

Mesurer et évaluer la qualité de l'air

Peter Vanderstraeten

Pollution atmosphérique: présentation des constats principaux basés sur des résultats de mesures du Laboratoire de Recherche en Environnement de la Région de Bruxelles-Capitale



BRUXELLES ENVIRONNEMENT

IBGE - INSTITUT BRUXELLOIS POUR LA GESTION DE L'ENVIRONNEMENT

POLLUANTS PRIORITAIRES

Historique Législation – Réseaux de MESURE de la QUALITÉ de l' AIR

INFLUENCE MÉTÉO

Vitesse de Vent – Gradient de Température – Longueur de Transport

Équilibres NO ~ NO₂ ~ O₃

Situation hivernale et estivale

TENDANCE à la *baisse* (NO, CO, BTX, SO₂, Pb, PM10)

STATU QUO (NO₂) - **TENDANCE à la *hausse*** (O₃)

Concentrations < > OBJECTIFS QUALITÉ de l' AIR

Dépassements **NO₂** – **PM10** – { **PM2,5** – **O₃** }

POLLUANTS PRIORITAIRES

Historique Législation – Réseaux de MESURE de la QUALITÉ de l' AIR

HISTORIQUE RÉGLÉMENTATION QUALITÉ de l'AIR

- 1964 – AR Qualité de l'Air – Service AIR à l'IHE (Santé Publique)
- Directive 80/779/CE (SO₂ & Fumée Noire)
- Directive 82/884/CE (Pb)
- Directive 85/580/CE (NO₂)
- Directive 92/72/CE (O₃)
- Directive Cadre AIR 1996/92/CE
- Directive 1999/30/CE (SO₂, NO₂, Pb, Particules PM10)
- Directive 2000/69/CE (Benzène – CO)
- Directive 2002/3/CE (Ozone)
- Directive 2004/107/CE (As, Cd, Hg, Ni, HPA)
- Directive 2008/50/CE (en révision → proposition fin 2013)

LISTE de 13 POLLUANTS PRIORITAIRES

Directive Cadre 1996/62/CE – Annexe 1

début des mesures systématiques à Bruxelles

SO₂ (<i>le dioxyde de soufre</i>)	(1968)
NO₂ (<i>le dioxyde d'azote</i>)	(1980)
Particules fines telles que <u>les suies</u>	(1968)
Particules en suspension (PM10)	(1996)
Pb (<i>le plomb</i>)	(1973)
O₃ (<i>l'ozone</i>)	(1986)
Benzène	(1989)
CO (<i>le monoxyde de carbone</i>)	(1986)
HPA (<i>hydrocarbures poly aromatiques</i>)	(1997)
Cd - As - Ni	(1980-1993 ; 1998)
Hg (<i>le mercure</i>)	(1999)

* Directive 2008/50/CE ajoute **PM2,5** à cette liste

AUTRES POLLUANTS

début des mesures systématiques à Bruxelles

Particules PM_{2,5} (2000)

COV (*composés organiques volatils*) (1989)

benzène, toluène, ethylbenzène, m+p.-xylène, o.-xylène,
n.pentane, n.hexane, 2-methylhexane, n. heptane, n. octane
1,2-dichloroéthane, tétrachloroéthylène

Réseau Benzène (*échantillonnage passive*) (1998)

HPA (*hydrocarbures poly aromatiques*) (1997)

benzo(e)pyrène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(k)fluoranthène
indénol(123cd)pérylène, coronène, benzo(ghi)pérylène, benzo(a)anthracène
depuis 2001: fluoranthène, pyrène, dibenzo(a,h)anthracène

NH₃ (*ammoniac*) (1995)

HCl (1998)

AUTRES POLLUANTS

début des mesures systématiques à Bruxelles

Sulfates, Nitrates et Ammonium dans les PM (2006)

(indicatif)

Nombre de Particules (0,25 – 32 μm) (2008)

(31 classes de tailles différentes)

Black Carbon (2009)

RÉSEAU TÉLÉMÉTRIQUE

mesures continues “*en temps réel*”

appareils spécifiques par polluant(s)

NO-NO₂-O₃-CO-PM₁₀-PM_{2,5}-SO₂-...

concentration instantanée

...

information détaillée dans le temps

données directement disponibles

étude de l'aspect dynamique

VALEURS SEMI-HORAIRES

RÉSEAUX NON TÉLÉMÉTRIQUES

échantillonnage sur 24 heures, une semaine, ... → *volume d'air*

analyse par après au labo

→ *quantité massique*

concentration moyenne pour la période d'échantillonnage

...

pas d'information détaillée dans le temps

résultats connus avec retard (± 3 semaines)

résultats appropriés à l'interprétation statistique

VALEURS JOURNALIÈRES

PRINCIPES de DÉTECTION dans le RÉSEAU TÉLÉMÉTRIQUE

Polluant

SO₂

NO – NO₂

O₃

CO – CO₂

PM₁₀ – PM_{2,5}

Hg

BTeX

Nombre de Particules

Black Carbon

Méthode

fluorescence UV

chimiluminescence (réaction avec l'ozone)

absorption UV

corrélation filtre gazeux - absorption IR

microbalance à oscillation - FDMS

fluorescence UV

chromatographie phase gazeuse–FID

Laser light scattering spectrometer

Transmission à longueur d'onde
spécifique

PRINCIPES de DÉTECTION dans les RÉSEAUX NON-TÉLÉMÉTRIQUES

Polluant

Méthode

SO₂ – NH₃ - HCl

absorption dans une solution
chromatographie ionique

Pb – métaux lourds

adsorption sur filtre membrane
spectrométrie absorption atomique

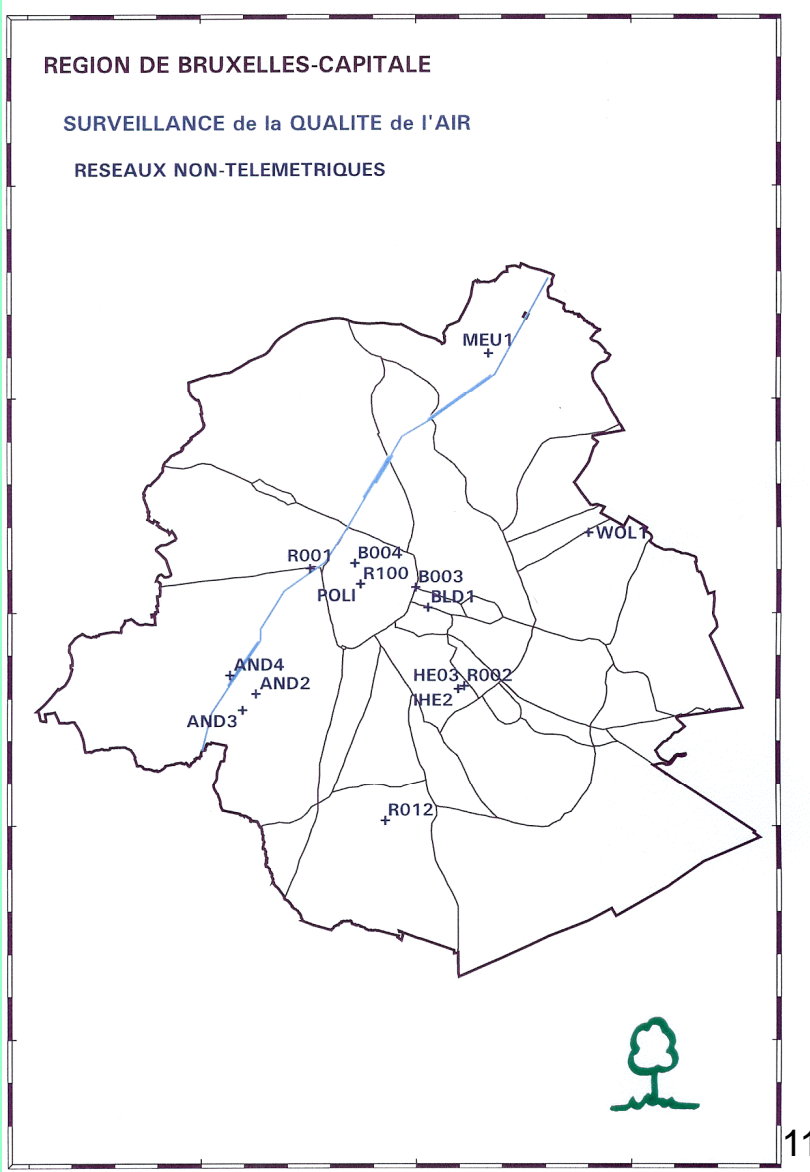
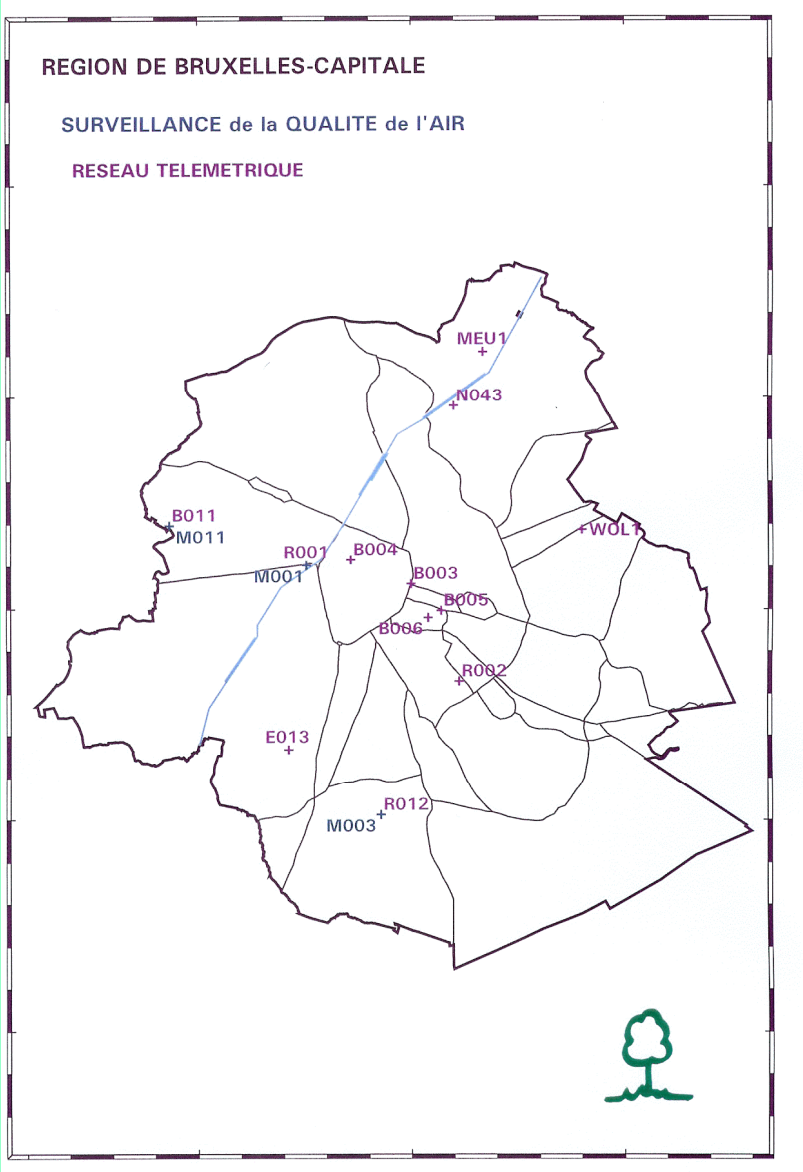
COV

adsorption sur tubes Carbotrap
chromatographie - spectrométrie de masse

HPA

adsorption sur filtre membrane
chromatographie - spectrométrie de masse

Emplacement des Stations de Mesure



Configuration RÉSEAU TÉLÉMÉTRIQUE

SITUATION TELEMETRIC NETWORK 2014

Code	Measuring Site	Pollution Parameters Measured														OPC 31 channels 0,25-32 µm
		SO ₂	NO	NO ₂	NO _x	O ₃	CO	PM10 FDMS	VO10 BA10	PM2,5 FDMS	VO2,5 BA2,5	Black Carbon	CO ₂	BTeX	Hg	
R001	Molenbeek	O	O	O	O	X	X	N	N	N	N	@				@
R002	Couronne	O	O	O	O		O					@	X			
B003	Kunst-Wet	O#	O	O	O		O#						O#			
B011	Berchem	O#	O	O	O	O		N	N	N	N					
R012	Ukkel	O	O	O	O	O		N	N	N	N	@	X			
N043	Haren	O	X	X	X	X	X	N	N	N	N	@				
WOL1/2	Woluwe	O	O	O	O	O	O	N	N			@	O	X		@
MEU1	Parc Meudon	X	X	X	X			N	N	N	N					X
B004	St.-Katelijne		X	X	X	X	X									
B005	Eastman-Belliard	O#	O#	O#	O#		O#									
B006	EuroParlement		X	X	X		X							X		
B008	Belliard Remard	X	X	X	X		X									
E013	Vorst (Electrabel)	O#	X	X	X											
LEO1	Tunnel Leopold II		X	X	X		X									
LEO2	Tunnel Leopold II		X	X	X		X									

Code	Measuring Site	Meteo Parameters Measured						Computed		
		WS _s	WD	T-03	T-30	R.H.	P	WS _v	WS _{max}	dT
T1M001	Molenbeek	O	O	O	O	O	O	O	O#	O
T1M003	Ukkel	O	O	O	O	O	X	O	O#	O
T1M011	Berchem	O#	O#	O#		O#		O#	O#	

O	already before 1994
X	new between 1994 and 2003
N	new/modified after 2003
@	new after 2008
B003	temporarily suspended
O#	terminated

	Analyzers	Parameters	HH-data /year
Poll 1994	22	34	595 680
Poll 2001	51	79	1 384 080
Poll 2008	61	121 + 2*31	3 206 160
Poll 2014	63	128 + 2*31	3 328 800
Meteo 2014	12	16	280 320

Configuration RÉSEAUX NON-TÉLÉMÉTRIQUES

SITUATION NON-TELEMETRIC NETWORKS 2014

Code	Measuring Site	Pb	HeavyMetals 10_parameters	SO ₂ -NH ₃ -HCL-HF 4 (or 9) param	BSM Black Smoke	VOC 12_parameters	PAH 11_parameters
0IHE03	Couronne	O					
01R012	Ukkel	X					
01MEU1	Parc Meudon	X	X				
01AND3	Bldv Humanité	X	X				
21MEU1	Parc Meudon			X			
21B004	Ste-Catherine			X			
21R012	Uccle			X			
2FR012	Ukkel				X		
2FR002	Couronne				OX		
21R001	Ste-Catherine				X		
51R001	Molenbeek					X	
51R002	Couronne					OX	
51B003	Kunst-Wet					# : closed	
51R012	Uccle					OX	
51WOL1	Woluwé					X	
61MEU1	Parc meudon						X
61R001	Molenbeek						X
61R002	Couronne						X
61R012	Ukkel						X
61R112	Ukkel						X
61WOL1	Woluwé						X

: closed O : continued OX : restart X : new@IBGE

	1994	1996	1999	2004	2014
number analysis / year	2 548	4 842	6 927	5 578	
DD-data series	29	63	138	155	153
DD-data-pollution / year	10 585	22 995	50 370	56 575	55 845

INFLUENCE MÉTÉO

Vitesse de Vent – Gradient de Température – Longueur de Transport

ÉMISSION – MÉTÉO - CONCENTRATION

ÉMISSION

Grand NOMBRE de SOURCES et de POLLUANTS

quantité – hauteur de l'émission

VARIATIONS dans le TEMPS

CYCLIQUES

- saison (hiver – été)
- semaine (jour ouvrable // samedi // dimanche)
- journée (jour - nuit // heures de pointes - creuses)
- procédés de production

VARIABLES

- Émissions accidentelles
- Incidents

TRANSFORMATION Chimique ÉLIMINATION Chimique ou Physique

MÉTÉO

DISPERSION LATÉRALE

Vitesse et Direction de Vent

DISPERSION VERTICALE

Profil Température / Hauteur

Couches d'Air Stables ou Instables

Hauteur de la couche de mélange

Inversion de température

Longueur de Transport (couche stable)

Autres

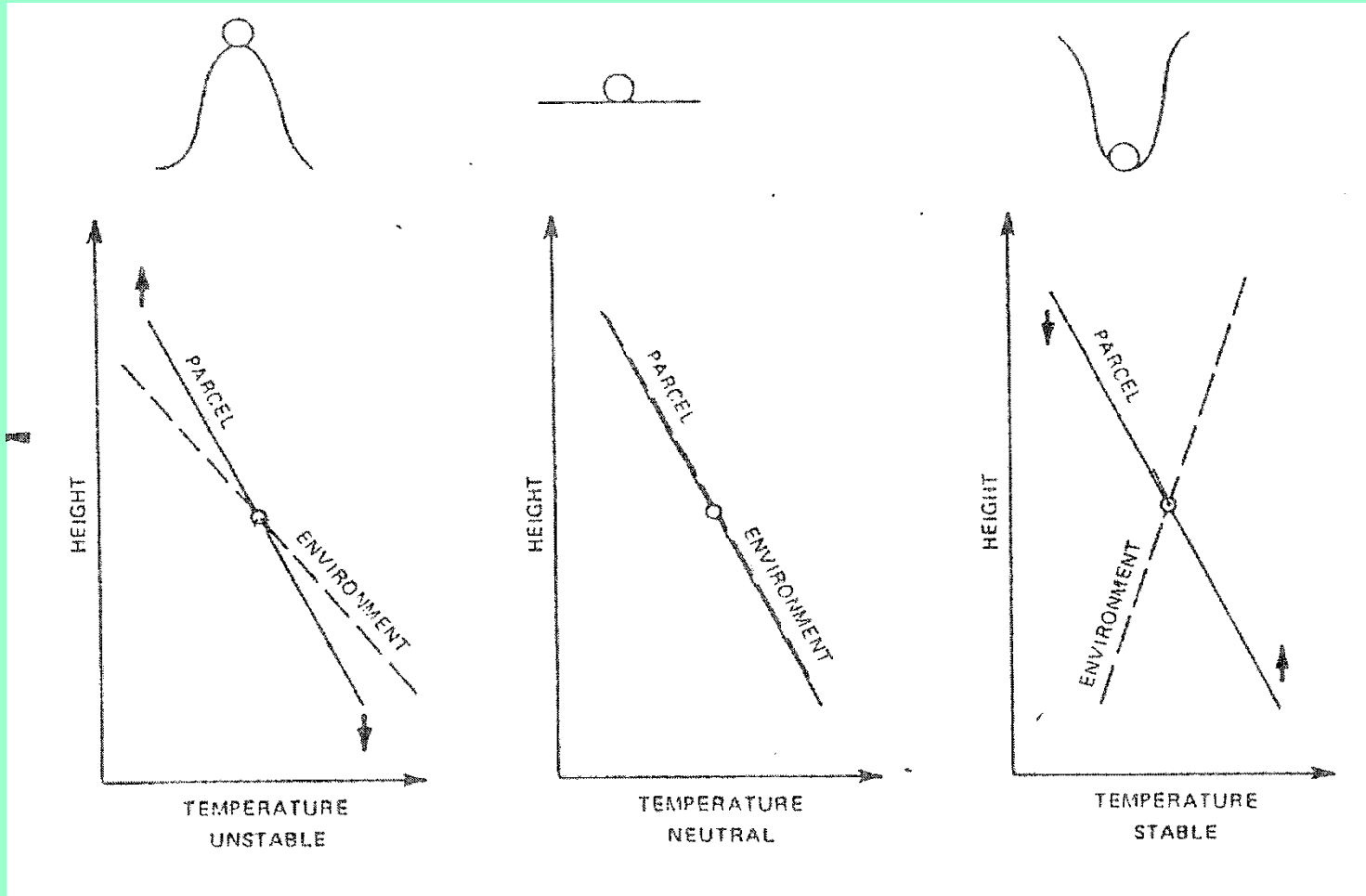
Nébulosité

Précipitations

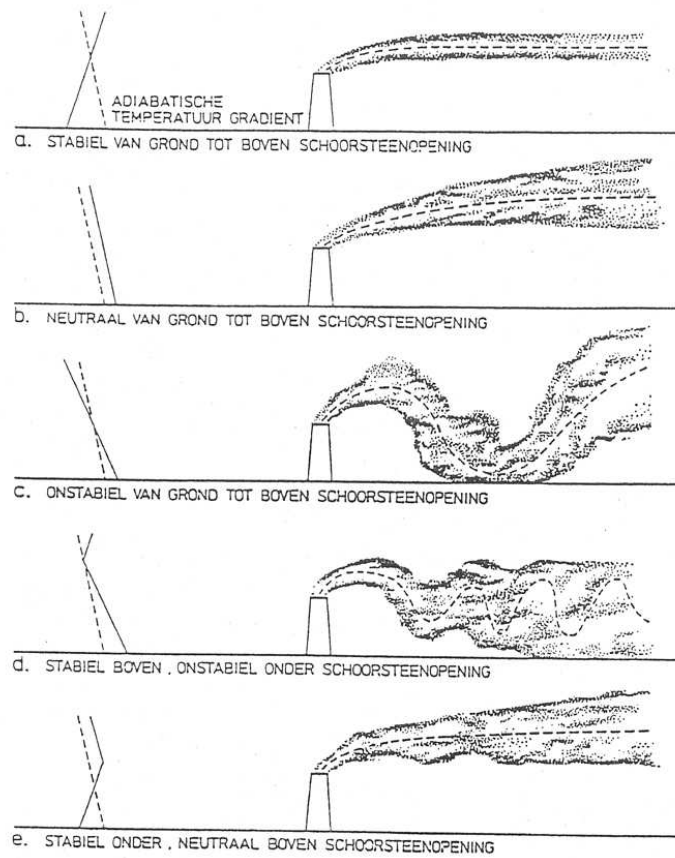
Turbulences

etc. ...

Profil de Température - Stabilité

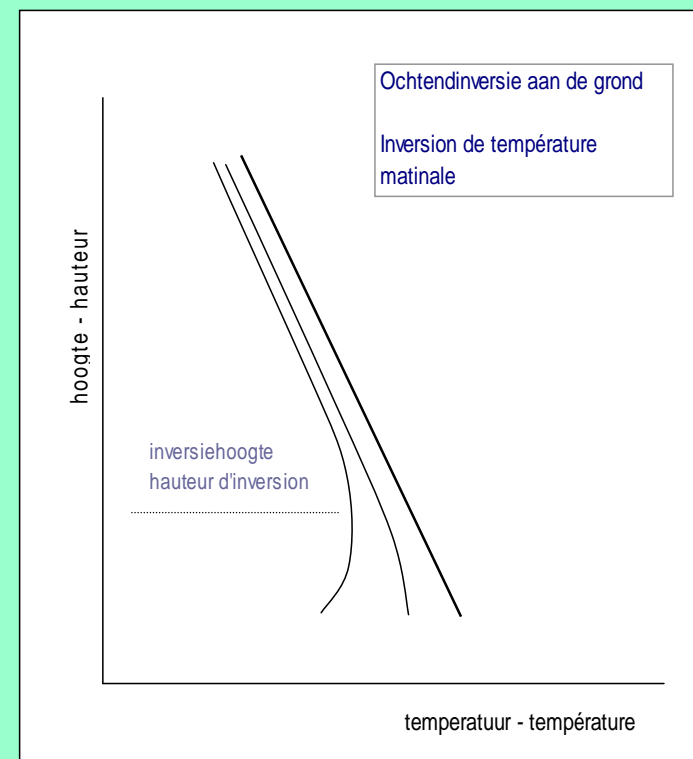
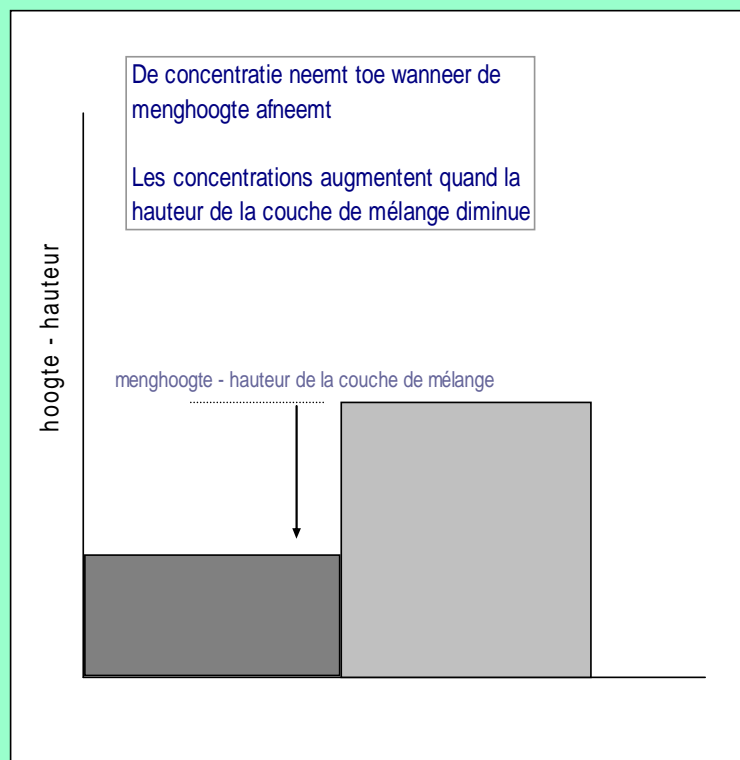


Profil de la température de l'air ambiant (pointillé) et le gradient adiabatique pour une poche d'air émise à la température de l'air ambiant



De vorm van een pluim van een schoorsteen is afhankelijkheid van het verticaal evenwicht in de atmosfeer.

Hauteur de la couche de mélange // Inversion Température

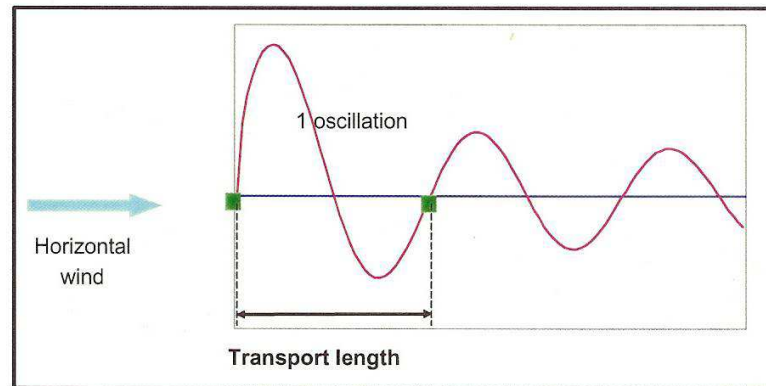


Longueur de Transport

The **transport length** is a measure of the displacement of an air parcel, transported by the horizontal flow, during one Brunt-Väisälä oscillation (see the explanation below) in a stable atmosphere.

The transport length characterizes the dispersion of pollutants in the turbulent layer. It is inversely proportional to the turbulent diffusion.

For instance, lengths lower than 100 m correspond to layers with very weak turbulent diffusion, which is favourable to high concentrations of pollutants.



Brunt-Väisälä Frequency

Let's suppose you put a neutrally floating object (an object with the same specific gravity as the fluid around it) into a continuously stratified fluid. If you lift the object up, it becomes relatively heavier than the fluid around it, and if you push it down, it becomes relatively lighter, and restitutive force acts on it to return it to its original position. The strength of this restitutive force changes with the vertical movement of the object, so if you assume the movement of the object does not disturb the fluid, and ignore the effects of viscosity, then the object would make a simple harmonic oscillation. The frequency (or period) of this oscillation is called the Brunt-Väisälä frequency (or period).

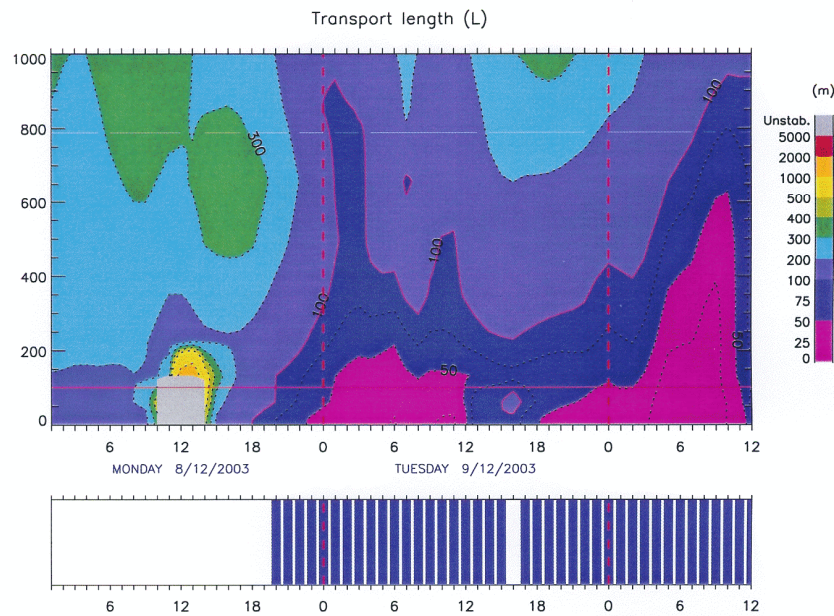
This frequency is proportional to the square root of the change in density on a vertical axis, so it is used as a parameter to express the strength of stratification in a fluid.

The amplitude of the oscillation is constant in a neutral atmosphere or is attenuated in a stable atmosphere.

Prévision Situation Météo défavorable 9-10 et 12/12/2003

BRUSSELS

ALADIN forecast initialized on MONDAY 8/12/2003 at 0 UT



Longest period unfavourable to the dispersion of pollutants:

From MONDAY 8/12/2003 at 20 UT

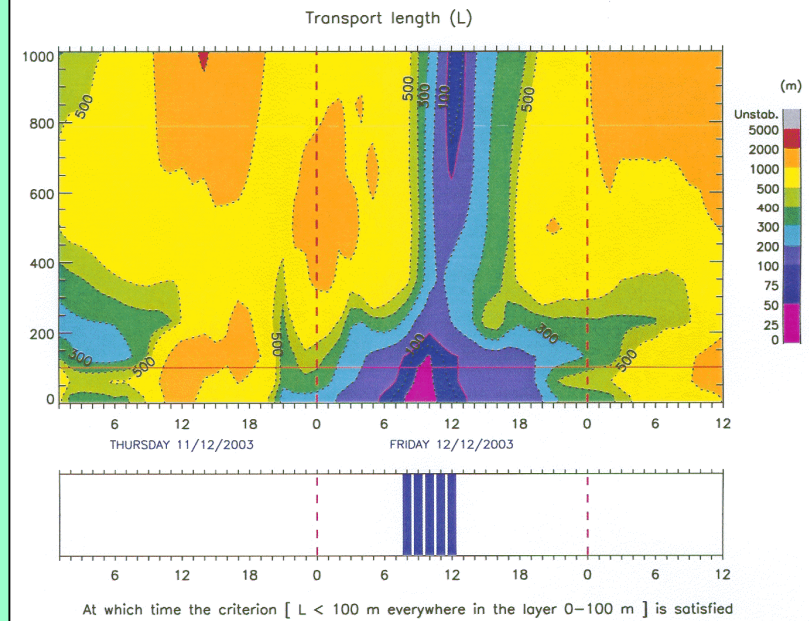
To TUESDAY 9/12/2003 at 15 UT

Event duration: 20 hours

POLLUTION ALERT

BRUSSELS

ALADIN forecast initialized on THURSDAY 11/12/2003 at 0 UT



Longest period unfavourable to the dispersion of pollutants:

From FRIDAY 12/12/2003 at 8 UT

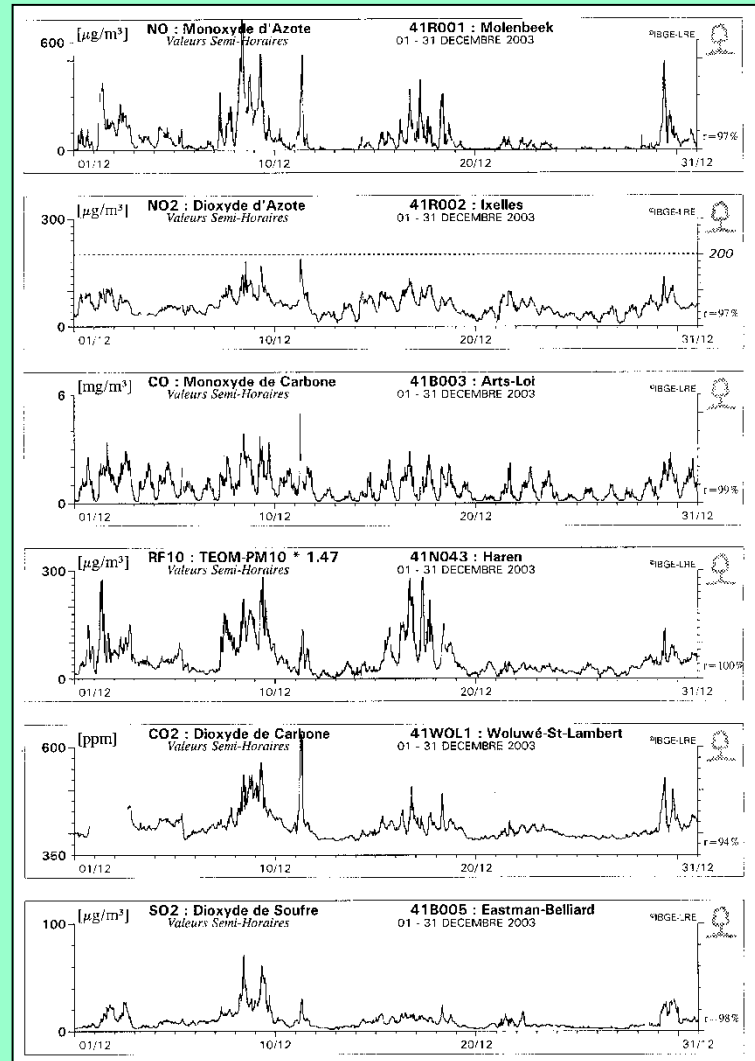
To FRIDAY 12/12/2003 at 12 UT

Event duration: 5 hours

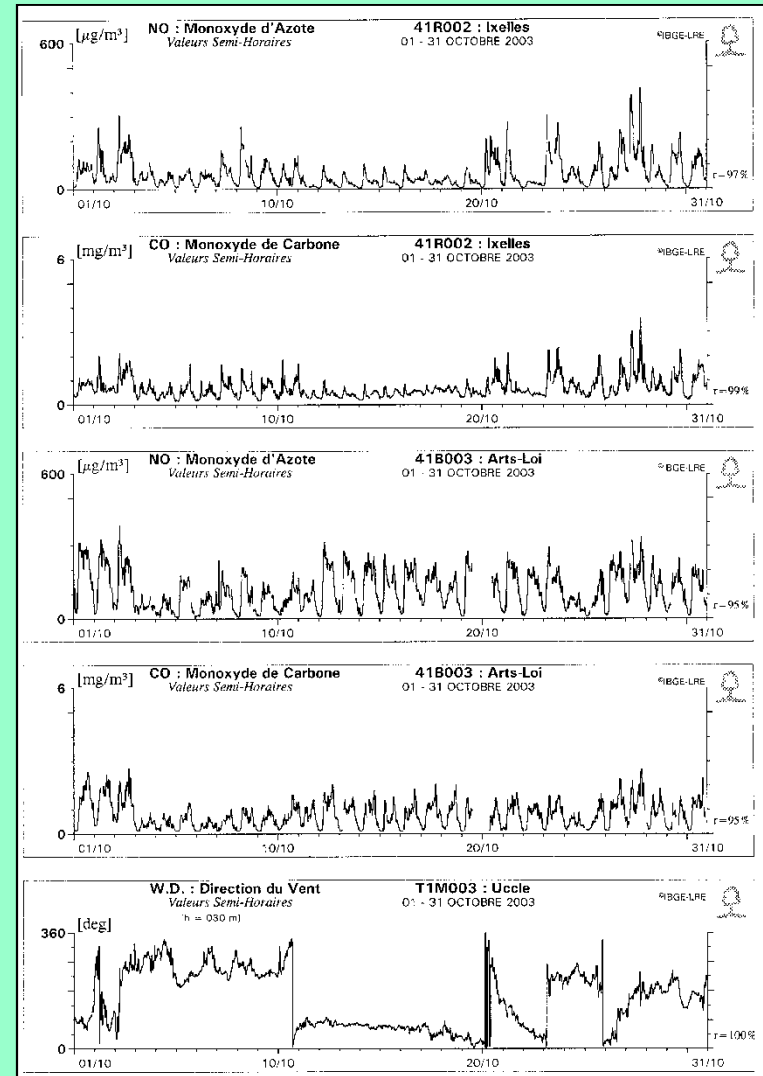
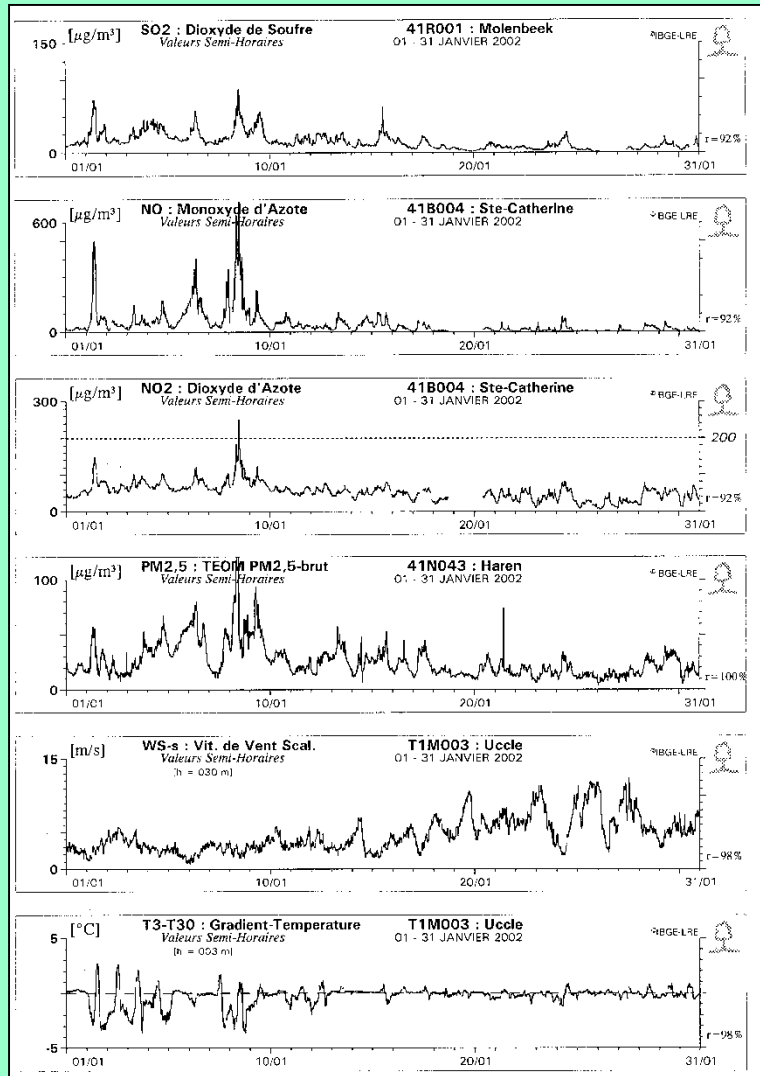
NO POLLUTION ALERT

because the duration of the period unfavourable to the dispersion of pollutants is less than 17 hours.

