



BRUXELLES ENVIRONNEMENT
LEEFMILIEU BRUSSEL
- IBGE · BIM -

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

Période Janvier 2006 – Mars 2007

RAPPORT

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

MAI 2007

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 nouveaux postes de mesure permanents ont été installés dans le tunnel Léopold II, 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 nouveaux 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 d'Analyse et de Recherche (LAR) 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 LAR 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 LAR. Les résultats des périodes annuelles précédentes ont été rapportés auparavant (5, 6, 7).

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-LAR - avril 2004)*
6. *Mesures de la Qualité de l'air dans le tunnel Léopold II. Période « Janvier 2004 – Mars 2005 » (IBGE-LAR – mai 2005)*
7. *Mesures de la Qualité de l'air dans le tunnel Léopold II. Période « Janvier 2005 – Mars 2006 » (IBGE-LAR – juillet 2006)*

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 nouveaux 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 téléométrique 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	8	140.544	8 * 2	8.432.640
2005-2006	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 2006. 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:

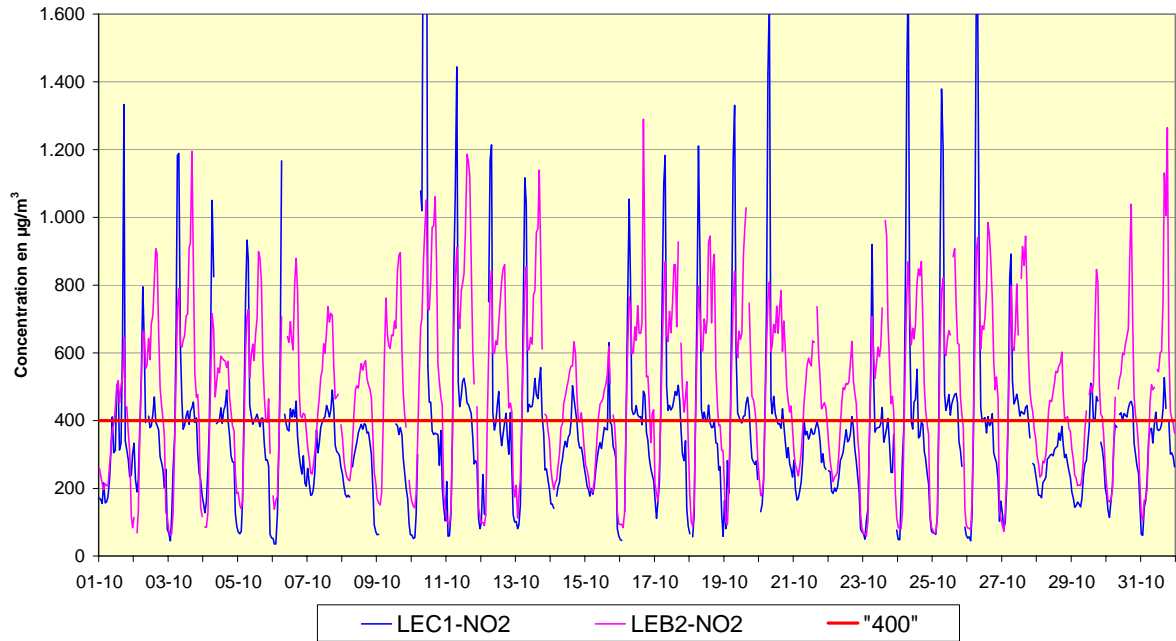
400 µg/m³ pour une exposition d'une heure
850 µg/m³ pour une exposition d'une demi-heure

De façon analogue, les valeurs horaires et semi-horaires en NO en 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.

Les résultats des valeurs minutes et de la moyenne glissante sur 20 minutes pour le NO₂, obtenues le mardi 3 octobre 2006 (graphique du dessus) et le lundi 16 octobre 2006 (graphique du dessous), sont représentés graphiquement dans la figure 4.

**NO₂ - VALEURS HORAIRES - TUNNEL LEOPOLD II
OCTOBRE 2006**



**NO₂ - VALEURS SEMI-HORAIRES - TUNNEL LEOPOLD II
OCTOBRE 2006**

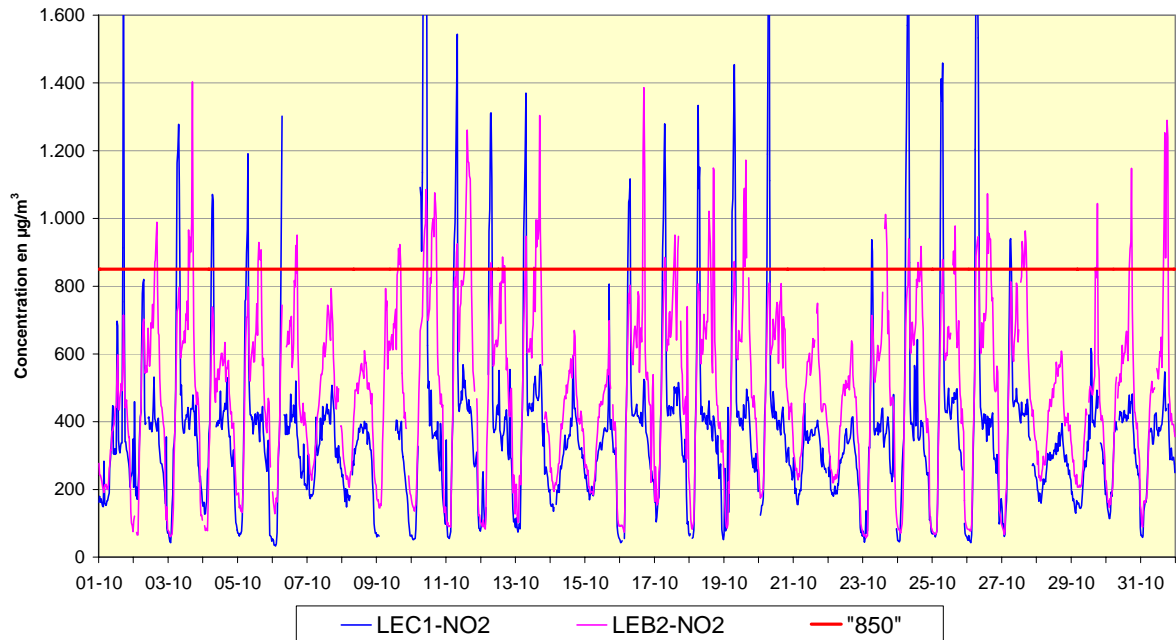
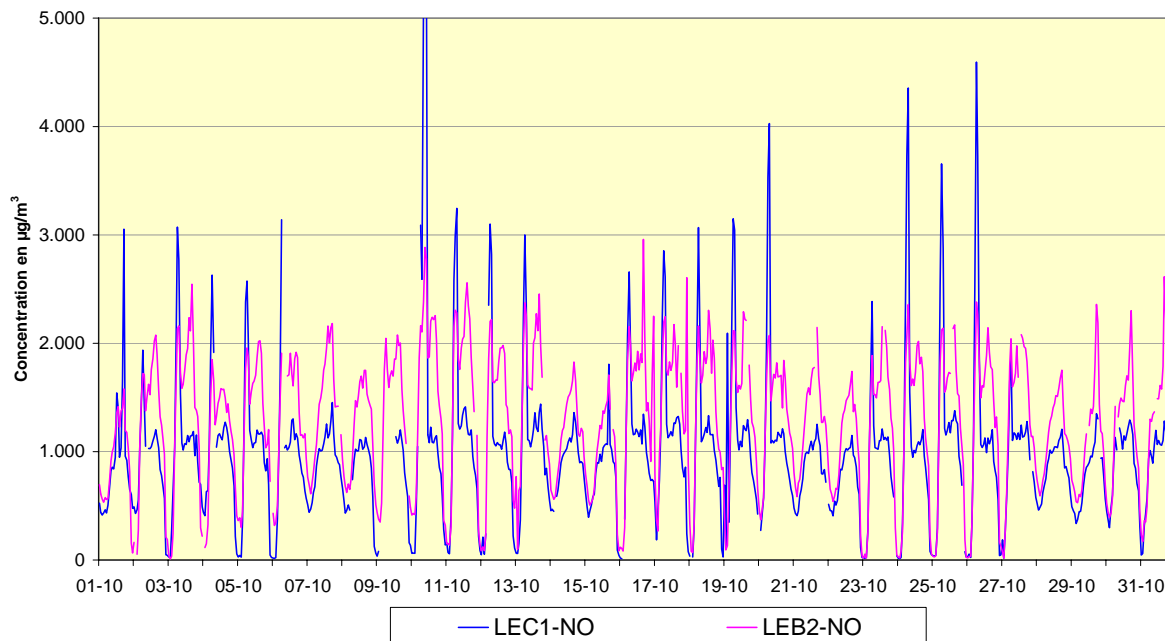


Fig. 1: NO₂ - Évolution des valeurs horaires et semi-horaires en octobre 2006
Poste de mesure 41LEC1, direction Centre – Poste de mesure 41LEB2, direction Basilique

**NO - VALEURS HORAIRES - TUNNEL LEOPOLD II
OCTOBRE 2006**



**NO - VALEURS SEMI-HORAIRES - TUNNEL LEOPOLD II
OCTOBRE 2006**

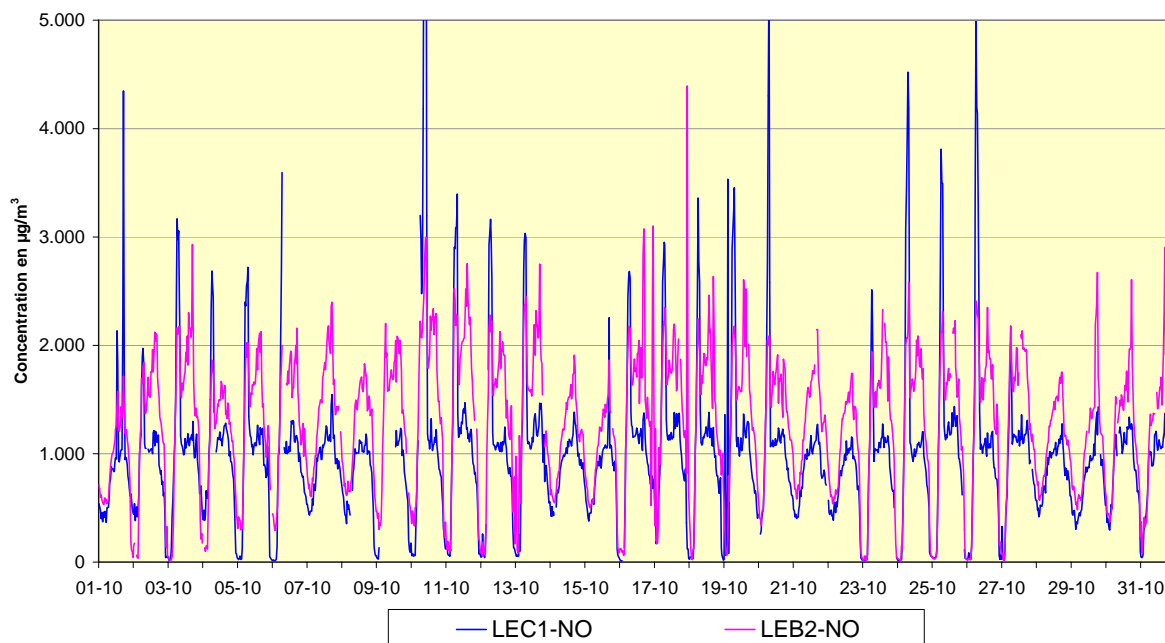
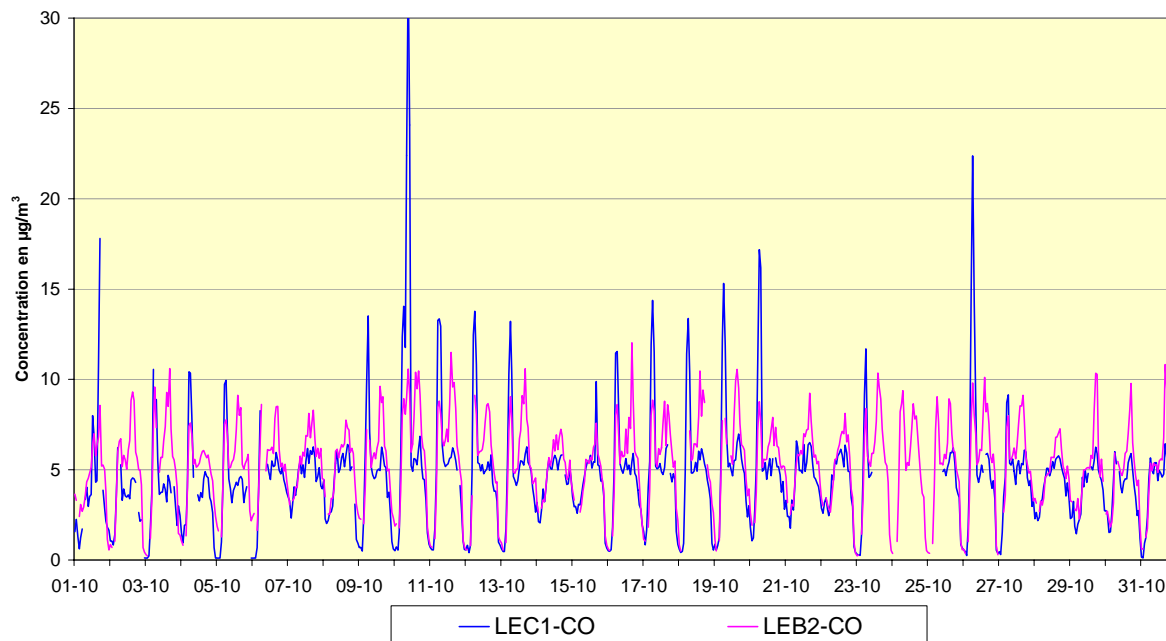


Fig. 2: NO - Évolution des valeurs horaires et semi-horaires en octobre 2006
Poste de mesure 41LEC1, direction Centre – Poste de mesure 41LEB2, direction Basilique

**CO - VALEURS HORAIRES - TUNNEL LEOPOLD II
OCTOBRE 2006**



**CO - VALEURS SEMI-HORAIRES - TUNNEL LEOPOLD II
OCTOBRE 2006**

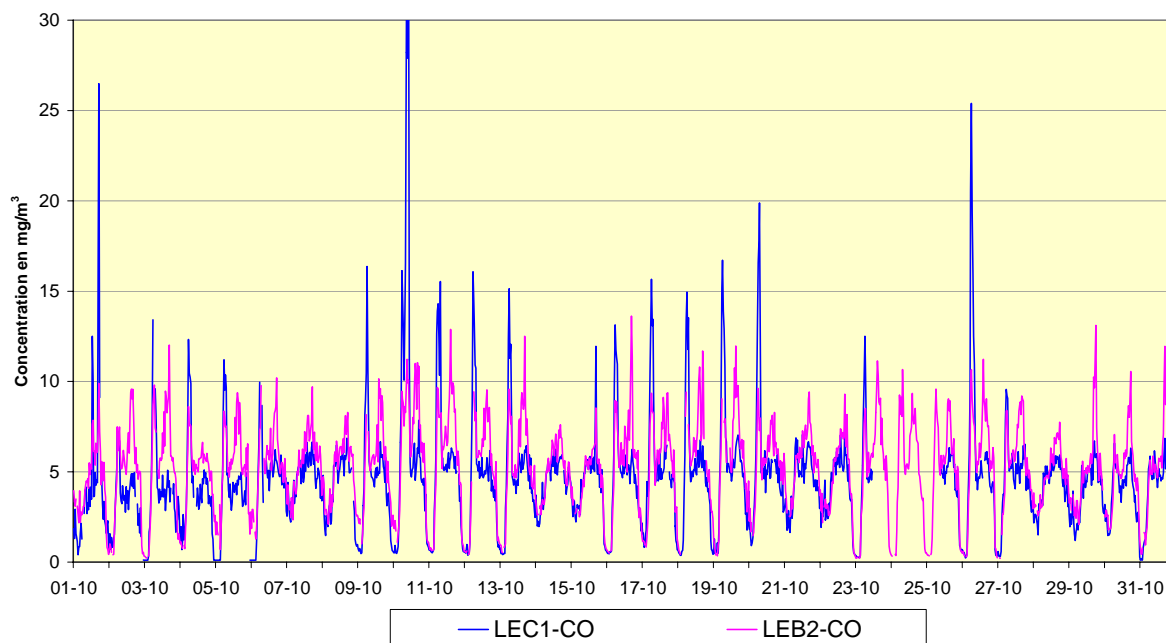
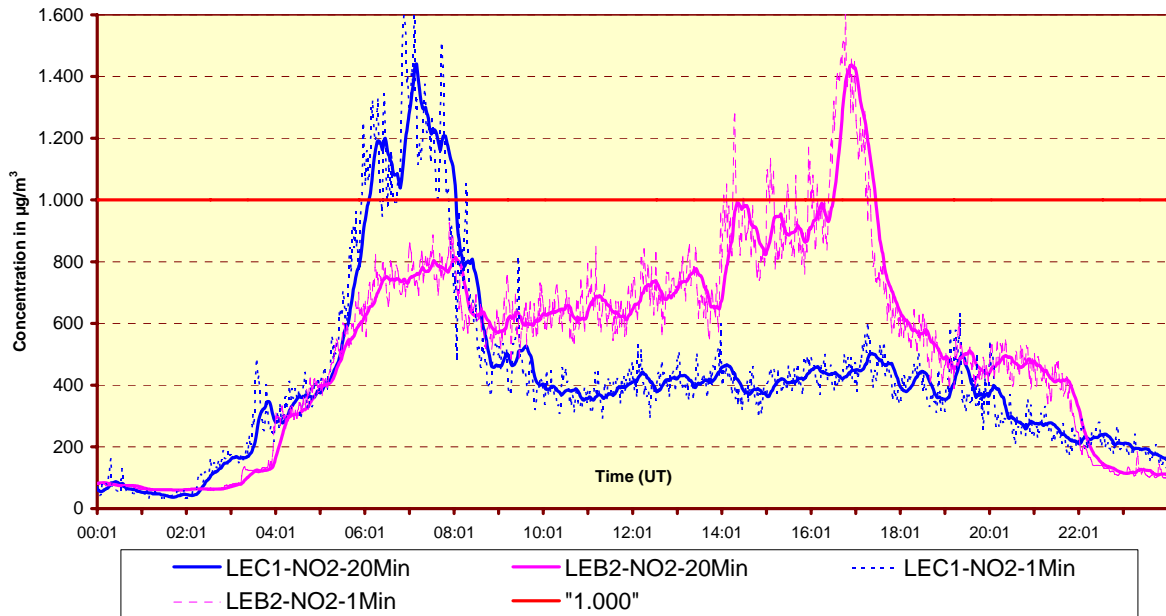


Fig. 3: CO - Évolution des valeurs horaires et semi-horaires en octobre 2006
Poste de mesure 41LEC1, direction Centre – Poste de mesure 41LEB2, direction Basilique

**NO₂ - 20-Minutes Average - Tunnel Leopold II
Tuesday 03 October 2006**



**NO₂ - 20-Minutes Average - Tunnel Leopold II
Monday 16 October 2006**

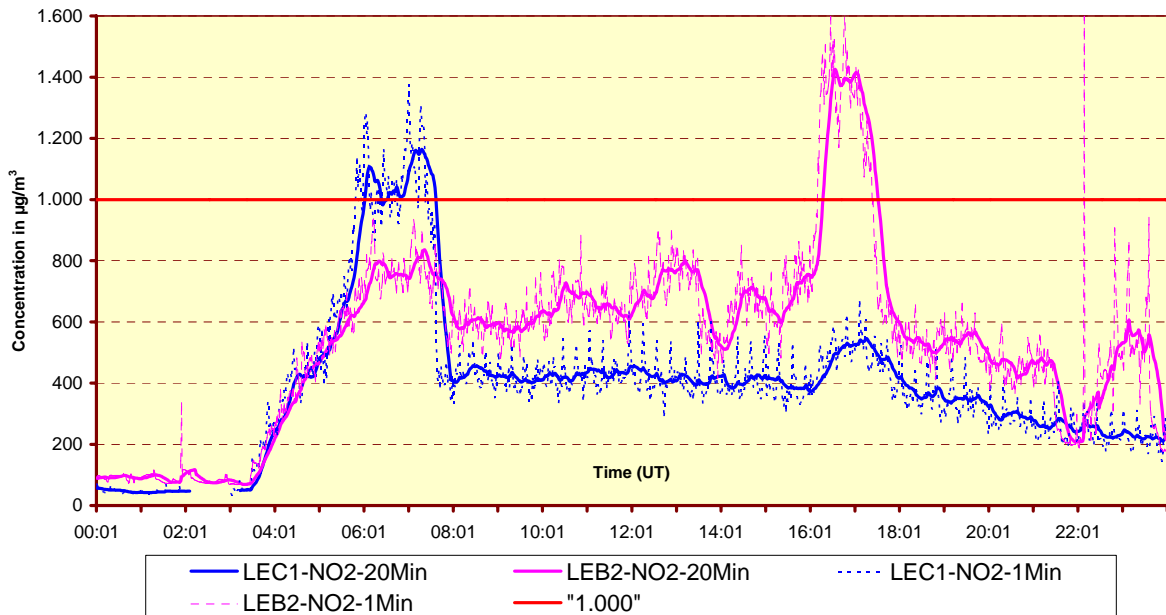


Fig. 4: NO₂ – évolution des valeurs minutes et de la moyenne glissante sur 20 minutes dans les deux postes de mesure du tunnel Léopold II
Mardi 03 octobre et lundi 16 octobre 2006

4.2 Distribution des fréquences cumulées

Pour l'année calendrier 2006, 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 II et III. Les résultats y sont comparés à ceux des années précédentes (2003 à 2005). Le tableau II contient les résultats des valeurs semi-horaires, les résultats des valeurs horaires se trouvent dans le tableau III.

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 2006 la valeur maximale de CO est de 37,28 mg/m³ dans le poste de mesure 41LEC1 (centre) et de 21,47 mg/m³ dans le poste de mesure 41LEB2 (basilique). Au cours de l'année 2006, la valeur limite pour le CO n'a pas été dépassée. Au cours de l'année 2003 la concentration maximale s'élevait respectivement à 62,34 mg/m³ (LEC1) et 32,58 mg/m³ (LEB2). En 2004 le maximum se situait à 135,69 µg/m³ (un seul dépassement) au poste de mesure 41LEC1 et à 29,31 mg/m³ au poste 41LEB2, et en 2005 à 69,35 mg/m³ (LEC1) et 22,81 mg/m³ (LEB2).

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 proche du centile P95. Cela signifie qu'au poste de LEC1, les dépassements de ce niveau ont doublés par rapport à 2005 : de moins de 1 % des valeurs semi-horaires à plus de 2%. Au poste LEB2, le nombre de dépassements a augmenté de plus de 2% à environ 5%.

