

2. Composés du soufre

2.1. Introduction

Les principaux composés du soufre présents dans l'atmosphère sont le dioxyde de soufre (SO₂), le trioxyde de soufre (SO₃), les sulfates (dont l'acide sulfurique) et le sulfure d'hydrogène (H₂S).

Ces composés du soufre peuvent provenir de phénomènes naturels comme le volcanisme, les embruns marins, l'érosion ou diverses fermentations comme dans les marécages. Cependant, l'activité humaine reste le principal émetteur d'oxydes de soufre principalement par l'utilisation de combustibles fossiles. Lors de la combustion, le soufre contenu comme impureté s'oxyde pour former du SO₂ et dans une faible mesure du SO₃.

Suite au développement industriel, les concentrations en SO₂ ont atteint par le passé des niveaux préoccupants et il fut un des premiers polluants mesurés de manière continue au sein du réseau soufre-fumées (mesure par acidimétrie) dès 1968, puis au sein du réseau télémétrique à partir de 1978. En 2001, la mesure par acidimétrie a totalement été abandonnée et actuellement, la surveillance du SO₂ s'effectue au sein des stations du réseau télémétrique.

Le dioxyde de soufre est tristement célèbre du fait des graves épisodes de pollution observés par le passé : Londres en 1952 ou Engis en 1930. Le dioxyde de soufre est un gaz irritant et corrosif et fait l'objet de normes.

Les sulfates présents dans les particules en suspension dans l'atmosphère peuvent provenir de l'érosion ou des embruns marins pour les particules « grossières » mais aussi par condensation et oxydation du dioxyde de soufre principalement dans les aérosols plus fins. C'est pourquoi, ils sont dosés au sein du réseau métaux lourds (pour 11 stations) et font l'objet de la deuxième partie de ce chapitre. Ces stations peuvent être des stations de surveillance de la pollution urbaine et industrielle ou des stations de surveillance de la pollution de fond, vu le caractère parfois transfrontalier de ce type de pollution (la transformation du dioxyde de soufre est relativement lente par rapport au transport des polluants). Les sulfates présents dans les précipitations seront abordés dans le chapitre relatif aux retombées acides.

Enfin, le soufre peut se retrouver dans sa forme réduite sous forme de sulfure d'hydrogène. Dans l'air atmosphérique, le sulfure d'hydrogène est un

polluant mineur parmi les composés du soufre, même si les gênes qu'il cause sont fortement ressenties par les populations à cause de son odeur nauséabonde. La mesure de H₂S s'effectue en général lors de campagnes ponctuelles ciblées. Un milieu particulier, celui d'Engis, a fait l'objet d'une surveillance permanente.

2.2. Dioxyde de soufre

2.2.1. Résultats de l'année 2005

Jusqu'en 2004, la mesure du dioxyde de soufre s'effectuait dans toutes les stations du réseau télémétrique. En 2005, il a été décidé de diminuer le nombre de points de mesure du dioxyde de soufre vu que la couverture du territoire wallon était amplement suffisante, que le nombre de points était largement supérieur aux exigences européennes et que les niveaux mesurés étaient très bas et bien inférieurs aux normes. Cette rationalisation en matière de mesure du dioxyde de soufre devrait nous permettre de nous concentrer sur la mesure de polluants beaucoup plus préoccupants comme les particules en suspension. L'application de ce plan aurait dû prendre cours au début de l'année 2006 mais, à la station de Sainte Ode, le moniteur subissant des pannes récurrentes, il a été décidé de stopper prématurément les mesures.

Les teneurs en dioxyde de soufre apparaissent comme relativement faibles (Tableaux 2 et 3). Les stations situées en milieu urbain et/ou industriel (stations de la région de Charleroi et de Liège) enregistrent des concentrations plus élevées que les stations à caractère rural. Cependant, les différences deviennent minimales et les moyennes annuelles pour certaines stations rurales (comme Corroy) sont du même ordre que celles des stations urbaines les moins touchées. Par contre, les centiles élevés permettent encore une discrimination entre ces stations. Le comportement de la station de Mons se rapproche plus de celui d'une station rurale que d'une station urbaine, ce qui n'est plus vrai pour d'autres polluants comme les oxydes d'azote. La nouvelle station de Liège (Chéra), située dans la vallée à l'est du bassin sidérurgique et au sud de la ville enregistrent des niveaux du même ordre que la station de Saint-Nicolas située plus au sud-ouest du bassin sidérurgique et sur les hauteurs de Liège. Enfin, les centiles 98 à la station d'Eupen sont légèrement plus élevés qu'aux autres stations rurales. On y enregistre parfois de petits pics, probablement sous l'influence de la pollution venant d'Allemagne.

Par rapport à 2004, les paramètres statistiques évoluent peu avec quelques variations qui ne sont pas toujours très significatives. La station d'Engis fait exception et on observe une diminution particulièrement marquée sur le centile 98, atteignant ainsi le niveau le plus bas jamais mesuré à cet endroit. Cette station se distingue par des teneurs plus élevées en SO₂, en raison de l'influence des industries voisines et de la topographie particulière des lieux. Son comportement est totalement différent des autres stations et les pics de pollution qu'on y enregistre correspondent rarement aux épisodes des autres stations.

2.2.2. Variations saisonnières

Les teneurs en dioxyde de soufre varient avec les saisons, et les épisodes de fortes concentrations se rencontrent généralement durant la saison froide (Figure 1). D'une part, les conditions climatiques en hiver sont moins favorables à la dispersion des polluants et, d'autre part, les besoins énergétiques et donc les émissions sont plus importants (chauffage domestique, secteur de l'énergie).

Le cas extrême d'épisode a lieu en période d'inversion de température. La température est alors plus basse au niveau du sol qu'en altitude et les polluants restent confinés au niveau du sol. Cet effet peut être renforcé par l'effet de cloche. En milieu urbain, la part du chauffage domestique peut alors devenir importante, car les émissions s'effectuent à basse altitude, alors que la plupart des installations industrielles sont équipées de cheminées suffisamment hautes pour émettre les polluants à une altitude supérieure à la hauteur de l'inversion.

En 2005, les concentrations les plus hautes se rencontrèrent durant une période couvrant les mois de janvier et février et allant jusque la mi-mars. D'avril à octobre, les niveaux furent faibles pour augmenter à partir du mois de novembre. Comme c'est le cas depuis plusieurs années, on note que la différence entre la saison froide et la saison chaude est peu marquée.

