

1 TRANSPARENCE AIR – Information destinée au public

L'Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement (IBGE) a mis au point, début 1990, un système d'information sur la qualité de l'air en Région de Bruxelles-Capitale.

La population peut, via un répondeur téléphonique, s'informer de la situation de la qualité de l'air en région de Bruxelles-Capitale. Un message est enregistré chaque jour : le message commence par la communication de ***l'indice général de la qualité de l'air*** et une description qualitative de celui-ci. En cas de niveau élevé de la pollution par le trafic, l'indice général de la qualité de l'air est complété par "*une description qualitative de la qualité de l'air dans un environnement à trafic intense pendant les heures de pointe*".

Ce message quotidien, donne en plus une synthèse des principaux résultats de mesure. Si une évolution défavorable de la qualité de l'air est prévue, les messages se renouvellent à un rythme plus rapide. Les répondeurs téléphoniques peuvent être atteints aux numéros suivants :

+32-(0)2-775 75 99	message en français
+32-(0)2-775 75 98	message en néerlandais

De plus amples données sur la qualité de l'air, dont notamment l'indice de pollution et les concentrations, sont accessibles sur le site Internet de l'IBGE-BIM : <http://www.ibgebim.be>, et de la Cellule Interrégionale (CELINE-IRCEL) : <http://www.irceline.be>.

Hormis cette information journalière, il a semblé intéressant aux promoteurs de cette initiative de donner, à intervalles réguliers, une synthèse des valeurs observées chaque jour, afin de les comparer et de les interpréter à plus long terme. Le présent rapport comporte un aperçu des principaux résultats de l'été 2005. Il a été tenu compte de l'évolution des concentrations en ozone et en dioxyde d'azote, mais également du nombre des dépassements des différents seuils pour l'ozone (O₃) et des valeurs normatives pour le dioxyde d'azote (NO₂). Les concentrations sont également comparées aux objectifs de qualité à atteindre pour l'an 2010. Des données statistiquement représentatives ont permis d'établir une comparaison avec des périodes estivales précédentes (1994-2004).

Les brochures relatives à la qualité de l'air durant les saisons antérieures, ainsi que toutes les publications dans le cadre de l'action "**TRANSPARENCE AIR**", peuvent être obtenues auprès de :

L'INSTITUT BRUXELLOIS pour la GESTION de L'ENVIRONNEMENT
Service "Info-Environnement"
Gulledelle 100
B-1200 Bruxelles

Tél. +32-(0)2-775 77 75
Fax +32-(0)2-775 76 21

2 RÉSEAU de contrôle de la QUALITÉ de l'AIR

La Région de Bruxelles-Capitale dispose de onze postes de mesure pour le contrôle, en temps réel, de la qualité de l'air. Depuis janvier 1994, le Laboratoire de Recherche en Environnement de l'IBGE, est chargé de l'exploitation de ce réseau de mesure. L'emplacement des postes de mesure et leur numéro de code (6 caractères) sont les suivants :

41R001	:	Molenbeek (près de l'écluse)
41R002	:	Ixelles (Avenue de la Couronne)
41B003	:	Arts-Loi (carrefour)
41B004	:	Ste-Catherine (gare de métro)
41B005	:	Eastman-Belliard
41B006	:	Parlement Européen (Spinelli)
41B011	:	Berchem-Ste-Agathe (cimetière - parc Wilder)
41R012	:	Uccle (Institut Royal Météorologique)
41N043	:	Haren (port de Bruxelles)
41MEU1	:	Parc Meudon
41WOL1	:	Woluwé-St.-Lambert (laboratoire mobile)

Les postes de mesure de ce réseau téléométrique contiennent plusieurs analyseurs de polluants gazeux, qui fonctionnent en continu et qui détectent de manière spécifique une matière polluante bien précise (polluant). Ceci est notamment le cas pour le dioxyde de soufre (SO₂), le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂), l'ozone (O₃), le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde de carbone (CO₂) et les fractions PM10 (diamètre < 10 µm) et PM2,5 des particules en suspension. Le réseau de mesure est équipé pour la surveillance des paramètres principaux provenant de la circulation et pour la surveillance de la qualité de l'air en général.

Par ailleurs, à Molenbeek, Uccle et Berchem, des mâts pourvus de détecteurs ont été installés pour mesurer les paramètres météorologiques tels que la direction et la vitesse du vent, la température, la pression atmosphérique et l'humidité de l'air.

Grâce à ce réseau téléométrique, il est possible de suivre en permanence le niveau de pollution de l'air. Les réseaux de ce type conviennent parfaitement pour le suivi des épisodes de forte pollution de l'air pendant l'hiver et l'été.

Afin de maintenir ce réseau de mesure opérationnel en accord avec les directives CE en vigueur et en préparation, les instruments sont progressivement remplacés, et des appareils complémentaires de détection de nouveaux paramètres de pollution y sont installés. La configuration actuelle du réseau téléométrique est reprise dans le tableau suivant:

	SO ₂	NO	NO ₂	O ₃	CO	CO ₂	PM10	PM2.5	BTeX	Hg
41R001	X	X	X	X	X	-	X	(X)	-	-
41R002	X	X	X	-	X	X	-	-	-	-
41B003	X	X	X	-	X	X	-	-	-	-
41B004	-	X	X	X	X	-	-	-	-	-
41B005	X	X	X	-	X	-	-	-	-	-
41B006	-	X	X	X	X	-	-	-	X	-
41B011	-	X	X	X	-	-	X	-	-	-
41R012	X	X	X	X	-	X	X	-	-	-
41N043	X	X	X	X	X	-	X	(X)	-	-
41MEU1	X	X	X	-	-	-	X	X	-	X
41WOL1	X	X	X	X	X	X	X	-	X	-