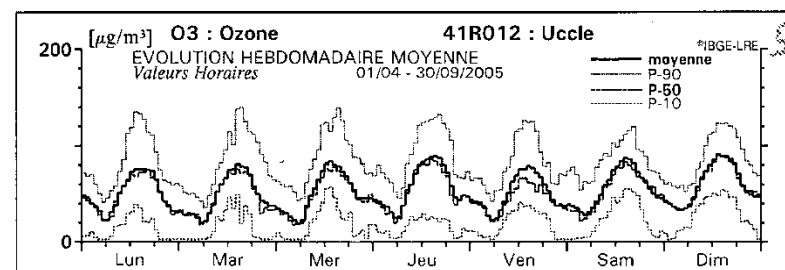
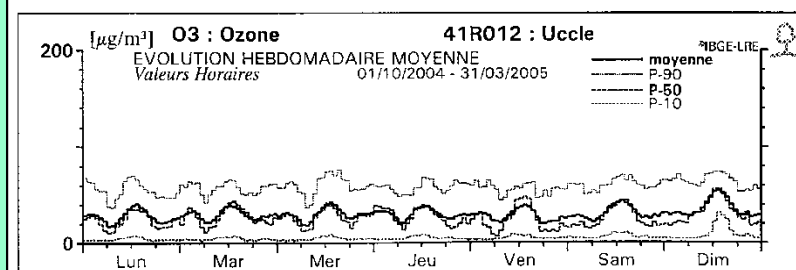
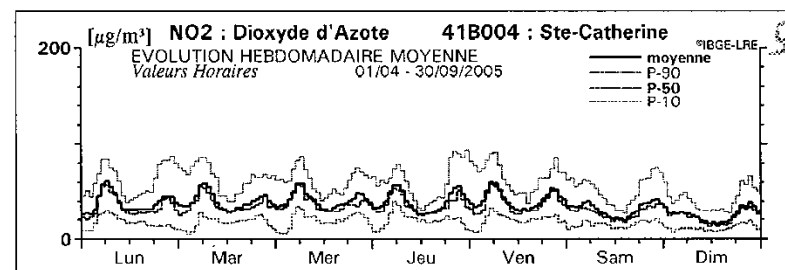
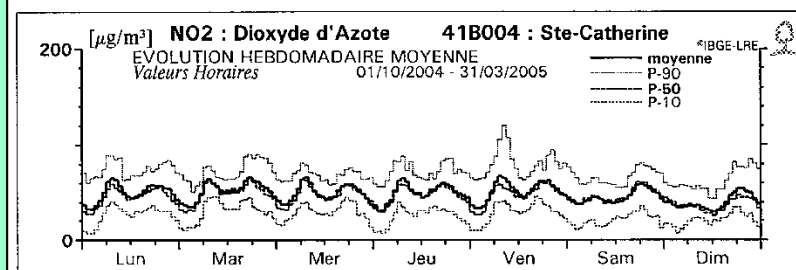
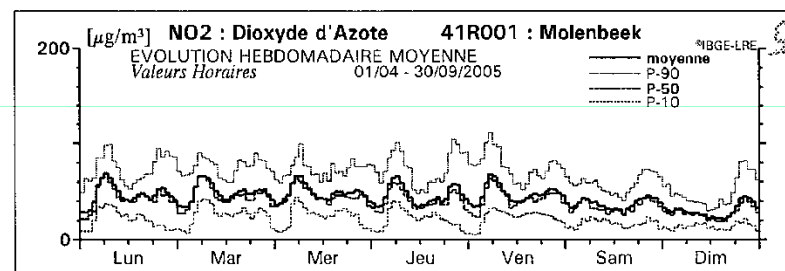
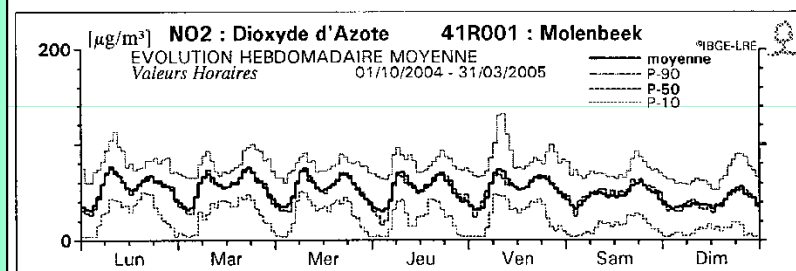
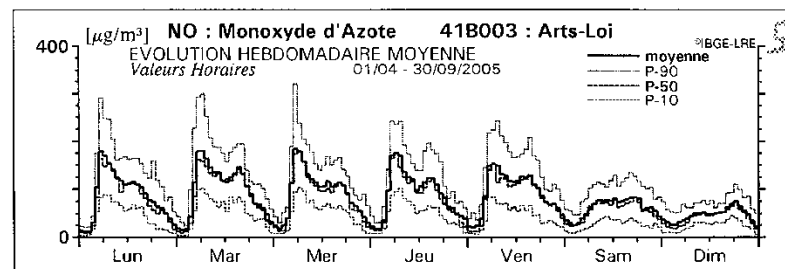
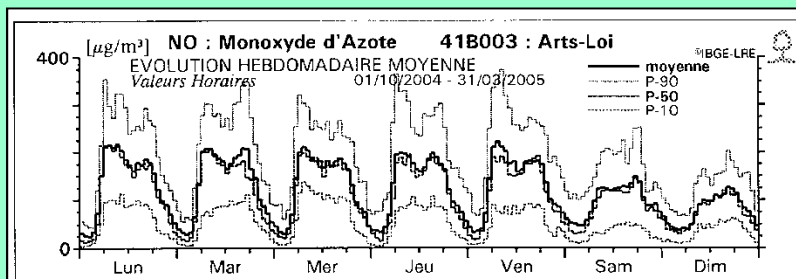
**Situation défavorable le mardi 9 et mercredi 10 décembre 2003
Pointe de concentration le vendredi 12 décembre 2003**



Influence Vitesse et Direction du Vent



Évolution Hebdomadaire Moyenne – Hiver et Été



POLLUTION de l' AIR

- PHÉNOMÈNE à ÉVOLUTION DYNAMIQUE
- VARIATIONS RAPIDES et INTENSES des CONCENTRATIONS
MÉTÉO (vent, profil température, ...) // ÉMISSION // MESURES en PERMANENCE (situations différentes)

ÉVALUATION

- DONNÉES STATISTIQUEMENT REPRÉSENTATIVES
- CONCENTRATIONS // POSTES de MESURE // POLLUANTS
- TENDANCE : RÉSULTATS sur PLUSIEURES ANNÉES

(maintien du niveau de qualité)

MESURER LA POLLUTION

- + INFORMATION PRÉCISE dans l' ESPACE et dans le TEMPS
 - + SÉRIES TEMPORELLES // ÉVOLUTION à LONG TERME // RESPECT des NORMES // relation entre POLLUANTS
 - EXTRAPOLLATION ???
- VASTE SYSTÈME TECHNIQUE – LABO ÉTALON – CONTROLE QUALITÉ

MODÈLES

- INFORMATION MOINS PRÉCISE dans l' ESPACE et dans le TEMPS
- + EXTRAPOLLATION – DISTRIBUTION SPATIALE
- + CALCUL de SCENARIO - implique la mise à jour d'un inventaire des émissions détaillé (ville 250 m sur 250 m)
- Simulation AËROSOL SECONDAIRE??

PM – MATIÈRE COMPLEXE

Interaction entre la situation météorologique et les PM est beaucoup plus complexe que pour les autres polluants
(Température – HR – formation aérosol secondaire stable)

Concentrations PM élevées et/ou basses ont été constatées dans des conditions météo contradictoires

PM: pas un seule polluant - plusieurs substances

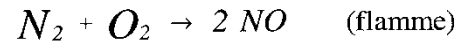
- propriétés physico-chimiques différentes
(composition, couleur, morphologie → détection)
- différentes sources (trafic, utilisation terrain, industrie, chauffage, processus naturels, ...)
- fraction importante formée dans l'atmosphère

Équilibres NO ~ NO₂ ~ O₃

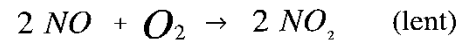
Situation hivernale et estivale

FORMATION d' OZONE

Formation NO



Oxidation de NO en NO₂



Formation d'ozone

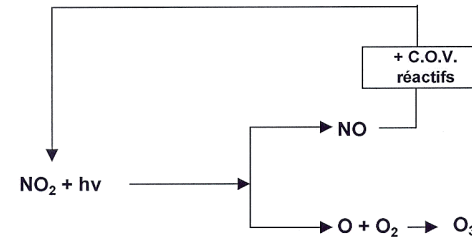
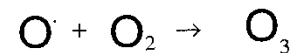
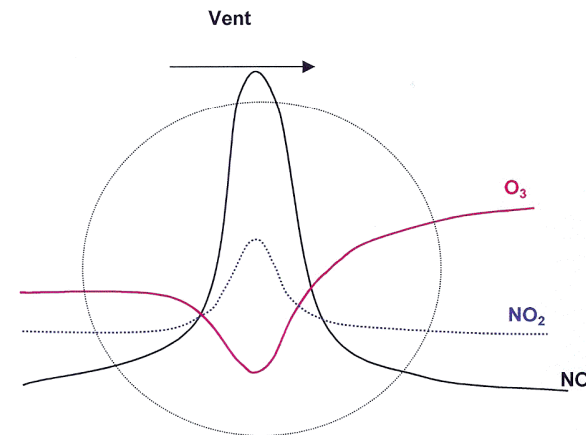


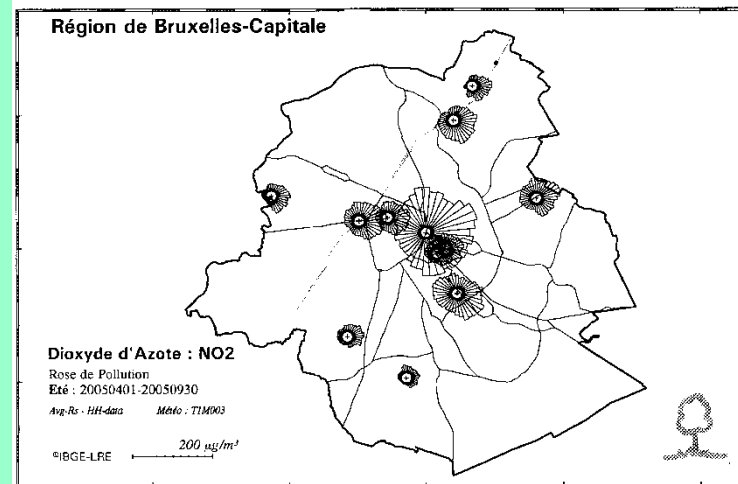
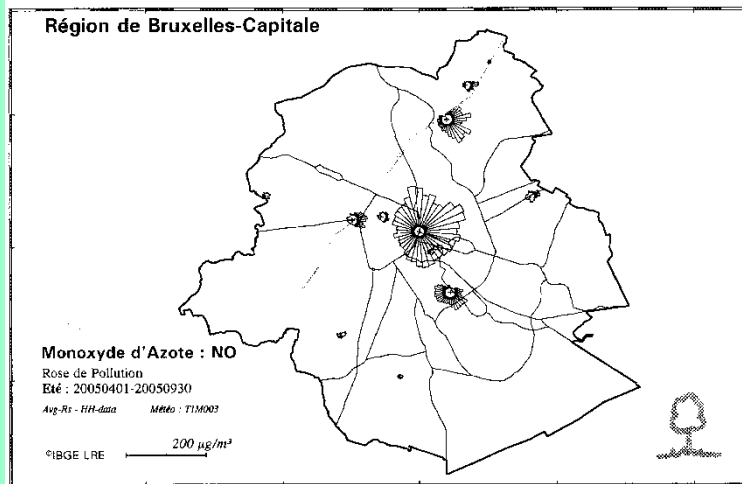
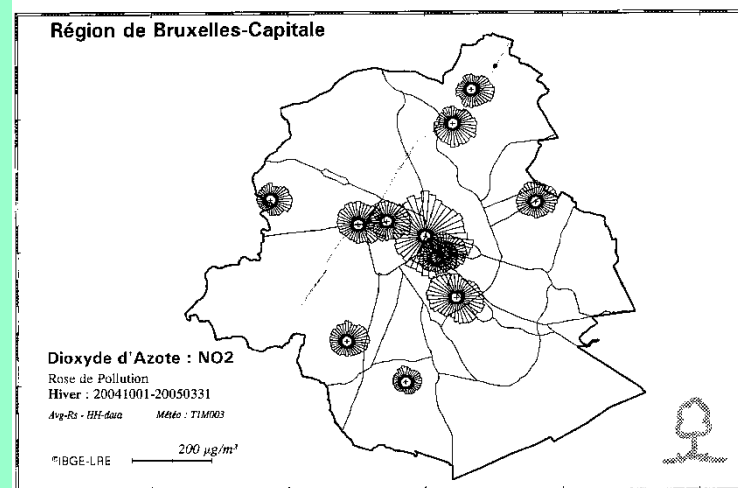
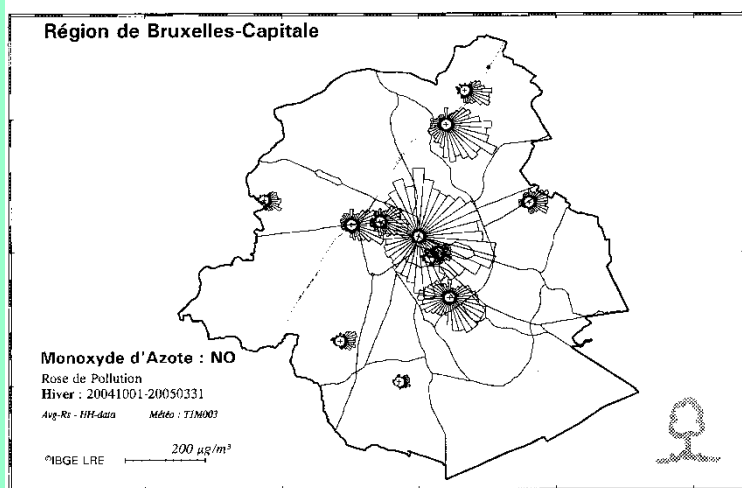
Schéma simplifié de la formation excessive d'ozone



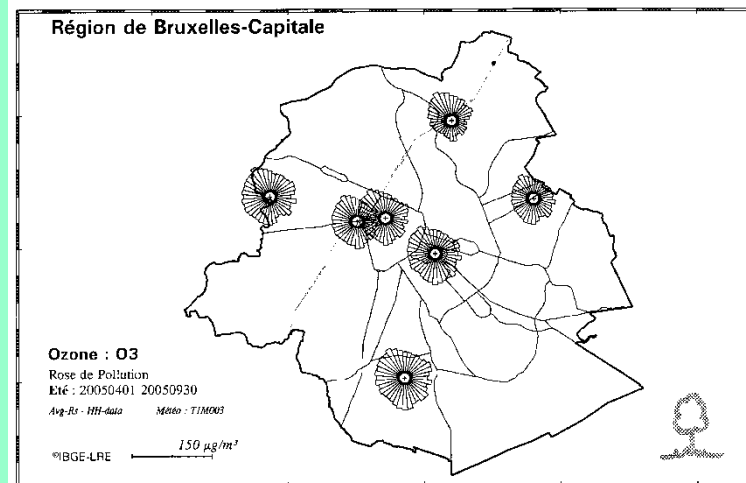
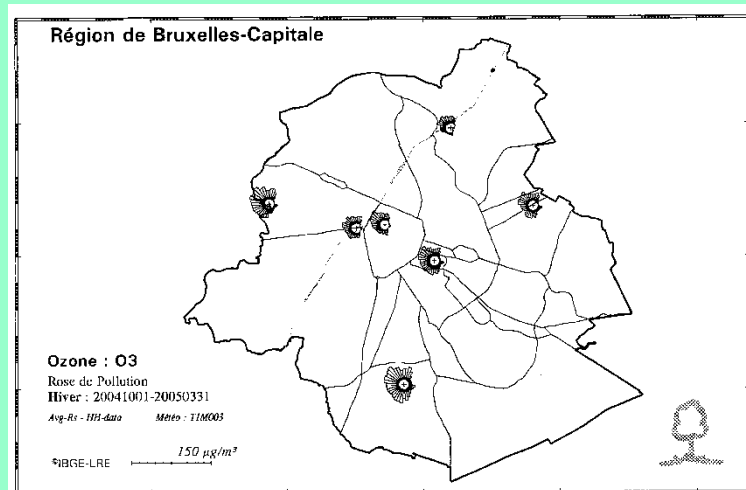
Décomposition de l'ozone au centre par le NO provenant du trafic et localement présent en excès

En périphérie et en aval des grandes villes la formation d'ozone l'emporte sur sa destruction

NO et NO₂ - Roses de Pollution – Hiver / Été

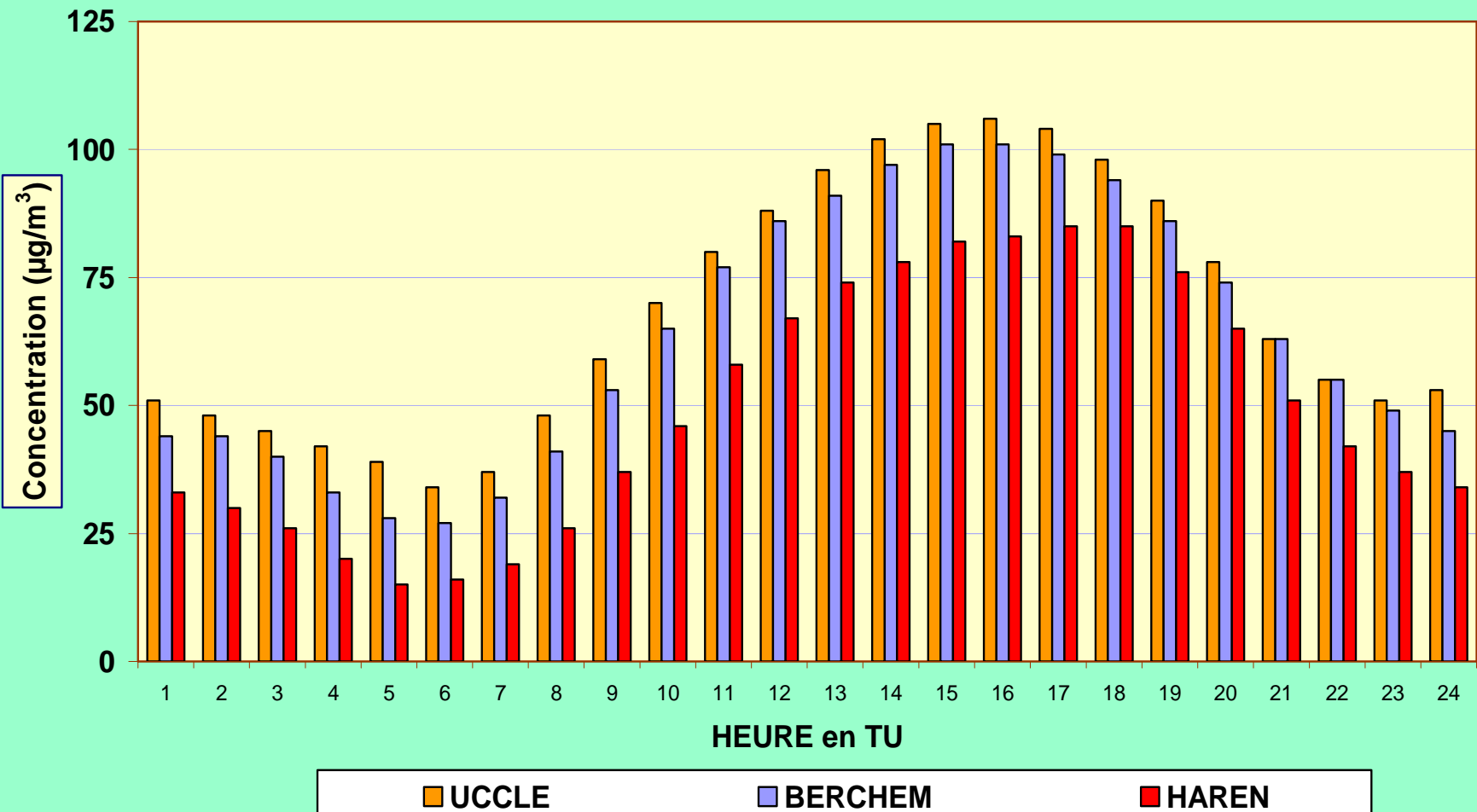


Ozone - Roses de Pollution – Hiver / Été

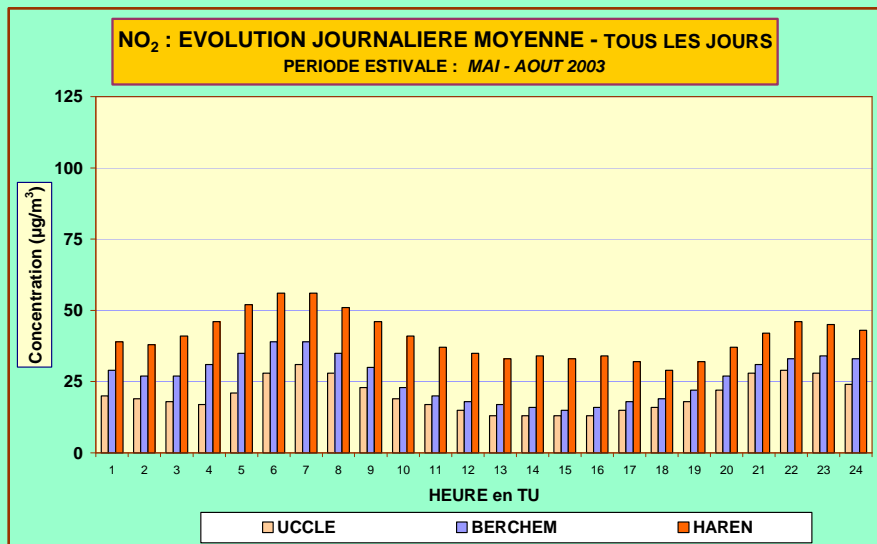
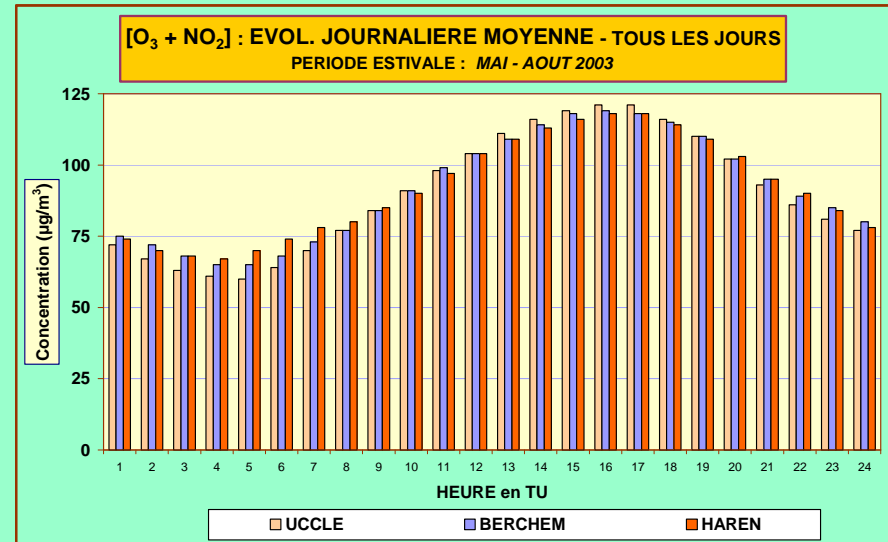
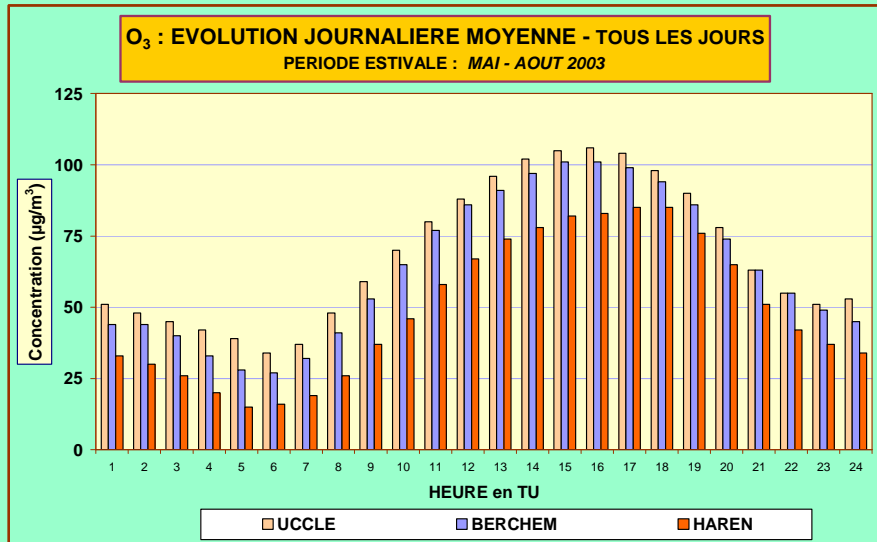


O₃ – 3 POSTES de MESURE – TOUS LES JOURS

O₃ : EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE - 3 POSTES de MESURE
PERIODE ESTIVALE : MAI - AOUT 2003 - TOUS LES JOURS



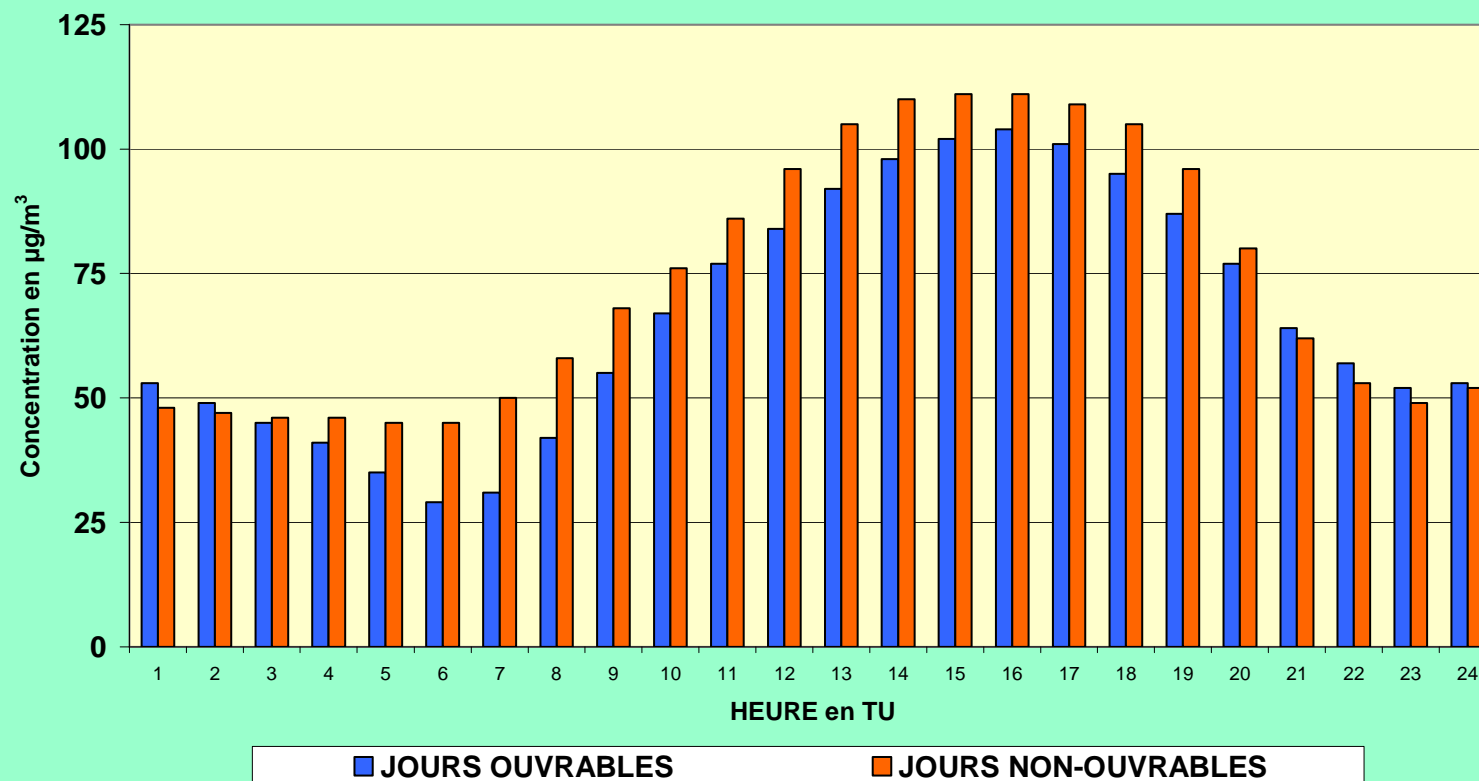
O₃ et NO₂ – 3 POSTES de MESURE – TOUS LES JOURS



OZONE à UCCLE – ÉVOLUTION MOYENNE JOURNALIÈRE

JOURS OUVRABLES et JOURS NON OUVRABLES

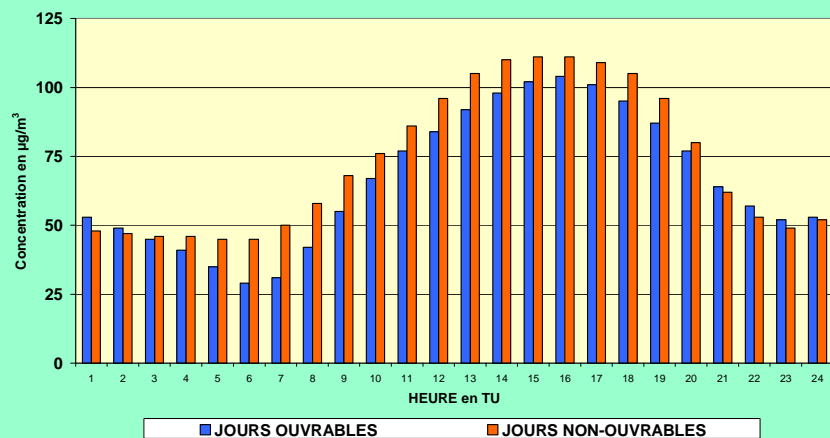
OZONE - UCCLE - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE
JOURS OUVRABLES ET NON-OUVRABLES
PERIODE ESTIVALE : MAI - AOÛT 2003



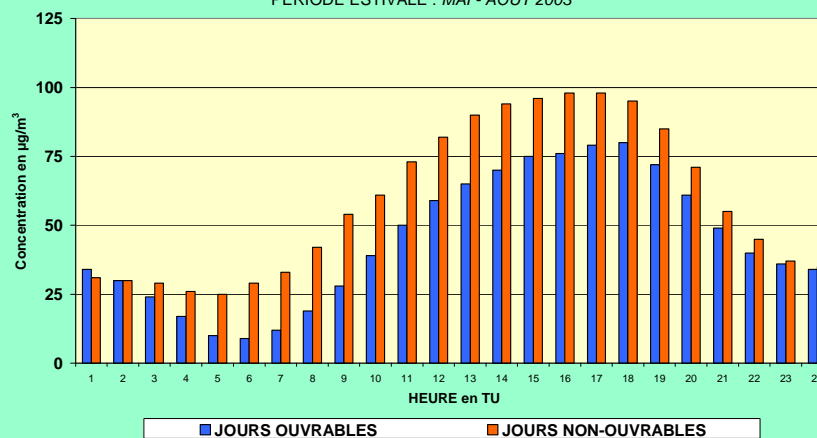
O₃ et NO₂ - ÉVOLUTION MOYENNE JOURNALIÈRE

JOURS OUVRABLES et NON OUVRABLES – UCCLE et HAREN

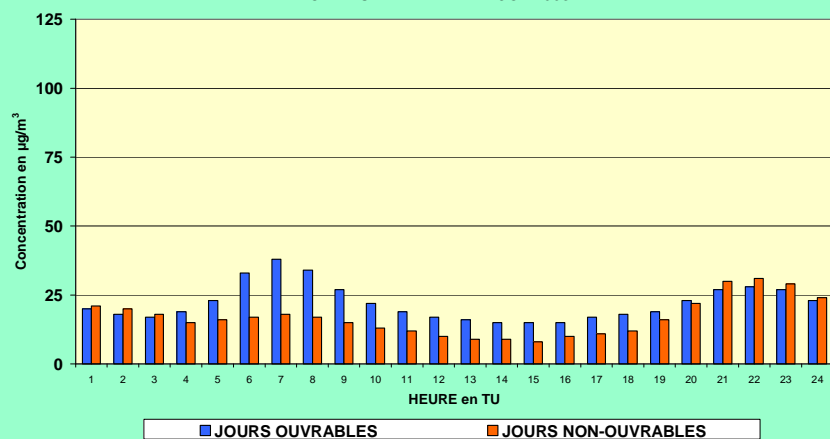
OZONE - UCCLE - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE
JOURS OUVRABLES ET NON-OUVRABLES
 PERIODE ESTIVALE : MAI - AOÛT 2003



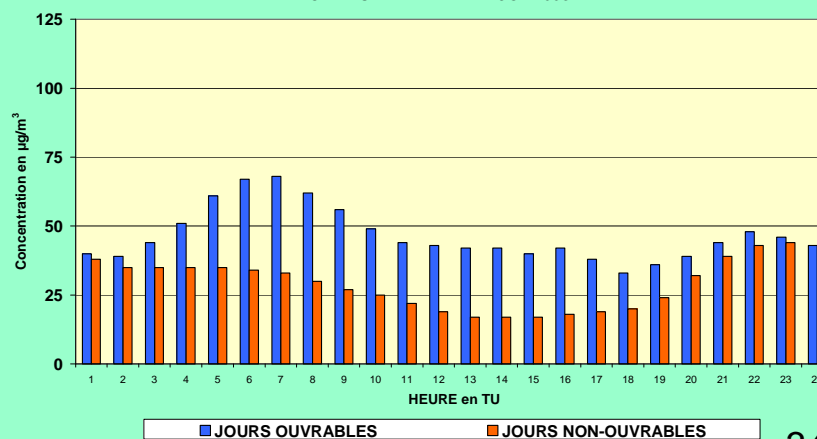
OZONE - HAREN - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE
JOURS OUVRABLES ET NON-OUVRABLES
 PERIODE ESTIVALE : MAI - AOÛT 2003



NO₂ - UCCLE - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE
JOURS OUVRABLES ET NON-OUVRABLES
 PERIODE ESTIVALE : MAI - AOÛT 2003



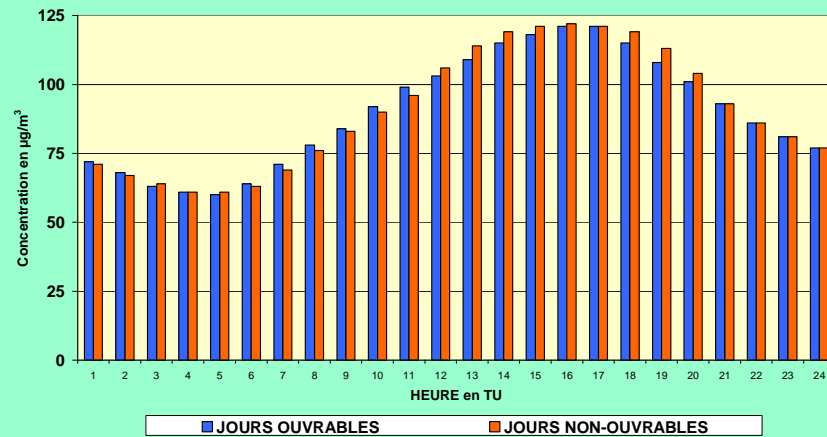
NO₂ - HAREN - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE
JOURS OUVRABLES ET NON-OUVRABLES
 PERIODE ESTIVALE : MAI - AOÛT 2003



