



## 10. OZONE TROPOSPHERIQUE (O<sub>3</sub>)

### 1. Introduction : l'ozone

L'ozone est un gaz composé de trois atomes d'oxygène. Il s'agit d'un polluant secondaire, c'est-à-dire qu'il n'est pas émis directement dans l'air ambiant, mais formé suite à la séparation des atomes d'une molécule d'oxygène (O<sub>2</sub>) sous l'effet des photons solaires (UV) :



90% de l'ozone contenu dans l'atmosphère se concentre dans la stratosphère, à une distance située entre 15 et 35 km de la surface terrestre. Cette "couche d'ozone" constitue l'écran solaire naturel de notre planète : elle agit comme un filtre invisible qui protège toutes les formes de vie contre les dangers d'une surexposition aux rayons ultraviolets (UV) du soleil. En effet, une propriété physique importante de l'ozone est sa capacité d'absorber très efficacement les rayons UV.

Les 10% restant se trouvent à proximité du sol : c'est cet ozone troposphérique qui est problématique pour notre santé et qui fait l'objet de cette fiche.

#### 1.1. Toxicité / effet sur l'environnement

Même si l'ozone n'est pas un polluant typiquement urbain, il apparaît en bonne place parmi les indicateurs de la qualité de l'air vu son impact sur la santé et l'environnement. S'il est présent en quantité anormalement élevée à proximité du sol, l'ozone peut en effet causer de graves problèmes sanitaires, en particulier chez les personnes sensibles (personnes âgées, enfants en bas âge, personnes asthmatiques ...).

Plusieurs seuils de concentration sont définis au sein des directives européennes :

- Entre 180 et 240 µg/m<sup>3</sup>, on constate une diminution de la fonction respiratoire de l'ordre de 5% auprès de la population moyenne et de 10% chez les personnes sensibles ;
- Entre 240 et 360 µg/m<sup>3</sup>, cette diminution de la fonction respiratoire atteint 5 à 15% auprès de la population moyenne et de 10 à 30% chez les personnes sensibles, avec possibilités de maux de tête, d'irritations des yeux, du nez et de la gorge ;
- Au-delà de 360 µg/m<sup>3</sup>, tous ces effets sont ressentis plus sérieusement et la diminution de la fonction respiratoire est supérieure à 15% auprès de la population moyenne, et de plus de 30% chez les personnes sensibles; on constate également une diminution significative des performances physiques.

L'ozone a également un effet néfaste sur la végétation, tant au niveau des cellules des feuilles (dégâts foliaires sous forme de taches ou nécroses) que sur la croissance elle-même ou la productivité des cultures.

#### 1.2. Origine du polluant

Contrairement aux autres polluants, l'ozone n'est pas émis par une source particulière. A ce titre, il ne peut donc pas faire l'objet d'un inventaire des émissions.

En effet, l'ozone est un polluant secondaire issu de la réaction photochimique entre des polluants primaires (appelés précurseurs), comme les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), en présence du rayonnement solaire (UV) et d'oxygène.

Une concentration d'ozone mesurée à un endroit précis est toujours le résultat de deux processus opposés : un processus de formation d'ozone et un processus de destruction d'ozone. Un équilibre dynamique s'installe ainsi entre ces deux processus :



Cet équilibre est toutefois perturbé du fait que le NO est lui-même en grande partie oxydé en NO<sub>2</sub> dans une réaction avec des radicaux provenant des COV. Par conséquent, le NO n'est pas disponible pour la destruction d'ozone et le NO<sub>2</sub> formé peut à nouveau être scindé sous l'influence des rayons UV et former de l'ozone. Une même molécule de NO<sub>2</sub> peut en quelque sorte engendrer la formation de plusieurs molécules d'O<sub>3</sub>. Ce processus en chaîne peut donner lieu à une formation d'ozone excédentaire, même en cas de faible concentration des précurseurs.

Les deux processus évoluent à des vitesses différentes : la formation d'ozone évolue assez lentement (plusieurs heures) mais la décomposition de l'ozone se fait en quelques minutes seulement. La répartition spatiale de la concentration d'ozone n'est ainsi pas homogène, en raison -entre autres- de la destruction de l'ozone qui peut varier fortement d'un endroit à l'autre.



