



6. DIOXYDE DE SOUFRE (SO₂)

Le lecteur intéressé par les aspects législatifs de la pollution atmosphérique par le dioxyde de soufre devra compléter la lecture de la présente fiche par une consultation des fiches documentées Air 3 et 4. La fiche 3 rassemble la réglementation que la région bruxelloise doit faire respecter au niveau local pour protéger la santé publique, tandis que la fiche 4 expose les accords internationaux qui visent à protéger les écosystèmes au niveau planétaire et qui concernent aussi la Région.

L'information sur les réseaux bruxellois pour la surveillance du SO₂ (description des emplacements et des méthodes de mesure) ainsi que l'analyse des distributions de fréquences cumulées des données SO₂ sont présentés dans les rapports techniques du Laboratoire de Recherche en Environnement (LRE).

Les références et les adresses internet de ces documents complémentaires se trouvent à la fin du présent document.

Les observations en temps quasi-réel et historiques des concentrations de SO₂, sont disponibles sur les sites de :

- L'Institut Bruxellois de la Gestion de l'Environnement (IBGE) <http://www.ibgebim.be/>: cliquez dans la bannière « Pollumètre » sur « Plus d'infos »
- La CELLule INterrégionale de l'Environnement (CELINE) <http://www.irceline.be>

Introduction

1.1. Effets sur l'environnement

Le dioxyde de soufre est un polluant gazeux acidifiant. Il contribue à l'acidification de l'environnement. Une fois émis dans l'air et en présence d'eau, le dioxyde de soufre forme de l'acide sulfurique (H₂SO₄) qui contribue au phénomène des pluies acides. Les substances acidifiantes perturbent la composition de l'air, des eaux de surface et du sol. La détérioration des sols provoque des dégâts sur les plantes et la végétation. L'acidification des eaux de surface peut provoquer la mort de certaines espèces et porte atteinte aux chaînes alimentaires aquatiques douce et marine. Ainsi, les substances acidifiantes portent préjudice aux écosystèmes. Les pluies acides attaquent certains matériaux de construction et dégradent ainsi le patrimoine architectural et culturel.

Les émissions de dioxyde de soufre sont aussi à l'origine de la formation de brouillards toxiques connus sous le nom de smog. Le SO₂ s'associe à des particules en suspension qui ont une affinité avec l'eau. Des gouttelettes de liquide sont ainsi formées dans lesquelles le gaz irritant (SO₂, par exemple) est fixé. Une mince pellicule imperméable autour de ces gouttelettes empêche leur évaporation. Ces gouttelettes forment ensemble une brume qui est à l'origine du smog.

1.2. Effets sur la santé humaine

Le dioxyde de soufre est un gaz irritant qui agit en synergie avec d'autres substances telles que les particules en suspension. A forte concentration, le dioxyde de soufre peut avoir de graves effets sur la santé. Il a pour effet d'altérer la fonction pulmonaire chez l'enfant et provoque des symptômes respiratoires chez l'adulte (toux, gêne respiratoire, bronchite...). Les effets sont d'autant plus remarquables chez les personnes sensibles telles que les asthmatiques et les fumeurs.

Des expositions répétées pendant des temps courts à des concentrations élevées (250 µg/m³), associées à une exposition permanente plus faible augmentent les risques de bronchites chroniques, particulièrement chez les fumeurs et les personnes sensibles. Des concentrations élevées incommodes les personnes sensibles souffrant d'affections respiratoires chroniques. Les fiches Santé (voir références en fin de document) contiennent de plus amples informations à ce sujet.

1.3. Origine du polluant

La présence de SO₂ dans l'atmosphère provient de la combustion de matières fossiles contenant du soufre telles que le charbon et les produits pétroliers liquides (le gaz naturel étant désulfuré avant son transport et sa distribution). Dans une moindre mesure, le SO₂ est rejeté au cours de procédés



industriels tels que la fabrication d'acide sulfurique, d'acide phosphorique, de papier et l'incinération des déchets.