REGION DE BRUXELLES-CAPITALE

SURVEILLANCE de la QUALITE de l'AIR

RESEAU TELEMETRIQUE

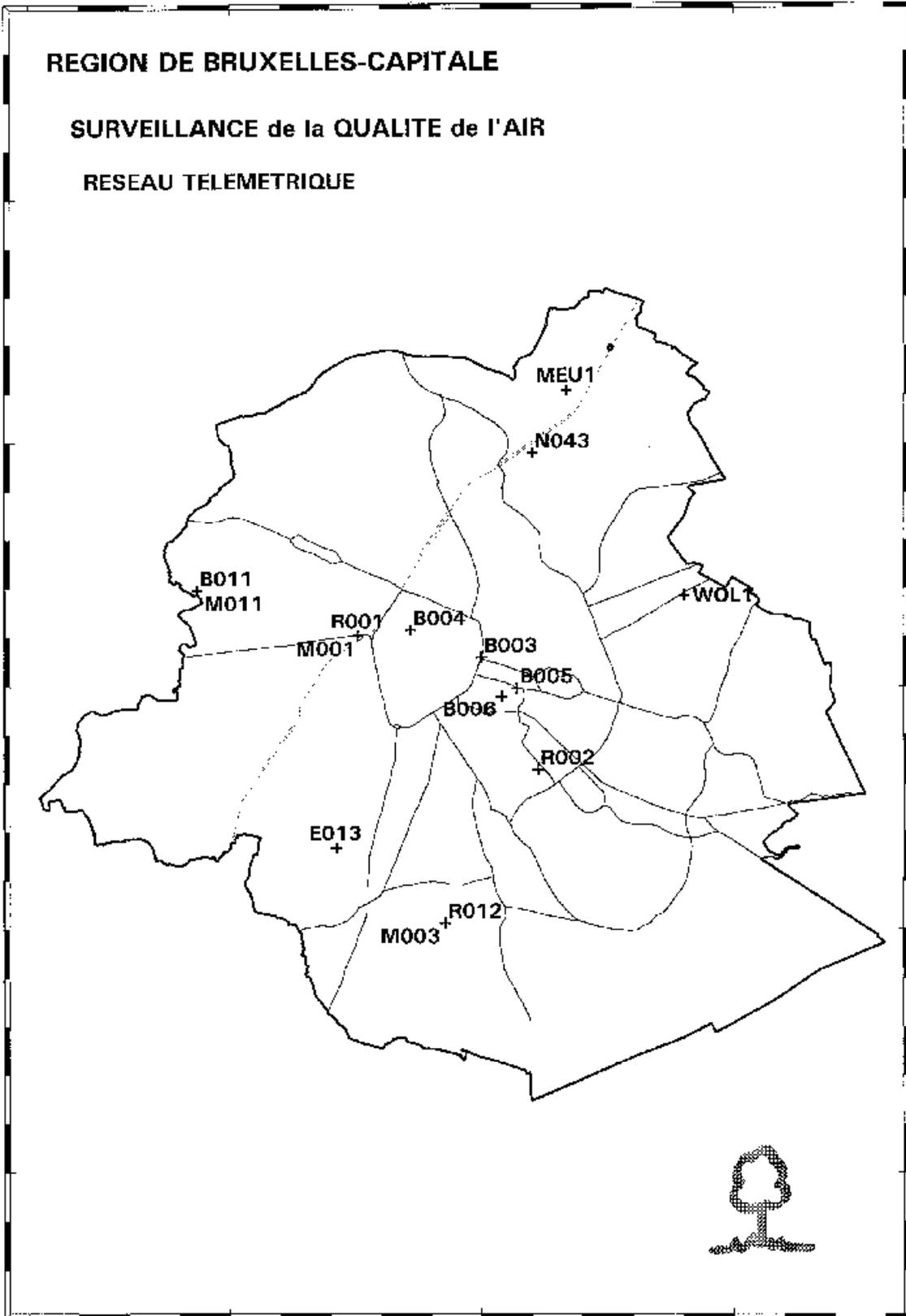


Fig. 1 : Emplacement des postes de mesure du réseau télémétrique

3 LA POLLUTION DE L'AIR EN PÉRIODE ESTIVALE

Entre 1960 et le milieu des années '70, l'attention se portait essentiellement sur les épisodes de pollution de l'air en hiver. Le chauffage intensif des maisons (à l'époque encore au charbon et au mazout) lié à des conditions météorologiques défavorables, entraînait fréquemment des augmentations de concentration en dioxyde de soufre (SO₂) et en particules en suspension. Le terme **smog** (smoke et fog ; fumée et brouillard) a été introduit à cette époque. En 1968, le réseau de mesure national "soufre-fumée" a été mis sur pieds pour évaluer la situation et assurer un suivi de cette évaluation. Ce réseau fournit les valeurs journalières des concentrations en SO₂ et en fumées noires. La prise d'échantillons y est automatisée, mais l'analyse se fait ultérieurement en laboratoire. Dans les meilleurs cas, les résultats étaient connus après une ou deux semaines.

Entre 1975 et 1979, un réseau télémétrique, ambitieux pour l'époque, a été créé sur base d'un concept bien étudié. Les mesures se font en continu et les résultats sont directement accessibles. Au début, l'attention se portait essentiellement sur le SO₂ et sur les particules respirables. A certains endroits toutefois, des systèmes de mesure des oxydes d'azote (NO_x = somme de NO et NO₂), de l'ozone (O₃), du monoxyde de carbone (CO) et de la concentration en hydrocarbures volatils ont également été installés.

Au cours des années, la pollution par le SO₂ a sensiblement régressé en Région de Bruxelles-Capitale, grâce à l'accroissement de l'utilisation de combustibles pauvres en soufre pour le chauffage domestique et également grâce à une diminution systématique de la teneur en soufre légalement autorisée dans les carburants.

Fin des années '70 et surtout dans les années '80, la circulation automobile s'est fortement accrue. Celle-ci constitue la source principale de rejet d'oxydes d'azote, d'hydrocarbures volatils et de monoxyde de carbone. Le réseau de mesure a donc progressivement été complété par plusieurs systèmes de mesure d'oxydes d'azote et de monoxyde de carbone.

Les résultats de mesure d'ozone ont permis de constater que notre pays connaissait également des épisodes de pollution estivale, caractérisés par des périodes d'augmentation des concentrations en ozone. La pollution photochimique, appelée également "*smog estival*" par analogie avec la pollution hivernale, devenait un problème relativement généralisé. Dans les années '80, le réseau de mesure national a été complété par plusieurs analyseurs d'O₃. Il y a actuellement environ 35 analyseurs d'ozone en service dans les réseaux des trois régions.

En Région de Bruxelles-Capitale, l'ozone est mesuré à sept endroits : à Berchem-Ste-Agathe (41B011), Uccle (41R012), Molenbeek (41R001), Haren (41N043), Ste-Catherine (41B004), le Parlement Européen (41B006) et à Woluwé-St-Lambert (41WOL1).

Fin 1992 une directive CE (92/72/CE) est entrée en vigueur concernant la pollution par l'ozone dans l'air ambiant. Cette directive impose e. a. aux autorités compétentes en la matière d'informer la population dès que la concentration d'ozone dépasse un certain seuil, soit 180 µg/m³ en tant que valeur horaire. La diffusion régulière d'informations a eu comme conséquence immédiate que la problématique est devenue très présente dans les médias. En début de 2002 une nouvelle directive (2002/3/CE) pour l'ozone a été publiée : celle-ci contient les objectifs de la qualité de l'air à atteindre à partir de l'an 2010.

Formation d'ozone et décomposition de l'ozone

La problématique de l'ozone est de nature très complexe et les apparentes contradictions font qu'il n'est pas simple d'en avoir une perception claire. Une concentration d'ozone mesurée à un endroit précis est toujours le résultat de deux processus opposés : *la formation d'ozone* et *la destruction d'ozone*. Les deux processus évoluent à des vitesses différentes. La formation d'ozone se fait en plusieurs heures et la décomposition de l'ozone (avec NO) en quelques minutes seulement. Comme conséquence de la formation d'ozone, on devrait s'attendre, sur le plan régional, à une concentration d'ozone assez homogène. Or, la répartition spatiale de la concentration d'ozone n'est pas très homogène en raison de la destruction de l'ozone qui peut varier fortement d'un endroit à l'autre.

Formation d'ozone : lors des périodes ensoleillées et de températures élevées, un processus de réaction photochimique a lieu, sous l'influence des rayons UV du spectre solaire, dans la masse d'air polluée d'oxydes d'azote et de composés organiques volatils. Ce processus entraîne la formation d'ozone. La concentration d'ozone augmente dans le courant de la journée et atteint sa valeur maximale en fin d'après-midi ou en début de soirée.

Le niveau de concentration atteint dépend en outre de la direction et de la vitesse du vent, de la stabilité des couches atmosphériques, de la nébulosité, de l'hygrométrie, etc... Les masses d'air venant de l'océan sont moins polluées que celles venant du continent. Un vent fort et de l'air instable ont un effet diluant plus important qu'une vitesse de vent faible ou des couches atmosphériques plus stables. L'intensité des UV qui pénètrent jusque dans les couches atmosphériques inférieures est modulée par la nébulosité et l'hygrométrie. Une plus grande nébulosité ou hygrométrie s'accompagne d'une plus grande absorption de lumière UV par les molécules d'eau.

La photolyse (décomposition sous l'influence de photons) de NO_2 est à l'origine de la formation massive d'ozone : $\text{NO}_2 + h\nu \rightarrow \text{NO} + \text{O}$. L'atome d'oxygène libéré et une molécule d'oxygène forment ensemble l'ozone : $\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{O}_3$.

Le rôle des substances organiques volatiles (COV) consiste en l'oxydation, par un mécanisme de réaction compliqué, de NO (un polluant important issu des processus de combustion) en NO_2 , le "précurseur" de la formation d'ozone. Contrairement aux polluants primaires NO_x et COV, l'ozone n'est donc pas directement émis dans l'atmosphère. Il est formé dans un processus de réactions photochimiques et est appelé pour cette raison polluant "secondaire".

En l'absence de substances organiques, un équilibre dynamique se créerait entre, d'une part, la formation d'ozone et, d'autre part, la destruction d'ozone. Cet équilibre est rompu par la présence de substances organiques volatiles. Le NO étant oxydé (par l'intermédiaire des C.O.V. réactifs) de nouveau en NO_2 , ce qui entraîne à nouveau la formation d'ozone. Le processus en chaîne implique que la formation excessive d'ozone peut se produire en cas de concentrations relativement faibles des précurseurs.

Destruction d'ozone : la principale réaction entraînant la destruction d'ozone, est la réaction directe d'une molécule d'ozone avec du monoxyde d'azote : $\text{O}_3 + \text{NO} \rightarrow \text{O}_2 + \text{NO}_2$.

Les substances qui donnent naissance à la formation et à la destruction de l'ozone appartiennent au même groupe et sont en grande partie originaires de la même source (trafic routier). Des mesures à court terme visant à la diminution de la production des précurseurs, dans le but éventuel de diminuer la formation d'ozone, peuvent en fait conduire à une diminution de la destruction de l'ozone. Le phénomène est très complexe et cette dualité ne simplifie pas une éventuelle résolution du problème de l'ozone. Des mesures de réduction des émissions, insuffisamment réfléchies ou avec une vue à trop court terme peuvent conduire à un résultat opposé à celui attendu.

