

5. Le monoxyde de carbone

5.1. Introduction

Le monoxyde de carbone (CO) est un gaz incolore, inodore et insipide. Présent naturellement dans l'atmosphère, il est également produit par de nombreuses activités humaines, lors de la combustion incomplète de matières contenant du carbone.

Si l'industrie rejette d'importantes quantités de monoxyde de carbone, le secteur de transport est devenu la principale source de CO et, en milieu urbain, le CO peut être considéré comme un polluant caractéristique de la circulation.

En région wallonne, la mesure du monoxyde de carbone s'effectue en sein de cinq stations du réseau téléométrique. Les stations choisies correspondent à des environnements de type urbain et/ou industriel dans la région de Charleroi et de Liège. L'installation de ces moniteurs est relativement récente et date de 1997 ou 1998 selon les stations.

5.2. Résultats de l'année 2005

Les concentrations en monoxyde de carbone apparaissent comme faibles (Tableaux 32 et 33) avec peu de différence entre les stations. A Charleroi, la médiane est la plus faible alors que les centiles élevés y sont importants. Cette situation est typique d'une station subissant une pollution occasionnelle. Cette station est située en plein centre de Charleroi et subit une forte influence du trafic. La station de Liège, Parc de la Boverie, montrent des concentrations légèrement plus faibles que la station de Liège, rue du Chéra. La station du Parc de la Boverie est située dans le centre de Liège mais est éloignée des grands axes routiers. Il n'est pas non plus impossible que l'influence de la sidérurgie y soit moindre qu'à la station de la rue du Chéra qui est plus proche du bassin sidérurgique. En effet, toutes ces stations possèdent à la fois un caractère urbain (influence du trafic) et une composante industrielle.

Par rapport à 2004, on observe partout une faible diminution de tous les paramètres statistiques.

5.3. Variations saisonnières

Le profil saisonnier des concentrations en monoxyde de carbone montre deux types de périodes : une période hivernale caractérisée par de plus fortes concentrations (dispersion plus faible et émission plus forte) et une période estivale avec des taux de CO plus faibles (Figure 32). La différence ne porte pas seulement sur les pics plus nombreux en hiver mais également sur les concentrations de fond (ligne de base des graphiques) qui diminuent au printemps et augmentent à partir de l'automne.

En 2005, les concentrations furent plus élevées durant les deux premiers et deux derniers mois de l'année. Le pic le plus remarquable est certainement celui du 11 ou du 12 décembre déjà évoqué pour le dioxyde de soufre ou le monoxyde d'azote et qui correspond à des conditions météorologiques défavorable à la dispersion.

Même en été où les concentrations sont en moyenne moindres, on observe des pics de monoxyde de carbone, phénomène que l'on ne retrouve pas pour le monoxyde d'azote. Ces épisodes ne sont plus régis par une météo défavorable à la dispersion mais plutôt par une émission de CO fugitive. Ces émissions sont probablement aussi responsables des pics que l'on retrouve seulement à certaines stations.

Les conditions de dispersion et d'émission ne sont pas les seuls facteurs mis en cause dans les variations saisonnières. Ainsi, en été, un fort ensoleillement peut également contribuer à diminuer les concentrations, par l'oxydation de monoxyde de carbone dans une série complexe de processus photochimiques.

En période de vacances, la diminution en été est certainement accentuée par la baisse de l'intensité du trafic automobile dans les centres urbains où sont situées nos stations.

Station	Localité	Nombre de valeurs		Moyenne (mg/m ³)		Médiane (mg/m ³)		P90 (mg/m ³)		P95 (mg/m ³)		P98 (mg/m ³)	
		2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005
TMCH01	Marchienne-au-Pont	16660	15881	0.39	0.37	0.32	0.30	0.66	0.62	0.85	0.81	1.20	1.13
TMCH03	Charleroi (Gl. Michel)	14686	15505	0.34	0.27	0.18	0.14	0.77	0.59	1.20	0.93	1.98	1.55
TMLG03	Liège (P. de la Boverie)	14273	[12373]	0.30	[0.29]	0.24	[0.25]	0.62	[0.55]	0.78	[0.71]	1.06	[0.96]
TMLG06 ⁽¹⁾	Liège (Chéra)	/	13263	/	0.34	/	0.27	/	0.60	/	0.79	/	1.10
TMSG01	Jemeppe	16029	16038	0.44	0.37	0.35	0.30	0.80	0.65	1.06	0.82	1.49	1.08

