

## 18. Résumé et Conclusions

Dans la Région de Bruxelles-Capitale les teneurs en ozone dans l'air ambiant sont suivies en permanence depuis l'année 1986. Comparé à la période estivale de 2003, l'été de 2004 était nettement moins chaud et moins riche en ozone avec pour conséquence un nombre plus limité de dépassements.

Dans la Région de Bruxelles-Capitale, la teneur en ozone dans l'air atmosphérique ambiant est mesurée dans sept postes de mesure du réseau télémétrique de la qualité de l'air : Molenbeek (R001), Ste.-Catherine (B004), le Parlement Européen (B006), Berchem-Ste-Agathe (B011), Uccle (R012), Haren (N043) et Woluwé-St.-Lambert (WOL1). Durant la période estivale de 2004 l'ozone a également été mesuré à Anderlecht.

Les points de mesure de Molenbeek, Ste-Catherine, Haren et Woluwé sont plus ou moins situés à proximité d'axes importants de circulation. La qualité de l'air aux postes de mesure d'Uccle et de Berchem-Ste-Agathe est influencée dans une bien moindre mesure par la circulation. La situation de ces postes de mesure est donc optimale pour pouvoir évaluer la pollution photochimique dans la Région de Bruxelles-Capitale, notamment les concentrations élevées d'ozone.

Dans un environnement soumis à l'influence directe des émissions du trafic une partie de l'ozone disparaît très rapidement. En présence d'un excès de monoxyde d'azote, l'ozone est consommé par l'oxydation en NO<sub>2</sub> d'une partie du NO présent.

Les oxydes d'azote et les substances organiques volatiles (COV) sont les principaux "précurseurs" dans le "processus de réaction" photochimique entraînant les augmentations des concentrations d'ozone. La teneur en oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), soit le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), est mesurée dans 11 postes de mesure du réseau télémétrique de la surveillance de la qualité de l'air en Région de Bruxelles-Capitale : à Molenbeek, Ixelles (R002), Arts-Loi (B003), Ste-Catherine, Eastman-Belliard (B005), au Parlement Européen, Berchem-Ste-Agathe, Uccle, Haren, au parc Meudon (MEU1) et à Woluwé-St.-Lambert. Durant la période estivale de 2004 des mesures ont également été réalisées à Anderlecht.

Le réseau de mesure des substances organiques volatiles (COV) se compose actuellement de cinq postes de mesure. Quatre d'entre eux mesurent la pollution dans des situations typiques urbaines, mais différentes : à Molenbeek, Ixelles (Avenue de la Couronne), "Arts-Loi" et Woluwé-St-Lambert. Le cinquième poste de mesure, à Uccle, sert de poste de mesure de fond pour la Région de Bruxelles-Capitale.

### 18.1. Directive ozone 2002/3/CE

#### 18.1.1. Valeur cible pour la protection de la Santé humaine

La directive ozone prévoit, comme valeur cible pour la santé humaine, qu'à partir de 2010 il ne pourra y avoir plus de 25 jours par année calendrier (moyenné sur 3 ans) où la **moyenne maximale sur 8 heures** de la journée aura été supérieure à **120 µg/m<sup>3</sup>**. La période 2010-2012 est la première période de trois ans pour laquelle la conformité doit être atteinte.

Au cours des années '90 il y a eu plusieurs années avec plus de 25 dépassements enregistrés. Les périodes estivales moins riches en ozone de 1996, 1998, 2000 et 2002 ont empêché le dépassement systématique du nombre de jours autorisés. D'autre part, deux périodes moyennement riches en ozone, ou un été très riche sur 3 ans, entraînent un dépassement de la valeur moyenne de 25 jours avec dépassement du seuil (voir figure à la page 128 et le tableau à la page 129).

Le nombre moyen de jours de dépassement sur les 16 dernières années est égale à 25. La conformité avec la valeur cible à partir de l'an 2010 ne peut pas être considérée comme déjà atteinte.

L'analyse des données des années précédentes (nombre de dépassements par mois) montre que ce sont surtout les conditions météorologiques de la période allant de fin juin à début août qui sont prépondérantes pour le respect ou non du nombre de jours avec dépassement autorisé. En fait le nombre de jours avec dépassement augmente pour toutes les valeurs seuil d'ozone en fonction de la qualité estivale pendant la période haute de l'été.

Pour pouvoir satisfaire, à partir de 2010, la valeur cible pour la santé humaine, une diminution sensible des concentrations moyennes en ozone est nécessaire. Ceci ne peut se faire que par une diminution des

émissions des "précurseurs". Pour arriver à une diminution sensible de la formation d'ozone, les mesures à prendre devront être draconiennes (env. 50% de réduction), à grande échelle (Europe de l'Ouest) et durables. Par conséquent, une solution structurelle au problème de l'ozone demande du temps et des mesures qui parviennent à diminuer progressivement et de façon durable les émissions des précurseurs. Une solution durable ne sera pas possible avec des mesures trop limitées en ampleur, en espace ou dans le temps.

L'objectif à long terme, plus aucun dépassement du seuil de 120 µg/m<sup>3</sup> à partir de 2020, est encore loin d'être atteint.

### 18.1.2. Valeur cible pour la protection de la végétation

A partir de l'an 2010 l'**AOT40-MJ** (période mai - juillet), calculé sur base des valeurs horaires entre 08.00 et 20.00 h, heure de l'Europe centrale, et moyenné sur 5 ans, ne pourra être supérieur à **18.000 µg/m<sup>3</sup>.h**.