Le niveau de 400 µg/m³ se situe entre le P70 et P80 des valeurs horaires pour le poste de mesure LEC1 et entre le P40 et P50 pour le poste de mesure LEB2. Cela signifie que le nombre de valeurs horaires supérieures à 400 µg/m³ représente plus de 20% du total des valeurs horaires pour le poste de mesure en direction du centre (LEC1) et plus de 50% du total des valeurs horaires pour le poste de mesure en direction de la basilique (LEB2). Pour l'année 2006, la moyenne des valeurs horaires de NO₂ atteint 338 µg/m³ dans le poste de mesure LEC1 et 455 µg/m³ dans le poste LEB2, à comparer respectivement avec 283 µg/m³ et 409 µg/m³ en 2005, 279 µg/m³ et 375 µg/m³ en 2004 et 278 µg/m³ et 363 µg/m³ en 2003.

Les tableaux IV (valeurs semi-horaires) et V (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 VI et VII donnent les résultats analogues pour les jours non ouvrables (*tous les jours non ouvrables – toutes les valeurs du jour*).

Pour les valeurs semi-horaires (tableaux IV et VI), il apparaît que les concentrations de NO₂ supérieures à 850 µg/m³ se produisent presque exclusivement les *jours ouvrables*. Au poste de mesure LEC1 on note, pour les jours *non ouvrables* 8 dépassement en 2006 à comparer à aucun en 2005, 24 en 2004 et 5 en 2003. En direction de la basilique il y a eu 14 dépassements 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 365 µg/m³ (41LEC1) et 490 µg/m³ (41LEB2) les jours ouvrables contre respectivement 281 µg/m³ et 379 µg/m³ les jours non ouvrables.

On constate une augmentation de la valeur moyenne en NO₂ dans les deux postes de mesures. Ce constat peut être observé pour les trois types de sélection : *tous les jours*, *tous les jours ouvrables* et *tous les jours non ouvrables*. Au poste de mesure LEB2 on constate cette augmentation déjà depuis le début des mesures.

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 40% du nombre de valeurs horaires les *jours non ouvrables*. Pour le poste de mesure en direction du centre (41LEC1), cela devient plus de 30% du nombre des valeurs horaires les *jours ouvrables* et plus de 5% 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 2003, 2004, 2005 et 2006, 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.

En 2006 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 2006 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 2007* ». 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 0,20 fin 2006.

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 II: DISTRIBUTION de FRÉQUENCES 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
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
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
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
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
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
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
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

**Tableau III: DISTRIBUTION de FRÉQUENCES 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
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
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
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
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
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
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
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

**Tableau IV: DISTRIBUTION de FRÉQUENCES 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
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
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
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
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
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
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
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

**Tableau V: DISTRIBUTION de FRÉQUENCES 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
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
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
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
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
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
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
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

**Tableau VI: DISTRIBUTION de FRÉQUENCES 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
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
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
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
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
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
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
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

**Tableau VII: DISTRIBUTION de FRÉQUENCES 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
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
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
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
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
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
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
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

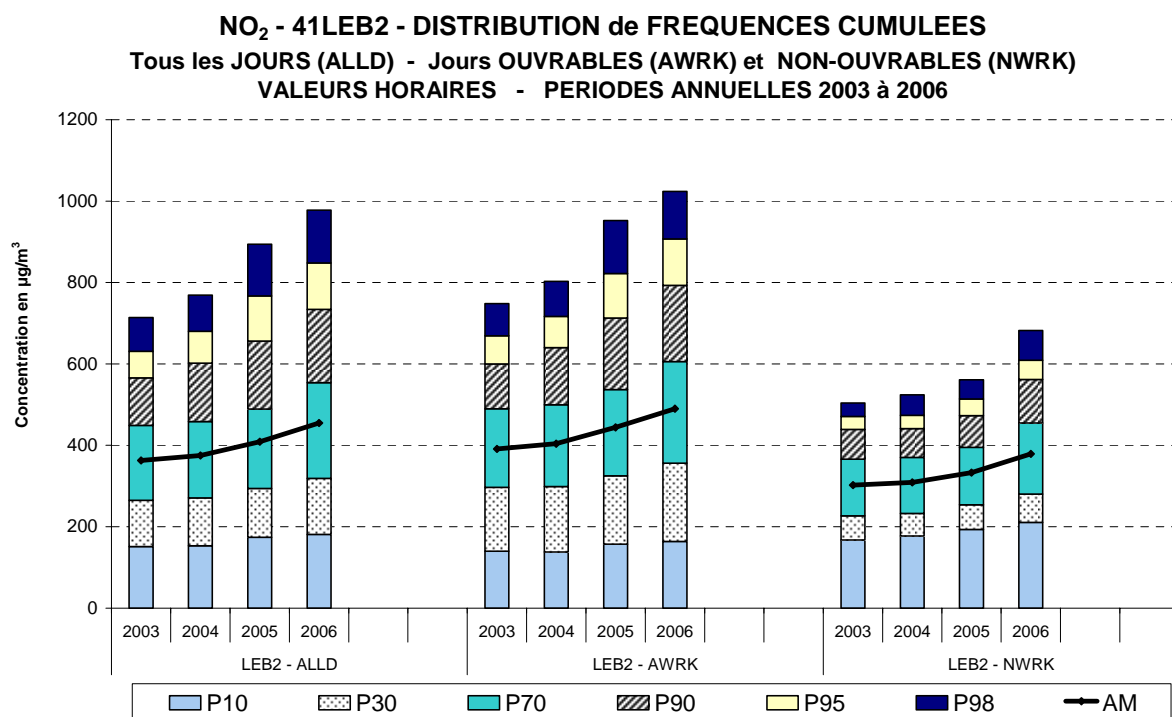
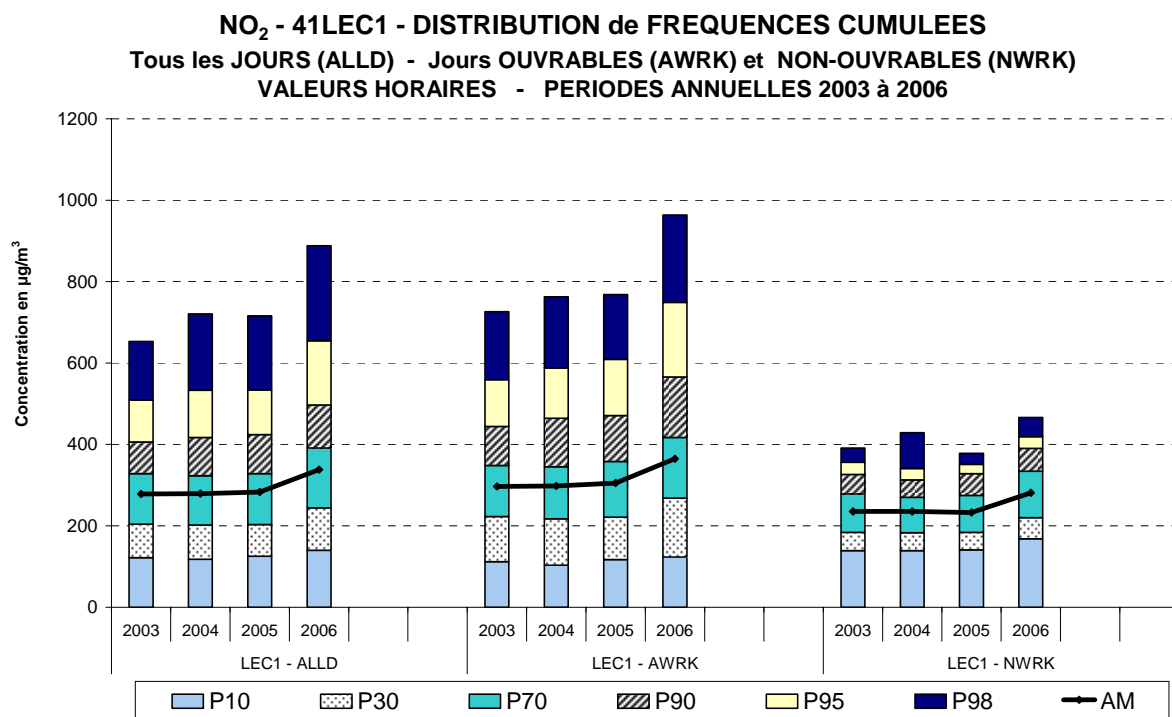


Fig. 5 : NO₂ - Distribution de Fréquences Cumulées des Valeurs Horaires dans les deux postes de mesure du tunnel Léopold II. Sélection *tous les jours*, les *jours ouvrables* et *non ouvrables*. Périodes annuelles de 2003, 2004, 2005 et 2006

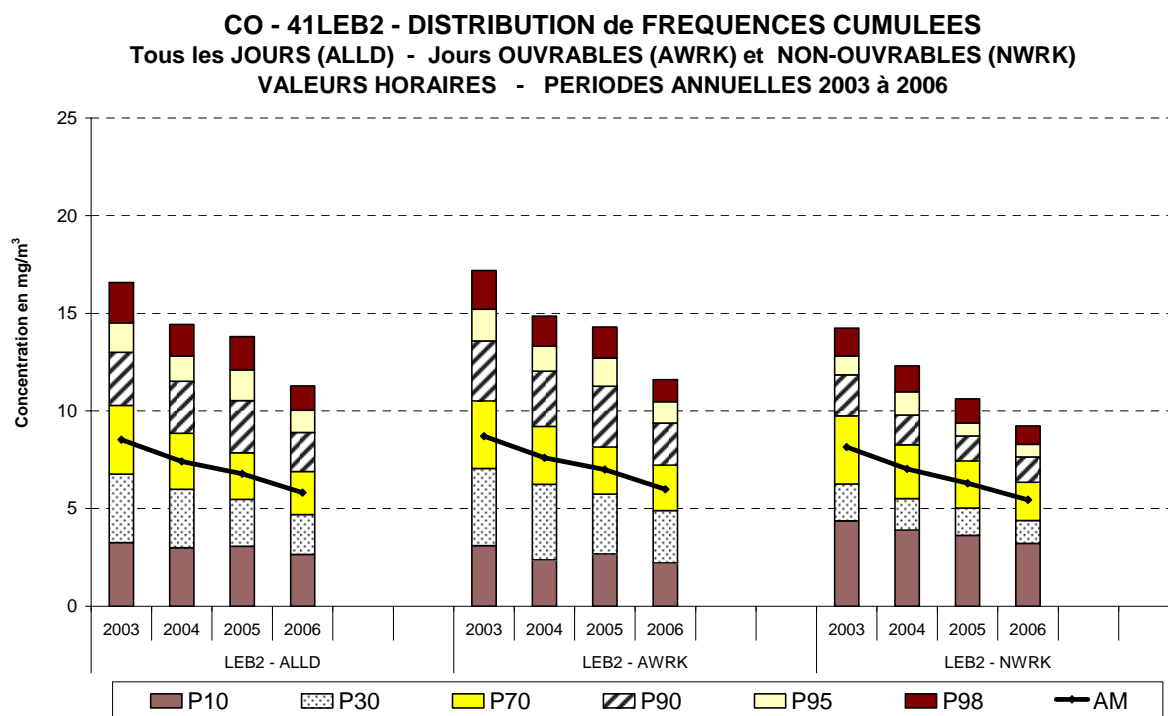
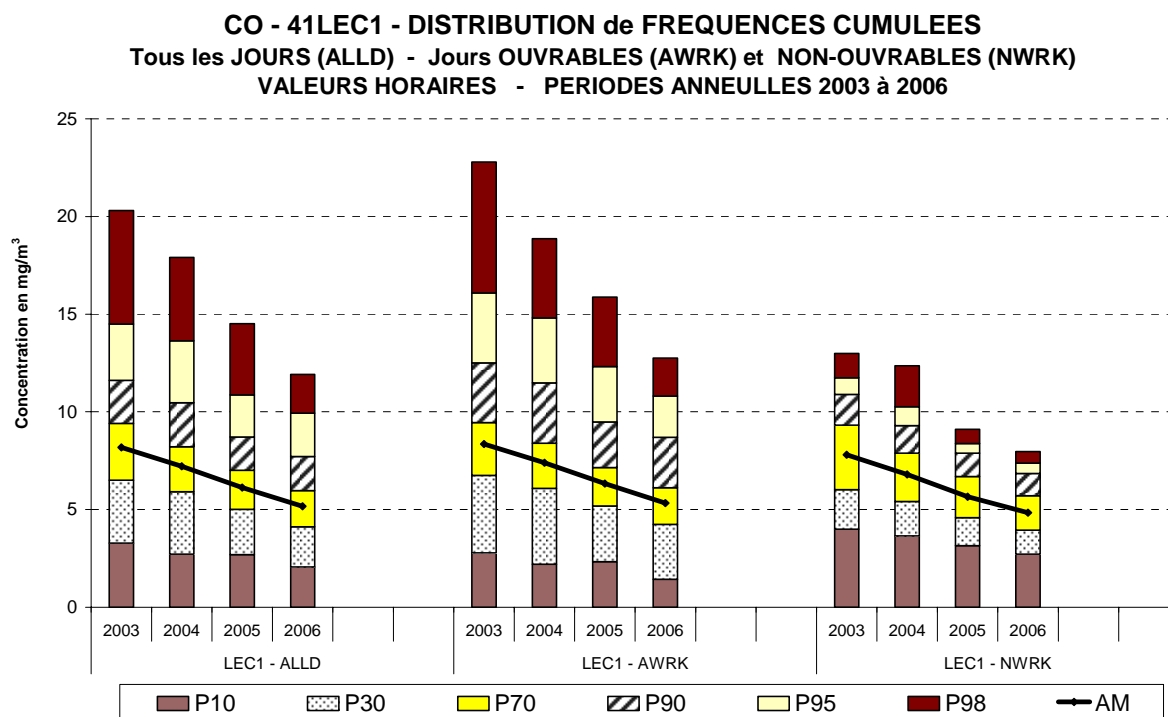


Fig. 6 : CO - Distribution de Fréquences Cumulées des Valeurs Horaires dans les deux postes de mesure du tunnel Léopold II. Sélection *tous les jours*, les *jours ouvrables* et *non ouvrables*. Périodes annuelles de 2003, 2004, 2005 et 2006

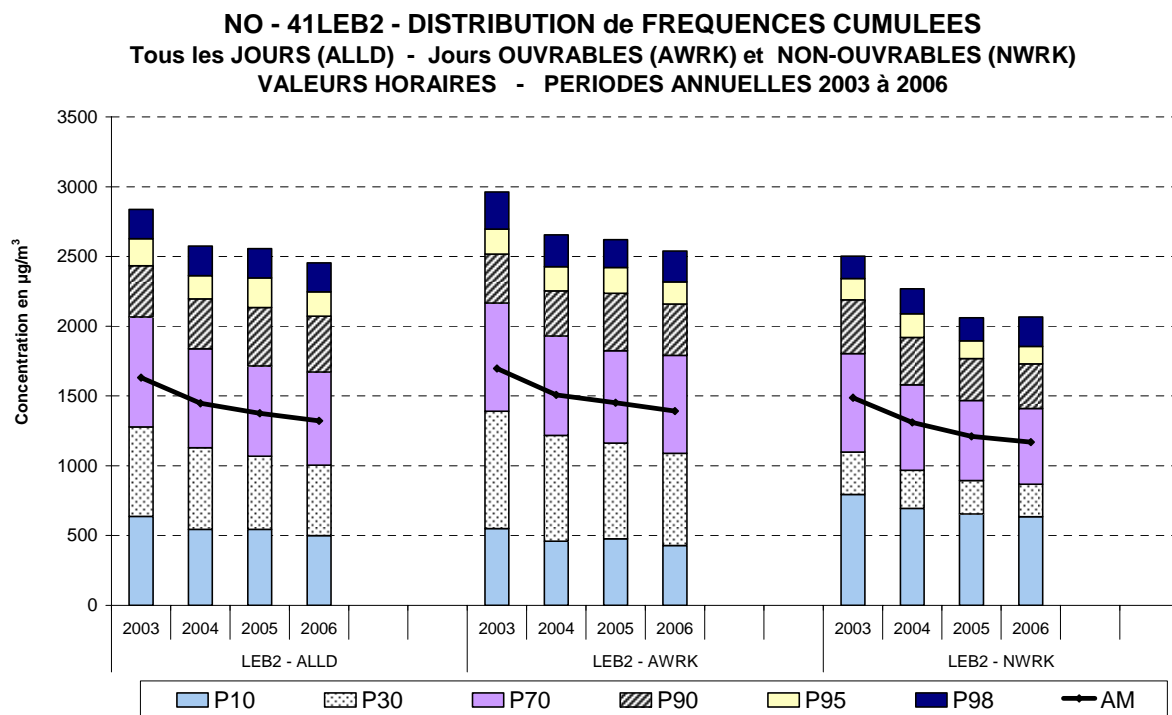
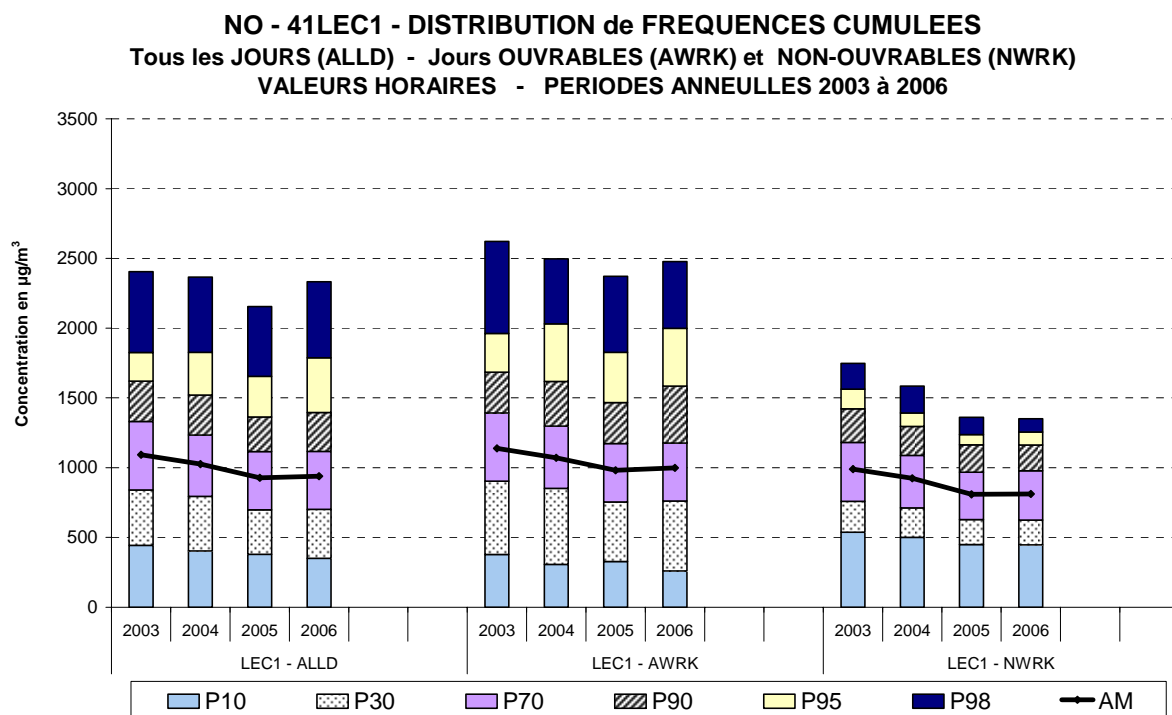


Fig. 7 : NO - Distribution de Fréquences Cumulées des Valeurs Horaires dans les deux postes de mesure du tunnel Léopold II. Sélection *tous les jours*, les *jours ouvrables* et *non ouvrables*. Périodes annuelles de 2003, 2004, 2005 et 2006

