

## Mesure 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 ce 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 de 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 (NO<sub>2</sub>) 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.

1. Pollution de l'air dans les tunnels bruxellois situés sur les axes de pénétration vers le centre de la ville (mai 1999).
2. *La pollution de l'air dans les tunnels routiers. Evaluation des émissions du trafic au moyen du bilan en carbone (juillet 1990).*
3. *Studie van de Luchtkwaliteit in twee autowegtunnels die aansluiten op de Antwerpse Ring (oktober 1991).*
4. *Studie van de Luchtkwaliteit in enkele verkeerstunnels te Brussel (maart 1992).*

## 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.

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 de circulation à la fin du tunnel, l'influence de la formation de file 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 portes-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 NO<sub>2</sub>) et du monoxyde de carbone (CO). Voici les types d'appareils et les principes de mesure utilisés:

NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub> -API 200	chimiluminescence
CO	CO-API 300	absorption IR - corrélation par filtre gazeux (GFC-IR)

Les appareils ont d'abord été testés en profondeur pendant quelques mois (juin – septembre 2002) au laboratoire du LRE 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/m<sup>3</sup> de NO<sub>2</sub> en présence de quelques milliers de µg/m<sup>3</sup> 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.

Les ordinateurs des 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 test ZERO et SPAN (tous les deux ou trois jours), importation des valeurs semi-horaires dans la base de données immission de la Région de Bruxelles-Capitale, etc...

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<sub>x</sub>. Des résultats sont mesurés pour 4 paramètres: CO, NO, NO<sub>2</sub> et NO<sub>x</sub>. Pour les deux postes cela signifie 8 paramètres pour lesquels sont conservés chaque année 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 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

### 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 NO<sub>2</sub> 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 (NO<sub>2</sub>) :*
  - o 1.000 µg/m<sup>3</sup> (microgrammes par mètre cube) pour une durée d'exposition maximale de 20 minutes
  
  - o 400 µg/m<sup>3</sup> (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 NO<sub>2</sub> de 200 µg/m<sup>3</sup> à 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 NO<sub>2</sub> ne peut pas être supérieure à 400 µg/m<sup>3</sup> 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, p.ex. lors des heures de pointe du matin ou du soir. Au ralenti ou dans les files, les émissions de NO<sub>2</sub> 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/m<sup>3</sup> pendant 20 minutes et 400 µg/m<sup>3</sup> pendant une heure (60 minutes) donne une valeur limite de 850 µg/m<sup>3</sup> de NO<sub>2</sub> pendant 30 minutes. Les périodes intermédiaires de 59 min., 58 min., ..., 22 et 21 min. n'ont pas été prises en compte.

## 4. Résultats

### 4.1 Évolution graphique des données de mesures

A titre d'exemple, les résultats du mois de décembre 2003 sont représentés graphiquement pour les deux postes de mesure dans les figures 1 à 4. L'évolution des valeurs semi-horaires du poste de mesure 41LEC1 (direction centre) est donnée dans les graphiques de la figure 1. L'évolution des valeurs horaires de ce poste de mesure est donnée à la figure 2. De façon analogue, les valeurs semi-horaires et horaires du poste de mesure 41LEB2 (direction Basilique) sont représentées dans les figures 3 et 4.

Chacune des figures 1 à 4 contient quatre graphiques. Le graphique du dessus donne l'évolution des concentrations (valeurs semi-horaires ou horaires) du monoxyde d'azote (NO). Le second graphique donne l'évolution des concentration de dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Une ligne horizontale sur toute la largeur du graphique indique la valeur limite pour le NO<sub>2</sub>: 850 µg/m<sup>3</sup> pour une exposition d'une demi-heure et 400 µg/m<sup>3</sup> pour exposition d'une heure.

Le troisième graphique donne les résultats pou le NO<sub>x</sub>, c'est à dire la somme de NO et NO<sub>2</sub> exprimée en équivalent masse de NO<sub>2</sub>.  $[NO_x] = 1,53 * [NO] + [NO_2]$ , où les concentrations massiques [NO<sub>x</sub>] , [NO] et [NO<sub>2</sub>] sont exprimées en µg/m<sup>3</sup>.

Le quatrième graphique donne l'évolution des concentrations de CO exprimées en mg/m<sup>3</sup> (milligrammes par mètre cube). A 20° C et 1013 hPa : 1 ppm CO = 1,165 mg/m<sup>3</sup> CO.

Les résultats de la moyenne glissante sur 20 minutes pour le NO<sub>2</sub>, calculés pour la journée du jeudi 4 décembre 2003, sont représentés graphiquement dans la figure 5. Le graphique du dessus donne les résultats pour le poste de mesure 41LEC1 (direction centre) et le graphique du dessous les résultats du poste de mesure 41LEB2 (direction basilique).

En décembre 2003 la moyenne semi-horaire en CO a atteint 7,88 mg/m<sup>3</sup> dans le poste de mesure en direction du centre (41LEC1) et 8,10 mg/m<sup>3</sup> en direction de la basilique (41LEB2). Les valeurs semi-horaires maximales ont atteint respectivement 34,47 et 25,87 mg/m<sup>3</sup>.

Les résultats du poste de mesure 41LEC1 (poste de secours 111) peuvent être comparés aux résultats des mesures effectuées début décembre 1991 presque au même endroit (poste de secours 107). Les concentrations moyennes et maximales de décembre 2003 sont sensiblement plus basses que celles mesurées pendant la campagne de 1991. Dans le même tunnel, en direction du centre, la concentration moyenne variait entre 20 et 30 mg/m<sup>3</sup>. Les concentrations maximales étaient de l'ordre de 50 à 100 mg/m<sup>3</sup>.

Pour ce même poste de mesure, les concentrations moyennes mesurées en 2003 (1.100 à 1.600 µg/m<sup>3</sup>) sont à peu près 50 % plus basses que celles constatées pendant la campagne de 1991 (2.200 à 3.000 µg/m<sup>3</sup>).

Les concentrations moyennes en NO<sub>2</sub> par contre sont du même ordre de grandeur, ou quelque peu plus élevées que pendant la campagne de 1991: 290 à 380 µg/m<sup>3</sup> en décembre 2003 contre 250 à 350 µg/m<sup>3</sup> en 1991.

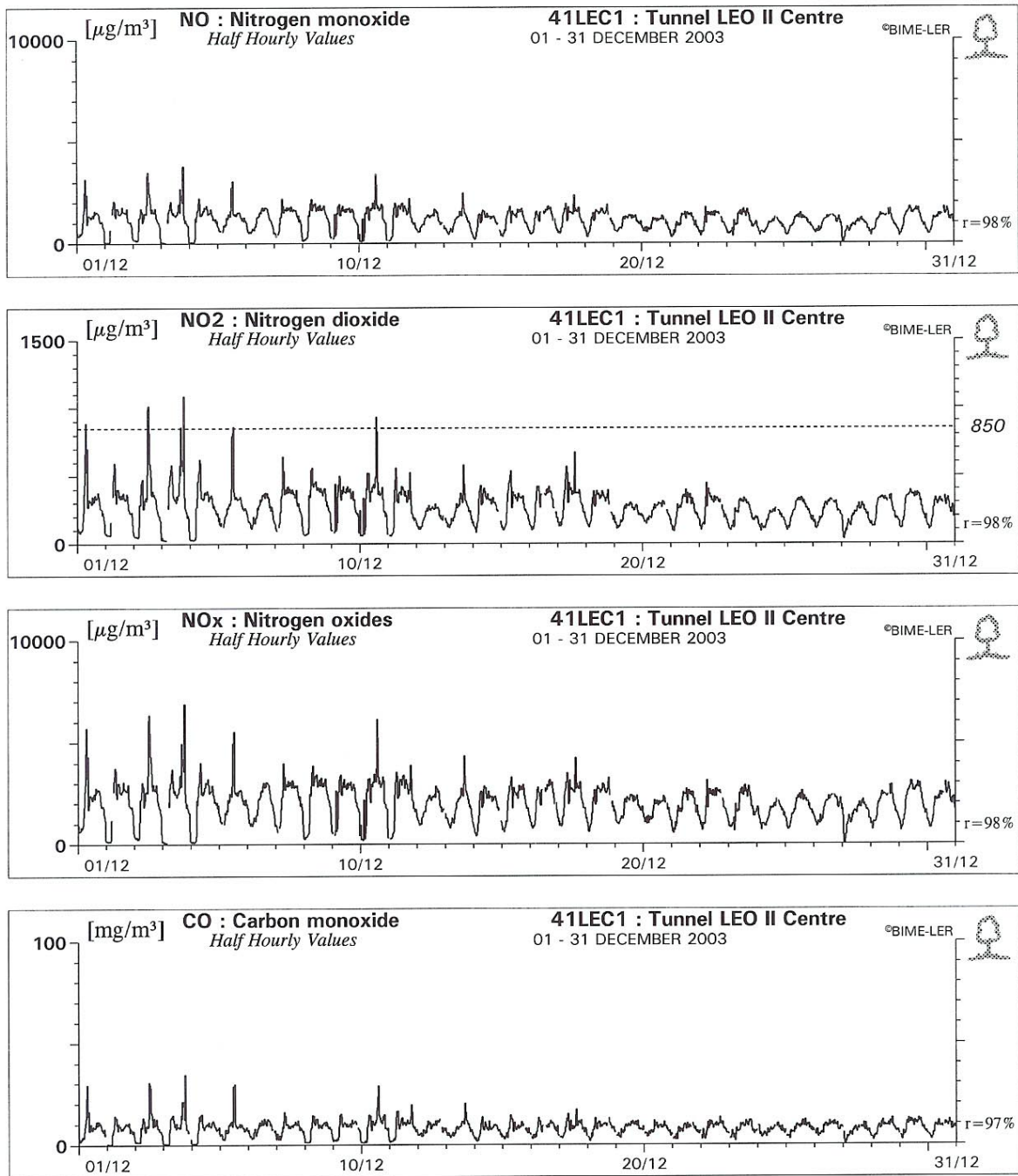


Fig. 1: Évolution des valeurs semi-heures en décembre 2003  
 Poste de mesure 41LEC1, direction Centre

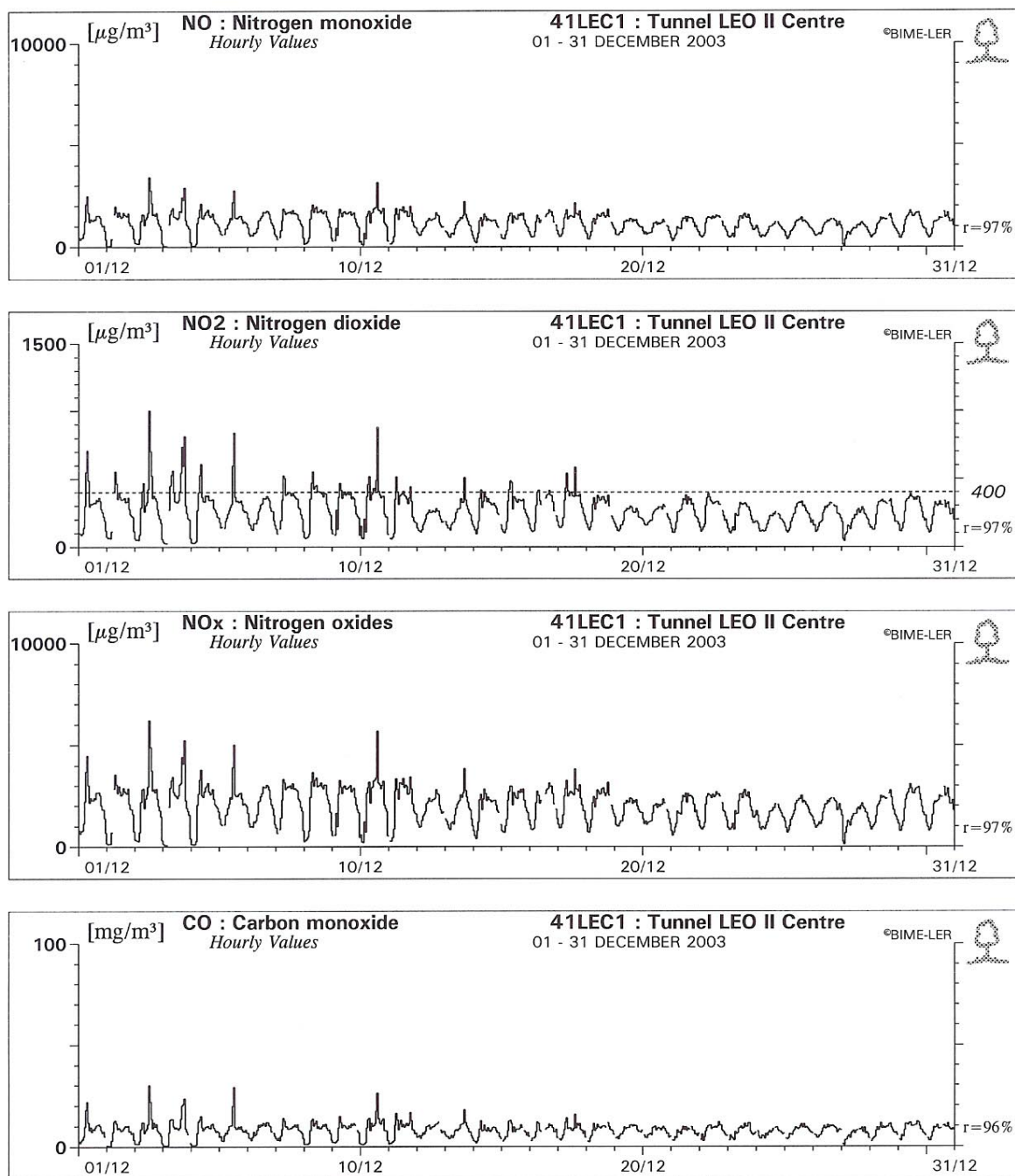


Fig. 2: Évolution des valeurs horaires en décembre 2003  
Poste de mesure 41LEC1, direction Centre

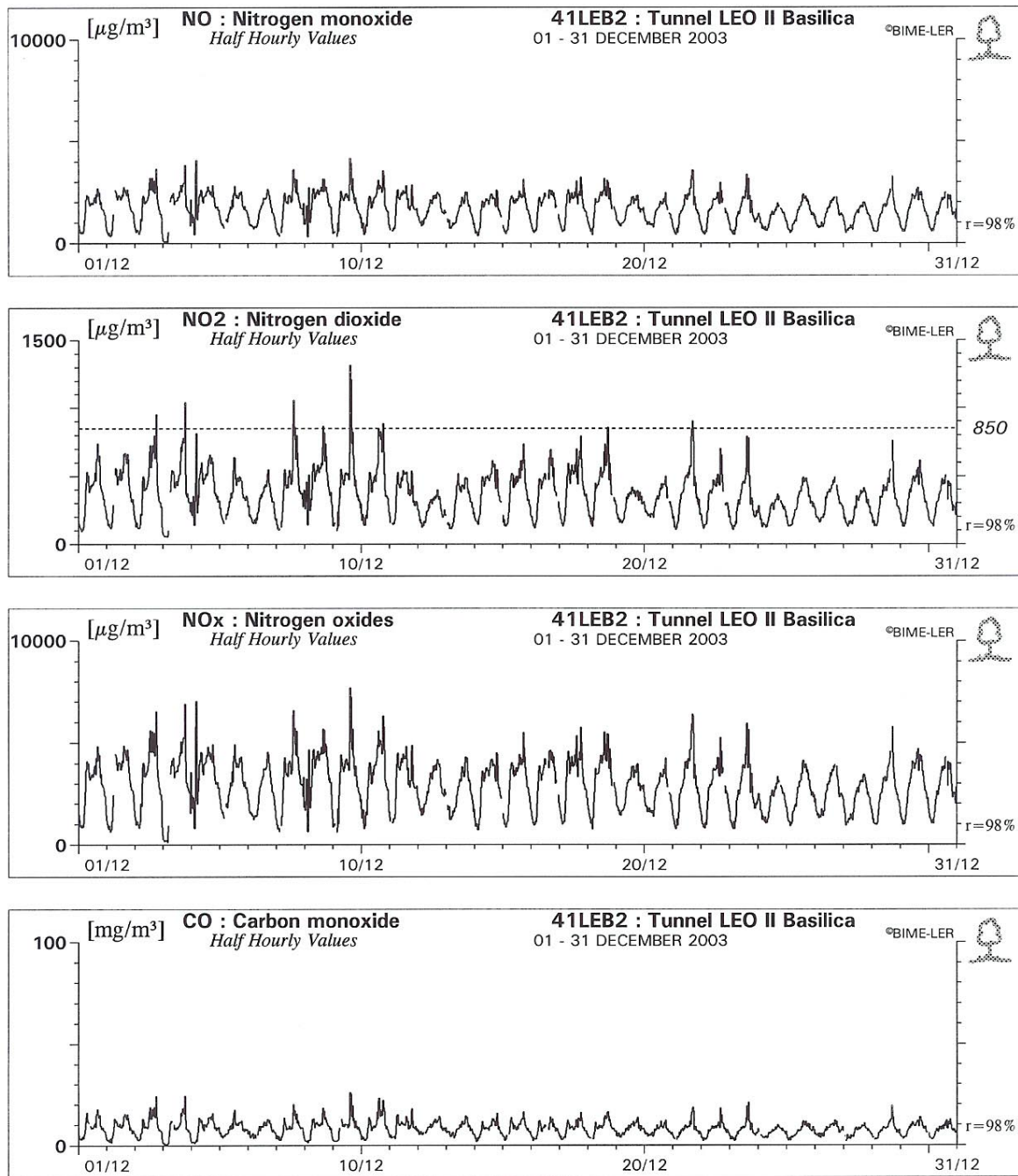


Fig. 3: Évolution des valeurs semi-heures en décembre 2003  
Poste de mesure 41LEB2, direction Basilique



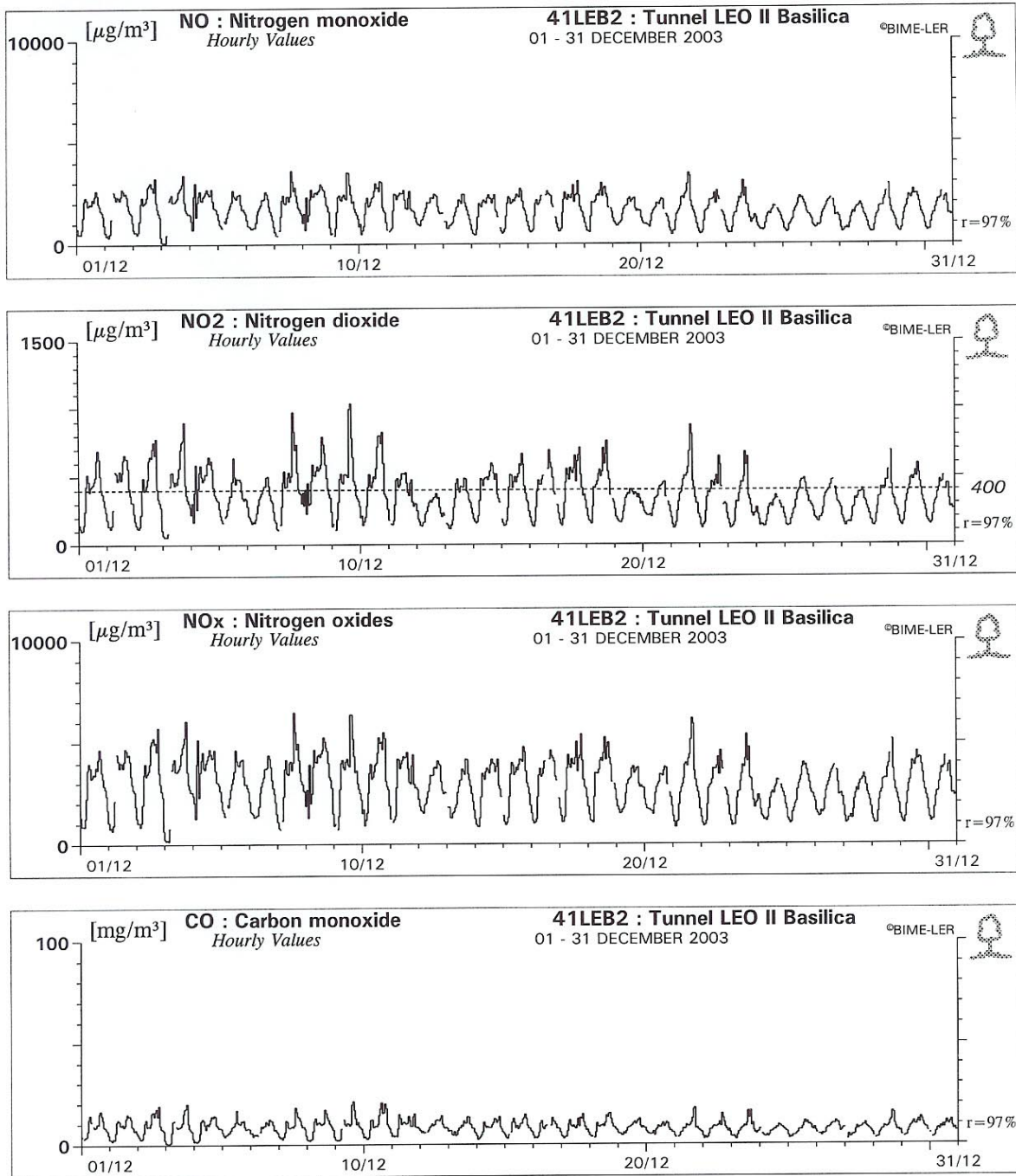


Fig. 4: Évolution des valeurs horaires en décembre 2003  
Poste de mesure 41LEB2, direction Basilique

