



**Association pour la mesure
de la pollution atmosphérique
de l'Auvergne**



Siège social : Atmo Auvergne, 21 allée Évariste Galois, La Pardieu, 63170 AUBIÈRE
tél : 04.73.34.76.34 fax : 04.73.34.33.56 mél : contact@atmoauvergne.asso.fr
web : <http://www.atmoauvergne.asso.fr>

Rapport d'étude

Campagne de mesure de la qualité de l'air autour du site industriel *O-I Manufacturing* de Puy-Guillaume

5 décembre 2006 – 27 février 2007

Table des matières

Introduction - contexte de l'étude	3
Méthodologie et configuration de la campagne de mesure	4
Contexte géographique.....	4
Techniques de mesure	5
Implantation des sites de mesure et échantillonnage temporel	6
Exploitation des résultats de mesure	10
Contexte météorologique.....	10
Mesures de dioxyde d'azote de référence en stations fixes.....	13
Mesures de dioxyde d'azote par échantillonneurs passifs	15
Mesures de dioxyde d'azote par analyseur automatique (sites 3 et 10)	19
Mesures des autres polluants par analyseurs automatiques (sites 3 et 10)	22
Mesures de métaux lourds (sites 3 et 10).....	25
Situation par rapport aux critères réglementaires.....	27
Conclusion	29
Annexe 1 : Les mécanismes de la pollution atmosphérique	31
Annexe 2 : Les critères réglementaires de la qualité de l'air	32

Introduction - contexte de l'étude

La présente étude a pour objet la caractérisation de la qualité de l'air à proximité du site industriel *O-I Manufacturing France* de Puy-Guillaume (Puy-de-Dôme). Elle s'inscrit dans le cadre des orientations proposées dans le Programme de Surveillance de la Qualité de l'Air en Auvergne, document réglementaire qui précise notamment l'évolution souhaitable, sur la période 2005-2010, de la stratégie de surveillance de la pollution atmosphérique mise en œuvre par Atmo Auvergne. Parmi les préconisations, il est jugé nécessaire d'accroître la connaissance de la qualité de l'air autour des unités industrielles auvergnates. Pour cela, des campagnes temporaires de mesure seront conduites autour des principaux sites industriels, en ciblant prioritairement les établissements soumis au volet air de la Taxe Générale sur les Activités Polluantes.

Dans ce contexte, une campagne de mesure des principaux polluants réglementés a été mise en œuvre du 5 décembre 2006 au 27 février 2007 autour de la verrerie *O-I Manufacturing France* de Puy-Guillaume. Des échantillonneurs à diffusion passive de dioxyde d'azote ont été disposés sur une douzaine de sites, situés dans un rayon d'environ 5 km autour du site. Les mesures de concentrations ainsi obtenues permettent d'analyser la répartition spatiale de la pollution azotée, constituant majoritaire des rejets de l'installation, sur la zone d'étude.

Parallèlement, pour généraliser cette évaluation à d'autres substances polluantes réglementées, deux sites de mesure ont été successivement instrumentés au moyen :

- d'un laboratoire mobile équipé d'analyseurs automatiques d'oxydes d'azote, de dioxyde de soufre, de benzène, de monoxyde de carbone, d'ozone et de particules en suspension,
- d'un préleveur de particules en suspension permettant l'analyse des principaux métaux lourds émis par l'installation, en particulier ceux qui font l'objet de normes dans la réglementation européenne.

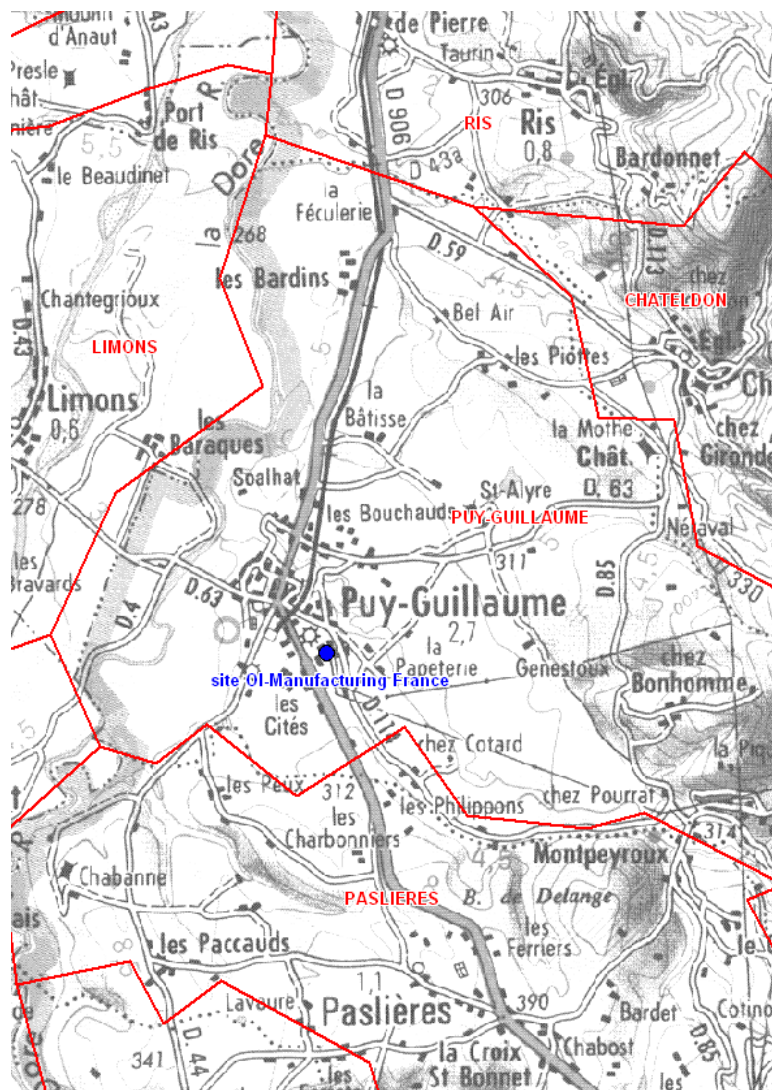
Contexte géographique

La zone d'étude autour du site *O-I Manufacturing France* de Puy-Guillaume (Puy-de-Dôme) correspond à un rectangle d'environ 6 km x 10 km qui s'étend sur les communes de Ris, Limons, Puy-Guillaume, Chateldon et Pasières.

La commune de Puy-Guillaume est située à 275 m d'altitude à la frontière entre la Limagne et le versant Ouest des Monts du Forez. Ainsi, la zone d'étude présente une topographie contrastée, entre une zone de plaines à l'Ouest et un relief nettement plus marqué à l'Est, où l'altitude s'élève rapidement dans la direction des Monts de la Madeleine. Cette topographie complexe laisse supposer une influence notable sur la dynamique de l'écoulement atmosphérique, avec une orientation privilégiée de la rose des vents dans la direction Nord-Sud.

Considérant la distance à vol d'oiseau de plus de 30 km, l'impact des émissions de l'agglomération clermontoise sur la pollution azotée et soufrée de la zone d'étude est probablement très limité. En revanche, l'influence des émissions primaires clermontoises sur la pollution photochimique, et notamment sur les teneurs en ozone, peut être nettement plus marquée.

L'étendue de la zone d'étude, l'emplacement du site *O-I Manufacturing France* (point bleu) et les limites de communes (tracé rouge) sont présentés sur la figure suivante :



Carte de situation de la zone d'étude

Techniques de mesure

Parmi les solutions disponibles pour la mesure du dioxyde d'azote dans l'air ambiant, les échantillonneurs passifs sont bien adaptés et largement utilisés dans les études ponctuelles visant à quantifier l'exposition moyenne sur un nombre important de sites d'échantillonnage. Pour sa facilité de mise en œuvre et son faible coût, qui en constituent les principaux atouts, cette technique de mesure a été retenue dans la présente étude.

De meilleure résolution temporelle, les analyseurs automatiques fournissent en temps réel des données de concentrations au pas de temps horaire. Cette finesse de l'échantillonnage temporel, qui permet de suivre les fluctuations des teneurs en polluants au cours de la journée, est conforme à la définition des seuils réglementaires, dont le calcul est souvent basé sur les concentrations moyennes horaires. Ce type d'analyseur est utilisé dans le laboratoire mobile et dans les stations fixes d'Atmo Auvergne.

Les normes relatives à la concentration en métaux lourds dans l'air ambiant sont basées sur l'analyse de la composition chimique des particules en suspension PM10 (de diamètre inférieur à 10 µm). Cette analyse est réalisée en laboratoire à partir d'échantillons collectés sur filtre au moyen d'un préleveur automatique.

Échantillonneurs passifs de dioxyde d'azote

La mesure du dioxyde d'azote par échantillonnage passif est basée sur le piégeage de cette molécule sur un absorbant, la triéthanolamine. L'échantillonneur utilisé consiste en un tube de polypropylène d'environ 7,5 cm de long et 10 mm de diamètre, dénommé "tube de Palmes", où l'air à analyser circule par diffusion passive. La quantité de dioxyde d'azote absorbée est proportionnelle à sa concentration moyenne dans l'air ambiant durant la période d'exposition. Cette quantité est déterminée par spectrométrie à 542 nm. L'imprégnation des échantillonneurs et l'analyse sont réalisées au laboratoire d'Atmo Poitou-Charentes.

Analyseurs automatiques

L'instrumentation mise en œuvre pour la mesure automatique des oxydes d'azote, du dioxyde de soufre, de l'ozone, du monoxyde de carbone et du benzène est conforme aux méthodes normalisées spécifiées dans la réglementation européenne :

- mesurage de la concentration en dioxyde d'azote et en monoxyde d'azote par chimiluminescence (NF EN 14211),
- mesurage de la concentration en dioxyde de soufre par fluorescence U.V. (NF EN 14212),
- mesurage de la concentration en ozone par photométrie U.V. (NF EN 14625),
- mesurage de la concentration en monoxyde de carbone par la méthode à rayonnement infrarouge non dispersif (NF EN 14626),
- mesurage de la concentration en benzène - prélèvement par pompage automatique avec analyse chromatographique en phase gazeuse sur site (NF EN 14662 - partie 3).

Pour les particules en suspension PM10 (de diamètre inférieur à 10 µm), en l'absence de méthode normalisée permettant d'obtenir une information en temps réel, l'appareil automatique utilisé est une microbalance à élément oscillant (analyseur TEOM : Tapered Element Oscillating Microbalance).

Préleveurs automatiques pour l'analyse des métaux lourds

La méthodologie mise en œuvre pour le prélèvement puis l'analyse (laboratoire *Ianesco Chimie*) des métaux lourds est conforme à la méthode normalisée spécifiée dans la réglementation européenne :

- mesure du plomb, du cadmium, de l'arsenic et du nickel dans la fraction PM10 de matière particulaire en suspension (NF EN 14902).