Le graphique en-dessous indique que cet objectif est actuellement respecté dans tous les postes de mesure la Région Bruxelles-Capitale. La valeur de l'AOT40-MJ de certaines périodes estivales, riches en ozone (2003, 1995, 1994, 1990 et 1989), peut néanmoins dépasser cette valeur (voir tableau IV.a à la page 42).

Des valeurs inférieures à l'objectif à long terme, à savoir 6.000 µg/m<sup>3</sup>.h, sont pour l'instant loin d'être accessibles dans les postes de mesure d'Uccle et de Berchem-Ste-Agathe.

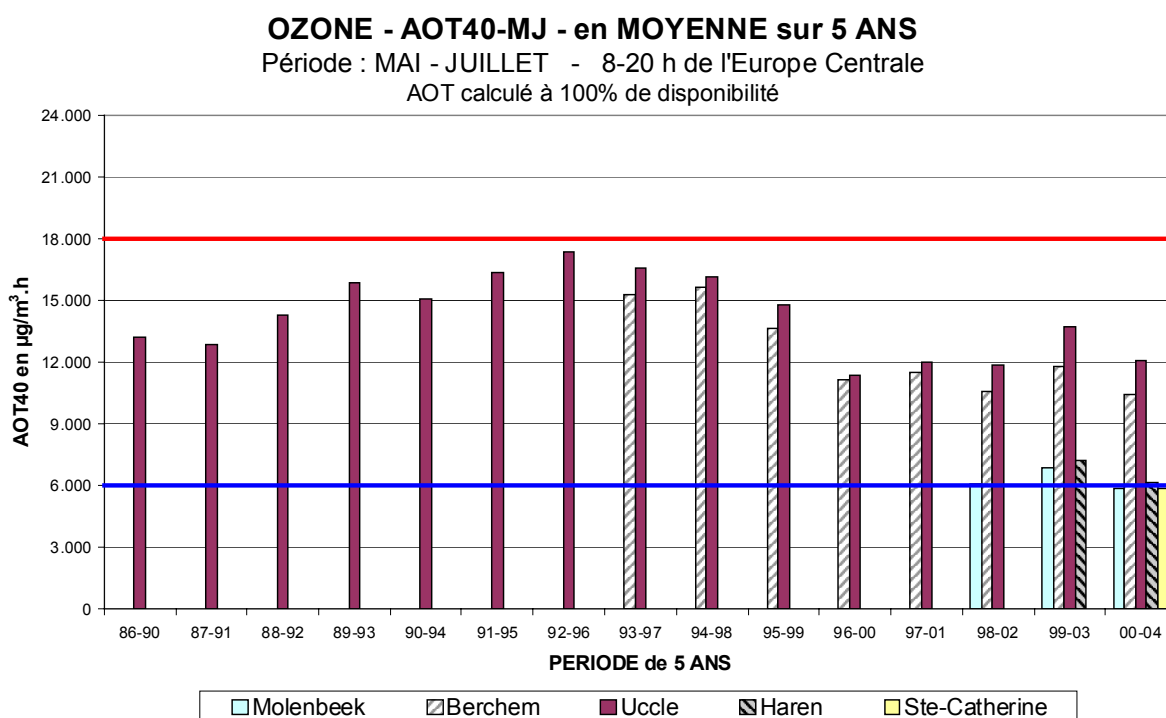


Fig. 65 : Évolution AOT40-MJ, moyenné sur 5 ans  
 AOT-MJ : AOT pour la période mai-juillet de 8 à 20 h de l'Europe centrale  
 AOT calculé à 100% de disponibilité des résultats

### 18.1.3. Seuil d'information et seuil d'alerte

Le dépassement du seuil d'information de la population, à savoir **180 µg/m<sup>3</sup>** en tant que **valeur horaire**, a été atteint **quatre (4) jours** différents durant la période de « *mai à août 2004* » dans la Région de Bruxelles-Capitale : le vendredi 30 juillet, mardi 3 août, mercredi 4 et jeudi 5 août. Des périodes estivales avec un nombre comparable de dépassement étaient les périodes estivales de 1991 (3 jours), 1988 (4 jours) et 1999 (4 jours).

Pendant l'été 2004 le seuil d'alerte, à savoir **240 µg/m<sup>3</sup>** en tant que **valeur horaire** n'a pas été dépassé en Région de Bruxelles-Capitale. Des dépassements ont seulement été constatés durant les étés riches en ozone de 2003 (2 jours), 1989 (3 jours), 1995 (3 jours) et 1994 (2 jours).

### 18.1.4. Aperçu du nombre de dépassements

Le graphique ci-dessous donne un aperçu de l'évolution du seuil d'information (180 µg/m<sup>3</sup> comme valeur horaire) et de la valeur cible (120 µg/m<sup>3</sup> comme valeur maximale sur 8 heures de la journée) pour la protection de la santé humaine, figurant dans la **directive** sur l'**O<sub>3</sub> 2002/3/CE**.

