

ASSOCIATION POUR LA MESURE DE LA POLLUTION
ATMOSPHERIQUE DE L'Auvergne

Atmo Auvergne

MEMBRE AGRÉÉ DE LA FÉDÉRATION ATMO FRANCE



Campagne de mesure du dioxyde d'azote dans l'agglomération de Clermont-Ferrand en situation de proximité automobile

Année 2014



Atmo Auvergne

25 rue des Ribes
63170 AUBIÈRE

Tél. : 04 73 34 76 34

Fax : 04 73 34 33 56

Mél : contact@atmoauvergne.asso.fr

Site Internet : <http://www.atmoauvergne.asso.fr>

Ref. JG/2015.07/01

Rédaction : Justine Gourdeau - Approbation : Serge Pellier

SOMMAIRE

1	Introduction – Contexte de la campagne	3
2	Mise en œuvre de la campagne	3
2.1	Techniques de mesure	3
2.2	Échantillonneur passif de dioxyde d'azote	3
2.3	Analyseur automatique d'oxydes d'azote	3
2.4	Période de mesure	3
2.5	Implantation de sites de mesure	4
3	Exploitation des résultats	6
3.1	Contexte météorologique de l'année 2014	6
3.2	Assurance qualité des mesures par échantillonnage passif	8
	<i>Invalidation des données aberrantes</i>	8
	<i>Doublons</i>	8
	<i>Comparaison avec les analyseurs automatiques</i>	8
	<i>Importance de la microimplantation</i>	9
3.3	Résultats des mesures de NO ₂ sur les stations fixes	10
	<i>Comparaison avec les valeurs historiques</i>	10
3.4	Résultats des mesures de NO ₂ par échantillonnage passif	11
	<i>Situation par rapport aux normes</i>	12
	<i>Comparaison aux résultats obtenus par modélisation</i>	13
	<i>Comparaison aux résultats obtenus en 2010</i>	14
4	Conclusion	15
	Annexe 1 : Les sites de mesure	16
	Annexe 2 : Résultats détaillés des mesures par échantillonnage passif	22
	Annexe 3 : Les critères réglementaires de la qualité de l'air	26
	<i>Terminologie</i>	26
	<i>Critères réglementaires</i>	26
	Annexe 4 : Généralités sur le dioxyde d'azote	27
	<i>Physico-chimie et sources</i>	27
	<i>Effets sur la santé et l'environnement</i>	27

1 Introduction – Contexte de la campagne

Si l'agglomération clermontoise est relativement épargnée par la pollution chronique aux particules, il n'en est pas de même pour cet autre polluant majeur qu'est le dioxyde d'azote. Depuis plusieurs années, les stations de mesure de la qualité de l'air sous l'influence du trafic automobile relèvent des concentrations de dioxyde d'azote dépassant les valeurs limites annuelles. Le site de l'Esplanade de la gare, créé en 2006, et celui de Gaillard auparavant, ainsi que la station installée le long de l'autoroute A71 enregistrent des niveaux soutenus, mais la pollution azotée ne se limite pas à ces seuls points fixes. Plusieurs études par tubes à diffusion passive ainsi que les cartographies issues de la modélisation à haute définition à l'échelle de l'agglomération ont montré que ces dépassements concernent une zone relativement étendue dans le centre de Clermont-Ferrand et le long d'axes de circulation fréquentés.

Une étude par préleveurs passifs menée en 2009-2010 a mis en relief que les boulevards nord, les entrées est de l'agglomération, les avenues périphériques au grand centre-ville et l'ancienne nationale 9 sont, avec l'axe autoroutier nord-sud, les territoires les plus touchés par la pollution au dioxyde d'azote.

Il a paru intéressant de renouveler cette campagne de mesure, afin d'actualiser ces observations et d'identifier les éventuels sites où cette pollution a pu évoluer.

La présente étude s'est focalisée sur les mêmes points de mesure que lors de la campagne précédente. Une trentaine de points de typologie trafic, ainsi que deux stations fixes, de typologie urbaine et trafic, ont été échantillonnés durant une année entière en 2014.

2 Mise en œuvre de la campagne

2.1 Techniques de mesure

Les échantillonneurs passifs sont bien adaptés pour la mesure du dioxyde d'azote dans l'air ambiant et sont 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. Atmo Auvergne mène très régulièrement des campagnes de mesure en s'appuyant sur ce procédé, en situation urbaine, rurale ou de proximité automobile, sur l'ensemble du territoire auvergnat.

2.2 Échantillonneur passif de dioxyde d'azote

La mesure du dioxyde d'azote par échantillonnage passif est basée sur le principe de la diffusion passive des molécules à travers une couche d'air délimitée par un tube, jusqu'à un support adsorbant imprégné de triéthanolamine, qui piège le polluant. La quantité de dioxyde d'azote adsorbée est proportionnelle à sa concentration moyenne dans l'air ambiant durant la période d'exposition. Cette quantité est déterminée par spectrométrie à 542 nm. Les tubes, de marque Passam, sont analysés au laboratoire LASAIR de l'association Airparif. Le pas d'échantillonnage est de 7 jours.

2.3 Analyseur automatique d'oxydes d'azote

En parallèle à ces mesures par tubes passifs, les analyseurs automatiques du réseau de stations fixes d'Atmo Auvergne fournissent des données de référence. Les teneurs en dioxyde d'azote sont obtenues au moyen d'analyseurs automatiques d'oxydes d'azote par chimiluminescence de type 42 I (Thermo Environmental Instruments Inc.) et APNA 370 (Horiba). Cette technique de mesure normalisée (NFX 43018) s'appuie sur l'analyse du rayonnement lumineux émis par le dioxyde d'azote lorsqu'il revient à un état énergétique fondamental, après avoir été artificiellement excité en présence d'une forte concentration d'ozone. Les analyseurs fournissent en continu des mesures quart-horaires.

2.4 Période de mesure

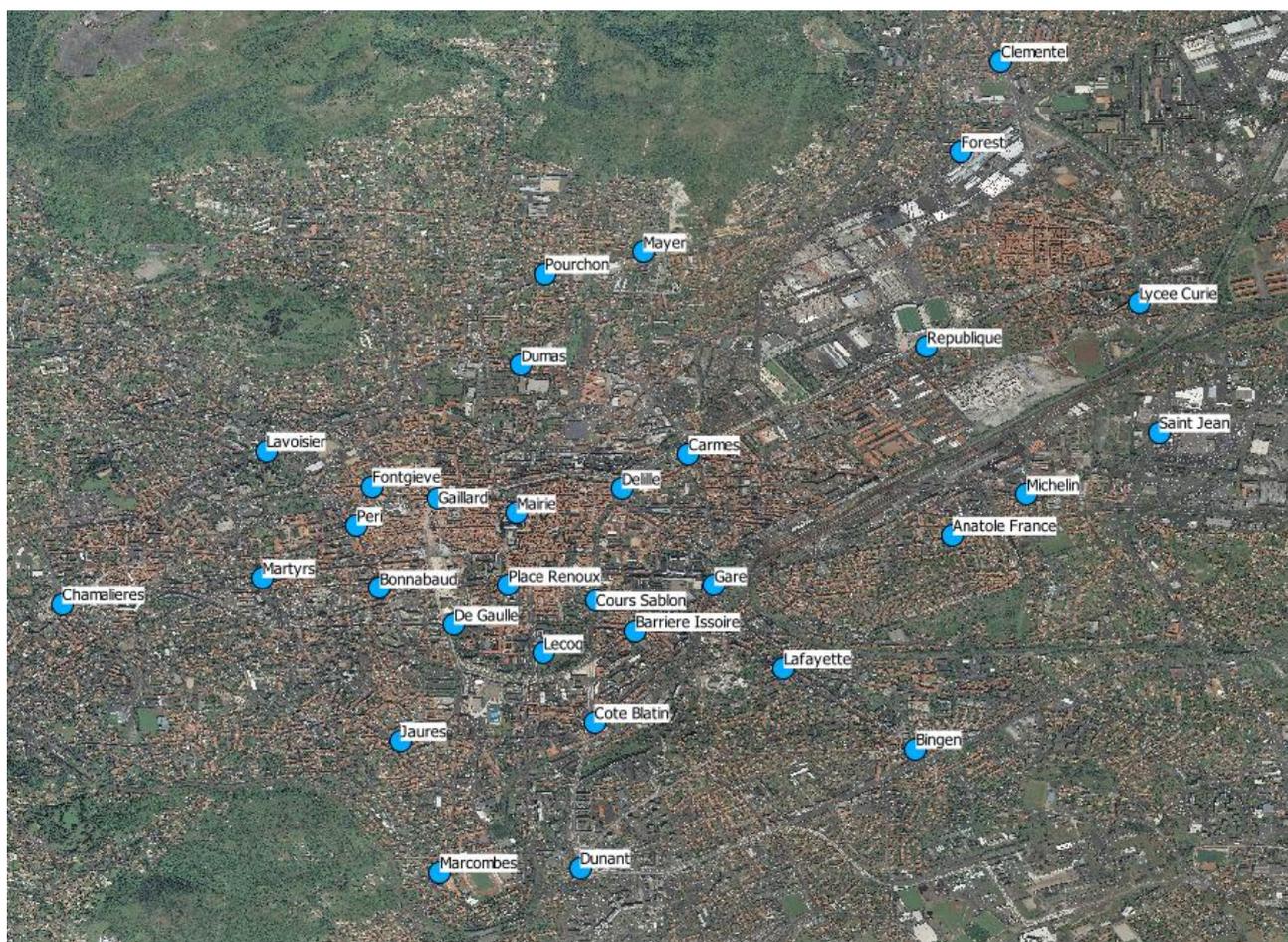
Cinquante-trois séries d'une semaine de prélèvement par échantillonneurs passifs ont été réalisées entre le 30 décembre 2013 et le 5 janvier 2015.

