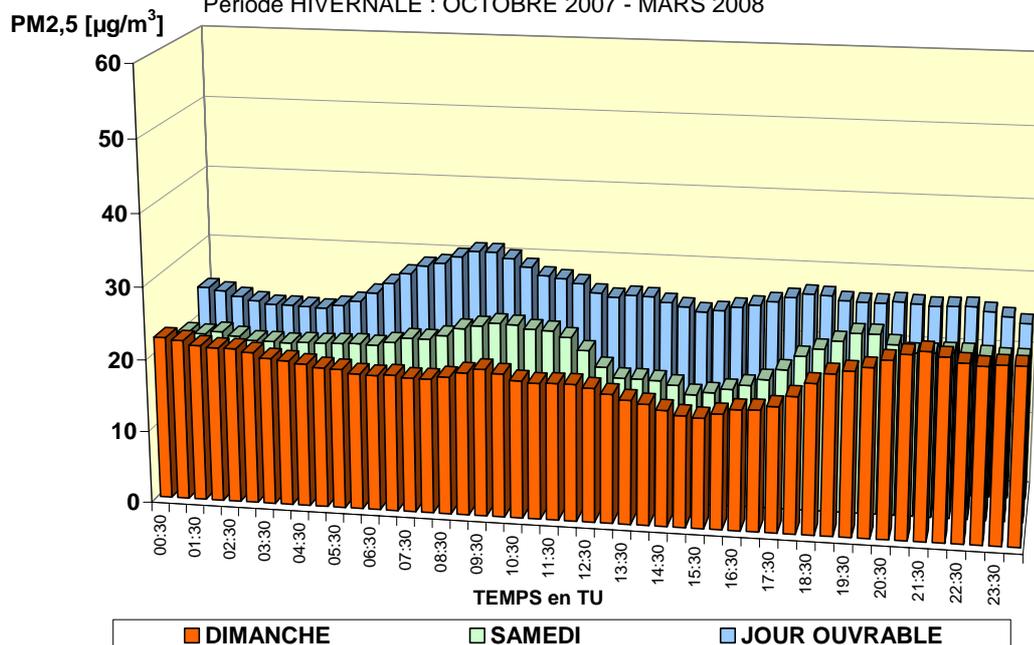


Fig. 4.79: PM2,5 – évolution hebdomadaire moyenne pendant l'hiver et l'été
 Poste de mesure à Molenbeek – Période hivernale 'octobre 2007 – mars 2008' et
 Période estivale 'avril – septembre 2008'

**PM2,5-FDMS - HAREN (N043) - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE
COMPARAISON DIMANCHE, SAMEDI et JOUR OUVRABLE MOYEN**

Période HIVERNALE : OCTOBRE 2007 - MARS 2008



**PM2,5_FDMS - HAREN (N043) - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE
COMPARAISON DIMANCHE, SAMEDI et JOUR OUVRABLE MOYEN**

Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2008

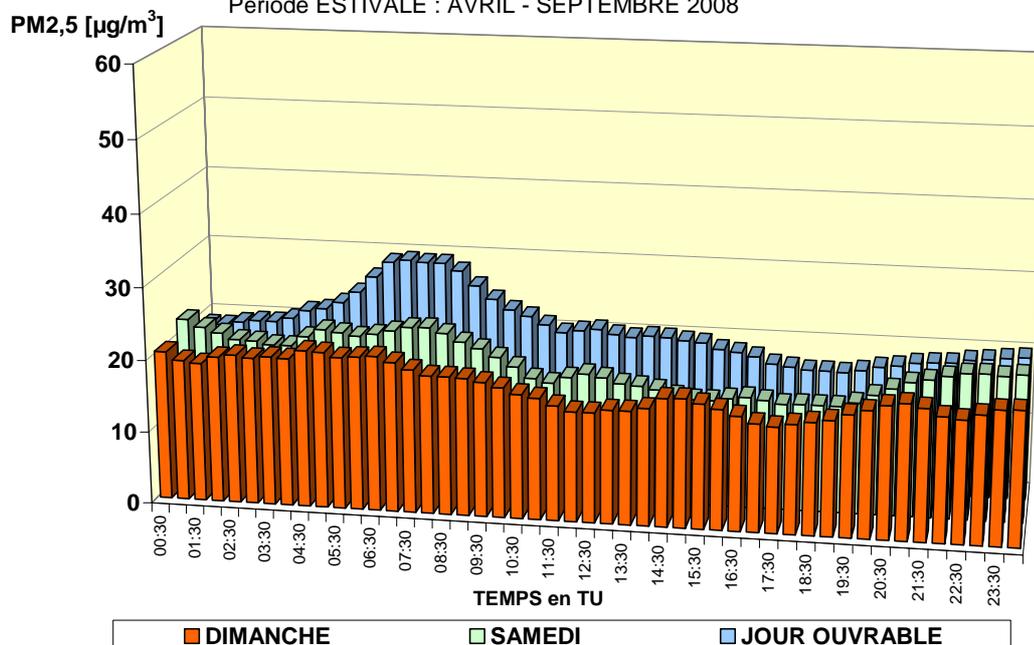


Fig. 4.80: PM2,5 – évolution journalière moyenne (dimanche, samedi, jour ouvrable) en hiver et en été. Poste de mesure à Haren
Période hivernale 'octobre 2007 – mars 2008' et estivale 'avril – septembre 2008'

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, Haren et Uccle) et pour les années 2006, 2007 et 2008, 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/m³* et *tous les jours non ouvrables avec une valeur journalière supérieure à 50 µg/m³*. Pour les PM10, il ne peut pas y avoir plus de 35 jours par an avec une concentration journalière supérieure à 50 µg/m³ (valeur limite).

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 Haren 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 Haren, 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 - Haren		
	2006	2007	2008	2006	2007	2008	2006	2007	2008
%mass/mass									
All Days	76,5	72,4	70,6	58,6	71,4	75,4	71,2	77,1	62,9
All Excd Days	86,0	78,1	72,9	74,0	78,7	80,8	77,0	76,6	58,2
Nwrk Excd Days	90,2	82,6	78,9	80,2	79,1	87,5	88,5	83,4	76,9

4.3.12 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

-- : 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.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

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

PM2,5_données brutes
PM2,5_FDMS

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. Accepted for publication.
 Vol. No. 3, Issue Number 4, 2009 – Manuscript Number Assigned **IJEWM-07-0108**

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 6th 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

4.3.13 Nombre de Particules

Depuis début juillet 2008 un appareil Grimm GR187 du type néphélométrie laser est utilisé dans le poste de mesure de Woluwé afin de compter le nombre de particules : le nombre de particules est déterminé pour 31 différentes classes de taille dans la gamme de 0,25 µm à 32 µm.

Le tableau IV.30 représente, pour certaines classes de particules, les résultats de la distribution des fréquences cumulées du nombre de particules. Il s'agit des résultats de la période hivernale 'octobre 2008 – mars 2009'. 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 – Distribution de Fréquences Cumulées**
[Nombre de particules par litre d'air]

PÉRIODE : OCTOBRE 2008 – MARS 2009

Classe	P10	P30	P50	P70	P90	P95	P98	MAX	AVG
> 0,25 µm	84.100	202.700	323.000	461.800	668.500	798.900	1.006.600	1.690.100	362.100
> 0,30 µm	24.750	64.390	123.930	210.760	352.010	422.170	493.700	750.130	159.690
> 0,40 µm	8.740	17.640	33.210	68.320	146.130	186.820	231.900	385.150	57.690
> 0,50 µm	4.120	7.120	11.000	20.830	53.440	75.820	94.510	194.250	20.710
> 0,65 µm	1.510	2.490	3.390	4.930	10.910	16.970	22.730	61.970	5.170
> 1,0 µm	448	789	1.139	1.568	2.553	3.188	4.227	12.293	1.373
> 1,6 µm	171	326	480	666	1.022	1.248	1.561	6.513	558
> 2,5 µm	39	81	124	175	266	325	407	3.413	145
> 10,0 µm	0	0	1	1	3	4	9	297	2
2,5<X<10,0	38	80	122	173	263	322	398	3.326	143

