



évaluation de la qualité de l'air

en proximité automobile
Cours de la Résistance à Laval
Rue Jean Jaurès à Rezé

2011 - 2012

mars 2013



sommaire

synthèse	1
introduction	7
le dispositif mis en œuvre	8
deux sites de mesure.....	8
des mesures de dioxyde d'azote, de monoxyde de carbone, de particules PM10 et de benzène en continu.....	9
des mesures hebdomadaires de benzène par tubes à diffusion passive.....	10
taux de fonctionnement.....	11
les résultats	12
1. les indices de qualité de l'air.....	13
2. situation des niveaux de pollution par rapport à la réglementation	15
conclusions et perspectives	30
annexes	31
annexe 1 : Air Pays de la Loire	32
annexe 2 : techniques d'évaluation.....	33
annexe 3 : types des sites de mesure.....	35
annexe 4 : polluants	36
annexe 5 : sources des émissions de polluants à Rezé et Laval	38
annexe 6 : évolution temporelle des niveaux de pollution	40
annexe 7 : représentativité des niveaux de pollution	44
annexe 8 : seuils de qualité de l'air 2011.....	46
annexe 9 : seuils de qualité de l'air 2012	47
bibliographie	48
glossaire	49
abréviations	49
définitions.....	49

contributions

Coordination de l'étude : François Ducroz, Rédaction et exploitation statistique : Laurence Böhm & Alexandre Algoët, Mise en page : Béragère Poussin, Exploitation du matériel de mesure : Arnaud Tricoire & équipe métrologie opérationnelle, Photographies : Arnaud Tricoire, Validation : François Ducroz & Arnaud rebours

conditions de diffusion

Air Pays de la Loire est l'organisme agréé pour assurer la surveillance de la qualité de l'air dans la région des pays de la Loire, au titre de l'article L. 221-3 du code de l'environnement, précisé par l'arrêté du 3 août 2010 pris par le Ministère chargé de l'Écologie.

A ce titre et compte tenu de ses statuts, Air Pays de la Loire est garant de la transparence de l'information sur les résultats des mesures et les rapports d'études produits selon les règles suivantes :

Air Pays de la Loire, réserve un droit d'accès au public aux résultats des mesures recueillies et rapports produits dans le cadre de commandes passées par des tiers. Ces derniers en sont destinataires préalablement.

Air Pays de la Loire a la faculté de les diffuser selon les modalités de son choix : document papier, communiqué, résumé dans ses publications, mise en ligne sur son site Internet www.airpl.org, etc...

Air Pays de la Loire ne peut en aucune façon être tenu responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses ou de toute œuvre utilisant ses mesures et ses rapports d'études pour lesquels Air Pays de la Loire n'aura pas donné d'accord préalable.

remerciements

Nous remercions Madame Thierry de la ville de Laval et Monsieur Weiz de Nantes Métropole pour leur collaboration à la mise en œuvre de ces campagnes de mesure en proximité automobile.

synthèse

contexte → surveillance de la qualité de l'air à proximité des voies de circulation

Dans le cadre de son programme de surveillance de la qualité de l'air (PSQA), Air Pays de la Loire met en œuvre, depuis 2005, en complément des mesures fixes, un suivi annuel de la qualité de l'air de manière cyclique en situation de proximité automobile dans les agglomérations d'Angers, Le Mans, La Roche-sur-Yon, Laval et Cholet. L'agglomération de Nantes dispose d'une station de mesure fixe située boulevard Victor Hugo en fonctionnement depuis 1990.

Compte tenu de l'historique de surveillance dans ces agglomérations, avec notamment des mesures en proximité automobile en 2010 au Mans, en 2009 à la Roche-sur-Yon, en 2006 à Cholet, le choix s'est porté sur l'agglomération de Laval et la ville de Rezé en 2011 et 2012, en concertation avec les collectivités concernées.

Le choix des sites de mesure dans ces agglomérations repose sur les critères suivants :

- **le Cours de la Résistance** (rue Saint Louis) à Laval est un des principaux axes permettant l'accès au centre-ville de Laval ;
- **la rue Jean Jaurès** (croisement rue des Forges) à Rezé constitue un axe de circulation permettant un accès au centre-ville de Nantes pour la population venant du sud de l'agglomération.

objectifs → évaluer la qualité de l'air de deux sites en proximité automobile

L'objectif de cette étude est d'évaluer la qualité de l'air au niveau du **Cours de la Résistance à Laval et rue Jean Jaurès à Rezé** durant l'année 2011 au regard des normes en vigueur, et d'étudier l'évolution temporelle des niveaux de polluants dans l'air. Au niveau du Cours de la Résistance à Laval, la surveillance s'est poursuivie durant l'année 2012 afin de confirmer les résultats de l'année 2011 et notamment le dépassement de la valeur limite annuelle de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le dioxyde d'azote.

Cette étude d'évaluation de la qualité de l'air en proximité automobile vient par ailleurs compléter le suivi permanent effectué boulevard Victor Hugo à Nantes.

moyens → deux sites de mesure instrumentés

Cours de la Résistance à Laval

Du 18 janvier 2011 au 31 décembre 2012, un laboratoire mobile équipé d'analyseurs d'oxydes d'azote, de monoxyde de carbone, de particules PM₁₀ et de BTEX, a été installé en bordure du Cours de la Résistance à Laval conformément aux préconisations de la directive européenne 2008/50/CE (annexe 3).



Rue Jean Jaurès à Rezé

Du 1^{er} février 2011 au 17 novembre 2011, un laboratoire mobile instrumenté d'analyseurs d'oxydes d'azote, de monoxyde de carbone et de particules PM₁₀ a été positionné rue Jean Jaurès à Rezé, selon les préconisations de la directive européenne 2008/50/CE (annexe 3).

Des prélèvements de benzène par tubes à diffusion passive, ont également été effectués sur site, lors de 4 séquences de mesure de 5 semaines chacune, réparties au cours de l'année.



résultats situation des niveaux par rapport à la réglementation

Ce rapport présente les niveaux de pollution en dioxyde d'azote, monoxyde de carbone, particules PM10 et benzène enregistrés Cours de la Résistance à Laval du 18 janvier 2011 au 31 décembre 2012 et rue Jean Jaurès à Rezé du 2 février 2011 au 17 novembre 2011.

Le tableau ci-dessous présente la situation des niveaux des polluants mesurés sur les deux sites par rapport aux seuils réglementaires : valeurs limites et objectifs de qualité, indicateurs statistiques calculés à l'échelle annuelle, seuils d'alerte et de recommandation-information évalués au niveau horaire.

	année	valeurs limites	seuils d'alerte	seuils d'information	objectifs de qualité
Rue Jean Jaurès - Rezé	2011			particules fines PM10	
Cours de la Résistance - Laval	2011	dioxyde d'azote		dioxyde d'azote particules fines PM10	dioxyde d'azote particules fines PM10
	2012	dioxyde d'azote		particules fines PM10	dioxyde d'azote

Situation par rapport aux seuils réglementaires de qualité de l'air Cours de la Résistance à Laval et rue Jean Jaurès à Rezé durant la campagne de mesure (détail p.27)

- pas de dépassement ;
- dépassement de l'objectif de qualité ;
- dépassement du seuil de recommandation et d'information ;
- dépassement de la valeur limite.

Le tableau ci-dessus fait apparaître sur le Cours de la Résistance à Laval :

- un dépassement de la valeur limite annuelle de 40 µg/m³ pour le dioxyde d'azote en 2011 et 2012 (moyenne annuelle respective de 45 µg/m³ et 41 µg/m³) ;
- un dépassement du seuil de recommandation et d'information de 200 µg/m³ pour le NO₂ en 2011, sans que les conditions de déclenchement de la procédure d'information soient réunies (absence de dépassement sur le site urbain de fond localisé rue Mazagran). Cette situation ne s'est pas reproduite en 2012 ;

Sur les deux sites de mesure, des dépassements du seuil de recommandation et d'information pour les particules fines PM10 ont été enregistrés :

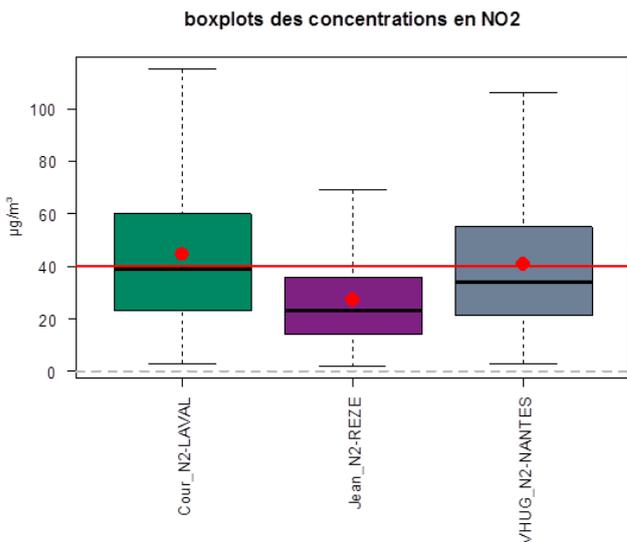
- 4 fois en 2011, lors des deux épisodes de pollution non spécifiques à Laval ou Rezé mais généralisés à l'ensemble de la région des Pays de la Loire ;
- 29 fois en 2012, en lien avec une baisse au 1^{er} janvier du seuil de recommandation et d'information de 80 µg/m³ à 50 µg/m³ (décret 2010-1250). Ces épisodes sont également liés à des conditions générales de la pollution particulaire ;

En 2011, pour les particules fines PM10, un dépassement de l'objectif de qualité de 30 µg/m³ (moyenne annuelle) a également été enregistré.

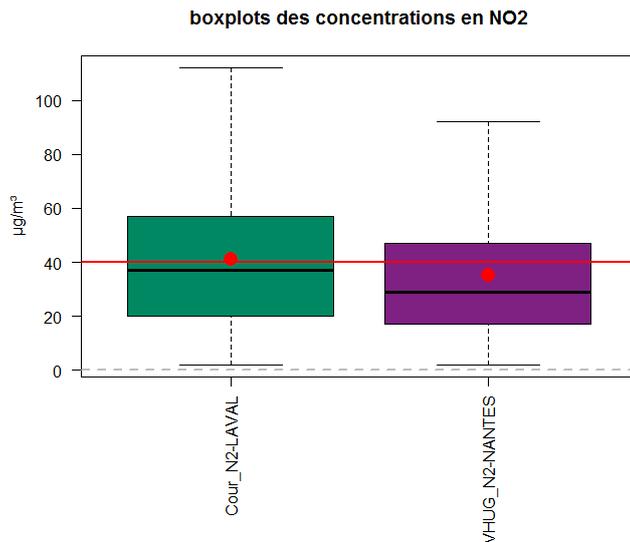
Les seuils réglementaires pour le monoxyde de carbone et pour le benzène ont été respectés sur les deux voies de circulation.

résultats → la pollution par le dioxyde d'azote, une problématique caractéristique des sites de trafic

Avec une moyenne annuelle de 45 µg/m³ en 2011 et 41 µg/m³ en 2012, la valeur limite annuelle de 40 µg/m³ pour le dioxyde d'azote a été dépassée sur le site de mesure situé Cours de la Résistance à Laval. Ce seuil a été également été franchi en 2011 sur le site permanent de trafic situé boulevard Victor Hugo à Nantes (41 µg/m³ en moyenne annuelle). Ce type de pollution par le dioxyde d'azote est caractéristique des voies à forte circulation et/ou bordées de bâtiments qui réduisent la dispersion des polluants.

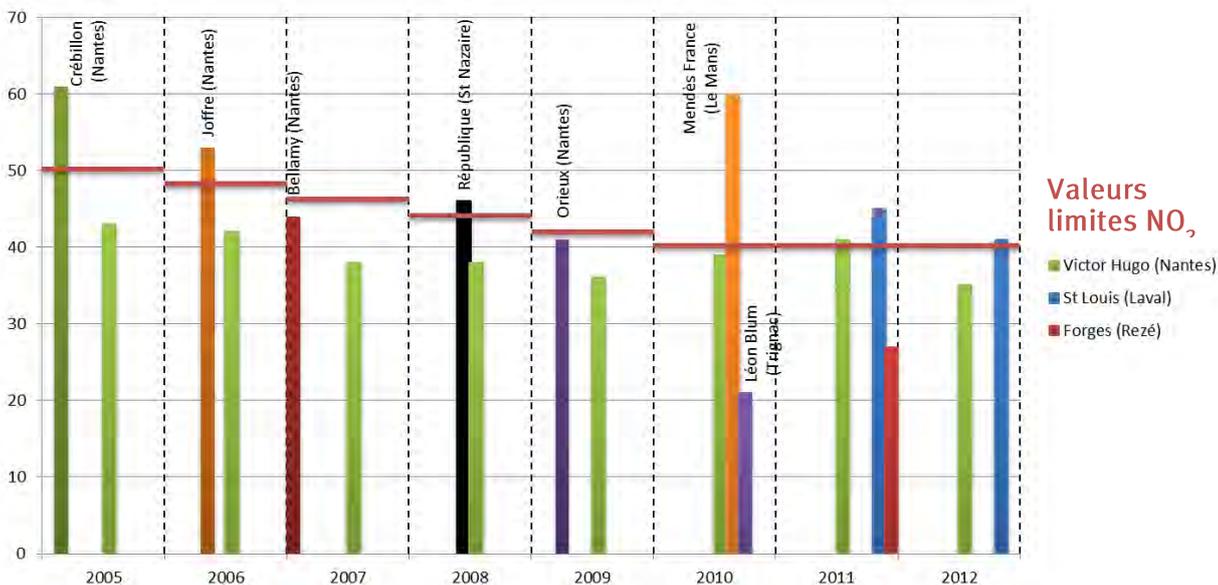


distribution des données de dioxyde d'azote mesurées Cours de la Résistance à Laval et rue Jean Jaurès à Rezé en 2011
[• moyenne - • médiane]



distribution des données de dioxyde d'azote mesurées Cours de la Résistance à Laval en 2012
[• moyenne - • médiane]

Des dépassements de la valeur limite fixée à 40 µg/m³ pour le dioxyde d'azote ont déjà été observés sur certains sites de proximité automobile dans la région : rue Crébillon (Nantes) en 2005, rue du Maréchal Joffre (Nantes) en 2006, avenue de la République (Saint-Nazaire) en 2008 à et avenue Mendès-France (Le Mans) en 2010. A l'inverse, en 2011, le niveau moyen enregistré rue Jean Jaurès de 27 µg/m³ est inférieur d'un facteur 1,5 à la valeur limite de 40 µg/m³, mais également supérieur d'un facteur 1,5 à la moyenne annuelle de 17 µg/m³ mesurée sur le site urbain du cimetière de la Bouteillerie, à Nantes.



moyennes annuelles des sites de proximité automobile en Pays de Loire enregistrés depuis 2005 par rapport à la valeur limite annuelle

Ces dépassements de la valeur limite enregistrés depuis 2005 sont à rapprocher du trafic journalier (TMJA) et du rapport H/L (hauteur du bâti/ largeur de la voie de circulation), indicateur de la configuration de la voie de circulation. Plus la voie est encaissée (rue Crébillon, rue Joffre à Nantes, avenue Mendès France à Angers), moins la dispersion des polluants est favorisée et plus la voie est fréquentée, plus les émissions de polluants sont importantes (Bd Victor Hugo à Nantes).

Les voies de circulation à Laval et Rezé sont relativement aérées¹ (rapport H/L respectifs de 0,4 et 0,6) et moins fréquentées (Trafic Moyen Journalier Annuel TMJA de 14 000 Cours de la Résistance-Laval et 11 000 rue Jean Jaurès-Rezé) que le boulevard Victor Hugo (TMJA de 28 775).

Le niveau important de pollution par le dioxyde d'azote enregistré Cours de la Résistance à Laval est davantage liée à son aménagement, à savoir la présence d'un feu tricolore, induisant des sur-émissions de polluants au démarrage des véhicules et dans une moindre mesure à la présence d'arbres couvrant la voie, freinant probablement la dispersion des polluants.

Le seuil de recommandation-information de 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (moyenne horaire glissante) a été atteint sur le site du Cours de la Résistance à Laval le 30 septembre 2011. Toutefois ce dépassement n'a pas conduit à un déclenchement de procédure d'information car les niveaux de dioxyde d'azote sont restés en dessous du seuil sur le site urbain situé rue de Mazagran à Laval. Cette situation n'est pas isolée puisque la majorité des sites de proximité de circulation investiguées depuis 2000 ont connu de tels dépassements plus ou moins fréquemment selon les sites de mesure.

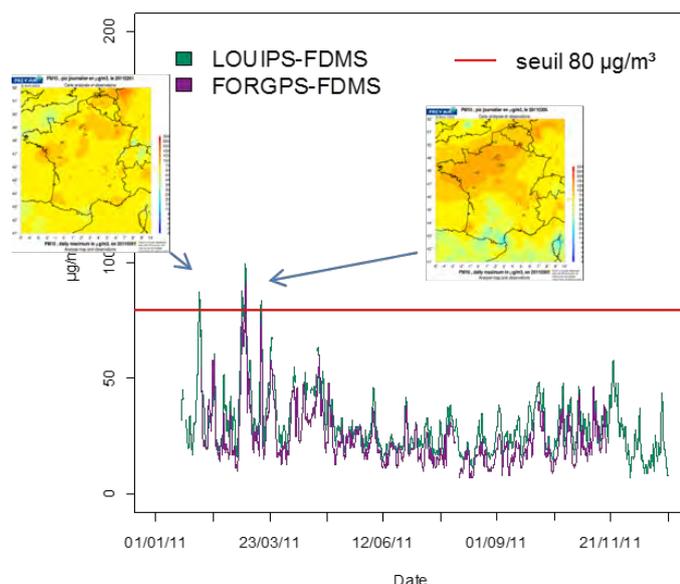
¹ une voie de circulation est dite encaissée pour un rapport H/L supérieur ou égal à 0,7

pour les autres polluants, des dépassements du seuil d'information et de l'objectif de qualité pour les poussières fines PM10

En 2011, pour les deux sites, on enregistre quatre dépassements du seuil d'information pour les particules fines PM10, lors de deux épisodes de pollution qui ont concerné l'ensemble de la région :

- sur l'agglomération nantaise, quatre procédures d'information ont été déclenchées aux dates suivantes : 31 janvier (max 89 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 1^{er} février (max 101 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 5 mars (max 97 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et 6 mars (max 107 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ;
- Sur l'agglomération de Laval : quatre journées ont été concernées : le 1^{er} février (max 88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ainsi que les 3 (max 81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 5 (max 81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et 6 mars (max 94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

évolution temporelle des moyennes 24-horaires PM10

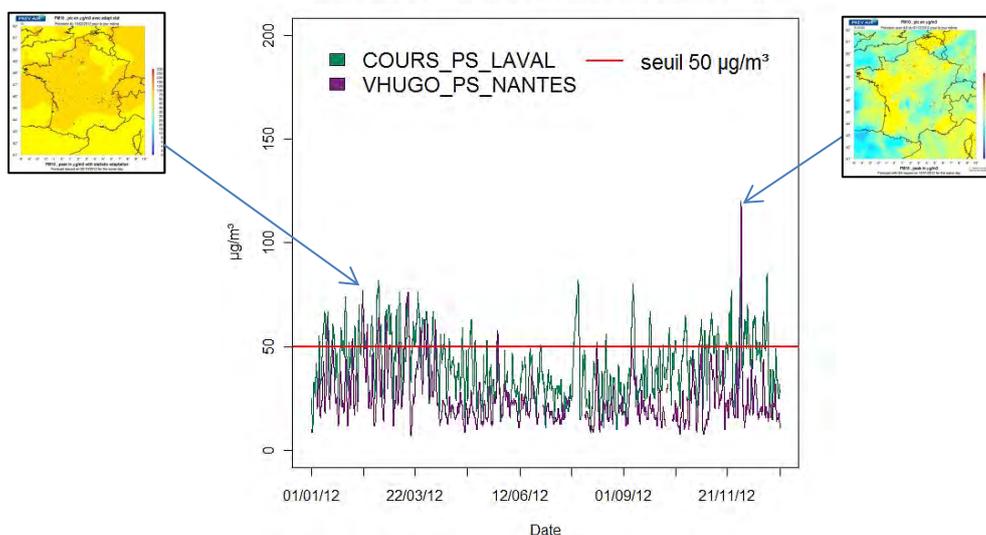


Évolution temporelle des niveaux de poussières fines PM10 en 2011 avec les épisodes de pollution généralisés sur la France

En 2011, sur le site du Cours de la Résistance à Laval, l'objectif de qualité de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (moyenne annuelle) pour les particules fines PM10 a été atteint.

En 2012, l'objectif de qualité a été respecté (moyenne annuelle de 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Toutefois, cette même année, plusieurs épisodes de pollution par les particules fines ont concerné une grande partie de la région, de janvier à mars, avec pour conséquence 29 procédures de recommandation et d'information. Ces dépassements du seuil d'information sont à mettre en relation avec une sévèrisation de la réglementation et un abaissement des seuils associés.

