



BRUXELLES ENVIRONNEMENT
LEEFMILIEU BRUSSEL
- IBGE·BIM -

MESURES DE LA QUALITÉ DE L’AIR DANS LE TUNNEL LÉOPOLD II

Période Janvier 2008 – Mars 2009

RAPPORT TECHNIQUE

JUILLET 2009

Bruxelles Environnement
Institut Bruxellois pour la Gestion de l’Environnement
Laboratoire d’Analyse et de Recherche
Gulledelle 100
B-1200 BRUXELLES

Mesures de la Qualité de l'Air dans le Tunnel Léopold II

Suite à l'arrêté du gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 22 décembre 1994 concernant la qualité de l'air dans les tunnels routiers, complété par la circulaire du 9 janvier 1997 concernant l'application de cet arrêté, deux postes de mesure permanents ont été installés dans le tunnel Léopold II au cours de l'an 2002, un dans chaque sens.

La promulgation de l'arrêté sur la qualité de l'air dans les tunnels routiers a pour but de suivre de façon plus systématique (en continu) la qualité de l'air dans les tunnels et de faire respecter le mieux possible les valeurs limites fixées. Cet arrêté est une conséquence lointaine des résultats de quelques campagnes de mesure de courte durée (environ une semaine) dans divers tunnels, effectuées à l'époque par les services du Ministère de la Santé Publique (1989 – 1992), plus précisément par la section "Air" de l'Institut d'Hygiène et d'Épidémiologie (1, 2, 3 et 4).

Les postes de mesure ont été créés par l'Administration de l'Équipement et des Déplacements (AED) sur base d'un cahier spécial des charges qui a été rédigé de commun accord entre la "Direction des Techniques Spéciales" de l'AED et le Laboratoire de Recherche en Environnement (LRE) de l'Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement (IBGE).

Les deux postes de mesure sont opérationnels depuis décembre 2002 et sont équipés d'appareils d'analyse en continu permettant la mesure du monoxyde d'azote (NO), du dioxyde d'azote (NO₂) et du monoxyde de carbone (CO). Le LRE est en charge du suivi quotidien des résultats ainsi que du contrôle régulier et de l'étalonnage des appareils.

Les systèmes d'acquisition des données des deux postes de mesure sont reliés au système central de gestion du Réseau Télémétrique de contrôle de la Qualité de l'Air (ambient) en Région de Bruxelles-Capitale. Ce réseau est géré par le LRE. Les résultats des périodes annuelles précédentes ont été rapportés régulièrement (5, 6, 7, 8 et 9).

1. *Pollution de l'air dans les tunnels bruxellois situés sur les axes de pénétration vers le centre de la ville (IHE - mai 1999).*
2. *La pollution de l'air dans les tunnels routiers. Evaluation des émissions du trafic au moyen du bilan en carbone (IHE - juillet 1990).*
3. *Studie van de Luchtkwaliteit in twee autowegtunnels die aansluiten op de Antwerpse Ring (IHE - oktober 1991).*
4. *Studie van de Luchtkwaliteit in enkele verkeerstunnels te Brussel (IHE - maart 1992).*
5. *Mesures de la Qualité de l'air dans le tunnel Léopold II. Période « Décembre 2002 – Mars 2004 » (IBGE-LRE - avril 2004)*
6. *Mesures de la Qualité de l'air dans le tunnel Léopold II. Période « Janvier 2004 – Mars 2005 » (IBGE-LRE – mai 2005)*
7. *Mesures de la Qualité de l'air dans le tunnel Léopold II. Période « Janvier 2005 – Mars 2006 » (IBGE-LRE – juillet 2006)*
8. *Mesures de la Qualité de l'air dans le tunnel Léopold II. Période « Janvier 2006 – Mars 2007 » (IBGE-LRE – juin 2007)*
9. *Mesures de la Qualité de l'air dans le tunnel Léopold II. Période « Janvier 2007 – Mars 2008 » (IBGE-LRE – juin 2008)*

1. Postes de mesure

Un des postes de mesure, nom de code 41LEC1, se trouve dans le tronçon de tunnel en direction du centre. La tête d'aspiration de l'air se trouve à quelques centaines de mètres de la fin du tunnel, à hauteur du poste de secours 111. A cet endroit il y a des risques de formation de files à l'heure de pointe du matin, ou en cas de perturbation (manifestations, ...) du trafic en ville.

Les appareils se trouvent dans une armoire fermée, équipée d'une régulation de température, située dans un local technique adjacent. Ce type d'installation a pour but d'éviter autant que possible l'encrassement des appareils, surtout des parties optiques et des composants électroniques, par les particules de suie en suspension et de limiter les risques de pannes (courts-circuits).

Les appareils de l'autre poste de mesure, nom de code 41LEB2, se trouvent dans un local technique du complexe Simonis. La tête d'aspiration se trouve dans le tronçon de tunnel en direction de la basilique de Koekelberg. Ce point de mesure se trouve à plusieurs centaines de mètres de la fin du tunnel. Vu la présence de feux tricolores à la fin du tunnel, l'influence de la formation de files peut se faire sentir à cet endroit, par exemple lors de l'heure de pointe du soir.

Dans les deux postes de mesure, l'air du tunnel est aspiré à travers un tube de téflon d'environ 1 pouce de diamètre. Dans l'armoire se trouve un distributeur (manifold) sur lequel plusieurs appareils peuvent être raccordés. Sur les départs du distributeur sont montés des porte-filtres en téflon munis de membranes filtrantes en téflon également. L'air aspiré est acheminé vers l'entrée des appareils de mesure via des lignes souples en téflon (1/4 pouce ou 6 mm). Ce système permet de limiter au minimum l'encrassement des lignes d'aspiration et du système d'échantillonnage des appareils (vannes, chambres de réaction, conduites, ...). Les membranes filtrantes doivent être remplacées régulièrement en fonction de la charge du filtre.

2. Programme de mesure

Les postes de mesure sont équipés d'appareils de mesure en continu pour la détection des oxydes d'azote (NO et NO₂) et du monoxyde de carbone (CO). Les types d'appareils et les principes de mesure utilisés sont les suivants:

NO _x	NO _x -API 200	chimiluminescence
CO	CO-API 300	absorption IR - corrélation par filtre gazeux (GFC-IR)

Les appareils ont d'abord été testés pendant quelques mois (juin – septembre 2002) au laboratoire qui abrite le banc d'étalonnage commun des trois régions. Ces tests ont surtout porté sur la linéarité, la stabilité, la reproductibilité et la précision des appareils de mesure. Une attention particulière a été portée à la précision de la détection d'une concentration de quelques centaines de µg/m³ de NO₂ en présence de quelques milliers de µg/m³ de NO.

On a également recherché un réglage technique idéal des appareils afin de trouver, en fonction des spécifications établies, un compromis optimal entre, d'une part, une précision suffisamment élevée et, d'autre part, un temps de réponse suffisamment rapide du signal de détection.

Après la période de test au labo, les appareils ont été installés dans les postes de mesure, ainsi que les équipements de test associés et le système d'acquisition des données. Les deux postes de mesure sont entièrement opérationnels depuis décembre 2002. Les équipements de test permettent d'effectuer des contrôles réguliers sur base de concentrations ZERO et SPAN (tests de contrôle interne).

Les systèmes d'acquisition de données des deux postes de mesure sont reliés au système central de gestion du réseau télémétrique de contrôle de la qualité de l'air (Région de Bruxelles-Capitale). Les postes de mesure sont suivis de la même façon que les postes qui se trouvent en surface et qui assurent le contrôle de la qualité de l'air ambiant: rapatriement des données toutes les heures, exécution régulière des tests ZERO et SPAN (tests internes tous les deux ou trois jours), importation des valeurs semi horaires dans la base de données immissions de la Région de Bruxelles-Capitale, etc... . Durant la première période annuelle, les analyseurs étaient testés tous les trois mois à l'aide des étalons externes. Depuis la deuxième année de mesure, ces tests ont lieu tous les six mois.

De plus, en vue du contrôle du respect des valeurs limites établies, les postes de mesure des tunnels calculent des moyennes minutes et des moyennes glissantes sur 20 minutes. Ces données sont également transférées au système central de gestion. La moyenne glissante sur 20 minutes est la moyenne des 20 dernières minutes. Cette moyenne est recalculée toutes les minutes.

Sur base annuelle, une grande quantité de données de mesure est à conserver pour ces deux postes de mesure. Dans chaque poste de mesure se trouvent un appareil CO et un appareil NO_x. Des résultats sont mesurés pour 4 paramètres: CO, NO, NO₂ et NO_x. Pour les deux postes, cela signifie 8 paramètres pour lesquels sont conservées chaque année (365 jours) 140.160 valeurs semi horaires.

Pour chacun des paramètres sont également conservées deux séries de valeurs minutes: les moyennes minutes et les moyennes glissantes sur 20 minutes. Pour une année (365 jours) complète, cela représente 8.409.600 valeurs minutes à conserver.

Tableau I: nombre de PARAMETRES de POLLUTION, nombre de VALEURS SEMI HORAIRES et de VALEURS MINUTES dans le tunnel

Année	Paramètres Valeurs semi horaires	Nombre de Valeurs semi horaires	Paramètres Valeurs Minutes	Nombre de Valeurs Minutes
2003	8	140.160	8 * 2	8.409.600
2004 ; 2008	8	140.544	8 * 2	8.432.640
2005-2007	8	140.160	8 * 2	8.409.600

3. Réglementation

L'arrêté du gouvernement de Bruxelles-Capitale sur la qualité de l'air dans les tunnels routiers du 22 décembre 1994 fixe des valeurs limites pour le CO et le NO₂ qui ne peuvent pas être dépassées:

- *Pour le monoxyde de carbone (CO) :*
 - o 100 ppm en moyenne sur l'ensemble des capteurs-analyseurs internes au tunnel considéré, pour une durée d'exposition maximale d'une demi-heure

- *Pour le dioxyde d'azote (NO₂) :*
 - o 1.000 µg/m³ (microgrammes par mètre cube) pour une durée d'exposition maximale de 20 minutes

 - o 400 µg/m³ (microgrammes par mètre cube) pour une durée d'exposition d'une heure

 - o variation linéaire entre les deux valeurs précitées pour une durée d'exposition de 20 minutes à 1 heure

Bien que basées sur les valeurs guides de l'Organisation Mondiale de la Santé, ces spécifications diffèrent, dans la formulation, des objectifs pour la qualité de l'air ambiant.

Les valeurs limites pour l'air ambiant fixent un niveau de concentration, associé à un temps d'intégration, qui ne peut être dépassé qu'un certain nombre de fois par an; p.ex. une valeur horaire de NO₂ de 200 µg/m³ dans l'air ambiant ne peut pas être dépassée plus de 18 fois par an.

Les valeurs limites dans les tunnels lient de façon explicite la durée d'exposition et la concentration qui lui est associée. Cela signifie que la concentration horaire de NO₂ ne peut pas être supérieure à 400 µg/m³ quand le temps d'exposition effectif est d'une heure.

Par expérience on peut constater qu'il y a peu de chances que des automobilistes soient bloqués pendant une heure dans le tunnel Léopold II. Par contre il arrive fréquemment que des automobilistes séjournent pendant 20 minutes, ou plus, dans ce tunnel, notamment lors des heures de pointe du matin ou du soir. Au ralenti ou dans les files, les émissions de NO₂ et de CO augmentent. Les automobilistes restent donc plus longtemps aux endroits où les concentrations de ces polluants sont les plus élevées.

En ce qui concerne la variation linéaire entre 20 minutes et une heure, on n'a retenu dans ce rapport, pour des raisons pratiques, que les expositions pour une durée d'une demi-heure. L'interpolation linéaire entre 1.000 µg/m³ pendant 20 minutes et 400 µg/m³ pendant une heure (60 minutes) donne une valeur limite de 850 µg/m³ de NO₂ pendant 30 minutes. Les périodes intermédiaires de 59 min., 58 min., ..., 22 et 21 minutes n'ont pas été prises en compte.

4. Résultats

4.1 Évolution graphique des données de mesure

A titre d'exemple, les résultats des deux postes de mesure, obtenus durant une période d'un mois, sont représentés graphiquement dans les figures 1 à 3. L'évolution graphique des *valeurs horaires* et *semi horaires* en NO₂ dans les deux postes de mesure est donnée à la figure 1. Il s'agit des données du mois d'octobre 2008. Le graphique du dessus représente l'évolution des valeurs horaires et celui du dessous l'évolution des valeurs semi horaires. Une ligne horizontale sur toute la largeur du graphique indique la valeur limite pour le NO₂:

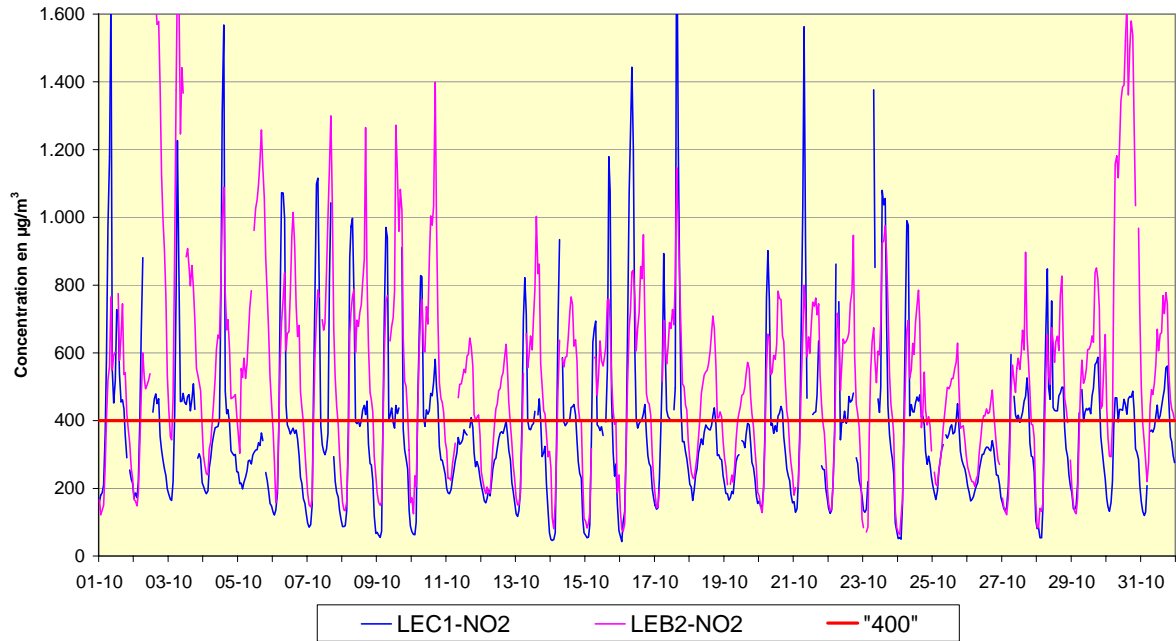
400 µg/m³ pour une exposition d'une heure
850 µg/m³ pour une exposition d'une demi-heure

De façon analogue et pour la même période, les valeurs horaires et semi horaires en NO et CO sont représentées dans les figures 2 et 3.

L'évolution des concentrations de CO est représentée en mg/m³ (milligrammes par mètre cube). A 20° C et 1013 hPa : 1 ppm CO = 1,165 mg/m³ CO.

A titre d'exemple, les résultats des valeurs minutes et de la moyenne glissante sur 20 minutes pour le NO₂, obtenues le mardi 2 décembre 2008 (graphique du dessus) et le mercredi 18 février 2009 (graphique du dessous), sont représentés graphiquement dans la figure 4.

**NO₂ - VALEURS HORAIRES - TUNNEL LEOPOLD II
OCTOBRE 2008**



**NO₂ - VALEURS SEMI-HORAIRES - TUNNEL LEOPOLD II
OCTOBRE 2008**

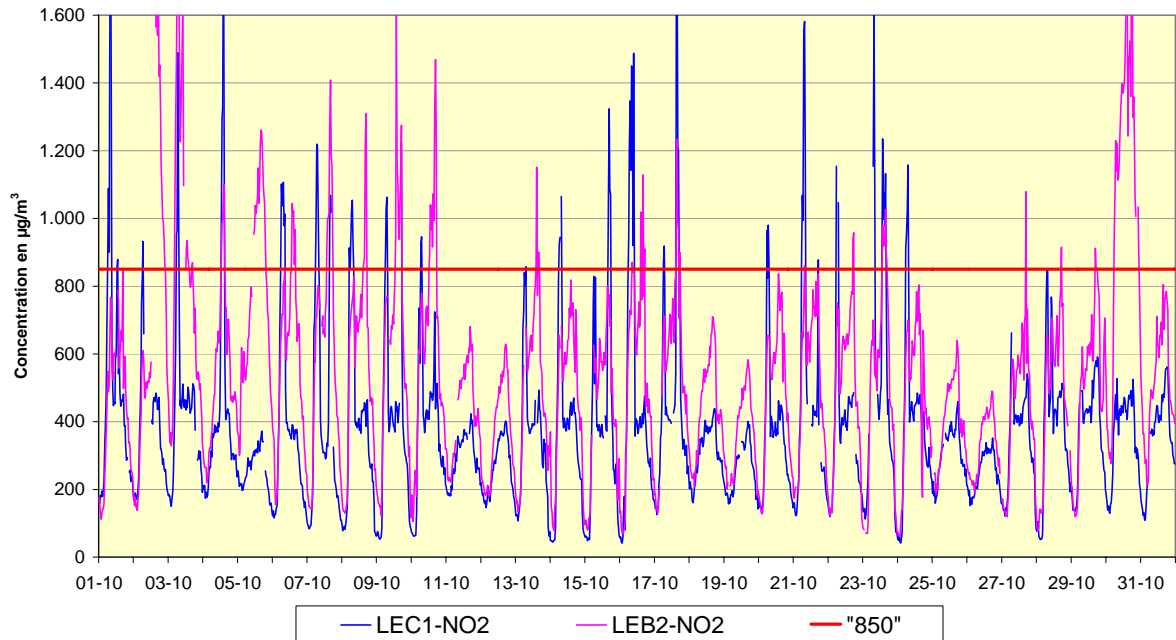
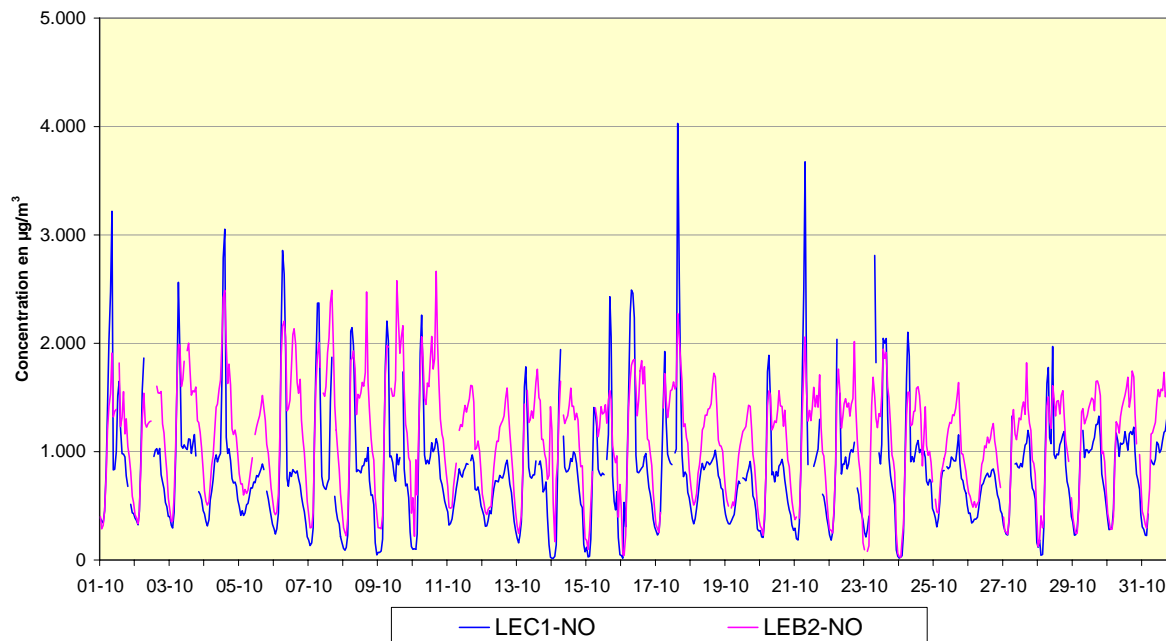


Fig. 1: NO₂ - Évolution des valeurs horaires et semi horaires en octobre 2008
Poste de mesure 41LEC1, direction Centre – Poste de mesure 41LEB2, direction Basilique

**NO - VALEURS HORAIRES - TUNNEL LEOPOLD II
OCTOBRE 2008**



**NO - VALEURS SEMI-HORAIRES - TUNNEL LEOPOLD II
OCTOBRE 2008**

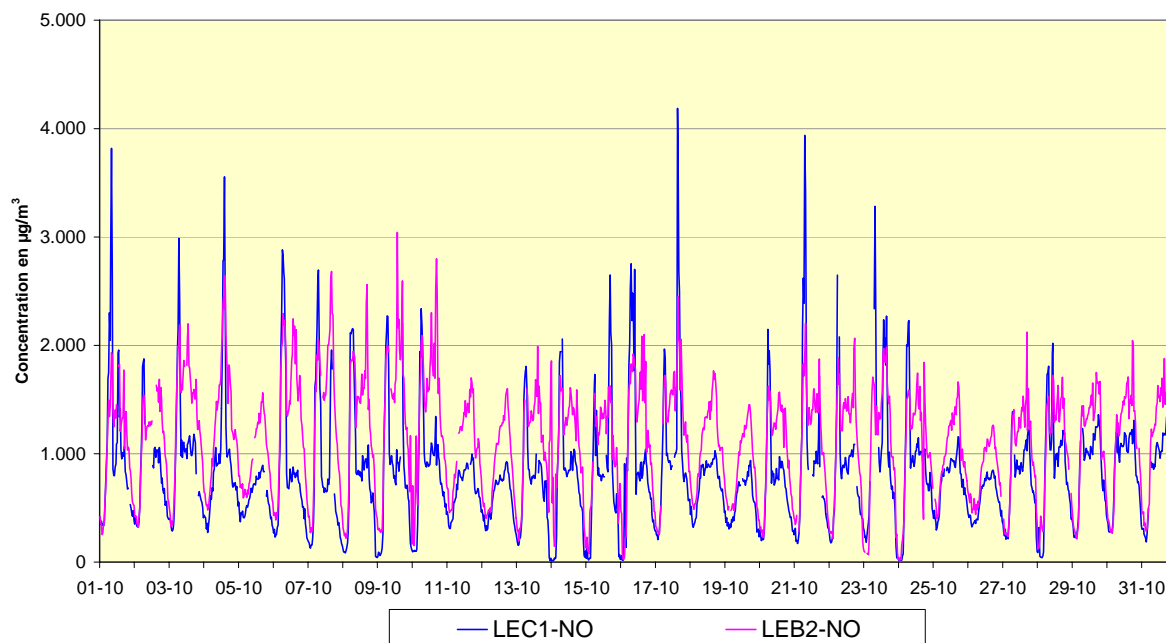
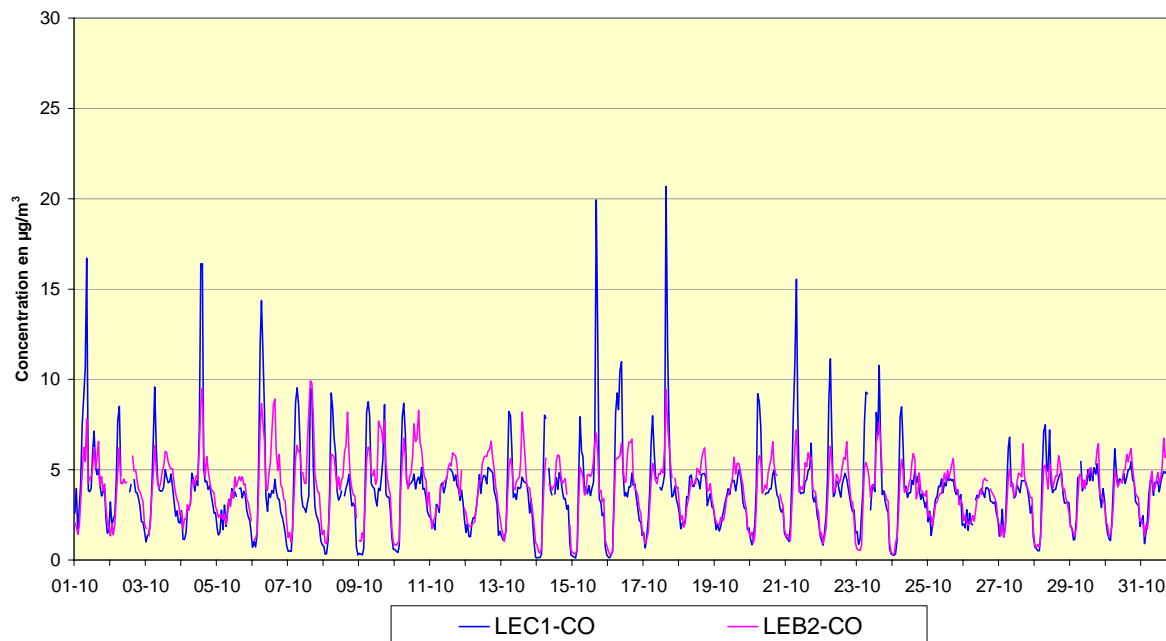


Fig. 2: NO - Évolution des valeurs horaires et semi horaires en octobre 2008
Poste de mesure 41LEC1, direction Centre – Poste de mesure 41LEB2, direction Basilique

**CO - VALEURS HORAIRES - TUNNEL LEOPOLD II
OCTOBRE 2008**



**CO - VALEURS SEMI-HORAIRES - TUNNEL LEOPOLD II
OCTOBRE 2008**

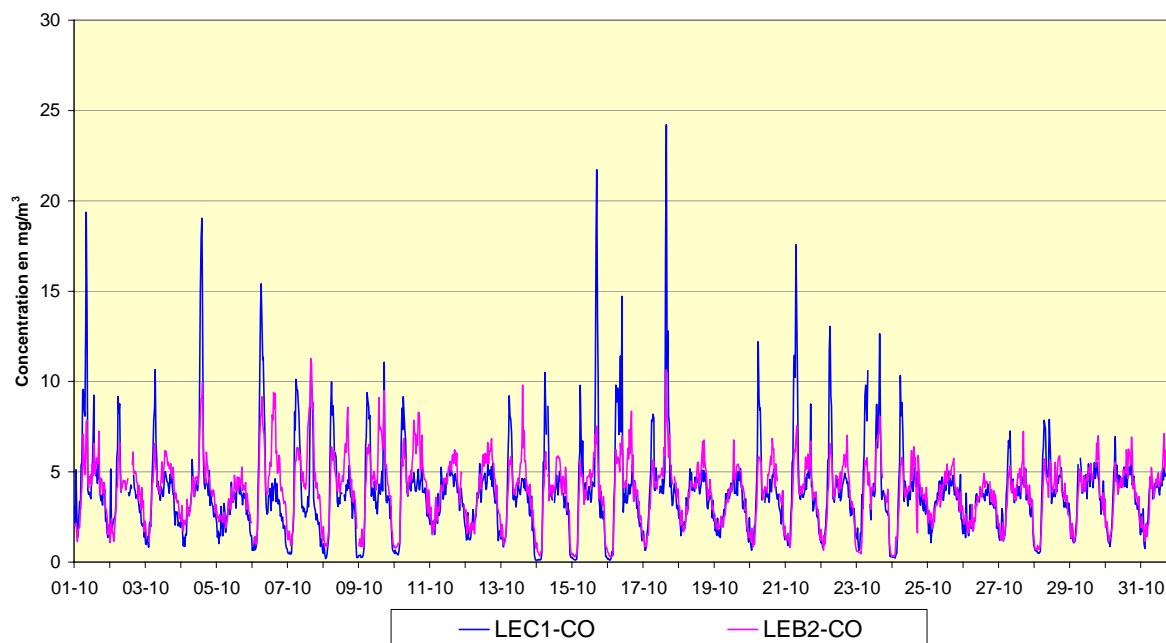
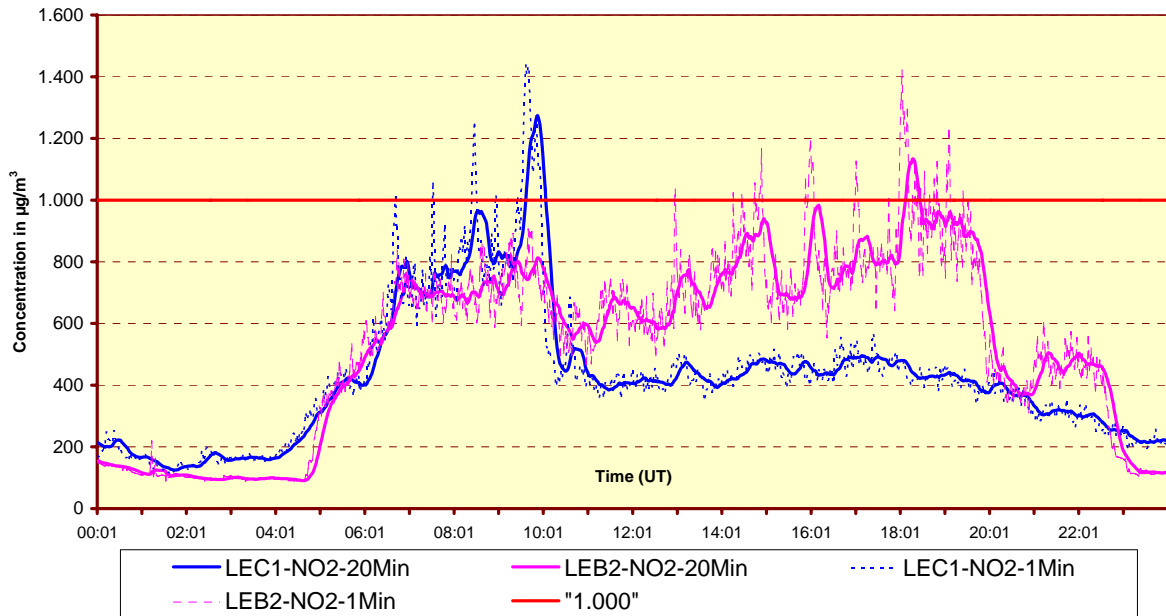


Fig. 3: CO - Évolution des valeurs horaires et semi horaires en octobre 2008
Poste de mesure 41LEC1, direction Centre – Poste de mesure 41LEB2, direction Basilique

**NO₂ - 20-Minutes Average - Tunnel Leopold II
Tuesday 02 December 2008**



**NO₂ - 20-Minutes Average - Tunnel Leopold II
Wednesday 18 February 2009**

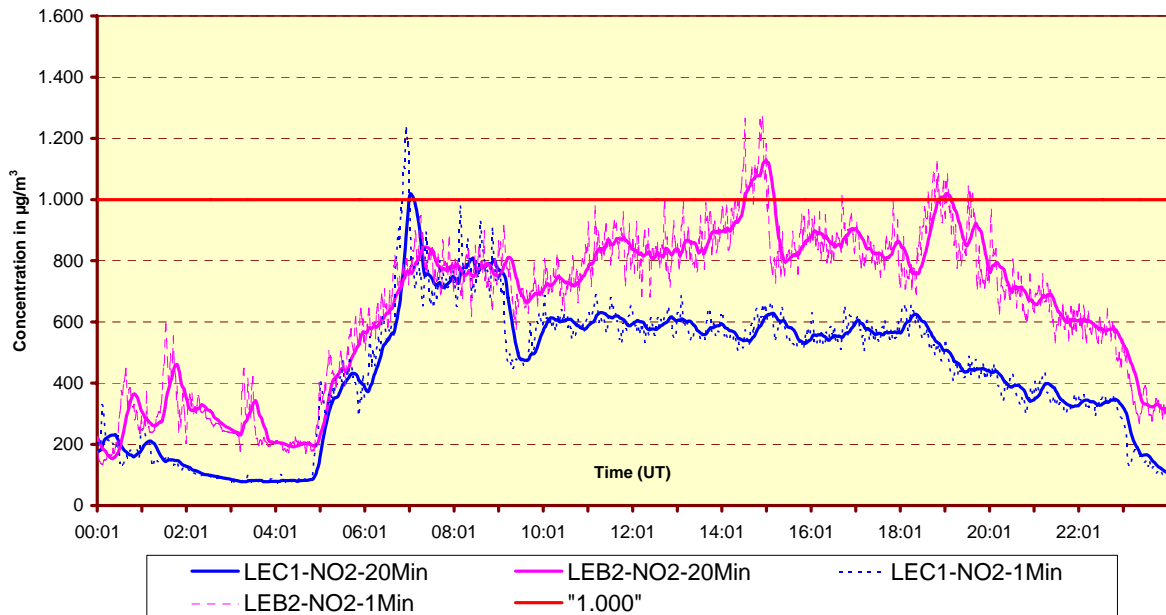


Fig. 4: NO₂ – évolution des valeurs minutes et de la moyenne glissante sur 20 minutes dans les deux postes de mesure du tunnel Léopold II *Mardi 2 décembre 2008 et mercredi 18 février 2009*

4.2 Distribution des fréquences cumulées

Pour l'année calendrier 2008, les résultats de la distribution des fréquences cumulées, calculées à partir de toutes les données disponibles (*sélection de tous les jours – toutes les valeurs du jour*), sont donnés dans les tableaux IV et V. Les résultats y sont comparés à ceux des années précédentes (2003 à 2007). Le tableau IV contient les résultats des valeurs semi horaires, les résultats des valeurs horaires se trouvent dans le tableau V.