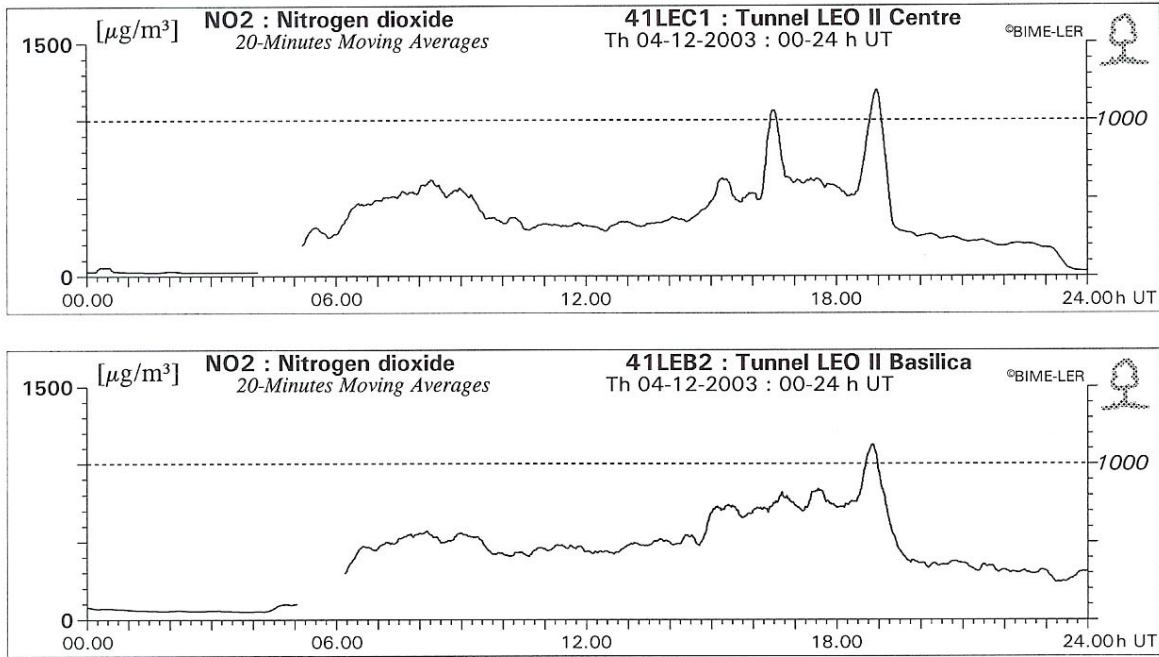


Fig. 5: NO<sub>2</sub> – évolution moyenne glissante sur 20 minutes dans les deux postes de mesure du tunnel Léopold II Jeudi 4 décembre 2003

## **4.2 Distribution des fréquences cumulées**

Pour l'année calendrier 2003, 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. Le tableau II contient les résultats des valeurs semi-horaires et les résultats des valeurs horaires se trouvent dans le tableau III.

Au dessus de chaque colonne se trouvent les indications du poste de mesure (41LEC1 ou 41LEB2), le polluant concerné (NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> et CO) et les unités (µg/m<sup>3</sup> ou mg/m<sup>3</sup>) dans lesquelles sont exprimées les concentrations. Dans les colonnes sont donnés les résultats pour le minimum (Min), les centiles successifs, P10, P20, P30, ..., P99.5, P99.9 et le maximum, ensuite viennent la moyenne arithmétique (AM), l'écart type sur la moyenne arithmétique (ASD), la moyenne géométrique (GM), l'écart type géométrique (GSD), le nombre de données disponibles (Nval) et le pourcentage de la période totale pour laquelle des données sont disponibles (Nval%). Le tableau est complété par quelques données statistiques proches du maximum: la plus haute valeur à 1 près (Max-1), la plus haute valeur à deux près (Max-2), ..., et la plus haute valeur à 23 près (Max-23).

Pour le CO la valeur limite est de 100 ppm (= 116,5 mg/m<sup>3</sup>) pour une exposition de 30 minutes. Au cours de l'année 2003 la valeur maximale de CO est de 62,34 mg/m<sup>3</sup> dans le poste de mesure 41LEC1 (centre) et de 32,58 mg/m<sup>3</sup> dans le poste de mesure 41LEB2 (basilique). Au cours de l'année 2003, la valeur limite pour le CO n'a donc pas été dépassée.

Pour le NO<sub>2</sub> il y a une valeur limite de 400 µg/m<sup>3</sup> pour une exposition d'une heure et une valeur limite de 850 µg/m<sup>3</sup> pour une exposition de 30 minutes. Dans le tableau II (fréquences cumulées pour les valeurs semi-horaires), le niveau de 850 µg/m<sup>3</sup> se situe pour les deux postes de mesure entre les centiles P99 et P99.5. Cela signifie qu'en 2003 les dépassements du niveau de 850 µg/m<sup>3</sup> représentent moins de 1 % de toutes les valeurs semi-horaires.

Dans le tableau III (fréquences cumulées des valeurs horaires), le niveau de 400 µg/m<sup>3</sup> se situe entre P80 et P90 pour le poste de mesure 41LEC1 et entre P50 et P60 pour le poste de mesure 41LEB2. Cela signifie que le nombre de valeurs horaires supérieures à 400 µg/m<sup>3</sup> représentent plus de 10% du total des valeurs horaires pour le poste de mesure en direction du centre (41LEC1) et plus de 40% du total des valeurs horaires pour le poste de mesure en direction de la basilique (41LEB2). La moyenne des valeurs horaires de NO<sub>2</sub> atteint 278 µg/m<sup>3</sup> dans le poste de mesure 41LEC1 et 363 µg/m<sup>3</sup> dans le poste 41LEB2.

Les résultats de la distribution des fréquences cumulées des valeurs semi-horaires pour le NO<sub>2</sub> et le CO (*sélection de tous les jours – toutes les valeurs du jour*), calculés pour l'année 2003, sont représentés graphiquement à la figure 6. Les fréquences cumulées des valeurs horaires pour le NO<sub>2</sub> (*sélection de tous les jours – toutes les valeurs du jour*), sont représentées graphiquement à la figure 7.

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 (*sélection de tous les jours non ouvrables – toutes les valeurs du jour*).

Pour les valeurs semi-horaires (tableaux IV et VI) il semble que les concentrations de NO<sub>2</sub> supérieures à 850 µg/m<sup>3</sup> se produisent presque exclusivement les *jours ouvrables*. Pour les *jours non ouvrables* on ne note que 5 dépassements pour le poste de mesure en direction du centre (41LEC1) et aucun pour le poste de mesure en direction de la basilique (41LEB2).

Pour tous les polluants, les concentrations mesurées sont *en moyenne plus élevées* les *jours ouvrables* que les *jours non ouvrables*. La moyenne horaire du NO<sub>2</sub> atteint 297 µg/m<sup>3</sup> (41LEC1) et 391 µg/m<sup>3</sup> (41LEB2) les *jours ouvrables* contre respectivement 235 µg/m<sup>3</sup> et 302 µg/m<sup>3</sup> les *jours non ouvrables*.

Pour le poste de mesure en direction de la basilique (41LEB2), le nombre de valeurs horaires supérieures à 400 µg/m<sup>3</sup> atteint plus de 50% du nombre de valeurs horaires les *jours ouvrables* et environ 20 % du nombre de valeurs horaires les *jours non ouvrables*. Pour le poste de mesure en direction du centre (41LEC1), cela devient plus de 10% du nombre des valeurs horaires les *jours ouvrables* et moins de 2% du nombre de valeurs horaires les *jours non ouvrables*.

**Tableau II: VALEURS SEMI-HORAIRES  
Distribution de Fréquences Cumulées**

ANNÉE CALENDRIER 2003  
Tous les JOURS – Toutes les DEMI-HEURES de la journée

**CUMULATIVE FREQUENCY DISTRIBUTION : Half Hourly Values**  
**Calendar Year : 01 January - 31 December 2003**  
Selection Days : All Days  
All Half Hourly Periods : yyyyyyyyyy yyyyyyyyyy yyyyyyyyyy yyyyyyyyyy  
Total Number of Periods = 17520

Site Symb Unit	41LEC1 NO µg/m <sup>3</sup>	41LEC1 NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	41LEC1 NO <sub>x</sub> µg/m <sup>3</sup>	41LEC1 CO mg/m <sup>3</sup>	41LEB2 NO µg/m <sup>3</sup>	41LEB2 NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	41LEB2 NO <sub>x</sub> µg/m <sup>3</sup>	41LEB2 CO mg/m <sup>3</sup>
Min	4	23	29	0,11	9	39	55	0,11
P-10	439	120	798	3,11	633	150	1121	3,38
P-20	638	162	1136	4,86	918	200	1606	5,01
P-30	840	204	1497	6,36	1274	264	2214	6,60
P-40	994	241	1768	7,37	1528	318	2665	7,72
P-50	1111	271	1975	8,11	1711	360	2985	8,53
P-60	1217	299	2162	8,73	1890	403	3302	9,32
P-70	1325	325	2351	9,38	2063	449	3609	10,19
P-80	1441	355	2555	10,23	2238	498	3912	11,34
P-90	1624	408	2866	11,67	2445	567	4284	13,05
P-95	1828	506	3279	14,30	2636	634	4612	14,68
P-98	2431	673	4389	20,65	2912	727	5105	16,99
P-99	2950	826	5332	26,68	3141	797	5544	18,85
P-99.5	3456	1001	6223	32,52	3385	854	5941	21,03
P-99.9	4395	1316	7940	41,14	3830	985	6695	24,51
Max	5769	1798	10439	62,34	5653	1552	10191	32,58
AM	1092	278	1946	8,12	1631	363	2856	8,46
ASD	543	145	966	4,52	695	163	1213	3,80
GM	902	244	1643	6,82	1420	323	2505	7,39
GSD	2,20	1,72	2,01	1,98	1,86	1,68	1,80	1,81
Nval	16412	16410	16412	16695	16927	16926	16927	16873
Nval%	93,6	93,6	93,6	95,2	96,6	96,6	96,6	96,3
Max-1	5577	1656	9564	55,58	4463	1315	7684	30,65
Max-2	5307	1626	9561	54,55	4331	1210	7651	30,50
Max-3	5206	1545	9521	51,78	4247	1198	7629	29,49
Max-7	4909	1400	8772	45,21	4066	1062	7172	28,19
Max-8	4837	1397	8683	44,96	4018	1055	7044	27,48
Max-17	4301	1292	7785	41,14	3830	985	6695	24,51
Max-23	4168	1255	7526	39,49	3774	958	6542	24,19

**Tableau III: VALEURS HORAIRES  
Distribution de Fréquences Cumulées**

ANNÉE CALENDRIER 2003  
Tous les JOURS – Toutes les HEURES de la journée

**CUMULATIVE FREQUENCY DISTRIBUTION : Hourly Values**  
**Calendar Year : 01 January - 31 December 2003**  
Selection Days : All Days  
All Hourly Periods : yyyyyy yyyyyy yyyyyy yyyyyy  
Total Number of Periods = 8760 data

Site Symb Unit	41LEC1 NO $\mu\text{g}/\text{m}^3$	41LEC1 NO <sub>2</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	41LEC1 NO <sub>x</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	41LEC1 CO $\text{mg}/\text{m}^3$	41LEB2 NO $\mu\text{g}/\text{m}^3$	41LEB2 NO <sub>2</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	41LEB2 NO <sub>x</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	41LEB2 CO $\text{mg}/\text{m}^3$
Min	5	24	36	0,11	14	42	63	0,11
P-10	444	122	802	3,28	638	151	1130	3,56
P-20	642	164	1142	5,03	919	201	1607	5,14
P-30	840	204	1498	6,50	1278	265	2221	6,76
P-40	997	242	1774	7,52	1524	317	2660	7,83
P-50	1116	273	1984	8,19	1720	362	3000	8,67
P-60	1224	301	2180	8,79	1900	405	3318	9,43
P-70	1330	328	2360	9,41	2066	449	3611	10,28
P-80	1441	356	2553	10,21	2235	498	3906	11,34
P-90	1620	406	2858	11,61	2433	566	4271	13,00
P-95	1826	509	3274	14,50	2627	631	4609	14,51
P-98	2405	653	4317	20,39	2873	714	5040	16,57
P-99	2837	805	5128	25,42	3031	770	5343	18,24
P-99.5	3220	936	5779	29,37	3234	829	5735	19,86
P-99.9	4081	1230	7447	37,16	3611	951	6395	23,08
Max	4686	1417	8374	56,05	4950	1307	8871	29,47
AM	1092	278	1946	8,18	1631	363	2855	8,53
ASD	526	140	935	4,32	684	160	1195	3,68
GM	911	245	1656	6,96	1428	324	2516	7,54
GSD	2,14	1,70	1,97	1,93	1,83	1,66	1,77	1,76
Nval	8188	8187	8188	8218	8450	8449	8450	8307
Nval%	93,4	93,4	93,4	93,8	96,4	96,4	96,4	94,8
Max-1	4551	1345	8183	53,17	4195	1051	7212	29,42
Max-2	4357	1329	7864	50,40	3912	1032	6896	28,86
Max-3	4280	1328	7691	40,94	3901	1005	6886	25,30
Max-7	4105	1230	7454	38,35	3628	969	6397	23,17
Max-8	4081	1230	7447	37,16	3611	951	6395	23,08
Max-17	3874	1096	6906	34,48	3443	898	6063	21,82
Max-23	3457	1020	6329	32,25	3389	874	5928	21,04

## Tableau IV: VALEURS SEMI-HORAIRES Distribution de Fréquences Cumulées

ANNÉE CALENDRIER 2003  
Tous les JOURS OUVRABLES – Toutes les DEMI-HEURES de la journée

**CUMULATIVE FREQUENCY DISTRIBUTION : Half Hourly Values**  
**Calendar Year : 01 January - 31 December 2003**  
Selection Days : All Working Days  
All Half Hourly Periods : yyyyyyyyyy yyyyyyyyyy yyyyyyyyyy yyyyyyyyyy  
Total Number of Periods = 12048

Site Symb Unit	41LEC1 NO µg/m <sup>3</sup>	41LEC1 NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	41LEC1 NO <sub>x</sub> µg/m <sup>3</sup>	41LEC1 CO mg/m <sup>3</sup>	41LEB2 NO µg/m <sup>3</sup>	41LEB2 NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	41LEB2 NO <sub>x</sub> µg/m <sup>3</sup>	41LEB2 CO mg/m <sup>3</sup>
Min	4	23	29	0,11	10	39	55	0,11
P-10	373	110	682	2,59	540	139	965	2,90
P-20	633	165	1128	4,74	897	208	1584	4,75
P-30	901	223	1612	6,54	1398	297	2441	6,85
P-40	1052	263	1878	7,46	1631	353	2855	7,91
P-50	1170	297	2096	8,18	1827	402	3213	8,72
P-60	1284	322	2293	8,78	2010	448	3530	9,55
P-70	1387	346	2463	9,42	2166	489	3804	10,49
P-80	1500	376	2658	10,33	2318	536	4074	11,73
P-90	1690	446	3007	12,38	2524	603	4432	13,61
P-95	1974	560	3579	15,95	2732	670	4811	15,33
P-98	2688	749	4845	22,83	3033	762	5362	17,82
P-99	3164	914	5729	28,63	3250	828	5732	19,95
P-99.5	3741	1082	6793	34,32	3535	885	6155	21,91
P-99.9	4707	1359	8538	43,16	3926	1034	6901	25,14
Max	5769	1798	10439	62,34	5653	1552	10191	32,58
AM	1138	297	2036	8,28	1698	391	2986	8,62
ASD	599	162	1069	5,01	748	177	1308	4,11
GM	899	255	1656	6,69	1443	343	2562	7,34
GSD	2,44	1,82	2,20	2,15	1,99	1,75	1,91	1,92
Nval	11291	11289	11291	11481	11573	11572	11573	11571
Nval%	93,7	93,7	93,7	95,2	96,0	96,0	96,0	96,0
Max-1	5577	1656	9564	55,58	4463	1315	7684	30,65
Max-2	5307	1626	9561	54,55	4331	1210	7651	30,50
Max-3	5206	1545	9521	51,78	4247	1198	7629	29,49
Max-7	4909	1400	8772	45,21	4066	1062	7172	28,19
Max-8	4837	1397	8683	44,96	4018	1055	7044	27,48
Max-17	4301	1292	7785	41,14	3830	985	6695	24,51
Max-23	4168	1252	7526	39,46	3774	958	6542	24,19

**Tableau V: VALEURS HORAIRES**  
**Distribution de Fréquences Cumulées**

ANNÉE CALENDRIER 2003  
Tous les JOURS OUVRABLES – Toutes les HEURES de la journée

**CUMULATIVE FREQUENCY DISTRIBUTION : Hourly Values**  
**Calendar Year : 01 January - 31 December 2003**  
Selection Days : All Working Days  
All Hourly Periods : yyyyyy yyyyyy yyyyyy yyyyyy  
Total Number of Periods = 6024

Site Symb Unit	41LEC1 NO µg/m <sup>3</sup>	41LEC1 NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	41LEC1 NO <sub>x</sub> µg/m <sup>3</sup>	41LEC1 CO mg/m <sup>3</sup>	41LEB2 NO µg/m <sup>3</sup>	41LEB2 NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	41LEB2 NO <sub>x</sub> µg/m <sup>3</sup>	41LEB2 CO mg/m <sup>3</sup>
Min	6	24	36	0,11	14	42	63	0,11
P-10	378	112	691	2,78	550	140	988	3,11
P-20	642	166	1150	5,03	909	213	1602	5,02
P-30	903	223	1611	6,74	1391	297	2417	7,05
P-40	1063	267	1898	7,64	1638	355	2865	8,06
P-50	1181	299	2120	8,25	1840	406	3232	8,87
P-60	1293	325	2307	8,83	2013	449	3537	9,64
P-70	1392	348	2472	9,45	2167	490	3799	10,51
P-80	1496	378	2654	10,34	2314	535	4067	11,72
P-90	1685	444	2986	12,51	2518	600	4430	13,58
P-95	1962	559	3546	16,09	2695	669	4753	15,21
P-98	2621	726	4723	22,79	2962	748	5192	17,19
P-99	3053	878	5558	26,43	3147	803	5523	19,20
P-99.5	3374	1005	6167	31,28	3365	864	5877	20,87
P-99.9	4118	1282	7455	38,76	3659	991	6454	23,74
Max	4686	1417	8374	56,05	4950	1307	8871	29,47
AM	1138	297	2035	8,35	1697	391	2984	8,71
ASD	578	156	1032	4,78	735	174	1286	3,97
GM	912	257	1673	6,86	1453	344	2576	7,52
GSD	2,36	1,80	2,15	2,08	1,94	1,73	1,88	1,86
Nval	5628	5627	5628	5648	5774	5773	5774	5695
Nval%	93,4	93,4	93,4	93,7	95,8	95,8	95,8	94,5
Max-1	4551	1345	8183	53,17	4195	1051	7212	29,42
Max-2	4357	1329	7864	50,40	3912	1032	6896	28,86
Max-3	4280	1328	7691	40,94	3901	1005	6886	25,30
Max-7	4105	1230	7454	38,35	3628	969	6397	23,17
Max-8	4081	1230	7447	37,16	3611	951	6395	23,08
Max-17	3874	1096	6906	34,32	3443	898	6063	21,82
Max-23	3457	1020	6329	32,08	3389	874	5928	21,04



**Tableau VI: VALEURS SEMI-HORAIRES  
Distribution de Fréquences Cumulées**

ANNEE CALENDRIER 2003

Tous les JOURS NON OUVRABLES – Toutes les DEMI-HEURES de la journée

**CUMULATIVE FREQUENCY DISTRIBUTION : Half Hourly Values**  
**Calendar Year : 01 January - 31 December 2003**  
 Selection Days : Non Working Days  
 All Half Hourly Periods : yyyyyyyyyy yyyyyyyyyy yyyyyyyyyy yyyyyyyyyy  
 Total Number of Periods = 5472