Le dioxyde de soufre est un polluant primaire, il est émis comme tel et ne se forme pas dans l'atmosphère contrairement à d'autres polluants comme l'ozone, les particules et une partie du NO₂. Le soufre émis correspond au contenu en soufre du combustible et du carburant. Depuis 1996, beaucoup d'efforts ont été consentis pour désulfurer les combustibles et les carburants mais ce procédé a un coût : la désulfuration est très énergivore et contribue à l'augmentation des émissions de CO₂.

2. Les émissions de dioxyde de soufre en Région de Bruxelles-Capitale

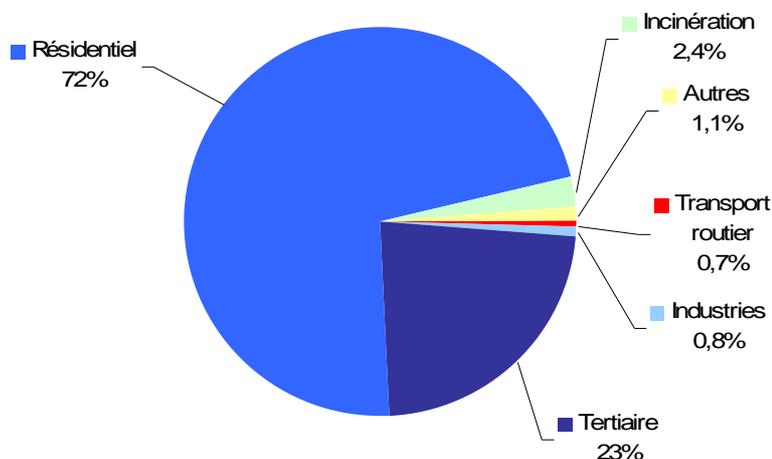
2.1. Répartition sectorielle des émissions de SOx¹ en 2008

La Figure 6.1 montre la contribution relative des secteurs d'activité aux émissions de SOx en 2008. L'inventaire permet de distinguer les secteurs individuels qui sont importants pour la pollution par le SOx en RBC, il s'agit par ordre décroissant des secteurs résidentiel et tertiaire, du transport routier, de l'incinération et des industries. A ceux-ci s'ajoute une catégorie « Autres », elle regroupe les autres émetteurs qui ne contribuent que très peu aux émissions régionales de SOx : en RBC, il s'agit du transport ferroviaire et fluvial, de la crémation, du traitement des métaux et de la cokerie (fermée en 1993).

Notons que les émissions des secteurs résidentiel, tertiaire et industriel, proviennent principalement de l'utilisation de combustibles pour le chauffage de leurs bâtiments. Le dioxyde de soufre n'est pas un polluant typique du trafic routier. Vu l'absence de sources industrielles importantes de SO₂ dans la région, la part du trafic routier dans les émissions totales de SO₂ n'est toutefois pas négligeable.

Figure 6.1 : Répartition sectorielle en 2008 des émissions de SO₂ sur le territoire de la RBC

Source : IBGE - Département Planification Air, Energie et Climat, Inventaires soumis en 2011



Nous pouvons conclure que le chauffage des logements (72%) et des bâtiments tertiaires (23%) sont à eux deux responsables de 95 % de la masse totale de SOx émise sur le territoire de la Région de Bruxelles-Capitale.

¹ SOx ou SO₂ : les dioxydes et trioxydes de soufre sont formés lors de la combustion et sont souvent considérés ensemble sous la forme SOx. A hautes températures, le SO₃ se décompose en SO₂. Ainsi la quantité de SO₂ dans le gaz de combustion est approximativement de l'ordre de 99%. Le SOx peut donc être interprété comme étant principalement du SO₂.