2.5 Implantation de sites de mesure

Les 32 points de mesure, répartis sur Clermont-Ferrand et Chamalières, sont identiques à ceux qui avaient été retenus en 2009-2010, afin d'échantillonner le long des principaux axes de circulation, à l'exception du point de la République qui est en sus cette année. Trois prélèvements se situent à l'emplacement de stations de mesure pérennes, deux en situation de trafic (Esplanade de la gare et Chamalières) et une en situation de fond urbain (Jardin Lecoq) en centre-ville clermontois. Parmi ces 32 points de prélèvement, trois d'entre eux sont placés en conditions de fond urbain dans l'hyper centre, afin de s'assurer à nouveau du respect de la valeur limite annuelle sur ce type d'emplacement : il s'agit des prélèvements de Gaillard, Mairie et Lecoq.

L'échantillonnage spatial et les caractéristiques des sites sont présentés sur la carte et le tableau suivants.

Les photos des 32 sites étudiés sont présentées dans l'annexe 1 en fin de rapport.



Carte d'implantation des sites

Nom	Adresse	Emplacement	Distance à la voie (m)	Typologie du site	Coordonnées géographiques
Anatole France	59 rue Anatole France - Clt-Fd	Sur poteau	1	Trafic	45.778284, 3.108289
Barrière d'Issoire	Carrefour Lafayette - Avenue des Paulines - Clt-Fd	Carrefour - Bar Lafayette, sur feu piéton	1	Trafic	45.773333, 3.092167
Bingen	149 bd Lafayette - Clt-Fd	Sur gouttière angle rue Médicis	4.3	Trafic	45.767333, 3.106417
Bonnabaud	Rue Bonnabaud - Clt-Fd	Sur gouttière hôtel Régina face au parking	1.8	Trafic	45.775557, 3.079165
Carmes	Place des Carmes - Clt-Fd	Eclairage public, près viaduc	4	Trafic	45.782418, 3.094841
Chamalières	Avenue de Fontmaure - Chamalières	Sur piquet à côté du site, carrefour Europe	0.7	Trafic	45.774736, 3.062978
Clémentel	70 Bd Clémentel - Clt-Fd	Panneau passage piéton, à côté de la pharmacie de la Plaine	2.8	Trafic	45.802556, 3.110778
Côte Blatin	53 Bd Côte Blatin - Clt-Fd	Devant supermarché " Simply Market"	1	Trafic	45.768677, 3.090081
Cours Sablon	31 cours Sablon - Clt-Fd	Devant Etat-major sur vieux platane côté trottoir	6.7	Trafic	45.774909, 3.090228
Cours Sablon 2		Devant Etat-major sur vieux platane côté trottoir	1		45.774908, 3.090157
De Gaulle	Bd Charles de Gaulle - Clt-Fd	Angle rue Lagarlaye, sur éclairage	3.1	Trafic	45.773672, 3.082929
Delille	Place Delille - Clt-Fd	Sur panneau le long du couloir bus, face à Ciné Games	6.9	Trafic	45.780656, 3.091468
Dumas	18 Bd Jean-Baptiste Dumas - Clt-Fd	Sur gouttière	4.1	Trafic	45.786964, 3.086332
Dunant	Place Henri Dunant - Clt-Fd	Sur arbre, derrière arrêt tram	3.5	Trafic	45.761223, 3.089354
Fontgiève	39 rue Fontgiève - Clt-Fd	Sur gouttière restaurant « Chez Lim »	3.5	Trafic	45.780780, 3.078772
Forest	Avenue Fernand Forest - Clt-Fd	Sur barrière face usine Michelin	2.2	Trafic	45.797889, 3.108722
Gaillard	Place Gaillard - Clt-Fd	Face brasserie "La Lune", éclairage		Fond	45.780191, 3.082115
Gare	Avenue des Paulines - Clt-Fd	Sur tête de prélèvement de la station fixe	4.9	Trafic	45.775704, 3.096161
Jaurès	61 avenue Jean Jaurès - Clt-Fd	Sur gouttière	4.3	Trafic	45.767742, 3.080211
Lafayette	Bd Lafayette - Clt-Fd	Niveau pharmacie sur panneau interdiction de stationner	3	Trafic	45.771442, 3.099725
Lavoisier	148 Bd Lavoisier - Clt-Fd	Devant CCI sur panneau indicateur Hôtels	4.8	Trafic	45.782583, 3.073361
Lecoq	Jardin Lecoq - Clt-Fd	Sur site, jardin Lecoq	40	Fond	45.772222, 3.087500
Lycée Curie	16 bd Ambroise Brugière - Clt-Fd	Sur poteau passage piéton, face lycée M. Curie	3	Trafic	45.790178, 3.117776
Mairie	10 rue P. Marcombes - Clt-Fd	Sur panneau sens interdit	1	Fond	45.779410, 3.086097
Marcombes	128 Avenue de la Libération - Clt-Fd	Entrée du stade	3.9	Trafic	45.760995, 3.082205
Martyrs	Avenue Montjoli	Angle boulevard Duclaux, feu piéton 5 m	4.3	Trafic	45.776105, 3.073158
Mayer	Bd Daniel Mayer - Clt-Fd	Sur poteau face entrée du parking "Pause café"	5 (séries 1 à 19) 1 (séries 20 à 53)	Trafic	45.792783, 3.092554
Michelin	91 Avenue Edouard Michelin - Clt-Fd	Poteau éclairage face Assedic, angle rue Frère Héribaud	2.8	Trafic	45.780363, 3.112070
Péri	23 rue Gabriel Péri - Clt-Fd	Angle rue Devédeux, sur panneau	3	Trafic	45.778775, 3.077996
Place Renoux	Place Renoux - Clt-Fd	Sur panneau vers place handicapée face au pressing	2.5	Trafic	45.775704, 3.085692
Pourchon	39 Bd Maurice Pourchon - Clt-Fd	Face Pôle Santé Chanturgue à 100 m	6.8	Trafic	45.791676, 3.087569
République	104 avenue de la République - Clt-Fd	Sur poteau, angle rue Vaucanson	1.5	Trafic	45.787924, 3.106977
Saint Jean	Bd St Jean - Clt-Fd	Sur panneau radar devant parking Casino	2.7	Trafic	45.783533, 3.118791

Liste et emplacement des sites étudiés

3 Exploitation des résultats

3.1 Contexte météorologique de l'année 2014

Les conditions météorologiques rencontrées lors de la campagne de mesure issues des observations réalisées par Météo-France sur les stations du département du Puy-de-Dôme sont énoncées mensuellement dans les pages suivantes.

Séries 1-2-3-4-5 : 30 décembre 2013 au 3 février 2014

Caractère dominant du mois de janvier 2014 : globalement, l'Auvergne est bien arrosée avec par endroits plus de 2 fois la normale. L'ensoleillement est à nouveau en berne mais il règne en contrepartie une grande douceur.

L'arrosage est abondant. Beaucoup de douceur avec, en température moyenne, 2.5 à 4°C de plus que la normale sur le nord Auvergne et 1.5 à 3°C sur le sud Auvergne. Après un mois de décembre bien ensoleillé, retour de la grisaille. Les déficits d'ensoleillement atteignent 5 à 45 %, la Châtaigneraie étant la plus touchée par ce temps maussade.

Séries 6-7-8-9 : 3 février au 3 mars 2014

Caractère dominant du mois de février 2014 : ce mois est caractérisé par sa grande douceur, des précipitations excédentaires et peu de soleil dans le sud. A l'exception de la Limagne où les précipitations sont déficitaires, l'ensemble de l'Auvergne a bénéficié de précipitations excédentaires. Les températures sont très douces avec des moyennes mensuelles excédentaires de 2° à 2,5°C sur une grande partie est de la région et 0,6° à 1.5°C sur l'ouest. L'insolation est proche de la normale.

Séries 10-11-12-13 : 3 au 31 mars 2014

Caractère dominant du mois de mars 2014 : ce mois est doux avec une insolation excellente, mais avec un manque de pluie. Contrairement au mois précédent ayant connu des précipitations excédentaires, ce mois est marqué par des pluies fortement déficitaires sur l'ensemble de l'Auvergne. Encore un mois placé sous le signe de la douceur avec des températures moyennes excédentaires, mais des températures nocturnes plus fraîches que la normale dans les vallées auvergnates.

L'Auvergne bénéficie au cours de ce mois d'un excellent ensoleillement avec des valeurs d'insolation dépassant la normale de 20 à 50 % du sud au nord.

Séries 14-15-16-17 : 31 mars au 28 avril 2014

Caractère dominant du mois d'avril 2014 : soleil et douceur sont encore bien présents ce mois-ci. Les précipitations sont majoritairement déficitaires avec des déficits de 10 % à localement 55 %.

Les températures moyennes dépassent la normale de 0.5 à 3.2°C. Les gelées sont peu fréquentes. Le soleil brille généreusement, il est excédentaire de 10 à 20 % en Auvergne.

Séries 18-19-20-21-22 : du 28 avril au 2 juin 2014

Caractère dominant du mois de mai 2014 : un mois en dents de scie oscillant entre fraîcheur et douceur, soleil et grisaille et temps pluvieux et sec. Les précipitations sont déficitaires. Les températures moyennes sont légèrement inférieures à la normale, de 0 à 1.6°C. Quelques gelées sont encore enregistrées ce mois-ci. L'insolation est normale avec localement de légers déficits de 3 à 8 % sur le nord Auvergne.,

Séries 23-24-25-26 : du 2 juin au 30 juin 2014

Caractère dominant du mois de juin 2014 : ce mois est caractérisé par sa grande douceur et son manque de pluie avec une insolation qui oscille sur la région autour de la normale. Les précipitations sont déficitaires sur l'ensemble de l'Auvergne.

