

4.6 MONOXYDE DE CARBONE (CO)

Le trafic routier est la principale source d'émissions de CO. Les concentrations maximales sont observées dans un environnement où le trafic est intense. Début 1997, le monoxyde de carbone faisait déjà l'objet de mesures dans la Région de Bruxelles-Capitale en trois endroits, Arts-Loi (B003), Ixelles-Avenue de la Couronne (R002) et Woluwé-St-Lambert (WOL1). En 1998, le réseau de mesure a été complété par deux appareils de mesure du CO. Le premier a été mis en service au poste R001 (Molenbeek) et le second au poste N043 (Haren). Le trafic est assez dense à proximité de ces deux postes de mesure, mais l'environnement y est plutôt ouvert.

Durant la période 2000-2002 trois nouveaux postes de mesure ont été installés et équipés d'un appareil de mesures pour le CO. Il s'agit des postes Ste-Catherine (B004 – décembre 2000), le Parlement Européen (B006 – septembre 2001) et Eastman-Belliard (B005 – octobre 2001).

4.6.1 Réglementation CO

Au cours de l'année 2000, une directive CE a été publiée, contenant des valeurs normatives pour le CO dans l'air ambiant.

La directive européenne 2000/69/CE du 16 novembre 2000 fixe comme valeur limite :

- **10 mg/m³** comme **le maximum journalier de la moyenne sur 8 heures**, à ne pas dépasser à partir du 1^{er} janvier 2005

Marge de tolérance: pour les années 2000 à 2002 une marge de tolérance de 6 mg/m³ peut être appliquée. À partir du 1^{er} janvier 2003 cette marge sera diminuée tous les 12 mois de 2 mg/m³ pour atteindre 0 mg/m³ à partir du 1^{er} janvier 2005.

4.6.2 Valeurs mesurées de CO

Le tableau IV.36 compare les niveaux de concentration obtenus aux différents postes de mesure. Les principaux paramètres statistiques (P50 et P98) et la concentration moyenne annuelle (MOY) sont donnés pour les années civiles 1997 à 2005. Les concentrations sont maximales au point de mesure Arts-Loi (B003), suivi par l'Avenue de la Couronne (R002).

Aux postes de mesure de Molenbeek (R001), Haren (N043) et Woluwé-St.-Lambert (WOL1), les concentrations mesurées sont moins élevées (voir fig. 4.64). Des concentrations moins élevées encore ont été constatées à Ste-Catherine (B004), Eastman-Belliard (B005) et au Parlement Européen (B006).

Un trafic ralenti engendre plus d'émissions de CO qu'un trafic fluide. Dans un environnement ouvert, la dispersion de la pollution est meilleure que dans un environnement fermé.

Tableau IV.36 : **CO-VALEURS HORAIRES : P98 – P50 – MOYENNE ANUELLE**

PÉRIODE ANNUELLE : 1 JANVIER – 31 DÉCEMBRE
[Concentration en mg/m³]

P98	R001	R002	B003	B004	B005	B006	N043	WOL1
1997		3.50	5.48					1.52
1998	0.88	2.68	4.31				--	1.46
1999	1.40	2.19	3.79				1.44	1.11
2000	1.29	2.21	2.80	--			1.22	1.04
2001	1.67	--	2.89	1.42	--	--	1.48	--
2002	1.36	1.82	--	1.13	0.97	0.92	1.39	1.03
2003	1.32	1.80	2.02	1.31	1.05	0.98	1.31	0.12
2004	1.10	1.47	1.88	1.04	0.88	0.78	1.15	0.95
2005	1.05	1.29	1.77	1.04	0.83	0.81	1.10	0.95

P50	R001	R002	B003	B004	B005	B006	N043	WOL1
1997		0.94	1.63					0.47
1998	0.12	0.65	1.23				--	0.47
1999	0.47	0.64	1.23				0.41	0.35
2000	0.43	0.75	1.02	--			0.37	0.28
2001	0.47	--	0.95	0.36	--	--	0.38	--
2002	0.50	0.58	--	0.34	0.35	0.31	0.42	0.30
2003	0.47	0.56	0.54	0.39	0.37	0.33	0.39	0.36
2004	0.39	0.53	0.59	0.36	0.32	0.30	0.39	0.34
2005	0.35	0.45	0.69	0.31	0.31	0.30	0.35	0.33

MOY	R001	R002	B003	B004	B005	B006	N043	WOL1
1997		1.15	1.92					0.52
1998	0.24	0.84	1.50				--	0.55
1999	0.51	0.76	1.39				0.50	0.43
2000	0.50	0.85	1.13	--			0.44	0.35
2001	0.56	--	1.11	0.44	--	--	0.47	--
2002	0.57	0.67	--	0.41	0.40	0.36	0.49	0.36
2003	0.53	0.66	0.67	0.47	0.42	0.38	0.46	0.41
2004	0.43	0.59	0.68	0.41	0.36	0.34	0.44	0.39
2005	0.40	0.51	0.75	0.37	0.35	0.34	0.40	0.37

-- : moins de 50% de données validées par an

Les résultats indiquent clairement une tendance à la baisse (voir également fig. 4.63). Cela ressort de l'évolution dans le temps, aussi bien du centile supérieur (P98) et de la médiane (P50) que de la valeur moyenne annuelle.

Des tableaux plus détaillés, avec les résultats calculés de la distribution de fréquences cumulées pour les années civiles, ainsi que les périodes hivernales et estivales, figurent aux annexes B, C et D.

4.6.3 Dépassements de la valeur limite CO

Le tableau IV.37 représente, par année civile, la valeur maximale sur 8 heures. A partir du 1^{er} janvier 2005 cette valeur doit être inférieure à 10 mg/m³. Actuellement cette condition est respectée partout dans la Région de Bruxelles-Capitale.

Tableau IV.37: **CO - VALEUR MAXIMALE sur 8 HEURES de l'ANNÉE**
Période ANNUELLE : 1 JANVIER – 31 DÉCEMBRE
[Concentration en mg/m³]

CO-8HrMax	R001	R002	B003	B004	B005	B006	N043	WOL1
1997		7.28	9.22					2.08
1998	1.74	4.73	6.54				--	2.39
1999	2.35	3.12	4.56				2.94	1.90
2000	4.09	3.42	3.56	--			3.06	2.17
2001	2.96	--	7.63	2.90	--	--	3.04	--
2002	2.86	2.06	--	2.42	1.46	1.40	2.41	1.40
2003	2.42	2.84	2.68	2.23	2.08	1.67	2.26	1.80
2004	1.71	2.24	2.28	1.61	1.70	1.76	1.92	2.38
2005	1.84	2.07	2.35	7.89	1.61	1.72	1.82	1.66

-- : moins de 50% de données validées par an

La valeur limite est déjà respectée sans problème depuis plusieurs années, même à “Arts-Loi”, situé au cœur d’un des carrefours les plus importants de la Région. La valeur de 7.89 mg/m³ au point de mesure Ste-Catherine, au cours de l’année 2005, est le résultat de circonstances locales exceptionnelles. La figure 4.62 donne l’évolution des maxima sur 8 heures de l’année.