En Région de Bruxelles-Capitale, la principale source d'émissions de NO<sub>x</sub> et des COV est la circulation automobile qui représente près de 50% des émissions. D'autres sources importantes d'émissions de NO<sub>x</sub> 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 COV 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, etc. ...).

Les NO<sub>x</sub> sont donc liés à la fois à la formation et à la destruction de l'ozone. NO et NO<sub>2</sub> sont en grande partie originaires de la même source (trafic routier). Par conséquent, des mesures à court terme visant à la diminution de la production des précurseurs, dans le but éventuel de diminuer la formation d'ozone, conduisent également à une diminution de la destruction de l'ozone. Le phénomène est donc très complexe : des mesures de réduction des émissions, avec une vue à trop court terme peuvent en effet conduire à un résultat opposé à celui attendu.

## 2. Concentrations dans l'air ambiant

### 2.1. Réglementation

La réglementation relative à l'ozone est décrite dans la fiche AIR 3 sur la réglementation en matière de pollution atmosphérique en vue de protéger la santé publique au niveau local. Y sont abordées les objectifs et obligations européens (valeurs cibles, seuils d'information et d'alerte, surveillance), ainsi que leur application en Belgique et en Région bruxelloise.

### 2.2. Surveillance

Les mesures d'ozone en Région de Bruxelles-Capitale ont commencé en 1986.

Le réseau télémétrique bruxellois comprend 7 postes qui mesurent l'ozone : Maricolles à Berchem-Ste-Agathe (B011), IRM à Uccle (R012), Ecluse 11 à Molenbeek-St-Jean (R001), Avant-Port à Bruxelles/Haren (N043), Quai aux Briques à Bruxelles (B004), Parlement Européen à Bruxelles (B006) et Gulledele à Woluwe-St-Lambert (WOL1).

De manière générale, les concentrations d'ozone les plus élevées sont mesurées dans les postes de mesure non directement influencés par le trafic. Ainsi, étant donné qu'il n'y a pas d'axes de trafic important dans l'environnement immédiat des postes de Berchem-Ste-Agathe (B011) et d'Uccle (R012), la destruction de l'ozone y est plus faible qu'à proximité des voies de circulation importantes. La situation de ces deux postes est par conséquent idéale pour la mesure des concentrations maximales d'ozone en Région de Bruxelles-Capitale.

La destruction d'ozone suite à l'influence directe du trafic peut être observée clairement dans les postes de mesure proche du centre-ville, notamment à Molenbeek (R001) et Quai aux Briques (B004), et dans les postes de mesure situés le long des axes de trafic, tels que le poste de l'Avant-Port (N043) et de Woluwe-St-Lambert (WOL1).

Les données de mesure relatives à l'ozone ambiant sont disponibles sur les sites suivants :

- L'[outil "qualité de l'air" du site de Bruxelles Environnement](#) permet d'afficher les données en temps réel pour la Région de Bruxelles-Capitale
- La Cellule interrégionale de l'environnement ([www.irceline.be](http://www.irceline.be)) donne les données validées (actuelles et historiques) pour toute la Belgique.