Site Symb Unit	41LEC1 NO µg/m <sup>3</sup>	41LEC1 NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	41LEC1 NO <sub>x</sub> µg/m <sup>3</sup>	41LEC1 CO mg/m <sup>3</sup>	41LEB2 NO µg/m <sup>3</sup>	41LEB2 NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	41LEB2 NO <sub>x</sub> µg/m <sup>3</sup>	41LEB2 CO mg/m <sup>3</sup>
Min	4	32	55	0,30	9	47	62	0,26
P-10	533	137	959	3,94	788	166	1378	4,26
P-20	640	161	1140	4,95	926	196	1615	5,20
P-30	754	183	1338	5,99	1103	227	1911	6,21
P-40	887	208	1565	7,10	1337	267	2328	7,26
P-50	1000	235	1773	7,95	1511	304	2629	8,14
P-60	1093	256	1940	8,62	1660	335	2878	8,89
P-70	1185	278	2088	9,26	1802	365	3132	9,71
P-80	1283	299	2256	10,04	1977	398	3415	10,67
P-90	1423	329	2485	11,00	2191	439	3772	11,90
P-95	1574	353	2732	11,88	2351	473	4037	12,93
P-98	1752	389	3018	13,04	2531	509	4329	14,25
P-99	1912	466	3309	15,52	2658	527	4534	15,38
P-99.5	2384	579	4158	23,32	2782	549	4749	17,20
P-99.9	3057	859	5527	32,08	3002	636	5168	19,51
Max	3740	1255	6969	40,67	3187	738	5437	22,04
AM	990	235	1748	7,76	1487	302	2574	8,11
ASD	372	84	644	3,17	537	104	916	2,98
GM	907	221	1616	7,11	1371	283	2386	7,49
GSD	1,63	1,44	1,55	1,57	1,57	1,46	1,53	1,53
Nval	5121	5121	5121	5214	5354	5354	5354	5302
Nval%	93,5	93,5	93,5	95,2	97,8	97,8	97,8	96,8
Max-1	3504	946	6301	39,37	3144	679	5393	21,96
Max-2	3356	918	5988	37,10	3138	657	5302	21,36
Max-3	3239	912	5863	36,89	3024	645	5199	20,93
Max-7	2870	830	5182	29,89	2978	633	5073	19,41
Max-8	2870	816	5103	29,58	2965	625	5073	19,03
Max-17	2544	639	4507	27,09	2857	572	4905	17,81
Max-23	2427	597	4325	24,41	2796	555	4833	17,28

**Tableau VII: VALEURS HORAIRES  
Distribution de Fréquences Cumulées**

ANNÉE CALENDRIER 2003  
Tous les JOURS NON OUVRABLES – Toutes les HEURES de la journée

**CUMULATIVE FREQUENCY DISTRIBUTION : Hourly Values**  
**Calendar Year : 01 January - 31 December 2003**  
 Selection Days : Non Working Days  
 All Hourly Periods : yyyyyy yyyyyy yyyyyy yyyyyy  
 Total Number of Periods = 2736

Site Symb Unit	41LEC1 NO $\mu\text{g}/\text{m}^3$	41LEC1 NO <sub>2</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	41LEC1 NO <sub>x</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	41LEC1 CO $\text{mg}/\text{m}^3$	41LEB2 NO $\mu\text{g}/\text{m}^3$	41LEB2 NO <sub>2</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	41LEB2 NO <sub>x</sub> $\mu\text{g}/\text{m}^3$	41LEB2 CO $\text{mg}/\text{m}^3$
Min	5	44	71	0,33	14	57	80	0,30
P-10	538	139	967	3,99	795	167	1391	4,37
P-20	641	162	1140	5,03	923	197	1609	5,28
P-30	759	184	1337	6,02	1098	227	1916	6,26
P-40	887	208	1571	7,24	1340	268	2329	7,39
P-50	1003	236	1774	8,00	1517	305	2637	8,21
P-60	1093	256	1940	8,69	1660	336	2881	8,94
P-70	1181	278	2092	9,32	1804	366	3122	9,75
P-80	1282	300	2255	9,97	1975	397	3413	10,61
P-90	1422	326	2479	10,89	2189	439	3770	11,85
P-95	1563	356	2714	11,75	2342	471	4020	12,82
P-98	1747	391	3035	12,99	2502	504	4295	14,24
P-99	1877	445	3250	16,27	2634	528	4524	15,56
P-99.5	2186	560	3904	21,34	2763	544	4766	16,57
P-99.9	2759	729	4896	28,44	2881	585	4954	18,42
Max	3187	872	5742	35,73	3030	656	5128	20,39
AM	990	235	1749	7,80	1487	302	2574	8,15
ASD	366	82	632	3,05	533	103	909	2,92
GM	910	221	1620	7,18	1374	283	2389	7,57
GSD	1,61	1,43	1,54	1,55	1,56	1,45	1,52	1,51
Nval	2560	2560	2560	2570	2676	2676	2676	2612
Nval%	93,5	93,5	93,5	93,9	97,8	97,8	97,8	95,4
Max-1	2957	868	5210	29,48	2995	638	5121	19,02
Max-2	2762	838	5028	29,02	2930	601	5024	18,89
Max-3	2759	729	4896	28,44	2881	585	4954	18,42
Max-7	2570	641	4483	26,39	2849	563	4833	17,52
Max-8	2514	632	4481	25,42	2847	562	4814	17,45
Max-17	2028	536	3571	19,77	2720	539	4651	16,06
Max-23	1885	460	3352	17,76	2664	531	4566	15,77

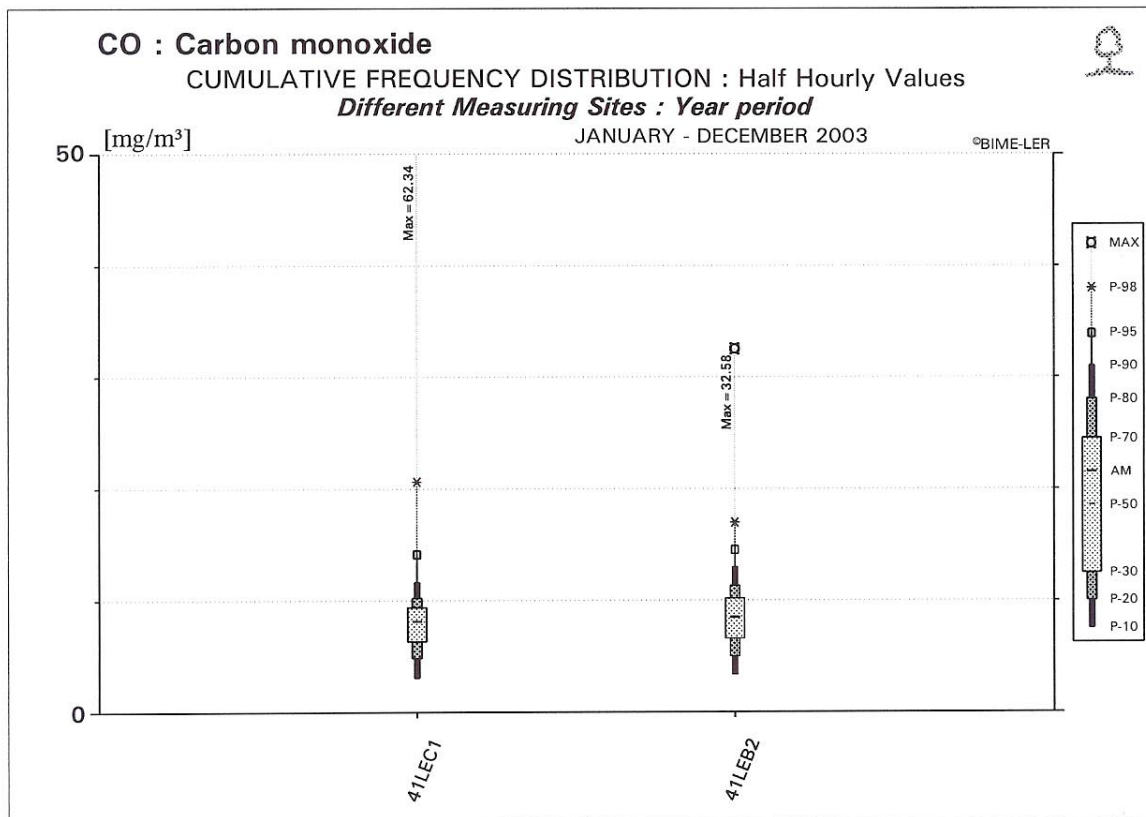
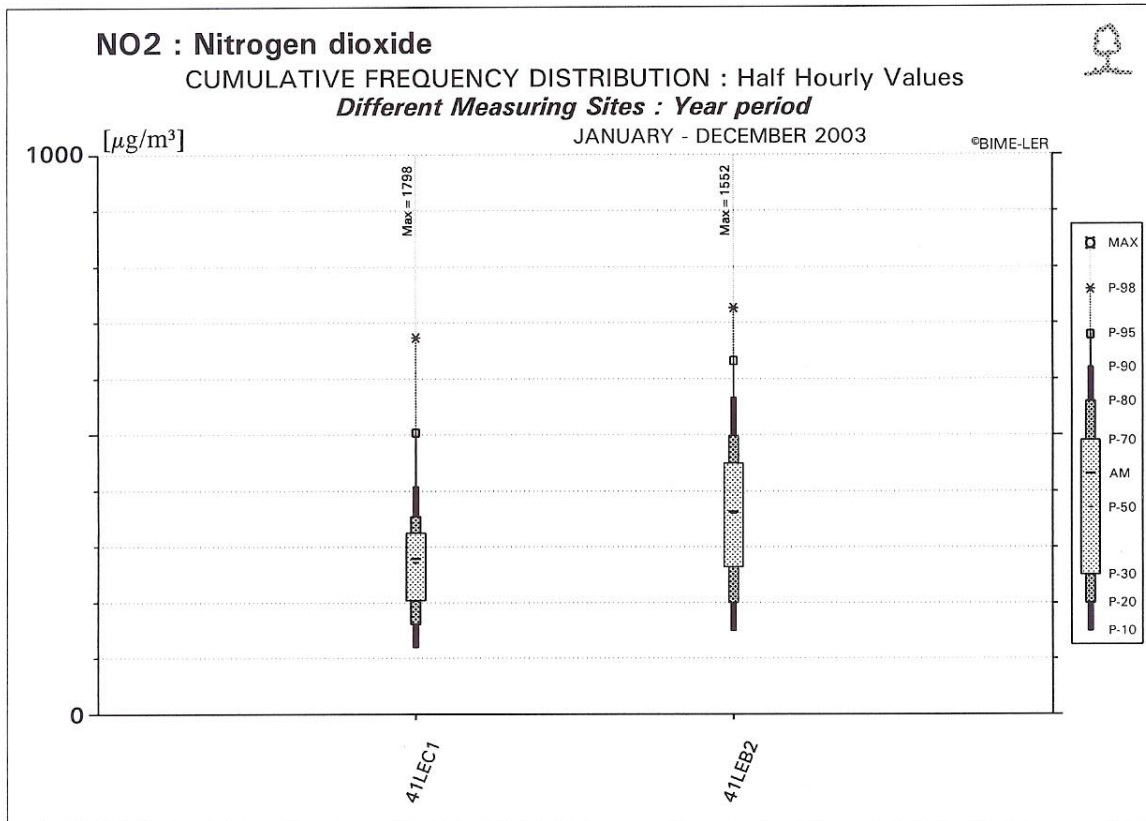


Fig. 6 : Distribution de Fréquences Cumulées des valeurs semi-horaires en NO<sub>2</sub> et en CO dans les deux postes de mesure du tunnel Léopold II

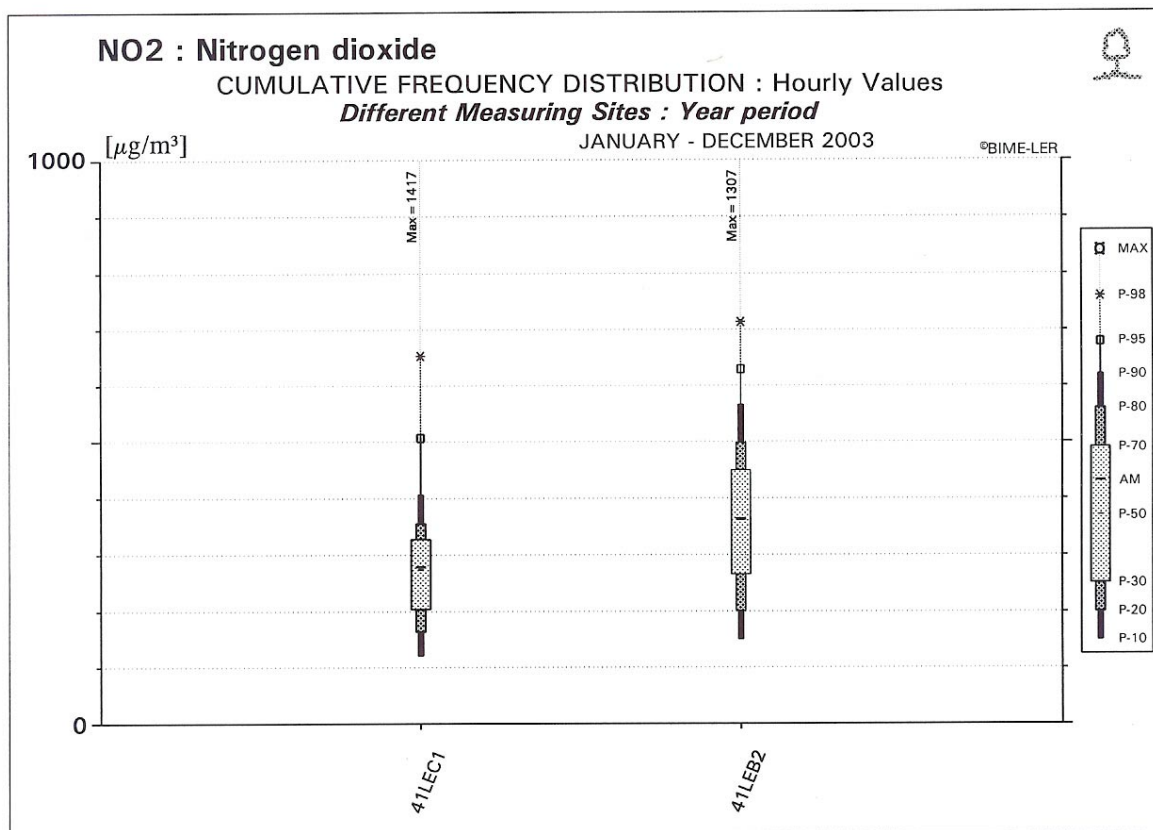


Fig. 7 : Distribution de Fréquences Cumulées des valeurs horaires en  $\text{NO}_2$   
 Dans les deux postes de mesure du tunnel Léopold II

### 4.3 Dépassements

Les tableaux VIII et IX des pages suivantes donnent, pour la période de *décembre 2002 à mars 2004*, le nombre de dépassements des niveaux mentionnés dans l'arrêté du 22 décembre 1994:

*pour le NO<sub>2</sub>:*

- une valeur horaire de 400 µg/m<sup>3</sup> [NO<sub>2</sub>-1H]
- une moyenne glissante sur 20 minutes de 1000 µg/m<sup>3</sup> [NO<sub>2</sub>-20 Min]
- une valeur semi-horaire interpolée de 850 µg/m<sup>3</sup> [NO<sub>2</sub>-HH]

*pour le CO:*

- une valeur semi-horaire de 116 mg/m<sup>3</sup> (=100 ppm) [CO-HH]

Le tableau VIII donne les résultats pour le poste de mesure en direction du centre (41LEC1). Pour chaque mois sont donnés le nombre de dépassements des différents niveaux et le nombre (entre crochets) de jours avec dépassement. Le tableau IX donne les mêmes résultats pour le poste en direction de la basilique (41LEB2).

Pour le NO<sub>2</sub>, les dépassements de seuil de 400 µg/m<sup>3</sup> comme valeur horaire et de 1000 µg/m<sup>3</sup> comme moyenne sur 20 minutes sont représentées graphiquement dans les figures 8 et 9. Le graphique du dessus donne le nombre de dépassements par mois et celui du dessous le nombre de jours avec dépassement.

Dans le poste de mesure en direction de la basilique (41LEB2), le seuil de 400 µg/m<sup>3</sup> est fréquemment dépassé: avec 250 à 350 valeurs horaires par mois le seuil est dépassé presque quotidiennement (26 à 30 jours par mois), également pendant le week-end. Il y a en moyenne une dizaine de dépassements par jour.

Dans le poste de mesure en direction du centre (41LEC1), ce seuil est dépassé moins souvent; il y a entre 20 et 90 dépassements par mois répartis sur 8 à 22 jours (en moyenne quatre heures de dépassements par jour). Dans ce poste de mesure il n'y a que rarement des dépassements le week-end. Sur base des tableaux de distribution des fréquences cumulées (tableaux II à VII), on peut déjà déduire que les concentrations en NO<sub>2</sub> sont en moyenne plus élevées au point de mesure basilique (41LEB2) qu'au point de mesure centre.

Par contre le nombre de valeurs de pointe, notamment les dépassements de la valeur seuil de 1000 µg/m<sup>3</sup> en moyenne sur 20 minutes, est nettement plus élevé au point de mesure en direction du centre (41LEC1). Au cours de l'année calendrier 2003 on a constaté dans ce poste de mesure un total de 212 dépassements (périodes de 20 minutes) contre seulement 58 dans le poste de mesure en direction de la basilique. Ces dépassements sont donnés de façon détaillée en annexe.

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. On note également cinq dépassements le samedi 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 exclusivement les jours ouvrables pendant l'heure de pointe du soir. Les rares dépassements nocturnes sont, ici également, probablement imputables à des travaux d'entretien.

Une analyse des dépassements du seuil de  $850 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $\text{NO}_2$  comme valeur semi-horaire montre que ceux-ci correspondent en grande partie avec les dépassements du seuil de  $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sur 20 minutes.

De l'examen des résultats mensuels, une tendance à la baisse du nombre de pics semble apparaître; ceci vaut surtout pour le point de mesure 41LEC1 (direction centre). La tendance est montrée de façon évidente à la fig. 9 (page 26), tant en ce qui concerne le nombre de dépassements par mois (graphique du dessus) que pour le nombre de jours avec dépassement (graphique du dessous).

Le nombre restreint de pics de pollution pendant la période estivale 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. La tendance à la baisse fin 2003 est probablement déjà une conséquence de l'amélioration du régime de ventilation. Suite à une précédente analyse des premiers résultats (décembre 2002 – janvier 2003) l'exploitant a décidé de commander temporairement une ventilation supplémentaire au régime normal afin d'essayer de réduire autant que possible les pics de pollution lors des périodes de pointe du matin et du soir.

Le nombre de pics, surtout au point de mesure 41LEC1 au cours de la journée ou de la soirée, pourrait probablement être encore réduit si le signal de mesure des concentrations  $\text{NO}_2$  était pris en compte dans l'algorithme de commande de la ventilation du tunnel.

En ce qui concerne le nombre de dépassements du seuil de  $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (valeur horaire) on ne constate pas de tendance claire. A part pour le mois de juillet 2003, ce niveau est fréquemment dépassé. Pour faire baisser ces concentrations à court terme, une ventilation plus permanente serait nécessaire durant la journée.

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 intelligent.

