

Protection de l'air Surveillance de la pollution atmosphérique

Mesure du dioxyde d'azote au moyen de capteurs passifs

Rapport 2016



ETAT DE FRIBOURG
STAAT FREIBURG

Service de l'environnement SEn
Amt für Umwelt AfU

Direction de l'aménagement, de l'environnement et des constructions **DAEC**
Raumplanungs-, Umwelt- und Baudirektion **RUBD**

Table des matières

1	Introduction	3	3	Vue d'ensemble de toutes les mesures depuis 1997	12
1.1	Le dioxyde d'azote	3			
1.2	Valeurs limites d'immission	3			
1.3	La méthode de mesure	4			
2	Evolution du dioxyde d'azote de 1997 à 2016	5	4	Explications concernant la caractérisation des sites de mesure	13
2.1	Agglomération fribourgeoise, emplacements exposés au trafic	5			
2.2	Agglomération fribourgeoise, concentration de fond	7			
2.3	Agglomération bulloise	8			
2.4	Centres régionaux	9			
2.5	Situation rurale, concentration de fond	10			
2.6	Comparaison entre les moyennes 2015 et 2016	10			
2.7	Évolution générale des moyennes annuelles depuis 1997	11			
2.8	Conclusion	11			
			5	Correction des capteurs passifs	14
			6	Remerciements	15

1 Introduction

Conformément à l'article 27 de l'ordonnance fédérale du 16 décembre 1985 sur la protection de l'air (OPair), le Service de l'environnement (SEn) procède à des mesures de la qualité de l'air dans l'ensemble du canton. Il exploite actuellement un réseau de mesure composé d'une station fixe permanente et de deux stations mobiles. Chacune de ces stations permet la mesure en continu de plusieurs polluants : le monoxyde d'azote, le dioxyde d'azote, l'ozone, ainsi que les poussières fines. A cela s'ajoute un nombre important de paramètres météorologiques. Les mesures pour l'anhydride sulfureux ont cessé à fin 2012.

Pour le dioxyde d'azote – un des polluants principaux dans les villes – le Service a mis en place un second réseau de surveillance en 1989. Constitué de capteurs passifs, ce réseau mesure la concentration en dioxyde d'azote en de nombreux emplacements. Les résultats de ces mesures font l'objet du présent rapport.

1.1 Le dioxyde d'azote

Le dioxyde d'azote (NO₂) est un gaz toxique qui dégage une odeur piquante. C'est un polluant secondaire. Il se forme à partir du monoxyde d'azote (NO), issu principalement de la combustion d'énergies fossiles, qui réagit chimiquement avec une substance oxydante telle que l'ozone (O₃).

Dans le canton de Fribourg, les émissions ¹ d'oxydes d'azote (NO et NO₂) proviennent en grande partie du trafic routier. La contribution du trafic aux émissions totales a diminué depuis l'introduction du catalyseur pour les voitures à essence. Les émissions du trafic routier sont aujourd'hui dominées par les voitures à moteur diesel. La cause en est l'augmentation du nombre de ces véhicules et le fait qu'un équipement pour réduire les émissions en oxydes d'azote n'a pas encore été imposé pour ces voitures.

Les plus hautes concentrations de monoxyde et de dioxyde d'azote sont observées aux alentours des axes routiers. Les moyennes annuelles maximales en dioxyde d'azote peuvent atteindre aujourd'hui 40 µg/m³ ² à proximité des routes à fort trafic ; elles se situent entre 15 et 35 µg/m³ dans les agglomérations et en dessous de 10 µg/m³ dans les régions rurales éloignées de toute source d'émission.

1.2 Valeurs limites d'immission

S'il est établi ou à prévoir que, malgré les limitations préventives d'émissions, des immissions ³ excessives sont ou seront occasionnées, l'autorité cantonale est tenue d'élaborer un [plan de mesures](#) pour réduire ces atteintes ou pour y remédier (articles 31 à 34 OPair). A propos des valeurs limites d'immission, il convient de préciser qu'elles ne représentent pas un seuil de danger aigu. Il faut les retenir en tant qu'objectifs pour la qualité de l'air qui devraient être atteints à moyen terme par l'application du plan de mesures.

Pour le dioxyde d'azote, les valeurs limites d'immission sont les suivantes :

- > pour la moyenne annuelle : 30 µg/m³
- > pour la moyenne par 24 heures : 80 µg/m³ (ne doit pas être dépassée plus d'une fois par année)

¹ Emission de polluants atmosphériques : polluants atmosphériques rejetés dans l'environnement par les installations, les véhicules ou les produits

² µg/m³ : 1 µg/m³ signifie un milliardième de gramme (µg) de polluant par mètre cube (m³) d'air

³ Immission de polluants atmosphériques : pollution atmosphérique à l'endroit où elle déploie ses effets sur l'homme, les animaux, les plantes, les sols et les biens matériels

L'expérience montre que la valeur limite annuelle de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ n'est en général pas respectée dans les environs de routes à fort trafic. Lorsque la limite annuelle est respectée, la valeur limite journalière n'est en principe pas dépassée.

1.3 La méthode de mesure

La mesure par capteurs passifs s'opère au moyen de petits tubes en plastique. Ils ont un centimètre de diamètre, sept centimètres de longueur et sont fermés par un bouchon à l'une des deux extrémités. L'extrémité fermée contient une grille métallique imprégnée d'une substance chimique (le triéthanolamine) qui réagit en captant le dioxyde d'azote. Dans la pratique, chaque emplacement de mesure dispose de trois capteurs passifs qui sont exposés à l'air durant deux semaines. Les tubes sont ensuite analysés en laboratoire. Les résultats analytiques expriment la concentration moyenne en dioxyde d'azote pendant le temps d'exposition.

Comparés aux stations de mesure équipées d'analyseurs en continu, les capteurs passifs ont l'avantage de permettre la surveillance de la pollution atmosphérique en de nombreux endroits à un coût relativement modeste. Cependant, aucune valeur de pointe à court terme ne peut être saisie. Il faut effectuer une année de mesures pour vérifier si la valeur limite d'immission est respectée. La méthode appliquée est simple, peu coûteuse et offre malgré tout une précision acceptable (environ 15 à 20 % d'incertitude de mesure).