évolution temporelle des moyennes 24-horaires PM10



Évolution temporelle des niveaux de poussières fines PM10 en 2012 avec les épisodes de pollution généralisés sur la France

Les seuils réglementaires pour le monoxyde de carbone et pour le benzène ont été respectés sur les deux voies de circulation.

bilan et perspectives ➔ mise en place d'un second site de trafic permanent à Angers

Le suivi annuel en 2011 et 2012 des niveaux de pollution sur les sites du Cours de la Résistance à Laval et de la rue Jean Jaurès à Rezé permet de tirer la conclusion principale suivante : la valeur limite annuelle de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le dioxyde d'azote a été dépassée sur le site du Cours de la Résistance à Laval durant les 2 années, avec une concentration moyenne annuelle de $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mesurée en 2011 et de $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2012.

Ce dépassement n'est pas spécifique à Laval et au site choisi mais s'observe dans d'autres rues de zones urbaines des Pays de la Loire et ailleurs en France.

Il convient de noter que la qualité de l'air moyenne mesurée dans le centre-ville de Laval sur le site urbain de Mazagran reste favorable, en dehors d'épisodes généralisés de pollution. A Rezé, les niveaux de polluants atmosphériques évalués rue Jean Jaurès font état de niveaux très modérés, dépassant à peine le niveau de fond urbain.

Cette étude finalise le programme cyclique de surveillance à proximité de voies de circulation des Pays de la Loire dont la finalité est la mise en place dans la région, d'un second site de mesure permanent en bordure de voies de circulation, en complément de la surveillance réalisée boulevard Victor Hugo à Nantes. Afin d'être conforme aux préconisations nationales relatives à la répartition spatiale des sites de mesure à l'échelle régionale, une étude est en cours dans l'agglomération angevine (seconde agglomération des Pays de la Loire).

introduction

La Directive Européenne 2008/50/CE (annexe 3) relative à l'air ambiant indique que la surveillance doit permettre de fournir des renseignements sur le niveau d'exposition de la population générale mais également dans les endroits où s'observent les plus fortes concentrations auxquelles la population est exposée pendant une période significative.

Dans le cadre du programme de surveillance de la qualité de l'air, Air Pays de la Loire met en œuvre, depuis 2005, en complément des mesures fixes, un suivi annuel de la qualité de l'air en situation de proximité automobile de manière cyclique dans les principales agglomérations de la Région [1][2][3][4][5][6].

L'agglomération de Nantes dispose d'une station de mesure fixe située boulevard Victor Hugo en fonctionnement depuis 1990.

Compte tenu de l'historique de surveillance dans ces agglomérations, avec notamment des mesures en proximité automobile en 2010 au Mans, en 2009 à la Roche-sur-Yon, en 2006 à Cholet, le choix s'est porté sur la commune **de Rezé, dans l'agglomération nantaise, en 2011**, et celle de **Laval en 2011 et 2012**, en concertation avec les collectivités concernées.

Le choix des sites de mesure dans ces agglomérations repose sur les critères suivants :

- **le Cours de la Résistance** (rue St Louis) à Laval est un des principaux axes permettant l'accès au centre-ville de Laval ;
- **la rue Jean Jaurès** (croisement rue des Forges) à Rezé constitue un axe de circulation permettant un accès au centre-ville de Nantes pour la population venant du sud de l'agglomération.

Ce rapport présente les niveaux de pollution en dioxyde d'azote, monoxyde de carbone, particules PM10 et benzène enregistrés Cours de la Résistance à Laval **du 18 janvier 2011 au 31 décembre 2012**, et rue Jean Jaurès **du 1^{er} février 2011 au 17 novembre 2011**.

Le dépassement de la valeur limite concernant la moyenne annuelle en dioxyde d'azote a conditionné la poursuite de la campagne de mesures Cours de la Résistance à Laval durant l'année 2012.

le dispositif mis en œuvre

deux sites de mesure

rue Jean Jaurès à Rezé

Le suivi annuel a été réalisé rue Jean Jaurès à Rezé dans le Sud de l’agglomération car cette partie de l’agglomération nantaise n’a pas encore fait l’objet d’une surveillance en proximité routière. Avec 11 000 véhicules/jour, cette rue présente une configuration semi canyon (rapport H/L de 0,6).

Du 1^{er} février 2011 au 17 novembre 2011, un laboratoire mobile pourvu d’analyseurs d’oxydes d’azote, de monoxyde de carbone et de particules PM10 a été installé rue Jean Jaurès (croisement rue des Forges).

Des prélèvements de benzène par tubes à diffusion passive, ont également été effectués sur site, lors de 4 séquences de mesure de 5 semaines chacune, réparties au cours de l’année.



Figure 1 : localisation du site de mesure, rue Jean Jaurès (croisement rue des Forges) à Rezé

Cours de la Résistance à Laval

Après une étude environnementale et technique, la surveillance de la qualité de l’air a été décidée au niveau du Cours de la Résistance à Laval sur cet axe à circulation modérée (3 voies de circulation ; plus de 14 000 véhicules/jour).

Du 18 janvier 2011 au 31 décembre 2012, un laboratoire mobile équipé d’analyseurs d’oxydes d’azote, de monoxyde de carbone, de particules PM10 et de BTEX, a été installé en bordure du Cours de la Résistance (rue St Louis) à Laval conformément aux préconisations de la directive européenne 2008/50/CE.



Figure 2 : localisation du site de mesure, Cours de la Résistance (rue St Louis) à Laval

des mesures de dioxyde d’azote, de monoxyde de carbone, de particules PM10 et de benzène en continu

Les principaux polluants d’origine automobile ont été mesurés par analyseurs automatiques :

- les oxydes d’azote selon la norme NFX 43.018 ;
- le monoxyde de carbone selon la norme NFX 43.044 ;
- les particules fines de diamètre inférieur à 10 µm (PM10) utilisant la méthode TEOM (pesées à vibration de fréquence) ajustée à partir d’un module FDMS adapté sur les analyseurs existants et permettant de mesurer les niveaux de particules en temps réel dans leur globalité en tenant compte de la fraction volatile (essentiellement le nitrate d’ammonium) ;
- le benzène (sur le site du Cours de la résistance à Laval) selon la norme NF EN 14662-3.



Photos 1 et 2 : analyseurs de NO₂, CO (photo à gauche) et analyseur TEOM équipé d’un module additionnel FDMS mesurant les particules PM10 (photo à droite) installés dans le camion laboratoire

Le suivi du bon fonctionnement des analyseurs est réalisé périodiquement, notamment lors d’opérations de vérification ou d’étalonnage. Ces opérations peuvent être manuelles ou automatiques, réalisées sur site ou télécommandées.

Les opérations d’étalonnage sont effectuées avec des étalons de transfert raccordés au laboratoire d’étalonnage de niveau 2 d’Air Pays de la Loire (airpl.lab). Ce laboratoire est accrédité COFRAC 17025 dans le domaine " chimie et matériaux de référence – mélanges de gaz " depuis le 1^{er} août 2004².

² Accréditation n° 2-1705 - Portée disponible sur www.cofrac.fr

des mesures hebdomadaires de benzène par tubes à diffusion passive

Des mesures de benzène par tubes à diffusion passive ont été réalisées au niveau de la rue Jean Jaurès à Rezé (4 séquences de 5 semaines).

Cette méthode de prélèvement consiste à laisser diffuser le benzène de l'air extérieur à travers une membrane poreuse et à le piéger sur un adsorbant contenu dans un tube à diffusion. Le benzène est ainsi retenu et s'accumule sur la cartouche d'adsorbant. Dans le cadre de cette campagne, les tubes radiaux du type « Radiello® » ont été utilisés. Les performances de ces tubes ont été évaluées lors de différents tests de validation menés en chambre d'exposition [7], [8], [9] ainsi que lors de campagnes de mesure sur le terrain [10].

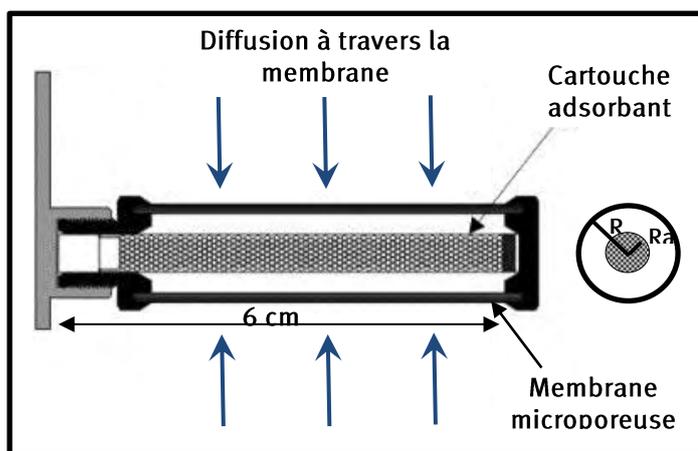


Photo 3: dispositif de mesure du benzène par tubes à diffusion passive fixé sur le laboratoire mobile

Dans le cadre de cette campagne, les tubes ont été exposés sur site durant 7 jours. La durée d'exposition ainsi que la température ambiante sont prises en considération pour la détermination des concentrations en benzène.

La cartouche exposée est ensuite envoyée en laboratoire d'analyse : les composés adsorbés y sont désorbés thermiquement puis analysés par chromatographie gazeuse avec détection FID [1].

taux de fonctionnement

mesures automatiques d’oxydes d’azote, de monoxyde de carbone, de particules PM10 et de benzène

Cette étude couvre respectivement 9 mois et demi (1^{er} février au 17 novembre 2011) rue Jean Jaurès à Rezé et 23 mois et demi (18 janvier 2011 au 31 décembre 2012) Cours de la Résistance à Laval.

Pour l’année 2011 les taux de fonctionnement des analyseurs varient entre 71% et 94% selon le polluant et le site de mesure. A Laval, hormis pour le benzène, ces taux sont conformes aux préconisations de la directive européenne 2008/50/CE (saisie minimale des données de 90 %). A Rezé, le taux de fonctionnement étant inférieur à 90%, une étude de la représentativité des niveaux de pollution a été réalisée en annexe 7.

En 2012, les taux de fonctionnement pour le NO₂, le CO et les PM₁₀ sont conformes aux préconisations de la directive européenne 2008/50/CE. Compte tenu de la faiblesse des teneurs en benzène enregistrées en 2011 Cours de la résistance, ces mesures n’ont pas été poursuivies en 2012. Les mesures de benzène enregistrées au niveau du Cours de la résistance à Laval en 2012 ne seront donc pas considérées dans la suite du document.

Année	Site de mesure	NO ₂	CO	PM ₁₀	C ₆ H ₆
2011	Cours de la Résistance à Laval	94,5%	92%	90,8%	72,3%
	Rue Jean Jaurès à Rezé	78%	71,4%	77%	-
2012	Cours de la Résistance à Laval	96,8%	92,6%	87,4%	-

Tableau 1 : taux de fonctionnement des appareils automatiques

mesures hebdomadaires de benzène

Les mesures de benzène par tubes à diffusion passive, réalisées rue Jean Jaurès, ont été fractionnées en 4 séquences de 5 semaines, soit 38 % du temps. Ces taux sont conformes aux préconisations de la directive européenne 2008/50/CE qui indique une période minimale de 14%, pour ce type de mesures indicatives.

les résultats

L'analyse suivante présente :

1. les indices de qualité de l'air à Nantes et Laval, pour les années 2011 et 2012 ;
2. la situation des niveaux de pollution sur les sites de trafic étudiés en 2011 et 2012 pour polluants :
 - le dioxyde d'azote NO₂ ;
 - les particules fines PM₁₀ ;
 - le monoxyde de carbone CO ;
 - le benzène C₆H₆.

1. les indices de qualité de l'air

L'indice de qualité de l'air caractérise de façon simple et globale la pollution atmosphérique de fond des zones urbanisées. Il est calculé et diffusé chaque jour par Air Pays de la Loire (mail, fax, Internet). Compris entre 1 (très bon) et 10 (très mauvais), il correspond au maximum de quatre sous-indices représentatifs d'un polluant de l'air : dioxyde de soufre (SO₂), dioxyde d'azote (NO₂), ozone (O₃) et particules fines (PM₁₀).

Nantes

En 2011, l'agglomération de Nantes a bénéficié de bons indices de qualité de l'air près de 74% des jours de l'année soit en légère diminution par rapport aux années précédentes (80% en 2010 et 84% en 2009).

La dégradation de la qualité de l'air des mois de janvier et mars, est liée à des épisodes de pollution par les particules fines PM₁₀. L'indice maximal de 8, synonyme d'un air de mauvaise qualité, a été atteint lors de deux journées pendant ce type d'épisode.

Les indices moyens à médiocres d'avril et mai sont dus à une augmentation des niveaux d'ozone en raison de l'ensoleillement durant ces mois plus chauds et ensoleillés que la normale. La fin d'année 2011 a été marquée par une très bonne qualité de l'air, novembre et décembre n'ayant présenté que de bons indices de qualité de l'air.

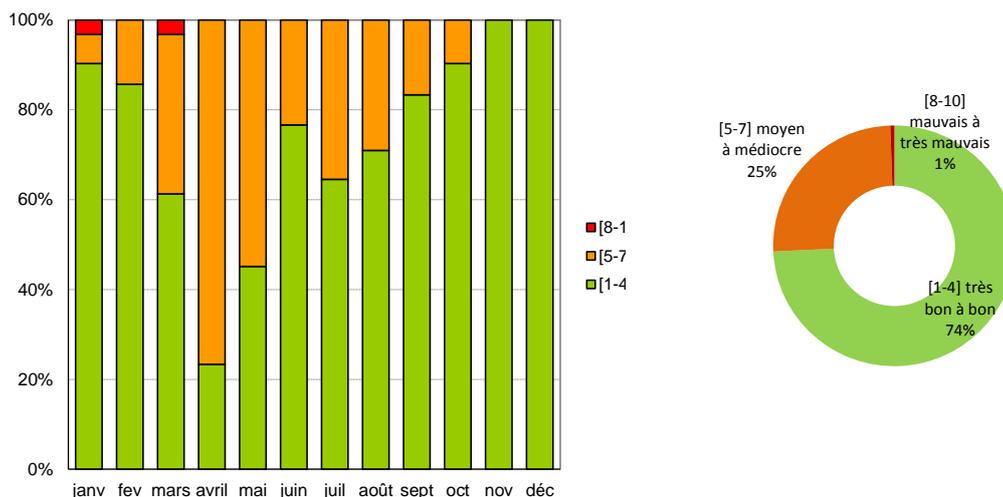


Figure 3 : distribution mensuelle des indices de qualité de l'air au cours de l'année 2011 à Nantes

Laval

L'agglomération de Laval a bénéficié en 2011 de bons indices de qualité de l'air près de 80% du temps, soit presque autant que l'année précédente (81% en 2010 et 87% en 2009).

L'indice de la qualité de l'air a été influencé par les épisodes de pollution par les particules fines en janvier et mars (indices 8), puis par les périodes de pollution par l'ozone en avril, mai et juillet.

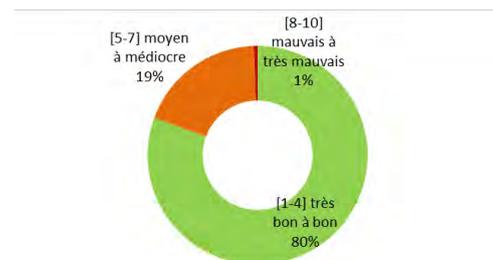
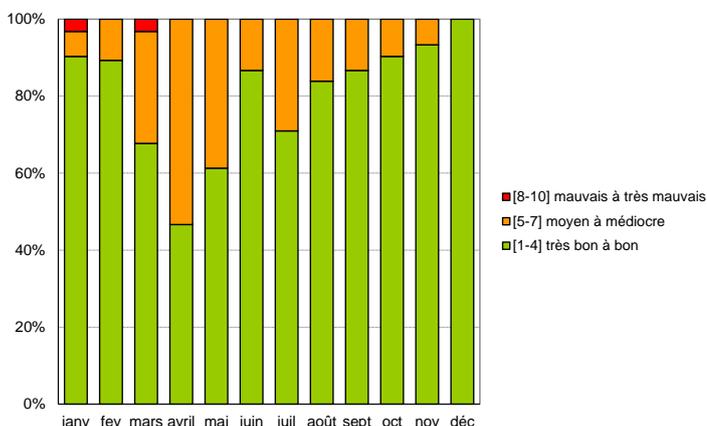


Figure 4 : distribution mensuelle des indices au cours de l'année 2011 à Laval

En 2012 le nombre de bons indices de qualité de l'air était en légère diminution, représentant près de 78% du temps, mais on observe avant tout une augmentation des indices de mauvaise qualité d'air (4%, contre 1 % en 2011 et 0% en 2010). Un nombre aussi important de mauvais indices n'avait d'ailleurs jamais été observé depuis 2001.

Cette dégradation de l'indice de qualité de l'air a été influencée par les épisodes de pollution par les particules fines PM10 de janvier à mars et par un abaissement du seuil de recommandation et d'information pour ces particules fines, à l'origine du calcul de l'indice de qualité de l'air.

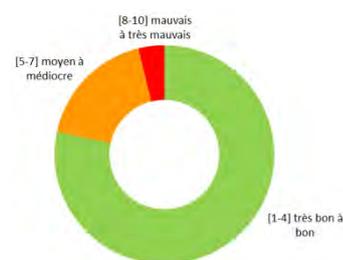
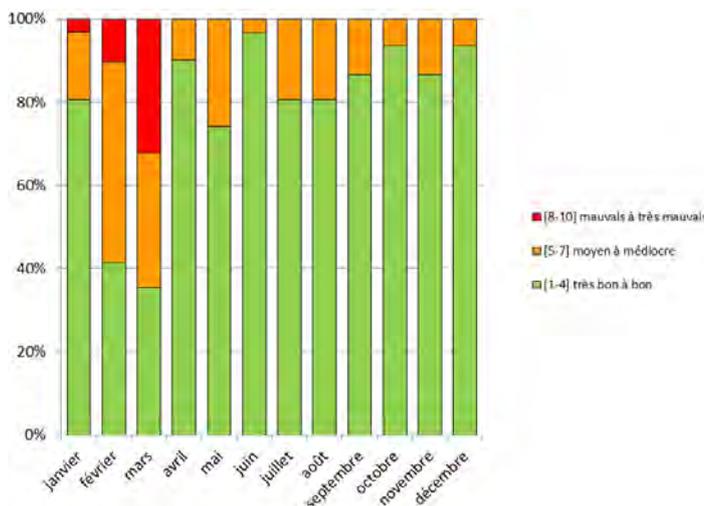


Figure 5 : distribution mensuelle des indices au cours de l'année 2012 à Laval

2. situation des niveaux de pollution par rapport à la réglementation

Une évaluation des niveaux de polluants et des dépassements des seuils réglementaires a été effectuée à partir des mesures réalisées sur les deux sites de trafic à Laval et Rezé.

La réglementation européenne définit 4 types de valeurs réglementaires : valeurs limites, seuil d’alerte, seuil d’information, objectifs de qualité, dont les définitions respectives sont mentionnées en fin d’annexes 8 et 9.

Les valeurs limites et les objectifs de qualité sont basés sur des éléments statistiques calculés sur l’année civile. Une comparaison stricte est permise pour les données dont le taux de fonctionnement atteint 90% (données Cours de la Résistance à Laval) et pour les données manuelles avec période minimale de 14%, (rue Jean Jaurès). Avec un taux de fonctionnement inférieur à 90% rue Jean Jaurès à Rezé, l’étude de représentativité des mesures automatiques à Rezé montre que la période de mesure du 1^{er} février au 17 novembre 2011 est considérée comme ayant une représentativité satisfaisante de la pollution annuelle (annexe 7).

Les critères d’implantation des points de prélèvements mentionnés dans la directive 2008/50/CE (annexe 3) sont respectés pour les deux sites de mesure.

pollution par le dioxyde d’azote

L’inventaire régional des émissions de polluants et de gaz à effet de serre (BASEMIS[®]) réalisé par Air Pays de la Loire (annexe 5) pour l’année 2008 indique que l’origine des émissions en oxyde d’azote (NOx) sur les deux agglomérations concerne majoritairement le transport routier (71 % à Rezé et 53% à Laval), puis le secteur résidentiel-tertiaire (23 % et 30% respectivement) et l’industrie (5 et 11 % respectivement).

Les figures 6 et 7 présentent la distribution des données horaires en dioxyde d’azote (NO₂) mesurées lors des campagnes de mesure annuelles en 2011 et 2012, Cours de la Résistance à Laval et rue Jean Jaurès à Rezé. À titre de comparaison, les résultats obtenus sur la station permanente de trafic située boulevard Victor Hugo à Rezé sont également présentés.