Les figures 4.81 et 4.82 représentent, pour une sélection de différentes classes de particules, l'évolution des résultats de comptage du nombre de particules, respectivement pour le mois de septembre et de décembre 2008. Les résultats sont donnés pour des classes relativement similaires à celles reprises dans le tableau ci-dessus. Vu la grande différence dans l'ordre de grandeur du nombre de particules (quelques uns à des centaines de milliers), les graphiques représentent le logarithme du nombre de particules : une échelle de 6 correspond à un million de particules.

Le plus grand nombre de particules du mois de septembre a été constaté le dimanche matin 21 septembre 2008 entre 02:00 et 06:00 h TU et dans la nuit du dimanche 28 au lundi 29 septembre, entre 21:00 et 06:00 h TU. Pendant ces périodes plutôt calmes, plus d'un million de particules par litre d'air ont été comptées. Pour le mois de décembre 2008 le plus grand nombre de particules a été constaté à la fin du mois. A partir du mardi 30 décembre vers 14:00 h TU et jusqu'au 1^{er} janvier 2009, dans les petites heures, plus d'un million et demi de particules sont comptées. On constate d'ailleurs une augmentation progressive du nombre de particules très fines entre le vendredi 26 et le mercredi 31 décembre 2008. Il s'agit ici probablement de conditions météorologiques qui favorisent d'une part l'accumulation (faible dispersion) et d'autre part le processus de nucléation.

Durant le mois de septembre 2008 et plus précisément du mardi 16 au vendredi 19 et du lundi 22 au vendredi 26 septembre, il y a eu plusieurs périodes où un accroissement important du nombre de particules plus grosses ($>5 \mu\text{m}$, $>7,5 \mu\text{m}$ et $>10 \mu\text{m}$) a été constaté. Il s'agit clairement d'une (re)mise en suspension de particules plus grosses par temps plus sec (humidité plus basse en fonction d'une température croissante), sous influence d'activités locales et/ou du trafic routier. En décembre 2008, on constate un accroissement important du nombre de particules plus grosses quelques heures avant et jusqu'au réveillon du Nouvel An. Ceci correspond probablement aux festivités traditionnelles (p.ex. feux d'artifices, ...).

Les graphiques des figures 4.83 à 4.86 représentent, pour un certain nombre de classes de particules, l'évolution journalière moyenne d'un dimanche, d'un samedi et d'un jour ouvrable moyen pour la période hivernale 'octobre 2008 – mars 2009'.

Le graphique de la figure 4.83 donne les résultats du nombre de particules qui sont plus grandes que $0,25 \mu\text{m}$. Pour la période considérée les résultats sont plus élevés le samedi moyen, suivi par un jour ouvrable et un dimanche moyen. Le dimanche moyen il y a plus de particules présentes durant les heures de nuit que durant la journée. Le graphique de la figure 4.84 donne les résultats pour le nombre de particules qui sont plus grandes que $0,50 \mu\text{m}$. Leur nombre est clairement inférieur les dimanches, mais bien comparable entre les samedis et les jours ouvrables. Les dimanches, le nombre de particules est le plus élevé durant la nuit.

Les graphiques des figures 4.85 et 4.86 donnent des résultats analogues, respectivement pour les particules plus grandes que $1,00 \mu\text{m}$ et $2,50 \mu\text{m}$. Le constat pour les particules plus grandes que $1,00 \mu\text{m}$ est identique à celui des particules plus grandes que $0,50 \mu\text{m}$. Par contre, pour les particules de plus grande taille (plus grand que $2,50 \mu\text{m}$), il n'y a pas de grande divergence à constater entre les différents types de jours. Le nombre de particules le samedi et les jours ouvrables est plus élevé au cours de la journée que pendant les heures de nuit.