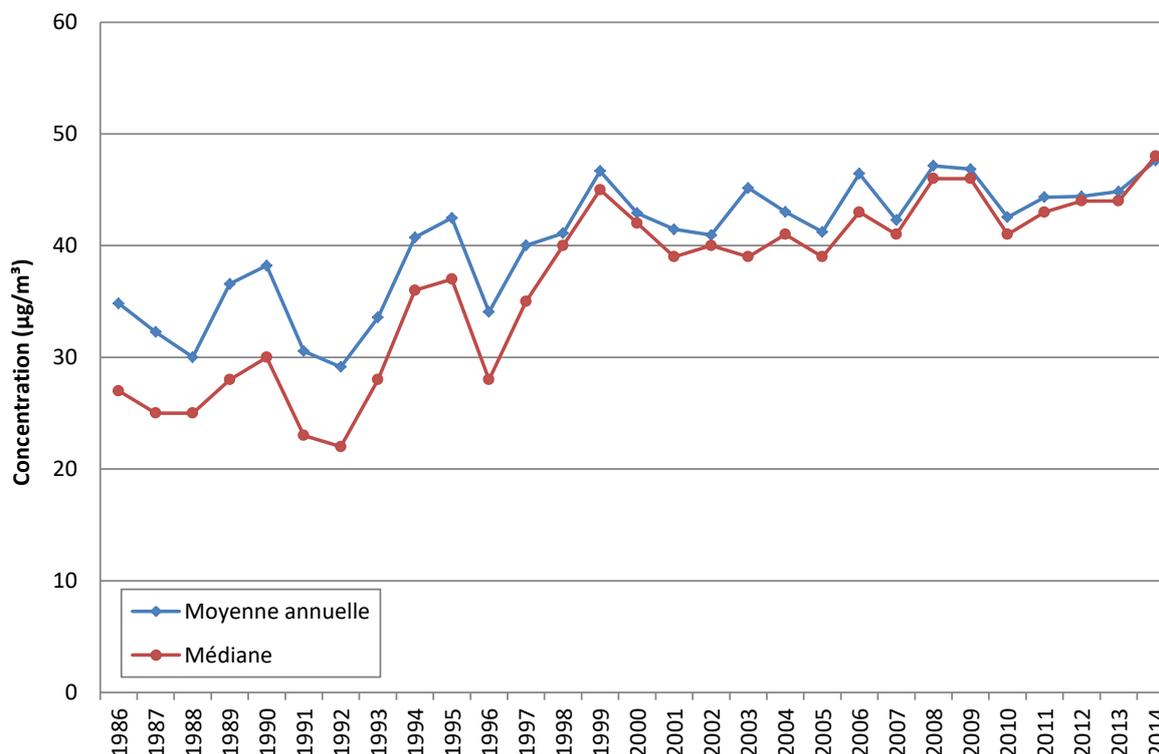
## 2.3. Evolution des concentrations de O<sub>3</sub>

### 2.3.1. Evolution à long terme des concentrations en O<sub>3</sub>

**Figure 10.1 :**

#### **Evolution des concentrations annuelles moyenne et médiane en ozone troposphérique à la station d'Uccle (1986-2014)**

Source : Bruxelles Environnement, Laboratoire de recherche en environnement (air)



En 2014, la concentration annuelle moyenne comme médiane d'ozone troposphérique à la station d'Uccle était de 48 µg/m<sup>3</sup>. L'évolution des concentrations dans le temps semble montrer une tendance à la hausse de la concentration médiane dans les années '90, qui est beaucoup moins prononcée dans les années 2000 : la médiane annuelle semble se stabiliser. En outre, le nombre ou l'intensité des pics de concentration d'O<sub>3</sub> diminue.

La tendance à la hausse dans les années '90 peut notamment s'expliquer par une diminution générale des concentrations en NO (polluant destructeur d'ozone). Notons cependant qu'elle n'est pas évidente au niveau de toutes les stations de mesure.