A gauche de chaque ligne de résultats se trouvent les indications du poste de mesure (41LEC1 ou 41LEB2), de l'année et du polluant concerné (NO, NO₂, NO_x et CO). Ces indications sont suivies par les résultats des centiles successifs P30, P50, P70, P80, P90, P95, P98 et P99.9, la moyenne arithmétique (MA), la moyenne géométrique (MG) et le pourcentage de données disponibles (Np%).

Pour le CO la valeur limite est de 100 ppm (= 116,5 mg/m³) pour une exposition de 30 minutes. Au cours de l'année 2008 la valeur maximale de CO est de 39,92 mg/m³ dans le poste de mesure 41LEC1 (centre) et de 17,16 mg/m³ dans le poste de mesure 41LEB2 (basilique). Au cours de l'année 2008, la valeur limite pour le CO n'a pas été dépassée. Ceci fut seulement le cas en 2004 (poste LEC1) comme il apparaît du tableau II, représentant les concentrations maximales semi horaires en CO des années précédentes.

Tableau II: **CO – Concentration Maximale sur une demi-heure [en mg/m³]**

Année	LEC1	LEB2
2003	62.34	32.58
2004	135.69	29.31
2005	69.35	22.81
2006	37.28	21.47
2007	34.40	19.20
2008	39.92	17.16

Pour le NO₂ il y a une valeur limite de 400 µg/m³ pour une exposition d'une heure et une valeur limite de 850 µg/m³ pour une exposition de 30 minutes. Pour le poste 41LEC1, le niveau de 850 µg/m³ se situe entre les centiles P95 et P98 des valeurs semi horaires. Pour le poste 41LEB2 ce niveau se situe entre les centile P90 et P95. Cela signifie que le nombre de dépassements reste comparable au nombre constaté en 2007 : environ 2 % des valeurs semi horaires au poste LEC1 et environ 10% au poste LEB2.

Le niveau de 400 µg/m³ se situe entre le P60 et P70 des valeurs horaires pour le poste de mesure LEC1 et entre le P30 et P40 pour le poste de mesure LEB2. Cela signifie que le nombre de valeurs horaires supérieures à 400 µg/m³ représente plus de 30% du total des valeurs horaires pour le poste de mesure en direction du centre (LEC1) et plus de 60% du total des valeurs horaires pour le poste de mesure en direction de la basilique (LEB2). Pour l'année 2008, la moyenne des valeurs horaires de NO₂ atteint 376 µg/m³ dans le poste de mesure LEC1 et 506 µg/m³ dans le poste LEB2.

Une augmentation nette des concentrations moyennes en NO₂ a été constatée depuis l'an 2006. En 2008 il y a encore eu une légère augmentation au poste LEC1 et une légère diminution au poste LEB2. Le tableau III présente l'évolution des concentrations moyennes en NO₂ dans les deux segments du tunnel, ainsi que les concentrations moyennes des jours ouvrables et non ouvrables.

Tableau III: NO₂ – Évolution de la CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE [en µg/m³]

Année	Moyenne Annuelle Tous les Jours		Moyenne Jours ouvrables		Moyenne Jours non ouvrables	
	LEC1	LEB2	LEC1	LEB2	LEC1	LEB2
2003	278	363	297	391	235	302
2004	279	375	298	404	235	309
2005	283	409	305	444	233	333
2006	338	455	365	490	281	379
2007	350	539	375	577	295	456
2008	376	506	404	541	316	425

Les tableaux VI (valeurs semi horaires) et VII (valeurs horaires) donnent les résultats des distributions de fréquences cumulées pour les jours ouvrables (*sélection de tous les jours ouvrables – toutes les valeurs du jour*). Les tableaux VIII et IX donnent les résultats analogues pour les jours non ouvrables (*tous les jours non ouvrables – toutes les valeurs*).

Pour les valeurs semi horaires (tableaux VI et VIII), il apparaît que les concentrations de NO₂ supérieures à 850 µg/m³ se produisent davantage les *jours ouvrables*. Au poste de mesure LEC1 on note, pour les *jours non ouvrables* 34 dépassement en 2008 à comparer à 29 en 2007, 8 en 2006, aucun en 2005, 24 en 2004 et 5 en 2003. En direction de la basilique il y a eu 67 dépassements en 2008, 76 en 2007, 14 en 2006, 4 en 2005 et aucun en 2004 et 2003. Ces dépassements se situent l'après-midi ou le soir.

Pour tous les polluants, les concentrations mesurées sont *en moyenne plus élevées* les *jours ouvrables* que les *jours non ouvrables*. Les moyennes horaires du NO₂ atteignent 404 µg/m³ (41LEC1) et 541 µg/m³ (41LEB2) les *jours ouvrables*, contre respectivement 316 µg/m³ et 425 µg/m³ les *jours non ouvrables*.

On constate une légère augmentation de la valeur moyenne en NO₂ au poste LEC1 et une légère diminution au poste LEB2. Ce constat peut être observé pour les trois types de sélection : *tous les jours*, *tous les jours ouvrables* et *tous les jours non ouvrables*.

Pour le poste de mesure en direction de la basilique (41LEB2), le nombre de valeurs horaires supérieures à 400 µg/m³ atteint plus de 60% du nombre de valeurs horaires les *jours ouvrables* et environ 50% du nombre de valeurs horaires les *jours non ouvrables*. Pour le poste de mesure en direction du centre (41LEC1), cela devient plus de 40% du nombre des valeurs horaires les *jours ouvrables* et plus de 10% du nombre de valeurs horaires les *jours non ouvrables*.

Les résultats de la distribution des fréquences cumulées des valeurs horaires pour le NO₂, le CO, le NO et le NO_x, calculés pour les années calendriers de la période 2003-2008, sont représentés graphiquement dans les figures 5, 6, 7 et 8. Le graphique du dessus représente les résultats pour le poste en direction du centre (41LEC1) et le graphique du dessous ceux du poste en direction de la basilique (41LEB2). Dans chacun de ces graphiques, les résultats sont représentés pour trois différentes sélections de jours : la sélection de *tous les jours* se trouve à gauche, la sélection de *tous les jours ouvrables* au milieu et la sélection des *jours non ouvrables* à droite du graphique.

Pour les années 2006 à 2008 on constate (figure 5), dans les deux postes de mesures, une croissance des concentrations en NO₂ par rapport à la période 2003-2005. Pour le CO, on constate en 2008 une légère baisse des niveaux moyens ainsi que des niveaux de centiles les plus élevés. Pour NO et NO_x la diminution des concentrations ne se poursuit plus.

L'évolution des concentrations moyennes mensuelles en NO₂ et NO est représentée dans les graphiques de la figure 9 et celle du NO_x et du CO dans les graphiques de la figure 10. Il s'agit des données de la période « décembre 2002 – mars 2009 ». Pour le NO₂, une tendance croissante a été constatée au poste de mesure LEB2. Cette tendance est un peu moins prononcée au poste LEC1. Pour le CO, une nette tendance à la baisse peut être observée dans les deux postes de mesures.

L'évolution du rapport “NO₂/NO_x” dans le tunnel est représentée à la figure 11. Une croissance de ce rapport est observée d'environ 0,12 fin 2002 à environ 0,24 fin 2008.

La concentration massique en NO_x est exprimée en équivalent NO₂ :

$$\text{NO}_x [\mu\text{g}/\text{m}^3] = 1,53 \text{ NO} [\mu\text{g}/\text{m}^3] + \text{NO}_2 [\mu\text{g}/\text{m}^3]$$

Tableau IV: **DISTRIBUTION de FRÉQ. CUMULÉES - VALEURS SEMI HORAIRES**

ANNÉE CALENDRIER
TOUS LES JOURS – TOUTES les VALEURS SEMI HORAIRES de la journée
 Centiles NO, NO₂ et NO_x en µg/m³ – CO en mg/m³

Poste	An	Pol	P ₃₀	P ₅₀	P ₇₀	P ₈₀	P ₉₀	P ₉₅	P ₉₈	P _{99,9}	MA	MG	%Np
41LEC1	2003	NO	840	1111	1325	1441	1624	1828	2431	4395	1092	902	93,6
41LEC1	2004	NO	793	1037	1230	1340	1518	1846	2414	4664	1026	820	93,4
41LEC1	2005	NO	701	922	1109	1208	1366	1628	2204	4254	927	767	92,7
41LEC1	2006	NO	704	946	1114	1211	1383	1812	2373	4988	939	732	89,8
41LEC1	2007	NO	640	866	1018	1111	1311	1790	2288	4107	874	703	93,7
41LEC1	2008	NO	592	785	954	1057	1240	1745	2231	4186	815	625	96,0
41LEB2	2003	NO	1274	1711	2063	2238	2445	2636	2912	3830	1631	1420	96,6
41LEB2	2004	NO	1126	1520	1835	1991	2195	2367	2617	3680	1447	1220	97,1
41LEB2	2005	NO	1051	1420	1713	1882	2134	2358	2578	3477	1377	1187	96,9
41LEB2	2006	NO	996	1350	1664	1841	2087	2265	2481	3449	1322	1124	94,8
41LEB2	2007	NO	1026	1382	1676	1840	2074	2279	2506	3574	1339	1139	93,8
41LEB2	2008	NO	899	1233	1520	1669	1881	2060	2278	3117	1189	979	94,4
41LEC1	2003	NO ₂	204	271	325	355	408	506	673	1316	278	244	93,6
41LEC1	2004	NO ₂	203	268	321	351	415	543	734	1504	279	240	93,4
41LEC1	2005	NO ₂	204	269	328	363	420	539	734	1369	283	246	92,7
41LEC1	2006	NO ₂	245	329	390	423	493	654	903	1766	338	289	89,8
41LEC1	2007	NO ₂	243	338	407	449	540	740	963	1708	350	293	93,2
41LEC1	2008	NO ₂	268	356	429	469	547	816	1045	1961	376	322	96,0
41LEB2	2003	NO ₂	264	360	449	498	567	634	727	985	363	323	96,6
41LEB2	2004	NO ₂	270	368	458	510	601	682	777	1124	375	330	97,1
41LEB2	2005	NO ₂	294	394	489	547	655	767	914	1401	409	360	96,9
41LEB2	2006	NO ₂	319	442	553	622	737	851	994	1470	455	396	94,8
41LEB2	2007	NO ₂	381	531	664	753	866	973	1122	1705	539	467	93,8
41LEB2	2008	NO ₂	350	500	635	715	826	925	1071	1622	506	432	94,2
41LEC1	2003	NO _x	1497	1975	2351	2555	2866	3279	4389	7940	1946	1643	93,6
41LEC1	2004	NO _x	1425	1863	2200	2389	2699	3344	4410	8560	1846	1518	93,4
41LEC1	2005	NO _x	1280	1680	2024	2203	2484	3008	4093	7846	1699	1436	92,7
41LEC1	2006	NO _x	1323	1783	2096	2259	2570	3428	4533	9373	1772	1437	89,8
41LEC1	2007	NO _x	1229	1667	1959	2137	2525	3498	4456	7888	1686	1394	93,2
41LEC1	2008	NO _x	1178	1560	1886	2080	2420	3500	4420	8273	1622	1311	96,0
41LEB2	2003	NO _x	2214	2985	3609	3912	4284	4612	5105	6695	2856	2505	96,6
41LEB2	2004	NO _x	1996	2698	3270	3556	3935	4271	4727	6598	2586	2215	97,1
41LEB2	2005	NO _x	1911	2568	3104	3415	3915	4347	4807	6412	2512	2188	96,9
41LEB2	2006	NO _x	1849	2516	3101	3432	3908	4283	4711	6368	2475	2131	94,8
41LEB2	2007	NO _x	1958	2652	3235	3569	4016	4425	4872	6817	2585	2224	94,3
41LEB2	2008	NO _x	1732	2387	2972	3266	3675	4032	4482	6092	2322	1948	94,4
41LEC1	2003	CO	6.36	8.11	9.38	10.23	11.67	14.30	20.65	41.14	8.12	6.82	95,2
41LEC1	2004	CO	5.65	7.04	8.18	8.93	10.47	13.49	18.11	40.60	7.15	5.86	94,3
41LEC1	2005	CO	4.83	5.99	6.98	7.62	8.72	10.88	14.40	28.24	6.07	5.18	88,5
41LEC1	2006	CO	4.05	5.09	5.96	6.57	7.74	9.88	12.16	25.40	5.14	4.23	88,1
41LEC1	2007	CO	3.32	4.22	4.89	5.32	6.28	8.42	10.85	22.91	4.26	3.55	63,8
41LEC1	2008	CO	3.02	3.81	4.42	4.82	5.62	7.70	9.94	20.35	3.86	3.21	80,0
41LEB2	2003	CO	6.60	8.53	10.19	11.34	13.05	14.68	16.99	24.51	8.46	7.39	96,3
41LEB2	2004	CO	5.84	7.46	8.78	9.76	11.51	12.94	14.80	22.09	7.34	6.26	95,2
41LEB2	2005	CO	5.38	6.65	7.81	8.72	10.51	12.16	13.98	19.49	6.71	5.87	96,5
41LEB2	2006	CO	4.58	5.75	6.83	7.61	8.94	10.08	11.43	15.17	5.75	5.02	93,9
41LEB2	2007	CO	4.14	5.17	6.07	6.72	7.70	8.53	9.60	14.22	5.06	4.41	96,5
41LEB2	2008	CO	3.27	4.32	5.20	5.69	6.50	7.26	8.30	11.78	4.19	3.56	93,8

Tableau V: **DISTRIBUTION de FRÉQ. CUMULÉES - VALEURS HORAIRES**

ANNÉE CALENDRIER
TOUS LES JOURS – TOUTES les VALEURS HORAIRES de la journée
 Centiles NO, NO₂ et NO_x en µg/m³ – CO en mg/m³

Poste	An	Pol	P ₃₀	P ₅₀	P ₇₀	P ₈₀	P ₉₀	P ₉₅	P ₉₈	P _{99,9}	MA	MG	%Np
41LEC1	2003	NO	840	1116	1330	1441	1620	1826	2405	4081	1092	911	93,4
41LEC1	2004	NO	794	1043	1234	1343	1520	1827	2366	4305	1026	832	93,2
41LEC1	2005	NO	697	924	1115	1208	1364	1654	2155	3974	927	778	92,7
41LEC1	2006	NO	701	948	1117	1212	1395	1787	2332	4721	938	743	89,6
41LEC1	2007	NO	641	870	1022	1112	1320	1765	2247	3714	874	712	93,5
41LEC1	2008	NO	592	789	961	1065	1240	1732	2194	4028	815	635	95,8
41LEB2	2003	NO	1278	1720	2066	2235	2433	2627	2873	3611	1631	1428	96,4
41LEB2	2004	NO	1130	1523	1839	1989	2196	2362	2575	3362	1447	1230	97,0
41LEB2	2005	NO	1068	1422	1716	1873	2133	2346	2556	3224	1377	1195	96,9
41LEB2	2006	NO	1004	1356	1672	1839	2072	2247	2455	3351	1322	1133	94,7
41LEB2	2007	NO	1031	1384	1681	1838	2065	2254	2465	3479	1339	1149	93,8
41LEB2	2008	NO	903	1233	1519	1670	1873	2039	2246	2914	1189	988	94,2
41LEC1	2003	NO ₂	204	273	328	356	406	509	653	1230	278	245	93,4
41LEC1	2004	NO ₂	202	270	323	353	417	533	721	1340	279	241	93,2
41LEC1	2005	NO ₂	203	271	328	366	424	534	716	1326	283	248	92,7
41LEC1	2006	NO ₂	244	332	391	425	497	655	888	1658	338	291	89,6
41LEC1	2007	NO ₂	243	338	408	451	550	740	945	1614	350	295	92,8
41LEC1	2008	NO ₂	268	358	431	470	552	802	1031	1853	376	323	95,8
41LEB2	2003	NO ₂	265	362	449	498	566	631	714	951	363	324	96,4
41LEB2	2004	NO ₂	271	368	458	510	602	680	769	1072	375	331	97,0
41LEB2	2005	NO ₂	294	395	489	549	656	767	894	1391	409	361	96,9
41LEB2	2006	NO ₂	319	444	554	623	734	848	978	1471	455	398	94,7
41LEB2	2007	NO ₂	384	533	665	754	866	974	1093	1672	539	469	93,8
41LEB2	2008	NO ₂	355	500	636	717	823	920	1053	1578	506	434	94,1
41LEC1	2003	NO _x	1498	1984	2360	2553	2858	3274	4317	7447	1946	1656	93,4
41LEC1	2004	NO _x	1422	1872	2211	2393	2701	3325	4338	8053	1846	1535	93,2
41LEC1	2005	NO _x	1273	1690	2039	2199	2486	3054	4001	7402	1699	1450	92,7
41LEC1	2006	NO _x	1320	1793	2102	2266	2581	3397	4409	8819	1771	1453	89,6
41LEC1	2007	NO _x	1230	1678	1966	2141	2546	3435	4338	7394	1687	1406	92,8
41LEC1	2008	NO _x	1179	1569	1894	2087	2417	3441	4332	7729	1622	1323	95,8
41LEB2	2003	NO _x	2221	3000	3611	3906	4271	4609	5040	6395	2855	2516	96,4
41LEB2	2004	NO _x	2003	2706	3268	3552	3932	4253	4686	6086	2586	2229	97,0
41LEB2	2005	NO _x	1926	2572	3111	3411	3907	4350	4782	5984	2513	2199	96,9
41LEB2	2006	NO _x	1865	2519	3111	3424	3897	4250	4650	6066	2474	2144	94,7
41LEB2	2007	NO _x	1965	2652	3248	3564	4012	4391	4759	6548	2584	2238	94,2
41LEB2	2008	NO _x	1746	2385	2972	3273	3670	3988	4382	5773	2321	1960	94,3
41LEC1	2003	CO	6,50	8,19	9,41	10,21	11,61	14,50	20,39	37,16	8,18	6,96	93,8
41LEC1	2004	CO	5,91	7,14	8,21	8,93	10,46	13,64	17,91	37,17	7,21	6,02	92,4
41LEC1	2005	CO	2,01	6,07	7,01	7,60	8,71	10,87	14,52	25,09	6,12	5,30	86,6
41LEC1	2006	CO	4,12	5,14	5,97	6,53	7,71	9,93	11,92	22,40	5,17	4,32	87,2
41LEC1	2007	CO	3,48	4,28	4,88	5,29	6,24	8,59	10,54	21,69	4,30	3,65	62,5
41LEC1	2008	CO	3,09	3,85	4,41	4,76	5,51	7,78	9,59	18,40	3,86	3,24	79,8
41LEB2	2003	CO	6,76	8,67	10,28	11,34	13,00	14,51	16,57	23,08	8,53	7,54	94,8
41LEB2	2004	CO	5,99	7,55	8,85	9,81	11,52	12,82	14,43	20,99	7,42	6,43	93,4
41LEB2	2005	CO	5,47	6,75	7,85	8,74	10,52	12,10	13,80	18,07	6,78	6,01	94,9
41LEB2	2006	CO	4,70	5,82	6,90	7,65	8,89	10,03	11,28	14,67	5,82	5,16	91,9
41LEB2	2007	CO	4,26	5,22	6,10	6,71	7,66	8,35	9,38	13,33	5,11	4,51	95,1
41LEB2	2008	CO	3,32	4,35	5,19	5,68	6,40	7,15	8,15	10,81	4,19	3,59	93,6

Tableau VI: **DISTRIBUTION de FRÉQ. CUMULÉES - VALEURS SEMI HORAIRES**

ANNÉE CALENDRIER
TOUS LES JOURS OUVRABLES – TOUTES les VALEURS SEMI HORAIRES
 Centiles NO, NO₂ et NO_x en µg/m³ – CO en mg/m³

Poste	An	Pol	P ₃₀	P ₅₀	P ₇₀	P ₈₀	P ₉₀	P ₉₅	P ₉₈	P _{99,9}	MA	MG	%Np
41LEC1	2003	NO	901	1170	1387	1500	1690	1974	2688	4707	1138	899	93,7
41LEC1	2004	NO	845	1096	1295	1412	1616	2057	2590	4794	1072	809	92,9
41LEC1	2005	NO	752	988	1168	1274	1448	1890	2427	4783	980	778	92,8
41LEC1	2006	NO	762	1014	1174	1282	1545	2044	2608	5624	998	727	89,1
41LEC1	2007	NO	687	922	1070	1180	1488	1975	2448	4225	924	706	93,3
41LEC1	2008	NO	634	833	1012	1129	1393	1931	2375	4211	861	616	96,1
41LEB2	2003	NO	1398	1827	2166	2318	2524	2732	3033	3926	1698	1443	96,0
41LEB2	2004	NO	1234	1637	1927	2073	2269	2447	2706	3878	1508	1229	96,8
41LEB2	2005	NO	1170	1531	1823	1993	2247	2434	2656	3593	1452	1223	97,0
41LEB2	2006	NO	1084	1466	1787	1959	2174	2346	2565	3688	1392	1144	94,9
41LEB2	2007	NO	1126	1486	1774	1928	2163	2350	2580	3721	1401	1154	93,0
41LEB2	2008	NO	981	1320	1597	1739	1949	2123	2342	3191	1237	985	94,5
41LEC1	2003	NO ₂	223	297	346	376	446	560	749	1359	297	255	93,7
41LEC1	2004	NO ₂	218	295	343	377	462	606	788	1580	298	250	92,9
41LEC1	2005	NO ₂	221	294	354	390	468	624	791	1511	305	259	92,8
41LEC1	2006	NO ₂	269	362	415	452	569	760	1008	1842	365	302	89,1
41LEC1	2007	NO ₂	261	366	437	481	616	832	1029	1744	375	306	92,9
41LEC1	2008	NO ₂	287	390	459	500	636	913	1105	1999	403	333	96,1
41LEB2	2003	NO ₂	297	402	489	536	603	670	762	1034	391	343	96,0
41LEB2	2004	NO ₂	302	414	500	554	643	722	825	1155	404	349	96,8
41LEB2	2005	NO ₂	328	440	535	599	715	829	970	1427	443	384	97,0
41LEB2	2006	NO ₂	356	490	606	677	798	914	1044	1514	490	419	94,9
41LEB2	2007	NO ₂	423	590	737	809	922	1036	1196	1789	577	489	93,0
41LEB2	2008	NO ₂	390	554	692	766	869	975	1127	1684	541	454	94,3
41LEC1	2003	NO _x	1612	2096	2463	2658	3007	3579	4845	8538	2036	1656	93,7
41LEC1	2004	NO _x	1525	1982	2323	2519	2880	3749	4749	8765	1936	1519	92,9
41LEC1	2005	NO _x	1378	1813	2139	2330	2662	3522	4461	8941	1803	1471	92,8
41LEC1	2006	NO _x	1442	1928	2210	2388	2880	3894	4984	10466	1890	1453	89,1
41LEC1	2007	NO _x	1319	1787	2068	2272	2878	3801	4719	7989	1788	1419	92,9
41LEC1	2008	NO _x	1265	1672	2002	2217	2744	3853	4661	8419	1720	1319	96,1
41LEB2	2003	NO _x	2441	3213	3804	4074	4432	4811	5362	6901	2986	2562	96,0
41LEB2	2004	NO _x	2194	2925	3453	3722	4088	4424	4908	6678	2708	2252	96,8
41LEB2	2005	NO _x	2127	2789	3325	3653	4146	4525	4981	6535	2662	2270	97,0
41LEB2	2006	NO _x	2024	2745	3339	3657	4092	4447	4909	6884	2617	2189	94,9
41LEB2	2007	NO _x	2148	2868	3459	3765	4202	4577	5041	7165	2717	2274	93,6
41LEB2	2008	NO _x	1894	2588	3141	3419	3818	4162	4621	6140	2429	1980	94,5
41LEC1	2003	CO	6.54	8.18	9.42	10.33	12.38	15.95	22.83	43.16	8.28	6.69	95,2
41LEC1	2004	CO	5.82	7.16	8.37	9.23	11.37	14.86	19.21	42.83	7.32	5.73	93,8
41LEC1	2005	CO	4.99	9.10	7.14	7.84	9.36	12.32	16.28	29.80	6.26	5.17	98,4
41LEC1	2006	CO	4.15	5.21	6.10	6.78	8.66	10.84	13.13	27.56	5.30	4.15	87,6
41LEC1	2007	CO	3.43	4.26	4.96	5.47	6.97	9.26	11.42	23.17	4.38	3.54	65,5
41LEC1	2008	CO	3.11	3.88	4.51	4.98	6.39	8.47	10.46	21.60	3.97	3.16	79,8
41LEB2	2003	CO	6.85	8.72	10.49	11.73	13.61	15.33	17.82	25.14	8.62	7.34	96,0
41LEB2	2004	CO	6.13	7.64	9.12	10.38	12.07	13.43	15.49	22.25	7.50	6.17	94,7
41LEB2	2005	CO	5.61	6.81	8.08	9.33	11.32	12.81	14.56	19.95	6.92	5.90	96,4
41LEB2	2006	CO	4.77	5.94	7.12	8.08	9.43	10.56	11.90	15.36	5.91	5.00	94,0
41LEB2	2007	CO	4.29	5.27	6.23	6.98	7.97	8.78	9.85	14.22	5.13	4.33	96,2
41LEB2	2008	CO	3.41	4.45	5.32	5.82	6.66	7.49	8.55	11.78	4.24	3.51	94,5

Tableau VII: **DISTRIBUTION de FRÉQ. CUMULÉES - VALEURS HORAIRES**

ANNÉE CALENDRIER
TOUS LES JOURS OUVRABLES – TOUTES les VALEURS HORAIRES
 Centiles NO, NO₂ et NO_x en µg/m³ – CO en mg/m³

Poste	An	Pol	P ₃₀	P ₅₀	P ₇₀	P ₈₀	P ₉₀	P ₉₅	P ₉₈	P _{99,9}	MA	MG	%Np
41LEC1	2003	NO	903	1181	1392	1496	1685	1962	2621	4118	1138	912	93,4
41LEC1	2004	NO	851	1110	1298	1414	1617	2031	2496	4364	1071	826	92,7
41LEC1	2005	NO	755	994	1173	1275	1466	1827	2372	4284	981	791	92,7
41LEC1	2006	NO	761	1024	1176	1285	1585	1998	2478	5196	998	743	88,9
41LEC1	2007	NO	690	929	1075	1179	1513	1934	2401	3743	924	718	93,1
41LEC1	2008	NO	635	839	1016	1128	1424	1908	2319	4031	862	629	95,9
41LEB2	2003	NO	1391	1840	2167	2314	2518	2695	2962	3659	1697	1453	95,8
41LEB2	2004	NO	1218	1651	1929	2070	2254	2426	2654	3533	1508	1242	96,6
41LEB2	2005	NO	1162	1536	1824	1987	2237	2420	2620	3239	1452	1234	97,0
41LEB2	2006	NO	1089	1474	1791	1953	2160	2318	2538	3398	1392	1156	94,7
41LEB2	2007	NO	1129	1493	1779	1926	2155	2325	2525	3517	1401	1168	92,9
41LEB2	2008	NO	986	1325	1605	1735	1934	2093	2305	2914	1236	996	94,3
41LEC1	2003	NO ₂	223	299	348	378	444	559	726	1282	297	257	93,4
41LEC1	2004	NO ₂	217	298	345	378	464	588	763	1402	298	252	92,7
41LEC1	2005	NO ₂	221	297	358	393	471	609	768	1349	305	261	92,7
41LEC1	2006	NO ₂	268	364	417	454	566	749	964	1744	365	304	88,9
41LEC1	2007	NO ₂	260	368	439	483	618	808	1010	1652	375	308	92,5
41LEC1	2008	NO ₂	289	394	459	502	652	889	1087	1882	404	336	95,9
41LEB2	2003	NO ₂	297	406	490	535	600	669	748	991	391	344	95,8
41LEB2	2004	NO ₂	299	417	500	554	640	717	803	1127	404	351	96,6
41LEB2	2005	NO ₂	325	445	537	599	713	822	952	1515	444	385	96,9
41LEB2	2006	NO ₂	356	494	606	677	793	907	1024	1492	490	421	94,7
41LEB2	2007	NO ₂	421	596	734	809	922	1021	1152	1685	577	491	92,9
41LEB2	2008	NO ₂	396	554	694	765	869	960	1107	1595	541	455	94,1
41LEC1	2003	NO _x	1611	2120	2472	2654	2986	3546	4723	7455	2035	1673	93,4
41LEC1	2004	NO _x	1537	2007	2335	2525	2884	3678	4566	8219	1935	1541	92,7
41LEC1	2005	NO _x	1378	1823	2147	2334	2682	3408	4387	7982	1803	1489	92,7
41LEC1	2006	NO _x	1439	1951	2210	2393	2967	3800	4740	9597	1889	1473	88,9
41LEC1	2007	NO _x	1330	1796	2073	2277	2911	3781	4632	7424	1789	1434	92,5
41LEC1	2008	NO _x	1264	1682	2012	2222	2839	3805	4637	8115	1720	1335	95,9
41LEB2	2003	NO _x	2417	3232	3799	4067	4430	4753	5192	6454	2984	2576	95,8
41LEB2	2004	NO _x	2164	2950	3454	3718	4070	4376	4827	6263	2708	2271	96,6
41LEB2	2005	NO _x	2112	2801	3323	3643	4128	4524	4886	6147	2662	2285	97,0
41LEB2	2006	NO _x	2035	2774	3336	3650	4059	4414	4808	6558	2617	2206	94,7
41LEB2	2007	NO _x	2148	2877	3466	3757	4182	4535	4929	6636	2717	2292	93,5
41LEB2	2008	NO _x	1913	2587	3156	3413	3794	4121	4550	5773	2428	1996	94,3
41LEC1	2003	CO	6.74	8.25	9.45	10.34	12.51	16.09	22.79	38.76	8.35	6.86	93,7
41LEC1	2004	CO	6.08	7.26	8.39	9.24	11.48	14.81	18.87	35.93	7.40	5.93	91,9
41LEC1	2005	CO	5.19	6.18	7.15	7.80	9.48	12.32	15.87	26.26	6.33	5.31	87,4
41LEC1	2006	CO	4.24	5.26	6.11	6.75	8.70	10.81	12.75	24.08	5.33	4.25	86,6
41LEC1	2007	CO	3.59	4.33	4.95	5.47	6.98	9.07	11.09	21.69	4.42	3.65	64,2
41LEC1	2008	CO	3.21	3.93	4.49	4.88	6.54	8.36	10.22	19.94	3.98	3.20	79,6
41LEB2	2003	CO	7.05	8.87	10.51	11.72	13.58	15.21	17.19	23.74	8.71	7.52	94,5
41LEB2	2004	CO	6.25	7.75	9.21	10.39	12.03	13.32	14.85	21.08	7.60	6.37	92,9
41LEB2	2005	CO	5.75	6.90	8.15	9.37	11.27	12.70	14.29	18.09	7.00	6.06	94,7
41LEB2	2006	CO	4.90	6.01	7.22	8.09	9.38	10.47	11.60	14.71	5.99	5.17	92,0
41LEB2	2007	CO	4.40	5.32	6.27	7.02	7.93	8.62	9.60	13.20	5.18	4.44	94,7
41LEB2	2008	CO	3.46	4.49	5.33	5.78	6.60	7.40	8.36	10.51	4.25	3.54	94,3

Tableau VIII: **DISTRIBUTION de FRÉQ. CUMULÉES - VALEURS SEMI HORAIRES**

ANNÉE CALENDRIER
TOUS LES JOURS NON OUVRABLES – TOUTES les VALEURS SEMI HORAIRES
 Centiles NO, NO₂ et NO_x en µg/m³ – CO en mg/m³