Station	Localité	Nombre de valeurs		Moyenne (µg/m ³)		Médiane (µg/m ³)		P90 (µg/m ³)		P95 (µg/m ³)		P98 (µg/m ³)	
		2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005
TMCH01	Marchienne-au-Pont	16670	15970	6	6	3	3	14	14	19	21	26	30
TMCH02	Marcinelle	15050	16705	4	4	2	3	11	10	17	14	25	21
TMCH03	Charleroi (Gl. Michel)	15391	15672	9	7	6	5	20	15	27	21	38	30
TMCH04	Lodelinsart	15529	15951	7	6	5	4	17	15	22	20	29	27
TMCH05	Châtelain	16664	16634	8	9	6	7	18	17	24	22	32	30
TMEG01	Engis	16451	16357	27	24	13	11	65	59	94	84	145	119
TMLG03	Liège (P. de la Boverie)	16679	16776	7	7	4	4	16	16	23	23	33	33
TMLG04	Angleur	16696	16689	5	4	3	2	13	10	18	15	25	22
TMLG05	Liège (Coronmeuse)	14807	16318	6	5	4	4	13	12	18	16	24	22
TMLG06	Liège (Chéra)	/	15348	/	8	/	5	/	19	/	26	/	35
TMMO01	Mons	16560	16432	4	3	3	3	8	7	10	9	14	12
TMNT01	Dourbes	16641	16253	3	2	2	1	5	4	7	6	10	8
TMNT02	Corroy-le-Grand	15830	15683	5	4	3	3	10	9	12	11	16	14
TMNT03	Vezin	16517	14263	3	3	1	2	7	8	10	10	15	14
TMNT04	Offagne	16454	16599	2	2	1	1	4	3	5	5	8	7
TMNT05	Sinsin	16644	15185	2	4	1	3	6	7	7	9	11	13
TMNT06	Ste Ode ⁽¹⁾	(12735)	7453	(2)	*	(1)	*	(4)	*	(6)	*	(9)	*
TMNT07	Habay-la-Vieille	15493	16318	5	3	4	2	9	5	11	7	14	9
TMNT08	Eupen	16640	16683	5	3	3	2	9	7	15	11	27	18
TMNT09	Vielsalm	16269	16217	1	2	0	1	3	3	4	5	6	7
TMSG01	Jemeppe	16392	16451	9	7	6	4	20	17	28	24	37	35
TMSG02	St-Nicolas	16695	16636	9	8	6	6	23	19	30	26	40	35

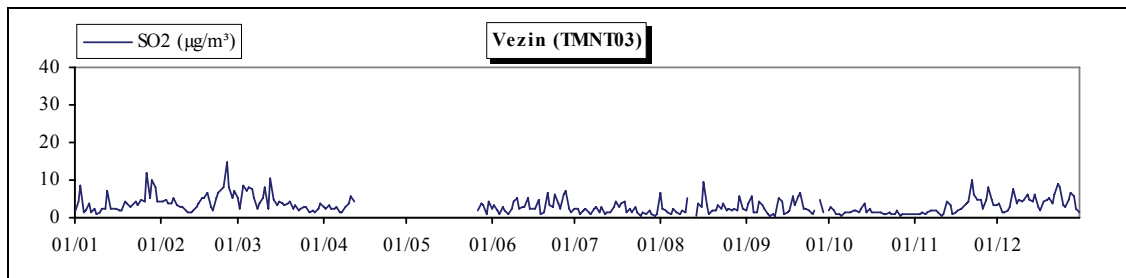
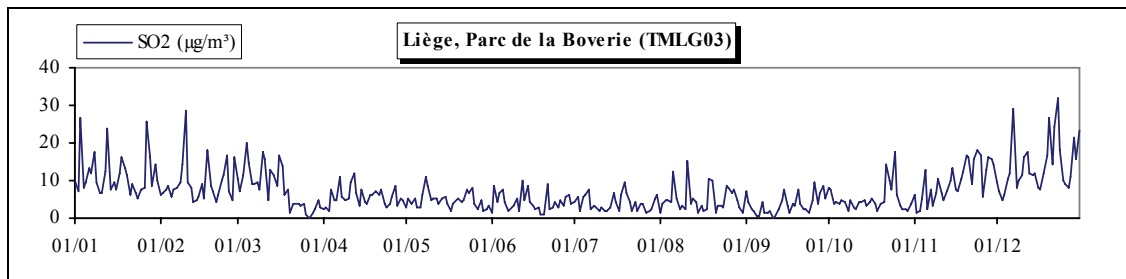
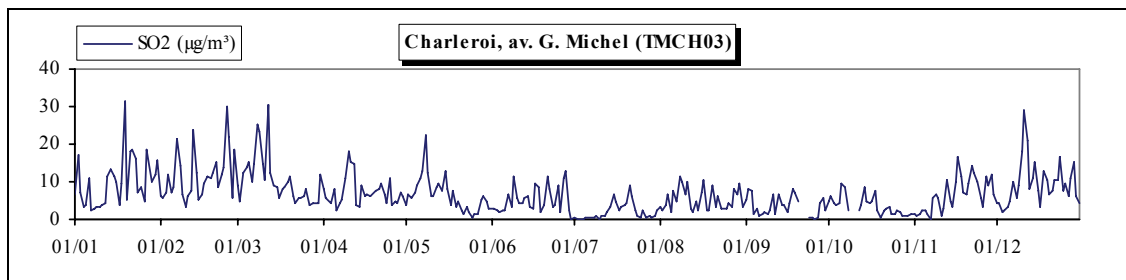
(1) arrêtée le 23/06/2005

Tableau 2 : Dioxyde de soufre - Réseau télémétrique - Valeurs semi-horaires - Statistiques 2004 et 2005

Station	Localité	Nombre de valeurs		Moyenne (µg/m³)		Médiane (µg/m³)		P90 (µg/m³)		P95 (µg/m³)		P98 (µg/m³)	
		2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005
TMCH01	Marchienne-au-Pont	364	348	6	6	4	4	13	12	15	15	17	25
TMCH02	Marcinelle	330	364	4	4	3	3	11	9	14	11	17	15
TMCH03	Charleroi (Gl. Michel)	351	359	9	7	7	6	17	13	21	17	26	22
TMCH04	Lodelinsart	351	364	7	6	6	5	14	13	17	15	21	19
TMCH05	Châtelineau	364	363	8	9	6	7	16	16	20	18	26	23
TMEG01	Engis	363	361	27	24	23	20	53	51	60	57	83	77
TMLG03	Liège (P. de la Boverie)	363	365	7	7	5	6	13	14	17	17	23	24
TMLG04	Angleur	366	365	5	4	4	3	10	9	13	12	16	15
TMLG05	Liège (Coronmeuse)	330	364	6	5	5	4	12	10	14	13	17	16
TMLG06	Liège (Chéra)	/	321	/	8	/	6	/	17	/	19	/	28
TMMO01	Mons	363	360	4	3	3	3	7	6	8	7	10	9
TMNT01	Dourbes	366	356	3	2	2	1	5	4	6	5	8	6
TMNT02	Corroy-le-Grand	345	343	5	4	4	4	9	7	10	9	12	10
TMNT03	Veizin	366	317	3	3	2	3	6	6	7	8	9	9
TMNT04	Offagne	361	364	2	2	2	1	3	3	4	4	6	5
TMNT05	Sinsin	365	331	2	4	2	3	5	6	6	8	7	10
TMNT06	Ste Ode	(288)	169	(2)	*	(1)	*	(4)	*	(5)	*	(6)	*
TMNT07	Habay-la-Vieille	349	355	5	3	4	3	7	5	8	6	10	7
TMNT08	Eupen	365	364	5	3	3	2	10	7	14	10	20	15
TMNT09	Vielsalm	358	356	1	2	1	1	3	3	4	4	5	6
TMSG01	Jemeppe	359	358	9	7	8	5	17	15	20	19	22	21
TMSG02	St-Nicolas	363	362	9	8	8	7	19	16	23	20	27	23

(1) arrêtée le 23/06/2005

Tableau 3 : Dioxyde de soufre - Réseau télémétrique - Valeurs journalières - Statistiques 2004 et 2005