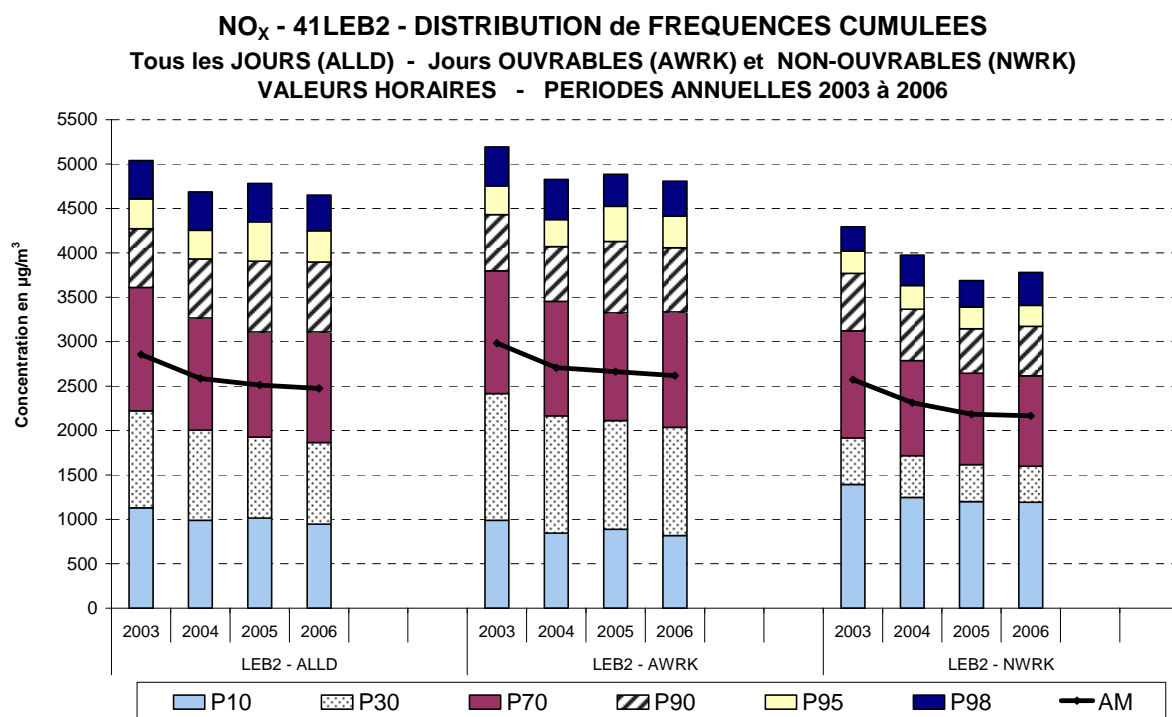
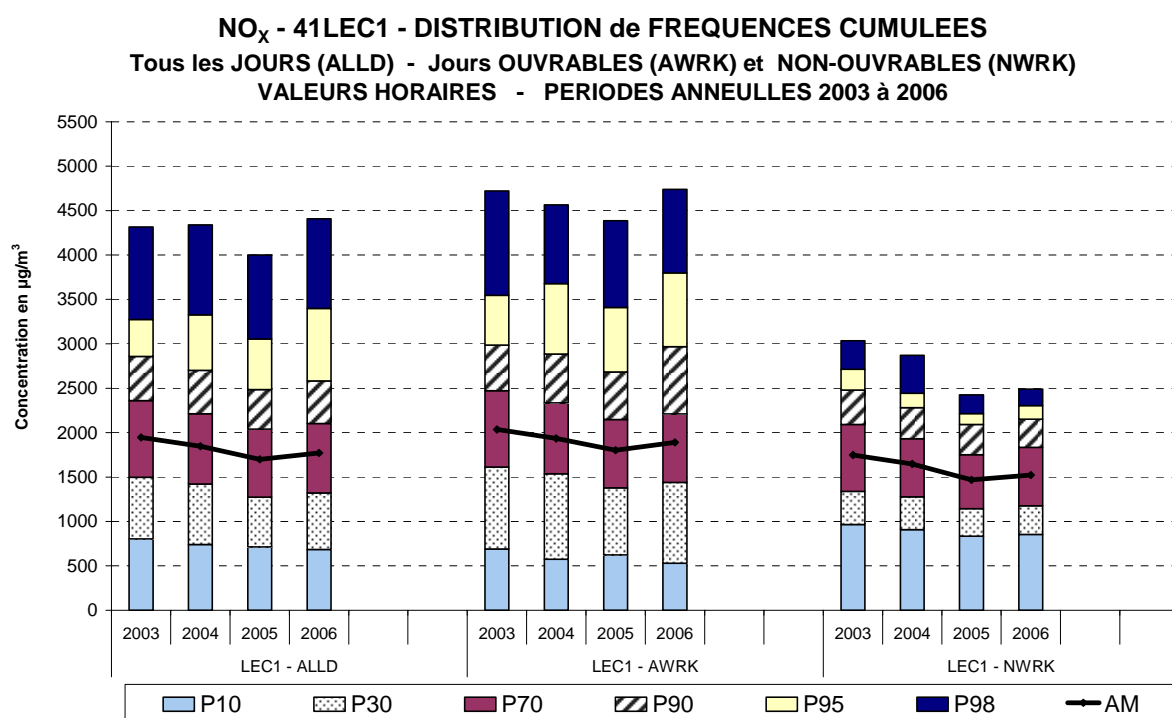
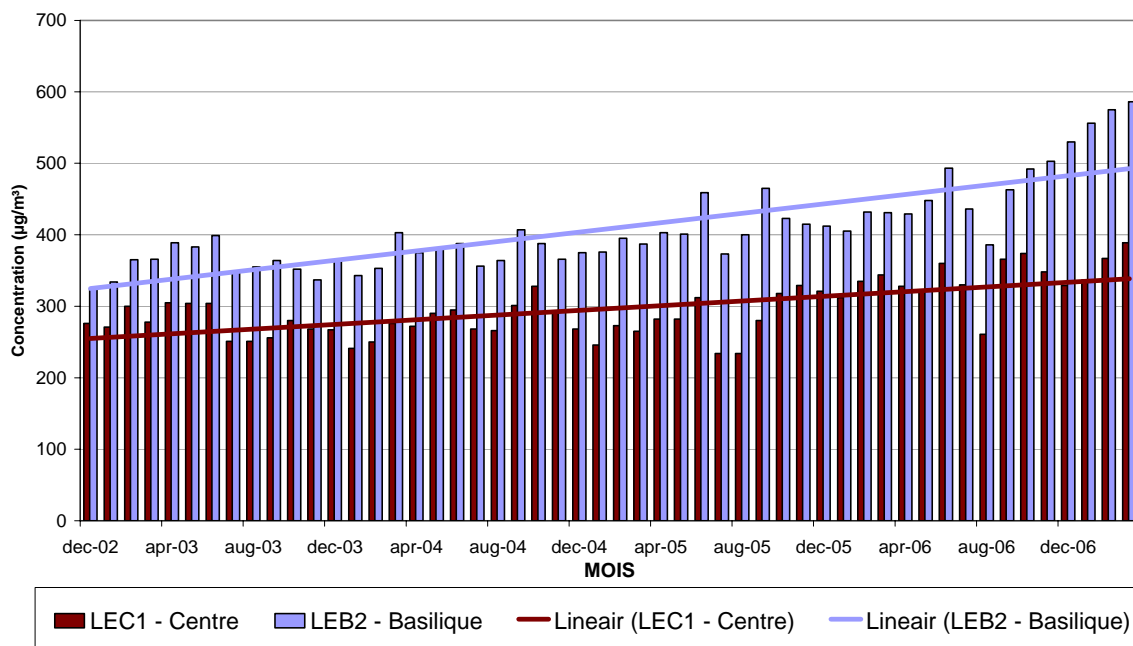


Fig. 8 : NO_x - Distribution de Fréquences Cumulées des Valeurs Horaires dans les deux postes de mesure du tunnel Léopold II. Sélection *tous les jours*, les *jours ouvrables* et *non ouvrables*. Périodes annuelles de 2003, 2004, 2005 et 2006

NO₂ - CONCENTRATION MOYENNE PAR MOIS TUNNEL LEOPOLD II



NO - CONCENTRATION MOYENNE PAR MOIS TUNNEL LEOPOLD II

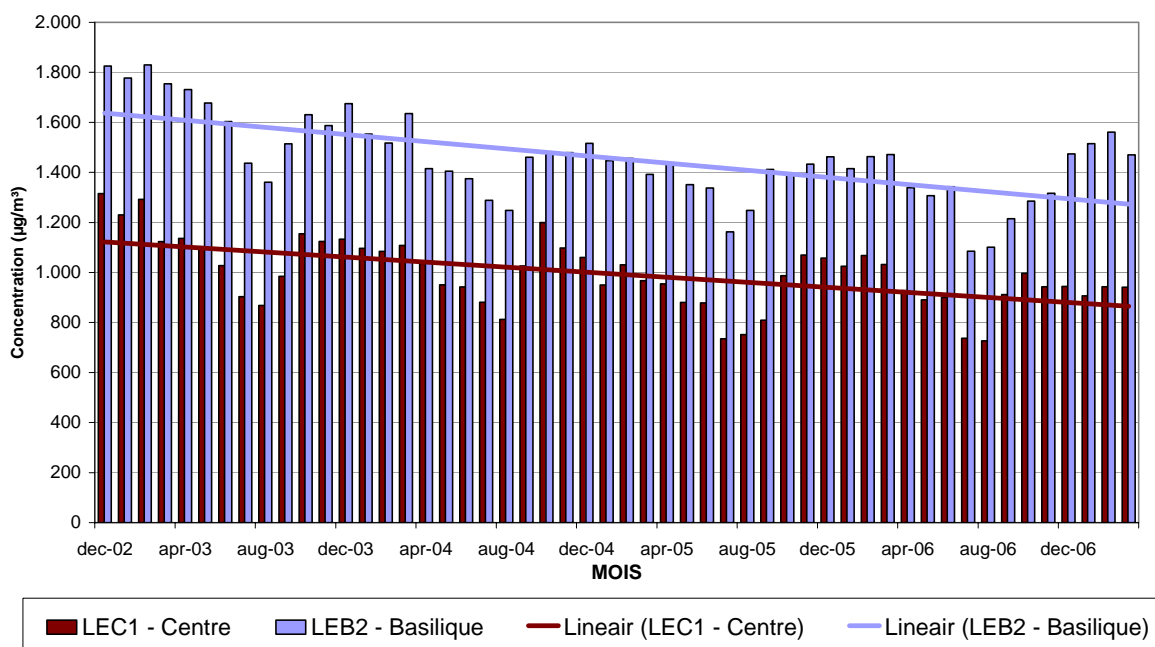
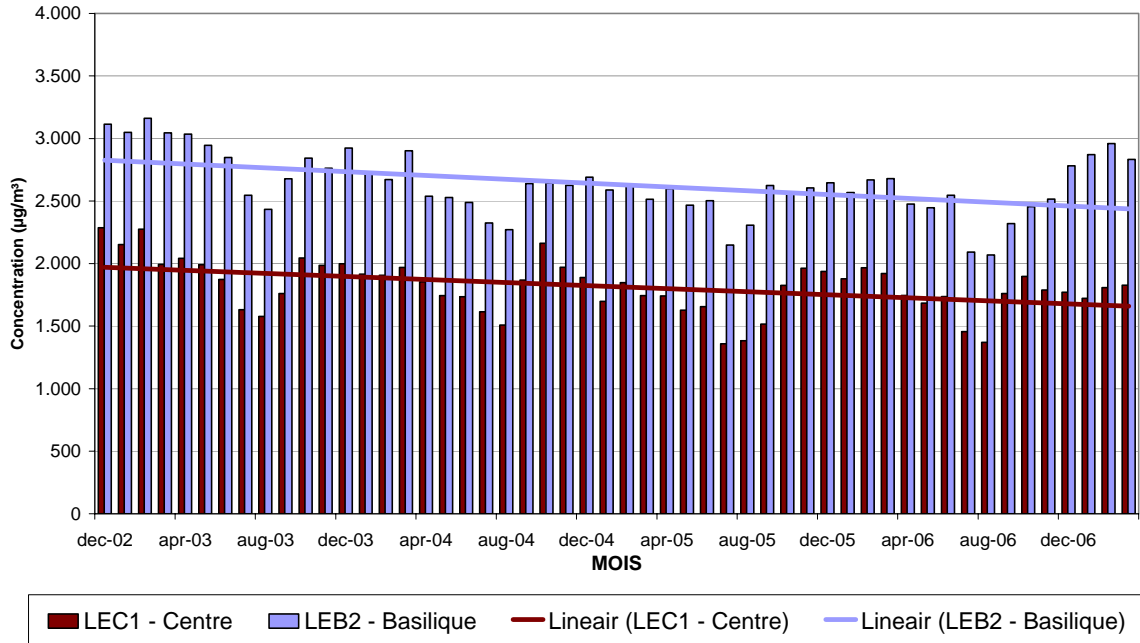


Fig. 9 : NO₂ et NO – Évolution des concentrations moyennes mensuelles dans les deux postes de mesure du tunnel Léopold II. Période – « Décembre 2002 – Mars 2007 »

NO_x - CONCENTRATION MOYENNE PAR MOIS TUNNEL LEOPOLD II



CO - CONCENTRATION MOYENNE PAR MOIS TUNNEL LEOPOLD II

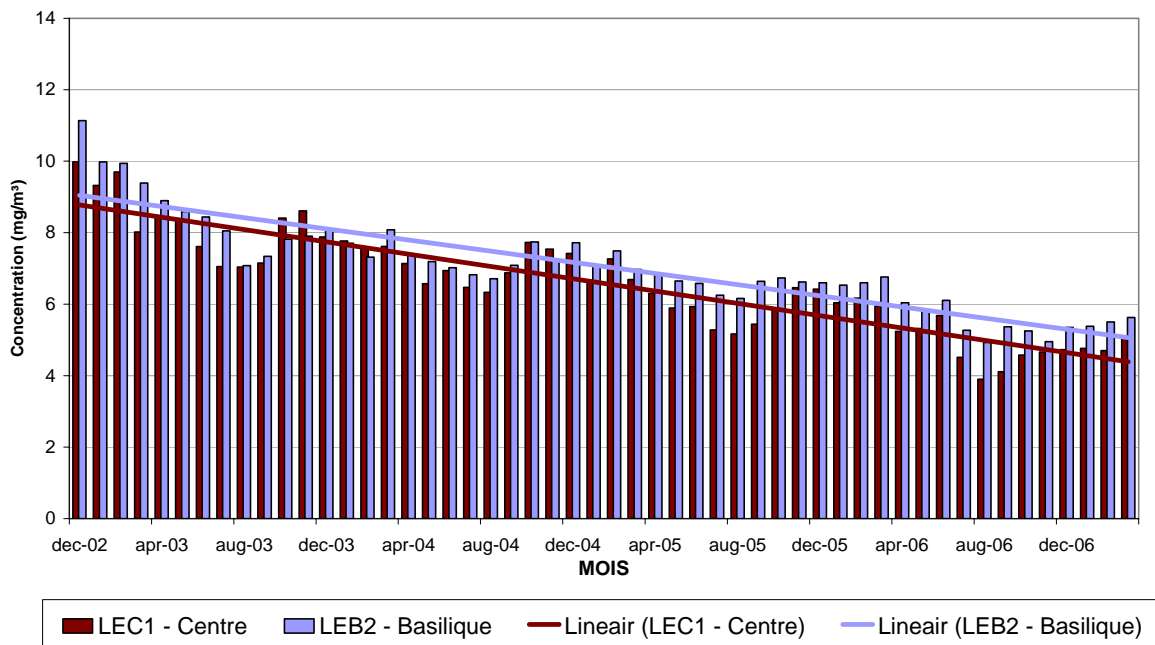


Fig. 10 : NO_x et CO – Évolution des concentrations moyennes mensuelles dans les deux postes de mesure du tunnel Léopold II. Période – « Décembre 2002 – Mars 2007 »

RAPPORT "NO₂/NO_x" PAR MOIS TUNNEL LEOPOLD II

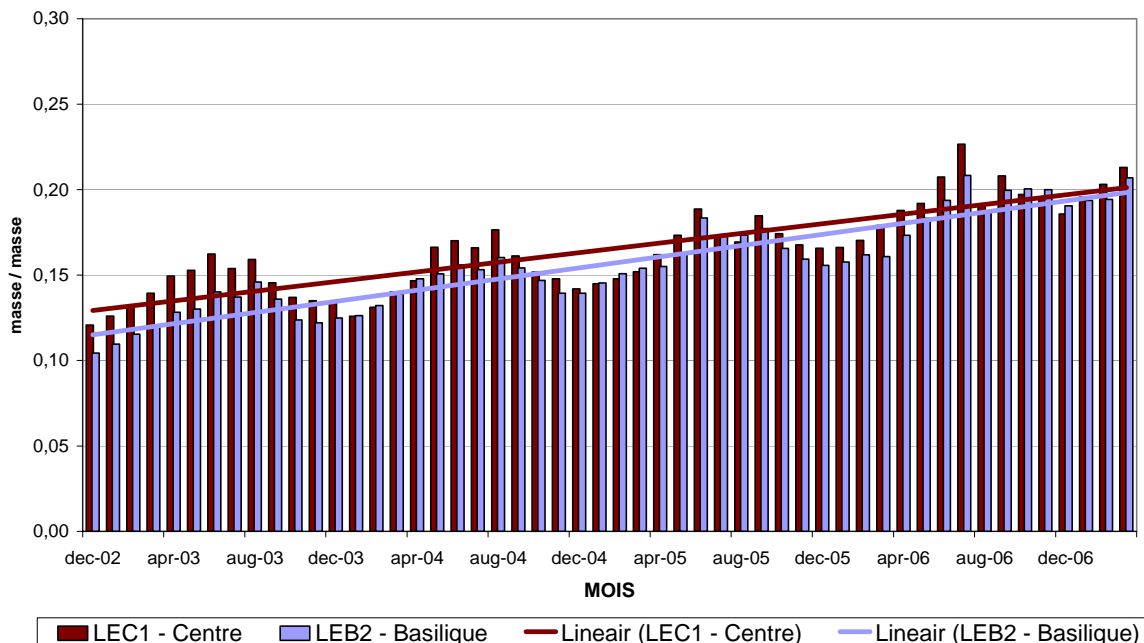


Fig. 11 : Évolution du rapport NO₂/NO_x dans les deux postes de mesure du tunnel Léopold II. Période – « Décembre 2002 – Mars 2007 »

Concentrations pendant les heures de pointe : en 2006 les concentrations moyennes en NO₂ pendant les heures de pointe des jours ouvrables sont le matin de 659 µg/m³ dans le poste de mesure en direction du centre et de 578 µg/m³ en direction de la basilique. Pendant les heures de pointe du soir les jours ouvrables, les concentrations moyennes en NO₂ sont respectivement de 431 µg/m³ (LEC1) et 749 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 VIII à XI sur les pages 29 à 32 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 2007*, sont donnés par mois et par année.

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

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 33, 34 et 35). 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 2006 il y a eu une croissance importante du nombre de dépassements des différents seuils NO₂. Comme chaque année, le nombre restreint de pics de pollution pendant la période estivale (juillet – août) est certainement dû en partie 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 de files à la fin du tunnel.

1.000 µg/m³ NO₂ 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 µg/m³ 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 2006 on constate dans ce poste de mesure un total de 711 dépassements (périodes de 20 minutes) en 135 jours, contre 476 périodes en 104 jours dans le poste de mesure en direction du centre (41LEC1).

Pour le poste en direction de la basilique ceci signifie une croissance importante (plus ou moins doublé) du nombre de dépassements par rapport aux 458 périodes en 90 jours en 2005. Pour le poste en direction du centre le nombre de dépassements a doublé : 476 périodes en 104 jours en 2006 contre 205 périodes en 54 jours en 2005.

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 µg/m³ NO₂ comme valeur semi-horaire : les dépassements de ce seuil correspondent en grande partie avec les dépassements du seuil de 1.000 µg/m³ sur 20 minutes.

Pour le poste en direction de la basilique (41LEB2), on constate en 2006 une augmentation importante du nombre de dépassements : 832 valeurs semi-horaires en 176 jours en 2006 à comparer à 509 valeurs semi-horaires en 137 jours en 2005. Dans le poste de mesure en direction du centre (41LEC1), une croissance de nombre de dépassements a également été constatée : 388 valeurs semi-horaires en 124 jours en 2006 à comparer à 160 valeurs semi-horaires en 64 jours en 2005. Le nombre de dépassement a doublé.

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 300 à 400 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 dizaine de dépassements par jour. En 2006 il y eu une augmentation de plus de 10 % du nombre de dépassements par rapport à l'an 2005 : 4.754 valeurs horaires en 353 jours en 2006 comparées à 4.125 valeurs horaires en 354 jours en 2005.

Dans le poste de mesure en direction du centre (41LEC1), ce seuil est dépassé moins souvent; il y a eu entre 28 et 252 dépassements par mois répartis sur 8 à 30 jours par mois (en moyenne six heures de dépassements par jour). En 2006 le nombre de dépassements a doublé par rapport à 2005 : 2.132 valeurs horaires en 276 jours en 2006 à comparer à 1.050 valeurs horaires en 215 jours en 2005.

Le plus grand nombre de dépassements au poste en direction de la basilique (41LEB2) est concordant à l'information reprise dans les tableaux (tableaux II à VII) et les graphiques (figure 5) de la distribution des fréquences cumulées : la concentration moyenne en NO₂, ainsi que l'augmentation de la concentration moyenne en NO₂ sont plus élevées 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 2006, il n'a pas eu de dépassement du seuil pour le CO.

Constats : dans les deux postes de mesure, on constate une croissance importante (plus ou moins doublé) du nombre de dépassements de la valeur de $1.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en tant que moyenne glissante sur 20 minutes, du nombre de valeurs semi-horaires dépassant $850 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et du nombre de valeurs horaires supérieures à $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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 VIII: **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										

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										

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										

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										

Tableau sur base de valeurs disponibles jusque fin avril 2007

Tableau IX: **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										

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										

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										

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										

Tableau sur base de valeurs disponibles jusque fin avril 2007

Tableau X: **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										

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										

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										

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										

Tableau sur base de valeurs disponibles jusque fin avril 2007

Tableau XI: **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										

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										

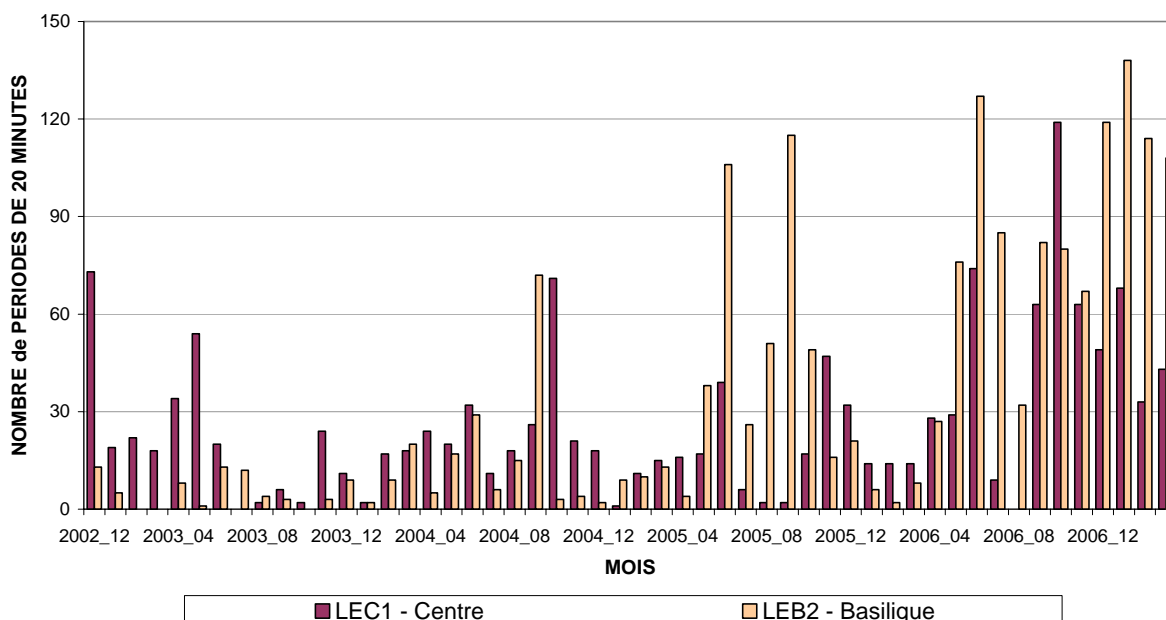
NOMBRE de JOURS avec DÉPASSEMENTS

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										

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										

Tableau sur base de valeurs disponibles jusque fin avril 2007

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

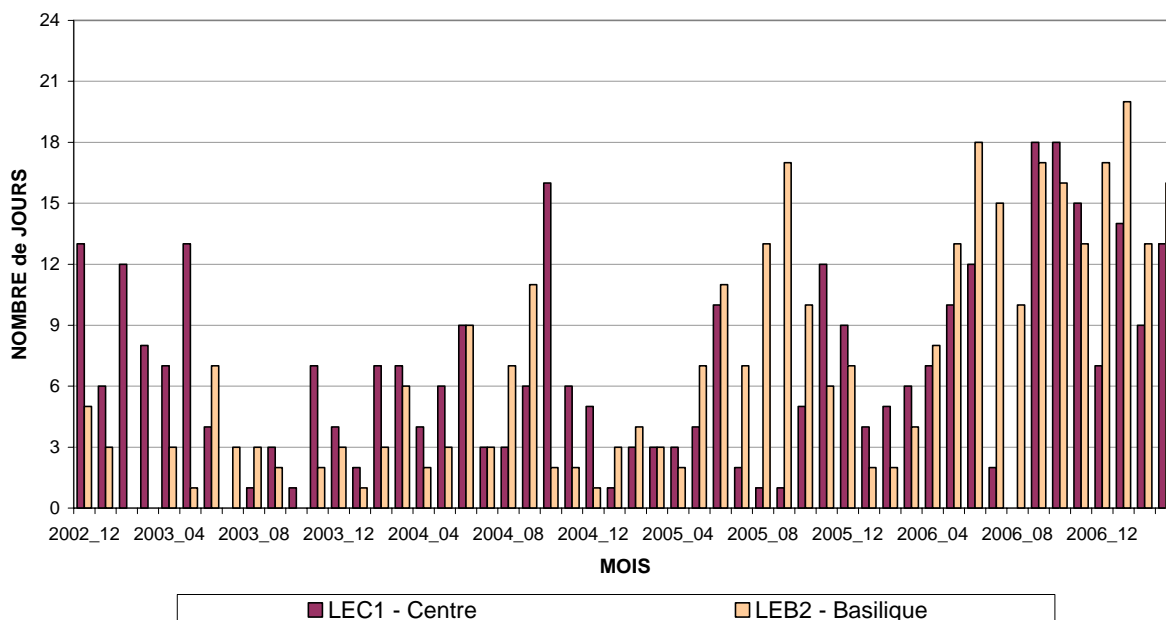
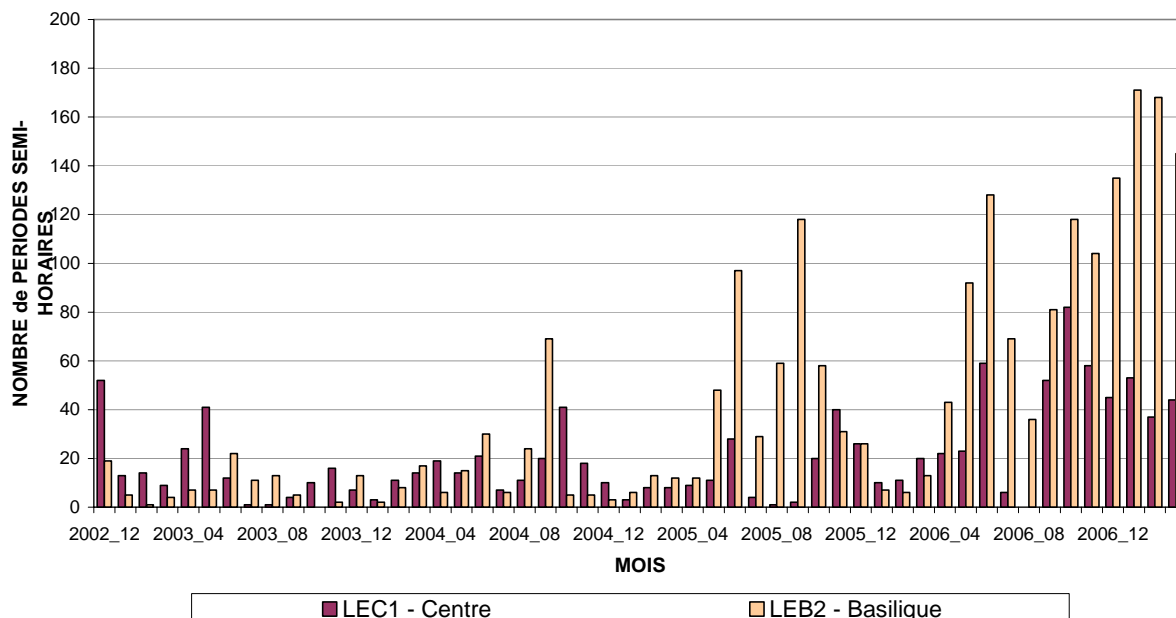