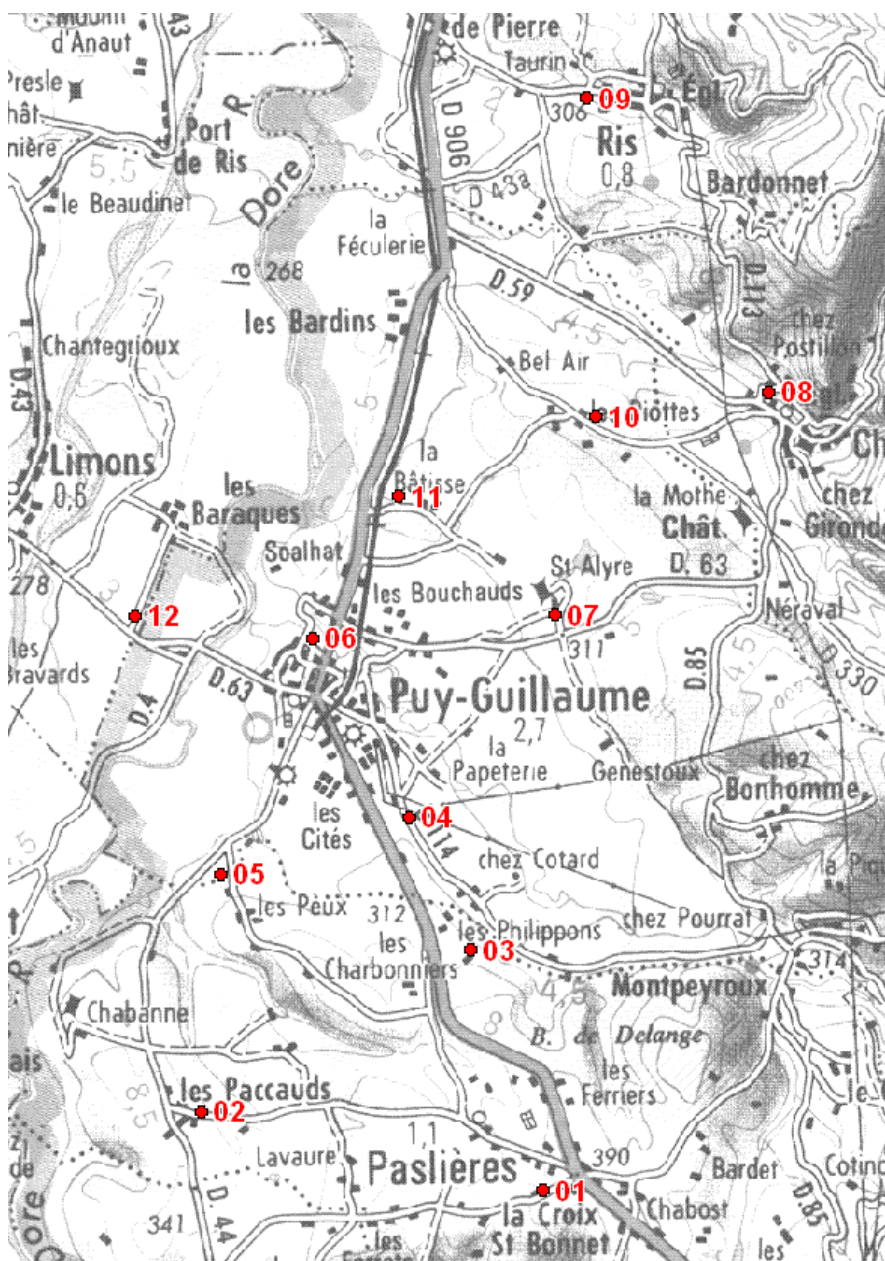
Les prélèvements sont effectués avec un préleveur bas débit (Partisol Plus) fonctionnant à 1 m³/h, sur des filtres en fibres de quartz de 47 mm de diamètre (de marque Wathman).

Implantation des sites de mesure et échantillonnage temporel

L'implantation des sites de mesure définis pour cette campagne a été déterminée dans l'objectif de couvrir les points d'impact maximum des émissions de l'usine *O-I Manufacturing France* de Puy-Guillaume. Cette analyse a priori de la répartition spatiale de la pollution liée aux rejets de la verrerie a été réalisée sur la base des résultats de l'étude de dispersion atmosphérique conduite en 2002 par le Bureau Veritas dans le cadre de la constitution du dossier ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement).

Sites de mesure par échantillonneurs passifs

Les échantillonneurs passifs de dioxyde d'azote ont été répartis spatialement sur 12 sites de mesure. Cet échantillonnage spatial est présenté sur la carte suivante :



Carte d'implantation des sites d'échantillonneurs passifs de dioxyde d'azote

Les caractéristiques de chacun des 12 sites de mesure (numéro et nom du site, localisation, nombre d'échantillonneurs passifs) sont présentées dans le tableau suivant :

N°	nom	localisation	nombre d'éch.
01	Paslières	sur la route en direction des Ferrats sur la droite 100 m après embranchement RD906 sur le poteau EDF métallique	1
02	les Paccauds	sur la route en direction de Bas Poulet sur la droite 100 m après embranchement RD44 sur le poteau EDF en béton	1
03	les Philippons	au niveau des maisons, sur poteau EDF en béton	2
04	les Potences	sur le terrain vague, sur le piquet en bois	1
05	Moulin Curaçon	sur la droite 100 m après embranchement RD44 sur le poteau EDF en béton	1
06	Puy-Guillaume	dans le parc paysager, sur le poteau d'éclairage	2
07	Château St-Alyre	sur le poteau PTT en bois	1
08	Châteldon	dans le jardin public, sur le poteau d'éclairage	1
09	Ris	à la sortie de Ris en direction de la Croix de Pierre sur la gauche 100 m avant embranchement RD43 sur le poteau PTT en bois	1
10	les Piottes	en face du réservoir d'eau sur le poteau PTT en bois	2
11	la Bâtisse	sur le poteau PTT en bois	1
12	les Baraques	à 100 m de l'embranchement RD63 sur le panneau "cédez le passage à 150 m"	1

Caractéristiques d'implantation des sites d'échantillonneurs passifs de dioxyde d'azote

Pour l'ensemble de la campagne de mesure, les temps d'exposition des échantillonneurs passifs correspondent à six périodes consécutives de deux semaines, entre le 5 décembre 2006 et le 27 février 2007. Les poses et déposes ont lieu le mardi à la mi-journée pour les trois premières séries de mesure, le mercredi pour les trois suivantes.

Afin de respecter la procédure d'assurance qualité, pour chaque période de mesure, un échantillonneur passif est transporté lors de la pose et du ramassage mais n'est pas exposé ("blanc terrain"). Il est ultérieurement utilisé comme référence lors de la phase d'analyse. Par ailleurs, sur les sites 3, 6 et 10, un échantillonneur passif supplémentaire est installé en doublon afin de contrôler la répétabilité des mesures. Les sites 3 et 10, qui correspondent aux deux implantations successives du laboratoire mobile, permettent la comparaison des deux techniques de mesure, analyseur automatique et échantillonneur passif de dioxyde d'azote.

Sites d'implantation du camion laboratoire

Durant les six premières semaines de campagne, du 5 décembre 2006 au 15 janvier 2007, le site d'implantation du camion laboratoire coïncide avec le site 10 de mesure du dioxyde d'azote par échantillonneur passif (les Piottes). Cette localisation est située à environ 3 km au Nord-Est de la verrerie.



Photographie de l'implantation du laboratoire mobile sur le site 10 (les Piottes)

Du 17 janvier au 20 février 2007, le site d'implantation du camion laboratoire coïncide avec le site 3 de mesure du dioxyde d'azote par échantillonneur passif (les Philippons). Cette localisation est située à environ 2 km au Sud-Sud-Est de la verrerie.



Photographie de l'implantation du laboratoire mobile sur le site 3 (les Philippons)

Sites d'implantation du préleveur de métaux lourds

Le préleveur de particules en suspension permettant la collecte sur filtre des échantillons de particules PM10, destinés à l'analyse des métaux lourds, a été installé conjointement avec le laboratoire mobile :

- du 5 décembre 2006 au 15 janvier 2007 sur le site 10 (les Piottes),
- du 17 janvier au 20 février 2007 sur le site 3 (les Philippons).



Photographie de l'implantation du préleveur de métaux lourds sur le site 3 (les Philippons)

Le préleveur est configuré pour réaliser automatiquement, sur chacun des deux sites de mesure, six collectes successives d'une durée d'une semaine. Le changement de filtre intervient à 0h00, le mardi sur le site 10, le mercredi sur le site 3.

Sites de référence du réseau de stations fixes d'Atmo Auvergne

L'analyse des enregistrements obtenus sur les stations fixes du réseau de surveillance régional permet de situer les caractéristiques de la qualité de l'air durant une campagne de mesure ponctuelle par rapport aux niveaux habituellement observés. L'objectif est de quantifier, à partir des relevés de ces sites de référence, l'influence des paramètres météorologiques spécifiquement rencontrés durant la période de mesure, afin de généraliser les résultats de la campagne ponctuelle. Dans la présente étude, les stations de référence, choisies pour leur relative proximité géographique, sont :

- trois stations fixes urbaines de l'agglomération clermontoise (Lecoq, Delille et Montferrand),
- la station fixe urbaine d'Issoire.

Exploitation des résultats de mesure

Contexte météorologique

Les conditions météorologiques rencontrées lors de la campagne de mesure et les valeurs climatiques de référence, issues des observations réalisées par *Météo-France* sur la station de Vichy-Charmeil (indicatif 03060001, latitude de 46°10'00"N, longitude de 03°24'00"E, altitude de 249 m), sont reportées dans les tableaux suivants. La mention "nd" correspond aux valeurs non disponibles.

séries de mesure des échantillonneurs passifs de dioxyde d'azote	série 1 05/12/06 18/12/06		série 2 19/12/06 01/01/07		série 3 02/01/07 15/01/07		normales climatiques de décembre	normales climatiques de janvier
séries de mesure sur le préleveur de métaux lourds	série 1.1 05/12/06 11/12/06	série 1.2 12/12/06 18/12/06	série 2.1 19/12/06 25/12/06	série 2.2 26/12/06 01/01/07	série 3.1 02/01/07 08/01/07	série 3.2 09/01/07 15/01/07		

Température								
température maximale (moyenne en °C)	11,3	8,7	0,9	9,1	11,4	13,2	8,0	7,2
température moyenne (moyenne en °C)	6,9	3,5	-2,1	3,3	7,9	8,4	4,3	3,4
température minimale (moyenne en °C)	3,5	0,1	-4,4	-1,8	3,7	4,1	0,5	-0,4
nombre de jours avec :								
température maximale <= 0°C	0	0	3	1	0	0	1,8	2,6
température minimale <= 0°C	1	4	7	5	1	0	14,9	15,7
température minimale <= -5°C	0	0	3	2	0	0	3,5	5,0
température minimale <= -10°C	0	0	0	0	0	0	0,5	1,2

Précipitations								
hauteur cumulée (mm)	15,8	5,4	0,0	8,4	11,6	4,4	50,9	49,6
nombre de jours avec :								
hauteur quotidienne >= 1 mm	5	3	0	1	4	2	9,9	9,9
hauteur quotidienne >= 5 mm	0	0	0	1	0	0	3,2	3,1
hauteur quotidienne >= 10 mm	0	0	0	0	0	0	1,1	1

Insolation								
durée d'insolation cumulée (heures)	11,5	18,7	15,1	22,8	10,4	18,7	56,6	73,1
nombre de jours avec :								
fraction d'insolation = 0 %	1	4	3	0	1	1	12,2	11,4
fraction d'insolation <= 20 %	5	4	5	4	5	4	20,5	18,4
fraction d'insolation >= 80 %	0	1	1	1	0	1	2,2	3,3

Vent								
vitesse du vent (moyenne en m/s)	2,2	1,3	1,2	2,2	2,6	1,7	2,4	2,5
nombre de jours avec :								
rafales >= 16 m/s	1	0	0	1	1	0	3,4	3
rafales >= 28 m/s	0	0	0	0	0	0	0,1	0
nombre de jours avec :								
vitesse moyenne <= 1 m/s	1	2	5	2	0	2	nd	nd
vitesse moyenne <= 2 m/s	4	7	6	4	3	4	nd	nd
vitesse moyenne >= 3 m/s	1	0	0	2	2	1	nd	nd

Paramètres météorologiques observés durant la campagne de mesure
du 5 décembre 2006 au 15 janvier 2007

séries de mesure des échantillonneurs passifs de dioxyde d'azote	série 4 17/01/07 30/01/07		série 5 31/01/07 13/02/07		série 6 14/02/07 27/02/07		normales climatiques de janvier	normales climatiques de février
séries de mesure sur le préleveur de métaux lourds	série 4.1 17/01/07 23/01/06	série 4.2 24/01/07 30/01/07	série 5.1 31/01/07 06/02/07	série 5.2 07/02/07 13/02/07	série 6.1 14/02/07 20/02/07	série 6.2 21/02/07 27/02/07		

