



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

Fédération des associations
de surveillance de la
qualité de l'air



Siège social : 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
web : <http://www.atmoauvergne.asso.fr>

Rapport d'étude

**Caractérisation de la qualité de l'air
en bordure de l'autoroute A71
dans l'agglomération clermontoise**

Campagne de mesure du 21 février au 4 avril 2011

Rapport final

Référence LR/2011.05/01, version 1, 13 mai 2011

Rédaction : Lionel ROSSET Approbation : Serge PELLIER

Table des matières

Introduction - contexte de l'étude	3
Méthodologie et configuration de la campagne de mesure.....	4
<i>Contexte géographique</i>	<i>4</i>
<i>Techniques de mesure.....</i>	<i>5</i>
<i>Implantation des sites de mesure.....</i>	<i>7</i>
Exploitation des résultats de mesure	11
<i>Mesure de dioxyde d'azote par échantillonnage passif.....</i>	<i>11</i>
<i>Mesure de benzène par échantillonnage passif</i>	<i>15</i>
<i>Relevés des analyseurs automatiques du laboratoire mobile (site A10).....</i>	<i>18</i>
<i>Mesures de métaux lourds (site A10).....</i>	<i>21</i>
<i>Mesures de benzo(a)pyrène (site A10).....</i>	<i>22</i>
<i>Situation par rapport aux critères réglementaires.....</i>	<i>22</i>
Conclusions et perspectives.....	23
Annexe 1 : Les mécanismes de la pollution atmosphérique	25
Annexe 2 : Les critères réglementaires de la qualité de l'air	26
Annexe 3 : Résultats détaillés des mesures par échantillonnage passif.....	28
Annexe 4 : Résultats détaillés des mesures par prélèvements.....	30

Introduction - contexte de l'étude

La présente étude a pour objet la caractérisation de la qualité de l'air à proximité de l'autoroute A71 (Bourges / Clermont-Ferrand) à la traversée de l'agglomération clermontoise, sur les communes de Gerzat, Clermont-Ferrand et Aulnat, dans le département du Puy-de-Dôme (63).

Réalisée à la demande du bureau d'étude *TAUW France*, et en concertation avec la société des *Autoroutes Paris-Rhin-Rhône (APRR)*, cette évaluation s'inscrit dans le cadre des études environnementales préalables en vue de la mise à 2x3 voies du tronçon situé entre la barrière de péage de Gerzat et l'autoroute A75. L'objectif est de déterminer l'état initial de la qualité de l'air dans la zone concernée par le projet, qui constituera la situation de référence permettant de quantifier, à l'avenir, les éventuels impacts engendrés.

Dans ce contexte, une campagne de mesure des principaux polluants réglementés, et liés aux transports routiers, a été mise en œuvre du 21 février au 4 avril 2011. Des échantillonneurs à diffusion passive de dioxyde d'azote et de BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes) ont été disposés sur une quarantaine de sites. Les mesures de concentrations ainsi obtenues permettent d'analyser la répartition spatiale des niveaux moyens de pollution dans la zone d'étude. Un laboratoire mobile équipé d'analyseurs automatiques d'oxydes d'azote, de particules en suspension et de benzène, installé en bordure d'autoroute, complète ce dispositif, en permettant notamment d'accéder à la description temporelle fine des niveaux de concentration. Enfin, des prélèvements de particules sur filtres ont été réalisés pour évaluer les teneurs atmosphériques en métaux lourds et en benzo[a]pyrène.

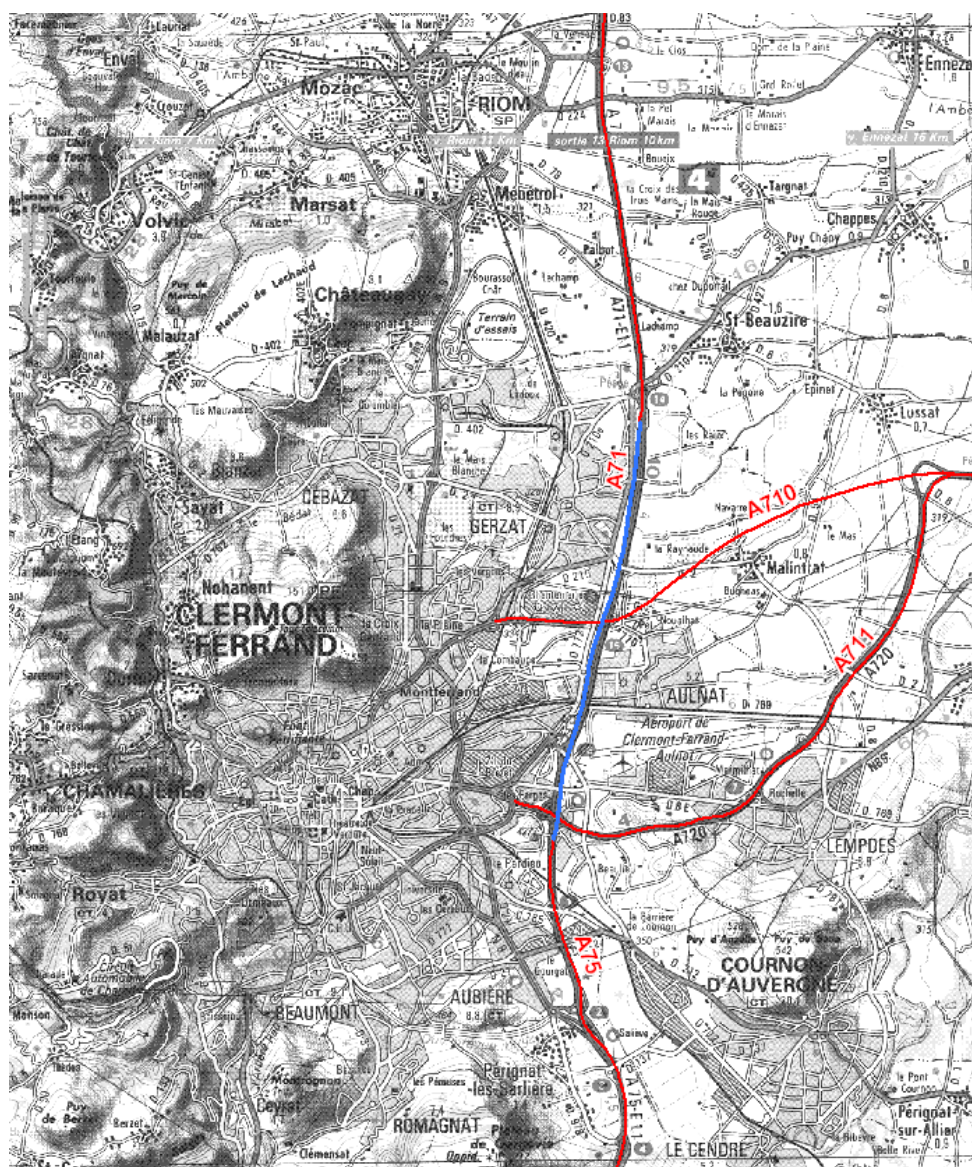
Contexte géographique

La zone d'étude correspond à l'environnement proche de l'autoroute A71 entre la barrière de péage au Nord, sur la commune de Gerzat, et la jonction avec l'autoroute A75 au Sud, sur la commune de Clermont-Ferrand.

Ce tronçon autoroutier s'insère essentiellement entre la bordure Est des zones d'activités industrielles, commerciales et tertiaires (des Pradeaux à Gerzat, des Gravanches, de la Combaude et du Brézet à Clermont-Ferrand) et la zone aéroportuaire d'Aulnat.

La faible distance entre la zone d'étude et le centre urbain clermontois laisse supposer une influence non négligeable des émissions atmosphériques urbaines pour des vents de secteurs Sud-Ouest à Ouest. La situation topographique en dehors de la demi-cuvette clermontoise, bien dégagée à petite échelle dans toutes les directions, est relativement favorable à la dispersion des polluants.

Le réseau autoroutier (tracé rouge) et le tronçon d'intérêt (tracé bleu) 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 et des BTEX 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 concentration 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 de certains seuils réglementaires, dont le calcul est souvent basé sur les concentrations moyennes horaires ou journalières. 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 ou en benzo[a]pyrène 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 filtres au moyen de préleveurs automatiques.

Échantillonneurs de dioxyde d'azote et de BTEX à diffusion passive

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, 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. Les échantillonneurs sont fournis par le laboratoire *PASSAM AG* et les analyses sont réalisées au laboratoire *LASAIR d'Airparif*.

La mesure des BTEX par échantillonnage passif est basée sur le piégeage des composés organiques volatiles par adsorption sur un tube 4,8 mm de diamètre en filet acier inoxydable, rempli avec du charbon graphité (cartouches *Radiello* - code 145 - Carbograph 4). Lors de la phase d'analyse (réalisée au laboratoire *LASAIR d'Airparif*), les composés sont désorbés thermiquement de la cartouche, séparés par chromatographie en phase gazeuse (CPG) puis détectés par ionisation de flamme (FID).

Analyseurs automatiques

L'instrumentation mise en œuvre pour la mesure automatique du dioxyde d'azote 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 benzène - prélèvement par pompage automatique avec analyse chromatographique en phase gazeuse sur site (NF EN 14662 - partie 3).

Pour les particules en suspension PM10, en l'absence de méthode normalisée permettant d'obtenir une information en temps réel, une microbalance à élément oscillant (analyseur TEOM : Tapered Element Oscillating Microbalance) est déployée. Elle est couplée à un module FDMS (Filter Dynamics Measurement System) permettant d'assurer l'équivalence avec la méthode de référence européenne NF EN 12341 (détermination de la fraction PM10 de matière particulaire en suspension).