Pour des raisons d'assurance de qualité, des capteurs passifs sont installés sur les stations de mesure en continu qui sont régulièrement calibrées, ce qui permet une comparaison de leurs résultats. Ces comparaisons montrent des différences plus ou moins grandes d'une année à l'autre entre les deux méthodes de mesure. Une explication n'a pas pu être trouvée malgré des études approfondies. La température pourrait toutefois jouer un rôle. En effet, lorsque la température est basse, les capteurs passifs sous-estiment la concentration en dioxyde d'azote. Lorsque la température est élevée, les capteurs mesurent par contre une concentration plus élevée que les stations de mesure en continu qui servent de référence. Ces différences ne sont que partiellement compensées sur l'année, raison pour laquelle les valeurs mesurées par capteurs passifs sont corrigées depuis 2009. La correction est fonction de la température moyenne sur l'année (mesurée à la station de MétéoSuisse à Payerne) et ajuste les résultats des capteurs passifs à ceux des analyseurs en continu. Les paramètres utilisés dans la fonction de correction figurent dans l'annexe de ce rapport.

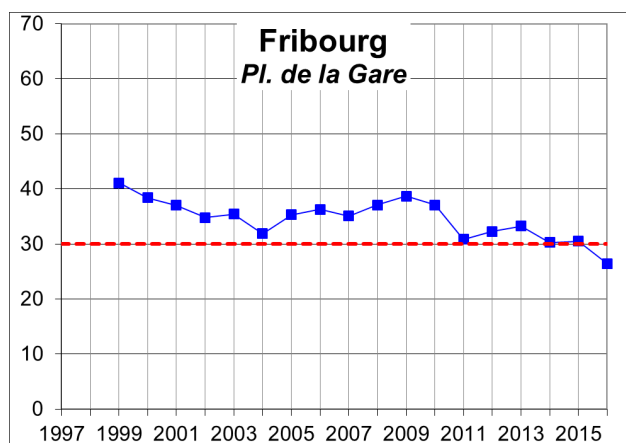
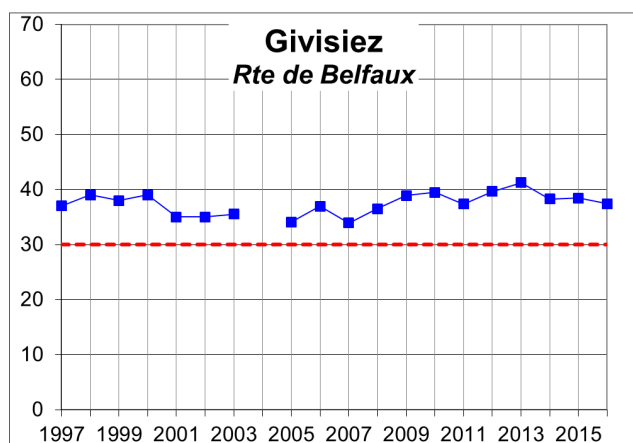
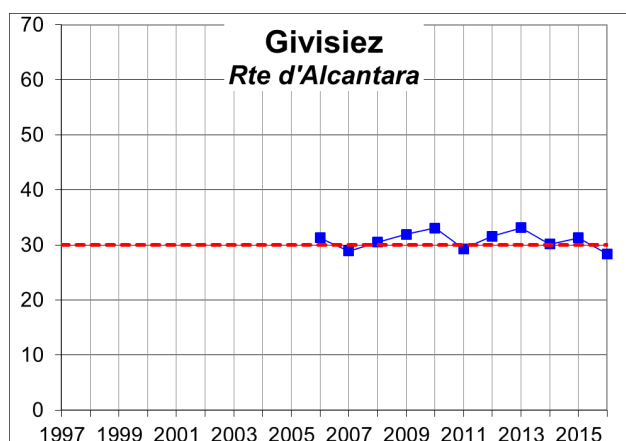
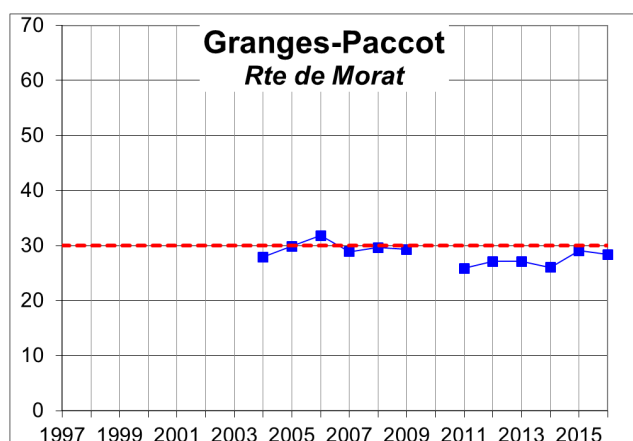
2 Evolution du dioxyde d'azote de 1997 à 2016