La série de données doit sans doute être élargie avant de pouvoir arriver à des conclusions statistiquement significatives. Il est néanmoins clair que, jusqu'à présent, le comptage du nombre de particules apporte une information intéressante et complémentaire aux concentrations massiques. Ces informations confirment également la complexité de la problématique des 'fines particules'. Sous influence de certaines conditions météorologiques, on peut constater la formation de nombreuses particules très fines (processus de nucléation). Dans d'autres conditions, p.ex. une humidité relative plus basse, il y a une plus grande proportion de particules de plus grand diamètre qui sont (re)mises en suspension.

Il n'existe pas de corrélation univoque entre le nombre de particules et la concentration massique présente dans l'air ambiant. Un très grand nombre de particules peut être accompagné d'une concentration massique élevée, mais ceci n'est pas systématiquement le cas. Un nombre plus réduit de particules signifie souvent une concentration massique plus limitée, mais la présence de particules plus grosses fait parfois augmenter la concentration massique de façon importante. L'étude de la relation entre tous ces paramètres nécessitera plus de recherches dans l'avenir.

WOL1 - GRIMM - COUNTING PARTICULATES
LOG10(Number of Particulates) - Half Hourly Values - SEPTEMBER 2008

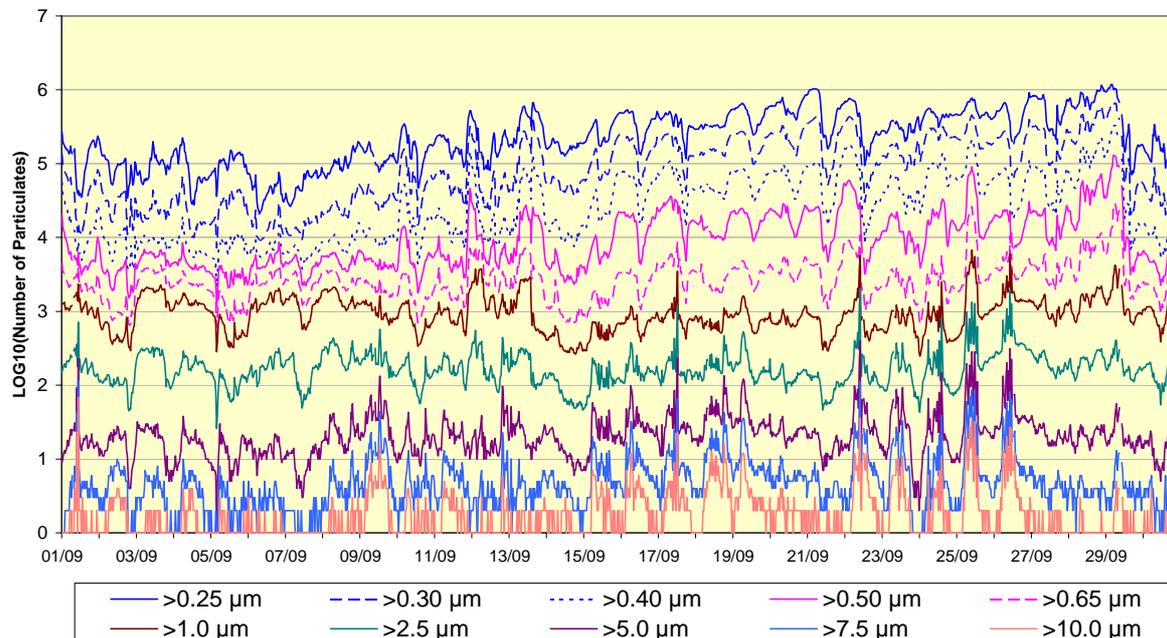


Fig. 4.81: Woluwé – Septembre 2008 – Logarithme du nombre de particules par taille

WOL1 - GRIMM - COUNTING PARTICULATES
LOG10(Number of Particulates) - Half Hourly Values - DECEMBER 2008