Mesure des métaux lourds et du benzo[a]pyrène

La méthodologie mise en œuvre pour la mesure 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 hebdomadaires sont effectués avec un préleveur bas débit (*R&P - Partisol Plus*) fonctionnant à 1 m³/h, sur des filtres en fibres de quartz de 47 mm de diamètre (de marque *Wathman*). L'analyse est réalisée par le laboratoire *Micropolluants Technologie SA*.

La collecte des particules PM10 pour la mesure du benzo[a]pyrène est opérée au moyen d'un préleveur automatique haut débit (*Digitel - DA80*), à 30 m³/h, sur des filtres en fibres de quartz de 150 mm de diamètre (de marque *Wathman*). Les valeurs hebdomadaires de concentration résultent de l'analyse par chromatographie liquide haute performance (HPLC) de 7 prélèvements journaliers consécutifs cumulés. Cette analyse, conforme à la norme NF EN 15549 (méthode normalisée pour le mesurage de la concentration du benzo[a]pyrène dans l'air ambiant), est confiée au laboratoire *Micropolluants Technologie SA*.

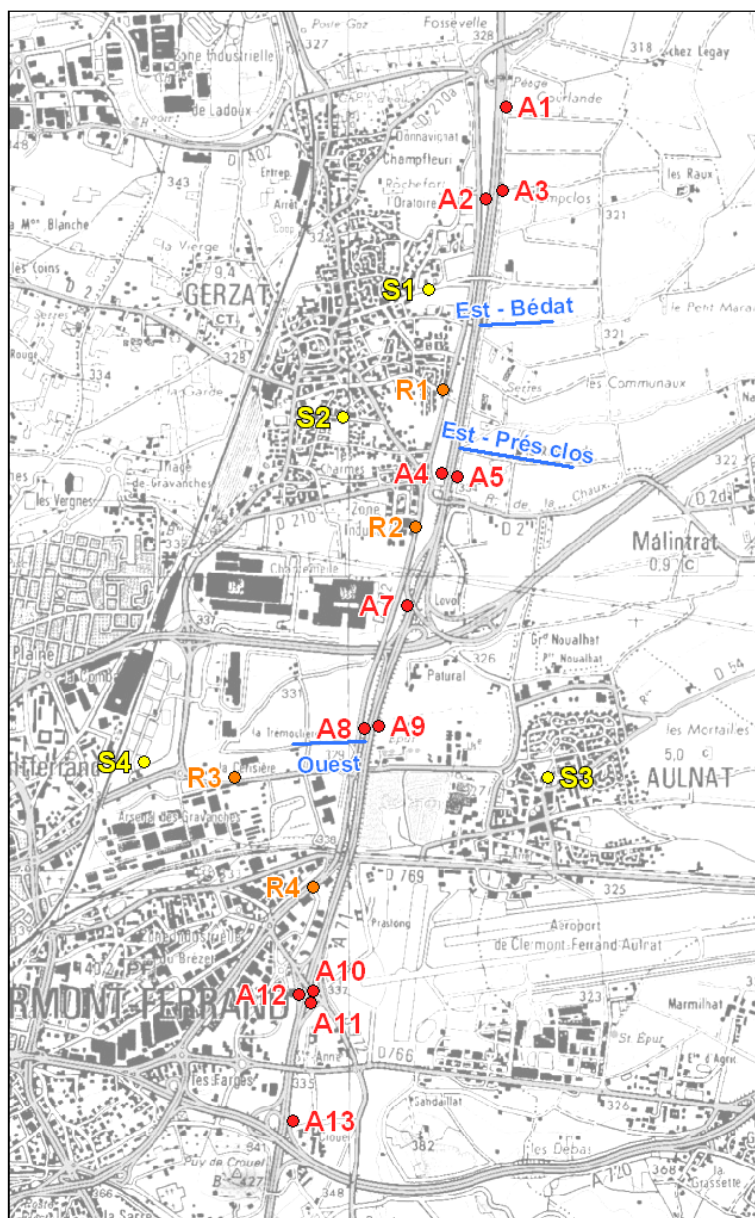
Implantation des sites de mesure

Sites de mesure par échantillonneurs passifs

Les échantillonneurs passifs de dioxyde d'azote et de BTEX ont été répartis spatialement sur une quarantaine de sites de mesure, représentatifs :

- de l'impact maximum des émissions du trafic routier, soit en bordure des voies de l'autoroute A71,
- ou de la décroissance des niveaux de pollution lorsque l'on s'éloigne de l'axe routier, soit sur trois perpendiculaires à l'autoroute (transects), deux à l'Est et une à l'Ouest,
- ou d'axes routiers dont la fréquentation pourra se trouver sensiblement modifiée par le projet,
- ou de sites susceptibles d'accueillir une population sensible à la dégradation de la qualité de l'air, essentiellement des établissements scolaires, localisés à proximité de l'autoroute.

Cet échantillonnage spatial est présenté sur la carte suivante :



Carte d'implantation des sites d'échantillonnage passif de dioxyde d'azote et de BTEX

Les caractéristiques et l'instrumentation des sites de mesure sont présentées dans le tableau suivant :

Id.	type	localisation (distance à l'A71 pour les sites en transects)	nombre d'échantillonneurs	
			NO ₂	BTEX
A1	bordure d'autoroute A71	bordure Est - à l'intersection avec la bretelle de sortie 14	1	1
A2	bordure d'autoroute A71	bordure Ouest - sur un refuge d'urgence	1	
A3	bordure d'autoroute A71	bordure Est - sur un refuge d'urgence	1	
A4	bordure d'autoroute A71	bordure Ouest - sur un refuge d'urgence	1	
A5	bordure d'autoroute A71	bordure Est - sur un refuge d'urgence	1	
A7	bordure d'autoroute A71	bordure Ouest - au niveau de la jonction A71 / A710	1	
A8	bordure d'autoroute A71	bordure Ouest - sur un refuge d'urgence	1	
A9	bordure d'autoroute A71	bordure Est - sur un refuge d'urgence	1	
A10	bordure d'autoroute A71	bordure Est - sur un refuge PMV - site du camion laboratoire	2	2
A11	bordure d'autoroute A71	bordure Est - sur un refuge d'urgence	1	1
A12	bordure d'autoroute A71	bordure Ouest - sur un refuge d'urgence	2	1
A13	bordure d'autoroute A71	bordure Est - au niveau de la jonction A71 / A711	1	1
R1	route impactée	intersection D210 / rue des Pègues (Gerzat)	1	1
R2	route impactée	D772 - au niveau de la société TPS Lafarge (Gerzat)	1	
R3	route impactée	boulevard Louis Chartoire - D772a (Clermont-Ferrand)	1	
R4	route impactée	intersection D772 / rue Georges Besse (Clermont-Ferrand)	1	1
S1	population sensible	collège Anatole France - rue Anatole France (Gerzat)	1	1
S2	population sensible	école maternelle Jules Ferry - rue Mendés France (Gerzat)	1	1
S3	population sensible	école maternelle Les Chapelles - rue Léon Maniez (Aulnat)	1	1
S4	population sensible	AIRRA - rue du Pré Comtal (Clermont-Ferrand)	1	1
B1	transect Est Bédât	2 m	1	1
B3	transect Est Bédât	10 m	1	
B5	transect Est Bédât	40 m	1	
B6	transect Est Bédât	80 m	1	1
B7	transect Est Bédât	160 m	1	
B8	transect Est Bédât	340 m		1
B9	transect Est Bédât	540 m	1	
P1	transect Est PrésClos	3 m	1	1
P3	transect Est PrésClos	12 m	1	
P5	transect Est PrésClos	40 m	1	
P6	transect Est PrésClos	80 m	1	1
P7	transect Est PrésClos	160 m	1	
P8	transect Est PrésClos	350 m		1
P9	transect Est PrésClos	510 m	1	
P11	transect Est PrésClos	840 m	1	
O1	transect Ouest	3 m	1	1
O3	transect Ouest	11 m	1	
O5	transect Ouest	40 m	1	
O6	transect Ouest	90 m	1	1
O7	transect Ouest	170 m	1	
O8	transect Ouest	310 m		1
O9	transect Ouest	510 m	1	

Caractéristiques d'implantation des sites d'échantillonnage passif de dioxyde d'azote et de BTEX

Les temps d'exposition des échantillonneurs passifs correspondent à deux périodes de 14 jours, du 21 février au 7 mars puis du 21 mars au 4 avril 2011.

Afin de respecter la procédure d'assurance qualité, pour chaque période de mesure, deux échantillonneurs passifs, l'un de dioxyde d'azote et l'autre de BTEX, sont transportés lors de la pose et du ramassage mais ne sont pas exposés (« blancs terrains »). Leur analyse permettra de vérifier l'absence de contamination.

Sur les sites A10 et A12, des échantillonneurs passifs supplémentaires sont installés en doublon afin de contrôler la répétabilité des mesures. Le site A10, qui correspond à l'implantation du laboratoire mobile, permet également la comparaison des deux techniques de mesure déployées, analyseurs automatiques et échantillonneurs passifs, pour le dioxyde d'azote et les BTEX.

Site d'implantation du laboratoire mobile et des préleveurs automatiques

Le site d'implantation du laboratoire mobile et des préleveurs de métaux et de benzo[a]pyrène coïncide avec le site A10 de mesure du dioxyde d'azote et des BTEX par échantillonnage passif. Cet emplacement est situé au niveau du panneau à messages variables, PR 387.5 de l'autoroute A71, sens Clermont-Ferrand / Bourges, à 5 m environ de la voie de droite.



Implantation du laboratoire mobile et des préleveurs automatiques de métaux et de benzo[a]pyrène

Les prélèvements de particules PM10 pour l'analyse des métaux et du benzo[a]pyrène ont été réalisés sur quatre périodes de 7 jours consécutifs, du 21 au 27 février, du 28 février au 6 mars, du 21 au 27 mars, puis du 28 mars au 3 avril, en coïncidence avec les séries d'exposition des échantillonneurs passifs.