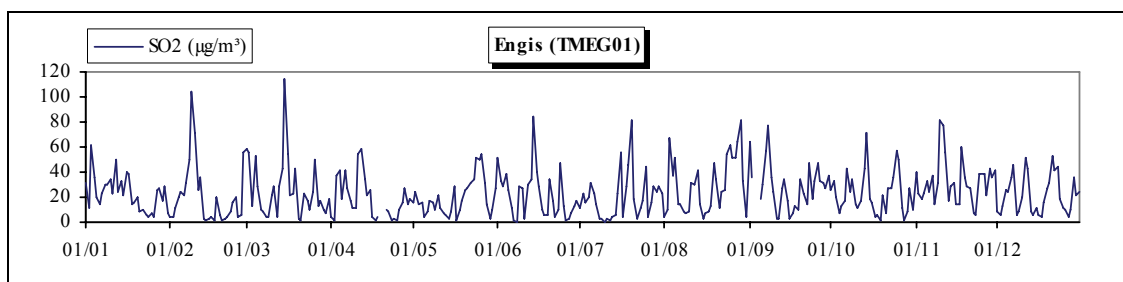


Figure 1 : Dioxyde de soufre - Evolution des concentrations journalières - Stations de Charleroi (TMCH03), Liège (TMLG03), Vezin (TMNT03) et Engis (TMEG01)

Comme les années précédentes, 2005 fut particulièrement douce au niveau des températures et il y eut un déficit très exceptionnel de la vitesse du vent.

« En Belgique, d'après les observations à Uccle, l'année 2005 est remarquable du fait d'un déficit « très exceptionnel » de la vitesse moyenne du vent, d'un excès « exceptionnel » de la pression atmosphérique et d'un excès « très anormal » de la température moyenne annuelle...

L'hiver 2005 a été globalement doux et normalement pluvieux. Au niveau des températures, l'hiver a été marqué par une alternance de périodes « chaudes » et « froides », avec une période particulièrement douce au cours des deux premières décades de janvier ainsi qu'au cours de la première moitié de février. En revanche, on a connu des conditions plus hivernales au cours de la seconde moitié de février ...

Globalement, le printemps fut relativement doux. Les conditions hivernales subies à la fin de l'hiver se sont prolongées au cours de la première décade de mars ; le reste du mois fut par contre particulièrement doux ...

L'été 2005 fut caractérisé par un excès « très anormal » de la température....

L'automne 2005 fut très exceptionnellement chaud. La première décade de septembre a été particulièrement chaude... Après deux décades plus normales, la douceur revint au cours du mois d'octobre, avec un excès qui avoisina les 3° C sur le mois. Seul le mois d'octobre 2001 fut plus chaud, avec 14.4 °C...

En conclusion, l'excès de la moyenne annuelle de la pression atmosphérique et sa conséquence sur le déficit de la vitesse moyenne du vent sont les faits climatologiques les plus marquants de cette année. ... La douceur quasi continue tout au long de l'année est aussi une caractéristique de 2005. »

Anormal : phénomène égalé ou dépassé en moyenne une fois tous les 6 ans.

Très anormal : phénomène égalé ou dépassé en moyenne une fois tous les 10 ans.

Exceptionnel : phénomène égalé ou dépassé en moyenne une fois tous les 30 ans.

Très exceptionnel : phénomène égalé ou dépassé en moyenne une fois tous les 100 ans. »

Source : IRM - Bilan climatologique de l'année 2005 (<http://www.meteo.be>)

La clémence de la température (meilleure dispersion et besoins énergétiques amoindris) constitue un avantage pour de faibles concentrations en polluants. Ceci est particulièrement vrai quand cet excès de température moyenne a lieu durant les périodes les plus froides de l'année comme ce fut le cas lors du début du mois de janvier où les concentrations furent faibles par rapport à un mois de janvier habituel. Durant cette période, le temps fut déterminé par des courants d'origine maritime et donc moins chargés en polluants que des courants continentaux. Le mois d'octobre fut également caractérisé par un excès de température moyenne et les niveaux furent du même ordre que durant un mois d'été.

Le déficit de la vitesse moyenne de vent peut apparaître comme un facteur défavorable à la dispersion des polluants. Or cet effet ne semble pas visible. D'une manière plus rigoureuse, il faudrait connaître le nombre de jours avec des vitesses de vent très faible voire nulles. En effet, en période d'inversion de température, l'atmosphère est stable et les vents sont faibles.

En hiver, les conditions anticycloniques amenant des masses d'air d'origine continentale (plus chargées en polluants que les courants maritimes) s'accompagne souvent d'une augmentation des polluants. Par exemple, le 25 février 2005, on observe un pic plus particulièrement visible aux stations de Charleroi :

« Du 23 au 27, Nos régions furent sous l'influence d'un flux de N.E. associé à un anticyclone s'étendant de l'Islande à la Scandinavie. » (Source : IRM, Résumé climatologique de février 2005).

Le 11 ou 12 décembre, on observe un pic sur la plupart des stations. Ce pic est tout particulièrement visible à Charleroi et est également associé à des conditions anticycloniques :

« Du 9 au 12, le développement d'un anticyclone sur les Iles Britanniques et son déplacement vers l'Europe de l'Est sont à l'origine de courants polaires puis continentaux. » (Source : IRM, Résumé climatologique de décembre 2005).

Les faibles teneurs en dioxyde de soufre sont un facteur positif pour la santé humaine et pour l'environnement. Cependant, si la diminution des concentrations dans l'air ne s'accompagne pas d'une réelle diminution des émissions, la charge en polluants que reçoit l'environnement ne diminue pas. En revanche, la façon (retombées humides ou sèches) et l'endroit où retombe cette charge change.

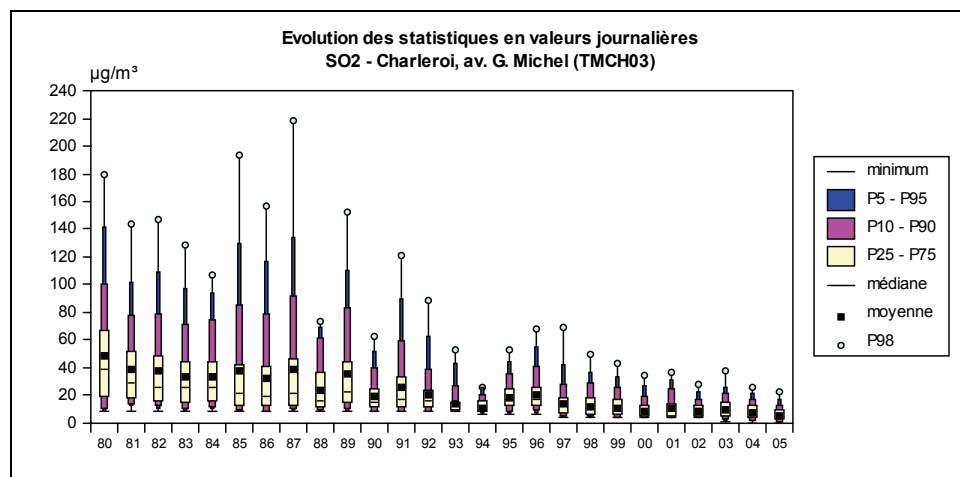
2.2.3. Evolution à long terme

Depuis le début des mesures, les concentrations en dioxyde de soufre n'ont cessé de baisser (Figure 2). Cette diminution est à mettre directement en rapport avec la diminution des émissions liée à plusieurs facteurs : abandon progressif de combustibles riches en soufre (charbon, fuel) au profit de combustibles plus propres (gaz

naturel, ...), limitation de la teneur en soufre des combustibles, augmentation de la part du nucléaire dans la production d'énergie, utilisation plus rationnelle de l'énergie, développement de l'épuration des rejets et aussi, il faut bien l'avouer, déclin de l'industrie lourde au profit du secteur tertiaire.