Poste	An	Pol	P ₃₀	P ₅₀	P ₇₀	P ₈₀	P ₉₀	P ₉₅	P ₉₈	P _{99,9}	MA	MG	%Np
41LEC1	2003	NO	754	1000	1185	1283	1423	1574	1752	3057	990	907	93,5
41LEC1	2004	NO	717	932	1085	1172	1292	1391	1566	4023	924	843	94,4
41LEC1	2005	NO	628	822	966	1058	1164	1243	1358	2033	808	745	92,6
41LEC1	2006	NO	625	826	979	1056	1169	1253	1354	2604	812	741	91,1
41LEC1	2007	NO	575	772	902	971	1071	1172	1376	3855	764	697	94,5
41LEC1	2008	NO	541	703	838	914	1026	1122	1247	3378	711	646	95,8
41LEB2	2003	NO	1103	1511	1802	1977	2191	2351	2531	3002	1487	1371	97,8
41LEB2	2004	NO	969	1344	1582	1724	1920	2097	2294	2786	1311	1201	97,8
41LEB2	2005	NO	894	1240	1471	1599	1765	1895	2081	2841	1211	1110	96,7
41LEB2	2006	NO	867	1176	1410	1549	1728	1868	2055	2664	1169	1082	94,7
41LEB2	2007	NO	886	1218	1456	1592	1785	1935	2187	2904	1207	1107	95,7
41LEB2	2008	NO	780	1078	1327	1464	1658	1826	2028	2743	1083	967	94,2
41LEC1	2003	NO ₂	183	235	278	299	329	353	389	859	235	221	93,5
41LEC1	2004	NO ₂	183	231	270	288	313	337	414	1252	235	219	94,4
41LEC1	2005	NO ₂	184	233	275	298	328	352	381	627	233	220	92,6
41LEC1	2006	NO ₂	219	281	333	358	390	421	461	1000	280	263	91,1
41LEC1	2007	NO ₂	226	295	349	379	417	455	569	1298	295	266	93,9
41LEC1	2008	NO ₂	248	307	363	395	429	460	513	1532	315	297	95,7
41LEB2	2003	NO ₂	227	304	365	398	439	473	509	636	302	283	97,8
41LEB2	2004	NO ₂	234	310	370	401	441	473	528	726	309	290	97,8
41LEB2	2005	NO ₂	253	334	395	428	474	514	560	789	332	312	96,7
41LEB2	2006	NO ₂	282	370	453	499	562	609	686	1036	378	352	94,7
41LEB2	2007	NO ₂	341	548	547	595	660	718	815	1129	456	424	95,7
41LEB2	2008	NO ₂	310	417	514	568	642	707	799	1217	425	388	94,2
41LEC1	2003	NO _x	1338	1773	2088	2256	2485	2732	3018	5527	1748	1616	93,5
41LEC1	2004	NO _x	1281	1666	1929	2073	2270	2430	2757	7385	1646	1516	94,4
41LEC1	2005	NO _x	1145	1498	1754	1910	2097	2236	2431	3728	1468	1364	92,6
41LEC1	2006	NO _x	1175	1554	1832	1968	2158	2307	2493	5021	1521	1405	91,1
41LEC1	2007	NO _x	1109	1487	1730	1853	2043	2226	2606	6917	1465	1343	93,9
41LEC1	2008	NO _x	1077	1384	1643	1793	1987	2155	2398	6611	1403	1292	95,7
41LEB2	2003	NO _x	1911	2629	3132	3415	3772	4037	4329	5168	2574	2386	97,8
41LEB2	2004	NO _x	1710	2375	2786	3029	3369	3650	4012	4875	2312	2133	97,8
41LEB2	2005	NO _x	1610	2236	2640	2880	3160	3385	3713	5079	2183	2017	96,7
41LEB2	2006	NO _x	1604	2168	2615	2876	3166	3421	3798	5129	2165	2011	94,7
41LEB2	2007	NO _x	1692	2321	2772	3030	3376	3656	4121	5469	2300	2122	95,7
41LEB2	2008	NO _x	1515	2078	2526	2797	3178	3482	3848	5237	2080	1878	94,2
41LEC1	2003	CO	5.99	7.95	9.26	10.04	11.00	11.88	13.04	32.08	7.76	7.11	95,2
41LEC1	2004	CO	5.31	6.83	7.86	8.47	9.31	10.20	12.10	37.50	6.77	6.16	95,5
41LEC1	2005	CO	4.49	5.77	6.67	7.21	7.95	8.53	9.25	14.57	5.62	5.21	86,5
41LEC1	2006	CO	3.91	4.87	5.70	6.17	6.89	7.48	8.21	16.80	4.82	4.41	89,2
41LEC1	2007	CO	3.12	4.11	4.76	5.09	5.56	5.99	6.83	21.98	3.99	3.60	60,1
41LEC1	2008	CO	2.88	3.65	4.24	4.57	5.01	5.41	5.88	19.04	3.62	3.32	80,3
41LEB2	2003	CO	6.21	8.14	9.71	10.67	11.90	12.93	14.25	19.51	8.11	7.49	96,8
41LEB2	2004	CO	5.43	7.03	8.23	8.92	9.85	10.95	12.50	20.94	6.97	6.46	96,2
41LEB2	2005	CO	4.93	6.33	7.43	8.01	8.78	9.50	10.60	17.86	6.25	5.82	96,9
41LEB2	2006	CO	4.32	5.42	6.31	6.90	7.65	8.30	9.32	13.91	5.41	5.07	93,6
41LEB2	2007	CO	3.91	4.95	5.80	6.28	6.98	7.58	8.51	13.95	4.92	4.58	97,3
41LEB2	2008	CO	3.11	4.02	4.89	5.37	6.08	6.70	7.40	12.06	4.07	3.69	92,1

Tableau IX: **DISTRIBUTION de FRÉQ. CUMULÉES - VALEURS HORAIRES**

ANNÉE CALENDRIER
TOUS LES JOURS NON OUVRABLES – TOUTES les VALEURS HORAIRES
 Centiles NO, NO₂ et NO_x en µg/m³ – CO en mg/m³

Poste	An	Pol	P ₃₀	P ₅₀	P ₇₀	P ₈₀	P ₉₀	P ₉₅	P ₉₈	P _{99,9}	MA	MG	%Np
41LEC1	2003	NO	759	1003	1181	1282	1422	1563	1747	2759	990	910	93,5
41LEC1	2004	NO	712	930	1088	1172	1295	1392	1585	3726	924	847	94,4
41LEC1	2005	NO	627	821	967	1057	1164	1237	1360	1957	808	748	92,6
41LEC1	2006	NO	624	827	979	1058	1162	1255	1350	2156	812	744	91,1
41LEC1	2007	NO	578	772	905	967	1071	1177	1363	3048	764	701	94,5
41LEC1	2008	NO	540	701	841	916	1022	1124	1249	3050	712	648	95,7
41LEB2	2003	NO	1098	1517	1804	1975	2189	2342	2502	2881	1487	1374	97,8
41LEB2	2004	NO	967	1343	1580	1727	1920	2089	2268	2648	1311	1204	97,8
41LEB2	2005	NO	894	1240	1467	1598	1768	1895	2061	2674	1211	1112	96,7
41LEB2	2006	NO	867	1176	1410	1549	1730	1856	2066	2522	1169	1085	94,7
41LEB2	2007	NO	890	1213	1461	1598	1771	1928	2195	2899	1207	1111	95,7
41LEB2	2008	NO	781	1080	1329	1463	1662	1826	2031	2727	1084	970	94,2
41LEC1	2003	NO ₂	184	236	278	300	326	356	391	729	235	221	93,5
41LEC1	2004	NO ₂	183	232	270	288	313	341	429	1121	235	220	94,4
41LEC1	2005	NO ₂	184	234	275	297	328	351	378	575	233	221	92,6
41LEC1	2006	NO ₂	220	281	334	359	390	419	466	854	281	264	91,1
41LEC1	2007	NO ₂	228	295	350	381	415	452	560	1216	295	267	93,6
41LEC1	2008	NO ₂	249	309	364	394	430	458	513	1415	316	297	95,6
41LEB2	2003	NO ₂	227	305	366	397	439	471	504	585	302	283	97,8
41LEB2	2004	NO ₂	233	311	370	401	441	474	524	679	309	290	97,8
41LEB2	2005	NO ₂	254	335	395	430	473	514	561	759	333	313	96,7
41LEB2	2006	NO ₂	280	371	455	498	562	609	682	909	379	352	94,7
41LEB2	2007	NO ₂	342	458	548	595	655	715	803	1025	456	425	95,7
41LEB2	2008	NO ₂	311	418	513	567	643	709	796	1191	425	389	94,2
41LEC1	2003	NO _x	1337	1774	2092	2255	2479	2714	3035	4896	1749	1620	93,5
41LEC1	2004	NO _x	1278	1669	1932	2069	2281	2443	2871	6664	1647	1521	94,4
41LEC1	2005	NO _x	1144	1497	1750	1904	2090	2215	2426	3500	1469	1368	92,6
41LEC1	2006	NO _x	1177	1555	1834	1960	2151	2303	2491	4224	1522	1409	91,1
41LEC1	2007	NO _x	1114	1484	1734	1848	2046	2241	2602	5873	1465	1348	93,6
41LEC1	2008	NO _x	1081	1391	1648	1791	1986	2159	2399	6216	1404	1296	95,6
41LEB2	2003	NO _x	1916	2637	3122	3413	3770	4020	4295	4954	2574	2389	97,8
41LEB2	2004	NO _x	1717	2366	2787	3038	3367	3632	3976	4689	2312	2137	97,8
41LEB2	2005	NO _x	1616	2236	2644	2871	3146	3388	3688	4799	2183	2021	96,7
41LEB2	2006	NO _x	1597	2168	2615	2877	3174	3408	3780	4716	2165	2014	94,7
41LEB2	2007	NO _x	1692	2317	2776	3038	3367	3641	4145	5413	2300	2126	95,7
41LEB2	2008	NO _x	1510	2081	2528	2800	3186	3473	3871	5204	2081	1882	94,2
41LEC1	2003	CO	6.02	8.00	9.32	9.97	10.89	11.75	12.99	28.44	7.80	7.18	93,9
41LEC1	2004	CO	5.41	6.89	7.88	8.43	9.29	10.26	12.36	34,54	6,80	6,23	93,7
41LEC1	2005	CO	4.58	5.81	6.69	7.19	7.88	8.37	9.11	12.72	5.65	5.28	84,7
41LEC1	2006	CO	3.94	4.90	5.71	6.18	6.85	7.38	7.97	17.77	4.84	4.46	88,5
41LEC1	2007	CO	3.20	4.16	4.77	5.07	5.48	5.89	6.92	16.50	4.01	3.65	58,9
41LEC1	2008	CO	2.91	3.66	4.25	4.55	4.93	5.26	5.73	16.40	3.62	3.34	80,3
41LEB2	2003	CO	6.26	8.21	9.75	10.61	11.85	12.82	14.24	18.42	8.15	7.57	95,4
41LEB2	2004	CO	5.51	7.07	8.26	8.95	9.79	10.98	12.31	18.70	7.03	6.54	94,4
41LEB2	2005	CO	5.03	6.39	7.44	8.01	8.72	9.38	10.62	16.13	6.30	5.90	95,3
41LEB2	2006	CO	4.39	5.45	6.35	6.92	7.64	8.29	9.23	12.75	5.45	5.14	91,7
41LEB2	2007	CO	3.95	4.98	5.82	6.25	6.90	7.50	8.39	13.13	4.95	4.64	96,0
41LEB2	2008	CO	3.11	4.01	4.86	5.37	6.05	6.61	7.21	11.13	4.07	3.72	92,1

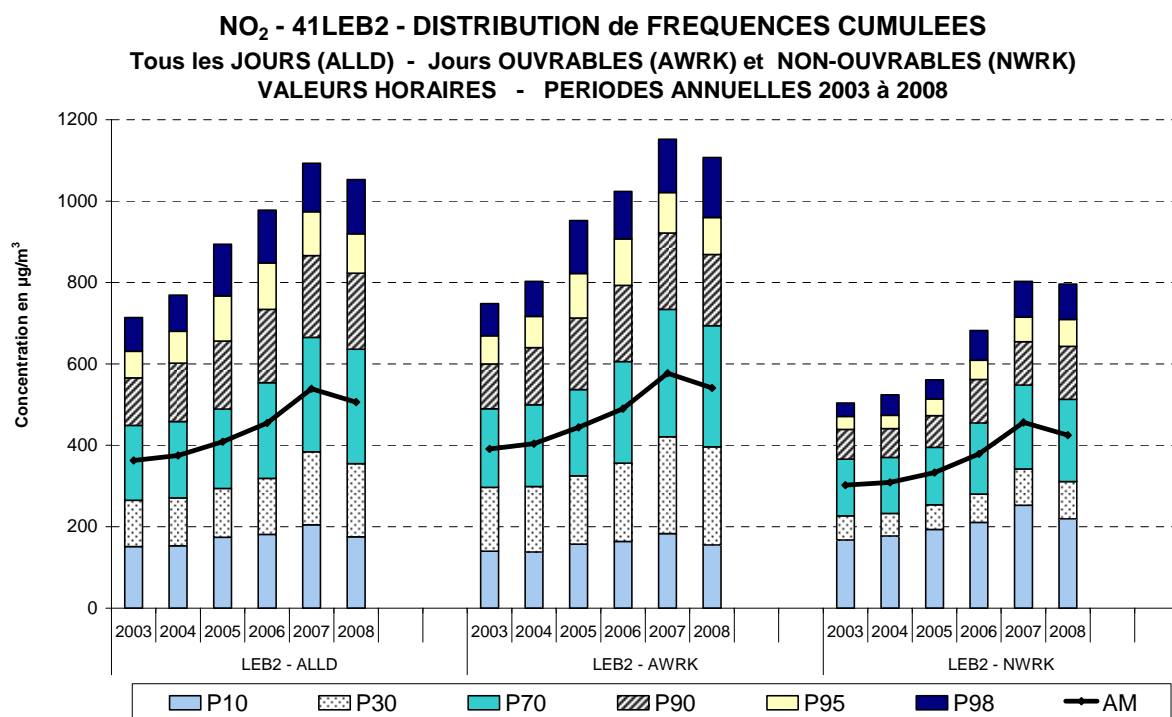
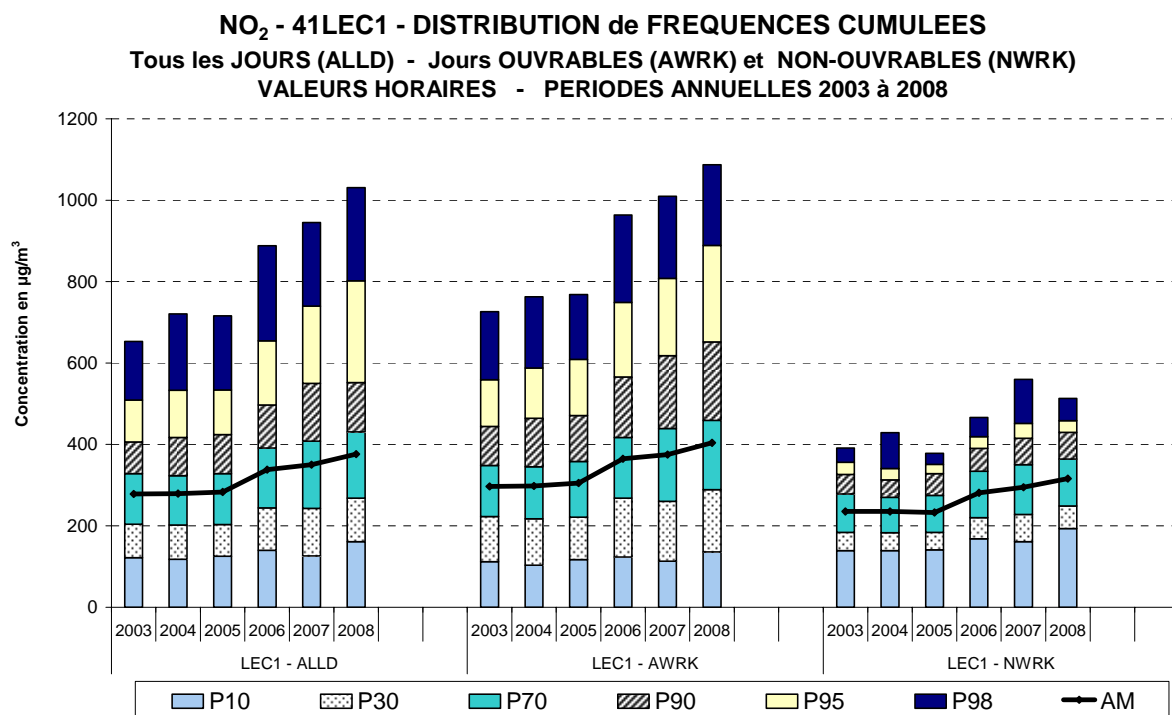


Fig. 5 : NO₂ - Distribution de Fréquences Cumulées des Valeurs Horaires dans les deux postes de mesure du tunnel Léopold II. Sélection *tous les jours*, les *jours ouvrables* et *non ouvrables*. Périodes annuelles de 2003 à 2008

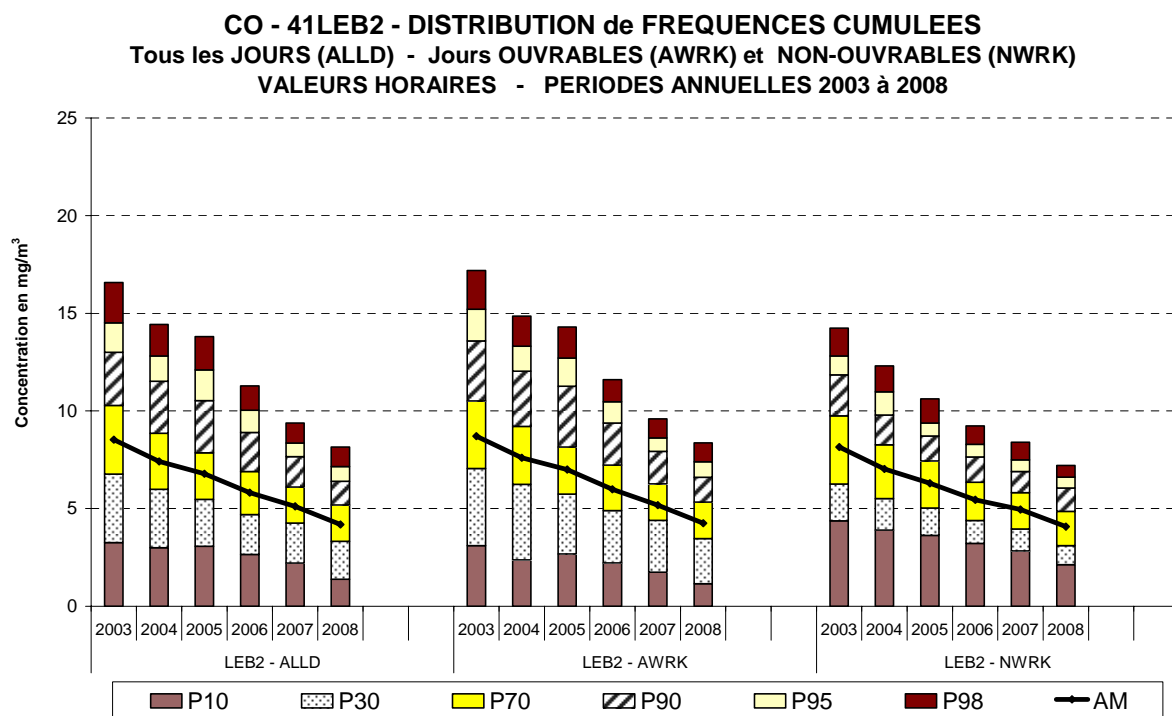
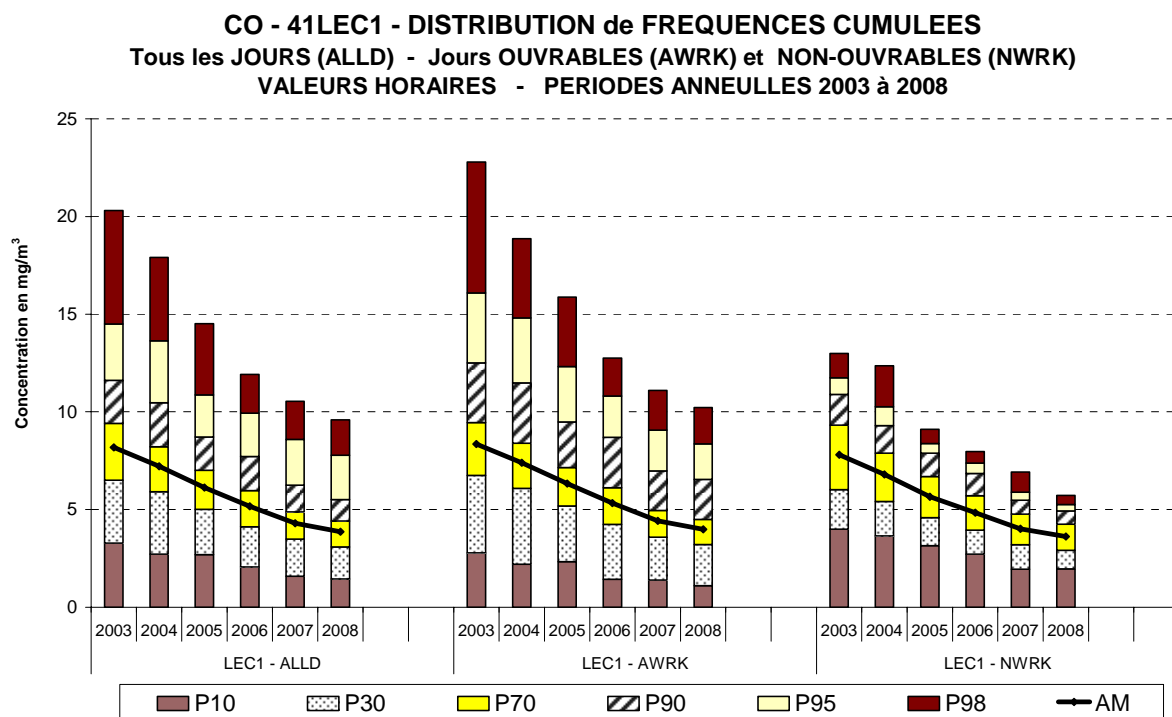


Fig. 6 : CO - Distribution de Fréquences Cumulées des Valeurs Horaires dans les deux postes de mesure du tunnel Léopold II. Sélection *tous les jours*, les *jours ouvrables* et *non ouvrables*. Périodes annuelles de 2003 à 2008

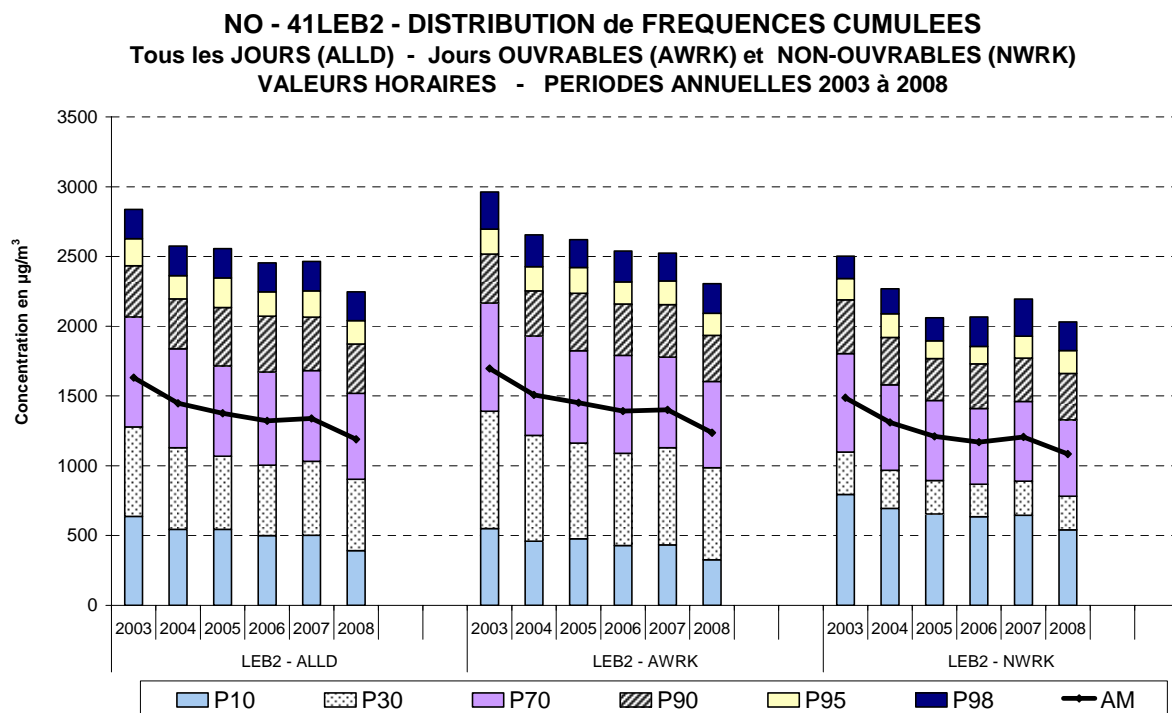
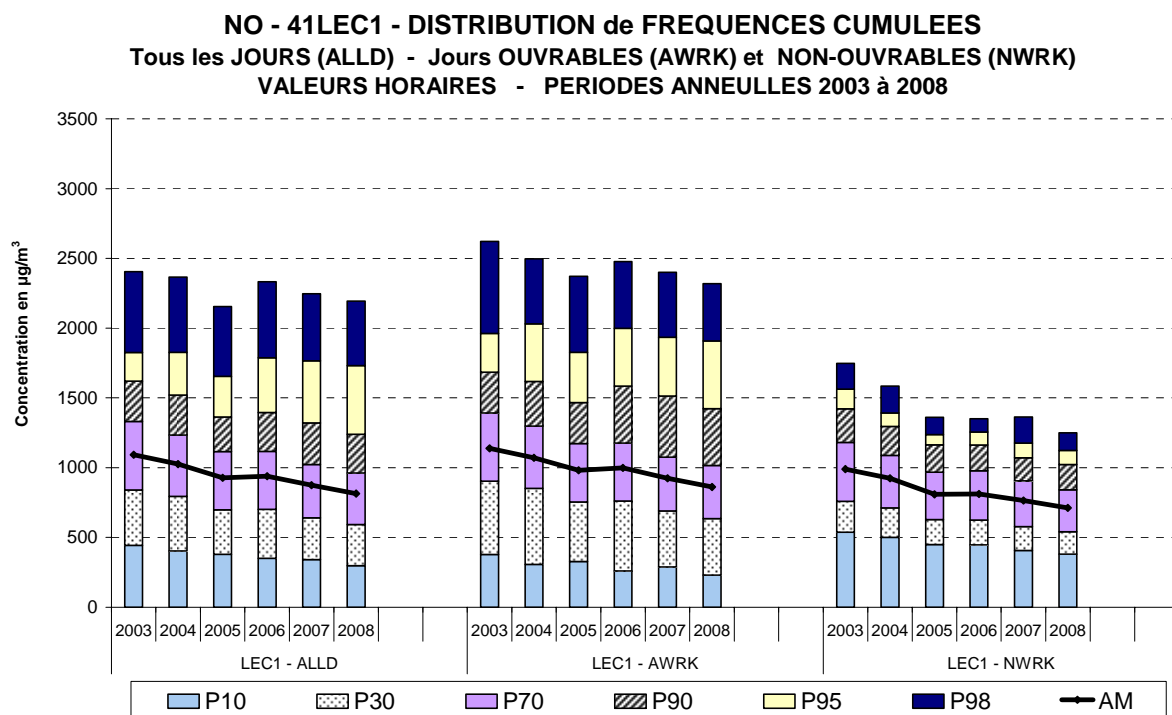


Fig. 7 : NO - Distribution de Fréquences Cumulées des Valeurs Horaires dans les deux postes de mesure du tunnel Léopold II. Sélection *tous les jours*, les *jours ouvrables* et *non ouvrables*. Périodes annuelles de 2003 à 2008

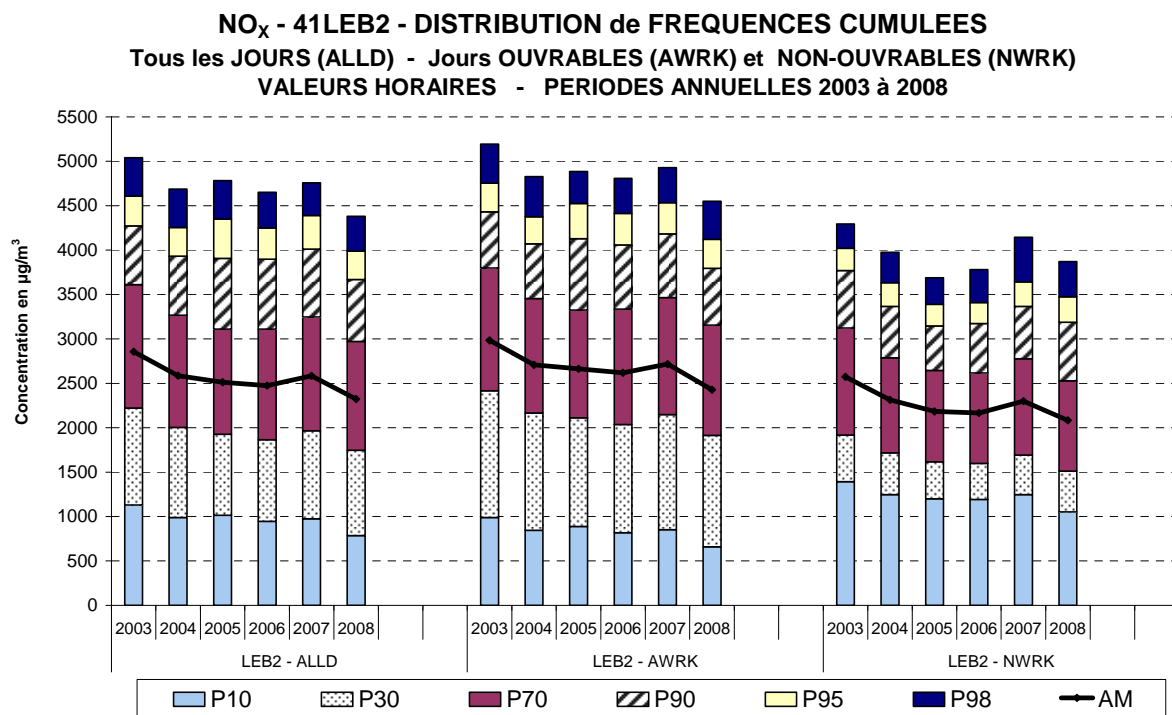
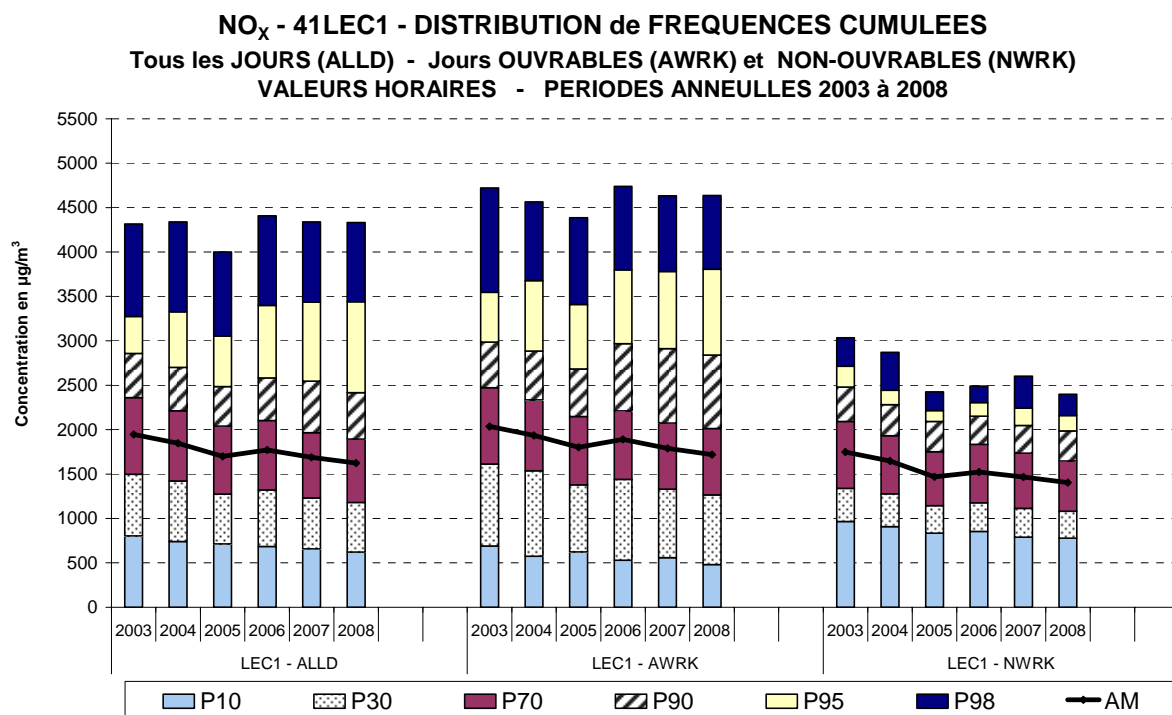
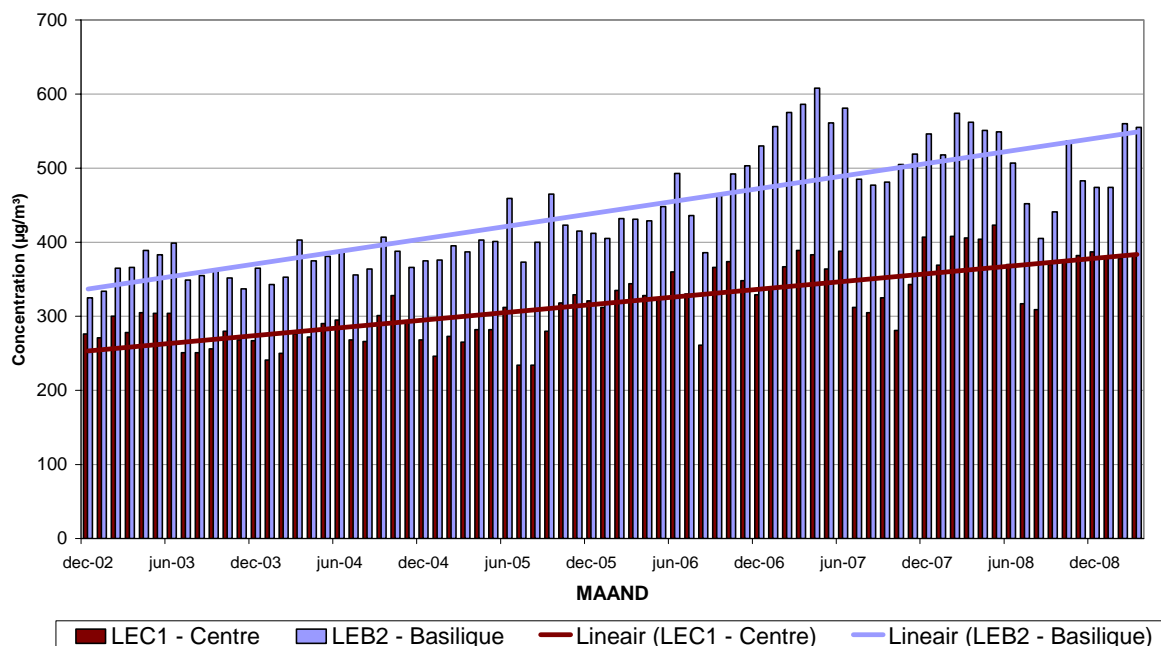