Fig. 12 : NO₂ –Moyennes glissantes sur 20 minutes > 1.000 µg/m³. Nombre de dépassements par mois et nombre de jours par mois avec dépassements (décembre 2002 – mars 2007)

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

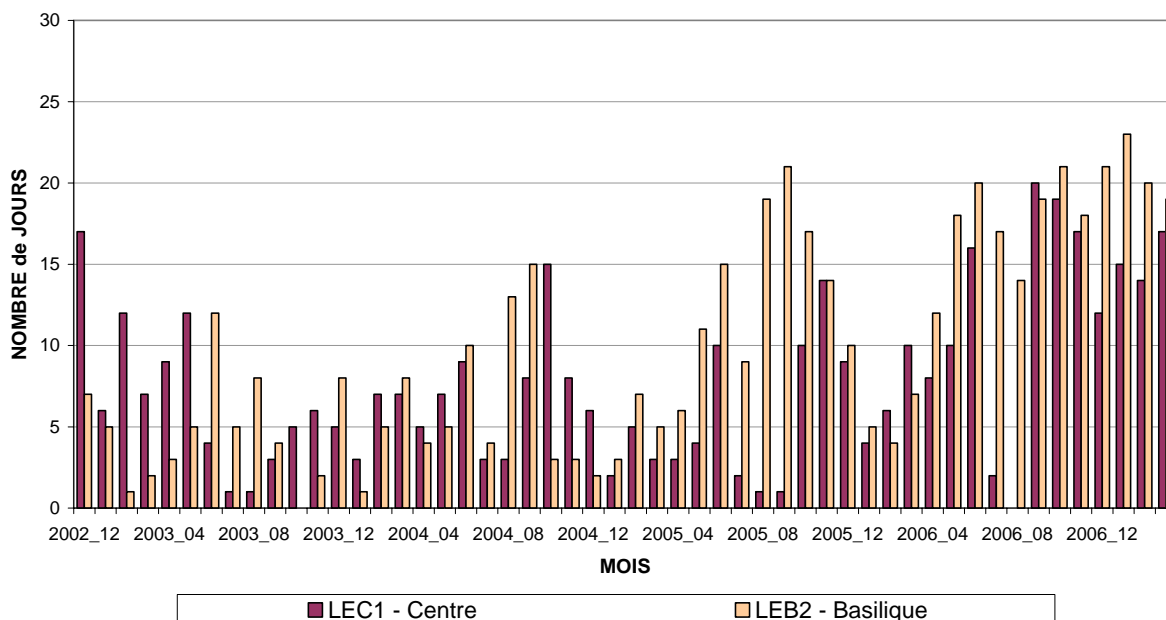
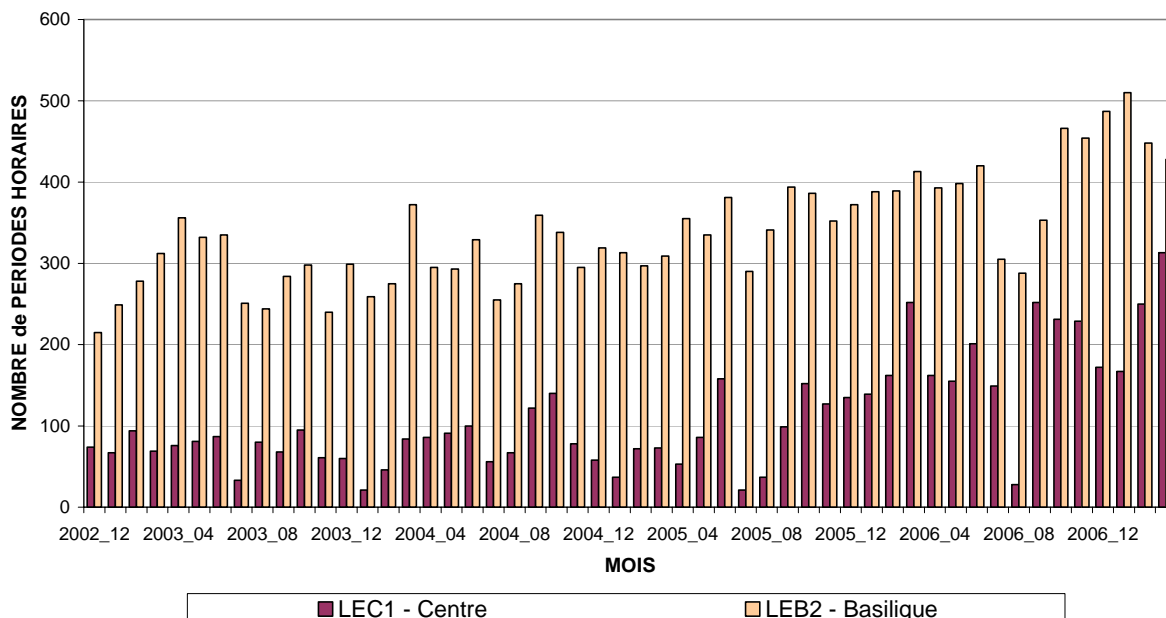


Fig. 13 : NO₂ – Valeurs Semi-Horaires > 850 µg/m³. Nombre de dépassements par mois et nombre de jours par mois avec dépassements (décembre 2002 – mars 2007)

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

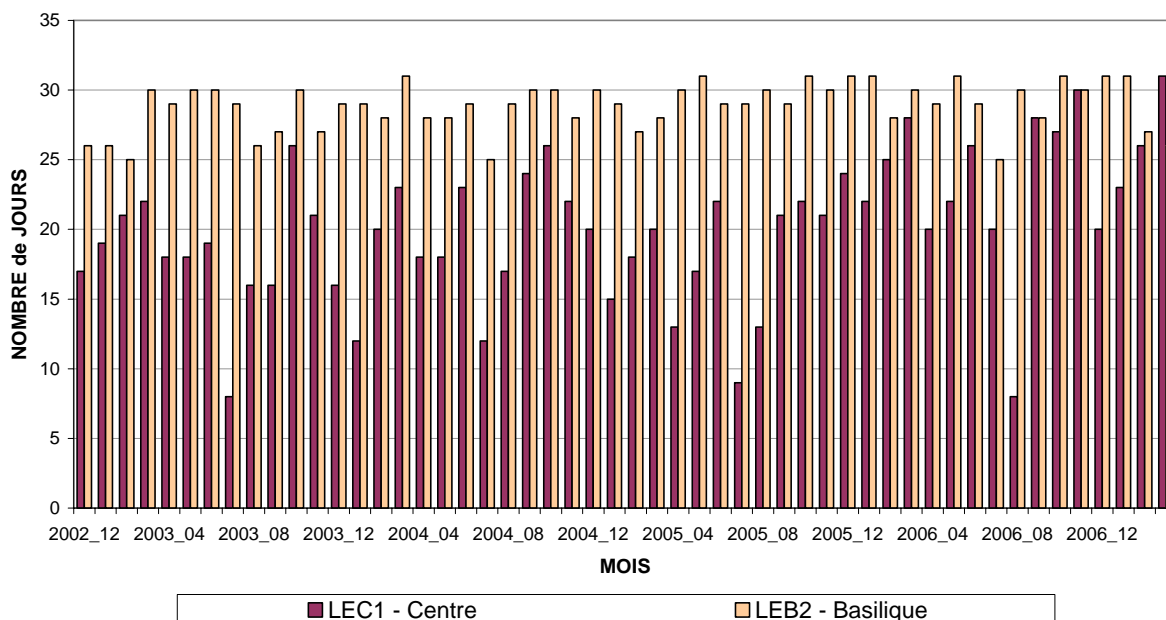


Fig. 14 : NO₂ – Valeurs Horaires > 400 µg/m³. Nombre de dépassements par mois et nombre de jours par mois avec dépassements (décembre 2002 – mars 2007)

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 2006 – mars 2007*, et les graphiques du dessous les résultats de la période estivale *avril – septembre 2006*.

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 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 (41LEC1), on constate pour le jour ouvrable moyen de la période hivernale *octobre 2006-mars 2007*, 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 2006* (graphiques inférieurs des figures 15, 17 et 19).

Au point de mesure en direction de la basilique (41LEB2), il y a, les jours ouvrables pendant la période hivernale 2006/2007, 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 2006, il y a de façon générale une augmentation des concentrations l'après-midi et le soir. Pour le NO₂ et le CO pendant l'été, les pics du soir se remarquent également très bien (graphiques inférieurs des figures 16 et 20).

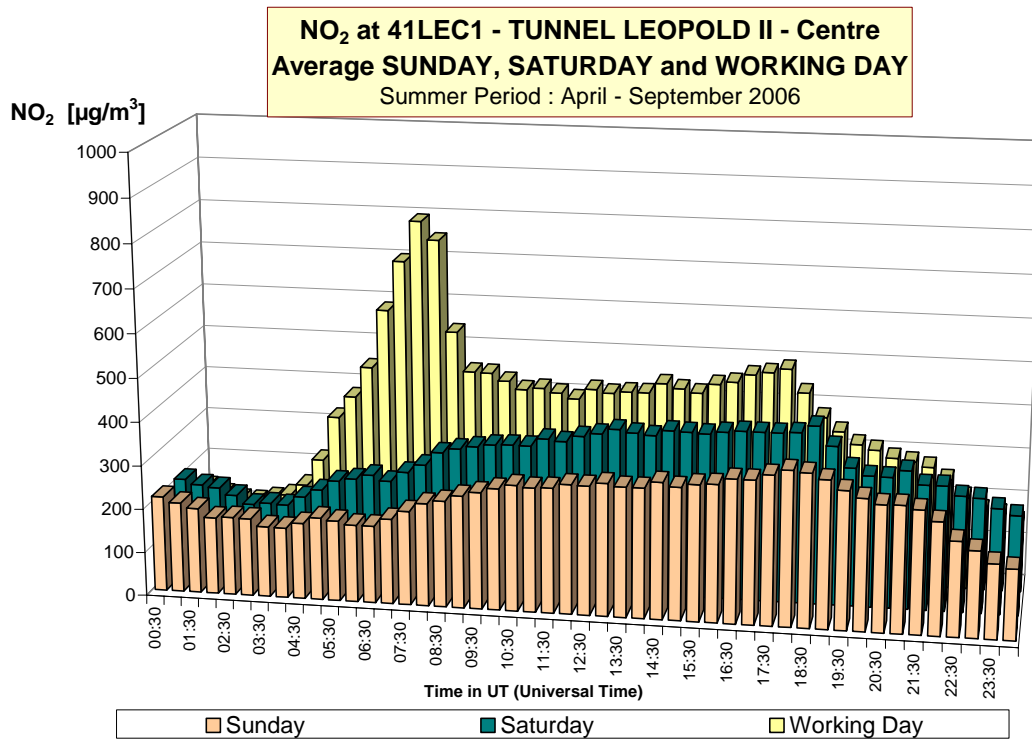
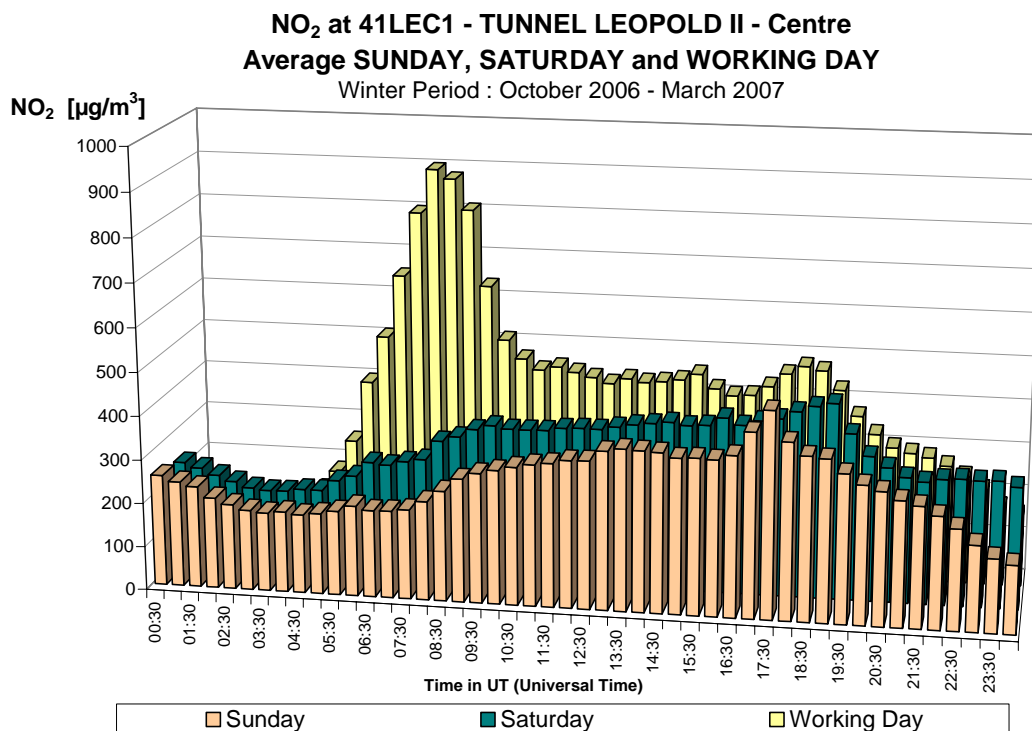


Fig. 15 : NO₂ – évolution journalière moyenne au poste de mesure 41LEC1 (centre)
 Comparaison entre un dimanche, un samedi et un jour ouvrable moyen
Période hivernale 2006-2007 et période estivale 2006

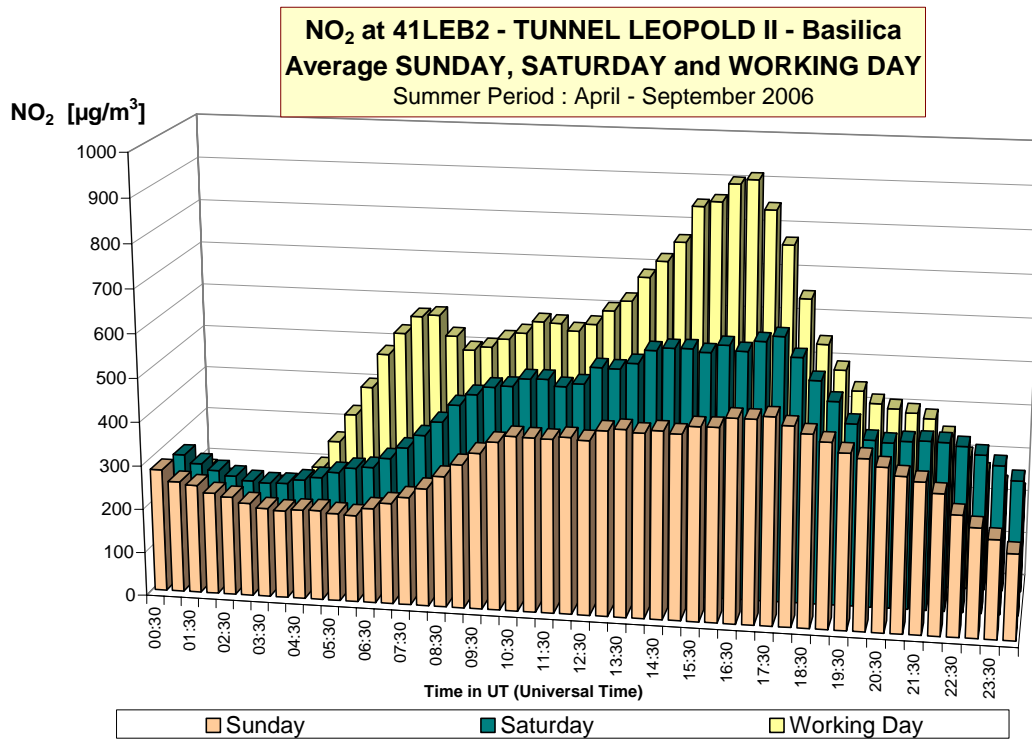
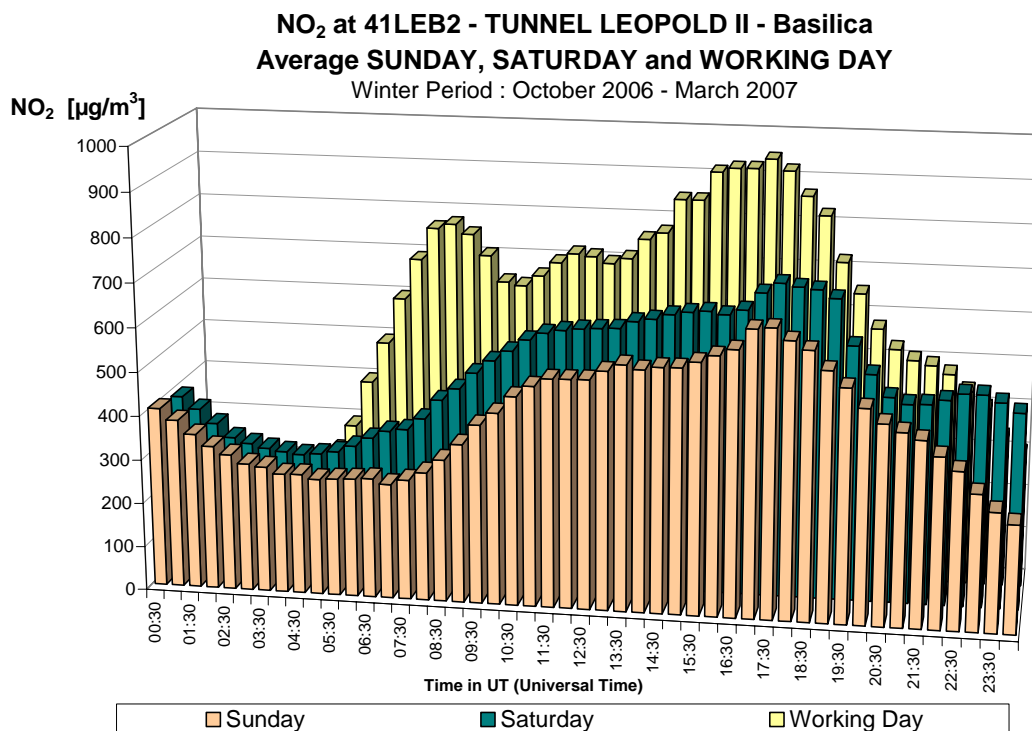
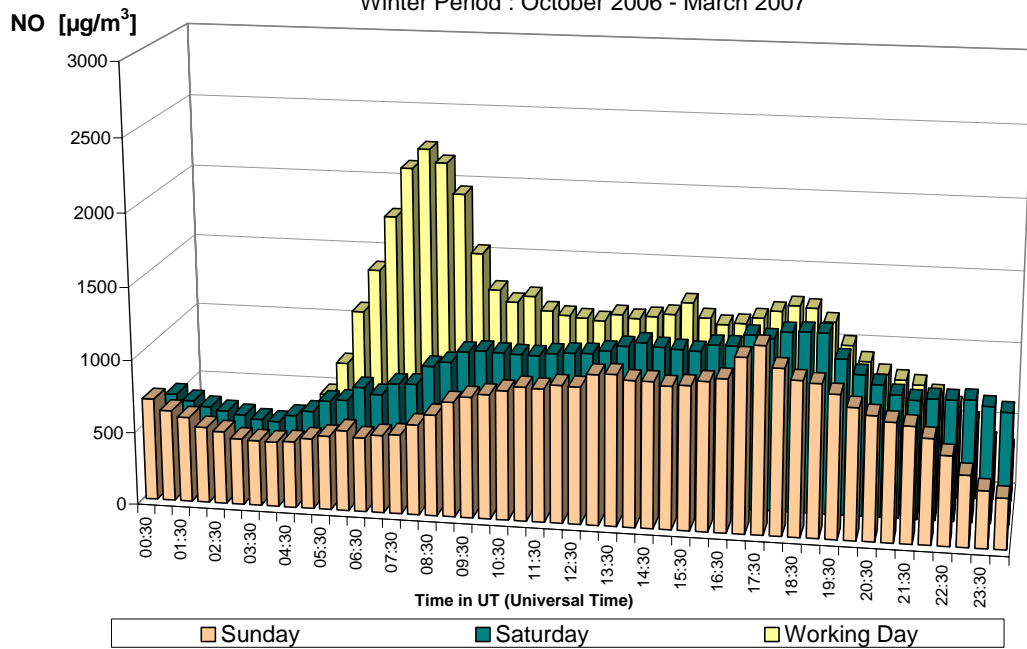