Les analyseurs automatiques du laboratoire mobile ont été maintenus en fonctionnement du 21 février au 4 avril 2011.

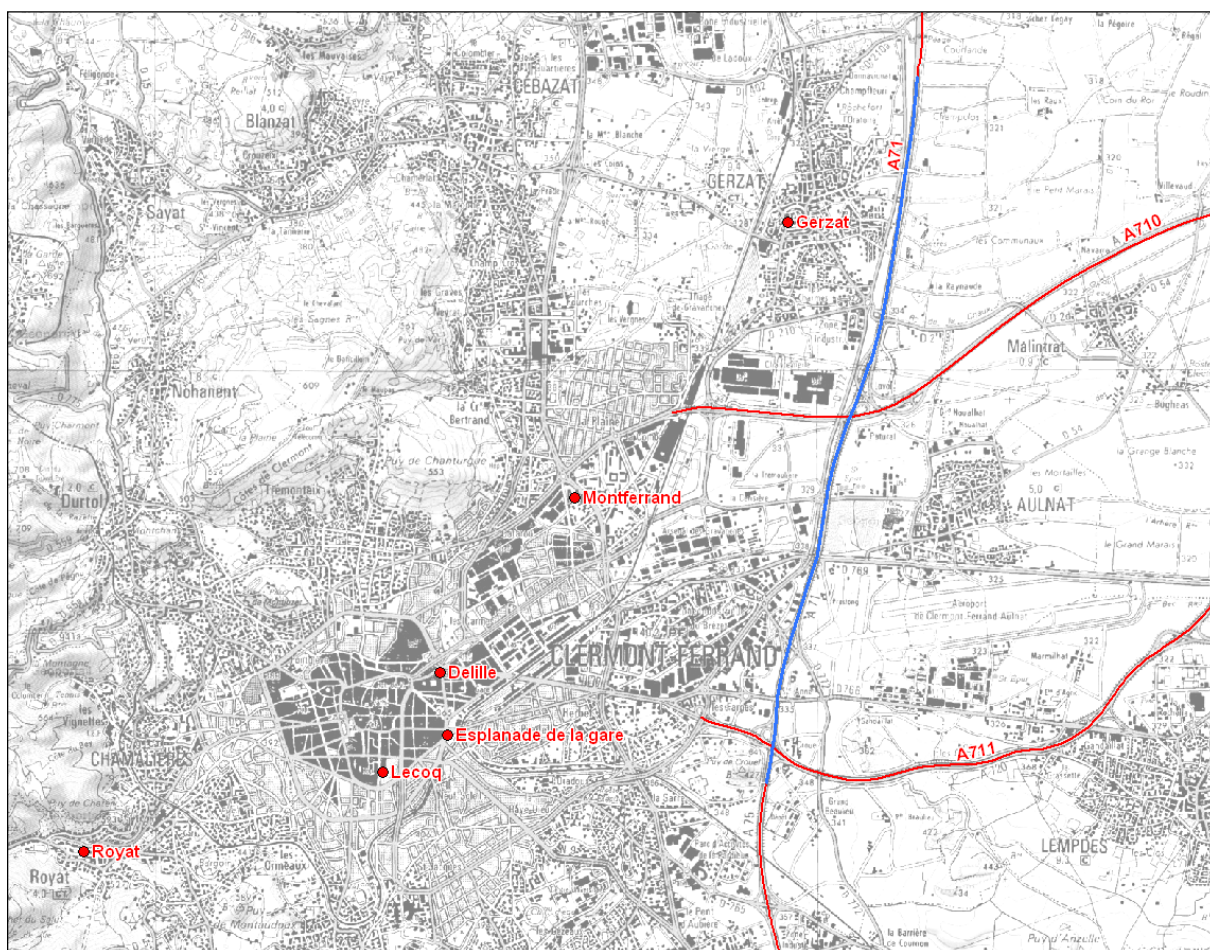
Sites de référence du réseau de stations fixes d'Atmo Auvergne

Les observations issues du dispositif pérenne de surveillance de la qualité de l'air déployé par Atmo Auvergne sont exploitées pour comparer les niveaux de pollution mesurés dans la zone d'étude avec ceux relevés dans l'agglomération clermontoise. Ces comparaisons permettent de généraliser les résultats de la campagne de mesure limitée dans le temps.

Les stations de référence exploitées dans la présente étude sont les suivantes :

- trois stations urbaines : Delille, Lecoq et Montferrand ;
- deux stations périurbaines : Royat et Gerzat ;
- la station de proximité automobile de l'Esplanade de la gare à Clermont-Ferrand.

La localisation géographique de ces stations est présentée sur la carte suivante :



Cartographie d'implantation des stations de référence

Mesure de dioxyde d'azote par échantillonnage passif

Validation des mesures de dioxyde d'azote

Analyse des valeurs de « blancs terrains »

Les analyses des échantillonneurs passifs utilisés comme « blancs terrains » révèlent des quantités de dioxyde d'azote inférieures à 5 ng (nanogramme), qui correspondraient, sur deux semaines d'exposition, à des concentrations inférieures à 0,3 µg/m³. Cette très faible valeur traduit l'absence de contamination particulière, pour l'ensemble du mode opératoire.

Analyse des mesures en doublons

Les échantillonneurs passifs installés en doublons sur les sites A10 et A12 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 (µg/m³).

		série 1 21 février - 7 mars 2011	série 2 21 mars - 4 avril 2011
site A10	concentration échantillonneur passif A	71	59
	concentration échantillonneur passif B	69	59
	moyenne	70,0	59,0
	ER	1 %	0 %
site A12	concentration échantillonneur passif A	77	75
	concentration échantillonneur passif B	70	77
	moyenne	73,5	76,0
	ER	5 %	1 %

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

Les écarts relatifs obtenus sont faibles et confirment ainsi une répétabilité tout à fait satisfaisante de la mesure par échantillonnage passif au cours de la campagne. L'écart le plus important entre deux échantillonneurs en doublon, 7 µg/m³ sur le site A12, est cohérent avec une incertitude de mesure voisine de 15 % admise pour cette technique.

Comparaison échantillonneurs passifs / analyseur automatique

L'équipement du site A10 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 à partir des écarts relatifs, est présentée dans le tableau suivant, où les concentrations sont exprimées en microgrammes par mètre cube d'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

	série 1 21 février - 7 mars 2011	série 2 21 mars - 4 avril 2011
concentration échantillonneur passif A	71	59
concentration analyseur automatique	74	54
moyenne	72,5	56,5
ER	2 %	4 %
concentration échantillonneur passif B	69	59
concentration analyseur automatique	74	54
moyenne	71,5	56,5
ER	3 %	4 %

*Comparaison échantillonneurs passifs / analyseur automatique
pour les mesures de dioxyde d'azote sur le site A10*

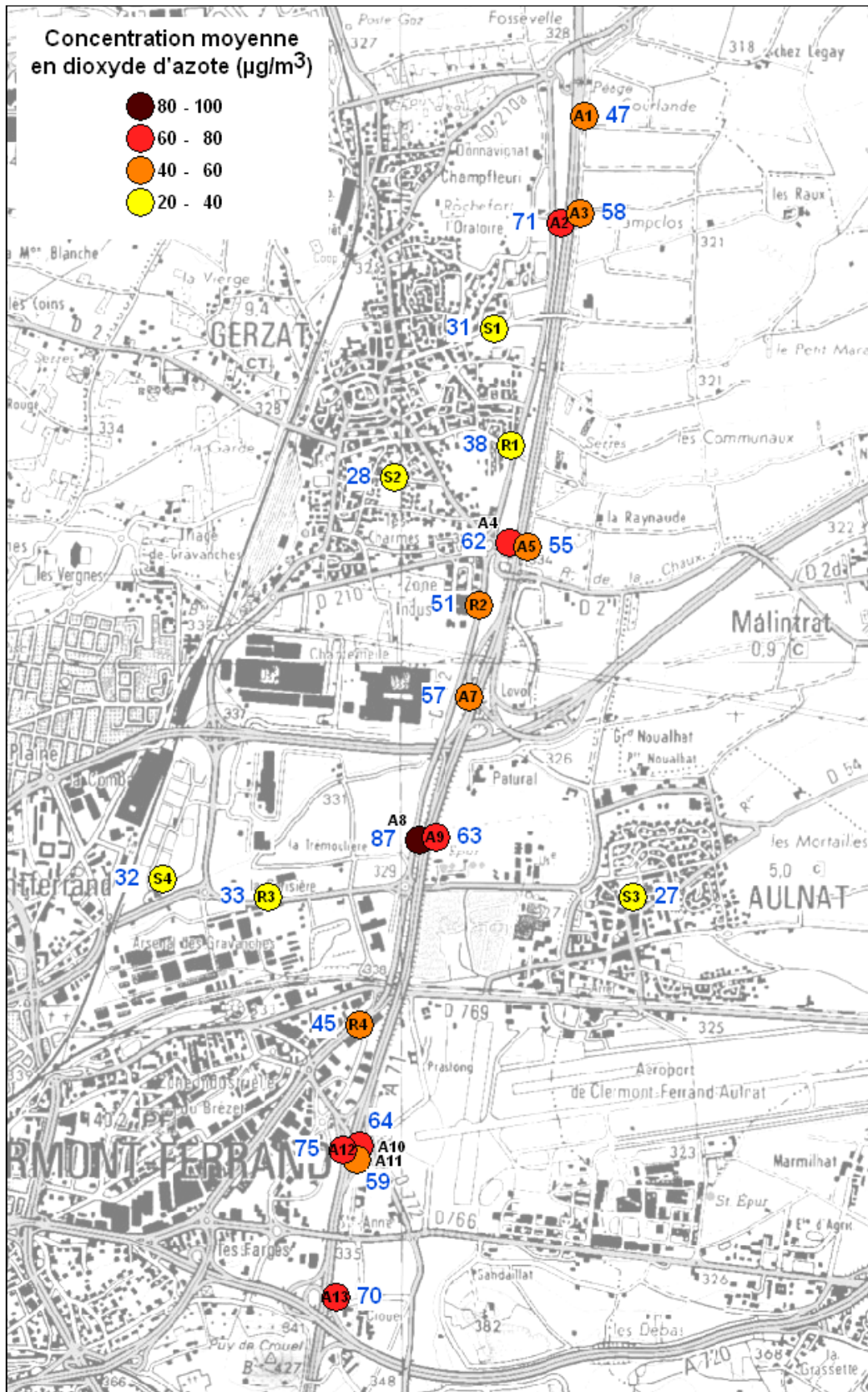
Les résultats présentés montrent un accord très satisfaisant entre les mesures obtenues par échantillonnage passif et les relevés de l'analyseur automatique, avec des écarts relatifs inférieurs à 5 %.