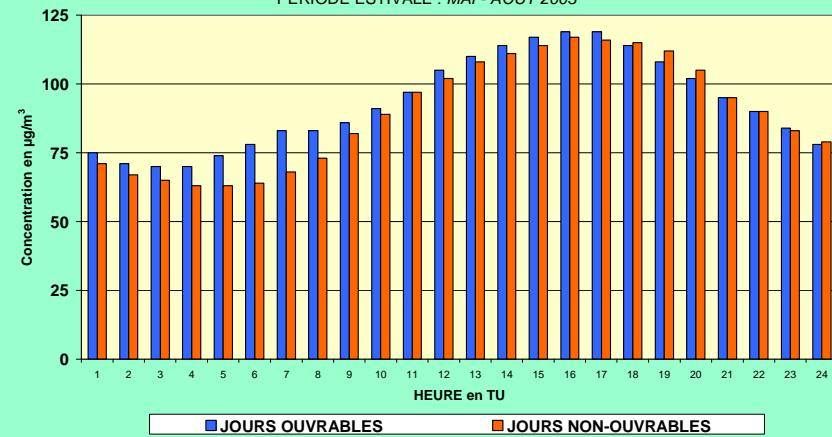
[O₃ + NO₂]_{EqO₃} - ÉVOLUTION MOYENNE JOURNALIÈRE

JOURS OUVRABLES et NON OUVRABLES – UCCLE et HAREN

[O₃ + NO₂] - UCCLE - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE
JOURS OUVRABLES ET NON-OUVRABLES
PERIODE ESTIVALE : MAI - AOÛT 2003



[O₃ + NO₂] - HAREN - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE
JOURS OUVRABLES ET NON-OUVRABLES
PERIODE ESTIVALE : MAI - AOÛT 2003



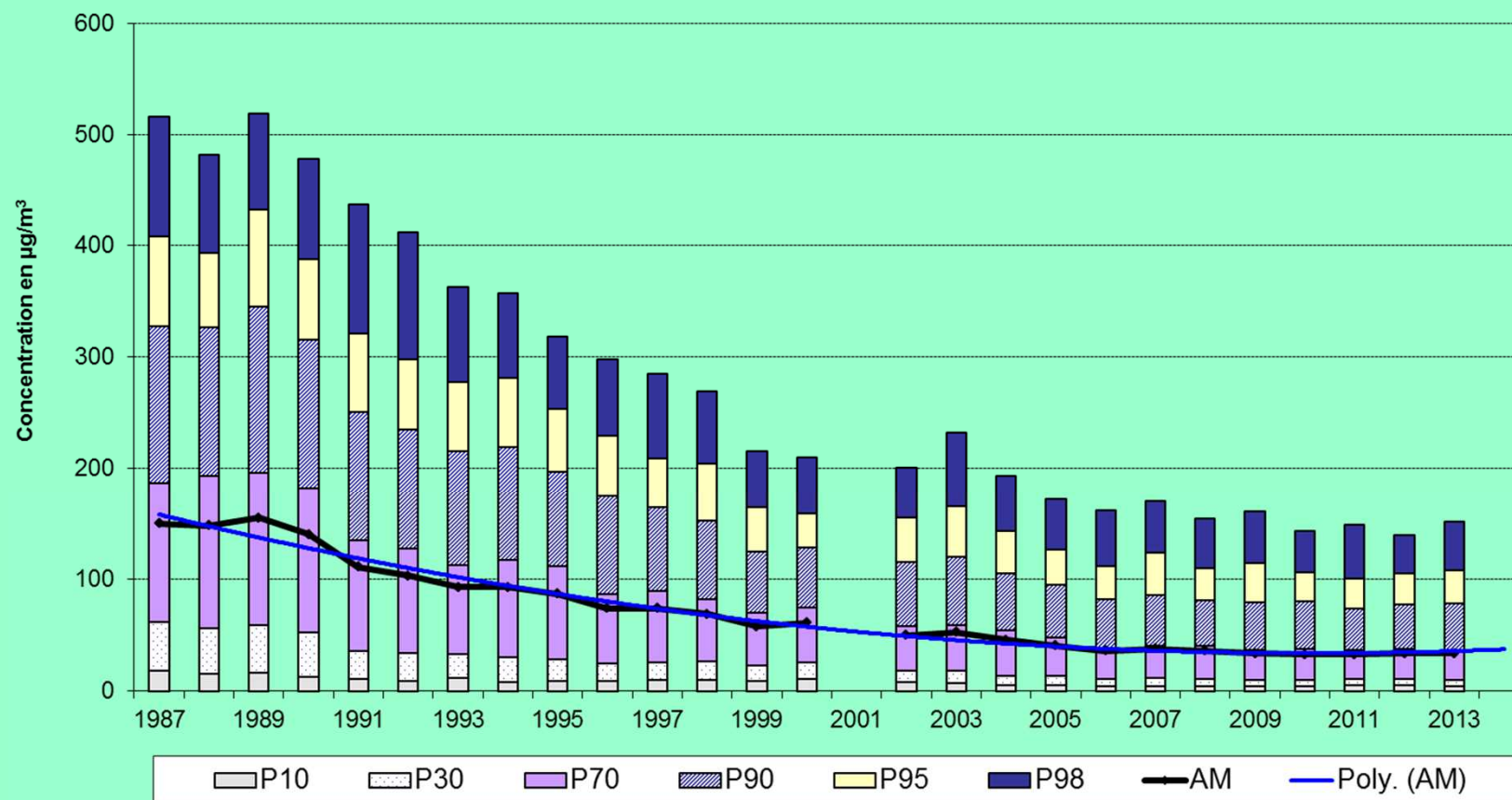
TENDANCE à la *baisse* (NO, CO, BTX, SO₂, Pb, PM10)

STATU QUO (NO₂) - **TENDANCE à la *hausse*** (O₃)

NO – IXELLES Avenue de la Couronne

Distribution de Fréquences Cumulées : 1987-2013

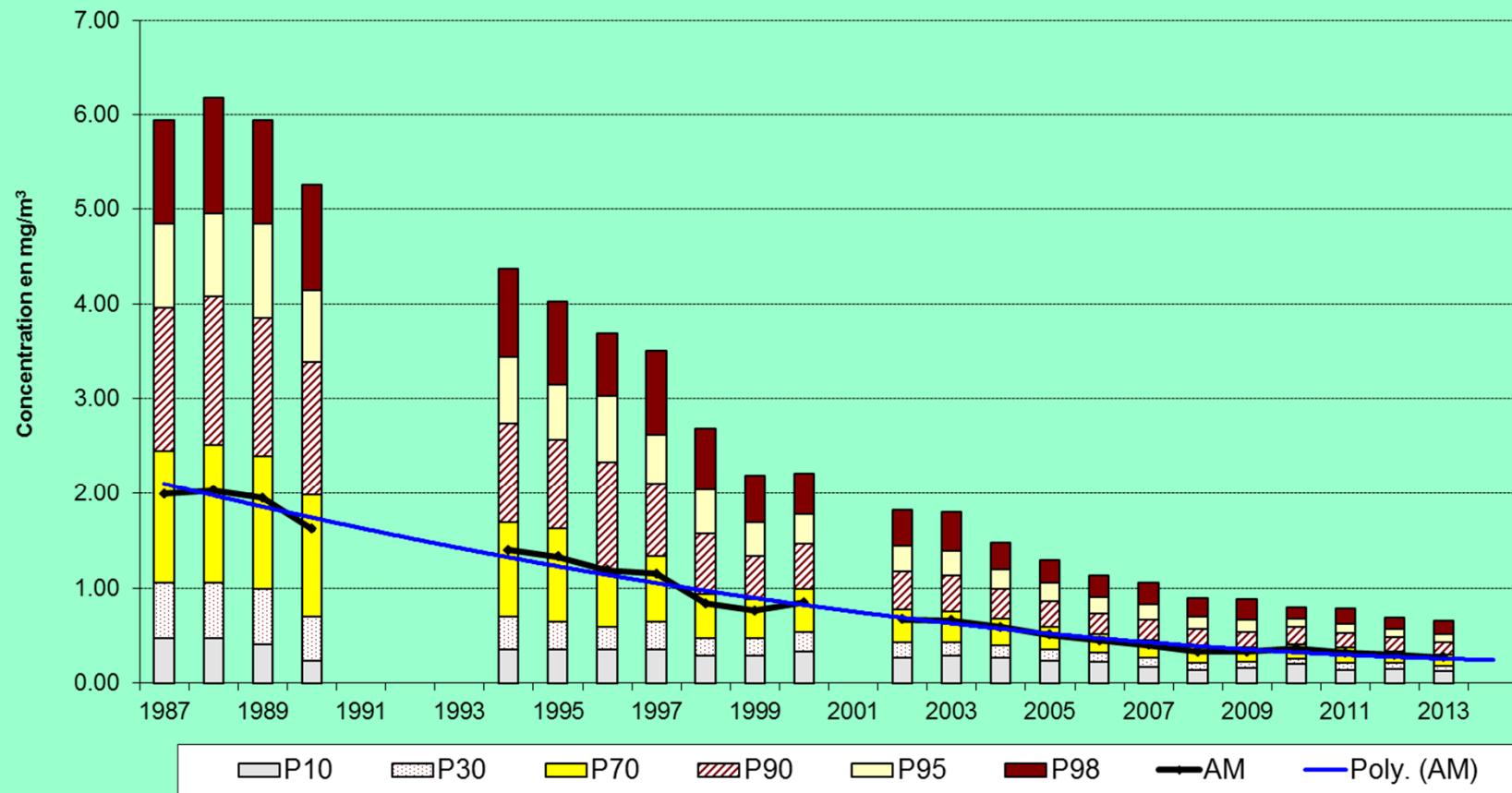
NO à IXELLES (R002) - EVOLUTION dans le TEMPS
 DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES
 Période "JANVIER - DECEMBRE"



CO – IXELLES, Avenue de la Couronne

Distribution de Fréquences Cumulées : 1987-2013

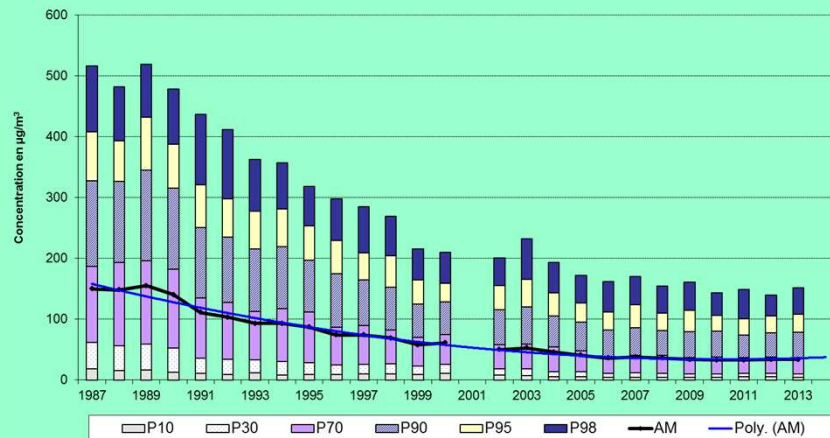
CO à IXELLES (R002) - EVOLUTION dans le TEMPS
 DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES
 Période "JANVIER - DECEMBRE"



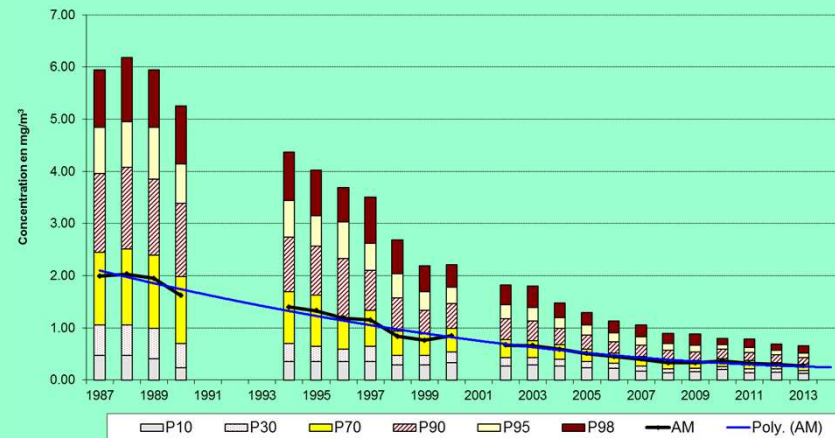
NO et CO – IXELLES et ARTS-LOI

Distribution de Fréquences Cumulées : 1987-2013

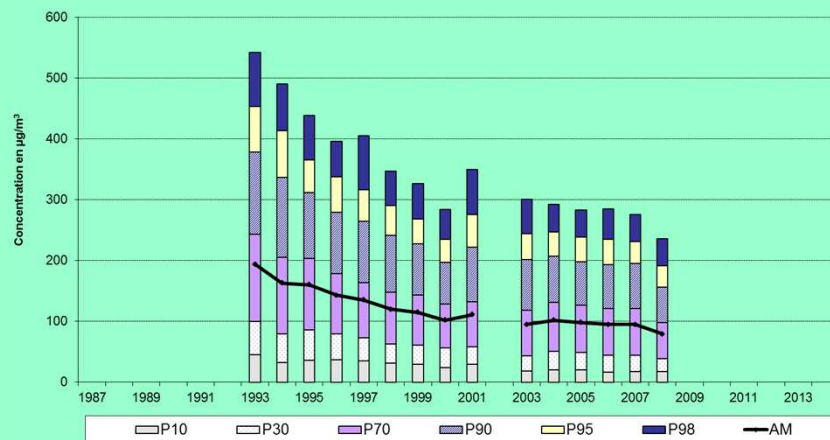
NO à IXELLES (R002) - EVOLUTION dans le TEMPS
DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES
 Période "JANVIER - DECEMBRE"



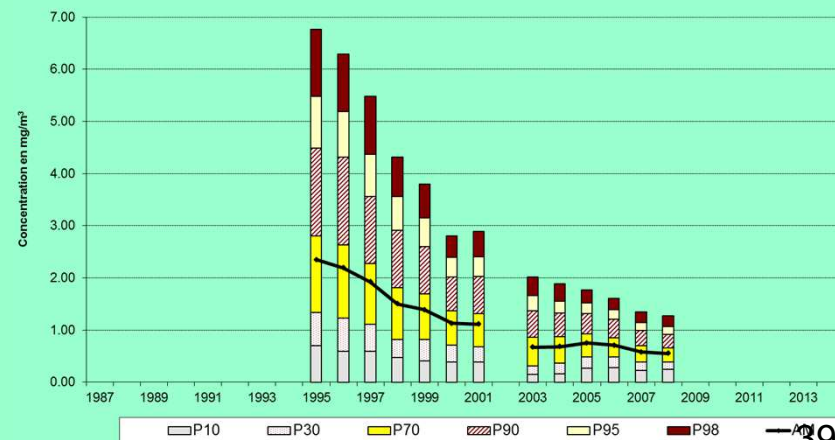
CO à IXELLES (R002) - EVOLUTION dans le TEMPS
DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES
 Période "JANVIER - DECEMBRE"



NO à ARTS-LOI (B003) - EVOLUTION dans le TEMPS
DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES
 Période "JANVIER - DECEMBRE"



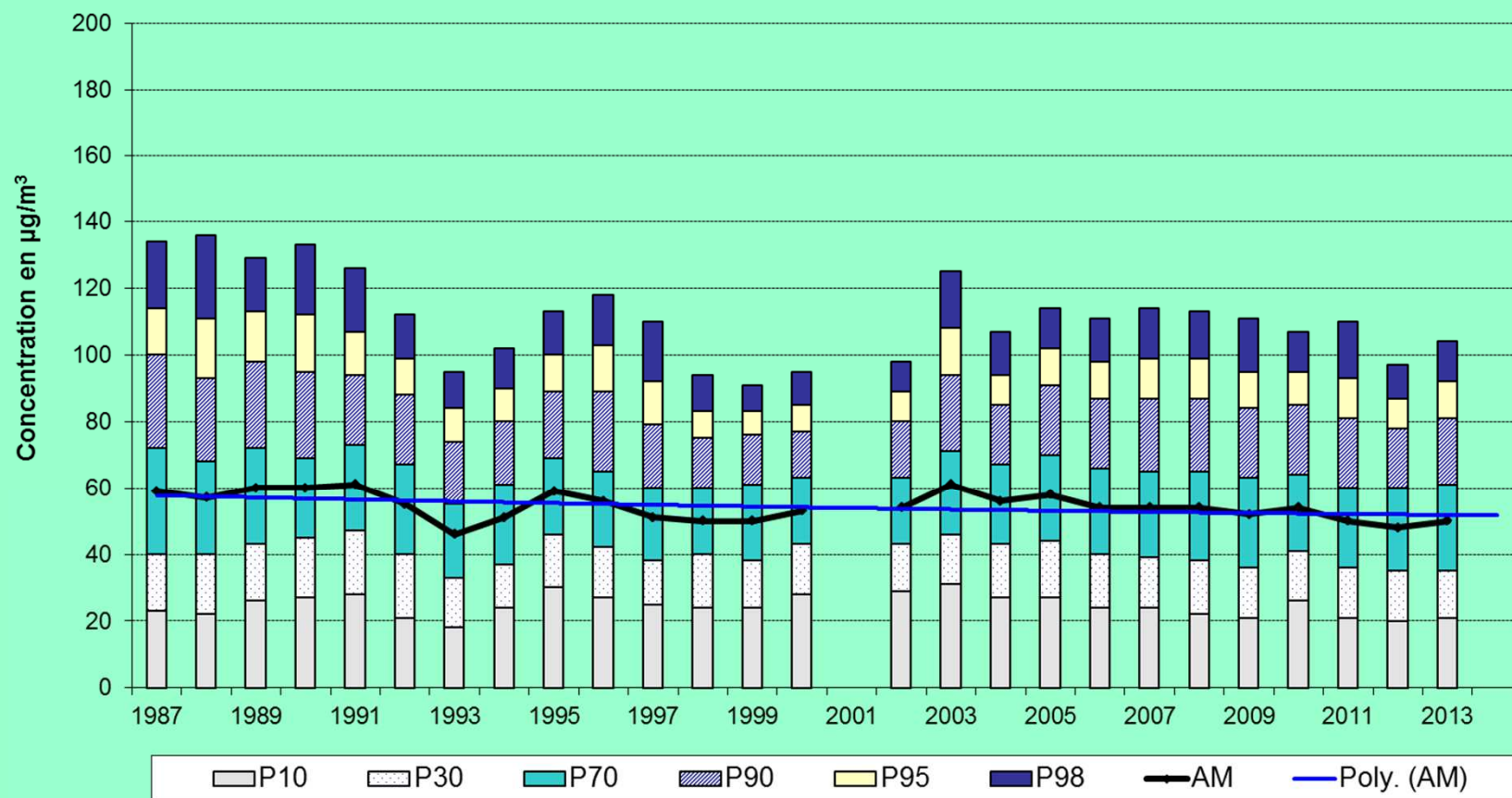
CO à ARTS-LOI (B003) - EVOLUTION dans le TEMPS
DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES
 Période "JANVIER - DECEMBRE"



NO₂ – IXELLES, Avenue de la Couronne

Distribution de Fréquences Cumulées : 1986-2013

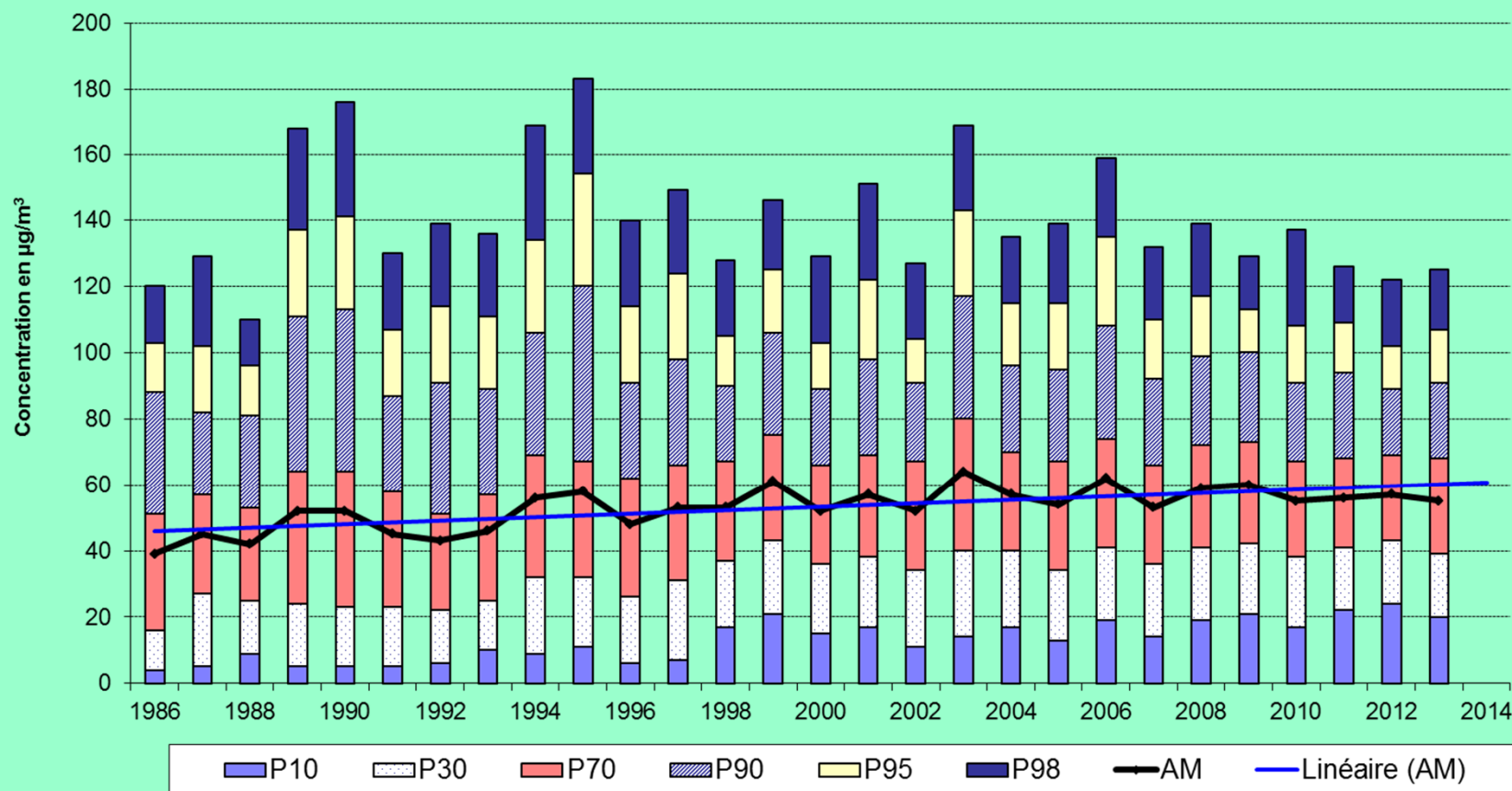
NO₂ à IXELLES (R002) - EVOLUTION dans le TEMPS
 DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES
 Période "JANVIER - DECEMBRE"



OZONE - Uccle

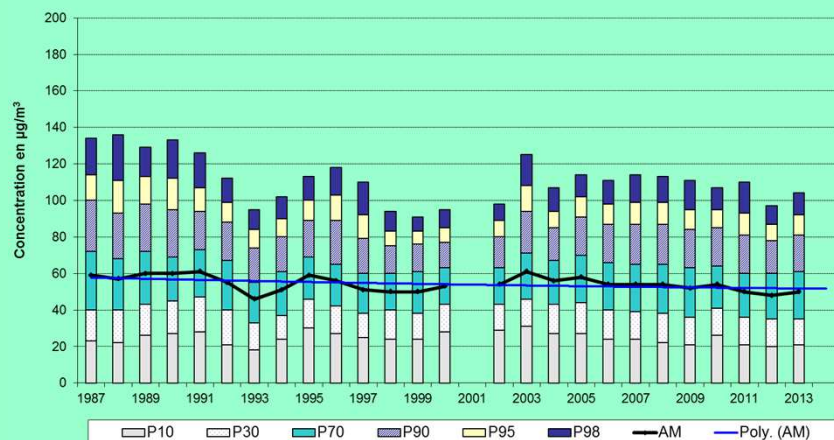
Distribution de Fréquences Cumulées : 1986-2013

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

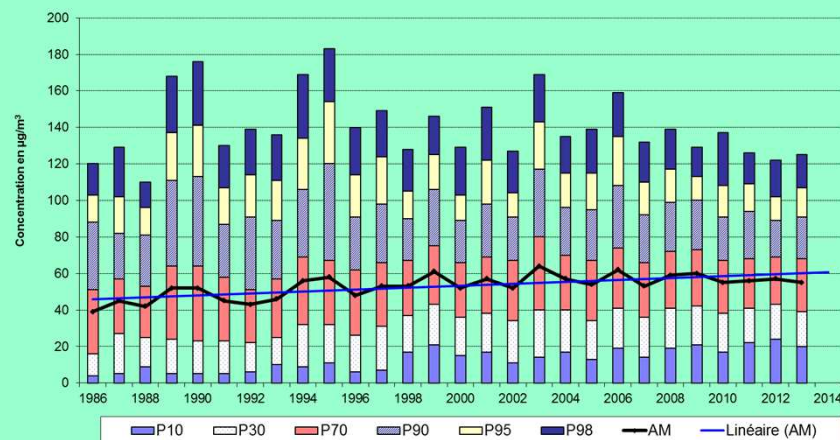


NO₂ (Ixelles, Arts-Loi) – O₃ (Uccle, Berchem) Distribution de Fréquences Cumulées : 1986-2013

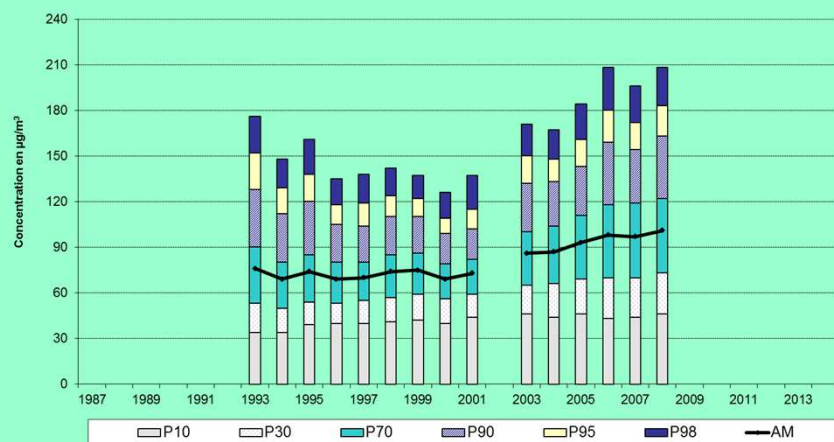
NO₂ à IXELLES (R002) - EVOLUTION dans le TEMPS
DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES
Période "JANVIER - DECEMBRE"



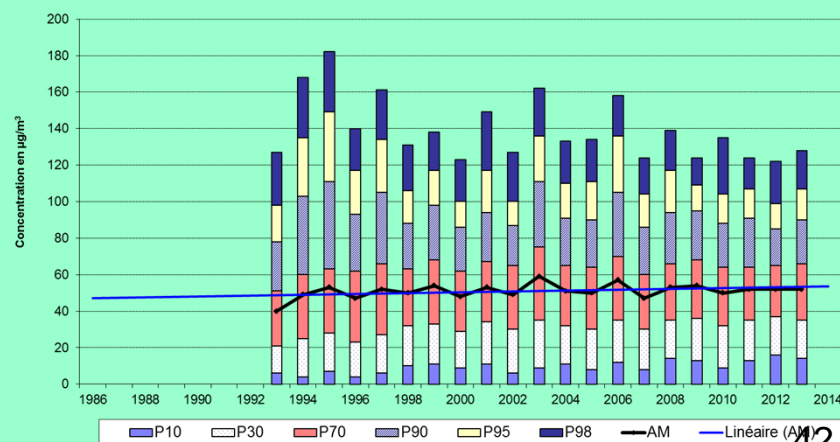
OZONE à UCCLE (R012) - EVOLUTION dans le TEMPS
DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES
Période Estivale "AVRIL - SEPTEMBRE"



NO₂ à ARTS-LOI (B003) - EVOLUTION dans le TEMPS
DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES
Période "JANVIER - DECEMBRE"



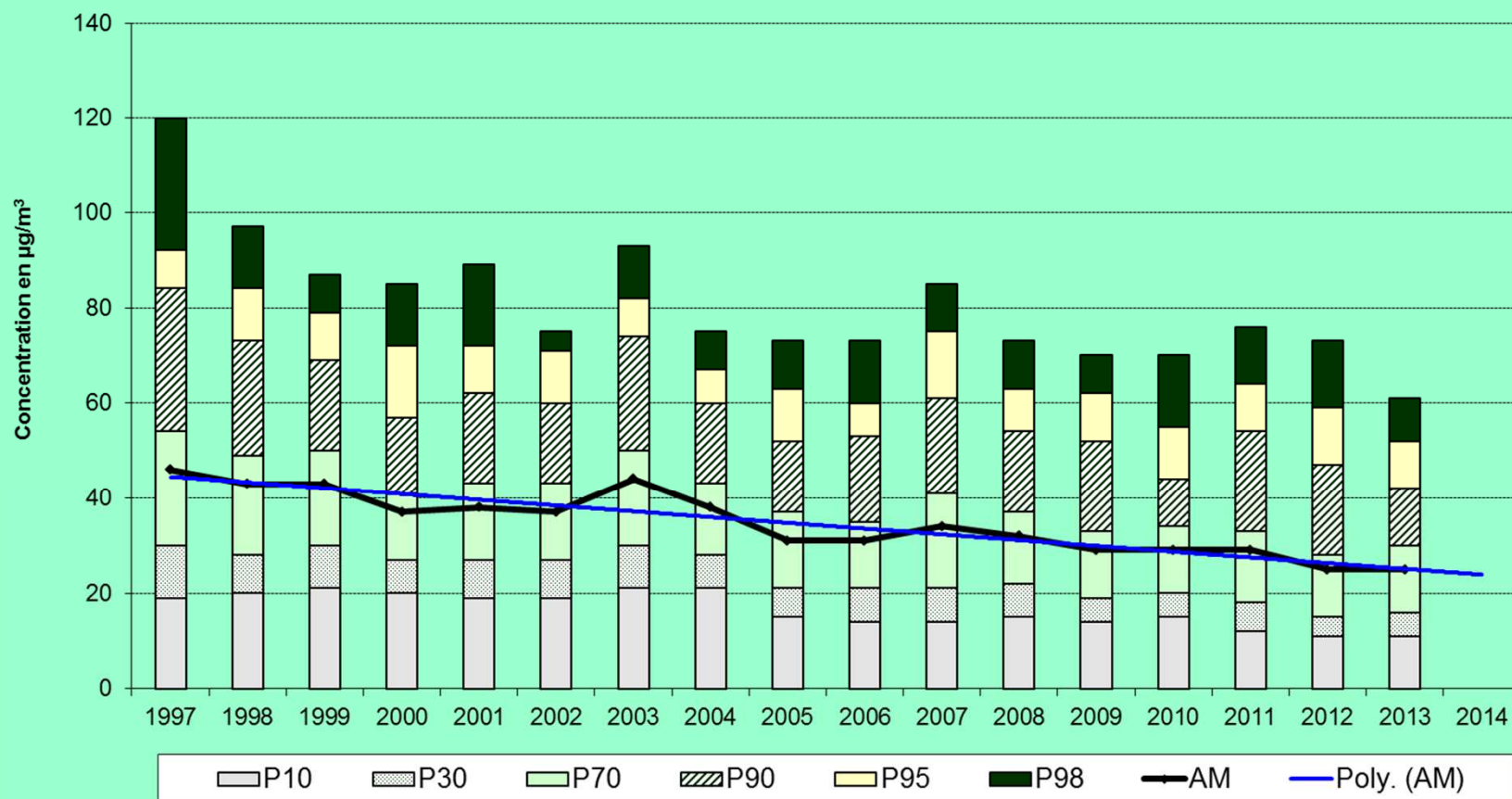
OZONE à BERCHEM-Ste-Agathe (B011) - EVOLUTION dans le TEMPS
DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES
Période Estivale "AVRIL - SEPTEMBRE"



PM10 à MOLENBEEK

Distribution de Fréquences Cumulées : 1997-2013

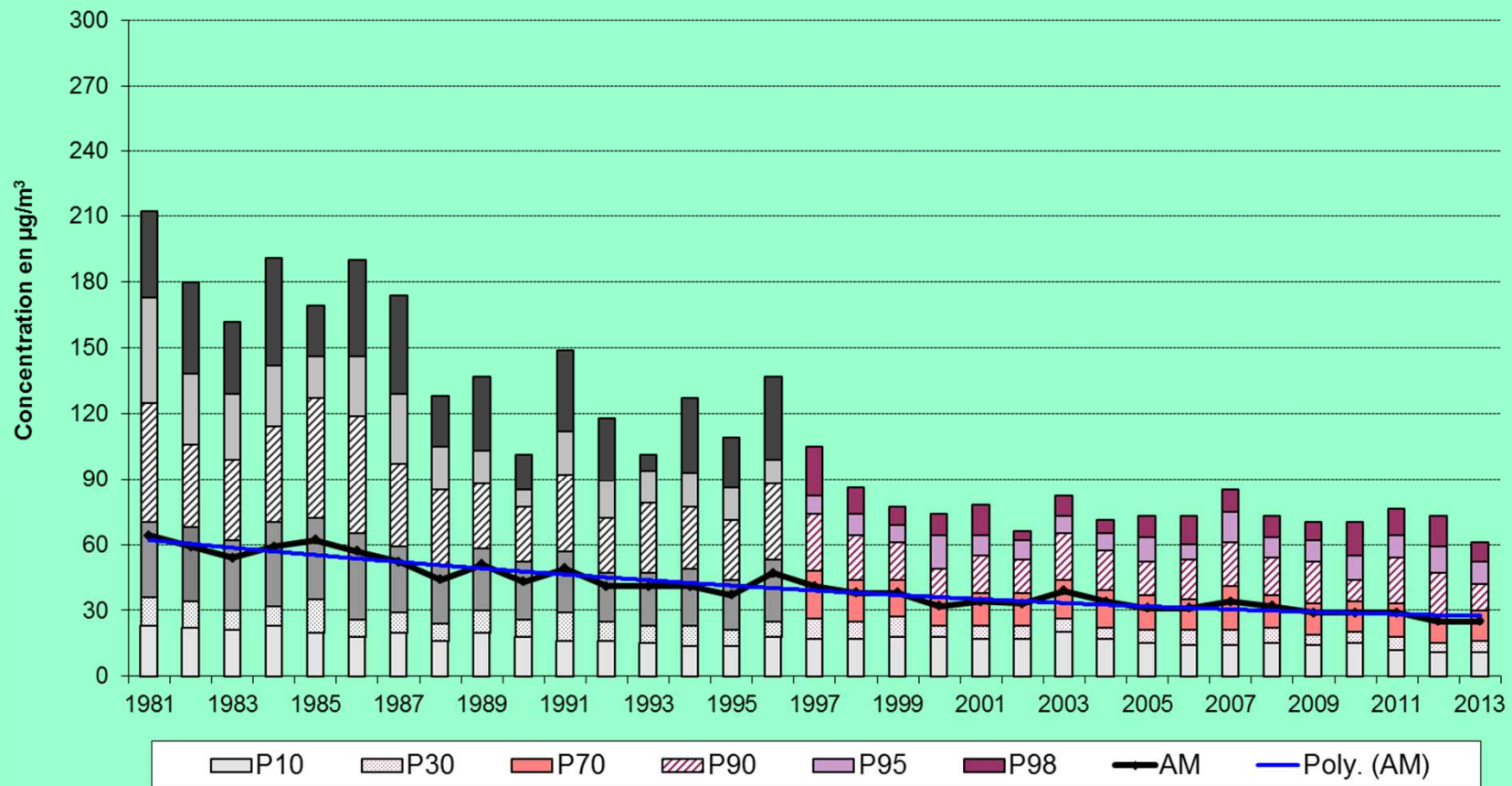
PM10 à MOLENBEEK (R001) - EVOLUTION dans le TEMPS
 DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS JOURNALIERES
 1997-2004 : PM10_raw * 1,47 - 2005-... : PM10_FDMS



PM10 à MOLENBEEK

Distribution de Fréquences Cumulées : 1997-2013 + conversion données historiques «DUST» (1981-2000)

PM10 à MOLENBEEK - EVOLUTION dans le TEMPS
DISTRIBUTION FREQUENCES CUMULEES - VALEURS JOURNALIERES (1981-2013)
 1981-1996 : DUST_to_PM10_{FDMS} - 1997-2003 : PM10_{Raw_to_PM10}_{FDMS} - 2004... : PM10_{FDMS}

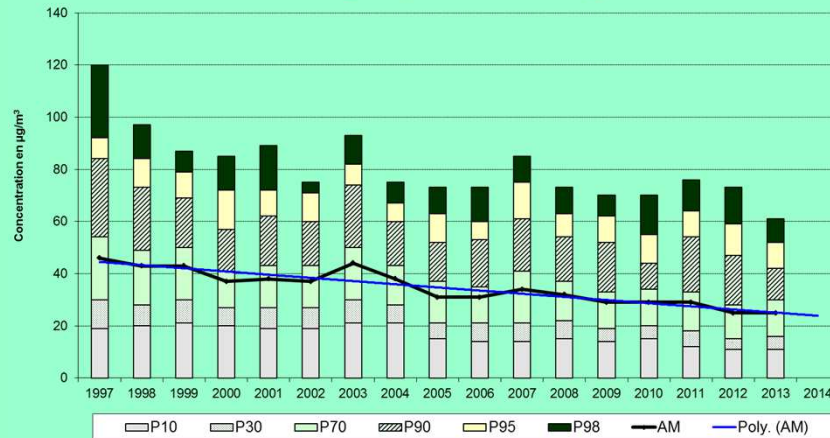


PM10 à MOLENBEEK et AVANT PORT

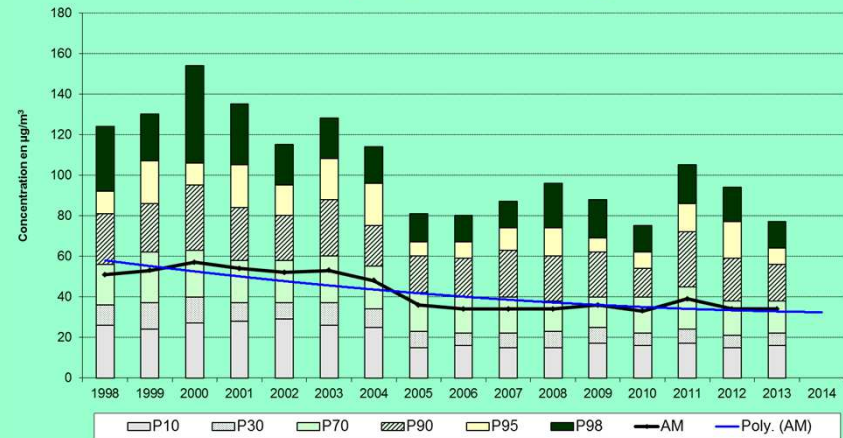
Distribution de Fréquences Cumulées : 1997-2013