La principale source d'émissions de NO_x et des COV est indiscutablement la circulation automobile qui représente en période estivale environ 70% des émissions en Région de Bruxelles-Capitale. D'autres sources importantes d'émissions de NO_x sont les processus industriels, la production d'électricité (centrales thermiques), le chauffage domestique (moins important en été) et quelques activités industrielles spécifiques.

D'importantes émissions de substances organiques volatiles ont lieu durant le raffinage, le stockage, le traitement et la distribution de produits pétroliers, et dans l'utilisation de solvants pour différents types d'activités (peinture, cabines de peinture, imprimeries, nettoyage industriel).

Les concentrations d'ozone les plus élevées apparaissent surtout de la mi-juin à la mi-août. Fin mai et début juin, le risque de très hautes températures est encore trop faible pour accélérer la formation excessive d'ozone. A partir de la mi-août, la position du soleil est trop basse pour que le processus de réaction puisse se dérouler assez longtemps. Des températures moyennes élevées associées à la position élevée du soleil, augmentent le risque de formation excessive d'ozone. D'année en année, on constate que les périodes d'augmentation de la pollution par l'ozone apparaissent plus fréquemment au mois de juillet et en début du mois d'août.

Les zones urbaines et à trafic routier dense sont d'importantes aires d'émission des polluants primaires NO_x et COV. A proximité et à l'intérieur des zones d'émission, la destruction d'ozone (concentration de NO plus élevée) est plus importante que la formation d'ozone. Au bord et au-delà de ces zones, la formation d'ozone devient plus importante que sa destruction. Les concentrations les plus élevées sont attendues dans cette région et en aval de la zone d'émission.

La Région de Bruxelles-Capitale est une zone d'émission relativement importante. Dans l'environnement immédiat des postes de Berchem-Ste-Agathe (41B011) et d'Uccle (41R012) il n'y a pas d'axes de trafic important. La destruction de l'ozone y est plus faible qu'à proximité des voies de circulation importantes. Les probabilités de mesurer des concentrations d'ozone élevées, représentatives de la pollution photochimique, augmentent en fonction de la protection du poste de mesure vis-à-vis de l'influence directe du trafic. La situation de ces deux postes est donc, compte tenu du caractère spécifique des grandes agglomérations, pratiquement idéale pour la mesure de l'ozone en Région de Bruxelles-Capitale.

La destruction d'ozone, suite à une influence directe du trafic est évidente. Ce phénomène peut être observé clairement dans les postes de mesure proche du centre-ville, notamment à Molenbeek (41R001) et Ste-Catherine (41B004), et dans les postes de mesure situés le long des axes de trafic, tels que Haren (41N043) et Woluwé-St-Lambert (41WOL1).

4 DÉTERMINATION DE L'OZONE et VALIDATION des données

Les moniteurs d'ozone utilisés dans les postes de mesure sont des appareils utilisant le principe de mesure par absorption UV. Dans un appareil de mesure par absorption UV se trouve une chambre de mesure constituée d'un tube d'aluminium d'environ un centimètre de diamètre, dont l'intérieur est parfaitement poli (surface réfléchissante), ou d'un tube en verre de quartz. A l'entrée du tube se trouve une source UV dont l'intensité est maintenue constante. La lumière UV est filtrée par un revêtement spécial de la lampe, de sorte que seules les longueurs d'onde sensibles à l'absorption par l'O₃ pénètrent dans la chambre de mesure. Les longueurs d'onde interférentes (générant de l'O₃ à partir d'oxygène) sont filtrées. A la sortie de la chambre de réaction se trouve un détecteur UV. En cas d'accroissement de la concentration en O₃, il y a davantage d'absorption des rayons UV dans la chambre de mesure. Le détecteur mesure alors une plus faible intensité d'UV.

L'absorption des rayons UV par l'ozone suit la loi d'absorption de Beer-Lambert :

$$\frac{I_1}{I_0} = \exp (- \alpha \cdot l \cdot C)$$

I ₀	:	intensité des UV dans une atmosphère sans ozone
I ₁	:	intensité des UV dans une atmosphère contenant de l'ozone
α	:	coefficient d'absorption
l	:	longueur du trajet optique entre la source et le détecteur des UV
C	:	concentration en ozone

Dans la pratique, l'appareil de mesure fonctionne en deux phases se succédant rapidement. Durant quelques secondes, l'air ambiant est aspiré directement à travers la chambre de mesure (détermination I₁). Ensuite l'air est aspiré à travers un filtre sélectif (scrubber) qui absorbe totalement et uniquement l'O₃ (détermination I₀).

Le coefficient d'absorption pour l'O₃ est connu, le chemin optique est déterminé pour chaque appareil de mesure et la mesure de I₀ et I₁ peut être réalisée de manière assez précise. La relation concentration-rapport des intensités des UV est donc fixée de manière précise. Les appareils de mesure fonctionnant selon ce principe restent très longtemps stables, ce qui est constaté dans la pratique. A condition d'éviter la pénétration de poussières dans la chambre de mesure, le réglage de l'appareil ne nécessite aucune modification, même après plusieurs mois de fonctionnement.

La pénétration de poussières est évitée en équipant la conduite d'échantillonnage d'un filtre en téflon, placé dans un porte-filtre lui-même en téflon. La membrane en téflon doit être remplacée régulièrement pour éviter toute absorption d'ozone sur les poussières collectées par le filtre. Le tuyau de prise d'échantillon et les raccords doivent, en outre, être fermés hermétiquement et être de préférence en téflon et/ou en verre de borosilicate.

Avant la campagne d'été, les appareils de mesure d'O₃ sont transférés du réseau au laboratoire d'étalonnage de l'IBGE (mars-avril 2005). A l'arrivée au labo, les performances des appareils de mesure sont rigoureusement contrôlées (sensibilité, étalonnage, stabilité...) à l'aide d'une source d'O₃ de référence. Ensuite, un entretien préventif approfondi de l'appareil est effectué. Cet entretien comprend, entre autres, le nettoyage des chambres de mesure, le remplacement du scrubber spécifique O₃, le nettoyage de la vanne électromagnétique et un test d'étanchéité du système de mesure. Enfin, les performances des appareils sont à nouveau vérifiées au moyen de la source de référence O₃ du labo.

La valeur exacte de la source d'étalonnage de référence O₃ est établie (par titration en phase gazeuse) sur la source d'étalonnage de référence pour le NO_x et est connue avec une précision de 2%. Le laboratoire d'étalonnage CELINE dispose également d'un photomètre U.V. de référence. Sur base des 2 systèmes de référence, les différences d'étalonnage sont inférieures à 2 pour cent dans la gamme de concentrations de quelques dizaines à quelques centaines de µg/m³. Lors du contrôle du printemps 2005 le réglage des appareils du réseau n'avait pas changé de façon sensible (< 2%) par rapport aux contrôles d'étalonnage précédent (périodes mars-avril et octobre-novembre '94, '95, '96, '97, '98, '99, 2000, '01, '02, '03 et 2004).

Un point très important pour le bon fonctionnement de l'appareil de mesure est la parfaite étanchéité de la vanne électromagnétique qui commute lors de chaque phase de mesure. Il ne peut pas y avoir de mélange entre l'échantillon et l'air zéro (les deux phases de mesure) et le scrubber O₃ doit être suffisamment efficace et sélectif.

Des problèmes apparaissent plutôt rarement, mais peuvent conduire à de grandes erreurs de mesure. Un manque de fiabilité (qualité, spécificité) des scrubbers O₃ et des lampes UV, même livrées en pièces d'origine, a conduit quelquefois à des pertes de résultats (de mesure).

Les appareils de mesure disposent également d'une source O₃ interne permettant un contrôle de routine. Après réglage de l'appareil de mesure sur la source de référence, la valeur de la source du test interne est mesurée et enregistrée. Dans le réseau de mesure sont effectués régulièrement des tests de ZERO (air sans ozone) et de SPAN (source de test interne connue) d'une demi-heure. Actuellement cette procédure se répète tous les trois jours.

La valeur de test obtenue est comparée à la valeur d'étalonnage interne notée initialement. Si la valeur du test quotidien ne s'écarte pas de plus de 10% de la valeur prévue, les données de mesure sont validées, sinon les valeurs sont rejetées. La cause de cet écart est examinée et les problèmes techniques sont résolus le plus rapidement possible. L'objectif est d'obtenir des valeurs de mesure couvrant 90% du temps, sans perdre en qualité.