Ce mois de juin a été chaud avec des températures moyennes excédentaires de 0.7° à 2.5°C. Cet excédent provient plus particulièrement des températures diurnes, qui affichent un surplus compris entre 1.2° et 3.6°C. L'insolation du mois est correcte et oscille autour de la normale entre -6 % et + 18 %.

Séries 27-28-29-30-31 : du 30 juin au 4 août 2014

Caractère dominant du mois de juillet 2014 : exceptionnellement pluvieux, particulièrement gris et plutôt frais en journée, voici ce qui caractérise ce mois de juillet. Les précipitations sont excédentaires dans toute l'Auvergne avec au minimum 1.5 fois la normale et au maximum 5.3 fois celle-ci. Des records sont battus en de nombreux points.

Si les minimales sont proches de la normale voire même un peu plus douces, ce n'est pas le cas pour les maximales qui sont marquées par la fraîcheur avec un déficit de 0.8 à 4.2°C. Le soleil marque ce mois de juillet par son absence en brillant entre 1/3 et moitié moins que d'ordinaire. C'est même le mois de juillet le moins ensoleillé jamais mesuré par endroits.

Séries 32-33-34-35 : du 4 août au 1^{er} septembre 2014

Caractère dominant du mois d'août 2014 : fraîcheur et grisaille dominant encore ce mois-ci. Les précipitations, souvent orageuses en première quinzaine, ont donné des cumuls très variables spatialement. Les températures moyennes sont plus fraîches que la normale de 0.3 à 2.6°C. C'est encore en journée que le déficit est le plus marqué et les journées chaudes restent peu fréquentes.

Le soleil manque encore cruellement d'intensité avec 5 à 15 % de déficit sur le sud Auvergne et 10 à 20 % sur le nord. Les journées bien ensoleillées se comptent sur les doigts d'une main.

Séries 36-37-38-39 : du 1^{er} au 29 septembre 2014

Caractère dominant du mois de septembre 2014 : ce mois est doux et bien ensoleillé avec des précipitations contrastées du fait de leur nature orageuse. Les précipitations sont excédentaires, et le mois est particulièrement doux avec des températures moyennes qui dépassent la normale, en général, de 0.5° à 1.8°C. Le soleil s'est montré généreux sur la région.

Séries 40-41-42-43-44 : du 29 septembre au 3 novembre 2014

Caractère dominant du mois d'octobre 2014 : il est très doux, proche des records. Le soleil brille généreusement. Côté précipitations, la situation est plus contrastée entre sécheresse et importante pluviométrie.

Les températures moyennes sont particulièrement douces, dépassant la normale de 1.6 à 3.9°C. Cette douceur se retrouve aussi bien de nuit qu'en journée. L'ensoleillement dépasse la normale de 6 à 35 %.

Séries 45-46-47-48 : du 3 novembre au 1^{er} décembre 2014

Caractère dominant du mois de novembre 2014 : il règne pour le troisième mois consécutif une grande douceur. Les précipitations sont abondantes dans toute la région et nettement supérieures à la normale.

Les températures moyennes sont particulièrement douces et dépassent les valeurs de saison de 2.2 à 4.5°C. Cette douceur s'est ressentie tout au long du mois aussi bien le jour que la nuit. Le soleil est très généreux sur le nord Auvergne dépassant les normales de 10 à près de 25 %.

Séries 49-50-51-52-53 : du 1^{er} décembre 2014 au 5 janvier 2015

Caractère dominant du mois de décembre 2014 : l'ensoleillement est en berne dans toute la région. Les températures moyennes oscillent autour de la normale de $\pm 1.1^{\circ}\text{C}$ et les précipitations sont contrastées.

Si les minimales sont légèrement plus douces que la normale, les maximales ont tendance à être un peu plus fraîches. L'ensoleillement est déficitaire dans toute la région.

3.2 Assurance qualité des mesures par échantillonnage passif

Invalidation des données aberrantes

Un examen de chaque concentration a été réalisé de façon à détecter les valeurs aberrantes.

Sur 1 869 données disponibles, huit d'entre elles ont été invalidées et sont présentées dans le tableau suivant :

Numéro de série	Site	Valeur invalidée (µg/m ³)	Cause de l'invalidation
24	Cours Sablon	59	Anormalement élevée : deuxième valeur la plus forte de la série et supérieure à Barrière d'Issoire, tandis que les autres séries sont toujours plus faibles
25	Forest	28	Anormalement faible : incohérence avec le doublon, et proche niveaux de fond alors que ce site est particulièrement exposé.
25	Lavoisier	18	Anormalement faible : voisine de celle de Lecoq (concentration la plus faible, de 16 µg/m ³), tandis que le site est beaucoup plus exposé (moyenne annuelle identique à Delille)
28	Côte Blatin	318	Araignée dans le tube, valeur incohérente
29	Delille	55	Araignée dans le tube, valeur anormalement élevée
35	Jaurès	19	Anormalement faible : proche niveaux de fond tandis que la moyenne annuelle est deux fois supérieure à celle de Lecoq.
44	Forest	40	Anormalement faible : incohérence avec le doublon
49	Mayer	39	Anormalement faible : incohérence avec le doublon

Doublons

Sur les sites de Mayer, Forest et Gare, les mesures ont été réalisées en doublon en plaçant deux échantillonneurs passifs l'un à côté de l'autre, afin de contrôler la répétabilité des données.

Sur chacun de ces trois points ont été calculés la moyenne et l'écart relatif. Pour deux mesures conjointes C_A et C_B, l'écart relatif ER est défini comme la valeur absolue de l'écart entre l'une des mesures et la moyenne des deux, rapportée à cette moyenne :

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

Le tableau ci-dessous présente, pour les trois sites, les écarts relatifs moyens, minimaux et maximaux.

Site	Ecart relatif moyen	Ecart relatif minimal	Ecart relatif maximal
Mayer	3.4 %	0.2 %	12.4 %
Forest	4.6 %	3.1 %	7.7 %
Gare	3.8 %	3.3 %	7.1 %

Ces résultats sont très satisfaisants et confirment une bonne répétabilité de la méthode de mesure.

Les résultats exprimés ci-après sur ces trois sites sont issus de la moyenne des doublons.

Comparaison avec les analyseurs automatiques

Les résultats issus des échantillonnages passifs peuvent être confrontés aux données fournies par la méthode de référence, à savoir l'analyse automatique par chimiluminescence.

Cette comparaison peut être conduite sur les sites de l'Esplanade de la gare et de Lecoq où sont implantées des stations fixes d'Atmo Auvergne. Concernant le point de Chamalières, le tube qui était positionné sur la tête de prélèvement a été déplacé au bout de 9 semaines pour des raisons de sécurité. Il a ensuite été placé sur un piquet, plus proche de la voie. La comparaison avec les résultats issus de l'analyseur automatique n'est donc effectuée que sur les 8 premières semaines.

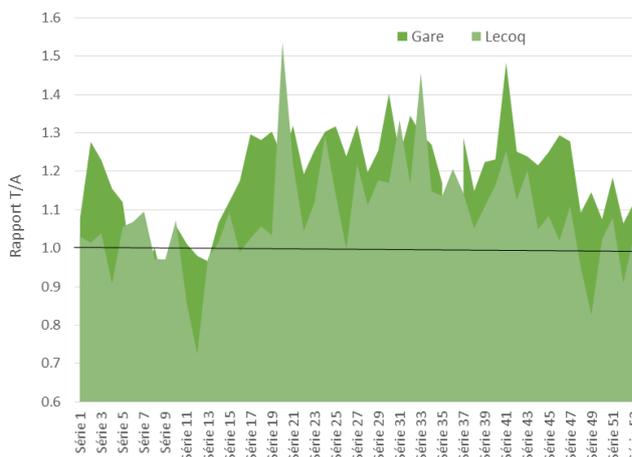
Le rapport entre la concentration obtenue par le tube et la concentration moyenne sur la même période fournie par l'analyseur est appelé T/A. Le tableau suivant indique ces rapports moyens, minimaux et maximaux pour les trois sites.

	T/A moyen	T/A minimum	T/A maximum
Chamalières (séries 1 à 8)	1.1	0.9	1.1
Gare	1.2	0.9	1.5
Lecoq	1.1	0.7	1.5

Ces résultats montrent que les valeurs obtenues par échantillonnage passif surestiment les concentrations de l'ordre de 10 à 20 % par rapport à la méthode de référence.

Néanmoins, il convient de souligner que le rapport des résultats issus des deux techniques fluctue au fil des saisons. Le graphique ci-contre, où figure l'évolution du rapport T/A sur les points de Lecoq et de la Gare, montre que la surestimation par l'échantillonnage passif est manifeste surtout en saison chaude, de la semaine 15 à la semaine 47, soit d'avril à mi-novembre, lorsque les concentrations de dioxyde d'azote sont moins importantes.

Cependant, on peut considérer que l'accord entre les deux techniques est correct et que l'échantillonnage passif est très satisfaisant au regard de l'intérêt de cette méthode (faible coût, facilité d'utilisation et de déploiement à grande échelle, bonne répétabilité).



Evolution du rapport des concentrations obtenues par échantillonnage passif et par les analyseurs automatiques

Il est intéressant de constater que les campagnes menées en 2006 et en 2009 aboutirent à un rapport T/A moyen de respectivement 1.1 et 1.15, ce qui est similaire aux observations de la présente étude.