(1) depuis le 03/03/06

Tableau 32 : Monoxyde de carbone - Valeurs semi-horaires - Statistiques 2004 et 2005

Station	Localité	Nombre de valeurs		Moyenne (mg/m ³)		Médiane (mg/m ³)		P90 (mg/m ³)		P95 (mg/m ³)		P98 (mg/m ³)	
		2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005
TMCH01	Marchienne-au-Pont	362	346	0.39	0.37	0.34	0.33	0.62	0.57	0.74	0.72	0.91	0.90
TMCH03	Charleroi (Gl. Michel)	319	338	0.34	0.27	0.27	0.20	0.68	0.55	0.90	0.75	1.05	0.97
TMLG03	Liège (P. de la Boverie)	313	[268]	0.30	[0.29]	0.27	[0.26]	0.51	[0.47]	0.62	[0.57]	0.73	[0.71]
TMLG06 ⁽¹⁾	Liège (Chéra)	/	281	/	0.34	/	0.31	/	0.53	/	0.61	/	0.77
TMSG01	Jemeppe	351	350	0.44	0.37	0.39	0.34	0.71	0.57	0.83	0.65	1.22	0.77

(1) depuis le 03/03/06

Tableau 33 : Monoxyde de carbone - Valeurs journalières - Statistiques 2004 et 2005

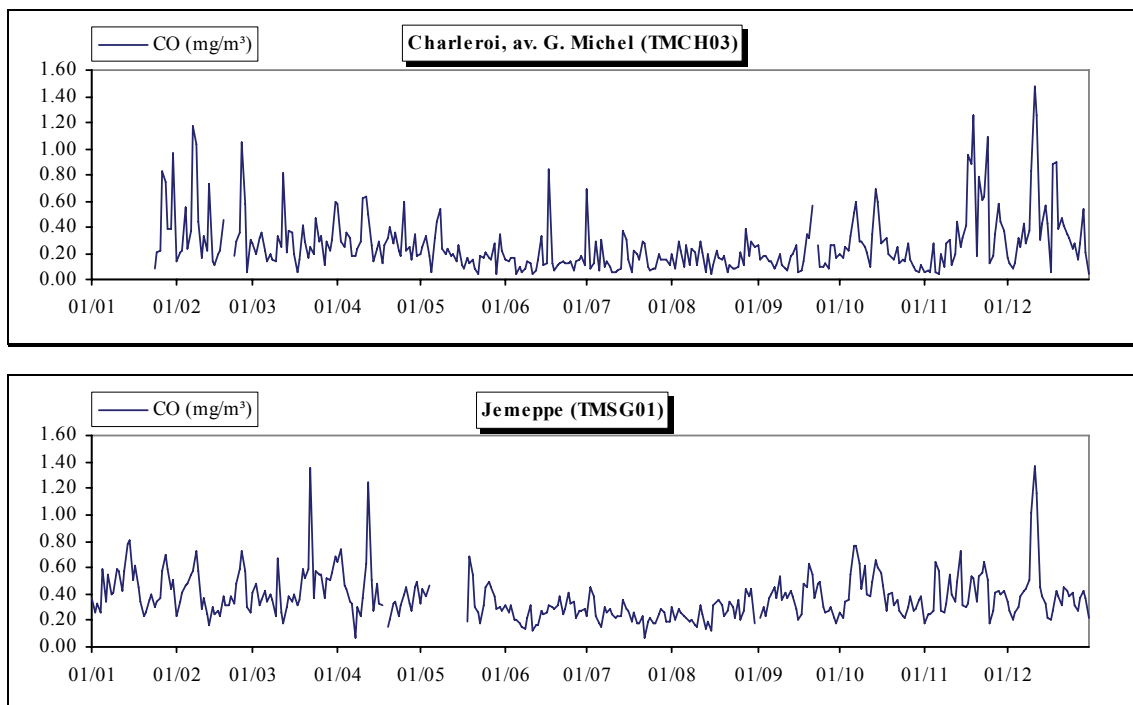


Figure 32 : Monoxyde de carbone - Evolution des concentrations journalières - Stations de Charleroi (TMCH03) et Jemeppe (TMSG01)