Fig. 16 : NO₂ – évolution journalière moyenne au poste de mesure 41LEB2 (basilique)
 Comparaison entre un dimanche, un samedi et un jour ouvrable moyen
Période hivernale 2006-2007 et période estivale 2006

NO at 41LEC1 - TUNNEL LEOPOLD II - Centre
Average SUNDAY, SATURDAY and WORKING DAY
 Winter Period : October 2006 - March 2007



NO at 41LEC1 - TUNNEL LEOPOLD II - Centre
Average SUNDAY, SATURDAY and WORKING DAY
 Summer Period : April - September 2006

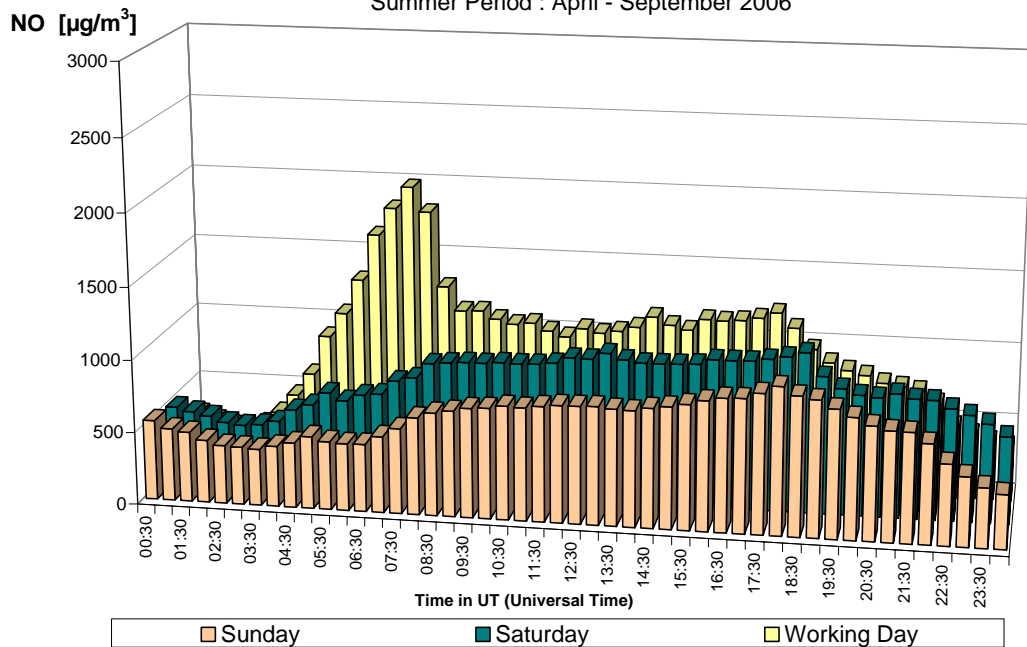
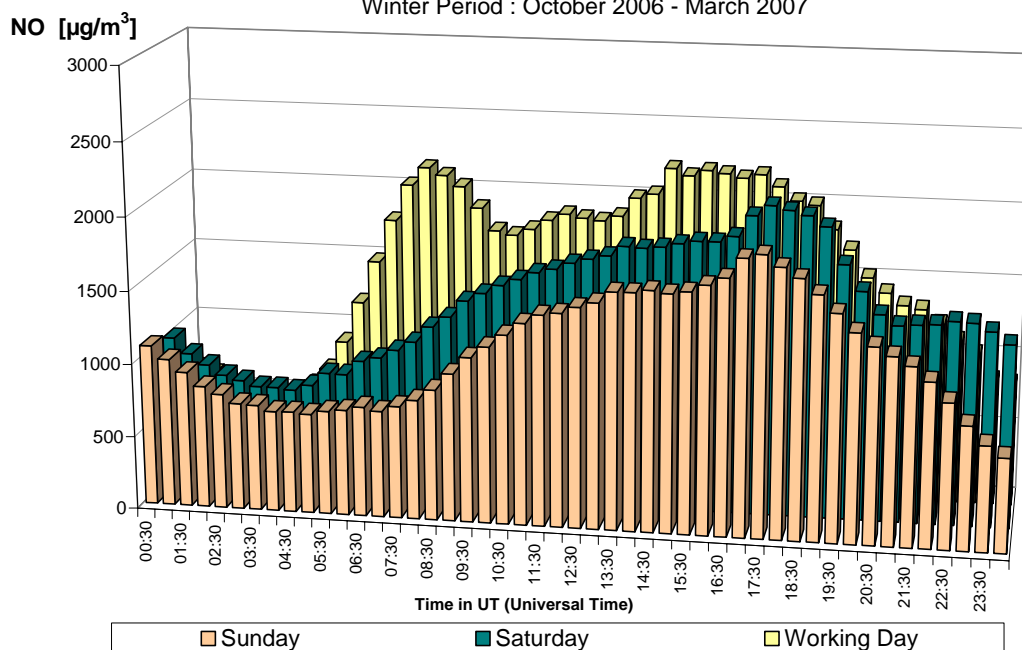


Fig. 17 : NO – évolution journalière moyenne au poste de mesure 41LEC1 (centre)
 Comparaison entre un dimanche, un samedi et un jour ouvrable moyen
 Période hivernale 2006-2007 et période estivale 2006

NO at 41LEB2 - TUNNEL LEOPOLD II - Basilica
Average SUNDAY, SATURDAY and WORKING DAY

Winter Period : October 2006 - March 2007



NO at 41LEB2 - TUNNEL LEOPOLD II - Basilica
Average SUNDAY, SATURDAY and WORKING DAY

Summer Period : April - September 2006

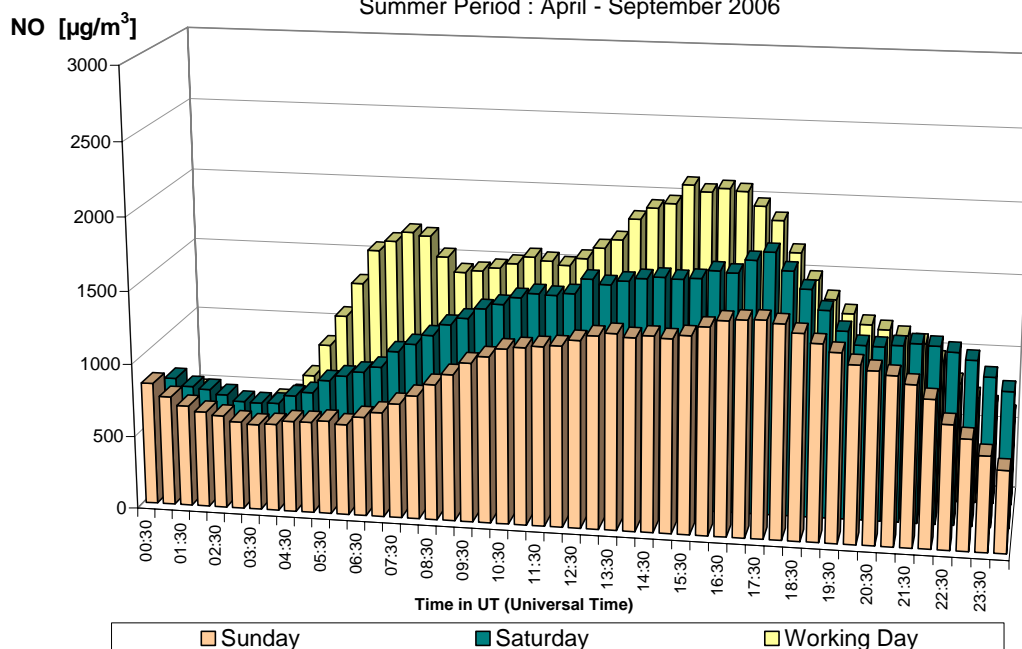
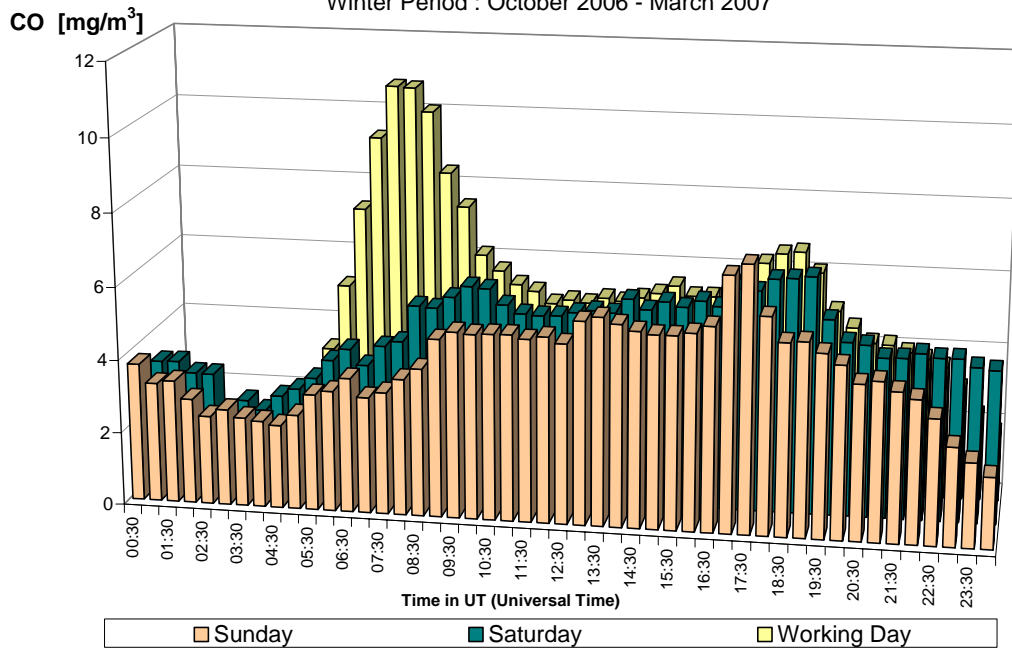


Fig. 18 : NO – évolution journalière moyenne au poste de mesure 41LEB2 (basilique)
 Comparaison entre un dimanche, un samedi et un jour ouvrable moyen
 Période hivernale 2006-2007 et période estivale 2006

CO at 41LEC1 - TUNNEL LEOPOLD II - Centre
Average SUNDAY, SATURDAY and WORKING DAY
 Winter Period : October 2006 - March 2007



CO at 41LEC1 - TUNNEL LEOPOLD II - Centre
Average SUNDAY, SATURDAY and WORKING DAY
 Summer Period : April - September 2006

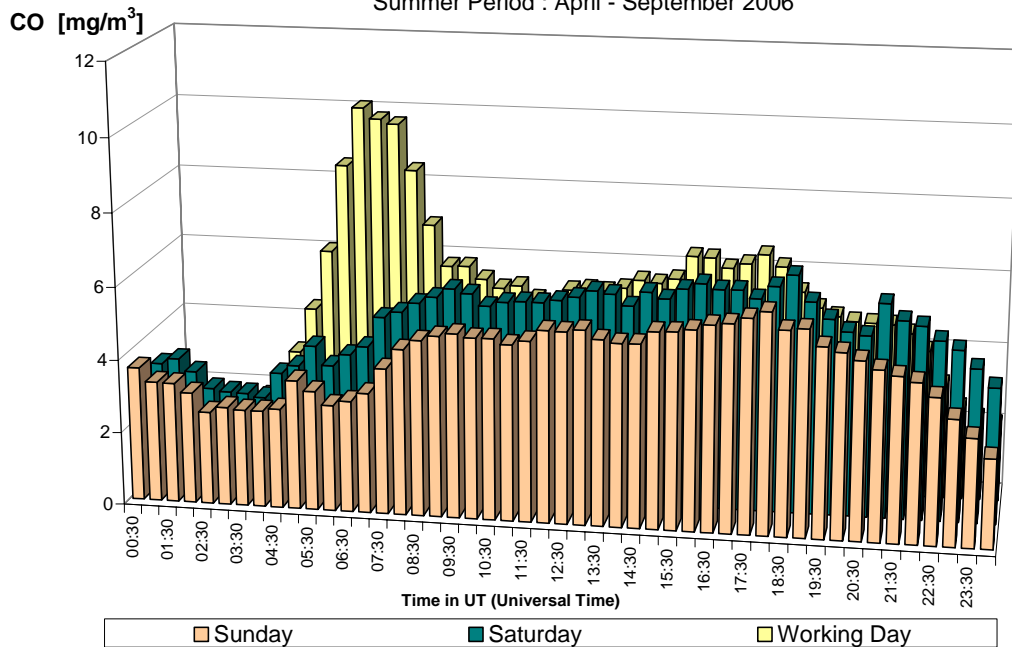
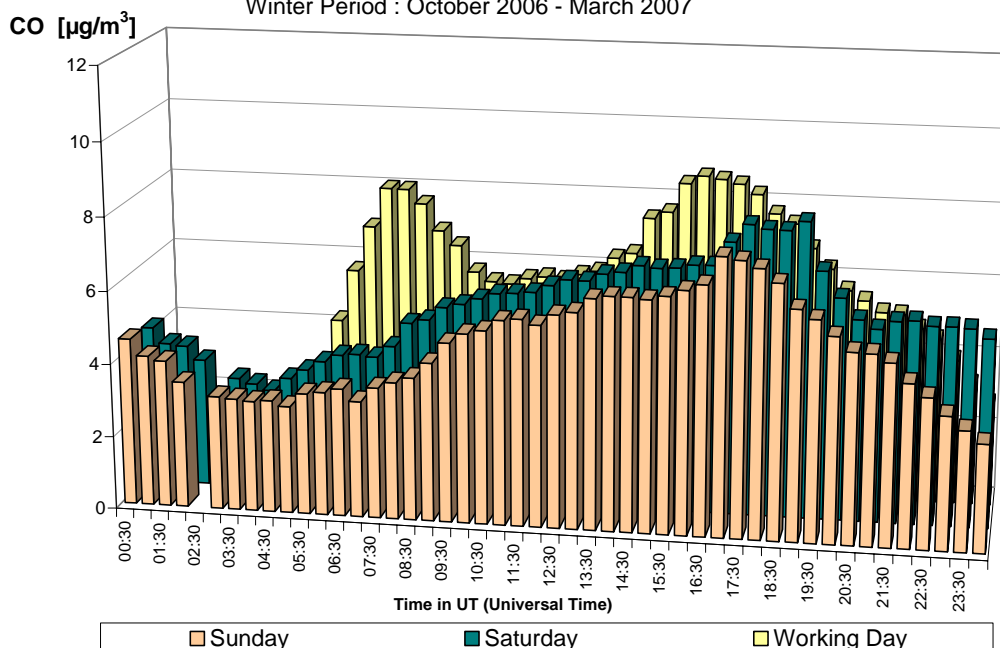


Fig. 19 : CO – évolution journalière moyenne au poste de mesure 41LEC1 (centre)
 Comparaison entre un dimanche, un samedi et un jour ouvrable moyen
 Période hivernale 2006-2007 et période estivale 2006

CO at 41LEB2 - TUNNEL LEOPOLD II - Basilica
Average SUNDAY, SATURDAY and WORKING DAY
 Winter Period : October 2006 - March 2007



CO at 41LEB2 - TUNNEL LEOPOLD II - Basilica
Average SUNDAY, SATURDAY and WORKING DAY
 Summer Period : April - September 2006

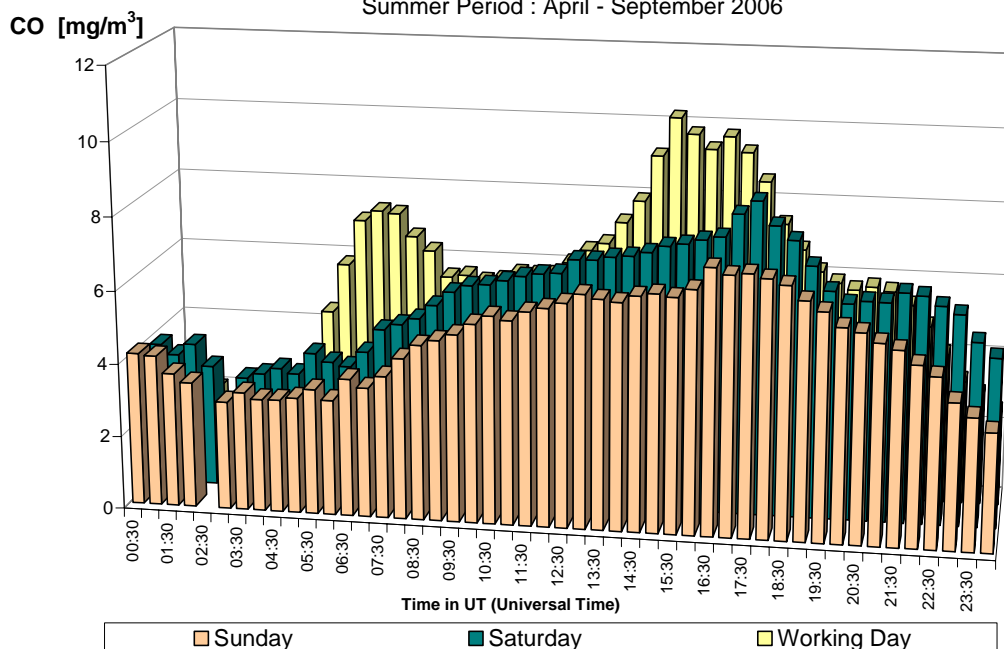


Fig. 20 : CO – évolution journalière moyenne au poste de mesure 41LEB2 (basilique)
 Comparaison entre un dimanche, un samedi et un jour ouvrable moyen
 Période hivernale 2006-2007 et période estivale 2006

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 2006 – mars 2007 » et ceux du dessous, à la période estivale « avril – septembre 2006 ». Les concentrations sont en moyenne plus élevées les jours ouvrables que les jours non ouvrables et plus élevées les samedis que les dimanches.

Pour le poste de mesure en direction du centre (41LEC1), on constate pendant la période hivernale 2006-2007 (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.

Pour la période d'été 2006 (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.

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).

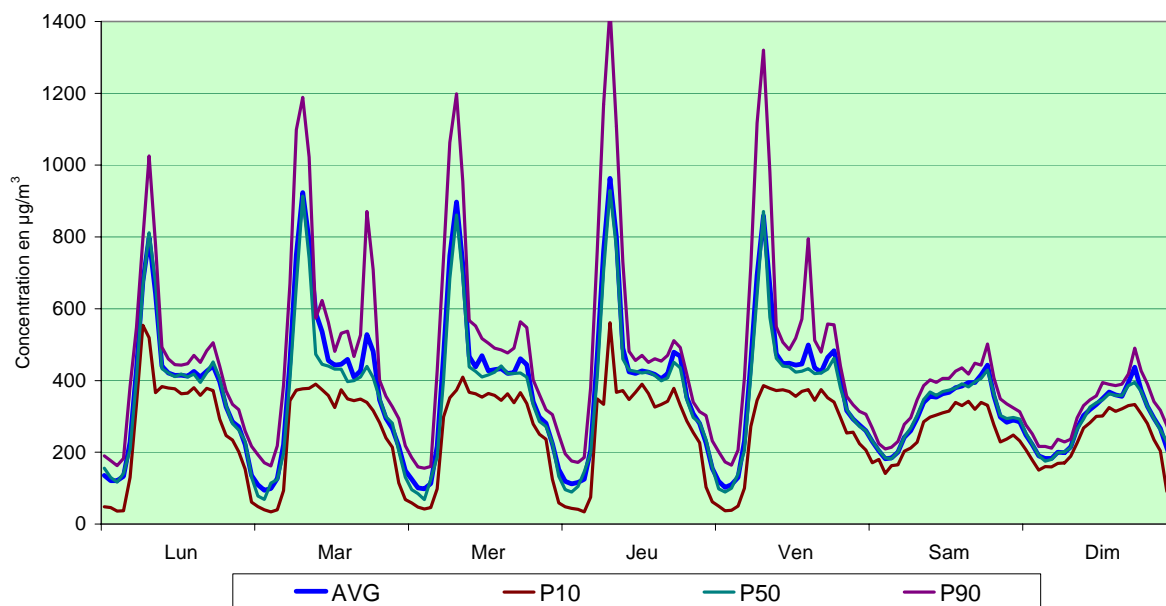
Les concentrations sont largement plus élevées dans les tunnels que dans l'air extérieur. Avec un schéma quotidien des émissions plus ou moins constant (trafic), les concentrations sont surtout influencées par le renouvellement de l'air. Dans les tunnels, ce renouvellement est réglé par la ventilation (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 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 2006 - MARS 2007



NO₂ - TUNNEL LEOPOLD II, direction CENTRE (LEC1)

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2006

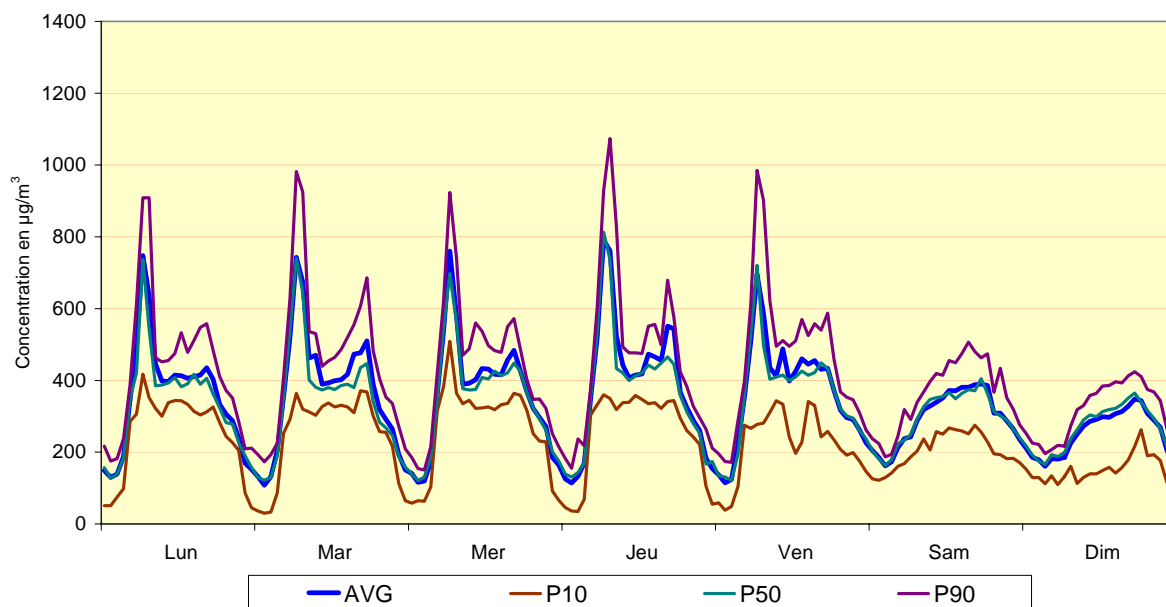
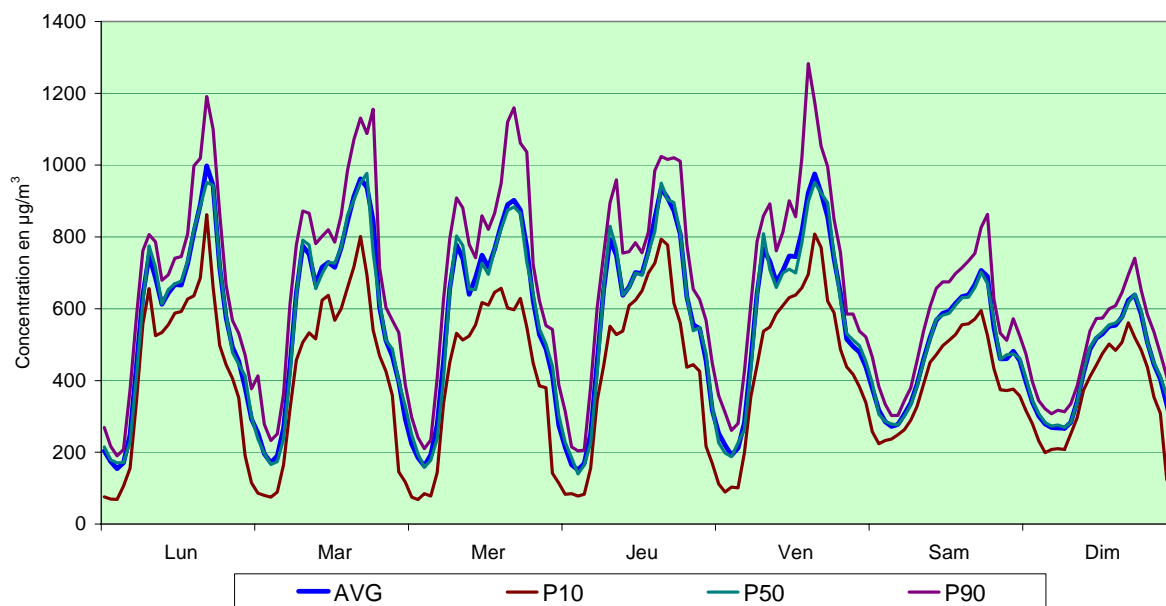