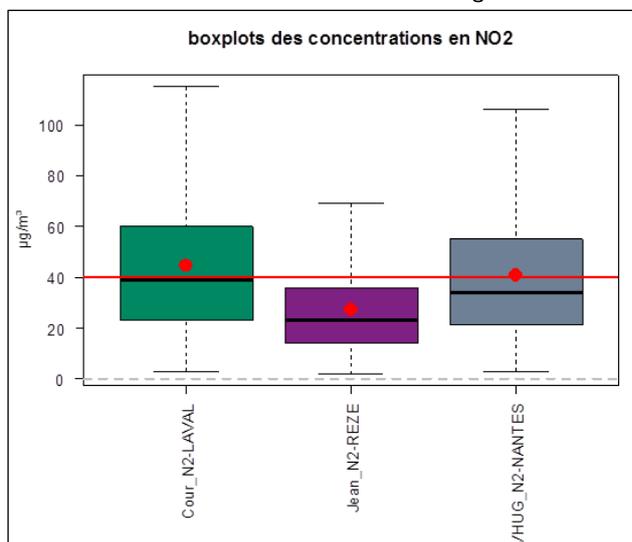


Figure 6 : boxplots des données de dioxyde d’azote mesurées Cours de la Résistance à Laval et rue Jean Jaurès à Rezé en 2011
[● moyenne - ● médiane]

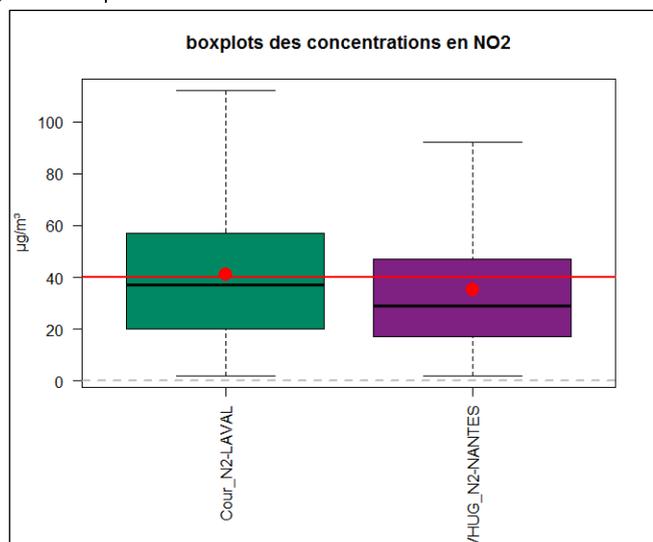


Figure 7 : boxplots des données de dioxyde d’azote mesurées Cours de la Résistance à Laval en 2012
[● moyenne - ● médiane]

Avec une concentration moyenne annuelle de 45 µg/m³ mesurée en 2011 et 41 µg/m³ en 2012 sur le site Cours de la Résistance à Laval, la **valeur limite annuelle de 40 µg/m³** pour le dioxyde d’azote a été dépassée sur ce site de mesure. Elle a également été dépassée sur le site de trafic permanent situé boulevard Victor-Hugo à Nantes en 2011 (41 µg/m³), ce qui n’est pas le cas en 2012 (35 µg/m³) du fait des modifications des conditions de circulation liées à la présence de travaux dans cette rue en 2012 (cf. paragraphe suivant).

A l’inverse, en 2011, le niveau moyen enregistré rue Jean Jaurès de 27 µg/m³ est inférieur d’un facteur 1,5 à la valeur limite de 40 µg/m³, mais également supérieur d’un facteur 1,5 à la moyenne annuelle de 17 µg/m³ mesurée sur le site urbain du cimetière de la Bouteillerie, à Nantes.

A Laval, cette situation est caractéristique des voies à forte circulation bordées de bâtiments qui réduisent la dispersion des polluants. Ce dépassement de valeur limite a déjà été enregistré sur d'autres sites de proximité automobile de la région (cf. figure 8) :

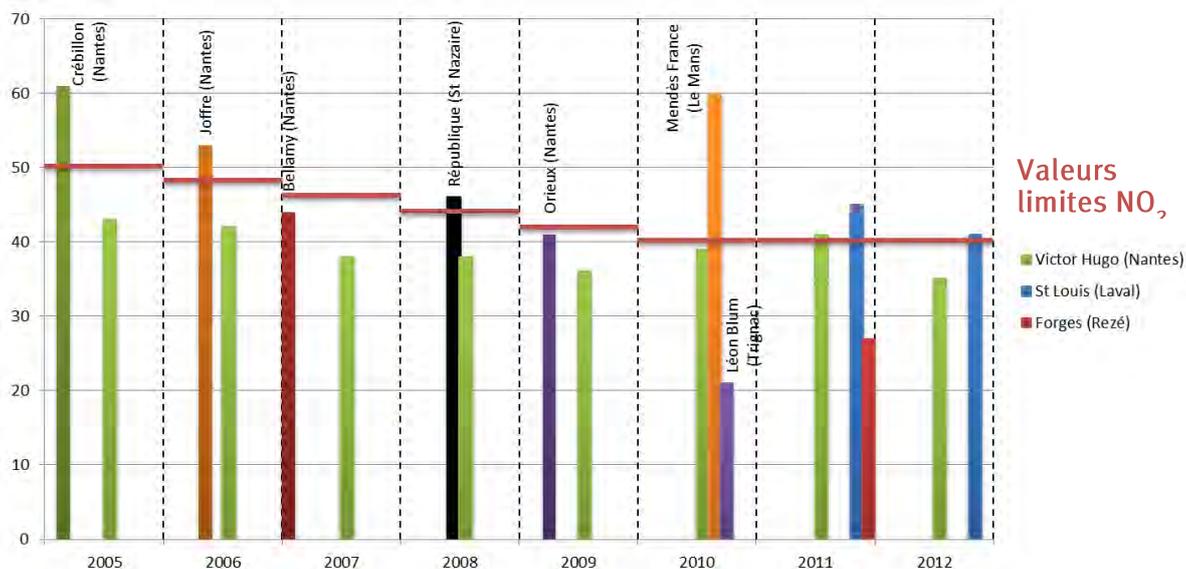


Figure 8 : moyennes annuelles des sites de proximité automobile en Pays de Loire enregistrées depuis 2005 par rapport à la valeur limite

Des dépassements de la valeur limite à proximité de certaines voies de circulation ont en effet été enregistrés :

- rue Crébillon (Nantes) en 2005 ;
- avenue du Maréchal Joffre (Nantes) en 2006 ;
- rue de la République (St-Nazaire) en 2008 ;
- avenue Mendès-France (Le Mans) en 2010 ;
- rue Victor Hugo (Nantes) et Cours de la Résistance (Laval) en 2011 ;
- Cours de la Résistance (Laval) en 2012.

D'autres moyennes annuelles ont approché la valeur limite : rue Paul Bellamy (Nantes) en 2007 et boulevard Orioux (Nantes) en 2009.

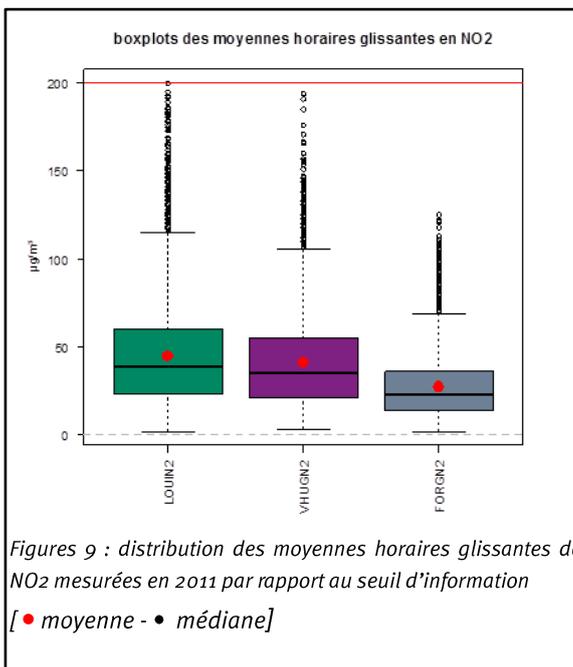
Le dépassement de la valeur limite NO2 en proximité automobile n'est pas une problématique spécifique aux Pays de Loire. En effet, en 2011, 25 agglomérations de plus de 100 000 habitants présentaient des sites dépassant cette valeur réglementaire de 40 µg/m³ [13].

Le seuil de recommandation et d'information de 200 µg/m³ (moyenne horaire glissante) n'a pas été dépassé à Rezé mais a été atteint sur le site du Cours de la Résistance à Laval le 30 septembre 2011 (valeur mesurée de 200 µg/m³, cf. figure 9). Cette situation n'est pas isolée puisque pour la majorité des sites de proximité de circulation investiguées depuis 2000, de tels dépassements ont été enregistrés plus ou moins fréquemment selon les sites de mesure (cf. figure 11). Toutefois ce dépassement n'a pas conduit à un déclenchement de procédure d'information car les niveaux de dioxyde d'azote sont restés en dessous du seuil d'information sur le site urbain situé rue de Mazagran à Laval.

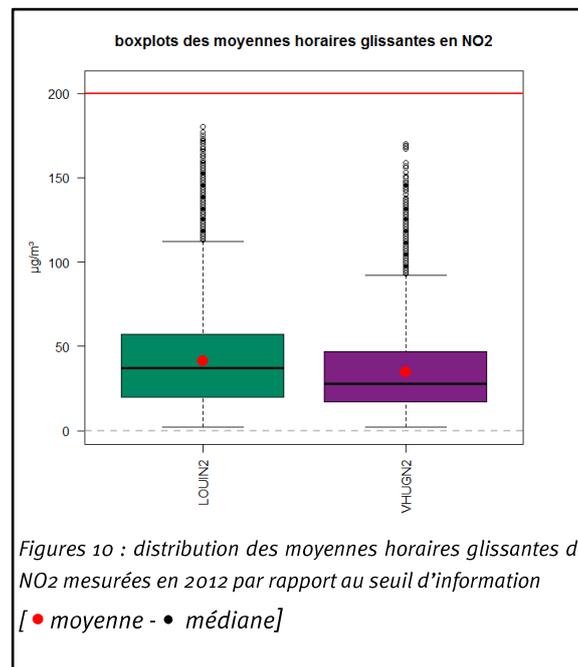
En 2012 le seuil de recommandation-information n'a pas été dépassé, la valeur maximale mesurée étant de 180 µg/m³ le 27 mars 2012 (cf. figure 10). De même on observe des niveaux de pointe sensiblement plus faibles rue Victor Hugo à Nantes, entre 2011 et 2012, avec des valeurs maximales respectivement égales à 194 µg/m³ et 170 µg/m³. Cette baisse de 12% des concentrations a pour origine les modifications des conditions de circulations causées par 3 périodes de travaux durant l'année 2012³ :

- Du 9 juillet au 24 août 2012 : mise en sens unique du Bd Victor Hugo (sens Nord → Sud conservé) ;
- Du 22 octobre au 23 novembre 2012 : mise en sens unique du boulevard de La Prairie-au-Duc entre le Bd Léon Bureau et le Quai des Antilles : fort report de trafic sur le Bd Victor Hugo (sens Sud → Nord) ;
- Du 26 novembre au 7 décembre 2012 : mise en sens unique du Bd Victor Hugo (sens Nord → Sud conservé).

³ Nantes Métropole communication personnelle



Figures 9 : distribution des moyennes horaires glissantes de NO₂ mesurées en 2011 par rapport au seuil d'information [● moyenne - ● médiane]



Figures 10 : distribution des moyennes horaires glissantes de NO₂ mesurées en 2012 par rapport au seuil d'information [● moyenne - ● médiane]

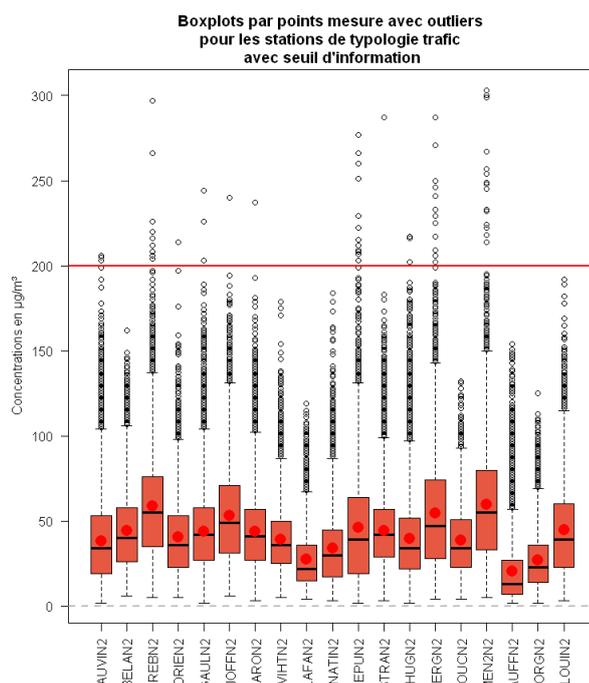


Figure 11 : distribution des moyennes horaires de NO₂ par rapport au seuil d'information sur les sites de trafic surveillés en depuis 2000 (données 2012) [● moyenne - ● médiane]

la pollution par le dioxyde d'azote, une problématique caractéristique de certaines voies de circulation

Le dioxyde d'azote a pour origine essentiellement les émissions du trafic routier, avec des augmentations plus importantes aux heures de pointe des jours ouvrés comme le montre la figure 12. Le profil moyen journalier du Cours de la Résistance à Laval est proche de celui de Victor Hugo à Nantes en début et fin de journée. Le profil rue Jean Jaurès à Rezé présente des niveaux de concentration bien inférieurs en journée.

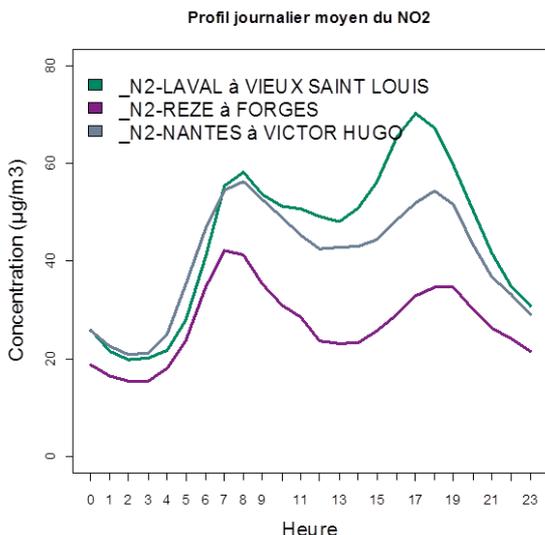


Figure 12 : profil moyen journalier en NO2 à Laval (vieux Saint Louis-Cours de la Résistance), Rezé (Forges-Rue Jean Jaurès) et Nantes (rue Victor Hugo) - (données 2011)

Les dépassements de valeurs limites enregistrés au niveau de certains axes de circulation sont dépendants de deux facteurs importants :

- le trafic moyen journalier annuel (TMJA) : plus la voie est fréquentée, plus les émissions de polluants sont importantes ;
- le rapport : hauteur du bâti bordant la voie de circulation par rapport à la largeur de la voie de circulation (H/L), indicateur de l'encasement de la voie de circulation. Plus la voie est encasée et plus la dispersion des polluants est freinée ;

La figure 13 représente les moyennes annuelles en dioxyde d'azote en fonction du rapport H/L pour des stations de typologie trafic, le volume des sphères étant proportionnel au TMJA.

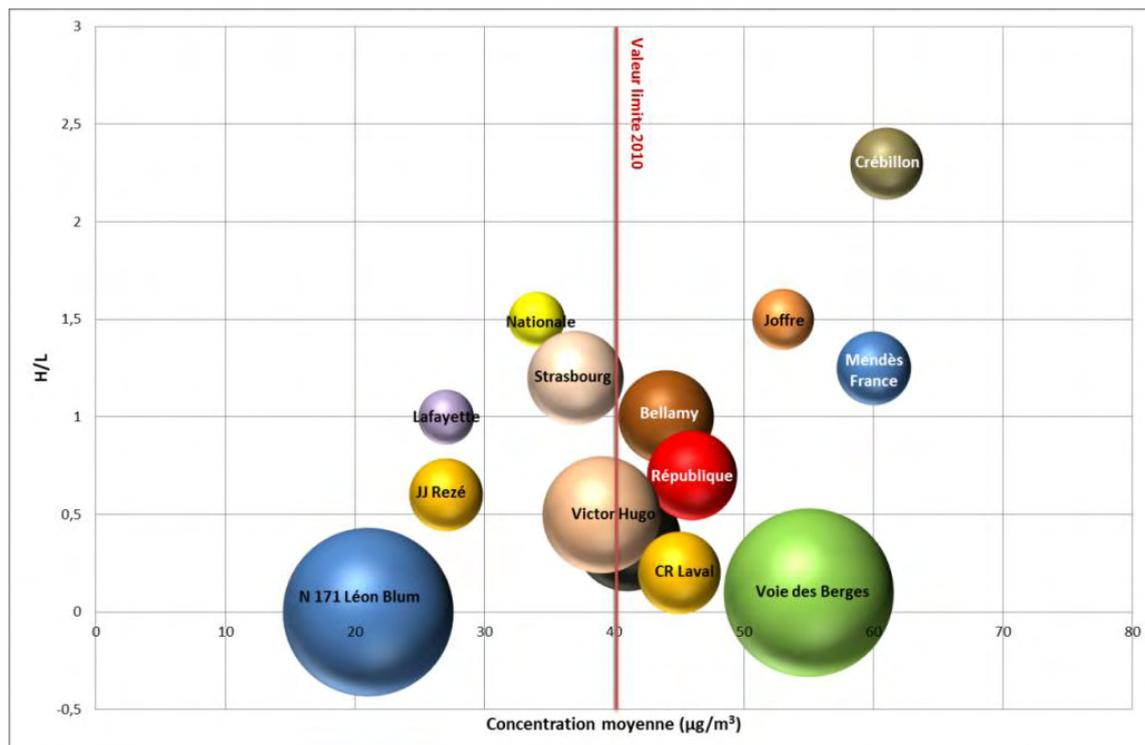


Figure 13 : représentation des moyennes annuelles en NO2 en fonction du rapport hauteur du bâti sur largeur de rue pour les stations trafic (données 2011)

Ce graphique laisse apparaître que l’élévation de la pollution peut être liée à la configuration particulièrement encaissée de certaines rues (rapport hauteur des bâtiments sur largeur de la rue H/L de 2,3 rue Crébillon à Nantes, 1,25 site Mendès France au Mans). Pour d’autres voies de circulation, le fort trafic routier peut être à l’origine des niveaux de NO₂ enregistrés (voie des Berges à Angers-TMJA de 58 836 et Boulevard Léon Blum à Saint-Nazaire - TMJA de 59 000). Un dépassement de la valeur limite a été enregistré sur la voie des Berges à Angers car la vitesse de circulation y est plus faible et la congestion y est plus importante que sur le Boulevard Léon Blum à Saint-Nazaire.

Les voies de circulation à Laval et Rezé sont relativement aérées⁴ (rapport H/L respectifs de 0,4 et 0,6) et moins fréquentées (TMJA de 14 000 Cours de la Résistance-Laval et 11 000 rue Jean Jaurès-Rezé) que le boulevard Victor Hugo (TMJA de 26 770 en 2012).

Les différences de concentration en dioxyde d’azote mesurées entre les deux sites de mesure, trouvent leur explication dans la configuration différente des deux sites : à Laval, la présence d’un feu de signalisation à proximité de la station de mesure a certainement influencé les niveaux de NO₂ mesurés via des surémissions de NO_x liés à la congestion de la voie et aux démarrages des véhicules. De plus, cet axe de circulation présente la particularité d’être bordée d’arbres dont la densité du feuillage a pu limiter la dispersion des polluants.