Fig. 8 : NO_x - Distribution de Fréquences Cumulées des Valeurs Horaires dans les deux postes de mesure du tunnel Léopold II. Sélection *tous les jours*, les *jours ouvrables* et *non ouvrables*. Périodes annuelles de 2003 à 2008

NO₂ - CONCENTRATION MOYENNE PAR MOIS TUNNEL LEOPOLD II



NO - CONCENTRATION MOYENNE PAR MOIS TUNNEL LEOPOLD II

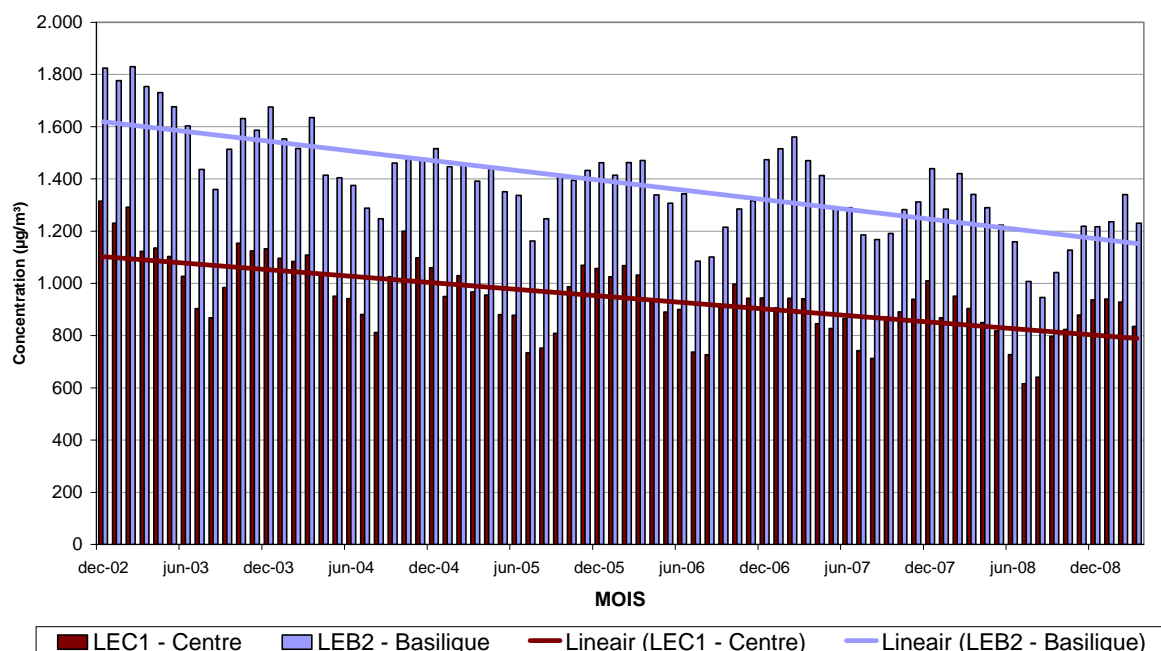
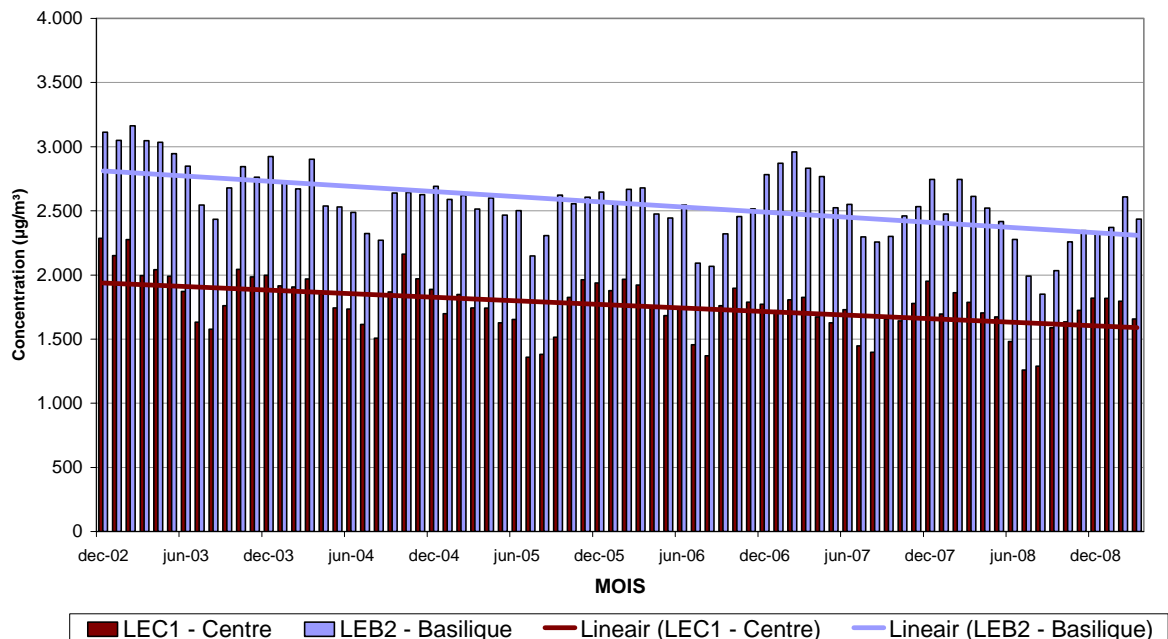


Fig. 9 : NO₂ et NO – Évolution des concentrations moyennes mensuelles dans les deux postes de mesure du tunnel Léopold II. Période – « Décembre 2002 – Mars 2009 »

NO_x - CONCENTRATION MOYENNE PAR MOIS TUNNEL LEOPOLD II



CO - CONCENTRATION MOYENNE PAR MOIS TUNNEL LEOPOLD II

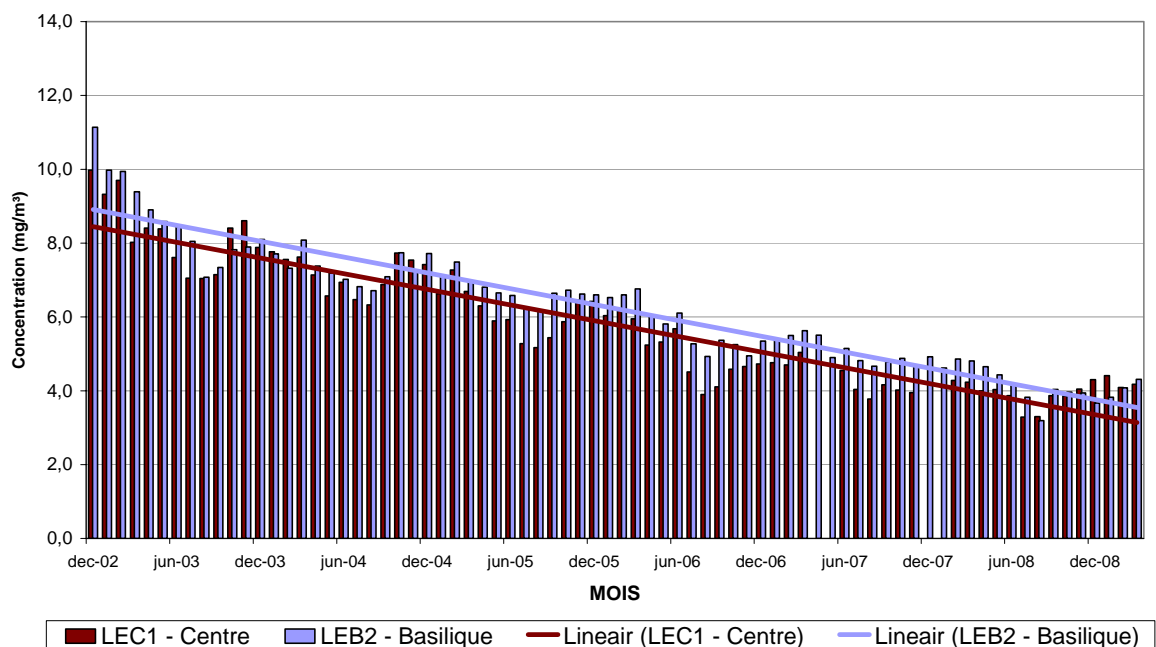


Fig. 10 : NO_x et CO – Évolution des concentrations moyennes mensuelles dans les deux postes de mesure du tunnel Léopold II. Période – « Décembre 2002 – Mars 2009 »

RAPPORT "NO₂/NO_x" PAR MOIS TUNNEL LEOPOLD II

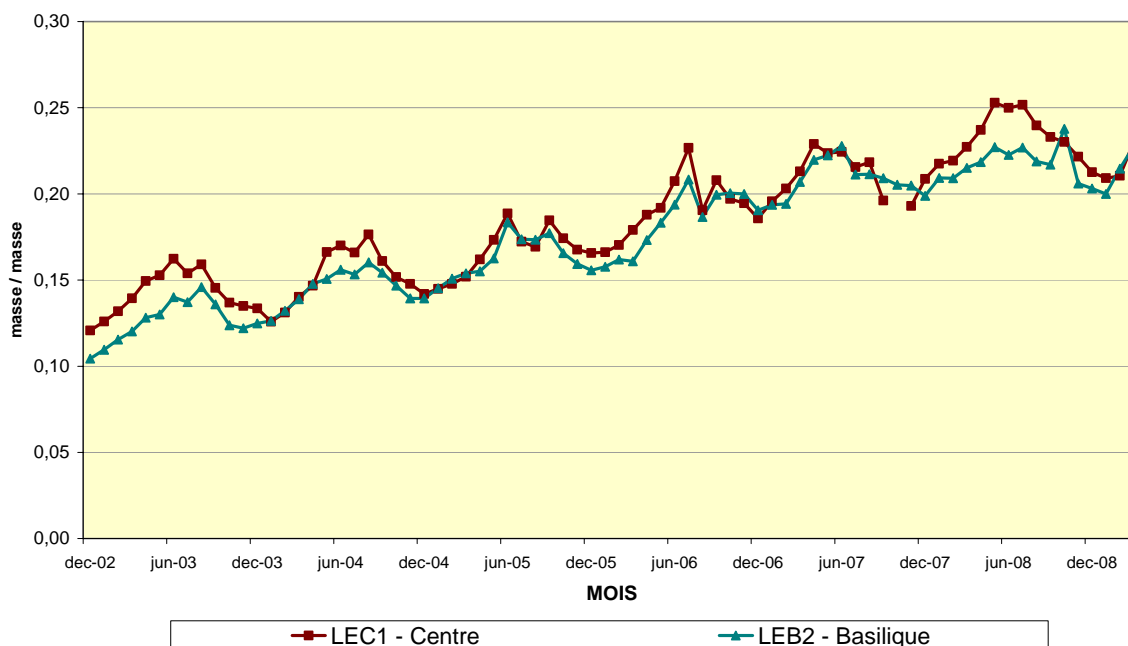


Fig. 11 : Évolution du rapport NO₂/NO_x dans les deux postes de mesure du tunnel Léopold II.
Période – « Décembre 2002 – Mars 2009 »

Concentrations pendant les heures de pointe : en 2008 les concentrations moyennes en NO₂ pendant les heures de pointe (5-8 h TU) des jours ouvrables sont le matin de 683 µg/m³ dans le poste de mesure en direction du centre et de 597 µg/m³ en direction de la basilique. Pendant les heures de pointe du soir (14-18 h TU) les jours ouvrables, les concentrations moyennes en NO₂ sont respectivement de 505 µg/m³ (LEC1) et 837 µg/m³ (LEB2).

Pour un usager régulier qui emprunte le tunnel pendant l'heure de pointe du matin (direction centre) et pendant l'heure de pointe du soir (direction basilique), à raison de 220 jours ouvrables par an, cela représente une augmentation de l'exposition moyenne annuelle d'environ 5 à 6 µg/m³. Pour les habitants de zones résidentielles où la concentration annuelle moyenne en NO₂ est de 30 à 32 µg/m³, cela signifie une augmentation de l'exposition annuelle moyenne de 15 à 20%. De plus cela veut dire également que pour ces habitants l'exposition annuelle moyenne pourrait atteindre ou dépasser le seuil de la valeur limite pour l'air ambiant (moyenne annuelle de 40 µg/m³ à partir de 2010).

4.3 Dépassements

Les tableaux X à XIII sur les pages 30 à 33 donnent le nombre de dépassements des niveaux mentionnés dans l'arrêté du 22 décembre 1994:

pour le NO₂:

- une moyenne glissante sur 20 minutes de 1.000 µg/m³ [NO₂-20 Min]
- une valeur semi horaire interpolée de 850 µg/m³ [NO₂-HH]
- une valeur horaire de 400 µg/m³ [NO₂-1Hr]

pour le CO:

- une valeur semi horaire de 116 mg/m³ (=100 ppm) [CO-HH]

Les résultats, pour la période de *décembre 2002 à mars 2009*, sont donnés par mois et par année.

Le tableau X donne les dépassements de la moyenne glissante sur 20 minutes en NO₂. Les résultats sont donnés par mois et par année. Les deux tableaux du dessus représentent le nombre de dépassements, respectivement pour le poste LEC1 et LEB2. Les deux tableaux du dessous donnent le nombre de jours avec dépassement pour la moyenne glissante sur 20 minutes > 1.000 µg/m³ NO₂.

Le tableau XI donne le nombre de valeurs semi horaires supérieures à 850 µg/m³ NO₂ et le tableau XII ceux des valeurs horaires supérieures à 400 µg/m³ NO₂. Les dépassements des valeurs semi horaires en CO (> 116 mg/m³) figurent au tableau XIII.

Pour le NO₂, les dépassements du seuil de 1.000 µg/m³ comme moyenne sur 20 minutes, de 850 µg/m³ comme valeur semi horaire et de 400 µg/m³ comme valeur horaire, sont représentés graphiquement dans les figures 12, 13 et 14 (pages 34, 35 et 36). Les graphiques du dessus donnent le nombre total de dépassements et ceux du dessous le nombre de jours avec dépassement.

Au cours de l'année 2008 il y a eu, au poste en direction de la basilique (LEB2), une diminution d'environ 25%, par rapport à 2007, du nombre de dépassements des seuils NO₂ pour la période de 20 minutes (1.000 µg/m³) et la demi- heure (850 µg/m³). Le nombre de dépassements de la valeur horaire (400 µg/m³) a seulement diminué de 4%. Au poste LEC1, en direction du centre, le nombre de dépassements des valeurs de pointe (périodes de 20 et 30 minutes) a augmenté d'environ 50% et celui du seul horaire de 25%.

Comme chaque année, le nombre restreint de pics de pollution pendant la période estivale (juillet – août) se manifeste certainement grâce à la diminution du trafic pendant cette période de l'année. La dispersion du trafic dans la ville s'effectue plus rapidement et il y a donc moins fréquemment une congestion à la fin du tunnel.

1.000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 comme moyenne sur 20 minutes : en 2003 et 2004, le nombre de valeurs de pointe, notamment les dépassements de la valeur seuil de $1.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur 20 minutes, était le plus élevé au point de mesure en direction du centre (41LEC1). Au cours de l'année calendrier 2005, on a constaté que le nombre de dépassements était plus élevé au poste de mesure en direction de la basilique (LEB2). Sur l'année 2008 on constate dans ce poste de mesure un total de 1.172 dépassements (périodes de 20 minutes) en 179 jours, contre 911 périodes en 159 jours dans le poste de mesure en direction du centre (41LEC1).

Pour le poste en direction de la basilique ceci signifie une diminution importante (\pm un quart) du nombre de dépassements par rapport aux 1.531 périodes en 212 jours en 2007. Pour le poste en direction du centre le nombre de dépassements a augmenté d'environ la moitié : 911 périodes en 159 jours en 2008 contre 620 périodes en 123 jours en 2007.

Au point de mesure en direction du centre (41LEC1), les valeurs élevées se produisent surtout les jours ouvrables, pendant la période de pointe du matin. Certaines circonstances empêchant l'écoulement du trafic vers la petite ceinture, p. ex. manifestations, accidents, etc., peuvent conduire à des dépassements en cours de journée ou dans la soirée. Les dépassements du week-end se manifestent surtout en fin d'après-midi. Les dépassements pendant la nuit sont exceptionnels et sont probablement dus à des travaux d'entretien dans le tunnel.

En direction de la basilique (41LEB2), les pics de pollution se produisent pratiquement exclusivement les jours ouvrables, mais surtout pendant l'heure de pointe du soir. Les dépassements du week-end se présentent toujours en fin d'après-midi. Les rares dépassements nocturnes sont, ici également, probablement imputables à des travaux d'entretien.

850 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 comme valeur semi horaire : les dépassements de ce seuil correspondent en grande partie avec les dépassements du seuil de $1.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 20 minutes.

Pour le poste en direction de la basilique (41LEB2), on constate en 2008 une diminution du nombre de dépassements : 1.367 valeurs semi horaires en 223 jours en 2008 à comparer à 1.809 valeurs semi horaires en 249 jours en 2007. Dans le poste de mesure en direction du centre (41LEC1), une croissance importante du nombre de dépassements (environ la moitié) a également été constatée : 753 valeurs semi horaires en 182 jours en 2008 à comparer à 534 valeurs semi horaires en 153 jours en 2007.

400 µg/m³ NO₂ comme valeur horaire : Dans le poste de mesure en direction de la basilique (41LEB2), le seuil de 400 µg/m³ est fréquemment dépassé: avec 400 à 500 valeurs horaires par mois le seuil est dépassé presque quotidiennement (28 à 31 jours par mois), également pendant le week-end. Il y a en moyenne une quinzaine de dépassements par jour. En 2008 il y eu une légère diminution d'environ 4 % du nombre de dépassements par rapport à l'an 2007 : 5.358 valeurs horaires en 356 jours en 2008 comparées à 5.595 valeurs horaires en 357 jours en 2007.

Dans le poste de mesure en direction du centre (41LEC1), ce seuil est dépassé moins souvent; il y a eu entre 111 et 370 dépassements par mois répartis sur 20 à 30 jours par mois (en moyenne neuf heures de dépassements par jour). En 2008 le nombre de dépassements a augmenté d'environ 25% par rapport à 2007 : 3.275 valeurs horaires en 328 jours en 2008 à comparer à 2.609 valeurs horaires en 314 jours en 2007.

Le plus grand nombre de dépassements au poste en direction de la basilique (41LEB2) est concordant à l'information reprise dans les tableaux (tableaux IV à IX) et les graphiques (figure 5) de la distribution des fréquences cumulées : la concentration moyenne en NO₂ est plus élevée au point de mesure basilique (41LEB2) qu'au point de mesure centre (41LEC1).

116 mg/m³ CO comme valeur semi horaire : jusqu'à présent ce seuil n'a été dépassé qu'une seule fois. Le mercredi 15 septembre à 23:30 h TU (16 septembre à 01:30 h temps locale), la valeur de 135,69 mg/m³ CO a été mesurée dans le poste en direction du centre (41LEC1). Probablement s'agit-il ici d'un dépassement causé par les travaux d'entretien.

En 2008, il n'a pas eu de dépassement du seuil pour le CO.

Constats : dans le poste de mesure en direction de la basilique, on constate une diminution sensible (environ 25%) du nombre de dépassements de la valeur de $1.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en tant que moyenne glissante sur 20 minutes et du nombre de valeurs semi horaires dépassant $850 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le nombre de valeurs horaires supérieures à $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a seulement diminué de 4%. Au poste de mesure en direction du centre le nombre de dépassement a augmenté d'environ 50% (seuils sur 20 et 30 minutes) ou 25% (seuil horaire).

Comme il a déjà été remarqué plus haut, la norme n'est dépassée que s'il y a une exposition effective durant la période considérée. Par expérience, on peut constater qu'un blocage d'une heure dans un tunnel est peu probable. Un séjour de 20 minutes, p. ex. pendant les périodes de pointe aux endroits où les concentrations sont les plus élevées (circulation au pas), peut cependant se produire (régulièrement).

Il serait donc recommandé prioritairement d'éviter l'apparition des pics de concentration par le développement et l'amélioration d'un régime de ventilation adaptable. Il serait utile d'inclure le niveau de NO_2 mesuré dans l'algorithme qui fait enclencher la ventilation.

Pour pouvoir réduire à court terme le nombre de dépassements du seuil de $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en tant que valeur horaire, une ventilation plus permanente durant la journée serait nécessaire.

Tableau X: **NO₂ – MOYENNES GLISSANTES sur 20 MINUTES > 1.000 µg/m³**
NOMBRE de DÉPASSEMENTS par MOIS

LEC1	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	AN
2002												73	
2003	19	22	18	34	54	20	0	2	6	2	24	11	212
2004	2	17	18	24	20	32	11	18	26	71	21	18	278
2005	1	11	15	16	17	39	6	2	2	17	47	32	205
2006	14	14	14	28	29	74	9	(0)	63	119	63	49	476
2007	68	33	43	57	40	82	21	10	43	5	90	128	620
2008	59	101	97	115	116	70	21	6	80	124	60	62	911
2009	56	51	39	55	41								

LEB2	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	AN
2002												13	
2003	5	0	0	8	1	13	12	4	3	0	3	9	58
2004	2	9	20	5	17	29	6	15	72	3	4	2	184
2005	9	10	13	4	38	106	26	51	115	49	16	21	458
2006	6	2	8	27	76	127	85	32	82	80	67	119	711
2007	138	114	108	223	191	203	121	102	81	51	81	118	1.531
2008	84	143	139	102	147	100	70	20	55	189	80	43	1.172
2009	33	83	142	180	119								

NOMBRE de JOURS avec DÉPASSEMENTS

LEC1	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	AN
2002												13	
2003	6	12	8	7	13	4	0	1	3	1	7	4	66
2004	2	7	7	4	6	9	3	3	6	16	6	5	74
2005	1	3	3	3	4	10	2	1	1	5	12	9	54
2006	4	5	6	7	10	12	2	(0)	18	18	15	7	104
2007	14	9	13	10	9	15	5	5	10	2	17	14	123
2008	13	17	16	16	19	15	3	1	15	18	14	12	159
2009	9	13	10	11	9								

LEB2	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	AN
2002												5	
2003	3	0	0	3	1	7	3	3	2	0	2	3	27
2004	1	3	6	2	3	9	3	7	11	2	2	1	50
2005	3	4	3	2	7	11	7	13	17	10	6	7	90
2006	2	2	4	8	13	18	15	10	17	16	13	17	135
2007	20	13	16	21	20	21	18	20	14	15	17	17	212
2008	21	22	17	13	14	14	14	7	12	16	14	15	179
2009	7	17	17	17	17								

Tableau XI: **NO₂ - VALEURS SEMI HORAIRES > 850 µg/m³**
NOMBRE de DÉPASSEMENTS par MOIS

LEC1	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	AN
2002												52	
2003	13	14	9	24	41	12	1	1	4	10	16	7	152
2004	3	11	14	19	14	21	7	11	20	41	18	10	189
2005	3	8	8	9	11	28	4	1	2	20	40	26	160
2006	10	11	20	22	23	59	6	(0)	52	82	58	45	388
2007	53	37	44	50	39	65	16	9	39	9	73	100	534
2008	59	88	73	89	92	59	16	3	76	90	55	53	753
2009	45	35	27	55	42								

LEB2	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	AN
2002												19	
2003	5	1	4	7	7	22	11	13	5	0	2	13	90
2004	2	8	17	6	15	30	6	24	69	5	5	3	190
2005	6	13	12	12	48	97	29	59	118	58	31	26	509
2006	7	6	13	43	92	128	69	36	81	118	104	135	832
2007	171	168	145	227	195	207	121	94	108	88	126	159	1.809
2008	113	192	187	149	171	105	81	26	50	157	85	51	1.367
2009	58	126	161	160	114								

NOMBRE de JOURS avec DÉPASSEMENTS

LEC1	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	AN
2002												17	
2003	6	12	7	9	12	4	1	1	3	5	6	5	71
2004	3	7	7	5	7	9	3	3	8	15	8	6	81
2005	2	5	3	3	4	10	2	1	1	10	14	9	64
2006	4	6	10	8	10	16	2	(0)	20	19	17	12	124
2007	15	14	17	10	15	16	6	5	13	5	20	17	153
2008	15	20	17	18	20	18	4	1	20	19	17	13	182
2009	13	12	10	13	12								

LEB2	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	AN
2002												7	
2003	5	1	2	3	5	12	5	8	4	0	2	8	55
2004	1	5	8	4	5	10	4	13	15	3	3	2	73
2005	3	7	5	6	11	15	9	19	21	17	14	10	137
2006	5	4	7	12	18	20	17	14	19	21	18	21	176
2007	23	20	19	22	20	22	20	19	19	22	22	21	249
2008	24	24	22	19	18	19	17	14	13	20	17	16	223
2009	14	22	23	19	19								

Tableau XII: **NO₂ - VALEURS HORAIRES > 400 µg/m³**
NOMBRE de DÉPASSEMENTS par MOIS

LEC1	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	AN
2002												74	
2003	67	94	69	76	81	87	33	80	68	95	61	60	871
2004	21	46	84	86	91	100	56	67	122	140	78	58	949
2005	37	72	73	53	86	158	21	37	99	152	127	135	1.050
2006	139	162	252	162	155	201	149	(28)	252	231	229	172	2.132
2007	167	250	313	285	196	246	124	136	204	126	270	292	2.609
2008	300	370	355	359	340	231	134	111	273	243	279	280	3.275
2009	291	252	221	215	256								

LEB2	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	AN
2002												215	
2003	249	278	312	356	332	335	251	244	284	298	240	299	3.478
2004	259	275	372	295	293	329	255	275	359	338	295	319	3.664
2005	313	297	309	355	335	381	290	341	394	386	352	372	4.125
2006	388	389	413	393	398	420	305	288	353	466	454	487	4.754
2007	510	448	428	514	505	453	448	433	433	460	465	498	5.595
2008	478	499	505	507	493	469	414	361	408	482	371	371	5.358
2009	368	463	516	463	444								

NOMBRE de JOURS avec DÉPASSEMENTS

LEC1	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	AN
2002												17	
2003	19	21	22	18	18	19	8	16	16	26	21	16	220
2004	12	20	23	18	18	23	12	17	24	26	22	20	235
2005	15	18	20	13	17	22	9	13	21	22	21	24	215
2006	22	25	28	20	22	26	20	(8)	28	27	30	20	276
2007	23	26	31	29	24	27	26	24	25	23	27	29	314
2008	29	29	31	30	30	25	20	23	29	27	29	26	328
2009	28	27	24	19	27								

LEB2	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	AN
2002												26	
2003	26	25	30	29	30	30	29	26	27	30	27	29	338
2004	29	28	31	28	28	29	25	29	30	30	28	30	345
2005	29	27	28	30	31	29	29	30	29	31	30	31	354
2006	31	28	30	29	31	29	25	30	28	31	30	31	353
2007	31	27	26	30	31	28	31	31	30	31	30	31	357
2008	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	25	26	356
2009	29	28	31	29	29								

Tableau XIII: **CO - VALEURS SEMI HORAIRES > 116 mg/m³**
NOMBRE de DÉPASSEMENTS par MOIS

LEC1	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	AN
2002												0	
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0							

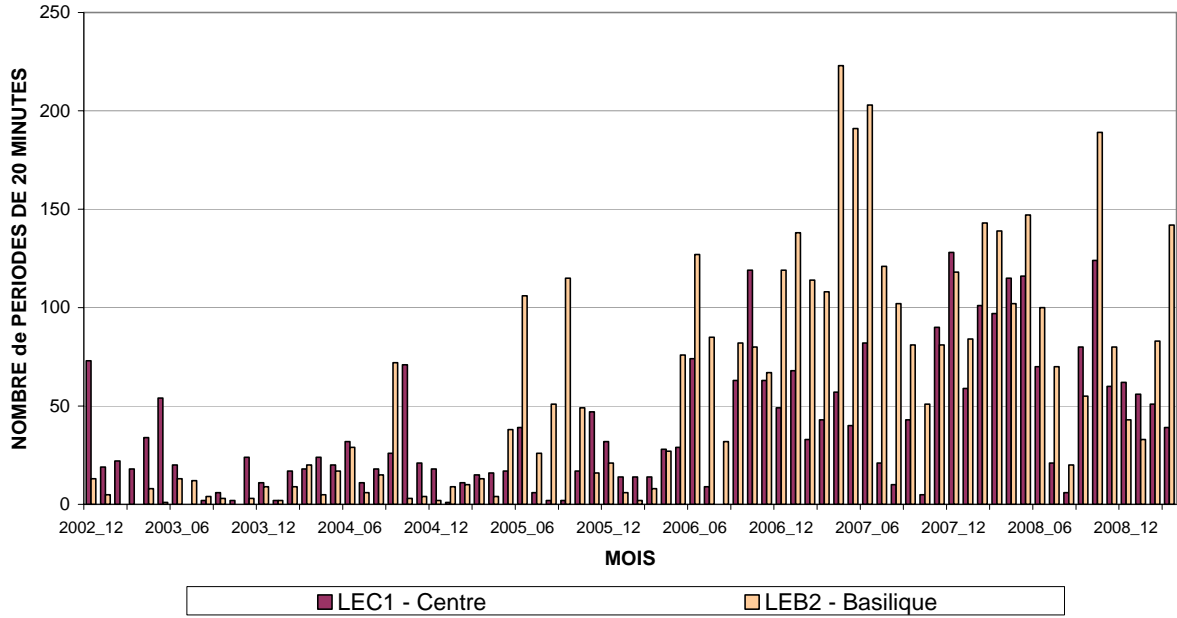
LEB2	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	AN
2002												0	
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0							

NOMBRE de JOURS avec DÉPASSEMENTS

LEC1	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	AN
2002												0	
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0							

LEB2	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUIN	JUIL	AOU	SEP	OCT	NOV	DEC	AN
2002												0	
2003	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0							

NO₂ - NOMBRE DE PERIODES de 20-Min > 1.000 µg/m³
TUNNEL LEOPOLD II - NOMBRE DE DEPASSEMENTS PAR MOIS



NO₂ - MOYENNES sur 20-Min > 1.000 µg/m³
NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENTS PAR MOIS