Résultats des relevés de dioxyde d'azote

Les résultats détaillés des concentrations en dioxyde d'azote mesurées par échantillonnage passif sont fournis en annexe.

Répartition spatiale du niveau moyen de dioxyde d'azote

La répartition spatiale de la concentration moyenne en dioxyde d'azote, relevée en bordure d'autoroute A71, sur les principaux axes routiers impactés par le projet, et sur les sites sensibles, est représentée sur la cartographie suivante. Les numéros identifiants des sites de mesure figurent au centre des pastilles et les concentrations, exprimées en microgrammes par mètre cube d'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), sont indiquées en bleu.



Répartition spatiale de la concentration moyenne en dioxyde d'azote

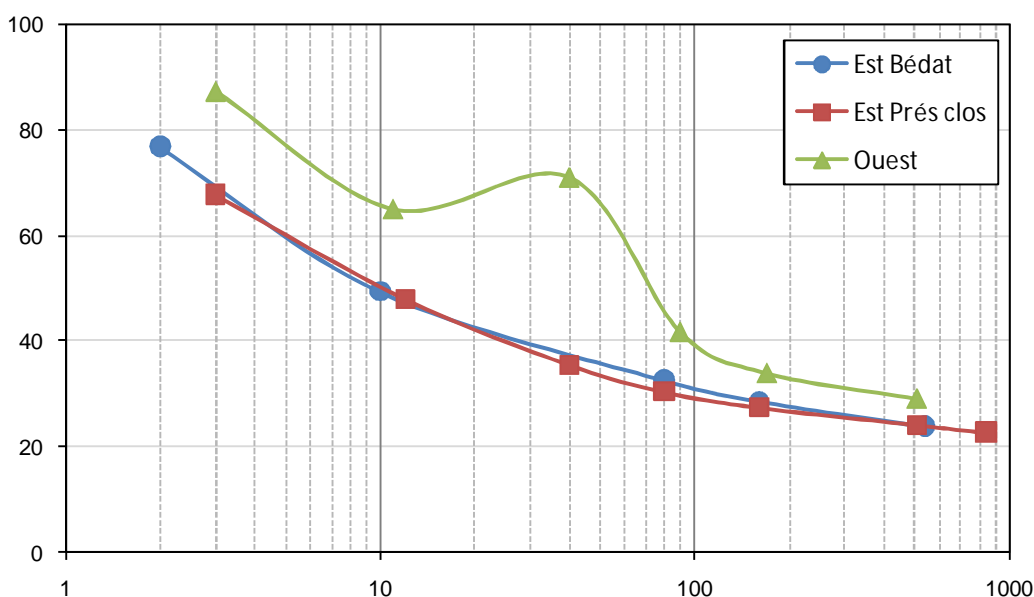
La cartographie fait apparaître des niveaux de dioxyde d'azote sensiblement plus importants en bordure d'autoroute A71, où les concentrations sont comprises entre 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur le site A7 et 87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur le site A8. Le site A1, qui présente une moindre exposition, n'est pas directement représentatif de l'axe routier, du fait de son implantation particulière sur la zone de décélération à l'approche du péage de Gerzat.

Les teneurs en dioxyde d'azote sont moins élevées en bordure de routes départementales supposées impactées par le projet, voisines de $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les sites R1 (D210) et R3 (D772a) et de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur les sites R2 et R4 (D772).

Enfin, les sites susceptibles d'accueillir une population sensible présentent les plus faibles concentrations, proches de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Évolution spatiale des concentrations en dioxyde d'azote dans la direction perpendiculaire à l'autoroute A71

La zone d'influence de l'autoroute A71 sur le champ de pollution azotée peut être déterminée par l'analyse de la relation entre la teneur mesurée et la distance à l'axe routier sur les sites disposés en transects. Cette mise en relation est illustrée sur la figure suivante, où les concentrations moyennes en dioxyde d'azote, exprimées en microgrammes par mètre cube (en ordonnées) sont représentées en fonction de la distance à l'autoroute A71 (en abscisses, échelle logarithmique), exprimée en mètre :



Concentrations en dioxyde d'azote en fonction de la distance à l'autoroute A71

La représentation graphique montre, similairement pour les deux transects Est, une décroissance de la concentration en dioxyde d'azote quand on s'éloigne de l'autoroute, très marquée dans les 10 premiers mètres. Les valeurs tendent vers le niveau de fond, d'environ $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, atteint à une distance voisine de 200 m.

Le transect Ouest présente, aux distances équivalentes, des niveaux plus élevés, qui peuvent s'expliquer par une plus forte influence des émissions du centre urbain clermontois. Par ailleurs, la valeur observée à la distance de 40 m (site O5) s'écarte des profils types. Cette plus forte concentration est probablement liée à l'implantation du site O5 en bordure de la route départementale D772, ce qui l'expose directement aux émissions azotées issues du trafic routier sur cet axe fréquenté.

Globalement, il peut être considéré que l'influence de l'autoroute A71 sur le champ de pollution azotée s'exerce principalement sur une bande d'environ 100 m de large de part et d'autre des voies de circulation.

Mesure de benzène par échantillonnage passif

Validation des mesures de benzène

Analyse des valeurs de « blancs terrains »

Les analyses des échantillonneurs passifs utilisés comme « blancs terrains » révèlent des quantités de benzène inférieures à 25 ng (nanogramme), qui correspondraient, sur deux semaines d'exposition, à des concentrations inférieures à $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cette très faible valeur traduit l'absence de contamination particulière, pour l'ensemble du mode opératoire.

Analyse des mesures en doublon

L'évaluation des écarts relatifs ER entre les échantillonneurs passifs installés en doublon sur le site A10 est présentée dans le tableau suivant, où les concentrations sont exprimées en microgrammes par mètre cube d'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

		série 1 21 février - 7 mars 2011	série 2 21 mars - 4 avril 2011
site A10	concentration échantillonneur passif A	1,7	0,9
	concentration échantillonneur passif B	1,6	0,9
	moyenne	1,65	0,90
	ER	3 %	0 %

Analyse des mesures de benzène en doublon

La valeur très faible de l'écart relatif obtenu confirme une répétabilité tout à fait satisfaisante de la mesure de benzène par échantillonnage passif.

Comparaison échantillonneurs passifs / analyseur automatique

L'évaluation des écarts relatifs ER entre les échantillonneurs passifs et l'analyseur automatique de benzène, sur le site A10, est présentée dans le tableau suivant, où les concentrations sont exprimées en microgrammes par mètre cube d'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

	série 1 21 février - 7 mars 2011	série 2 21 mars - 4 avril 2011
concentration échantillonneur passif A	1,7	0,9
concentration analyseur automatique	1,2	0,5
moyenne	1,45	0,70
ER	17 %	29 %
concentration échantillonneur passif B	1,6	0,9
concentration analyseur automatique	1,2	0,5
moyenne	1,40	0,70
ER	14 %	29 %

Comparaison échantillonneurs passifs / analyseur automatique pour les mesures de benzène sur le site A10