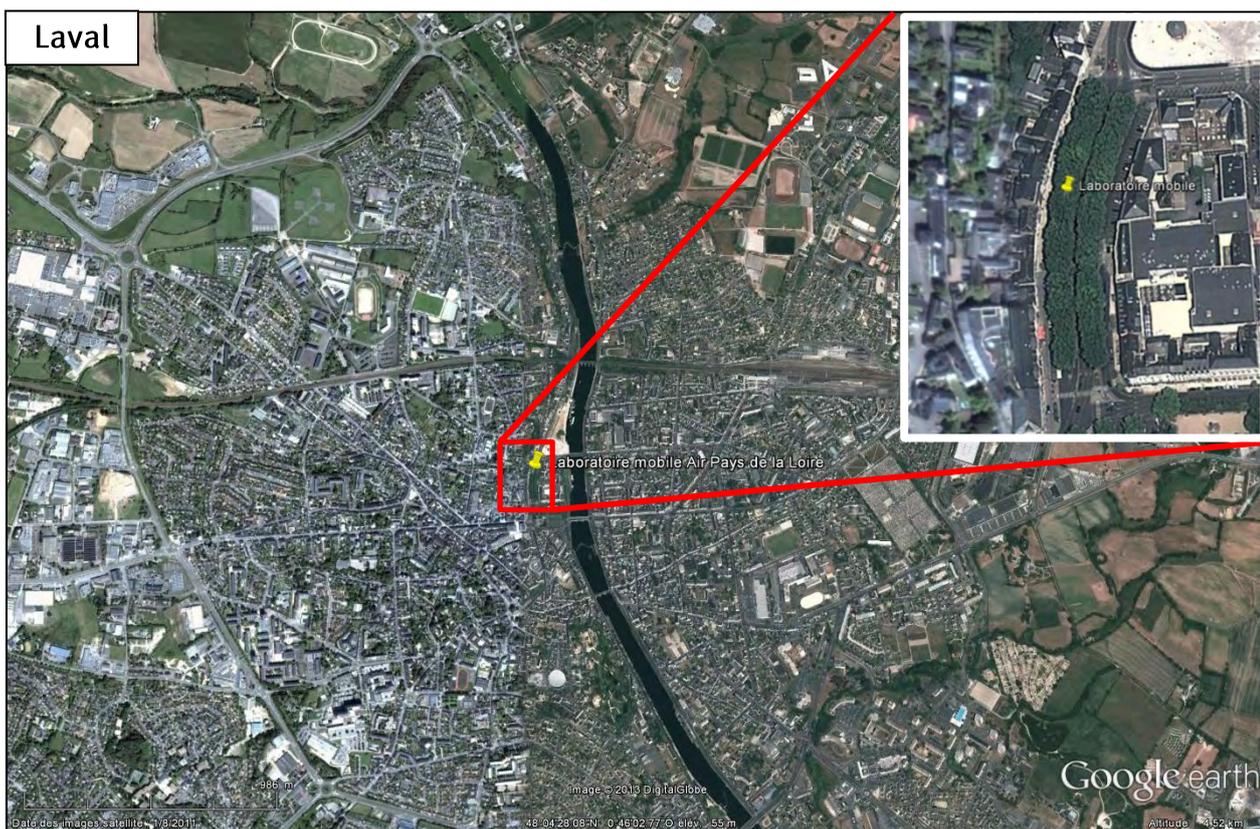


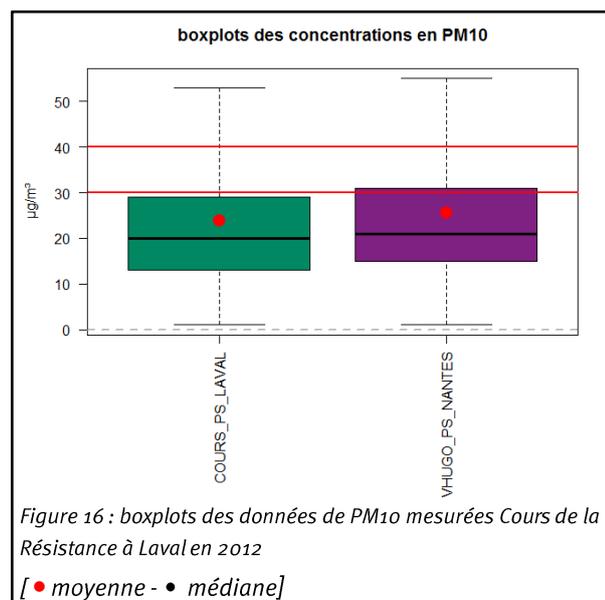
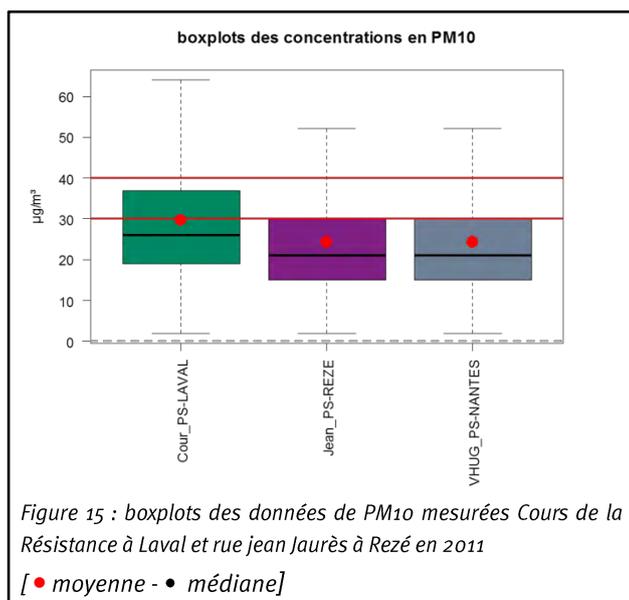
Figure 14 : Localisation du site de mesure à Laval, Cours de la Résistance

⁴ une voie de circulation est dite encaissée pour un rapport H/L supérieur ou égal à 0,7

pollution par les particules fines PM10

L'inventaire régional des émissions BASEMIS® élaboré par Air Pays de la Loire (annexe 5) indique que pour les émissions de particules fines PM10 à Rezé en 2008, le secteur du transport routier est le principal émetteur de PM10 (53 %), devant le secteur résidentiel-tertiaire (21 %) et l'agriculture (20 %). A Laval, c'est le secteur agricole qui est le principal émetteur de particules fines (40 %), puis le secteur du transport routier (31 %), le secteur résidentiel tertiaire (17 %) et l'industrie (10 %).

La distribution des données horaires en particules fines (PM10) mesurées lors des campagnes de mesure annuelle en 2011 et 2012, sur les deux sites de mesure à Laval et Rezé, est présentée sur les figures 15 et 16. À titre indicatif, les résultats sont comparés à ceux obtenus sur la station permanente de trafic située boulevard Victor Hugo à Nantes.



En 2011 la pollution moyenne par les particules PM10 mesurée Cours de la Résistance à Laval atteint l'**objectif de qualité fixé à 30 µg/m³**, alors que celle mesurée rue Jean Jaurès (22 µg/m³) reste inférieure à ce seuil. Ces niveaux moyens restent par ailleurs inférieurs à la **valeur limite annuelle de 40 µg/m³**. La concentration moyenne rue Jean Jaurès est du même ordre de grandeur que celle mesurée sur le site permanent du boulevard Victor Hugo à Nantes.

En 2012, la pollution moyenne par les particules PM10 mesurée Cours de la Résistance à Laval est sensiblement plus faible qu'en 2011, avec un niveau moyen de 24 µg/m³, inférieur à la concentration moyenne enregistrée au niveau du boulevard Victor Hugo à Nantes (26 µg/m³).

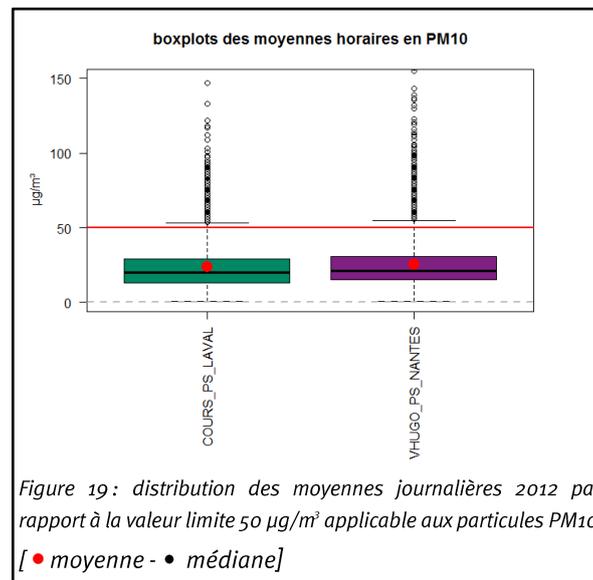
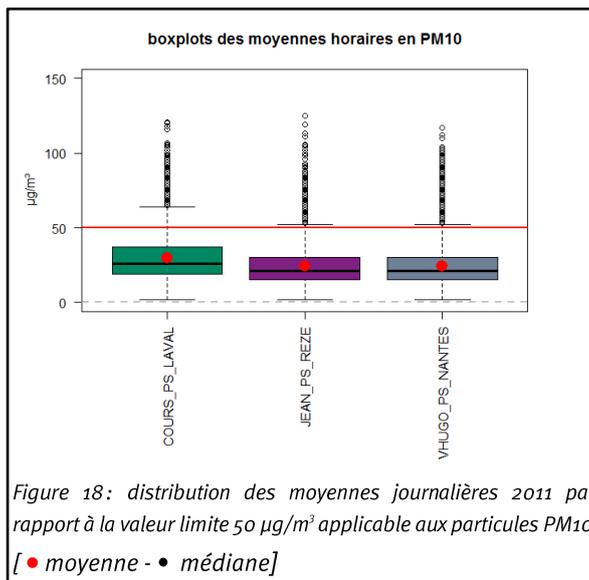
La comparaison avec les niveaux moyens des sites urbains (figure 17) montre un niveau moyen à Rezé légèrement supérieur à celui du site urbain de Bouteillerie au centre de Nantes. Par contre, le niveau moyen enregistré Cours de la Résistance à Laval est supérieur de manière significative (+30%) par rapport à celui du site urbain de Mazagran, du fait du trafic et de la congestion plus importante du Cours de la Résistance. Une baisse des niveaux de PM10 sur le site urbain rue Mazagran est également visible entre 2011 et 2012 et peut en partie expliquer la baisse enregistrée au niveau du Cours de la résistance.



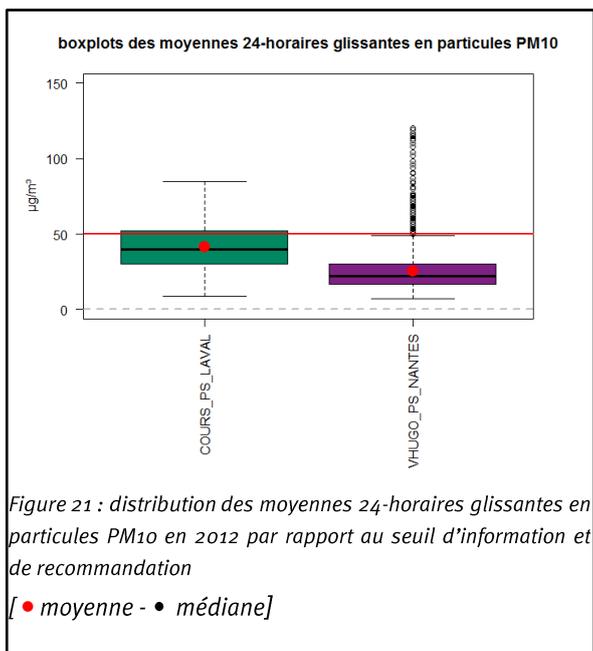
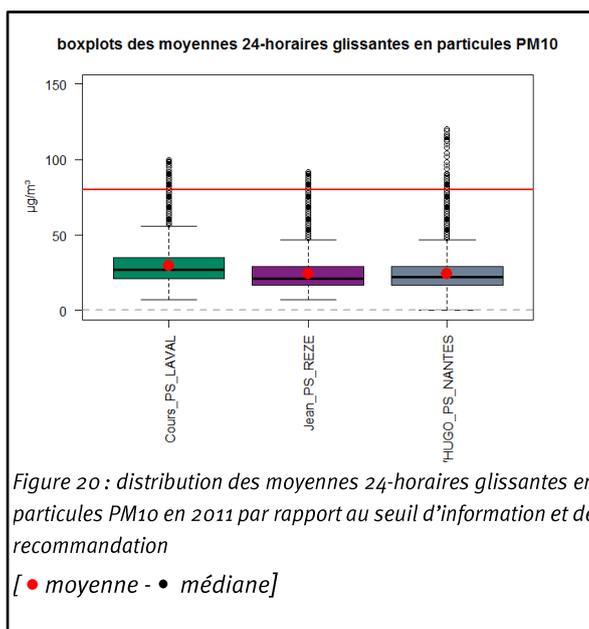
Figure 17 : concentrations moyennes en PM10 sur les sites urbains et trafic de Nantes et Laval pour les années 2011 et 2012

La moyenne journalière de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été dépassée, en 2011, respectivement à 18 reprises sur le Cours de la Résistance à Laval et à 11 reprises rue Jean Jaurès à Rezé durant la période de mesure. En 2012 la moyenne journalière a été dépassée à 15 reprises sur le Cours de la Résistance à Laval. La valeur limite de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à ne pas dépasser plus de 35 jours par an n'a donc pas été franchie en 2011, ni en 2012.

En 2011 la moyenne journalière a atteint son maximum annuel le 5 mars Cours de la Résistance ($95 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et également le 5 mars rue Jean Jaurès ($92 \mu\text{g}/\text{m}^3$), en lien avec un épisode de pollution généralisée à l'ensemble de la région des Pays de la Loire. En 2012 la moyenne journalière a atteint son maximum annuel le 9 février Cours de la Résistance à Laval ($74 \mu\text{g}/\text{m}^3$).



Les graphiques 20 et 21 illustrent la distribution des moyennes 24-horaires glissantes pour les particules PM10 et pour les années 2011 et 2012. Ils font apparaître les dépassements du seuil de recommandation et d'information pour les sites de mesure de Laval et de Rezé ainsi que sur le boulevard Victor Hugo. Il est important de souligner ici qu'entre 2011 et 2012 une sévèrisation des seuils d'information et d'alerte (passage respectif de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et de $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) a été introduite.



le seuil d’information fixé à 80 µg/m³ en 2011 et 50 µg/m³ en 2012 (moyenne 24-horaires) pour les particules PM10 a été dépassé à plusieurs reprises, en 2011 et en 2012. Le tableau suivant présente la concentration maximale enregistrée à chaque fois que la procédure de recommandation et d’information a été déclenchée :

Date		Maximum enregistré (moyenne 24-horaires) (µg/m ³)				Seuil de recommandation et d’information (µg/m ³)
		Département Mayenne	Agglomération Laval	Département Loire Atlantique	Agglomération Nantes	
2011	31/01	-	-	89	-	80
	01/02	88	-	101	-	
	03/03	-	81	-	-	
	05/03	81	-	97	-	
	06/03	94	-	107	-	
2012	17/01	-	-	61	-	50
	18/01	62	-	58	-	
	01/02	57	-	53	-	
	02/02	60	-	58	-	
	07/02	59	50	55	-	
	09/02	56	-	52	-	
	10/02	73	-	72	-	
	13/02	54	-	-	50	
	21/02	-	-	-	50	
	22/02	-	-	50	-	
	02/03	57	-	56	-	
	03/03	60	-	57	-	
	13/03	55	-	-	-	
	14/03	62	-	54	-	
	15/03	68	-	74	-	
	16/03	63	-	76	-	
	17/03	-	-	55	-	
	25/03	54	-	-	-	
	26/03	62	-	58	-	
	29/03	51	-	56	-	
	30/03	61	-	69	-	
	31/03	58	52	59	-	
	01/04	67	-	63	-	
	06/04	55	-	56	-	
	07/04	-	-	62	-	
	25/10	-	-	-	52	
	12/11	-	-	-	50	
	01/12	-	50	69	52	
	02/12	-	-	-	56	

Tableau 2 : dates des procédures de recommandation et d’information concernant les agglomérations de Laval et Nantes, et concentrations maximales associées

La forte augmentation du nombre de procédures de recommandation et d’information entre 2011 et 2012 (respectivement 5 et 29) est à mettre en relation avec une baisse du seuil de déclenchement de la procédure (80 µg/m³ en 2011 contre 50 µg/m³ en 2012).

Situation pour l'année 2011 :

Deux épisodes de pollution par les particules fines ont concerné une grande partie de la région en début d'année 2011, avec dépassement du seuil d'information.

Le premier épisode de pollution s'est déroulé les 31 janvier et 1^{er} février 2011 et a concerné la Loire-Atlantique, le Maine-et-Loire, la Mayenne et l'agglomération de la Roche-sur-Yon, à une période où une grande partie de la France connaissait la même situation (cf. figure 22). Ce dépassement était lié à des conditions anticycloniques ne favorisant pas la dispersion des polluants et à des températures froides accentuant les émissions locales des particules fines (chauffages, véhicules).

Le second épisode de pollution, du 3 au 6 mars 2011, a concerné l'ensemble des Pays de la Loire et également une grande partie de l'Europe (cf. figure 22). L'analyse chimique des particules (réseau CARA) a mis en évidence la présence d'aérosols secondaires, issus de transformations photochimiques de polluants d'origine agricole. Des investigations menées par Météo France ont montré qu'un large anticyclone sur l'est de l'Europe avait permis l'accumulation de ces particules dans les masses d'air, qui avaient ensuite atteint la France, et auxquelles étaient venues s'ajouter les particules fines produites localement.

Dans les Pays de la Loire, au total 20 procédures de recommandation-information ont été déclenchées en 2011, au cours de cinq journées (31 janvier ; 1^{er} février ; 3, 5 et 6 mars).

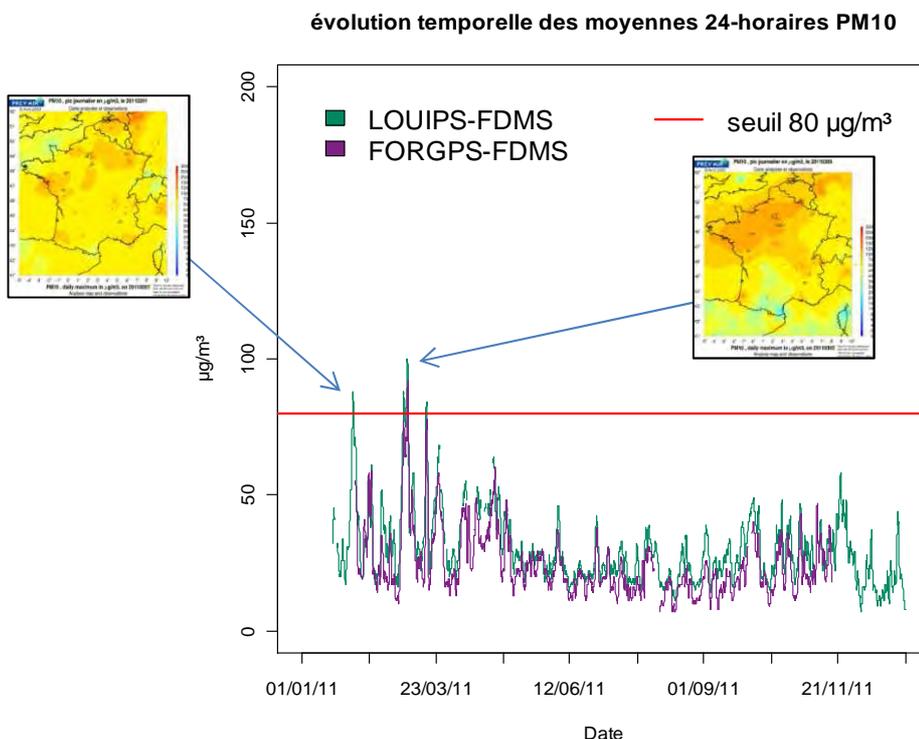


Figure 22 : évolution temporelle des niveaux de PM10 avec les épisodes de pollution par les particules fines du 1^{er} février et du 5 mars 2011 (Source Prev'air)

Le seuil d'alerte pour les particules PM10 de 125 µg/m³ n'a jamais été franchi durant la période de mesure.

Situation pour l'année 2012 :

Plusieurs épisodes de pollution par les particules fines ont concerné une grande partie de la région en début d'année 2012, avec dépassement du seuil d'information (cf. tableau 2 et figure 23).

Le premier épisode de pollution important s'est déroulé du 7 au 10 février et 2012 et a concerné l'ensemble des Pays de la Loire, avec un déclenchement de la procédure d'alerte (dépassement du seuil de 80 µg/m³) pour les agglomérations d'Angers et La Roche-sur-Yon le 10 février, à une période où la concentration en PM10 était élevée sur une grande partie de la France (cf. figure 23). Comme au début de l'année 2011, ce dépassement était lié à des conditions anticycloniques freinant la dispersion des polluants et à des températures relativement basses accentuant les émissions locales de particules fines.

Un autre épisode important de pollution s'est déroulé le 1er et 2 décembre 2012, avec un niveau de pointe supérieur à 100 µg/m³ mesuré à Nantes au niveau du Boulevard Victor Hugo. Néanmoins les niveaux élevés en particules étaient localisés au niveau de la façade atlantique (cf. figure 23).