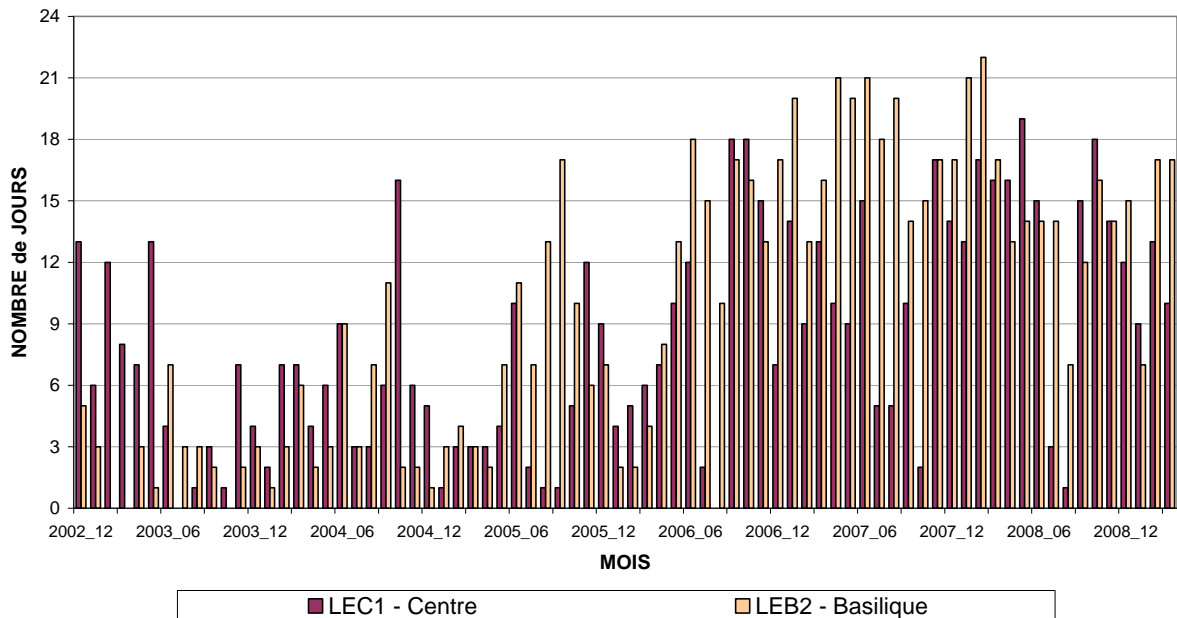
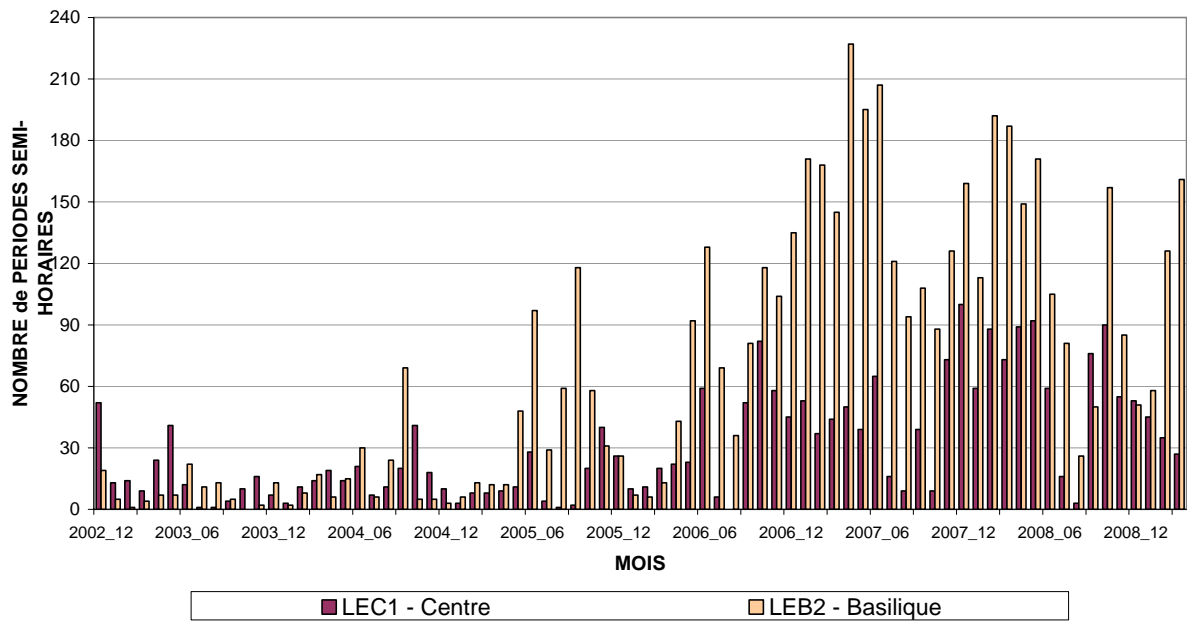


Fig. 12 : NO₂ –Moyennes glissantes sur 20 minutes > 1.000 µg/m³. Nombre de dépassements par mois et nombre de jours par mois avec dépassements (décembre 2002 – mars 2009)

NO₂ - NOMBRE DE VALEURS SEMI-HORAIRES > 850 µg/m³
TUNNEL LEOPOLD II - NOMBRE DE DEPASSEMENTS PAR MOIS



NO₂ - VALEURS SEMI-HORAIRES > 850 µg/m³
NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENTS PAR MOIS

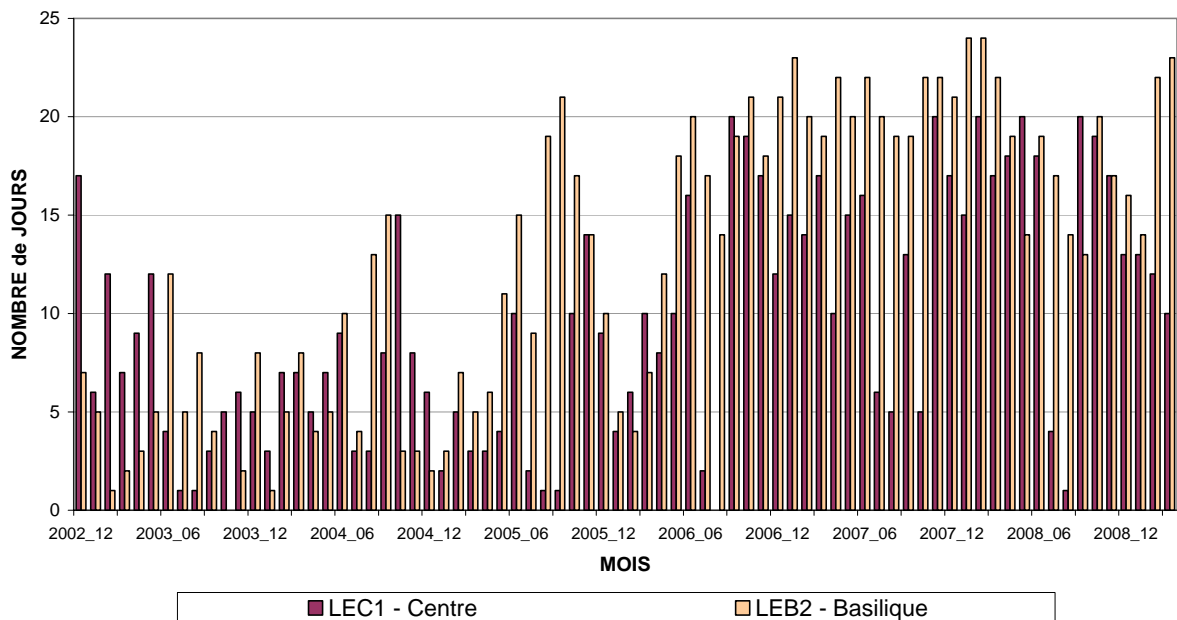
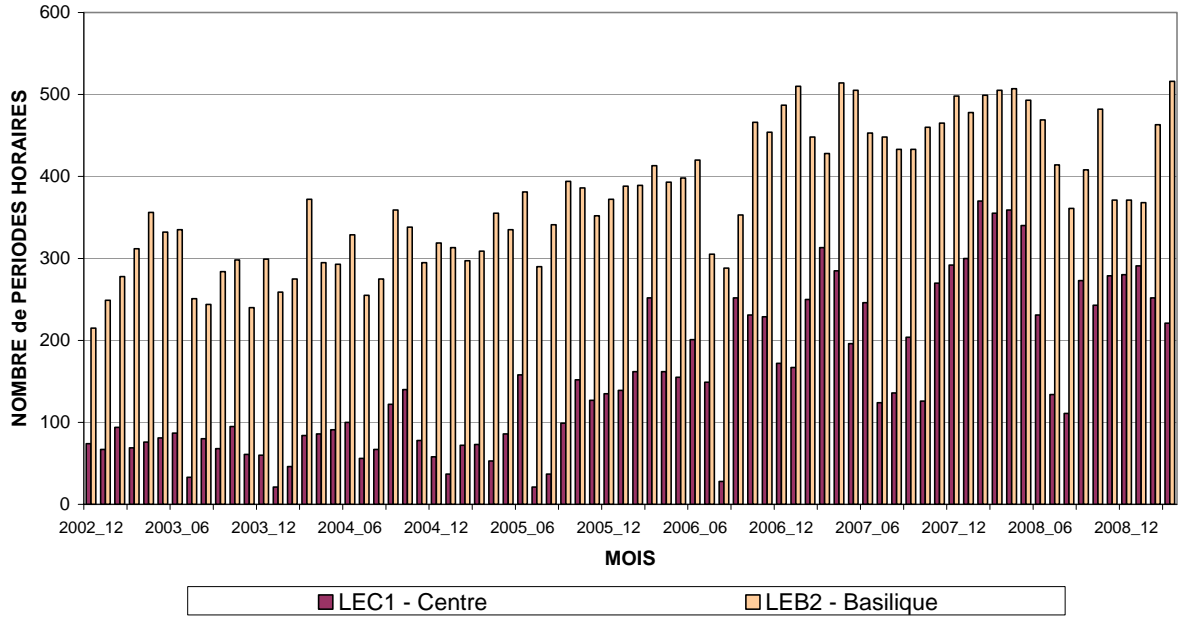


Fig. 13 : NO₂ – Valeurs Semi horaires > 850 µg/m³. *Nombre de dépassements* par mois et *nombre de jours* par mois avec dépassements (décembre 2002 – mars 2009)

NO₂ - NOMBRE DE VALEURS HORAIRES > 400 µg/m³
TUNNEL LEOPOLD II - NOMBRE DE DEPASSEMENTS PAR MOIS



NO₂ - VALEURS HORAIRES > 400 µg/m³
NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENTS PAR MOIS

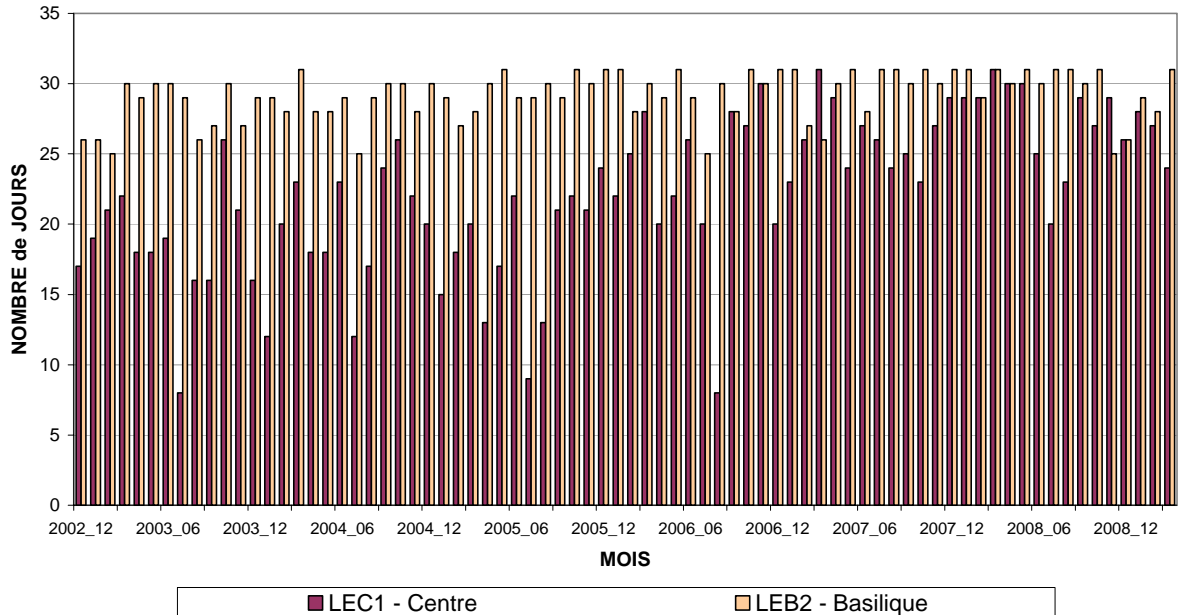


Fig. 14 : NO₂ – Valeurs Horaires > 400 µg/m³. Nombre de dépassements par mois et nombre de jours par mois avec dépassements (décembre 2002 – mars 2009)

4.4 Profil journalier moyen

Dans les graphiques des figures 15 à 20 sont représentés les profils journaliers pour un dimanche moyen, un samedi moyen et un jour ouvrable moyen. Les graphiques du dessus donnent toujours les résultats pour la période hivernale *octobre 2008 – mars 2009*, et les graphiques du dessous les résultats de la période estivale *avril – septembre 2008*.

Les résultats pour le NO₂ sont donnés dans les figures 15 et 16, respectivement pour les postes de mesure en direction du centre (41LEC1) et de la basilique (41LEB2). Les résultats pour le NO du poste de mesure en direction du centre sont présentés dans la figure 17 et ceux du poste de mesure en direction de la basilique dans la figure 18. Le profil journalier pour le CO des deux postes de mesure est donné dans les figures 19 et 20.

Dans les deux postes de mesure, et pour les paramètres NO₂ et NO, les concentrations sont en moyenne les plus élevées les jours ouvrables et en moyenne plus élevées les samedis que les dimanches. C'est également le cas pour les concentrations en CO mesurées au poste en direction de la basilique (LEB2). Par contre, pour le poste en direction du centre (LEC1), les concentrations en CO le samedi après-midi se rapprochent de celles mesurées l'après-midi des jours ouvrables.

Dans le poste de mesure en direction du centre (41LEC1), on constate pour le jour ouvrable moyen de la période hivernale *octobre 2008-mars 2009*, un pic matinal net (voir les graphiques supérieurs des figures 15, 17 et 19). Ce pic matinal est également présent pendant la période estivale *avril – septembre 2008* (graphiques inférieurs des figures 15, 17 et 19).

Les concentrations plus élevées en NO₂ et CO durant le pic matinal sont une indication de la congestion fréquente du trafic au bout du tunnel.

Au point de mesure en direction de la basilique (41LEB2), il y a, les jours ouvrables pendant la période hivernale 2008/2009, une légère augmentation de la concentration lors de la pointe du matin. En fin d'après-midi et jusque dans la soirée, il y a en permanence des concentrations élevées (graphiques supérieurs dans les figures 16, 18 et 20). Les pics du matin et du soir pour le CO se profilent de façon plus nette que ceux du NO et du NO₂.

Pendant la période estivale 2008, il y a de façon générale une augmentation des concentrations l'après-midi et le soir. Pour le NO₂ et, dans une moindre mesure pour le CO, les pics du soir se remarquent également (graphiques inférieurs des figures 16 et 20).

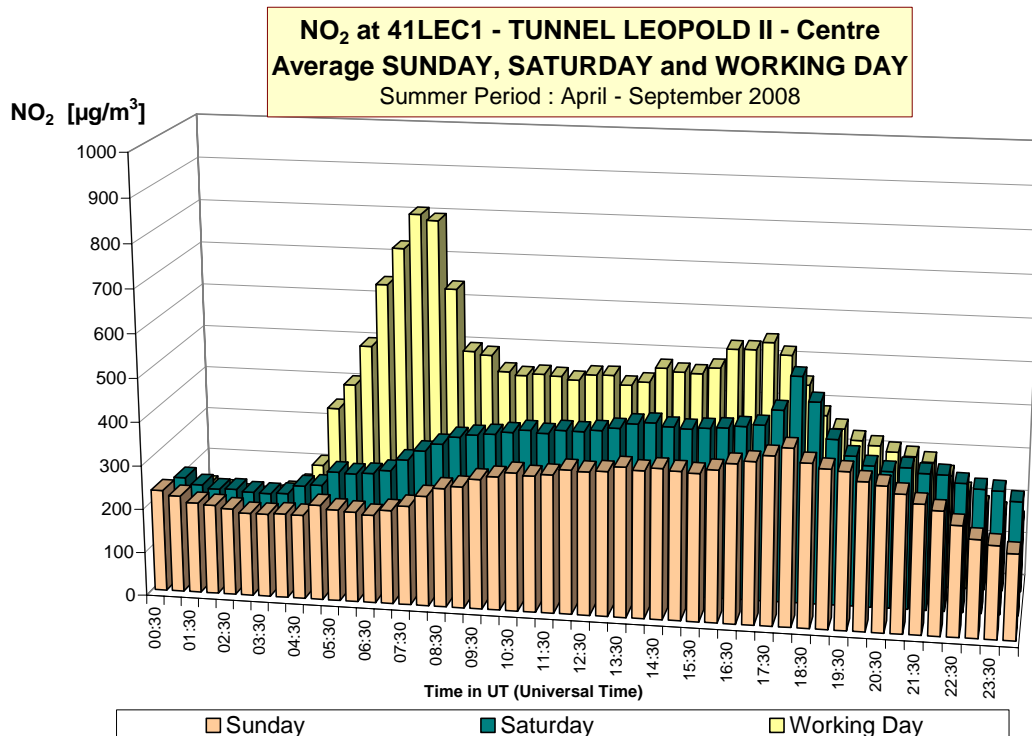
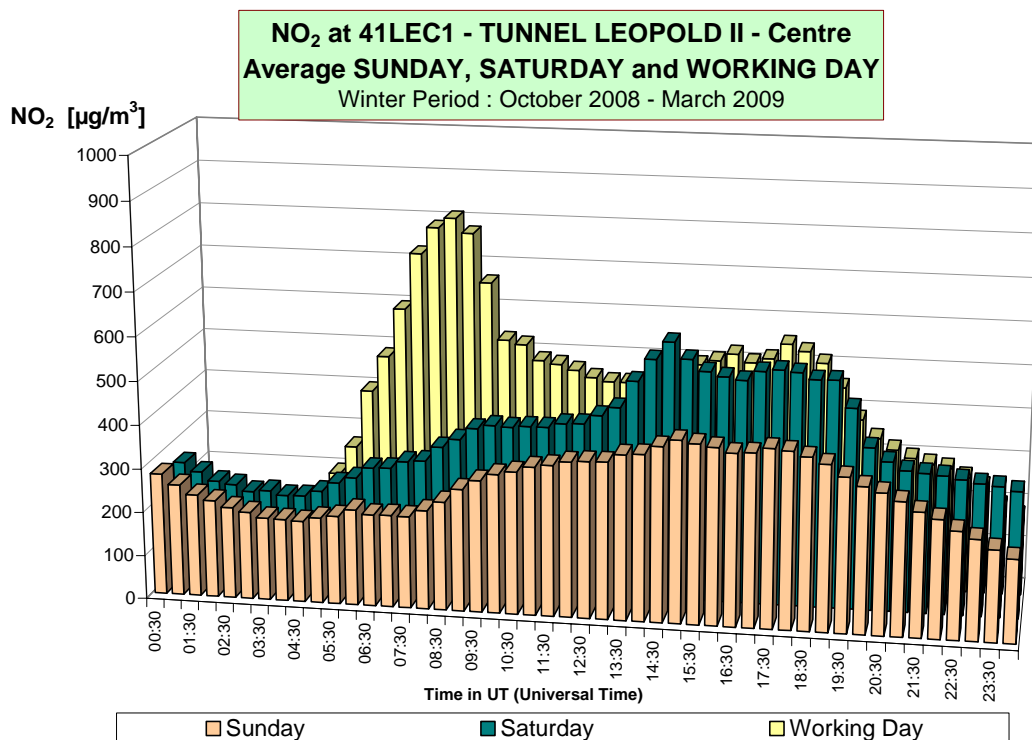


Fig. 15 : NO₂ – évolution journalière moyenne au poste de mesure 41LEC1 (centre)
 Comparaison entre un dimanche, un samedi et un jour ouvrable moyen
Période hivernale 2008-2009 et période estivale 2008

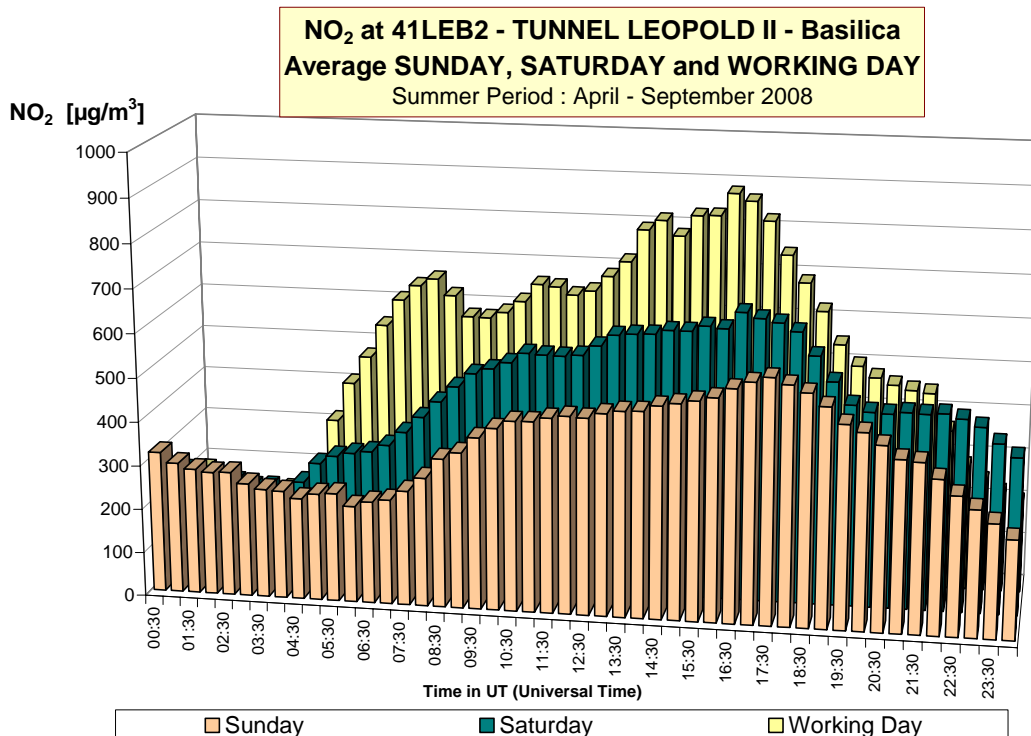
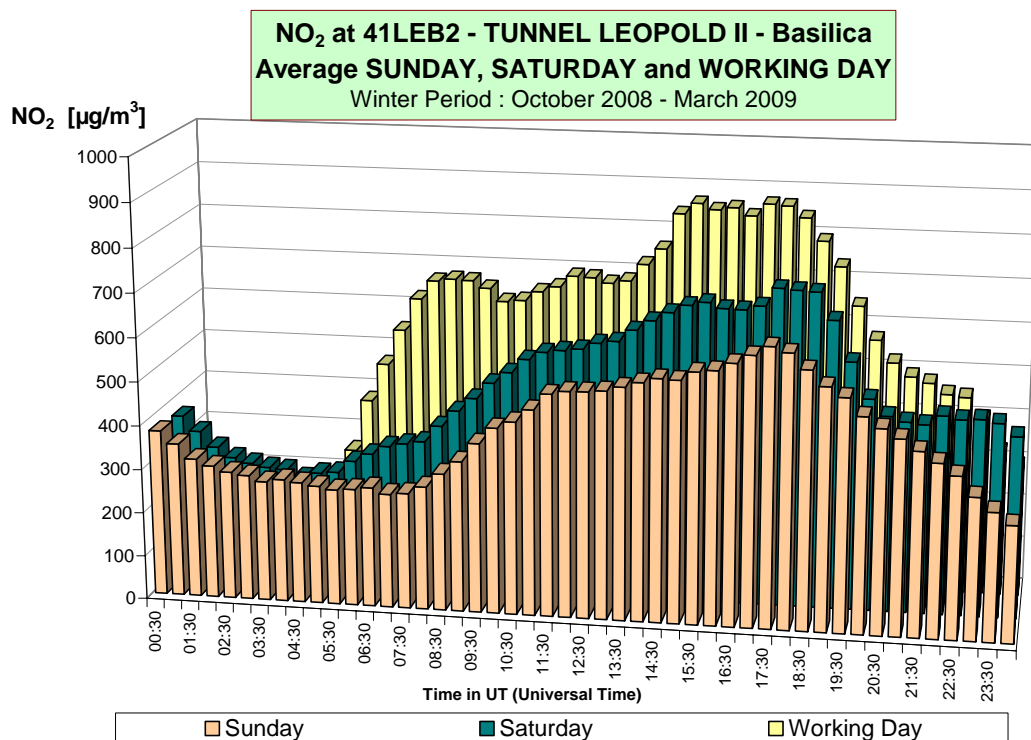


Fig. 16 : NO₂ – évolution journalière moyenne au poste de mesure 41LEB2 (basilique)
 Comparaison entre un dimanche, un samedi et un jour ouvrable moyen
 Période hivernale 2008-2009 et période estivale 2008

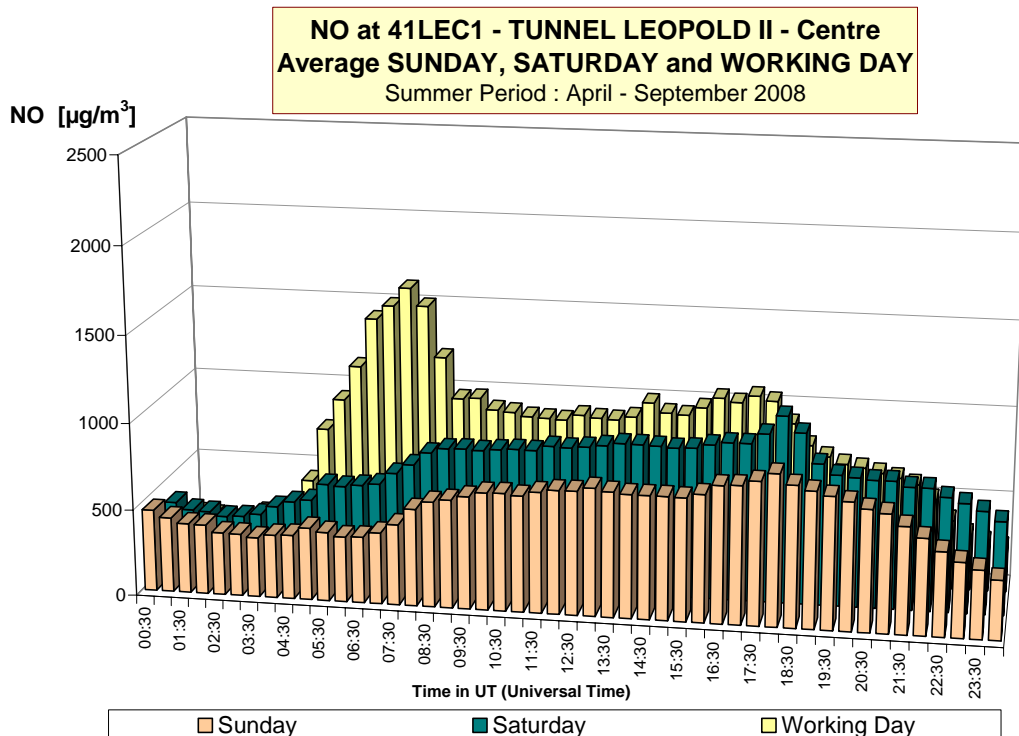
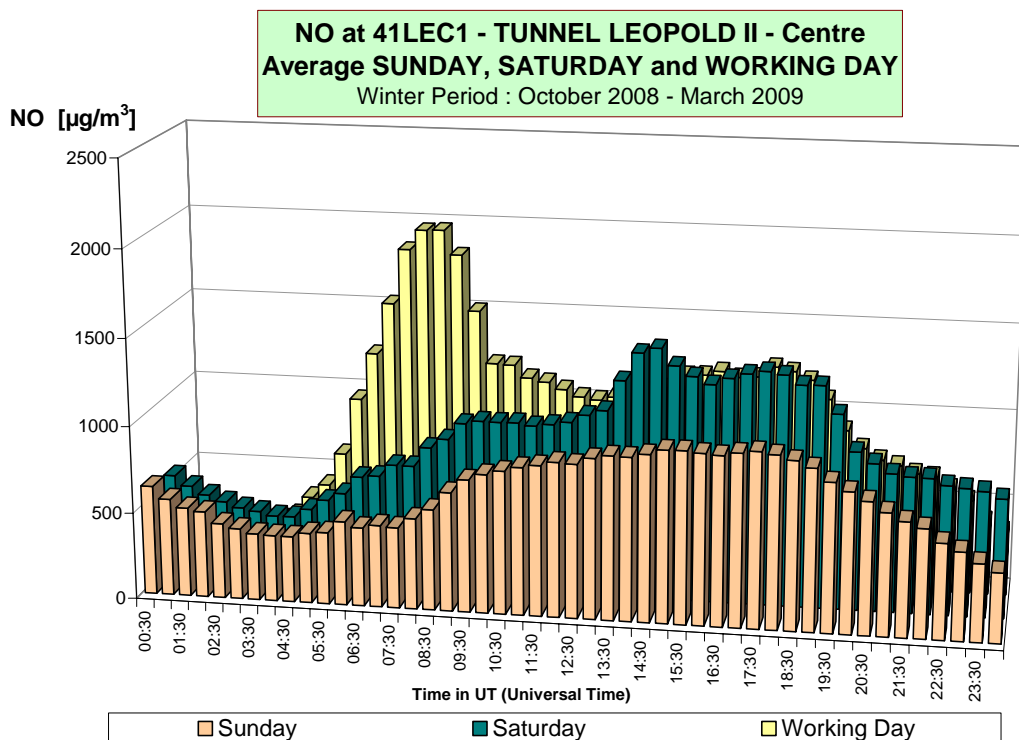


Fig. 17 : NO – évolution journalière moyenne au poste de mesure 41LEC1 (centre)
 Comparaison entre un dimanche, un samedi et un jour ouvrable moyen
Période hivernale 2008-2009 et période estivale 2008

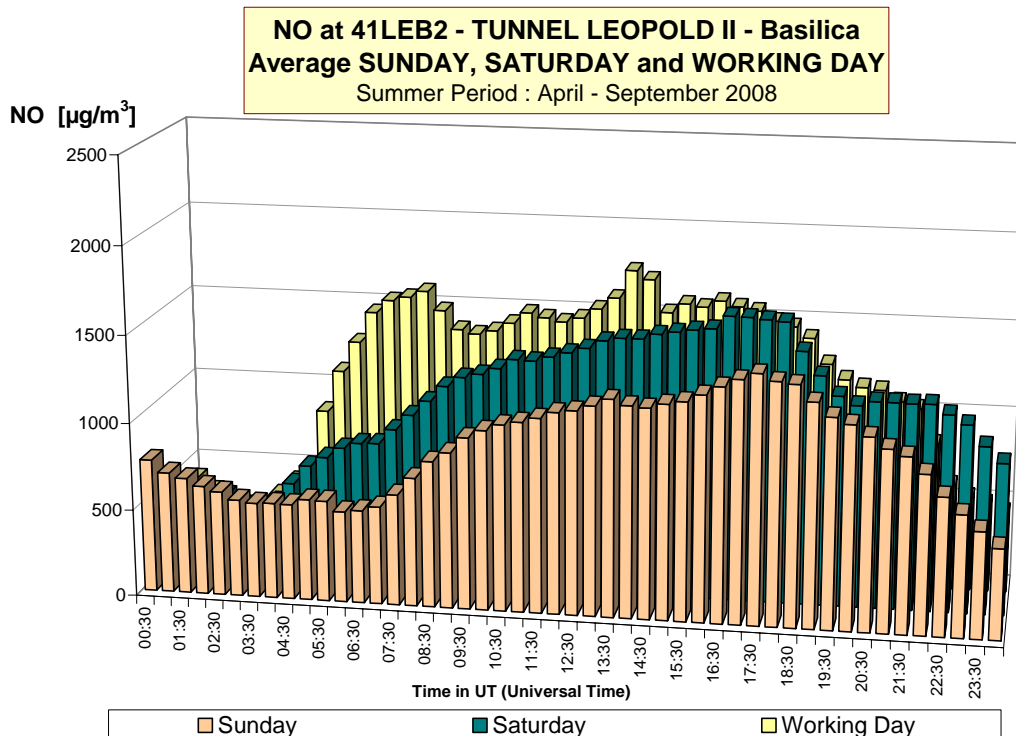
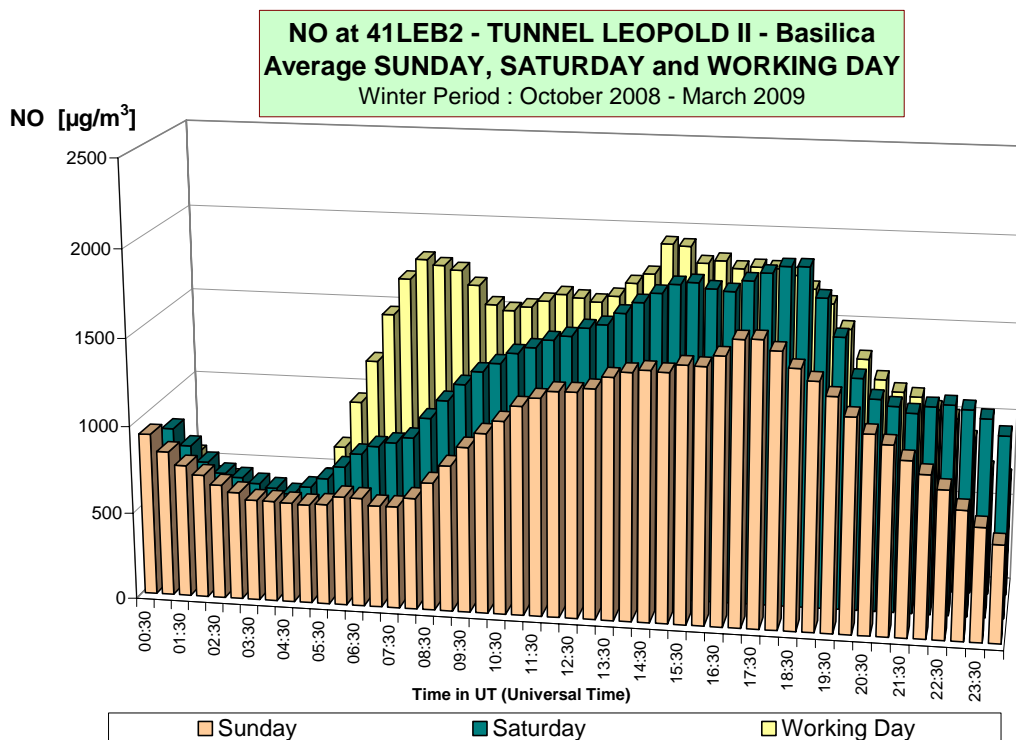