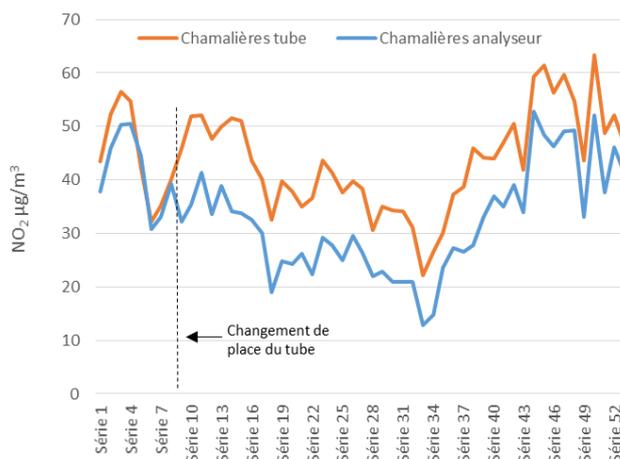
Importance de la microimplantation

La distance à la voie est un critère essentiel lors de l'implantation du tube.

Trois points permettent de faire une analyse de l'impact de ce paramètre :

- Chamalières : d'abord positionné sur la tête de la station fixe à 1.7 mètres de distance de l'avenue de Fontmaure, il a été transposé pour des raisons de sécurité fin février à 70 cm du bord de la voie.
- Mayer, implanté au bord de la contre-allée du boulevard Mayer pendant les 19 premières séries, à 5 mètres de la voie principale, puis déplacé sur un piquet à 1 mètre du boulevard,
- Cours Sablon, où est implanté un tube le long du trottoir, avant qu'un second échantillonneur soit installé plus en bordure de la rue. Deux préleveurs sont donc implantés simultanément, à partir de la série 20, l'un à 6.7 mètres du Cours Sablon, l'autre à 1 mètre de la voie.

Concernant le point de Chamalières : le tube a été déplacé au bout de huit semaines. Le graphique ci-contre présente les résultats issus de l'échantillonneur et de l'analyseur automatique. Si au cours des séries 1 à 8, l'accord entre les deux mesures est très bon (moyenne du rapport T/A de 1.1), par la suite les deux courbes décrochent et le tube présente une nette surestimation des teneurs, qui est due en partie à la technique, mais aussi au fait que la voie est dorénavant plus proche : le rapport T/A est égal à 1.4 en moyenne sur le restant de l'année.

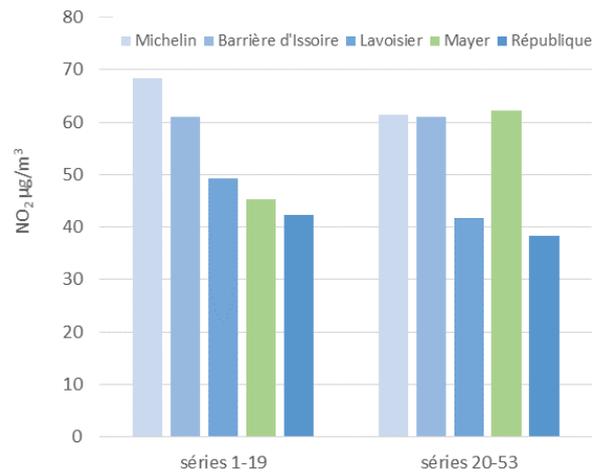


Concentration moyenne de NO₂ à Chamalières (tube et analyseur)

Sur le site de Mayer, la concentration moyenne calculée sur le premier emplacement, au cours des séries 1 à 19, est encadrée par les résultats obtenus simultanément sur les points de Lavoisier et République, comme l'illustre le graphique ci-contre. Par contre, les teneurs s'accroissent dès le déplacement de l'échantillonneur à proximité immédiate du boulevard. Le niveau moyen relevé sur le restant de l'année figure alors parmi les plus élevés, au même titre que l'avenue Michelin (échantillonneur implanté à 2.8 mètres de la voie) ou la Barrière d'Issoire (1 mètre).

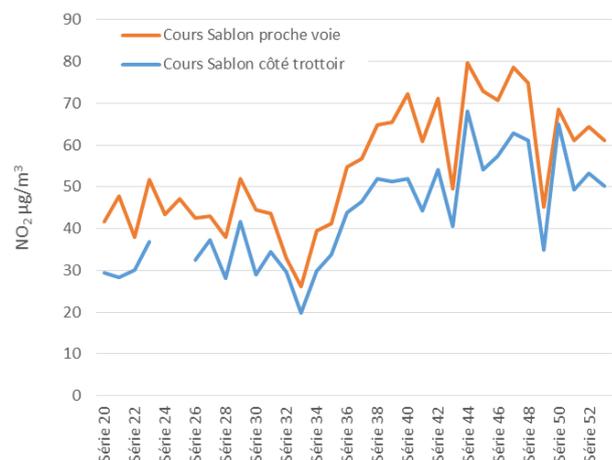
Ceci montre clairement que la distance à la voie est un critère essentiel de l'implantation d'un échantillonneur passif, et par là même d'une station pérenne.

Cependant, la moyenne annuelle qui sera présentée dans la suite de ce rapport sera calculée en prenant en compte la totalité des séries, mais il faudra garder à l'esprit qu'elle est donc minorée.



Concentration moyenne de NO₂ sur quelques sites

Enfin, cours Sablon, deux échantillonneurs ont été placés en parallèle à partir de la série 20, l'un à 1 mètre de la voie, l'autre à plus de 6 mètres, sur le trottoir. Le graphique ci-contre présente les teneurs obtenues sur ces deux emplacements. L'évolution temporelle des niveaux est identique, mais la concentration moyenne au bord de la voie est supérieure de plus de 11 µg/m³ par rapport à celle mesurée sur le trottoir.



Concentration moyenne de NO₂ sur les 2 points du cours Sablon

Dans l'ensemble de la campagne, la grande majorité des points de typologie trafic se trouvent à moins de 5 mètres de la voie de circulation principale, conformément aux recommandations nationales d'implantation d'un site de telle caractéristique.

Deux échantillonneurs sont néanmoins plus éloignés :

- Delille, situé à 6.9 mètres de la route,
- Pourchon, implanté comme Mayer sur la contre-allée du boulevard, à 6.8 mètres.

Pour ces 2 points, il faudra rester attentif à l'interprétation des résultats, qui risquent d'être sous-estimés.

3.3 Résultats des mesures de NO₂ sur les stations fixes

Comparaison avec les valeurs historiques

La comparaison des teneurs observées sur le réseau pérenne durant cette campagne avec celles habituellement mesurées permet de situer les niveaux de pollution, qui sont soumis aux aléas météorologiques.

L'historique récent des valeurs est indiqué dans le tableau ci-après (les concentrations sont exprimées en µg/m³).

Moyenne annuelle	Royat	Lecoq	Montferrand	Gare	Chamalières
2010	14	25	26	43	34
2011	13	25	27	45	35
2012	12	23	24	40	35
2013	14	24	23	41	35
2014	13	23	22	42	33

Evolution des moyennes annuelles de NO₂ enregistrées sur les sites fixes de l'agglomération clermontoise

La station de proximité automobile de l'Esplanade de la gare dépasse la valeur limite de 40 µg/m³ de façon récurrente. Cette limite est approchée sur le point de Chamalières, tandis qu'elle est clairement respectée sur les sites de fond urbains.

La comparaison des niveaux observés en 2014 avec les années précédentes montre une légère baisse sur l'ensemble des sites, excepté celui de l'Esplanade de la gare, mais aussi que cette année 2014 n'a pas de caractère exceptionnel. **Les résultats issus de la présente campagne peuvent être considérés comme représentatifs des niveaux moyens habituellement observés sur l'agglomération.**

3.4 Résultats des mesures de NO₂ par échantillonnage passif

Il a été montré précédemment une légère surestimation des résultats issus des échantillonneurs passifs par rapport à la méthode de référence. La moyenne de cette surestimation sur la campagne est de 1.12. En conséquence, **la moyenne obtenue par les échantillonneurs sera divisée par 1.12** afin d'évaluer le respect de la valeur limite annuelle.

Le tableau ci-après présente la moyenne annuelle mesurée sur chaque site, ainsi que la moyenne reconstituée.