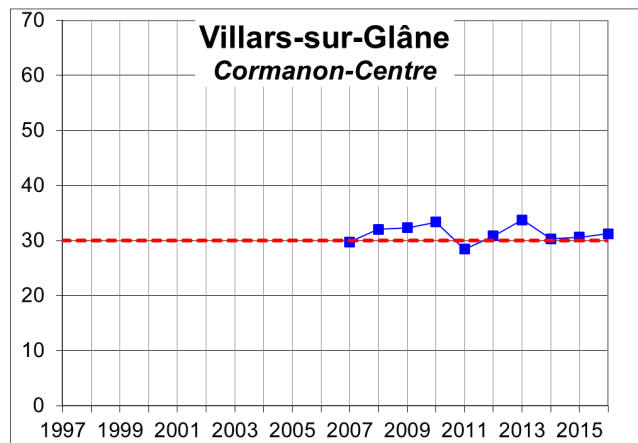
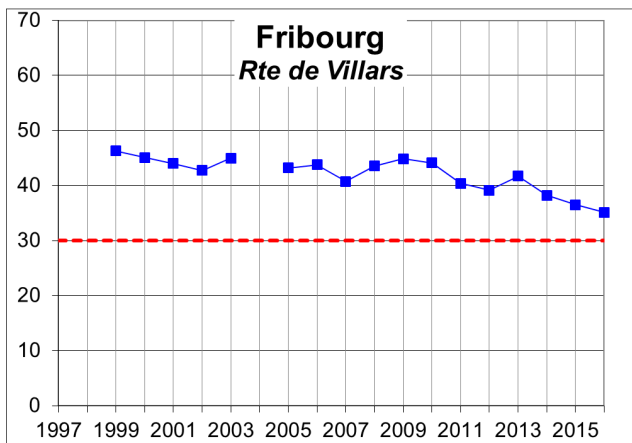
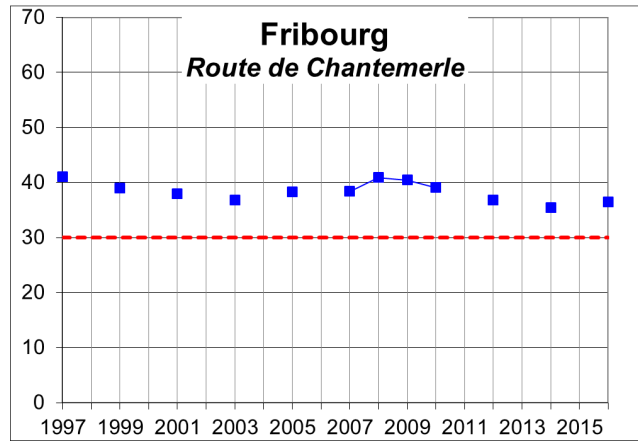
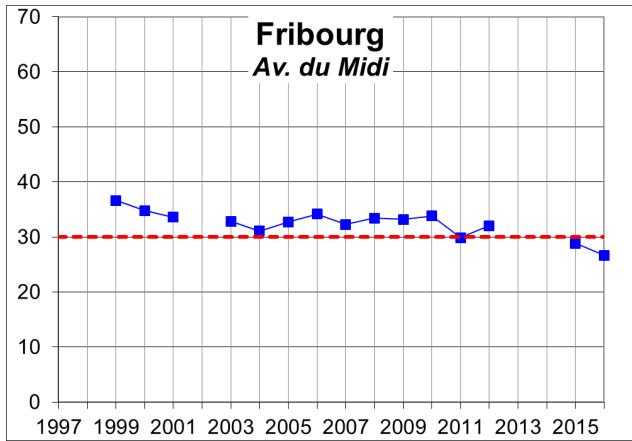
Les représentations graphiques ci-dessous montrent l'évolution des moyennes annuelles du dioxyde d'azote (indiquées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Ces moyennes annuelles sont à comparer avec la valeur limite d'immission fixée à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.1 Agglomération fribourgeoise, emplacements exposés au trafic

Durant ces dernières années, la valeur limite d'immission a été dépassée de manière plus ou moins prononcée sur de nombreux emplacements de mesure de l'agglomération fribourgeoise exposés au trafic comme par exemple à la **route de Chantemerle à Fribourg** qui se situe à proximité immédiate de l'autoroute. A la **route de Belfaux à Givisiez**, la concentration en dioxyde d'azote a augmenté durant les dix dernières années. Les moyennes annuelles de la **route de Villars à Fribourg** ont baissé durant la même période.

A **Fribourg**, une baisse de valeurs a été observée à la **Place de la Gare** depuis la mise en sens unique de l'avenue de la Gare le 12 juillet 2010. La moyenne des concentrations pour 2011-2015 a diminué de 19 % par rapport à 2009. La moyenne de 2016 est même 32 % plus basse que celle de 2009. A l'**avenue du Midi**, qui est également influencé par la mise en sens unique de l'avenue de la Gare, on observe aussi une baisse des concentrations. La moyenne 2016 a diminuée de 20 % par rapport à celle de 2009.





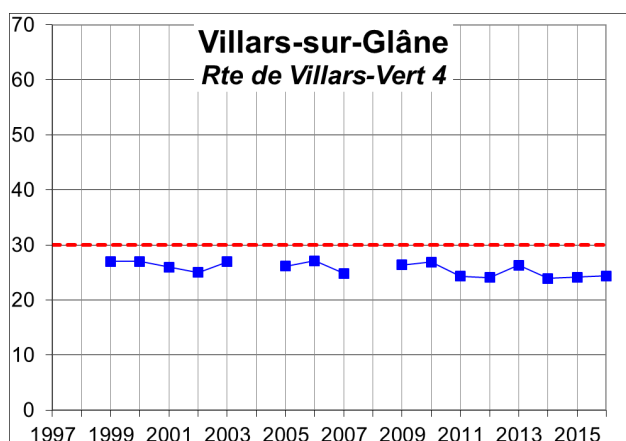
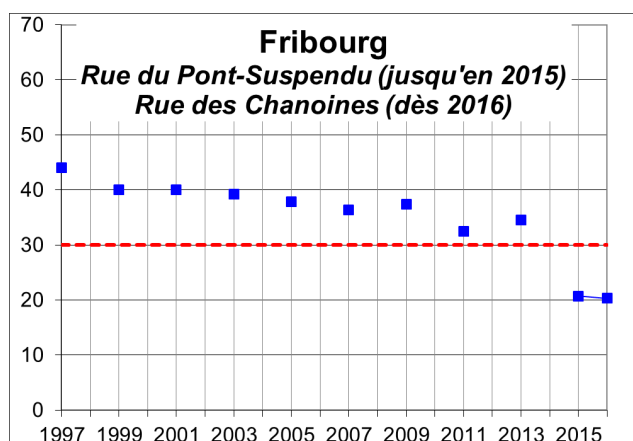
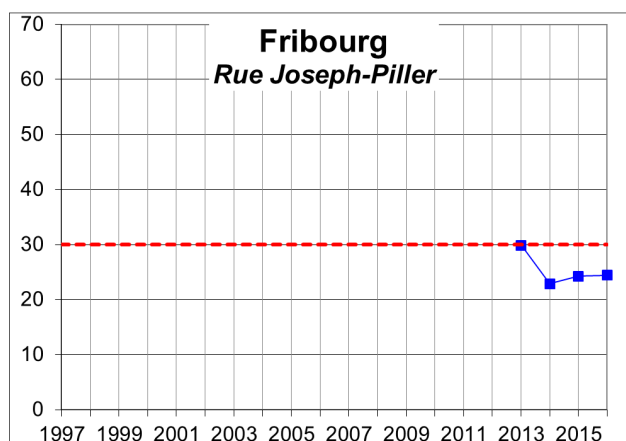
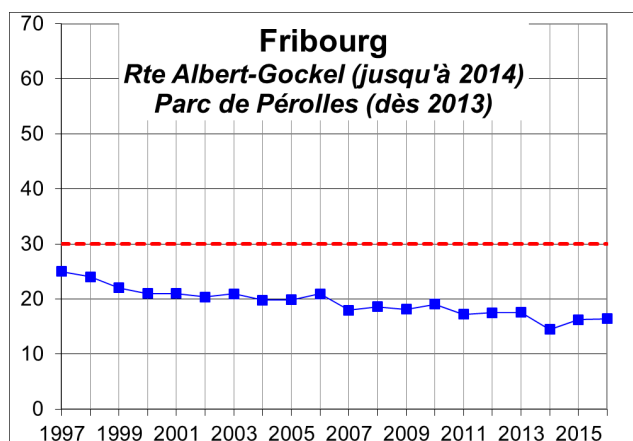
2.2 Agglomération fribourgeoise, concentration de fond

Dans l'agglomération fribourgeoise comme dans les localités de plus de 5000 habitants, la concentration de fond, c'est-à-dire là où le trafic routier ou les activités industrielles ne sont pas les sources dominantes, se situe à un niveau inférieur à la valeur limite d'immission.