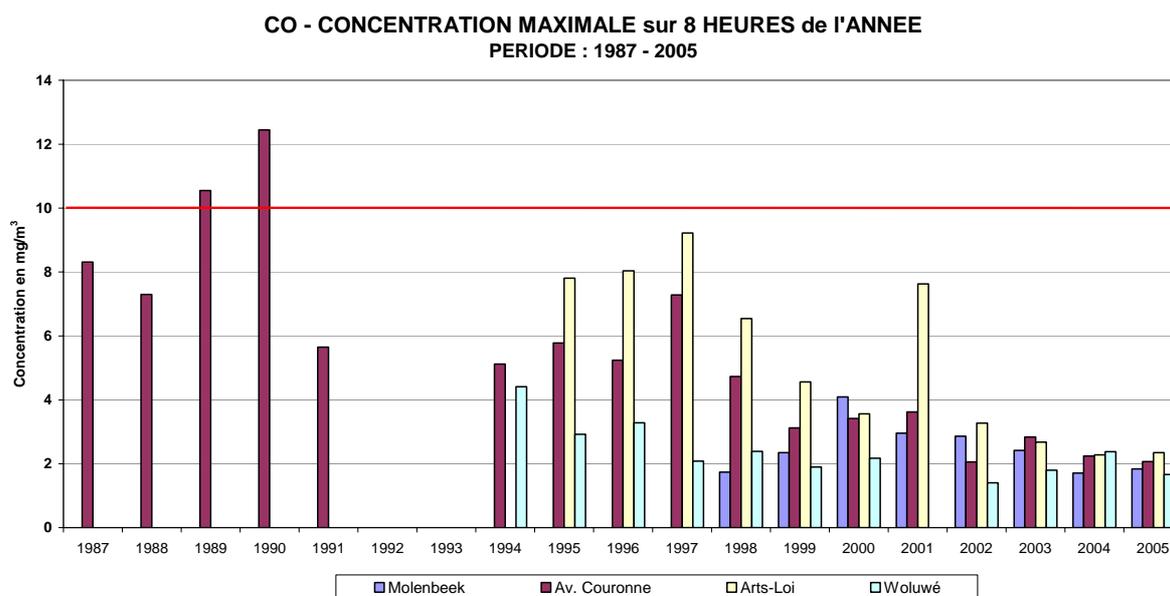


Fig. 4.62 : CO – Évolution de la concentration maximale sur 8 heures. Période 1987 - 2005

4.6.4 Évolution à long terme des concentrations de CO

La figure 4.63 reproduit l'évolution de la pollution de CO dans le temps par un graphique de la distribution de fréquences cumulées. Le graphique du haut donne les statistiques annuelles pour le poste de mesure de l'Avenue de la Couronne à Ixelles (R002) et le graphique du dessous, celles pour le poste de mesure Arts-Loi (B003). La période couvre les années civiles 1987 à 2005 pour le poste R002 et 1995 à 2005 pour B003.

Les résultats des deux postes de mesure révèlent une baisse notable, ces dernières années, des différents paramètres statistiques (P30 à P98, médiane et moyenne arithmétique). Tout comme la baisse des concentrations de monoxyde d'azote (fig. 4.11, cette baisse est due notamment à l'introduction du catalyseur à trois voies. Pour les années 2001 et 2002, les séries de données sont incomplètes à cause du déménagement forcé du poste de mesure R002 et à une transformation importante du poste de mesure B003. Les résultats disponibles à partir de 2002 donnent à penser que la tendance à la diminution des années '90 se termine peut-être.

Depuis 1989, le catalyseur est obligatoire sur les nouvelles voitures à essence d'une cylindrée supérieure à 2000 cc et depuis 1993, sur toutes les nouvelles voitures à essence. La nouvelle valeur limite, fixée à 10 mg/m³ en tant que valeur maximale sur 8 heures, pourra être respectée sans aucun problème à l'avenir.

La figure 4.64 donne une comparaison entre les niveaux CO des différents postes de mesure. Le graphique au-dessus représente les résultats de la période hivernale « *octobre 2004 – mars 2005* » et le graphique en dessous ceux de la période estivale « *avril – septembre 2005* ». Les niveaux les plus élevés sont observés dans les postes de mesures en proximité du trafic et les niveaux les plus faibles en zone résidentielle. Il y a une différence notable entre les concentrations mesurées en période hivernale et estivale.

La figure 4.65 donne un aperçu de la distribution spatiale de la concentration de CO. Les roses de pollution par le CO sont dessinées avec, en fond, une carte de la Région. La carte d'en haut illustre la situation durant la période hivernale '*octobre 2004 – mars 2005*' et la carte d'en bas renvoie à la période estivale '*avril – septembre 2005*'. Dans les deux cas, il y a une nette différence dans la pollution moyenne aux divers points de mesure.

La figure 4.66 reproduit graphiquement l'évolution hebdomadaire moyenne pour le poste de mesure situé à l'Avenue de la Couronne à Ixelles (R002). La concentration moyenne (AVG), la médiane (P50) et les centiles P10 et P90 sont représentés sous forme de graphique, par période horaire. Ces deux dernières valeurs délimitent approximativement la zone dans laquelle la concentration fluctue de jour en jour.

Le graphique du dessus renvoie à la période hivernale '*octobre 2004 – mars 2005*' et le graphique du dessous à la période estivale '*avril – septembre 2005*'. Le profil hebdomadaire suit l'intensité du trafic. Les concentrations moyennes sont manifestement plus élevées les jours ouvrables que les samedis et dimanches. Au poste R002, le pic du matin est plus élevé que celui du soir. Le pic du soir de la période estivale est plus faible que celui de la période hivernale.

Les figures 4.67 et 4.68 reproduisent graphiquement le profil journalier moyen pour le CO, respectivement pour les postes Arts-Loi (B003) et Ixelles-Avenue de la Couronne (R002). Le graphique d'en haut renvoie chaque fois à la période hivernale 'octobre 2004 – mars 2005' et le graphique d'en bas, à la période estivale 'avril – septembre 2005'. À cet égard, une distinction est faite entre les jours ouvrables, les samedis et les dimanches.

Aux postes de mesure axés sur le trafic, les concentrations de CO sont en moyenne plus élevées les jours ouvrables, et plus élevées le samedi que le dimanche. Entre un jour ouvrable, un samedi et un dimanche, le profil journalier opère en outre un glissement dans le temps. Le samedi, le pic matinal est fortement réduit et se produit plus tard dans la journée. La nuit du samedi au dimanche, on observe une légère augmentation de la concentration de CO. Le dimanche, le pic matinal est encore plus faible et le pic du soir est largement étendu de l'après-midi à la fin de soirée. Les concentrations pendant les heures nocturnes du dimanche au lundi sont moindres par rapport aux autres nuits.

Les jours ouvrables, on observe manifestement au point de mesure Arts-Loi (B003) un pic matinal et un pic du soir. En hiver le pic du soir est plus large que celui du matin. De plus, le pic du soir en hiver est plus élevé que le pic du soir en été. En période estivale, les pics du matin et du soir sont pratiquement équivalents. En période hivernale les concentrations les plus élevées à B003 sont constatées au pic du soir.