Nom du site	Moyenne mesurée	Moyenne reconstituée	Remarques
SITES DE PROXIMITE AUTOMOBILE			
Anatole France	46	41	
Barrière d'Issoire	61	54	
Bingen	57	51	
Bonnabaud	50	45	
Carmes	58	52	
Chamalières	44	39	Analyseur plus éloigné de la voie : 33 µg/m ³
Clémentel	50	45	
Côte Blatin	54	48	
Cours Sablon trottoir	44	39	
Cours Sablon voie	54	48	
De Gaulle	34	30	
Delille	45	40	Minoré : distance à la voie > 5 m
Dumas	48	43	
Dunant	34	30	
Fontgiève	46	41	
Forest	65	58	
Gare	49	44	Analyseur : 42 µg/m ³
Jaurès	53	47	
Lafayette	50	45	
Lavoisier	45	40	
Lycée Curie	57	51	
Marcombes	31	28	
Martyrs	52	46	
Mayer	56	50	Minoré : distance à la voie > 5 m durant les 19 premières semaines
Michelin	64	57	
Péri	37	33	
Place Renoux	47	42	
Pourchon	37	33	Minoré : distance à la voie > 5 m
République	40	36	
Saint Jean	41	37	
SITES DE FOND			
Gaillard*	35	31	
Lecoq*	25	22	Analyseur : 23 µg/m ³
Mairie*	33	29	

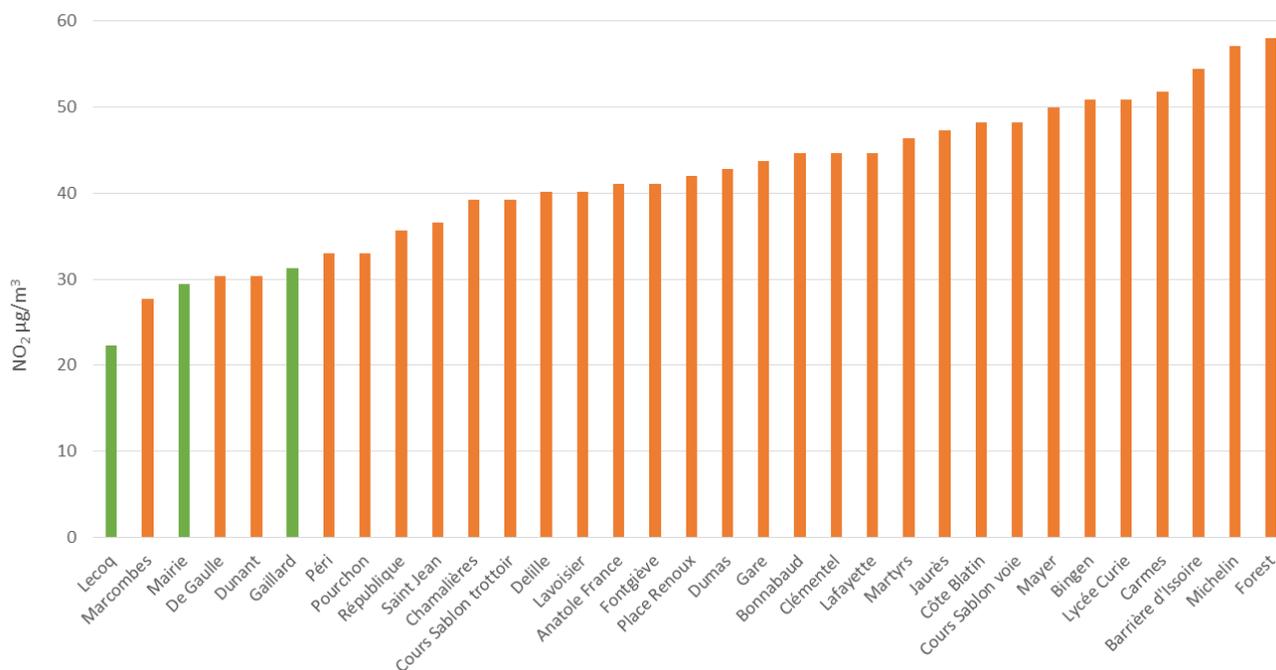
Moyennes annuelles de dioxyde d'azote brutes et reconstituées sur l'ensemble de la campagne

Situation par rapport aux normes

La valeur limite pour la protection de la santé humaine en 2010 est égale à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle. Dans la continuité des études précédentes, les concentrations mesurées en situation de fond respectent la valeur limite. Ainsi, la population ne résidant pas à proximité immédiate des voies de circulation les plus fréquentées respire généralement un air de qualité acceptable concernant le NO_2 .

La situation est plus contrastée sur les sites de proximité automobile. Vingt-et-un points connaissent une concentration annuelle de dioxyde d'azote qui atteint ou dépasse cette valeur limite de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, certains approchant même $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ainsi, même en tenant compte des limites et des incertitudes de la méthode, **il est certain que de nombreux carrefours et voies importantes de l'agglomération continuent d'afficher un dépassement de la valeur limite.**

Les concentrations mesurées sur la durée de la campagne sont indiquées, sur le graphique suivant, par ordre croissant. Les trois sites de fond sont présentés en vert.



Concentrations moyennes de NO_2 mesurées pendant la campagne

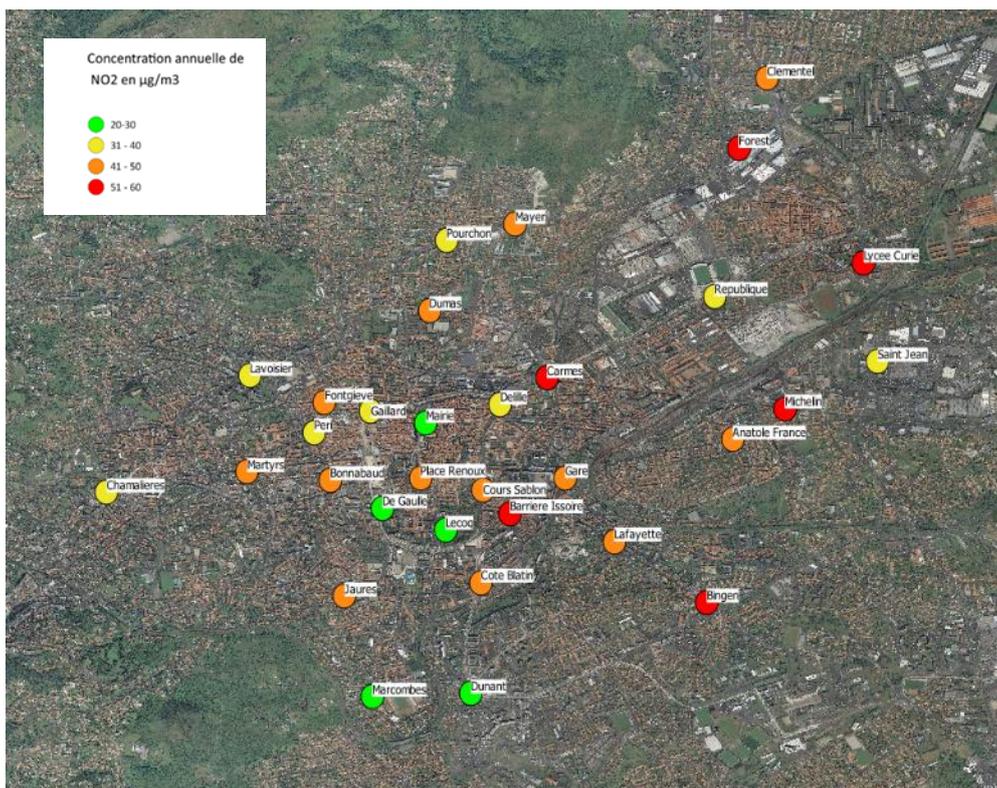
Hormis sur les sites de fond, les concentrations les plus faibles sont observées devant le stade Philippe Marcombes, ainsi que sur les points de De Gaulle et de Dunant, où la configuration est très aérée. Les moyennes annuelles sur les sites de proximité automobile varient de $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à $58 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En continuité avec les études précédentes, les points qui subissent la pollution azotée la plus intense sont :

- les boulevards nord (Forest, Mayer, Lycée Curie, Clémentel)
- l'axe de contournement du centre-ville (Côte Blatin, Martyrs, Jaurès, Dumas, Gare)
- les entrées est (Michelin, Anatole France, Carmes, Bingen, Lafayette, Barrière d'Issoire)
- et certains axes de l'hyper-centre que sont le cours Sablon, la rue Bonnabaud, la place Renoux, la rue Fontgèze.

Tous ces points enregistrent une concentration supérieure à $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. De plus, la moyenne sur le site de Delille, qui atteint $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, est certainement minorée. Quatorze d'entre eux présentent une moyenne supérieure à celle de la station trafic de référence installée sur l'Esplanade de la gare dont les chiffres dépassent de façon récurrente cette valeur limite annuelle.

Cet état de fait indique que la pollution par le dioxyde d'azote à proximité des axes de circulation de l'agglomération clermontoise, et particulièrement dans la ville centre, demeure soutenue et constitue un enjeu majeur pour les prochaines années.

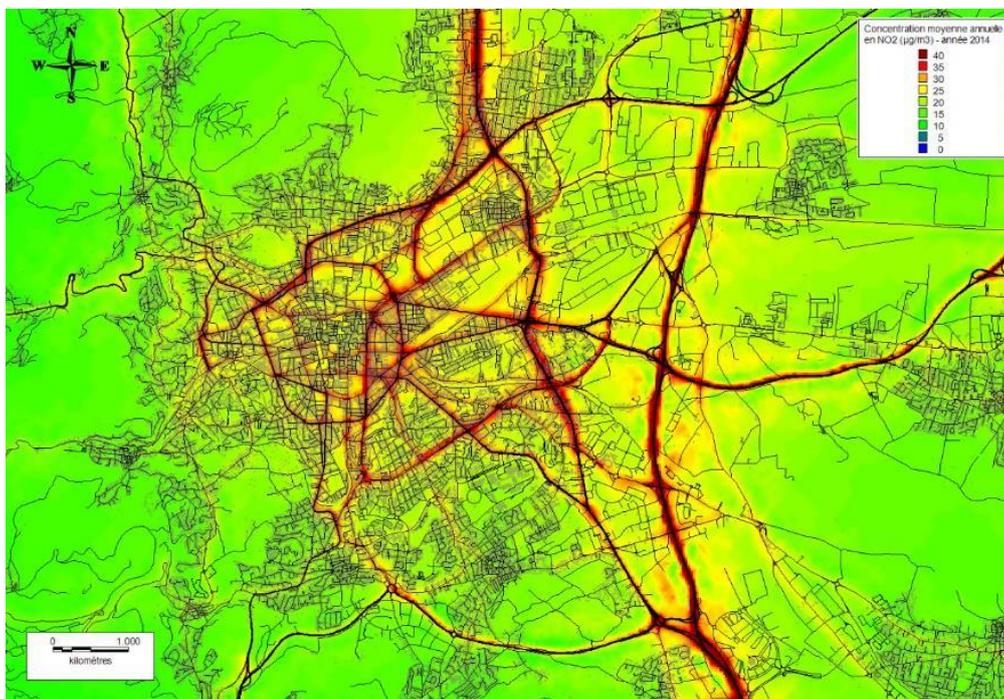
Les répartitions spatiales des niveaux moyens de dioxyde d'azote mesurés sur l'ensemble de la campagne de mesure sont représentées sur la cartographie suivante.