5.4. Normes et valeurs guides

Quand il est inhalé, le monoxyde de carbone entre dans la circulation sanguine et provoque des troubles dans l'oxygénation des tissus. Ces effets résultent principalement de sa capacité à déplacer l'oxygène fixé sur l'hémoglobine (qui transporte l'oxygène vers les tissus) pour former de la carboxyhémoglobine avec pour conséquence une diminution de l'oxygénation des tissus. Les fluctuations des concentrations du CO dans l'air se reflètent lentement sur le taux de carboxyhémoglobine dans le sang et on atteint un niveau d'équilibre après 6 à 8 heures d'exposition. C'est pourquoi, on exprime le plus souvent les concentrations par des moyennes sur 8 heures.

La directive 2000/69/CE du 16 novembre 2000 et publiée le 13 décembre édicte la valeur limite pour le monoxyde de carbone dans l'air (Tableau 34). Il s'agit de la seconde des directives filles prévues par la directive cadre 96/62/CE. Cette directive a été traduite en termes de droit wallon par l'arrêté du Gouvernement wallon du 5 décembre 2002 (publié au Moniteur belge le 10 février 2003).

La norme imposée par la directive est largement respectée dans les différentes stations du réseau. Pour les stations de Marchienne, Charleroi, Liège (Boverie), Liège (Chéra) et Jemeppe, les maxima (en moyenne sur 8 heures) pour l'année 2005 sont respectivement de 2.44, 2.69, 1.29, 1.59 et 2.88 mg/m³. Le graphique de la Figure 33 reprend l'évolution des maxima journaliers calculés sur des périodes mobiles de 8 h conformément à la norme pour la station de Jemeppe.

La norme peut paraître peu sévère mais elle correspond à des impératifs de santé. De plus, à l'exception de la station de Charleroi, les autres stations sont trop éloignées des axes de circulation pour être qualifiées de station trafic.

L'Organisation Mondiale pour la Santé propose des valeurs guides pour la protection de la population, y compris les groupes à risque (à l'exception des fumeurs), en recommandant de ne pas dépasser un taux de carboxyhémoglobine de 2.5 à 3%. Sur cette base, l'OMS propose des valeurs guides sur 15 min, 30 min, 1 h et 8 h (Tableau 35). On constatera que la valeur sur 8 h a été reprise dans la directive européenne.

Région/Pays	Paramètre	Valeurs
Valeurs guides OMS (WHO Air Quality Guidelines for Europe)	Moyenne 15 min	100 mg/m ³
	Moyenne 30 min	60 mg/m ³
	Moyenne 1 h	30 mg/m ³
	Moyenne 8 h	10 mg/m ³
République fédérale d'Allemagne, valeurs MIK	Moyenne 30 min	50 mg/m ³
	Moyenne 24 h	10 mg/m ³
	Moyenne annuelle	10 mg/m ³
USA, National Ambient Air Quality Standards (NAAQS)	Moyenne horaire	40 mg/m ³
	Moyenne 8 h	10 mg/m ³

Tableau 34 : Monoxyde de carbone - Autres chiffres de référence

Il existe cependant des lieux susceptibles de connaître des concentrations excessives comme les tunnels ou tout autre espace clos. Dans ce cas, d'autres valeurs devraient être appliquées (personne ne reste 8 h dans un tunnel) comme les valeurs guides OMS sur 15 minutes ou 30 minutes. Cependant, nos stations sont destinées à mesurer la qualité de l'air ambiant et non pas de ces espaces clos.

Au sein de nos stations, les valeurs guides OMS sont largement respectées (il ne nous est pas possible de vérifier la norme sur 15 minutes).