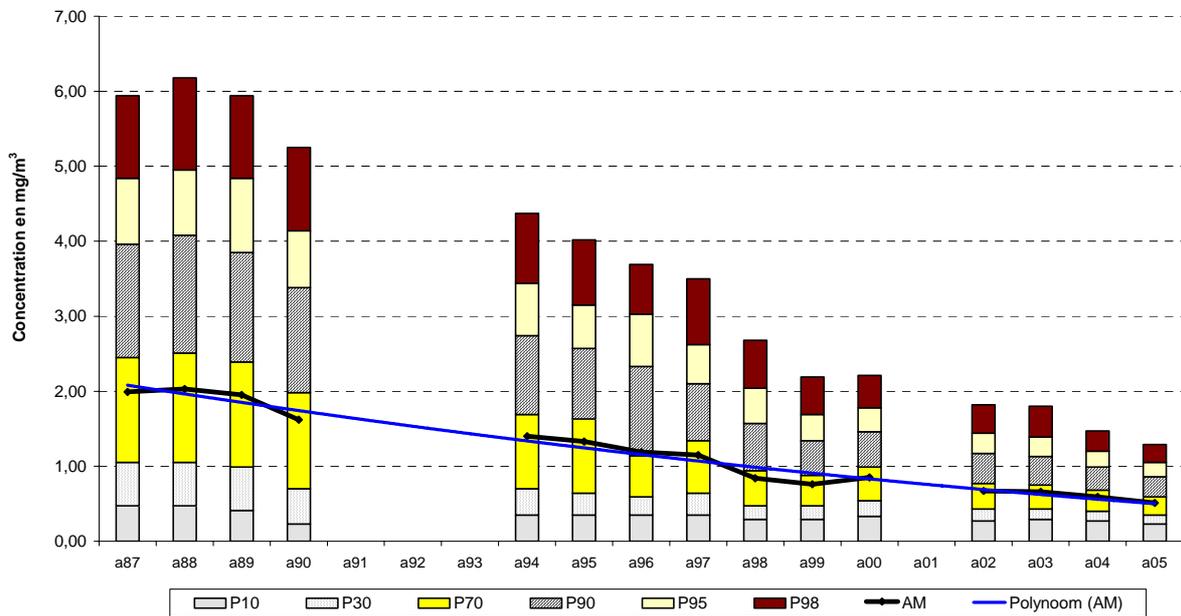
Lors du pic du soir en hiver, il passe au point de mesure B003 beaucoup plus de voitures avec un moteur encore relativement froid, qui émettent donc davantage de CO, que durant le pic matinal. Bon nombre de voitures qui quittent la ville en passant par cet endroit ont sans doute le moteur allumé depuis quelques minutes seulement et le catalyseur n'est donc probablement pas encore assez chaud. En période hivernale, il y a peut-être aussi davantage d'embouteillages inclus dans le pic du soir. En outre, durant cette période, les conditions météorologiques sont souvent peu favorables à une bonne dispersion de la pollution.

Comparées à l'évolution journalière pour le NO (figures 4.16), il est à noter que les concentrations de CO durant les heures creuses sont proportionnellement plus faibles par rapport aux concentrations que l'on observe durant les pics. Ceci est peut-être dû à une certaine augmentation des émissions de CO lorsque le trafic est fortement ralenti aux heures de pointe.

Au poste de mesure d'Ixelles les niveaux des pics du soir sont plus faibles que ceux du pic matinal. Les niveaux du pic du soir de la période estivale sont inférieures à ceux de la période hivernale.

La figure 4.70 donne, pour le poste de mesure d'Ixelles, une comparaison entre les niveaux observés en 1989 et 2005. Pour ces deux périodes est représentée l'évolution moyenne journalière d'un 'dimanche moyen' et d'un 'jour ouvrable moyen'. Le graphique du dessus se réfère aux périodes hivernales 'octobre 2004 – mars 2005' et 'octobre 1988 – mars 1989'. Le graphique du dessous se réfère aux périodes estivales 2005 (avril – septembre) et 1989. Les concentrations mesurées en 2004/05 sont sensiblement plus faibles que celles mesurées pendant la période 1989/90.

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



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

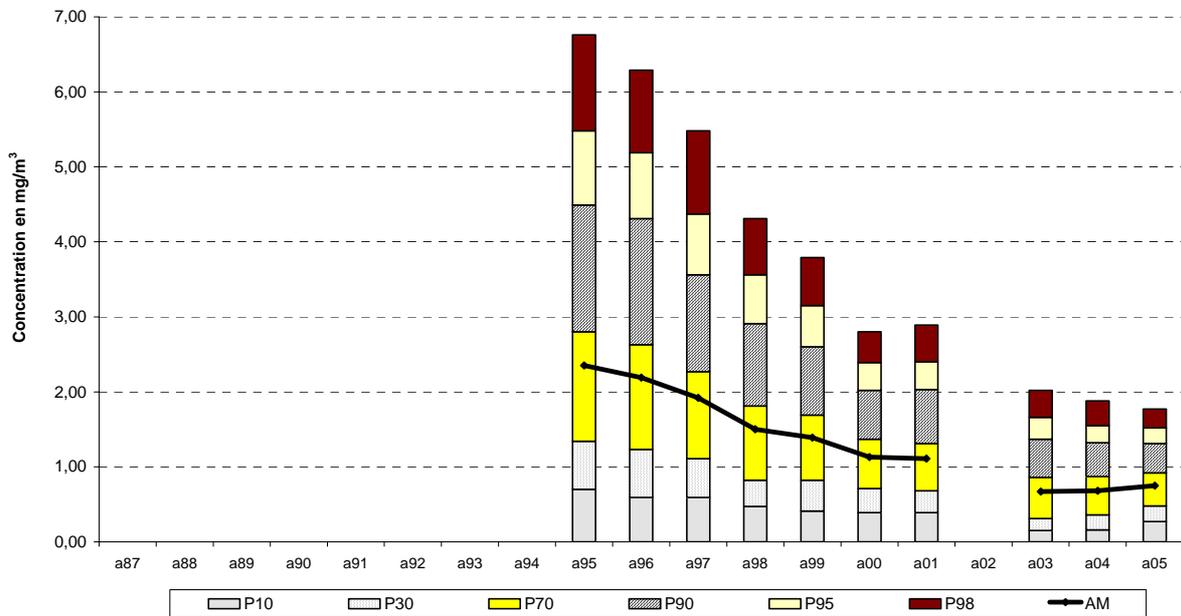
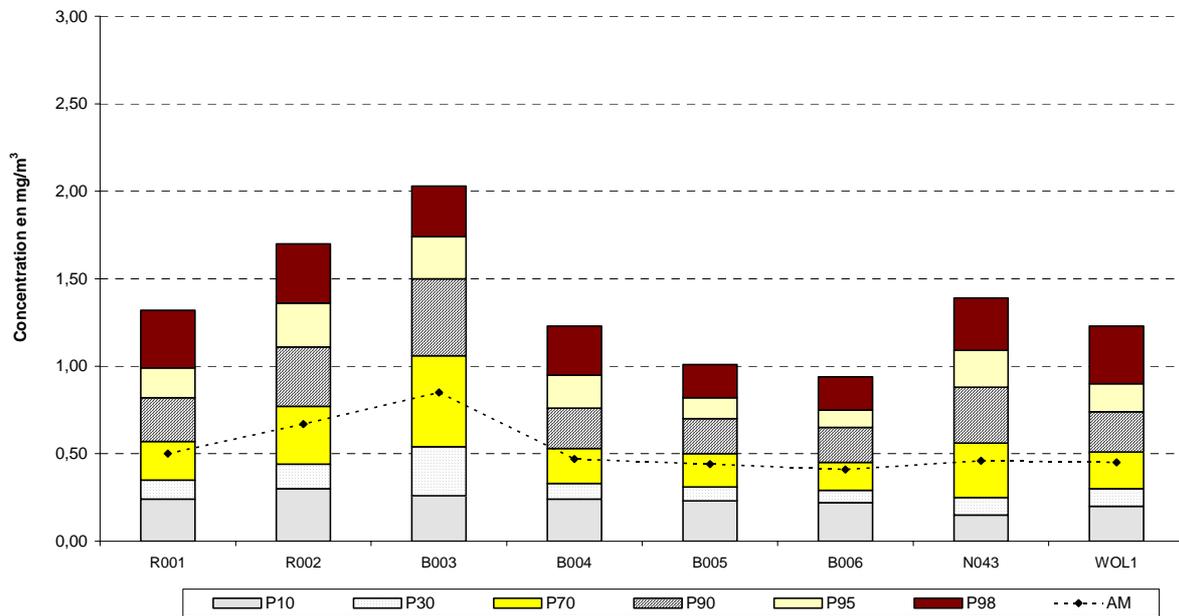