Fig. 21 : Poste de Mesure 41LEC1 (centre) – Évolution hebdomadaire moyenne pour le NO₂
Période hivernale 2006 - 2007 et période estivale 2006

NO₂ - TUNNEL LEOPOLD II, direction BASILIQUE (LEB2)

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
Période HIVERNALE : OCTOBRE 2006 - MARS 2007



NO₂ - TUNNEL LEOPOLD II, direction BASILIQUE (LEB2)

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2006

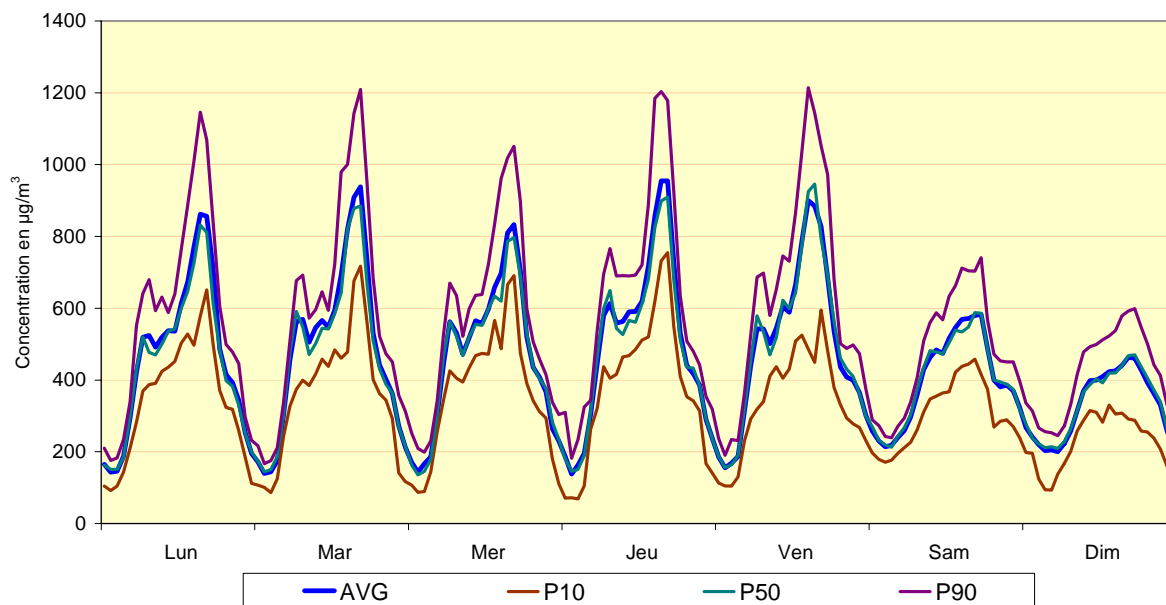
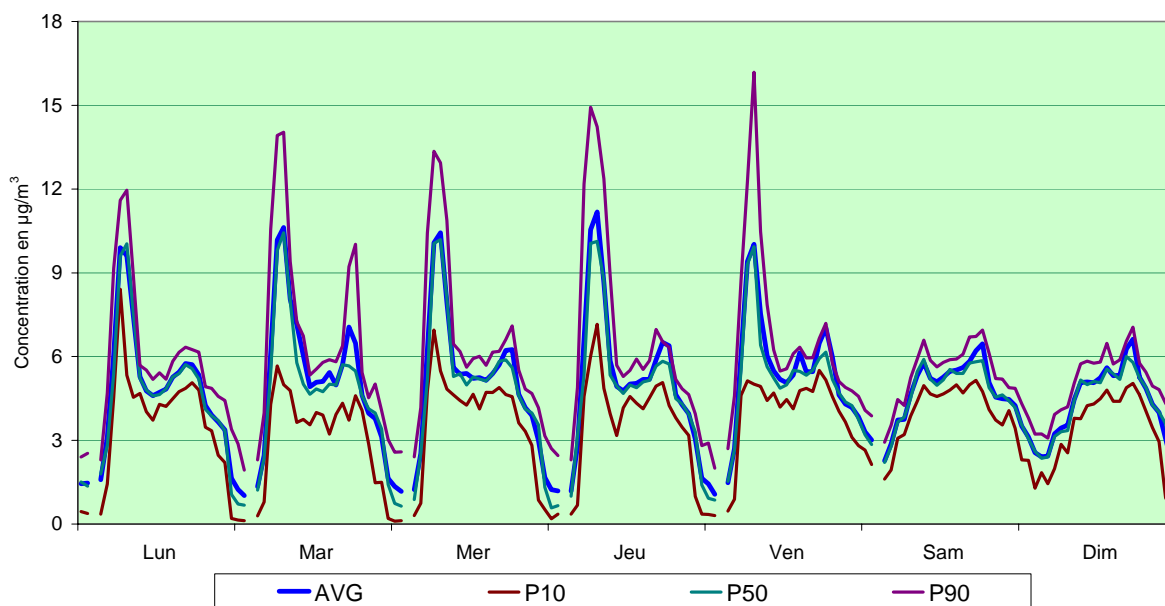


Fig. 22 : Poste de Mesure 41LEB2 (basilique) – Évolution hebdomadaire moyenne pour le NO₂
Période hivernale 2006 - 2007 et période estivale 2006

CO - TUNNEL LEOPOLD II, direction CENTRE (LEC1)

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
Période HIVERNALE : OCTOBRE 2006 - MARS 2007



CO - TUNNEL LEOPOLD II, direction CENTRE (LEC1)

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2006

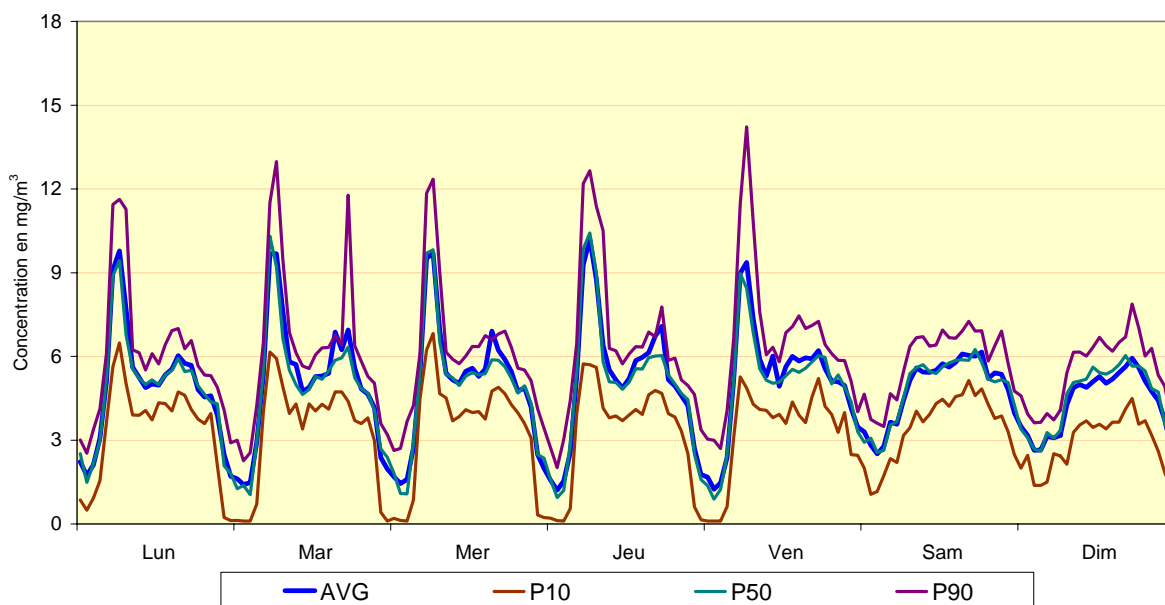
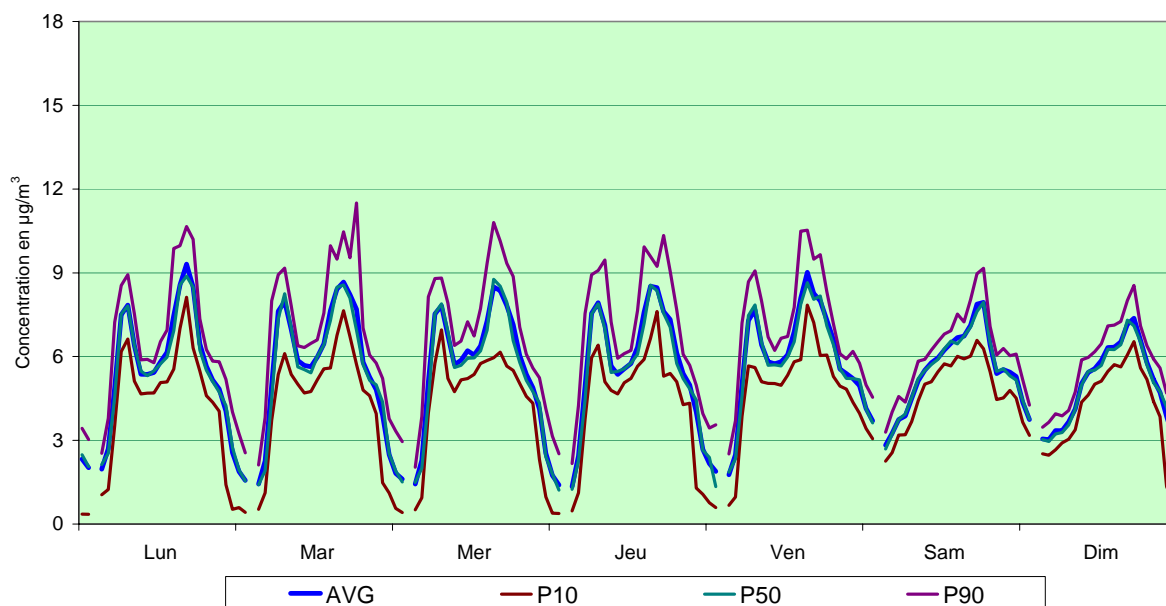


Fig. 23 : Poste de Mesure 41LEC1 (centre) – Évolution hebdomadaire moyenne pour le CO
Période hivernale 2006 - 2007 et période estivale 2006

CO - TUNNEL LEOPOLD II, direction BASILIQUE (LEB2)

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
Période HIVERNALE : OCTOBRE 2006 - MARS 2007



CO - TUNNEL LEOPOLD II, direction BASILIQUE (LEB2)

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2006

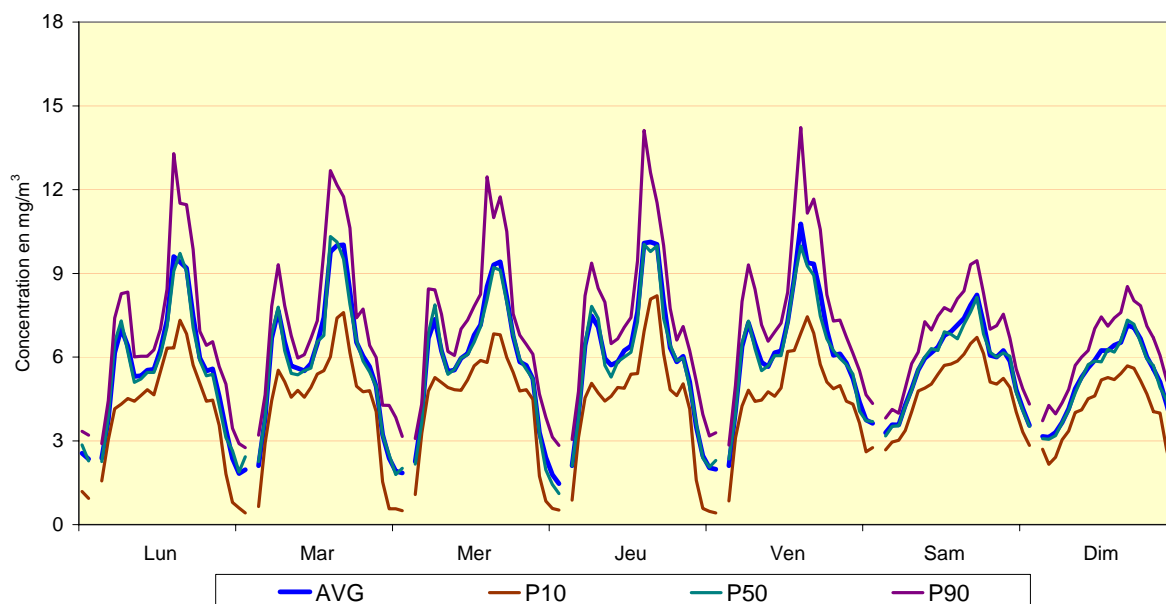
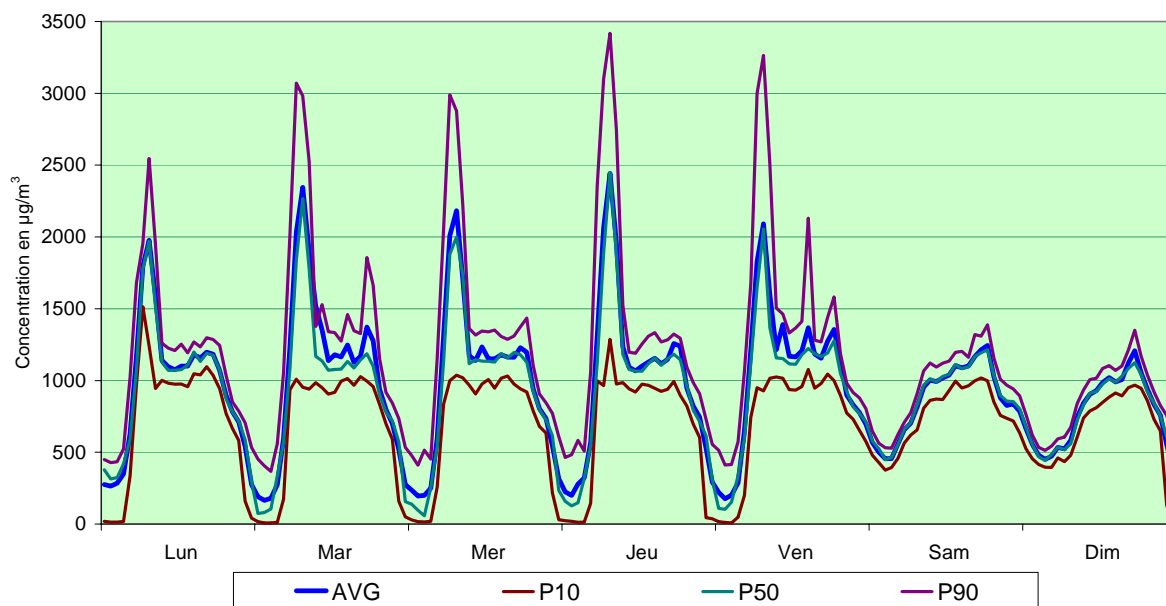


Fig. 24 : Poste de Mesure 41LEB2 (basilique) – Évolution hebdomadaire moyenne pour le CO
Période hivernale 2006 - 2007 et période estivale 2006

NO - TUNNEL LEOPOLD II, direction CENTRE (LEC1)

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
Période HIVERNALE : OCTOBRE 2006 - MARS 2007



NO - TUNNEL LEOPOLD II, direction CENTRE (LEC1)

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2006

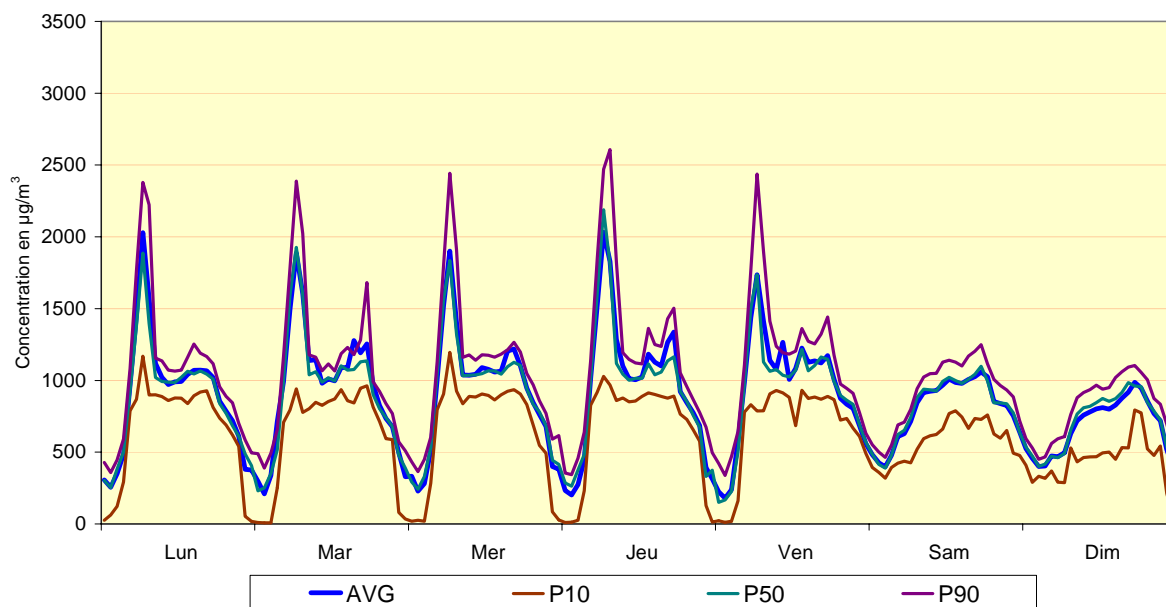
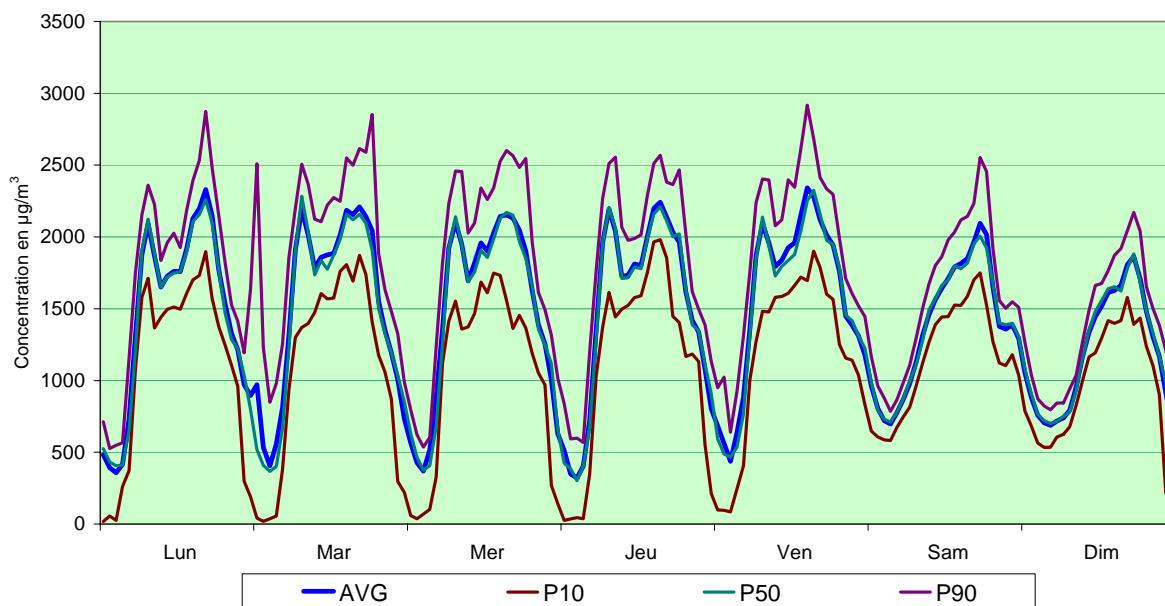


Fig. 25 : Poste de Mesure 41LEC1 (centre) – Évolution hebdomadaire moyenne pour le NO
Période hivernale 2006 - 2007 et période estivale 2006

NO - TUNNEL LEOPOLD II, direction BASILIQUE (LEB2)

ÉVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
Période HIVERNALE : OCTOBRE 2006 - MARS 2007



NO - TUNNEL LEOPOLD II, direction BASILIQUE (LEB2)

ÉVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE
Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2006

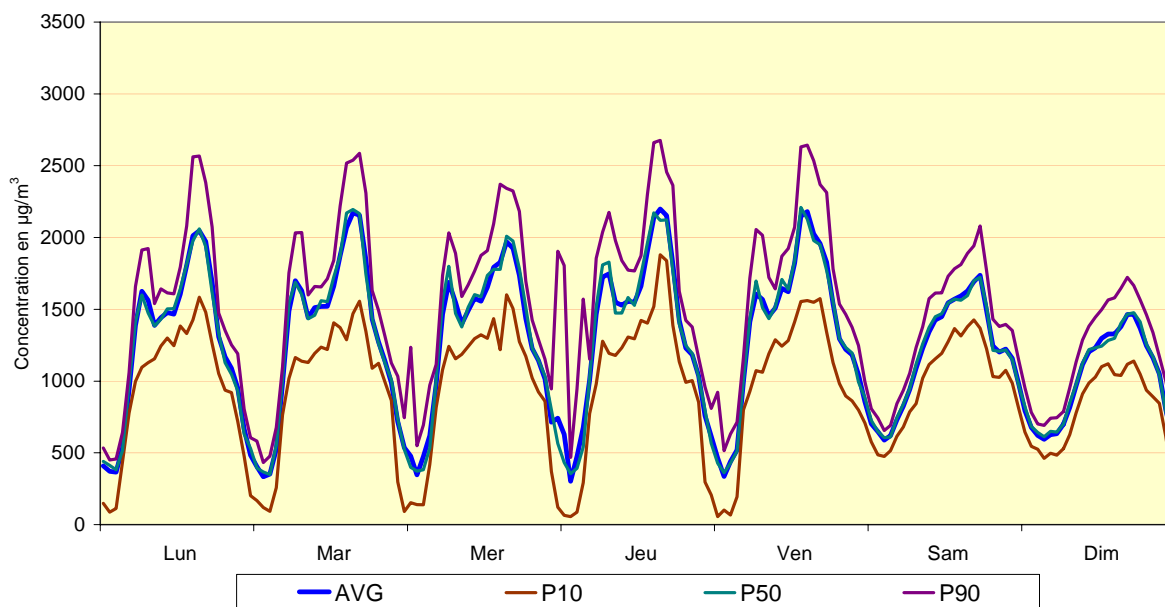


Fig. 26 : Poste de Mesure 41LEB2 (basilique) – Évolution hebdomadaire moyenne pour le NO
Période hivernale 2006 - 2007 et période estivale 2006

4.6 Résultats d'une journée sans voiture

Le dimanche 17 septembre 2006, dans le cadre d'une action européenne, la Région de Bruxelles-Capitale a organisé pour la cinquième 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 17-09-2006, et les graphiques du dessous l'évolution moyenne sur les cinq jours sans trafic (2002 à 2006).