**Tableau VIII: 41LEC1 – Poste de Mesure en direction du Centre**

NOMBRE de DÉPASSEMENTS par MOIS  
et  
(NOMBRE de JOURS par MOIS avec DÉPASSEMENTS)

Mois	NO <sub>2</sub> -1H > 400 µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> -20 Min > 1.000 µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> -HH > 850 µg/m <sup>3</sup>	CO-HH > 116 mg/m <sup>3</sup>
2002_12	74 (17)	73 (13)	52 (17)	0 (0)
2003_01	67 (19)	19 (6)	13 (6)	0 (0)
2003_02	94 (21)	22 (12)	14 (12)	0 (0)
2003_03	69 (22)	18 (8)	9 (7)	0 (0)
2003_04	76 (18)	34 (7)	24 (9)	0 (0)
2003_05	81 (18)	54 (13)	41 (12)	0 (0)
2003_06	87 (19)	20 (4)	12 (4)	0 (0)
2003_07	33 (8)	0 (0)	1 (1)	0 (0)
2003_08	80 (16)	2 (1)	1 (1)	0 (0)
2003_09	68 (16)	6 (3)	4 (3)	0 (0)
2003_10	95 (26)	2 (1)	10 (5)	0 (0)
2003_11	61 (21)	24 (7)	16 (6)	0 (0)
2003_12	60 (16)	11 (4)	7 (5)	0 (0)
2004_01	21 (12)	2 (2)	3 (3)	0 (0)
2004_02	46 (20)	17 (7)	11 (7)	0 (0)
2004_03	84 (23)	18 (7)	14 (7)	0 (0)

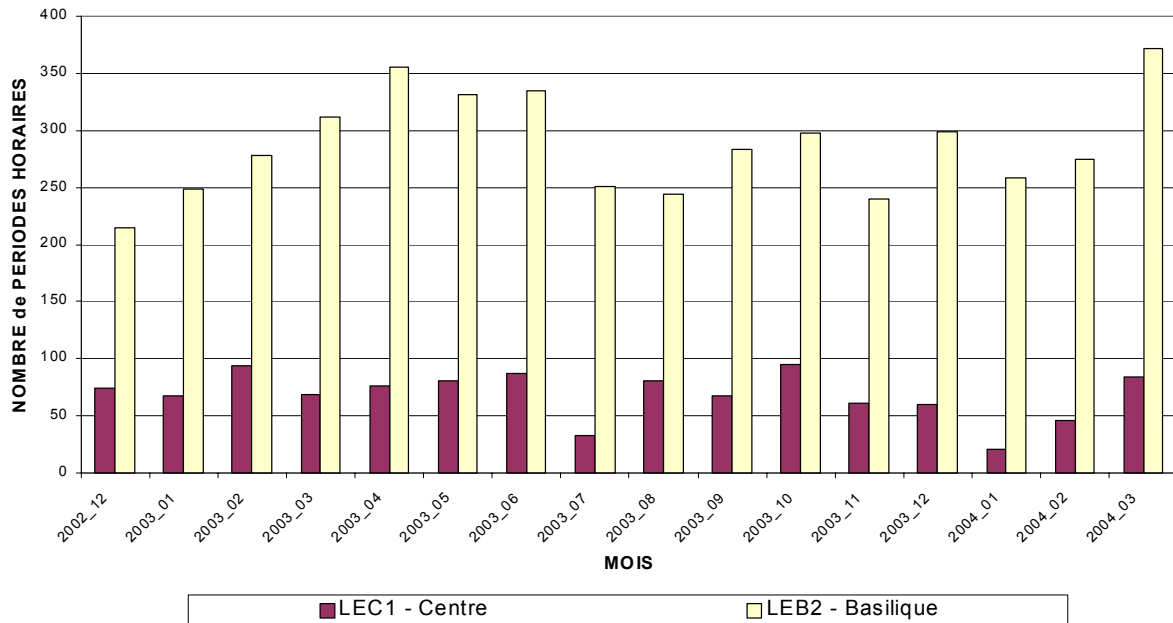
**Tableau IX: 41LEB2 – Poste de Mesure en direction de la Basilique**

NOMBRE de DÉPASSEMENTS par MOIS  
et  
(NOMBRE de JOURS par MOIS avec DÉPASSEMENTS)

Mois	NO <sub>2</sub> -1H	NO <sub>2</sub> -20 Min	NO <sub>2</sub> -HH	CO-HH
	> 400 µg/m <sup>3</sup>	> 1.000 µg/m <sup>3</sup>	> 850 µg/m <sup>3</sup>	> 116 mg/m <sup>3</sup>
2002_12	215 (26)	13 (5)	19 (7)	0 (0)
2003_01	249 (26)	5 (3)	5 (5)	0 (0)
2003_02	278 (25)	0 (0)	1 (1)	0 (0)
2003_03	312 (30)	0 (0)	4 (2)	0 (0)
2003_04	356 (29)	8 (3)	7 (3)	0 (0)
2003_05	332 (30)	1 (1)	7 (5)	0 (0)
2003_06	335 (30)	13 (7)	22 (12)	0 (0)
2003_07	251 (29)	12 (3)	11 (5)	0 (0)
2003_08	244 (26)	4 (3)	13 (8)	0 (0)
2003_09	284 (27)	3 (2)	5 (4)	0 (0)
2003_10	298 (30)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
2003_11	240 (27)	3 (2)	2 (2)	0 (0)
2003_12	299 (29)	9 (3)	13 (8)	0 (0)
2004_01	259 (29)	2 (1)	2 (1)	0 (0)
2004_02	275 (28)	9 (3)	8 (5)	0 (0)
2004_03	372 (31)	20 (6)	17 (8)	0 (0)



**NO<sub>2</sub> - NOMBRE DE VALEURS HORAIRES > 400 µg/m<sup>3</sup>**  
**TUNNEL LEOPOLD II - NOMBRE DE DEPASSEMENTS PAR MOIS**



**NO<sub>2</sub> - VALEURS HORAIRES > 400 µg/m<sup>3</sup>**  
**NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENTS PAR MOIS**

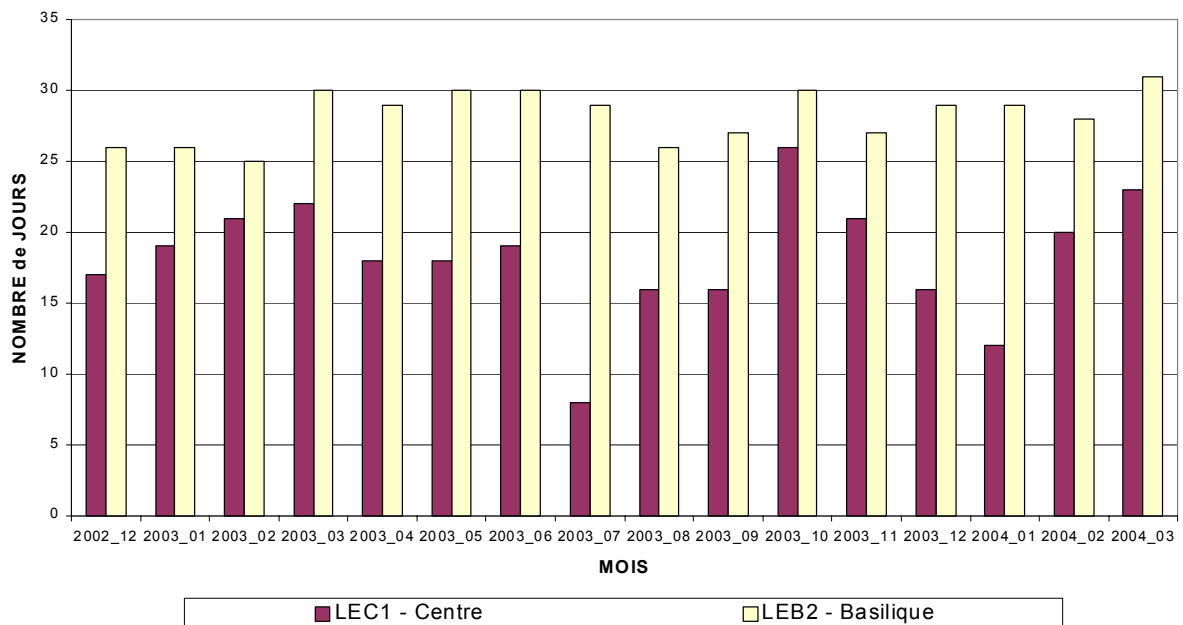
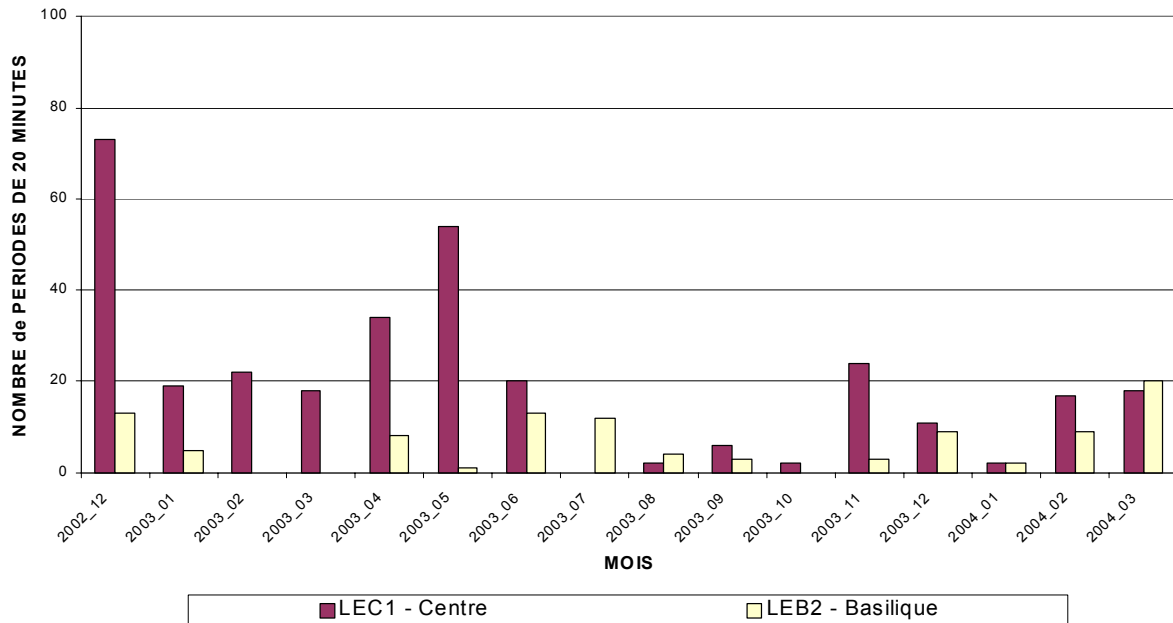


Fig. 8 : NO<sub>2</sub> – Valeurs Horaires > 400 µg/m<sup>3</sup>. Nombre de dépassements par mois et nombre de jours par mois avec dépassements

**NO<sub>2</sub> - NOMBRE DE PERIODES de 20-Min > 1.000 µg/m<sup>3</sup>**  
**TUNNEL LEOPOLD II - NOMBRE DE DEPASSEMENTS PAR MOIS**



**NO<sub>2</sub> - MOYENNES sur 20-Min > 1.000 µg/m<sup>3</sup>**  
**NOMBRE DE JOURS DE DEPASSEMENTS PAR MOIS**

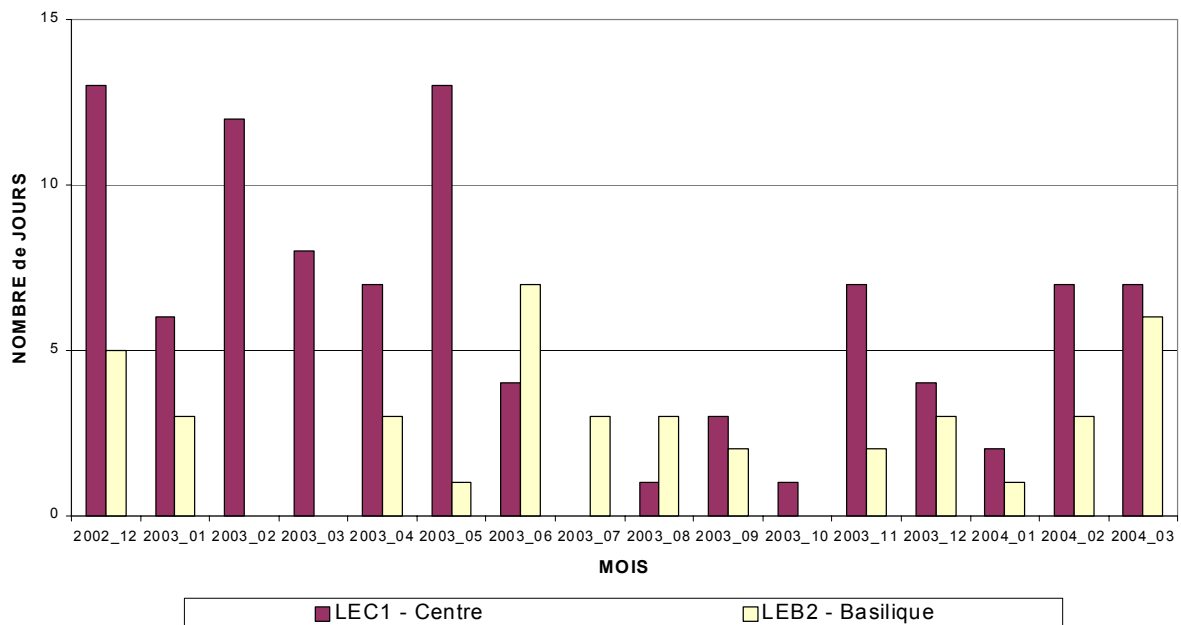


Fig. 9 : NO<sub>2</sub> – Moyennes Glissantes sur 20 minutes > 1.000 µg/m<sup>3</sup>. Nombre de dépassements par mois et nombre de jours par mois avec dépassements

#### **4.4 Profil journalier moyen**

Dans les graphiques des figures 10 à 15 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 *décembre 2002 – mars 2003*, et les graphiques du dessous les résultats de la période estivale *avril – septembre 2003*.

Les résultats pour le NO<sub>2</sub> sont donnés dans les figures 10 et 11, respectivement pour les postes de mesure en direction du centre (41LEC1) et de la basilique (42LEB2). Les résultats pour le NO du poste de mesure en direction du centre suivent dans la figure 12 et ceux du poste de mesure en direction de la basilique dans la figure 13. Le profil journalier pour le CO des deux postes de mesure est donné dans les figures 14 et 15.

Dans les deux postes de mesure, et pour tous les paramètres mesurés (NO<sub>2</sub>, 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 *décembre 2002-mars 2003*, un pic matinal très net (voir les graphiques supérieurs des figures 10, 12 et 14). Ce pic matinal disparaît en grande partie (CO) ou complètement (NO et NO<sub>2</sub>) pendant la période estivale *avril – septembre 2003* (graphiques inférieurs des figures 10, 12 et 14). Cette image correspond avec la tendance à la baisse constatée pour le nombre de valeurs de pic de NO<sub>2</sub> (moyennes sur 20 minutes > 1000 µg/m<sup>3</sup>).

Les concentrations généralement plus élevées durant la période de pointe du matin montrent la formation régulière de files à la sortie du tunnel. L'absence de ces concentrations plus élevées durant la période estivale est probablement due en partie à la formation moins fréquente de files (moins de trafic), mais probablement aussi au changement de régime de ventilation intervenu entre-temps: une ventilation plus systématique pendant la période de pointe du matin.

Les résultats de la période hivernale *octobre 2003–mars 2004* (graphiques supérieurs des figures 16, 17 et 18) montrent que le pic de concentration matinal est en moyenne plus faible que pendant l'hiver précédent (*décembre 2002 – mars 2003*).

Au point de mesure en direction de la basilique (41LEB2), il y a, les jours ouvrables pendant la période hivernale 2002/2003, 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 11,13 et 15). Pour le NO et le NO<sub>2</sub>, on ne peut cependant pas parler d'un véritable pic de concentration, ce qui concorde avec le nombre restreint de pics de concentration de NO<sub>2</sub> à cet endroit. Les pics du matin et du soir pour le CO se profilent de façon un peu plus nette.

Pendant la période estivale 2003, il y a de façon générale une augmentation des concentrations l'après-midi et le soir. Pour le CO pendant l'été, les pics du matin et du soir se remarquent encore, bien que plus faibles (graphique inférieur de la figure 15).

Les résultats de la période hivernale *octobre 2003–mars 2004* (graphiques inférieurs des figures 16, 17 et 18) sont comparables ou juste un peu plus bas que ceux de la période hivernale précédente (*décembre 2002 – mars 2003*).

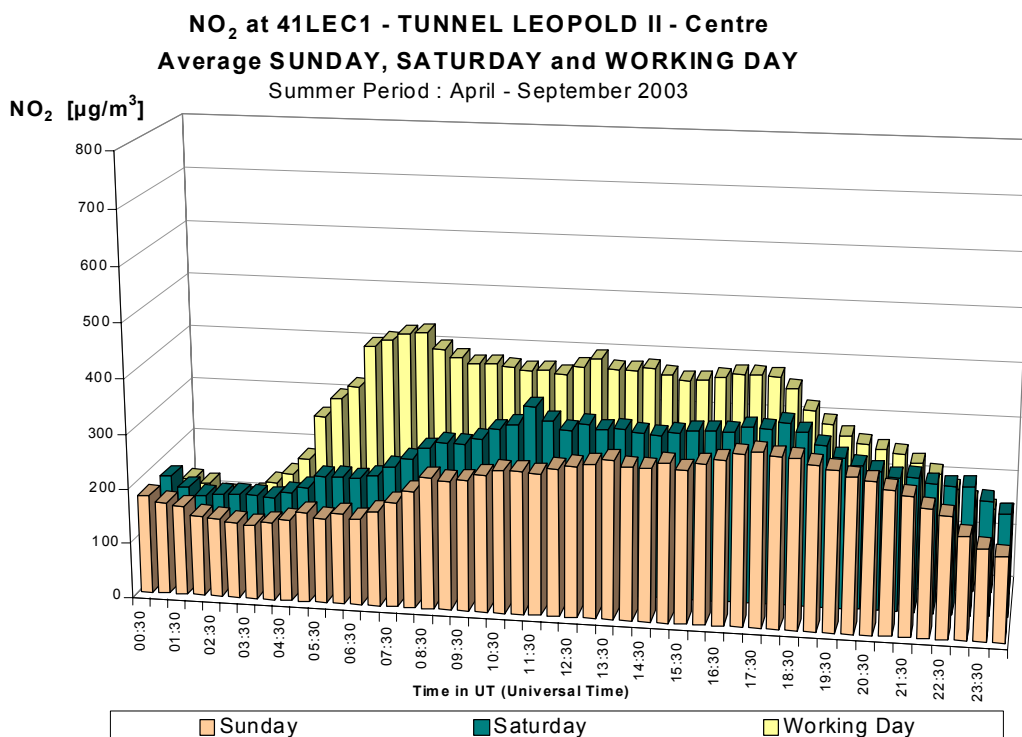
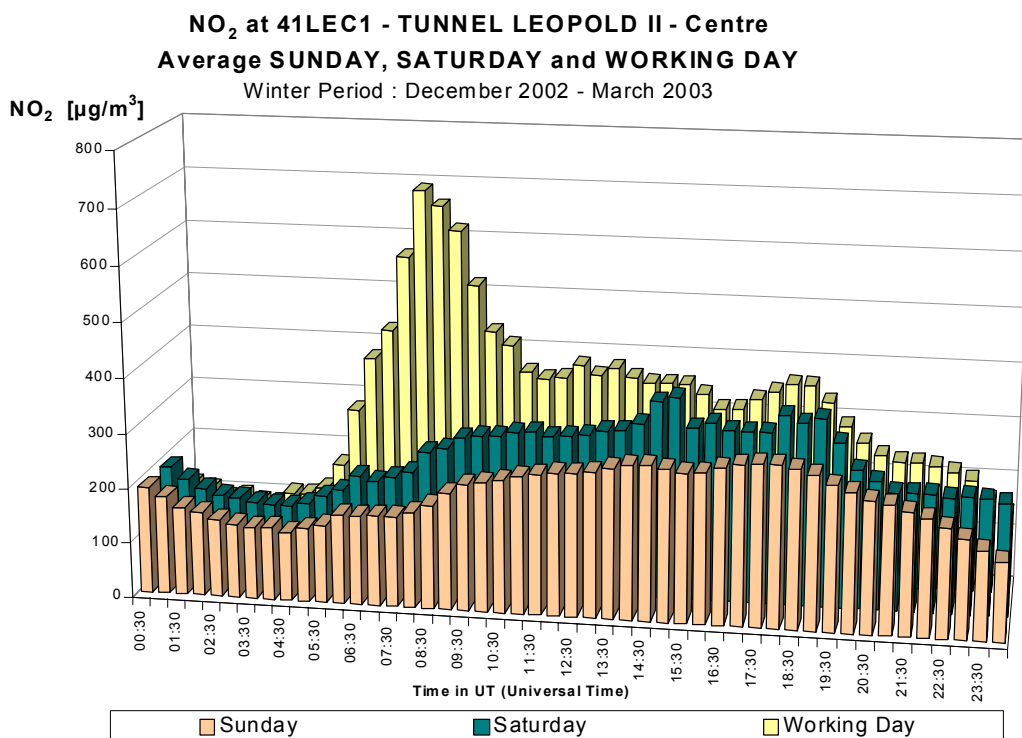


Fig. 10 : NO<sub>2</sub> – évolution journalière moyenne au poste de mesure 41LEC1 (centre)  
 Comparaison entre un dimanche, un samedi et un jour ouvrable moyen  
*Période hivernale 2002-2003 et période estivale 2003*