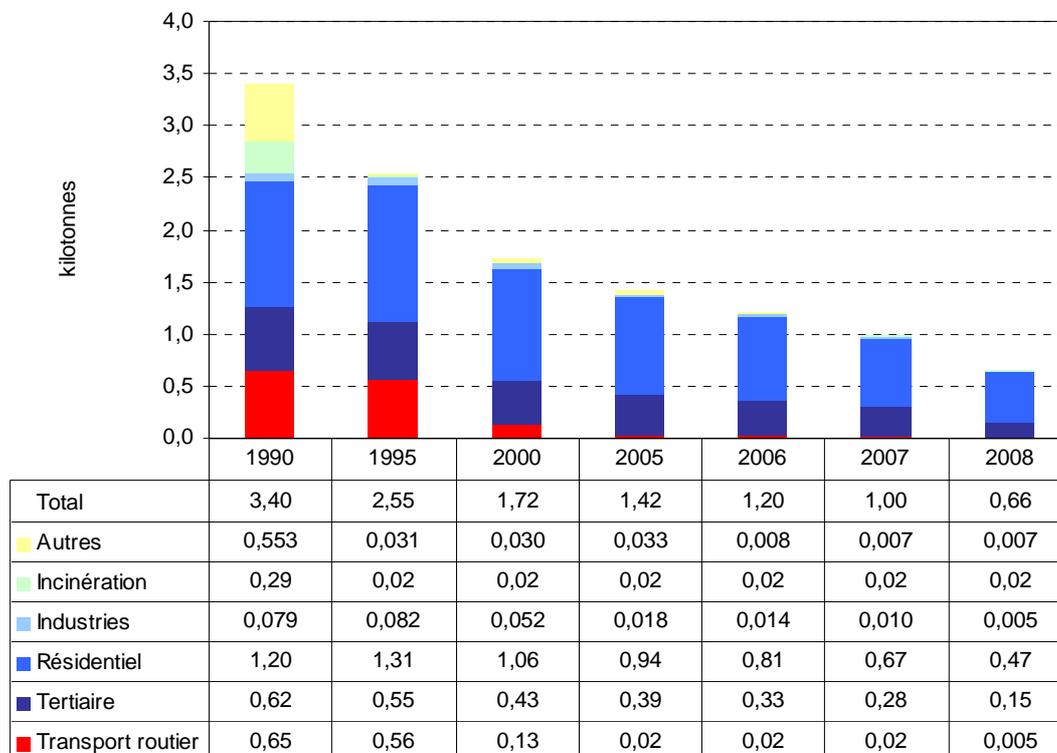


2.2. Evolution temporelle des émissions régionales de SO₂

La Figure 6.2 représente la quantité d'émissions de SO₂ en 1990, 1995, 2000 et entre 2005 et 2008.

Figure 6.2 : Evolution temporelle des émissions sectorielles régionales de SO₂ en ktonnes (1990, 1995, 2000, 2005-2008)

Source : IBGE - Département Planification Air, Energie et Climat, Inventaires soumis en 2011



Les émissions de SO₂ des différents secteurs ont diminué au fil des années :

La consommation croissante de gaz naturel à la place des produits pétroliers pour chauffer les bâtiments, a entraîné une diminution des émissions de SO₂ dans les **secteurs résidentiel, tertiaire et industriel**. Les diminutions de teneur en soufre des combustibles liquides (gasoil de chauffage et fuel lourd) ont aussi contribué à réduire les émissions de ces secteurs.

Le **secteur du transport routier** enregistre également une nette réduction d'émissions de SO₂ suite à la diminution de la teneur en soufre des carburants (essence, diesel) depuis 1996.

Le **secteur incinération** note lui aussi une forte diminution d'émissions grâce à la mise en place d'un système de lavage de fumées à l'incinérateur de déchets. Cette diminution atteint les 94% entre 1990 et 2008.

La diminution progressive de production de la cokerie du Marly suivie de sa fermeture en 1993 a permis de réduire significativement les émissions industrielles de SO₂ (**secteur Autres**).

3. Evolution sur le long terme des concentrations de SO₂ en région bruxelloise

Les mesures de concentration en SO₂ dans l'air ambiant dépendent directement des émissions de SO₂. En d'autres mots, une diminution des émissions se traduit par une diminution similaire des niveaux de concentrations.