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 (17 septembre 2006), le profil journalier d'un dimanche moyen de la période « 1 mai - 16 septembre 2006 » et le profil journalier moyen d'un jour ouvrable de la même période. En raison de problèmes techniques nous ne disposons pas des résultats de la journée sans trafic du poste en direction de la basilique (LEB2).

Les graphiques du dessous représentent l'évolution de la moyenne sur les cinq 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 2006.

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.

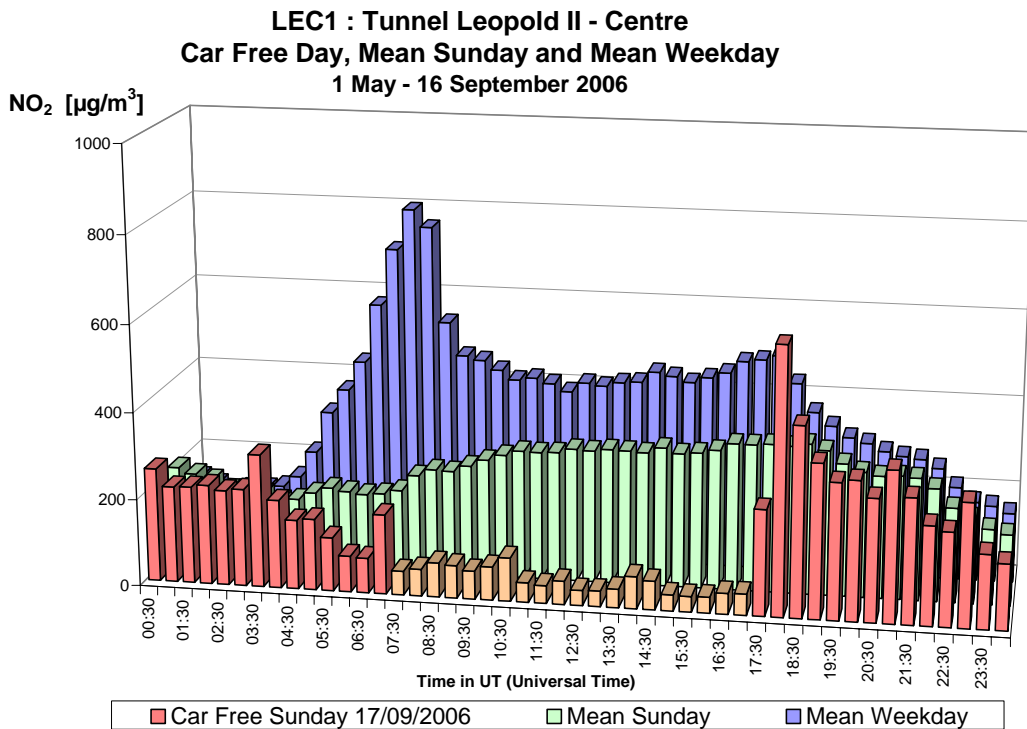


Fig. 27.a : NO₂ dans le tunnel Léopold II, direction Centre – Profil journalier du dimanche sans voiture 17-09-2006, d'un dimanche moyen et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2006'.

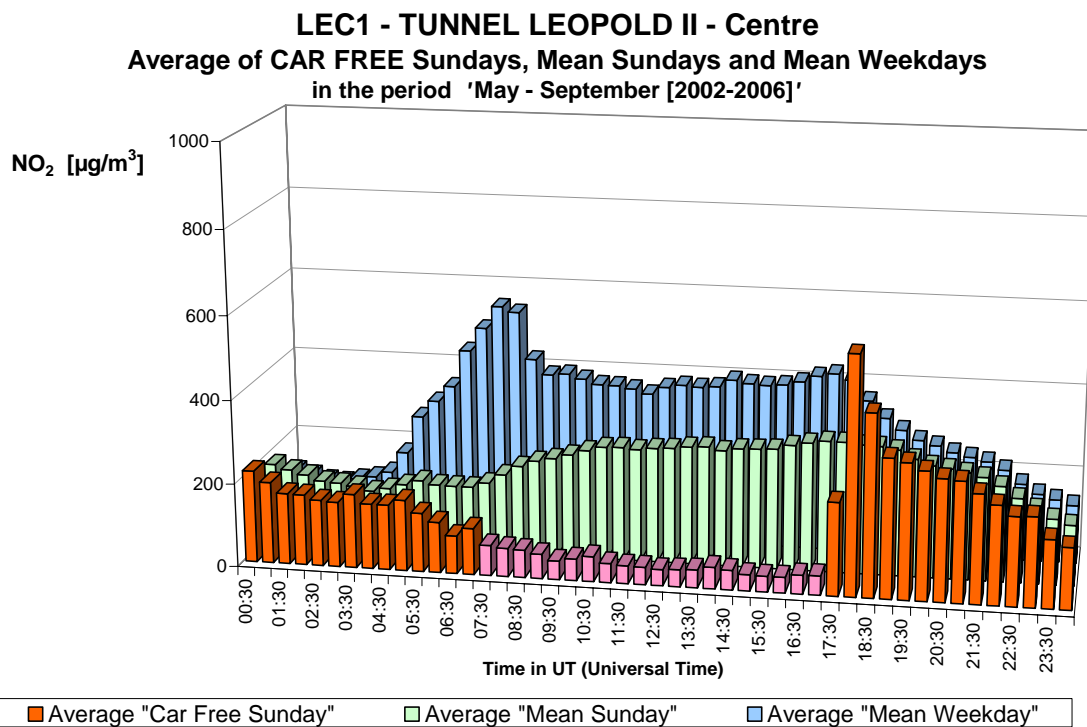


Fig. 27.b : NO₂ dans le tunnel Léopold II, direction Centre – Profil journalier sur les cinq dimanches sans voiture et sur tous les dimanches et jours ouvrables des périodes 'mai – septembre 2002-2006'.

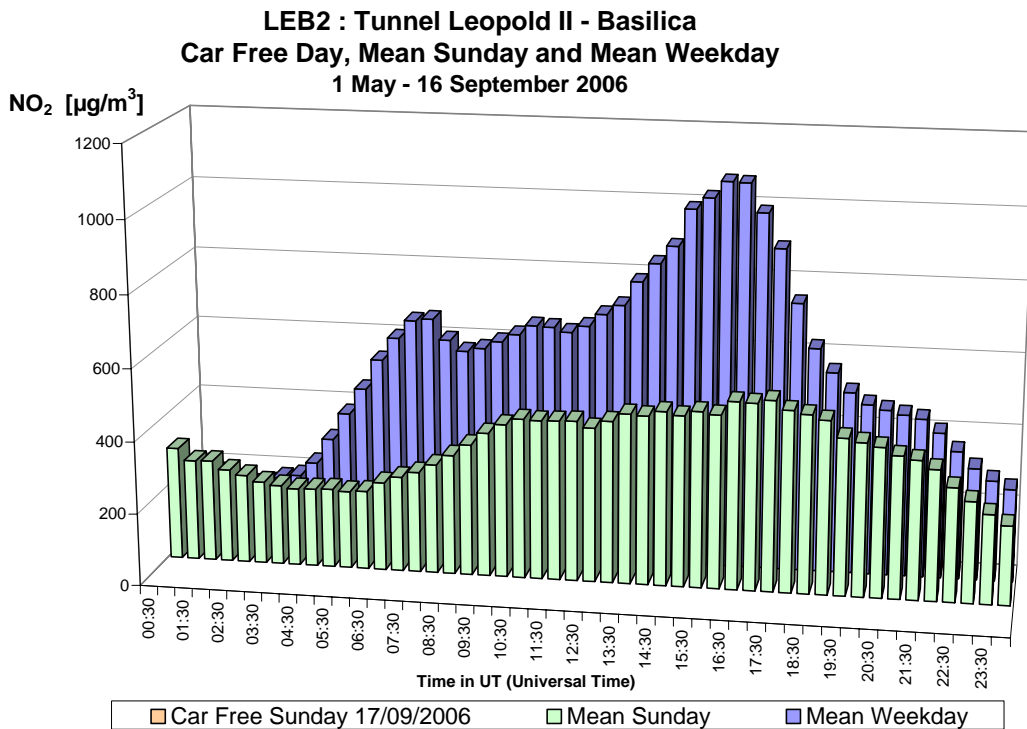


Fig. 28.a : NO₂ dans le tunnel Léopold II, direction Basilique – Profil journalier d'un dimanche moyen et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2006'.
 Pas de données pour le dimanche sans voiture 17-09-2006 - problèmes techniques

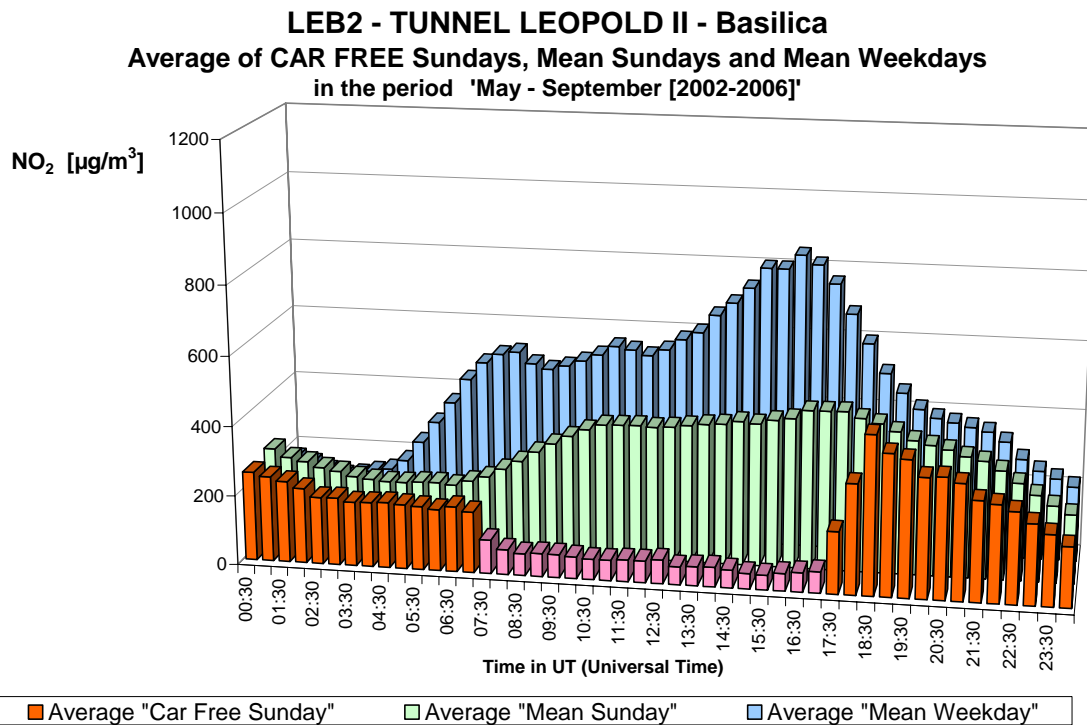


Fig. 28.b : NO₂ dans le tunnel Léopold II, direction Basilique – Profil journalier sur les cinq dimanches sans voiture et sur tous les dimanches et jours ouvrables des périodes 'mai – septembre 2002-2006'.

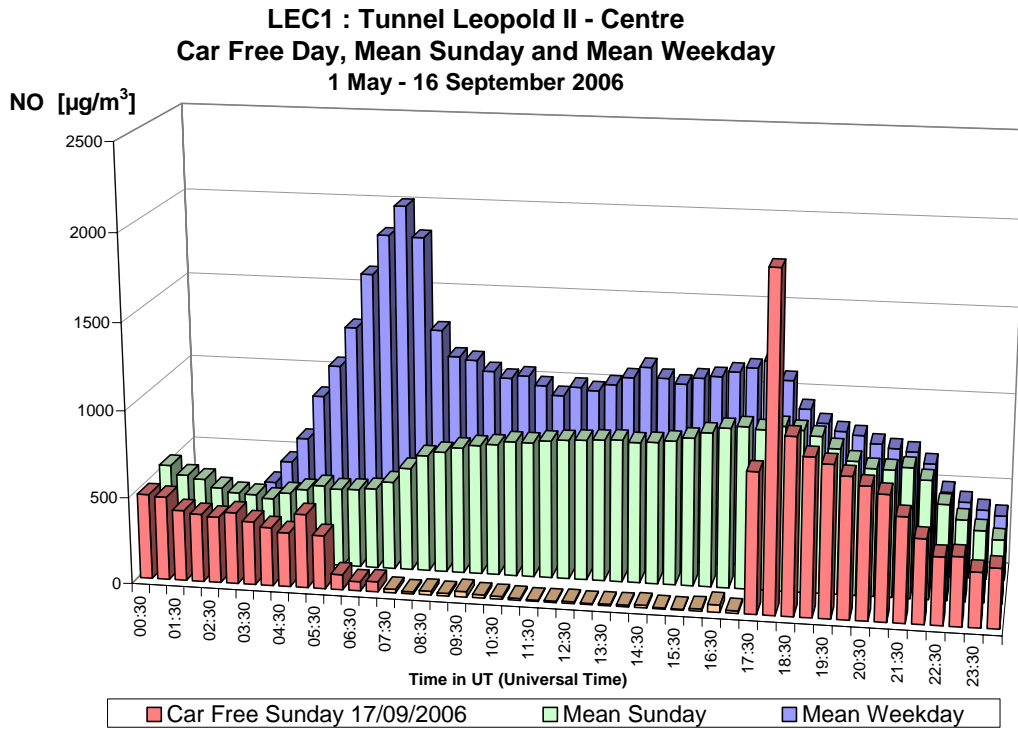


Fig. 29.a : NO dans le tunnel Léopold II, direction Centre – Profil journalier du dimanche sans voiture 17-09-2006, d'un dimanche moyen et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2006'.

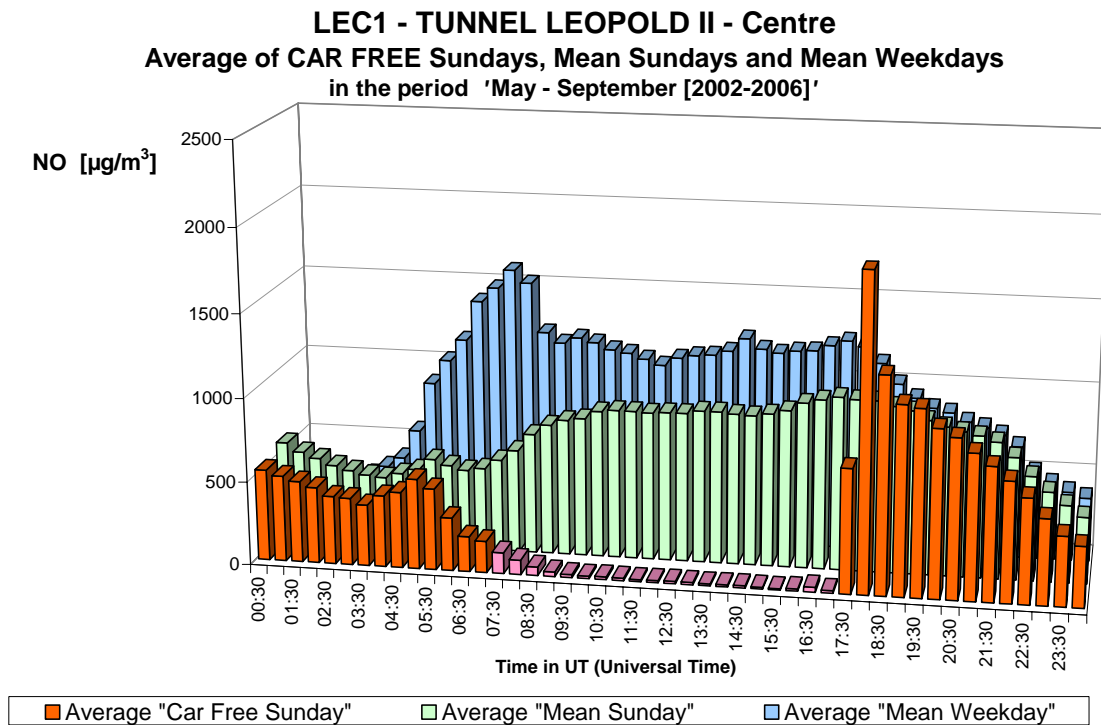


Fig. 29.b : NO dans le tunnel Léopold II, direction Centre – Profil journalier sur les cinq dimanches sans voiture et sur tous les dimanches et jours ouvrables des périodes 'mai – septembre 2002-2006'.

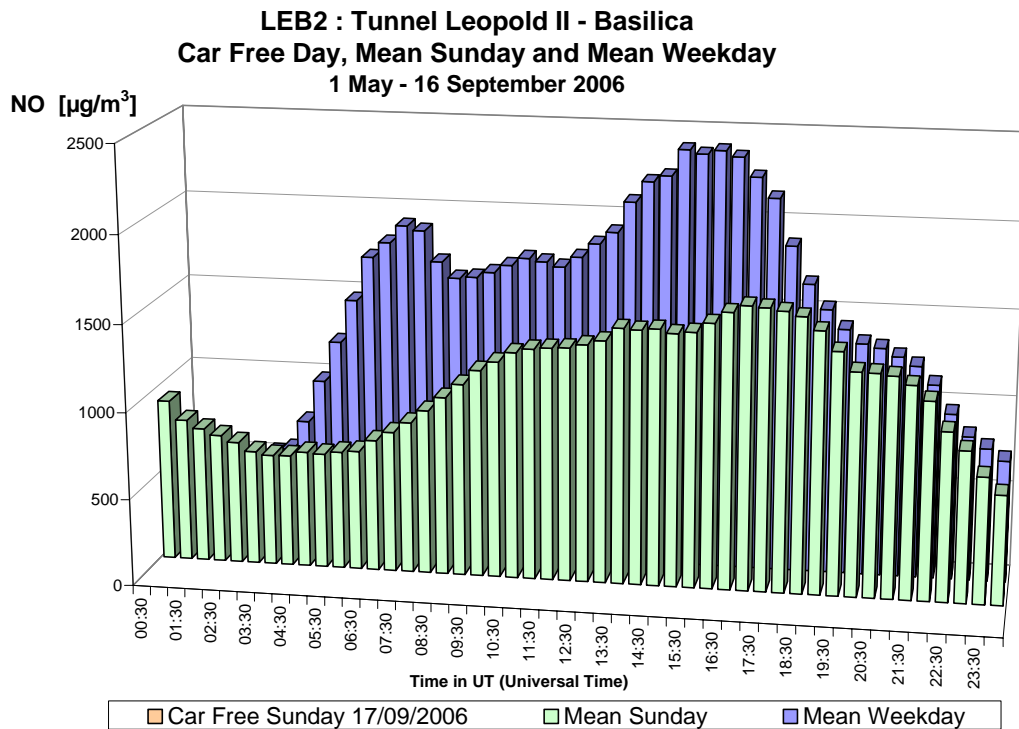


Fig. 30.a : NO dans le tunnel Léopold II, direction Basilique – Profil journalier d'un dimanche moyen et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2006'.
Pas de données pour le dimanche sans voiture 17-09-2006 - problèmes techniques

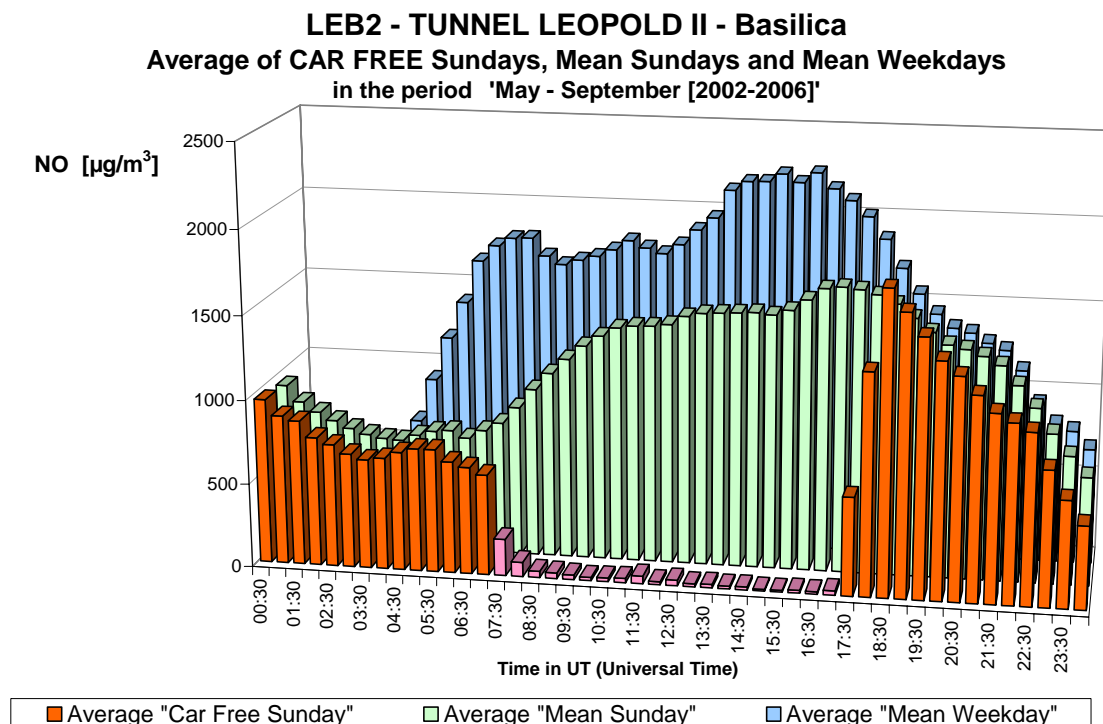


Fig. 30.b : NO dans le tunnel Léopold II, direction Basilique – Profil journalier sur les cinq dimanches sans voiture et sur tous les dimanches et jours ouvrables des périodes 'mai – septembre 2002-2006'.