Température								
température maximale (moyenne en °C)	10,8	0,3	6,8	12,3	15,1	13,1	7,2	9
température moyenne (moyenne en °C)	8,2	-3,4	2,7	7,6	8,2	8,5	3,4	4,5
température minimale (moyenne en °C)	5,6	-6,9	-0,3	3,8	1,6	3,5	-0,4	0
nombre de jours avec :								
température maximale <= 0°C	0	3	0	0	0	0	2,6	1
température minimale <= 0°C	1	6	4	1	2	1	15,7	14,3
température minimale <= -5°C	0	3	0	0	0	0	5	3,9
température minimale <= -10°C	0	3	0	0	0	0	1,2	0,4

Précipitations								
hauteur cumulée (mm)	41,4	0,0	4,4	20,6	8,2	16,8	49,6	48,3
nombre de jours avec :								
hauteur quotidienne >= 1 mm	3	0	2	5	1	6	9,9	9,6
hauteur quotidienne >= 5 mm	2	0	0	1	1	1	3,1	3,1
hauteur quotidienne >= 10 mm	2	0	0	0	0	0	1	1

Insolation								
durée d'insolation cumulée (heures)	4,1	14,6	17,7	17,8	41,7	15,6	73,1	98,6
nombre de jours avec :								
fraction d'insolation = 0 %	4	2	3	0	1	1	11,4	7,4
fraction d'insolation <= 20 %	6	4	3	4	2	3	18,4	14
fraction d'insolation >= 80 %	0	1	1	0	4	0	3,3	4,4

Vent								
vitesse du vent (moyenne en m/s)	3,4	1,5	1,0	3,6	2,1	2,8	2,5	2,5
nombre de jours avec :								
rafales >= 16 m/s	1	0	0	2	1	1	3	3,2
rafales >= 28 m/s	0	0	0	0	0	0	0	0,1
nombre de jours avec :								
vitesse moyenne <= 1 m/s	0	2	4	0	0	0	nd	nd
vitesse moyenne <= 2 m/s	1	5	7	0	5	2	nd	nd
vitesse moyenne >= 3 m/s	4	0	0	4	2	3	nd	nd

*Paramètres météorologiques observés durant la campagne de mesure
du 17 janvier au 27 février 2007*

Durant la première série de mesure (série 1.1, du 5 au 12 décembre 2006), les conditions météorologiques sont perturbées, marquées par la douceur et la persistance des précipitations.

Au cours des trois séries suivantes (séries 1.2, 2.1 et 2.2 du 12 décembre 2006 au 1^{er} janvier 2007), l'ambiance générale est nettement plus anticyclonique. Les températures restent peu élevées, notamment pendant la série 2.1 durant laquelle les gelées matinales sont quotidiennes, l'écart à la normale dépassant 6 °C en moyenne. Les précipitations sont largement déficitaires, avec un cumul sur 3 semaines inférieur à 14 mm (en 4 jours), un mois de décembre moyen recevant plus de 50 mm (en 10 jours). Ces conditions de hautes pressions favorisent de nombreuses situations d'inversion de température, particulièrement significatives autour de Noël, où l'écart entre la plaine et la montagne atteint ponctuellement 10 °C.

Le début de l'année 2007 (séries 3.1, 3.2 et 4.1 du 2 au 23 janvier 2007) est marqué par une douceur exceptionnelle tant par son intensité que par sa durée. L'écart à la normale, d'environ 5 °C en moyenne, concerne autant les températures minimales que les maximales. Les trois semaines ne totalisent finalement que 2 jours de gelées matinales, valeur très inférieure à la normale de janvier (15,7 jours). L'ensoleillement est faible et il pleut près d'un jour sur deux, plus intensément du 17 au 23 janvier (série 4.1), où le cumul de 41,4 mm (en 3 jours) est proche de la valeur normale mensuelle. Le vent, majoritairement orienté au Sud-Ouest, est soutenu.

Les deux séries suivantes (séries 4.2 et 5.1 du 24 janvier au 6 février 2007) voient l'installation d'une situation météorologique nettement plus hivernale, marquée par la chute spectaculaire des températures qui descendent à -16 °C le 26 janvier, avant de revenir aux niveaux de saison. En moyenne, ces deux séries de mesure coïncident avec des conditions froides et sèches (seulement 4,4 mm début février) et un vent particulièrement faible.

Les trois dernières séries (séries 5.2, 6.1 et 6.2 du 7 au 27 février 2007) se déroulent dans une douceur printanière, avec 3 à 4 °C au dessus des normales de février, tant en minimales qu'en maximales. Les précipitations sont fréquentes mais généralement peu abondantes. Le vent est ponctuellement fort, en particulier du 11 au 14 février (série 5.2) où les rafales dépassent 60 km/h.

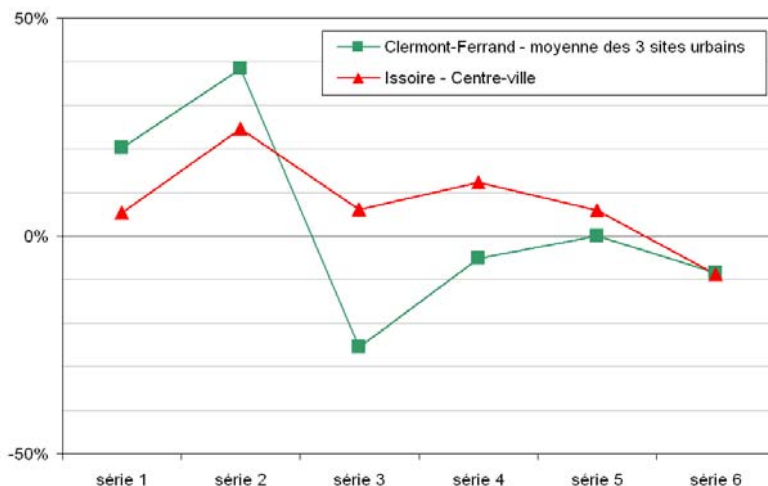
Mesures de dioxyde d'azote de référence en stations fixes

En s'appuyant sur l'historique des données de concentration, les relevés des stations fixes permettent de situer les niveaux de pollution durant la campagne de mesure par rapport aux teneurs habituellement observées. Les concentrations moyennes en dioxyde d'azote sur trois stations urbaines de l'agglomération clermontoise (Lecoq, Delille et Montferrand) et la station urbaine d'Issoire, durant les six périodes d'exposition des échantillonneurs passifs sont présentées dans le tableau suivant. Les valeurs obtenues sur la période 2001-2005, considérée comme référence, sont également reportées. Les concentrations sont exprimées en microgrammes de dioxyde d'azote par mètre cube d'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

station	Clermont-Ferrand Lecoq	Clermont-Ferrand Delille	Clermont-Ferrand Montferrand	Clermont-Ferrand moyenne des 3 sites	Issoire-Centre
typologie d'implantation	urbaine	urbaine	urbaine		urbaine
série 1 5 - 18 décembre 2006	47	50	44	47	31
série 2 19 déc. 2006 – 1 ^{er} jan. 2007	55	58	49	54	36
série 3 2 - 15 janvier 2007	27	35	29	30	30
série 4 17 - 30 janvier 2007	37	41	37	38	31
série 5 31 janvier - 13 février 2007	36	40	34	37	29
série 6 14 – 27 février 2007	32	37	31	34	25
moyenne 5 déc. 2006 – 27 fév. 2007	39	44	38	40	30
moyenne mensuelle en décembre (2001-2005)	43	39	35	39	29
moyenne mensuelle en janvier (2001-2005)	41	44	36	40	28
moyenne mensuelle en février (2001-2005)	37	40	33	37	27
moyenne annuelle (2001-2005)	30	31	28	30	21

Concentrations en dioxyde d'azote observées sur les stations fixes de référence de l'agglomération clermontoise et d'Issoire

Pour chaque série de mesure, l'écart relatif avec la valeur moyenne mensuelle habituellement observée (sur la période 2001-2005) est représenté sur la figure suivante :



*Concentrations en dioxyde d'azote mesurées sur les stations fixes de référence
Écart avec les valeurs habituellement observées*

D'une façon générale, l'évolution de la pollution au dioxyde d'azote au cours d'une année se caractérise par des niveaux maxima en période hivernale. Ce résultat traduit conjointement l'évolution saisonnière :

- des émissions azotées, notamment celles liées au chauffage résidentiel et tertiaire,
- des conditions de dispersion des polluants dans l'atmosphère, globalement moins favorables en situation anticyclonique hivernale.

Ainsi, les mois de décembre, janvier et février présentent généralement des niveaux supérieurs à la moyenne annuelle. Sur les trois sites clermontois et à Issoire, l'écart entre les moyennes mensuelles hivernales et la moyenne annuelle est compris entre 20 et 40 %.

A Clermont-Ferrand comme à Issoire, les concentrations moyennes relevées durant les deux premières séries de mesure sont supérieures aux valeurs habituellement notées en décembre (sur la période 2001-2005). Les écarts les plus importants correspondent à la seconde série et atteignent respectivement 25 % sur la station d'Issoire et 38 % en moyenne sur les trois sites urbains clermontois. Ils s'expliquent par la situation météorologique anticyclonique, défavorable à la dispersion des polluants, qui a perduré du 10 au 30 décembre 2006.

Au contraire, durant la troisième série de mesure, du 2 au 15 janvier 2007, les niveaux urbains clermontois sont inférieurs, d'environ 25 % aux valeurs habituellement observées en janvier. Ce résultat traduit l'influence d'une bonne capacité dispersive de l'atmosphère lorsque les conditions météorologiques sont perturbées.

Les écarts correspondant aux autres séries de mesure (séries 4 à 6 du 17 janvier au 27 février 2007), inférieurs à 15 %, ne sont pas significatifs.

En moyenne sur l'ensemble de la campagne de mesure, les relevés des stations de référence, $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Clermont-Ferrand et $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Issoire, sont conformes aux valeurs habituellement observées à cette période de l'année. En effet, les écarts avec les moyennes mensuelles de décembre, janvier ou février sur la période 2001-2005 n'excède pas $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, soit 10 %. Ces faibles écarts permettent de considérer que cette campagne de mesure est bien représentative des situations hivernales habituellement observées ces dernières années.