Fig. 18 : NO – évolution journalière moyenne au poste de mesure 41LEB2 (basilique)
 Comparaison entre un dimanche, un samedi et un jour ouvrable moyen
Période hivernale 2008-2009 et période estivale 2008

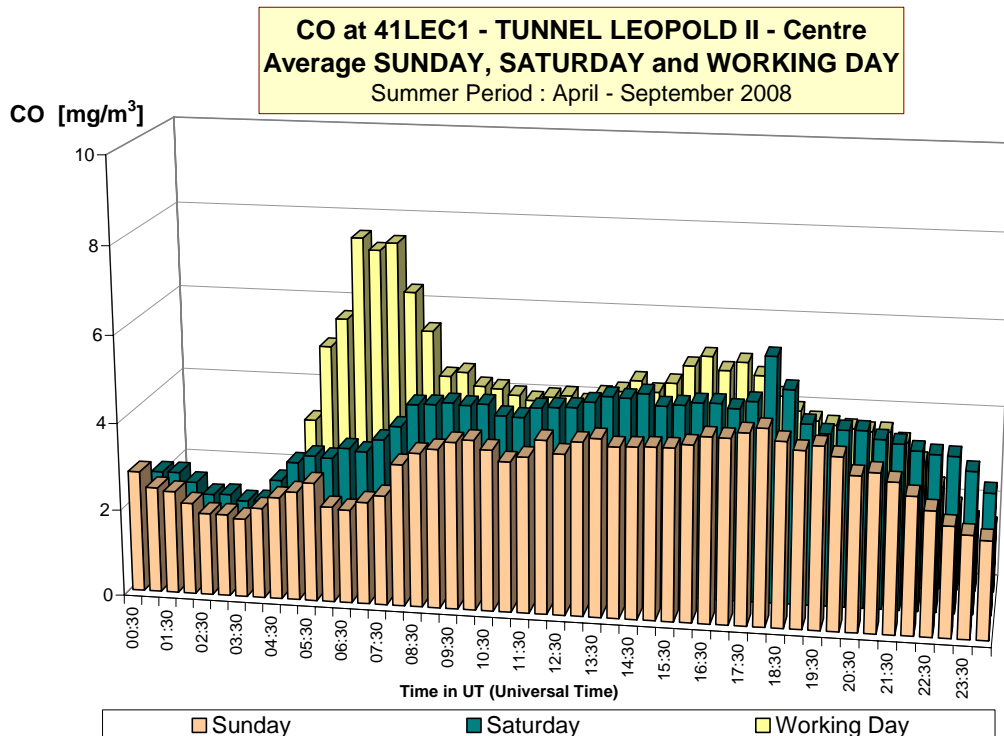
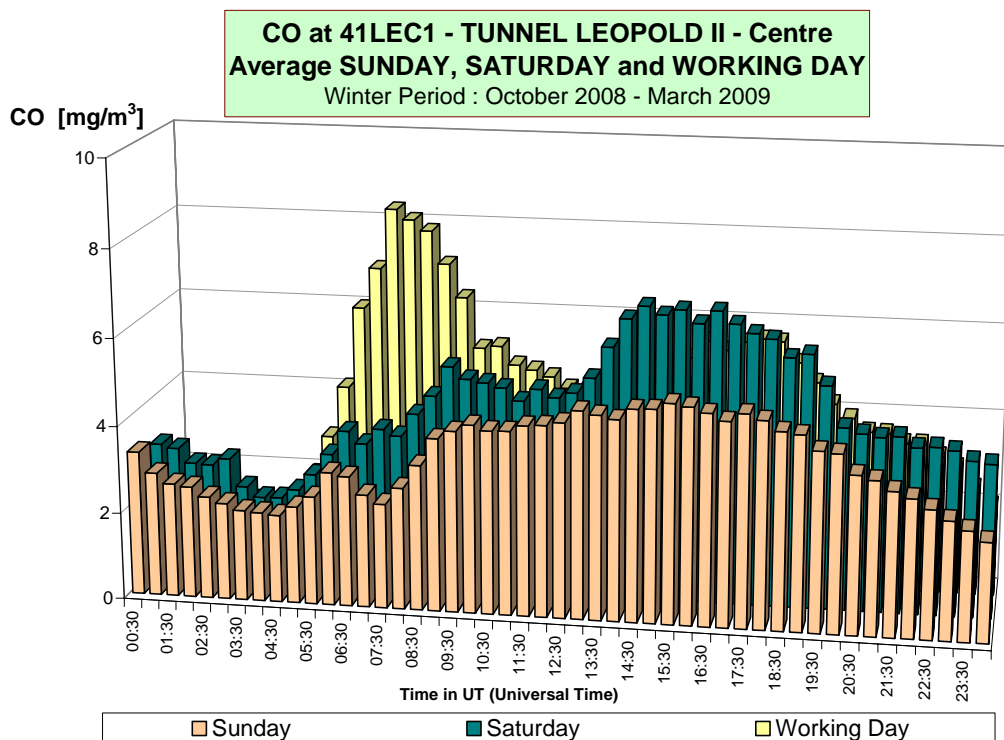


Fig. 19 : CO – évolution journalière moyenne au poste de mesure 41LEC1 (centre)
 Comparaison entre un dimanche, un samedi et un jour ouvrable moyen
 Période hivernale 2008-2009 et période estivale 2008

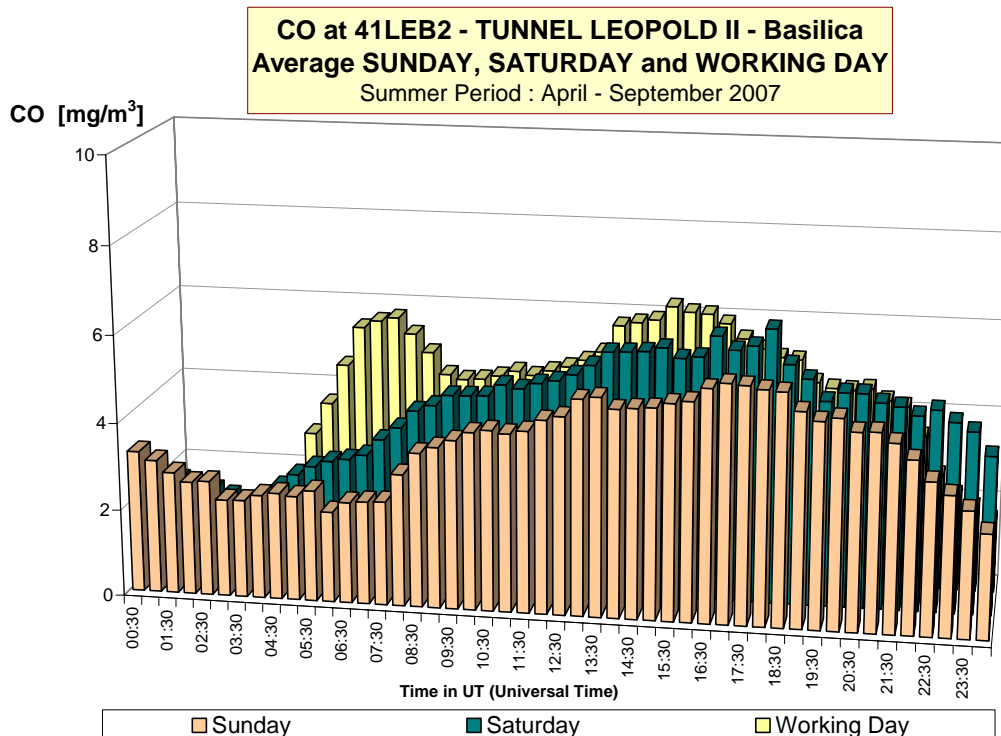
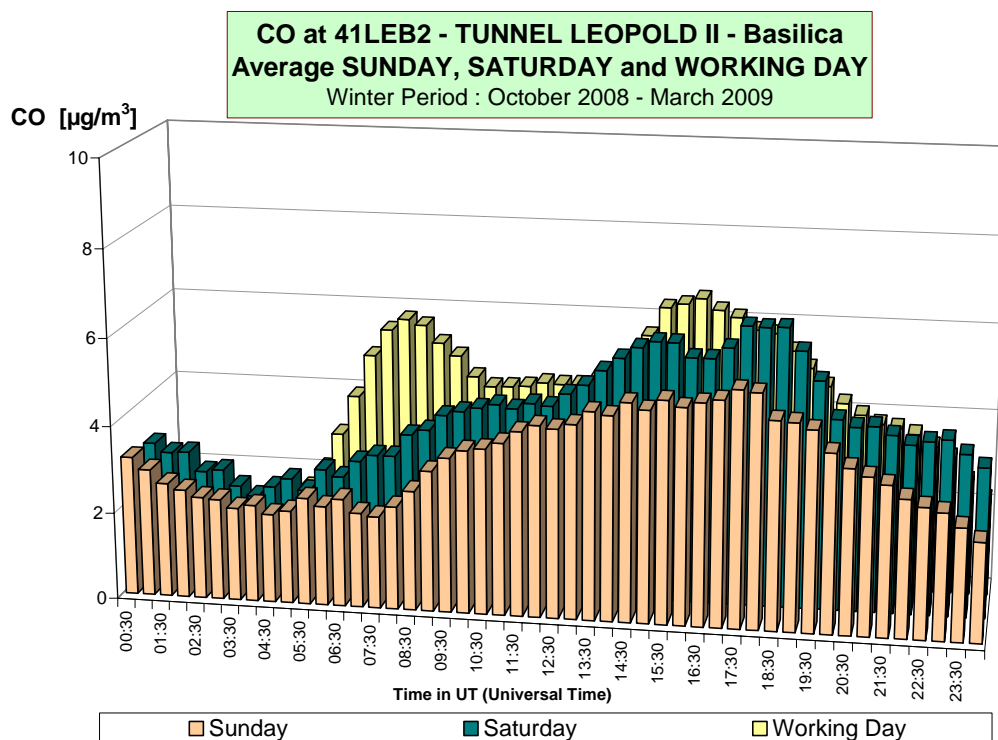


Fig. 20 : CO – évolution journalière moyenne au poste de mesure 41LEB2 (basilique)
 Comparaison entre un dimanche, un samedi et un jour ouvrable moyen
 Période hivernale 2008-2009 et période estivale 2008

4.5 Profil hebdomadaire moyen

Dans les figures 21 à 26 sont représentés les profils hebdomadaires moyens des paramètres mesurés dans les postes de mesure en direction du centre (41LEC1) et de la basilique (41LEB2). Les figures 21 et 22 représentent l'évolution hebdomadaire pour le NO₂, les figures 23 et 24 celle du NO et les figures 25 et 26 celle du CO. Dans les graphiques, pour chaque période horaire, sont représentés la moyenne (AVG), la médiane (P50) et les centiles P10 et P90. Ces deux centiles délimitent pratiquement le domaine dans lequel varient normalement les concentrations de jour en jour.

Les graphiques du dessus se rapportent à la période hivernale « octobre 2008 – mars 2009 » et ceux du dessous, à la période estivale « avril – septembre 2008 ». Les concentrations sont en moyenne plus élevées les jours ouvrables que les jours non ouvrables (à l'exception de CO au poste LEC1) et plus élevées les samedis que les dimanches. Le samedi après-midi le niveau de concentration en CO est pratiquement égale à celui de l'après-midi des jours ouvrables.

Pour le poste de mesure en direction du centre (41LEC1), on constate pendant la période hivernale 2008-2009 (graphiques de dessus dans les figures 21, 23 et 25), pour tous les jours ouvrables de la semaine, des pics de concentration pendant la pointe du matin ; tant le P90 que la moyenne (AVG) et la médiane (P50) sont nettement plus élevés que pendant le reste de la journée. On constate également des pics de concentration le vendredi durant l'après-midi.

Pour la période d'été 2008 (graphiques du dessous dans les figures 21, 23 et 25), le pic du matin est également visible dans l'évolution du P90, de la médiane (P50) et la moyenne. En été il n'y a pas de pic de concentration le vendredi après-midi.

A l'exception du pic matinal pendant la période hivernale, l'écart entre le P10 et le P90 est assez faible. Cela indique que, dans ce segment du tunnel, les concentrations sont très reproductibles de jour en jour (par type de jour). Dans les postes de mesure de la qualité de l'air en surface, cet écart est beaucoup plus grand (parfois d'un facteur 4 ou 5 entre le P90 et le P10).

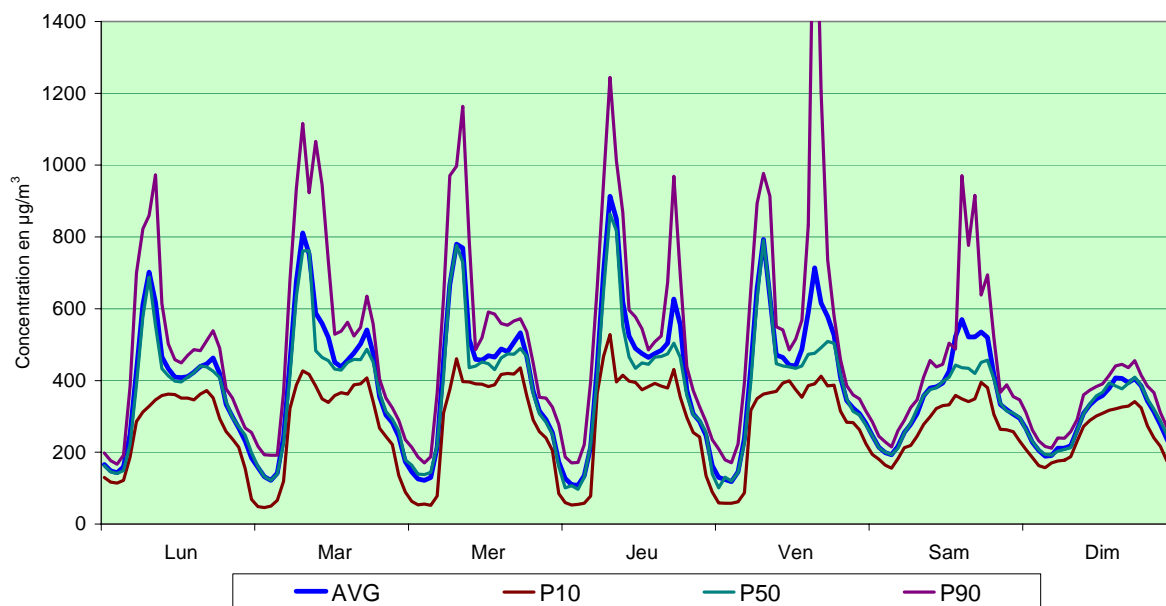
Les concentrations sont largement plus élevées dans les tunnels que dans l'air extérieur. Avec un schéma quotidien des émissions plus ou moins constant (trafic), les concentrations sont surtout influencées par le renouvellement de l'air. Dans les tunnels, ce renouvellement est réglé par la ventilation (naturelle ou forcée). Dans l'air ambiant, les conditions météorologiques (vitesse du vent, gradient de température, etc.) sont prépondérantes pour une dispersion plus ou moins bonne de la pollution.

Au point de mesure basilique (LEB2), les concentrations les plus élevées apparaissent l'après-midi et en début de soirée. Le profil du P90 montre des pics de concentration lors de la pointe du soir en période hivernale. Les pics de concentration du soir à cet endroit sont plus longs (plus larges) que les pics du matin en direction du centre.

Des niveaux légèrement plus élevés de la valeur P90, la médiane et la concentration moyenne sont également observés en période estivale. Le rapport entre les concentrations de NO₂ dans les tunnels et dans l'air ambiant est plus faible que pour le NO et le CO. En période estivale le niveau de concentration du NO₂ dans le tunnel est encore légèrement influencé par l'activité photochimique dans l'air ambiant.

NO₂ - TUNNEL LEOPOLD II, direction CENTRE (LEC1)

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
Période HIVERNALE : OCTOBRE 2008 - MARS 2009



NO₂ - TUNNEL LEOPOLD II, direction CENTRE (LEC1)

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2008

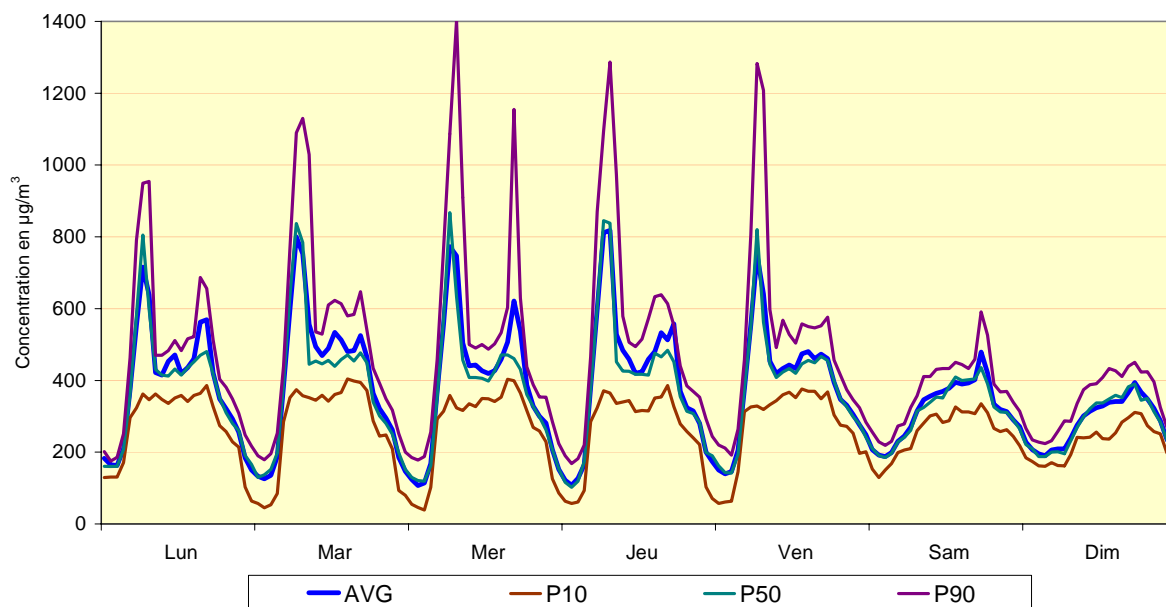
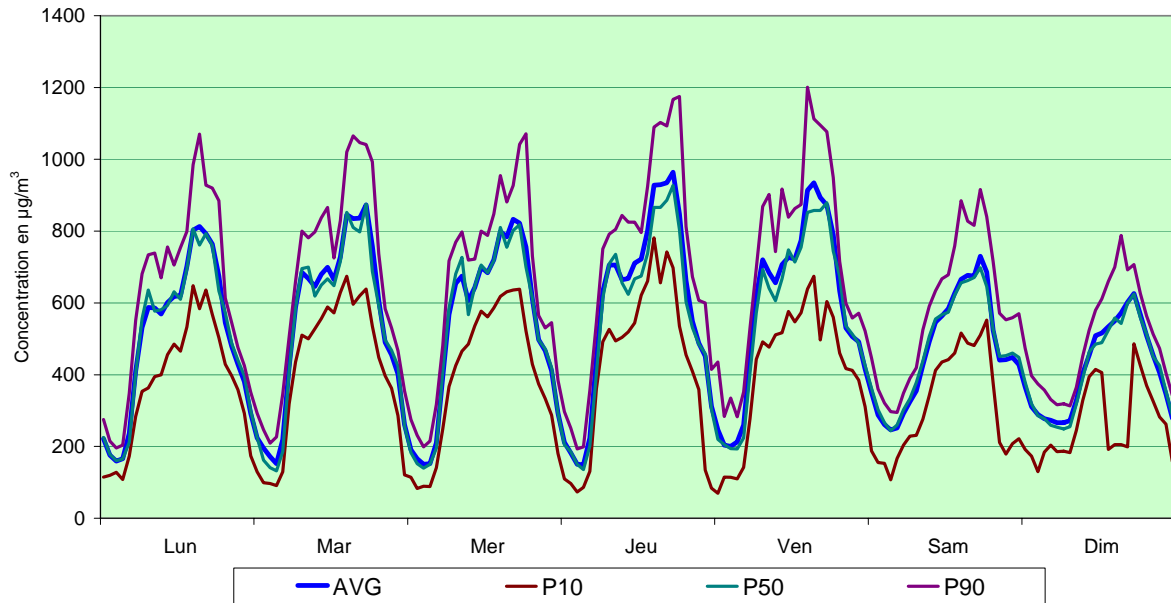


Fig. 21 : Poste de Mesure 41LEC1 (centre) – Évolution hebdomadaire moyenne pour le NO₂
Période hivernale 2008 - 2009 et période estivale 2008

NO₂ - TUNNEL LEOPOLD II, direction BASILIQUE (LEB2)

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
Période HIVERNALE : OCTOBRE 2008 - MARS 2009



NO₂ - TUNNEL LEOPOLD II, direction BASILIQUE (LEB2)

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2008

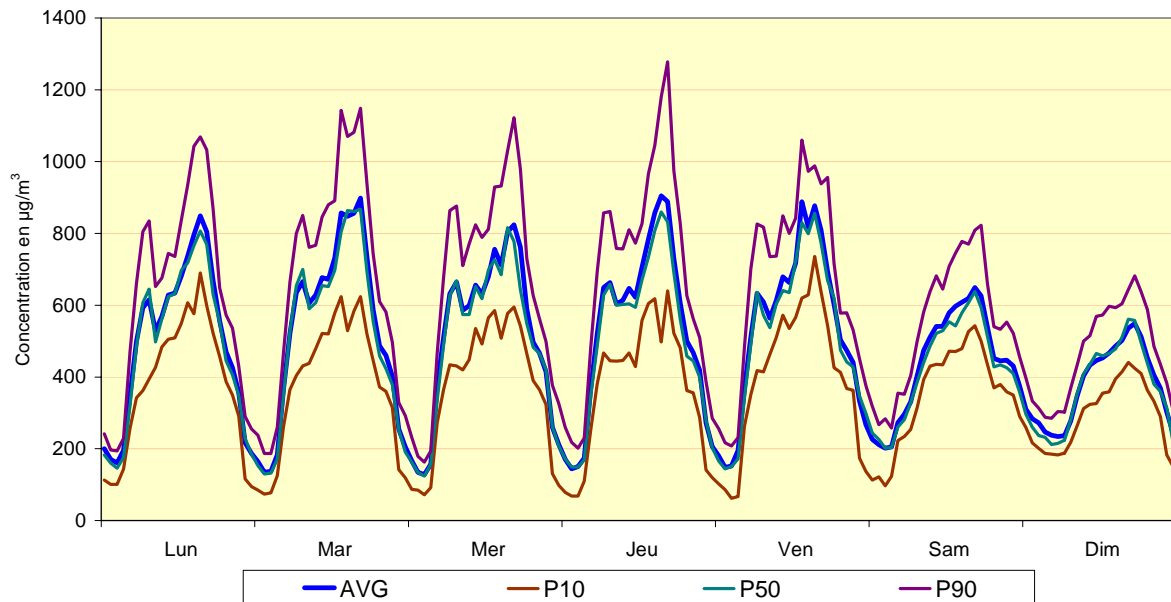
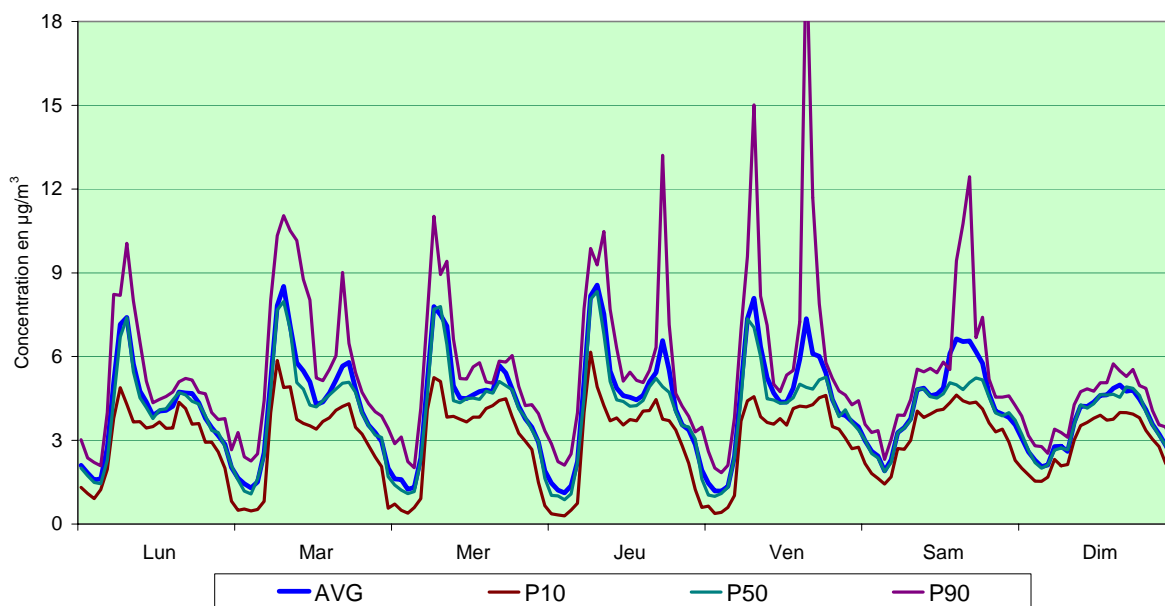


Fig. 22 : Poste de Mesure 41LEB2 (basilique) – Évolution hebdomadaire moyenne pour le NO₂
Période hivernale 2008 - 2009 et période estivale 2008

CO - TUNNEL LEOPOLD II, direction CENTRE (LEC1)

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
Période HIVERNALE : OCTOBRE 2008 - MARS 2009



CO - TUNNEL LEOPOLD II, direction CENTRE (LEC1)

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2008

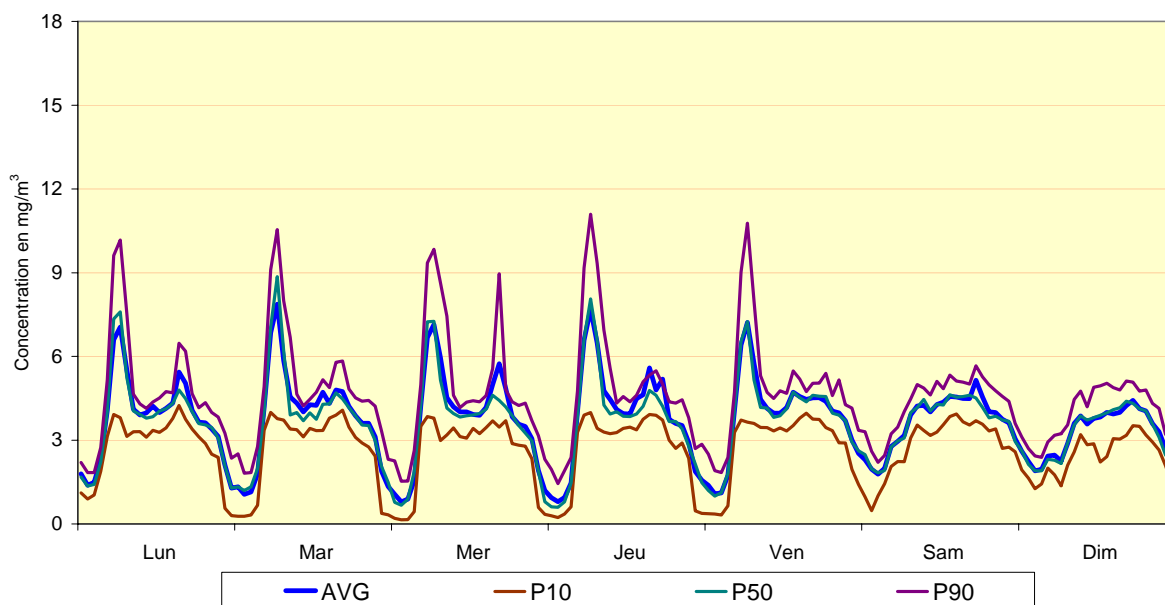
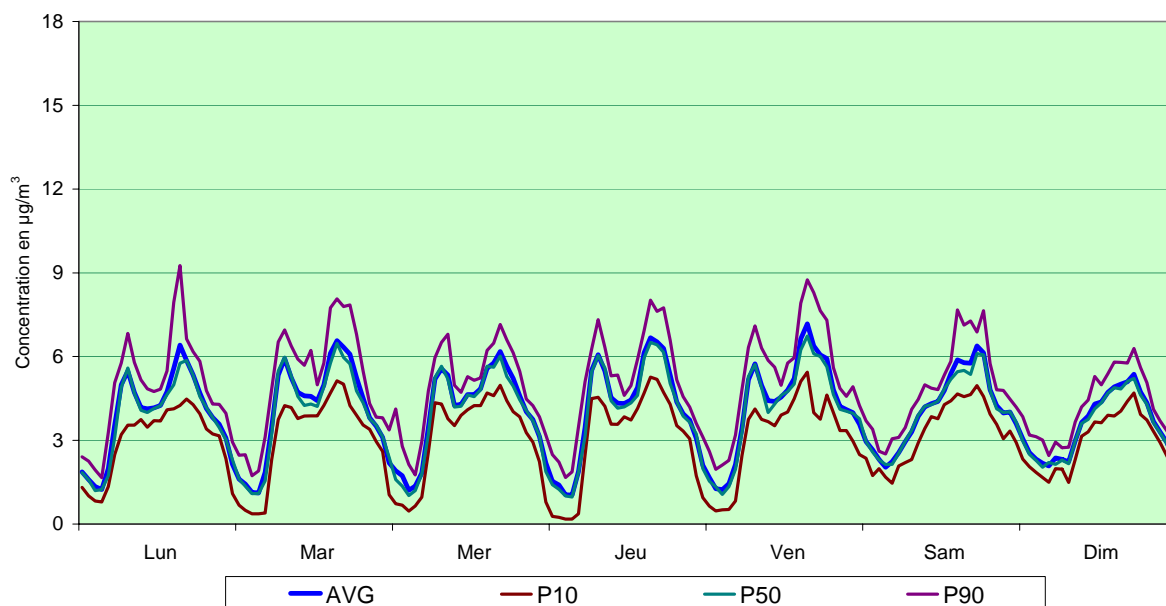


Fig. 23 : Poste de Mesure 41LEC1 (centre) – Évolution hebdomadaire moyenne pour le CO
Période hivernale 2008 - 2009 et période estivale 2008

CO - TUNNEL LEOPOLD II, direction BASILIQUE (LEB2)

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
Période HIVERNALE : OCTOBRE 2008 - MARS 2009