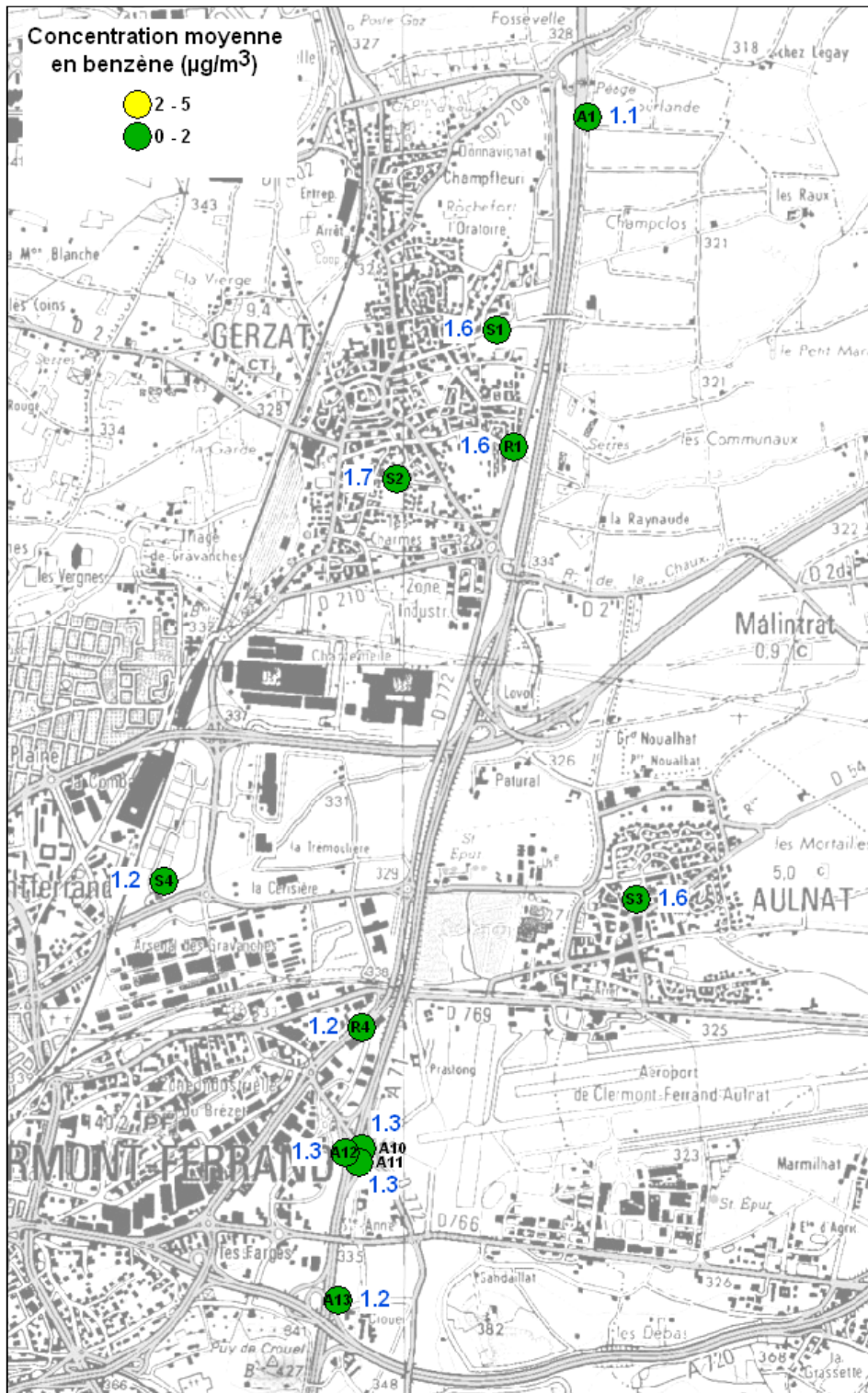
Les écarts relatifs entre les mesures obtenues par échantillonnage passif et les relevés de l'analyseur automatique atteignent près de 30 % au cours de la seconde série de mesure. En valeur absolue, les décalages entre les deux techniques mises en œuvre restent inférieurs à $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Résultats des relevés de benzène

Les résultats détaillés des concentrations en benzène mesurées par échantillonnage passif sont fournis en annexe.

Répartition spatiale du niveau moyen de benzène

La répartition spatiale de la concentration moyenne en benzène est représentée sur la cartographie suivante. Les numéros identifiants des sites de mesure figurent au centre des pastilles et les concentrations, exprimées en microgrammes par mètre cube d'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), sont indiquées en bleu.

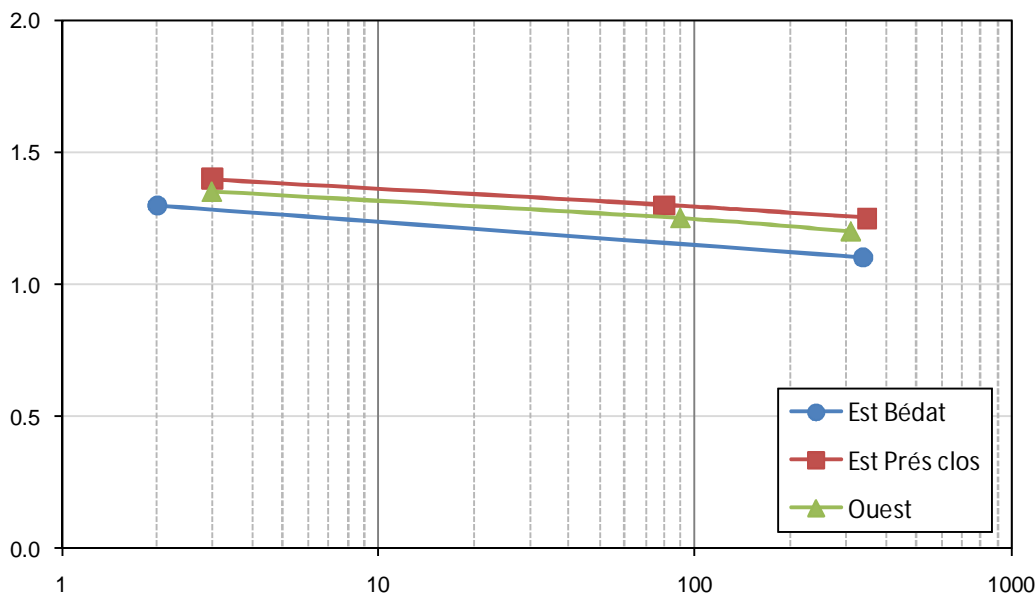


Répartition spatiale de la concentration moyenne en benzène

Les niveaux de benzène observés, compris entre 1,1 et 1,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, se répartissent de façon relativement homogène sur l'ensemble de la zone d'étude. Aucune influence de l'axe autoroutier n'est mise en évidence sur la cartographie, qui présente des valeurs légèrement plus élevées dans les centres urbains de Gerzat et d'Aulnat.

Évolution spatiale des concentrations en benzène dans la direction perpendiculaire à l'autoroute A71

L'évolution des concentrations moyennes en benzène (exprimées en microgrammes par mètre cube d'air) en fonction de la distance à l'autoroute A71 (exprimée en mètres), relevées sur les sites disposés en transects, est représentée sur la figure suivante :



Concentrations en benzène en fonction de la distance à l'autoroute A71

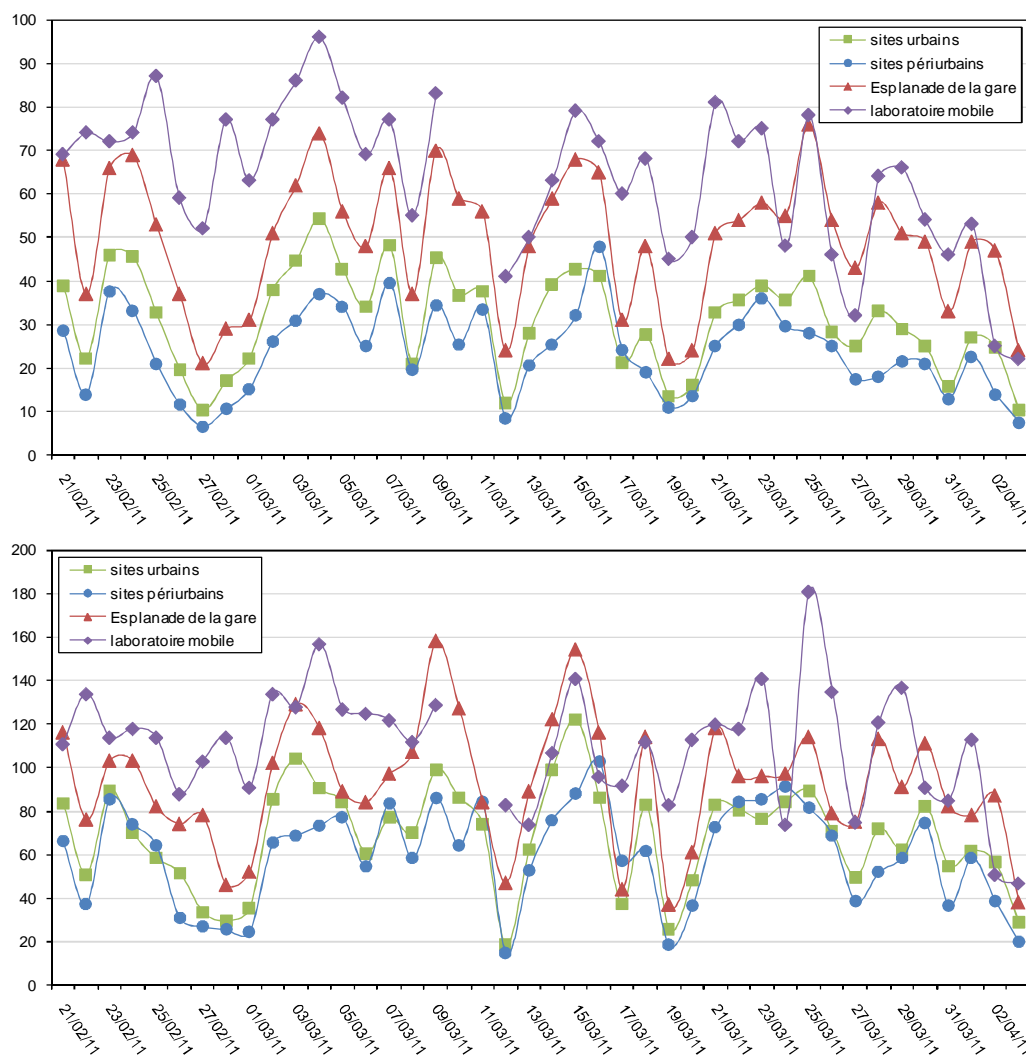
La représentation graphique montre une décroissance peu significative des niveaux de benzène avec la distance à l'autoroute, confirmant une influence très limitée des émissions liées au trafic sur cet axe.