La tolérance sur la valeur ZERO atteint environ 4 µg/m³. Sur la valeur SPAN la tolérance s'élève à 10% de la valeur fixée. La fixation d'une tolérance relativement large (10%) provient de la grande différence entre, d'une part la très bonne reproductibilité et stabilité de la détection (meilleure que 2% sur 6 mois) et d'autre part une reproductibilité plutôt faible du test interne. La formation d'ozone, dans le générateur interne, dépend du spectre UV de la source, de l'humidité et du débit de l'air. La précision de la mesure est confirmée par la précision relevée lors des étalonnages (2 à 3 %) semestriels, avec la source de référence O₃ du labo d'étalonnage.

5 DÉTERMINATION DE LA TENEUR EN OXYDES D'AZOTE

Par oxydes d'azote, il faut entendre aussi bien le monoxyde d'azote (NO) que le dioxyde d'azote (NO₂). La somme des deux est désignée par NO_x : [NO_x] = [NO] + [NO₂]. La détection des oxydes d'azote se base sur la réaction de chimiluminescence entre le monoxyde d'azote (NO) et l'ozone (O₃).

L'air aspiré à l'intérieur de l'appareil est divisé en deux courants égaux. Le premier courant est conduit directement dans la chambre de réaction, où une quantité d'ozone en excès est ajoutée ; le NO présent dans l'air est détecté à cette occasion. Le deuxième courant passe d'abord par un convertisseur où le NO₂ présent est intégralement réduit en NO, alors que le NO déjà présent reste inchangé. Après avoir ajouté de l'ozone, le NO_x est détecté dans ce courant, soit la somme de NO présent dans l'air extérieur en tant que NO et le NO présent en tant que NO₂ dans l'air extérieur. La différence des deux signaux NO_x - NO donne la teneur en NO₂. Les analyseurs de NO_x disposent d'un générateur d'O₃ interne pour la production de l'ozone nécessaire à la réaction. L'excès d'ozone est éliminé à la sortie de l'appareil.

La méthode d'étalonnage de référence des analyseurs NO_x, est basée sur des standards d'étalonnage primaires du NO et du NO₂. Le standard d'étalonnage primaire du NO consiste en une bouteille de gaz étalon certifiée ayant une concentration de 100 ppm en NO sous atmosphère d'azote. Des dilutions sont réalisées dans le laboratoire d'étalonnage à l'aide "d'air zéro", c'est à dire de l'air séché et épuré (élimination du SO₂, NO, NO₂, de l'ozone, du CO et des hydrocarbures), jusqu'à une concentration d'environ 400 à 1000 ppb de NO dans l'air pur. Les débits du gaz étalon NO primaire et de l'air pur sont réglés à l'aide de régulateurs de débit massique avec une précision de 1% et une reproductibilité de 0.1%.

Les deux canaux (NO et NO_x) de l'analyseur NO_x de référence sont réglés dans le laboratoire d'étalonnage à l'aide de ces concentrations de gaz étalon NO. La linéarité de l'appareil de référence est également contrôlée.

Le standard NO₂ primaire consiste en un tube à perméation rempli de NO₂ liquide. Un tube à perméation est un tube fermé en matière synthétique (ex. Téflon) ou en acier inoxydable pourvu d'une paroi perméable. Ce tube est placé dans un petit four dont la température est réglée avec une précision de 0.1 °C. Le NO₂ diffuse à travers la paroi perméable. Une fois la forme et le matériau du tube fixés, le débit de perméation est entièrement dépendant de la température. Si la température est constante, l'émission du tube sera constante en fonction du temps. Un débit constant d'air pur est amené dans le four de manière à pouvoir disposer d'un gaz d'étalonnage à concentration constante. L'émission du tube à perméation est déterminée par gravimétrie. Avec un intervalle régulier d'environ 1 mois, la perte massique du tube est déterminée à l'aide d'une balance analytique (résolution 0,01 mg). La concentration est calculée à partir du débit d'air et du taux de perméation.

Le gaz étalon NO₂ est ensuite mesuré à l'aide de l'analyseur NO_x de référence, lequel a été préalablement réglé au moyen du gaz étalon NO. L'écart entre la concentration de NO₂ mesurée et celle calculée ne peut dépasser 2%.

Après un bon déroulement de ces tests d'étalonnage, les valeurs des standards de transferts de NO et NO₂ doivent être fixées à l'aide de l'analyseur NO_x de référence.

Le standard de transfert du NO est une bombonne de gaz étalon non certifiée, avec une concentration d'environ 400 ppb NO dans l'azote. La concentration exacte (± 3%) est déterminée au banc d'étalonnage sur le moniteur NO_x de référence correctement étalonné.

Le standard de transfert du NO₂ consiste en un tube à perméation de NO₂ placé dans un système de perméation portable. La concentration de NO₂ générée par ce système, est également déterminée dans le laboratoire d'étalonnage à l'aide de l'analyseur de référence. Les tests de NO₂ permettent en outre de contrôler le rendement de la conversion de NO₂ (réduction de NO₂ à NO).

Tous les quatre mois, les moniteurs NO_x du réseau de mesure sont réglés à l'aide des standards de transfert. Le rendement du convertisseur NO₂ est également vérifié dans l'appareil de mesure. Comme le même standard de transfert est employé dans tous les postes de mesure, chaque appareil de mesure de NO_x du réseau est référencé à un standard primaire commun.

Dans les postes de mesure se trouve également un système de test avec lequel est effectué un contrôle de routine. La concentration délivrée par le calibrateur local est déterminée immédiatement après le réglage de l'appareil de mesure. La valeur d'étalonnage locale, ainsi que les tolérances correspondantes sont alors introduites dans le système de gestion du poste de mesure. Les tolérances sont actuellement fixées à 7%. Dans certains appareils NO_x, la chambre de réaction a été modifiée de façon à procurer une meilleure stabilité à long terme. La stabilité des systèmes d'étalonnage locaux (1,5 à 2%) a également été progressivement améliorée.

Si, lors du contrôle de routine, la déviation reste inférieure à la tolérance fixée, les valeurs de mesure sont validées "techniquement". Si la déviation est supérieure, les valeurs sont rejetées. La cause devra être signalée, et après diagnostic, le problème devra être résolu. Les valeurs de mesure continueront à être rejetées jusqu'à ce que le contrôle de routine produise à nouveau un résultat acceptable ou que la procédure d'étalonnage soit répétée et validée entièrement. Dans la pratique, on tente de disposer de valeurs de mesure valables couvrant 90% du temps (rendement de 90% imposé par les directives CE).

L'application stricte des tolérances prévues lors des contrôles de routine et un contrôle régulier du réglage précis de l'appareillage de mesure garantissent la qualité des résultats de mesure. Il n'y a donc aucun facteur de correction pour les résultats de mesure validés "techniquement".

Les valeurs validées "techniquement" peuvent encore être rejetées, mais uniquement pour des raisons évidentes : p. ex. en cas de pannes techniques non signalées ou fuite dans le système d'échantillonnage. Les valeurs validées "techniquement" sont soumises par ailleurs à une série de tests statistiques en vue d'y relever d'éventuelles anomalies. Après ces tests, les valeurs de mesure sont définitivement validées.

Les résultats pour NO, NO₂ et O₃, obtenus à l'aide du réseau téléométrique, sont transformés en valeurs moyennes semi-horaires et sont alors conservés dans la banque de données de mesures de la pollution atmosphérique de la Région de Bruxelles-Capitale. Ces données sont également mises à la disposition de la Cellule Interrégionale de l'Environnement CELINE, qui est entre autres chargée de l'harmonisation des mesures de la pollution de l'air dans les trois Régions.

Les onze postes de mesure du réseau téléométrique de la pollution atmosphérique de Région de Bruxelles-Capitale (voir page 2) sont équipés d'un appareil NO_x.

6 Détermination des COMPOSÉS ORGANIQUES VOLATILS (COV)

La teneur en COV est déterminée en un certain nombre d'endroits. La détermination à Uccle, Molenbeek, Ixelles et Arts-Loi s'établit sur base hebdomadaire. Au poste de mesure de Woluwé-St-Lambert, la prise d'échantillons s'étale sur 24 heures.

L'air ambiant est aspiré à travers un tube Carbotrap-300 avec un débit constant d'environ 4 Nml/min, régulé par un débitmètre massique. Les composés volatils sont absorbés sur le tube. L'analyse quantitative (GC) se fait ultérieurement au laboratoire.