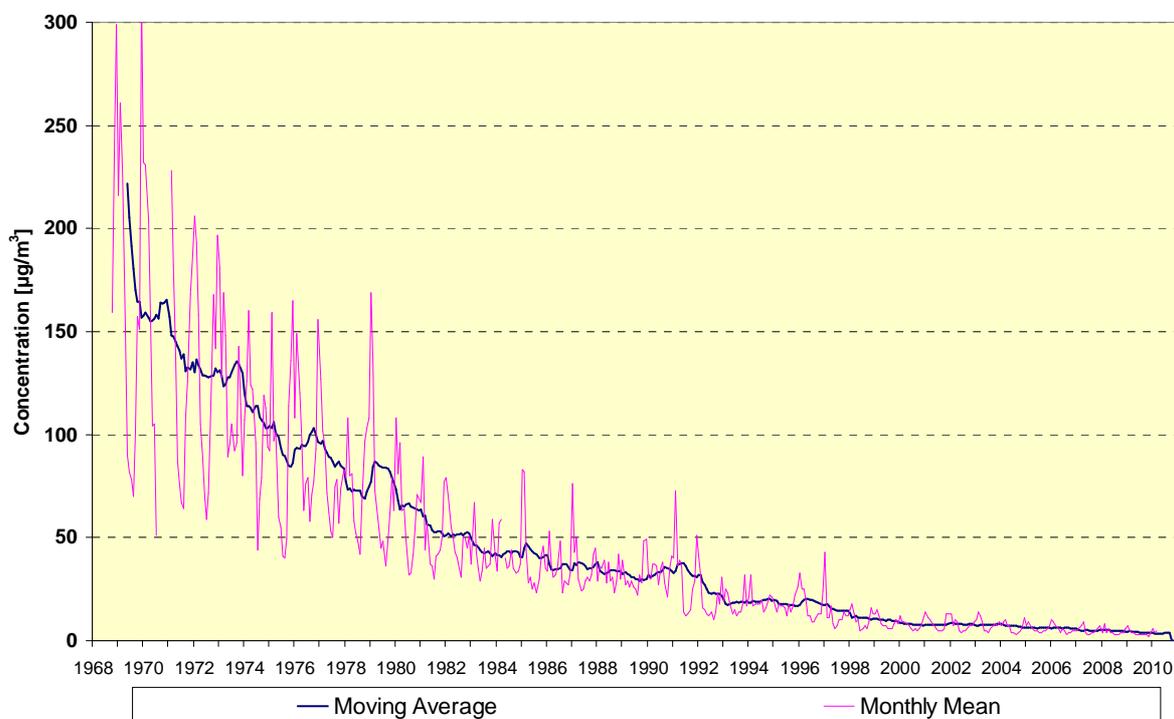
La Figure 6.3 représente l'évolution des concentrations de SO₂ en région bruxelloise depuis le début des mesures en 1968 jusqu'en 2010. La moyenne annuelle glissante (en bleu dans la figure) et la moyenne mensuelle (en magenta dans la figure) ont été calculées à partir des mesures du réseau télémétrique.



Les valeurs de la moyenne mensuelle permettent de constater l'écart significatif des concentrations entre les mois d'hiver et les mois d'été jusqu'à la fin des années 90. Cet écart s'est peu à peu atténué au fil des législations successives qui ont limité la teneur en soufre du gasoil de chauffage. Les valeurs de la moyenne annuelle glissante indiquent la tendance de l'évolution des concentrations de dioxyde de soufre.

Figure 6.3 : Les concentrations de SO₂ entre 1968 et 2010, en µg/m³

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



Les concentrations moyennes actuelles sont 15 à 20 fois inférieures à celles mesurées au début des années 70. Les concentrations de SO₂ dans la région bruxelloise sont relativement basses depuis une bonne décennie. Les mesures actuelles montrent que les différences de niveaux de concentrations entre les jours ouvrables et les jours non ouvrables, et entre les périodes estivales et hivernales sont limitées.