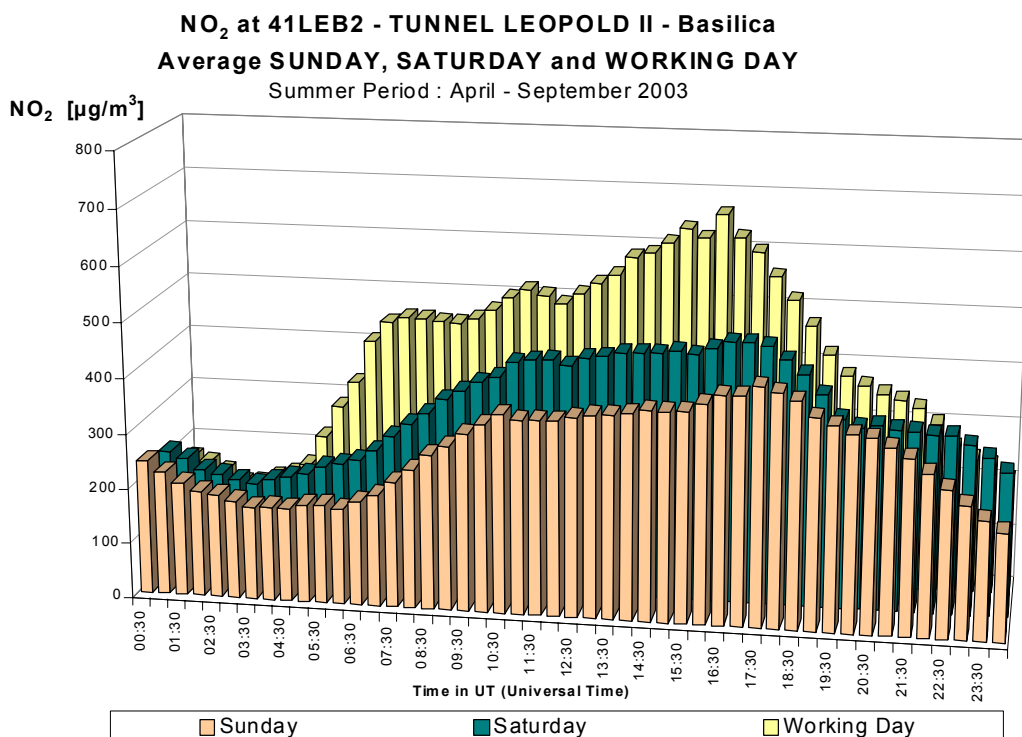
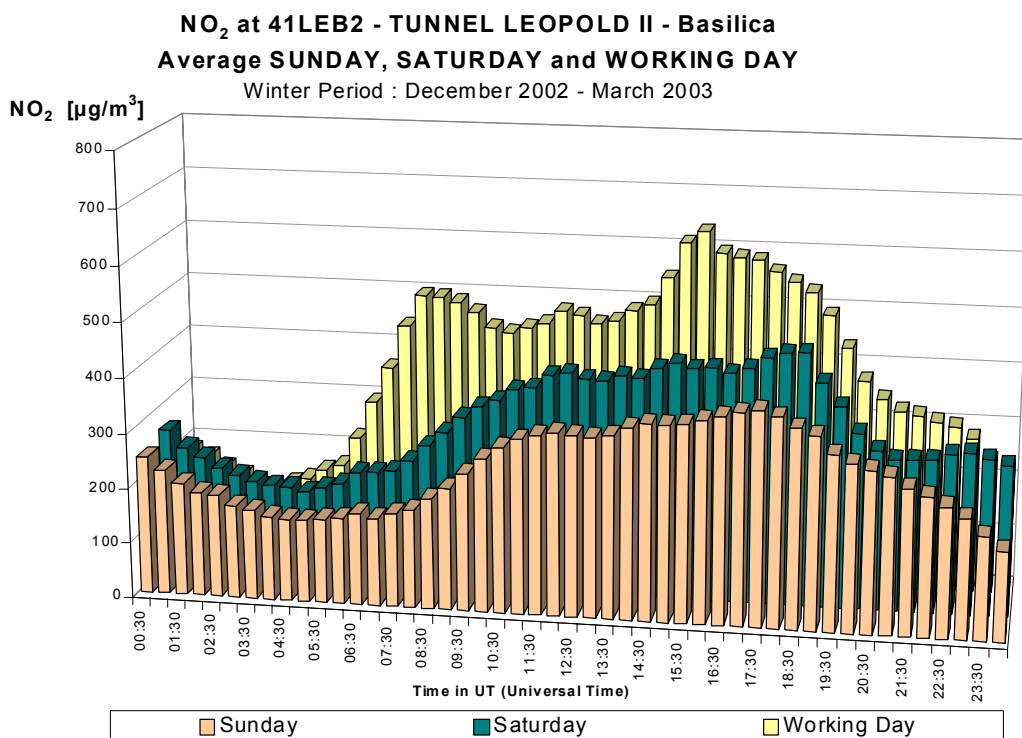
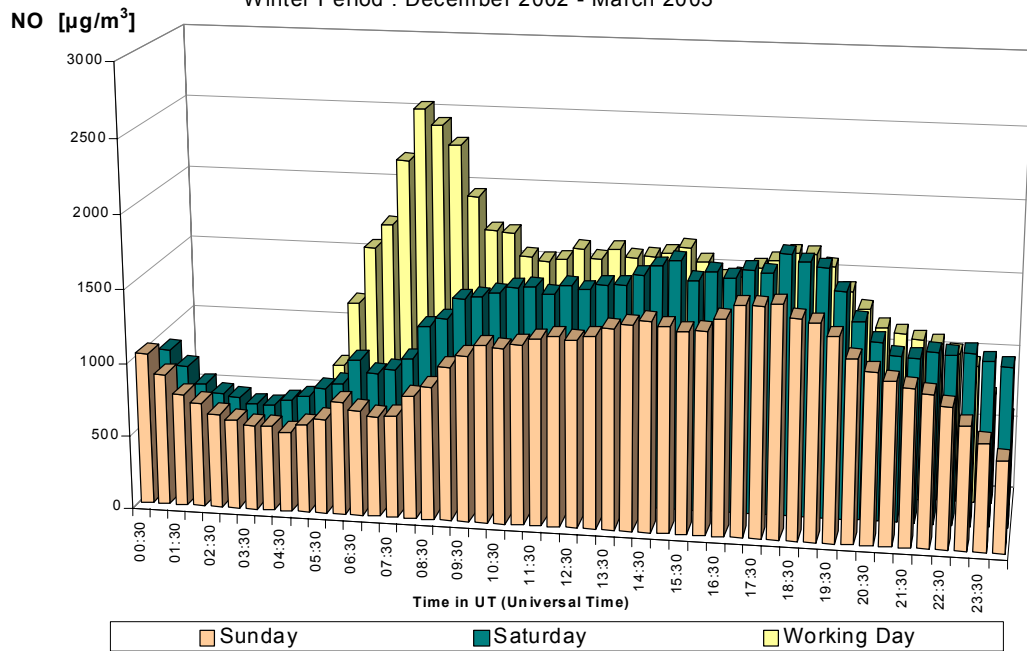


Fig. 11 : NO<sub>2</sub> – évolution journalière moyenne au poste de mesure 41LEB2 (basilique)  
 Comparaison entre un dimanche, un samedi et un jour ouvrable moyen  
*Période hivernale 2002-2003 et période estivale 2003*

**NO at 41LEC1 - TUNNEL LEOPOLD II - Centre**  
**Average SUNDAY, SATURDAY and WORKING DAY**

Winter Period : December 2002 - March 2003



**NO at 41LEC1 - TUNNEL LEOPOLD II - Centre**  
**Average SUNDAY, SATURDAY and WORKING DAY**

Summer Period : April - September 2003

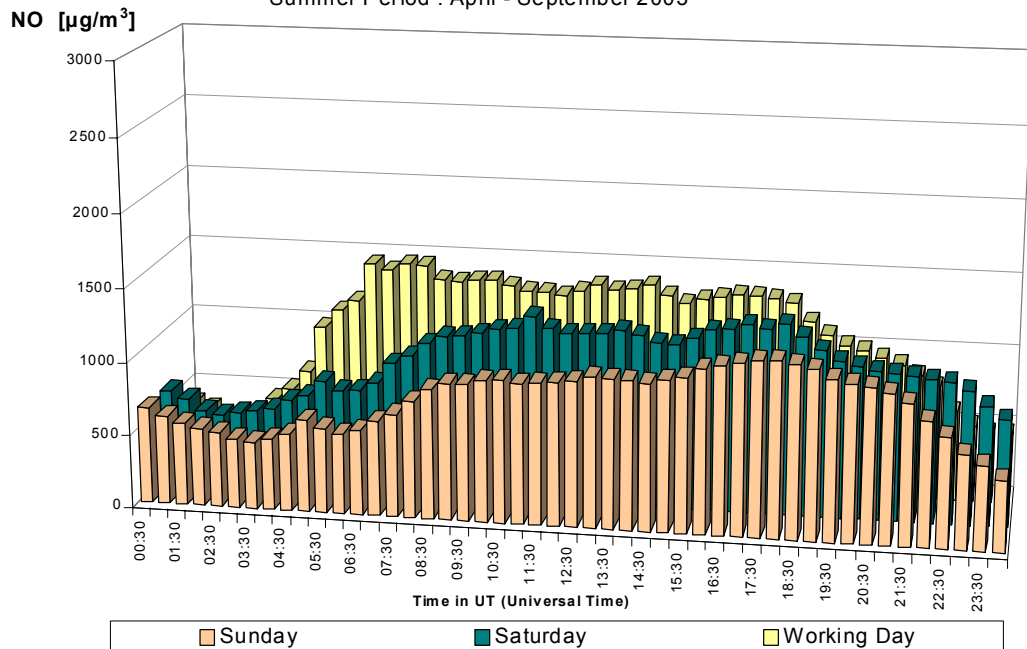
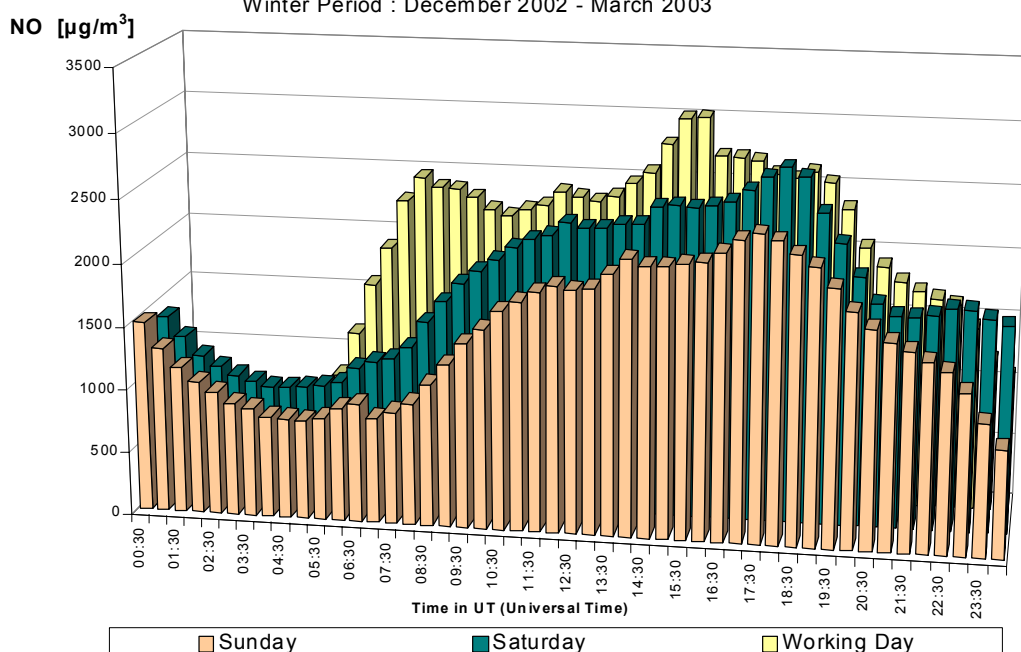


Fig. 12 : NO – évolution journalière moyenne au poste de mesure 41LEC1 (centre)  
 Comparaison entre un dimanche, un samedi et un jour ouvrable moyen  
*Période hivernale 2002-2003 et période estivale 2003*

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

Winter Period : December 2002 - March 2003



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

Summer Period : April - September 2003

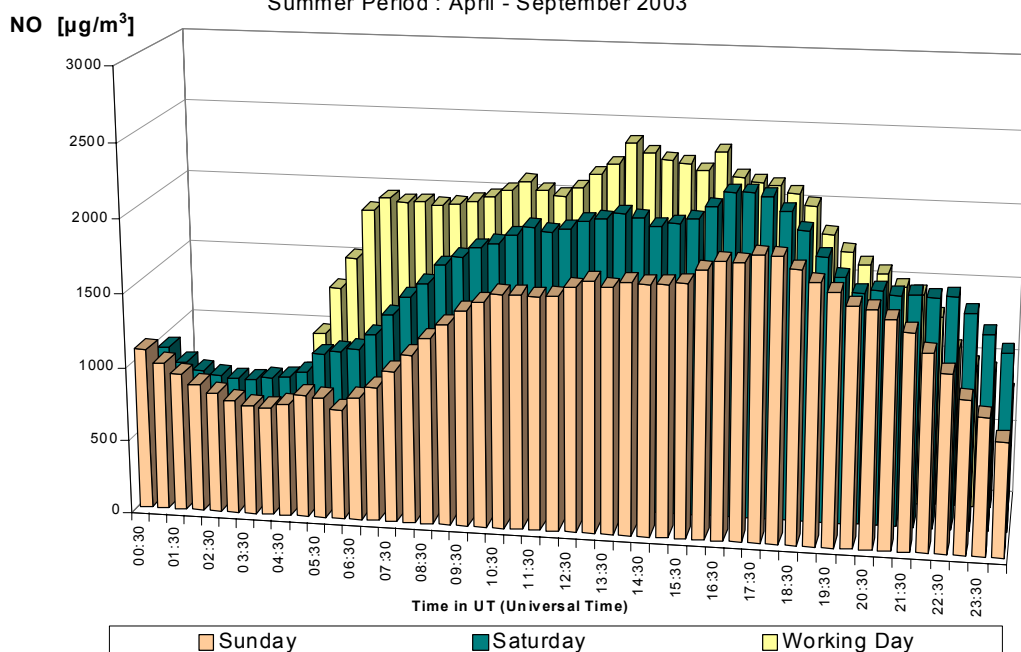


Fig. 13 : NO – évolution journalière moyenne au poste de mesure 41LEB2 (basilique)  
 Comparaison entre un dimanche, un samedi et un jour ouvrable moyen  
 Période hivernale 2002-2003 et période estivale 2003

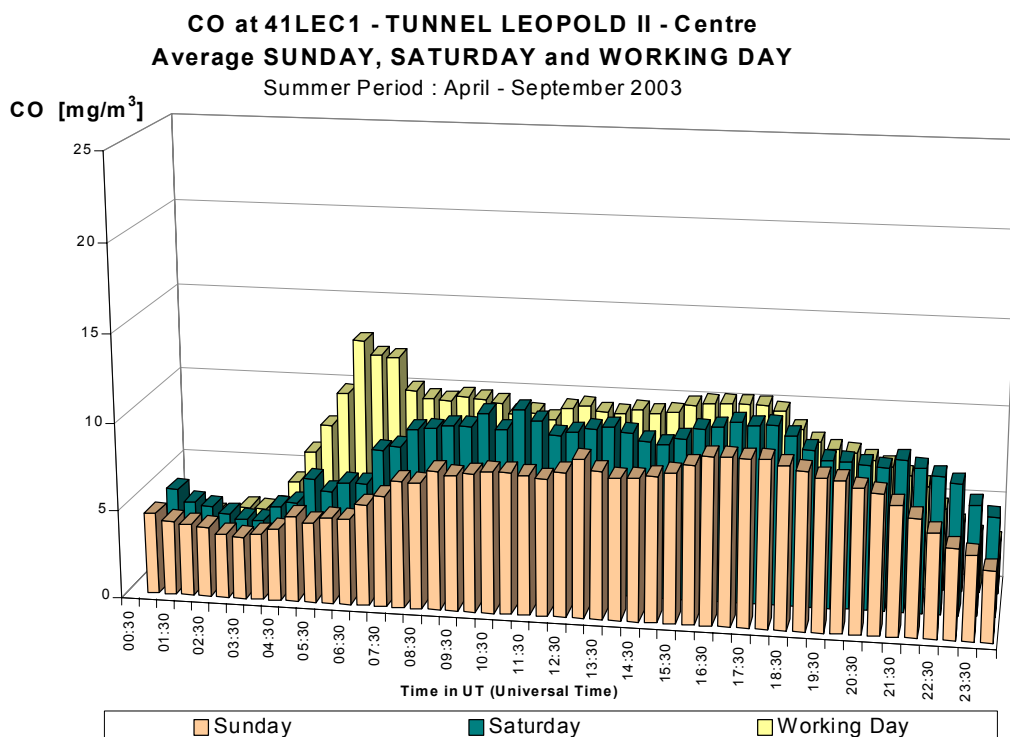
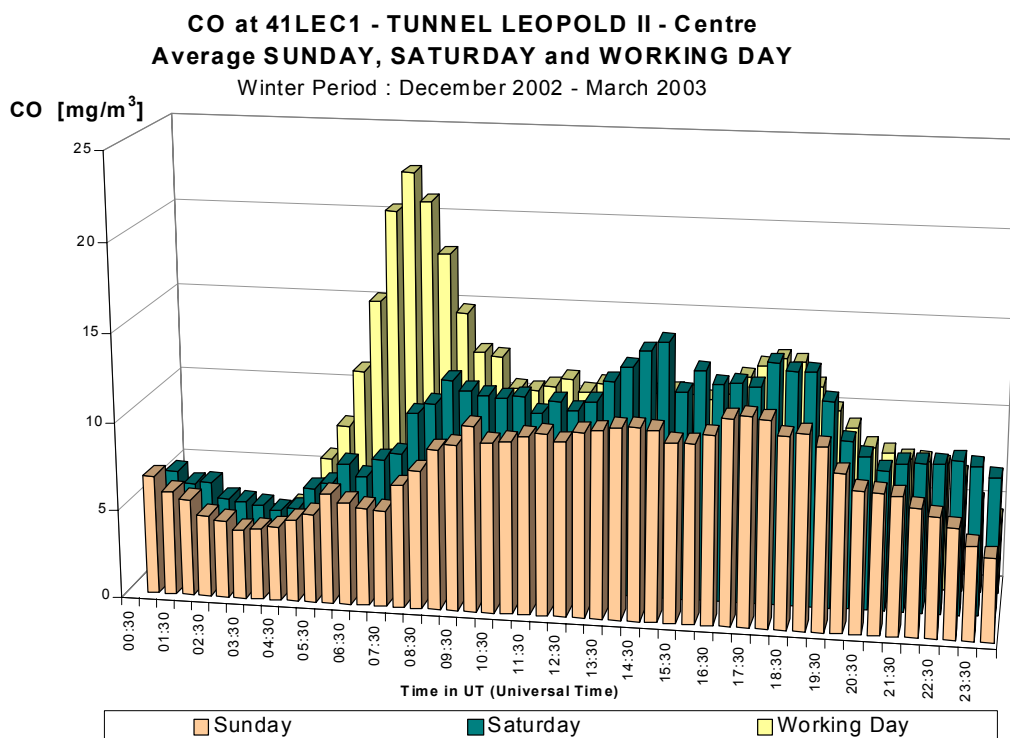


Fig. 14 : CO – évolution journalière moyenne au poste de mesure 41LEC1 (centre)  
 Comparaison entre un dimanche, un samedi et un jour ouvrable moyen  
 Période hivernale 2002-2003 et période estivale 2003