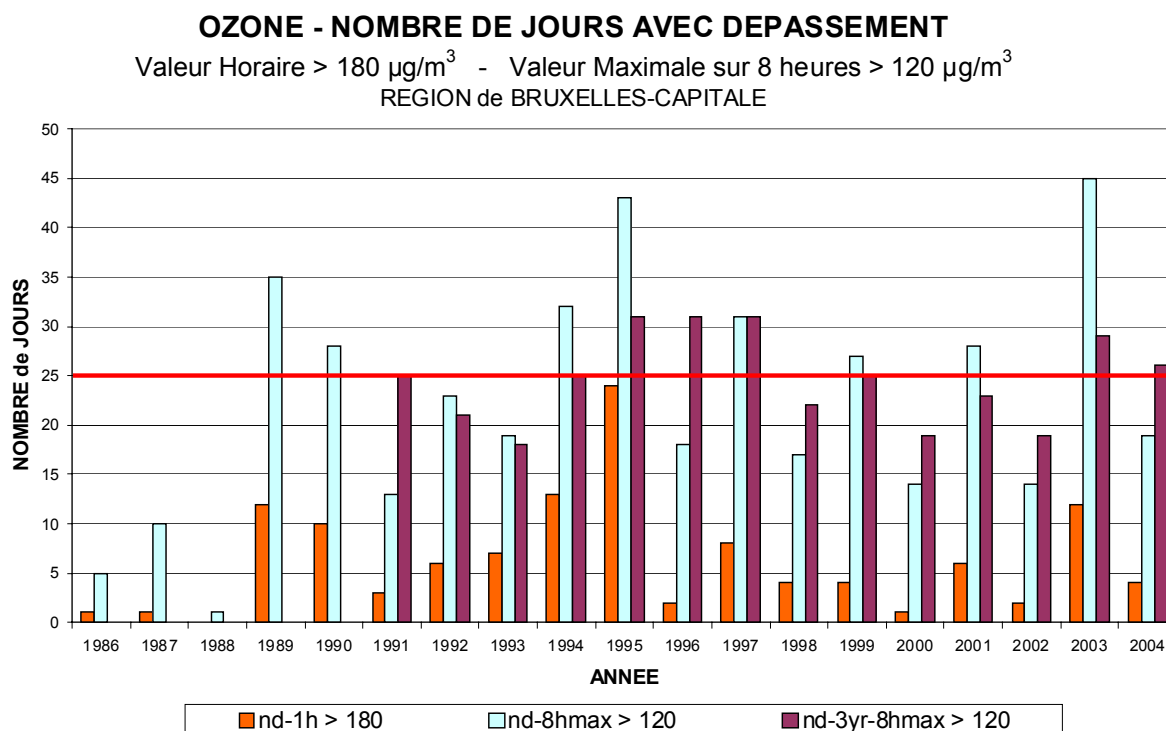


Fig. 66 : Ozone : nombre de jours avec dépassements en Région de Bruxelles-Capitale

Nombre de jours avec des valeurs horaires supérieures à 180 µg/m<sup>3</sup> et des valeurs maximales sur 8 heures supérieures à 120 µg/m<sup>3</sup> (par an et moyenné sur 3 ans)

Périodes annuelles : 1 janvier - 31 décembre (1986 - 2003)

Données partielles pour l'année 2004 (1<sup>er</sup> janvier - 31 août)

Le tableau suivant donne un aperçu de l'évolution du nombre de dépassements du seuil d'information (180 µg/m<sup>3</sup> comme valeur horaire), du seuil d'alerte (240 µg/m<sup>3</sup> comme valeur horaire) et de la valeur cible (120 µg/m<sup>3</sup> comme valeur maximale sur 8 heures de la journée) pour la protection de la santé humaine, figurant dans la **directive** sur l'**O<sub>3</sub> 2002/3/CE**.

Le tableau indique, par année civile, le "nombre de jours [nd] avec dépassement" des différents seuils. Il s'agit du nombre de jours où au moins un des postes de mesure de la Région est en situation de dépassement :

Nombre de jours avec :

- valeurs horaires supérieures à 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [nd\_1h > 180]
- valeurs horaires supérieures à 240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [nd\_1h > 240]
- valeur maximale sur 8 heures supérieure à 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  [nd\_8hmax > 120]
- valeur max. sur 8h. > 120  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , moyenné sur 3 ans [nd3y\_8hm > 120]

	nd 1h > 180	nd 1h > 240	nd 8hmax > 120	nd 3vr 8hmax > 120
1986	1	0	5	
1987	1	0	10	
1988	0	0	1	
1989	12	3	35	
1990	10	0	28	
1991	3	0	13	<b>25</b>
1992	6	0	23	<b>21</b>
1993	7	1	19	<b>18</b>
1994	13	2	32	<b>25</b>
1995	24	3	43	<b>31</b>
1996	2	0	18	<b>31</b>
1997	8	0	31	<b>31</b>
1998	4	0	17	<b>22</b>
1999	4	0	27	<b>25</b>
2000	1	0	14	<b>19</b>
2001	6	0	28	<b>23</b>
2002	2	0	14	<b>19</b>
2003	12	2	45	<b>29</b>
[2004]	[4]	[0]	[19]	[26]

OZONE : Nombre de jours avec dépassement dans la Région

PÉRIODE ANNUELLE : 1 JANVIER - 31 DECEMBRE (1986 - 2003)

[Données partielles pour la période "2004" : 1<sup>er</sup> janvier - 31 août]

## 18.2. Valeurs limites pour le Dioxyde d'azote

Selon la directive 1999/30/CE, transposée dans un arrêté de la Région de Bruxelles-Capitale (28 juin 2001), concernant les valeurs limites pour  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  et  $\text{NO}_x$ , les particules en suspension et le plomb, il ne peut y avoir pendant une année calendrier entière plus de **18 périodes horaires** avec une concentration en  $\text{NO}_2$  supérieure à **200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Bien que cette condition ne devra être satisfaite qu'à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2010, elle ne pose plus de problème à l'heure actuelle.