Mesures de dioxyde d'azote par échantillonneurs passifs

Validation des mesures de dioxyde d'azote par échantillonneurs passifs

Analyse des mesures en doublon

Les échantillonneurs passifs installés en doublon sur les sites 3, 6 et 10 permettent de contrôler la répétabilité des mesures. On définit pour cela l'écart relatif ER entre deux mesures conjointes C_A et C_B comme la valeur absolue de l'écart entre l'une des mesures et la moyenne des deux, rapportée à cette moyenne :

$$ER = \frac{|C_A - (C_A + C_B)/2|}{(C_A + C_B)/2}$$

L'évaluation des écarts relatifs ER est présentée dans le tableau suivant. Les concentrations sont exprimées en microgrammes par mètre cube d'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

		série 1 05/12/06 18/12/06	série 2 19/12/06 01/01/07	série 3 02/01/07 15/01/07	série 4 17/01/07 30/01/07	série 5 31/01/07 13/02/07	série 6 14/02/07 27/02/07
site 3	concentration éch. passif 3A	9	12	9	12	13	11
	concentration éch. passif 3B	10	15	10	12	11	9
	moyenne	9,5	13,5	9,5	12,0	12,0	10,0
	ER	5%	11%	5%	0%	8%	10%
site 6	concentration éch. passif 6A	16	18	15	17	21	13
	concentration éch. passif 6B	13	15	13	18	16	16
	moyenne	14,5	16,5	14,0	17,5	18,5	14,5
	ER	10%	9%	7%	3%	14%	10%
site 10	concentration éch. passif 10A	9	14	8	12	15	8
	concentration éch. passif 10B	8	15	10	12	11	6
	moyenne	8,5	14,5	9,0	12,0	13,0	7,0
	ER	6%	3%	11%	0%	15%	14%

Analyse des mesures de dioxyde d'azote sur les sites équipés d'un doublon

Les écarts relatifs obtenus sont généralement faibles et cohérents avec une incertitude de mesure voisine de 20 % admise pour cette technique, confirmant ainsi une répétabilité satisfaisante. Les plus fortes valeurs de l'écart relatif, obtenues sur les sites 6 et 10 lors de la cinquième série et sur le site 10 lors de la sixième série, restent inférieures à 15 %. Les écarts absolus entre deux échantillonneurs en doublon, également faibles, ne dépassent jamais $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Comparaison avec l'analyseur automatique du laboratoire mobile

L'équipement des sites 3 et 10 en doublon d'échantillonneurs passifs et en analyseur automatique, installé dans le laboratoire mobile, permet de comparer les deux techniques de mesure. Cette comparaison, également effectuée par l'analyse des écarts relatifs, est présentée dans les tableaux suivants, où les concentrations sont exprimées en microgrammes par mètre cube d'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). La mention "nd" correspond aux valeurs non disponibles.

	série 1 05/12/06 18/12/06	série 2 19/12/06 01/01/07	série 3 02/01/07 15/01/07
concentration échantillonneur passif 10A	9	14	8
concentration analyseur automatique	6	12	3
moyenne	7,5	13,0	5,5
ER	20%	8%	45%
concentration échantillonneur passif 10B	8	15	10
concentration analyseur automatique	6	12	3
moyenne	7,0	13,5	6,5
ER	14%	11%	54%

	série 4 17/01/07 30/01/07	série 5 31/01/07 13/02/07	série 6 14/02/07 27/02/07
concentration échantillonneur passif 3A	12	13	11
concentration analyseur automatique	13	8	nd
moyenne	12,5	10,5	nd
ER	4%	24%	nd
concentration échantillonneur passif 3B	12	11	9
concentration analyseur automatique	13	8	nd
moyenne	12,5	9,5	nd
ER	4%	16%	nd

Comparaison échantillonneurs passifs / analyseur automatique pour les mesures de dioxyde d'azote sur les sites 3 et 10

Dans la plupart des cas, les concentrations mesurées avec les échantillonneurs passifs présentent une légère surestimation par rapport à l'analyseur automatique, avec des écarts relatifs généralement inférieurs à 25 %. Au cours de la troisième série, sur le site 10, la différence entre les deux techniques de mesure est plus marquée et les écarts relatifs sont voisins de 50 %. Cependant, ce résultat doit être relativisé en regard des faibles teneurs mesurées. En effet, l'écart absolu entre les échantillonneurs passifs et la référence constituée par l'analyseur automatique demeure inférieur à $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

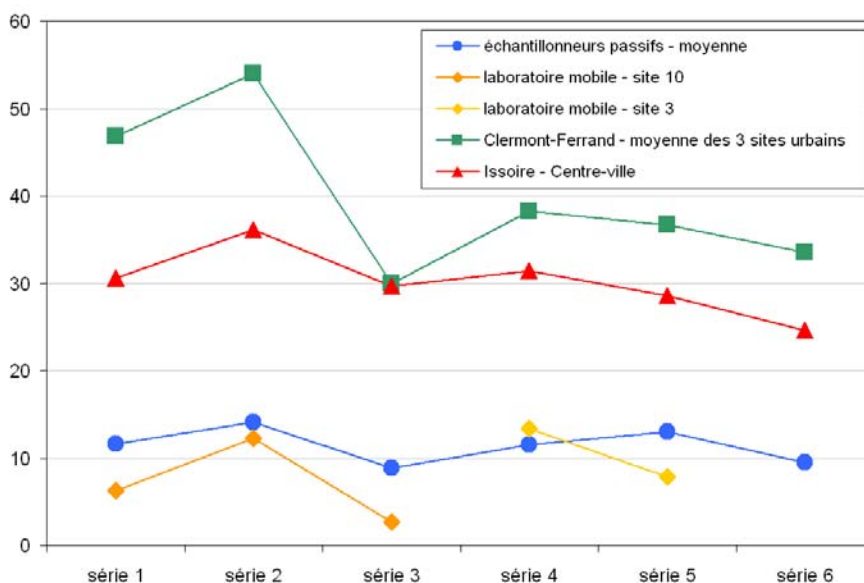
Résultats des relevés de dioxyde d'azote

Les résultats détaillés des concentrations en dioxyde d'azote, exprimées en microgrammes par mètre cube ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), pour l'ensemble des sites et chaque série de mesure, sont fournis dans le tableau suivant. Les valeurs mesurées durant les mêmes périodes sur les analyseurs automatiques du laboratoire mobile et des stations fixes de référence y sont également reportées. La mention "nd" correspond aux valeurs non disponibles.

site	série 1 05/12/06 18/12/06	série 2 19/12/06 01/01/07	série 3 02/01/07 15/01/07	série 4 17/01/07 30/01/07	série 5 31/01/07 13/02/07	série 6 14/02/07 27/02/07	moyenne 05/12/06 27/02/07
01	13	16	9	13	12	9	12
02	16	13	9	11	20	8	13
03	10	14	10	12	12	10	11
04	12	14	9	10	11	10	11
05	10	12	9	9	12	7	10
06	15	17	14	18	19	15	16
07	9	14	6	8	11	10	10
08	13	14	7	13	11	9	11
09	12	14	8	12	15	8	12
10	9	15	9	12	13	7	11
11	11	16	9	12	9	9	11
12	11	12	8	9	11	12	11
moyenne	12	14	9	12	13	10	11
Laboratoire mobile	6 (site 10)	12 (site 10)	3 (site 10)	13 (site 3)	8 (site 3)	nd	nd
Clermont-Ferrand moyenne des 3 sites urbains	47	54	30	38	37	34	40
Issoire-Centre	31	36	30	31	29	25	30

Concentrations en dioxyde d'azote mesurées avec les échantillonneurs à diffusion passive
Comparaison avec les analyseurs automatiques en stations fixes et mobiles

Pour chaque série de mesure, les niveaux moyens de dioxyde d'azote mesurés avec les échantillonneurs passifs et les analyseurs automatiques en stations fixes et mobile sont représentés sur la figure suivante :

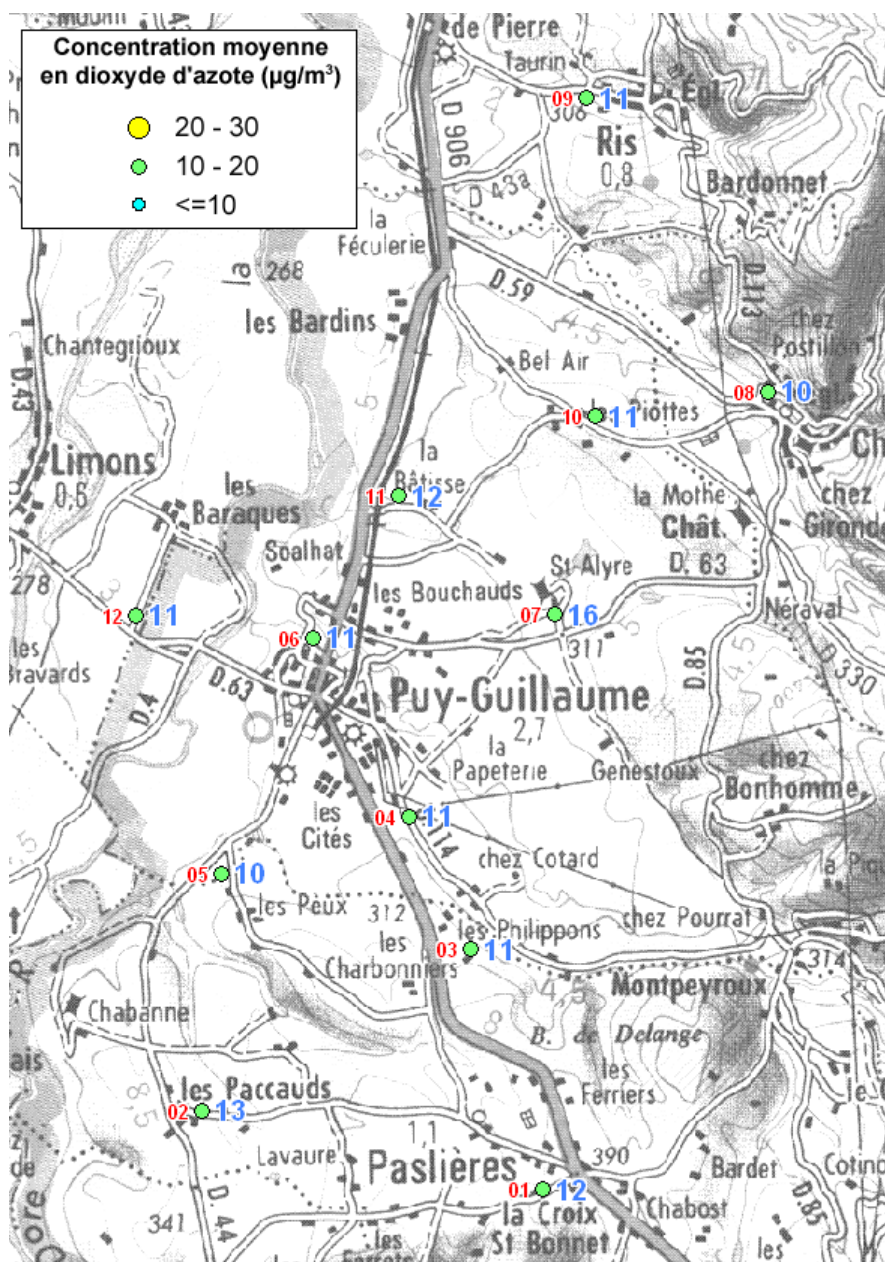


Concentrations en dioxyde d'azote mesurées avec les échantillonneurs à diffusion passive
Comparaison avec les analyseurs automatiques en stations fixes et mobiles

Les concentrations en dioxyde d'azote mesurées avec les échantillonneurs passifs sont faibles sur l'ensemble des sites de mesure. Pour tous les sites et quelle que soit la série de mesure considérée, la zone d'étude présente des teneurs sensiblement inférieures aux niveaux urbains d'Issoire. En accord avec l'évolution observée sur les stations fixes de référence, les plus fortes valeurs relevées sur les échantillonneurs passifs correspondent à la deuxième série de mesure, les plus faibles aux troisième et dernière séries, en lien avec l'évolution de la capacité dispersive de l'atmosphère.

Répartition spatiale des concentrations en dioxyde d'azote

La répartition spatiale des niveaux moyens de dioxyde d'azote est représentée sur la cartographie suivante. Les numéros des sites de mesure figurent en rouge et les concentrations moyennes sur l'ensemble de la campagne, exprimées en microgrammes par mètre cube ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), sont indiquées en bleu.