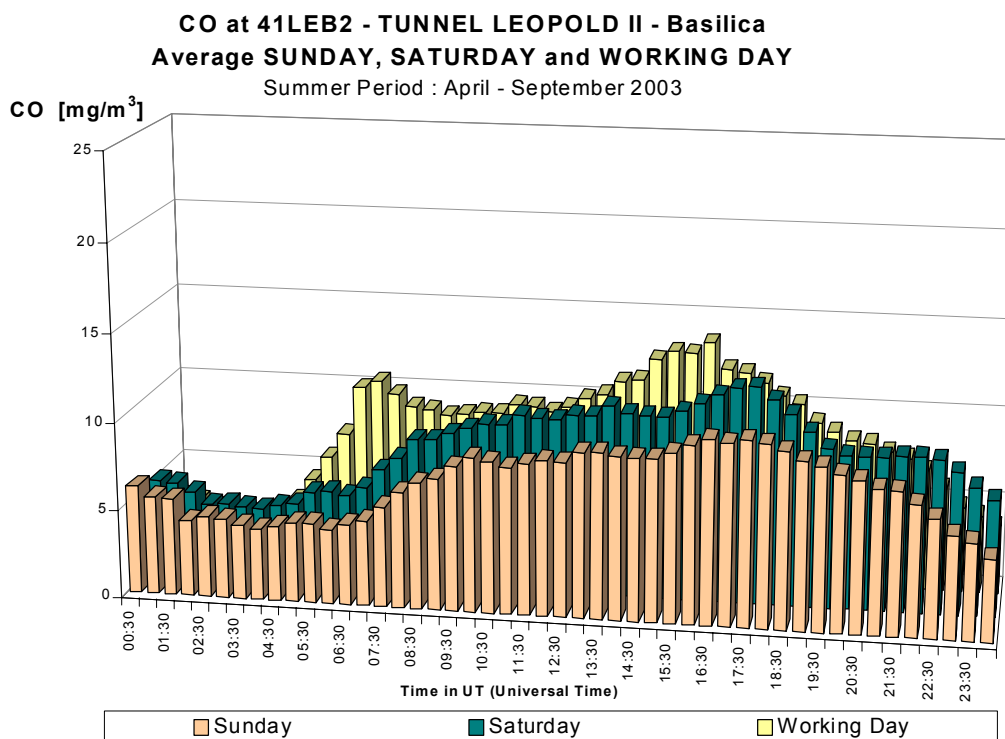
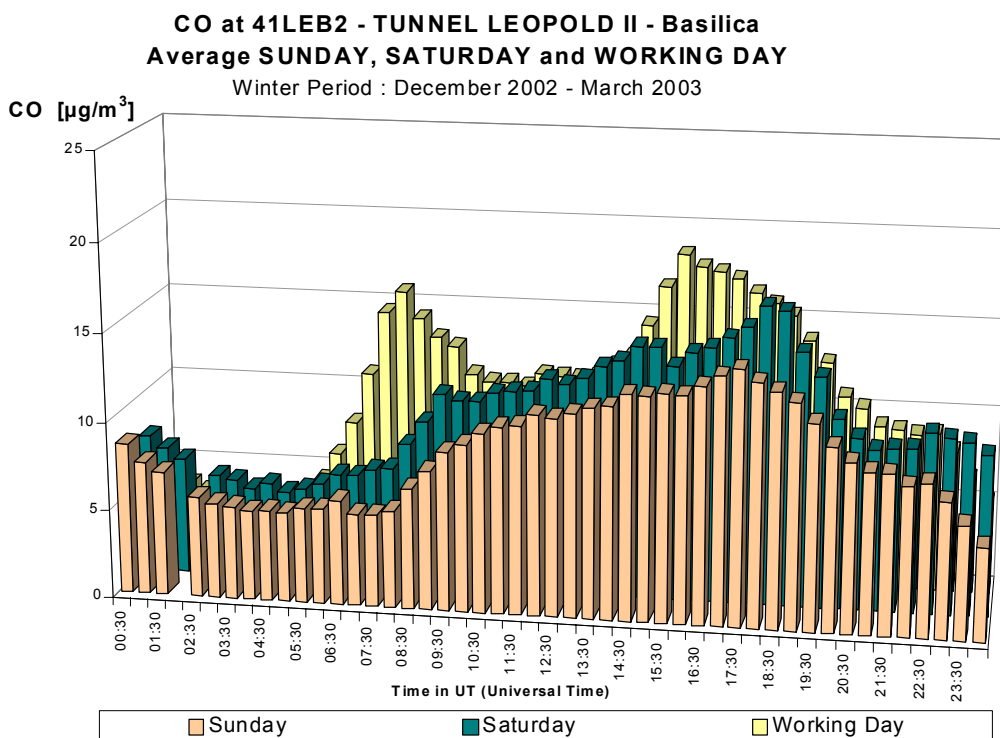
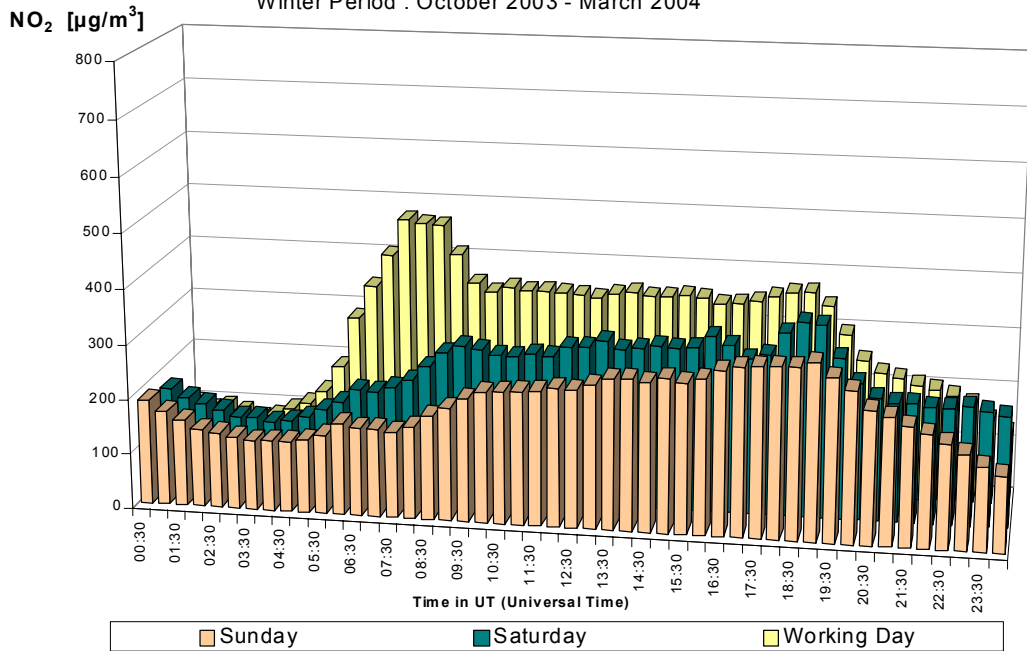


Fig. 15 : CO – évolution journalière moyenne au poste de mesure 41LEB2 (basilique)  
 Comparaison entre un dimanche, un samedi et un jour ouvrable moyen  
*Période hivernale 2002-2003 et période estivale 2003*

**NO<sub>2</sub> at 41LEC1 - TUNNEL LEOPOLD II - Centre**  
**Average SUNDAY, SATURDAY and WORKING DAY**

Winter Period : October 2003 - March 2004



**NO<sub>2</sub> at 41LEB2 - TUNNEL LEOPOLD II - Basilica**  
**Average SUNDAY, SATURDAY and WORKING DAY**

Winter Period : October 2003 - March 2004

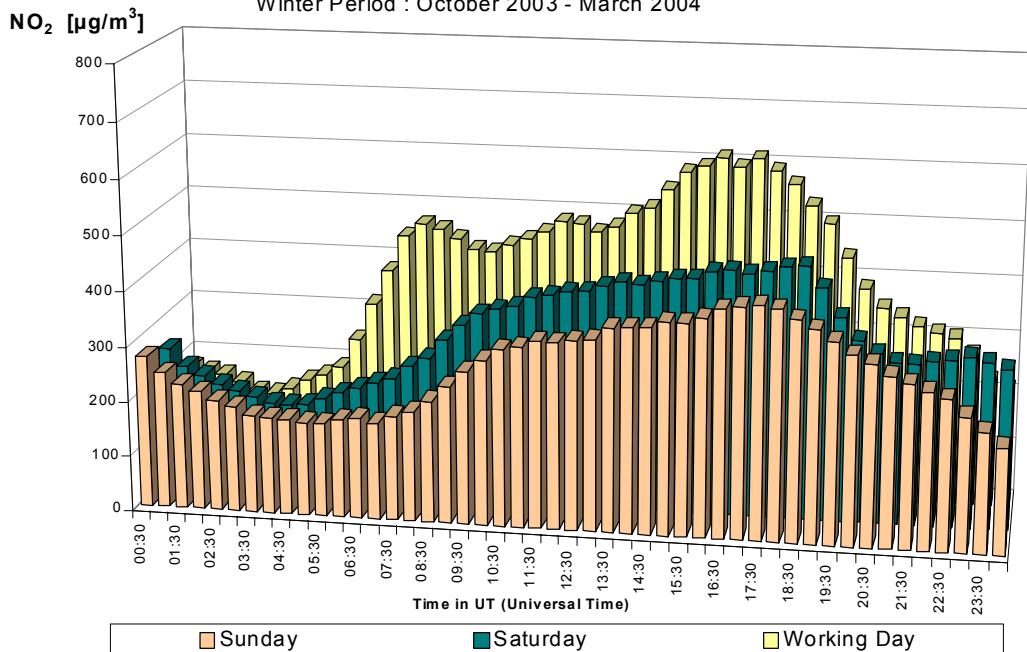
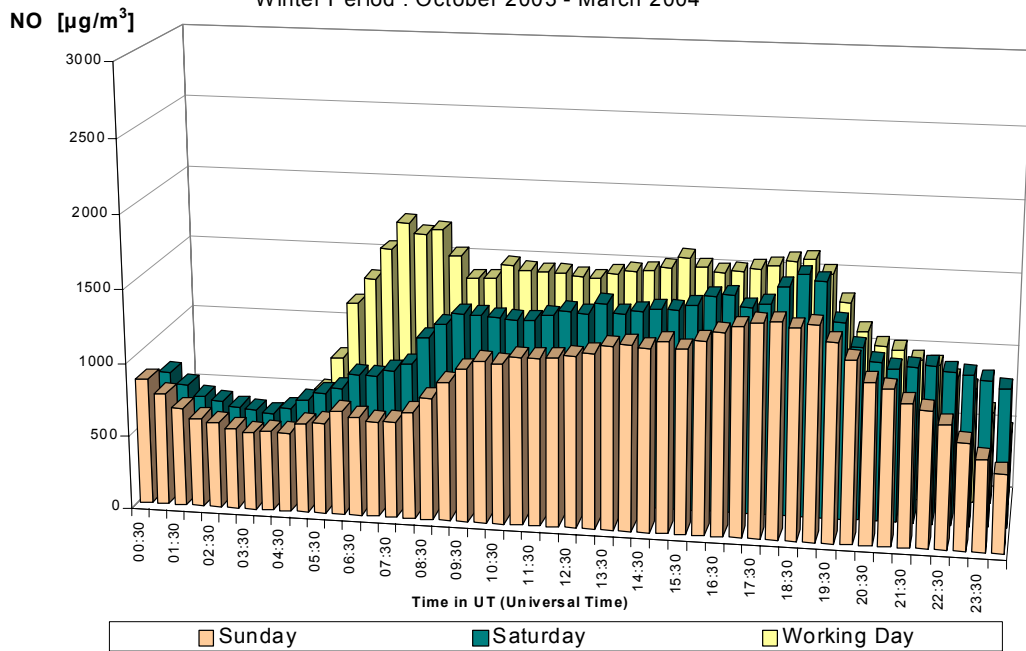


Fig. 16 : NO<sub>2</sub> – évolution journalière moyenne dans les deux postes de mesure  
 Comparaison entre un dimanche, un samedi et un jour ouvrable moyen  
 Période hivernale 2003-2004

**NO at 41LEC1 - TUNNEL LEOPOLD II - Centre**  
**Average SUNDAY, SATURDAY and WORKING DAY**

Winter Period : October 2003 - March 2004



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

Winter Period : October 2003 - March 2004

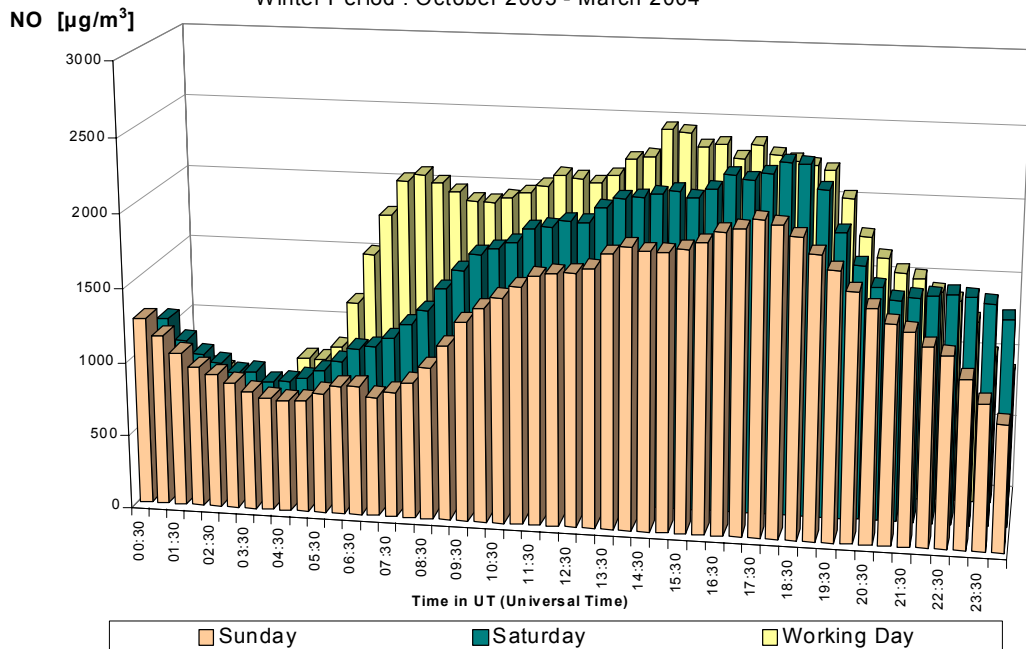
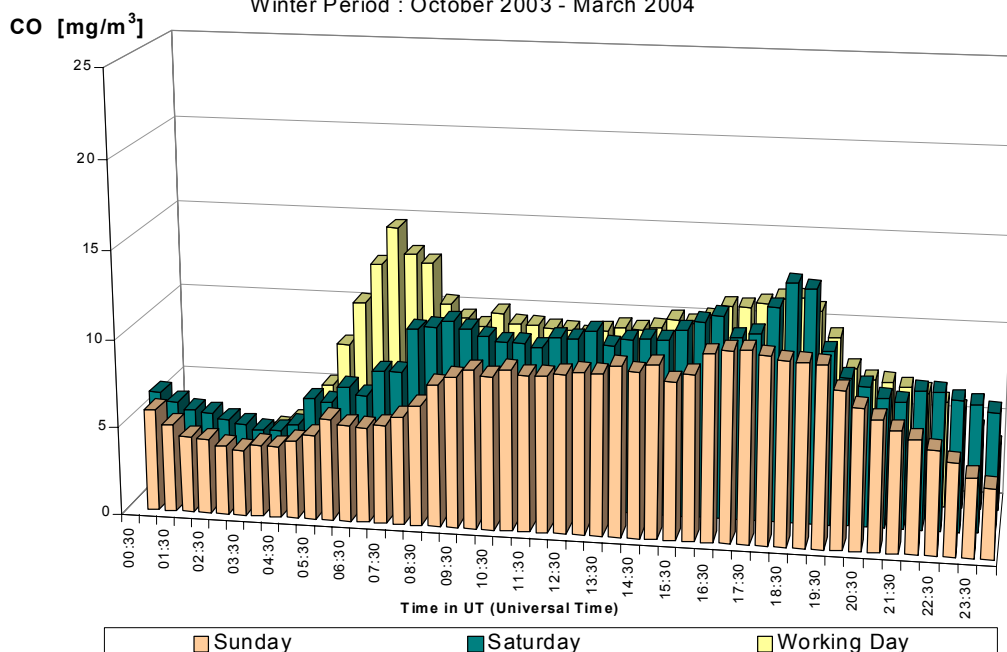


Fig. 17 : NO – évolution journalière moyenne dans les deux postes de mesure  
 Comparaison entre un dimanche, un samedi et un jour ouvrable moyen  
*Période hivernale 2003-2004*

**CO at 41LEC1 - TUNNEL LEOPOLD II - Centre**  
**Average SUNDAY, SATURDAY and WORKING DAY**

Winter Period : October 2003 - March 2004



**CO at 41LEB2 - TUNNEL LEOPOLD II - Basilica**  
**Average SUNDAY, SATURDAY and WORKING DAY**

Winter Period : October 2003 - March 2004

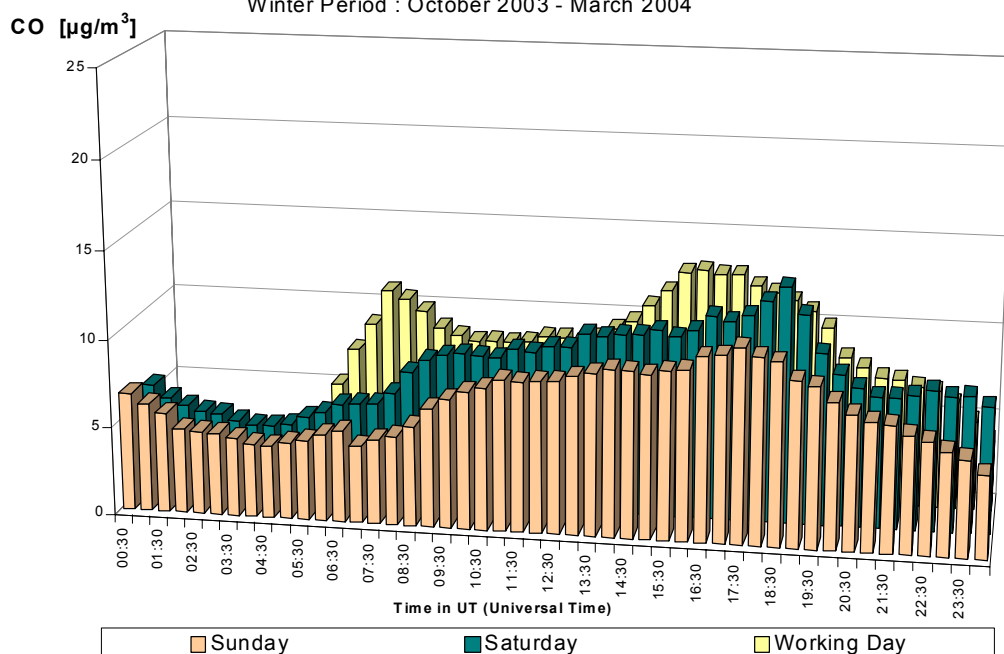


Fig. 18 : CO – évolution journalière moyenne dans les deux postes de mesure  
 Comparaison entre un dimanche, un samedi et un jour ouvrable moyen  
*Période hivernale 2003-2004*

## **4.5 Profil hebdomadaire moyen**

Dans les figures 19 et 20 sont représentés les profils hebdomadaires moyens des paramètres mesurés dans les postes de mesure en direction du centre (41LEC1) et de la basilique (41LEB2). Dans les graphiques, pour chaque période d'une heure, sont représentés la moyenne, 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 de gauche se rapportent à la période hivernale décembre 2002-mars 2003 et ceux de droite, à la période estivale avril - septembre 2003. Les concentrations moyennes sont un peu plus élevées les jours ouvrables.

Pour le poste de mesure en direction du centre (41LEC1) on constate pendant la période hivernale 2002-2003 (graphiques de gauche de la figure 19), pour tous les jours ouvrables de la semaine, des pics de concentration pendant la pointe du matin, tant le P90 que la moyenne et la médiane sont nettement plus élevés que pendant le reste de la journée. Le profil du P90 montre qu'il y a également des concentrations plus élevées le vendredi soir et le samedi (après) midi.

Pour la période d'été 2003 (graphiques de droite de la figure 19), le pic du matin est encore visible dans l'évolution du P90 (10% des valeurs sont encore plus élevées que le P90), mais plus ou beaucoup moins pour le P50 (médiane) et/ou pour la moyenne des concentrations.

A l'exception du pic matinal pendant la période hivernale, l'écart entre le P10 et le P90 est assez faible. Cela indique que 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 (extérieures) sont surtout influencées par le renouvellement de l'air. Dans les tunnels, c'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 mais moins élevés que les pics du matin en direction du centre.

Pendant la période estivale, seule la valeur P90 pour le NO<sub>2</sub> est nettement plus élevée que la concentration moyenne. Le rapport entre les concentrations de NO<sub>2</sub> dans les tunnels et dans l'air ambiant est plus faible que pour le NO et le CO. Pendant l'été exceptionnel de 2003, sous l'influence des hautes concentrations d'ozone, des concentrations en NO<sub>2</sub> plus élevées que d'habitude ont été constatées les après-midi dans les endroits à trafic intense. Ceci peut avoir conduit à une concentration de fond plus élevée pour les tunnels.

Le profil hebdomadaire pour la période hivernale *octobre 2003 – mars 2004* est représenté dans les graphiques de la figure 21. La pointe matinale au poste de mesure du centre 41LEC1 est inférieure à celui de la période hivernale *décembre 2002 – mars 2003*.