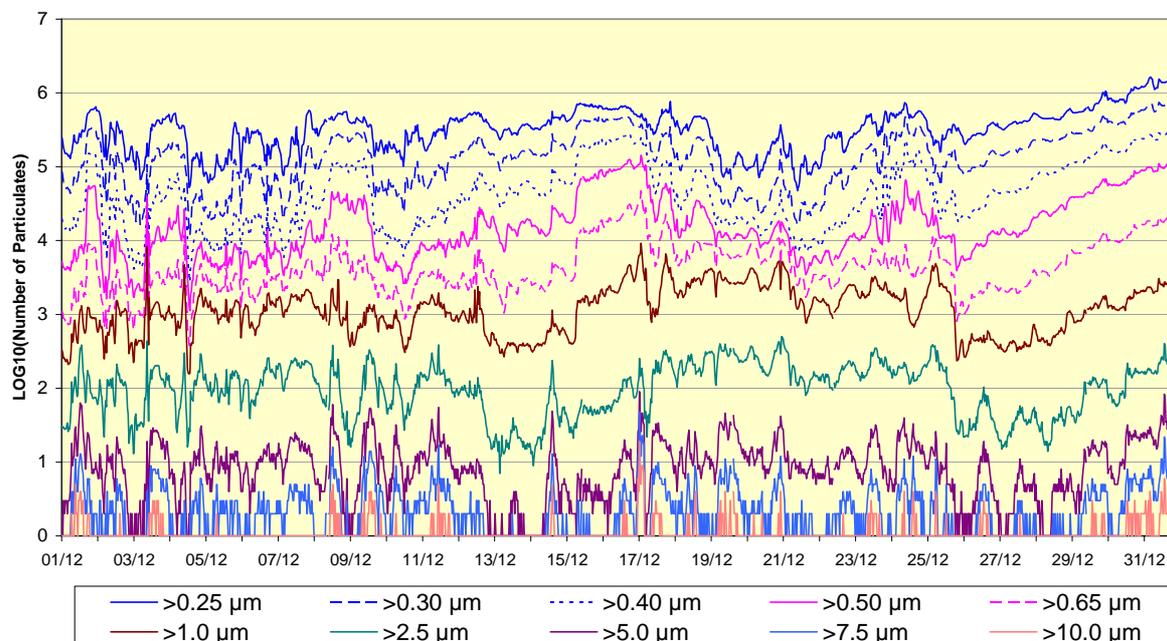


Fig. 4.82: Woluwé – Décembre 2008 – Logarithme du nombre de particules par taille

**Nbr_Part > 0,25 - WOLUWE (WOL1) - EVOL. JOURNALIERE MOYENNE
COMPARAISON DIMANCHE, SAMEDI et JOUR OUVRABLE MOYEN**

Période HIVERNALE : OCTOBRE 2008 - MARS 2009

Nombre Particules

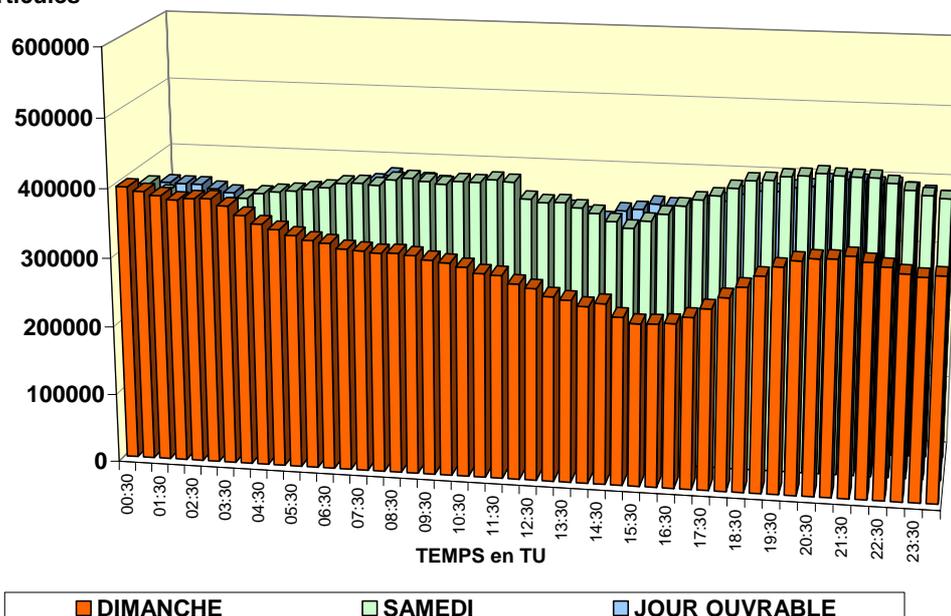


Fig. 4.83: Woluwé – Nombre de particules > 0,25 µm – Évolution journalière moyenne pour un dimanche, un samedi et un jour ouvrable moyen de la période 'octobre 2008 – mars 2009'