Après une désorption thermique (Tekmar Aerotrap 6000) à 250 °C des composés absorbés, suit une phase cryogénique à -100 °C. Les composés sont ensuite chauffés et transférés vers un chromatographe (GC 8000 de FISOONS), équipé d'une colonne capillaire de 60 m de long et de 0.32 mm de diamètre interne. Le film d'une épaisseur de 3.0 µm est composée de diméthylpolysiloxane. La programmation de température de la colonne va de 35 à 180 °C avec un gradient de 4 °C/min. L'hélium en tant que gaz porteur a un débit de 1.9 ml/min. A l'origine le détecteur était un FID (détection d'ionisation de flamme) chauffé à 250 °C. Le signal de détection était analysé à l'aide du système d'intégration PEAKNET 5.0 (Dionex).

Début 2002, le détecteur FID a été remplacé par un spectromètre de masse (Finnigan Trace MS 250) qui permet d'identifier les COV non plus manuellement à partir des temps de rétention, mais au moyen des ions caractéristiques. La quantification de ces composés est proportionnelle à l'intensité des ions détectés suivant une courbe d'étalonnage réalisée au moyen de standards. La détermination est automatisée au moyen du programme « Xcalibur ».

Jusqu'à présent, les teneurs des composés suivants sont déterminées régulièrement :

aliphatiques :

- ✓ n.pentane
- ✓ n.hexane
- ✓ 2-methylhexane
- ✓ n.heptane
- ✓ n.octane

aromatiques :

- ✓ benzène
- ✓ toluène
- ✓ m+p-xylène
- ✓ o-xylène
- ✓ ethylbenzène

hydrocarbures chlorés :

- ✓ 1,2-dichloroéthane
- ✓ tétrachloroéthylène

7 CONCENTRATIONS en O₃, NO₂ et C.O.V. durant l'ÉTÉ 2005

Les graphiques de la figure 2 représentent l'évolution des concentrations moyennes horaires en O₃ du poste de mesure d'Uccle durant les mois de mai, juin, juillet et août 2005. La ligne pointillée correspond au seuil à partir duquel on envoie un message d'information à la population : 180 µg/m³ comme valeur horaire.

Les graphiques dans les figures 1 à 4 de l'annexe représentent dans l'ordre, pour les mois mai, juin, juillet et août 2005, l'évolution des valeurs horaires en O₃ pour les postes de mesure à Berchem-Ste-Agathe, au Parlement Européen, à Molenbeek, Ste-Catherine, Berchem-Ste-Agathe, Uccle, Woluwé-St-Lambert et Haren.

L'évolution des valeurs horaires en NO₂ est représentée graphiquement dans les figures 5 à 12 de la même annexe. Dans ces graphiques, la ligne pointillée correspond au seuil de 200 µg/m³ de la directive CE pour le NO₂. Les tableaux des pages 13, 14 et 15 de l'annexe donnent un aperçu de la moyenne mensuelle des concentrations en COV.

La figure 3 représente graphiquement l'évolution des valeurs moyennes journalières en ozone pour la période « *septembre 2004 – août 2005* ». On s'aperçoit que la concentration moyenne d'ozone augmente à l'approche de la période estivale. Des concentrations plus élevées ont été constatées surtout à la fin du mois de juin 2005. La ligne pointillée (65 µg/m³) correspond à la valeur seuil de protection de la végétation figurant dans l'ancienne directive ozone 92/62/CE.

La figure 4 présente l'évolution journalière moyenne de la concentration d'ozone durant toute la période estivale (*du 1^{er} mai au 31 août 2005*). La valeur moyenne est calculée sur tous les jours, par période horaire (01.00 TU, 02.00 TU, ..., 24.00 TU). Ces graphiques reprennent les résultats de cinq postes de mesure. L'échelle de temps est le temps universel (TU).

Durant la période estivale, la différence entre le temps local (TL) et le temps universel est de 2 heures : TL = TU + 2. A midi heure solaire, (12 TU), il est 14 h temps local.

La concentration moyenne d'ozone atteint son minimum entre 2 et 6 heures TL du matin, augmente au fur et à mesure que le jour progresse et atteint son maximum en fin d'après-midi. Durant les heures nocturnes, la concentration d'O₃ diminue progressivement. L'évolution des concentrations moyennes d'ozone à Uccle et Berchem-Ste-Agathe est très similaire. Dans un environnement avec plus de trafic, la concentration d'ozone est plus faible. L'émission de NO provoque un effet de titration : la neutralisation d'une fraction de l'ozone formé. C'est le cas aux environs du poste de mesure de Woluwé, Ste-Catherine et le phénomène est encore plus évident à Haren.

Sur la figure 5 est représentée, par analogie avec la figure 4, l'évolution journalière moyenne des concentrations en NO₂ pendant la période estivale (du 1^{er} mai – 31 août 2005). L'évolution journalière moyenne des concentrations en NO₂ est plus élevée l'après-midi aux postes de mesures de Woluwé, Haren et Ste-Catherine et plus faible à Uccle et Berchem-Ste-Agathe. Le comportement complémentaire des concentrations en O₃ et NO₂ apparaît sur la figure 6 où l'évolution journalière moyenne est donnée par la somme des polluants oxydants [O₃ + NO₂], exprimée en concentration massique équivalente O₃. Cette évolution est quasi identique dans tous les postes de mesure de la Région.

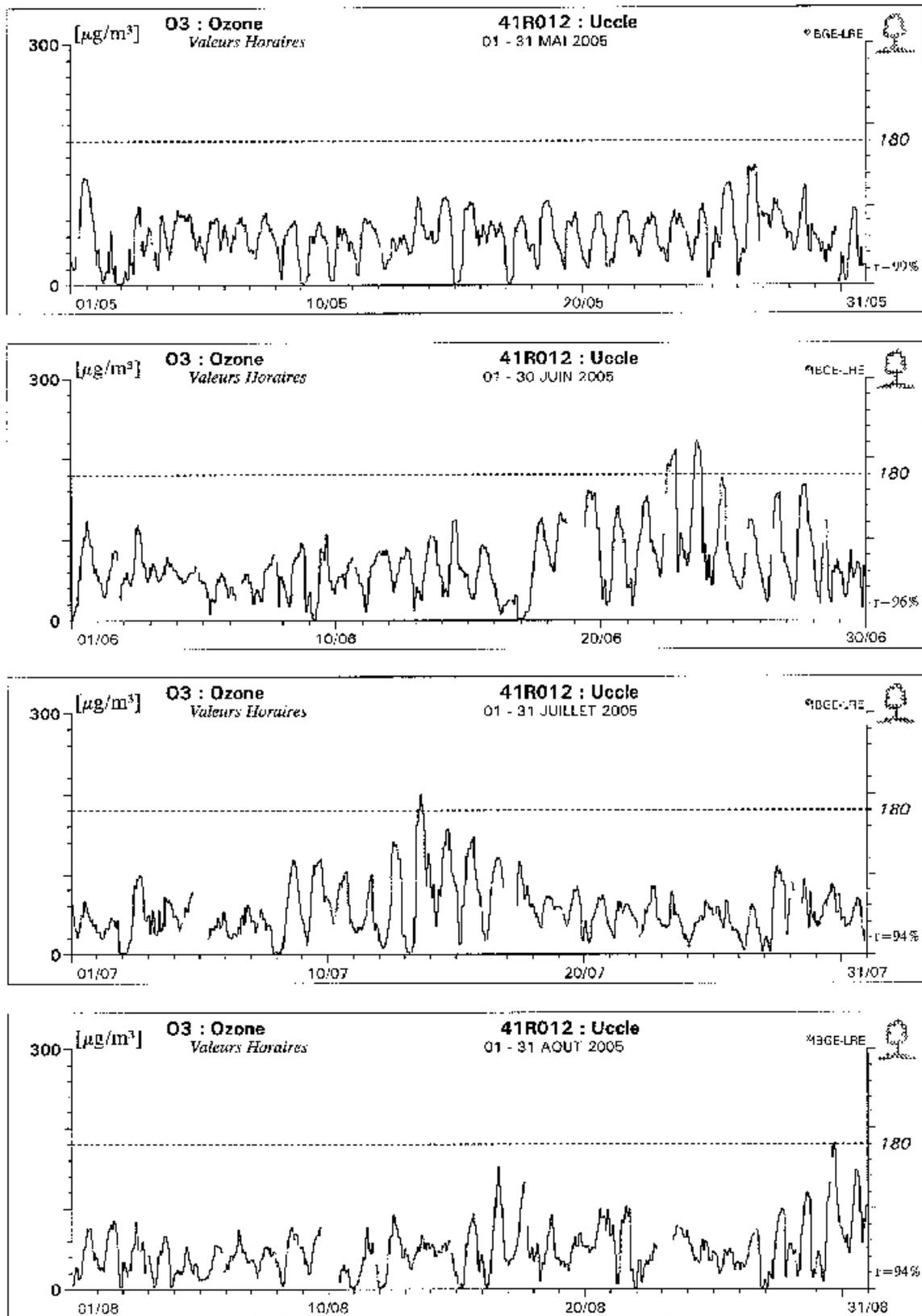


Fig. 2 : Évolution des concentrations en O₃ à Uccle – Mai, juin, juillet et août 2005