Fig. 4.63: CO : Évolution de la concentration à Ixelles (R002) et à Arts-Loi (B003)
 Période 1987 - 2005

CO - COMPARAISON POSTES de MESURE
DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES
 Période HIVERNALE "OCTOBRE 2004 - MARS 2005"



CO - COMPARAISON POSTES de MESURE
DISTRIBUTION DES FREQUENCES CUMULEES - VALEURS HORAIRES
 Période ESTIVALE "AVRIL - SEPTEMBRE 2005"

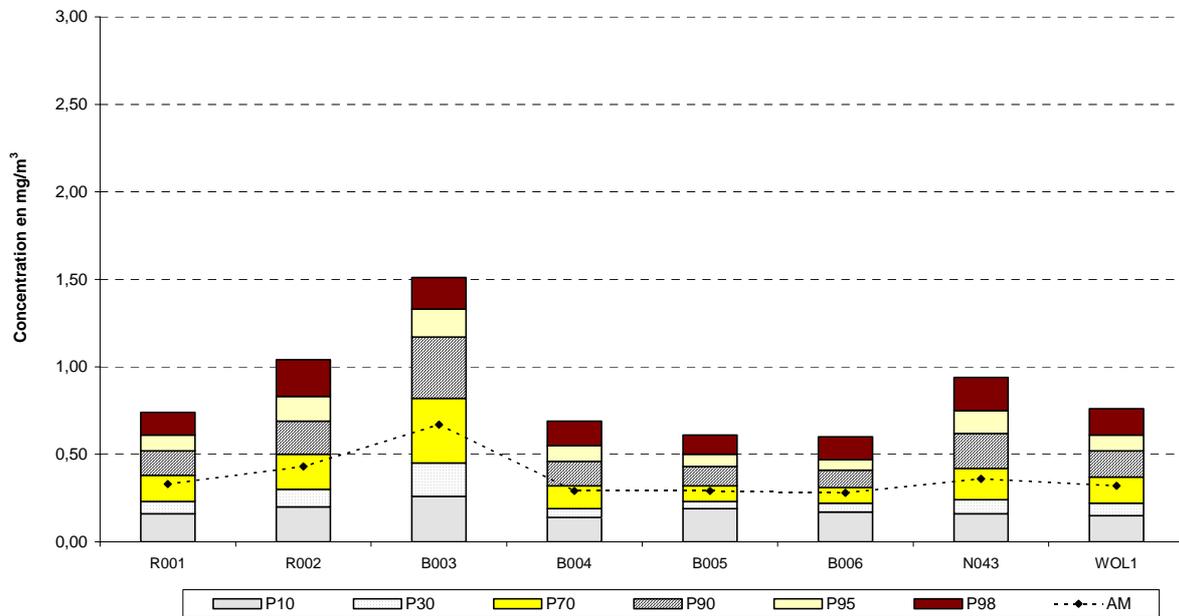


Fig. 4.64: Comparaison des concentrations en CO aux différents postes de mesure Période hivernale 'octobre 2004 – mars 2005' et estivale 'avril – septembre 2005'