Les concentrations ont diminué plus ou moins régulièrement jusqu'à atteindre un minimum vers 1994-1995. Après une légère augmentation rencontrée en 1996 et 1997, la tendance est de nouveau à la baisse pour atteindre un minimum en 2002. Depuis, les niveaux se sont stabilisés à des niveaux très faibles. A de tels niveaux, il faut se montrer prudent sur l'interprétation d'une diminution car il est difficile de discerner l'effet de conditions météorologiques plus favorables d'une année à l'autre, d'une réelle diminution des émissions. Néanmoins, il est troublant de constater que les climats plus doux et plus pluvieux rencontrés ces dernières années coïncident avec les minima de teneurs en dioxyde de soufre.

A Engis, la diminution des paramètres statistiques est remarquable entre 1985 et 1988, puis entre 1993 et 1995. Ensuite, on note une légère augmentation entre 1995 et 1998, puis une diminution pour atteindre un minimum en 2002. Depuis les paramètres statistiques ont peu varié, la moyenne ne variant pas de plus de 3 µg/m³. En 2005, la moyenne est identique à celle du minimum de 2002 ; par contre les centiles élevés (P90, P95 et P98) n'ont jamais été aussi bas.



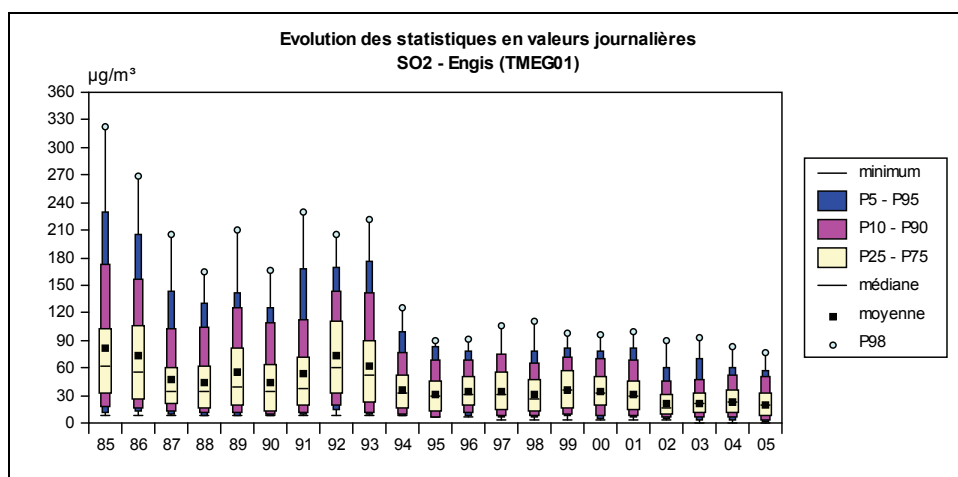
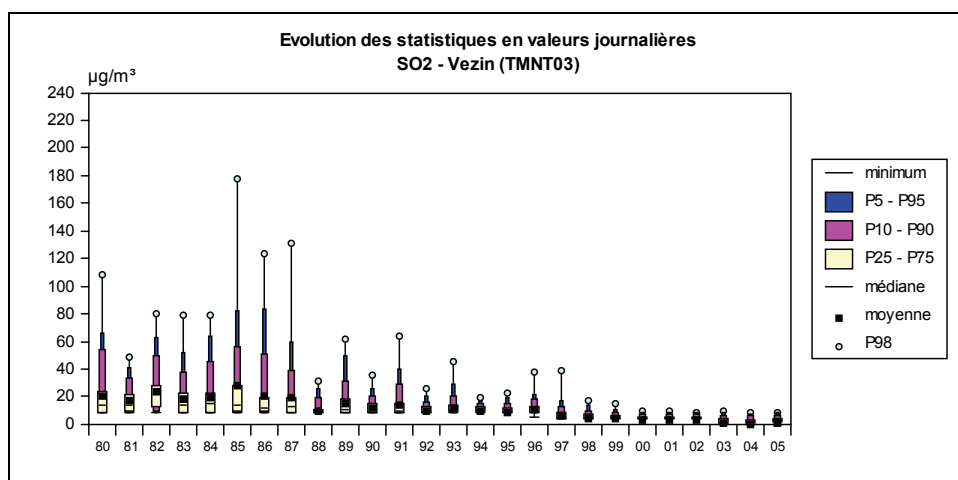
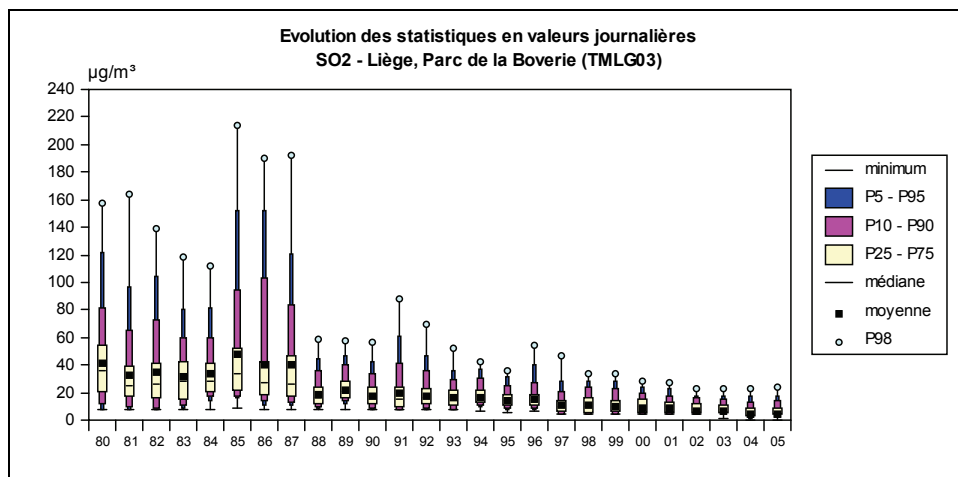


Figure 2 : Dioxyde de soufre - Réseau télémetrique - Evolution des paramètres statistiques - Stations de Charleroi (TMCH03), Liège (TMLG03), Vezin (TMNT03) et Engis (TMEG01)

2.2.4. Normes et dépassements

Historiquement, les valeurs limites en dioxyde de soufre étaient fixées par la directive 80/779/CEE, transposée en droit belge par l'arrêté royal du 16 mars 1983. Depuis 2005 et après une période transitoire où les deux directives étaient d'application, la directive 1999/30/CE du 22 avril 1999 a remplacé définitivement la directive de 1980 et réglemente seule les teneurs en dioxyde de soufre dans l'air. Cette directive a été transposée en droit wallon par l'arrêté du Gouvernement wallon du 23 juin 2000 publié au moniteur belge du 21 juillet 2000 (Tableau 5). Lors de l'entrée en vigueur de la directive, soit le 19 juillet 1999, il fallait respecter des valeurs limites augmentées de marges de dépassements diminuant linéairement jusqu'à atteindre en 2005 la valeur limite. Actuellement, il n'y a donc plus de marge de dépassement autorisée.