### 2.3.2. Evolution mensuelle des concentrations de O<sub>3</sub>

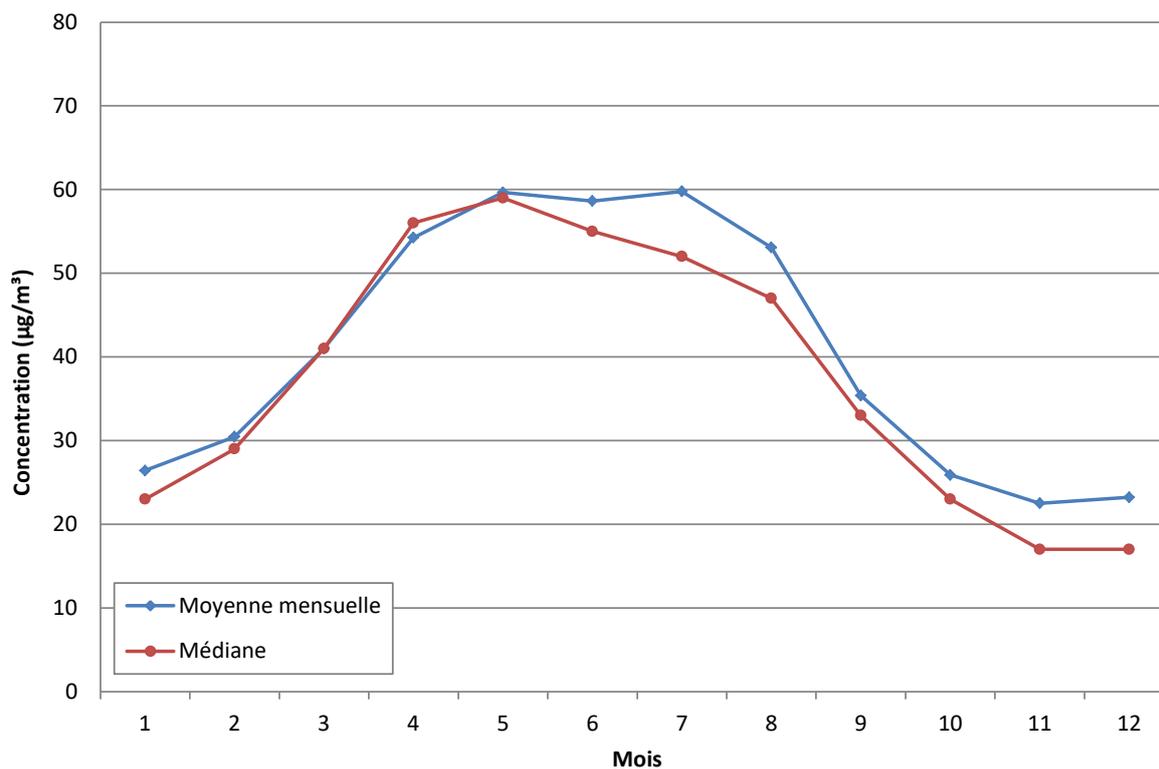
Les concentrations moyenne et médiane d'ozone sont plus élevées au printemps et en été (de mars à août) et plus basses en fin d'année (novembre et décembre).



**Figure 10.2 :**

**Evolution des concentrations mensuelles moyenne et médiane en ozone troposphérique à la station d'Uccle (1986-2014)**

Source : Bruxelles Environnement, 2016



L'explication de cette tendance est double :

- En été : augmentation de l'ensoleillement (et donc du rayonnement UV), propice à la formation d'ozone ;
- En période hivernale : réduction de l'ensoleillement (et donc du rayonnement UV) et augmentation des émissions de NO via le chauffage des bâtiments notamment, ce qui favorise les réactions chimiques de destruction d'ozone.

**2.3.3. Evolution journalière moyenne des concentrations de O<sub>3</sub>**

L'évolution moyenne journalière de la concentration d'ozone en période estivale est caractéristique et liée à l'ensoleillement : elle baisse durant les premières heures de la matinée, puis augmente au fur et à mesure que la journée progresse pour atteindre un maximum en fin d'après midi ou en soirée, et se réduit progressivement durant la nuit.

Comme précisé plus haut, les concentrations en ozone les plus élevées sont mesurées à Uccle et Berchem-Sainte-Agathe, où l'évolution des concentrations moyennes respecte ce schéma. Les niveaux de concentrations à Woluwe et à l'Avant-Port sont plus faibles en raison de la plus forte destruction locale de l'ozone à ces postes de mesure, liée aux émissions de NO par le trafic. La figure ci-après illustre ces constats à l'aide des données de mesures de 2014.