Carte des concentrations annuelles de dioxyde d'azote

Comparaison aux résultats obtenus par modélisation

Le système de modélisation numérique de la qualité de l'air à haute résolution spatiale permet de compléter l'information ponctuelle issue du dispositif de mesure, en particulier pour évaluer l'étendue géographique des zones où les seuils réglementaires ne sont pas respectés. Pour l'année 2014, la cartographie des niveaux de dioxyde d'azote dans l'agglomération clermontoise, issue de cet outil, est présentée sur la figure suivante.



Cartographie à haute résolution de la concentration moyenne annuelle en dioxyde d'azote en 2014 dans l'agglomération clermontoise

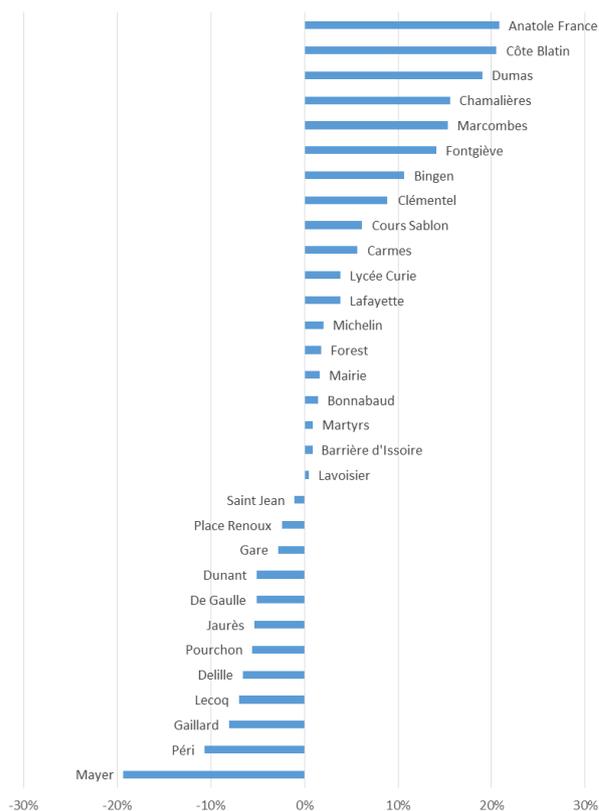
Cette cartographie montre des concentrations élevées en dioxyde d'azote en bordure des principaux axes routiers et est en accord avec les résultats issus de la présente campagne. On retrouve, outre les axes autoroutiers qui n'avaient pas été échantillonnés par tubes, les entrées est de l'agglomération, les boulevards nord, le contournement de la ville centre, les axes pénétrants, l'hyper-centre et l'ancienne nationale 9 comme les zones les plus exposées à la pollution azotée. D'après les estimations issues de cette modélisation, en 2014, environ 500 habitants du territoire de Clermont Communauté résident dans une zone où la valeur limite n'est pas respectée.

Comparaison aux résultats obtenus en 2010

Les résultats issus de la présente étude peuvent être comparés à ceux issus de la campagne qui s'est déroulée en 2010, sur les mêmes sites. La comparaison des données obtenues sur le réseau pérenne a montré que l'année 2014 est légèrement moins exposée à la pollution par le dioxyde d'azote (1 à 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de moins sur l'ensemble des stations).

Le graphique ci-contre présente le taux d'évolution de la concentration annuelle reconstituée, entre 2010 et 2014. Si certains sites ont vu peu varier leur exposition à la pollution azotée, d'autres se distinguent par une évolution plus marquée de celle-ci :

- Parmi les points dont la concentration annuelle a augmenté, on trouve Anatole France, qui passe de 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2010 à 41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2014, et excède donc la valeur limite, ainsi que Côte Blatin et Dumas. Ces trois sites présentent une augmentation de l'ordre de 20 % de la concentration annuelle en dioxyde d'azote. La comparaison sur l'échantillonneur de Chamalières n'est pas pertinente du fait d'une plus grande proximité à la voie en 2014. Le site de Marcombes voit sa concentration varier de 24 à 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mais ces valeurs demeurent néanmoins faibles.
- Parmi les points dont la concentration annuelle a diminué se trouve celui de Mayer. Cependant, il était placé à proximité immédiate de la voie en 2010, ce qui ne fut pas le cas au début de la présente campagne, et la comparaison n'est pas opportune. Le site de Péri s'inscrit aussi à la baisse, passant de 37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2014.



Taux d'évolution de la concentration annuelle en NO_2 , entre 2010 et 2014

Sur les 31 points en commun, et excepté ceux de Chamalières et Mayer, 7 présentent une variation de leur concentration supérieure à 10 %, dont une majorité orientée à la hausse. Ceci témoigne du fait que la pollution au dioxyde d'azote demeure un enjeu important dans l'agglomération clermontoise.

4 Conclusion

Le dioxyde d'azote demeure un polluant problématique dans l'agglomération clermontoise, et la valeur limite annuelle est régulièrement dépassée sur la station de mesure fixe de l'Esplanade de la gare. Cependant, d'autres points du territoire en situation de proximité automobile sont susceptibles de connaître une situation identique.

Les cartes issues du système de modélisation numérique de la qualité de l'air déployé par Atmo Auvergne montrent que de nombreux axes et carrefours clermontois sont touchés par cette pollution azotée.

Une campagne de mesure du dioxyde d'azote à l'aide d'échantillonneurs passifs, ciblant particulièrement les situations de trafic automobile, fut menée sur 12 mois consécutifs, en 2009/2010. Il est apparu intéressant de mettre en œuvre régulièrement ce type d'étude dans l'agglomération clermontoise, et c'est ainsi qu'a été renouvelée cette campagne en 2014, sur les mêmes sites. Cinquante-trois séries d'une semaine de prélèvement ont été installées sur 32 emplacements, dont trois de typologie urbaine, afin de s'assurer du respect de la valeur limite annuelle en dioxyde d'azote en situation de fond. Parmi ces 32 points, trois d'entre eux ont été installés sur des stations fixes de mesure de l'association. La comparaison des niveaux mesurés par les tubes et par les analyseurs en continu a mis en lumière la bonne adéquation des deux techniques.

En situation de fond urbain, les concentrations de dioxyde d'azote demeurent modérées et la valeur limite annuelle est largement respectée.

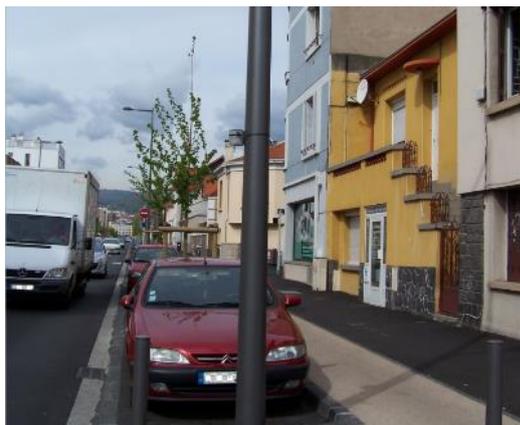
En proximité automobile, les valeurs annuelles durant cette campagne varient de 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (devant le stade Philippe Marcombes) à 58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (avenue Forest). Vingt-et-un sites affichent une concentration supérieure ou égale à la valeur limite annuelle, fixée à 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La station fixe permanente de l'Esplanade de la gare n'est pas la plus exposée puisque 14 points de prélèvements enregistrent des moyennes qui lui sont supérieures dont l'une est 38 % plus élevée. Les 19 sites concernés par les dépassements de cette valeur limite sont, par ordre d'importance des valeurs relevées : l'avenue Fernand Forest, l'avenue Edouard Michelin, le carrefour Lafayette-Paulines (Barrière d'Issoire), la place des Carmes, le boulevard Ambroise Brugière au niveau du lycée Curie, le carrefour Lafayette-Bingen, le boulevard Mayer, le cours Sablon, le boulevard Côte Blatin, l'avenue Jean Jaurès, le carrefour des Martyrs, le boulevard Lafayette, le boulevard Clémentel, la rue Bonnabaud, l'Esplanade de la gare, le boulevard Jean-Baptiste Dumas, la place Renoux, la rue Fontgiève et enfin la rue Anatole France.

Les cartographies issues de la modélisation sur l'agglomération à plus large échelle font apparaître que les autoroutes A71 et A75 à l'est de la ville sont également concernées par ces forts niveaux, ce que confirme la station fixe réimplantée depuis janvier 2015 le long de l'A71.

Globalement, les boulevards nord, les entrées est de l'agglomération, les avenues périphériques au grand centre-ville, l'ancienne nationale 9 et certaines rues pénétrantes de l'hyper-centre sont, avec l'axe autoroutier nord-sud, les plus touchés par la pollution au dioxyde d'azote.

Cette campagne a permis de confirmer que la station de l'Esplanade de la gare, si elle est bien représentative des axes et nœuds de circulation de l'agglomération, n'est pas le seul point noir concerné par des dépassements de la valeur limite annuelle en dioxyde d'azote. Certaines zones du territoire – et par là même les personnes qui y résident – sont également touchées par cette pollution. Le dioxyde d'azote demeure donc en 2015 la problématique majeure en termes de qualité de l'air dans l'agglomération clermontoise.