Actuellement, seule la région d'Engis montre encore des dépassements des valeurs limites pour la protection de la santé. En 2005, on a compté 3 dépassements de la limite horaire (contre 7 en 2004) et aucun dépassement de la limite journalière (contre 2 en 2004). Ces deux nombres sont largement inférieurs aux nombres de dépassements autorisés et la norme est donc respectée. Le Tableau 4 reprend les dates et valeurs des dépassements horaires tandis que la Figure 3 reprend, à titre d'exemple, l'évolution des concentrations horaires sur une période centrée sur le dépassement du 09 février. Ces trois épisodes de pollution en dioxyde de soufre ont été accompagnés d'une augmentation des particules en suspension PM10 avec parfois quelques heures de décalage. Par contre, ces épisodes sont propres à la station d'Engis et ne semble donc pas être la conséquence des conditions météorologiques défavorables couvrant toute la Wallonie mais plutôt la séquelle d'un incident local. Il faut remarquer que la directive 1999/30/CE est tout à fait muette quant à la gravité des dépassements. Si les valeurs limites sont dépassées, et quelle que soit la gravité du dépassement, les autorités sont tenues de prendre les mesures nécessaires pour remédier à cet état.

Station	Date	Heure	Valeurs ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
TMEG01	9/02/2005	6 à 7h	360
TMEG01	15/03/2005	0 à 1h	665
TMEG01	29/08/2005	4 à 5h	364
Total (TMEG01)		3	

Tableau 4 : Dioxyde de soufre - Dépassements de la valeur limite horaire de protection de la santé ($350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 1h) – 2005

Si la station d'Engis enregistre encore des dépassements, la situation s'est nettement améliorée et le nombre de dépassements a chuté à partir de 1994 (Figure 4). Depuis, le nombre de dépassements sur une heure a systématiquement été inférieur aux 24 dépassements permis par la norme. Par contre, en 1994 et 1998, le nombre de dépassements journaliers dépassa les trois dépassements permis.

On n'atteint jamais la valeur limite de protection des écosystèmes ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur un an et en hiver), sauf à la station d'Engis mais ce seuil est applicable à la protection des écosystèmes et ne concerne donc pas une station à caractère industriel.

La directive fixe un **seuil d'alerte** à $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur trois heures consécutives dans des lieux représentatifs d'une surface d'au moins 100 km^2 ou une zone ou une agglomération entière, la plus petite surface étant retenue. Le dépassement de ce seuil implique une information à la population. Aucun cas ne s'est présenté en 2005.

2.2.4.3. Autres chiffres de référence

Pour information, le Tableau 6 reprend différentes valeurs de référence de pays ou régions voisines.

2.2.5. Indices de qualité

Afin de donner au lecteur une vue plus claire et plus simple de la situation, on peut définir des indices de la pollution (voir § introduction) relatifs au dioxyde de soufre (Tableau 7).

Sur la Carte 1, sont reprises les répartitions par station des indices journaliers de pollution en dioxyde de soufre.

Pour toutes les stations à caractère rural, on retrouve un indice égal à 1 à 100 % du temps. La situation de la station d'Eupen, sous l'influence des polluants venant d'Allemagne est légèrement différente avec 2 % de jours d'indice égal à 2. Pour les stations de la région liégeoise et carolorégienne, la proportion de jours avec un indice de 1 diminue au profit de jours avec un indice égal à 2 (entre 2 et 12 %) et quelques jours avec un indice égal à 3. La situation est nettement différente à Engis, où les indices 1 et 2 ne représentent plus que 40 % et 30 %, avec 17 % de jours dont l'indice est égal à 3 et 14 % de jours appartenant à un indice supérieur ou égal à 4. Les indices sont même montés jusque 7 (pendant 2 jours).

	Période considérée	Valeur limite ⁽¹⁾	Marge de dépassement	Date à laquelle la valeur doit être respectée
Valeur limite horaire pour la protection de la santé humaine	1 heure	350 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 24 fois par année civile	150 µg/m ³ (43%) lors de l'entrée en vigueur de la directive, diminuant le 1/01/2001 et ensuite tous les 12 mois par tranches annuelles égales pour atteindre 0 % au 01/01/2005	01/01/2005
Valeur limite journalière pour la protection de la santé humaine	24 heures	125 µg/m ³ à ne pas dépasser plus de 3 fois par année civile	néant	01/01/2005
Valeur limite pour la protection des écosystèmes	Année civile et hiver (du 1/10 au 31/03)	20 µg/m ³	néant	19/07/2001

Tableau 5 : Dioxyde de soufre - Valeurs limites (directive 1999/30/CE)

(1) La directive (1999/30/CE) prévoit une exception et permet des dépassements des valeurs limites dans les zones proches d'une source naturelle mais, dans ce cas, il faut pouvoir prouver que le dépassement est dû à cette source naturelle.

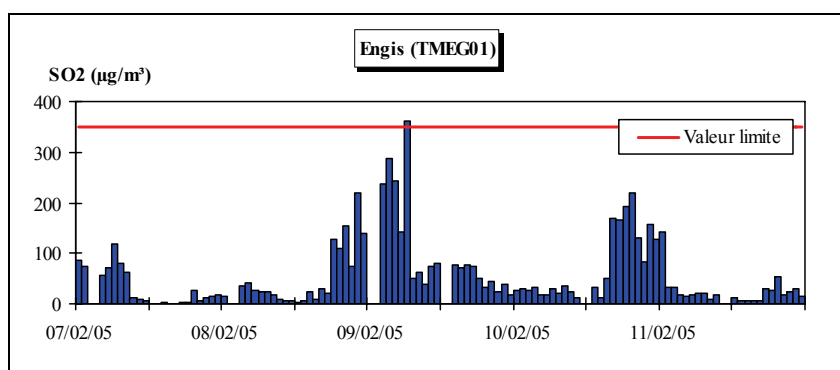


Figure 3 : Engis - Evolution des valeurs horaires

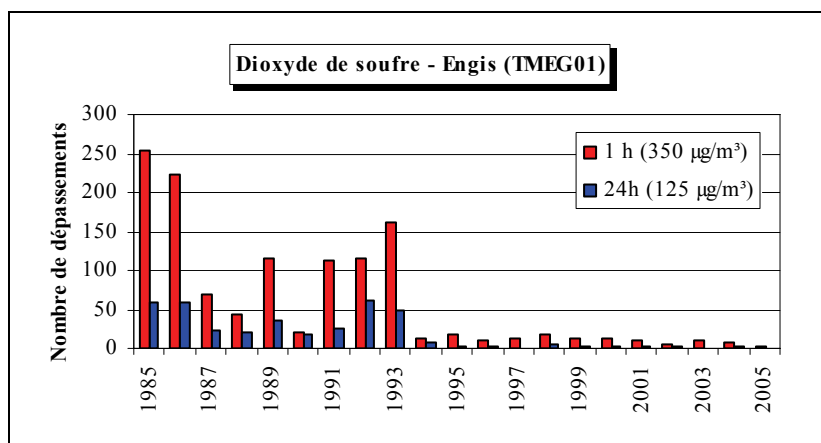


Figure 4 : Evolution du nombre de dépassements à Engis

Région/Pays	Seuil	Paramètre	Valeurs
Région de Bruxelles-Capitale	Seuil de préalerte	Moyenne journalière observée en deux stations	190 µg/m ³
	Seuil d'alerte	Moyenne journalière observée en deux stations	250 µg/m ³
	Seuil d'alarme	Moyenne journalière observée en deux stations et prévisions défavorables pour le lendemain	250 µg/m ³
Région flamande	Seuil de préalerte	Moyenne journalière observée en deux stations situées dans une même zone	190 µg/m ³
	Seuil d'alerte	Moyenne journalière observée en deux stations situées dans une même zone	250 µg/m ³
Valeurs guides OMS (WHO Air Quality Guidelines for Europe) ⁽¹⁾		Moyenne sur 10 min.	500 µg/m ³
		Moyenne sur 24 h	125 µg/m ³
		Moyenne annuelle	50 µg/m ³ (10-30 µg/m ³ : seuil critique effet écotoxique)
République fédérale d'Allemagne, valeurs MIK		Moyenne semi-horaire	1 000 µg/m ³
		Moyenne sur 24 h	300 µg/m ³
USA, National Ambient Air Quality Standards (NAAQS)		Moyenne annuelle	80 µg/m ³
		Moyenne sur 24 h	365 µg/m ³
		Moyenne sur 3 h	1 300 µg/m ³