En 2013, le Service de l'environnement a installé un nouvel emplacement de mesure dans le **Parc de Pérolles** (Jardins du Domino). Il remplace celui de la route Albert-Gockel qui a été mis hors service à la fin 2014. Les résultats des deux emplacements sont comparables. Leurs moyennes ont été reportées dans le graphique ci-dessous pour les années 2013 et 2014.

Depuis 2013, des mesures sont également faites à le **rue Joseph-Piller**. Elles permettront de vérifier l'efficacité des mesures d'accompagnement du projet Poya. En 2013, la moyenne annuelle était proche de la valeur limite tandis qu'elle se trouve nettement sous la limite dès 2014. Il est à noter qu'entre octobre 2013 et juin 2014, des travaux conséquents ont été entrepris dans les environs immédiats de l'emplacement de mesure. En juillet 2014, la rue Joseph-Piller est devenue zone de rencontre (limitation de vitesse à 20 km/h). L'ouverture du pont de la Poya en octobre 2014 a également eu un impact en diminuant le trafic dans la rue.

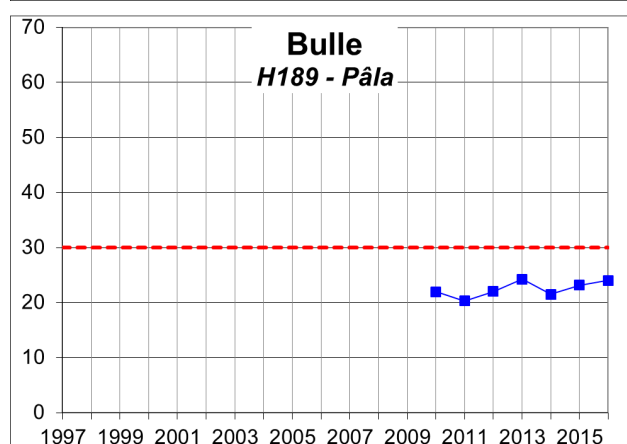
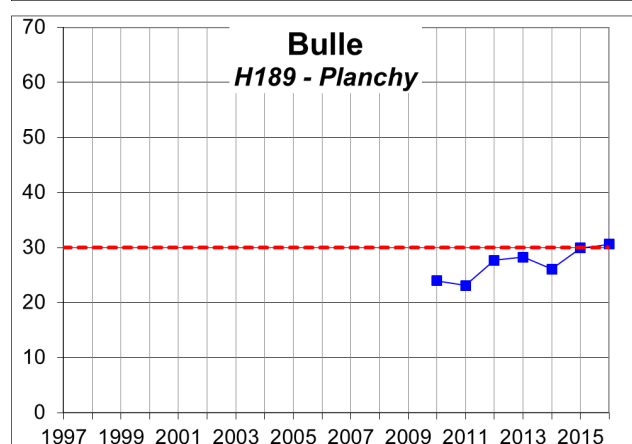
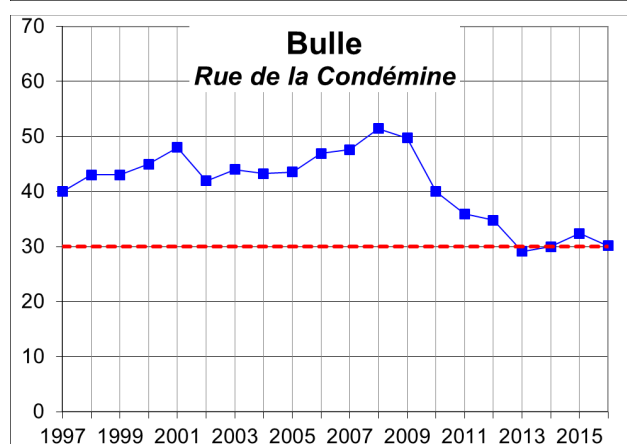
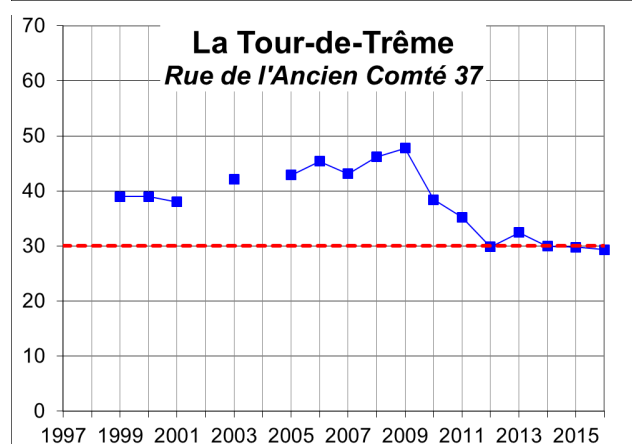
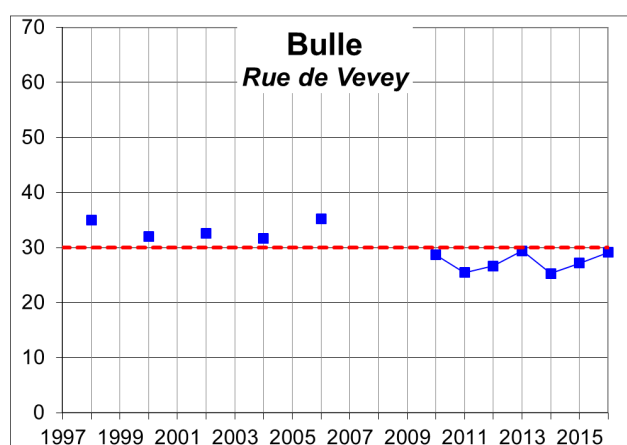
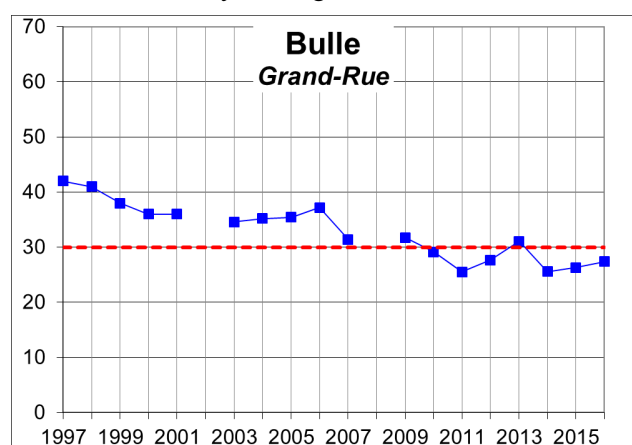
Dans le quartier du Bourg, les analyses ont été effectuées dans deux stations en 2015, à la **rue du Pont-Suspendu** (emplacement mis hors service à la fin 2015) et à la **rue des Chanoines** (nouvel emplacement). Leurs résultats sont comparables. Depuis la fermeture du pont de Zaehringen en octobre 2014, la circulation a diminuée fortement dans cette partie du quartier du Bourg, ce qui a eu pour effet une baisse de la concentration en dioxyde d'azote. Comparé à la moyenne annuelle de 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2013, la concentration 2015-2016 est de 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, ce qui représente une diminution de 41 %.