Malgré ce bilan positif, le SO₂ reste problématique de manière indirecte. Tout d'abord, le SO₂ est un précurseur des sulfates particulaires qui se forment dans l'atmosphère et qui peuvent se déplacer sur de grandes distances (VMM, 2009). Ces aérosols secondaires augmentent – parfois de façon considérable - les concentrations de particules en suspension (PM10 et PM2,5) enregistrées par le réseau de surveillance de la qualité de l'air en région bruxelloise (voir fiche air n°23). Les valeurs imposées pour ces fractions de particules continuent à poser un problème en RBC car les directives européennes ne sont pas respectées. Ensuite, il faut être conscient que les améliorations technologiques ne viennent pas sans coût et qu'elles ont leurs limites : dans ce cas précis de la désulfuration, elles sont accompagnées d'importants rejets de CO₂. Seuls les changements de comportement et de production qui mènent à une réduction de la consommation énergétique, offrent à long terme la garantie pour une amélioration durable de la qualité de l'air.

4. Distance aux objectifs obligatoires

4.1. Introduction

Avec la mise en place de directives, l'Union européenne entend protéger et améliorer la qualité de l'air de ses états-membres. Certaines directives visent à limiter les émissions de certains polluants et permettent d'agir sur les sources émettrices de ces derniers. D'autres directives concernent l'évaluation de la qualité de l'air ambiant et fixent des valeurs seuils de concentration pour certains polluants présents dans l'atmosphère. Le non-respect des objectifs édictés par les directives peut entraîner des sanctions.



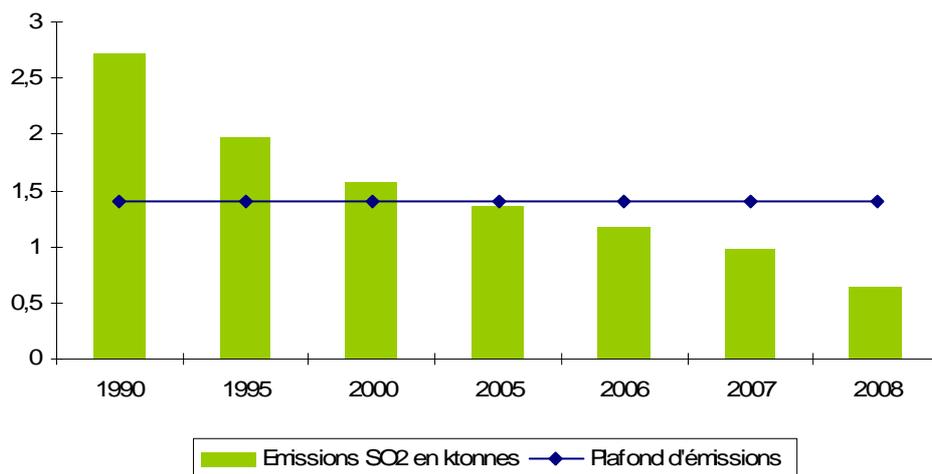
Les directives qui concernent le SO₂ ont été transposées en droit bruxellois et sont entrées en vigueur.

4.2. Emissions

Suite à la **directive « plafonds d'émissions nationaux »** (2001/81/CE), la RBC s'est vu imposer une valeur limite d'émissions² de dioxyde de soufre de 1,4 ktonnes à ne plus dépasser à partir de fin 2010. La Figure 6.4 permet de voir la distance des émissions totales de SO₂ en RBC par rapport au plafond régional qui a trait aux sources émettrices fixes.

Figure 6.4: Evolution des émissions de SO₂ (sources fixes) en ktonnes en 1990, 1995, 2000 et entre 2005 et 2008

Source : IBGE - Département Planification Air, Energie et Climat, Inventaires soumis en 2011



La Région de Bruxelles-Capitale respecte le plafond de la directive depuis 2005 (1,367 ktonnes). En 2008, l'émission régionale de SO₂ par les sources fixes montaient à 0,65 ktonnes.

La directive « incinération des déchets » (2000/76/CE) fixe des valeurs limites pour les émissions de SO₂ par les installations d'incinération. Ces valeurs sont reprises dans le permis d'environnement de l'incinérateur régional de déchets ménagers qui est situé à Neder-Over-Heembeek. Le tableau 6.5 reprend les valeurs limites qui s'appliquent depuis le 28 décembre 2005 aux concentrations de SO₂ mesurées dans les gaz de combustion des trois lignes de l'incinérateur. Ces limites sont établies en terme de moyenne journalière et en terme de moyenne semi-horaire. Jusqu'en 2006, les mesures à l'émission se faisaient 3 fois par an. Depuis 2006, les mesures réalisées en continu (valeurs semi-horaires) par l'exploitant et contrôlées par Bruxelles Environnement, permettent un contrôle plus précis des émissions (voir fiche air n°37-2009). Comme le montre le tableau, les émissions de l'incinérateur ont respecté les valeurs limites pour le SO₂ en 2006 et 2007.

