



ETAT DE FRIBOURG
STAAT FREIBURG

Service de l'environnement SEn
Amt für Umwelt AfU

Route de la Fonderie 2, 1701 Fribourg

T +41 26 305 37 60, F +41 26 305 10 02
www.fr.ch/sen

Rapport 2012

Protection de l'air
Surveillance de la pollution atmosphérique

Mesures du dioxyde d'azote au moyen de capteurs passifs



Sommaire

1. Introduction.....	3
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 2012	5
2.1. Agglomération fribourgeoise, emplacements exposés au trafic	5
2.2. Agglomération fribourgeoise, concentration de fond	7
2.3. Agglomération bulloise.....	7
2.4. Centres régionaux	9
2.5. Situation rurale, concentration de fond.....	10
2.6. Evolution des moyennes annuelles depuis 1997.....	10
2.7. Conclusion	11
3. Carte cantonale des immissions pour l'années 2010.....	12
4. Vue d'ensemble de toutes les mesures depuis 1997.....	14
5. Annexe : correction des capteurs passifs	18
Remerciements.....	19

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 mesures composé d'une station fixe permanente et de deux stations mobiles. Chacune de ces stations permet la mesure en continu de plusieurs polluants: l'anhydride sulfureux (uniquement station fixe), 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.

Pour le dioxyde d'azote – l'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 émissions¹ d'oxydes d'azote proviennent en grande partie du trafic routier. La contribution du trafic aux émissions totales a diminué depuis l'introduction du catalyseur.

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 dépasser 40 µg/m³² dans les centres des villes; elles se situent entre 20 et 40 µg/m³ dans les agglomérations et en dessous de 20 µg/m³ dans les régions rurales.

1.2. Valeurs limites d'immission

S'il est établi ou à prévoir que, malgré les limitations préventives d'émissions, des immissions³ 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 millionième 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, 7 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 mesures 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 mesures en continu qui sont régulièrement calibrées, ce qui permet une comparaison de leurs résultats.

En 2011, les résultats des capteurs passifs s'écartent plus fortement de ceux des stations de mesures en continu que les années précédentes. En 2012, les différences sont à nouveau acceptables mais restent plus importantes qu'avant 2011. Une explication des causes n'a pas pu être trouvée.

Il apparaît cependant que la température puisse jouer un certain rôle. 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 mesures en continu qui servent de référence. Ces différences sont en général compensées sur l'année.

La situation est pourtant différente en 2011. La surestimation des concentrations mesurées par les capteurs passifs est de 15 à 18 %. Cette observation concorde avec le constat de MétéoSuisse selon lequel l'année 2011 a été marquée par la température moyenne annuelle la plus élevée depuis le début des mesures en 1864.

Sur la base de cette analyse, il s'est avéré judicieux d'effectuer une correction des valeurs mesurées par capteurs passifs dès l'année 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 2012

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 $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

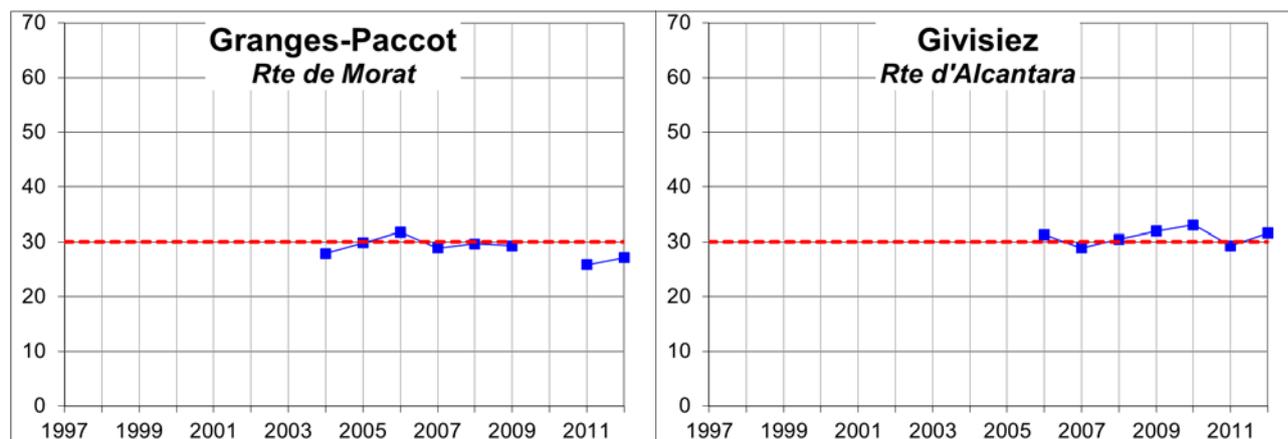
2.1. Agglomération fribourgeoise, emplacements exposés au trafic