Tableau 6 : Dioxyde de soufre - Autres chiffres de référence

(1) Dans la version de 1987, l'OMS associait ces valeurs à des teneurs de 125 µg/m³ en particules en suspension mesurées par la méthode des « fumées noires » pour la moyenne 24 h et de 50 µg/m³ pour la moyenne annuelle. Actuellement, l'OMS conserve les mêmes valeurs guides pour le SO₂, mais ne les lie plus aux teneurs en particules (Guidelines for Air Quality, Genève, 1999 et Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition, 2000).

Polluant		(µg/m ³)									
SO ₂	Moy. 24 h	0 à 15	16 à 30	31 à 45	46 à 60	61 à 80	81 à 100	101 à 125	126 à 165	166 à 250	>250
Indice		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Appréciation		Excellent	Très bon	Bon	Assez bon	Moyen	Médiocre	Très médiocre	Mauvais	Très mauvais	Exécrable

Tableau 7 : Dioxyde de soufre - Définition des indices de pollution

2.2.6. Répartition géographique

A titre d'exemple, la Figure 5 reprend la répartition des concentrations en dioxyde de soufre lors de l'épisode de la dernière décade du mois de février (temps influencé par des courants continentaux et froids). Au départ (23 février), les concentrations commencent à augmenter dans les deux bassins industriels (Charleroi et Liège). Le 24 février, la pollution s'étend à tout le nord de la Région. Le 25

février, les concentrations les plus élevées se retrouvent dans une zone centrée sur la région de Charleroi. On retrouve également une zone plus touchée à l'est de la région (Eupen), probablement sous l'influence d'une pollution venant d'Allemagne. Le 26, les niveaux baissent et la pollution semble s'évacuer par l'ouest de la Région. Enfin, le 27, la situation est redevenue normale avec des niveaux légèrement plus élevés le long du sillon Sambre et Meuse et à Eupen.

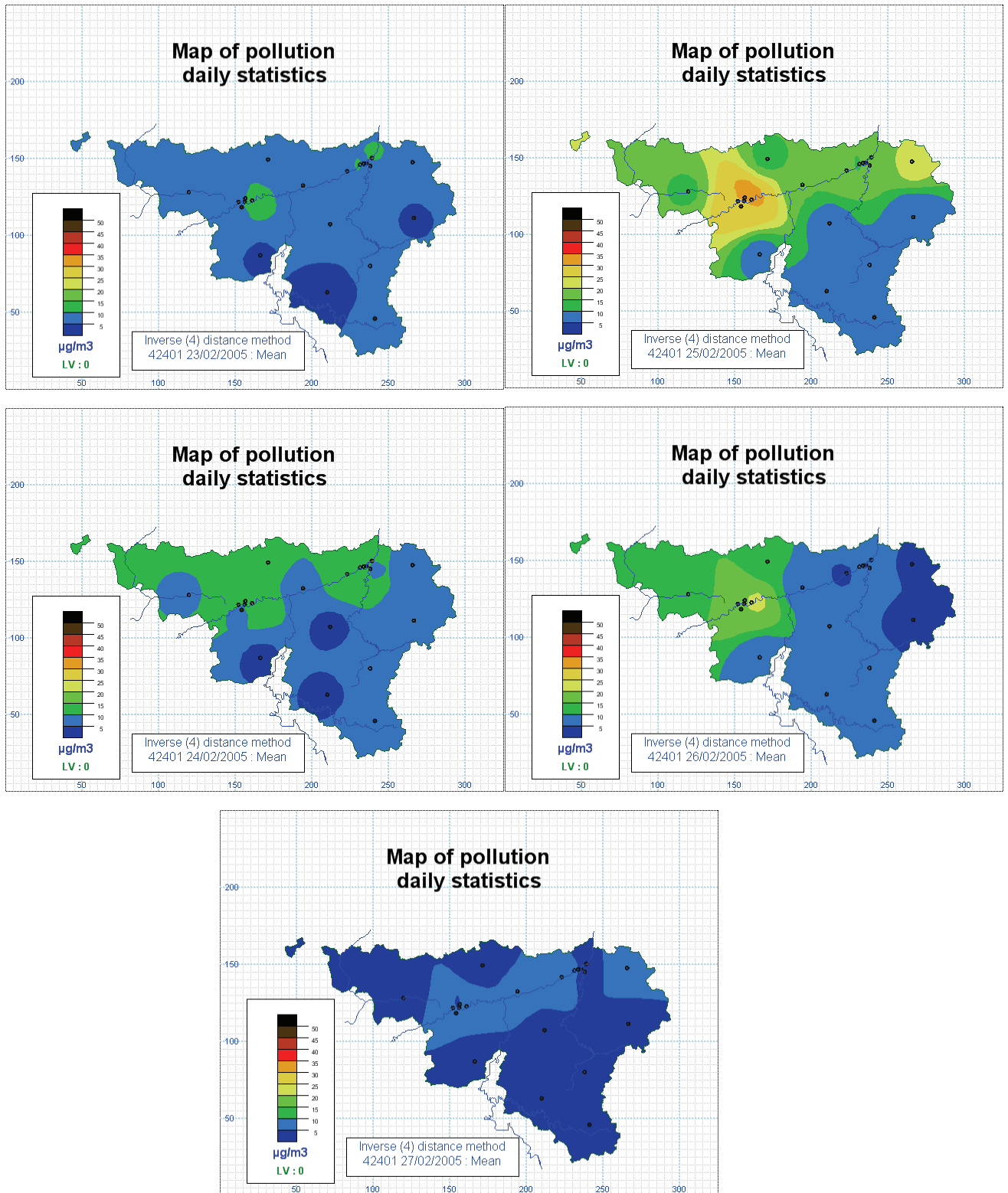


Figure 5 : Répartition des concentrations en dioxyde de soufre (épisode de la fin février 2005)

Ces cartes sont le résultat d'une estimation, une image approximative de la réalité. La répartition des concentrations dépend tout d'abord de la méthode d'interpolation choisie (ici l'inverse de la distance à la quatrième puissance). Cette méthode donne le même poids à tous les points et l'étendue de la zone polluée dépend de l'exposant choisi. En outre, cette modélisation ne tient aucun compte de la topographie alors que la diffusion des polluants est influencée par le relief (par exemple par des effets de vallée). Le résultat dépend aussi de l'emplacement de nos points de mesure. Ainsi dans les régions de Charleroi et de Liège, le nombre de points est certainement suffisant. A l'inverse, il manque une station pour couvrir le Hainaut occidental. Ces limitations s'observent aisément quand on observe sur les cartes une zone parfaitement circulaire comme par exemple autour de la station de Mons les 24 et 25 février.