**Nbr_Part > 0,50 - WOLUWE (WOL1) - EVOL. JOURNALIERE MOYENNE
COMPARAISON DIMANCHE, SAMEDI et JOUR OUVRABLE MOYEN**

Période HIVERNALE : OCTOBRE 2008 - MARS 2009

Nombre Particules

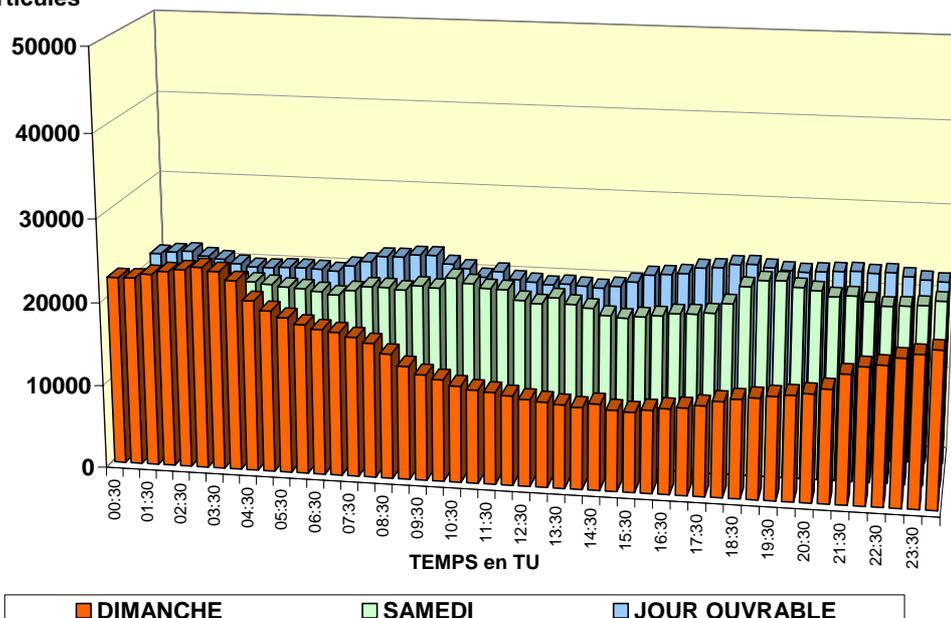


Fig. 4.84: Woluwé – Nombre de particules > 0,50 µm – Évolution journalière moyenne pour un dimanche, un samedi et un jour ouvrable moyen de la période 'octobre 2008 – mars 2009'