+ conversion données historiques «DUST» (1981-2000)

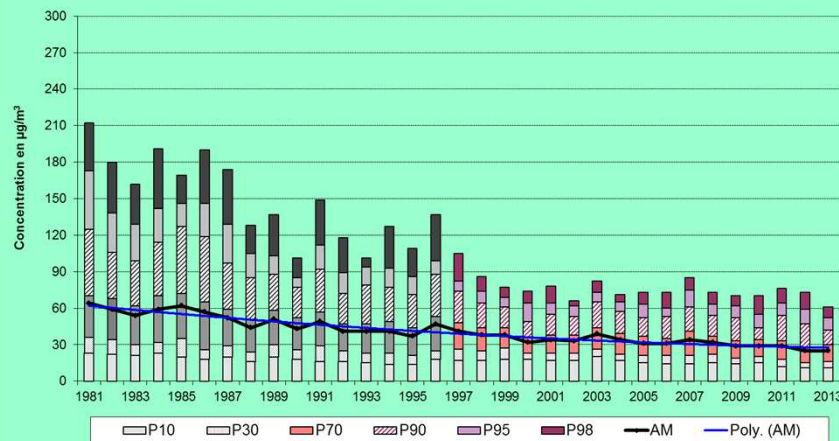
PM10 à MOLENBEEK (R001) - EVOLUTION dans le TEMPS
 DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS JOURNALIERES
 1997-2004 : PM10_raw * 1,47 - 2005-... : PM10_FDMS



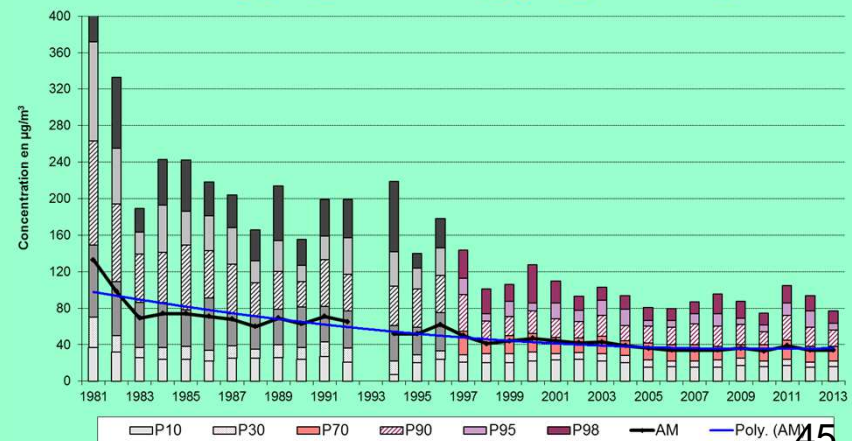
PM10 à l'AVANT PORT (N043) - EVOLUTION dans le TEMPS
 DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS JOURNALIERES
 1998-2004 : PM10_raw * 1,47 - 2005-... : PM10_FDMS



PM10 à MOLENBEEK - EVOLUTION dans le TEMPS
 DISTRIBUTION FREQUENCES CUMULEES - VALEURS JOURNALIERES (1981-2013)
 1981-1996 : DUST_to_PM10_FDMS - 1997-2003 : PM10_raw_to_PM10_FDMS - 2004... : PM10_FDMS

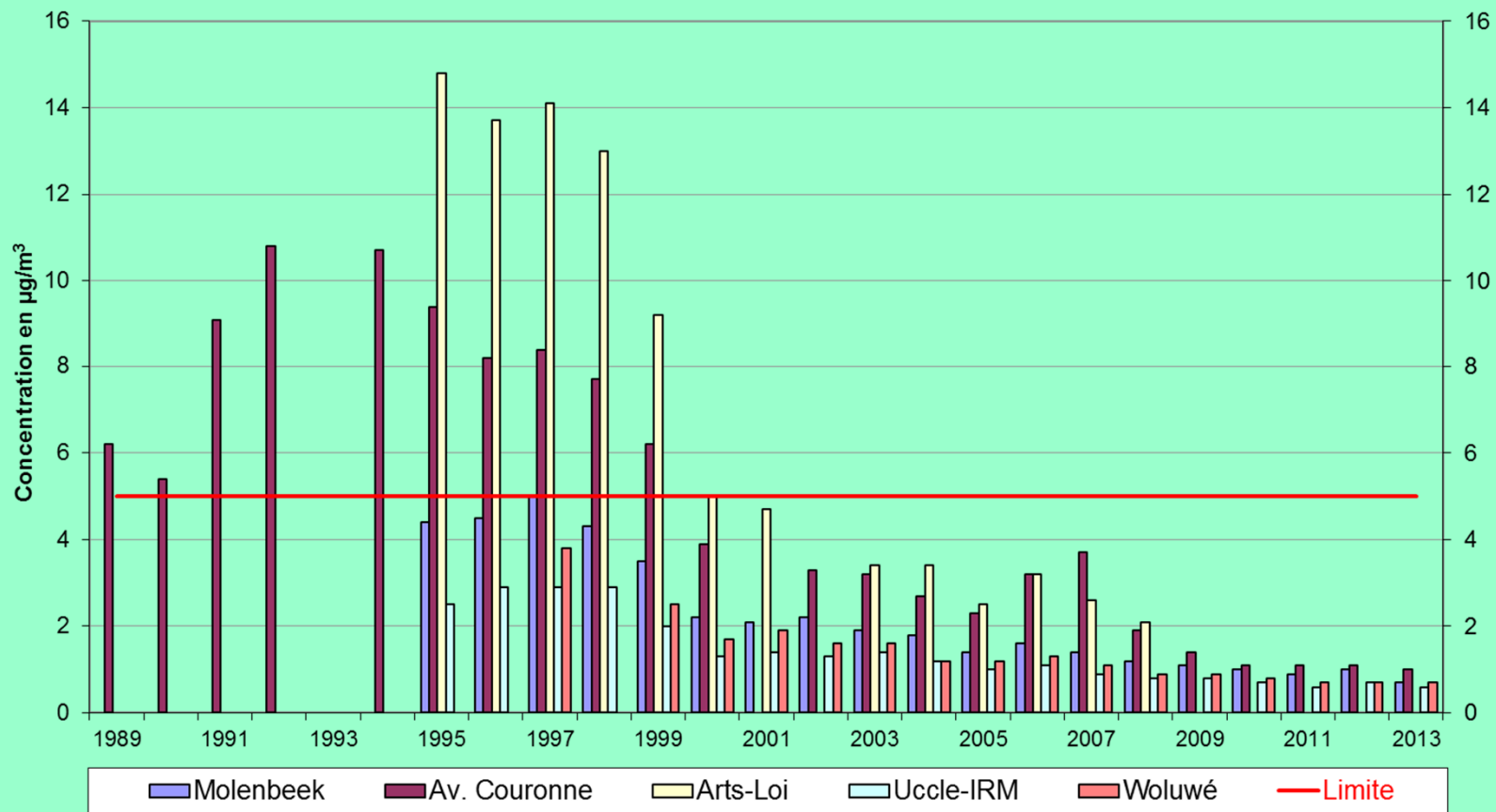


PM10 à l'AVANT PORT (N043) - EVOLUTION dans le TEMPS
 DISTRIBUTION FREQUENCES CUMULEES - VALEURS JOURNALIERES (1981-2013)
 1981-1997 : DUST_to_PM10_FDMS - 1998-2004 : PM10_raw_to_PM10_FDMS - 2005... : PM10_FDMS



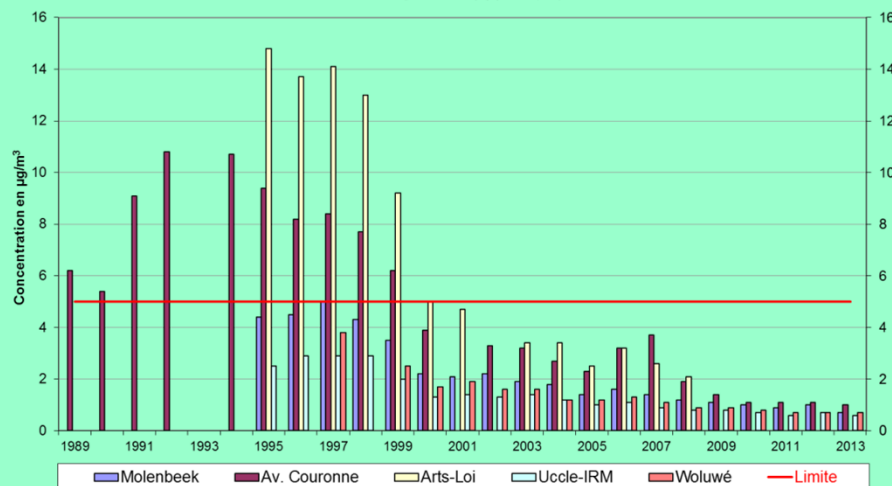
BENZÈNE : Concentration Moyenne Annuelle Évolution 1989 - 2013

BENZENE : Concentration Moyenne Annuelle
PERIODE : 1989 - 2013

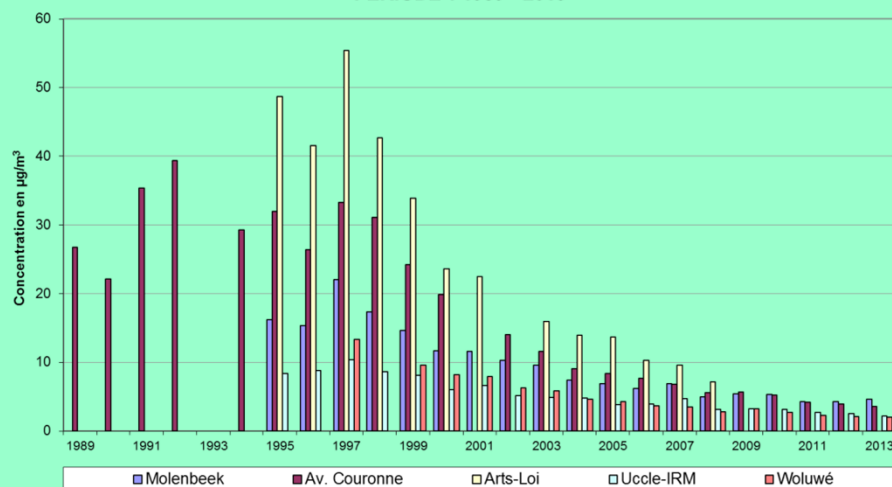


BTX – Concentration Moyenne Annuelle Évolution 1989 - 2013

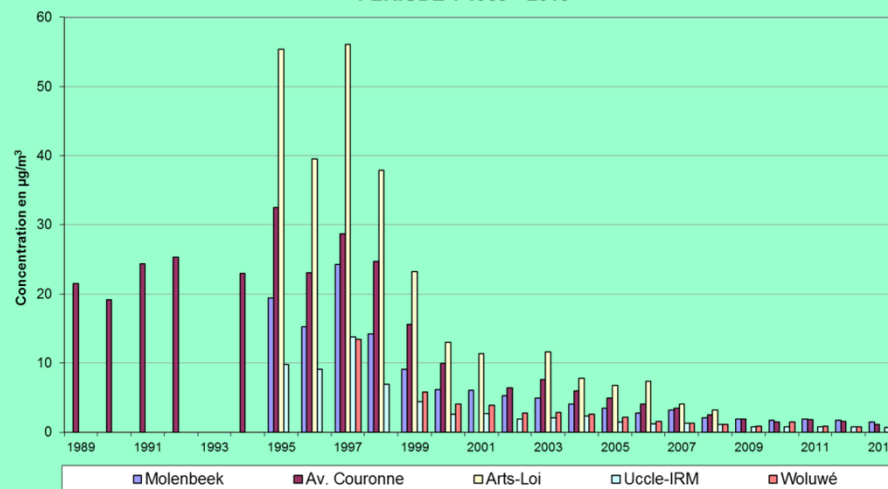
BENZENE : Concentration Moyenne Annuelle
PERIODE : 1989 - 2013



TOLUENE : Concentration Moyenne Annuelle
PERIODE : 1989 - 2013



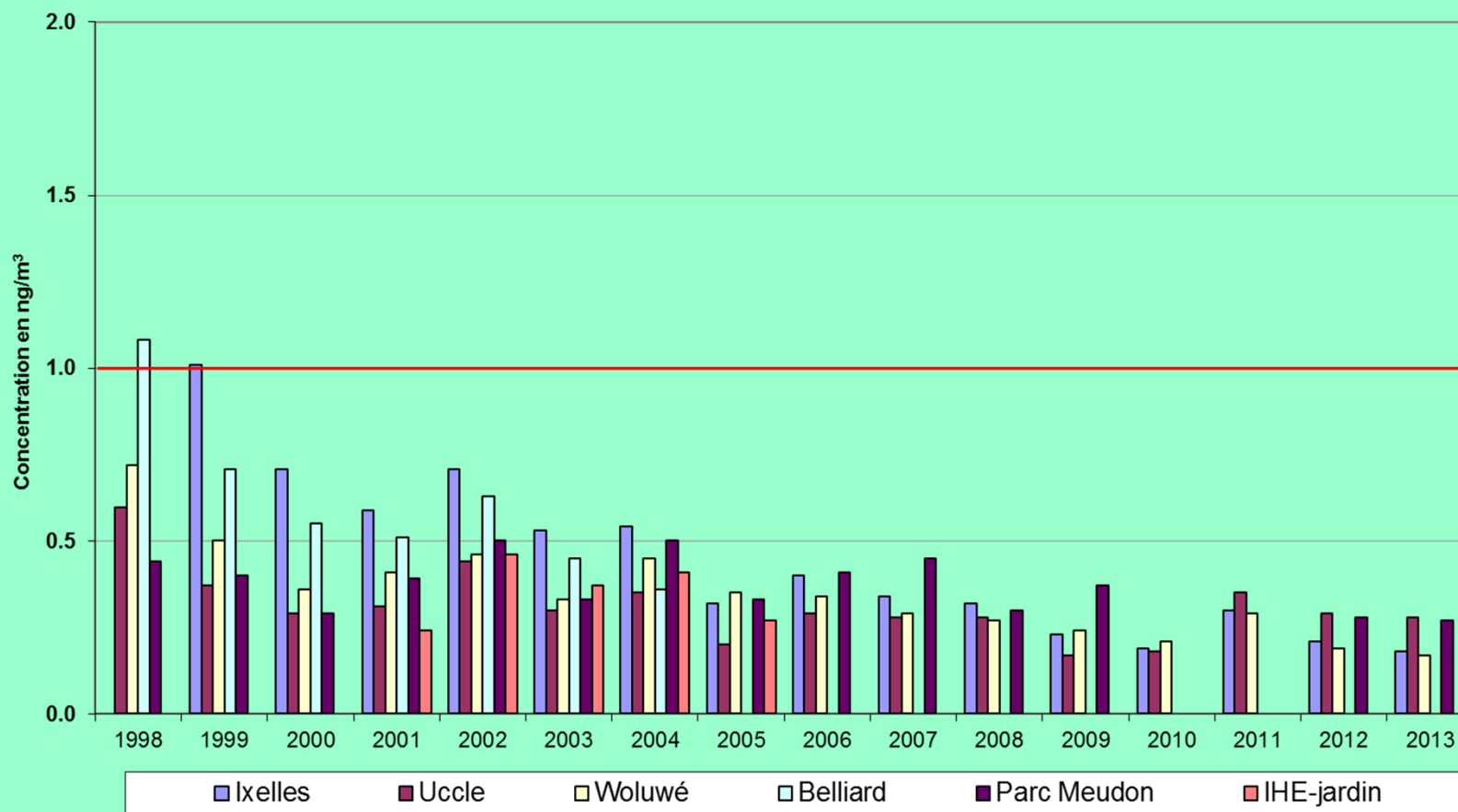
Somme des XYLENES : Concentration Moyenne Annuelle
PERIODE : 1989 - 2013



Benzo(a)PYRÈNE - Évolution 1998 - 2013

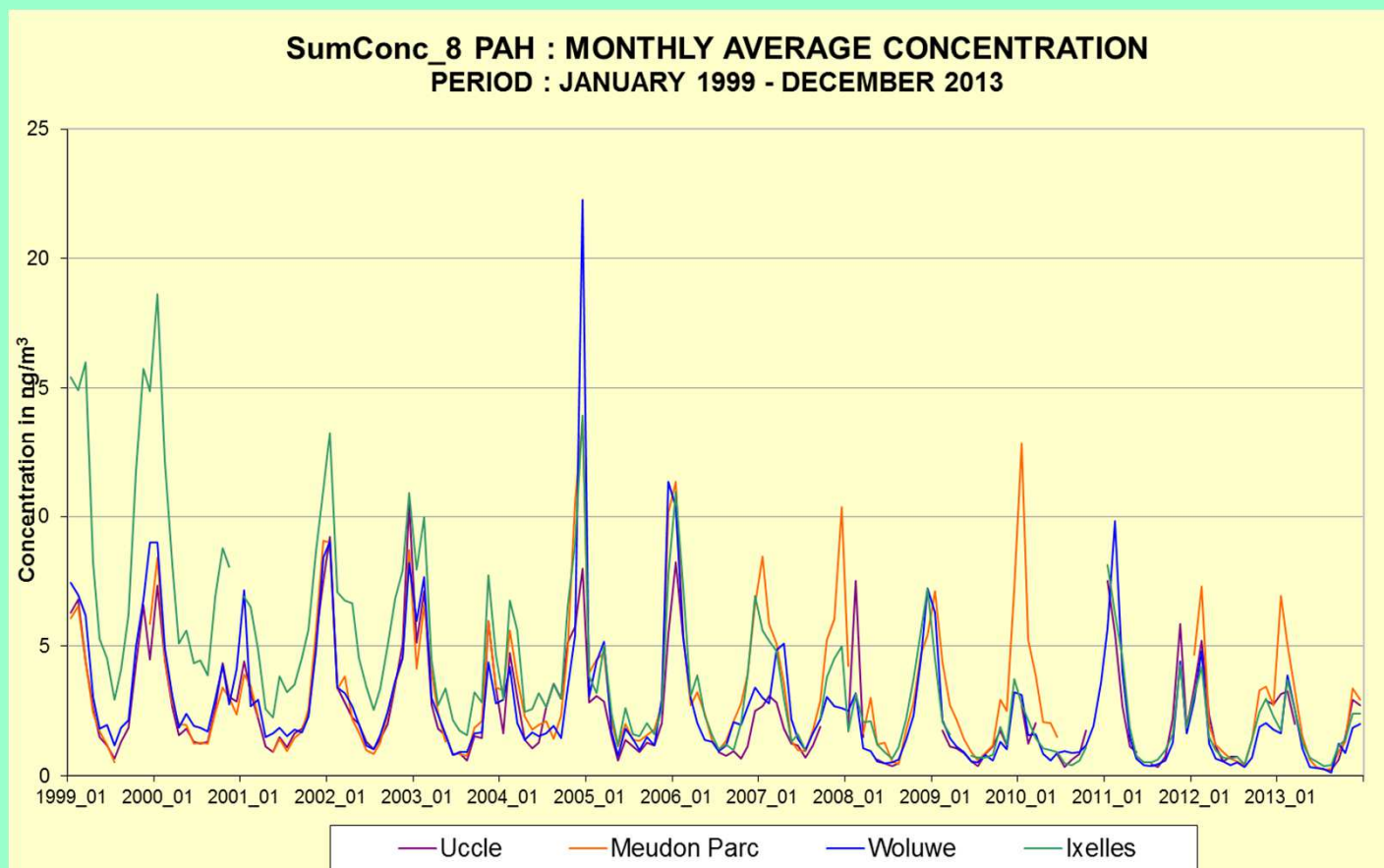
Concentration Moyenne Annuelle

Benzo a PYRENE : CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE
PERIODE : 1998 - 2013



HPA – SomConc8 - Évolution 1999 - 2013

Concentration Moyenne Mensuelle

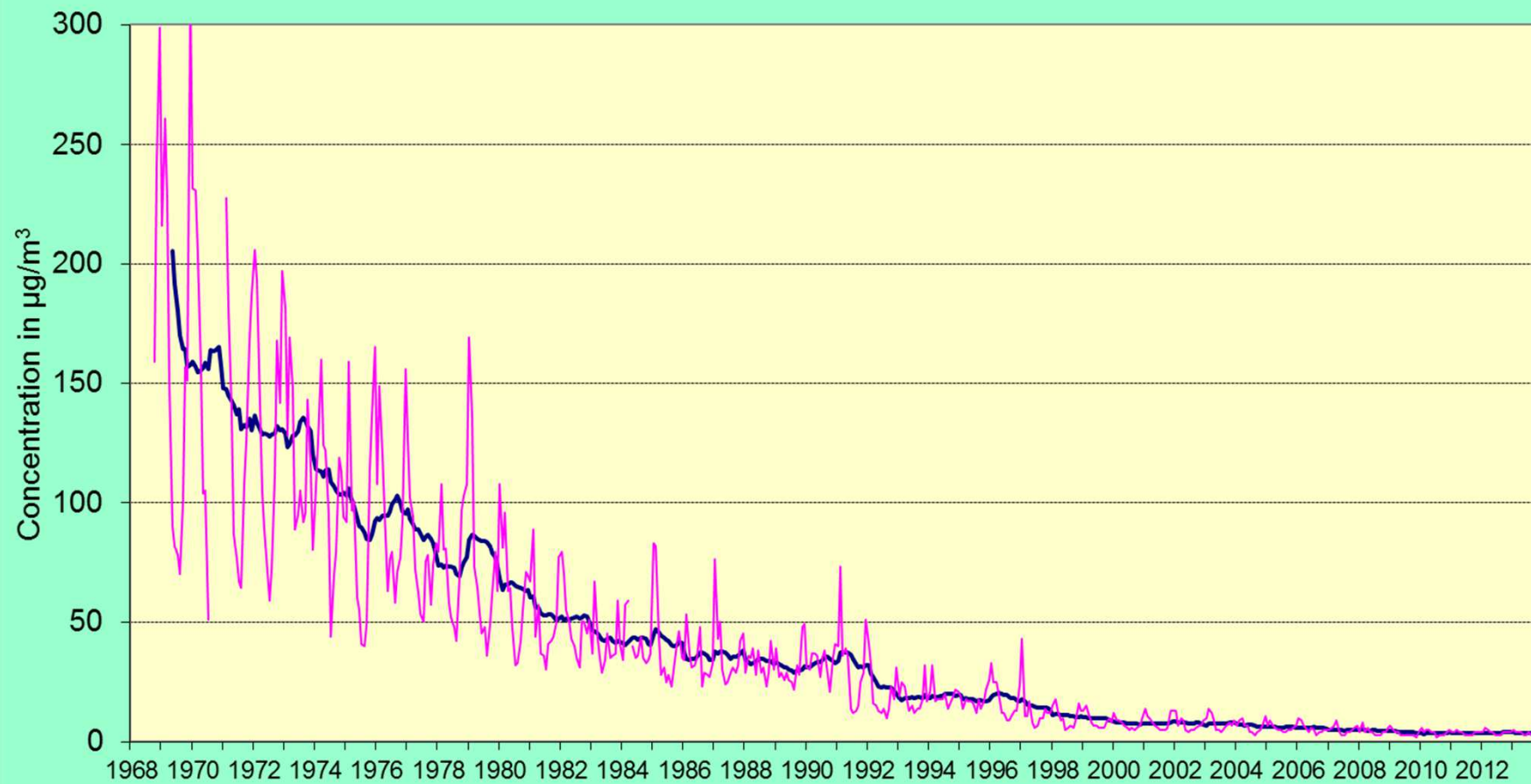


Depuis 1997: benzo(e)pyrène - benzo(a)pyrène - benzo(b)fluoranthène - benzo(k)fluoranthène - indéno(123cd)pérylène – coronène - cenzo(ghi)pérylène - benzo(a)anthracène

Depuis 2001: fluoranthène – pyrène - dibenzo(a,h)anthracène

SO₂ : Évolution Concentration 1968 – 2013

Moyenne Annuelle Glissante – Moyennes Mensuelles

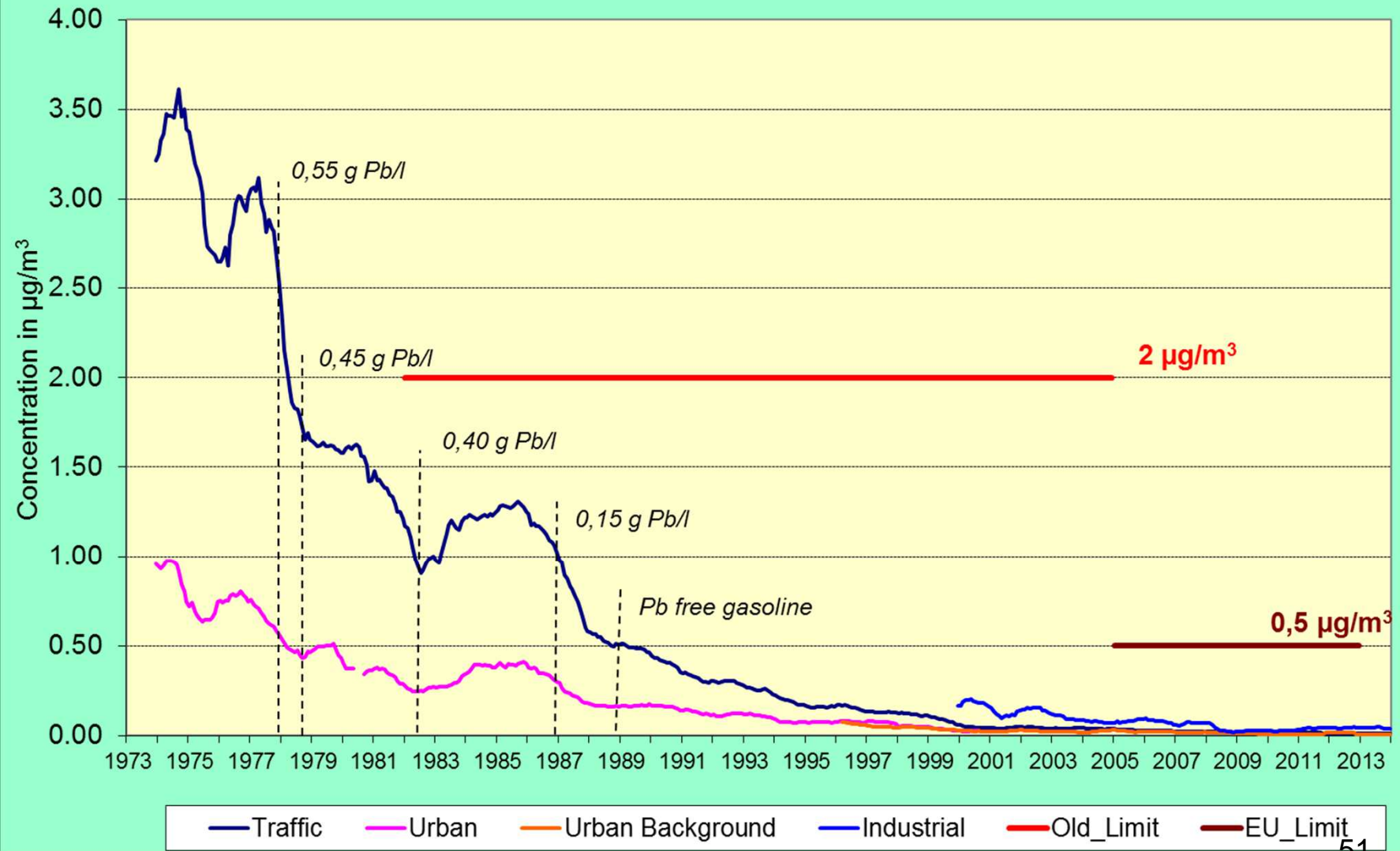


— Moving Average

— Monthly Mean

Pb : Évolution Concentration 1973 – 2013

Moyenne Annuelle glissante



Concentrations < > OBJECTIFS QUALITÉ de l' AIR
Dépassements **NO₂** – **PM10** – { **PM2,5** – **O₃** }

CONTENU DES NORMES

DUREE d' ÉCHANTILLONNAGE / PÉRIODE d' INTÉGRATION

Calcul de la moyenne (fréquences de prise de données)

PÉRIODE de RÉFÉRENCE *(date de début – date de fin)*

PARAMÈTRES STATISTIQUEMENT REPRÉSENTATIFS

Mode de Calcul/ Disponibilité des résultats

VALEUR LIMITE / VALEUR GUIDE et UNITÉS

METHODE de RÉFÉRENCE *échantillonnage / étalonnage / procédure analytique*

CONFORMITÉ des METHODES UTILISÉES

Performances appareils / équivalence des résultats

STRATÉGIE de MESURE dans l' ESPACE et dans le TEMPS

SANCTIONS en CAS de NON RESPECT

LIENS avec des LOIS ou des RÉGLEMENTATIONS EXISTANTES

AUTORITÉS COMPÉTANTES

.....

Directives Européennes

DIRECTIVE 2008/50/CE – 20.05.2008

Qualité de l'Air et un Air Pur pour l'Europe – RBC 10.02.2011

DIRECTIVE CADRE AIR – 1996/62/CE

SO₂, NO₂, PM₁₀ et Pb – 1999/30/CE

BENZENE et CO – 2000/69/CE

OZONE – 2002/3/CE

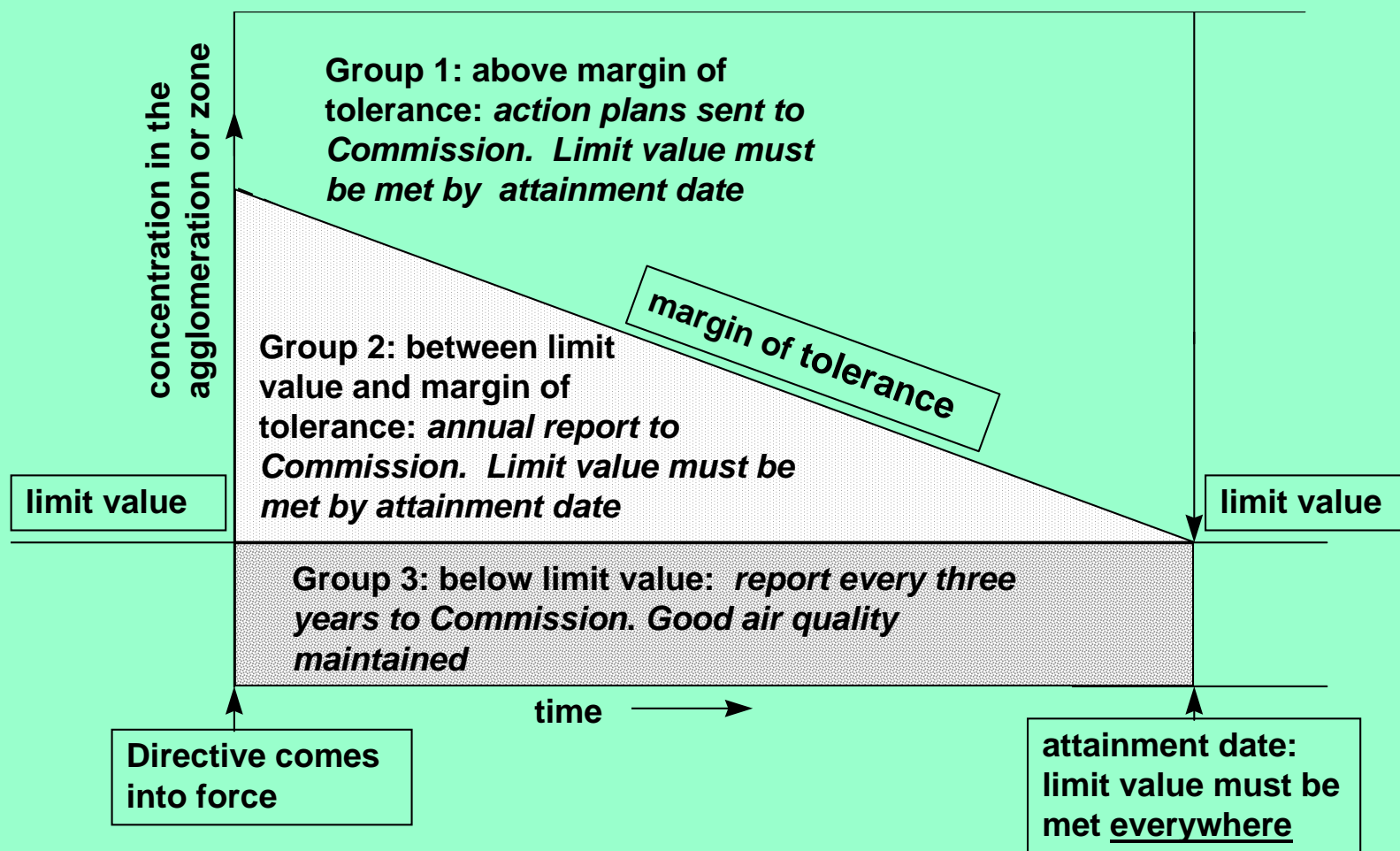
+ objectifs PM_{2,5}

As, Cd, Hg, Ni et HPA - 2004/107/CE

OBJECTIFS SANTÉ !!! VALEURS LIMITES – VALEURS CIBLES !!!

Méthodes de Référence – Nombre de Points de mesure – Saisie de données etc...

Valeur Limite et Marge de Tolérance



OBJECTIFS QUALITÉ de l' AIR 2005 - 2010 – 2013 - 2015

Protection de la SANTE HUMAINE					
SO ₂	1 heure	350 µg/m ³	< 24 */an	2005	O.K.
SO ₂	24 heures	125 µg/m ³	< 3 */an	2005	O.K.
NO ₂	1 heure	200 µg/m ³	< 18 * /an	2010	O.K.
NO ₂	1 an	40 µg/m ³		2010	???
PM10	24 heures	50 µg/m ³	< 35 */an	2005	???
PM10	1 an	40 µg/m ³		2005	O.K.
PM2,5	1 an	25 µg/m ³		2015	O.K.
PM2,5	1 an	20 µg/m ³		2020	?
IEM (PM2,5)	moy_3 an	20% réduction entre 2010 et 2020			??
Pb	1 an	0.5 µg/m ³		2005*	O.K.
O ₃	8hr-max	120 µg/m ³	25 */an (3 an)	2010	± O.K. ?
CO	8h	10 mg/m ³		2005	O.K.
Benzène	1 an	5 µg/m ³		2010	O.K.
B(a)P	1 an	1 ng/m ³		2013	O.K.
As	1 an	6 ng/m ³		2013	O.K.
Cd	1 an	5 ng/m ³		2013	O.K.
Ni	1 an	20 ng/m ³		2013	O.K.