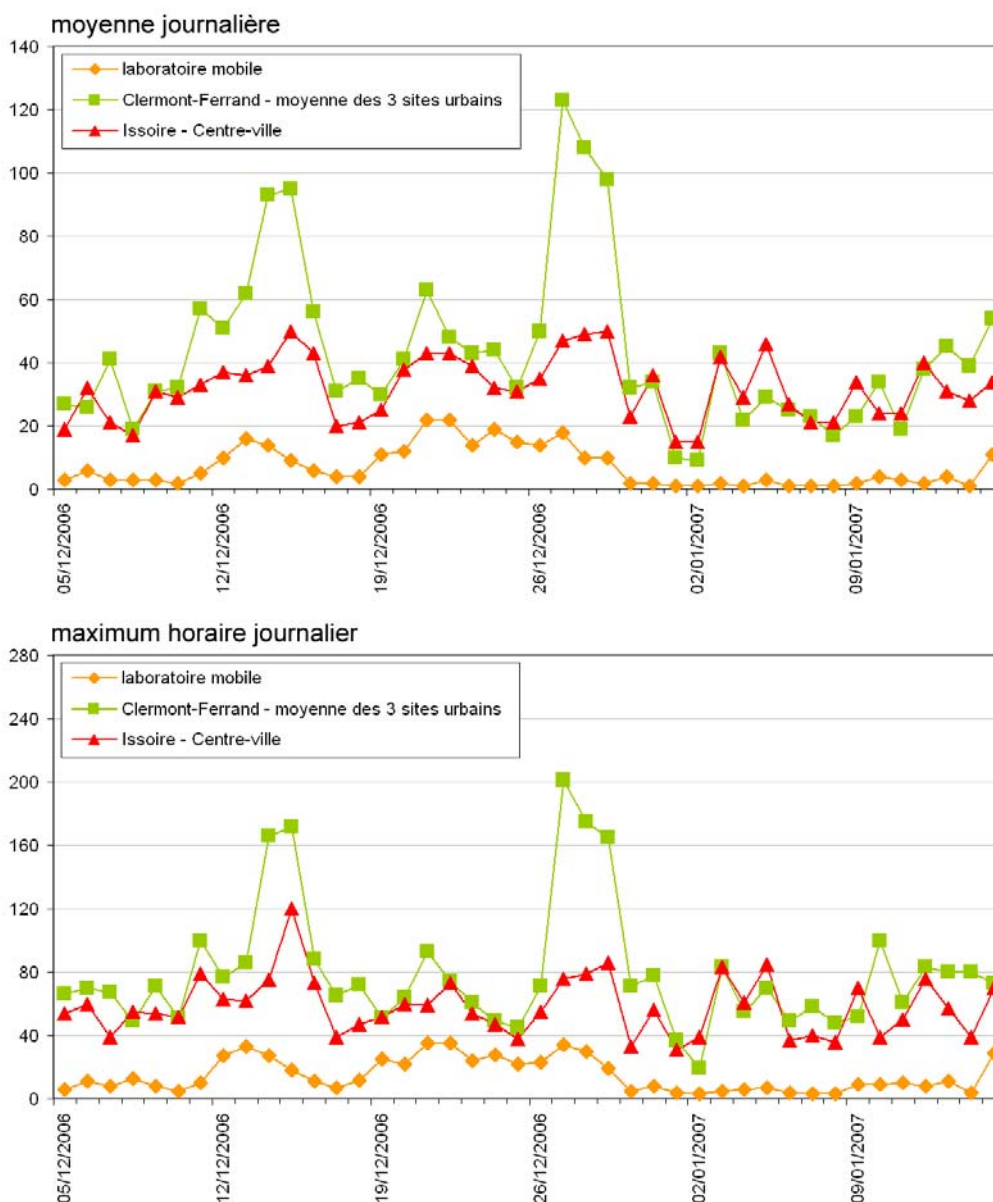
Répartition spatiale des concentrations moyennes en dioxyde d'azote

Les concentrations moyennes en dioxyde d'azote sont homogènes sur l'ensemble de la zone d'étude. En effet, l'écart de $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entre les deux extrema, 10 et $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivement sur les sites 5 et 7, n'est pas significatif. Ainsi, ni la distance ni la direction par rapport au site *O-I Manufacturing France* ne constituent des déterminants des niveaux de pollution azotée sur la zone. Ces relevés ne permettent donc pas de mettre en évidence une quelconque influence des rejets industriels.

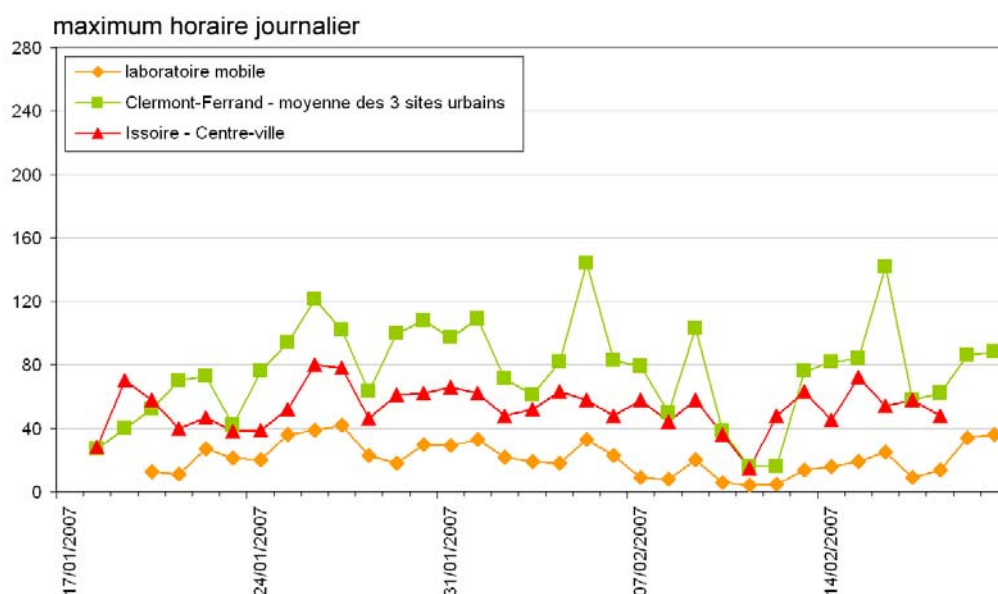
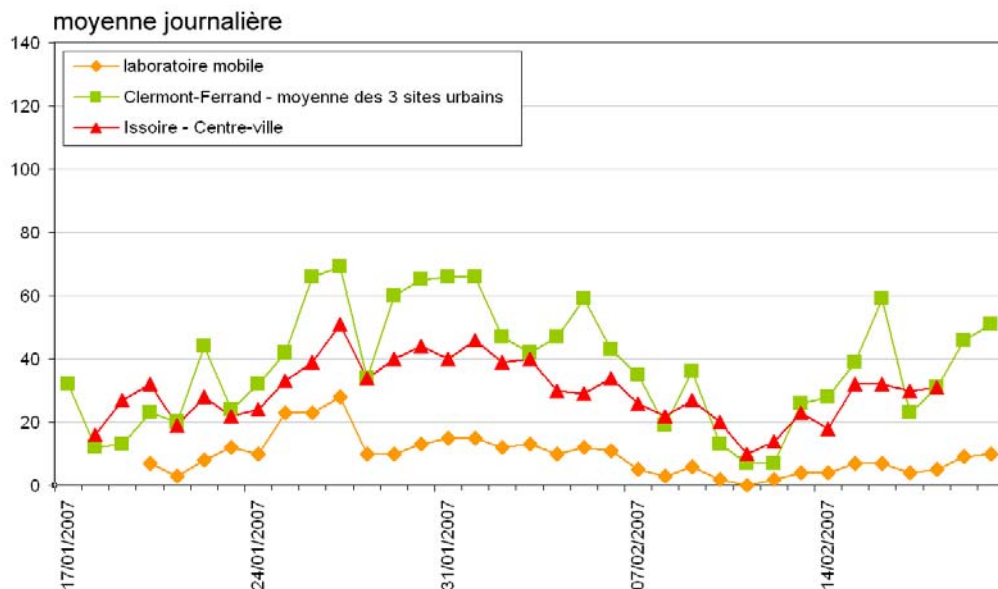
Mesures de dioxyde d'azote par analyseur automatique (sites 3 et 10)

Évolution temporelle des moyennes journalières et maxima horaires journaliers

Les moyennes journalières et maxima horaires journaliers des concentrations en dioxyde d'azote, mesurées successivement sur les sites 10 et 3, avec l'analyseur automatique qui équipe le laboratoire mobile, sont représentés sur les figures ci-après. Les valeurs correspondantes observées sur les analyseurs automatiques des stations fixes de référence sont également reportées. Les concentrations sont exprimées en microgrammes par mètre cube ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Concentrations en dioxyde d'azote mesurées sur le site 10 avec le laboratoire mobile
Comparaison avec les analyseurs en stations fixes de l'agglomération clermontoise et d'Issoire



Concentrations en dioxyde d'azote mesurées sur le site 3 avec le laboratoire mobile
 Comparaison avec les analyseurs en stations fixes de l'agglomération clermontoise et d'Issoire

L'évolution des moyennes et maxima horaires journaliers observés sur les analyseurs automatiques du laboratoire mobile et des stations de référence traduit essentiellement l'influence des paramètres météorologiques sur la pollution azotée au cours de la campagne de mesure. Par exemple, la persistance de conditions anticycloniques marquées durant la dernière décade de décembre 2006, limitant la dispersion des polluants, a favorisé la hausse sensible de la pollution azotée dans l'agglomération clermontoise. Les valeurs élevées de la concentration moyenne horaire en dioxyde d'azote, dépassant $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ont alors nécessité l'activation du dispositif préfectoral d'information de la population du 27 au 29 décembre.

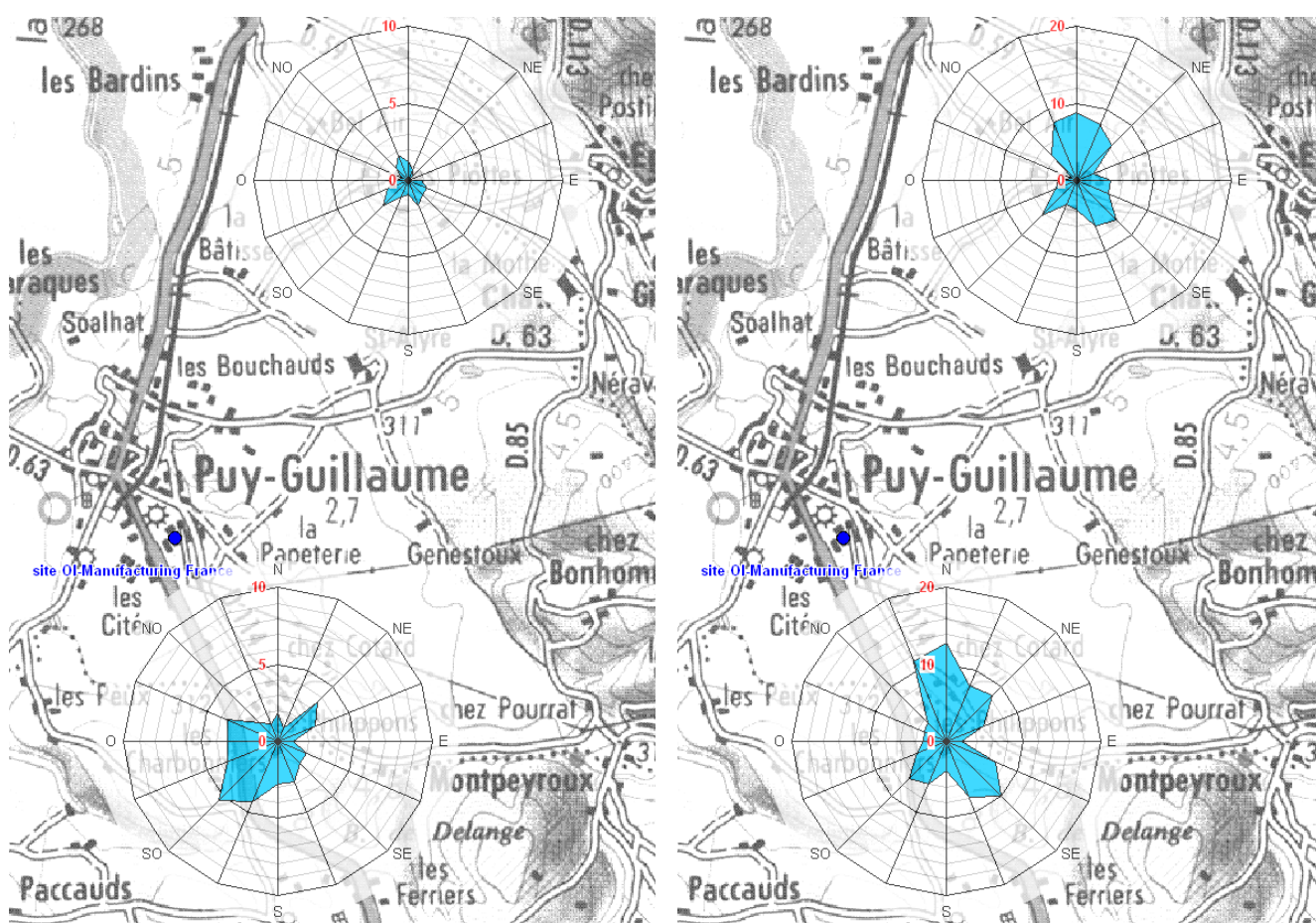
Les teneurs observées à Puy-Guillaume, sur le site 10 (les Piottes) comme sur le site 3 (les Philippons), demeurent faibles à très faibles. Sur les deux sites, les moyennes journalières, souvent inférieures à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dépassent rarement $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Bien que certaines situations météorologiques se soient avérées nettement favorables à l'accumulation des polluants au cours de la campagne de mesure, les maxima horaires n'atteignent $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ qu'à une seule reprise, le 27 janvier 2007 sur le site 3.