2.3 Agglomération bulloise

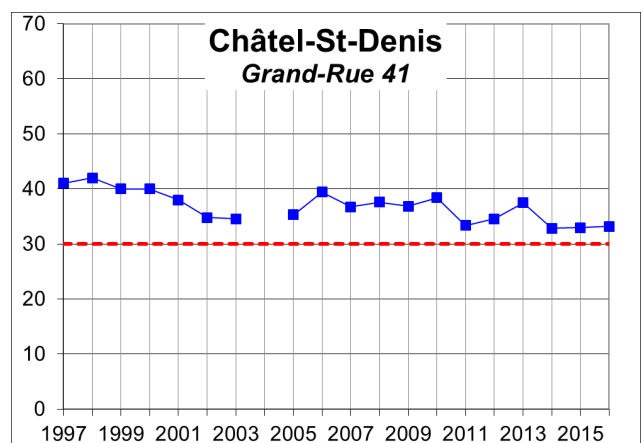
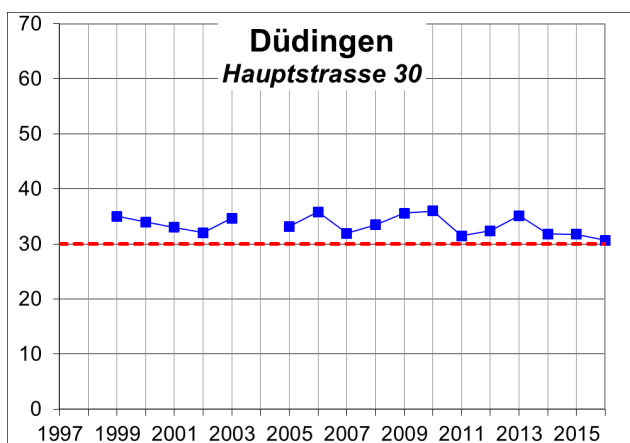
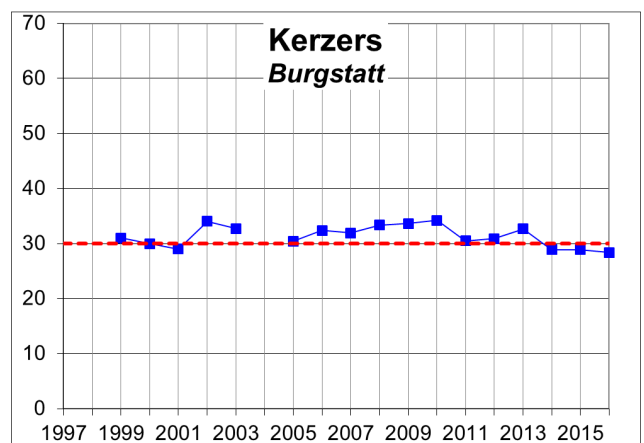
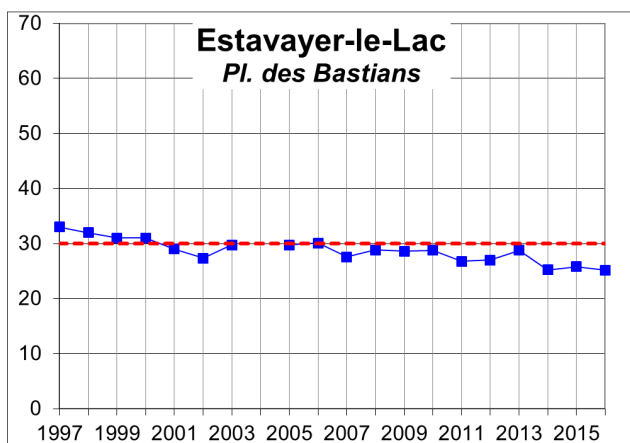
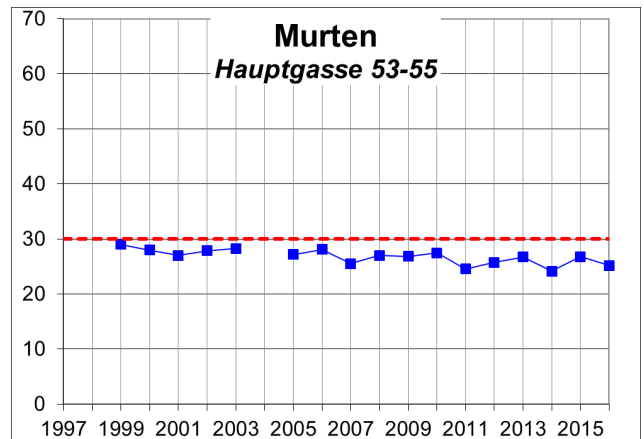
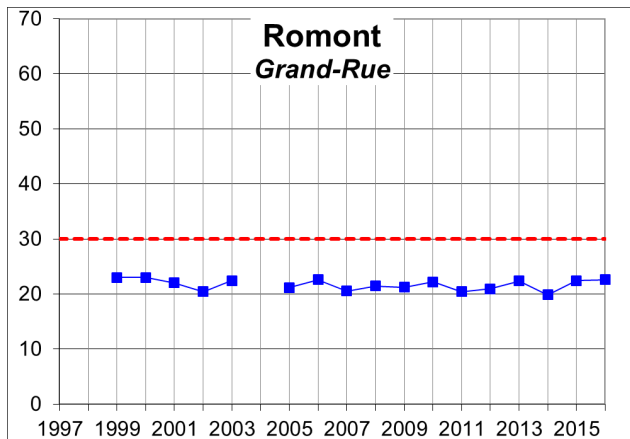
D'importants travaux de réaménagement du centre-ville de Bulle ont eu lieu depuis 2007. La plus grande partie de ces travaux consistent à mettre en place des mesures d'accompagnement en lien avec l'ouverture de la H189 (route de contournement de l'agglomération bulloise) qui a eu lieu le 13 décembre 2009. Ces travaux se sont poursuivis en 2016 (rue Saint-Denis et rue de la Condémine) et continuent d'influencer les résultats des mesures.