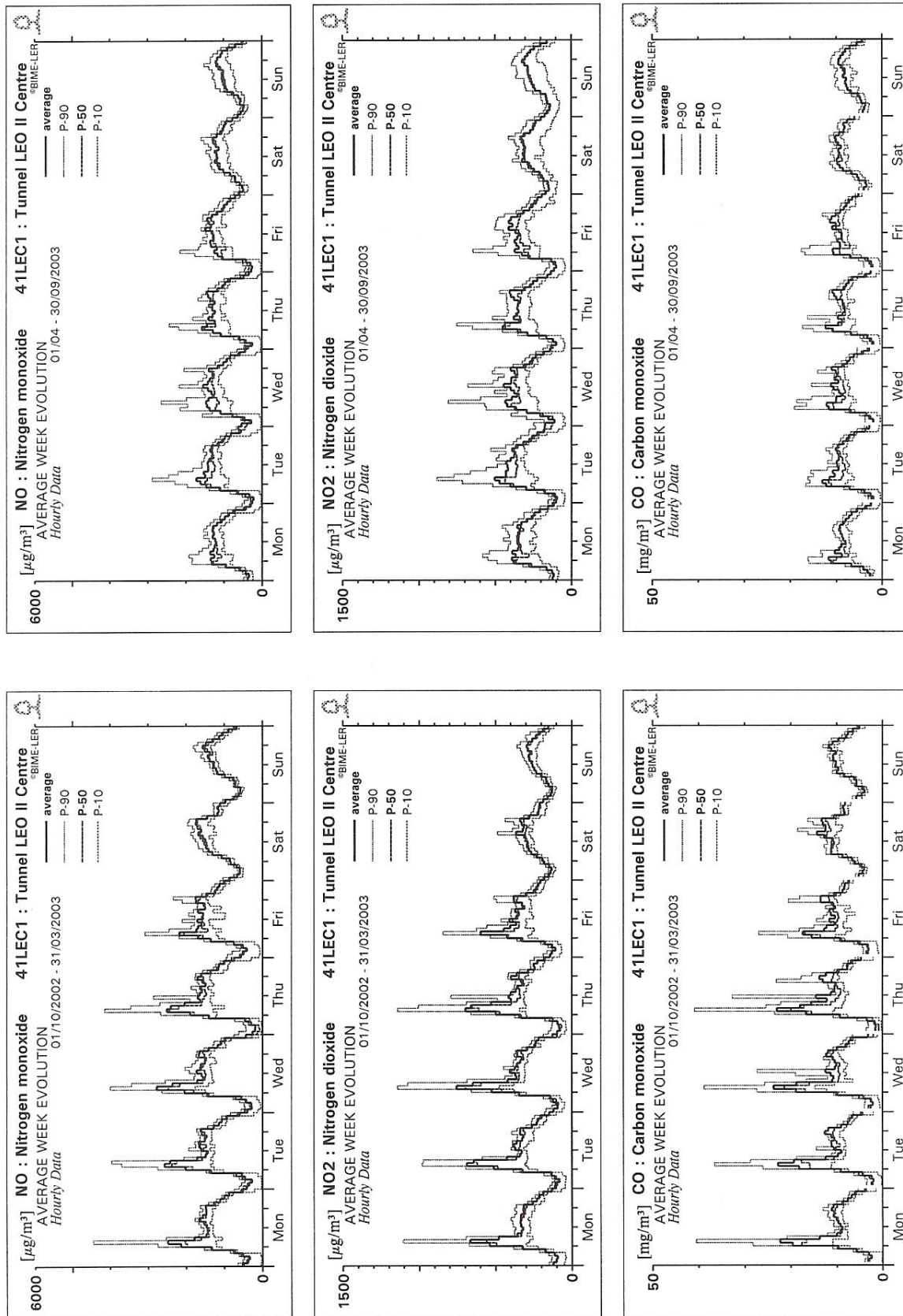


Fig. 19 : Poste de Mesure 41LEC1 (centre) – Évolution hebdomadaire moyenne - NO, NO<sub>2</sub> et CO  
*Période hivernale 2002-2003 et période estivale 2003*

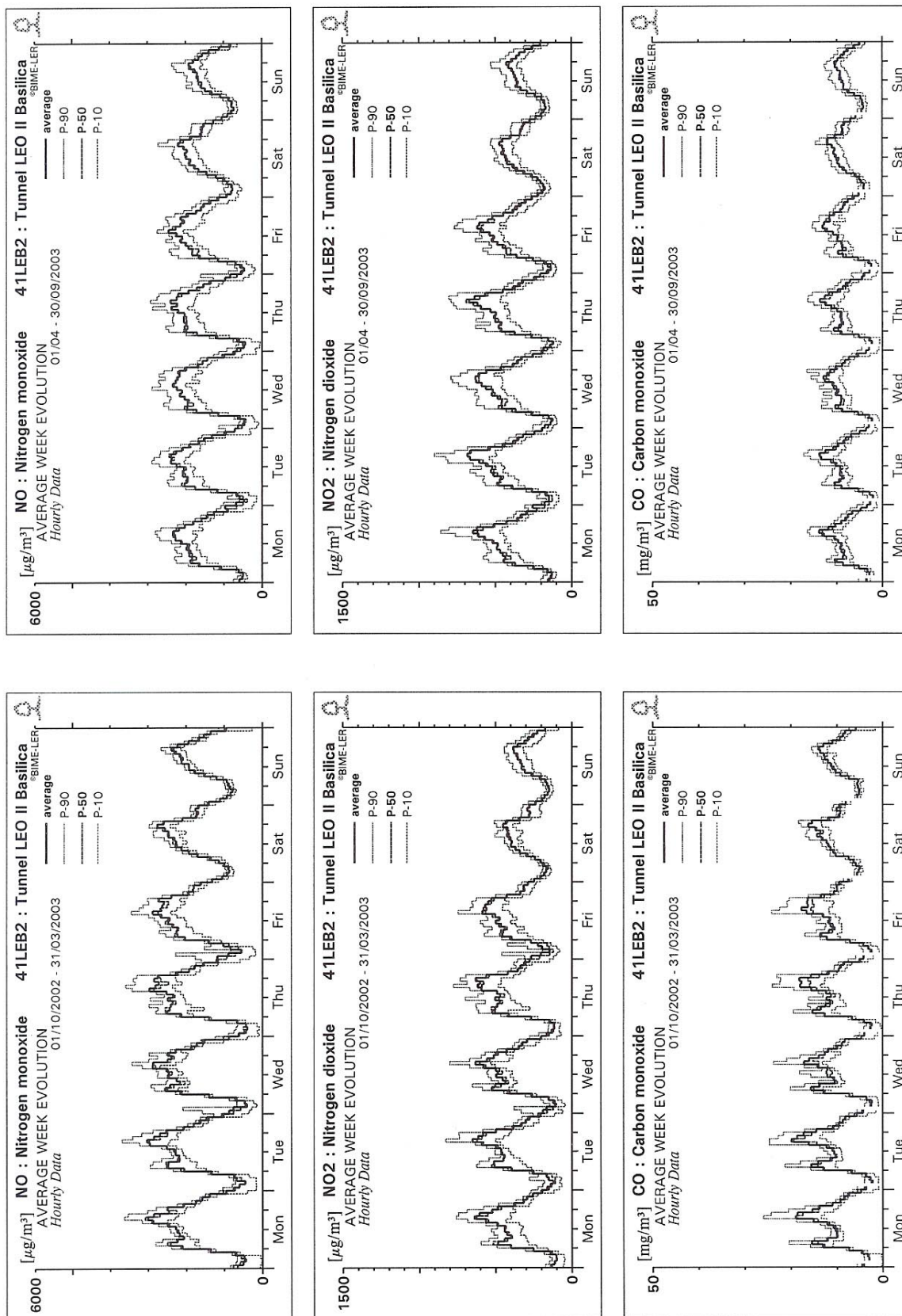


Fig. 20 : Poste de Mesure 41LEB2 (basilique) – Évolution hebdomadaire moyenne - NO, NO<sub>2</sub> et CO  
*Période hivernale 2002-2003 et période estivale 2003*

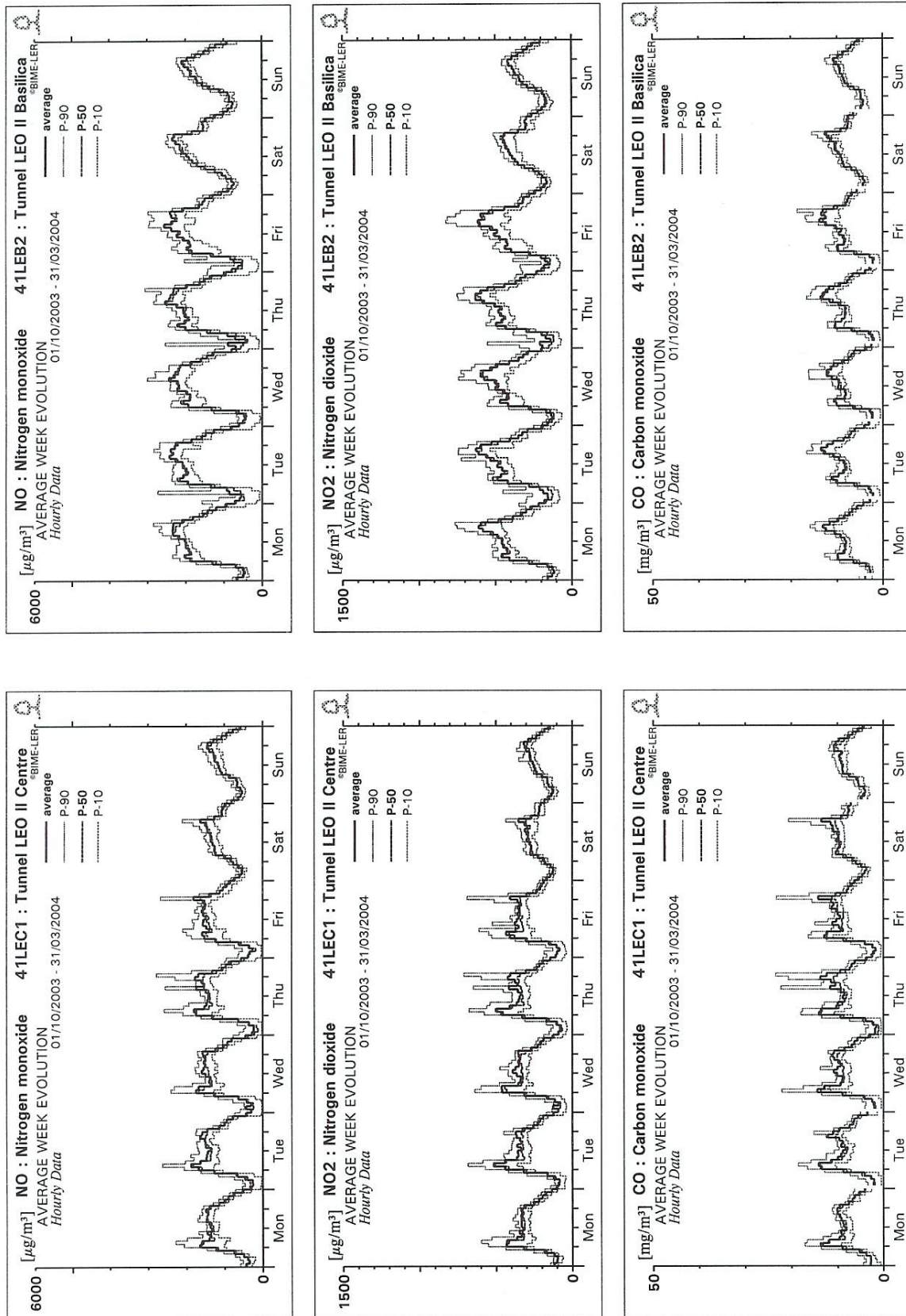


Fig. 21 : Évolution hebdomadaire moyenne pour NO, NO<sub>2</sub> et CO dans les deux postes de mesure  
*Période hivernale octobre 2003 – mars 2004*



## **4.6 Résultats d'une journée sans voiture**

Le dimanche 21 septembre 2003, dans le cadre d'une action européenne, la Région de Bruxelles-Capitale a organisé 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.

Les figures 21, 22 et 23 donnent l'évolution journalière des concentrations en NO<sub>2</sub>, NO et CO. Les graphiques du dessus montrent les résultats pour le poste de mesure en direction du centre (LEC1). Les graphiques du dessous donnent les résultats pour le poste en direction de la basilique (LEB2).

Chaque graphique représente l'évolution de trois séries de données : les valeurs semi-horaires du dimanche sans voiture (21 septembre 2003), le profil journalier d'un dimanche moyen de la période 1 mai - 20 septembre 2003 et le profil journalier moyen d'un jour ouvrable de la même période.

Les graphiques des différents paramètres mesurés (figures 22 à 24) permettent de constater que le dimanche sans voiture, entre 7 et 17 h TU (9 à 19 heure locale), les concentrations dans le tunnel étaient nettement plus basses qu'un dimanche moyen.

Dans le poste de mesure en direction de la basilique (graphique du dessous), 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). Dans le poste de mesure en direction du centre (graphique du dessus), il y a le matin une période d'équilibrage d'environ une heure. Après la fin de la période d'interdiction, les concentrations augmentent immédiatement et après une demi-heure, les concentrations habituelles dans les tunnels sont atteintes.

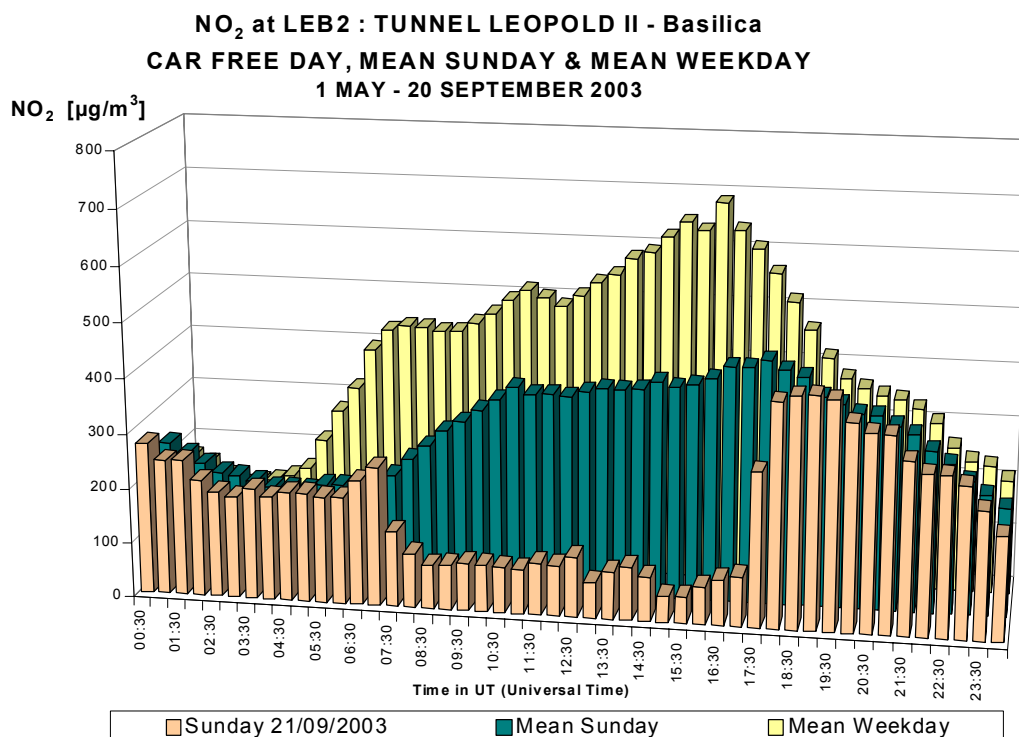
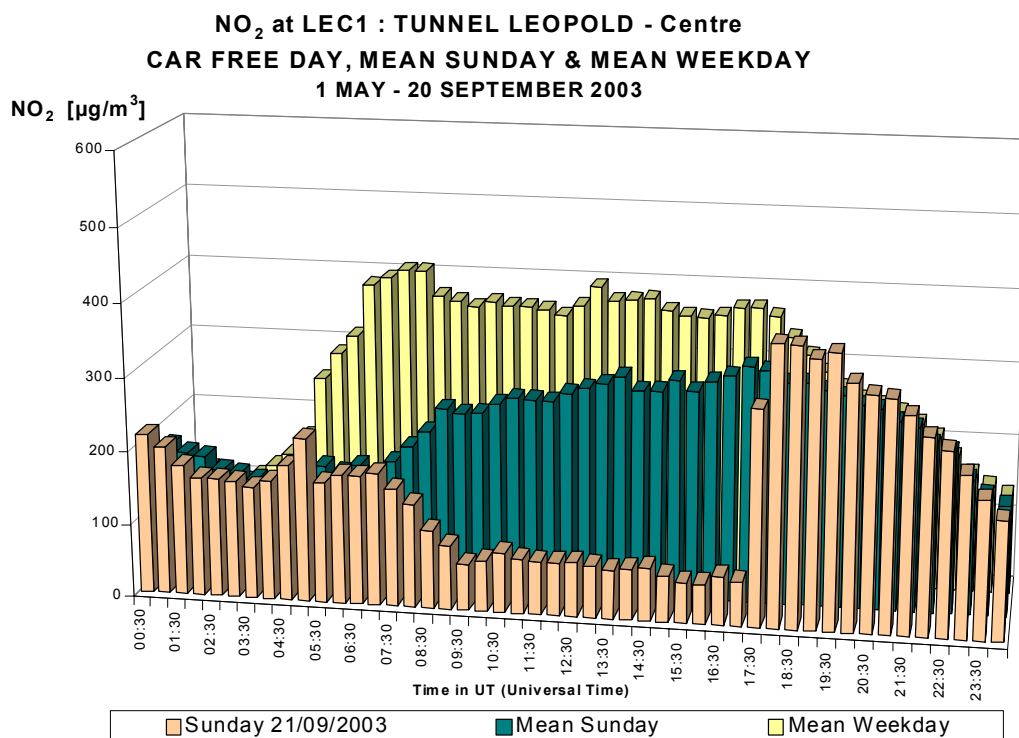
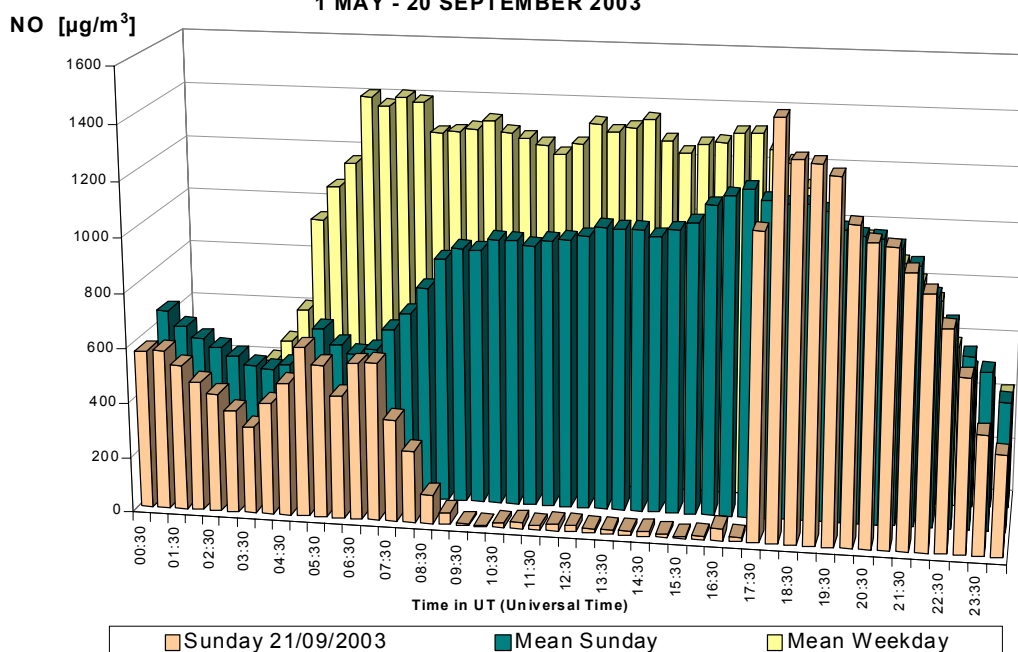


Fig. 22 : NO<sub>2</sub> – évolution journalière dans les deux postes de mesure  
 Comparaison entre un dimanche sans voiture (21/09/2003), un dimanche moyen et un  
 jour ouvrable moyen de la période *mai – septembre* 2003