Pour les jours de concentrations élevées en ozone, on observe aux postes de mesure à proximité du trafic (p.ex. à "Arts-Loi"), une augmentation des concentrations en  $\text{NO}_2$  dans le courant de l'après-midi. L'ozone présent dans l'air ambiant y oxyde une partie du monoxyde d'azote ( $\text{NO}$ ), en provenance des gaz

d'échappement, en dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Aux endroits proches du trafic, l'activité photochimique, qui conduit normalement à la formation des concentrations d'ozone élevées, donne lieu à des concentrations plus élevées en NO<sub>2</sub>. Durant l'été, des concentrations élevées en NO<sub>2</sub> au poste de mesure « Arts-Loi » sont symptomatiques de l'activité photochimique.

Durant les étés riches en ozone (1994, 1995) et exceptionnellement chaudes (2003) ce phénomène (de l'ozone caché) fait augmenter la concentration moyenne annuelle en NO<sub>2</sub> de quelques unités aux postes de mesures situés à proximité du trafic. Ceci complique le respect de la valeur limite imposée pour la moyenne annuelle.

La directive impose en effet une valeur limite de **40 µg/m<sup>3</sup>** de NO<sub>2</sub>, en tant que **valeur moyenne annuelle**. Cette condition est beaucoup plus sévère que la valeur guide (50 µg/m<sup>3</sup> de NO<sub>2</sub> en tant que 50<sup>ème</sup> centile) de l'ancienne directive. Ce critère ne devra être respecté qu'à partir de l'an 2010. Pour l'année 2000 la marge de tolérance était de 50%. Cette marge doit diminuer linéairement pour atteindre 0 en 2010. La valeur moyenne annuelle de 2004 est à comparer à **52 µg/m<sup>3</sup>** (valeur limite + marge de tolérance).

Ce critère est actuellement respecté dans tous les postes de mesure de la Région, à l'exception du poste de mesure "Arts-Loi" (voir remarque) et du poste situé à l'Avenue de la Couronne à Ixelles, une « *canyon street* », où les concentrations moyennes de la période janvier-août 2004 s'élèvent à 87 et 55 µg/m<sup>3</sup>. Le respect de la valeur de 40 µg/m<sup>3</sup> en 2010 n'est pas encore garanti aux endroits à proximité du trafic, situés dans les grandes agglomérations.

**Remarque** : Le poste de mesure « Arts-Loi », situé au cœur du carrefour, n'est pas représentatif du niveau général de la pollution de l'air en Région de Bruxelles-Capitale. Pour être pris en considération pour l'évaluation des objectifs de la qualité de l'air, les postes de mesures doivent être éloignés d'au moins 25 mètres des carrefours. L'air échantillonné dans le carrefour est trop directement influencé par les gaz d'échappement des véhicules. Pourtant ce point de mesure a été choisi intentionnellement en fonction de l'étude de la relation entre la pollution de l'air et la circulation. Depuis plusieurs années ce poste de mesure livre des données fort intéressantes qui ont été prises en compte par le groupe technique chargé de la préparation de la directive NO<sub>2</sub> au sein de la CE.

Depuis la mise en vigueur de la directive 1999/30/CE, seule la valeur limite de l'ancienne directive (85/580/CE) reste encore d'application jusqu'en 2005. Cette directive spécifie une valeur limite de 200 µg/m<sup>3</sup> en tant que 98<sup>ème</sup> centile des valeurs moyennes horaires sur l'année calendrier. Le respect de cette valeur limite ne pose aucun problème en Région de Bruxelles-Capitale.

### 18.3. Influence de la formation et de la destruction d'ozone sur sa concentration

Les concentrations d'ozone sont toujours le résultat de deux processus simultanés mais antagonistes : la formation d'ozone et la destruction d'ozone.

La formation d'ozone est initiée par la photodissociation du NO<sub>2</sub> présent:

$\text{NO}_2 + h\nu \rightarrow \text{NO} + \text{O}$ . L'oxygène atomique réagit avec une molécule d'oxygène jusqu'à la formation d'ozone :  $\text{O} + \text{O}_2 \rightarrow \text{O}_3$ . Le rôle des substances organiques volatiles consiste en ce que le NO présent s'oxyde en NO<sub>2</sub> par un mécanisme réactionnel complexe entraînant une nouvelle formation d'ozone. Ainsi apparaît un processus en chaîne permettant une production de plus en plus importante d'ozone.

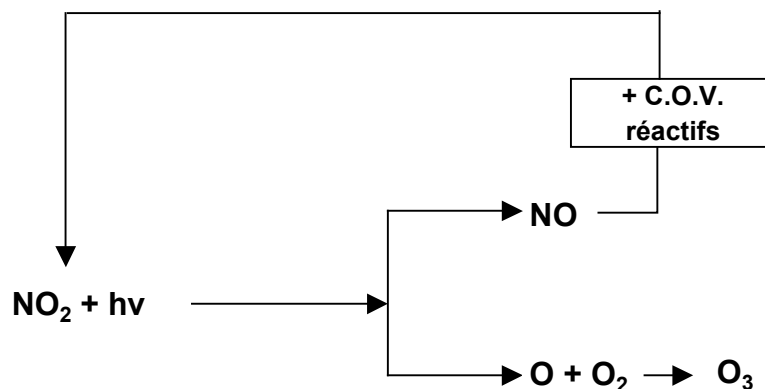


Fig. 67 : formation excessive d'ozone (schéma simplifié)

La principale réaction de la destruction d'ozone dans les villes est la réaction directe avec le NO :  $\text{O}_3 + \text{NO} \rightarrow \text{O}_2 + \text{NO}_2$ . En l'absence de substances organiques, il y aurait un *équilibre dynamique* entre la *formation* et la *destruction* d'ozone. La présence de substances organiques réactives perturbe cet équilibre et entraîne, dans certaines conditions météorologiques, une formation excessive d'ozone.