Annexe 1 : Les sites de mesure



Anatole France



Barrière d'Issoire



Bingen/Lafayette



Bonnabaud



Carmes



Chamalières



Clémentel



Côte Blatin



Cours Sablon (trottoir et voie)



De Gaulle



Place Delille



Jean-Baptiste Dumas



Dunant



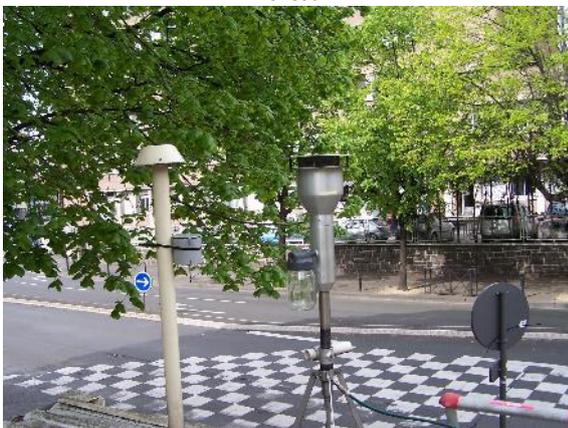
Fontgiève



Forest



Gaillard



Gare



Jaurès



Lafayette



Lavoisier



Lecoq



Lycée Curie



Mairie



Marcombes



Martyrs



Mayer (séries 1 à 19)



Mayer (séries 20 à 53)



Avenue Michelin



Péri



Place Renoux



Pourchon



République



Saint-Jean

Annexe 2 : Résultats détaillés des mesures par échantillonnage passif

Les résultats détaillés des concentrations en dioxyde d'azote, exprimées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, pour l'ensemble des sites et chaque série de mesure, sont fournis dans les tableaux ci-après.

La mention "nd" correspond aux valeurs non disponibles, en raison d'échantillons disparus ou détériorés, la mention « I » aux valeurs invalidées car aberrantes.

Site	Série 1	Série 2	Série 3	Série 4	Série 5	Série 6	Série 7	Série 8	Série 9	Série 10	Série 11	Série 12	Série 13	Série 14
Anatole France	39	51	58	58	52	29	40	49	41	62	57	36	47	46
Barrière d'Issoire	51	71	83	84	72	43	57	61	48	77	79	53	68	55
Bingen	45	59	71	77	64	36	49	59	48	69	74	52	70	64
Bonnabaud	50	61	68	64	55	39	45	55	45	63	nd	48	59	54
Carmes	53	62	74	66	65	39	51	59	47	66	73	47	73	65
Chamalières	43	52	57	55	42	32	35	40	46	52	52	48	50	52
Clémentel	55	53	82	65	68	48	50	61	58	66	58	49	62	59
Côte Blatin	48	49	70	72	66	38	38	51	44	62	67	55	70	58
Cours Sablon trottoir	46	57	59	57	56	34	45	49	42	54	46	43	56	52
Cours Sablon voie	Pas de mesure													
De Gaulle	39	43	54	54	46	29	35	35	33	44	38	30	39	33
Delille	55	64	68	61	60	41	50	56	49	55	52	43	56	52
Dumas	59	65	75	69	72	55	61	68	58	54	53	49	60	53
Dunant	27	41	45	50	40	23	28	33	28	48	45	30	42	36
Fontgiève	59	62	68	62	61	51	54	60	52	55	50	48	56	55
Forest	56	62	83	82	80	53	60	67	55	81	86	55	77	80
Forest	72	68	93	91	85	60	67	74	68	76	80	56	70	73
Gaillard	39	47	57	48	45	25	35	41	29	47	48	29	45	32
Gare	49	60	65	64	58	36	43	55	45	60	60	46	56	52
Gare	49	63	70	69	67	45	51	62	49	63	61	44	48	47
Jaurès	55	65	74	75	67	46	51	63	51	65	61	50	66	53
Lafayette	37	51	59	66	51	26	37	45	37	62	64	41	55	47
Lavoisier	53	60	66	53	56	50	47	55	48	56	55	47	54	51
Lecoq	27	33	41	37	31	18	22	27	18	36	35	18	30	25
Lycée Curie	50	55	67	74	67	47	50	63	62	67	66	52	62	62
Mairie	35	43	51	51	42	26	31	39	29	42	44	27	40	31
Marcombes	28	37	40	45	36	22	26	33	25	42	45	28	36	27
Martyrs	54	69	68	69	64	45	55	60	53	59	68	47	60	59
Mayer	49	52	61	58	55	48	49	57	49	43	38	nd	43	33
Mayer	54	54	66	62	65	49	56	58	54	44	41	nd	49	41
Michelin	66	75	92	95	87	60	63	72	74	77	81	60	70	67
Péri	38	43	55	52	44	28	36	39	34	47	46	32	47	39
Place Renoux	55	57	64	62	55	41	44	53	46	56	55	41	56	48
Pourchon	39	45	56	55	48	27	33	41	33	46	43	33	44	37
République	48	49	58	57	52	37	42	47	38	48	46	40	48	46
Saint Jean	38	41	51	58	51	30	35	42	37	57	56	36	46	41

	Série 15	Série 16	Série 17	Série 18	Série 19	Série 20	Série 21	Série 22	Série 23	Série 24	Série 25	Série 26	Série 27	Série 28
Anatole France	44	39	43	30	28	32	27	36	33	40	42	44	45	36
Barrière d'Issoire	61	62	55	41	40	50	46	54	50	58	58	56	54	49
Bingen	54	61	52	38	40	49	41	48	48	57	60	53	54	46
Bonnabaud	46	50	45	30	35	43	37	41	45	47	46	46	44	39
Carmes	61	63	53	37	42	50	49	36	49	60	63	61	63	54
Chamalières	51	44	40	33	40	38	35	37	44	41	38	40	38	31
Clémentel	42	40	47	33	41	27	50	33	48	31	33	39	47	37
Côte Blatin	61	48	44	34	32	42	37	49	42	44	45	54	46	I
Cours Sablon trottoir	38	39	35	23	27	29	28	30	37	I	nd	33	37	28
Cours Sablon voie	Pas de mesure					42	48	38	52	44	47	42	43	38
De Gaulle	31	31	30	20	23	23	24	22	25	28	25	28	30	24
Delille	41	35	41	23	28	28	38	21	37	31	34	36	39	31
Dumas	40	29	42	29	40	28	47	29	43	26	29	32	46	31
Dunant	34	34	28	19	20	24	25	24	24	29	27	26	30	21
Fontgiève	36	35	43	28	40	27	45	27	41	27	28	33	38	30
Forest	59	58	56	31	47	42	nd	46	60	47	47	46	62	42
Forest	68	64	58	38	42	41	nd	52	67	52	I	50	60	46
Gaillard	35	33	32	21	21	25	22	17	24	30	28	27	27	25
Gare	45	42	45	30	33	36	37	31	40	43	43	42	44	36
Gare	41	42	47	28	36	36	35	35	43	41	43	42	46	35
Jaurès	50	45	50	34	42	36	47	41	52	40	44	49	57	42
Lafayette	53	50	43	33	27	38	31	44	37	49	47	44	45	43
Lavoisier	45	37	42	26	37	25	43	25	38	29	I	33	39	29
Lecoq	23	22	19	12	13	20	13	13	14	16	16	14	17	16
Lycée Curie	56	53	55	39	45	52	44	46	51	56	56	56	61	47
Mairie	32	27	29	18	20	18	21	19	22	24	25	24	26	22
Marcombes	34	30	22	18	19	28	18	25	19	29	28	30	21	21
Martyrs	52	46	47	39	38	41	46	40	49	51	44	44	49	42
Mayer	32	28	37	26	35	44	65	41	59	41	41	57	65	50
Mayer	25	28	36	25	34	52	66	42	61	44	44	51	68	54
Michelin	61	49	65	40	48	48	51	42	54	55	59	62	59	45
Péri	34	36	30	21	24	27	27	26	27	29	31	29	31	25
Place Renoux	43	39	40	27	33	31	41	32	40	34	36	40	41	35
Pourchon	39	34	35	25	23	26	24	30	28	31	26	29	34	29
République	37	32	32	21	27	25	38	25	33	27	26	30	37	26
Saint Jean	38	34	35	26	26	30	27	31	29	34	34	36	40	33