**NO at LEC1 : TUNNEL LEOPOLD II - Centre  
CAR FREE DAY, MEAN SUNDAY & MEAN WEEKDAY  
1 MAY - 20 SEPTEMBER 2003**



**NO at LEB2 : TUNNEL LEOPOLD II - Basilica  
CAR FREE DAY, MEAN SUNDAY & MEAN WEEKDAY  
1 MAY - 20 SEPTEMBER 2003**

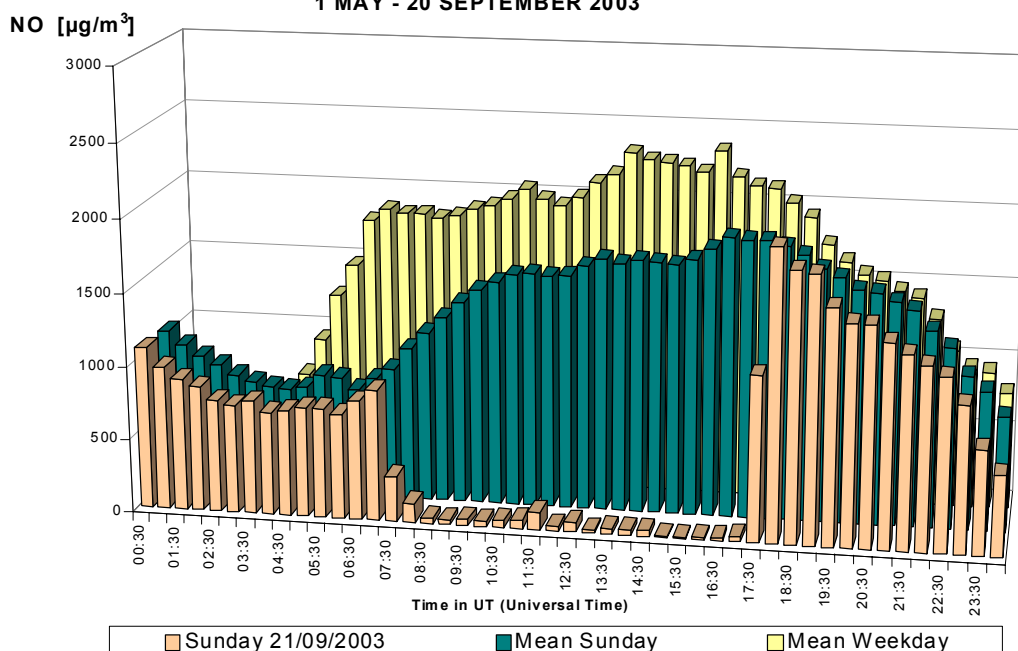
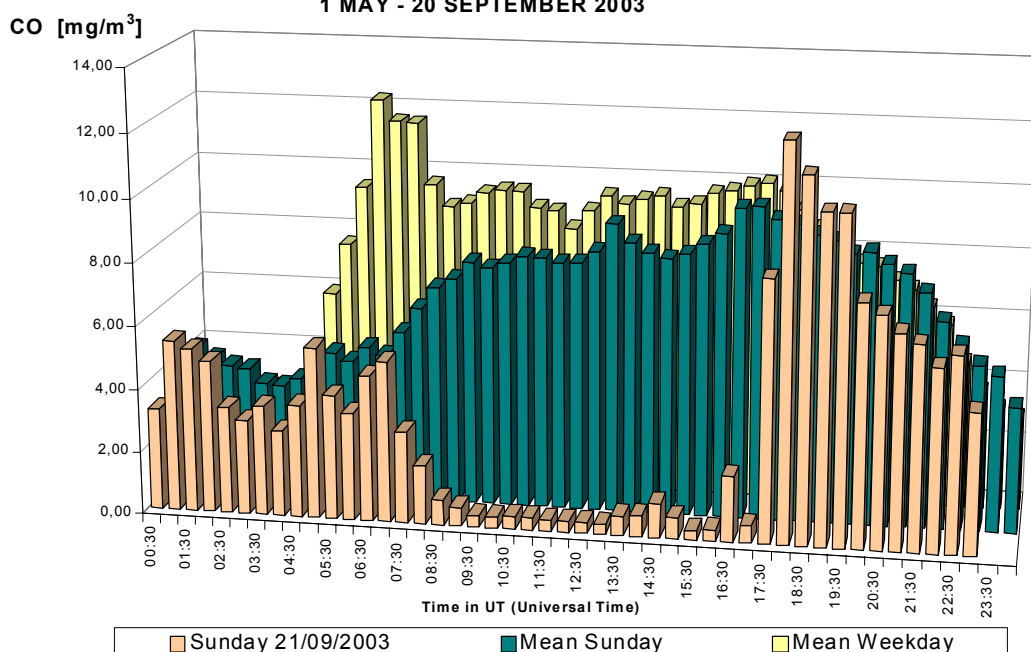


Fig. 23 : NO – évolution journalière dans les deux postes de mesure  
Comparaison entre un dimanche sans voiture (21/09/2003), un dimanche moyen et un  
jour ouvrable moyen de la période *mai – septembre* 2003

**CO at LEC1 : TUNNEL LEOPOLD II - Centre  
CAR FREE DAY, MEAN SUNDAY & MEAN WEEKDAY  
1 MAY - 20 SEPTEMBER 2003**



**CO at LEB2 : TUNNEL LEOPOLD II - Basilica  
CAR FREE DAY, MEAN SUNDAY & MEAN WEEKDAY  
1 MAY - 20 SEPTEMBER 2003**

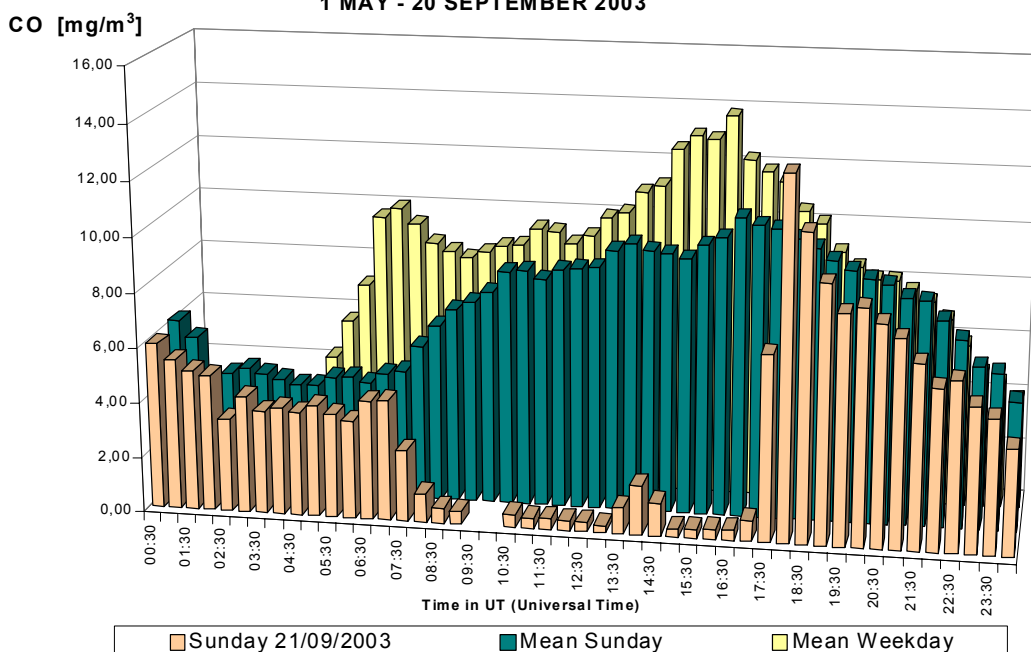


Fig. 24 : CO – évolution journalière dans les deux postes de mesure  
Comparaison entre un dimanche sans voiture (21/09/2003), un dimanche moyen et un  
jour ouvrable moyen de la période *mai – septembre* 2003

## 4.7 Résultats Tunnel et postes de mesures 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 2003 – mars 2004*, 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 25 et ceux du NO<sub>2</sub> à la figure 26.

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 NO<sub>2</sub>.

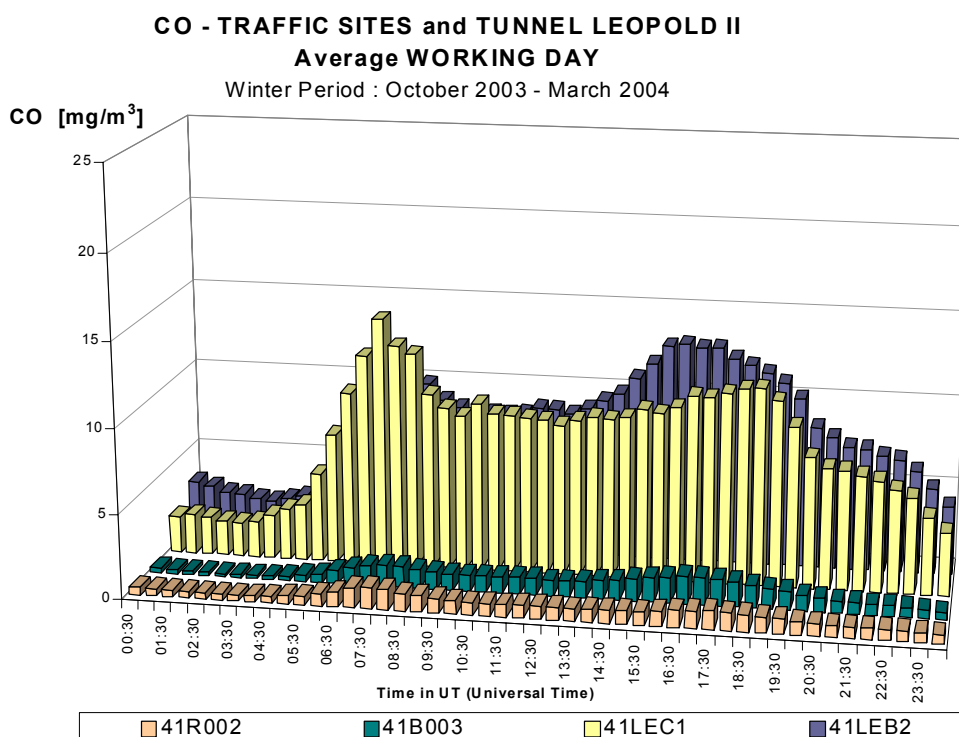


Fig. 25 : CO - Évolution journalière moyenne d'un jour ouvrable moyen (*hiver 2003-2004*)  
Postes de mesure trafic à l'air ambiant – Av. de la Couronne (R002) et Arts-Loi (B003)  
Postes de mesure du Tunnel Léopold II – LEC1 (Centre) et LEB2 (Basilique)

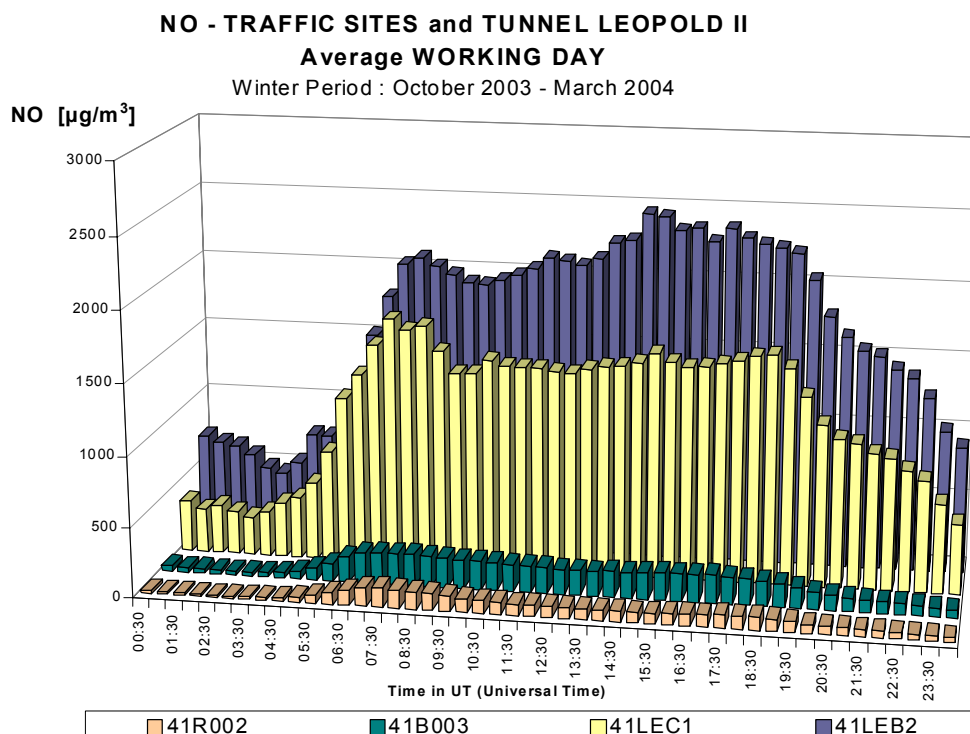
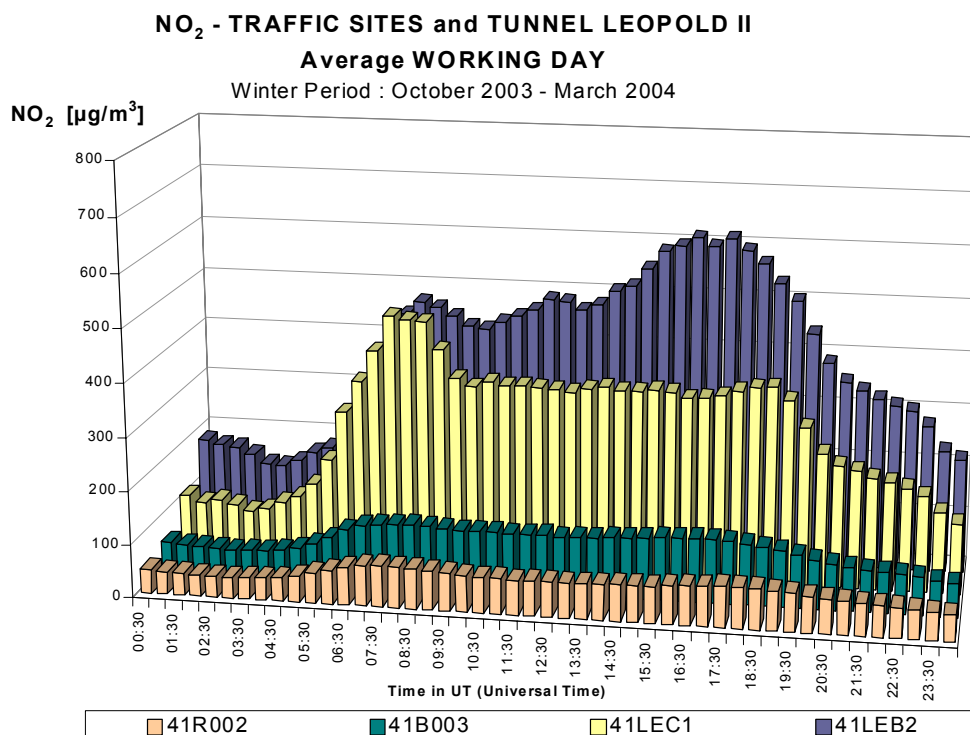


Fig. 26 : NO<sub>2</sub> et NO - Évolution journalière moyenne d'un jour ouvrable moyen (*hiver 2003-2004*)  
 Postes de mesure trafic à l'air ambiant – Av. de la Couronne (R002) et Arts-Loi (B003)  
 Postes de mesure du Tunnel Léopold II – LEC1 (Centre) et LEB2 (Basilique)

## Résumé

**Postes de mesure:** au cours de l'an 2002 deux nouveaux 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.

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 de circulation 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 NO<sub>2</sub> 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 (NO<sub>2</sub>) :*
  - o 1.000 µg/m<sup>3</sup> (microgrammes par mètre cube) pour une durée d'exposition maximale de 20 minutes
  
  - o 400 µg/m<sup>3</sup> (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/m<sup>3</sup> 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 NO<sub>2</sub> ne peut pas être supérieure à 400 µg/m<sup>3</sup> 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 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 NO<sub>2</sub> et de CO augmentent. Les automobilistes restent donc plus longtemps aux endroits où les concentrations sont les plus élevées.

**Résultats:** Pour le CO la valeur limite est de 100 ppm (= 116,5 mg/m<sup>3</sup>) pour une exposition de 30 minutes. Au cours de l'année 2003, la valeur limite pour le CO n'a donc pas été dépassée.

Pour le NO<sub>2</sub> il y a une valeur limite de 400 µg/m<sup>3</sup> pour une exposition d'une heure et une valeur limite de 850 µg/m<sup>3</sup> pour une exposition de 30 minutes. Le niveau de 850 µg/m<sup>3</sup> se situe, pour les deux postes de mesure, entre les centiles P99 et P99.5. Cela signifie qu'en 2003 les dépassements du niveau de 850 µg/m<sup>3</sup> représentent moins de 1 % de toutes les valeurs semi-horaires.

Les concentrations de NO<sub>2</sub> supérieures à 850 µg/m<sup>3</sup> se produisent presque exclusivement les *jours ouvrables*. Pour les jours *non ouvrables* on ne note que 5 dépassements pour le poste de mesure en direction du centre (41LEC1) et aucun pour le poste de mesure en direction de la basilique (41LEB2).

Le niveau de 400 µg/m<sup>3</sup> se situe entre P80 et P90 pour le poste de mesure 41LEC1 et entre P50 et P60 pour le poste de mesure 41LEB2. Cela signifie que le nombre de valeurs horaires supérieures à 400 µg/m<sup>3</sup> représentent plus de 10% du total des valeurs horaires pour le poste de mesure en direction du centre et plus de 40% 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/m<sup>3</sup> atteint plus de 50% du nombre de valeurs horaires les *jours ouvrables* et environ 20 % du nombre de valeurs horaires les *jours non ouvrables*. Pour le poste de mesure en direction du centre, cela devient plus de 10% du nombre des valeurs horaires les *jours ouvrables* et moins de 2% du nombre de valeurs horaires les jours *non ouvrables*.

Pour tous les polluants, les concentrations mesurées sont *en moyenne plus élevées* les *jours ouvrables* que les jours non ouvrables. La moyenne horaire du NO<sub>2</sub> atteint 297 µg/m<sup>3</sup> (41LEC1) et 391 µg/m<sup>3</sup> (41LEB2) les jours ouvrables contre respectivement 235 µg/m<sup>3</sup> et 302 µg/m<sup>3</sup> les jours non ouvrables.

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 NO<sub>2</sub> 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 **1000 µg/m<sup>3</sup>** en **moyenne sur 20 minutes**, est nettement plus élevé au point de mesure en direction du centre. Au cours de l'année calendrier 2003 on y a constaté un total de 212 dépassements contre seulement 58 dans le poste de mesure en direction de la basilique.

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. On note également cinq dépassements le samedi après midi. En direction de la basilique, les pics de pollution se produisent exclusivement les jours ouvrables pendant l'heure de pointe du soir.



De l'examen des résultats mensuels, une tendance à la baisse du nombre de pics semble apparaître; ceci vaut surtout pour le point de mesure en direction du centre (voir figure 9 à la page 26). Le nombre restreint de pics de pollution pendant la période estivale est certainement dû en partie à la diminution du trafic. La tendance à la baisse fin 2003 est probablement déjà une conséquence de l'amélioration du régime de ventilation.

Le nombre de pics (au cours de la journée ou de la soirée) au point de mesure en direction du centre pourrait probablement être encore réduit si le signal de mesure des concentrations NO<sub>2</sub> 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/m<sup>3</sup>** en tant que **valeur horaire** est fréquemment dépassé: avec 250 à 350 valeurs horaires par mois, 26 à 30 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: 20 à 90 dépassements par mois, répartis sur 8 à 22 jours ou en moyenne quatre heures de dépassements par jour.

En ce qui concerne le nombre de dépassements du seuil de 400 µg/m<sup>3</sup> (valeur horaire) on ne constate pas de tendance claire. A part pour le mois de juillet 2003, ce niveau est fréquemment dépassé. Pour faire baisser les concentrations moyennes, 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 (NO<sub>2</sub>, 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 *décembre 2002-mars 2003*, un pic matinal très net. Ce pic matinal disparaît en grande partie (CO) ou complètement (NO et NO<sub>2</sub>) pendant la période estivale *avril – septembre 2003*. Le niveau correspondant au pic matinal de la période hivernale *octobre 2003 – février 2004* est nettement plus bas que celui de l'hiver 2002/2003.

Les concentrations généralement plus élevées durant la période de pointe du matin montrent la formation régulière de files à la sortie du tunnel. L'absence de ces concentrations plus élevées durant la période estivale est probablement due en partie à la formation moins fréquente de files (moins de trafic), mais probablement aussi au changement de régime de ventilation intervenu entre-temps: une ventilation plus systématique pendant la période de pointe du matin (automne 2003 et *période hivernale 2003/2004*).

Une dimanche sans voiture: le dimanche 21 septembre 2003, dans le cadre d'une action européenne, la Région de Bruxelles-Capitale a organisé 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 22 à 24) 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	11
4.3 Dépassements	21
4.4 Profil journalier moyen	27
4.5 Profil hebdomadaire moyen	37
4.6 Résultats d'une journée sans voiture	41
4.7 Résultats Tunnel et postes de mesures Trafic	45