²La directive 2001/81 fixe pour les trois régions des plafonds d'émissions pour les sources fixes. Les émissions du transport (sources mobiles) sont limitées par un plafond national.



Tableau 6.5

Valeurs limites pour la concentration à l'émission des installations d'incinération et résultats des mesures continues (moyennes semi-horaires) réalisées à l'incinérateur de Neder-Over-Heembeek en 2006 et 2007

Source : fiche documentée air n°37-2009

mg/Nm ³	Valeurs limites			Maxima		Moyennes	
	Moyennes journalières	Moyennes semi-horaires* 100%	97%	2006**	2007	2006	2007
SO ₂	50	(A) 200	(B) 50	98,78	51,90	0,53	0,10

* Soit aucune des moyennes sur une demi-heure ne peut dépasser les valeurs limites d'émission A, soit 97% des moyennes sur une demi-heure ne peut dépasser les valeurs limites d'émission B (cf AGRBC du 21/11/2002 relatif à l'incinération des déchets).

** Le mois de janvier 2006 n'est pas pris en compte étant donné que les appareils de mesures en continu ont été installés entre le 22 et le 26/01/2006.

4.3. Concentrations dans l'air ambiant

A l'heure actuelle, le dioxyde de soufre est mesuré en « temps réel » et de façon continue dans 8 stations du réseau téléométrique. Les différents environnements types de la région sont ainsi représentés dans les résultats de mesures. Le tableau 6.6 donne les moyennes annuelles de la concentration en SO₂ pour les années 1996 à 2008. Il ressort des rapports du LRE que les résultats obtenus via les analyses différées du réseau non téléométrique (échantillonnages sur 24 heures) sont tout à fait comparables à ceux du réseau téléométrique (LRE, 2009, chap. 4.7, p.4).

Tableau 6.6

Moyennes annuelles* de la concentration en SO₂ en µg/m³, calculées sur base des valeurs journalières mesurées dans les diverses stations du réseau téléométrique de la région de Bruxelles-Capitale

Source: Laboratoire de recherche en environnement, Qualité de l'air 2006-2008, chap. 4.7, p.2

MOY	R001	R002	E003	E005	E011	R012	N043	MEU1	W011	E013
1996	25	17	24		13	14	16		14	19
1997	18	11	17		13	12	12		11	15
1998	15	9	14		10	10	13		7	11
1999	12	9	13		9	9	11	--	5	9
2000	10	8	10		7	7	9	8	4	9
2001	10	--	11	--	8	8	8	9	--	9
2002	9	6	--	7	6	7	6	6	6	7
2003	10	7	9	8	6	7	7	7	7	8
2004	9	5	9	7	5	7	6	6	4	7
2005	6	4	8	5	#	6	6	5	6	#
2006	6	5	7	5		6	6	5	6	
2007	5	4	6	4		7	6	4	5	
2008	4	5	5	4		5	5	3	3	

* du 1 janvier au 31 décembre

-- moins de 50% des données validées sur base annuelle

mesures de SO₂ arrêtées à cet emplacement

La directive 2008/50/CE fixe une valeur limite horaire et une valeur limite sur 24 heures pour la concentration de SO₂ dans l'air ambiant et autorise un certain nombre de dépassements par an. Le tableau 6.7 reprend l'ensemble de ces valeurs.



Tableau 6.7

Valeurs limites et seuil d'alerte pour les concentrations de SO ₂ , qui sont d'application au 1er janvier 2010*			
Source: Directive 2008/50/CE			
Protection	Valeur limite (µg/m ³) Seuil d'alerte	Mbde de calcul	Nombre de dépassements autorisés
Santé publique	350 (VL)	Valeur moyenne horaire	24 par an
	125 (VL)	Mbyenne journalière	3 par an
	500 (seuil d'alerte)	Mbyenne sur 3h consécutives	

* Ces mêmes valeurs limites sont entrées en vigueur le 1er janvier 2005.