Le processus de formation photochimique est influencé par une série de facteurs qui sont surtout liés à la situation météorologique : intensité du rayonnement UV, température, stabilité des couches d'air, nébulosité, pression atmosphérique, hygrométrie, angle d'incidence du rayonnement solaire et durée du jour.

Lors d'un "épisode de pollution estivale", les principaux paramètres déterminant l'apparition du processus de réaction photochimique complexe sont un rayonnement solaire intense (intensité du *rayonnement UV*) et des températures élevées. Dans un mélange d'air déjà suffisamment enrichi par des polluants primaires tels que les oxydes d'azote et les substances organiques volatiles, apparaît un excès d'ozone.

Le processus de formation d'ozone seul entraînerait peut-être une concentration d'ozone pratiquement homogène au-dessus de la région. A l'exception du dimanche sans « voiture » la distribution spatiale de la concentration d'ozone n'est toutefois pas homogène, en raison surtout de la destruction d'ozone qui peut varier fortement d'un endroit à l'autre.

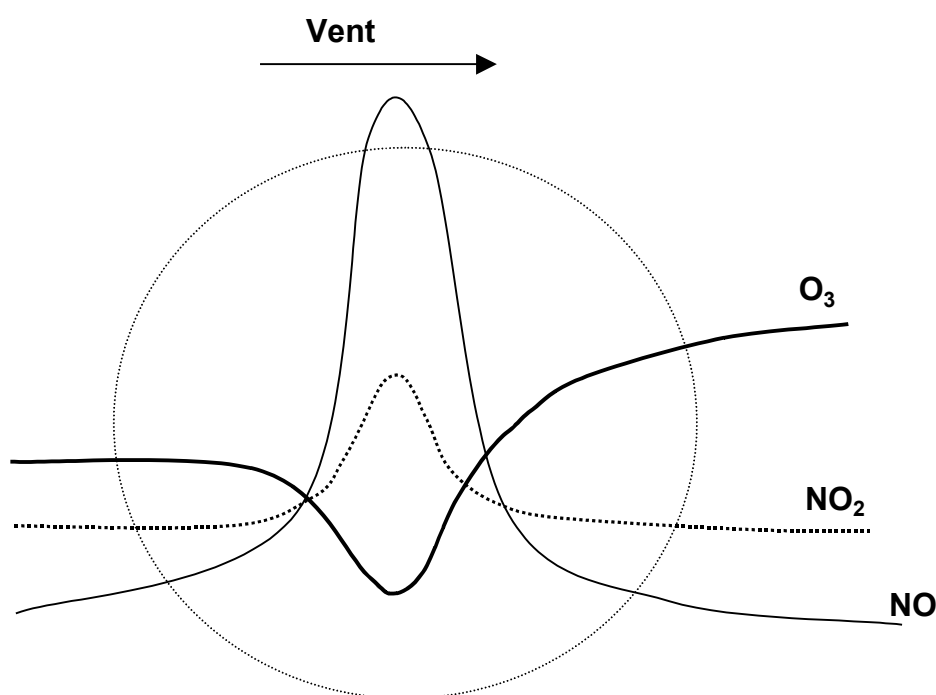


Fig. 68 : Destruction de l'ozone au centre-ville par l'excès de NO provenant du trafic.

### Formation d'ozone plus importante en périphérie et en aval des grandes villes.

Cette dualité explique la difficulté d'évaluer correctement la problématique de l'ozone et de prendre des mesures adéquates. En effet, le principal polluant pour la destruction d'ozone, le NO, appartient également au groupe des polluants responsables de la formation d'ozone. Les mesures de réduction des émissions influencent donc aussi bien le mécanisme de formation que de destruction d'ozone.

Dans cette optique, il faut être bien conscient qu'en imposant des limitations temporaires de la circulation quand on atteint une concentration élevée d'ozone, cela pourrait conduire, dans la zone d'émissions, à une augmentation plutôt qu'à une diminution des concentrations d'ozone. On obtiendrait ainsi l'effet inverse de celui désiré.

Généralement on admet qu'une diminution de la pollution d'ozone ne peut intervenir qu'à condition que les réductions d'émission des précurseurs soient réalisées de manière draconienne (min. 50 à 60%), à grande échelle (une partie de l'Europe de l'Ouest) et de façon durable dans le temps.

Une indication de l'augmentation éventuelle de la concentration d'ozone, lors d'une réduction brusque et temporaire des émissions, est la différence marquée de la concentration d'ozone un "jour ouvrable moyen" par rapport à un "un jour de week-end ou un jour férié moyen". Tout comme pour les étés précédents (1994 à 2003), les concentrations d'ozone pendant l'été 2004 ont été, en moyenne, plus élevées les jours non-ouvrables, que les jours ouvrables.