En moyenne sur l'ensemble de la période de mesure, les teneurs observées à Puy-Guillaume sont largement inférieures aux niveaux urbains d'Issoire. Le rapport moyen entre les relevés de la station fixe du centre-ville d'Issoire et ceux du laboratoire mobile est voisin de 5 sur le site 10 (les Piottes) et de 3 sur le site 3 (les Philippons).

Roses de pollution en oxydes d'azote

Pour affiner l'évaluation de l'impact sur la qualité de l'air d'un rejet localisé, il convient d'analyser l'influence de la direction du vent sur les concentrations observées. Pour cela, on utilise une représentation graphique sous forme de rose de pollution, qui indique, en coordonnées polaires, les teneurs moyennes en polluant par secteurs de direction du vent.

Les roses de pollution au monoxyde et dioxyde d'azote sur les sites 3 et 10 sont établies à partir des moyennes horaires de concentration et de vitesse et direction du vent, mesurées avec le camion laboratoire. Après exclusion des situations de vent faible (vitesse inférieure à 1 m/s), pour lesquelles la direction n'est pas définie, les concentrations sont réparties en 16 classes selon la direction du vent associée. Pour chacune de ces classes, si le nombre d'observations est significatif (supérieur à 10), on calcule le niveau moyen de pollution. Le résultat est présenté sur la figure suivante, où les concentrations sont exprimées en microgrammes par mètre cube ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



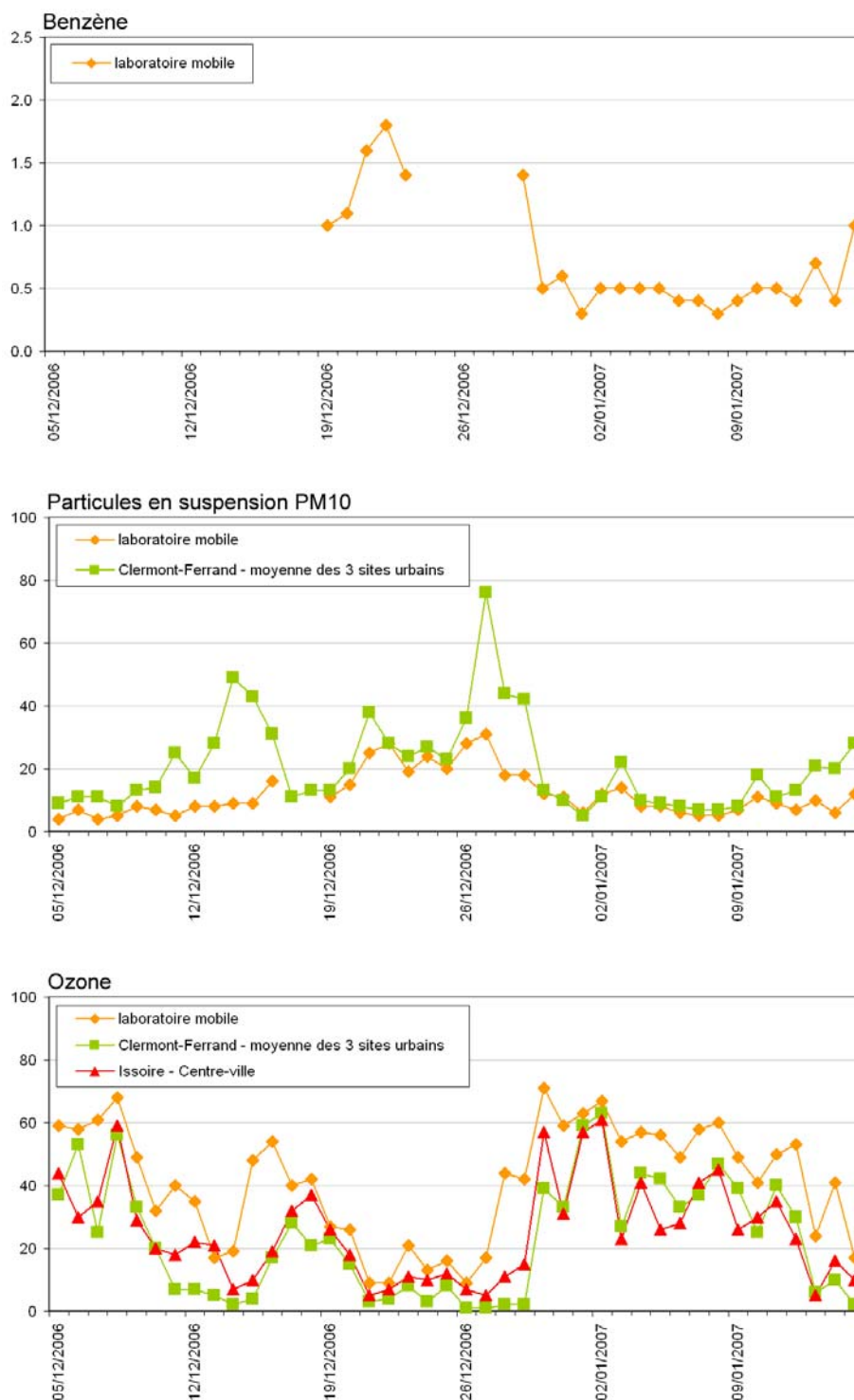
Roses de pollution en monoxyde (à gauche) et dioxyde (à droite) d'azote mesurées sur les sites 3 et 10 avec le laboratoire mobile

Les roses de pollution observées sur les sites 3 et 10 traduisent l'absence d'impact significatif des rejets de la verrerie O-I Manufacturing France durant la campagne de mesure. En effet, les situations des vents de Nord-Ouest à Nord pour le site 3 et de Sud à Sud-ouest pour le site 10, ne correspondent pas à des niveaux sensiblement plus élevés de pollution azotée.

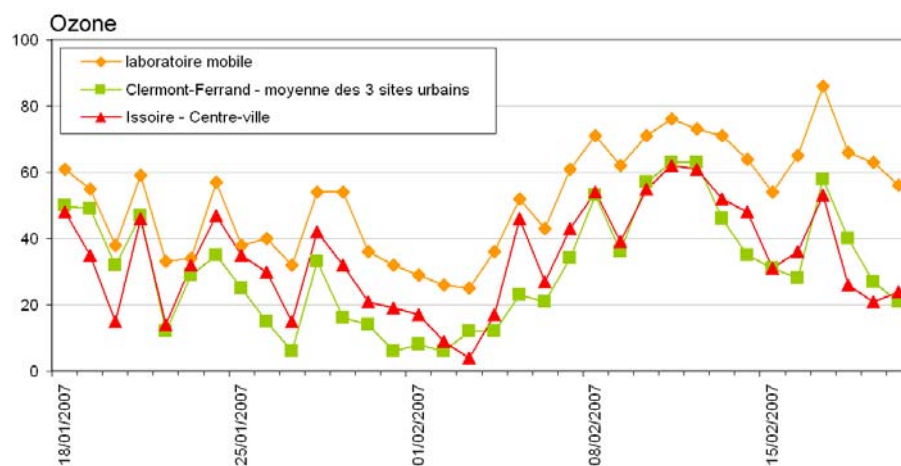
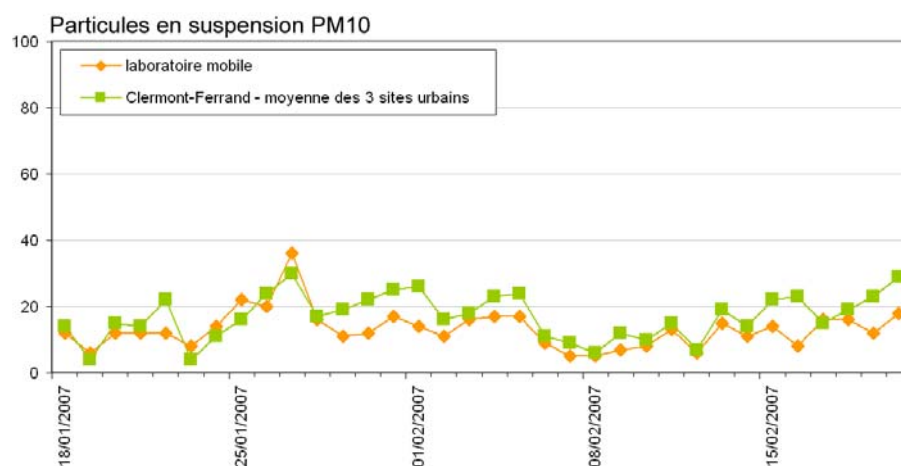
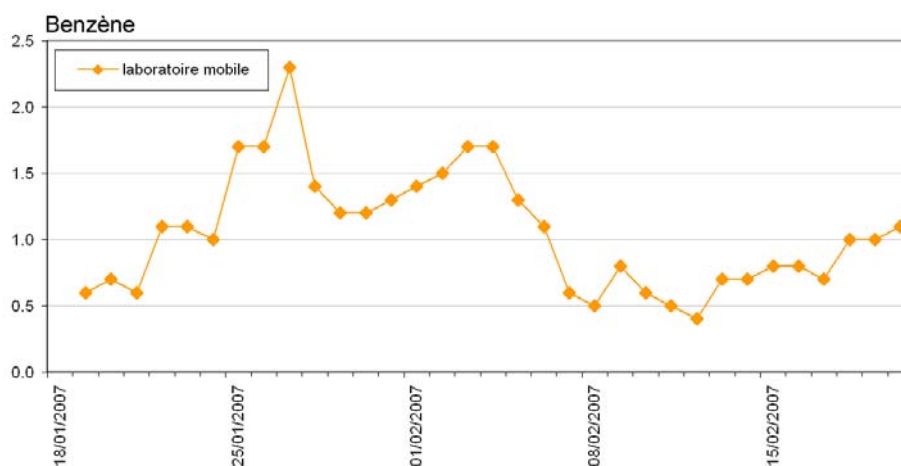
Mesures des autres polluants par analyseurs automatiques (sites 3 et 10)

Évolution temporelle des moyennes journalières

Les moyennes journalières des concentrations en benzène, particules en suspension PM10 et ozone, mesurées successivement sur les sites 10 et 3 avec les analyseurs automatiques qui équipent le laboratoire mobile, sont présentées sur les figures ci-après. Les valeurs correspondantes observées sur les analyseurs automatiques des stations fixes de référence sont également reportées. Les concentrations sont exprimées en microgrammes par mètre cube ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Concentrations en benzène, particules en suspension et ozone mesurées sur le site 10 avec le laboratoire mobile
Comparaison avec les analyseurs en stations fixes de l'agglomération clermontoise et d'Issoire



Concentrations en benzène, particules en suspension et ozone mesurées sur le site 3 avec le laboratoire mobile
 Comparaison avec les analyseurs en stations fixes de l'agglomération clermontoise et d'Issoire

Pour l'ensemble de la campagne de mesure, les relevés de monoxyde de carbone restent inférieurs à $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$. A l'exception du 27 décembre 2006, où la concentration horaire présente un maximum de $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$, les relevés de dioxyde de soufre ne dépassent pas $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pour ces deux polluants, les valeurs enregistrées, majoritairement très faibles, sont proches des limites de détection des analyseurs. Elles comportent une incertitude relative trop importante pour en permettre l'exploitation statistique.