**QUALITÉ de l' AIR – AMÉLIORATION IMPORTANTE sur
une période de 40 ANS**

OBJECTIFS 2008/50/CE – SANTÉ HUMAINE

O₃ (Valeur Cible à partir de 2010)
Maximum 25 jours/an (moyenne 3 ans) avec 8HrMaxJour > 120 µg/m³
AOT40 (Mai - Juillet) – 18.000 (µg/m³) . h

NO₂ (Valeur Limite à partir de 2010)
CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE - 40 µg/m³

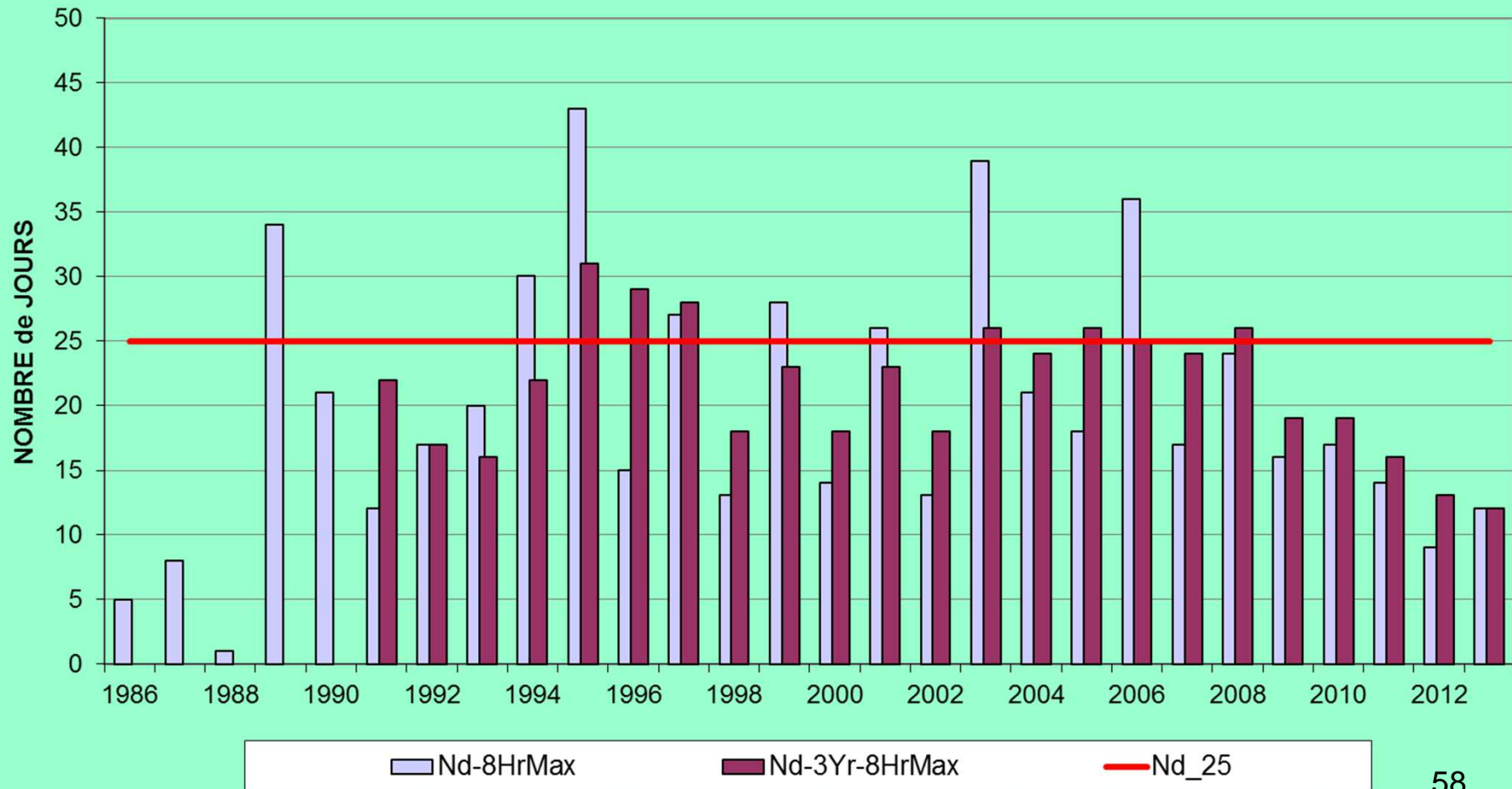
PM₁₀ (Valeur Limite à partir de 2005 - 2008)
Maximum 35 JOURS par AN – Valeur Journalière > 50 µg/m³

O₃ - 8HrMax – Uccle (1986-2013)

Nombre de JOURS par AN et en MOYENNE sur 3 ANS

OZONE à UCCLE - NOMBRE DE JOURS AVEC DEPASSEMENT

Moyenne Maximale journalière sur 8 heures > 120 µg/m³

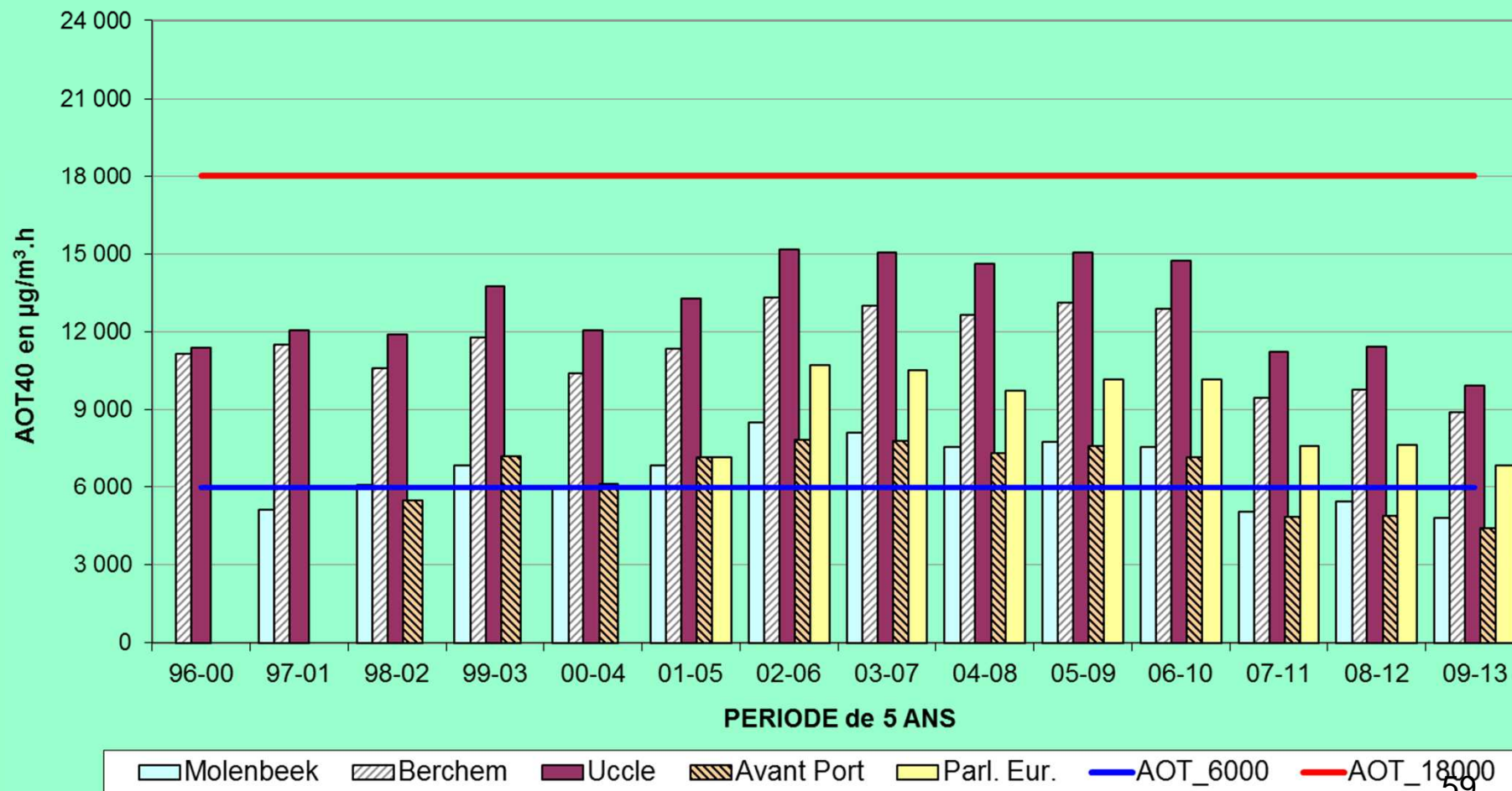


O₃ - AOT40_{MJ} - (1996/2000 - 2009/2013)

OZONE - AOT40-MJ - en MOYENNE sur 5 ANS

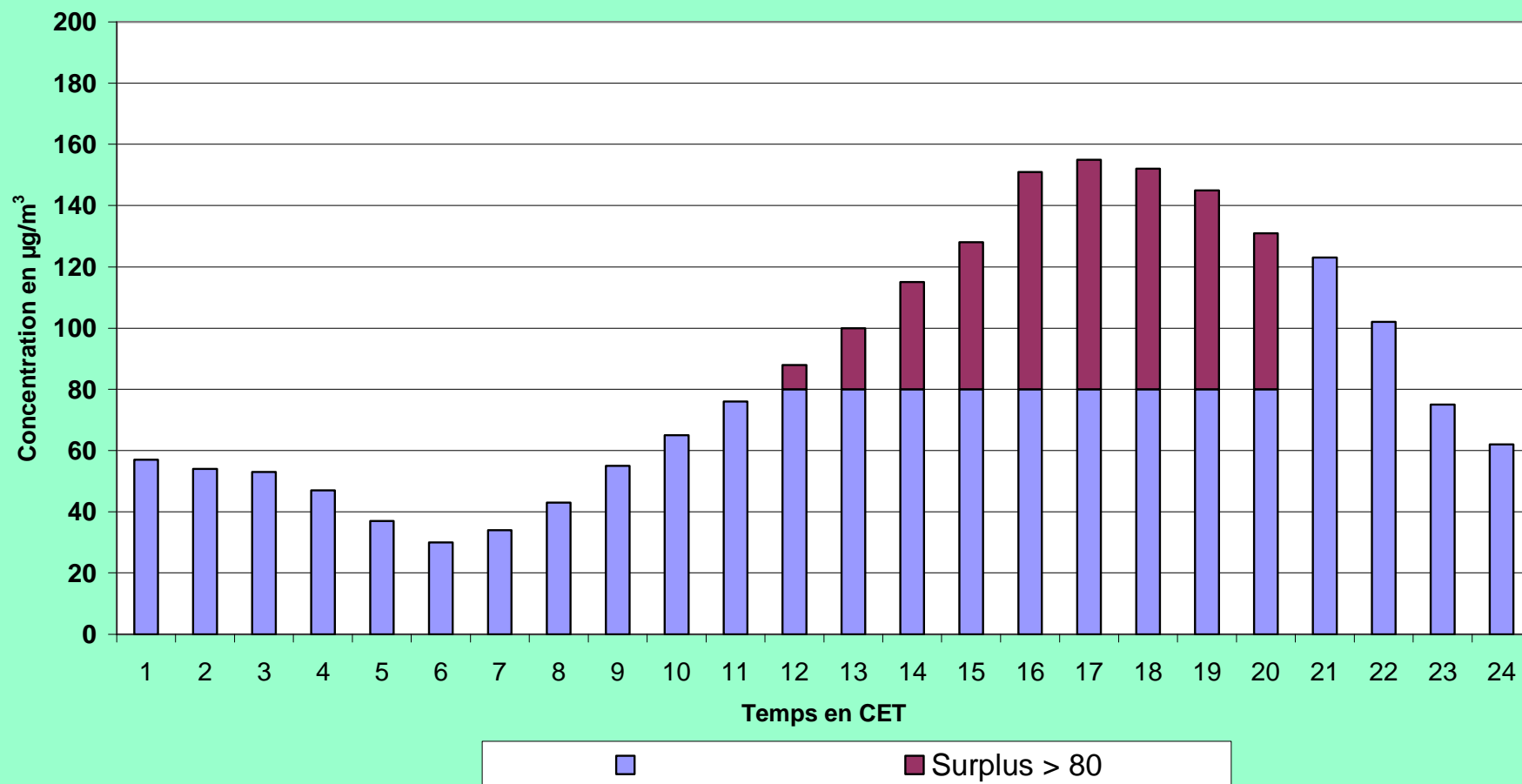
Période : MAI - JUILLET - 8-20 h de l'Europe Centrale

AOT calculé à 100% de disponibilité



O₃ - AOT40 (Principe de Calcul)

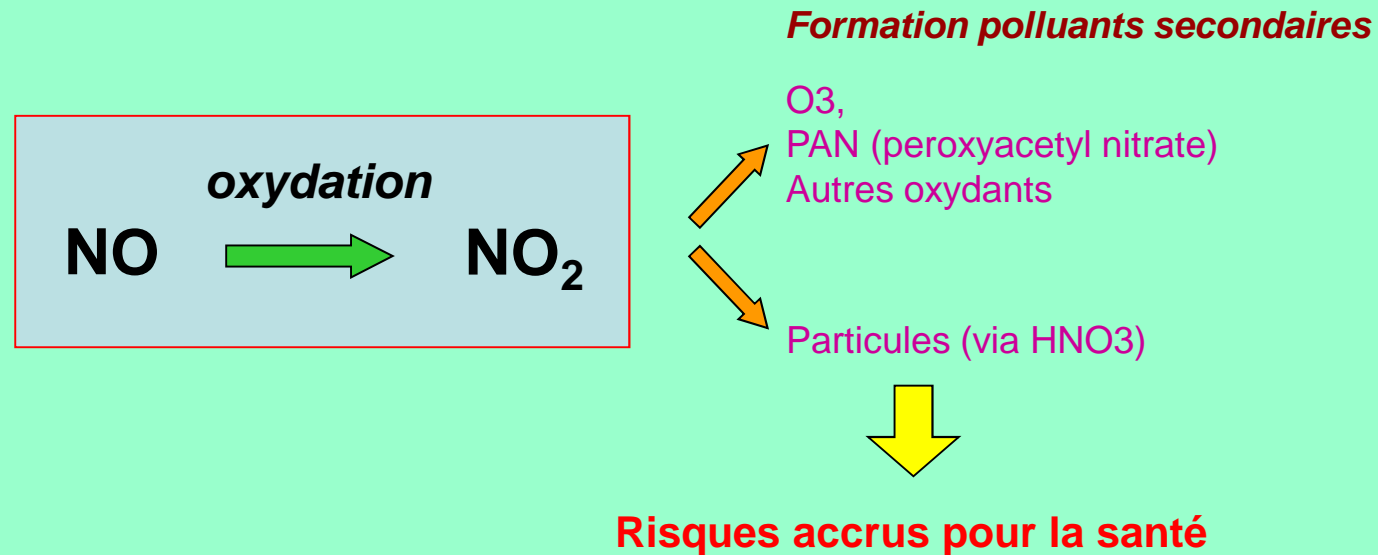
AOT40 - *principe de calcul*
Surplus au-delà de 80 µg/m³ entre 8 en 20 h CET



Oxydes d'azote (NO et NO₂)

Formés par processus de combustion + adjonction d'air

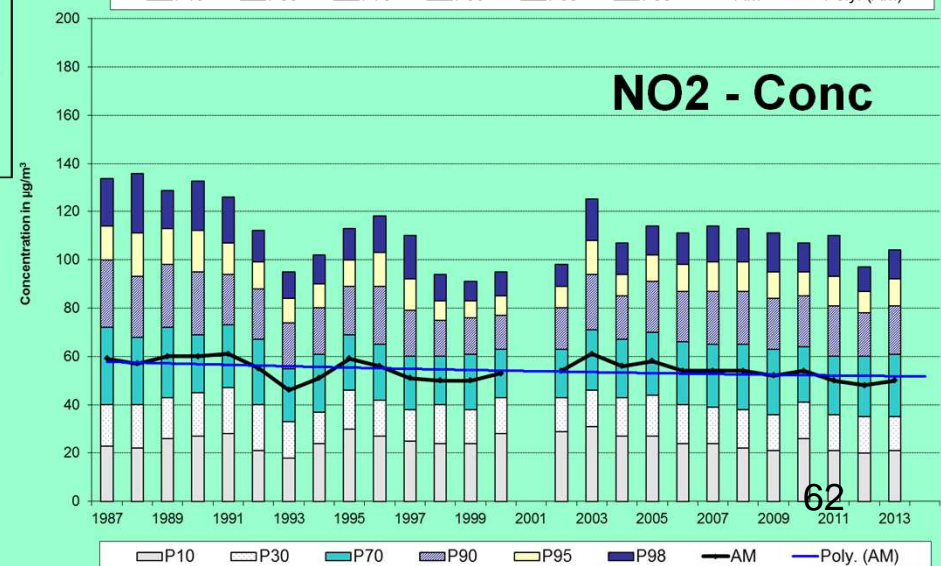
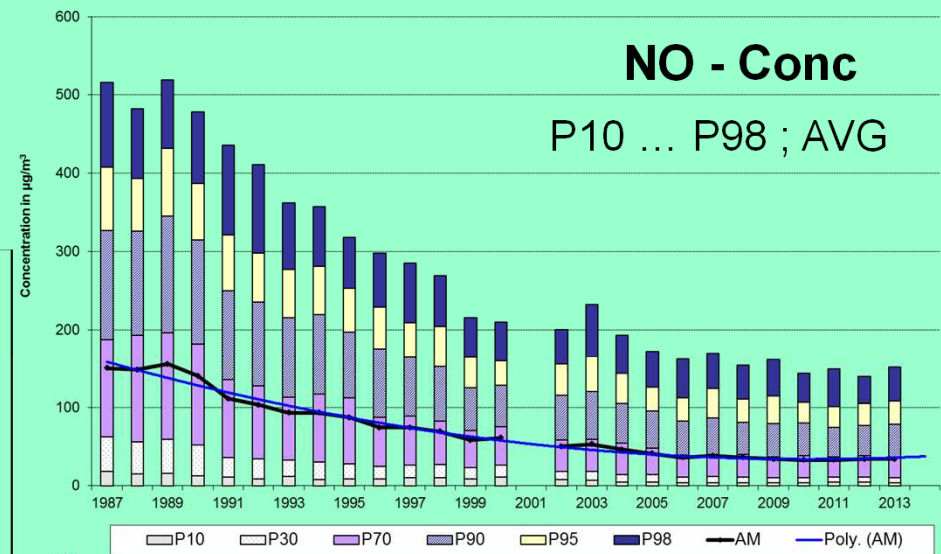
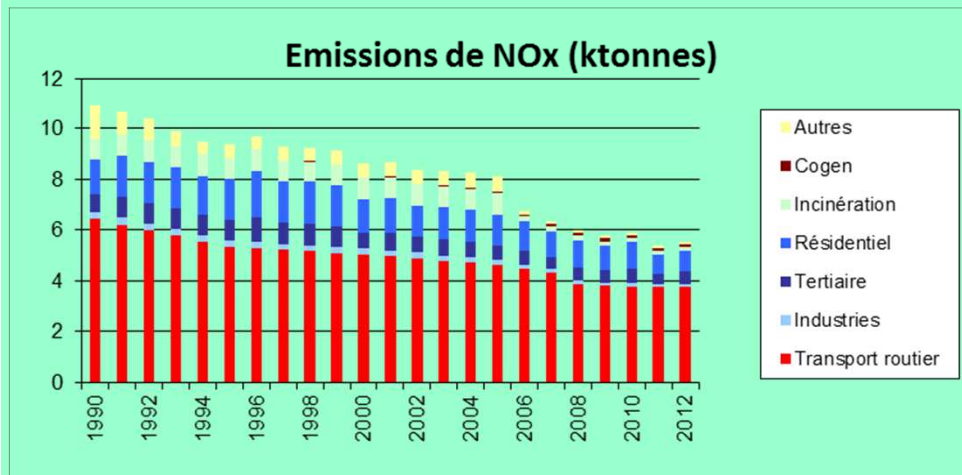
- à température élevée (> 600° C) : monoxyde d'azote \Rightarrow ($N_2 + O_2 \rightarrow 2 NO$)



- à température ambiante : dioxyde d'azote \Rightarrow **NO₂** \rightarrow impact santé
Thermodynamiquement le composé le plus stable

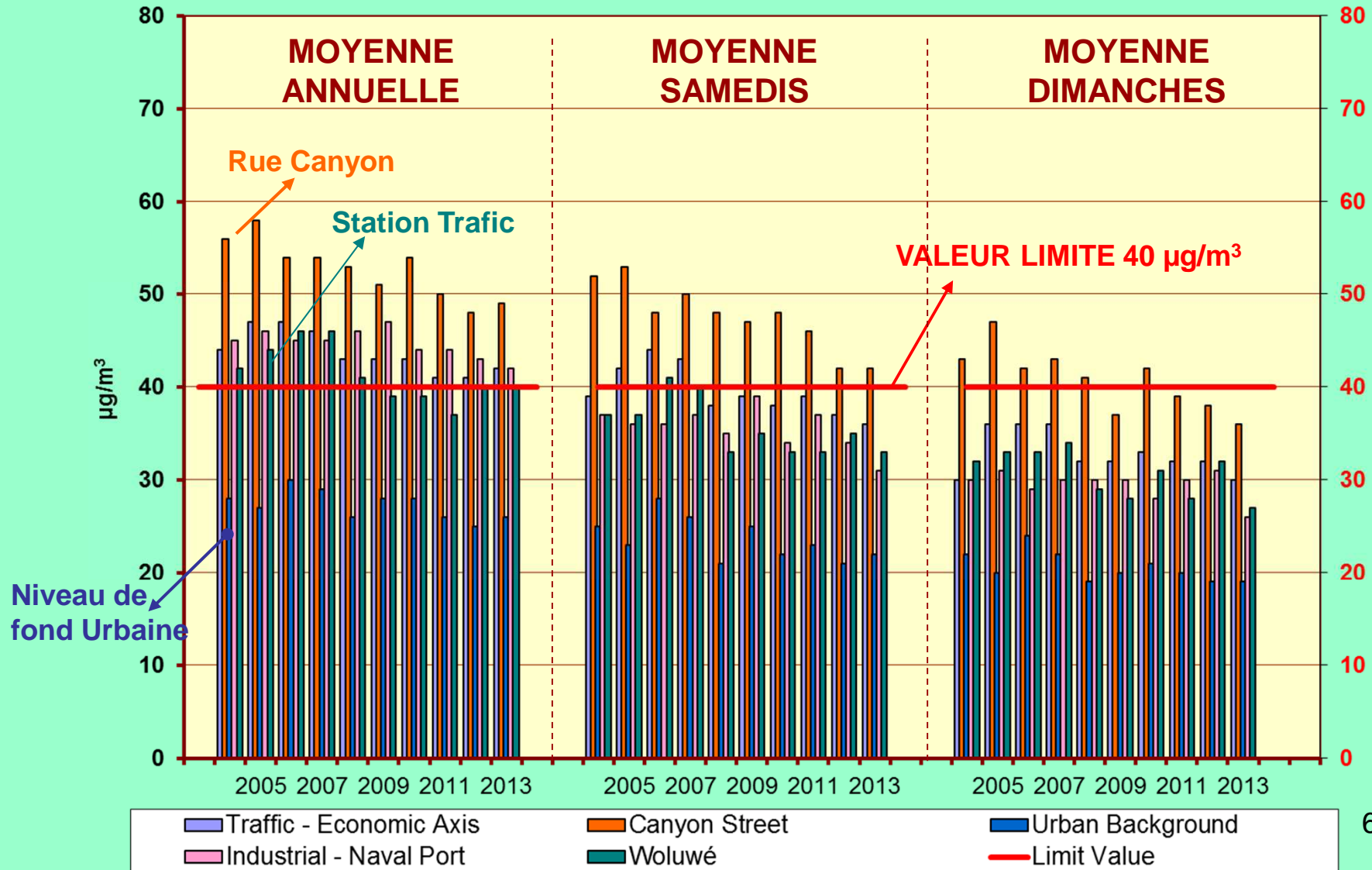
ÉVOLUTION ÉMISSIONS NO_x à BRUXELLES (1990-2012)

Concentrations horaires NO et NO₂ à Ixelles (1987-2013)



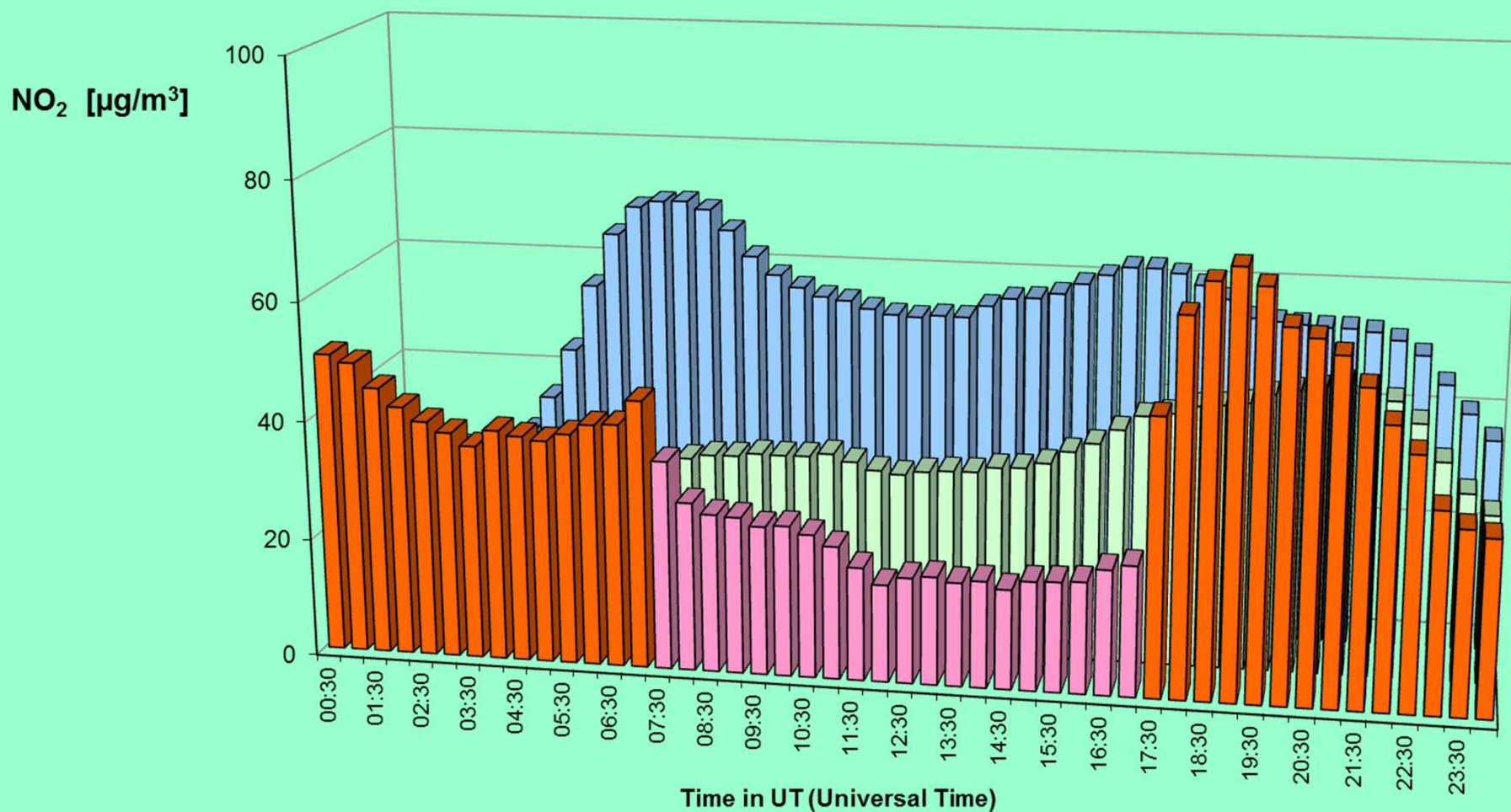
NO₂ : CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE (2004-2013)

CONCENTRATION MOYENNE des SAMEDIS et des DIMANCHES



NO₂ à IXELLES (2002-2013) – RUE CANYON

Moyenne sur 10 Dimanches sans Voiture – Dimanche Moyen – Jour ouvrable Moyen



■ Average "Car Free Sunday"

□ Average "Mean Sunday"

□ Average "Mean Weekday"

NO₂ – COMPOSÉ CLÉ !!!!

Présence

- thermodynamiquement le plus stable entre les NO_x
- présent partout // concentration de fond relativement élevée
- pas de diminution significative des concentrations (1989-2013)
malgré une période de 20 ans de réductions des émissions NO_x
- évolution parc automobile (diesel ~20% 1989 → ~60% 2013)
pas de **dé-NO_x** sur diesel (Euro 6 - 2013/2014)
rapport **NO₂/NO_x** plus élevé et croissant (tunnel 0.12 → 0.20)
opportunité ratée de réduire les émissions directes NO₂ du
trafic de ± 35% (respect VL postes trafic !!!)

Défi

diminuer significativement les concentrations actuelles NO₂
potentiel (dimanches sans voiture) – réduction émissions en RBC
→ trafic sans émissions NO_x ??

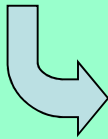
Problèmes

santé – précurseur ozone – aérosol secondaire (nitrates)

valeurs limites CE pour NO₂ et PM10 ?? – valeur cible O₃ ??

Origine des Particules PM10

Émissions d'origine naturelle

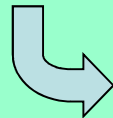


Émissions directes : pollen, sel marin, éruptions, feux de forêt, suspension des particules plus grosses (2,5-10 μm) par le vent

Émissions anthropiques



Émissions directes (polluants primaires): trafic, industrie, chauffage, activités agricoles, ...

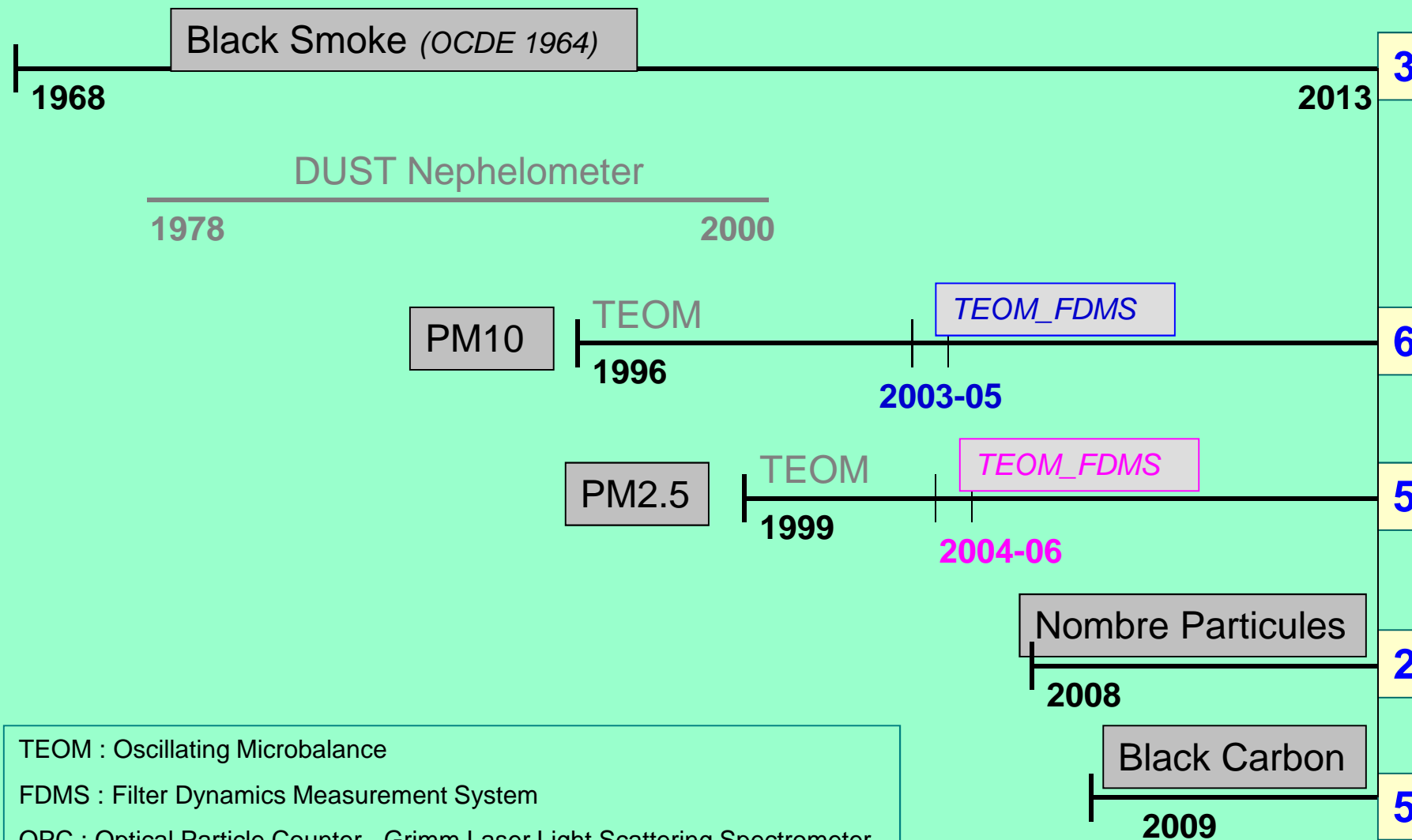


Émissions indirectes (polluants secondaires) : formées dans l'air à partir d'autres polluants (NH_3 , SO_2 , NO_2)



Remise en suspension des particules plus grosses (2,5 -10 μm) par les turbulences créées par le trafic routier

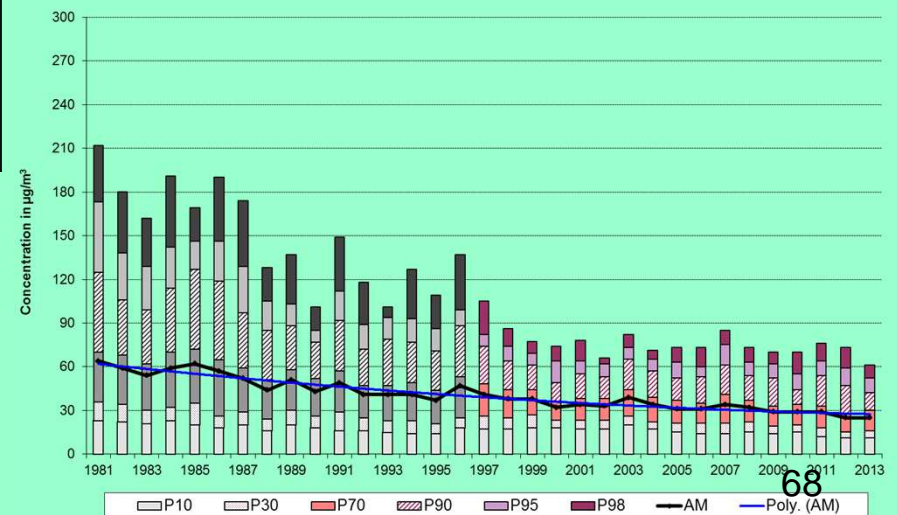
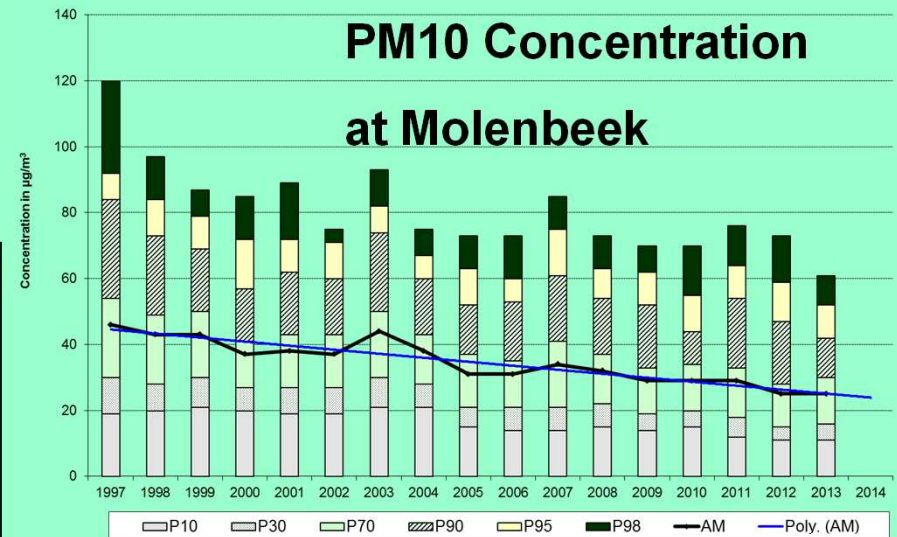
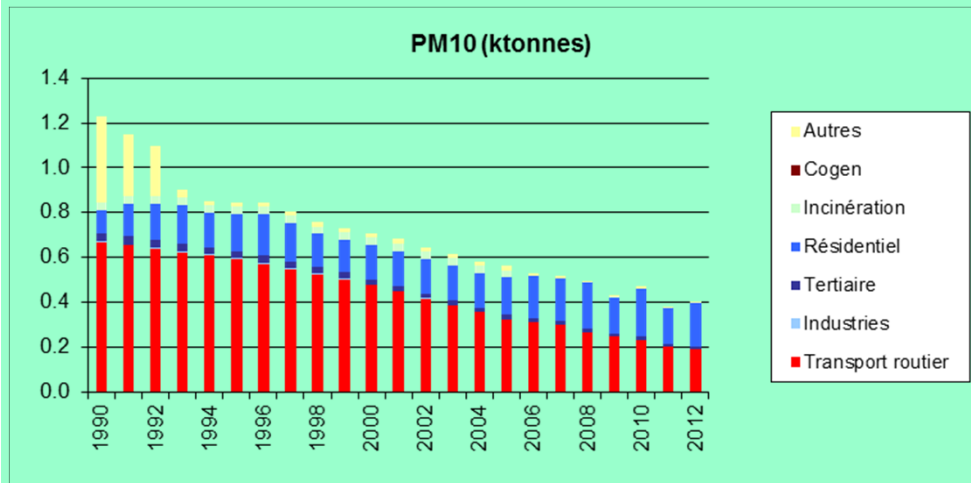
Chronologie des mesures PM à Bruxelles



TEOM : Oscillating Microbalance
FDMS : Filter Dynamics Measurement System
OPC : Optical Particle Counter - Grimm Laser Light Scattering Spectrometer
BC : Aethalometer Magee Scientific

ÉVOLUTION ÉMISSIONS PM10 à BRUXELLES (1990-2012)