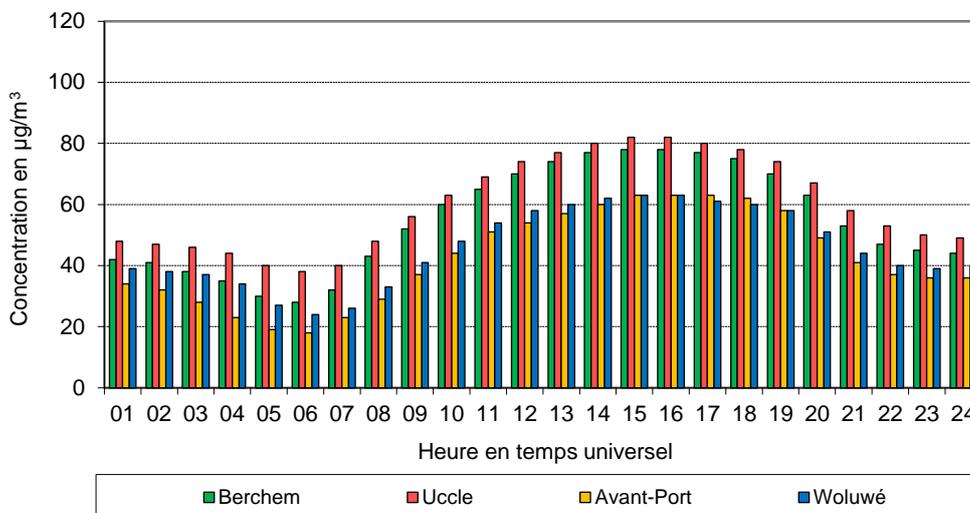


**Figure 10.3 :**

**Concentration d’ozone : évolution journalière moyenne mesurée par 4 postes pendant l’été 2014 (1er mai au 31 août)**

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, (12:00 h TU), il est 14:00 h temps local (TL).

Source : Bruxelles Environnement, 2016



Pour chaque poste de mesure, la valeur moyenne a été calculée par période horaire tous les jours de la période estivale.

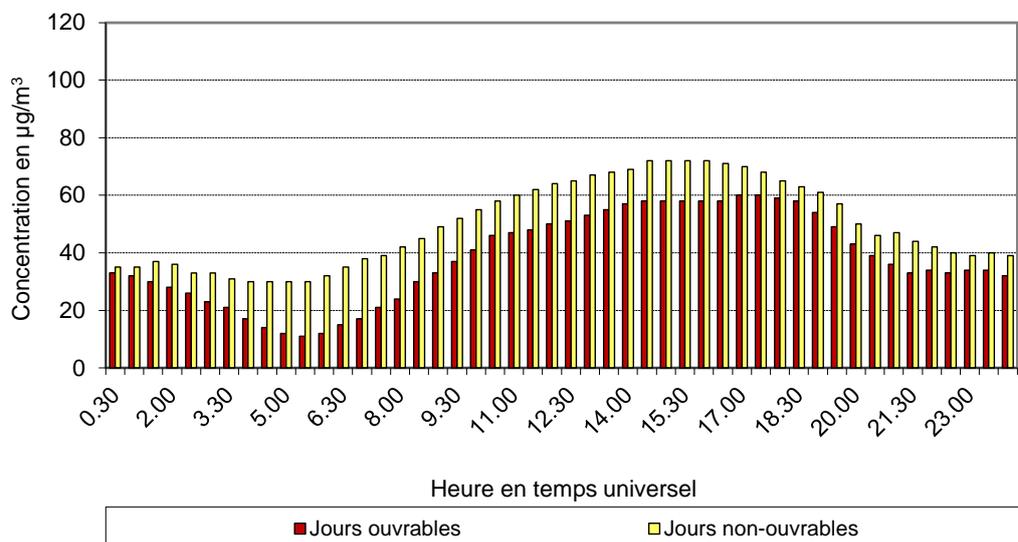
Les concentrations d'O<sub>3</sub> sont également, pour une même station, en moyenne plus élevées les jours non ouvrables (samedi, dimanche et jours fériés ; caractérisés par une circulation globalement moins intense) et en moyenne plus faibles les jours ouvrables. Les différences sont plus flagrantes aux postes de mesure situés à proximité de la circulation (Avant-Port par exemple). Cette différence entre la situation des jours ouvrables et les jours non ouvrables est constatée chaque année (voir rapports de Bruxelles Environnement sur la qualité de l'air en période estivale).

**Figure 10.4 :**

**Concentration d’ozone : évolution journalière moyenne de la concentration en O<sub>3</sub> les jours ouvrables et non-ouvrables pendant la période mai- août 2014 à Haren / Avant-Port**

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, (12:00 h TU), il est 14:00 h temps local (TL).