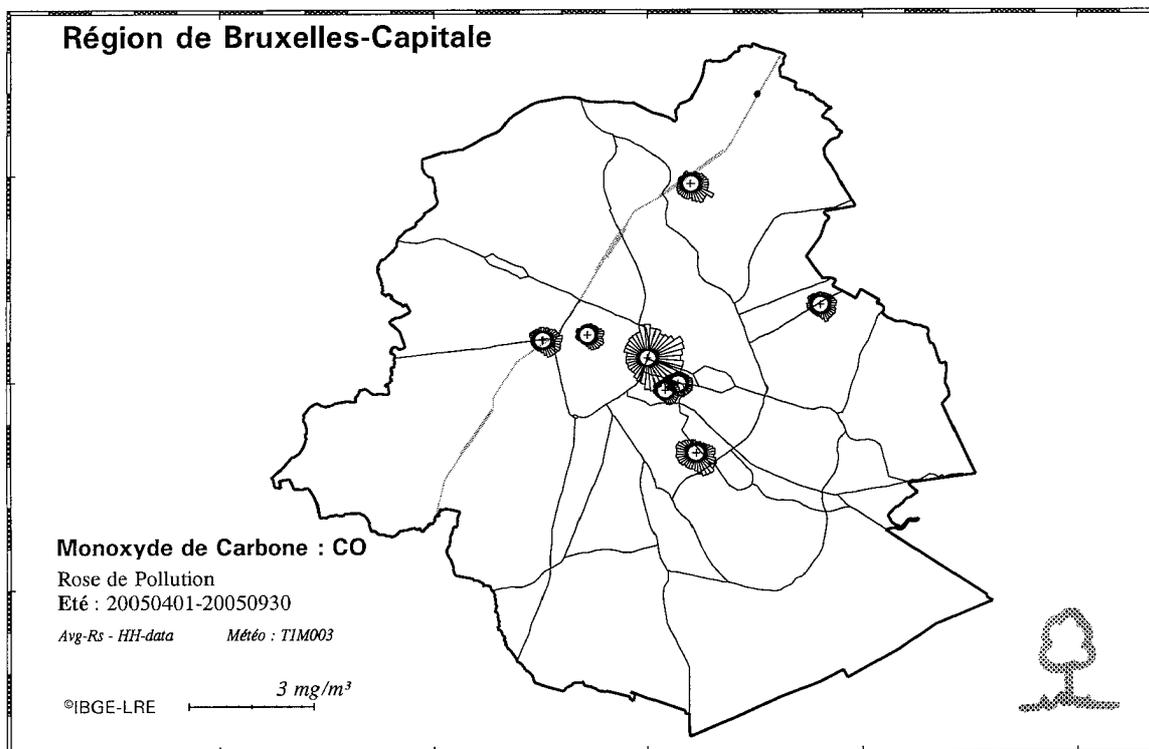
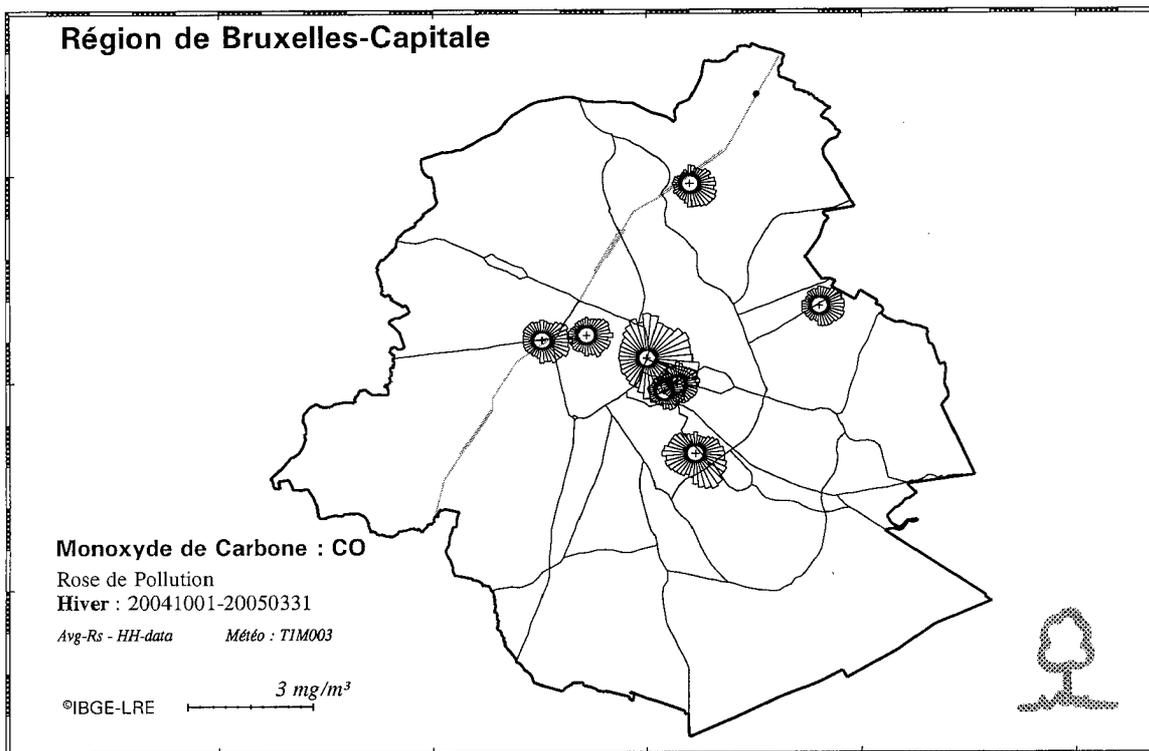
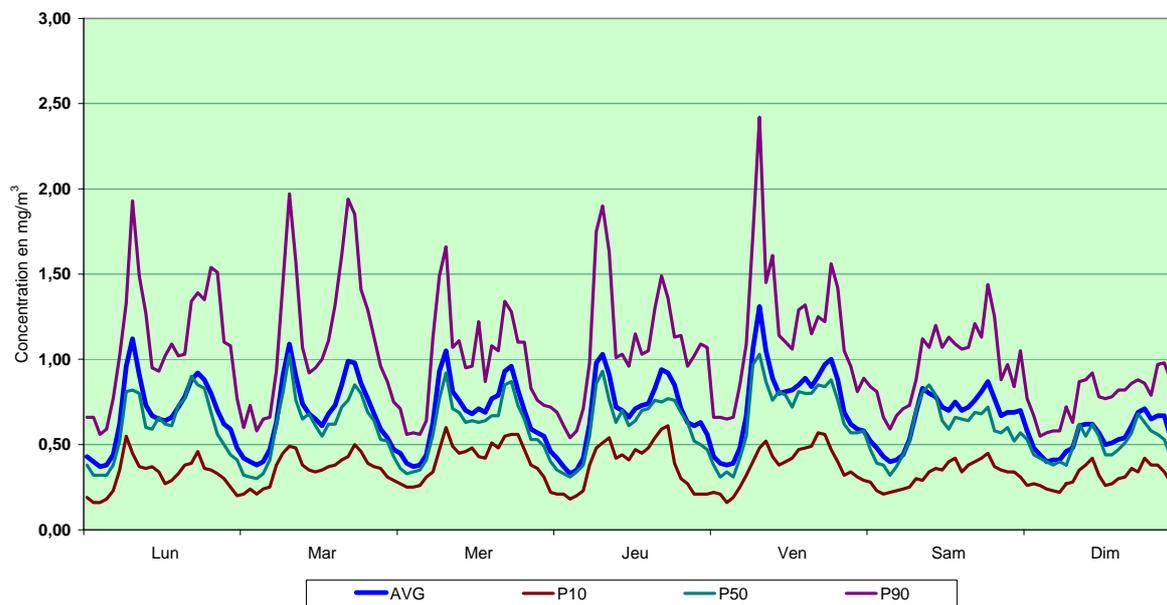


Fig. 4.65: Roses de pollution CO : dispersion spatiale de la concentration pendant l'hiver et l'été