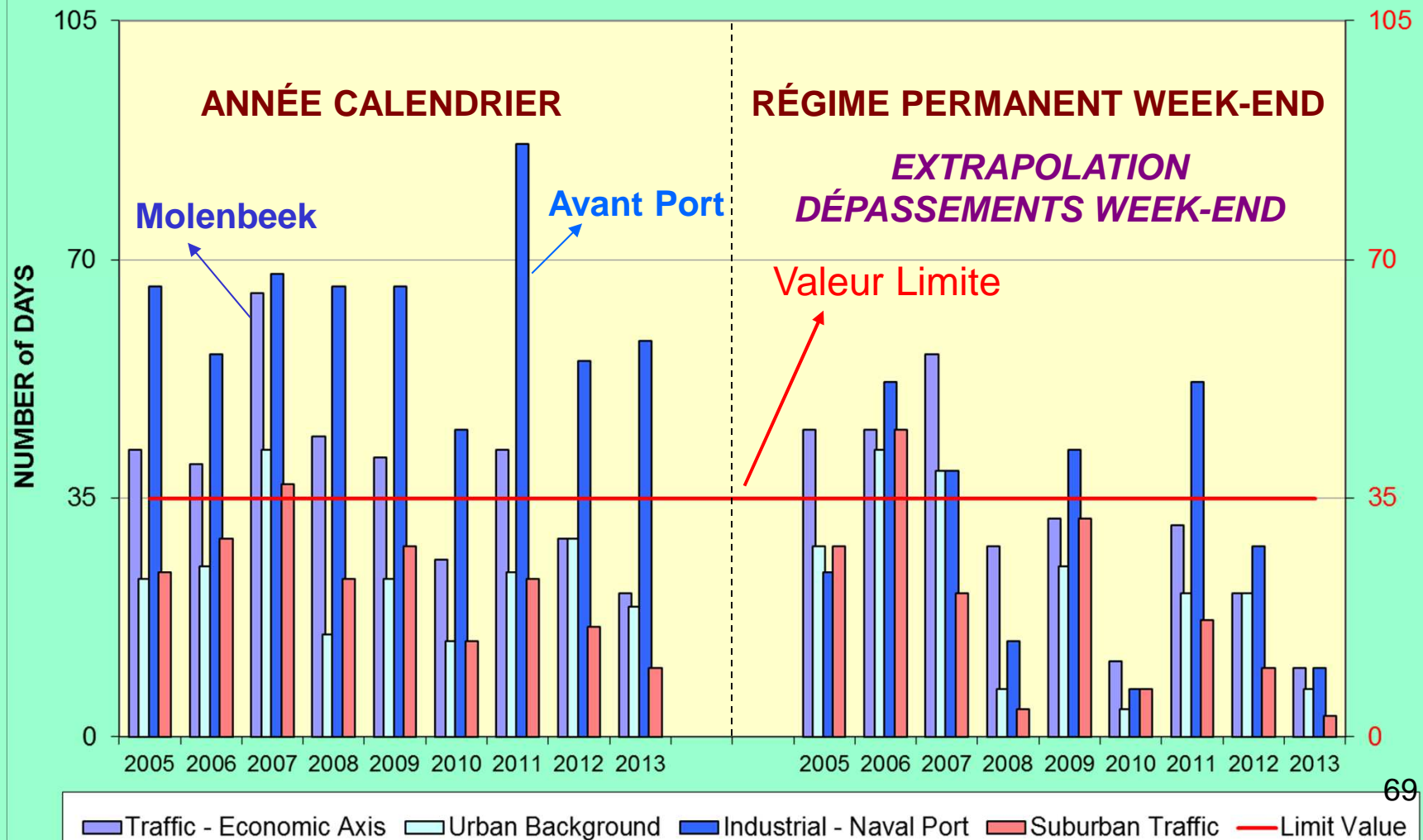
CONCENTRATION PM10 (1997-2013) – *Estimation* (1981-2013)



PM10 – NOMBRE JOURS de DÉPASSEMENT (2005 – 2013)

& *Extrapolation* des DÉPASSEMENT WEEK-END

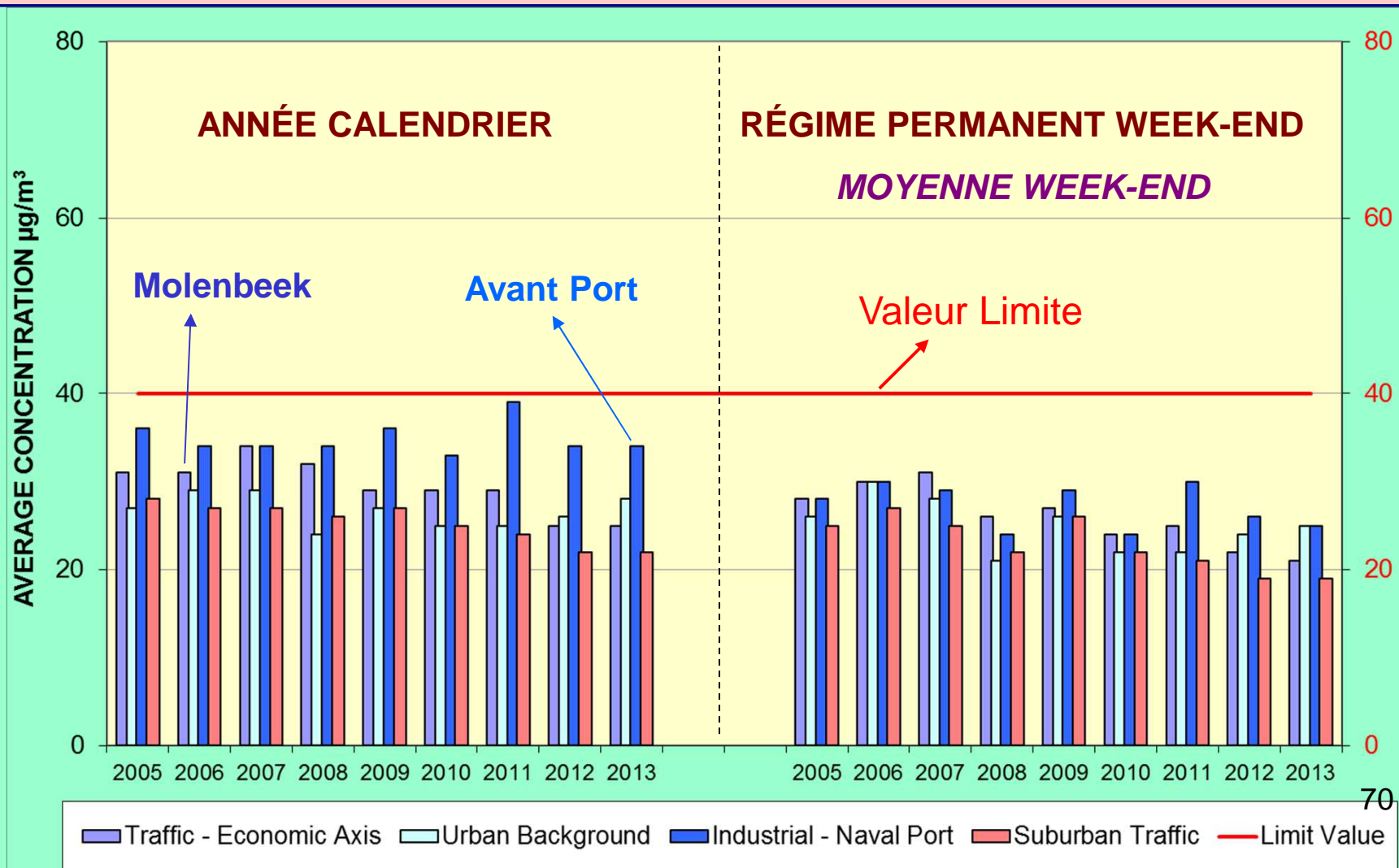
VALEUR LIMITE – Max. 35 jours/an avec PM10 journalière > 50 µg/m³



PM10 – CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE (2005 – 2013)

& MOYENNE durant les WEEK-END

VALEUR LIMITE – MOYENNE ANNUELLE PM10 :: 40 µg/m³



Demande délai deadline PM10 jusqu'en 2011 *pas accordée*

Réduction émissions insuffisante (pas LEZ ou trafic tarifié)

Inventaire émissions RBC – trafic routier ~ 70% émissions locales de PM

Problématique des PM beaucoup plus complexe

« Concentration massique » < ?? > « Densité de trafic »

Particules Trafic – contribution limitée à la masse PM

- **gradient spatiale des concentrations plutôt limité** (centre - périphérie)
- **profil hebdomadaire normalisé des concentrations** (PM – NO – NO₂)
 - faible diminution de la concentration PM durant le week-end
- **valeurs élevées PM masse et PNC** (moins trafic – week-end, fériés, nuit)
- **expérience Dimanches sans Voiture** (2006, 2009)
- **différences évolution dynamique des concentrations PM et NO/NO₂**

PM10 – CONCENTRATIONS ÉLEVÉES

Conditions météorologiques faible dispersion - inversion température
- vitesse vent faible

(Novembre → Mars - en Mars 2007 // Décembre 2007
Février 2008 // Janvier 2009

concentrations élevées & dépassements à plusieurs endroits
effet d'accumulation – importance des sources locales

Formation d'un aérosol secondaire

source massive de NH_3 (épandage) – (Mars/Avril & Septembre/Octobre)
température modérée (5-20°C) et humidité rel. élevée (>80% HR)
formation de nitrate d'ammonium - Avril 2007 / Octobre 2007 / Avril 2009
concentrations élevées & dépassements à plusieurs endroits
PM_{2,5} représente ~80 à 95% de la masse PM₁₀

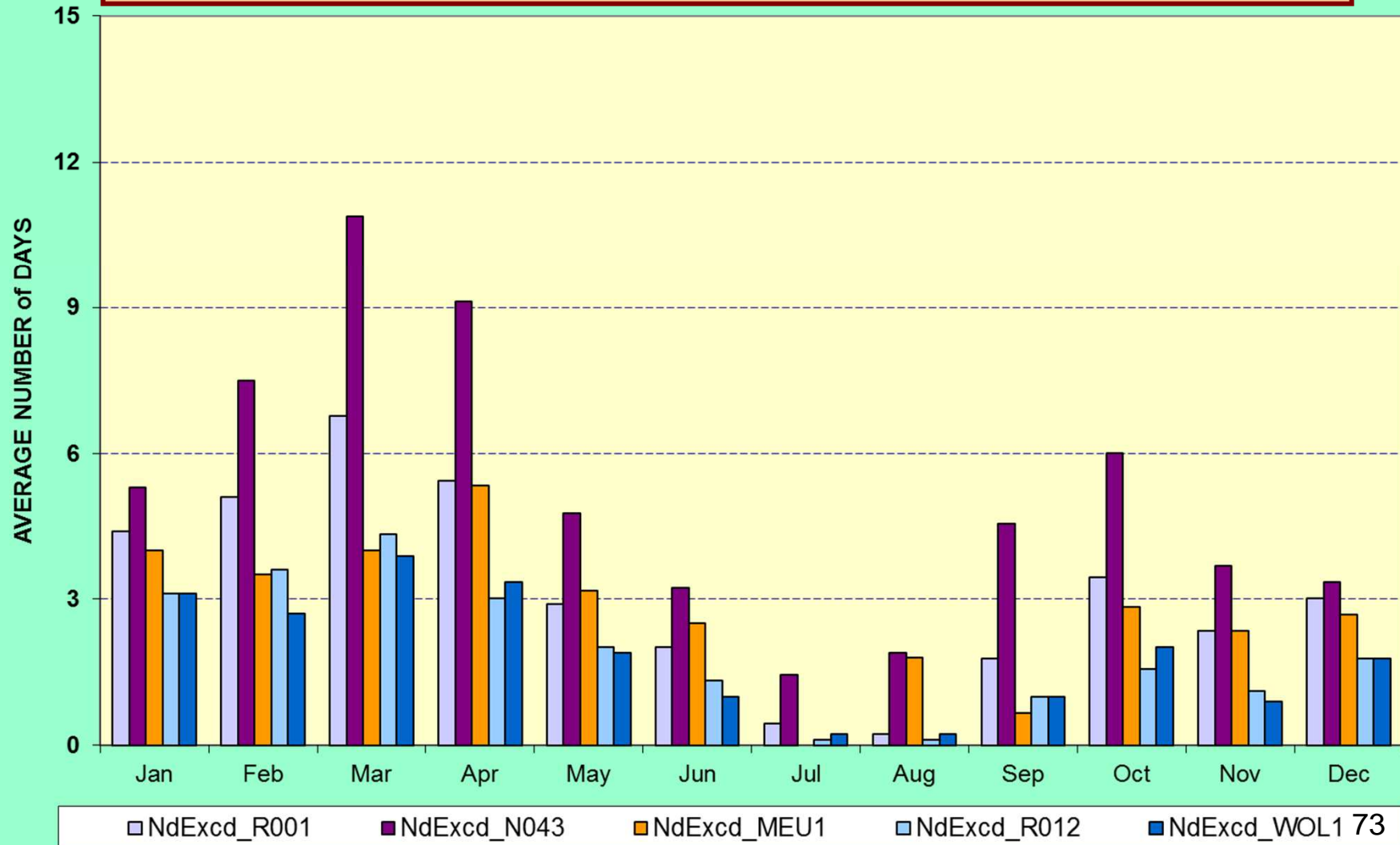
(Remise en) Suspension de la fraction plus grosse (2,5 – 10 µm)

air sec – secteur Est
source / activité locale

(remise en) suspension par le vent ou le trafic lourd

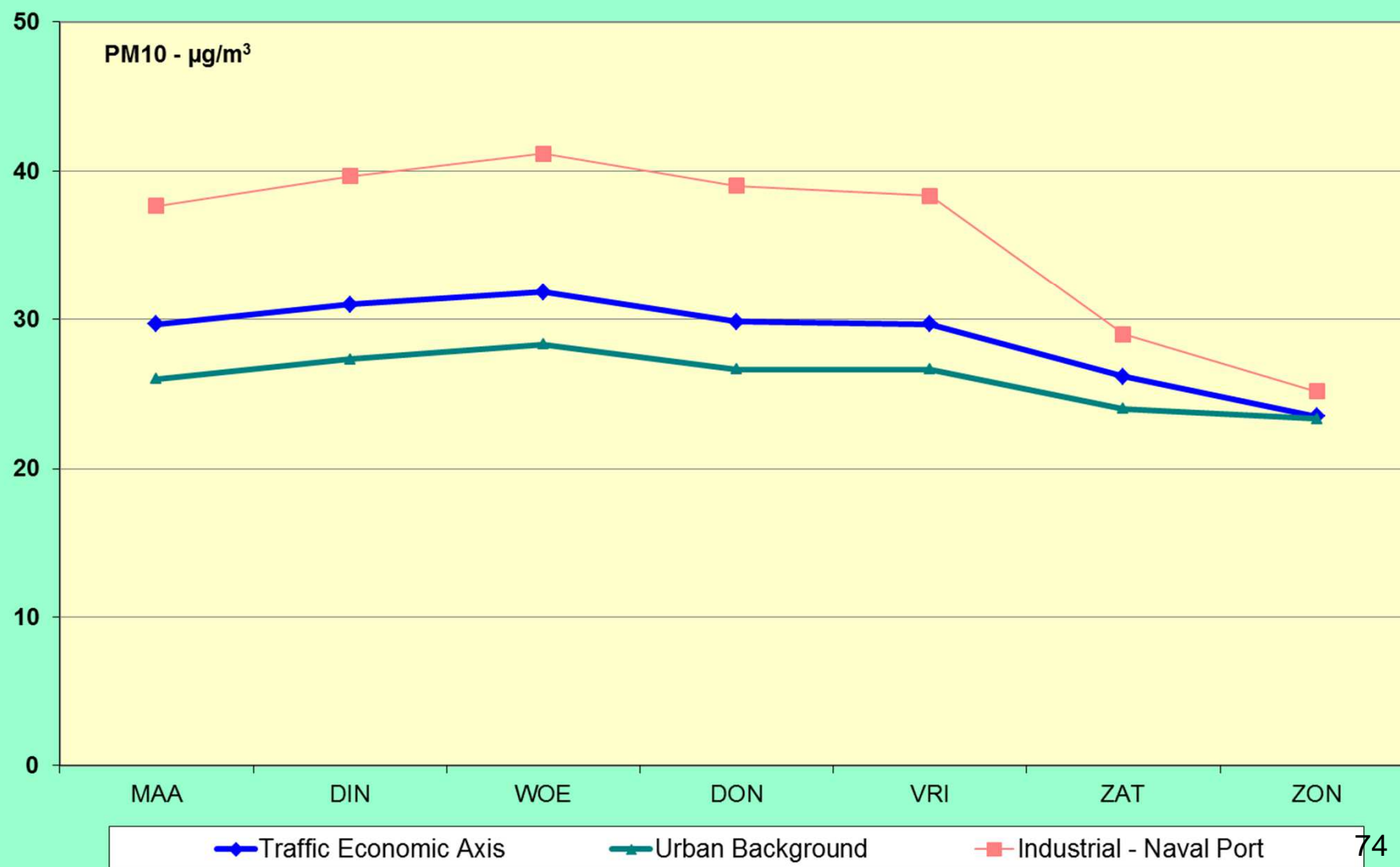
PM10 – NOMBRE de DEPASSEMENTS en MOYENNE par MOIS (2005 -2013)

Molenbeek – Avant Port – Parc Meudon – Uccle - Woluwé



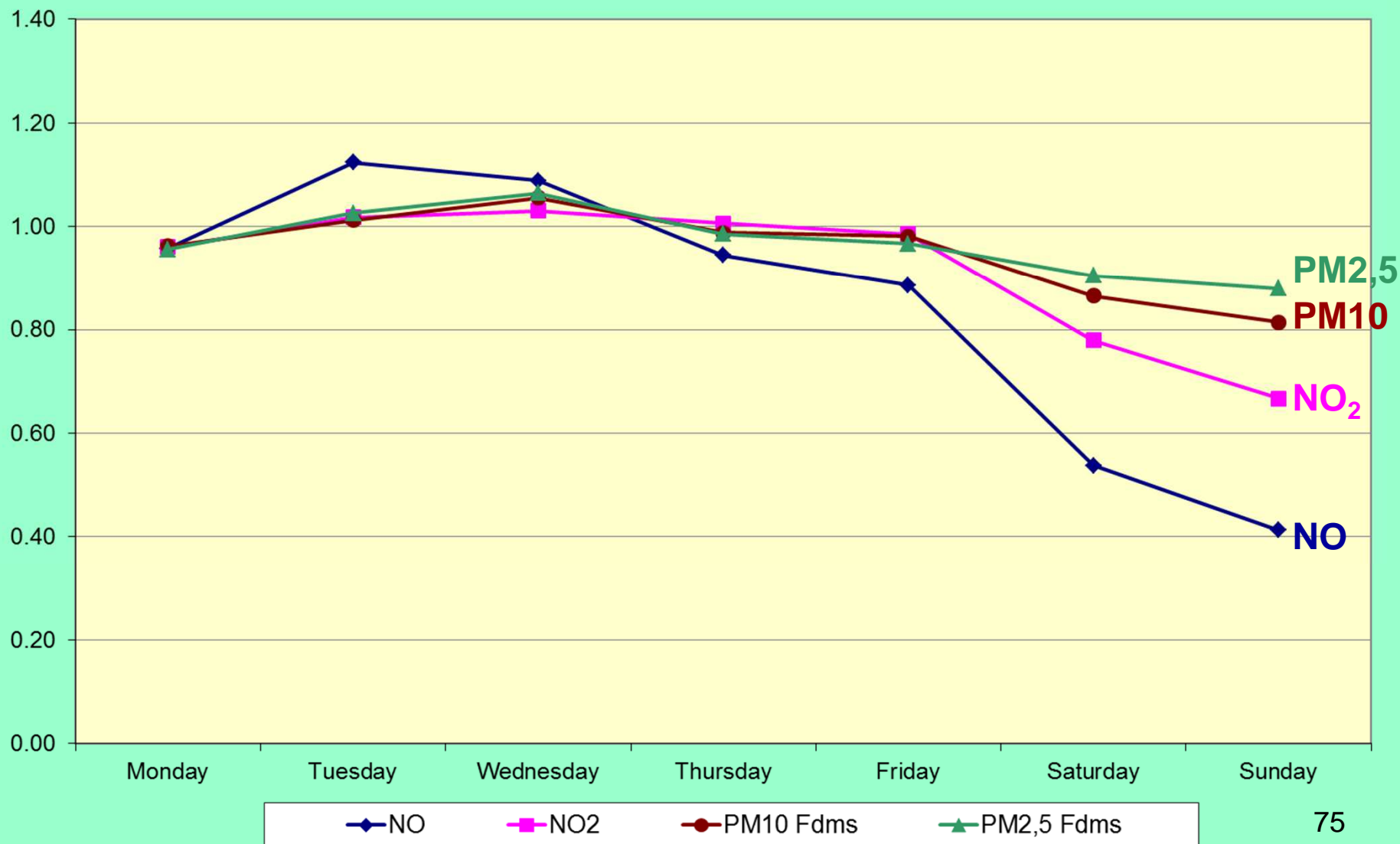
PM10 – CENTRE , PÉRIPHÉRIE et INDUSTRIE

PÉRIODE : 2008 - 2013



Profil HEBDOMADAIRE Normalisé NO, NO₂, PM10 et PM2,5

PÉRIODE : 2008-2013 – Moyenne sur 5 Postes de Mesure

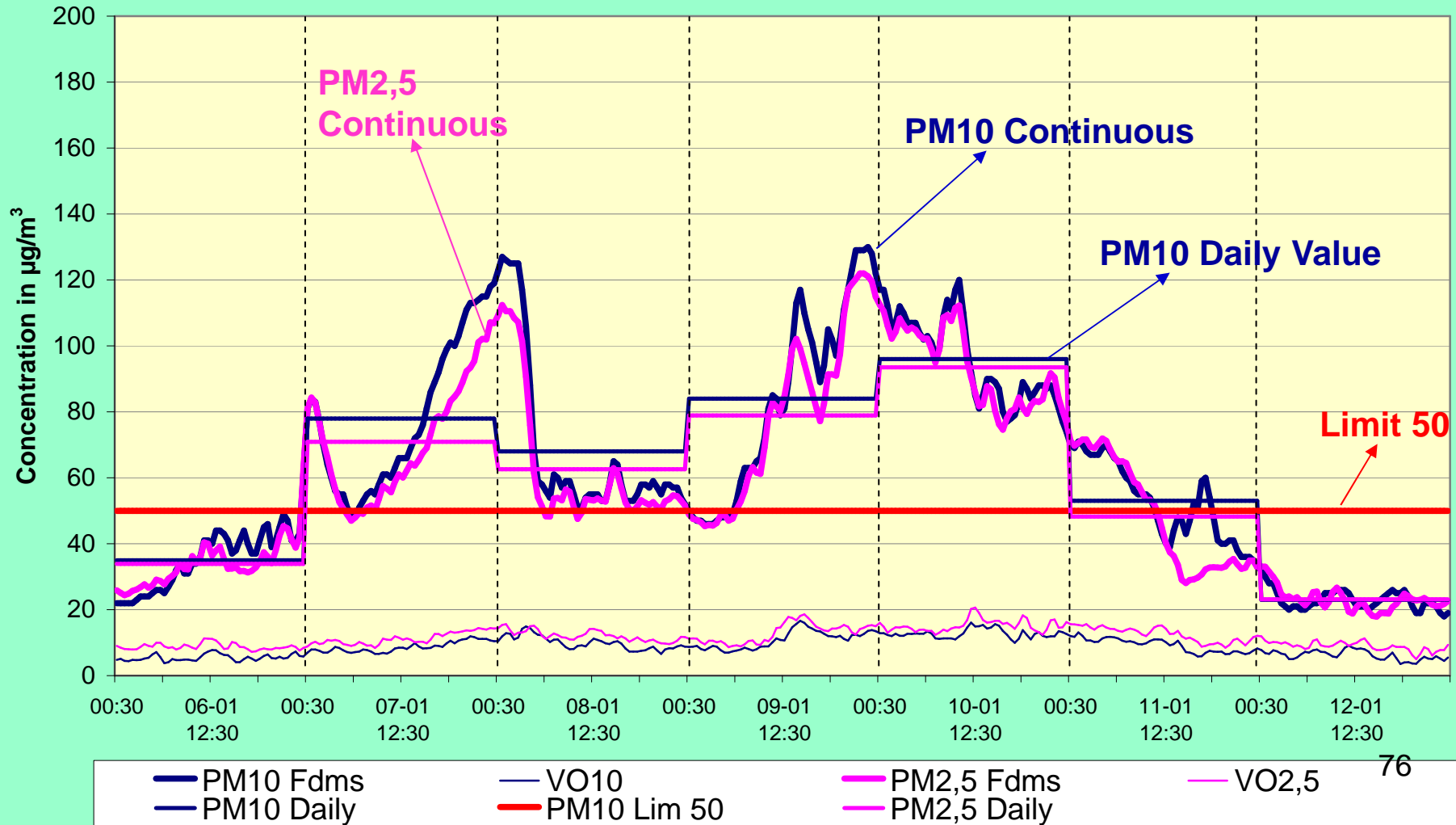


PM10 – PM2,5 – Météo FAIBLE DISPERSION

Mardi 06 – Lundi 12 Janvier 2009

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

Period : Tuesday 06 - Monday 12 January 2009



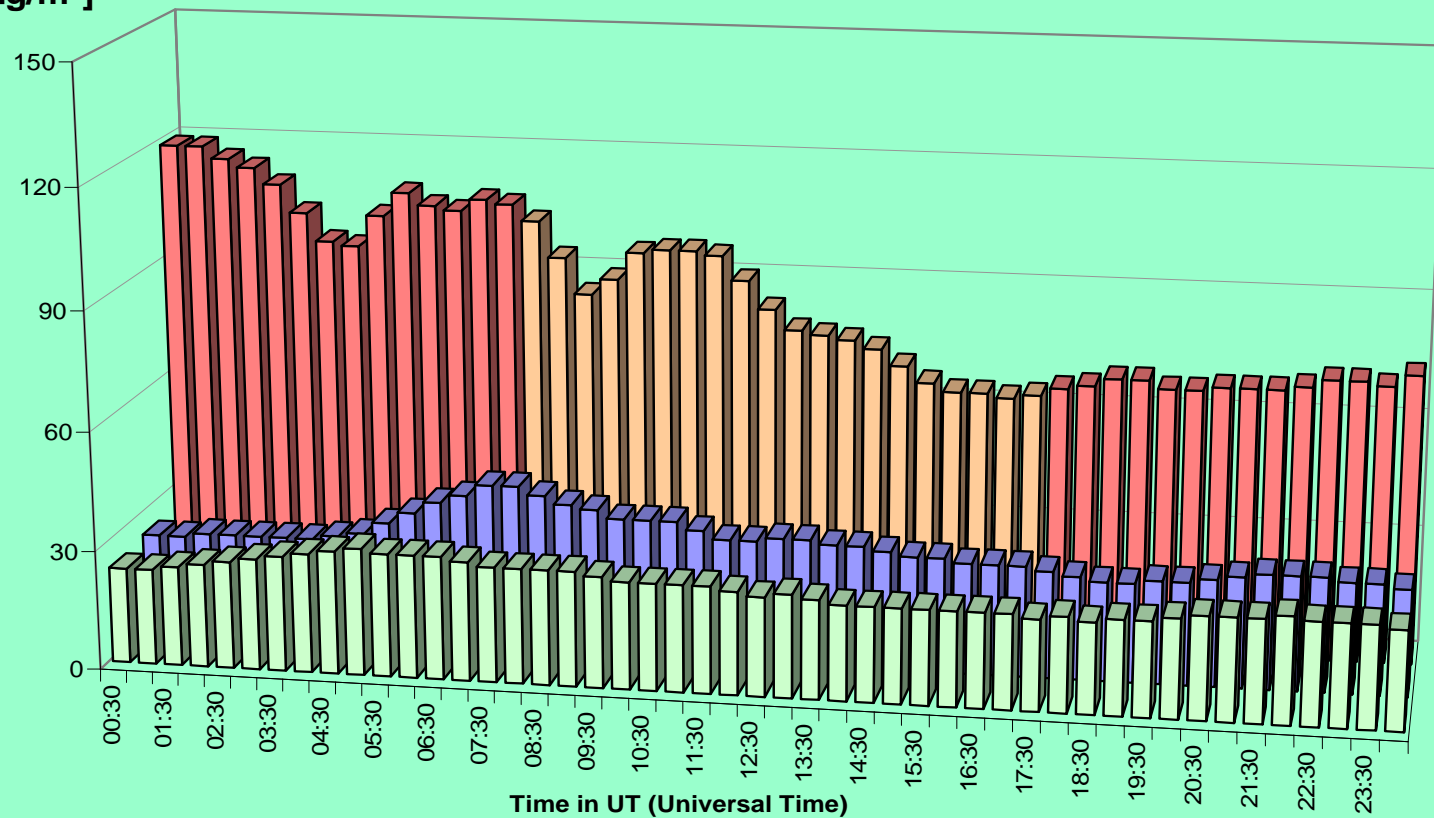
PM10 à MOLENBEEK (2006)

**Dimanche Moyen – Jour Ouvrable Moyen –
Dimanche sans Voiture 17/09/2006**

R001 : Molenbeek
Car Free Day, Mean Sunday and Mean Weekday
1 May - 16 September 2006

CAR FREE 2006

PM10_Fdms [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]



□ Mean Sunday □ Mean Weekday □ Car Free Sunday 17/09/2006

PM2,5 à MOLENBEEK (2006)

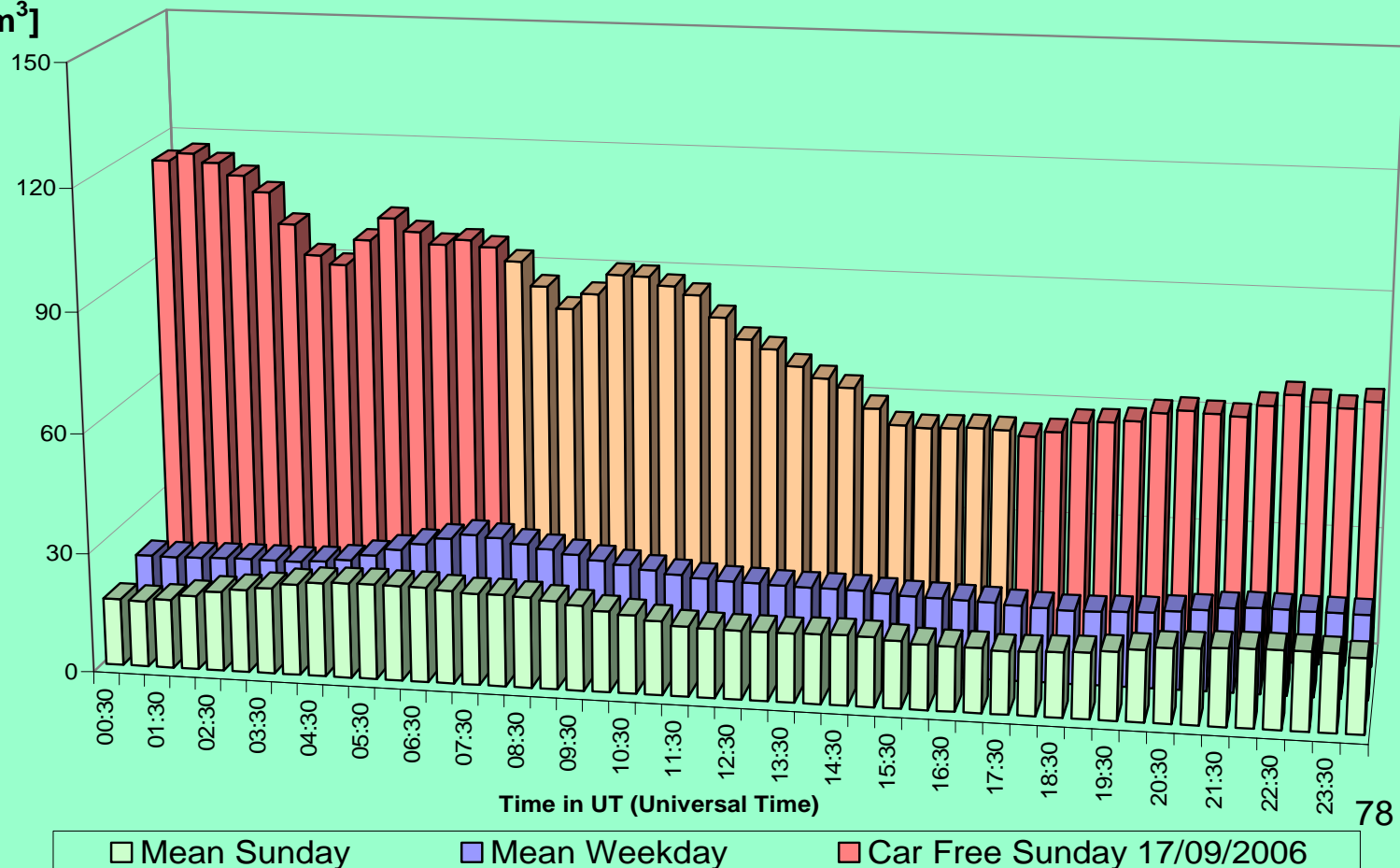
**Dimanche Moyen – Jour Ouvrable Moyen –
Dimanche sans Voiture 17/09/2006**

R001 : Molenbeek

Car Free Day, Mean Sunday and Mean Weekday
1 May - 16 September 2006

CAR FREE 2006

PM2,5_Fdms
[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

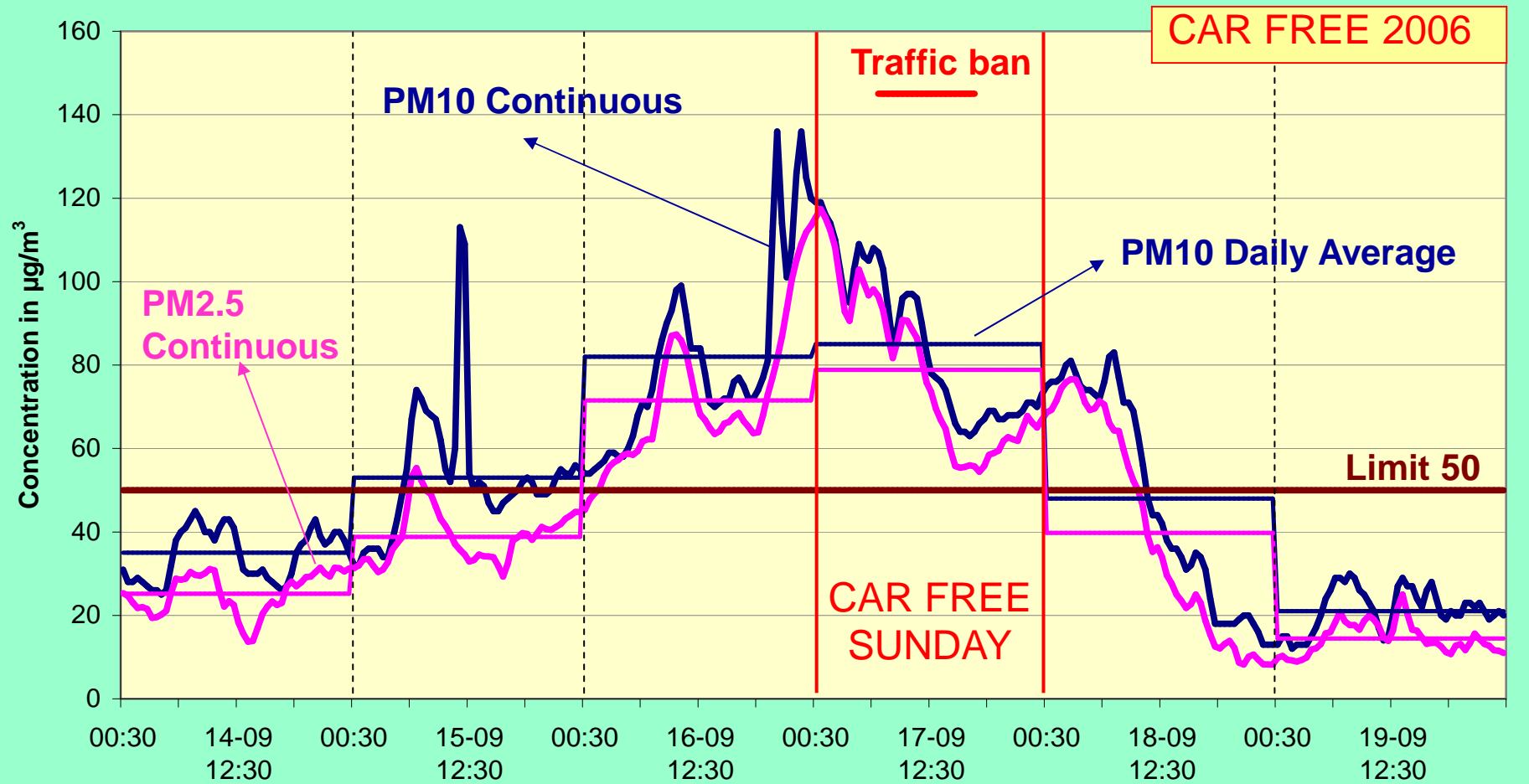


PM10 – PM2.5 – DIMANCHE SANS VOITURE 2006

Jeudi 14 – Mardi 19 Septembre 2006

R001 - Evolution "PM10-FDMS" and "PM2.5-FDMS"

Period : Thursday 14 - Tuesday 19 September 2006



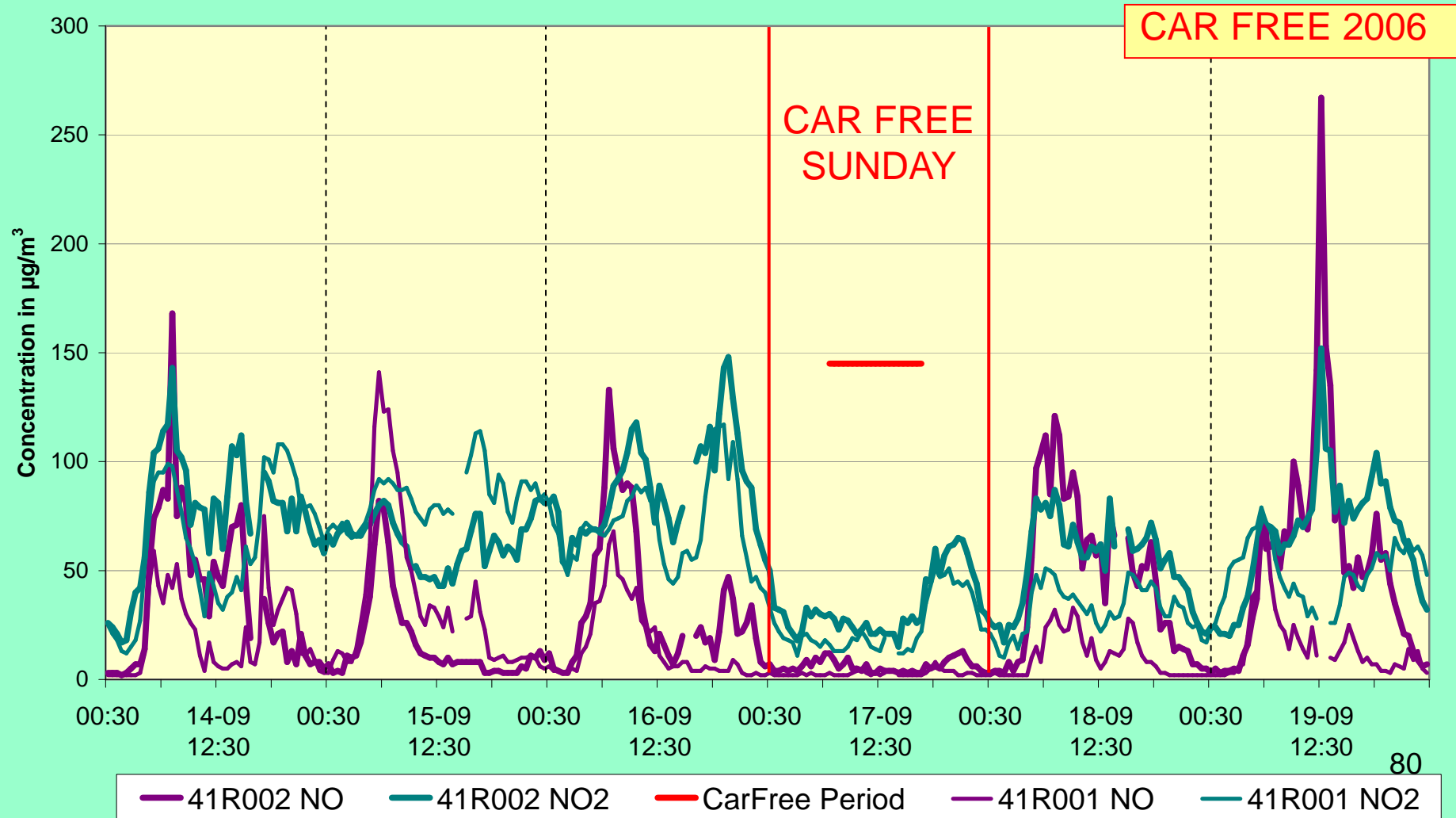
— PM10 Fdms — PM2.5 Fdms — CarFree Period — PM10 Daily — PM10 Lim 50 — PM2.5 Daily