L'ouverture de la H189 a eu un effet positif sur la qualité de l'air dès 2010. Les résultats des six emplacements de mesure de l'agglomération de Bulle sont proches ou en dessous de la valeur limite d'immission de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ depuis 2013. La baisse des concentrations semble cependant marquer le pas ces dernières années comme le montrent les résultats de la **Grand-Rue**, de la **rue de Vevey**, de la **Tour-de-Trême** et de la **rue de la Condémine**. A l'emplacement **H189 – Pâla**, les concentrations ont légèrement augmenté durant les sept ans de mesures. Mais les concentrations restent en dessous de la valeur limite. L'augmentation des concentrations au site **H189 – Planchy** est plus nette. Elle progresse en moyenne de $1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ par an. La cause en est probablement l'extension de la zone industrielle Planchy et l'augmentation du trafic.



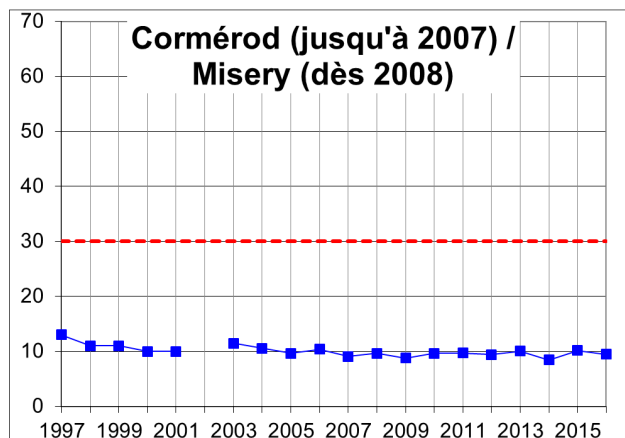
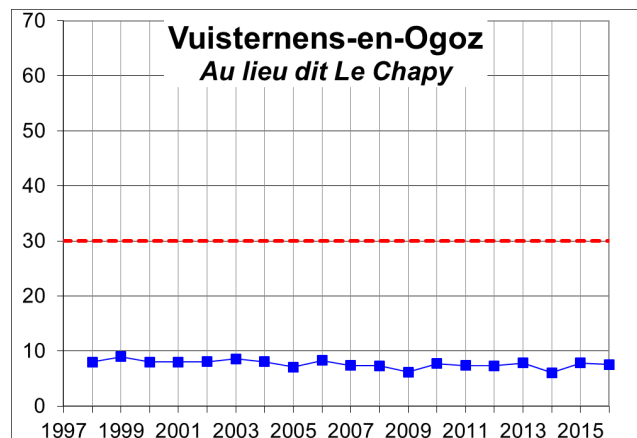
2.4 Centres régionaux

Aux emplacements exposés à une charge de trafic entre 5000 et 20 000 véhicules par jour, les concentrations se situent dans la plupart des cas entre 20 et 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Le respect ou le dépassement de la valeur limite d'immission de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dépend de plusieurs facteurs dont le nombre de véhicules, la situation du trafic (croisement, pente, « stop and go », etc.) et surtout de la ventilation. Les concentrations varient donc sensiblement d'un emplacement à l'autre.



2.5 Situation rurale, concentration de fond

En zone rurale, éloignée de toute source d'émission, la valeur limite d'immission est largement respectée. De 1997 à 2016, les valeurs mesurées n'ont que très peu changé.

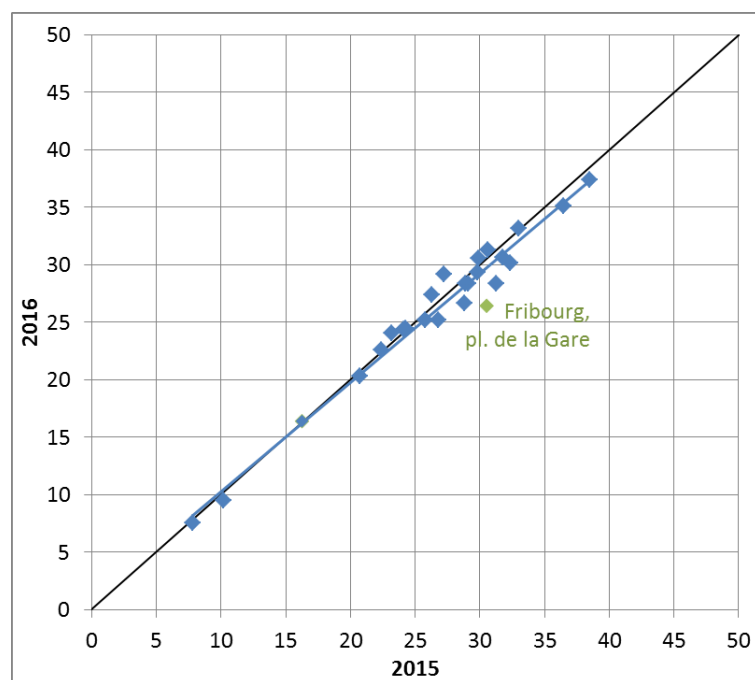


2.6 Comparaison entre les moyennes 2015 et 2016

Dans le graphique ci-après, chaque point représente un emplacement de mesure. Si un point se situe au-dessus ou en dessous de la diagonale (en noir), cela indique que la moyenne 2016 est plus élevée respectivement plus basse que la moyenne 2015. Le point se trouve sur la diagonale si les valeurs des deux années sont identiques.