CO à IXELLES (R002) - CANYON STREET

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE

Période HIVERNALE : OCTOBRE 2004 - MARS 2005



CO à IXELLES (R001) - CANYON STREET

EVOLUTION HEBDOMADAIRE MOYENNE

Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2005

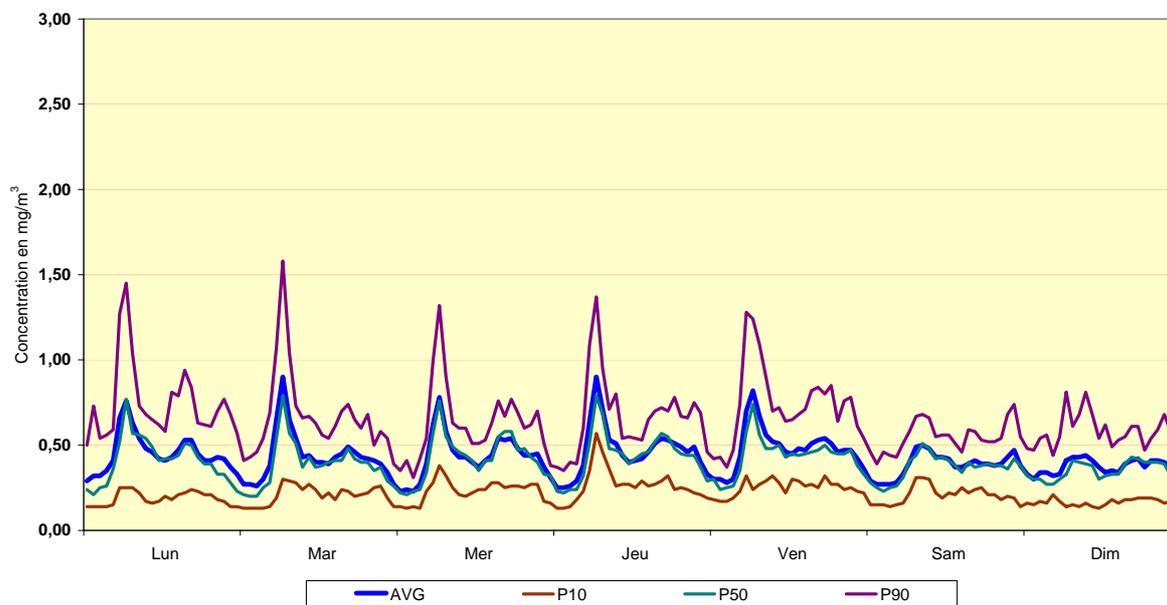
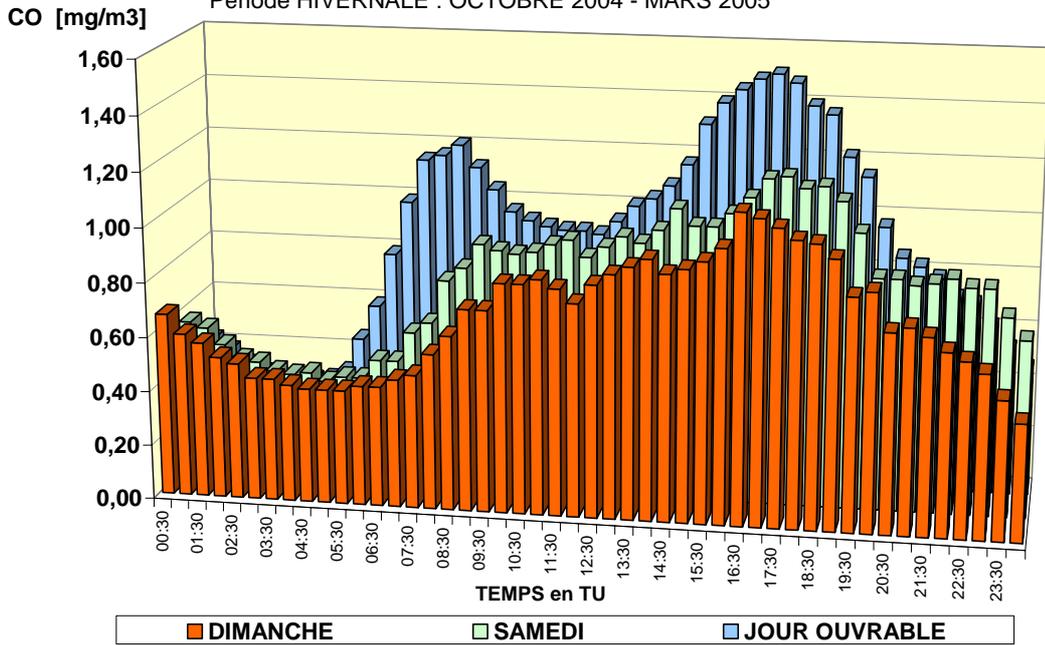


Fig. 4.66: Évolution hebdomadaire moyenne de la concentration en CO pendant l'hiver et l'été
Concentration moyenne (AVG), P10, la médiane (P50) et P90

**CO - ARTS-LOI (B003) - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE
COMPARAISON DIMANCHE, SAMEDI et JOUR OUVRABLE MOYEN**

Période HIVERNALE : OCTOBRE 2004 - MARS 2005



**CO - ARTS-LOI (B003) - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE
COMPARAISON DIMANCHE, SAMEDI et JOUR OUVRABLE MOYEN**

Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2005

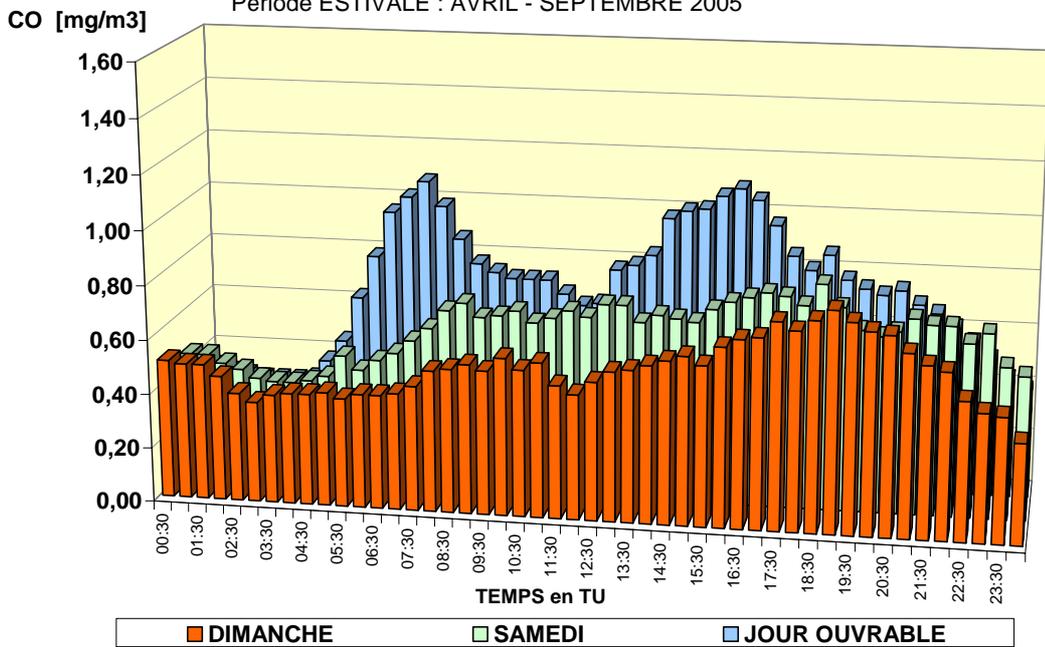
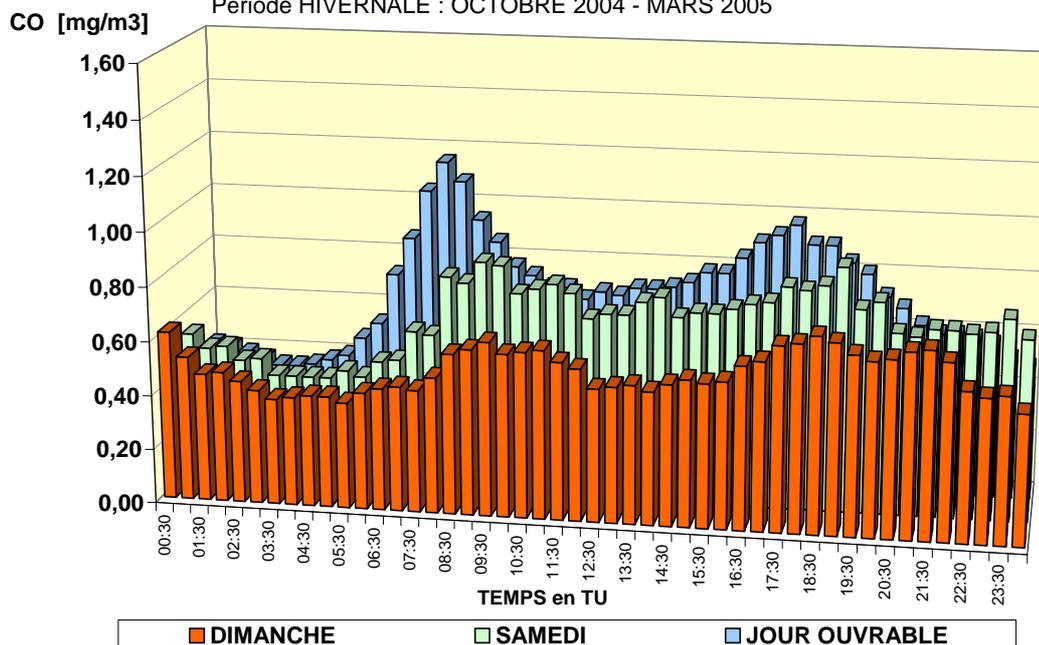


