

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 (SO_2) 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 SO_2 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 SO_2 et sur les particules respirables. A certains endroits toutefois, des systèmes de mesure des oxydes d'azote (NO_x = somme de NO et NO_2), de l'ozone (O_3), du monoxyde de carbone (CO) et de la concentration en hydrocarbures volatils ont également été installés.

Au cours des années, la pollution par le SO_2 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 combustibles.

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.

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' O_3 . Il y a actuellement environ 37 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 $180 \mu g/m^3$ 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.

3.1. 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 NO₂ est à l'origine de la formation d'ozone : $\text{NO}_2 + h\nu \rightleftharpoons \text{NO} + \text{O}$. L'atome d'oxygène libéré et une molécule d'oxygène forment ensemble l'ozone : $\text{O} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{O}_3$.

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 NO₂, 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 NO₂, 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 : $\text{O}_3 + \text{NO} \rightleftharpoons \text{O}_2 + \text{NO}_2$.

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 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 poste 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).