Les teneurs moyennes en benzène s'établissent à $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur le site 10 et $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur le site 3. Les moyennes journalières ne dépassent $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ qu'à une seule reprise, le 27 janvier 2007 (site 3).

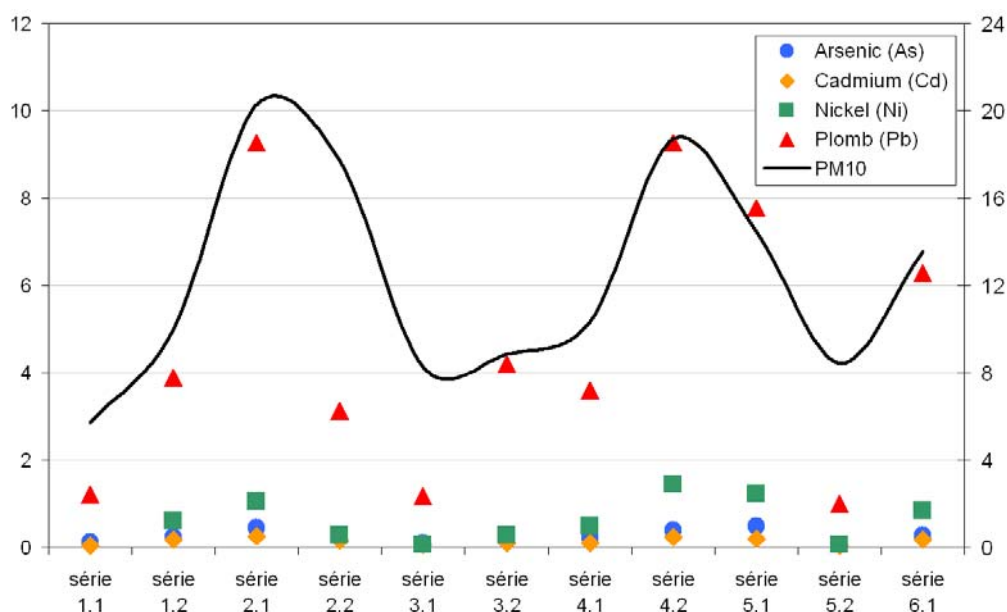
Les concentrations moyennes journalières en particules en suspension PM10 relevées sur les deux sites de mesure sont, pour une large majorité, légèrement inférieures à celles observées sur les stations de référence clermontoises. Dans près de 80 % des cas, l'écart est inférieur à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, traduisant une relative homogénéité de la pollution particulaire à l'échelle du département. Sur le site 10, au cours du mois de décembre 2006, lorsque les niveaux de pollution sont plus élevés, certaines situations s'écartent de cette tendance générale et présentent des écarts sensiblement plus importants. La hausse des concentrations est alors plus marquée dans l'agglomération clermontoise, sous l'influence d'émissions locales nettement plus conséquentes et d'une topographie plus défavorable à la dispersion.

Les teneurs en ozone mesurées dans la zone d'étude sont supérieures, de 15 à $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne, aux valeurs urbaines de Clermont-Ferrand et Issoire. Ce résultat est conforme à la répartition spatiale habituellement observée où les concentrations les plus élevées sont atteintes en périphérie des agglomérations ou en milieu rural. Il résulte des processus physiques qui conditionnent le transport et la transformation chimique de l'ozone atmosphérique. Il faut cependant souligner qu'une description plus complète des teneurs en ozone dans la zone d'étude nécessite la mise en œuvre de mesures en période estivale, les niveaux critiques n'étant généralement atteints qu'entre juin et septembre en Auvergne.

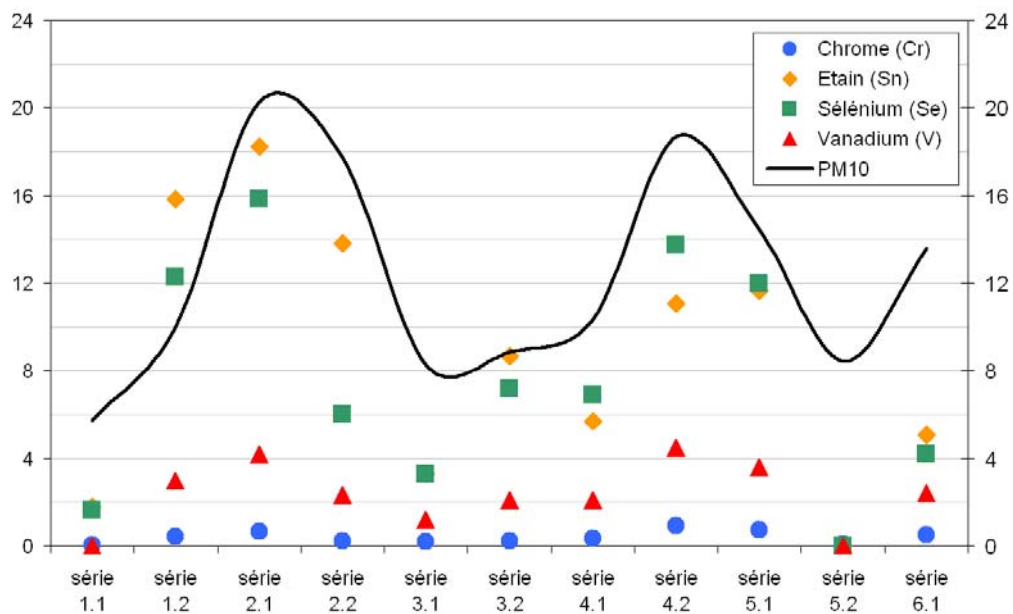
Mesures de métaux lourds (sites 3 et 10)

Les résultats détaillés des concentrations en métaux lourds, exprimées en nano grammes par mètre cube (ng/m^3), pour chaque série de mesure, sont présentés dans le tableau et les graphiques ci-après. Les séries 1.1 à 3.2 correspondent au site 10 (les Piottes) et les séries 4.1 à 6.1 au site 3 (les Philippons). Les concentrations en particules PM10 mesurées durant les mêmes périodes sur l'analyseur automatique du laboratoire mobile sont également reportées (exprimées en microgrammes par mètre cube). La mention "< lq" indique des résultats inférieurs à la limite de quantification de la technique de mesure mise en œuvre.

	Arsenic (As) ng/m^3	Cadmium (Cd) ng/m^3	Plomb (Pb) ng/m^3	Nickel (Ni) ng/m^3	Chrome (Cr) ng/m^3	Etain (Sn) ng/m^3	Sélénium (Se) ng/m^3	Vanadium (V) ng/m^3	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
série 1.1 5 - 11 décembre 2006	0,12	0,04	1,20	< lq	0,03	1,79	1,64	< lq	6
série 1.2 12 - 18 décembre 2006	0,24	0,17	3,89	0,60	0,42	15,85	12,26	2,99	10
série 2.1 19 - 25 décembre 2006	0,45	0,25	9,26	1,05	0,66	18,23	15,84	4,18	20
série 2.2 28 déc. 2006 - 1 ^{er} jan. 2007	0,28	0,15	3,13	0,28	0,23	13,82	5,99	2,30	18
série 3.1 2 - 8 janvier 2007	0,09	0,05	1,17	0,06	0,18	3,29	3,29	1,20	8
série 3.2 9 - 15 janvier 2007	0,21	0,10	4,19	0,27	0,24	8,67	7,18	2,09	9
série 4.1 17 - 23 janvier 2007	0,21	0,09	3,59	0,48	0,33	5,69	6,88	2,09	10
série 4.2 24 - 30 janvier 2007	0,39	0,23	9,26	1,43	0,93	11,06	13,75	4,48	19
série 5.1 31 janvier - 6 février 2007	0,48	0,20	7,78	1,23	0,72	11,66	11,96	3,59	14
série 5.2 7 février - 13 février 2007	0,06	0,03	0,99	0,06	0,09	< lq	< lq	< lq	8
série 6.1 14 - 20 février 2007	0,27	0,18	6,28	0,84	0,51	5,08	4,19	2,39	14
moyenne	0,25	0,14	4,61	0,57	0,39	9,52	8,30	2,81	12,39
maximum	0,48	0,25	9,26	1,43	0,93	18,23	15,84	4,48	20,29



Concentrations en Arsenic, Cadmium, Nickel, Plomb (axe de gauche gradué en ng/m^3) et particules PM10 (axe de droite gradué en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Concentrations en Chrome, Etain, Sélénium et Vanadium (axe de gauche gradué en ng/m^3) et particules PM10 (axe de droite gradué en $\mu\text{g/m}^3$)

Parmi les métaux quantifiés dans la présente étude, seuls les concentrations en arsenic, cadmium, nickel et plomb font l'objet de réglementations dans l'air ambiant. Les deux premiers présentent des teneurs hebdomadaires toujours inférieures à $0,5 \text{ ng/m}^3$. Pour le nickel et le plomb, les valeurs maximales, relevées au cours de la série 4.2 sur le site 3, approchent respectivement $1,5$ et 10 ng/m^3 .

Pour chacun des éléments mesurés, les représentations graphiques montrent une corrélation entre les teneurs en métaux lourds et la concentration en particules en suspension. Ainsi, les variations temporelles des niveaux de métaux lourds s'expliquent principalement par l'évolution de la quantité globale de particules dans l'air ambiant.

Situation par rapport aux critères réglementaires

Les critères réglementaires relatifs aux concentrations en polluants dans l'air ambiant sont présentés en annexe 2. Ils sont généralement définis en terme de paramètres statistiques calculés sur une année complète de mesure, comme par exemple la moyenne annuelle. Dès lors, pour aborder les questions de normativité à partir de campagnes plus limitées dans le temps, il est nécessaire d'extrapoler les résultats. Cette généralisation peut s'appuyer sur la comparaison avec les stations fixes du réseau auvergnat, constituant la référence. L'historique des valeurs enregistrées sur ce réseau pérenne permet, en effet, de positionner les niveaux de pollution par rapport aux différents critères réglementaires.

Dioxyde d'azote

Les concentrations en dioxyde d'azote, observées sur les sites 3 et 10 avec l'analyseur automatique du laboratoire mobile et sur l'ensemble de la zone d'étude avec les échantillonneurs passifs, sont nettement inférieures aux niveaux urbains relevés simultanément à Issoire. Ces dernières années, la moyenne annuelle des concentrations enregistrées sur la station fixe d'Issoire se situe autour de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, soit environ la moitié de la valeur limite 2010 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Ces résultats laissent donc supposer un large respect de cette valeur limite sur l'ensemble de la zone d'étude.

Malgré les conditions météorologiques très défavorables à la dispersion des polluants qui ont marqué la fin du mois de décembre 2006, les teneurs moyennes horaires en dioxyde d'azote n'ont jamais dépassé $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les deux sites d'implantation du laboratoire mobile. L'éventualité de dépassement du seuil de recommandation et d'information ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire) semble ainsi écartée sur la zone d'étude. Pour la suite, le respect de la valeur limite exprimée en centile 99,8, qui correspond à 18 dépassements annuels de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne horaire, semble largement assuré.