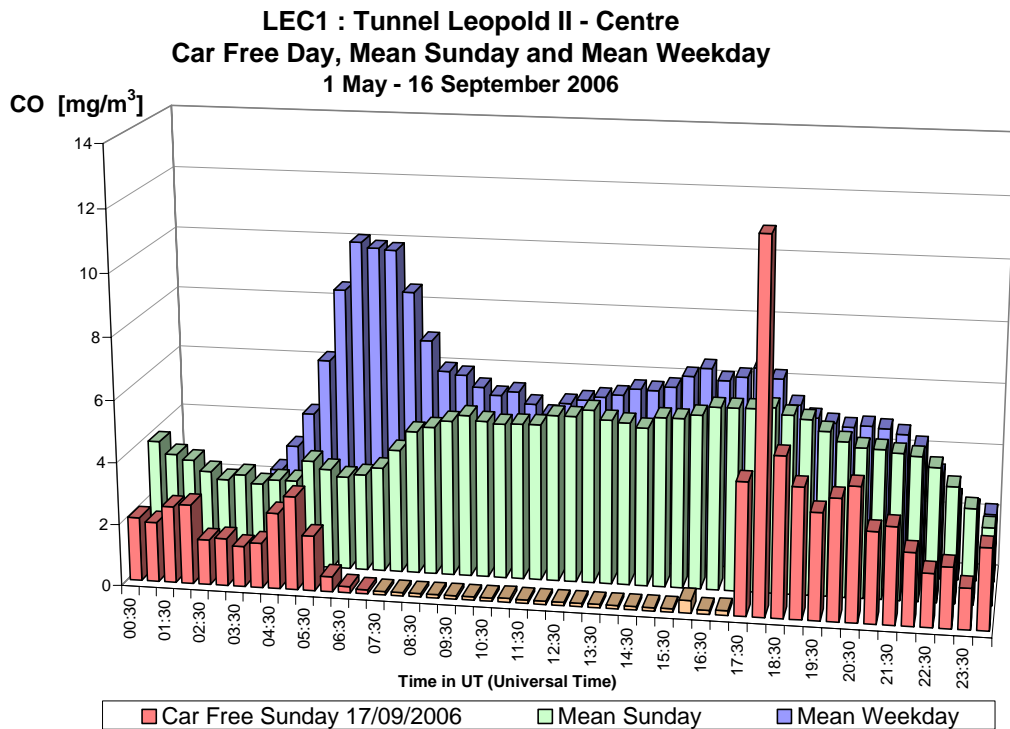


Fig. 31.a : CO dans le tunnel Léopold II, direction Centre – Profil journalier du dimanche sans voiture 17-09-2006, d'un dimanche moyen et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2006'.

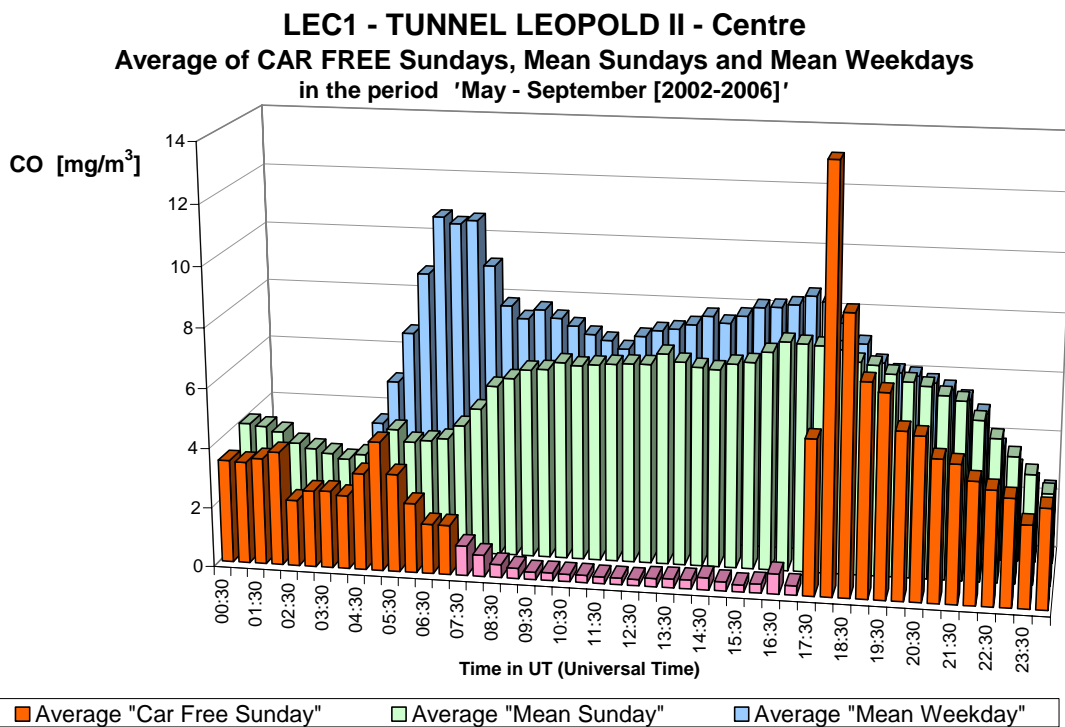


Fig. 31.b : CO dans le tunnel Léopold II, direction Centre – Profil journalier sur les cinq dimanches sans voiture et sur tous les dimanches et jours ouvrables des périodes 'mai – septembre 2002-2006'.

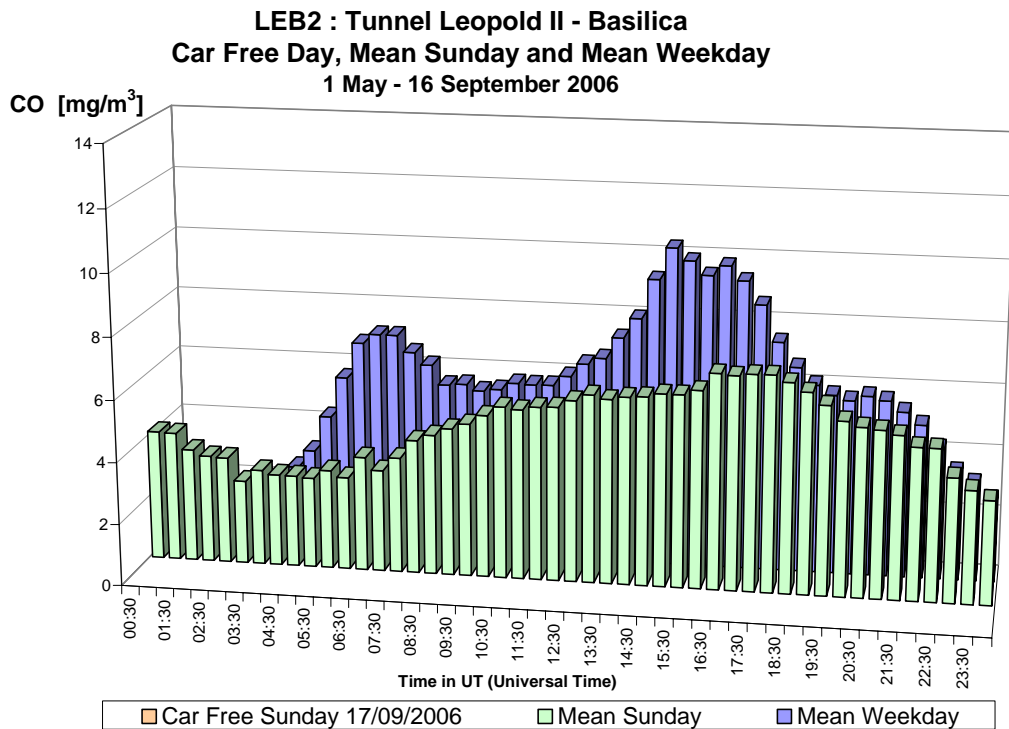


Fig. 32.a : CO dans le tunnel Léopold II, direction Basilique – Profil journalier d'un dimanche moyen et d'un jour ouvrable moyen de la période 'mai – septembre 2006'.
 Pas de données pour le dimanche sans voiture 17-09-2006 - problèmes techniques

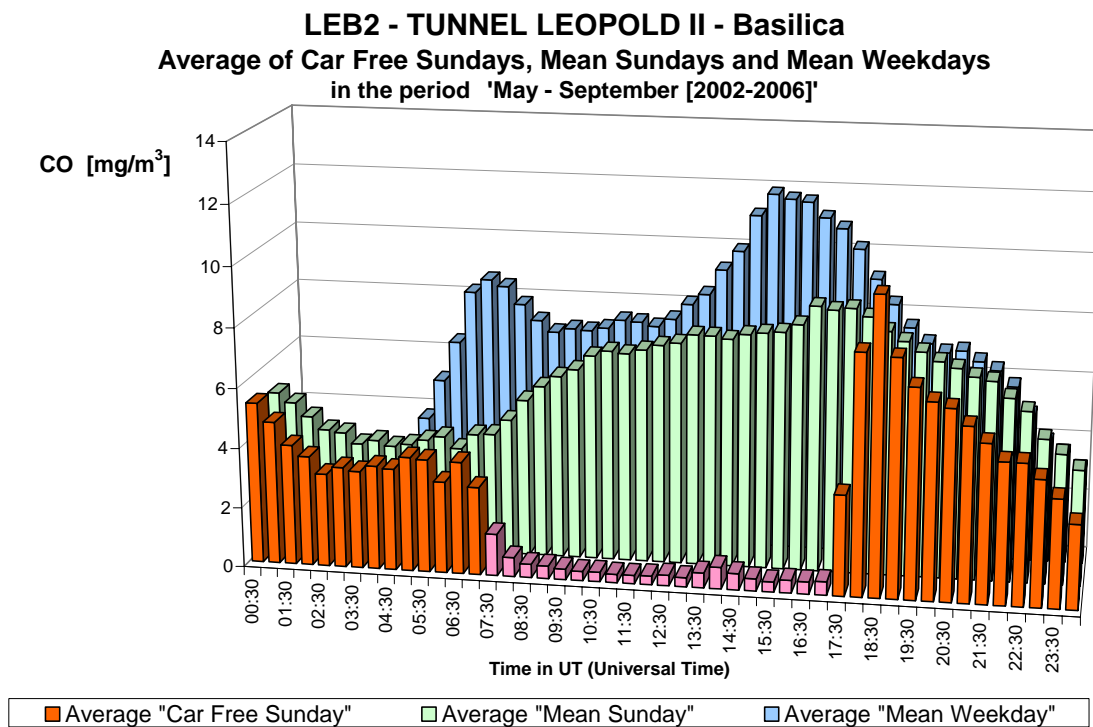


Fig. 32.b : CO dans le tunnel Léopold II, direction Basilique – Profil journalier sur les cinq dimanches sans voiture et sur tous les dimanches et jours ouvrables des périodes 'mai – septembre 2002-2006'.

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 télémétrique de contrôle de la qualité de l'air en Région de Bruxelles-Capitale comporte deux postes de mesure orientés trafic: Avenue de la Couronne à Ixelles (R002), une rue de type "canyon" avec beaucoup de trafic et le carrefour Arts-Loi (B003).

Pour les jours ouvrables de la période hivernale *octobre 2006 – mars 2007*, 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, 10 fois plus élevées qu'aux points de mesure extérieurs et 5 fois plus élevées pour le NO₂.

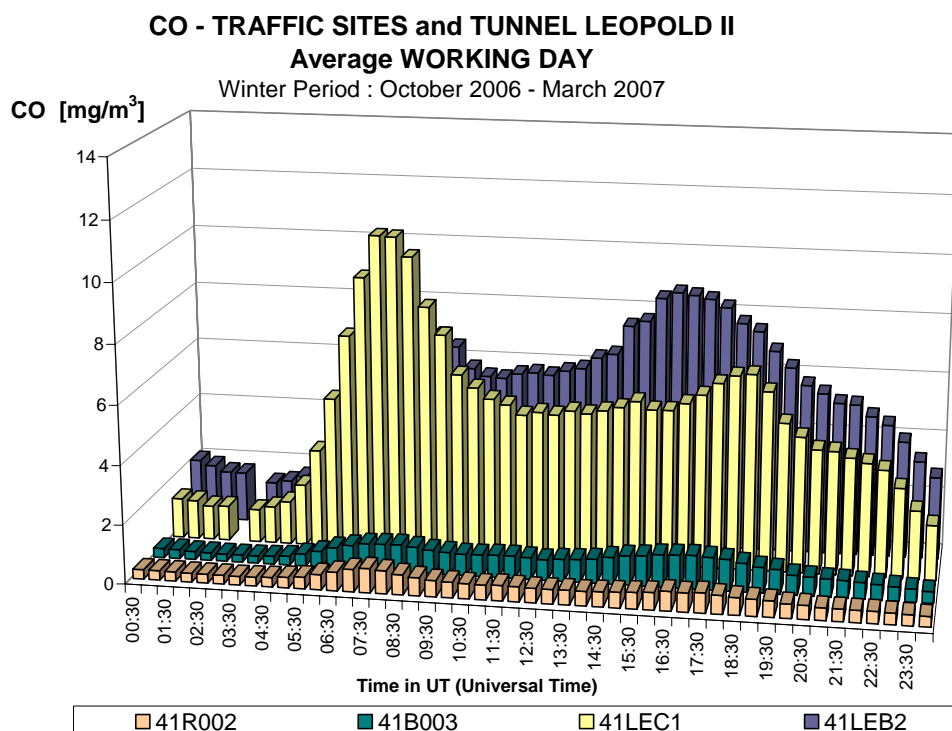


Fig. 33 : CO - Évolution journalière moyenne d'un jour ouvrable moyen (*hiver 2006-2007*)
Postes de mesure trafic à l'air ambiant – Av. de la Couronne (R002) et Arts-Loi (B003)
Postes de mesure du Tunnel Léopold II – LEC1 (Centre) et LEB2 (Basilique)

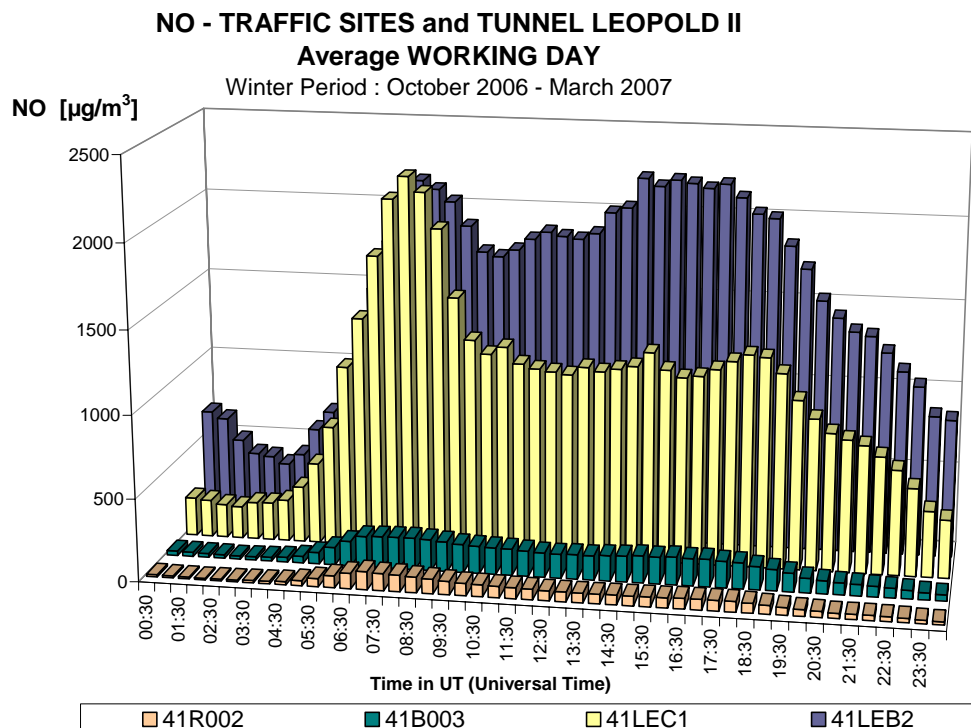
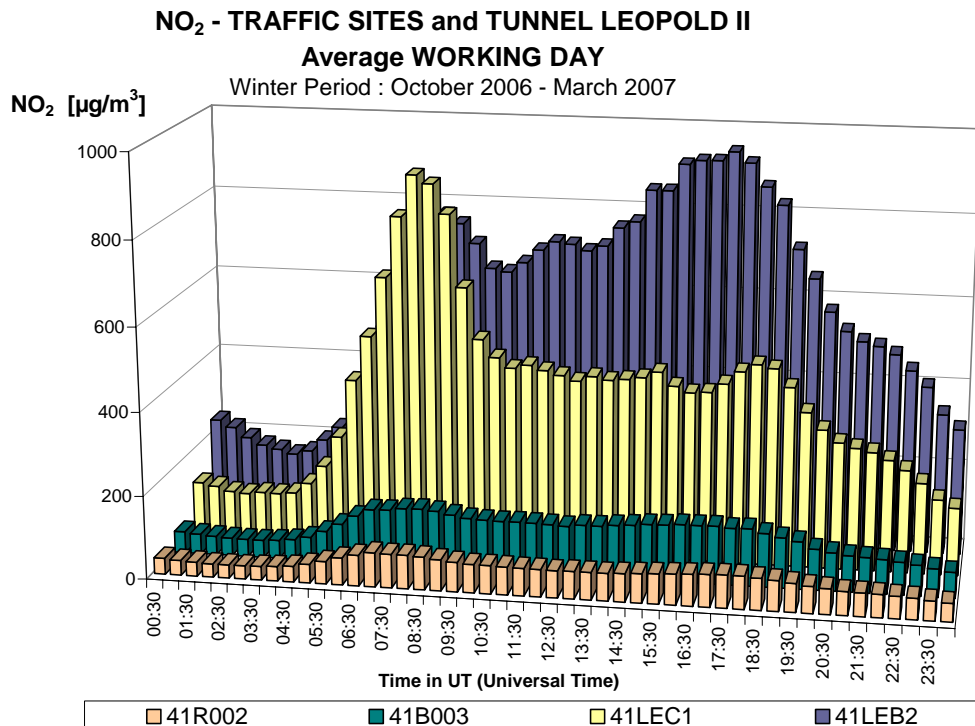


Fig. 34 : NO₂ et NO - Évolution journalière moyenne d'un jour ouvrable moyen (*hiver 2006-2007*)
 Postes de mesure trafic à l'air ambiant – Av. de la Couronne (R002) et Arts-Loi (B003)
 Postes de mesure du Tunnel Léopold II – LEC1 (Centre) et LEB2 (Basilique)

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 20 minutes, ou plus, 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 2006 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 LEC1 (centre), le niveau de 850 µg/m³ se situe entre les centiles P95 et P98 des valeurs semi-horaires. Pour le poste 41LEB2 (basilique) ce niveau se situe au centile P95. Cela signifie qu'au poste LEC1, les dépassements de ce niveau ont doublés par rapport à 2005 : de moins de 1% des valeurs semi-horaires à plus de 2%. Au poste LEB2, le nombre de dépassements a augmenté de plus de 2 % à environ 5 % de toutes les valeurs semi-horaires.

Pour le niveau de 850 µg/m³ on constate en 2006 pour le poste en direction de la basilique une augmentation importante du nombre de dépassements : 832 valeurs semi-horaires en 176 jours en 2006 contre 509 valeurs semi-horaires en 137 jours en 2005. Dans le poste de mesure en direction du centre le nombre de dépassements a doublé : 388 valeurs semi-horaires en 124 jours en 2006 contre 160 valeurs semi-horaires en 64 jours en 2005.

Le niveau de 400 µg/m³ se situe entre P70 et P80 pour le poste de mesure 41LEC1 et entre P40 et P50 pour le poste de mesure 41LEB2. Cela signifie que le nombre de valeurs horaires supérieures à 400 µg/m³ représentent plus de 20% du total des valeurs horaires pour le poste de mesure en direction du centre et plus de 50% du total des valeurs horaires pour le poste de mesure en direction de la basilique.

Pour le poste de mesure en direction de la basilique, le nombre de valeurs horaires supérieures à 400 µg/m³ atteint plus de 60% du nombre de valeurs horaires les *jours ouvrables* et plus de 40 % du nombre de valeurs horaires les *jours non ouvrables*. Pour le poste de mesure en direction du centre, cela devient plus de 30% du nombre des valeurs horaires les *jours ouvrables* et plus de 5% du nombre de valeurs horaires les *jours non ouvrables*.

On constate également une augmentation de la valeur moyenne en NO₂ dans les deux postes de mesure. Ce constat peut être observé pour les trois types de sélection : *tous les jours*, *tous les jours ouvrables* et *tous les jours non ouvrables*. Au poste de mesure LEB2 on constate cette augmentation déjà depuis le début des mesures. La moyenne horaire du NO₂ atteint 365 µg/m³ (direction centre) et 490 µg/m³ (direction basilique) les jours ouvrables contre respectivement 281 µg/m³ et 379 µg/m³ les jours non ouvrables. Pour tous les polluants, les concentrations mesurées sont *en moyenne plus élevées les jours ouvrables* que 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%.

En 2006 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 2006 une légère baisse des niveaux moyens ainsi que des niveaux de centiles les plus élevés. Etant donné que les niveaux de 2005 étaient déjà inférieurs à ceux de 2004, la tendance à la baisse se poursuit. Par contre pour le NO et les NO_x la tendance à la baisse ne se poursuit pas en 2006.

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 10 fois plus élevées, et pour le NO₂ 5 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 nettement plus élevé au point de mesure en direction de la basilique. Sur toute l'année 2006, on y a constaté 711 dépassements en 135 jours contre 476 en 104 jours dans le poste de mesure en direction du centre. Pour le poste en direction de la basilique ceci signifie une croissance importante du nombre de dépassements par rapport aux 458 périodes en 90 jours en 2005. Pour le poste en direction du centre le nombre de dépassements a doublé : 476 périodes en 104 jours en 2006 contre 205 périodes en 54 jours en 2005.

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 300 à 400 valeurs horaires par mois, 28 à 31 jours par mois ou en moyenne une dizaine de dépassements par jour. Dans le poste de mesure en direction du centre ce seuil est dépassé moins souvent : 28 à 252 dépassements par mois, répartis sur 8 à 30 jours ou en moyenne six 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 2006-mars 2007*, un pic matinal très net. Ce pic matinal est également présent pendant la période estivale *avril – septembre 2006*.

Au point de mesure en direction de la basilique, il y a, les jours ouvrables pendant la période hivernale 2006/2007, 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. Les pics du matin et du soir pour le CO se profilent de façon un peu plus nette.

Un dimanche sans voiture: le dimanche 17 septembre 2006, dans le cadre d'une action européenne, la Région de Bruxelles-Capitale a organisé pour la cinquième fois une journée sans voiture. De 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 (figures 27 à 32) 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	25
4.4 Profil journalier moyen	36
4.5 Profil hebdomadaire moyen	43
4.6 Résultats d'une journée sans voiture	50
4.7 Résultats Tunnel et postes de mesures Trafic	57
Résumé	59