Les concentrations élevées en ozone le dimanche sans « voiture » de l'année passée (2003) et une distribution spatiale plus égalisée les jours sans trafic forment une autre indication qu'il faut se rendre bien compte de la réalité physico-chimique en élaborant d'éventuelles mesures en la matière.

De nouveau, il apparaît que cette différence n'est pas due à la situation météorologique qui serait significativement différente les jours ouvrables et les jours non-ouvrables. Le peu de différence entre les conditions météorologiques des jours ouvrables et des jours non-ouvrables, ne peut expliquer la différence dans les concentrations moyennes en ozone. L'hypothèse la plus probable pour expliquer cette différence provient du changement du modèle d'émission (situation du trafic) les jours ouvrables et non-ouvrables.

Les week-ends et jours fériés les émissions sont plus faibles, il y a moins de NO présent (principalement originaire du trafic) dans l'air, donc la destruction de l'ozone est moins importante. Si cette hypothèse est correcte, cette différence devra également être constatée à proximité des autres zones d'émission (autres grandes villes), mais pas ou beaucoup moins, dans les endroits moins fréquentés (postes de mesure de fond).

Dans ses rapports d'été l'AEE (Agence Européenne d'Environnement) consacre un chapitre à ce phénomène de « week-end ». Il apparaît que l'on peut constater dans la plupart des postes de mesure des 25 pays de la CE une différence marquée en concentration d'ozone le week-end et les jours ouvrables.

## 18.4. Évolution à long terme

Les rapports de l'UE sur l'ozone font apparaître, d'une part une légère tendance à l'augmentation des concentrations moyennes d'ozone et d'autre part une diminution du nombre de pics de concentration.

Le premier constat se vérifie aussi en Région de Bruxelles-Capitale depuis quelques années. Les graphiques de la page 135 montrent en effet une légère tendance à l'augmentation de la concentration moyenne d'ozone. Sur base des résultats de l'été 2003 exceptionnellement chaud le deuxième constat se confirme également. On constate effectivement des dépassements moins fréquents de la limite de la valeur horaire que pendant les autres périodes estivales chaudes, fussent-elles de caractère moins exceptionnel. Cette diminution peut être constatée depuis quelques années dans les postes de mesure les plus continentaux. De par la situation géographique de Bruxelles, relativement proche de la mer du Nord, le climat y est moins stable qu'à l'intérieur des terres. Il fallait donc bien attendre une période estivale chaude durable pour pouvoir se former une image claire qui puisse être comparée aux autres étés chauds (1995, 1994, 1990 et 1989).

L'augmentation de la concentration moyenne d'ozone est probablement liée à une diminution des concentrations de NO<sub>x</sub> (voir graphique supérieure p. 136), consécutive à la baisse des émissions. Cette baisse se traduit surtout par une diminution des concentrations de NO, et pas (encore) par une diminution des concentrations de NO<sub>2</sub> (voir graphique inférieure). Dans les postes de mesure à forte influence du

trafic, comme Ixelles-Avenue de la Couronne et Arts-Loi, les niveaux de concentrations du NO, CO et composés organiques volatils ont baissé à peu près de moitié depuis le début des années '90. L'évolution des concentrations de NO<sub>2</sub> ne montre pas encore de tendance claire. Les émissions de NO devront encore diminuer de façon draconienne avant que, suite à l'oxydation d'une partie de NO en NO<sub>2</sub>, une diminution des concentrations ambiantes de NO<sub>2</sub> ne puisse être constatée.

Comme il y a moins de NO présent dans l'air ambiant, la destruction de l'ozone diminue, ce qui entraîne une augmentation de la concentration moyenne d'ozone. La réduction des émissions des précurseurs, NO<sub>x</sub> et COV, a cependant déjà conduit à une diminution de la formation d'ozone au niveau du nombre de pics de concentration. Ceci se manifeste principalement lors des circonstances exceptionnellement favorables à la formation excessive d'ozone qui induisent les pics de concentration. Une diminution supplémentaire, draconienne et à grande échelle, des émissions futures sera nécessaire pour amorcer une diminution de la concentration moyenne d'ozone.