	Série 29	Série 30	Série 31	Série 32	Série 33	Série 34	Série 35	Série 36	Série 37	Série 38	Série 39	Série 40	Série 41	Série 42
Anatole France	37	42	41	28	26	32	35	47	51	51	52	52	43	57
Barrière d'Issoire	50	56	52	42	32	44	49	62	62	73	65	69	62	70
Bingen	54	49	61	43	31	41	45	55	61	64	64	63	52	61
Bonnabaud	55	40	44	35	26	31	43	53	49	56	50	53	48	59
Carmes	37	65	60	42	33	40	45	72	65	67	64	68	58	61
Chamalières	35	34	34	31	22	27	30	37	39	46	44	44	47	51
Clémentel	46	46	38	37	29	35	39	39	42	50	55	53	54	57
Côte Blatin	43	51	52	36	30	37	40	48	56	61	74	66	58	57
Cours Sablon trottoir	42	29	34	30	20	30	34	44	47	52	51	52	44	54
Cours Sablon voie	52	44	44	33	26	39	41	55	57	65	66	72	61	71
De Gaulle	29	28	27	23	16	22	26	29	31	nd	36	38	38	55
Delille	l	33	35	32	22	26	30	34	42	49	45	47	53	54
Dumas	39	34	39	36	29	29	35	35	44	nd	49	53	57	65
Dunant	22	28	25	19	14	22	24	32	36	38	41	38	34	36
Fontgiève	41	32	35	33	26	28	33	36	38	49	45	46	51	56
Forest	74	58	59	52	29	nd	64	55	64	67	76	64	61	69
Forest	58	57	68	49	29	nd	50	53	60	62	62	69	69	76
Gaillard	24	31	31	18	17	22	26	30	34	37	37	36	33	40
Gare	45	42	37	33	28	35	37	46	51	64	56	53	49	62
Gare	40	42	38	35	23	33	34	47	50	54	54	58	59	64
Jaurès	49	46	48	41	27	36	l	48	50	54	56	56	60	62
Lafayette	47	64	58	41	31	46	49	59	55	55	53	55	44	54
Lavoisier	42	33	31	34	27	26	27	35	35	45	47	43	50	54
Lecoq	17	18	19	15	10	14	16	19	22	24	27	28	24	29
Lycée Curie	56	44	54	44	36	31	43	50	64	73	64	61	59	64
Mairie	25	22	27	21	15	24	27	29	31	35	35	33	nd	38
Marcombes	23	29	23	18	15	21	22	32	31	28	36	33	28	34
Martyrs	48	47	nd	39	30	37	40	49	45	54	54	51	54	55
Mayer	61	51	51	49	44	40	48	48	47	60	58	67	71	75
Mayer	60	63	57	46	44	42	50	44	48	61	56	60	72	77
Michelin	59	47	59	42	36	47	50	62	69	68	63	65	61	78
Péri	31	32	31	25	19	26	26	32	35	39	37	38	35	42
Place Renoux	41	40	42	33	26	31	37	41	42	51	45	48	51	62
Pourchon	26	35	32	22	18	24	27	30	34	37	37	37	35	39
République	32	33	32	27	22	25	28	32	38	44	43	42	47	51
Saint Jean	34	41	35	27	25	28	30	39	47	46	45	45	42	52

	Série 43	Série 44	Série 45	Série 46	Série 47	Série 48	Série 49	Série 50	Série 51	Série 52	Série 53	Moyenne
Anatole France	46	74	61	57	64	65	48	71	62	52	57	46
Barrière d'Issoire	60	74	80	67	79	85	61	90	78	67	73	61
Bingen	55	76	68	65	71	70	50	76	69	65	67	57
Bonnabaud	47	75	62	60	62	62	47	68	56	64	59	50
Carmes	58	71	67	61	75	79	58	79	64	57	63	58
Chamalières	42	59	61	56	60	55	44	63	49	52	47	44
Clémentel	45	66	67	66	76	64	41	71	56	56	56	50
Côte Blatin	57	79	73	66	76	72	56	77	64	61	65	54
Cours Sablon trottoir	41	68	54	58	63	61	35	65	49	53	50	44
Cours Sablon voie	49	80	73	71	79	75	45	69	61	65	61	54
De Gaulle	34	54	49	nd	nd	nd	37	53	46	45	43	34
Delille	42	66	59	nd	64	64	32	69	51	52	47	45
Dumas	45	65	68	62	68	62	39	69	51	51	49	48
Dunant	36	52	47	41	49	51	40	52	48	46	49	34
Fontgiève	39	68	60	57	64	64	33	62	49	49	50	46
Forest	55	83	83	76	93	89	55	81	77	67	79	64
Forest	62	l	79	81	99	93	58	83	77	70	76	66
Gaillard	35	54	50	43	51	58	38	56	43	50	48	35
Gare	47	71	63	61	53	71	39	69	56	56	58	49
Gare	48	77	68	69	73	65	39	68	55	59	58	50
Jaurès	46	68	68	62	65	71	49	69	61	57	57	53
Lafayette	52	70	62	54	61	65	48	68	59	56	61	50
Lavoisier	41	74	61	58	65	61	34	nd	50	53	49	45
Lecoq	27	44	39	33	38	42	21	43	32	36	40	25
Lycée Curie	54	66	71	nd	75	69	55	72	59	58	59	57
Mairie	36	57	50	44	50	56	36	54	41	50	45	33
Marcombes	30	50	40	36	40	40	33	46	40	43	45	31
Martyrs	52	65	64	61	63	66	47	nd	58	55	61	52
Mayer	65	89	89	89	94	90	57	80	79	72	72	56
Mayer	60	88	85	74	91	86	l	88	79	77	73	57
Michelin	59	86	75	77	84	87	56	89	78	49	70	64
Péri	36	57	51	45	53	56	36	56	44	48	47	37
Place Renoux	44	66	62	59	63	66	41	61	53	58	56	47
Pourchon	37	40	52	47	53	56	40	55	43	46	47	37
République	38	57	54	50	60	58	36	56	44	46	41	40
Saint Jean	38	57	55	nd	66	63	40	67	53	53	47	41

Annexe 3 : Les critères réglementaires de la qualité de l'air

Terminologie

Objectif de qualité : niveau à atteindre à long terme et à maintenir, sauf lorsque cela n'est pas réalisable par des mesures proportionnées, afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement dans son ensemble.

Valeur limite : niveau à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser, et fixé sur la base des connaissances scientifiques afin d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou sur l'environnement dans son ensemble.

Seuil d'information et de recommandation : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine de groupes particulièrement sensibles au sein de la population et qui rend nécessaires l'émission d'informations immédiates et adéquates à destination de ces groupes et des recommandations pour réduire certaines émissions.

Seuil d'alerte : niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population ou de dégradation de l'environnement, justifiant l'intervention de mesures d'urgence.

Critères réglementaires

Les valeurs limites applicables en 2015 (en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) des différents critères nationaux de la qualité de l'air pour le dioxyde d'azote sont présentées ci-après :

Critère	Paramètre statistique	Valeur applicable	Remarque
Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	moyenne annuelle	40	
	moyenne horaire	200	A ne pas dépasser plus de 18 fois /an.
Objectif de qualité	moyenne annuelle	40	
Seuil d'information et de recommandation	moyenne horaire	200	
Seuil d'alerte	moyenne horaire	400/200	200 si l'épisode de pollution perdure sur plusieurs jours

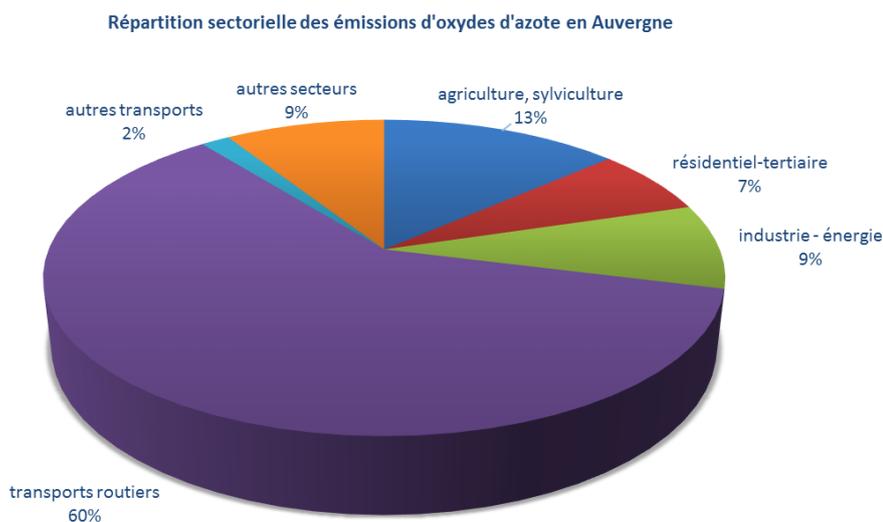
Annexe 4 : Généralités sur le dioxyde d'azote

Physico-chimie et sources

Le terme d'oxydes d'azote (NOx) regroupe divers composés chimiques azotés, dont le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂), seuls concernés par une mesure régulière. Dans l'atmosphère, à température ambiante, le monoxyde d'azote se transforme en dioxyde d'azote.

Les émissions d'oxydes d'azote, majoritairement sous forme de monoxyde, proviennent essentiellement de la combinaison du diazote et du dioxygène de l'air dans les foyers de combustion, sous l'effet des hautes températures.

Dans le département du Puy-de-Dôme, les émissions annuelles (référence 2010) d'oxydes d'azote s'élèvent à plus de 12 000 tonnes, ce qui représente environ 40 % des émissions de ces polluants pour la région et 0.9 % du total national. La répartition sectorielle (source : CITEPA) montre que les sources liées au transport routier sont largement majoritaires, constituant largement plus de la moitié des émissions.



Effets sur la santé et l'environnement

Concernant les effets sur la santé, le monoxyde d'azote perturbe le transport du dioxygène (O₂) dans le sang en limitant sa fixation sur l'hémoglobine. Le dioxyde d'azote, très oxydant et corrosif, pénètre profondément dans les poumons où il fragilise la muqueuse face aux agressions infectieuses. Irritant les bronches, il augmente la fréquence et la gravité des crises chez les asthmatiques.

En termes d'impact environnemental, les oxydes d'azote interviennent dans le processus de formation de l'ozone dans la basse atmosphère, pouvant contribuer au développement d'épisodes de pollution photochimique. La transformation en acides nitreux et nitrique en présence d'eau contribue également au phénomène d'acidification des pluies ainsi qu'à l'eutrophisation des cours d'eau et des lacs.



Qualité de l'air en Auvergne

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

Siège : Atmo Auvergne
25 rue des Ribes - 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 juillet 2015