2.3. Particules en suspension

2.3.1. Résultats de l'année 2005

Les concentrations en sulfates sont plus élevées en milieu urbain/industriel que pour les stations rurales comme Offagne, Bovigny, Jalhay et Arlon (Tableau 8). Comme pour le dioxyde de soufre, la région d'Engis constitue un maximum. Les concentrations sont également élevées à l'Île Monsin mais tous les métaux mesurés à cette station le sont pareillement. Enfin, à Marche-les-Dames, les niveaux sont également importants mais néanmoins nettement plus faibles que par le passé; ainsi, en 1997, on enregistrait encore une moyenne annuelle de $9.619 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Par rapport à 2004, on observe une diminution aux deux stations de Charleroi et à Engis et une augmentation à Marche-les-Dames, Bovigny, Jalhay et Arlon. Le cas des autres stations est moins clair et selon les paramètres, la tendance varie.

2.3.2. Variations saisonnières

Comme pour beaucoup d'autres polluants, les concentrations en sulfates varient au cours de l'année et les concentrations sont généralement plus élevées en hiver qu'en été, car, d'une part les concentrations en SO_2 sont plus élevées et, d'autre part, les conditions climatiques sont moins favorables à la dispersion (Figure 6). Toutefois, les différences entre saisons sont faibles et nettement moins marquées que pour le dioxyde de soufre. Pour quelques stations, les concentrations moyennes pour les six mois d'été sont même plus élevées que pour les moyennes des mois d'hiver. Comme une partie des sulfates provient de l'oxydation du dioxyde de soufre et que la transformation est relativement lente par rapport au transport des polluants, les variations en sulfates sont lissées par rapport aux variations de dioxyde de soufre et la répartition des sulfates est plus homogène que celle du dioxyde de soufre.

Les sulfates sont contenus dans les particules et, par temps sec, les particules qui se sont déposées peuvent être remises en suspension. Il n'est donc pas rare d'observer en été des pics de particules et de sulfates. En outre, il est fort possible que dans une atmosphère oxydante comme en période de smog photochimique, le dioxyde de soufre puisse être plus rapidement transformé en sulfates.

2.3.3. Evolution à long terme

Les concentrations en sulfates ont diminué jusqu'au début des années 90, pour augmenter à nouveau jusqu'en 1996 (Figure 7). Depuis 1996-1997, la tendance s'est inversée et les concentrations sont de nouveau à la baisse avec un minimum en 2000. Depuis, on a observé une très légère augmentation mais les niveaux restent toujours faibles et stables.

Station	Localité	Nombre de valeurs		Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		Médiane ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		P90 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		P95 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		P98 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
		2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005
MLCH01	Charleroi	361	359	4.610	3.994	4.019	3.631	7.759	6.800	9.288	7.700	10.972	9.017
MLCH02	Lodelinsart	341	350	3.920	3.605	3.566	3.284	6.435	5.619	7.402	6.351	8.109	7.659
MLEG01	Engis	302	356	6.216	5.343	5.203	4.738	10.053	8.823	14.659	10.842	20.766	14.299
MLLG01	Liège (Destenay)	355	361	3.896	3.883	3.554	3.493	6.106	6.114	7.099	7.081	8.737	8.335
MLLG02	Liège (Monsin)	279	314	5.385	5.807	4.735	5.141	8.621	9.313	10.375	10.243	13.205	12.460
MLMO01	Obourg	333	360	3.752	3.772	3.445	3.462	5.947	5.839	7.087	7.308	8.772	8.601
MLNA01	Marche-les-Dames	343	360	4.797	4.959	3.998	4.189	8.460	8.678	10.981	11.834	12.989	14.612
MLNT01	Offagne	295	363	2.977	3.034	2.484	2.750	4.878	4.623	5.462	5.560	6.673	6.532
MLNT02	Bovigny	363	362	1.224	2.303	1.019	2.190	2.754	3.950	3.252	4.637	4.000	5.611
MLNT03	Jalhay	341	354	1.759	1.928	1.600	1.623	3.061	3.104	3.477	4.029	4.244	5.711
MLPT01	Arlon	360	353	1.195	2.228	0.883	2.092	2.703	3.711	3.402	4.436	3.906	5.664

LD = 0.026 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tableau 8 : Sulfates - Particules en suspension - Statistiques 2004 et 2005

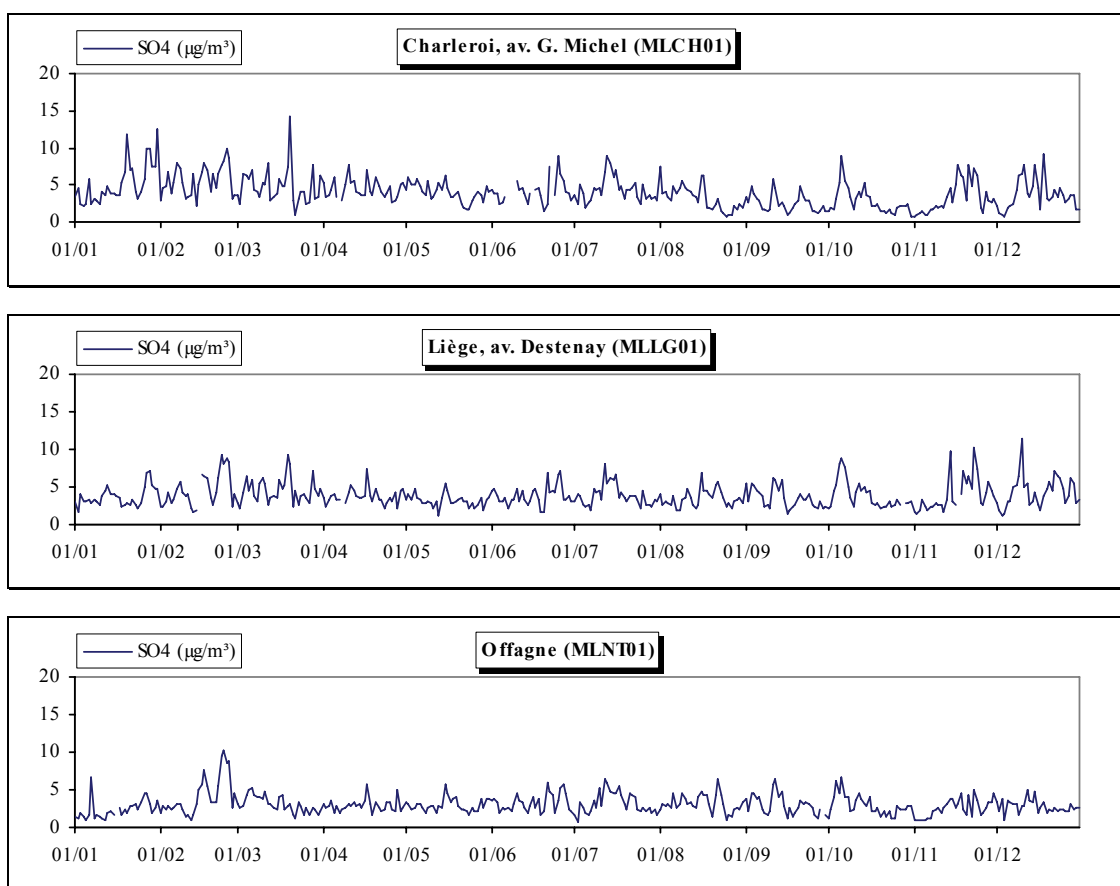


Figure 6 : Sulfates - Particules en suspension - Evolution annuelle - Stations de Charleroi (MLCH01), Liège (MLLG01) et Offagne (MLNT01)