Benzène

Les concentrations moyennes en benzène mesurées avec le laboratoire mobile sont voisines de $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur le site 10 et $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur le site 3. L'objectif de qualité de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle, et donc la valeur limite de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle à l'horizon 2010, définis pour ce polluant, sont très probablement respectés sur l'ensemble de la zone d'étude.

Particules en suspension PM10

Les concentrations moyennes journalières en particules PM10 relevées dans la zone d'étude sont inférieures aux niveaux urbains clermontois, avec un écart plus important pour les plus fortes valeurs. Les différents critères réglementaires relatifs à la pollution particulaire, assez largement respectés ces dernières années sur les sites urbains de Clermont-Ferrand, le sont très probablement sur la zone d'étude.

Ozone

A la différence des polluants primaires, directement émis, l'ozone est un polluant secondaire qui se forme à partir de nombreux composés d'origines variées, naturelles et anthropiques, appelés précurseurs. Il s'agit entre autres des oxydes d'azote, du monoxyde de carbone et des composés organiques volatils. Cette formation d'ozone résulte de transformations chimiques complexes qui nécessitent l'action du rayonnement solaire. L'ozone est ainsi un polluant estival. La présente étude, conduite en période hivernale, ne permet donc pas une évaluation globale des niveaux moyens d'ozone sur la zone d'étude. Cependant, l'historique des mesures réalisées par Atmo Auvergne indique de fréquents dépassements des seuils réglementaires, généralisés à l'ensemble de la région Auvergne, et plus particulièrement en milieu rural.

Dioxyde de soufre et monoxyde de carbone

Sur l'ensemble de la campagne de mesure, les relevés de dioxyde de soufre et monoxyde de carbone restent très faibles, permettant de conclure à un large respect des critères réglementaires définis pour ces deux polluants.

Métaux lourds

Les concentrations moyennes en arsenic, cadmium et nickel mesurées sur les sites 3 et 10 sont 20 à 40 fois inférieures aux valeurs cibles européennes. La concentration moyenne en plomb est voisine de 5 ng/m^3 , ce qui représente $1/50^{\text{ème}}$ de l'objectif de qualité et $1/100^{\text{ème}}$ de la valeur limite fixés par la réglementation nationale.

Conclusion

La présente étude s'inscrit dans le cadre de la surveillance de la qualité de l'air autour des unités industrielles auvergnates, objectif préconisé dans le Programme de Surveillance de la Qualité de l'Air en Auvergne. Elle vise la caractérisation des niveaux de pollution atmosphérique à proximité du site industriel *O-I Manufacturing France* de Puy-Guillaume (Puy-de-Dôme). Pour cela, une campagne de mesure des principaux polluants réglementés a été mise en œuvre du 5 décembre 2006 au 27 février 2007.

L'ozone mis à part, l'exploitation des relevés effectués traduit une faible exposition de la zone d'étude aux polluants atmosphériques quantifiés, bien que certaines situations météorologiques se soient avérées nettement défavorables à la dispersion de la pollution. Le croisement avec les relevés de référence obtenus simultanément à Issoire et dans l'agglomération clermontoise laisse supposer que l'ensemble des critères réglementaires sont respectés sur la zone d'étude.

Les niveaux d'ozone ne peuvent être complètement évalués à partir de mesures réalisées en période hivernale. Cependant, les dépassements récurrents des critères réglementaires habituellement observés par Atmo Auvergne sont généralisés à l'ensemble de la région et doivent également concerner la zone d'étude.

Les diverses analyses conduites pour étudier l'influence des rejets de la verrerie (évaluation de la répartition spatiale des teneurs en dioxyde d'azote avec des échantillonneurs passifs, roses de pollution, localisation du laboratoire mobile et du préleveur sur les sites supposés plus exposés) ne permettent pas de mettre en évidence un impact significatif des émissions localisées du site industriel.

Annexes

Annexe 1 : Les mécanismes de la pollution atmosphérique

Les processus qui régissent la pollution atmosphérique s'échelonnent en plusieurs étapes. Tout d'abord s'effectue l'émission des polluants, rapidement suivie de leur dispersion puis de la phase de transformation chimique, qui a lieu au sein même de l'atmosphère.

Émissions

Les émissions de polluants ont une forte influence sur la qualité de l'air. Les polluants primaires, dont les oxydes d'azote, le dioxyde de soufre, le monoxyde de carbone, les particules en suspension et certains composés organiques volatils (COV), sont directement émis dans l'atmosphère. Ils proviennent aussi bien des sources fixes (chauffages urbains, activités industrielles, domestiques ou agricoles) que des sources mobiles, en particulier les automobiles. La production de polluants primaires diminue en été car les chauffages ne fonctionnent pas et la circulation automobile s'allège dans les centres-villes.

Transport et dispersion

Le phénomène de dispersion, c'est-à-dire le déplacement des polluants depuis la source, est primordial puisqu'il détermine l'accumulation d'un polluant ou sa dilution dans l'atmosphère. La dispersion dépend de plusieurs paramètres dont les conditions météorologiques et la topographie locale (altitude, relief, cours d'eau...).

Deux types de dispersion peuvent être distingués :

- la dispersion verticale, liée au gradient vertical de température de la couche de surface, couche inférieure de l'atmosphère influencée par la présence du sol,
- la dispersion horizontale, également dénommée transport, liée à la vitesse et à la direction du vent.

Ainsi, une situation anticyclonique, caractérisée par des vents faibles, limite la dispersion horizontale. En hiver, des températures basses et un ciel dégagé favorisent de plus l'inversion du gradient thermique vertical (présence d'air plus chaud en altitude qu'au sol), ce qui diminue la dispersion verticale. Cette situation, fréquemment observable à Clermont-Ferrand, favorise des niveaux de pollution élevés car elle entraîne une accumulation des gaz, et conduit ainsi à des pics de pollution. A l'inverse, une situation dépressionnaire, généralement associée à des vents plus sensibles, permet une bonne dilution des polluants dans l'atmosphère. De plus, les précipitations, entraînant le dépôt humide des polluants (phénomène de lessivage), contribuent à la diminution des concentrations.

Transformations chimiques

Au cours de la dispersion, les polluants peuvent se transformer par réactions chimiques complexes pour former les polluants secondaires tels que l'ozone et certains COV. Le dioxyde d'azote peut également être considéré comme essentiellement secondaire dans la mesure où les émissions directes des sources, bien que non négligeables, demeurent minoritaires.

La production d'ozone nécessite un fort rayonnement solaire et la présence de certains précurseurs, tels que les composés organiques volatils. Des réactions mêlant polluants primaires et secondaires se produisent alors, la plus courante étant la réaction réversible entre l'ozone et les oxydes d'azote ($\text{NO} + \text{O}_3 \leftrightarrow \text{O}_2 + \text{NO}_2$) qui a lieu en présence de lumière et pour de fortes concentrations en monoxyde d'azote. Cette réaction peut expliquer l'observation de teneurs en ozone plus faibles dans les agglomérations pendant les heures où le trafic est important (destruction de l'ozone par réaction avec le monoxyde d'azote). A contrario, les stations périurbaines, situées sous le vent de la ville, connaissent les pointes maximales d'ozone, car en l'absence d'émissions importantes de monoxyde d'azote, les masses d'air polluées transportées s'enrichissent en ozone.

Annexe 2 : Les critères réglementaires de la qualité de l'air

Les critères nationaux de qualité de l'air font l'objet des décrets 2002-213 du 15 février 2002 et 2003-1085 du 12 novembre 2003. Ces décrets résultent notamment de la transposition des directives européennes 1999/30/CE du 22 avril 1999, 2000/69/CE du 16 novembre 2000 et 2002/3/CE du 12 février 2002.

Terminologie

Les différents niveaux de concentration fixés dans la réglementation sont définis dans la loi sur l'air et ses décrets d'application :

- **objectif de qualité** : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement, à atteindre dans une période donnée ;
- **valeur limite** : niveau maximal de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement ;
- **seuil de recommandation et d'information** : seuil au-delà duquel la concentration en polluants a des effets limités et transitoires sur la santé de catégories de la population particulièrement sensibles en cas d'exposition de courte durée ;
- **seuil d'alerte** : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement à partir duquel des mesures d'urgence doivent être prises.

Critères nationaux de la qualité de l'air

Dioxyde d'azote

critère	paramètre statistique	valeur applicable en 2010 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	remarque
Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	centile 99,8 horaire (18 heures / an)	200	
	moyenne annuelle	40	
Objectif de qualité	moyenne annuelle	40	
Seuil de recommandation et d'information	moyenne horaire	200	
Seuil d'alerte	moyenne horaire	400 / 200	200 si l'épisode de pollution perdure sur plusieurs jours

Benzène

critère	paramètre statistique	valeur applicable en 2010 (en µg/m³)	remarque
Valeur limite pour la protection de la santé humaine	moyenne annuelle	5	
Objectif de qualité	moyenne annuelle	2	

Particules en suspension (PM10)

critère	paramètre statistique	valeur applicable (en µg/m³)	remarque
Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	centile 90,4 journalier (35 jours / an)	50	hors événements naturels
	moyenne annuelle	40	hors événements naturels
Objectif de qualité	moyenne annuelle	30	

Dioxyde de soufre

critère	paramètre statistique	valeur applicable (en µg/m³)	remarque
Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	centile 99,7 horaire (24 heures / an)	350	
	centile 99,2 journalier (3 jours / an)	125	
Valeurs limites pour la protection des écosystèmes	moyenne annuelle	20	
	moyenne hivernale	20	
Objectif de qualité	moyenne annuelle	50	
Seuil de recommandation et d'information	moyenne horaire	300	
Seuil d'alerte	moyenne horaire	500	3 h consécutives

Monoxyde de carbone

critère	paramètre statistique	valeur applicable (en µg/m³)	remarque
Valeur limite pour la protection de la santé humaine	moyenne sur 8 heures	10 000	

Ozone

critère	paramètre statistique	valeur applicable (en µg/m³)	remarque
Objectif de qualité pour la protection de la santé humaine	moyenne sur 8 heures	110	
Objectifs de qualité pour la protection de la végétation	moyenne horaire	200	
	moyenne journalière	65	
Seuil de recommandation et d'information	moyenne horaire	180	
Seuils d'alerte : - 1 ^{er} seuil - 2 ^e seuil - 3 ^e seuil	moyenne horaire	240	3 h consécutives
	moyenne horaire	300	3 h consécutives
	moyenne horaire	360	

Plomb

critère	paramètre statistique	valeur applicable (en µg/m³)	remarque
Valeur limite	moyenne annuelle	0,5	
Objectifs de qualité	moyenne annuelle	0,25	

Normes européennes relatives aux métaux lourds

La directive européenne 2004/107/CE du 15 décembre 2004, non traduite à ce jour en droit français, fixe des valeurs cibles pour l'arsenic, le cadmium et nickel. Une valeur cible est définie comme une « concentration dans l'air ambiant fixée dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs pour la santé des personnes et l'environnement dans son ensemble qu'il convient d'atteindre, si possible, dans un délai donné » :

critère	paramètre statistique	valeur applicable en 2012 (en ng/m³)	remarque
Arsenic : valeur cible	moyenne annuelle	6	
Cadmium : valeur cible	moyenne annuelle	5	
Nickel : valeur cible	moyenne annuelle	20	



Qualité de l'air en Auvergne

**Association pour la Mesure
de la Pollution Atmosphérique
de l'Auvergne**

**Siège : Atmo Auvergne
21 allée Evariste Galois – 63170 AUBIERE
Tel : 04.73.34.76.34 / Fax : 04.73.34.33.56
e-mail : contact@atmoauvergne.asso.fr
<http://www.atmoauvergne.asso.fr>**

3^{ème} trimestre 2007