Fig. 4.67: Évolution journalière moyenne en CO pendant l'hiver et l'été (dimanche, samedi et jour ouvrable) - Poste de mesure Arts-Loi (B003)

**CO - IXELLES (R002) - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE
COMPARAISON DIMANCHE, SAMEDI et JOUR OUVRABLE MOYEN**

Période HIVERNALE : OCTOBRE 2004 - MARS 2005



**CO - IXELLES (R002) - EVOLUTION JOURNALIERE MOYENNE
COMPARAISON DIMANCHE, SAMEDI et JOUR OUVRABLE MOYEN**

Période ESTIVALE : AVRIL - SEPTEMBRE 2005

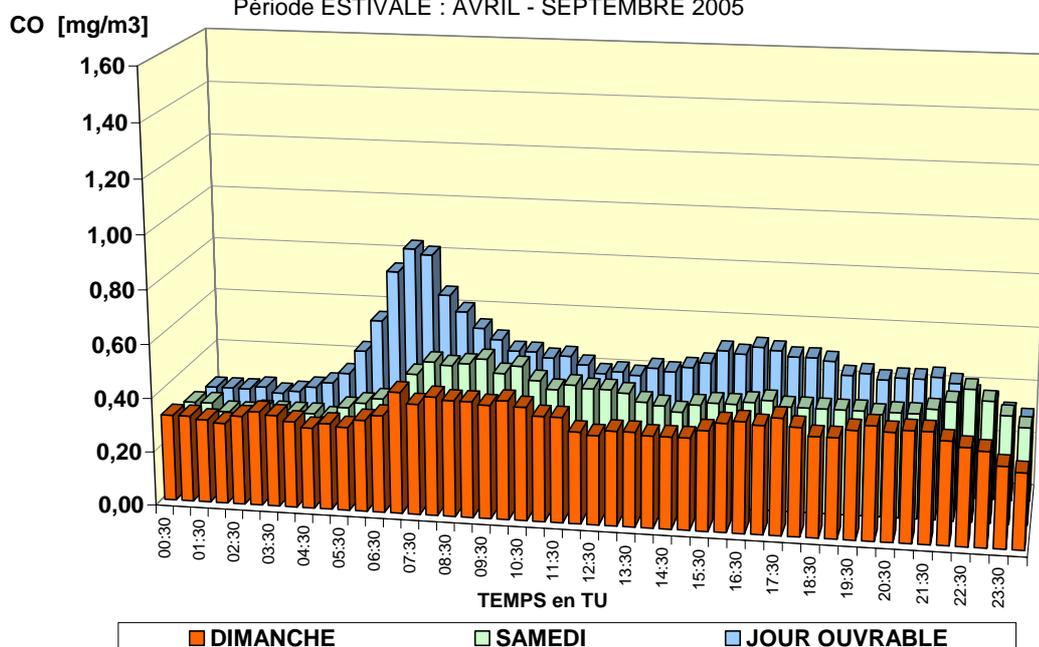


Fig. 4.68: Évolution journalière moyenne en CO pendant l'hiver et l'été (dimanche, samedi et jour ouvrable) - Poste de mesure Ixelles – Avenue de la Couronne (R002)

4.6.5 ÉVOLUTION du CO à l'Avenue de la Couronne à Ixelles

Les premières mesures systématiques du CO en Belgique ont été effectuées en 1973 par la division "Air" de l'IHE (Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie) dans l'Avenue de la Couronne, à Bruxelles. Les résultats des mesures n'ont pas été conservés en détail. En raison des dimanches sans voiture de l'époque (première crise pétrolière), le profil journalier moyen pour le CO, calculé pour toute l'année civile 1973 et pour les dimanches sans voiture, a toutefois été conservé.

La figure 4.69 compare le profil journalier moyen pour le CO de 1973 au profil journalier pour le CO, calculé pour les années civiles 1989, 1999, 2002 et 2005. En 1973, les mesures ont été effectuées au même endroit que l'actuel point de mesure de l'Avenue de la Couronne. Ce point de mesure est typique d'une rue à grand trafic, avec un bâti ininterrompu de part et d'autre de la route (*canyon-street*).

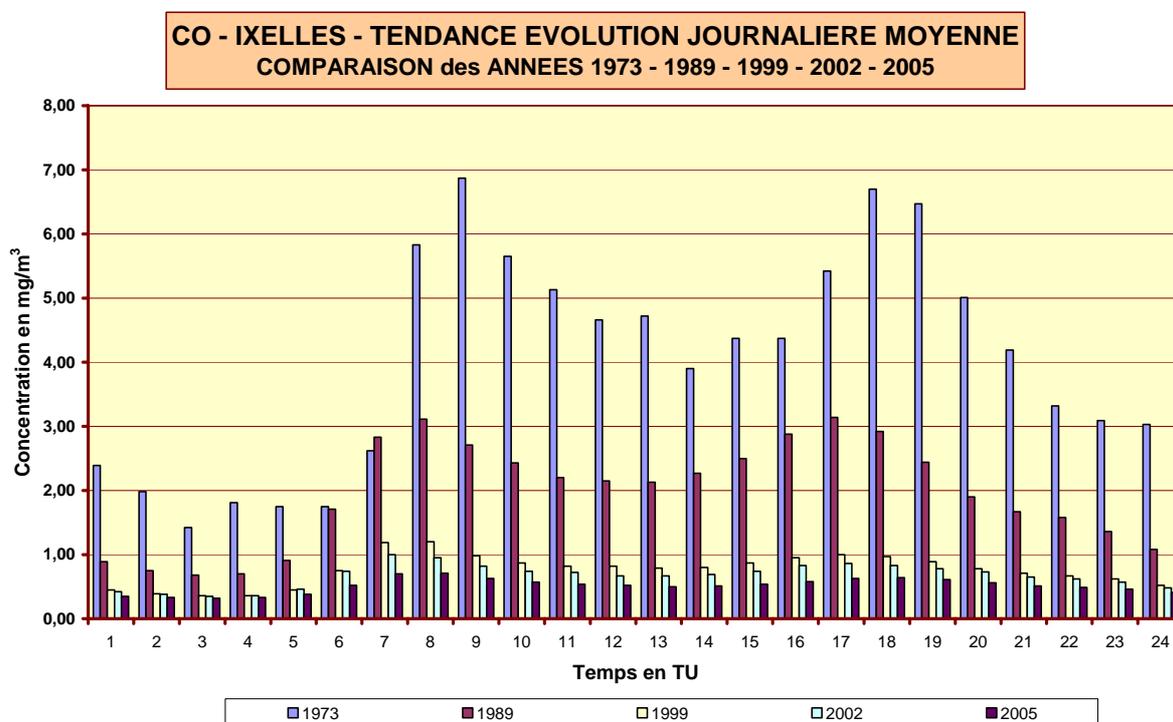


Fig. 4.69: Évolution journalière moyenne en CO en 1973, 1989, 1999, 2002 et 2005

Entre 1973 et 1986, le CO n'a pas fait l'objet de mesures permanentes et les résultats éventuels n'ont pas été conservés systématiquement. Durant cette période, les *concentrations de CO* ont cependant *diminué* sensiblement, alors que durant la même période, les *concentrations de NO_x* ont nettement *augmenté*, suite à l'augmentation du trafic. Très tôt, il y a eu, en Belgique et chez certains de nos voisins, un contrôle sur les émissions de CO dues aux voitures. Le développement de nouveaux moteurs à essence d'un meilleur rendement et le nombre croissant de véhicules au diesel ont fortement contribué, à l'époque, à la diminution manifeste des émissions de CO.