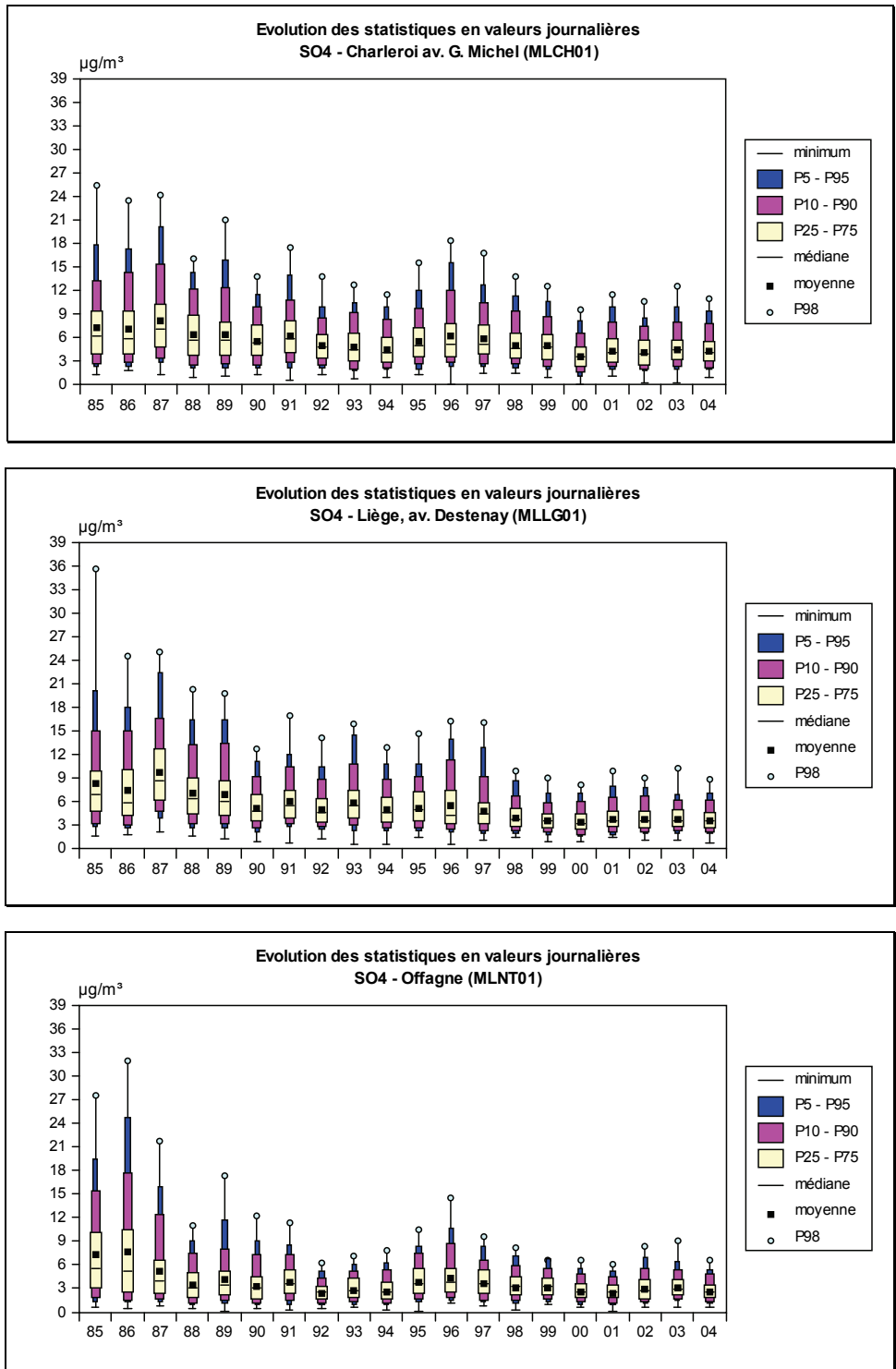


Figure 7 : Sulfates - Particules en suspension - Evolution des paramètres statistiques - Stations de Charleroi (MLCH01), Liège (MLLG01) et Offagne (MLNT01)

2.4. Sulfure d'hydrogène

2.4.1. Résultats de l'année 2005

Les niveaux en sulfure d'hydrogène mesurés à Engis sont faibles et même proches de la limite de détection (Tableau 9 et 10). C'est pourquoi, en 2005, il a été jugé plus utile d'arrêter la mesure de ce polluant au sein des réseaux fixes pour récupérer le moniteur au profit des campagnes du réseau mobile.

2.4.2. Normes et valeurs guides

Le sulfure d'hydrogène est un composé toxique dont la toxicité proviendrait de l'affinité de l'ion HS⁻ pour le fer, composant notamment de l'hémoglobine.

L'Organisation Mondiale pour la Santé (OMS) recommande de ne pas dépasser la valeur guide de 150 µg/m³ (en 24 h) pour la protection de la santé

et de 7 µg/m³ sur une demi-heure pour éviter les nuisances causées par les odeurs

A Engis, la valeur guide pour la protection de la santé est très largement respectée, justifiant ainsi l'arrêt des mesures en 2005. Toutefois, le sulfure d'hydrogène risque plus de poser des problèmes de nuisances olfactives que des risques de toxicité et il est intéressant d'envisager le nombre de dépassements du seuil olfactif.

Dans la littérature scientifique, les valeurs citées pour le seuil de perception du sulfure d'hydrogène varient fortement suivant les sources. Aussi, notre choix s'est porté sur la valeur de 7 µg/m³ recommandée par l'O.M.S., en gardant à l'esprit que certaines tranches de la population pourront percevoir l'H₂S à des teneurs plus faibles, alors que d'autres ne sentiront rien.

En 2004 ou 2005, le nombre de valeurs semi-horaires dépassant cette limite de 7 µg/m³ a atteint le demi-pourcent du nombre de mesures valides.

Station	Localité	Nombre de valeurs		Moyenne (µg/m ³)		Médiane (µg/m ³)		P90 (µg/m ³)		P95 (µg/m ³)		P98 (µg/m ³)	
		2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005
TMEG01	Engis ⁽¹⁾	13565	3820	1	*	1	*	3	*	4	*	5	*

(1) arrêté le 14/04/2005

Tableau 9 : Sulfure d'hydrogène - Valeurs semi-horaires - Statistiques 2004 et 2005

Station	Localité	Nombre de valeurs		Moyenne (µg/m ³)		Médiane (µg/m ³)		P90 (µg/m ³)		P95 (µg/m ³)		P98 (µg/m ³)	
		2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005
TMEG01	Engis ⁽¹⁾	302	86	1	*	1	*	3	*	4	*	4	*

(1) arrêté le 14/04/2005

Tableau 10 : Sulfure d'hydrogène - Valeurs journalières - Statistiques 2004 et 2005