Relevés des analyseurs automatiques du laboratoire mobile (site A10)

Dioxyde d'azote

Évolution temporelle des moyennes journalières et maxima horaires journaliers

Les évolutions temporelles des moyennes journalières et des maxima horaires journaliers des concentrations en dioxyde d'azote, mesurées sur le site A10, sont présentées sur les graphiques ci-après. Les valeurs correspondantes observées sur les stations fixes de référence sont également reportées. Les concentrations sont exprimées en microgrammes par mètre cube d'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Concentrations en dioxyde d'azote mesurées sur le site A10 (laboratoire mobile)
et sur les stations fixes de l'agglomération clermontoise
en haut : moyennes journalières - en bas : maxima horaires journaliers

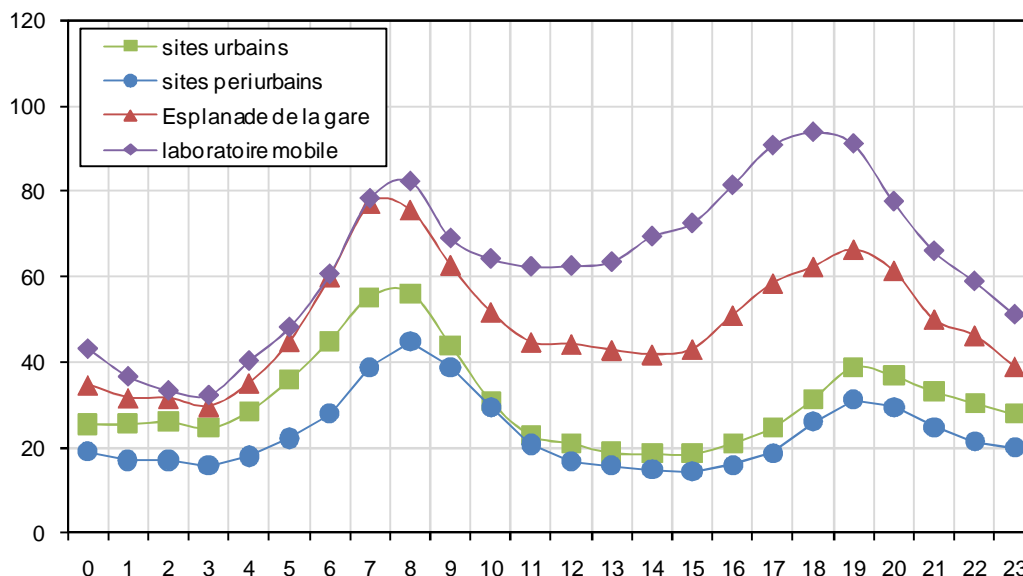
L'évolution des moyennes et maxima horaires journaliers observés sur les analyseurs automatiques du laboratoire mobile et des stations de référence, du 21 février au 3 avril 2011, traduit les influences conjointes sur la pollution azotée des conditions météorologiques et des émissions liées au secteur des transports routiers, avec des niveaux généralement plus faibles le week-end (par exemple le 27 février, les 12, 19, 20 et 27 mars).

A de rares exceptions près, les niveaux moyens et maxima horaires journaliers mesurés en bordure d'autoroute sont supérieurs à ceux relevés sur la station de référence de l'Esplanade de la gare. En moyenne sur l'ensemble de la période de mesure, l'écart entre les deux sites est voisin de 30 % ($64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur l'analyseur du laboratoire mobile et $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur le site de l'Esplanade de la gare).

La concentration maximale horaire enregistrée en bordure d'autoroute atteint $181 \mu\text{g}/\text{m}^3$, le vendredi 25 mars à l'heure de pointe en matinée.

Profils journaliers moyens des concentrations horaires

Le profil journalier moyen des concentrations horaires en dioxyde d'azote, établi du 21 février au 3 avril 2011 avec l'analyseur automatique qui équipe le laboratoire mobile, est présenté sur la figure suivante. Les profils correspondants observés sur les stations fixes de référence sont également reportés. Les concentrations sont exprimées en microgrammes par mètre cube d'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). L'axe des abscisses est gradué en heures TU, en décalage d'une heure par rapport à l'heure locale en période hivernale.



Profils journaliers moyens des concentrations en dioxyde d'azote mesurées sur le site A10 (laboratoire mobile) et sur les stations fixes de l'agglomération clermontoise

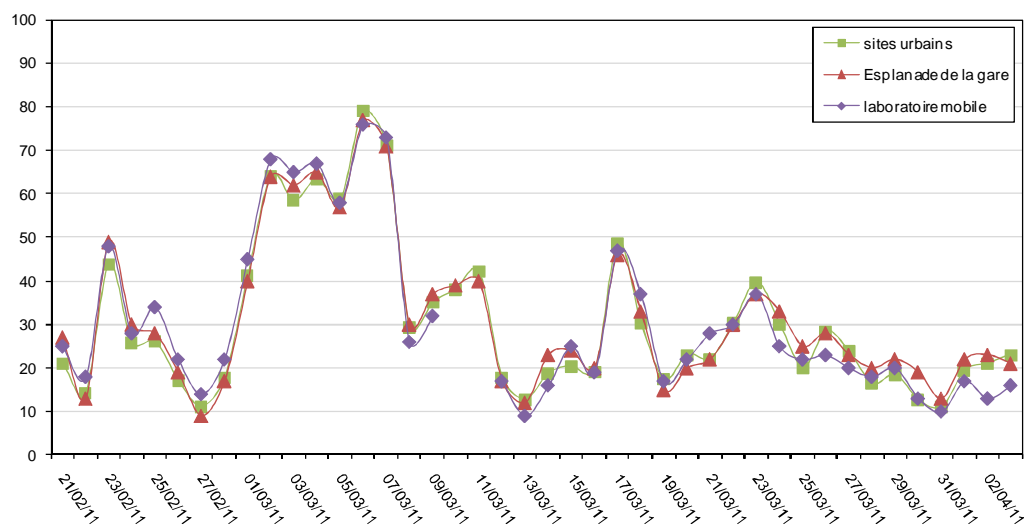
La représentation graphique montre, pour le site autoroutier comme sur les sites de référence, des profils à deux maxima, l'un en début de matinée et l'autre en fin d'après-midi. Cette évolution typique au cours de la journée s'explique par les variations conjointes :

- de l'activité du secteur routier, qui présente également un profil bimodal (pointes de trafic du matin et du soir qui correspondent aux déplacements domicile-travail),
- de la capacité dispersive de l'atmosphère, généralement plus importante en milieu de journée.

Le profil observé en bordure d'autoroute se distingue par des concentrations plus importantes au cours de la pointe du soir, entre 18h00 et 20h00 (heures locales).

Particules en suspension PM10

Les moyennes journalières des concentrations en particules en suspension PM10, mesurées sur le site A10, sont présentées sur le graphique ci-après. Les valeurs correspondantes observées sur les stations fixes de référence sont également reportées. Les concentrations sont exprimées en microgrammes par mètre cube d'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



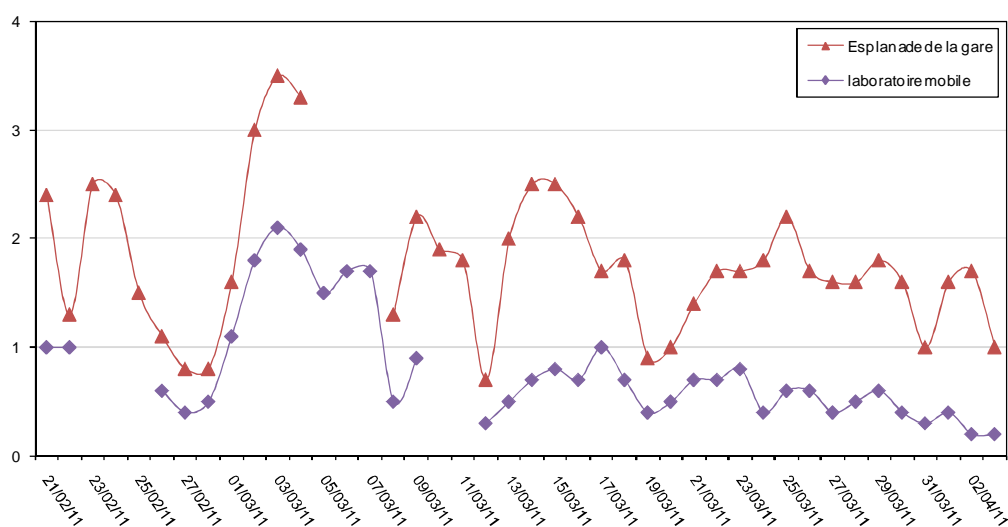
Concentrations moyennes journalières en particules PM10 mesurées sur le site A10 (laboratoire mobile) et sur les stations fixes de l'agglomération clermontoise

Sur l'ensemble de la période de mesure, les particules en suspension présentent, en bordure d'autoroute, des concentrations moyennes journalières très voisines de celles observées sur les stations de référence. Ce résultat illustre l'homogénéité de la pollution particulaire à l'échelle de l'agglomération clermontoise.

Les niveaux de particules sont sensiblement plus élevés du 2 au 7 mars, en lien avec un épisode de pollution à grande échelle observé début mars 2011 dans plusieurs régions françaises, dont Rhône-Alpes et la région Centre.