Le fait que la situation ait continué de s'améliorer après 1989 est dû notamment à l'introduction du catalyseur à trois voies et à la part toujours croissante de véhicules au diesel dans le parc de voitures total.

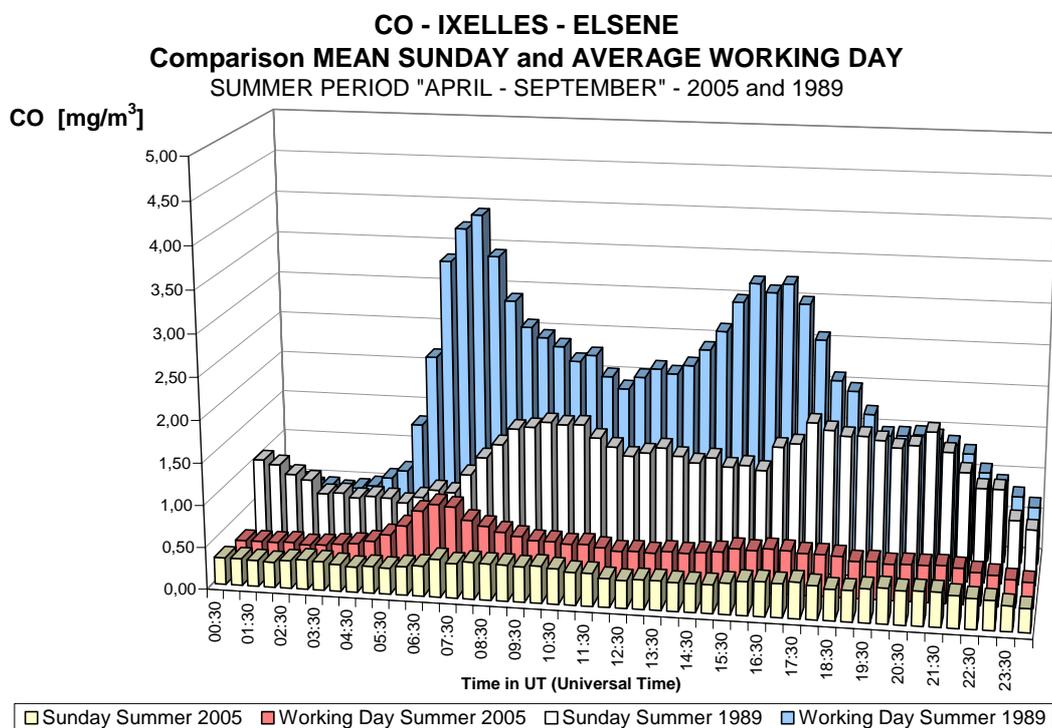
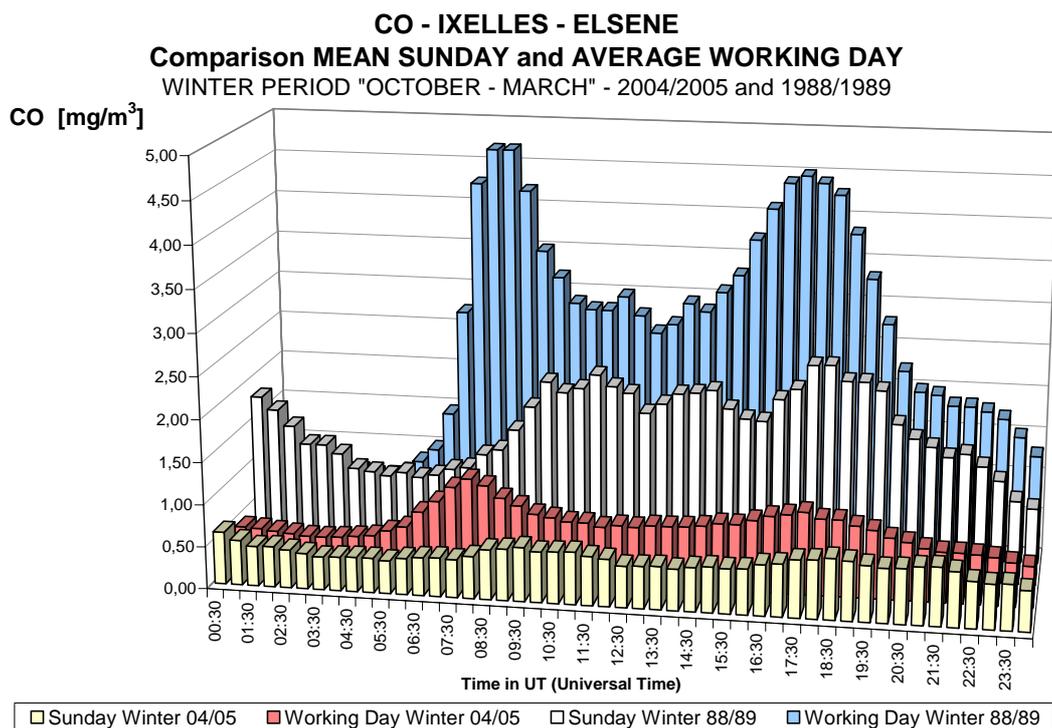


Fig. 4.70: CO - Évolution journalière moyenne – ‘dimanche moyen’ et ‘jour ouvrable moyen’ Ixelles (R002) – Comparaison périodes hivernales 88-89 et 2004-2005 (graphique du dessus) et périodes estivales 1989 et 2005 (graphique du dessous)

4.6.6 Rendement et précision des résultats pour le CO :

Les tolérances applicables aux tests de contrôle réguliers (tous les trois jours) du réseau de mesure télémétrique sont de 5%. Le rendement (saisie de données en %) des résultats pour le CO est donné dans le tableau IV.38.

Tableau IV.38 : VALEURS HORAIRES en CO – Saisie de données

Rendement en % = nombre de valeurs horaires validées / nombre de périodes horaires

PÉRIODE ANNUELLE : 1 JANVIER – 31 DÉCEMBRE

CO	R001	R002	B003	B004	B005	B006	N043	WOL1
1986		38.5						
1987		94.3						
1988		95.3						
1989		93.1						
1990		91.1						
1991		44.8						
1992								
1993								
1994		77.6						77.3
1995		95.6	80.2					84.5
1996		97.0	94.5					90.9
1997		91.6	96.5					84.4
1998	79.9	96.2	95.7				20.9	90.1
1999	96.8	95.6	95.1				97.6	88.7
2000	95.1	94.9	93.9	5.9			92.9	91.2
2001	96.1	36.9	96.7	95.5	19.5	29.2	97.7	24.2
2002	97.2	65.1	43.6	97.9	97.3	96.7	73.1	92.1
2003	87.2	98.4	82.5	97.1	98.3	98.0	97.9	90.8
2004	84.8	98.0	97.7	96.7	90.1	98.4	96.4	92.9
2005	97.4	91.9	93.9	91.2	97.0	98.2	94.9	90.7

Série incomplète de données – (re)mise en service

Plus de 90% de données disponibles