Source : Bruxelles Environnement, 2016





## 2.4. Conformité avec la réglementation

### 2.4.1. Valeur cible pour la santé publique

Pour rappel, la valeur cible pour la santé publique, à atteindre depuis 2010, est une valeur maximale de 120 µg/m<sup>3</sup> sur 8 heures (à atteindre maximum 25 jours par an, en moyenne sur 3 années-calendrier).

**Tableau 10.5 :**

**Nombre de jours pour lesquels le maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures des concentrations en ozone dépasse 120 µg/m<sup>3</sup> (1998-2014)**

Source: Bruxelles Environnement, Dpt. Laboratoire, Qualité de l'air et CELINE, 2015

Rem : pour la détermination d'un nombre valable de dépassements par an, un certain nombre de conditions doivent être remplies selon l'annexe VII de la directive 2008/50/CE. Le nombre de dépassements dans le tableau ci-dessous est calculé en tenant compte de ces conditions depuis le 1/10/2009. Les valeurs peuvent donc légèrement différer des valeurs publiées avant le 1/10/2009.

Stations de mesure	1998-2000	1999-2001	2000-2002	2001-2003	2002-2004	2003-2005	2004-2006	2005-2007	2006-2008	2007-2009	2008-2010	2009-2011	2010-2012	2011-2013	2012-2014
Ste Catherine (B004)	#	#	9	14	14	16	11	#	#	14	13	9	8	8	6
Parlement (B006)	#	#	#	21	17	17	16	15	16	9	12	10	9	6	6
Berchem-Ste-Agathe (B011)	15	19	17	27	23	24	22	20	22	15	16	13	12	11	10
Avant-Port (N043)	6	15	13	17	13	17	14	13	11	7	6	5	5	5	3
Molenbeek-St-Jean (R001)	7	10	10	15	11	12	12	11	9	3	5	7	7	4	2
Uccle (R012)	18	22	17	19	17	19	25	23	25	18	18	16	13	12	9
Woluwe-St-Lambert (WOL1)	5	#	#	#	#	12	11	8	8	4	7	7	8	5	3

# : Pas de mesure

Les cases en rouge indiquent un dépassement du nombre de jours de dépassement (25 jours) des concentrations moyennes annuelles de 120 µg/m<sup>3</sup> moyennée sur 3 ans, imposé par la directive 2008/50/CE.

Dans le passé, le nombre de jours avec dépassement, moyenné sur 3 ans, variait entre 20 et 30. Ainsi, deux périodes estivales moyennement riches en ozone, ou parfois un seul été très riche en ozone sur trois ans, pouvaient entraîner un dépassement de la valeur cible.

Actuellement, la valeur cible pour la santé publique est respectée, mais il est néanmoins important de garantir le maintien du respect de cet objectif dans le futur.

De plus, pour lutter contre les pics d'ozone qui se produisent en été, une diminution des concentrations de fond d'ozone est nécessaire, ce qui, comme déjà dit précédemment, ne peut se faire que par une diminution à grande échelle et long terme des émissions des précurseurs, en particulier les NOx et les COV.