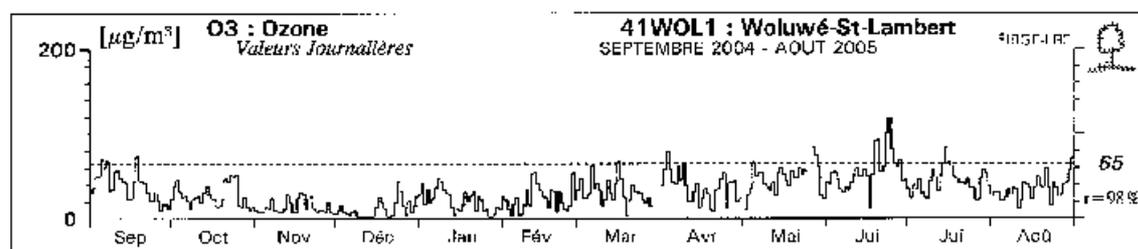
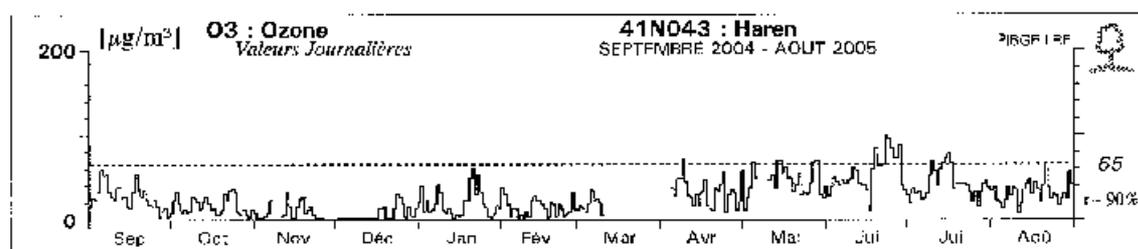
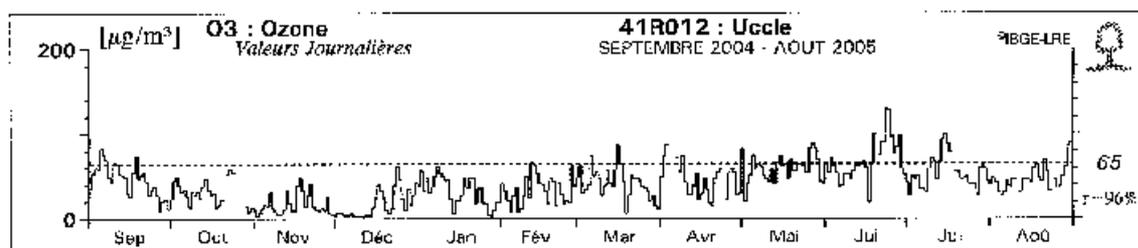
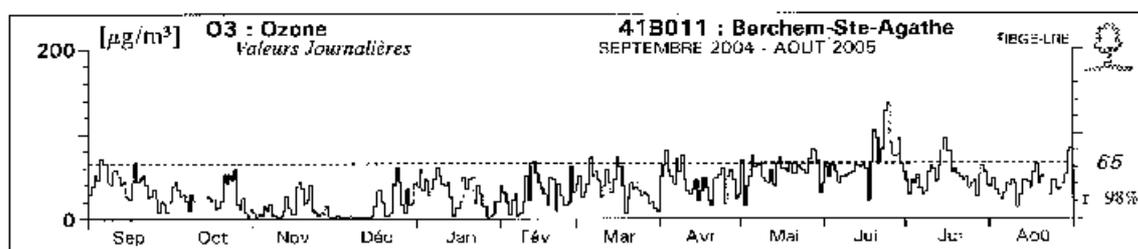
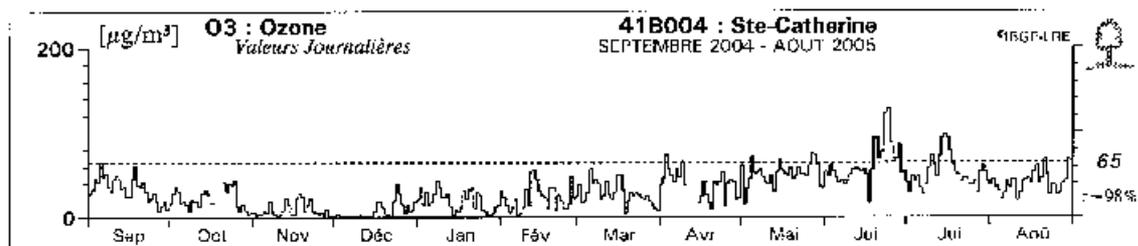
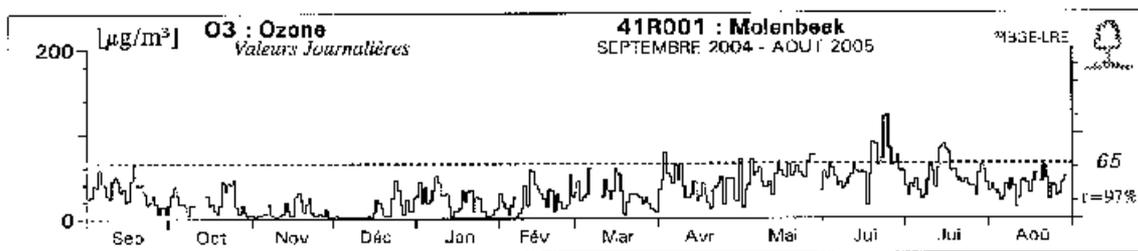


Fig. 3 : Évolution des valeurs journalières en O₃ à Bruxelles
Période : septembre 2004 – août 2005

OZONE - Evolution journalière moyenne
 Comparaison entre différents Postes de mesure - tous les jours
 Période estivale : mai - août 2005

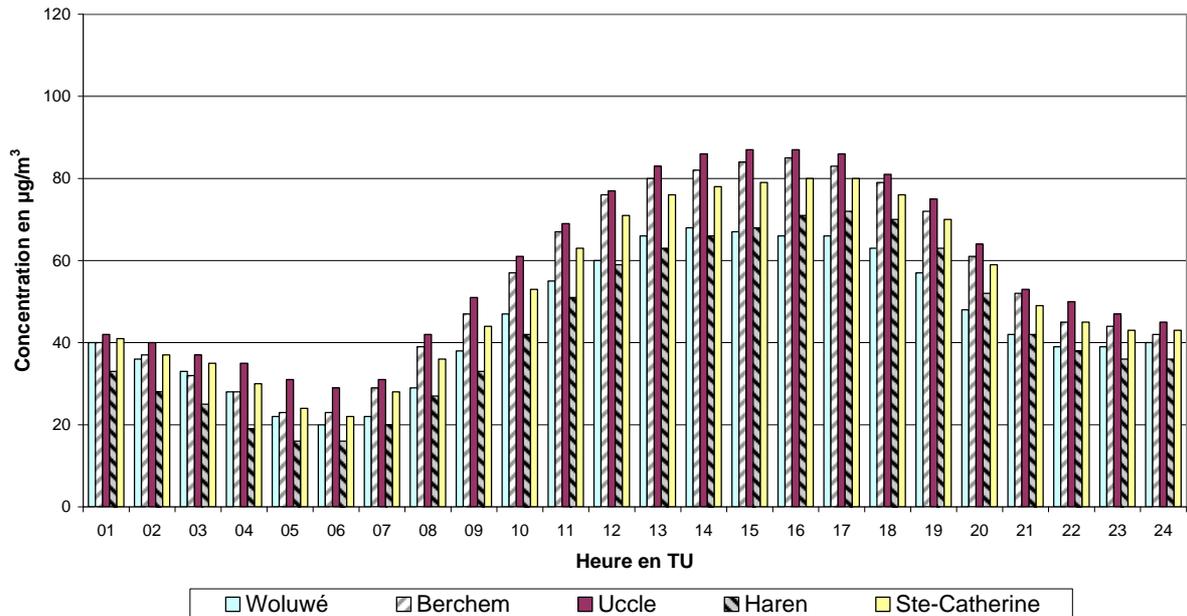


Fig. 4 : Évolution journalière moyenne des concentrations en O₃ durant la période mai-août 2005