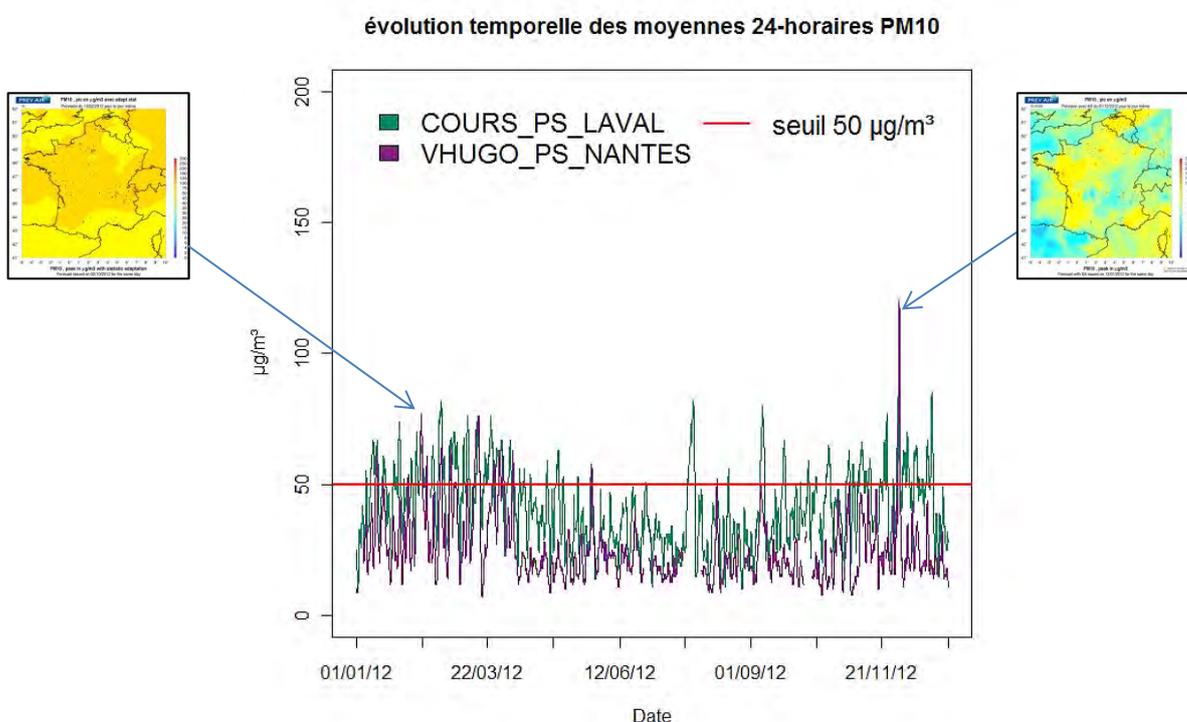


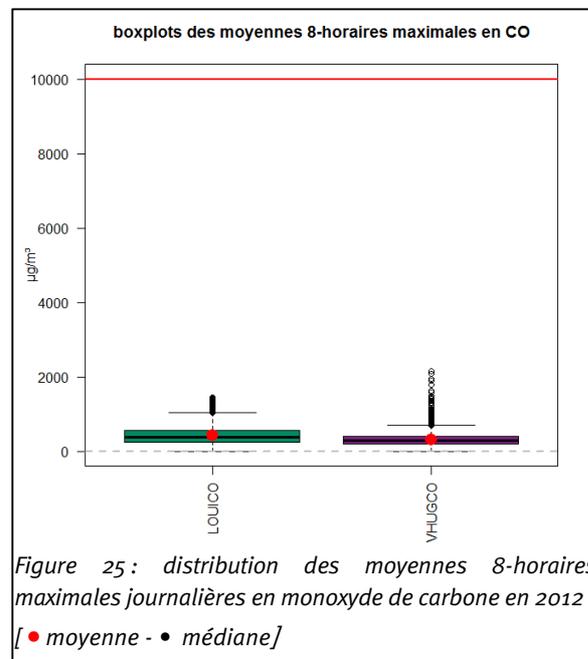
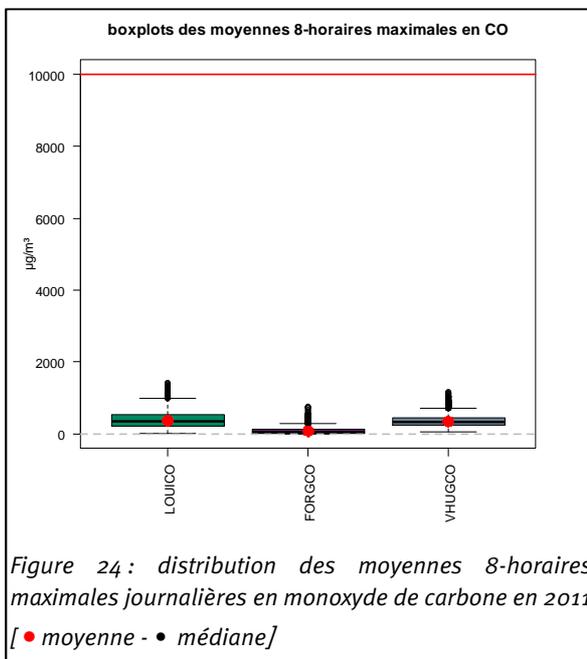
Figure 23 : évolution temporelle des niveaux de PM10 avec les épisodes de pollution par les particules fines du 10 février et 1^{er} décembre 2012 (source Prev'air)

Concernant les agglomérations de Laval et Nantes le seuil d'alerte pour les particules PM10 de 80 µg/m³ n'a jamais été franchi en 2011 et 2012.

pollution par le monoxyde de carbone

Les émissions de monoxyde de carbone sont principalement dues au trafic routier (77 % à Rezé et 66% à Laval) et au résidentiel tertiaire (21 % à Rezé et 25 % à Laval) (sources BASEMIS en annexe 5).

La distribution des données horaires en monoxyde de carbone mesurée lors des campagnes de mesure annuelles 2011 et 2012, sur les deux sites de mesure à Laval et Rezé (comparaison à Victor Hugo) est représentée sur les figures suivantes :



En 2011 et 2012 les niveaux de monoxyde de carbone enregistrés sur les sites de trafic à Laval et à Rezé restent très inférieurs à la **valeur limite de 10 000 µg/m³**: une valeur maximale (moyenne horaire glissante) de 752 µg/m³ a été enregistrée à Rezé en 2011, à Laval la valeur maximale enregistrée a été de 1 428 µg/m³ en 2011 et 1455 µg/m³ en 2012. Cette situation est également observée boulevard Victor Hugo à Nantes et de manière générale sur les sites de trafic des Pays de la Loire (annexe 6).

En baisse depuis 1973 [6], les concentrations dans l'air ambiant diminuent régulièrement depuis quelques années comme l'illustre le graphique ci-dessous représentant l'évolution des moyennes annuelles et des niveaux de pointe en monoxyde de carbone sur le site de trafic permanent situé Victor Hugo en Pays de la Loire. Ces niveaux ont diminué de 40% entre 2004 et 2011, principalement en raison des progrès technologiques apportés aux véhicules qui ont réduit leurs émissions en CO (norme environnementale des véhicules, pots catalytiques).

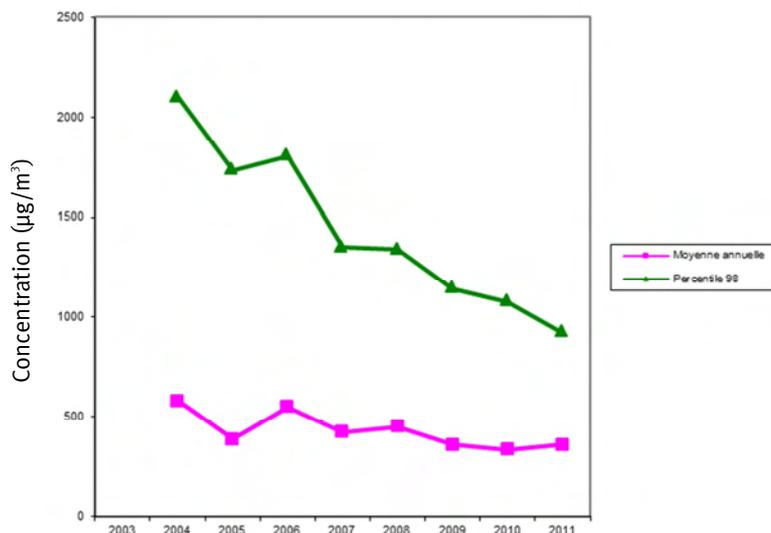


Figure 26 : historique de la pollution par le monoxyde de carbone à proximité de la voie de circulation du boulevard Victor Hugo à Nantes de 2004 à 2011

pollution par le benzène

Le secteur des transports routiers est le principal émetteur de benzène dans les deux agglomérations (92% à Rezé et 72% à Laval). La figure 27 présente la distribution des données horaires en benzène mesurées sur le Cours de la Résistance à Laval et au niveau du boulevard Victor Hugo à Nantes en 2011 :

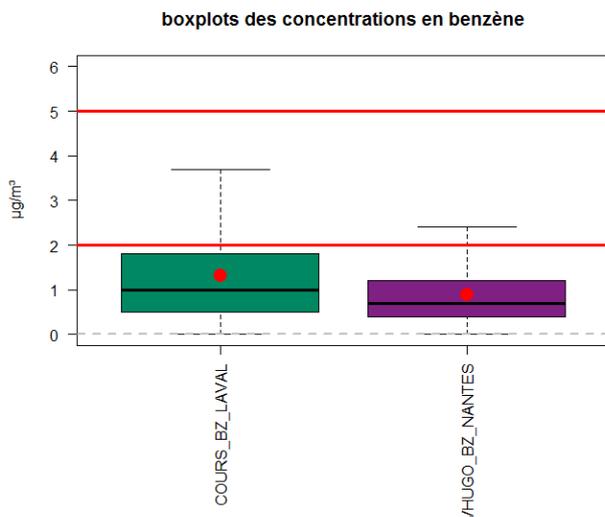


Figure 27 : distribution des moyennes journalières en 2011 par rapport à la valeur limite de 2 µg/m³ applicable au benzène

[• moyenne - • médiane]

Les niveaux de benzène mesurés par tubes à diffusion passive rue Jean Jaurès à Rezé en 2011 sont reportés dans le graphique suivant qui intègre également les mesures sur d’autres sites de trafic (rue Gougeard au Mans, rue Crébillon à Nantes) et des sites urbains (Bouteillerie à Nantes, jardin de la préfecture au Mans).

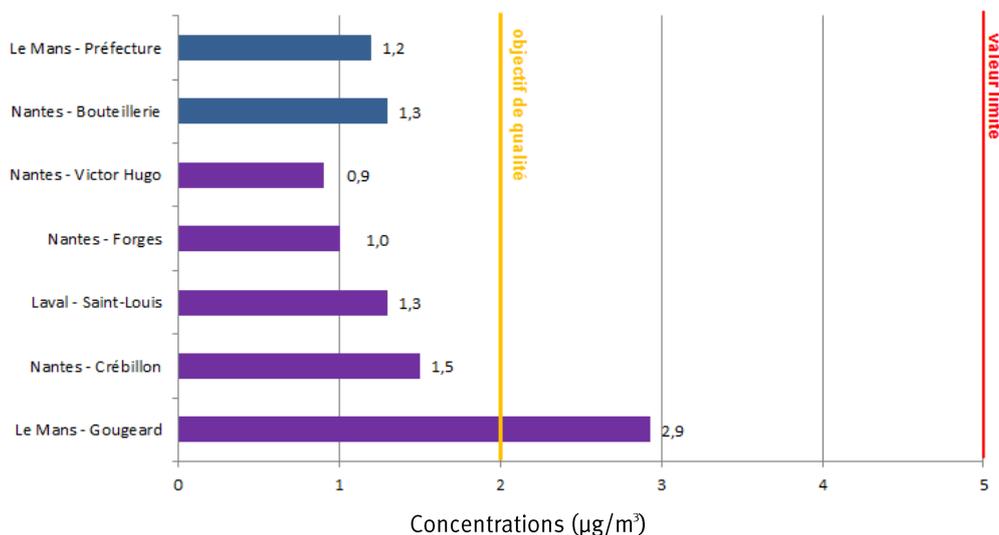


Figure 28 : niveaux moyens en benzène mesurés sur l’ensemble des sites de trafic de fond surveillés en 2011

Les niveaux de benzène sont restés inférieurs à l’objectif de qualité de 2 µg/m³ sur les sites de Laval et de Rezé et les autres sites de mesure, hormis rue Gougeard au Mans (2,9 µg/m³). Les 2 années précédentes, des dépassements de l’objectif de qualité ont également été enregistrés sur cet axe de circulation.

L'historique des niveaux de benzène mesurés boulevard Victor Hugo à Nantes (cf. figure suivante) met en évidence une baisse des niveaux moyens et de pointe entre 2004 et 2011, en lien avec les progrès technologies des véhicules.

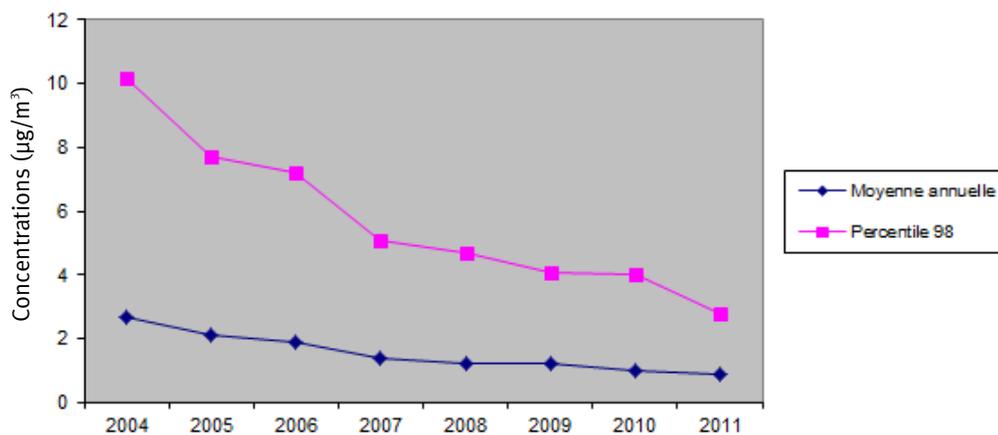


Figure 29 : historique de la pollution par le benzène à proximité de la voie de circulation du boulevard Victor Hugo à Nantes de 2004 à 2011

bilan par rapport aux seuils réglementaires

Les tableaux suivants résument les différents niveaux des polluants mesurés en 2011 et 2012, et les comparent aux valeurs réglementaires.

situation en 2011 :

Polluant		Valeur limite		Seuil d'alerte	Seuil de recommandation et d'information	Objectif de qualité
NO ₂	Rue Jean Jaurès (Rezé)	27 µg/m ³				27 µg/m ³
	Cours de la Résistance (Laval)	45 µg/m ³			1 dépassement Max = 200 µg/m ³ (30/09/2011)	45 µg/m ³
	Valeur seuil décret 2010--1250 du 21/10/10	40 µg/m ³ moyenne annuelle	200 µg/m ³ moyenne horaire (175h autorisées/an)	400 µg/m ³ 200 µg/m ³ moyenne horaire	200 µg/m ³ moyenne horaire	40 µg/m ³ moyenne annuelle
PM ₁₀	Rue Jean Jaurès (Rezé)	24 µg/m ³	11 dépassements		19 dépassements (2 jours) Max = 92 µg/m ³ (06/03/2011)	24 µg/m ³
	Cours de la Résistance (Laval)	30 µg/m ³	18 dépassements		82 dépassements (7 jours) Max = 100 µg/m ³ (05/03/2011)	30 µg/m ³
	Valeur seuil décret 2010--1250 du 21/10/10	40 µg/m ³ moyenne annuelle	50 µg/m ³ moyenne journalière (35 jours autorisées/an)	125 µg/m ³ moyenne 24-horaire	80 µg/m ³ moyenne 24-horaire	30 µg/m ³ moyenne annuelle
CO	Rue Jean Jaurès (Rezé)	Max = 752 µg/m ³ (22/2/11)				
	Cours de la Résistance (Laval)	Max = 1428 µg/m ³ (26/12/11)				
	Valeur seuil décret 2010--1250 du 21/10/10	10 000 µg/m ³ moyenne 8-horaire		-	-	-
Benzène	Rue Jean Jaurès (Rezé)	1,0 µg/m ³				1,0 µg/m ³
	Cours de la Résistance (Laval)	1,3 µg/m ³				1,3 µg/m ³
	Valeur seuil décret 2010--1250 du 21/10/10	5 µg/m ³ moyenne annuelle		-	-	2 µg/m ³ moyenne annuelle

Tableau 3 : situation par rapport aux seuils réglementaires de qualité de l'air Cours de la Résistance à Laval et rue Jean Jaurès à Rezé durant la campagne de mesure 2011

- pas de dépassement ;
- dépassement de l'objectif de qualité ;
- dépassement du seuil de recommandation et d'information ;
- dépassement de la valeur limite.

situation en 2012 :

Polluant	Site	Valeur limite		Seuil d'alerte	Seuil de recommandation et d'information	Objectif de qualité
NO ₂	Cours de la Résistance (Laval)	41 µg/m ³	41 µg/m ³	41 µg/m ³	Max = 180 µg/m ³ (27/03/2012)	41 µg/m ³
	Valeur seuil décret 2010-1250 du 21/10/10	40 µg/m ³ moyenne annuelle	200 µg/m ³ moyenne horaire (175h autorisées/an)	400 µg/m ³ 200 µg/m ³ moyenne horaire	200 µg/m ³ moyenne horaire	40 µg/m ³ moyenne annuelle
PM ₁₀	Cours de la Résistance (Laval)	24 µg/m ³	15 dépassements	24 µg/m ³	374 dépassements (29 jours) Max = 74 µg/m ³ (09/02/2012)	24 µg/m ³
	Valeur seuil décret 2010-1250 du 21/10/10	40 µg/m ³ moyenne annuelle	50 µg/m ³ moyenne journalière (35 jours autorisées/an)	125 µg/m ³ moyenne 24-horaire	80 µg/m ³ moyenne 24-horaire	30 µg/m ³ moyenne annuelle
CO	Cours de la Résistance (Laval)	Max = 1455 µg/m ³ (30/11/2012)				
	Valeur seuil décret 2010-1250 du 21/10/10	10 000 µg/m ³ moyenne 8-horaire		-	-	-

Tableau 4 : situation par rapport aux seuils réglementaires de qualité de l'air Cours de la Résistance à Laval durant la campagne de mesure 2012

- pas de dépassement ;
- dépassement de l'objectif de qualité ;
- dépassement du seuil de recommandation et d'information ;
- dépassement de la valeur limite.

conclusions et perspectives

situation des niveaux de pollution d'un point de vue réglementaire

Le suivi annuel en 2011 et 2012 des niveaux de pollution sur les sites du Cours de la Résistance à Laval et de la rue Jean Jaurès à Rezé permet de comparer les niveaux de pollution aux seuils réglementaires en vigueur et de tirer les conclusions suivantes :

- avec une concentration moyenne annuelle de $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mesurée en 2011 et $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2012 sur le site du Cours de la Résistance à Laval, la valeur limite annuelle de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le dioxyde d'azote a été dépassée sur ce site de mesure. Elle a également été dépassée sur le site de trafic permanent situé boulevard Victor-Hugo à Nantes en 2011 (moyenne de $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Ainsi, ce dépassement n'est pas spécifique à Laval et au site choisi mais s'observe dans d'autres rues de zones urbaines des Pays de la Loire et ailleurs en France. En effet, en 2011, 25 agglomérations de plus de 100 000 habitants présentaient des sites dépassant cette valeur réglementaire de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en France.
- le seuil de recommandation et d'information en NO_2 de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (moyenne horaire) a été atteint Cours de la Résistance le 30 septembre 2011, sans déclenchement de procédure d'information car les niveaux de dioxyde d'azote sont restés en dessous du seuil sur le site urbain de Mazagran. Cette situation ne s'est pas reproduite en 2012 (niveau maximum de $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- en 2011 quatre dépassements du seuil de recommandation et d'information pour les particules fines PM_{10} ont été enregistrés sur les deux sites de mesure (Laval et Nantes), lors des deux épisodes de pollution qui ont concerné l'ensemble de la France. En 2012, suite à une baisse du seuil de recommandation et d'information pour les particules fines (passage de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2011 à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2012), le nombre de dépassements s'est élevé à 21 pour l'agglomération de Laval et 27 pour l'agglomération de Nantes.
- l'objectif de qualité de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (moyenne annuelle) pour les particules fines PM_{10} a été atteint au niveau du Cours de la résistance à Laval en 2011, ce qui n'est pas le cas en 2012 ($24 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Par ailleurs, les niveaux rue Jean Jaurès à Rezé sont restés inférieurs à ce seuil (moyenne annuel de $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Les seuils réglementaires pour le monoxyde de carbone pour le benzène ont été respectés sur ces deux voies de circulation.

Il convient de noter que la qualité de l'air moyenne mesurée dans le centre-ville de Laval sur le site urbain de Mazagran reste favorable, en dehors d'épisodes généralisés de pollution. A Rezé, les niveaux de polluants atmosphériques évalués rue Jean Jaurès font état de niveaux très modérés, dépassant à peine le niveau de fond urbain.

poursuite des mesure en proximité des voies de circulation

Cette étude finalise le programme cyclique de surveillance à proximité de voies de circulation des Pays de la Loire dont la finalité est la mise en place dans la région, d'un second site de mesure permanent en bordure de voies de circulation, en complément de la surveillance réalisée boulevard Victor Hugo à Nantes. Afin d'être conforme aux préconisations nationales relatives à la répartition spatiale des sites de mesure à l'échelle régionale, une étude est cours dans l'agglomération angevine (seconde agglomération des Pays de la Loire).

annexes

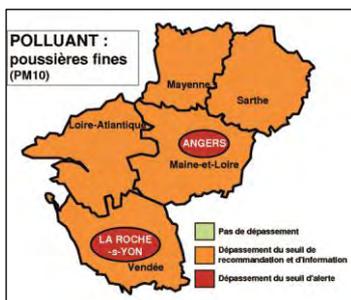
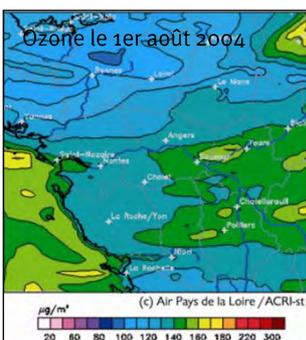
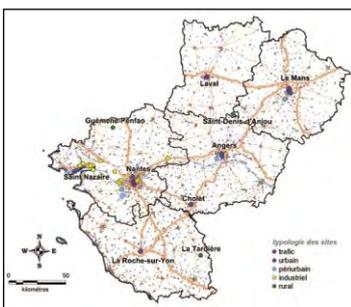
- annexe 1 : Air Pays de la Loire
- annexe 2 : techniques d'évaluation
- annexe 3 : types des sites de mesure
- annexe 4 : polluants
- annexe 5 : sources des émissions de polluants à Rezé et Laval
- annexe 6 : évolution temporelle des niveaux de pollution
- annexe 7 : représentativité des niveaux de pollution
- annexe 8 : seuils de qualité de l'air 2011
- annexe 9 : seuils de qualité de l'air 2012

annexe 1 : Air Pays de la Loire

Dotée d'une solide expertise riche de trente ans d'expérience, Air Pays de la Loire est agréée par le Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie pour surveiller la qualité de l'air de la région des Pays de la Loire. Air Pays de la Loire regroupe de manière équilibrée l'ensemble des acteurs de la qualité de l'air : services de l'État et établissements publics, collectivités territoriales, industriels et associations et personnalités qualifiées.