CO - TUNNEL LEOPOLD II, direction BASILIQUE (LEB2)

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2008

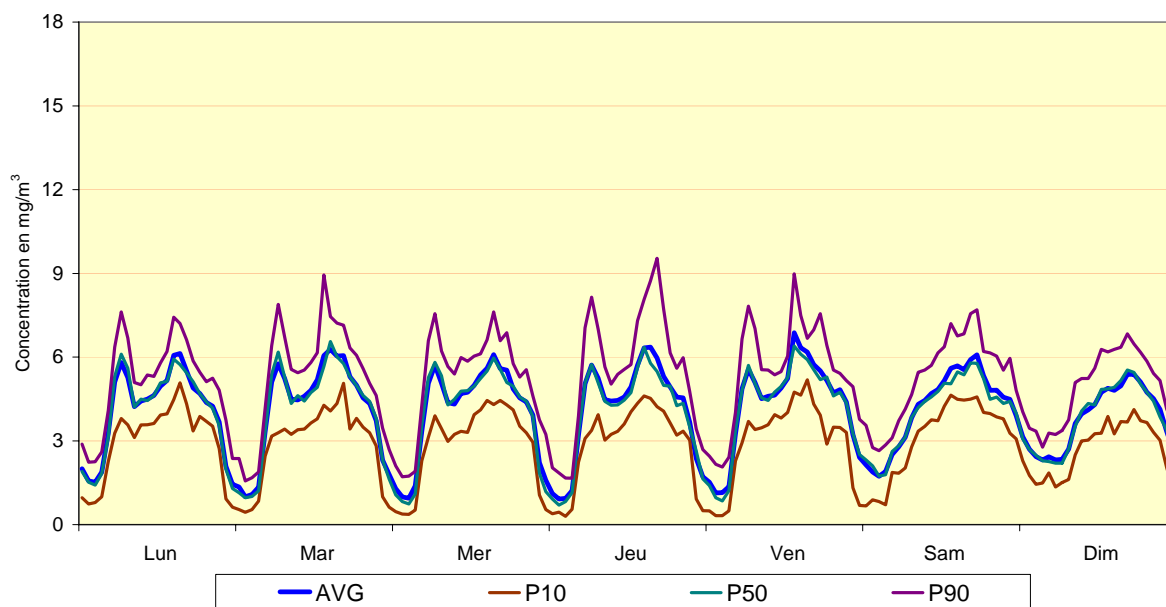
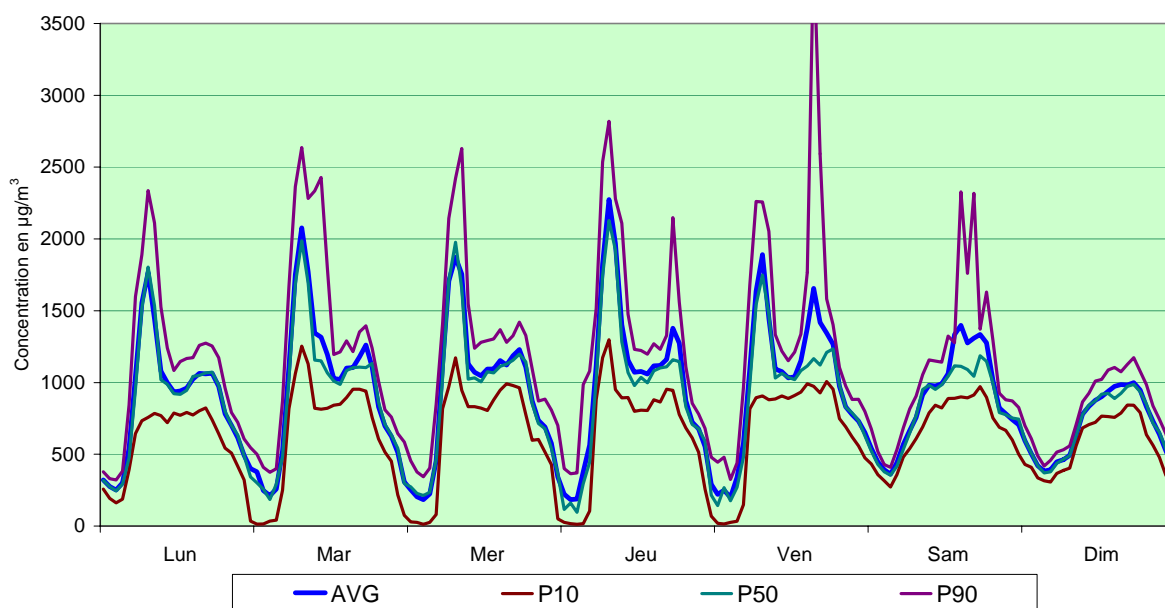


Fig. 24 : Poste de Mesure 41LEB2 (basilique) – Évolution hebdomadaire moyenne pour le CO
Période hivernale 2008 - 2009 et période estivale 2008

NO - TUNNEL LEOPOLD II, direction CENTRE (LEC1)

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
Période HIVERNALE : OCTOBRE 2008 - MARS 2009



NO - TUNNEL LEOPOLD II, direction CENTRE (LEC1)

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2008

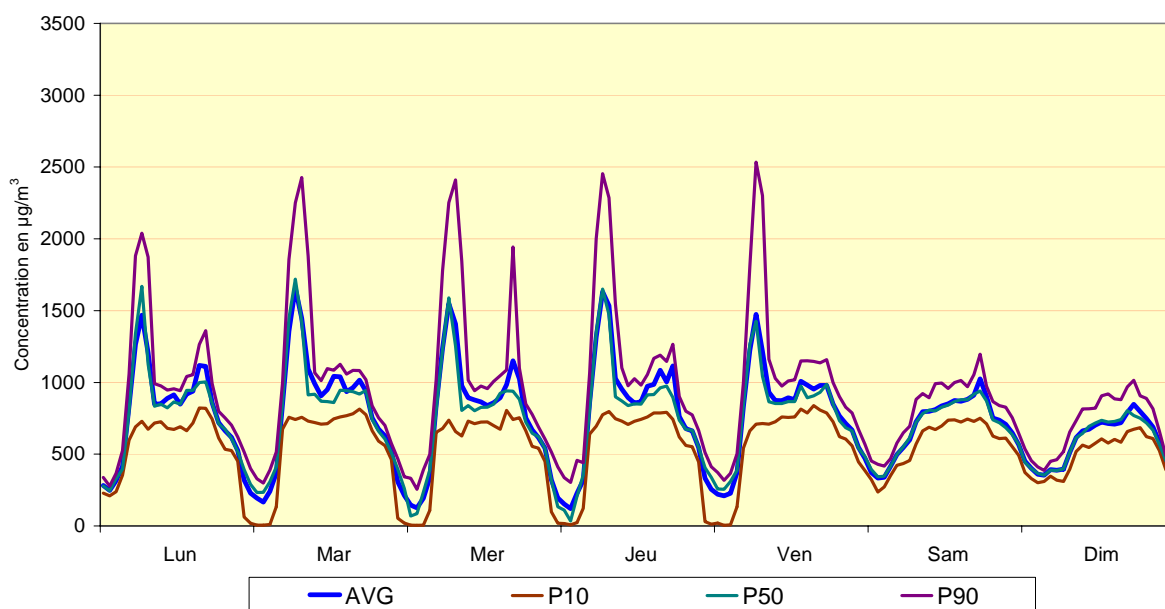
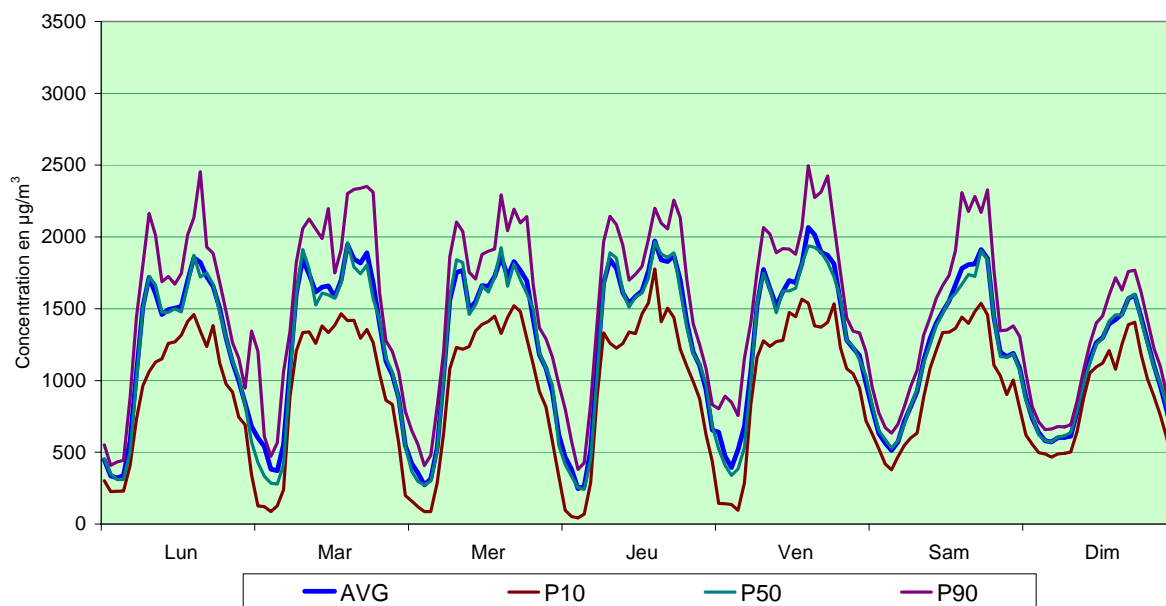


Fig. 25 : Poste de Mesure 41LEC1 (centre) – Évolution hebdomadaire moyenne pour le NO
Période hivernale 2008 - 2009 et période estivale 2008

NO - TUNNEL LEOPOLD II, direction BASILIQUE (LEB2)

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
Période HIVERNALE : OCTOBRE 2008 - MARS 2009



NO - TUNNEL LEOPOLD II, direction BASILIQUE (LEB2)

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2008

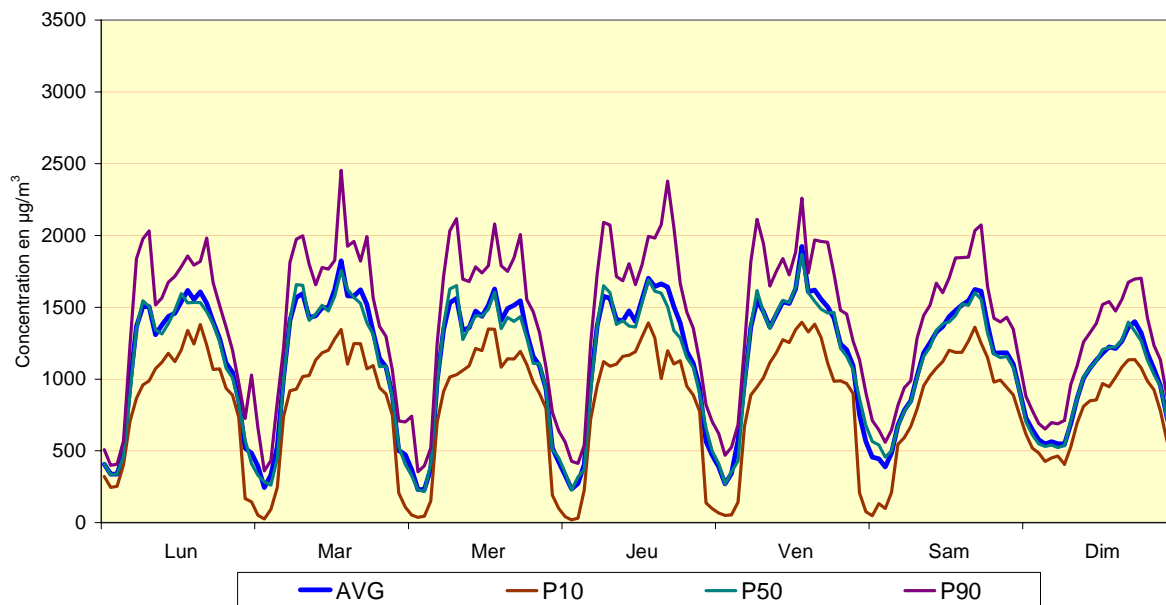


Fig. 26 : Poste de Mesure 41LEB2 (basilique) – Évolution hebdomadaire moyenne pour le NO
Période hivernale 2008 - 2009 et période estivale 2008

4.6 Résultats d'une journée sans voiture

Le dimanche 21 septembre 2008, dans le cadre d'une action européenne, la Région de Bruxelles-Capitale a organisé pour la septième fois déjà une journée sans voiture. De 9 à 19 h, heure locale (7 à 17 h TU), le trafic motorisé privé a été pratiquement complètement interdit sur l'entièreté du territoire de la Région. Il y a seulement des exceptions pour les bus de la société de transport (STIB), pour un nombre de taxi et pour quelques milliers de demandes autorisées. Durant la période d'interdiction du trafic, la vitesse est limitée à 30 km/hr.

Dans les graphiques des figures 27 à 32 sont représentés les profils journaliers pour la journée sans voiture, un dimanche moyen et un jour ouvrable moyen. Les graphiques du dessus donnent toujours les résultats pour la journée sans voiture, le dimanche 21-09-2008, et les graphiques du dessous l'évolution moyenne sur les sept jours sans trafic (2002 à 2008).

Les résultats pour le NO₂ sont donnés dans les figures 27 et 28, respectivement pour les postes en direction du centre (41LEC1) et de la basilique (41LEB2). Les résultats pour le NO du poste de mesure en direction du centre sont présentés dans la figure 29 et ceux du poste de mesure en direction de la basilique dans la figure 30. Les résultats du CO sont donnés dans les figures 31 et 32.

Les graphiques du dessus représentent l'évolution de trois séries de données : les valeurs semi horaires du dimanche sans voiture (21 septembre 2008), le profil journalier d'un dimanche moyen de la période « 1 mai - 20 septembre 2008 » et le profil journalier moyen d'un jour ouvrable de la même période.

Les graphiques du dessous représentent l'évolution de la moyenne sur les sept dimanches sans trafic organisées jusqu'à présent et la comparent avec l'évolution des concentrations d'un dimanche moyen et d'un jour ouvrable moyen des différentes périodes 'mai - septembre' des années 2002 à 2008.

Les graphiques des différents paramètres mesurés permettent de constater que le dimanche sans voiture, pendant la période d'interdiction, les concentrations dans le tunnel étaient nettement plus basses qu'un dimanche moyen.

Dans les deux postes de mesure la baisse des concentrations se remarque tout de suite, à partir de 7 h TU (9 h temps local) jusque 17 h TU (19 h temps local), sur toute la période d'interdiction. Après la fin de la période d'interdiction, les concentrations augmentent immédiatement et après une demi-heure déjà, les concentrations habituelles dans les tunnels sont atteintes.

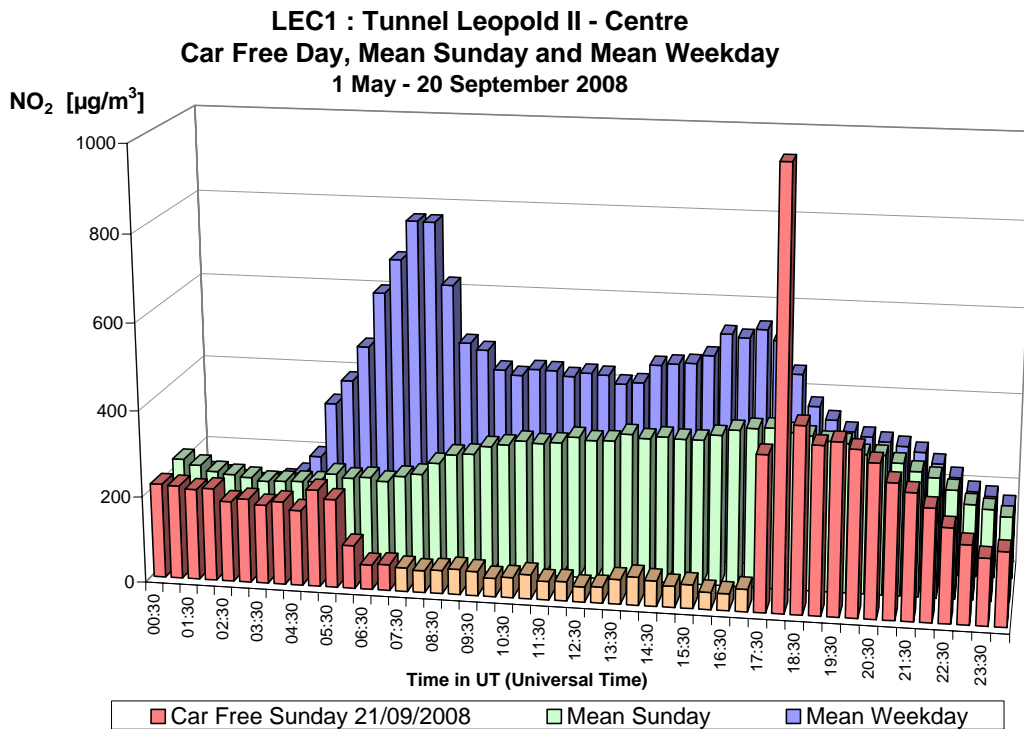


Fig. 27.a : NO₂ dans le tunnel Léopold II, direction Centre – Profil journalier du dimanche sans voiture 21-09-2008, d'un dimanche moyen et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2008'.

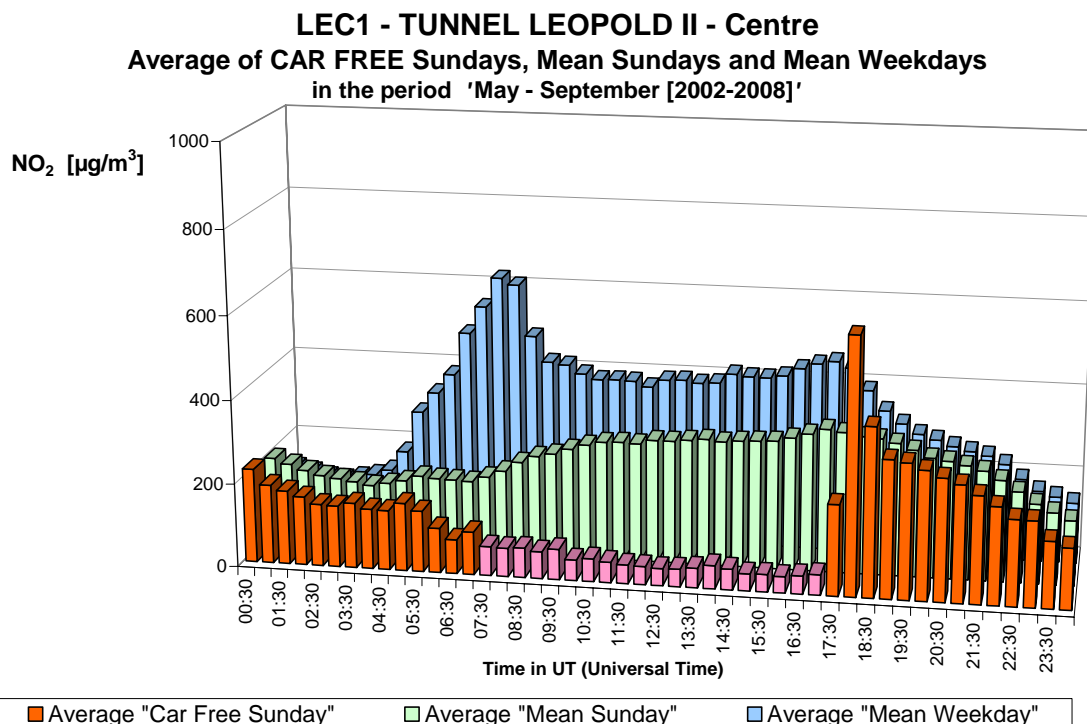


Fig. 27.b : NO₂ dans le tunnel Léopold II, direction Centre – Profil journalier sur les sept dimanches sans voiture et sur tous les dimanches et jours ouvrables des périodes 'mai – septembre 2002-2008'.

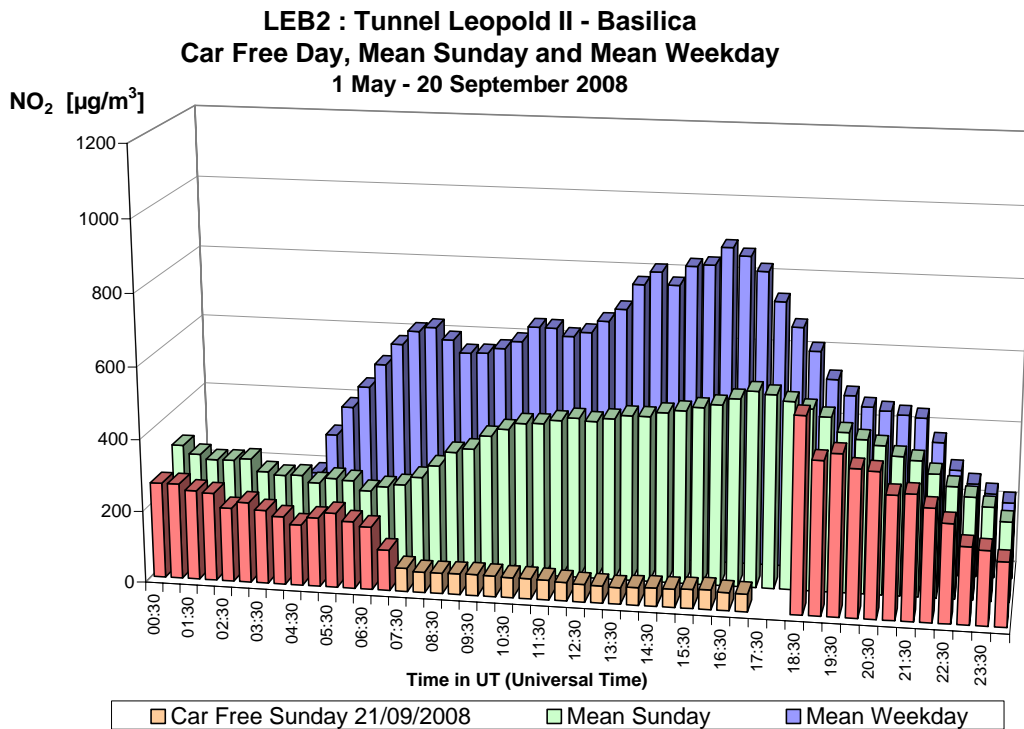


Fig. 28.a : NO₂ dans le tunnel Léopold II, direction Basilique – Profil journalier du dimanche sans voiture, d'un dimanche moyen et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2008'.

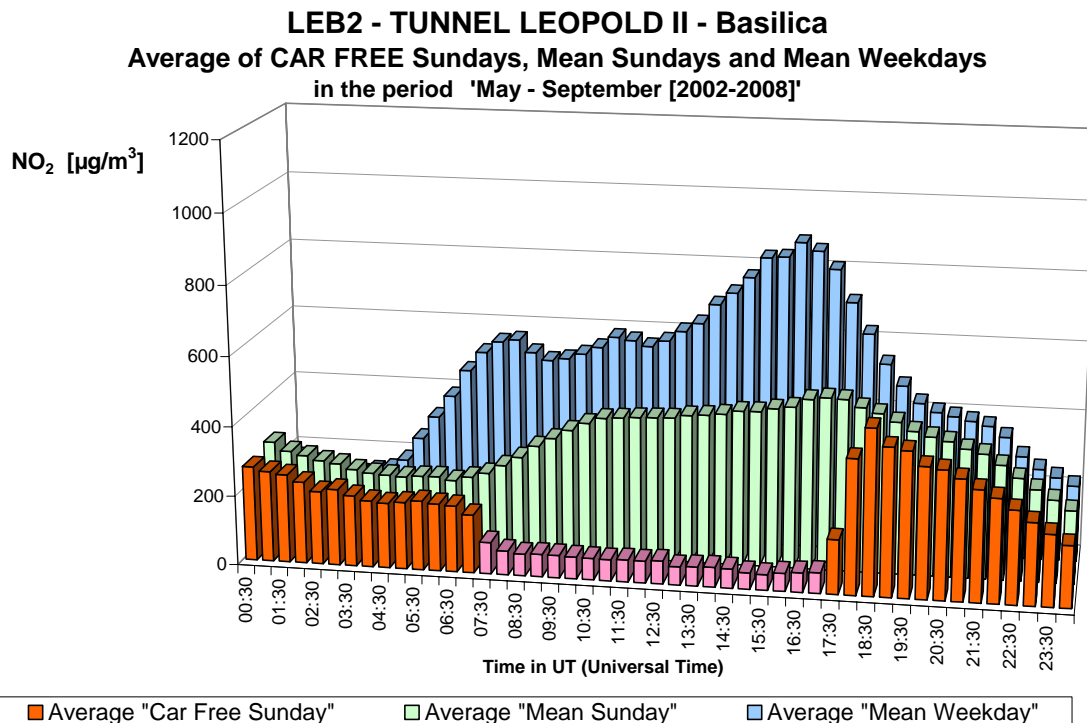


Fig. 28.b : NO₂ dans le tunnel Léopold II, direction Basilique – Profil journalier sur les sept dimanches sans voiture et sur tous les dimanches et jours ouvrables des périodes 'mai – septembre 2002-2008'.

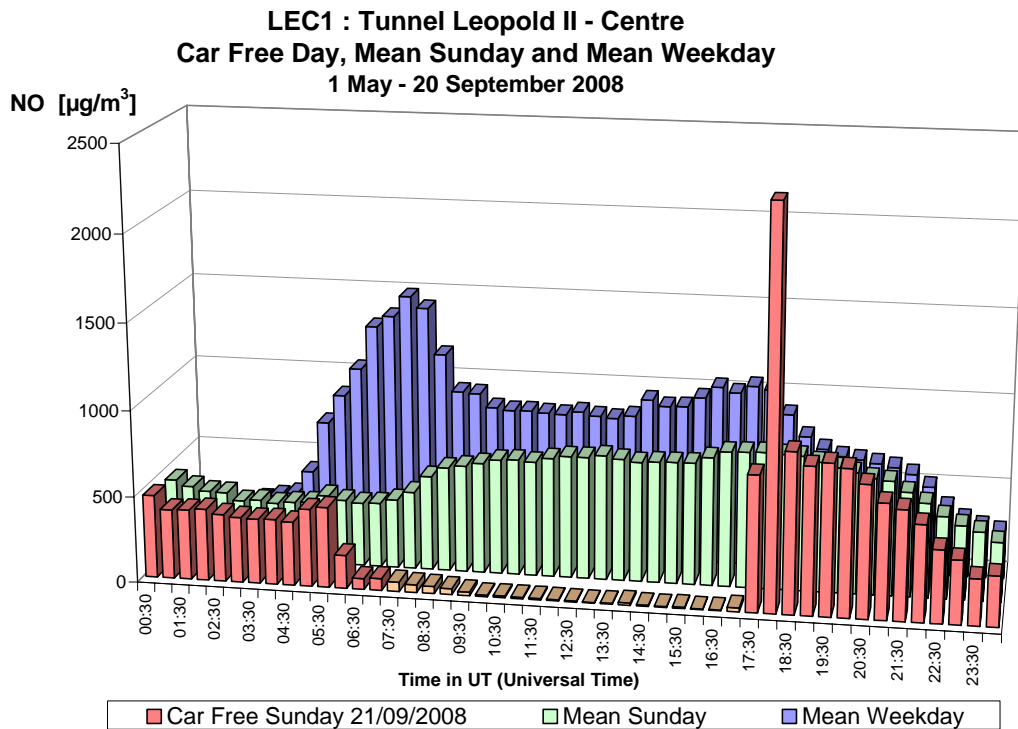


Fig. 29.a : NO dans le tunnel Léopold II, direction Centre – Profil journalier du dimanche sans voiture 21-09-2008, d'un dimanche moyen et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2008'.

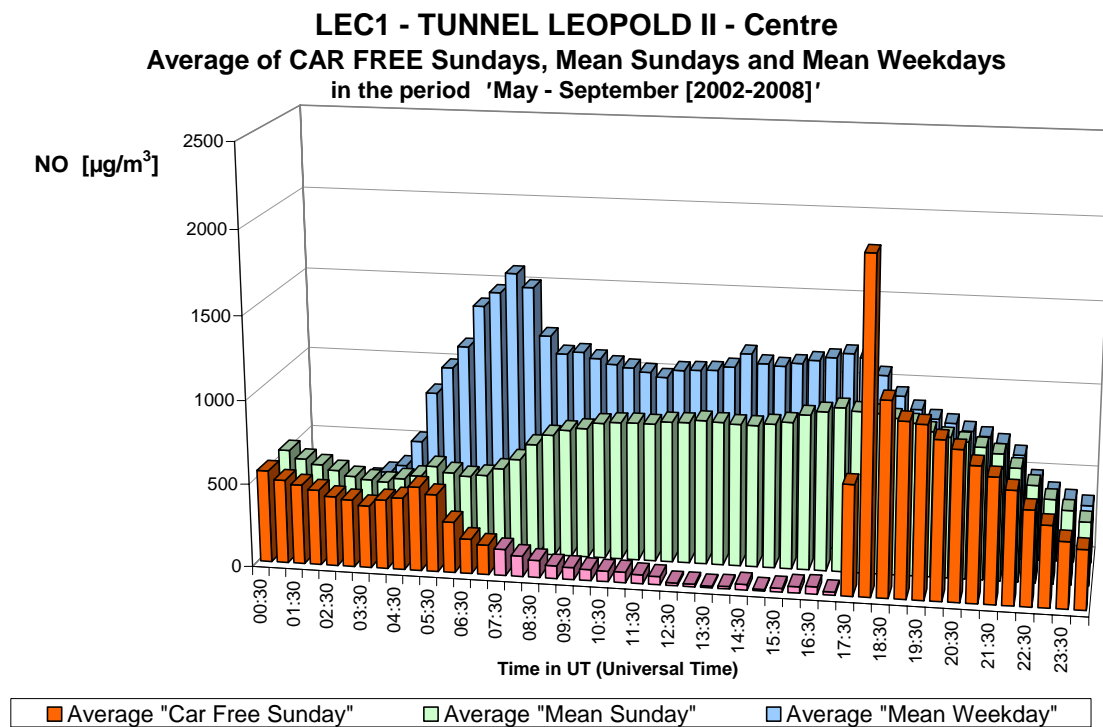


Fig. 29.b : NO dans le tunnel Léopold II, direction Centre – Profil journalier sur les sept dimanches sans voiture et sur tous les dimanches et jours ouvrables des périodes 'mai – septembre 2002-2008'.

LEB2 : Tunnel Leopold II - Basilica
Car Free Day, Mean Sunday and Mean Weekday
1 May - 20 September 2008

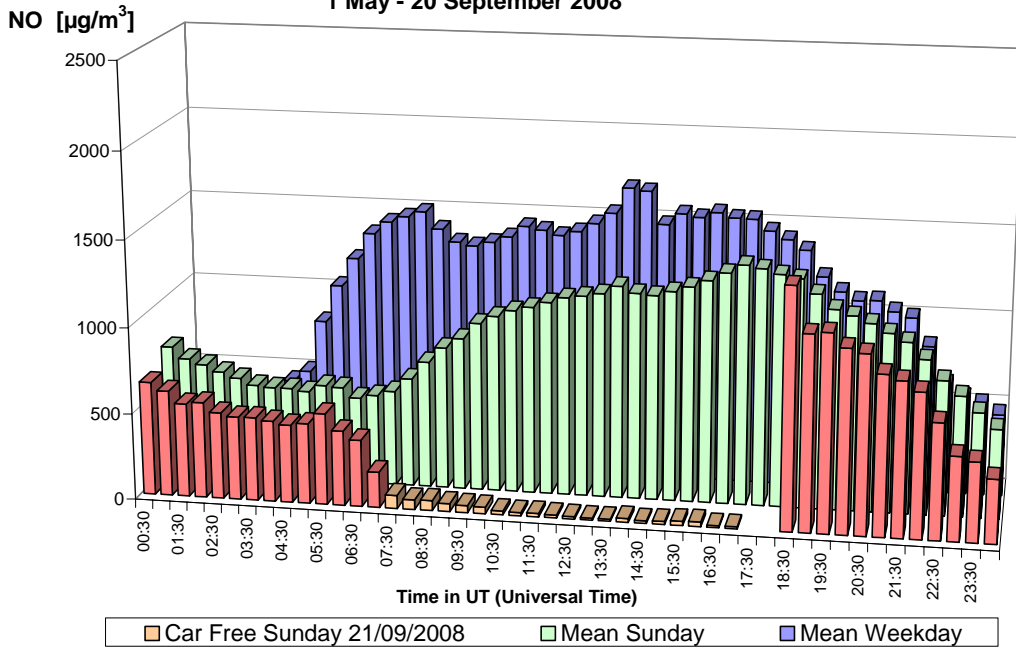


Fig. 30.a : NO dans le tunnel Léopold II, direction Basilique – Profil journalier du dimanche sans voiture, d'un dimanche moyen et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2008'.