Benzène

Les moyennes journalières des concentrations en benzène, mesurées en bordure d'autoroute et sur la station de référence de l'Esplanade de la gare, sont présentées sur le graphique ci-après. Les concentrations sont exprimées en microgrammes par mètre cube d'air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Concentrations moyennes journalières en benzène mesurées sur le site A10 (laboratoire mobile) et sur la station de l'Esplanade de la gare

Les concentrations en benzène mesurées en bordure d'autoroute sont sensiblement inférieures à celles observées conjointement sur la station de proximité automobile de l'Esplanade de la gare. Les moyennes sur la période de mesure, respectivement sur ces deux sites, s'établissent à 0,8 et 1,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Mesures de métaux lourds (site A10)

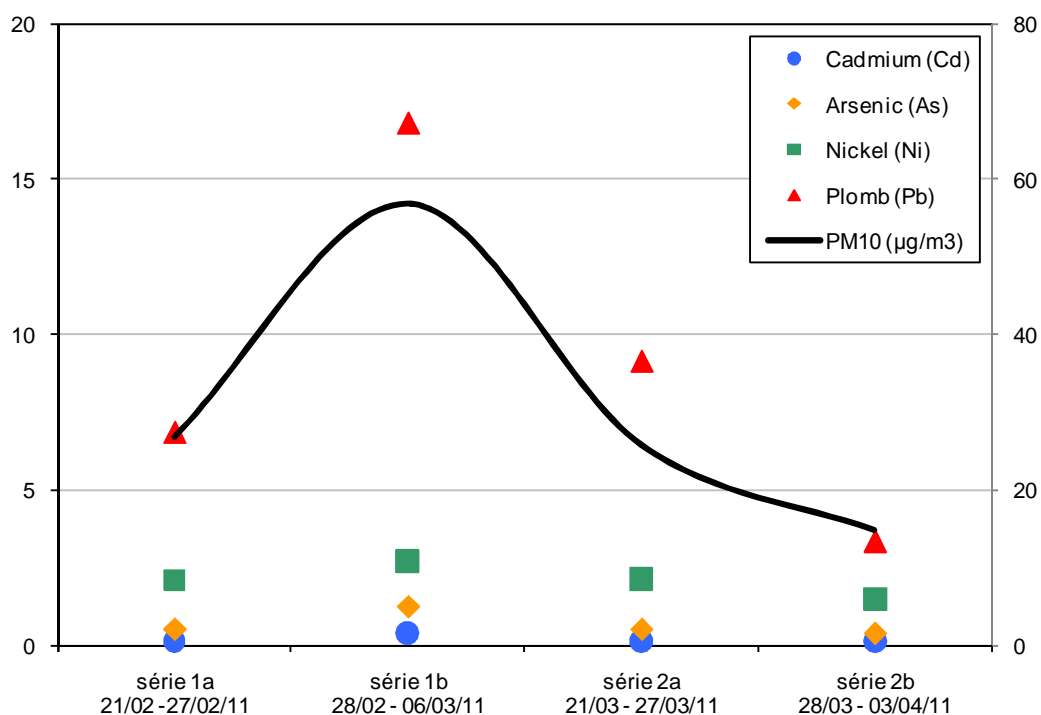
Analyse des valeurs de « blancs terrains »

Les analyses des deux filtres utilisés comme « blancs terrains » révèlent des quantités de métaux généralement inférieures aux limites de quantification. Seules exceptions, l'un des deux filtres comporte des quantités de chrome et de cuivre respectivement de 137 et 176 ng (nanogramme), pour des seuils de quantification de 125 ng. Pour les volumes de prélèvement considérés, les quantités de métaux présentes sur les filtres non exposés correspondraient à des concentrations inférieures à 0,2 ng/m³ pour le cadmium, l'arsenic et le plomb, à 1 ng/m³ pour le nickel et le chrome, et à 2 ng/m³ pour le cuivre et le zinc.

Résultats des prélèvements de métaux lourds

Les résultats détaillés des concentrations en métaux lourds sont fournis en annexe.

Parmi les métaux quantifiés dans la présente étude, seuls le cadmium, l'arsenic, le nickel et le plomb font l'objet de réglementations dans l'air ambiant. Pour ces quatre éléments, les concentrations relevées pour chaque série de mesure, exprimées en nanogrammes par mètre cube d'air (ng/m³), sont présentées sur le graphique ci-après. Les teneurs en particules PM10 mesurées durant les mêmes périodes sur l'analyseur automatique du laboratoire mobile, exprimées en microgrammes par mètre cube d'air (µg/m³), sont également reportées.



Concentrations en cadmium, arsenic, nickel, plomb (axe de gauche gradué en ng/m³)
et particules PM10 (axe de droite gradué en µg/m³)

La représentation graphique montre une bonne corrélation entre les teneurs en métaux lourds et la concentration en particules en suspension, avec en particulier des valeurs maximales au cours de la seconde série de mesure. 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.

En moyenne sur l'ensemble des prélèvements, les concentrations en cadmium et en arsenic sont inférieures au ng/m³, et les teneurs en nickel et en plomb sont respectivement voisines de 2 et de 9 ng/m³. Ces niveaux sont conformes à ceux habituellement observés dans l'agglomération clermontoise, dans le cadre de la surveillance mise en place depuis 2008.

Mesures de benzo(a)pyrène (site A10)

Les résultats détaillés des concentrations en benzo(a)pyrène sont fournis en annexe.

Les moyennes hebdomadaires observées, pour les quatre séries de mesure, sont proches de $0,05 \text{ ng/m}^3$. Cette très faible valeur est conforme à celles habituellement mesurées sur les sites les moins exposés de l'agglomération clermontoise. En particulier, on retrouve l'ordre de grandeur des teneurs relevées à Gerzat en janvier et février 2011 dans le cadre de la de surveillance réglementaire. Ce résultat traduit l'absence d'impact significatif de l'axe autoroutier sur les niveaux de benzo(a)pyrène.

Situation par rapport aux critères réglementaires

Les critères réglementaires nationaux relatifs aux concentrations en polluants dans l'air ambiant sont présentés en annexe. Ils sont généralement définis sur la base 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 relevés de dioxyde d'azote du laboratoire mobile placé sur le site autoroutier A10 montrent des niveaux moyens et maxima supérieurs aux valeurs observées conjointement sur le site clermontois de l'Esplanade de la gare. Les concentrations mesurées par échantillonnage passif sur le site A10 le situent dans la moyenne des différentes implantations le long de l'axe routier, de plus fortes expositions étant constatées, en particulier sur le site A8.

Ces dernières années, le site de proximité automobile de l'Esplanade de la gare s'inscrit en dépassement de la valeur limite de $40 \mu\text{g/m}^3$ en moyenne annuelle définie pour ce polluant. Il est ainsi très probable que ce critère réglementaire ne soit pas respecté en bordure d'autoroute.

Des dépassements du seuil d'information et de recommandation ($200 \mu\text{g/m}^3$ en moyenne horaire) sont régulièrement relevés sur les stations de référence de l'agglomération clermontoise, en situation hivernale de mauvaises conditions de dispersion (anticyclone persistant, absence de vent et inversion du gradient thermique vertical). Ce constat laisse craindre des dépassements chroniques de ce seuil en bordure d'autoroute. La seconde valeur limite, qui fixe à 18 le nombre maximal de dépassements annuellement autorisés, n'y est probablement pas respectée.

Aucun dépassement du seuil d'alerte de $400 \mu\text{g/m}^3$ en moyenne horaire n'a été observé dans l'agglomération clermontoise depuis plus d'une quinzaine d'années. En bordure d'autoroute, une telle valeur ne pourrait être atteinte qu'en situation de dispersion extrêmement défavorable. En revanche, le respect du second seuil de déclenchement du dispositif préfectoral d'alerte, qui suppose la persistance de niveaux supérieurs à $200 \mu\text{g/m}^3$ en moyenne horaire pendant plusieurs jours consécutifs, n'est pas assuré.

Particules en suspension

L'exposition aux particules en suspension en bordure d'autoroute est comparable à celle relevée sur les sites clermontois, où les deux valeurs limites ($40 \mu\text{g/m}^3$ en moyenne annuelle, 35 dépassements de $50 \mu\text{g/m}^3$ en moyenne journalière) sont habituellement respectées. Ce résultat laisse présumer du respect de ce critère dans la zone d'étude.

En cas d'épisode de pollution particulaire, des dépassements du seuil d'information et de recommandation ($50 \mu\text{g/m}^3$ en moyenne sur 24 heures), et dans une moindre mesure du seuil d'alerte ($80 \mu\text{g/m}^3$ en moyenne sur 24 heures), peuvent concerner l'ensemble des stations clermontoises, en site urbain ou de proximité automobile. Ainsi, des dépassements ponctuels de ces seuils sont très probables dans la zone d'étude.

Benzène

Les concentrations moyennes en benzène mesurées avec le laboratoire mobile sont faibles, voisines de la moitié des valeurs relevées à l'Esplanade de la gare. Dans ces conditions, 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, définis pour ce polluant, sont très probablement respectés.

Métaux lourds et benzo(a)pyrène

Les concentrations moyennes en arsenic, cadmium, nickel et benzo(a)pyrène mesurées sur le site A10 sont 10 à 20 fois inférieures aux valeurs cibles réglementaires. La concentration moyenne en plomb est voisine de $10 \text{ ng}/\text{m}^3$, ce qui représente $1/25^{\text{ème}}$ de l'objectif de qualité et $1/50^{\text{ème}}$ de la valeur limite. Un large respect de ces différents critères semble donc assuré.

Conclusions et perspectives

Les mesures de dioxyde d'azote, de particules en suspension et de benzène mises en œuvre du 21 février au 4 avril 2011 ont permis la caractérisation de la qualité de l'air en bordure de l'autoroute A71 à la traversée de l'agglomération clermontoise.

Les relevés réalisés confirment les résultats obtenus lors des précédentes campagnes de mesure conduites en 2008 et 2009 :

- L'environnement proche des voies de circulation est soumis à une forte exposition à la pollution azotée, directement liée aux émissions des véhicules sur l'autoroute, qui entraîne un risque élevé de dépassement des critères réglementaires définis pour le dioxyde d'azote. La décroissance des concentrations est cependant très rapide lorsque l'on s'éloigne de l'axe routier, dont la zone d'influence se limite à 50 à 100 m de large de part et d'autre des voies de circulation ;
- Les niveaux de pollution particulaire en bordure d'autoroute sont comparables à ceux observés dans l'agglomération clermontoise, ce qui laisse présumer du respect des deux valeurs limites relatives aux particules PM10. En revanche, les seuils d'information et d'alerte concernant ce polluant peuvent être ponctuellement dépassés en situation d'épisode de pollution ;
- Les différents seuils réglementaires définis pour le benzène sont très probablement respectés dans la zone d'étude.