	Période de calcul de la moyenne	Valeur limite	Marge de dépassement	Date à laquelle la valeur limite doit être respectée
Valeur limite pour la protection de la santé humaine	Maximum journalier de la moyenne sur 8 h (1)	10 mg/m ³	6 mg/m ³ le 13/12/2000, diminuant le 01/01/2003 et ensuite tous les 12 mois de 2 mg/m ³ pour atteindre 0 % au 01/01/2005	1/01/2005

Tableau 35 : Monoxyde de carbone - Valeur limite (directive 2000/69/CE)

(1) La concentration maximale journalière de la moyenne sur 8 h est sélectionnée après examen des moyennes consécutives sur 8 h, calculées à partir des données horaires actualisées toutes les heures. Chaque moyenne sur 8 h ainsi calculée est attribuée au jour où elle s'achève; autrement dit, la première période considérée pour le calcul sur un jour donné sera la période comprise entre 17 h la veille et 1 h le jour même; la dernière période considérée pour un jour donné sera la période comprise entre 16 h et minuit le même jour.

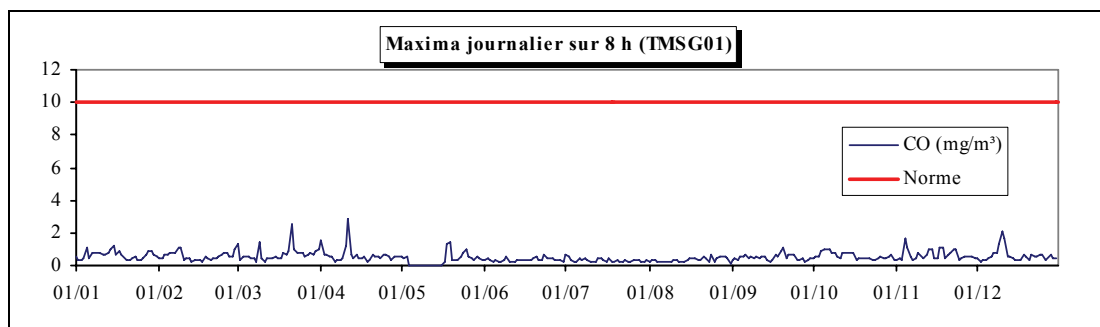


Figure 33 : Evolution des maxima journaliers calculés sur des périodes de 8 h - Station de Jemeppe (TMSG01)

5.5. Journée et semaine moyennes

Le profil d'une journée moyenne en CO est similaire aux profils des polluants liés au trafic automobile (Figure 34). On observe un pic matinal et un pic vespéral, moins marqué et qui a même tendance à disparaître en été; ces pics correspondent aux heures de pointe. Suivant les stations, ce profil est plus ou moins marqué en fonction de l'éloignement de la station par rapport au trafic. Ainsi, le profil de la station de Charleroi est le plus marqué car la station est proche d'axes de circulation. Ce profil peut être perturbé par la pollution d'origine industrielle qui ne suit pas nécessairement le même rythme que la pollution automobile. Or, les roses de pollution de ces quatre stations montrent à chaque fois des secteurs

importants pointant vers les installations sidérurgiques, signe que chacune possède une composante industrielle plus ou moins importante. Par exemple, la rose de pollution de la station de Charleroi montre un important secteur vers la sidérurgie située à l'ouest de la station (Figure 35).

Les week-ends, les concentrations sont inférieures à celles observées durant les jours ouvrables et le profil bimodal s'estompe (Figure 36). Ainsi, à Charleroi, lors de l'été 2005, on mesurait 0.21 mg/m³ la semaine contre 0.16 mg/m³ le weekend. Toutefois, la différence est nettement moins marquée que pour un polluant comme le monoxyde d'azote certainement à cause de la composante industrielle des stations.