NO – NO₂ – DIMANCHE SANS VOITURE 2006

Jeudi 14 – Mardi 19 Septembre 2006

R001 and R002 - Evolution NO and NO₂

Period : Thursday 14 - Tuesday 19 September 2006

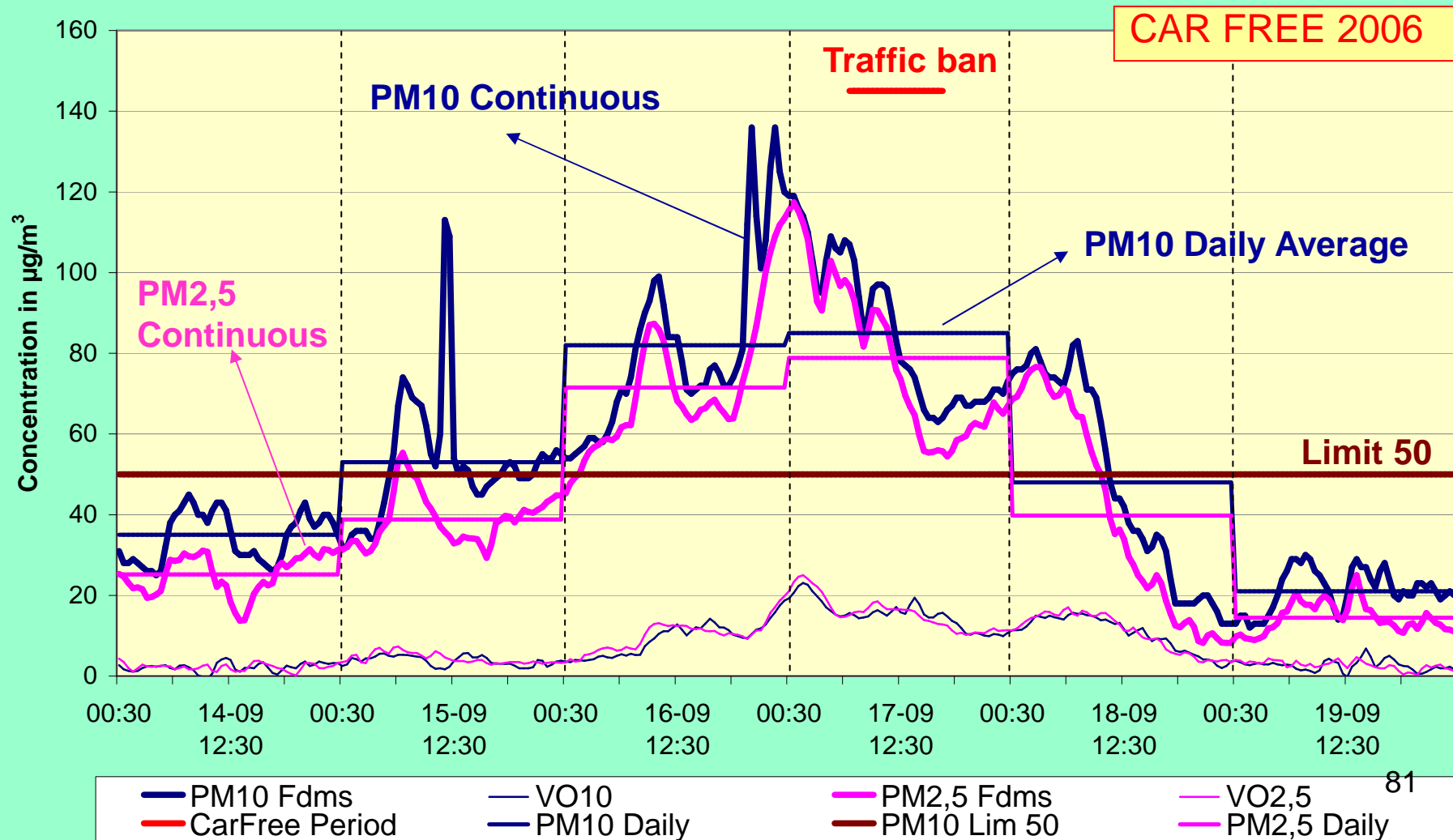


PM10 – PM2,5 – Formation AÉROSOL SECONDAIRE

Jeudi 14 – Mardi 19 Septembre 2006

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

Period : Thursday 14 - Tuesday 19 September 2006



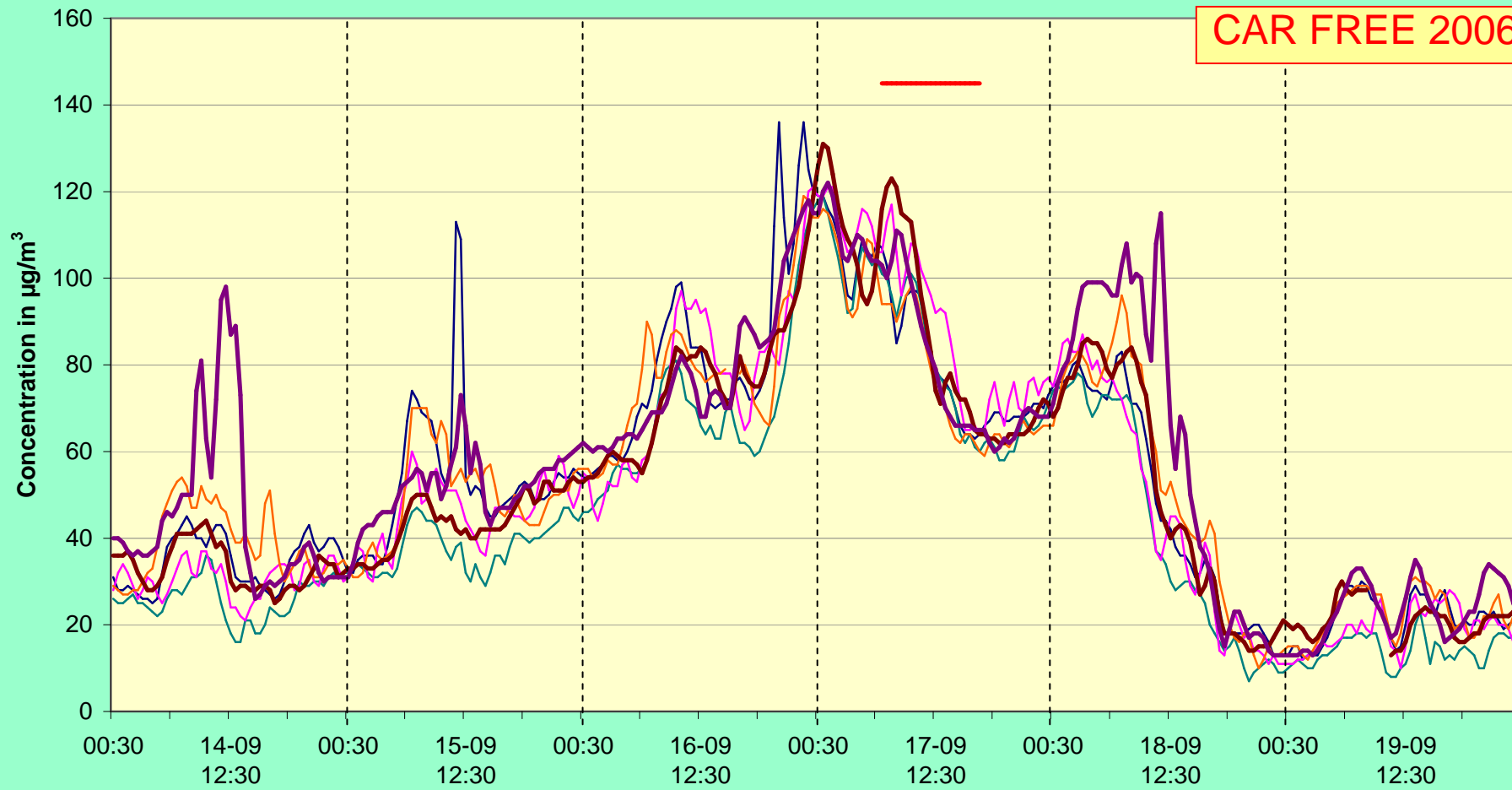
PM10 - BRUXELLES – ANVERS - MALINES

Jeudi 14 – Mardi 19 Septembre 2006

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

Period : Thursday 14 - Tuesday 19 September 2006

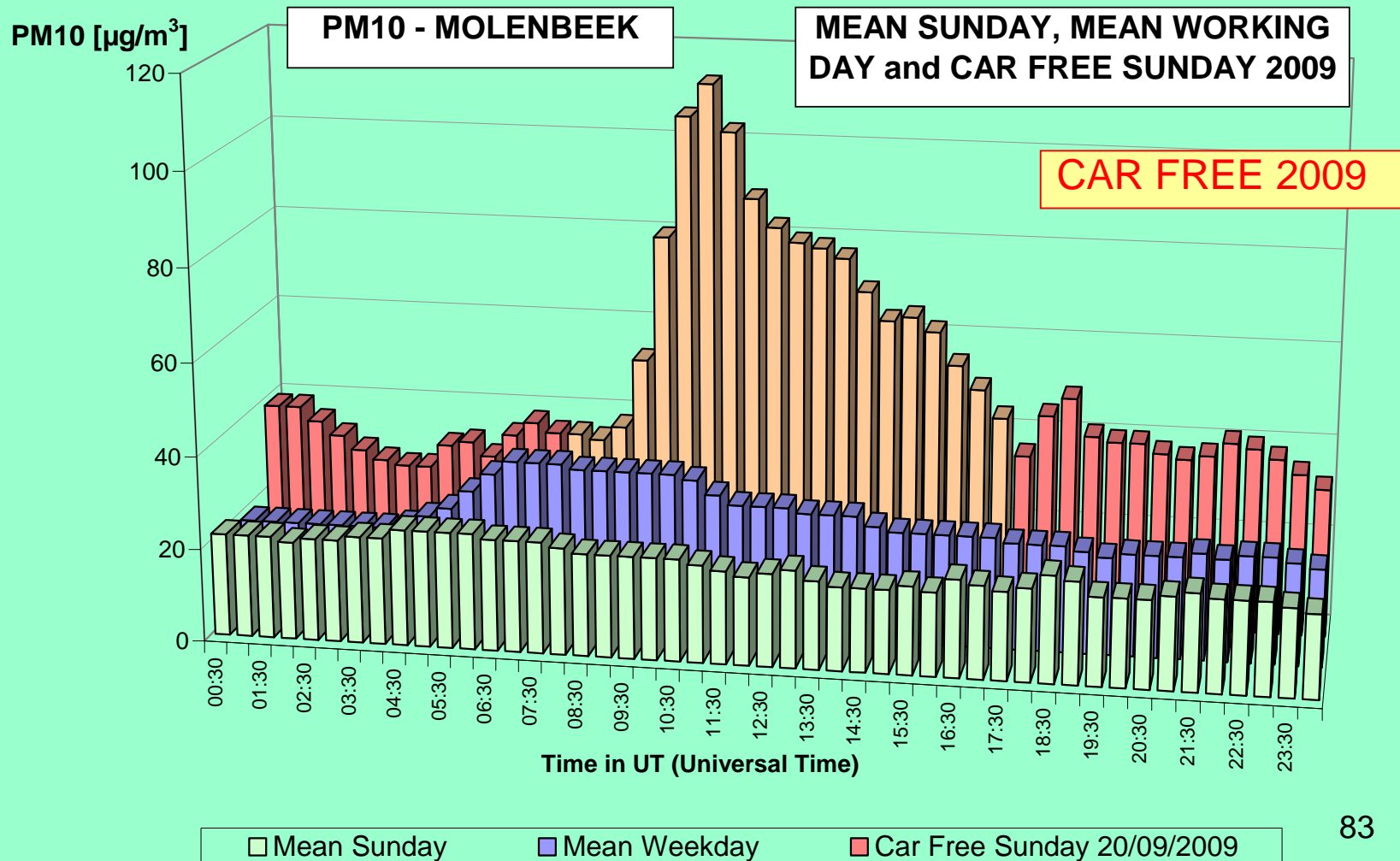
CAR FREE 2006



- | | | | |
|------------------|---------------|---------------|-----------------|
| — 41R001 PM10 | — 41B011 PM10 | — 41R012 PM10 | — 41N043 PM1082 |
| — CarFree Period | — 40ML01 PM10 | — 40R801 PM10 | |

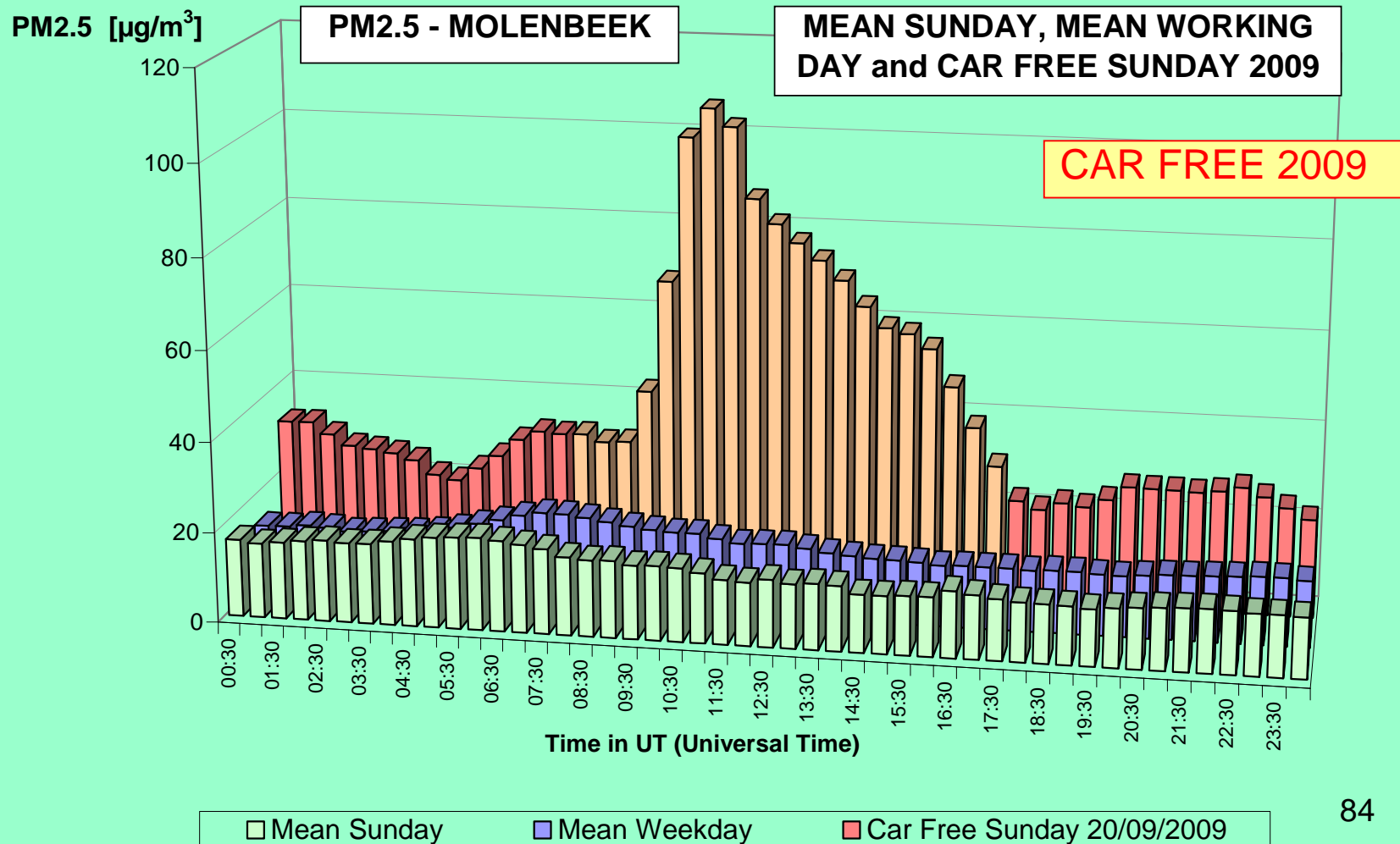
PM10 à MOLENBEEK (2009)

**Dimanche Moyen – Jour Ouvrable Moyen –
Dimanche sans Voiture 20/09/2009**



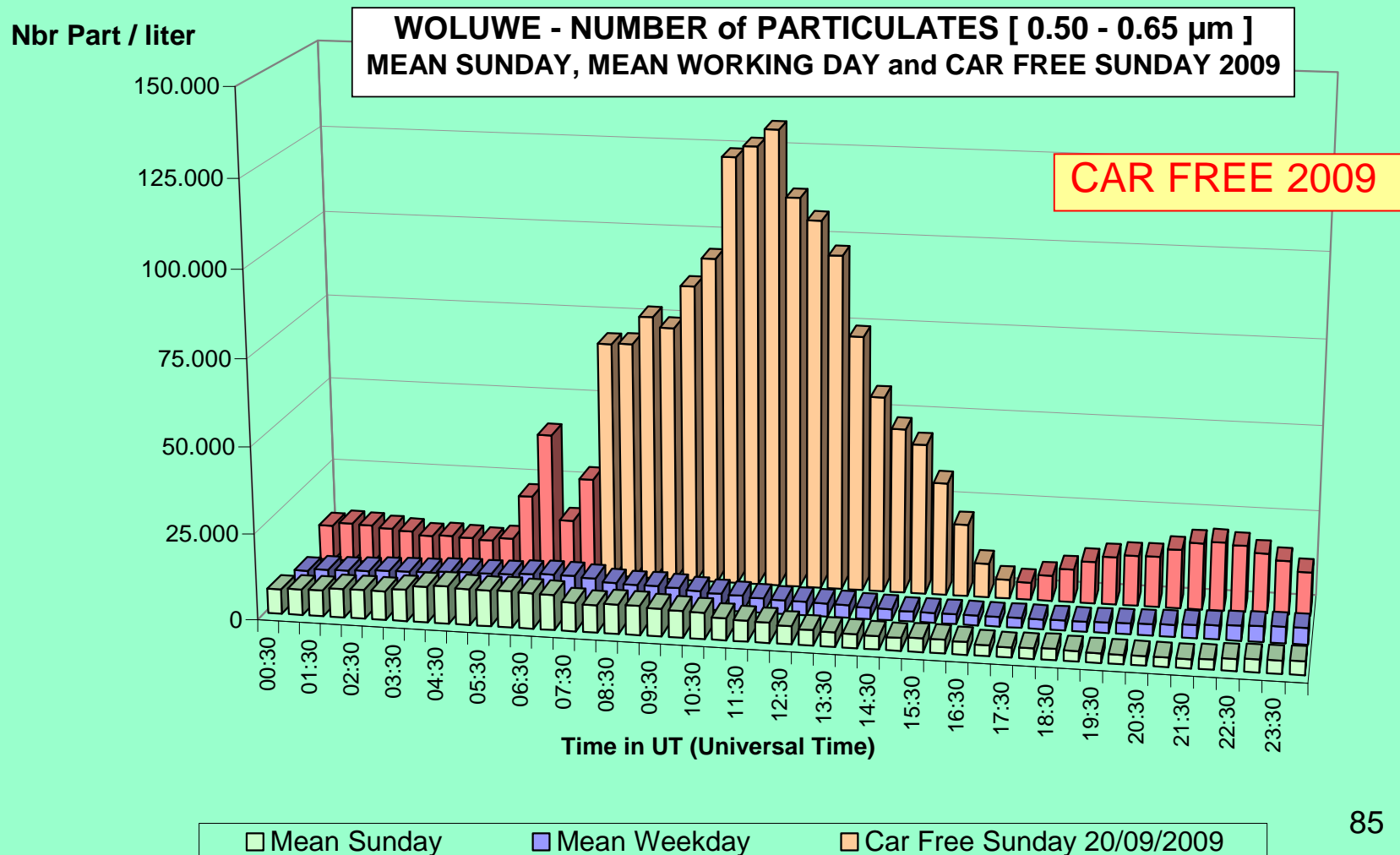
PM2,5 à MOLENBEEK (2009)

**Dimanche Moyen – Jour Ouvrable Moyen –
Dimanche sans Voiture 20/09/2009**



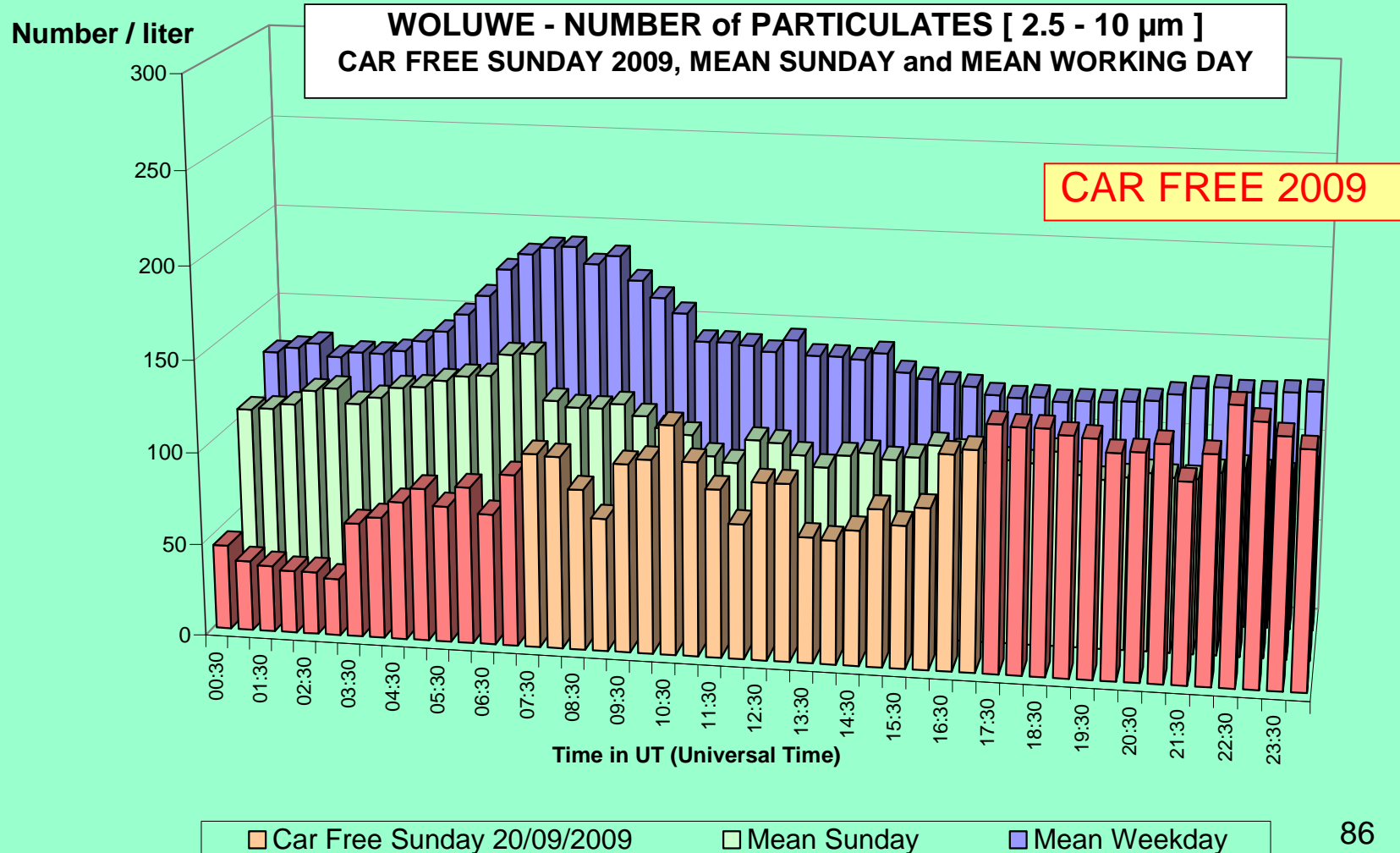
WOLUWÉ : NOMBRE PARTICULES [0,50-0,65 µm]

Dimanche Moyen – **Jour Ouvrable Moyen** –
Dimanche sans Voiture 20/09/2009



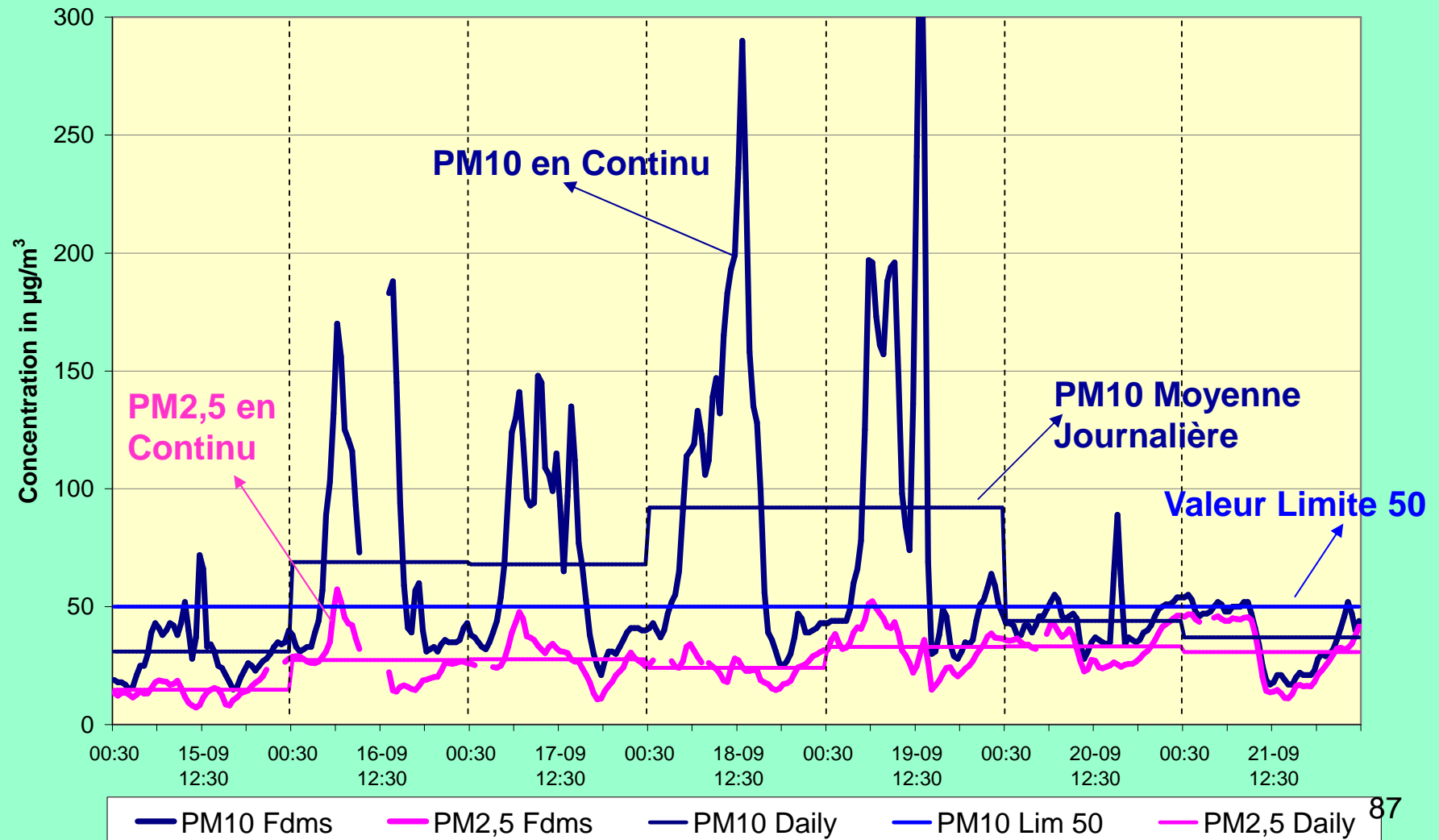
WOLUWÉ : NOMBRE PARTICULES [2,5-10 µm]

Dimanche Moyen – Jour Ouvrable Moyen –
Dimanche sans Voiture 20/09/2009

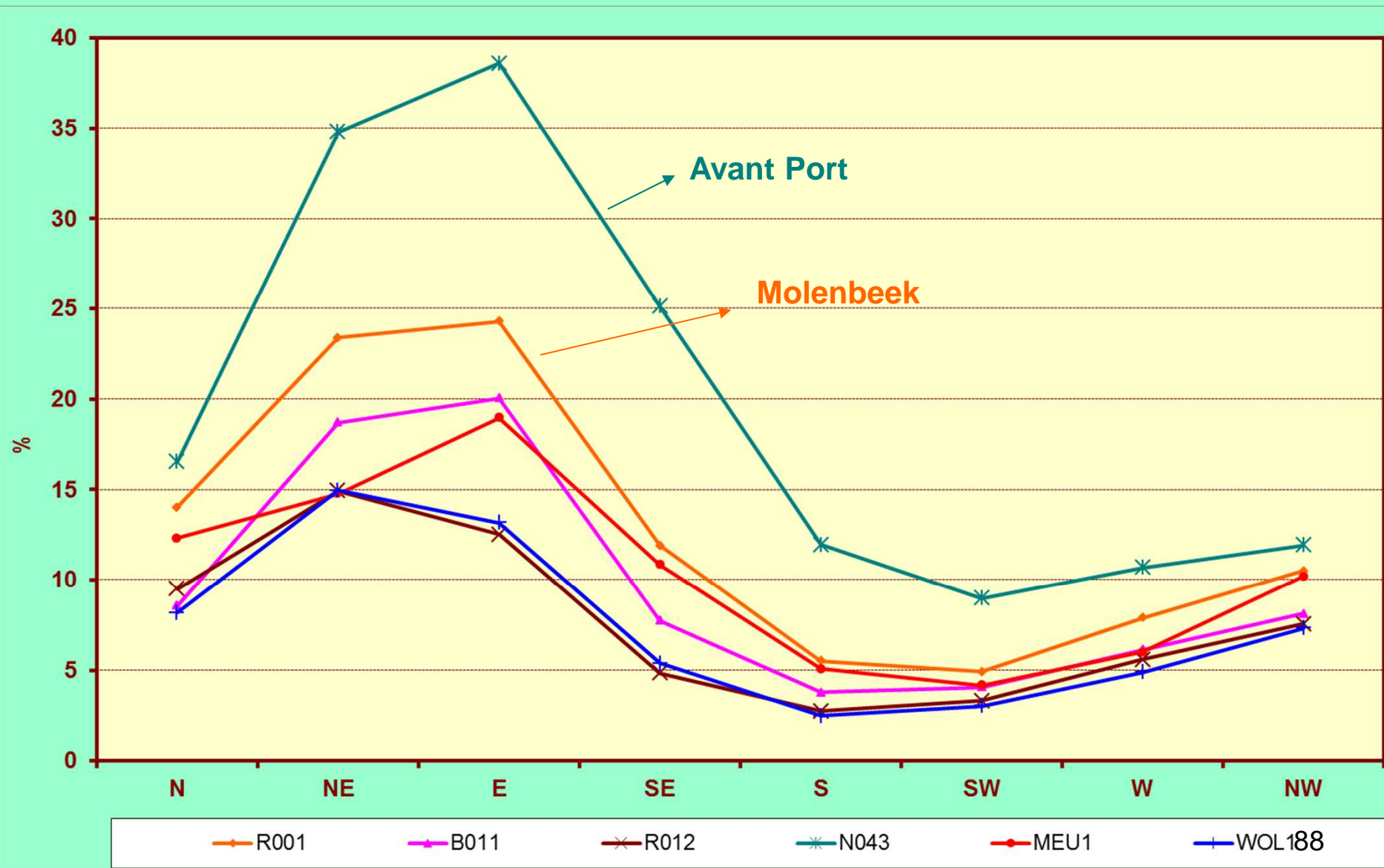


PM10 – PM2,5 – PARTICULES plus GROSSES (2,5-10 µm)

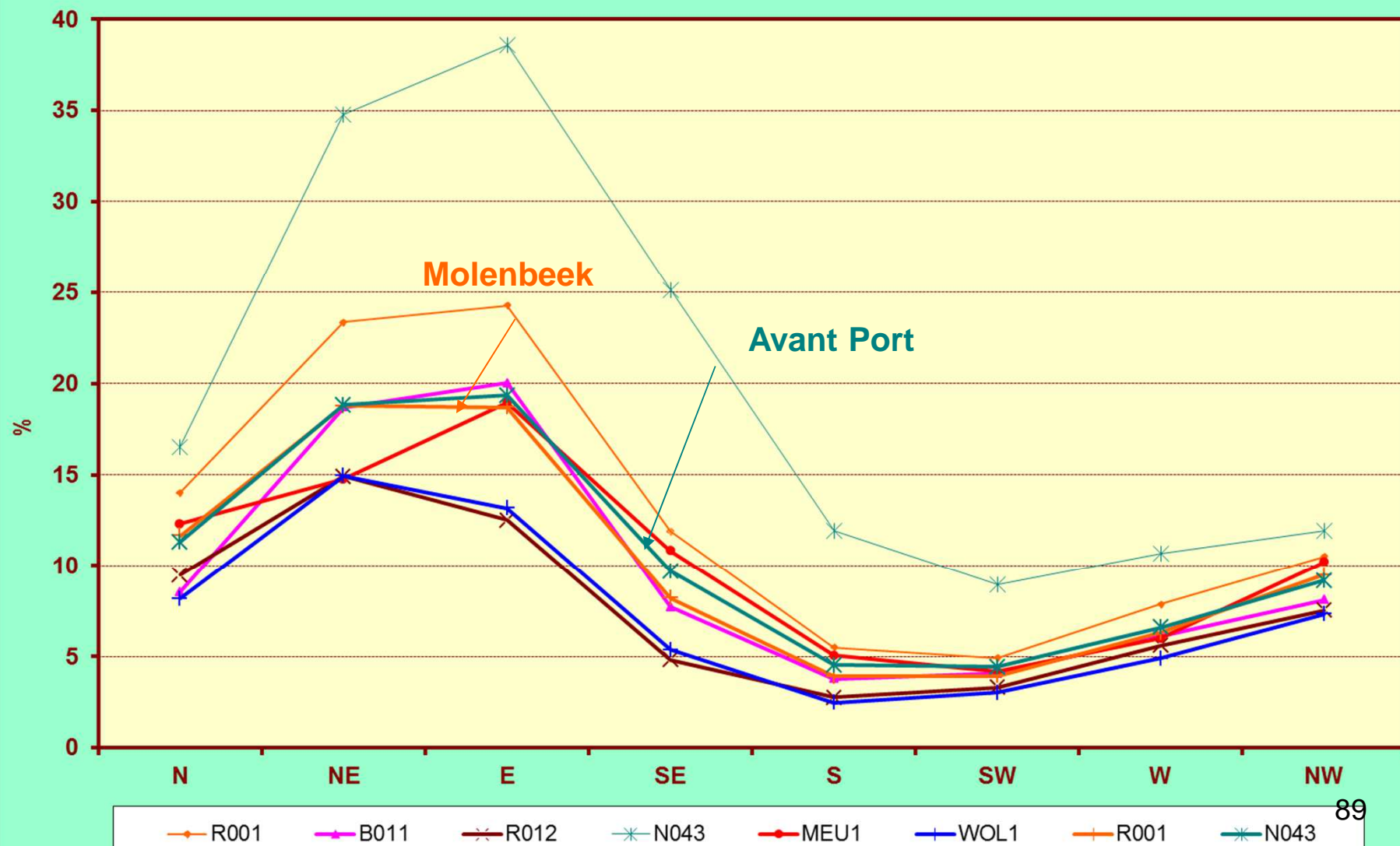
N043 : Lundi 15 – Dimanche 21 Septembre 2008



PM10 – %-TEMPS DÉPASSEMENT par SECTEUR de VENT (2005-2013)