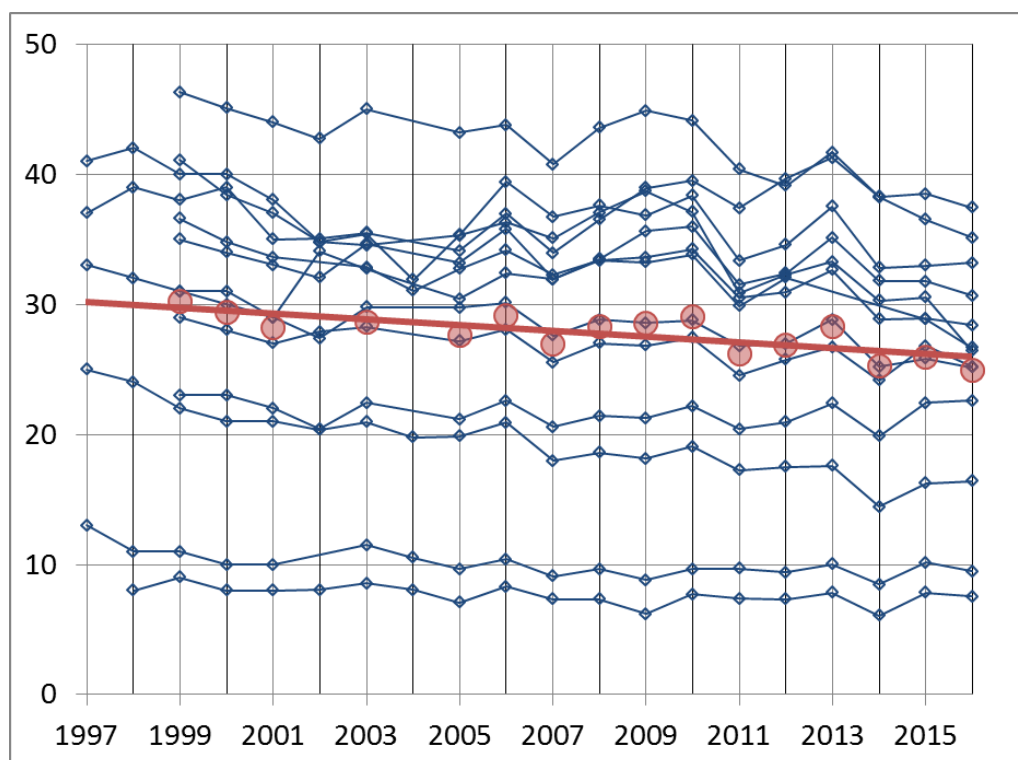
On remarque que les résultats 2016 sont très proches de ceux de 2015. La ligne bleue qui indique la tendance générale est proche de la diagonale.

Le point le plus éloigné de la diagonale correspond à l'emplacement **Fribourg, Place de la Gare** où la valeur 2016 ne s'élève qu'à 87 % de celle de 2015. La plupart des emplacements qui ont vu les concentrations augmentées se trouvent dans l'**agglomération bulloise** (augmentation entre 2 et 7 %).



2.7 Évolution générale des moyennes annuelles depuis 1997

Dans le graphique ci-après, les 13 emplacements de mesure pour lesquels il existe des résultats dès la fin des années 1990 sont indiqués avec des courbes bleues. Ne figurent pas dans ce graphique les emplacements de l'agglomération bulloise à cause de leur évolution atypique (voir point 2.3). Les points rouges indiquent les moyennes pour les années où il existe des résultats pour la totalité de ces 13 emplacements. La ligne rouge représente une tendance. Elle n'est pas marquée mais montre une diminution des concentrations. Pour ces 13 emplacements, les concentrations en dioxyde d'azote baissent de $1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ toutes les 5 ans.



2.8 Conclusion

Les concentrations en dioxyde d'azote dans l'air ont diminué d'environ 2 % de 2015 à 2016. Cette réduction est représentative de l'évolution sur plusieurs années.

En ville de Fribourg, la pollution dans le quartier du Bourg a nettement diminué suite à l'ouverture du Pont de la Poya. Les concentrations ont également baissé à la rue Joseph-Piller qui est devenue zone de rencontre en 2014, ainsi qu'à la place de la Gare suite à l'introduction du sens unique à l'avenue de la Gare. Dans ces quartiers, tout comme dans les régions du canton qui ne sont pas sous l'influence du trafic routier, la valeur limite est respectée.

Suite à l'ouverture de la H189 et grâce aux mesures d'accompagnement mises en place, la situation s'est nettement améliorée dans l'agglomération bulloise. Cependant, la baisse des concentrations marque le pas. La charge en dioxyde d'azote augmente même à certains emplacements comme celui du site H189 – Planchy.

Dans les zones de l'agglomération fribourgeoise et dans certains centres régionaux exposés à un trafic important ou à des conditions de ventilation défavorables, la valeur limite est dépassée. En tout, 9 des 27 emplacements de mesure présentent encore une moyenne annuelle au-dessus de la valeur limite en 2016.