Air Pays de la Loire mène deux missions d'intérêt général : surveiller et informer.

surveiller pour savoir et comprendre



informer pour prévenir



l'air de la région sous haute surveillance

Fonctionnant 24 heures sur 24, le dispositif permanent de surveillance est constitué d'une quarantaine de sites de mesure, déployés sur l'ensemble de la région : principales agglomérations, zones industrielles et zones rurales.

mesurer où et quand c'est nécessaire

Air Pays de la Loire s'est doté de systèmes mobiles de mesure (laboratoires mobiles, préleveurs...). Ces appareils permettent d'établir un diagnostic complet de la qualité de l'air dans des secteurs non couverts par le réseau permanent. Des campagnes de mesure temporaires et ciblées sont ainsi menées régulièrement sur l'ensemble de la région.

la fiabilité des mesures garantie

Les mesures de qualité de l'air consistent le plus souvent à détecter de très faibles traces de polluants. Elles nécessitent donc le respect de protocoles très précis. Pour assurer la qualité de ces mesures, Air Pays de la Loire dispose d'un laboratoire d'étalonnage, airpl.lab accrédité par le Cofrac et raccordé au Laboratoire National d'Essais.

simuler et cartographier la pollution

Pour évaluer la pollution dans les secteurs non mesurés, Air Pays de la Loire utilise des logiciels de modélisation. Ces logiciels simulent la répartition de la pollution dans le temps et l'espace et permettent d'obtenir une cartographie de la qualité de l'air. La modélisation permet par ailleurs d'estimer l'impact de la réduction, permanente ou ponctuelle, des rejets polluants. Elle constitue un outil d'aide à la décision pour les autorités publiques compétentes et les acteurs privés.

prévoir la qualité de l'air

Si le public souhaite connaître la pollution prévue pour le lendemain afin de pouvoir adapter ses activités, les autorités politiques ont, elles, besoin d'anticiper les pics de pollution pour pouvoir prendre les mesures adaptées. En réponse à cette attente, Air Pays de la Loire réalise des prévisions de la pollution atmosphérique grâce à sa plateforme IRIS.

pics de pollution : une vigilance permanente

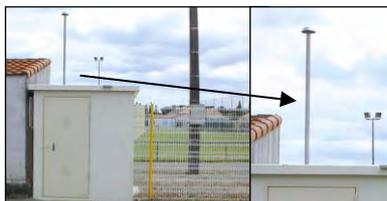
En cas d'épisodes de pollution, une information spécifique est adressée aux autorités publiques et aux médias. Suivant les concentrations de pollution atteintes, le préfet de département prend, si nécessaire, des mesures visant à réduire les émissions de polluants (limitations de vitesse, diminution d'activités industrielles...)

sur Internet : tous les résultats, tous les dossiers

Le site Internet www.airpl.org donne accès à de très nombreuses informations sur la qualité de l'air des Pays de la Loire. Elles sont actualisées toutes les heures. On y trouve les cartes de pollution et de vigilance, les communiqués d'alerte, les indices de la qualité de l'air, les mesures de pollution heure par heure, les actualités, toutes les publications d'Air Pays de la Loire...

annexe 2 : techniques d'évaluation

mesures



les sites fixes

C'est le principal moyen de surveillance : il existe une trentaine de sites fixes dans les Pays de la Loire. Ils surveillent en continu la qualité de l'air des principales agglomérations de la région, des zones industrielles de Basse-Loire, et également dans un secteur rural dans l'est de la Vendée. Fonctionnant 24 heures sur 24, ils sont équipés d'analyseurs spécifiques des principaux indicateurs de pollution atmosphérique : dioxyde de soufre, oxydes d'azote, ozone, particules PM10 ou PM2,5, monoxyde de carbone, BTX. Ces stations sont reliées au poste central d'Air Pays de la Loire où les données sont traitées et servent le cas échéant à activer les procédures d'information et d'alerte.



les laboratoires mobiles

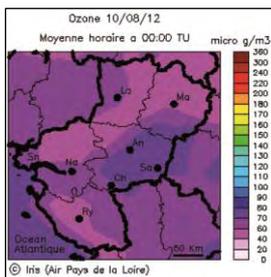
La région des Pays de la Loire est dotée de deux laboratoires mobiles de surveillance de la qualité de l'air. Ces systèmes, équipés d'analyseurs spécifiques (NO_x, SO₂, O₃, PM10, CO) comme les sites fixes, permettent d'établir un diagnostic de la qualité de l'air dans des secteurs non couverts par le réseau permanent. Les applications sont diverses : impact industriel ou urbain, validation de futurs sites fixes, communication...



les tubes à diffusion passive

Ces systèmes de dimension réduite permettent à moindre coût de mesurer sur des périodes de 15 jours en général, et après analyse en laboratoire, des polluants tels que le dioxyde d'azote, l'ozone, benzène et les composés organiques volatils, de façon générale. Ils sont également utilisés pour mailler un territoire et obtenir ainsi la répartition géographique de la pollution.

modélisation



le système de prévision IRIS

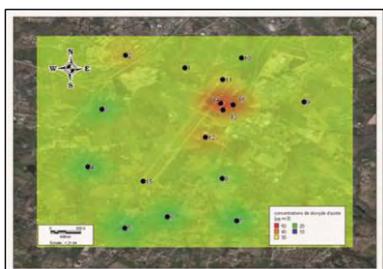
La plateforme IRIS réalise quotidiennement une prévision de la qualité de l'air sur la région des Pays de la Loire.

Elle comprend un ensemble de modèles déterministes (météo, émissions, chimie-transport) permettant d'obtenir des cartes horaires d'ozone et de dioxyde d'azote pour les 4 échéances allant de la veille au surlendemain.



modélisation de la pollution de fond et industrielle : ADMS

ADMS est un système de modélisation qui permet de simuler la pollution provenant de sources urbaines (trafic automobile, chauffage,...) et des sources fixes (établissements industriels). Ce système nécessite la connaissance de paramètres géophysiques (relief, occupation des sols,...), de la météorologie et des émissions. ADMS est utilisé pour la production de cartographies ou bien pour évaluer des scénarii.



les systèmes d'interpolation

Ces techniques permettent de calculer la pollution entre les points de mesure dans le but de réaliser des cartographies. Air Pays de la Loire utilise deux systèmes d'interpolation de type géostatistique (Isatis et R) basés sur la variation des concentrations en fonction de la distance entre les sites de mesures. Ces systèmes peuvent également intégrer des données auxiliaires (émissions,...). Isatis et R peuvent être ainsi employés pour des approches hybrides combinant les données de mesure et de modélisation pour une représentation fidèle de la réalité comme cela est le cas au sein de la plateforme régionale IRIS.

annexe 3 : types des sites de mesure

Les sites de mesure sont localisés selon des objectifs précis de surveillance de la qualité de l'air, définis au plan national.



sites de trafic

Les sites de trafic sont localisés près d'axes de circulation importants, souvent fréquentés par les piétons ; ils caractérisent la pollution maximale liée au trafic automobile.

préconisations de la directive 2008/50/CE sur l'implantation des sites de trafic (CO, NO₂, benzène et particules)

Le respect des valeurs limites pour la protection de la santé humaine n'est pas évalué dans les emplacements suivants : les chaussées et les terres pleins centraux excepté lorsque les piétons ont normalement accès au terre-plein central.

macro implantation :

Fournir des renseignements sur les endroits des zones et agglomérations où s'observent les plus fortes concentrations auxquelles la population est susceptible d'être directement ou indirectement exposée pendant une période significative par rapport à la période considérée pour le calcul de la ou les valeurs limites.

D'une manière générale, les points de prélèvements sont implantés de façon à éviter de mesurer les concentrations dans de très petits micro environnement se trouvant à proximité immédiate. Autrement dit un point de prélèvement doit être implanté de manière à ce que l'air prélevé soit représentatif de la qualité de l'air sur une portion d'au moins 100 mètres de long.

micro implantation :

L'orifice de la sonde de prélèvement est dégagé (libre sur un angle de 270°), aucun obstacle gênant l'arrivée d'air ne doit se trouver au voisinage de l'échantillonneur qui doit normalement être éloigné des bâtiments, balcons, arbres et autres obstacles de quelques mètres et être situé à au moins 0,5 m du bâtiment le plus proche dans le cas de points de prélèvement représentatifs de la qualité de l'air à la ligne de construction.

En règle générale, le point d'admission d'air doit être placé entre 1,5 m et 4 m au-dessus du sol.

La sonde d'entrée n'est pas placée à proximité immédiate de sources d'émissions afin d'éviter le prélèvement direct d'émissions non mélangées à l'air ambiant.

L'orifice de sortie de l'échantillonneur doit être positionnée de façon à éviter que l'air sortant ne recircule en direction de l'entrée de l'appareil.

Pour tous les polluants, les points de prélèvements doivent être distants d'au moins 25 m de la limite des grands carrefours et d'au moins 4 m du centre de la voie de circulation la plus proche.

Pour le NO₂ et le CO les entrées ne peuvent être placées à plus de 5 m de la bordure du trottoir.

Pour le benzène, les particules et le plomb, les entrées sont placées à des endroits représentatifs de la qualité de l'air à proximité de la ligne de construction mais pas à plus de 10m de la bordure du trottoir.

annexe 4 : polluants

les oxydes d'azote (NOx)

Les NOx comprennent essentiellement le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂). Ils résultent de la combinaison de l'azote et de l'oxygène de l'air à haute température. Environ 95 % de ces oxydes sont la conséquence de l'utilisation des combustibles fossiles (pétrole, charbon et gaz naturel). Le trafic routier (59 %) en est la source principale. Ils participent à la formation des retombées acides. Sous l'action de la lumière, ils contribuent à la formation d'ozone au niveau du sol (ozone troposphérique).

Le monoxyde d'azote présent dans l'air inspiré passe à travers les alvéoles pulmonaires, se dissout dans le sang où il limite la fixation de l'oxygène sur l'hémoglobine. Les organes sont alors moins bien oxygénés.

Le dioxyde d'azote pénètre dans les voies respiratoires profondes. Il fragilise la muqueuse pulmonaire face aux agressions infectieuses, notamment chez les enfants. Aux concentrations rencontrées habituellement, le dioxyde d'azote provoque une hyperréactivité bronchique chez les asthmatiques.

les particules fines (ou poussières)

Les particules ou poussières constituent en partie la fraction la plus visible de la pollution atmosphérique (fumées). Elles ont pour origine les différentes combustions, le trafic routier et les industries. Elles sont de nature très diverses et peuvent véhiculer d'autres polluants comme des métaux lourds ou des hydrocarbures. De diamètre inférieur à 10 µm (PM₁₀), elles restent plutôt en suspension dans l'air. Supérieures à 10 µm, elles se déposent, plus ou moins vite, au voisinage de leurs sources d'émission. Les particules plus fines, appelées PM_{2,5} (diamètre inférieur à 2,5 µm) pénètrent plus profondément dans les poumons. Celles-ci peuvent rester en suspension pendant des jours, voire pendant plusieurs semaines et parcourir de longues distances.

La profondeur de pénétration des particules dans l'arbre pulmonaire est directement liée à leurs dimensions, les plus grosses étant arrêtées puis éliminées au niveau du nez et des voies respiratoires supérieures. Le rôle des particules en suspension a été montré dans certaines atteintes fonctionnelles respiratoires, le déclenchement de crises d'asthme et la hausse du nombre de décès pour cause cardio-vasculaire ou respiratoire, notamment chez les sujets sensibles (enfants, bronchitiques chroniques, asthmatiques...).

Certains hydrocarbures aromatiques polycycliques portés par les particules rejetées par les véhicules sont classés comme probablement cancérogènes chez l'homme.

les composés organiques volatils (COV)

Ils englobent des composés organiques gazeux que l'on rencontre dans l'atmosphère, dont les principaux sont des hydrocarbures.

Les trois sources principales sont le trafic routier (39 %), l'utilisation industrielle ou domestique de peinture, vernis, colle, etc, dont les solvants s'évaporent au cours du séchage, et l'évaporation à partir du stockage d'hydrocarbures. Avec les oxydes d'azote et le monoxyde de carbone, ils contribuent à la formation d'ozone troposphérique.

Les BTEX (appellation regroupant le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et les xylènes) sont des hydrocarbures monocycliques (HAM) constitués d'un seul cycle benzénique. Les BTEX entrent dans la composition des carburants des réservoirs ou des stations services.

Les effets des COV sont très variables selon le polluant considéré.

Ils sont à l'origine de la formation des photooxydants tels que l'ozone, lui-même responsable de gêne respiratoire chez l'homme. Les COV peuvent aussi directement provoquer des irritations sensorielles (hydrocarbures et formaldéhydes). Des manifestations plus sévères telles que les troubles cardiaques (toluène, chloroforme) et digestifs ou les effets cancérogènes (benzène) et mutagènes, sont liés à des expositions chroniques ou intenses enregistrées dans le passé dans certaines ambiances de travail. Les concentrations relevées dans l'environnement sont très inférieures à ces atmosphères et n'entraînent pas d'expositions aiguës.

le monoxyde de carbone (CO)

Ce gaz provient des combustions incomplètes. Il est émis en grande partie (59 %) par le trafic routier. Le chauffage urbain, collectif ou individuel, vient en deuxième position avec 21 % des émissions. Dans l'atmosphère, il se combine en partie et à moyen terme avec l'oxygène pour former du dioxyde de carbone (CO₂). On le rencontre essentiellement au niveau du sol à proximité des sources d'émission. Il participe avec les oxydes d'azote et les composés organiques volatils, à la formation d'ozone troposphérique.

Le CO est dangereux car non décelable. Son effet toxique se manifeste à de très faibles concentrations en exposition prolongée. Le CO est principalement un poison sanguin. Il se fixe à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine du sang conduisant à un manque d'oxygénation du système nerveux, du cœur et des vaisseaux sanguins. Les premiers symptômes de l'intoxication sont les seuls signaux d'alarme : maux de tête, une vision floue, des malaises légers, des palpitations. Si les concentrations de CO sont élevées, l'intoxication se traduit par des nausées, des vomissements, des vertiges ou, plus grave, un évanouissement puis la mort. La gravité de l'intoxication dépend de la quantité de CO fixé par l'hémoglobine. Elle est donc liée à plusieurs facteurs : la concentration de CO dans l'air, la durée d'exposition et le volume respiré.

annexe 5 : sources des émissions de polluants à Rezé et Laval

Air Pays de la Loire a élaboré un inventaire (BASEMIS®) des émissions de polluants, de gaz à effet de serre et des consommations énergétiques pour l'année 2008. BASEMIS® couvre les Pays de la Loire avec une résolution communale.

Les résultats présentés ci-dessous concernent la description des secteurs à l'origine des émissions d'oxydes d'azote (NOx), de particules PM10, du monoxyde de carbone et du benzène, polluants étudiés dans le cadre de cette étude sur le territoire de la ville de Laval et Rezé.

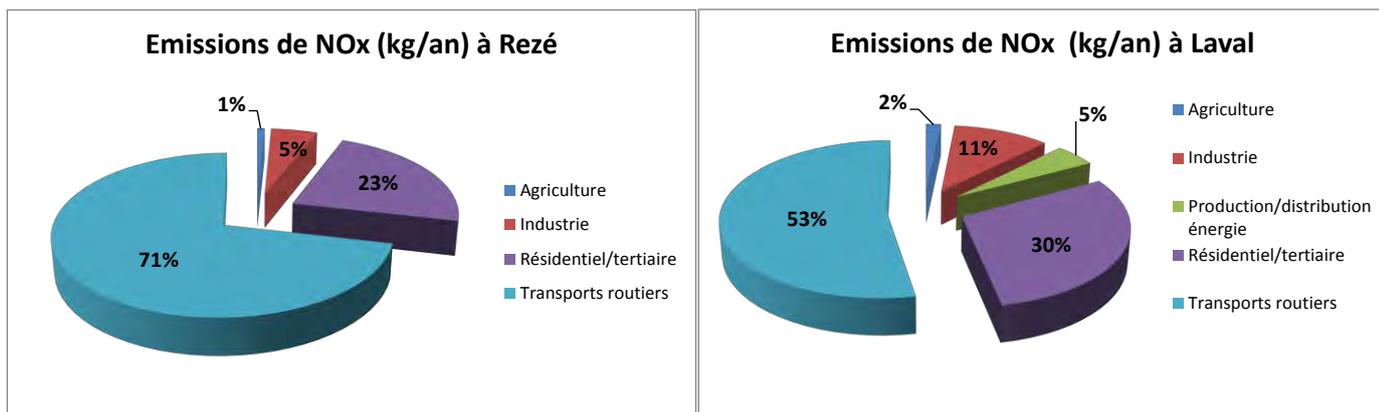


Figure 30 : origine des émissions d'oxyde d'azote (NOx) à Rezé et Laval pour l'année 2008

L'origine des émissions en oxyde d'azote (NOx) sur les deux agglomérations en 2008 a concerné majoritairement le transport routier (71 % à Rezé et 53 % à Laval), puis le secteur résidentiel-tertiaire (23 % à Rezé et 30 % à Laval) et l'industrie (5 et 11 % respectivement).

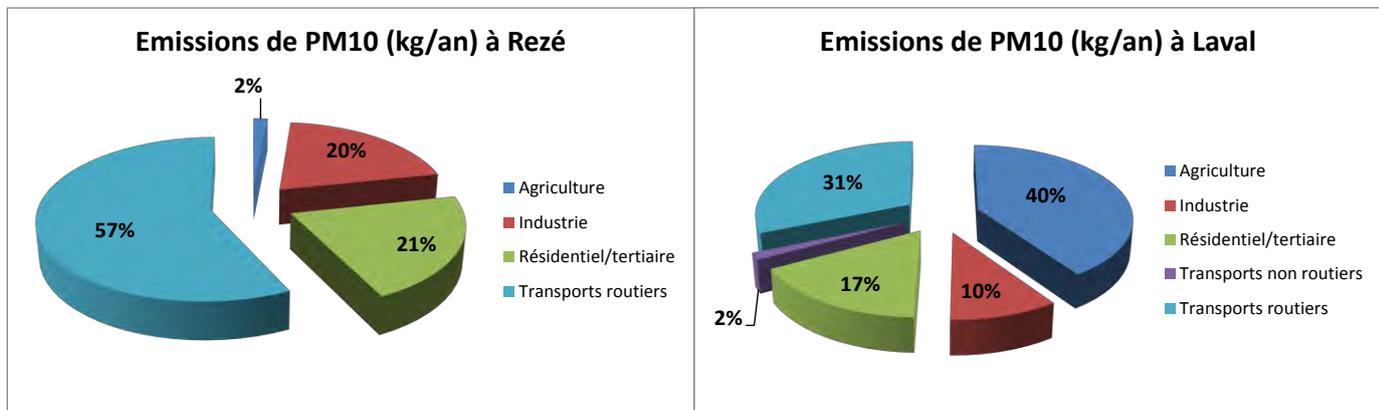


Figure 31 : origine des émissions de particules fines (PM10) à Rezé et Laval pour l'année 2008

Concernant les émissions de particules fines (PM10) à Rezé, le secteur du transport routier est le principal émetteur de PM10 (57 %), devant le secteur résidentiel-tertiaire (21 %) et l'agriculture (20 %). A Laval, c'est le secteur agricole qui est le principal émetteur de particules fines (40%), puis le secteur du transport routier (31%), le secteur résidentiel tertiaire (17%) et l'industrie (10%).

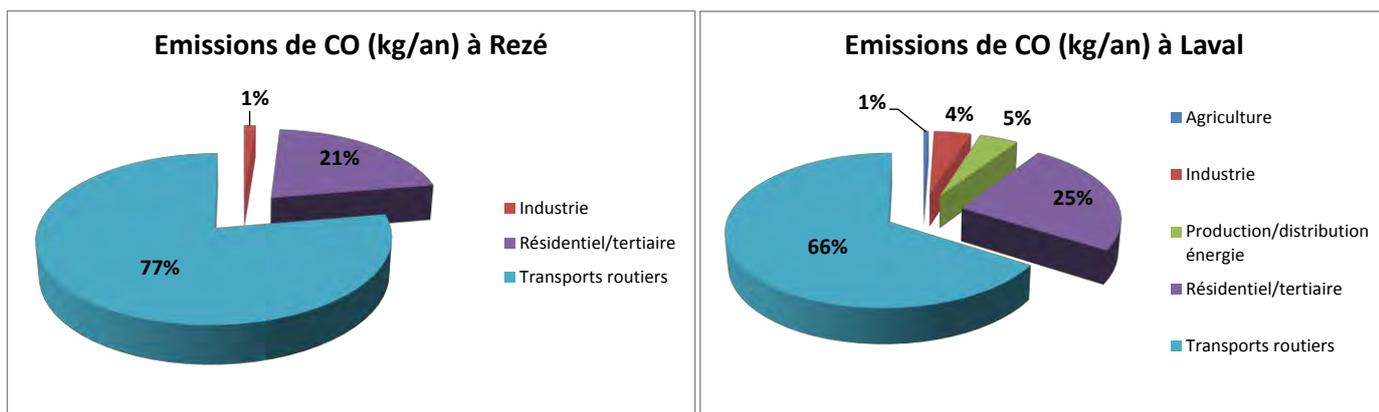


Figure 32 : origine des émissions de monoxyde de carbone à Rezé et Laval pour l'année 2008

Pour le monoxyde de carbone, le secteur des transports routiers est le principal émetteur de dioxyde de soufre (77 % à Rezé et 66% à Laval). Le 2^{ème} poste d'émissions concerne le secteur résidentiel et tertiaire (21 % à Rezé et 25% à Laval).