Les mesures de concentrations en dioxyde de soufre (tableau 6.6) indiquent que les valeurs limites (tableau 6.7) sont respectées à tous les points de mesure sans aucun problème. Entre 2006 et 2008, il n'y a eu aucune valeur journalière supérieure à 125µg/m³, de plus aucune valeur horaire n'a dépassé 350 µg/m³ (LRE, 2009, p.5). Le seuil d'alerte n'a pas été dépassé.

Conclusions

Les émissions de SO₂ sont entièrement dues à la présence de soufre dans les combustibles et dans les carburants. Suite à la limitation de certaines activités et au renforcement progressif des normes de produits européennes qui ont réduit la teneur en soufre du gasoil de chauffage et du fuel lourd, d'une part, et du diesel et de l'essence d'autre part, les émissions ont été fortement réduites entre 1990 et 2008. L'utilisation accrue du gaz naturel pour la production d'énergie et le chauffage domestique a également contribué positivement à la diminution de la pollution par le SO₂.

Les objectifs en terme d'émissions et de concentrations à respecter à partir du 1^{er} janvier 2010 sont atteints. Le dioxyde de soufre ne constitue plus actuellement une préoccupation pour la Région de Bruxelles-Capitale. Cependant, il est nécessaire de rester vigilant quant à l'essor éventuel du chauffage au bois en RBC du fait de l'importance des émissions de SO₂ de ce mode de chauffage.

Sources

- BRUXELLES ENVIRONNEMENT (2007), Rapport sur l'état de l'environnement bruxellois 2003-2006 II. Qualité de l'environnement et qualité de vie – 1. Air extérieur, rapport sur l'état de l'environnement 2007, 45 pp. http://documentation.bruxellesenvironnement.be/documents/EE2006FR_volet2_air.PDF
- BRUXELLES ENVIRONNEMENT-LRE (2009), La qualité de l'air en Région de Bruxelles-Capitale :mesures à l'immission 2006 – 2008 4.7 Dioxyde de soufre, rapport technique, 10 pp. http://documentation.bruxellesenvironnement.be/documents/QAir_Rpt0608_Resume_fr.pdf?
- BRUXELLES ENVIRONNEMENT-LRE (2009), La qualité de l'air en Région de Bruxelles-Capitale :mesures à l'immission 2006 – 2008 Annexe A Systèmes de mesure de la pollution de l'air, 42.pp. http://documentation.bruxellesenvironnement.be/documents/Rpt0608_annA_systemesMesure_fr.PDF
- VMM (2009), Chemkar PM10: Chemische karakterisatie van fijn stof in Vlaanderen, 2006-2007 http://www.vmm.be/publicaties/2009/CK_PM10_TW.pdf

Sites internet

- Notre-planète, http://www.notre-planete.info/environnement/particules_2.php

Autres fiches à consulter

Thématique Air – données de base pour le plan

- 3. La réglementation en matière de pollution atmosphérique en vue de protéger la santé publique au niveau local
- 4. Les accords internationaux pour limiter la pollution atmosphérique globale afin de protéger les écosystèmes et l'homme



- 23. Les particules fines (PM 10, PM 2,5)
- 25. Distance aux objectifs en matière d'émissions et d'immissions de polluants atmosphériques
- 37. Emissions atmosphériques générées par l'incinérateur de déchets de Bruxelles Energie (Edition 2009)
- 43. Synthèse des émissions atmosphériques en Région de Bruxelles-Capitale (année 2008)

Thématique Santé

- Fiche 14 Asthme
- Fiche 15 Bronchopneumopathie Chronique Obstructive (BPCO)
- Fiche 16 Maladies d'irritation
- Fiche 20 Atteinte chimique de l'appareil respiratoire

Auteur(s) de la fiche

BLAVIER Géraldine et DEBROCK Katrien

Relecture : Anne Cheymol

Mise à jour : janvier 2011