3 Vue d'ensemble de toutes les mesures depuis 1997

Localité	Rue, lieu précis	Coordonnée x	Coordonnée y	Altitude [m]	Caractérisation du site			Moyennes annuelles en NO2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]																					
					site	trafic	construction	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016		
Bulle	Grand-Rue	570'790	163'105	769	2	B	c	42	41	38	36	36		35	35	35	37	31		32	29	26	28	31	26	26	27		
Bulle	Rue de la Condémine	570'986	163'242	755	2	B	c	40	43	43	45	48	42	44	43	44	47	48	51	50	40	36	35	29	30	32	30		
Bulle	Rue de Vevey	570'696	162'923	769	2	B	c			35		32		33		32		35			29	25	27	29	25	27	29		
La Tour-de-Trême	Rue de l'Ancien Comté 37	571'395	162'055	744	2	C	c				39	39	38		42		43	45	43	46	48	38	35	30	32	30	30	29	
Bulle	H 189 Planchy	569'704	164'019	775	2	B	b														24	23	28	28	26	30	31		
Bulle	H 189 Pâla	569'923	162'882	785	2	B	b														22	20	22	24	22	23	24		
Châtel-St-Denis	Grand-Rue 41	558'805	153'090	815	2	B	d	41	42	40	40	38	35	35		35	39	37	38	37	38	33	35	37	33	33	33		
Düdingen	Hauptstrasse 30	581'024	188'622	585	2	B	c				35	34	33	32	35		33	36	32	33	36	36	31	32	35	32	32	31	
Estavayer-le-Lac	Pl. des Bastians	554'840	188'780	448	2	B	c	33	32	31	31	29	27	30		30	30	28	29	29	29	29	27	27	29	25	26	25	
Fribourg	Av. du Midi	577'855	183'350	631	1	B	c				37	35	34		33	31	33	34	32	33	33	34	30	32			29	27	
Fribourg	Pl. de la Gare	578'104	183'607	625	1	B	c				41	38	37	35	35	32	35	36	35	37	39	37	31	32	33	30	31	26	
Fribourg	Rte Albert-Gockel	578'317	182'594	640	5	B	c	25	24	22	21	21	20	21	20	20	21	18	19	18	19	17	17	18	14				
Fribourg	Rte de Villars	577'372	183'312	659	1	C	c				46	45	44	43	45		43	44	41	44	45	44	40	39	42	38	37	35	
Fribourg	Route de Chantemerle	577'125	184'540	645	2	C	b	41			39		38		37		38		38	41	40	39		37		35		36	
Fribourg	Rue du Pont-Suspendu	579'060	183'889	580	1	C	d	44			40		40		39		38		36		37		32		35		21		
Fribourg	Rue Joseph-Piller	578'376	184'006	630	1	B	c																		30	23	24	24	
Fribourg	Parc de Pérolles	578'181	182'940	620	5	B	b																		17	15	16	16	
Fribourg	Rue des Chanoines 2	579'039	183'907	584	5	A	d																			22	20		
Fribourg	Rte du Jura 12b	577'736	184'297	642	1	B	c																					33	
Givisiez	Rte d'Alcantara	576'306	184'275	655	2	C	b											31	29	30	32	33	29	32	33	30	31	28	
Givisiez	Rte de Belfaux	576'430	184'916	627	2	B	b	37	39	38	39	35	35	36		34	37	34	37	39	40	37	40	41	38	38	37		
Granges-Paccot	Rte de Morat	578'195	185'480	600	2	B	b								28	30	32	29	30	29		26	27	27	26	29	28		
Granges-Paccot	Rte des Grives	578'080	185'529	600	6	A	b				22	21	21	20	22		21												
Kerzers	Burgstatt	581'503	202'684	450	2	B	c				31	30	29	34	33		30	32	32	33	34	34	30	31	33	29	29	28	
Cormérod	Au lieu dit Corterin	573'287	190'186	590	7	A	a	13	11	11	10	10		11	11	10	10	9											
Misery	Le Haut du Mont	571'914	189'481	607	7	A	a												10	9	10	10	9	10	8	10	9		
Murten	Hauptgasse 53-55	575'597	197'599	453	2	B	d				29	28	27	28	28		27	28	26	27	27	27	25	26	27	24	27	25	
Romont	Grand-Rue	560'157	171'798	755	2	B	c				23	23	22	20	22		21	23	21	21	21	22	20	21	22	20	22	23	
Villars-sur-Glâne	Cormanon-Centre	577'760	182'487	685	2	B	b												30	32	32	33	28	31	34	30	31	31	
Villars-sur-Glâne	Rte de Cormanon	577'002	182'421	677	2	B	c				48	48	47		47	46	49	58	54	59	62	60	35	50					
Villars-sur-Glâne	Rte de Villars-Vert 4	576'373	183'137	700	6	A	b				27	27	26	25	27		26	27	25		26	27	24	24	26	24	24	24	
Vuisternens-en-Ogoz	Au lieu dit Le Chapy	569'708	173'324	850	7	A	a			8	9	8	8	8	9	8	7	8	7	7	7	6	8	7	7	8	6	8	8

4 Explications concernant la caractérisation des sites de mesure

Selon les « Recommandations relatives aux mesures d'immissions » du 1^{er} janvier 2004 de l'Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (aujourd'hui Office fédéral de l'environnement).

Caractérisation du site

	Caractérisation du site	Nombre d'habitants
1	En ville – exposé au trafic	> 25'000
2	En agglomération – exposé au trafic	5'000 – 25'000
3	En zone rurale – exposé au trafic	0 – 5'000
4	Zone industrielle	
5	En ville – concentration de fond	> 25'000
6	Agglomération – concentration de fond	5'000 – 25'000
7	En zone rurale, en dessous de 1000 m. s/mer #, concentration de fond	0 – 5'000
8	En zone rurale, au-dessus de 1000 m. s/ mer #, concentration de fond	0 – 5'000
9	Haute montagne	

hauteur habituelle de l'inversion de température en Suisse

Explications :

Exposé au trafic : circulation routière comme source principale d'émissions

Zone industrielle : installations industrielles comme sources principales d'émissions

Concentration de fond : là où le trafic routier ou les activités industrielles ne sont pas les sources dominantes

Charge de trafic et type de constructions

La charge de trafic et le type de constructions aux alentours seront déterminés selon les catégories suivantes :

	Charge de trafic	TJM (trafic journalier moyen)
A	faible	< 5'000
B	moyenne	5'000 – 20'000
C	intense	20'001 – 50'000
D	très intense	> 50'000

	Type de constructions
a	aucune
b	ouvert
c	fermé latéralement
d	encaissé

5 Correction des capteurs passifs

Fonction pour la correction : $C' = M * C + B$

C' : concentration NO₂ corrigée en µg/m³ (moyenne annuelle)

C : concentration NO₂ non corrigée en µg/m³

M et B : paramètres de correction

Paramètres appliqués :

année	M [1]	B [µg/m ³]
2009	1.008	-1.8
2010	0.979	-0.7
2011	0.861	0.0
2012	0.914	-0.3
2013	0.968	-0.9
2014	0.914	-1.3
2015	0.904	0.3
2016	0.919	1.2

6 Remerciements

Nous saisissons l'occasion de ce rapport pour exprimer notre gratitude et nos chaleureux remerciements à toutes les personnes qui ont collaboré à nos mesures et sans le concours desquelles notre tâche aurait été impossible. Notre reconnaissance s'adresse tout d'abord aux autorités communales pour leur compréhension et leur participation active, mais aussi à toutes celles et ceux qui se sont engagés à nous fournir ce qui constitue l'essentiel de ce rapport, les mesures sur le terrain.

Renseignements

Service de l'environnement SEn
Section protection de l'air, bruit et RNI

Impasse de la Colline 4, 1762 Givisiez

T +26 305 37 60, F +26 305 10 02

sen@fr.ch, www.fr.ch/sen

www.fr.ch/sen/fr/pub/air/dioxyde_azote.htm

Avril 2017