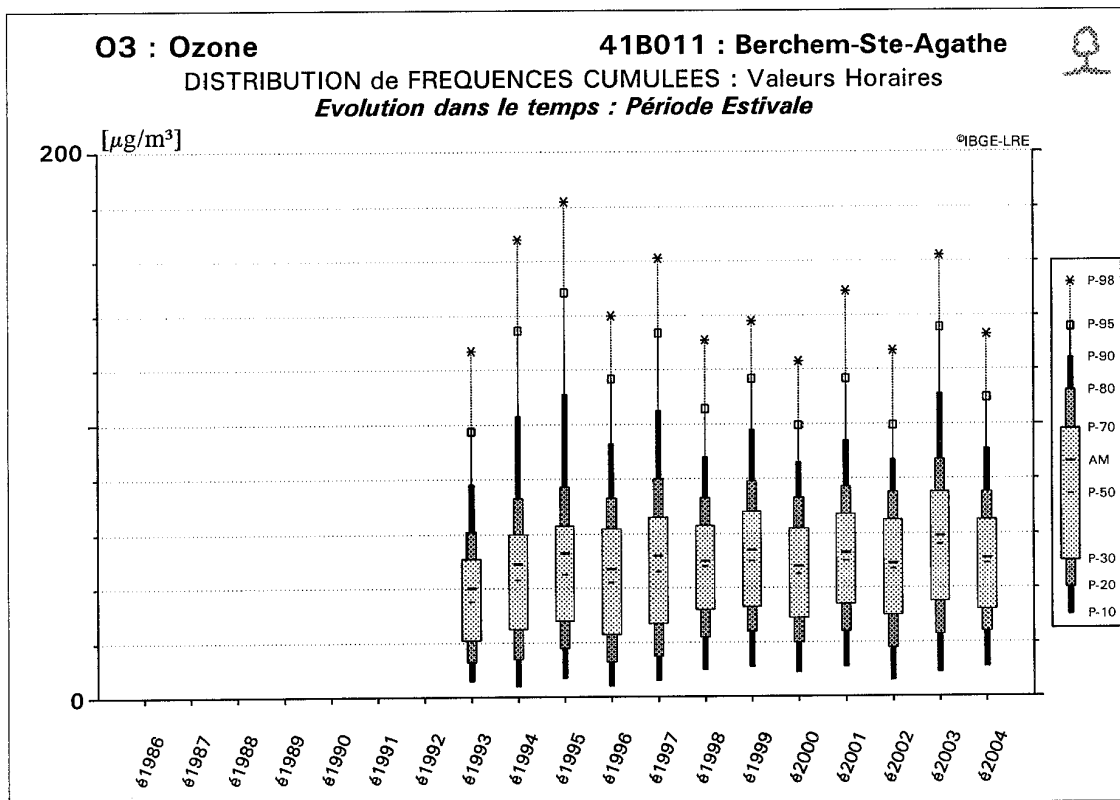
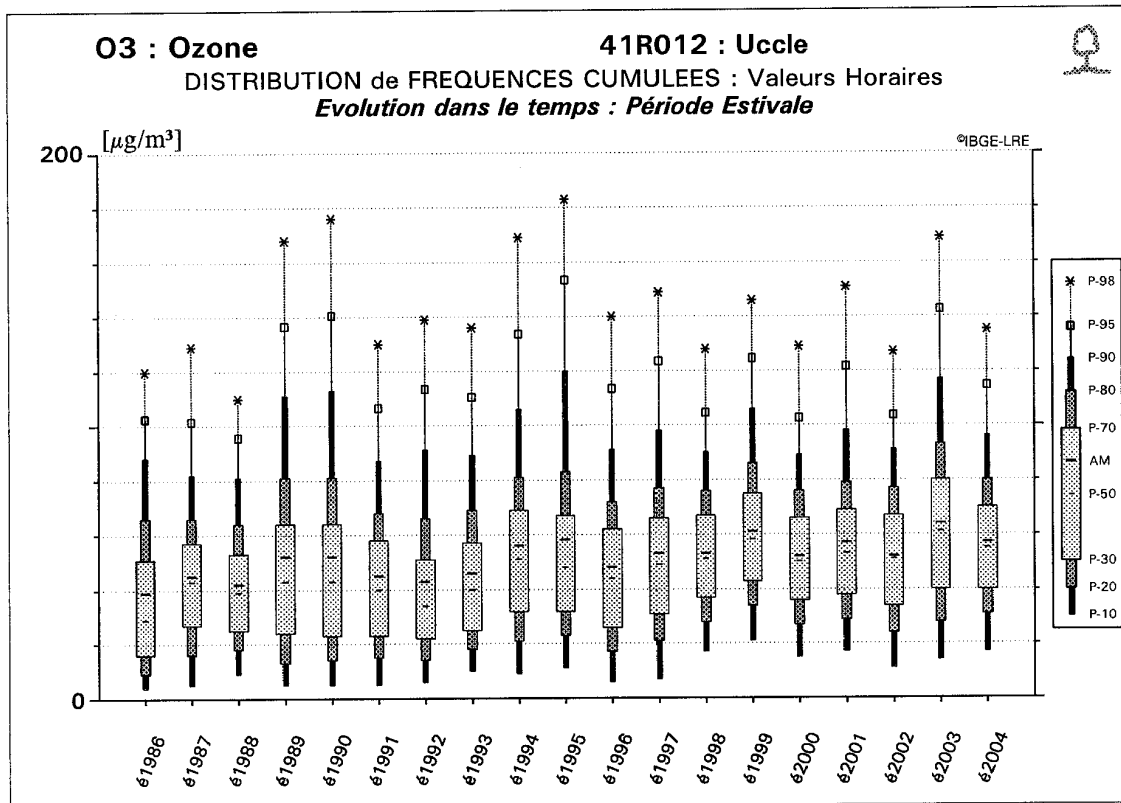


Fig. 69 : Ozone - Valeurs horaires - évolution à long terme  
Périodes estivales 1986 - 2004  
Poste de mesure d'Uccle et de Berchem-Ste-Agathe