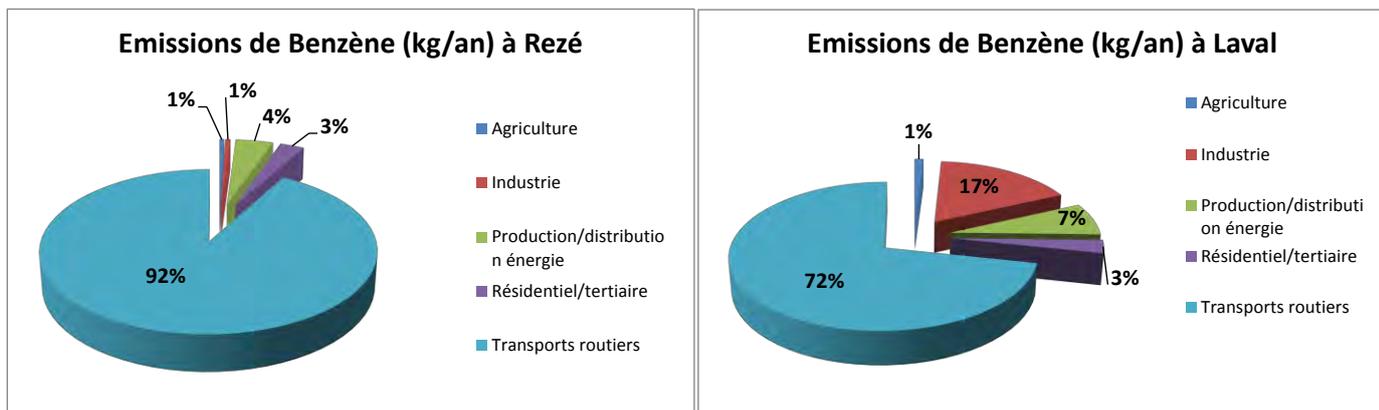


Figure 33 : origine des émissions de benzène à Rezé et Laval pour l'année 2008

Enfin pour le benzène, le secteur des transports routiers est le principal émetteur de benzène dans les deux agglomérations (92% à Rezé et 72% à Laval).

annexe 6 : évolution temporelle des niveaux de pollution

Les graphiques ci-après représentent l'évolution temporelle des niveaux de polluants en 2011, sur les sites de trafic étudiés lors de la campagne de mesure. Pour comparaison, l'évolution des niveaux de polluants enregistrés sur les autres sites de trafic surveillés depuis quelques années est également présentée.

évolution journalière

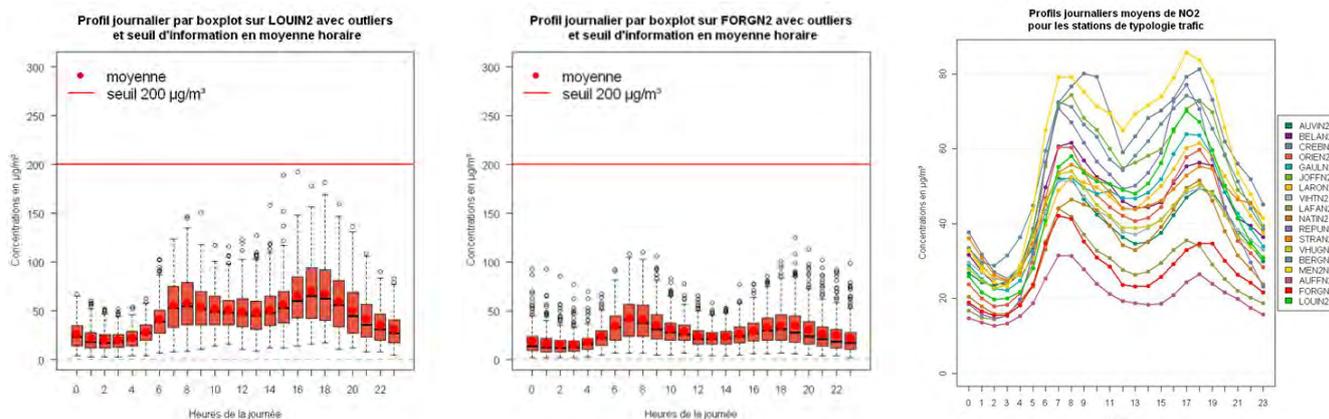


Figure 34 : profil journalier en NO₂ par boxplots sur les sites de trafic à Laval (LOUIN₂) et Rezé (FORGN₂) et profils journaliers des sites de trafic

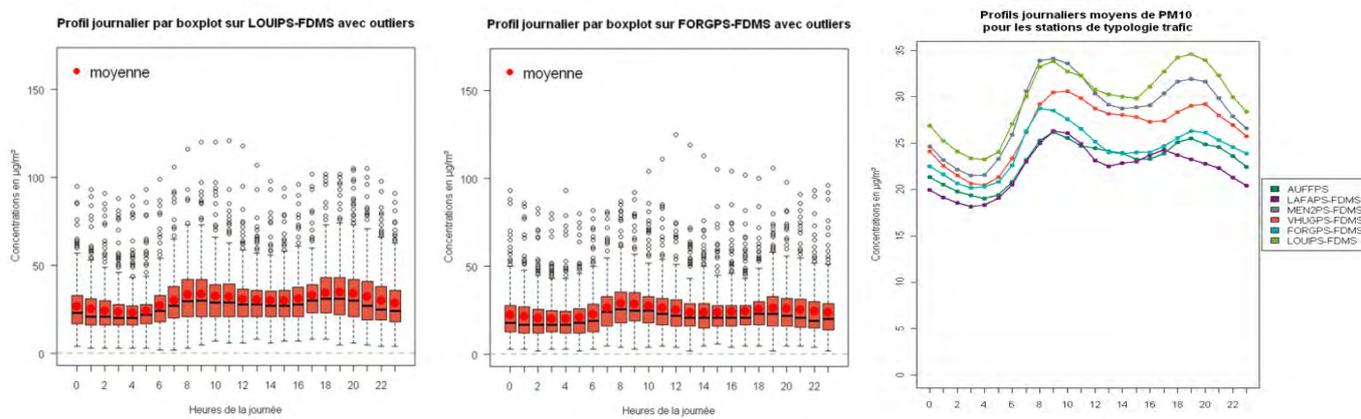


Figure 35 : profil journalier en PM₁₀ par boxplots sur les sites de trafic à Laval (LOUIPS) et Rezé (FORGPS) et profils journaliers des sites de trafic

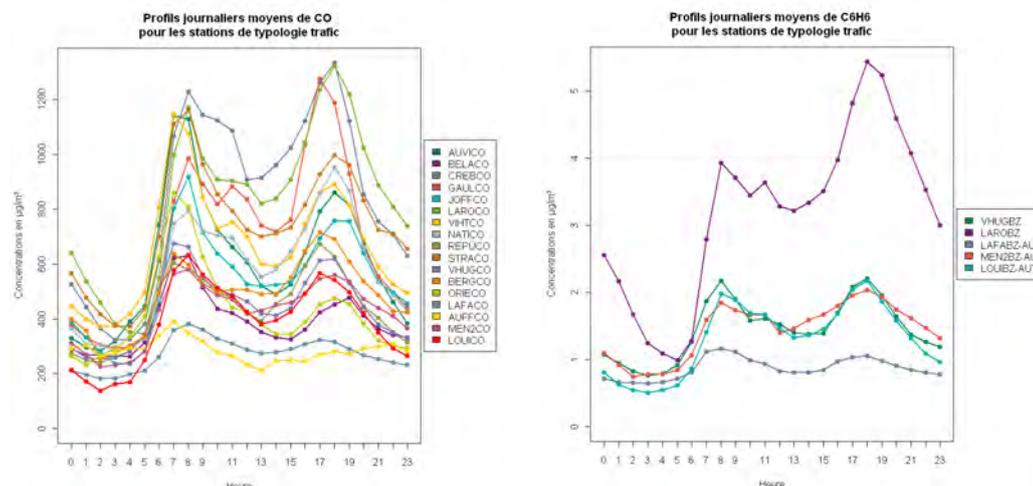


Figure 36 : profils moyens journaliers en monoxyde de carbone à Laval et Rezé (LOUICO et FORGCO) et en Benzène (LOUIBZ) et sur d'autres sites de trafic depuis 2005

Les cycles journaliers se caractérisent par 2 hausses des niveaux de polluants :

- le matin, lors de la pointe du trafic routier du aux déplacements domicile-travail ainsi qu’aux conditions météorologiques matinales (température, inversion de température...) peu favorables à la dispersion des polluants ;
- le soir, en corrélation avec l’heure de pointe de trafic.

Les niveaux de pointe en oxydes d’azote mesurés Cours de la Résistance à Laval sont plus élevés que ceux rue Jean Jaurès à Rezé.

Les profils journaliers pour les oxydes d’azote et en monoxyde carbone sont plus marqués que pour les particules PM10 et de benzène.

D’une façon générale, une tendance à la diminution des moyennes annuelles est observable concernant les concentrations en dioxyde d’azote à proximité du trafic, comme le montre la figure suivante :

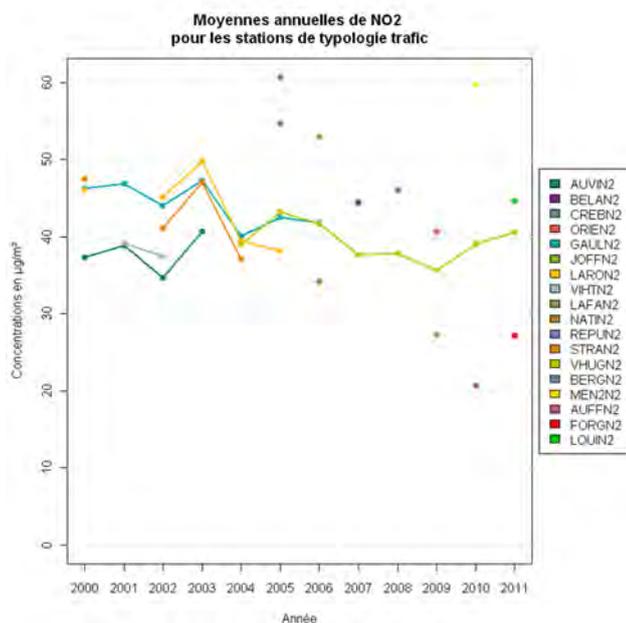


Figure 37 : historique des moyennes annuelles de NO2 enregistrées sur les sites de trafic de 2000 à 2011

évolution hebdomadaire

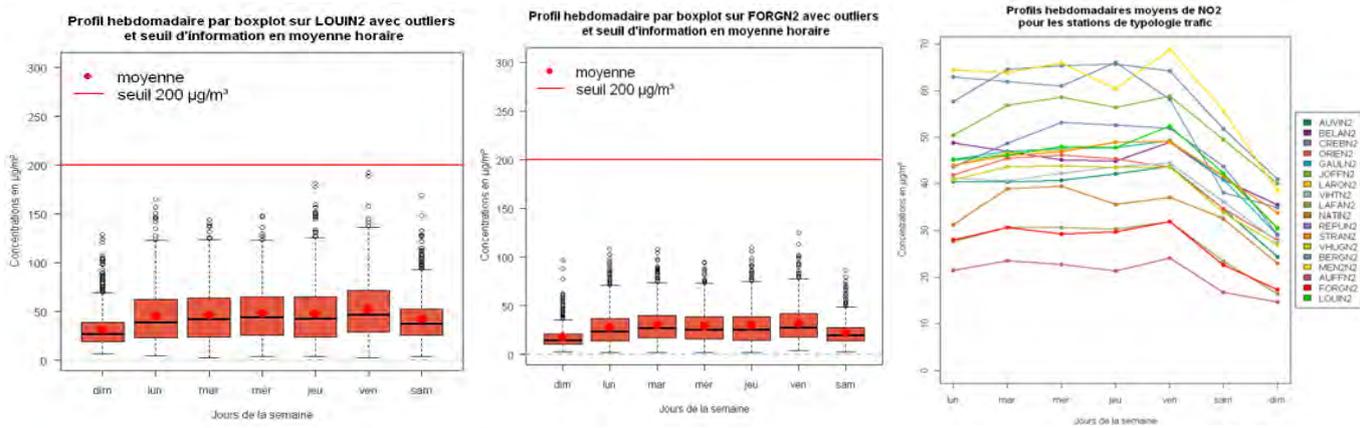


Figure 38 : profil hebdomadaire en NO₂ par boxplots sur les sites de trafic à Laval (LOUIN₂) et Rezé (FORGN₂) et profils hebdomadaires en NO₂ des sites de trafic

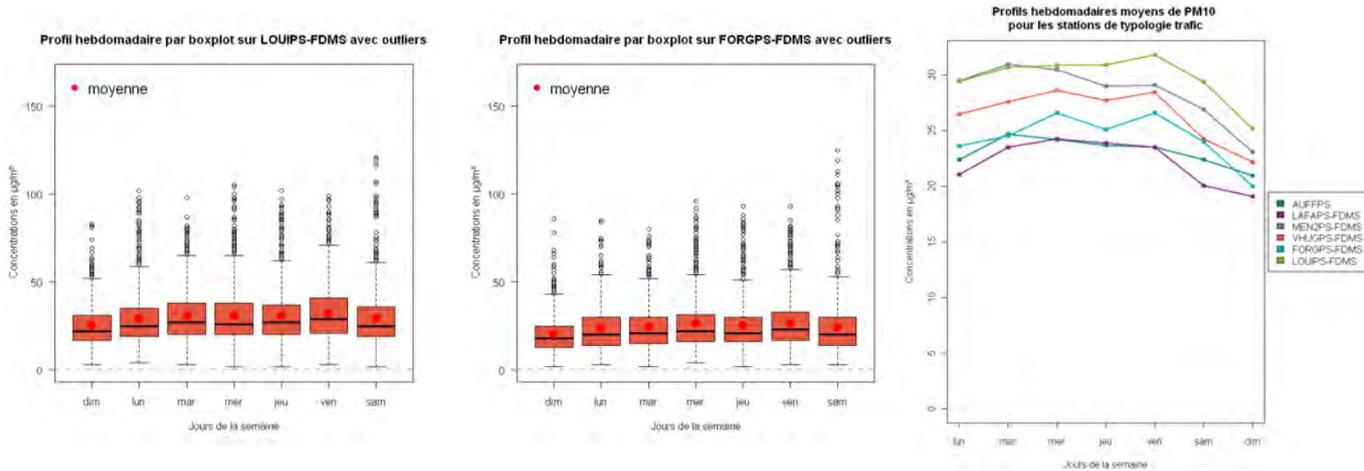


Figure 39 : profil hebdomadaire des niveaux PM₁₀ sur les sites de trafic à Laval (LOUIPS) et Rezé (FORGPS) et profils hebdomadaires en PM₁₀ des sites de trafic

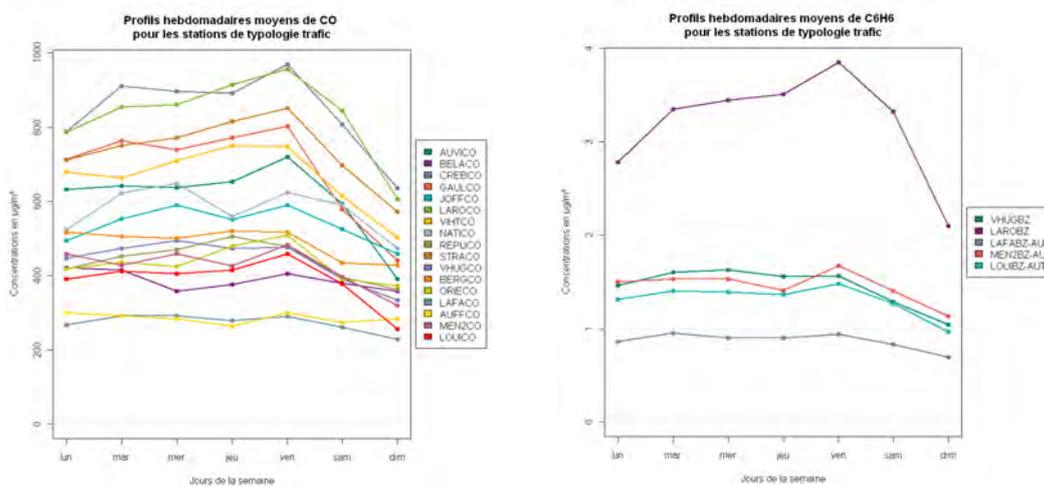


Figure 40 : profils moyens hebdomadaires en monoxyde de carbone à Laval et Rezé (LOUICO et FORGCO) et en Benzène à Laval (LOUISBZ) et sur d'autres sites de trafic

Pour l'ensemble des polluants, le même type d'évolution se profile avec des niveaux plus élevés en jours ouvrés que le week-end. Ces évolutions des niveaux de pollution sont à rapprocher des variations du trafic automobile au cours de la semaine.

évolution mensuelle

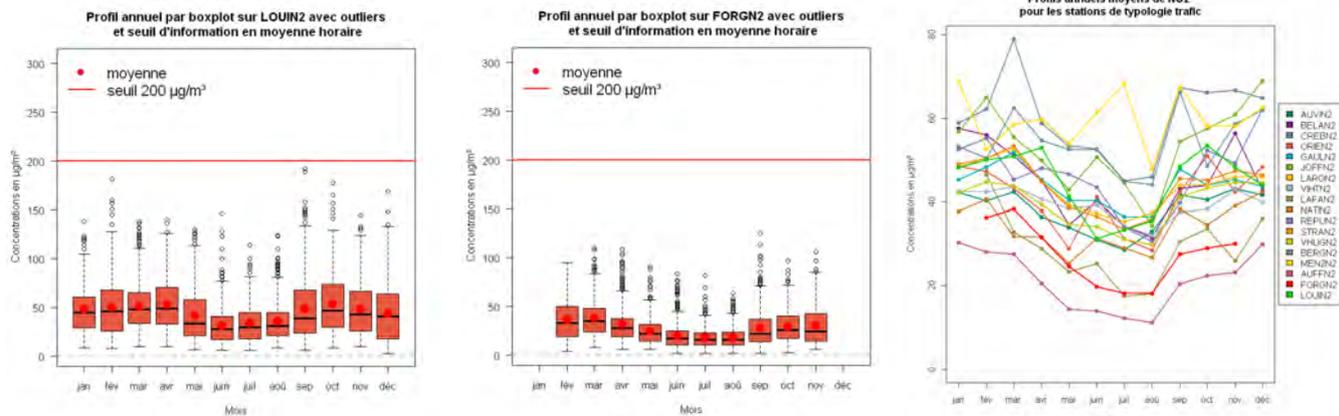


Figure 41 : profil moyen annuel en NO₂ sur les sites de trafic à Laval (LOUIN₂) et Rezé (FORGN₂) et profils annuels des sites de trafic

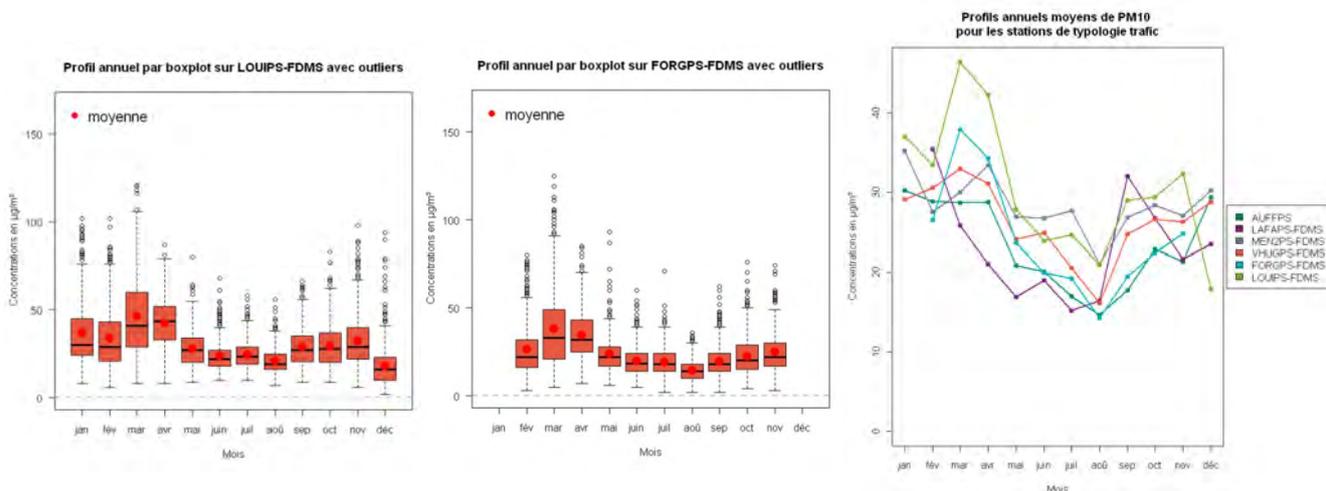


Figure 42 : profil moyen annuel en PM₁₀ sur les sites de trafic à Laval (LOUIPS) et Rezé (FORGPS) et profils annuels des sites de trafic

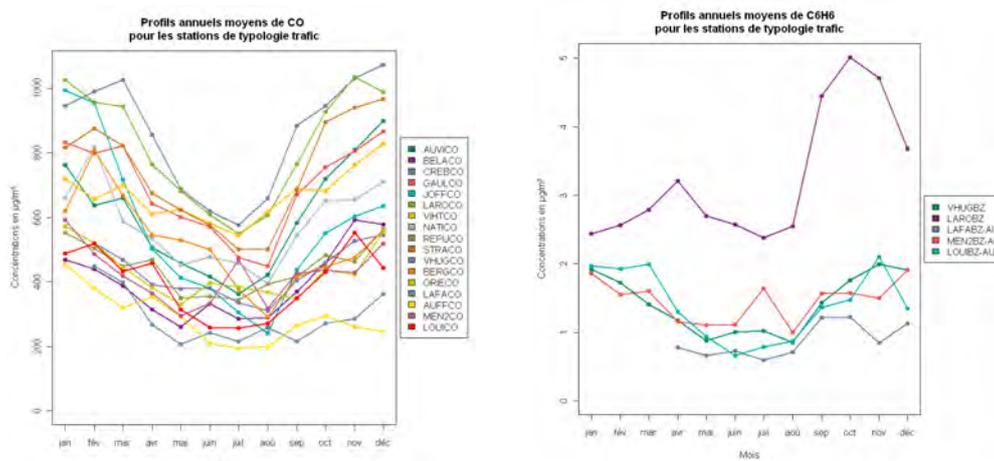


Figure 43 : profils moyens annuels en monoxyde de carbone à Laval et Rezé (LOUICO et FORGCO) et en Benzène à Laval (LOUBZ) et sur d'autres sites de trafic

Pour l'ensemble des polluants, l'évolution annuelle se traduit par des niveaux mensuels plus élevés l'hiver que l'été, en lien avec des conditions météorologiques moins dispersives et des émissions polluantes plus importantes en période hivernale (démarrage à froid des moteurs, chauffage...).