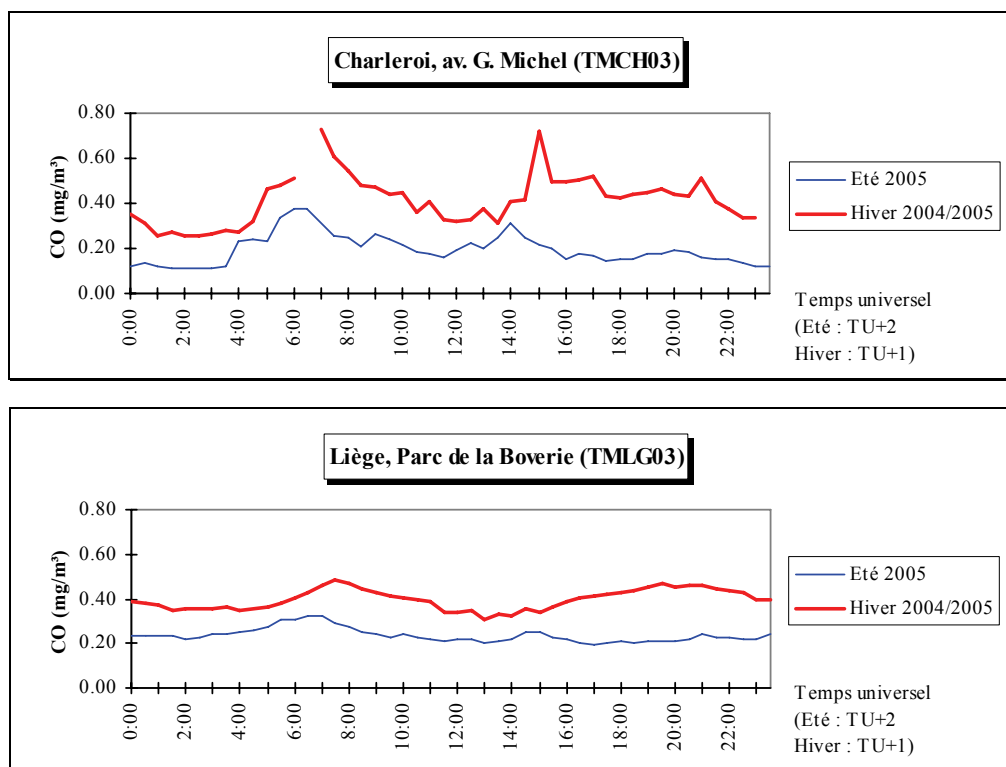


Figure 34 : Monoxyde de carbone - Journée moyenne - Stations de Charleroi (TMCH03) et Liège, Parc de la Boverie (TMLG03)

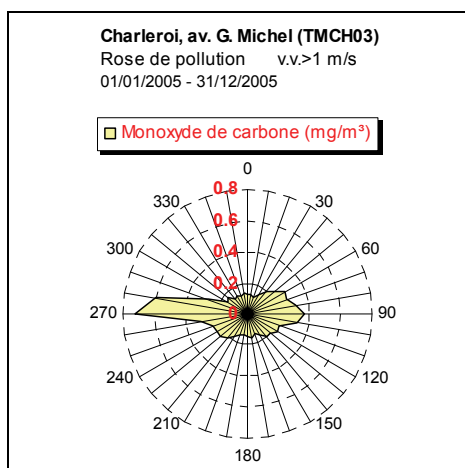


Figure 35 : Monoxyde de carbone - Rose de pollution - Station de Charleroi, av. G. Michel (TMCH03)