LEB2 - TUNNEL LEOPOLD II - Basilica
Average of CAR FREE Sundays, Mean Sundays and Mean Weekdays
in the period 'May - September [2002-2008]'

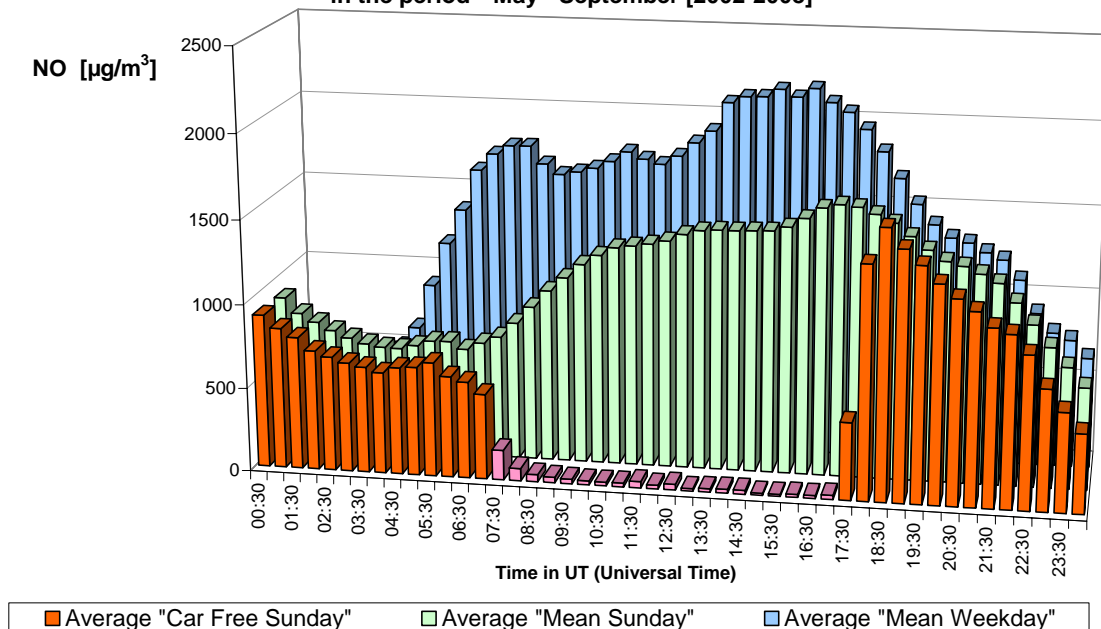


Fig. 30.b : NO dans le tunnel Léopold II, direction Basilique – Profil journalier sur les sept dimanches sans voiture et sur tous les dimanches et jours ouvrables des périodes 'mai – septembre 2002-2008'.

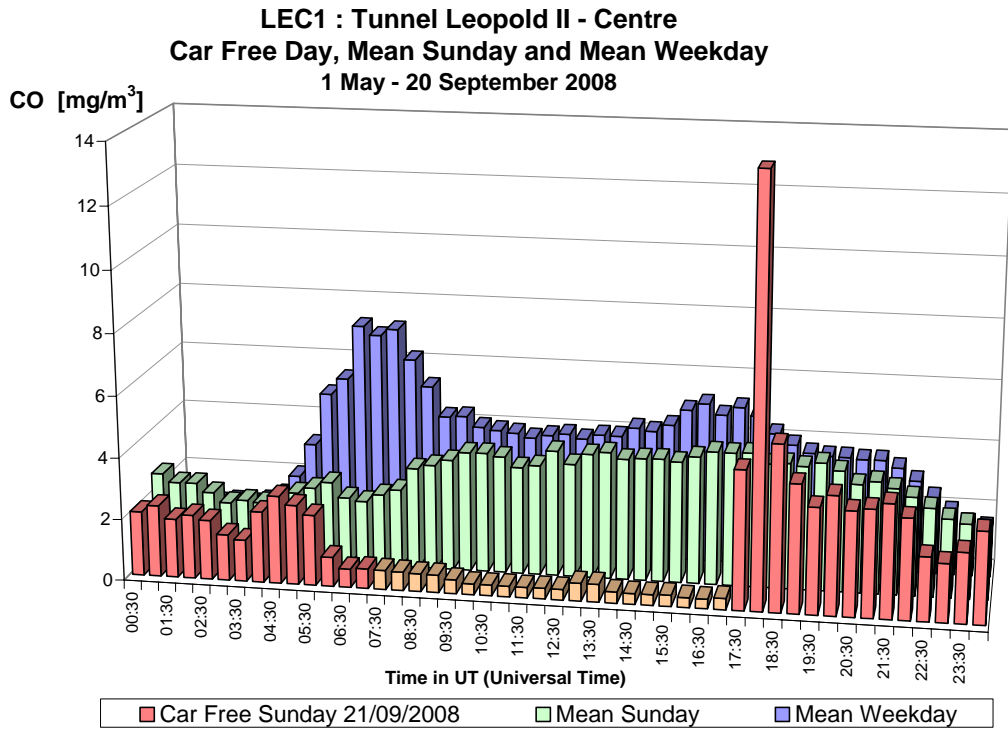


Fig. 31.a : CO dans le tunnel Léopold II, direction Centre – Profil journalier du dimanche sans voiture 21-09-2008, d'un dimanche moyen et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2008'.

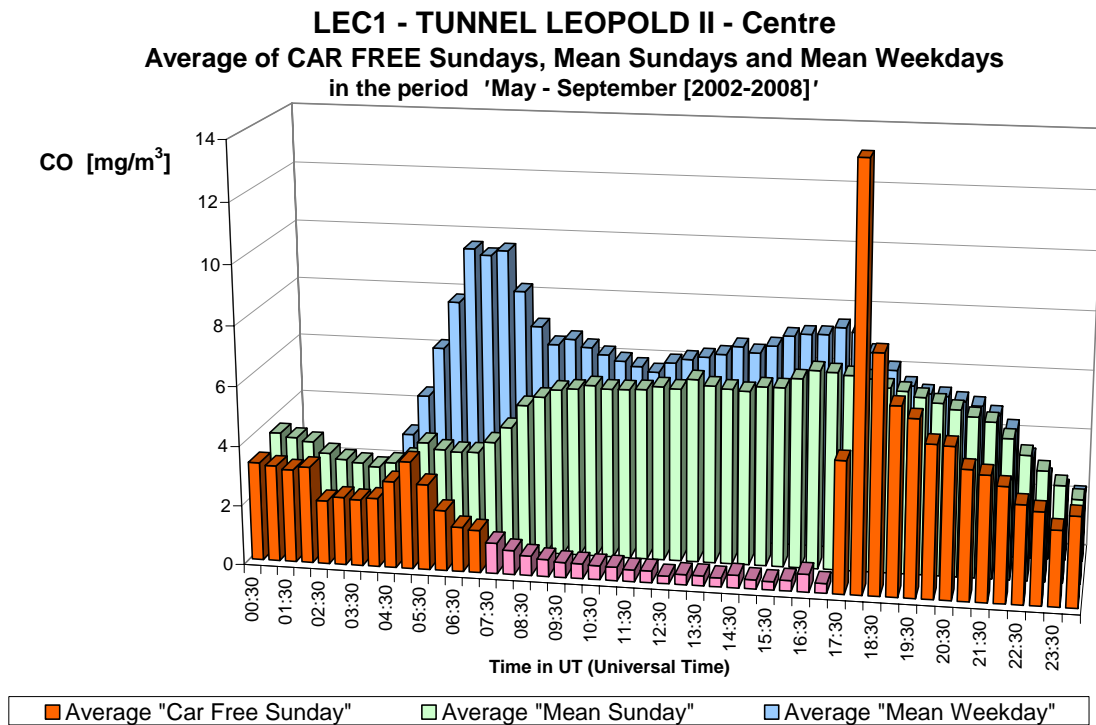


Fig. 31.b : CO dans le tunnel Léopold II, direction Centre – Profil journalier sur les sept dimanches sans voiture et sur tous les dimanches et jours ouvrables des périodes 'mai – septembre 2002-2008'.

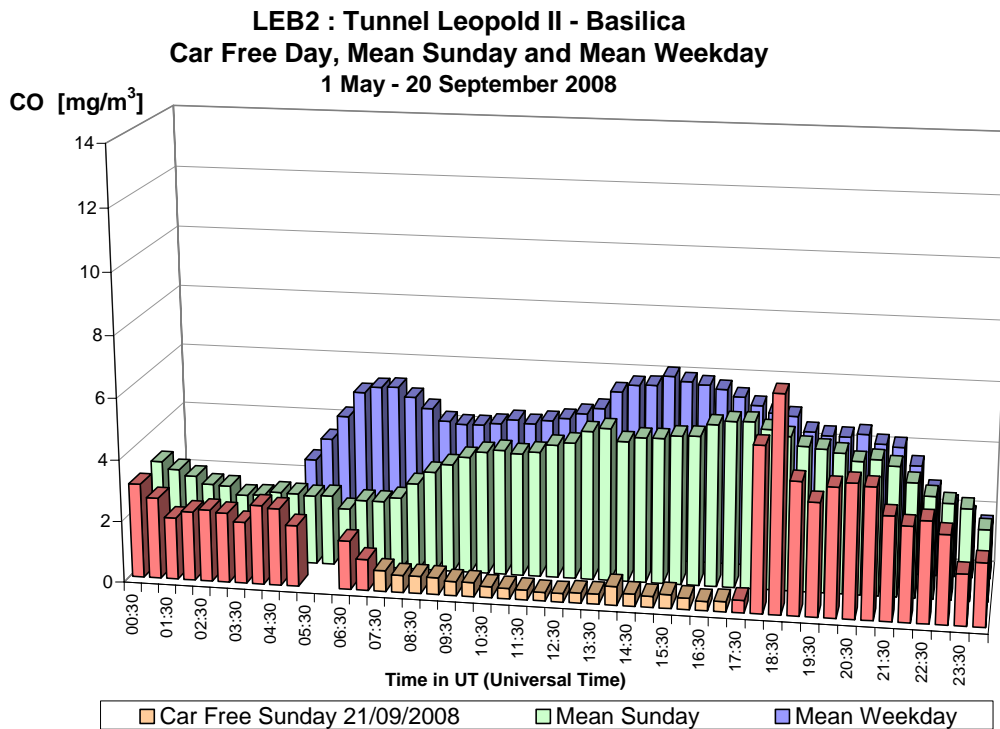


Fig. 32.a : CO dans le tunnel Léopold II, direction Basilique – Profil journalier du dimanche sans voiture, d'un dimanche moyen et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2008'.

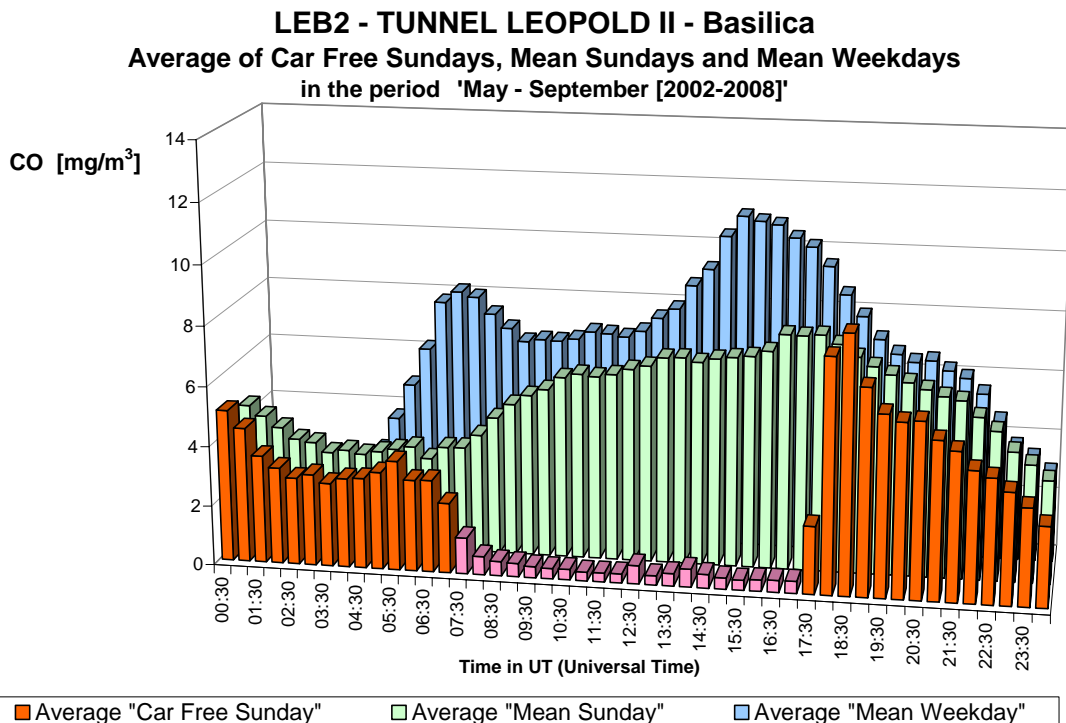


Fig. 32.b : CO dans le tunnel Léopold II, direction Basilique – Profil journalier sur les sept dimanches sans voiture et sur tous les dimanches et jours ouvrables des périodes 'mai – septembre 2002-2008'.

4.7 Résultats Tunnel et postes de mesure Trafic

Les niveaux de concentration relevés dans le tunnel sont plusieurs fois plus élevés que les niveaux dans l'air ambiant aux points de mesure avec trafic important.

Le réseau téléométrique de contrôle de la qualité de l'air en Région de Bruxelles-Capitale comporte deux postes de mesure orientés trafic: le poste de mesure dans l'avant port (N043) et le poste situé Avenue de la Couronne à Ixelles (R002), une rue de type "canyon" avec beaucoup de trafic.

Pour les jours ouvrables de la période hivernale *octobre 2008 – mars 2009*, les profils journaliers moyens calculés pour ces deux postes de mesure sont comparés avec ceux des postes de mesure du tunnel Leopold II. Les résultats pour le CO sont représentés à la figure 33 et ceux du NO₂ à la figure 34.

Les concentrations moyennes dans le tunnel sont, pour le CO et le NO, plus que 10 fois plus élevées qu'aux points de mesure extérieurs et 5 à 10 fois plus élevées pour le NO₂.

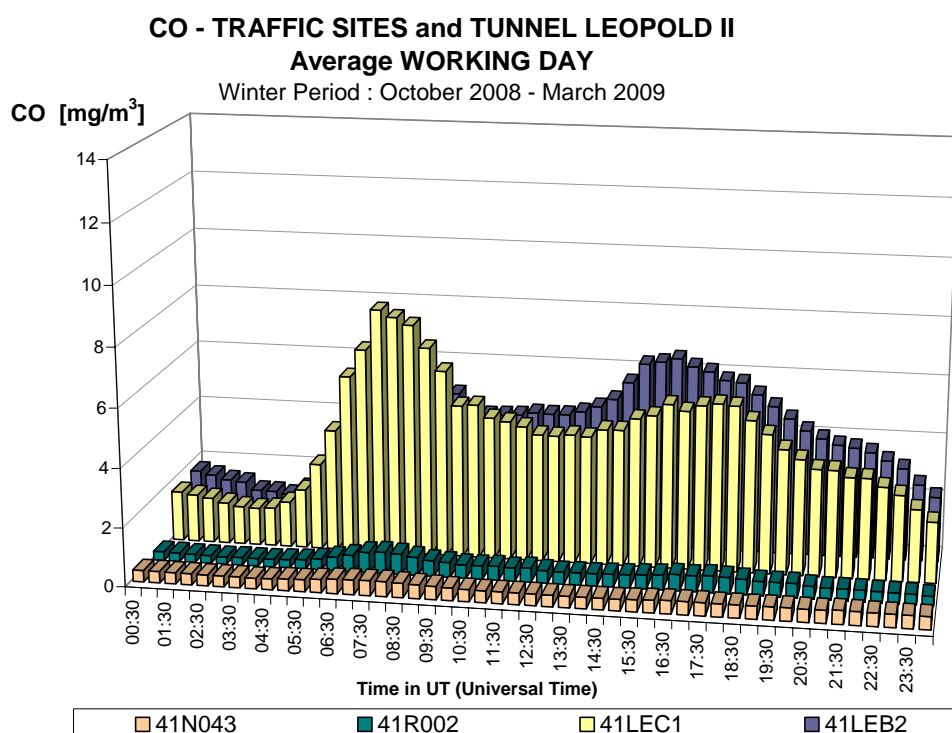


Fig. 33 : CO - Évolution journalière moyenne d'un jour ouvrable moyen (*hiver 2008-2009*)
Postes de mesure trafic à l'air ambiant – Avant Port (N043) et Av. de la Couronne (R002)
Postes de mesure du Tunnel Léopold II – LEC1 (Centre) et LEB2 (Basilique)

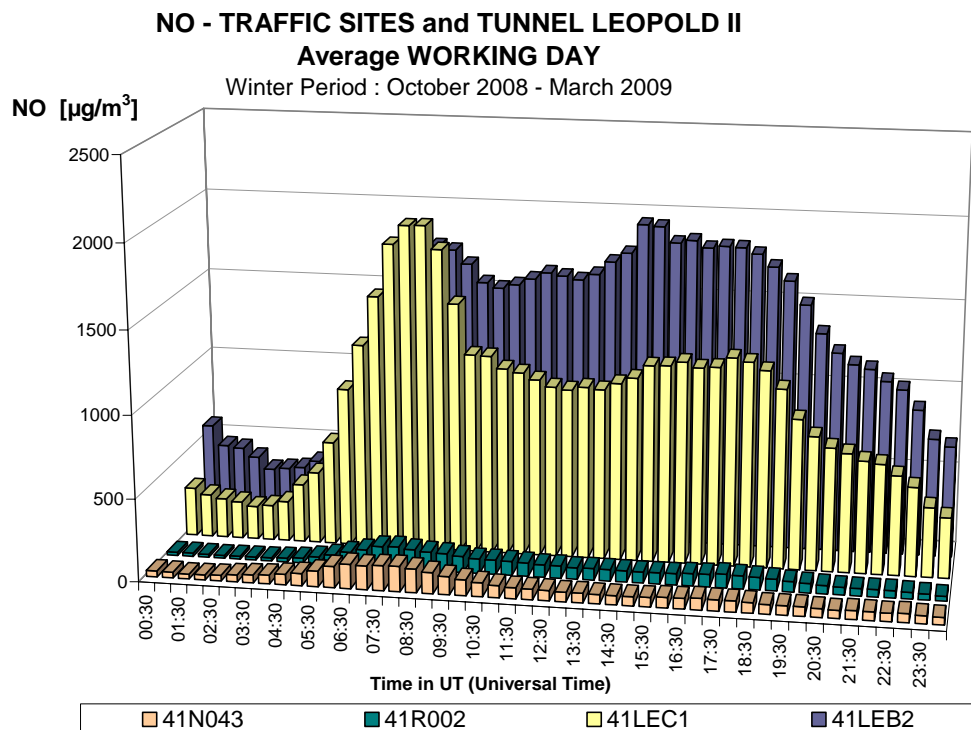
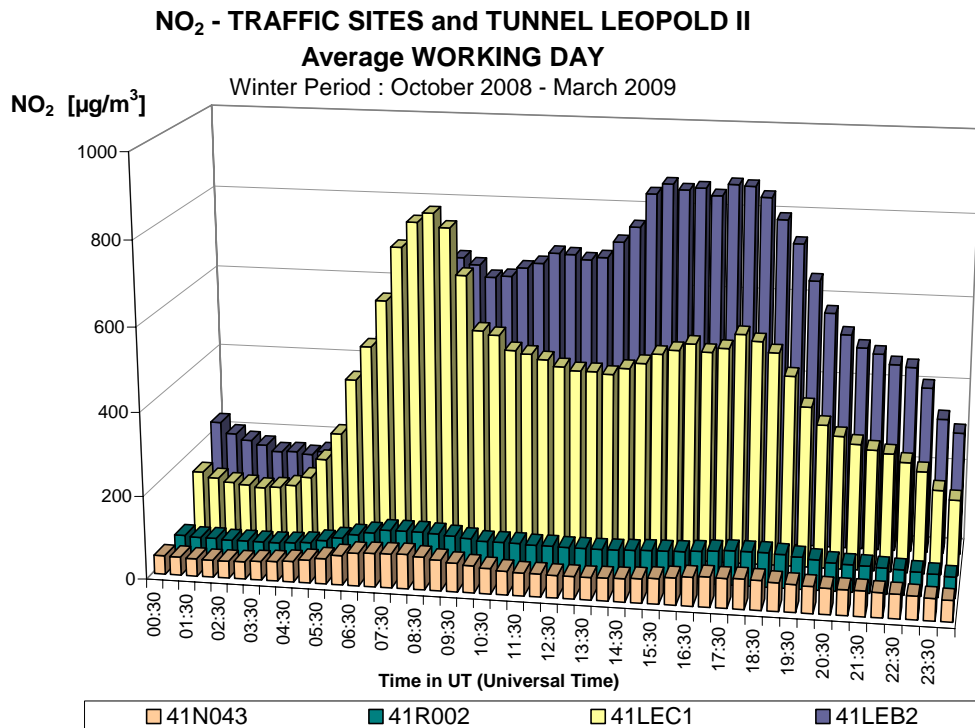


Fig. 34 : NO₂ et NO - Évolution journalière moyenne d'un jour ouvrable moyen (*hiver 2008-2009*)
 Postes de mesure trafic à l'air ambiant – Avant Port (N043) et Av. de la Couronne (R002)
 Postes de mesure du Tunnel Léopold II – LEC1 (Centre) et LEB2 (Basilique)

Résumé

Postes de mesure: au cours de l'an 2002 deux postes de mesure permanents ont été installés dans le tunnel Léopold II, un dans chaque sens. Un des postes de mesure (41LEC1) se trouve dans le tronçon de tunnel en direction du centre. La tête d'aspiration de l'air se trouve à quelques centaines de mètres de la fin du tunnel (poste de secours 111). A cet endroit il y a des risques de formation de files à l'heure de pointe du matin, ou en cas de perturbation (manifestations, ...) du trafic en ville.

L'autre poste de mesure (41LEB2), est installé dans un local technique du complexe Simonis. La tête d'aspiration se trouve dans le tronçon de tunnel en direction de la basilique de Koekelberg. Ce point de mesure se trouve à plusieurs centaines de mètres de la fin du tunnel. Vu la présence de feux tricolores à la fin du tunnel, l'influence de la formation de file peut se faire sentir à ce poste, par exemple lors de l'heure de pointe du soir.

Réglementation: l'arrêté du gouvernement de Bruxelles-Capitale sur la qualité de l'air dans les tunnels routiers du 22 décembre 1994 fixe des valeurs limites pour le CO et le NO₂ qui ne peuvent pas être dépassées:

- *Pour le monoxyde de carbone (CO) :*
 - o 100 ppm en moyenne sur l'ensemble des capteurs-analyseurs internes au tunnel considéré, pour une durée d'exposition maximale d'une demi-heure

- *Pour le dioxyde d'azote (NO₂) :*
 - o 1.000 µg/m³ (microgrammes par mètre cube) pour une durée d'exposition maximale de 20 minutes

 - o 400 µg/m³ (microgrammes par mètre cube) pour une durée d'exposition d'une heure

 - o variation linéaire entre les deux valeurs précitées pour une durée d'exposition de 20 minutes à 1 heure (*p.ex. 850 µg/m³ pour une demi-heure*)

Les valeurs limites dans les tunnels lient de façon explicite la durée d'exposition et la concentration qui lui est associée. Cela signifie que la concentration horaire de NO₂ ne peut pas être supérieure à 400 µg/m³ durant un temps d'exposition effectif d'une heure.

Par expérience, on peut constater qu'il y a peu de chance que des automobilistes soient bloqués pendant une heure dans le tunnel Léopold II. Par contre il peut arriver que des automobilistes séjournent pendant 10 à 20 minutes dans ce tunnel, p.ex. lors des heures de pointe du matin ou du soir. Au ralenti ou dans les files, les émissions de NO₂ et de CO augmentent. Les automobilistes restent donc plus longtemps aux endroits où les concentrations de ces polluants sont les plus élevées.

Résultats: Pour le CO, la valeur limite est de 100 ppm (= 116,5 mg/m³) pour une exposition de 30 minutes. Au cours de l'année 2008 il n'y a pas eu de dépassement de ce seuil.

Pour le NO₂ il y a une valeur limite de 400 µg/m³ pour une exposition d'une heure et une valeur limite de 850 µg/m³ pour une exposition de 30 minutes. Pour le poste 41LEC1, le niveau de 850 µg/m³ se situe entre les centiles P95 et P98 des valeurs semi horaires. Pour le poste 41LEB2 ce niveau se situe entre les centile P90 et P95. Cela signifie que le nombre de dépassements reste comparable au nombre constaté en 2007 : environ 2 % des valeurs semi horaires au poste LEC1 et environ 10% au poste LEB2.

Pour le poste en direction de la basilique (41LEB2), on constate en 2008 une diminution du nombre de dépassements : 1.367 valeurs semi horaires en 223 jours en 2008 à comparer à 1.809 valeurs semi horaires en 249 jours en 2007. Dans le poste de mesure en direction du centre (41LEC1), une croissance importante du nombre de dépassements (environ la moitié) a également été constatée : 753 valeurs semi horaires en 182 jours en 2008 à comparer à 534 valeurs semi horaires en 153 jours en 2007.

Le niveau de 400 µg/m³ se situe entre le P60 et P70 des valeurs horaires pour le poste de mesure LEC1 et entre le P30 et P40 pour le poste de mesure LEB2. Cela signifie que le nombre de valeurs horaires supérieures à 400 µg/m³ représente plus de 30% du total des valeurs horaires pour le poste de mesure en direction du centre (LEC1) et plus de 60% du total des valeurs horaires pour le poste de mesure en direction de la basilique (LEB2).

Pour le poste de mesure en direction de la basilique (41LEB2), le nombre de valeurs horaires supérieures à 400 µg/m³ atteint plus de 60% du nombre de valeurs horaires les *jours ouvrables* et environ 50% du nombre de valeurs horaires les *jours non ouvrables*. Pour le poste de mesure en direction du centre (41LEC1), cela devient plus de 40% du nombre des valeurs horaires les *jours ouvrables* et plus de 10% du nombre de valeurs horaires les *jours non ouvrables*.

Pour l'année 2008, la moyenne des valeurs horaires de NO₂ atteint 376 µg/m³ dans le poste de mesure LEC1 et 506 µg/m³ dans le poste LEB2. Une augmentation nette des concentrations moyennes en NO₂ a été constatée depuis l'an 2006. En 2008 il y a encore eu une légère augmentation au poste LEC1. Par contre, au poste LEB2, une légère diminution a été constatée. Le tableau ci-dessous présente l'évolution des concentrations moyennes en NO₂ dans les deux segments du tunnel, ainsi que les concentrations moyennes des jours ouvrables et non ouvrables.

NO₂ – Évolution de la CONCENTRATION MOYENNE ANNUELLE [en µg/m³]

Année	Moyenne Annuelle Tous les Jours		Moyenne Jours ouvrables		Moyenne Jours non ouvrables	
	LEC1	LEB2	LEC1	LEB2	LEC1	LEB2
2003	278	363	297	391	235	302
2004	279	375	298	404	235	309
2005	283	409	305	444	233	333
2006	338	455	365	490	281	379
2007	350	539	375	577	295	456
2008	376	506	404	541	316	425

Pour tous les polluants, les concentrations mesurées sont *en moyenne plus élevées* les jours ouvrables que les jours non ouvrables. En 2008, les moyennes horaires du NO₂ atteignent 404 µg/m³ (41LEC1) et 541 µg/m³ (41LEB2) les jours ouvrables, contre respectivement 316 µg/m³ et 425 µg/m³ les jours non ouvrables.

Pour un usager régulier du tunnel (220 jours ouvrables - l'heure de pointe du matin et du soir), l'exposition annuelle en NO₂ augmente d'environ 5 à 6 µg/m³. Pour un usager régulier, habitant d'une zone résidentielle avec une concentration moyenne annuelle de 30 à 32 µg/m³ en NO₂, cela signifie une augmentation de l'exposition annuelle moyenne de 15 à 20%. Pour ces habitants l'exposition annuelle moyenne pourrait atteindre ou dépasser la valeur limite pour l'air ambiant : une moyenne annuelle limitée à 40 µg/m³ à partir de 2010.

Pour les années 2006 à 2008 on constate, dans les deux postes de mesures, une croissance des concentrations en NO₂ par rapport à la période 2003-2005. Pour le CO, on constate en 2008 une légère baisse des niveaux moyens ainsi que des niveaux de centiles les plus élevés. Pour NO et NO_x la diminution des concentrations ne se poursuit plus.

Les niveaux de concentration relevés dans le tunnel sont plusieurs fois plus élevés que les niveaux à l'air ambiant. En moyenne, les concentrations de CO et de NO dans le tunnel sont plus que 10 fois plus élevées, et pour le NO₂ 5 à 10 fois plus élevées, qu'aux points de mesure extérieurs.

Dépassements: le nombre de valeurs de pointe, notamment les dépassements de la valeur seuil de **1.000 µg/m³** en **moyenne sur 20 minutes**, est plus élevé au point de mesure en direction de la basilique. Sur toute l'année 2008, on y a constaté 1.172 dépassements en 179 jours contre 911 en 159 jours dans le poste de mesure en direction du centre. Pour le poste en direction de la basilique ceci signifie une diminution (d'un quart) du nombre de dépassements par rapport aux 1.531 périodes en 212 jours en 2007. Pour le poste en direction du centre le nombre de dépassements a augmenté d'environ 50% : 911 périodes en 159 jours en 2008 contre 620 périodes en 123 jours en 2007.

Au point de mesure en direction du centre, les valeurs élevées se produisent surtout les jours ouvrables pendant la période de pointe du matin et, dans une moindre mesure, en cours de journée ou dans la soirée. Les dépassements plutôt rares des week-ends ont lieu l'après-midi ou en début de soirée. Le nombre de pics pourrait probablement être réduit si le signal de mesure des concentrations NO₂ était pris en compte dans l'algorithme de commande de la ventilation du tunnel.

Dans le poste de mesure en direction de la basilique, le seuil de **400 µg/m³** en tant que **valeur horaire** est fréquemment dépassé: avec 400 à 500 valeurs horaires par mois, 28 à 31 jours par mois ou en moyenne une quinzaine de dépassements par jour. Dans le poste de mesure en direction du centre ce seuil est dépassé moins souvent : 111 à 370 dépassements par mois, répartis sur 20 à 30 jours ou en moyenne neuf heures de dépassements par jour.

Pour faire baisser les concentrations moyennes et le nombre de dépassements de ce seuil, une ventilation continue sur de plus longues périodes serait nécessaire.

Profil journalier et hebdomadaire: dans les deux postes de mesure, et pour tous les paramètres mesurés (NO₂, NO et CO), les concentrations sont en moyenne les plus élevées les jours ouvrables et en moyenne plus élevées les samedis que les dimanches. Dans le poste de mesure en direction du centre, on constate pour le jour ouvrable moyen de la période hivernale *octobre 2008-mars 2009*, un pic matinal très net. Ce pic matinal est également présent pendant la période estivale *avril – septembre 2008*.

Au point de mesure en direction de la basilique, il y a, les jours ouvrables pendant la période hivernale 2008/2009, une légère augmentation de la concentration lors de la pointe du matin. En fin d'après-midi et jusque dans la soirée, il y a en permanence des concentrations élevées. Pour le NO et le NO₂, on ne peut cependant pas parler d'un véritable pic de concentration. Les concentrations restent à un niveau élevé durant toute la journée.

Un dimanche sans voiture: le dimanche 21 septembre 2008, dans le cadre d'une action européenne, la Région de Bruxelles-Capitale a organisé pour la septième fois une journée sans voiture. De 9 à 19 h heure locale (7 à 17 h TU), le trafic motorisé privé a été pratiquement complètement interdit sur l'entièreté du territoire de la Région.

Le profil journalier des concentrations permet de constater que le dimanche sans voiture, durant la période d'interdiction, les concentrations dans le tunnel étaient nettement plus basses qu'un dimanche moyen.

Table de Matières

Mesures de la Qualité de l'Air dans le tunnel Léopold II	1
1. Postes de mesure	2
2. Programme de mesure	2
3. Réglementation	4
4. Résultats	5
4.1 Évolution graphique des données de mesures	5
4.2 Distribution de Fréquences Cumulées	10
4.3 Dépassements	26
4.4 Profil journalier moyen	37
4.5 Profil hebdomadaire moyen	44
4.6 Résultats d'une journée sans voiture	51
4.7 Résultats Tunnel et postes de mesures Trafic	58
Résumé	60