NO₂ - Evolution journalière moyenne
 Comparaison entre différents Postes de mesure - tous les jours
 Période estivale : mai - août 2005

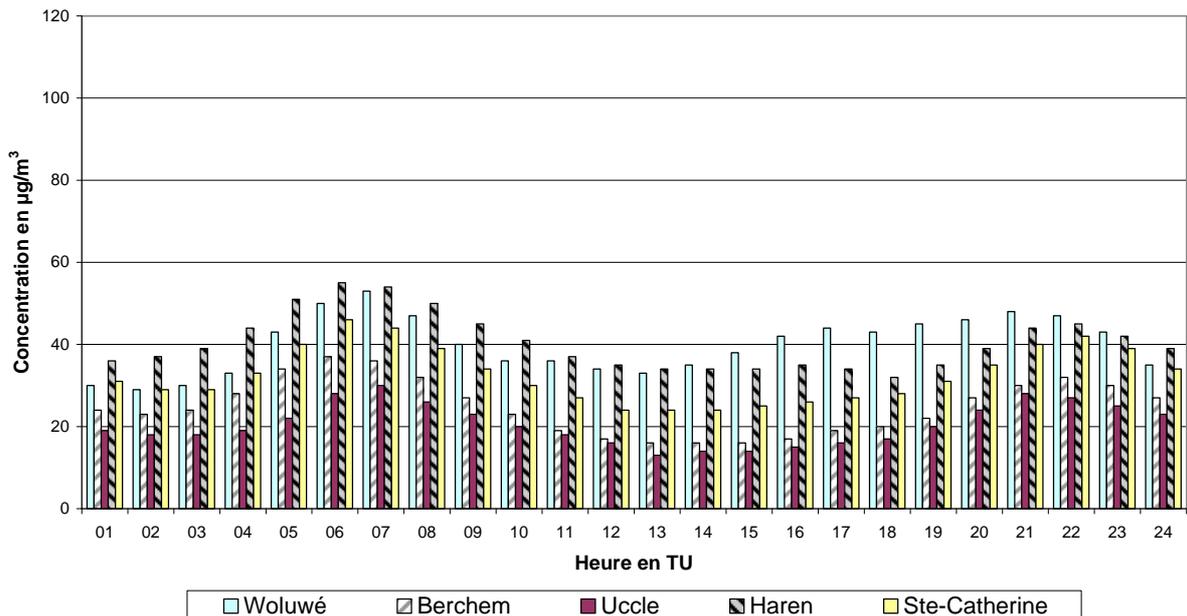


Fig. 5 : Évolution journalière moyenne des concentrations en NO₂ durant la période mai-août 2005

[O₃ + NO₂] - Evolution journalière moyenne
 Comparaison entre différents Postes de mesure - tous les jours
 Période estivale : mai - août 2005

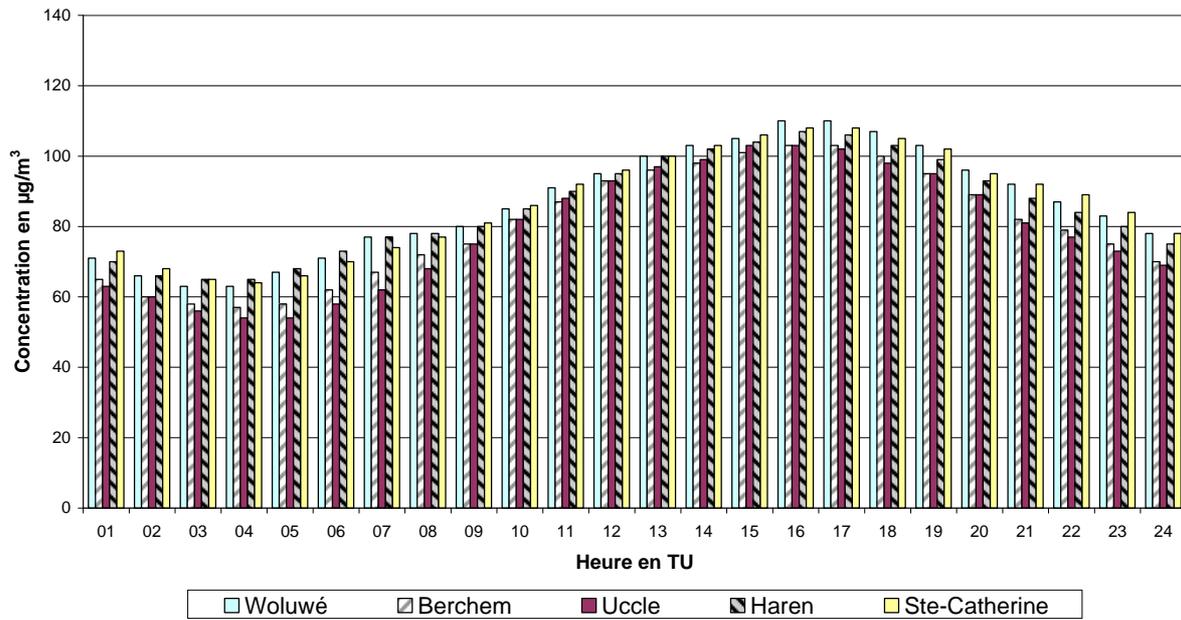


Fig. 6 : Évolution journalière moyenne des concentrations en [O₃ + NO₂] durant la période mai – août 2005

8 NORMES pour l'OZONE – Directive 2002/3/CE

La nouvelle directive ozone, longtemps attendue, a été publiée le 12 février 2002 et déjà le 18 avril 2002 elle a été transposée en arrêté de la Région de Bruxelles-Capitale.

Cette directive a pour objet :

- d'établir des objectifs à long terme, des valeurs cibles, un seuil d'alerte et un seuil d'information pour les concentrations d'ozone dans l'air ambiant au sein de la Communauté, conçus pour éviter, prévenir ou réduire les effets nocifs pour la santé humaine et pour l'environnement dans son ensemble;
- de garantir que des méthodes et des critères communs sont employés pour évaluer les concentrations d'ozone et, le cas échéant, les précurseurs de l'ozone (oxydes d'azote et composés organiques volatils) dans l'air ambiant dans les États membres;
- de garantir que des informations adéquates sont obtenues sur les niveaux d'ozone dans l'air ambiant et qu'elles sont mises à la disposition du public;
- de garantir que, en ce qui concerne l'ozone, la qualité de l'air ambiant est préservée lorsqu'elle est bonne et améliorée dans les autres cas;
- de promouvoir une coopération accrue entre les États membres en ce qui concerne l'abaissement des concentrations d'ozone, l'utilisation du potentiel offert par les mesures transfrontalières et l'accord sur ces mesures.

La directive sur l'ozone ne prévoit pas de valeur limite (limit value), mais une "*valeur cible*" (target value) : un niveau fixé dans le but d'éviter à long terme des effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre là où c'est possible sur une période donnée.

Outre la valeur cible, d'autres valeurs sont également données comme "*objectif à long terme*" : une concentration d'ozone dans l'air ambiant en dessous de laquelle, selon les connaissances scientifiques actuelles, des effets nocifs directs sur la santé humaine et/ou sur l'environnement dans son ensemble sont peu probables. Lorsque cela n'est pas faisable rapidement par des mesures proportionnées, cet objectif doit être atteint à long terme, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement.

Le "*seuil d'alerte*" est spécifié comme: un niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de toute la population et à partir duquel les États membres prennent immédiatement des mesures conformément aux articles 6 (*information du public*) et 7 (*plans d'action à court terme*) de la directive.

Le "*seuil d'information*" : un niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine des groupes particulièrement sensibles de la population et à partir duquel des informations actualisées sont nécessaires.

Les valeurs définies sont reproduites dans les **tableaux I, II et III**.