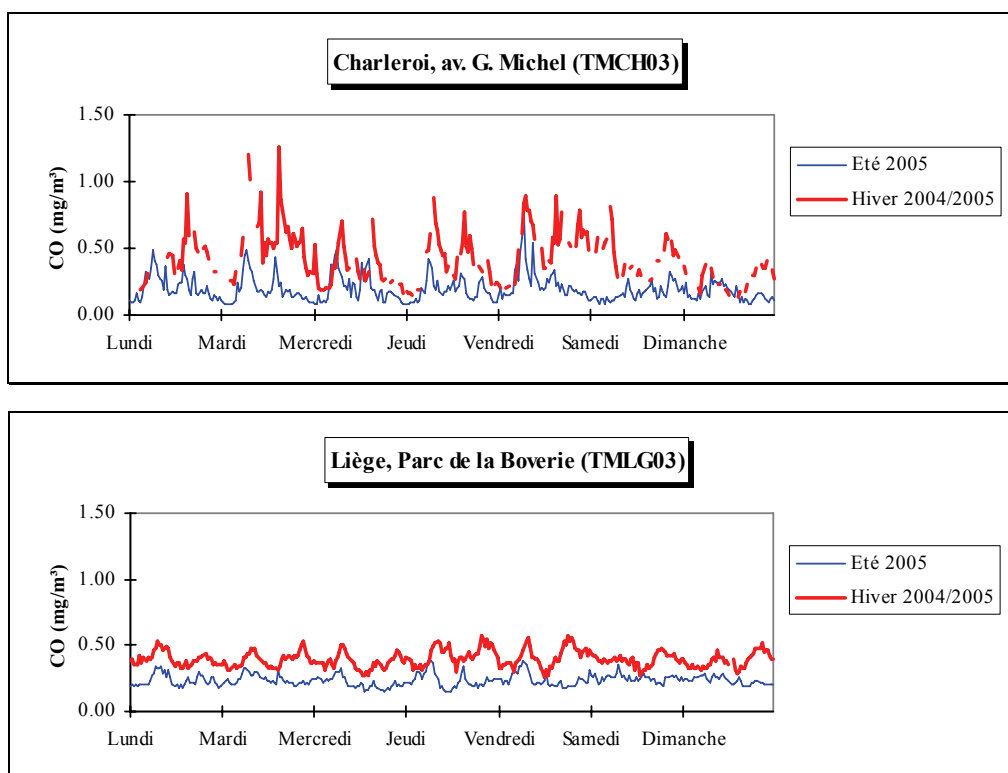


Figure 36 : Monoxyde de carbone - Semaine moyenne - Stations de Charleroi (TMCH03) et Liège, Parc de la Boverie (TMLG03)

5.6. Interaction avec d'autres polluants

5.6.1. Le monoxyde d'azote

En milieu urbain, le monoxyde d'azote et le monoxyde de carbone sont deux polluants typiques de la circulation automobile. Cependant, ces deux polluants sont émis dans des conditions de circulation différentes. Ainsi, si le CO est principalement émis par des moteurs froids et à bas régime (combustion incomplète), la production de monoxyde d'azote a lieu à haute température, c'est-à-dire quand le moteur est chaud et tourne à haut

régime. Le rapport entre les deux polluants peut apporter des informations quant aux conditions du trafic (à condition que le trafic soit la seule source).

La comparaison entre les journées moyennes pour les deux polluants montre bien qu'il existe des similitudes entre les deux profils (Figure 37). Toutefois, la corrélation entre les deux n'est pas très bonne en hiver ($R^2=0.52$) et est mauvaise en été ($R^2=0.13$), période pendant laquelle les deux composés participent à la photochimie de l'atmosphère.

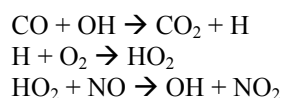
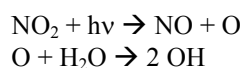
5.6.2. Les hydrocarbures totaux

Dans les centres urbains, l'origine des hydrocarbures peut être également imputée à la circulation automobile et les profils d'une journée moyenne sont parallèles (Figure 38). Comme pour le monoxyde d'azote, la corrélation entre les deux existe en hiver ($R^2=0.44$) et est nulle en été ($R^2=0.04$).

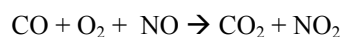
5.6.3. Oxydants photochimiques

Le monoxyde de carbone est un composé d'une grande importance dans les processus photochimiques, à la fois comme réactif, mais aussi comme intermédiaire lors de la décomposition d'autres composés. Il subit ainsi une série de processus de formation-destruction.