Les mesures par prélèvement de métaux lourds et de benzo(a)pyrène en bordure d'autoroute traduisent l'absence d'impact significatif de l'axe routier. Les faibles à très faibles teneurs observées laissent présager du large respect des critères réglementaires relatifs à ces polluants.

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 et peut conduire ainsi à des pics de pollution. À 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). À 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

La réglementation française sur la qualité de l'air ambiant, qui résulte essentiellement de la transposition du droit européen en la matière (directives 2004/107/CE et 2008/50/CE), fait l'objet de l'article R221-1 du Code de l'environnement. Les critères nationaux de qualité de l'air, fixés pour chacune des substances réglementées, ont deux principaux objectifs :

- d'une part de caractériser les teneurs moyenne et maximale en polluants atmosphériques sur la base de paramètres statistiques généralement calculés sur une année civile (valeurs limites, valeurs cibles et objectifs de qualité),
- d'autre part de définir les moyennes horaires ou sur 24 heures au-delà desquelles sont mises en œuvre les procédures d'information de la population (seuils d'information et de recommandation) ou les mesures d'urgence (seuils d'alerte) en cas de pointe de pollution.

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 nationaux de la qualité de l'air

Dioxyde d'azote

critère	paramètre statistique	valeur applicable	remarque
Valeurs limites pour la protection de la santé humaine	moyenne annuelle	40 µg/m ³	
	moyenne horaire	200 µg/m ³	à ne pas dépasser plus de 18 fois par an
Objectif de qualité	moyenne annuelle	40 µg/m ³	
Seuil d'information et de recommandation	moyenne horaire	200 µg/m ³	
Seuil d'alerte	moyenne horaire	400 µg/m ³	200 µg/m ³ en cas de persistance d'un épisode de pollution

Particules en suspension (PM₁₀)

critère	paramètre statistique	valeur applicable	remarque
Valeurs limites pour la protection de la santé	moyenne annuelle	40 µg/m ³	
	moyenne journalière	50 µg/m ³	à ne pas dépasser plus de 35 fois par an
Objectif de qualité	moyenne annuelle	30 µg/m ³	
Seuil d'information et de recommandation	moyenne journalière	50 µg/m ³	
Seuil d'alerte	moyenne journalière	80 µg/m ³	

Benzène

critère	paramètre statistique	valeur applicable	remarque
Valeur limite pour la protection de la santé humaine	moyenne annuelle	5 µg/m ³	
Objectif de qualité	moyenne annuelle	2 µg/m ³	

Plomb

critère	paramètre statistique	valeur applicable	remarque
Valeur limite	moyenne annuelle	0,50 µg/m ³	fraction PM ₁₀ des particules
Objectif de qualité	moyenne annuelle	0,25 µg/m ³	fraction PM ₁₀ des particules

Métaux lourds et Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

polluant	critère	paramètre statistique	valeur applicable	remarque
Arsenic	Valeur cible	moyenne annuelle	6 ng/m ³	fraction PM ₁₀ des particules
Cadmium	Valeur cible	moyenne annuelle	5 ng/m ³	fraction PM ₁₀ des particules
Nickel	Valeur cible	moyenne annuelle	20 ng/m ³	fraction PM ₁₀ des particules
Benzo(a)pyrène	Valeur cible	moyenne annuelle	1 ng/m ³	fraction PM ₁₀ des particules

Annexe 3 : Résultats détaillés des mesures par échantillonnage passif

Dioxyde d'azote

site	type	référence échantillonneur	[NO ₂] en µg/m ³	
			série 1	série 2
A1	bordure d'autoroute A71	A1	48	46
A2	bordure d'autoroute A71	A2	70	73
A3	bordure d'autoroute A71	A3	64	53
A4	bordure d'autoroute A71	A4	61	63
A5	bordure d'autoroute A71	A5	61	48
A7	bordure d'autoroute A71	A7	57	57
A8	bordure d'autoroute A71	A8	83	91
A9	bordure d'autoroute A71	A9	72	54
A10	bordure d'autoroute A71	A10 - CA	71	59
A10	bordure d'autoroute A71	A10 - CB	69	59
A11	bordure d'autoroute A71	A11	68	50
A12	bordure d'autoroute A71	A12 - CA	77	75
A12	bordure d'autoroute A71	A12 - CB	70	77
A13	bordure d'autoroute A71	A13	74	67
S1	population sensible	S1	31	30
S2	population sensible	S2	28	nd
S3	population sensible	S3	29	26
S4	population sensible	S4	32	32
R1	route impactée	R1	36	39
R2	route impactée	R2	48	53
R3	route impactée	R3	35	31
R4	route impactée	R4	48	42
B1	transect Est Bédât	B1	85	69
B3	transect Est Bédât	B3	55	44
B5	transect Est Bédât	B5	27	nd
B6	transect Est Bédât	B6	36	29
B7	transect Est Bédât	B7	32	26
B9	transect Est Bédât	B9	26	21
P1	transect Est PrésClos	P1	75	61
P3	transect Est PrésClos	P3	55	42
P5	transect Est PrésClos	P5	37	34
P6	transect Est PrésClos	P6	34	27
P7	transect Est PrésClos	P7	30	25
P9	transect Est PrésClos	P9	27	22
P11	transect Est PrésClos	P11	24	21
O1	transect Ouest	O1	85	89
O3	transect Ouest	O3	64	65
O5	transect Ouest	O5	63	78
O6	transect Ouest	O6	39	45
O7	transect Ouest	O7	34	34
O9	transect Ouest	O9	34	24

La mention « nd » correspond aux valeurs indisponibles (échantillonneur dérobé, présence d'insecte...).

Benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes

site	type	référence échantillonneur		concentration en µg/m ³									
				benzène		toluène		éthylbenzène		(m+p)-xylène		o-xylène	
		série 1	série 2	série 1	série 2	série 1	série 2	série 1	série 2	série 1	série 2	série 1	série 2
A1	bordure d'autoroute A71	G0096	G0045	1,4	0,8	1,0	1,0	0,2	0,2	0,5	0,5	0,2	0,2
A10	bordure d'autoroute A71	G0097	G0034	1,7	0,9	2,1	1,4	0,4	0,3	1,1	0,8	0,5	0,3
A10	bordure d'autoroute A71	G0022	G0052	1,6	0,9	2,0	1,5	0,4	0,3	1,1	0,9	0,4	0,4
A11	bordure d'autoroute A71	G0053	G0006	1,7	0,9	2,0	1,4	0,4	0,3	1,1	0,8	0,4	0,3
A12	bordure d'autoroute A71	G0067	G0009	1,6	0,9	2,0	1,5	0,4	0,3	1,1	0,8	0,5	0,3
A13	bordure d'autoroute A71	G0005	G0043	1,6	0,8	2,0	1,5	0,4	0,3	1,1	0,8	0,4	0,3
S1	population sensible	G0011	G0040	1,9	1,2	2,6	2,7	0,5	0,5	1,7	1,8	0,7	0,7
S2	population sensible	G0086	G0079	2,2	1,1	3,4	3,3	0,6	0,7	2,1	2,7	0,7	0,8
S3	population sensible	G0080	G0082	2,0	1,1	2,8	2,1	0,5	0,4	1,7	1,3	0,7	0,5
S4	population sensible	G0092	G0056	1,6	0,8	6,6	6,4	0,8	0,8	2,4	2,6	0,9	0,9
R1	route impactée	G0001	G0038	2,1	1,0	2,5	2,4	0,4	0,5	1,3	1,5	0,5	0,6
R4	route impactée	G0016	G0002	1,6	0,8	2,5	1,7	0,4	0,3	1,3	1,1	0,5	0,4
B1	transect Est Bédât	G0013	G0003	1,7	0,9	1,6	1,5	0,3	0,3	0,8	0,9	0,3	0,3
B6	transect Est Bédât	G0033	nd	1,6	nd	1,5	nd	0,3	nd	0,7	nd	0,3	nd
B8	transect Est Bédât	G0073	G0094	1,4	0,8	1,2	1,1	0,2	0,2	0,6	0,6	0,3	0,2
P1	transect Est PrésClos	G0014	G0019	1,9	0,9	2,3	1,8	0,4	0,3	1,1	1,1	0,4	0,4
P6	transect Est PrésClos	G0064	G0074	1,7	0,9	1,9	1,6	0,3	0,3	0,8	0,9	0,3	0,4
P8	transect Est PrésClos	G0007	G0044	1,6	0,9	1,6	1,4	0,3	0,3	0,8	0,8	0,3	0,3
O1	transect Ouest	G0046	G0059	1,8	0,9	2,3	1,7	0,4	0,3	1,1	1,0	0,5	0,4
O6	transect Ouest	G0010	G0029	1,7	0,8	2,3	1,6	0,4	0,3	1,2	1,0	0,5	0,4
O8	transect Ouest	G0048	G0065	1,6	0,8	2,2	1,4	0,4	0,3	1,1	0,8	0,4	0,3

La mention « nd » correspond aux valeurs indisponibles (échantillonneur dérobé, présence d'insecte...).

Annexe 4 : Résultats détaillés des mesures par prélèvements

Métaux lourds et benzo(a)pyrène

élément	concentration en ng/m ³			
	série 1a 21/02 -27/02/11	série 1b 28/02 - 06/03/11	série 2a 21/03 - 27/03/11	série 2b 28/03 - 03/04/11
Cadmium (Cd)	< 0,15	0,40	< 0,17	< 0,15
Arsenic (As)	0,5	1,3	0,5	0,4
Nickel (Ni)	2,1	2,7	2,1	1,5
Plomb (Pb)	6,9	16,8	9,2	3,4
Chrome (Cr)	4,7	13,5	5,1	3,9
Cuivre (Cu)	40,3	55,4	49,4	36,3
Zinc (Zn)	41,4	79,6	135,7	47,2
benzo(a)pyrène	0,05	0,05	0,05	0,04