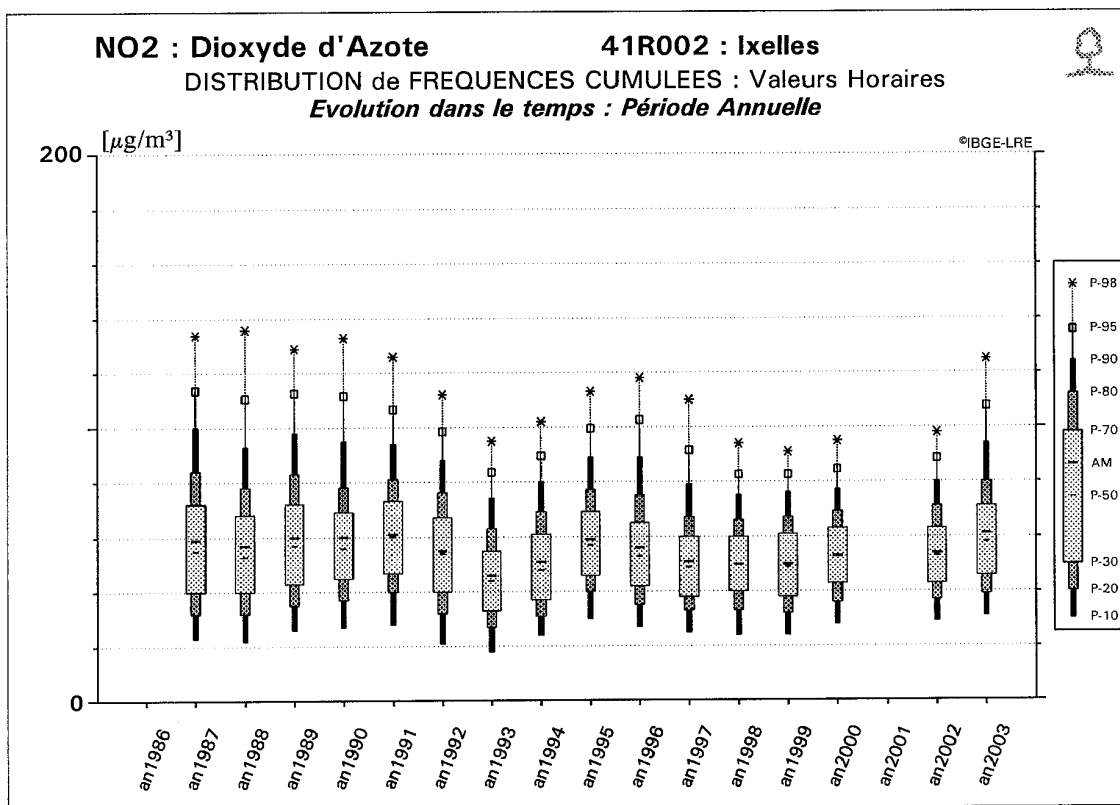
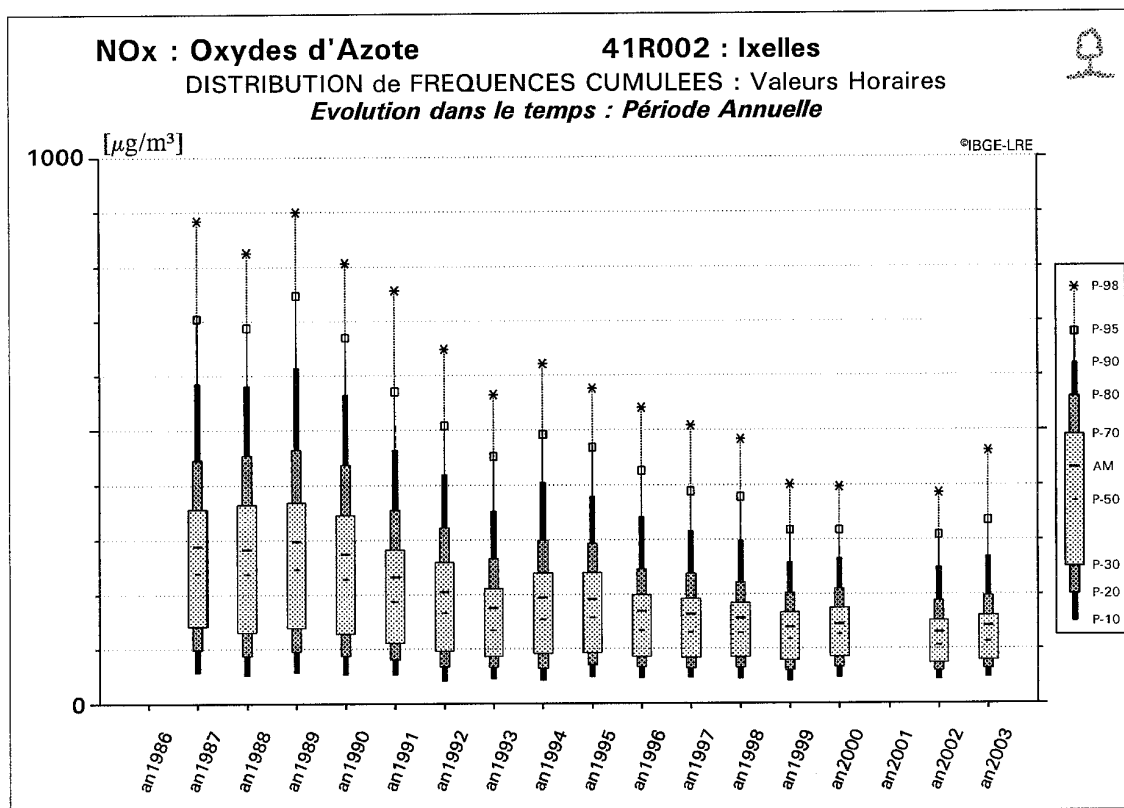


Fig. 70 : NO<sub>x</sub> et NO<sub>2</sub> - Valeurs horaires - évolution à long terme

Périodes annuelles 1986-2003

Poste de mesure à Ixelles-Avenue de la Couronne (*canyon street*)