### 2.4.2. Valeur cible pour la végétation

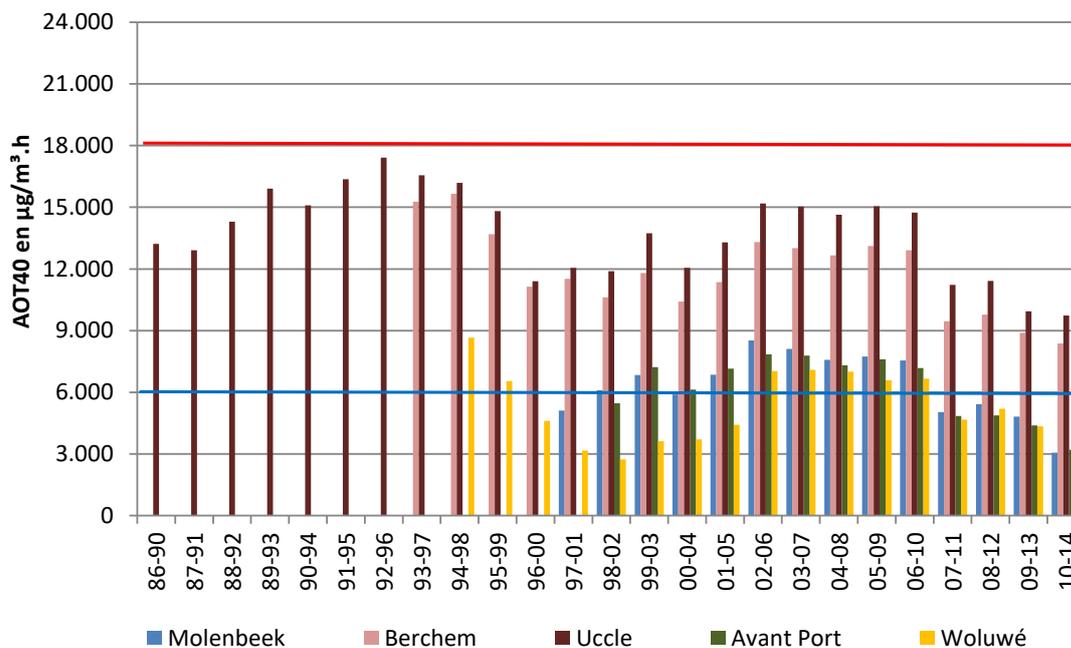
La directive définit également une valeur cible pour 2010 pour la protection de la végétation : l'AOT40-MJ calculé pour la période de mai à juillet, entre 8 et 20 h et moyenné sur 5 ans, ne peut être supérieur à 18.000 µg/m<sup>3</sup>.h (cf. ligne rouge dans le graphique). La période de 5 ans débute en 2010. La cible à long terme est de 6.000 µg/m<sup>3</sup>.h (cf. ligne bleue dans le graphique).



**Figure 10.6:**

**O3 – Evolution de l'AOT40-MJ – en moyenne sur 5 ans (mai-juillet, 8-20 h de l'Europe centrale, AOT calculé à 100% de disponibilité des données, 1986-2014)**

Source : Bruxelles Environnement, 2016.



En moyenne sur 5 ans, dans aucun des postes de mesure, on ne relève de valeurs de l'AOT40-MJ supérieures à 18.000 µg/m³.h. Des valeurs inférieures à l'objectif à long terme, à savoir 6.000 µg/m³.h, sont pour l'instant loin d'être atteintes dans les postes de mesure d'Uccle et de Berchem-Ste-Agathe.

### 2.4.3. Seuils d'information et d'alerte

Le seuil d'information de la population, à savoir 180 µg/m³ en tant que valeur horaire, n'a pas été dépassé pendant l'année 2014. Par conséquent, le seuil d'alerte, à savoir 240 µg/m³ en tant que valeur horaire, n'a pas été dépassé non plus en 2014.