**Nbr_Part > 1,00 - WOLUWE (WOL1) - EVOL. JOURNALIERE MOYENNE
COMPARAISON DIMANCHE, SAMEDI et JOUR OUVRABLE MOYEN**

Période HIVERNALE : OCTOBRE 2008 - MARS 2009

Nombre Particules

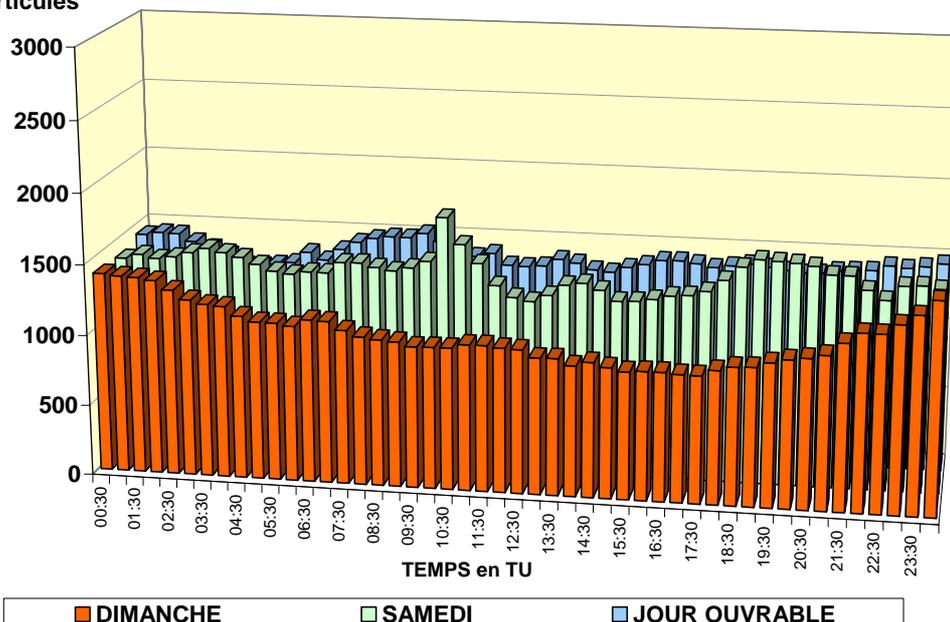


Fig. 4.85: Woluwé – Nombre de particules > 1,00 µm – Évolution journalière moyenne pour un dimanche, un samedi et un jour ouvrable moyen de la période 'octobre 2008 – mars 2009'

**Nbr_Part > 2,50 - WOLUWE (WOL1) - EVOL. JOURNALIERE MOYENNE
COMPARAISON DIMANCHE, SAMEDI et JOUR OUVRABLE MOYEN**

Période HIVERNALE : OCTOBRE 2008 - MARS 2009

Nombre Particules

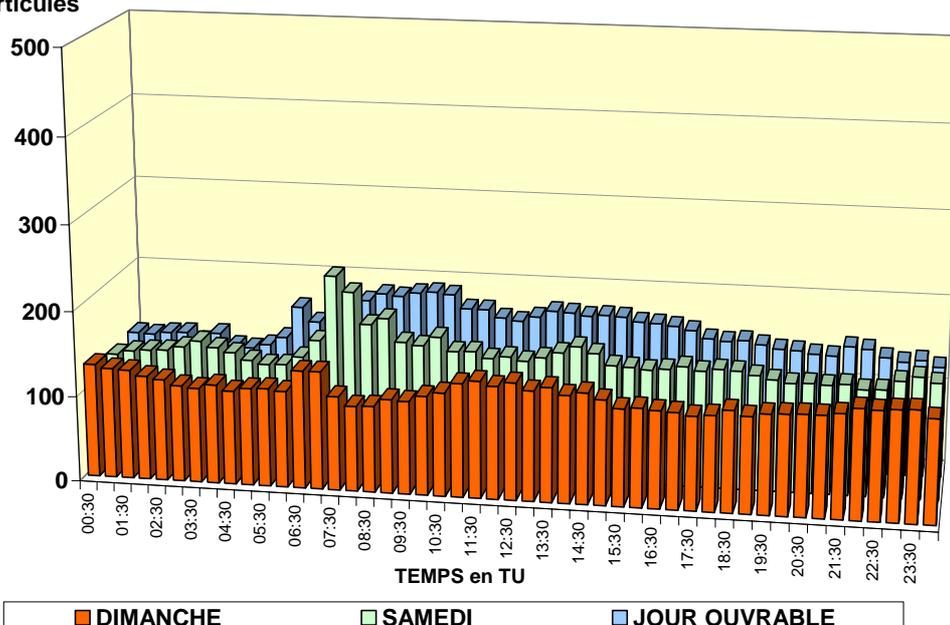


Fig. 4.86: Woluwé – Nombre de particules > 2,50 µm – Évolution journalière moyenne pour un dimanche, un samedi et un jour ouvrable moyen de la période 'octobre 2008 – mars 2009'