Le monoxyde de carbone peut s'oxyder en dioxyde de carbone en présence de polluants photochimiques. Le CO réagit avec les radicaux hydroxyyles, formés par la décomposition du NO_2 :

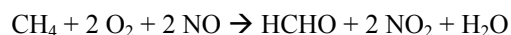


Le radical OH est régénéré et est disponible pour un nouveau cycle. Le bilan total donne naissance au dioxyde de carbone et au dioxyde d'azote :

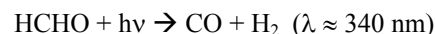


La dissociation d'une seule molécule de NO_2 donne deux radicaux hydroxyyles qui peuvent alors entraîner la formation d'une molécule de NO_2 chacun avec, au total, un doublement de la quantité de NO_2 , qui perturbera l'équilibre NO/NO_2 avec formation d'ozone.

Dans la nature, le monoxyde de carbone est émis lors de la décomposition du méthane qui peut être décomposé par les radicaux hydroxyyles pour donner du formaldéhyde :



Le formaldéhyde peut alors subir une photodécomposition pour donner du monoxyde de carbone :



Lors de la décomposition photochimique d'hydrocarbures à chaînes plus longues, une des étapes produit, selon les composés, du formaldéhyde ou un aldéhyde à chaîne plus longue et peut selon le même processus générer du monoxyde de carbone. La conséquence de tous ces mécanismes est l'existence d'un fond de CO, même dans les régions éloignées de l'activité humaine.

Le monoxyde de carbone est donc un composé d'importance dans la chimie de l'atmosphère surtout lors de période d'activité photochimique intense.

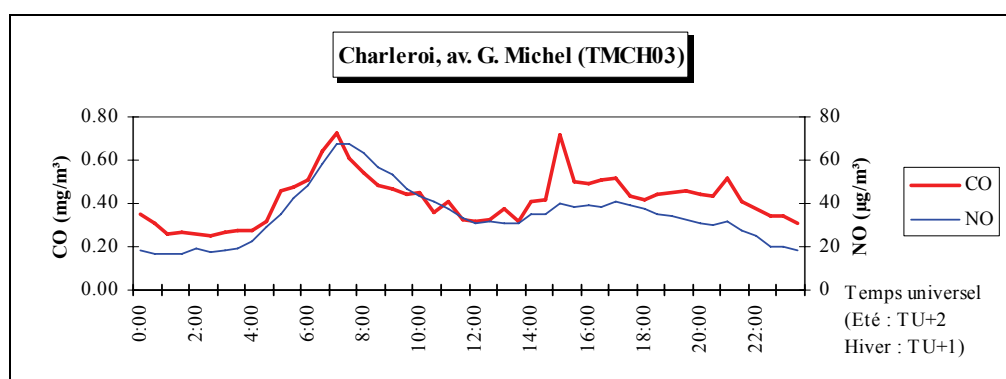


Figure 37 : Comparaison des journées moyennes en monoxyde de carbone et en monoxyde d'azote - Station de Charleroi (TMCH03) - Hiver 2004/2005

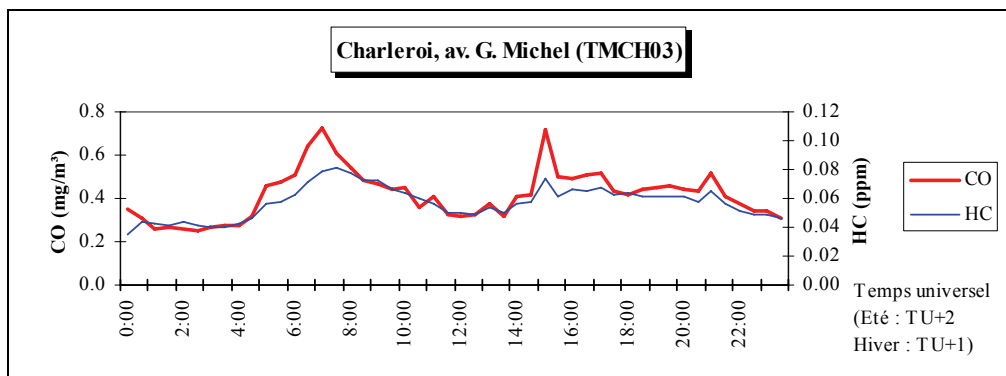


Figure 38 : Comparaison des journées moyennes en monoxyde de carbone et en hydrocarbures totaux - Station de Charleroi (TMCH03) – Hiver 2004/2005