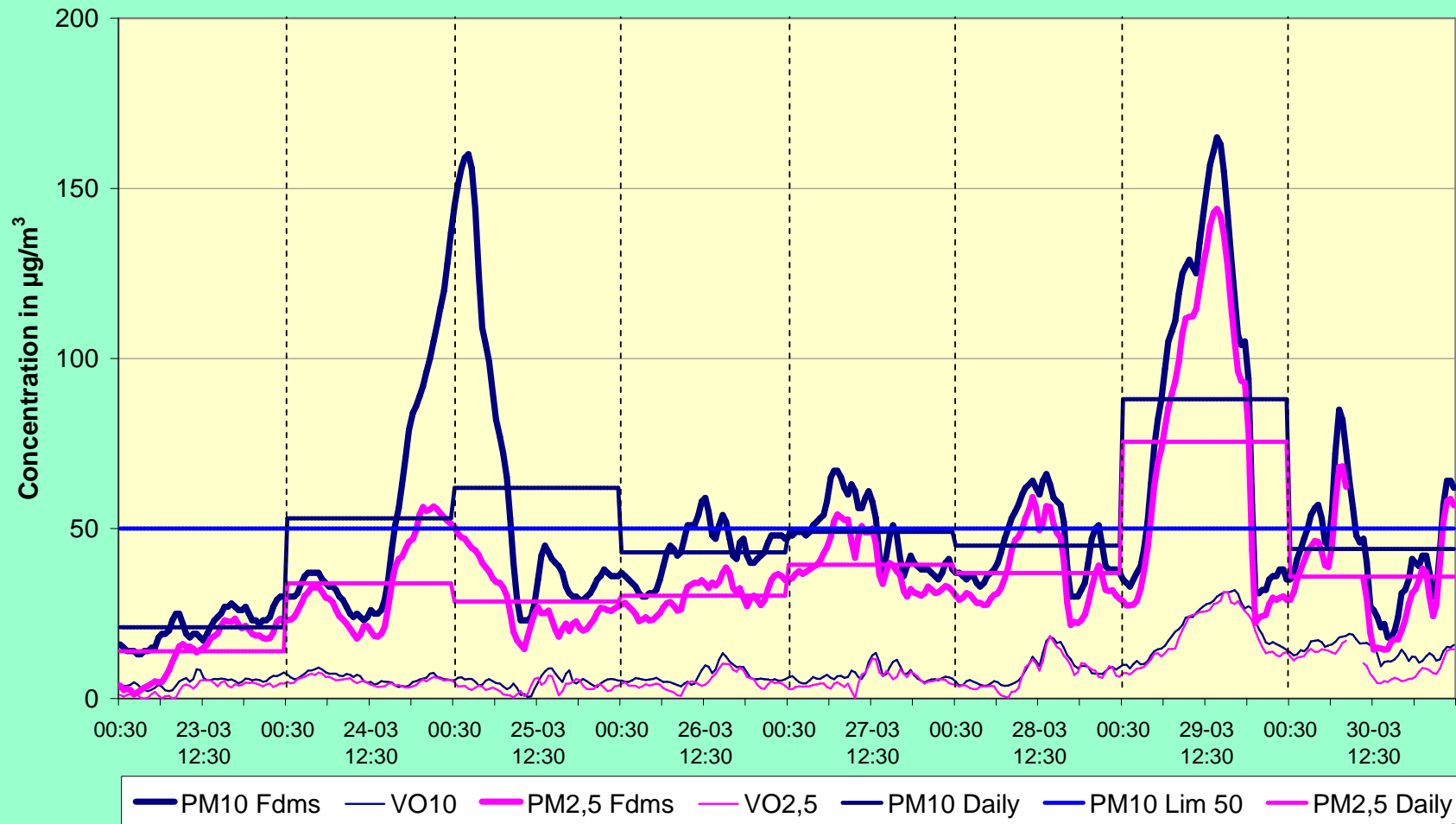


PM10 – %-TEMPS DÉPASSEMENT par SECTEUR de VENT (2005-2013)
omission des journées avec uniquement des dépassements à
MOLENBEEK et l' AVANT PORT



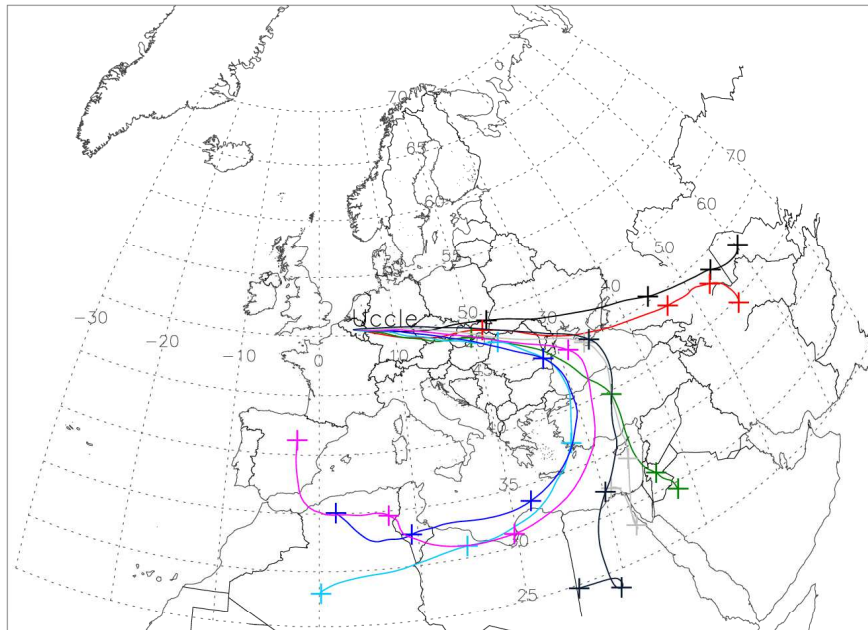
Sable du Sahara 24-25/03/2007 – Aérosol Secondaire 29/03

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

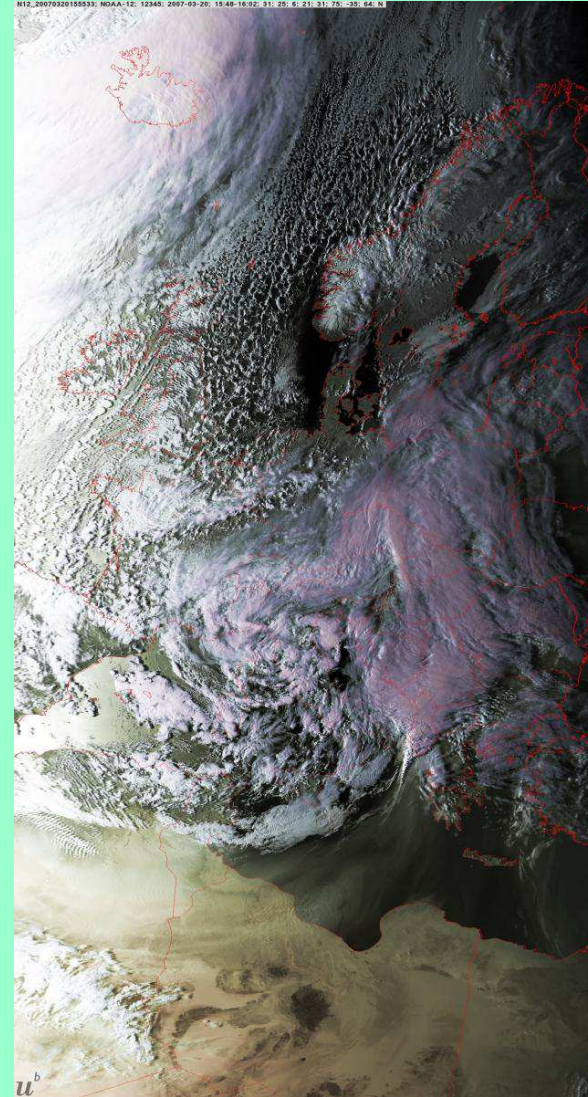
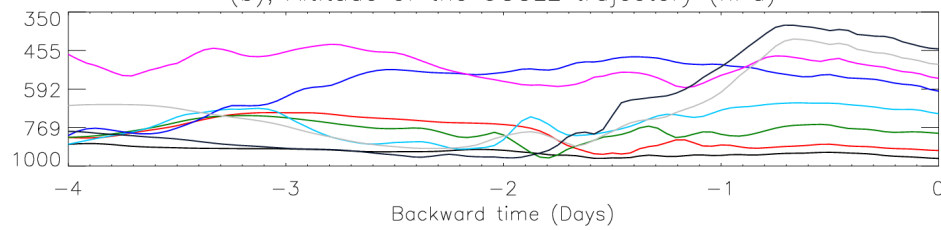


Sable du Sahara 24-25/03/2007

(a) 4 day backwards trajectory, date: 20070325.06



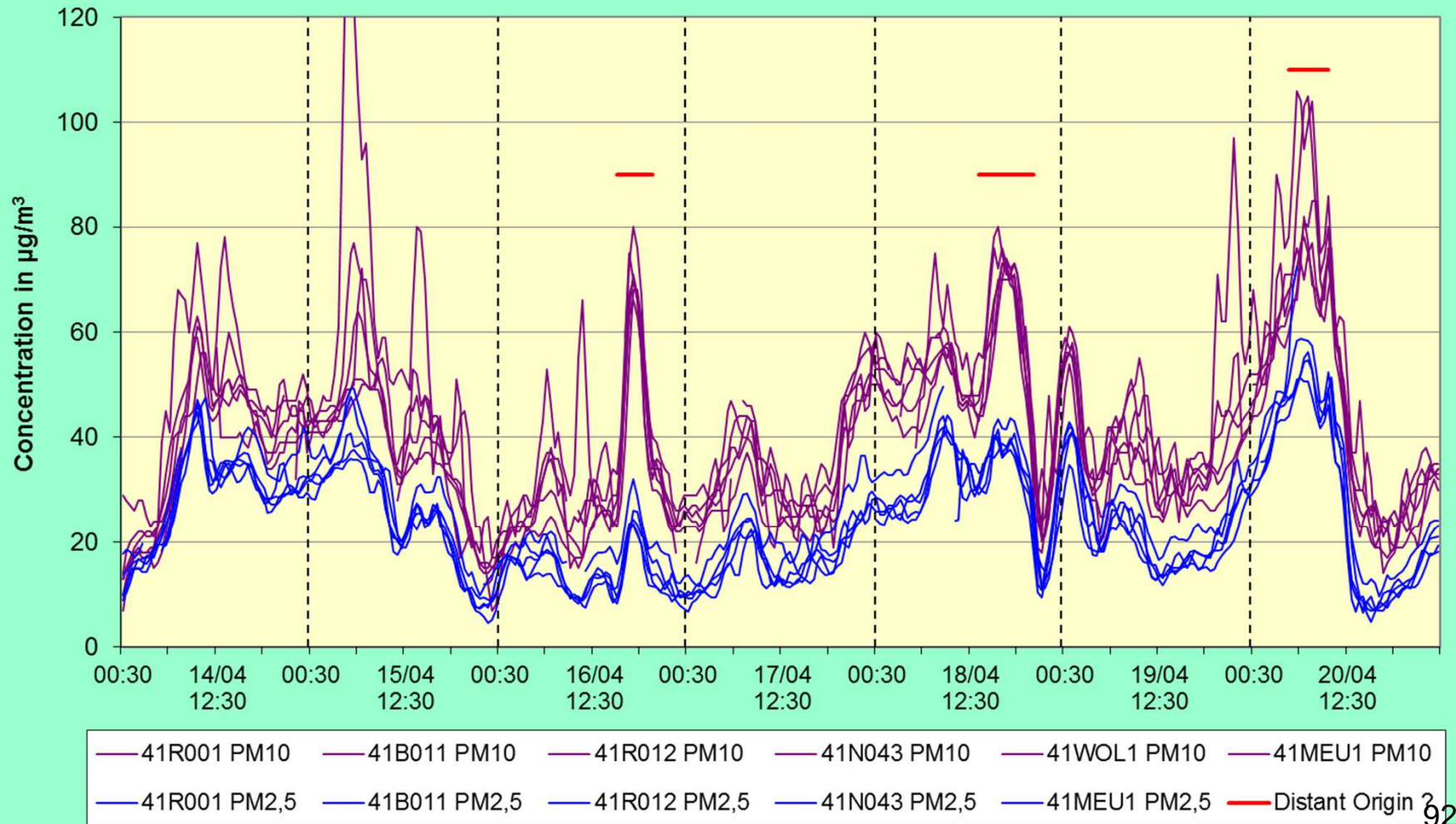
(b), Altitude of the UCCLE trajectory (hPa)



Volcan EYJAFJALLAJÖKULL 14-20/04/2010

PM10 et PM2,5 à Bruxelles

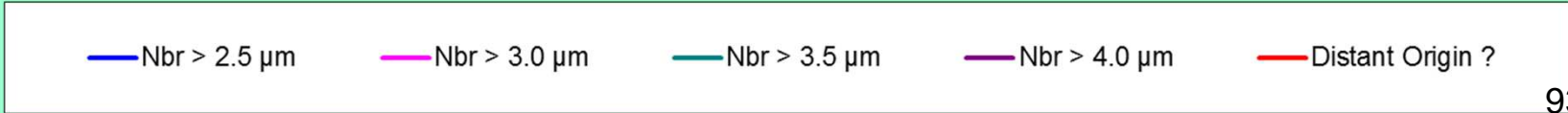
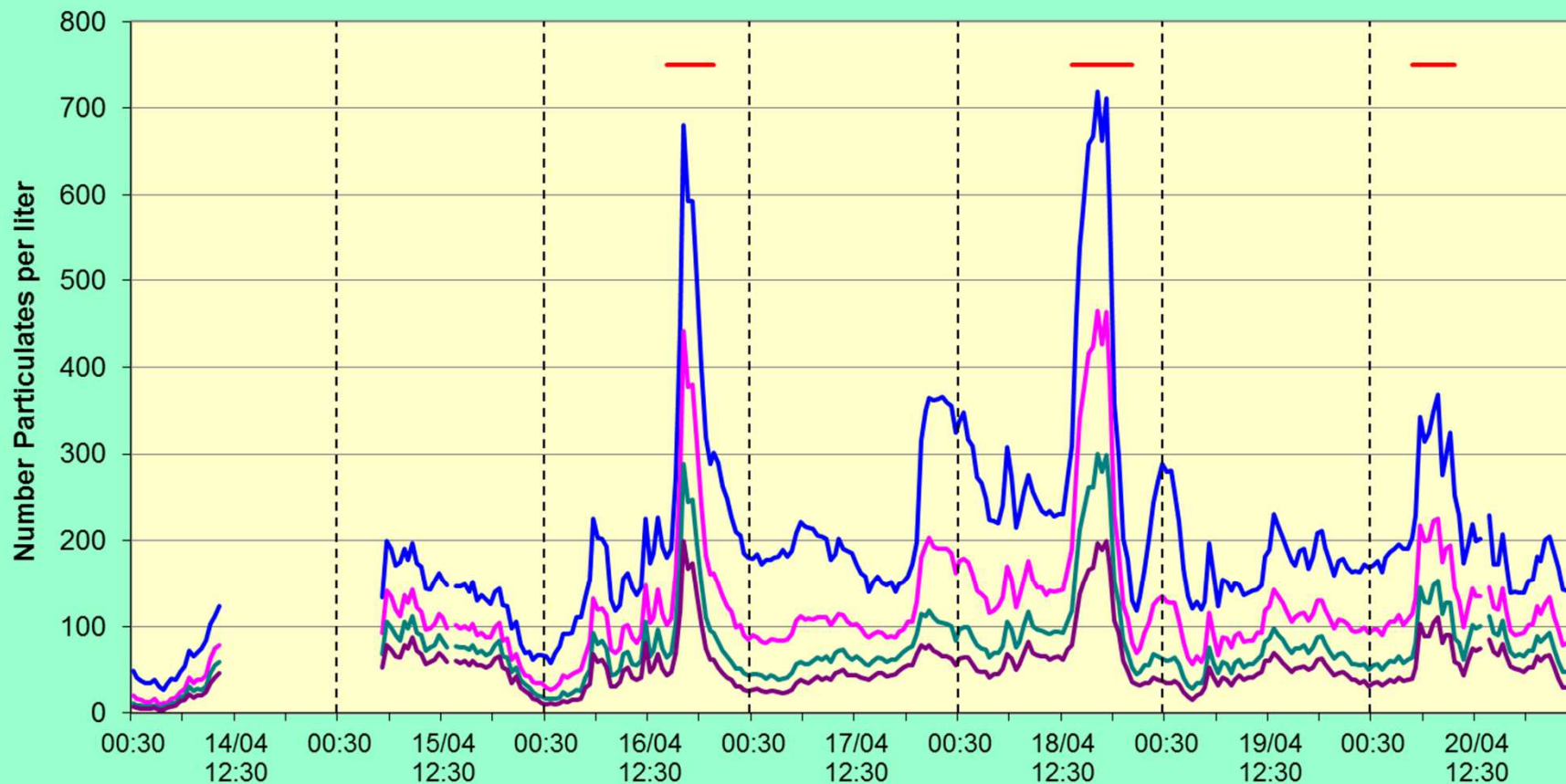
Evolution "PM10-Fdms" and PM2,5-Fdms" at Brussels Measuring Sites
 Period : Wednesday 14 - Tuesday 20 April 2010



Volcan EYJAFJALLAJÖKULL 14-20/04/2010

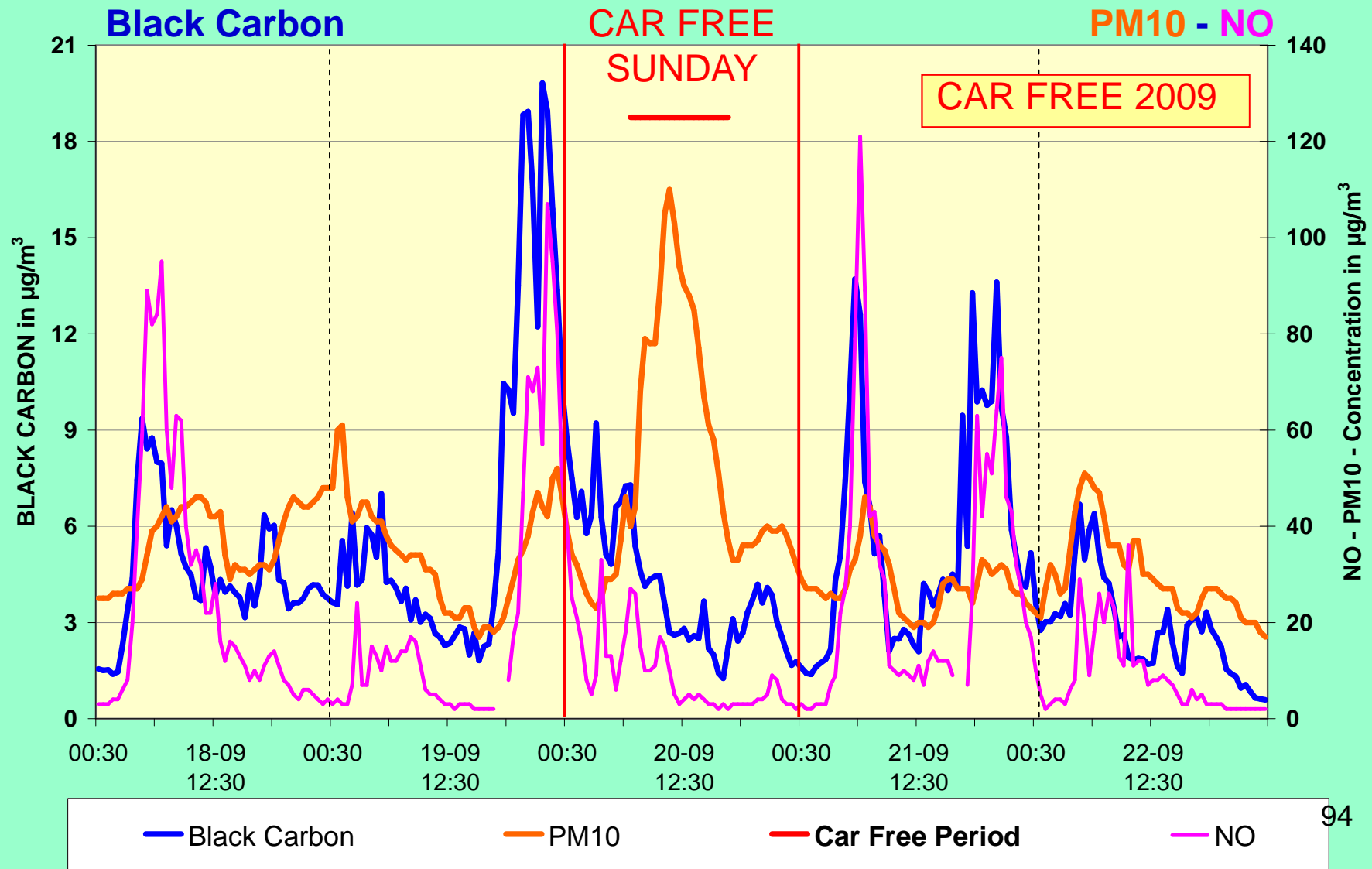
Nombre de PARTICULES (fractions plus grosses) à Bruxelles

Number of Particulates ">2.5 μm " ">3.0 μm " ">3.5 μm " ">4.0 μm "
 Period : Wednesday 14 - Tuesday 20 April 2010



WOLUWE – BLACK CARBON, PM10 et NO

Vendredi 18 – Mardi 22 Septembre 2009

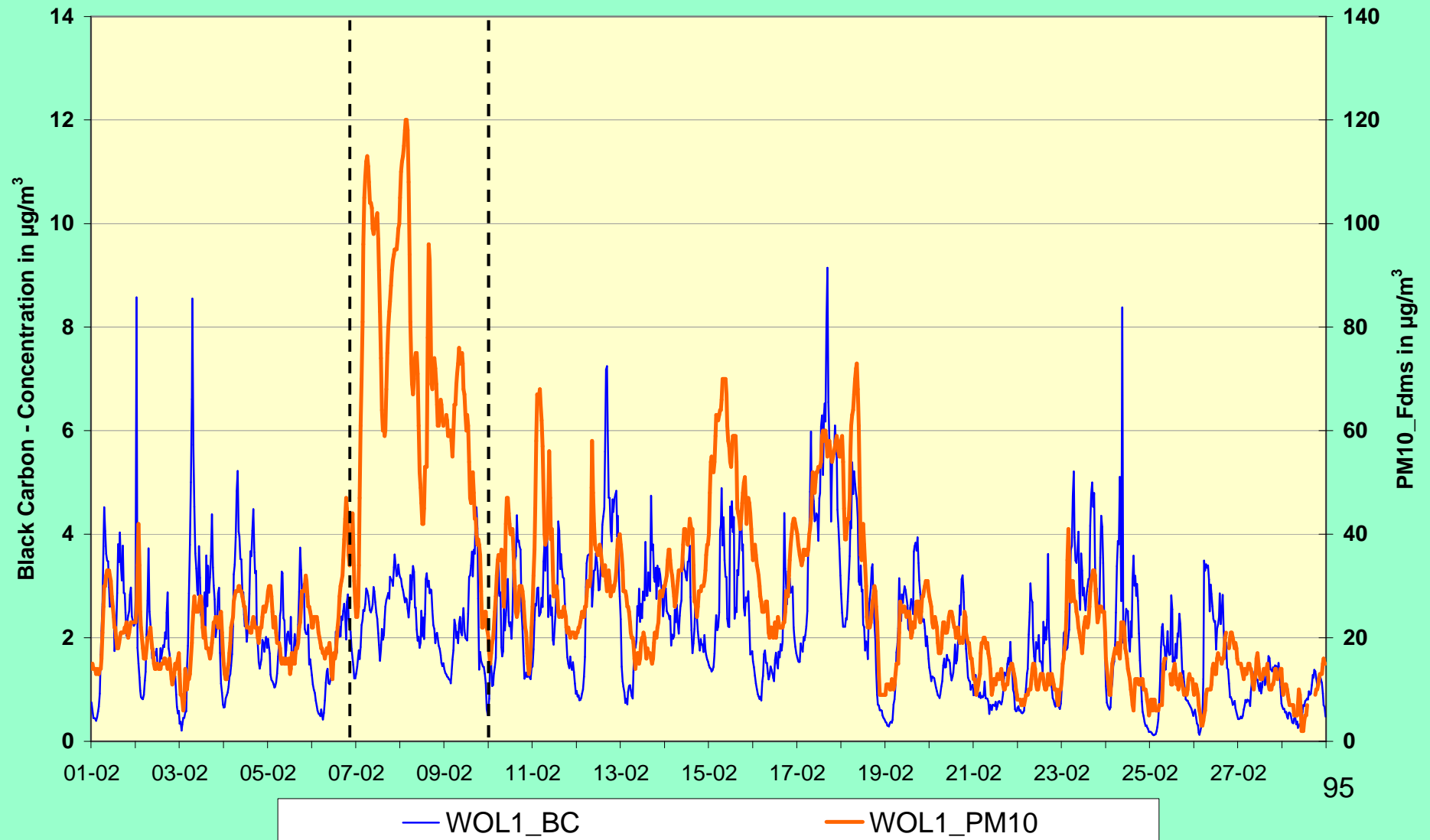


WOLUWE – BLACK CARBON et PM10

Février 2010

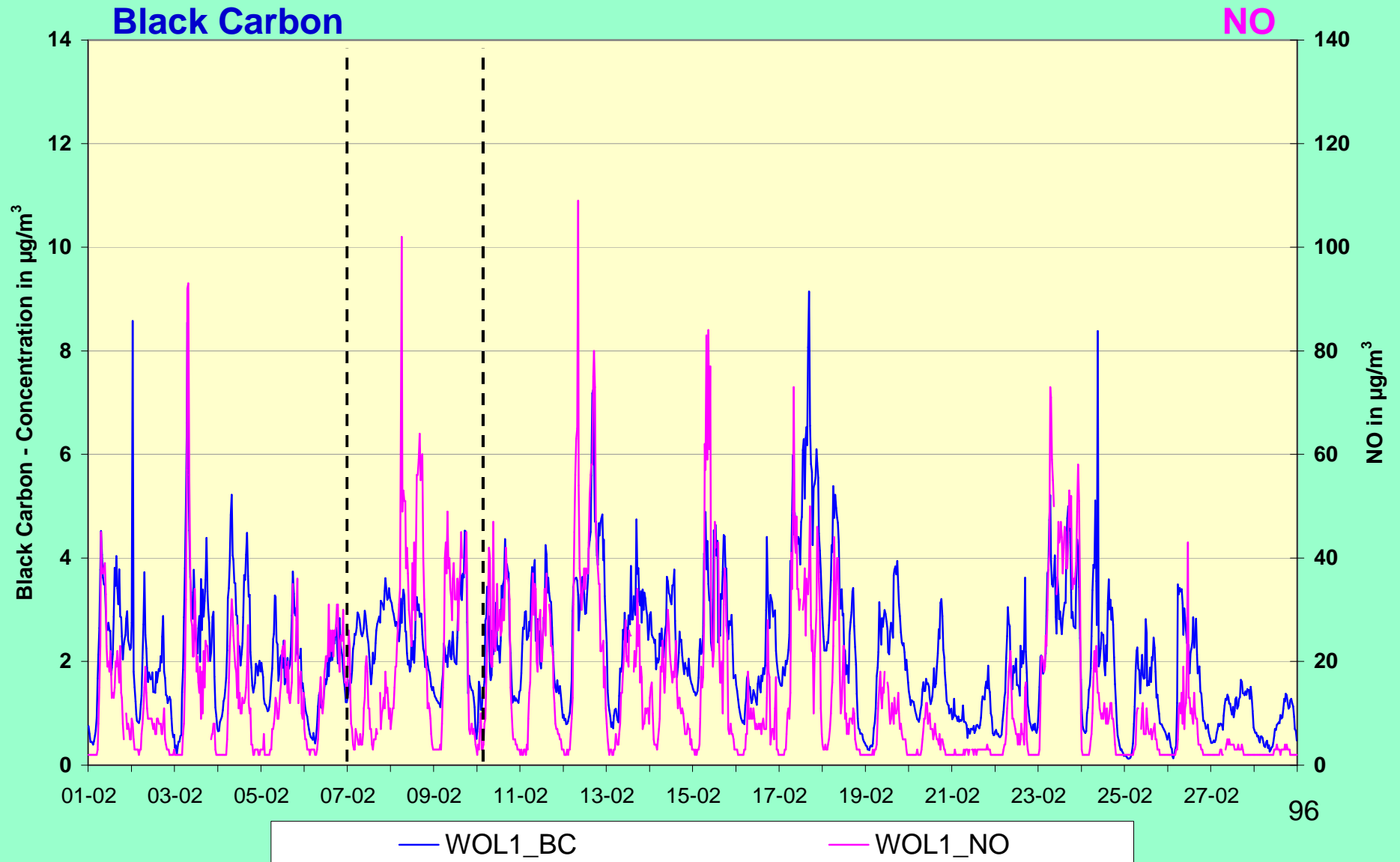
Black Carbon

PM10



WOLUWE – BLACK CARBON et NO

Février 2010



COÉFFICIENT de CORRÉLATION avec BLACK CARBON

Woluwe ::: 2010 – 2011 – 2012 – 2013

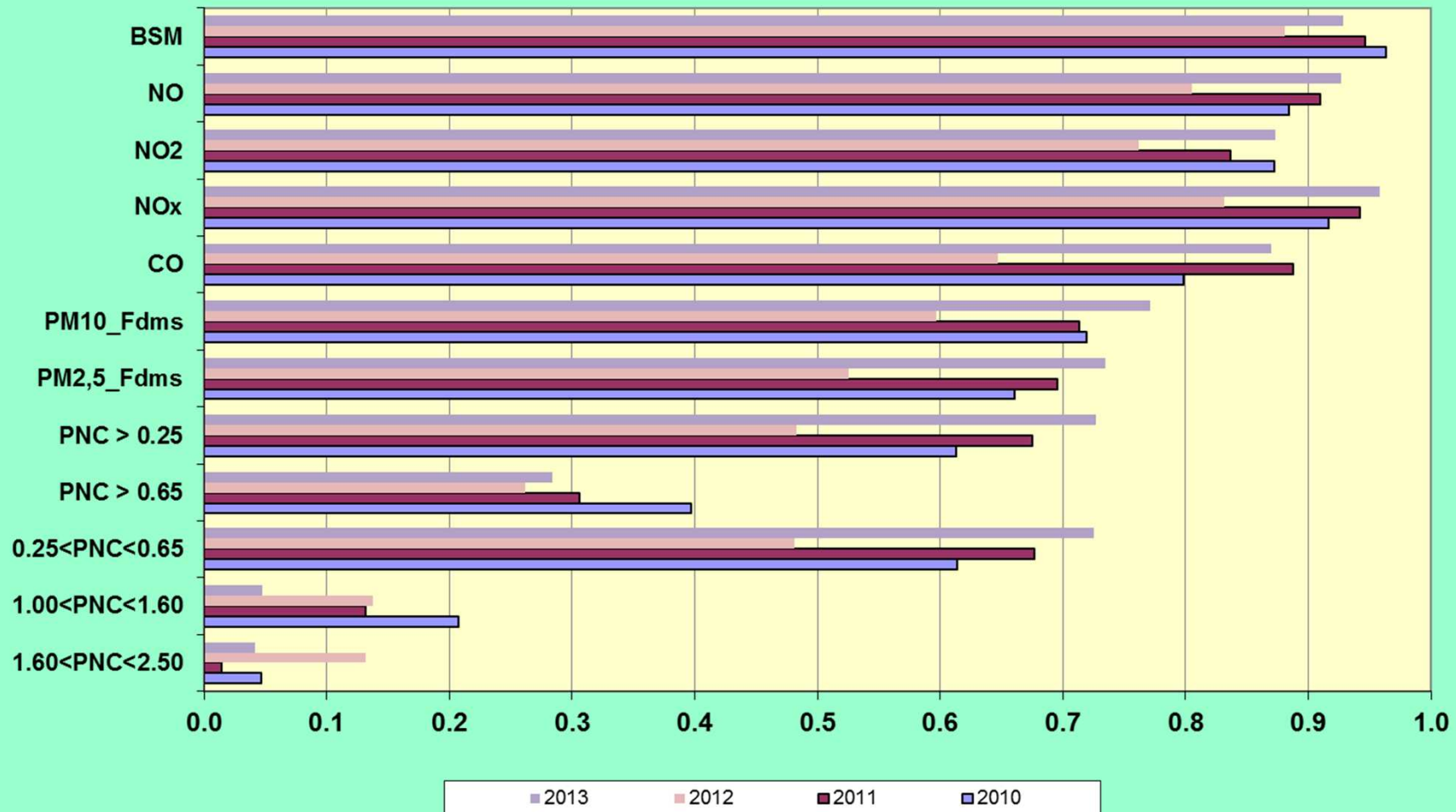
WOL1 - CORRELATION FACTOR to BLACK CARBON DAILY VALUES



COÉFFICIENT de CORRÉLATION avec BLACK CARBON

Molenbeek ::: 2010 – 2011 – 2012 – 2013

R001 - CORRELATION FACTOR to BLACK CARBON DAILY VALUES



PM10 & NO₂ : Partiellement Polluants SECONDAIRES

Concentration de FOND relativement élevée

PAS de PROPORTIONALITÉ entre les EMISSIONS LOCALES et les CONCENTRATIONS MESURÉES Localement

!!! RESPONSABILITÉ PARTAGÉE !!!

RESPECT seul RÉDUCTION ÉMISSIONS LOCALES

Valeur Limite NO₂ (**40 µg/m³ moyenne annuelle**)

==> réduction des émissions locales NO_x de 50-60%

Valeur Limite PM10 (**max. 35 jours PM10_jour > 50 µg/m³**)

==> réduction des émissions locales PM de 70-80%

?? pour 2010 ?? → ?? pour 2020 ??

BLACK CARBON

- **Meilleure corrélation** entre BLACK CARBON et NO_x , NO, NO_2 qu'avec Masse PM ou Nombre

Masse PM ou Nombre (OPC) pas de bons critères pour les particules trafic

- **BLACK CARBON** représente **fraction limitée** de la masse PM10 ou PM2,5 dans les postes trafic considérés

- pas être **trop optimiste** du potentiel de respecter la valeur limite PM10 avec seulement une **réduction des émissions locales**

- **BLACK CARBON – estimateur des particules trafic?**

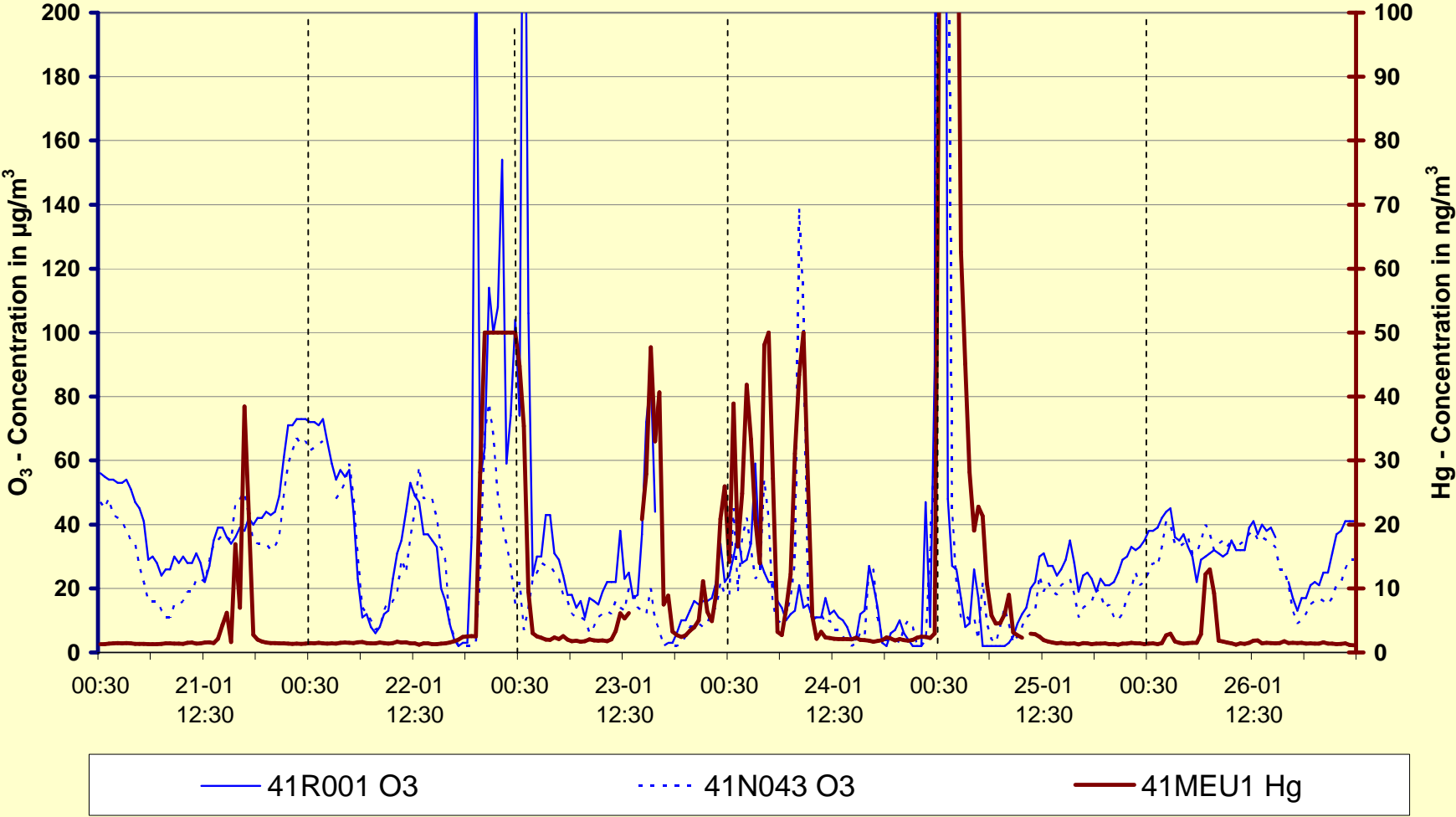
évaluation des PM – observations en continu (mesurer) masse, nombre, composition, ... dans de différents environnements urbains
ne pas se limiter aux prédictions des émissions

MERCURE – INCIDENT JANVIER 2008

MERCURE – INCIDENT JANVIER 2008

Evolution Observed Results for Hg and O₃

Period : Monday 21 - Saturday 26 January 2008



MERCURE – INCIDENT JANVIER 2008