Tableau I : Valeurs cibles pour l'Ozone (O₃)

Protection	Valeur d'appréciation	Valeur cible	Nombre de dépassements autorisés	Date limite pour atteindre la valeur cible dans la mesure du possible.
Santé humaine	Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, (calculée sur base de valeurs glissantes sur 8 heures)	120 µg/m ³	25 par an (en moyenne sur 3 ans)	2010 (*)
Végétation	AOT40, (calculée sur les valeurs sur 1h pour la période mai – juillet)	18.000 µg/m ³ .h (en moyenne sur 5 ans)		2010 (*)

(*) 2010 : première année dont les données seront utilisées pour calculer la conformité sur 3 ou 5 ans

Tableau II : Objectif à long terme pour l'Ozone (O₃)

Protection	Valeur d'appréciation	Objectif à Long Terme	Date pour le respect de l'objectif
Santé humaine	Maximum journalier de la moyenne sur 8 heures pendant une année civile, (calculée sur base des valeurs glissantes sur 8 heures)	120 µg/m ³	date cible 2020
Végétation	AOT40, (calculée sur les valeurs sur 1h pour la période mai – juillet)	6.000 µg/m ³ .h	date cible 2020

Tableau III : Seuil d'information et seuil d'alerte pour l'Ozone (O₃)

Seuil	Période	Valeur seuil
Seuil d'information	Moyenne sur 1 heure	180 µg/m ³
Seuil d'alerte	Moyenne sur 1 heure (*)	240 µg/m ³

(*) Pour la mise en œuvre de l'article 7 (plans d'actions à court terme), le dépassement du seuil doit être mesuré ou prévu pendant trois heures consécutives.

L'article 7, paragraphe 1 spécifie que des plans d'action seront établis aux niveaux administratifs appropriés indiquant les mesures spécifiques à prendre à court terme pour des zones où existe un risque de dépassement du seuil d'alerte, s'il existe un potentiel significatif de réduction de ce risque ou de réduction de la durée et de la gravité d'un dépassement du seuil d'alerte. Lorsqu'il apparaît qu'il n'y a pas de potentiel élevé de réduction du risque, de la durée ou de la gravité d'un dépassement dans les zones pertinentes, les États membres sont exemptés de ces dispositions.

Pratique du seuil d'information :

180 µg/m³ en tant que valeur moyenne sur 1 h

A partir de ce seuil, des effets cumulatifs passagers sur la santé apparaissent auprès d'une partie restreinte de la population, notamment les personnes particulièrement sensibles. Dans la pratique, les messages téléphoniques quotidiens de l'IBGE (répondeurs téléphoniques) préviennent des éventuels dépassements de ce seuil par les concentrations de pointe en O₃.

Via les messages et les communiqués de presse, la population et principalement les personnes sensibles à cette forme de pollution de l'air (entre autres : les enfants, personnes âgées, personnes atteintes de problèmes respiratoires, etc..) sont invitées à s'abstenir d'efforts physiques inhabituels en plein air de 12.00 à 20.00 h. De manière générale, on déconseille les efforts physiques soutenus (p. ex. jogging) durant cette période.

Depuis la période estivale '96, le message téléphonique communique d'abord l'indice général de la pollution atmosphérique. Chaque jour, la qualité de l'air est indiquée par un seul chiffre dans une échelle de **1** à **10** et l'appréciation qualitative qui s'y rapporte: d'"excellent" (indice 1) à "exécrable" (indice 10). Cet indice et des informations supplémentaires sont publiés sur le site de l'IBGE (<http://www.ibgebim.be>).

Autres sources d'information : La cellule interrégionale (CELINE) diffuse chaque matin un tableau des valeurs de mesure d'O₃ de la journée précédente, mesurée dans les postes de mesure des trois régions.

Cette information (sur Internet <http://www.irceline.be>) est complétée par une prévision des concentrations d'ozone attendues pour l'après-midi et le lendemain. Les prévisions se basent sur les résultats du modèle prévisionnel SMOGSTOP. Depuis l'été '98 les concentrations mesurées le jour même sont également communiquées et réactualisées toutes les heures. De plus, un historique des données sur l'ozone et de plus amples informations sont disponibles (nombre de jours avec dépassement des valeurs, AOT40, etc..). Le site est très convivial et est en perpétuelle amélioration.

AOT :

AOT signifie "*Accumulated exposure over a Threshold*". L'AOT40 est la somme des surplus au-delà du seuil de 40 ppb d'ozone (= 80 µg/m³ O₃ à 293 K et 1013 hPa). L'AOT40 pour la protection de la végétation est calculé sur la base des concentrations moyennes horaires d'O₃ durant la période du "1^{er} mai au 31 juillet" (saison de croissance). Le calcul se fait pour les périodes entre "8 h et 20 h heure de l'Europe Centrale" (8 am à 8 pm CET). La période de 8 à 20 h CET correspond à "7 à 19 h TU".

Cette exposition cumulative au-delà de 40 ppb d'ozone (soit 80 µg/m³) est calculée comme suit : pour la période "1 mai – 31 juillet", on examine si les valeurs horaires d'O₃ entre 8 et 20 h CET sont supérieures à 80 µg/m³ et on fait la somme de tous les surplus positifs. Le surplus au-delà de 80 µg/m³ est de 35 µg/m³ pour une valeur horaire d'O₃ de 115 µg/m³ et de 0 µg/m³ pour une valeur horaire d'O₃ de 55 µg/m³.

Le principe du calcul de l'AOT40 est illustré à la figure 7, où les surplus positifs au-delà de 80 µg/m³ entre 8 h et 20 h CET sont en foncé.

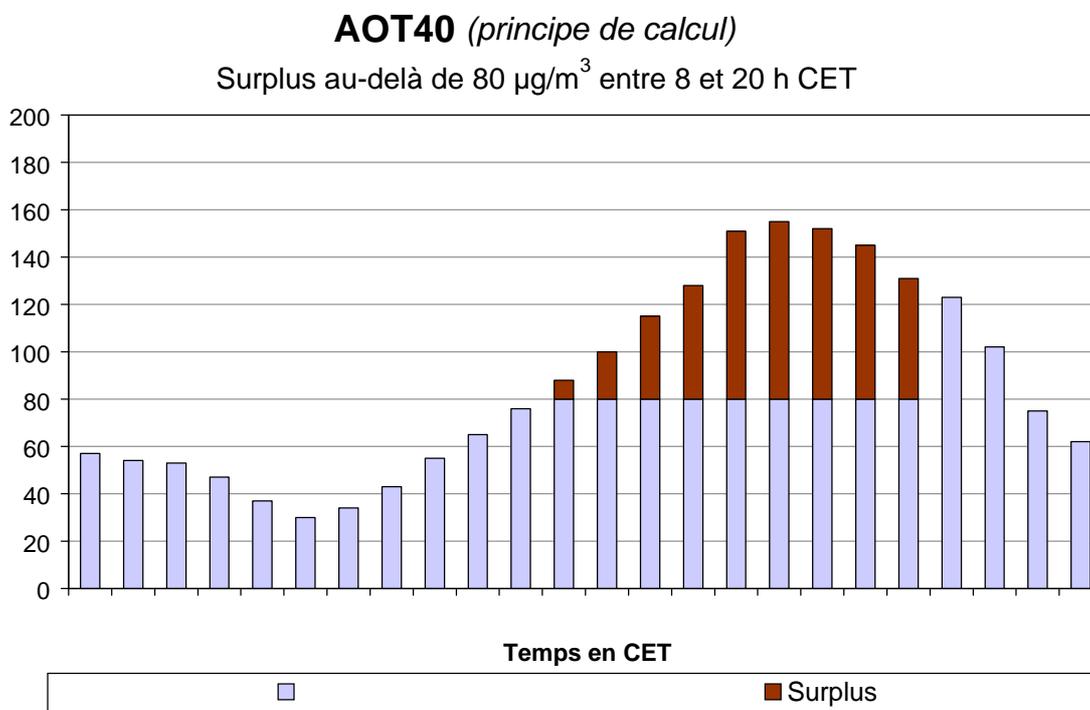


Fig. 7 : AOT40 : Représentation de surplus au-delà de 80 µg/m³ entre 8 et 20 h CET

S'il n'y a pas de résultats de mesure disponibles pour toutes les périodes horaires considérées la valeur de l'AOT est adaptée en fonction du nombre d'heures total (résultats disponibles à 100%) :

$$AOT40_{\text{(calculé)}} = AOT40_{\text{(mesuré)}} * [\text{nombre d'heures total}]/[\text{nombre d'heures de mesure}]$$