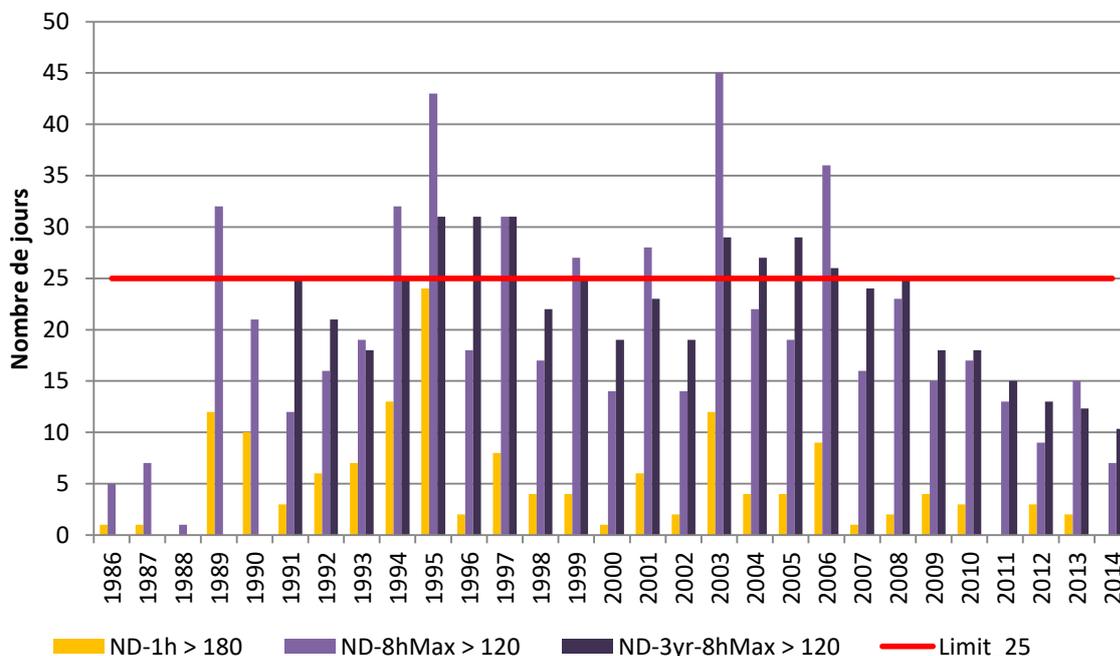
La figure suivante donne, pour toutes les stations de Bruxelles, un aperçu de l'évolution du nombre de dépassements du seuil d'information (180 µg/m³ comme valeur horaire) et de la valeur cible pour la protection de la santé humaine (120 µg/m³ comme valeur maximale sur 8 heures de la journée), figurant dans les directives 2008/50CE et 2002/3/CE.



Figure 10.7 :

**O<sub>3</sub> – Nombre de jours avec dépassements du seuil d'information (valeur horaire > 180 µg/m<sup>3</sup>) et de la valeur cible fixée pour la santé publique (max. journalier de la moyenne sur 8 h > 120 µg/m<sup>3</sup>)**

Source : Bruxelles Environnement, 2016.



## Sources

1. Bruxelles-Environnement, 2013. « La qualité de l'air en Région de Bruxelles-Capitale - Période estivale 2013 », rapport technique du Laboratoire de Recherche en Environnement, 121 pages.  
[http://document.environnement.brussels/opac\\_css/electfile/rptO3\\_2013\\_fr.pdf](http://document.environnement.brussels/opac_css/electfile/rptO3_2013_fr.pdf)
2. Bruxelles-Environnement, 2013. « La qualité de l'air en Région de Bruxelles-Capitale - période estivale 2013, Annexe: Tableaux des distributions de fréquences cumulées pour O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub> et la somme (O<sub>3</sub> + NO<sub>2</sub>) - périodes estivales 1986-2013 », rapport technique du Laboratoire de Recherche en Environnement, 33 pages.  
[http://document.environnement.brussels/opac\\_css/electfile/STUD\\_2013\\_QAir\\_RBC\\_AnnT](http://document.environnement.brussels/opac_css/electfile/STUD_2013_QAir_RBC_AnnT)

## Autres fiches à consulter

- Carnet Air – données de base pour le plan
  - 2. Constats
  - 3. Les accords internationaux et leurs implications en matière de fourniture de données - impact local : protéger la santé publique
  - 4. Les accords internationaux et leurs implications en matière de fourniture de données - impact global : protéger les écosystèmes pour protéger l'homme
  - 5. Les accords internationaux et leurs implications en matière de fourniture de données les polluants suivis en Région de Bruxelles-Capitale
  - 8. Oxydes d'azote
  - 9. COV
  - 25. Distance aux objectifs de qualité et d'émissions
  - 40. Directives de la qualité de l'air de l'Organisation Mondiale de la Santé
  - 41. Indices de la qualité de l'air à Bruxelles



- 59. La protection de la qualité de l'air

### **Auteur(s) de la fiche**

Rédaction initiale : DE VILLERS Juliette, SQUILBIN Marianne, VANDERSTRAETEN Peter

Actualisation 2016 : VERBEKE Véronique, VANDERPOORTEN Annick

Relecture : Céline GANTY, Thierry DE VOS

Date de la révision : Février 2016