Dans le cas du dioxyde d'azote, les situations de fort ensoleillement de la période estivale conduisent à abaisser les niveaux en situation de fond.

annexe 7 : représentativité des niveaux de pollution

La représentativité des niveaux de pollution mesurés lors des campagnes de mesure en 2011 a été examinée pour les données issues d’analyseurs du site de trafic situé rue Jean Jaurès dont le taux de fonctionnement est inférieur aux recommandations réglementaires (90%). Cet examen permet d’évaluer si les niveaux enregistrés lors des campagnes de mesure peuvent être comparés aux seuils réglementaires établis à l’échelle annuelle.

Compte tenu de la faiblesse des teneurs en benzène enregistrées en 2011 Cours de la Résistance, ces mesures n’ont pas été poursuivies en 2012. Les mesures de benzène enregistrées au niveau du Cours de la Résistance à Laval en 2012 n’ont donc pas été considérées.

Année	Site de mesure	NO ₂	CO	PM ₁₀	C ₆ H ₆
2011	Cours de la Résistance à Laval	94,5%	92%	90,8%	72,3%
	Rue Jean Jaurès à Rezé	78%	71,4%	77%	-
2012	Cours de la Résistance à Laval	96,8%	92,6%	87,4%	-

Tableau 5 : taux de fonctionnement des appareils automatiques

Le site de trafic du boulevard Victor Hugo et la station urbaine de Bouteillerie à Nantes servent de référence.

Les niveaux sont comparés aux niveaux mesurés durant l’année civile 2011 et durant la période de mesure du site de mesure à Rezé (du 1^{er} février au 17 novembre 2011).

données NO₂

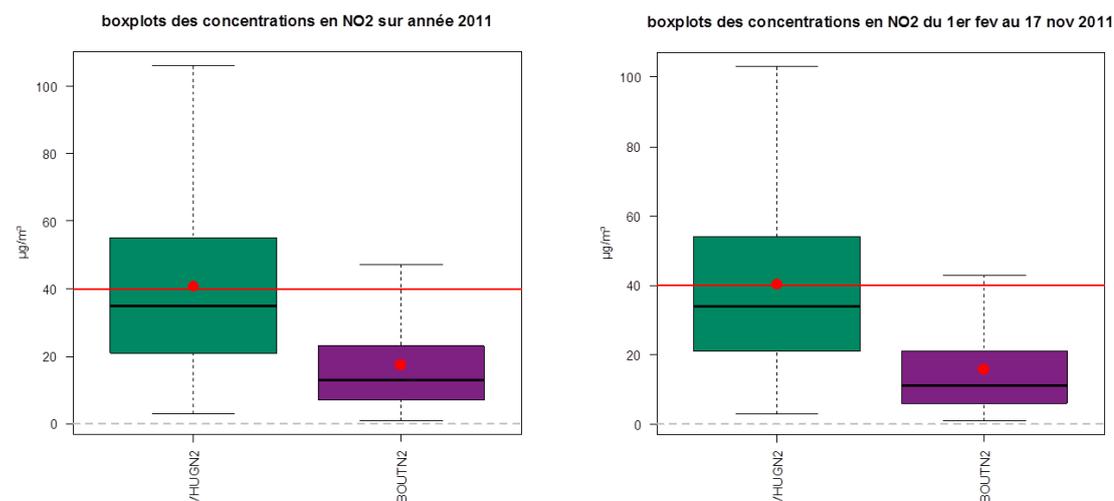


Figure 44 : distribution des concentrations en NO₂ sur une année civile et du 1er février au 17 novembre

données PM₁₀

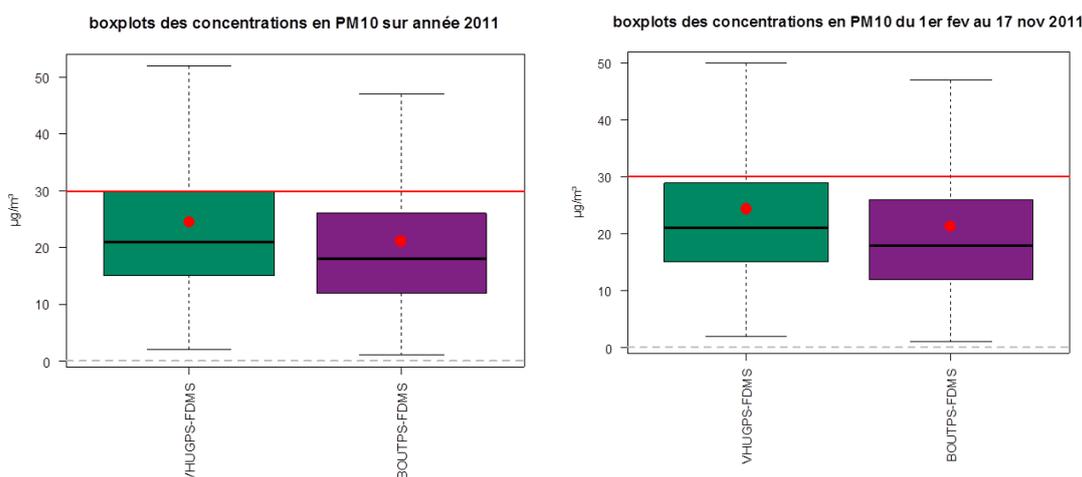


Figure 45 : distribution des concentrations en NO₂ sur une année civile et du 1er février au 17 novembre

BOUTEILLERIE	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 01/02/11 au 17/11/11	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) année 2011	Δ(%)
NO₂	15,67	17,24	-9%
PM₁₀	21,31	21,14	0,8%
VICTOR HUGO	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 01/02/11 au 17/11/11	Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) année 2001	Δ (%)
NO₂	40,12	40,66	-1,3%
PM₁₀	24,3	24,43	-0,5%

Au niveau du Boulevard Victor Hugo et du Cimetière de la Bouteillerie, les niveaux moyens mesurés durant la période de mesure à Rezé (1^{er} février au 17 novembre 2011) sont inférieurs de 0,5 à 9%, hormis pour les particules fines PM₁₀ sur le site de Bouteillerie, où le niveau moyen est identique (0,8%).

A l'exception des mesures de NO₂ à Bouteillerie (-9%), l'écart apparaît minime pour les mesures de particules sur les deux sites et de dioxyde d'azote à Victor Hugo. La pollution enregistrée sur les deux sites de mesure durant la période de mesure du 1^{er} février au 17 novembre 2011, est considérée comme présentant une représentativité satisfaisante de la pollution annuelle, bien que légèrement sous-estimée pour le NO₂ à Bouteillerie.

annexe 8 : seuils de qualité de l'air 2011

TYPE DE SEUIL (µg/m ³)	DONNÉE DE BASE	POLLUANT												
		Ozone	Dioxyde d'azote	Oxydes d'azote	Poussières (PM10)	Poussières (PM2,5)	Plomb	Benzène	Monoxyde de carbone	Dioxyde de soufre	Arsenic	Cadmium	Nickel	Benzo(a)pyrène
décret 2010-1250 du 21/10/2010														
valeurs limites	moyenne annuelle	-	40	30 ⁽¹⁾	40	28 ⁽²⁾	0,5	5	-	20 ⁽³⁾	-	-	-	-
	moyenne hivernale	-	-	-	-	-	-	-	-	20 ⁽³⁾	-	-	-	-
	moyenne journalière	-	-	-	50 ⁽³⁾	-	-	-	-	125 ⁽⁴⁾	-	-	-	-
	moyenne 8-horaire maximale du jour	-	-	-	-	-	-	-	10 000	-	-	-	-	-
	moyenne horaire	-	200 ⁽⁵⁾	-	-	-	-	-	-	350 ⁽⁶⁾	-	-	-	-
seuils d'alerte	moyenne horaire	240 ⁽⁷⁾ 1 ^{er} seuil : 240 ⁽⁸⁾ 2 ^{ème} seuil : 300 ⁽⁸⁾ 3 ^{ème} seuil : 360	400 ⁽⁸⁾ 200 ⁽⁹⁾	-	-	-	-	-	-	500 ⁽⁸⁾	-	-	-	-
	moyenne 24-horaire	-	-	-	125 80 ⁽¹⁰⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-
seuils de recommandation et d'information	moyenne horaire	180	200	-	-	-	-	-	-	300	-	-	-	-
	moyenne 24-horaire	-	-	-	80 50 ⁽¹¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-
objectifs de qualité	moyenne annuelle	-	40	-	30	10	0,25	2	-	50	-	-	-	-
	moyenne journalière	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽¹¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moyenne horaire	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AOT 40	6000 ⁽¹²⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
valeurs cibles	AOT 40	18 000 ⁽¹³⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moyenne annuelle	-	-	-	-	20	-	-	-	-	0,005 ⁽¹⁴⁾	0,005 ⁽¹⁵⁾	0,02 ⁽¹⁵⁾	0,001 ⁽¹⁵⁾
	moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽¹⁴⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- (1) pour la protection de la végétation
- (2) valeur intégrant la marge de tolérance applicable en 2011 : 3 (valeur applicable à compter du 01/01/2015 : 25)
- (3) à ne pas dépasser plus de 35j par an (percentile 90,4 annuel)
- (4) à ne pas dépasser plus de 3j par an (percentile 99,2 annuel)
- (5) à ne pas dépasser plus de 18h par an (percentile 99,8 annuel)
- (6) à ne pas dépasser plus de 24h par an (percentile 99,7 annuel)
- (7) pour une protection sanitaire pour toute la population, en moyenne horaire
- (8) dépassé pendant 3h consécutives

- (9) si la procédure de recommandation et d'information a été déclenchée la veille et le jour même et que les prévisions font craindre un nouveau risque de déclenchement pour le lendemain
- (10) opérationnel à partir de la mise en application de l'arrêté prévu en octobre 2011
- (11) pour la protection de la santé humaine : maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, calculé sur une année civile
- (12) calculé à partir des valeurs enregistrées sur 1 heure de mai à juillet
- (13) en moyenne sur 5 ans, calculé à partir des valeurs enregistrées sur 1 heure de mai à juillet
- (14) pour la protection de la santé humaine : maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, à ne pas dépasser plus de 25 j par an en moyenne sur 3 ans
- (15) à compter du 31 décembre 2012

valeur limite : niveau maximal de pollution atmosphérique, fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution pour la santé humaine et/ou l'environnement.

seuil d'alerte : niveau de pollution atmosphérique au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement et à partir duquel des mesures d'urgence doivent être prises.

seuil de recommandation et d'information : niveau de pollution atmosphérique qui a des effets limités et transitoires sur la santé en cas d'exposition de courte durée et à partir duquel une information de la population est susceptible d'être diffusée.

objectif de qualité : niveau de pollution atmosphérique fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution pour la santé humaine et/ou l'environnement, à atteindre dans une période donnée.

valeur cible : niveau de pollution fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée.

annexe 9 : seuils de qualité de l'air 2012

TYPE DE SEUIL (µg/m³)	DONNÉE DE BASE	POLLUANT												
		Ozone	Dioxyde d'azote	Oxydes d'azote	Poussières (PM10)	Poussières (PM2.5)	Plomb	Benzène	Monoxyde de carbone	Dioxyde de soufre	Arsenic	Cadmium	Nickel	Benzo(a) pyrène
décret 2010-1250 du 21/10/2010														
valeurs limites	moyenne annuelle	-	40	30 ⁽¹⁾	40	27 ⁽²⁾	0,5	5	-	20 ⁽⁴⁾	-	-	-	-
	moyenne hivernale	-	-	-	-	-	-	-	-	20 ⁽⁴⁾	-	-	-	-
	moyenne journalière	-	-	-	50 ⁽³⁾	-	-	-	-	125 ⁽⁴⁾	-	-	-	-
	moyenne 8-horaire maximale du jour	-	-	-	-	-	-	-	10 000	-	-	-	-	-
	moyenne horaire	-	200 ⁽⁵⁾	-	-	-	-	-	-	350 ⁽⁶⁾	-	-	-	-
seuils d'alerte	moyenne horaire	240 ⁽⁷⁾ 1 ^{er} seuil : 240 ⁽⁸⁾ 2 ^{ème} seuil : 300 ⁽⁸⁾ 3 ^{ème} seuil : 360	400 ⁽⁸⁾ 200 ⁽⁹⁾	-	-	-	-	-	-	500 ⁽⁸⁾	-	-	-	-
	moyenne 24-horaire	-	-	-	80 ⁽¹⁰⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-
seuils de recommandation et d'information	moyenne horaire	180	200	-	-	-	-	-	-	300	-	-	-	-
	moyenne 24-horaire	-	-	-	50 ⁽¹⁰⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-
objectifs de qualité	moyenne annuelle	-	40	-	30	10	0,25	2	-	50	-	-	-	-
	moyenne journalière	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽¹¹⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moyenne horaire	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	AOT 40	6000 ⁽¹¹⁾⁽¹²⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
valeurs cibles	AOT 40	18 000 ⁽¹¹⁾⁽¹³⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	moyenne annuelle	-	-	-	-	20	-	-	-	-	0,006 ⁽¹⁵⁾	0,005 ⁽¹⁵⁾	0,02 ⁽¹⁵⁾	0,001 ⁽¹⁵⁾
	moyenne 8-horaire maximale du jour	120 ⁽¹⁴⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- (1) pour la protection de la végétation
- (2) valeur intégrant la marge de tolérance applicable en 2012 : 2 (valeur applicable à compter du 01/01/2015 : 25)
- (3) à ne pas dépasser plus de 35j par an (percentile 90,4 annuel)
- (4) à ne pas dépasser plus de 3j par an (percentile 99,2 annuel)
- (5) à ne pas dépasser plus de 18h par an (percentile 99,8 annuel)
- (6) à ne pas dépasser plus de 24h par an (percentile 99,7 annuel)
- (7) pour une protection sanitaire pour toute la population, en moyenne horaire
- (8) dépassé pendant 3h consécutives

- (9) si la procédure de recommandation et d'information a été déclenchée la veille et le jour même et que les prévisions font craindre un nouveau risque de déclenchement pour le lendemain
- (10) à compter du 1^{er} janvier 2012
- (11) pour la protection de la santé humaine : maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, calculé sur une année civile
- (12) calculé à partir des valeurs enregistrées sur 1 heure de mai à juillet
- (13) en moyenne sur 5 ans, calculé à partir des valeurs enregistrées sur 1 heure de mai à juillet
- (14) pour la protection de la santé humaine : maximum journalier de la moyenne sur 8 heures, à ne pas dépasser plus de 25 j par an en moyenne sur 3 ans
- (15) à compter du 31 décembre 2012

valeur limite : niveau maximal de pollution atmosphérique, fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution pour la santé humaine et/ou l'environnement.

seuil d'alerte : niveau de pollution atmosphérique au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement et à partir duquel des mesures d'urgence doivent être prises.

seuil de recommandation et d'information : niveau de pollution atmosphérique qui a des effets limités et transitoires sur la santé en cas d'exposition de courte durée et à partir duquel une information de la population est susceptible d'être diffusée.

objectif de qualité : niveau de pollution atmosphérique fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de la pollution pour la santé humaine et/ou l'environnement, à atteindre dans une période donnée.

valeur cible : niveau de pollution fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans la mesure du possible sur une période donnée.

bibliographie

- [1] Air Pays de la Loire. Mesure de la qualité de l'air en proximité automobile (rue Crébillon - quai de la Fosse à Nantes) - rapport final. 2005.
- [2] Air Pays de la Loire. Evaluation de la qualité de l'air en proximité automobile à Nantes et Cholet durant l'année 2006 - rapport final. 2006.
- [3] Air Pays de la Loire. Mesure de la qualité de l'air en proximité automobile durant l'année 2007 rue Paul Bellamy à Nantes, rapport final. 2007.
- [4] Air Pays de la Loire. Mesure de la qualité de l'air en proximité automobile avenue de la République à St-Nazaire durant l'année 2008, rapport final. 2008.
- [5] Air Pays de la Loire. Evaluation de la qualité de l'air en proximité automobile bd Orioux à Nantes et rue Lafayette à La Roche-sur-Yon. 2009.
- [6] Air Pays de la Loire. Evaluation de la qualité de l'air en proximité automobile avenue mendès France au Mans et boulevard Léon Blum (N171) à Trignac, rapport final 2010
- [7] H. Hervé Plaisance, A. Pennequin, N. Locoge, and T. Leonardis. Programme d'évaluation du tube Radiello pour la mesure des BTEX - Etude n°7, 2004.
- [8] H. Plaisance, A. Pennequin, N. Locoge, and T. Leonardis. Etude des performances en chambre d'exposition du tube Radiello pour la mesure des BTEX, 2002.
- [9] A. Pennequin-Cardinala, H. Plaisance, N. Locogea, O. Ramalhob, S. Kirchnerb, and J.C. Galloo. Dependence on sampling rates of Radiello® diffusion sampler for BTEX measurements with the concentration level and exposure time. *Talanta*, 65:1233–1240, 2005.
- [10] I. Zdanevitch. Mesure des BTEX par tubes passifs : étude sur site et mesures en chambre d'exposition, 2003.
- [11] INERIS. Exposition par inhalation au benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes (BTEX) dans l'air - Sources, mesures et concentrations, 2004.
- [12] ASPA, Evaluation de la qualité de l'air en proximité des axes autoroutiers alsaciens gérés par la DIR Est, 2011
- [13] Bilan de qualité de l'air en France en 2011- Direction Générale de l'Energie et du Climat du MEDDE

glossaire

abréviations

Aasqa	Association agréée de surveillance de la qualité de l'air
BTX	benzène, toluène, xylènes
CO	monoxyde de carbone
COV	composés organiques volatils
CSHPF	Conseil supérieur d'hygiène publique de France
Dreal	Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement
Medde	Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie
NO	monoxyde d'azote
NO ₂	dioxyde d'azote
NOx	oxydes d'azote (= dioxyde d'azote + monoxyde d'azote)
OMS	Organisation mondiale de la santé
PM ₁₀	particules en suspension de diamètre aérodynamique inférieur à 10 µm
PSQA	programme de surveillance de la qualité de l'air
µg	microgramme (= 1 milliardième de gramme)

définitions

année civile	période allant du 1 ^{er} janvier au 31 décembre
AOT ₄₀	somme des différences entre les moyennes horaires supérieures à 80 µg/m ³ et 80 µg/m ³ , calculée sur l'ensemble des moyennes horaires mesurées entre 8 h et 20 h de mai à juillet
heure TU	heure exprimée en Temps Universel (= heure solaire)
hiver	période allant du 1 ^{er} octobre au 31 mars
moyenne 8-horaire	moyenne sur 8 heures
percentile x	niveau de pollution respecté par x % des données de la série statistique considérée
taux de représentativité	pourcentage de données valides sur une période considérée
valeur cible	niveau de pollution fixé dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement, à atteindre là dans la mesure du possible sur une période donnée

airpays de la loire

7, allée Pierre de Fermat – CS 70709 – 44307 Nantes cedex 3

Tél + 33 (0)2 28 22 02 02

Fax + 33 (0)2 40 68 95 29

contact@airpl.org