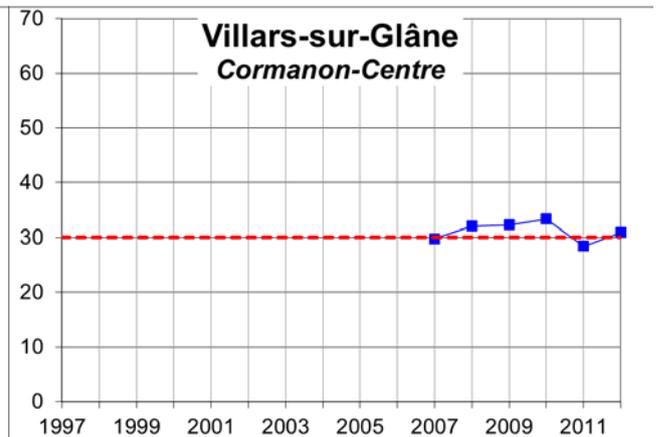
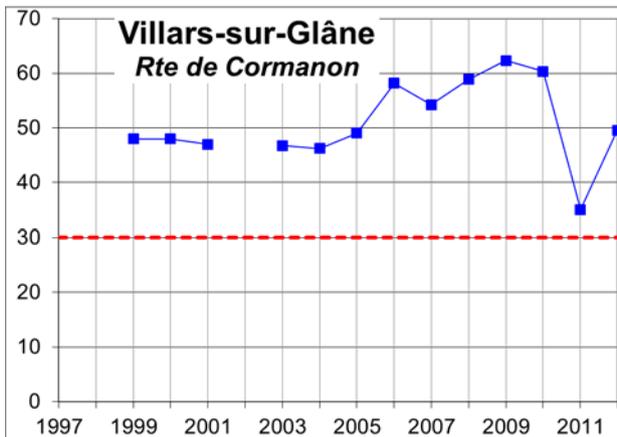
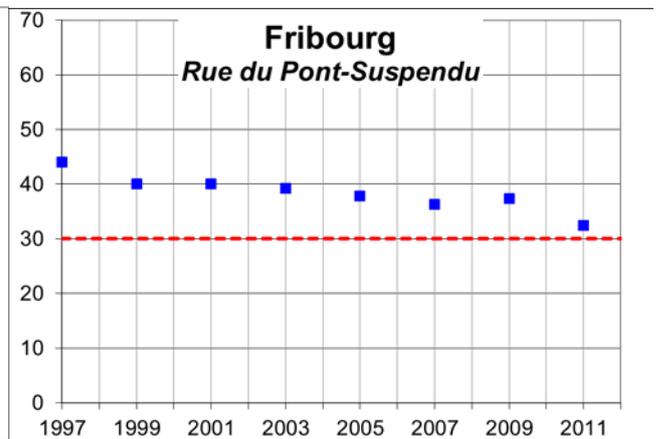
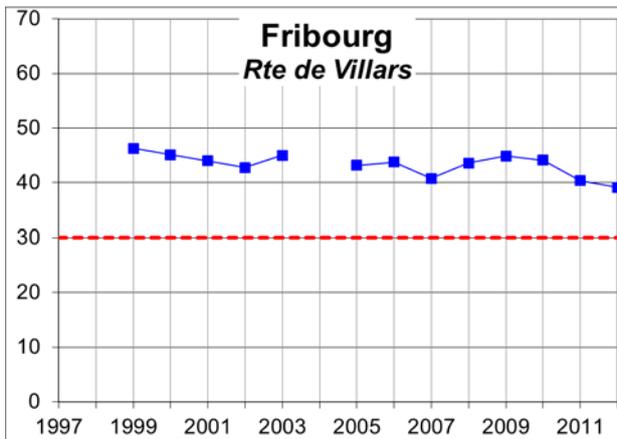
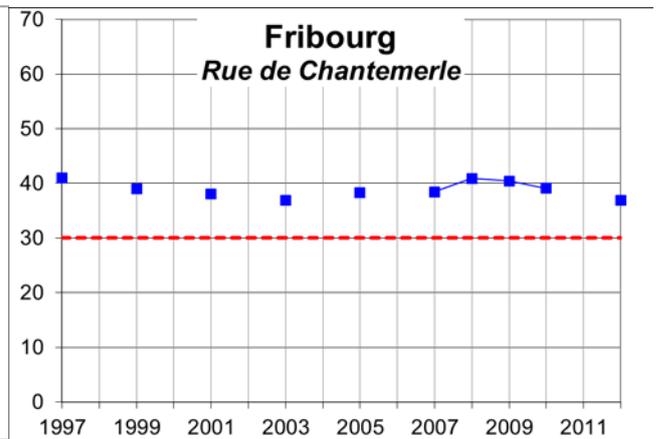
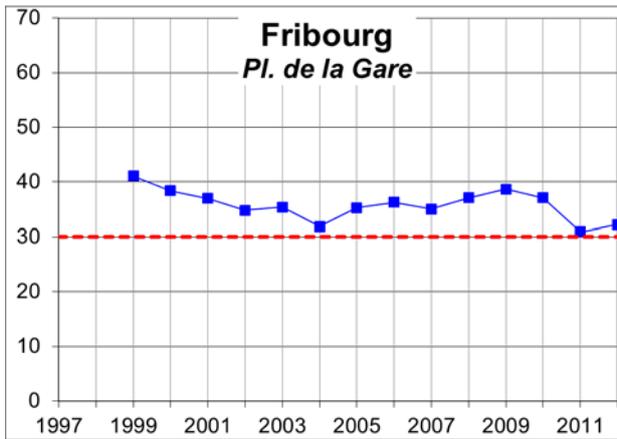
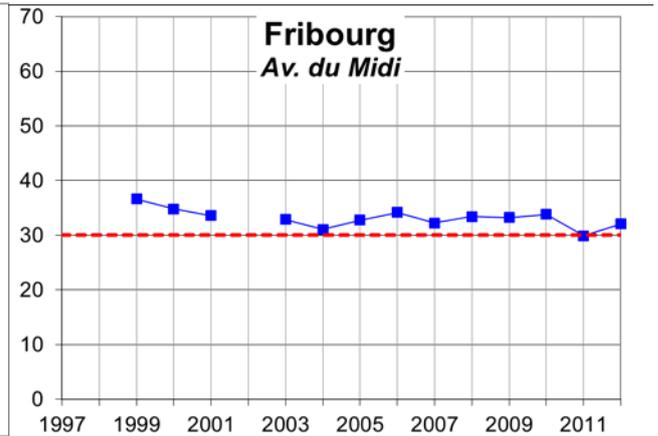
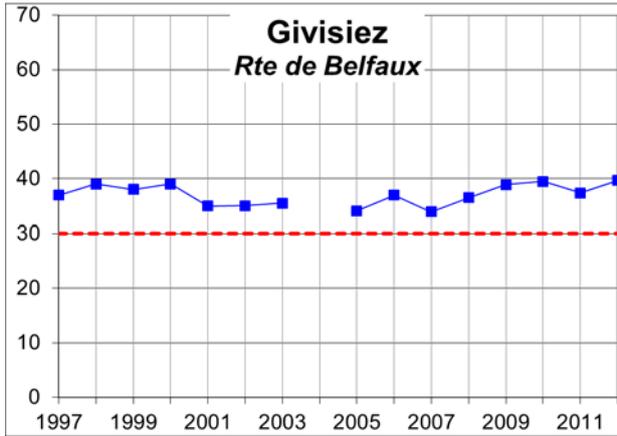
Durant ces dernières années, la valeur limite d'immission a été dépassée dans la plupart des emplacements de l'agglomération fribourgeoise exposés au trafic.

A la route de Morat à Granges-Paccot (à la hauteur du centre commercial Agy), un emplacement bien ventilé, les concentrations sont proches de la valeur limite d'immission de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ jusqu'en 2009. Les mesures ont été interrompues en 2010 à cause des travaux du pont de la Poya. En 2011, les résultats sont plus bas qu'avant 2010, ce qui peut être expliqué par une diminution du trafic due au chantier. A la route de l'Alcantara à Givisiez (70 m au nord du centre commercial Jumbo), les concentrations sont également proches de la valeur limite d'immission.

A Fribourg, l'avenue de la Gare a été mise en sens unique le 12 juillet 2010. A la Place de la Gare, la moyenne des concentrations pour 2011-2012 a diminué de 18% par rapport à 2009. La charge en NO_2 n'a pratiquement pas été modifiée à l'avenue du Midi, malgré le transfert du trafic due à l'introduction du sens unique de l'avenue de la Gare.

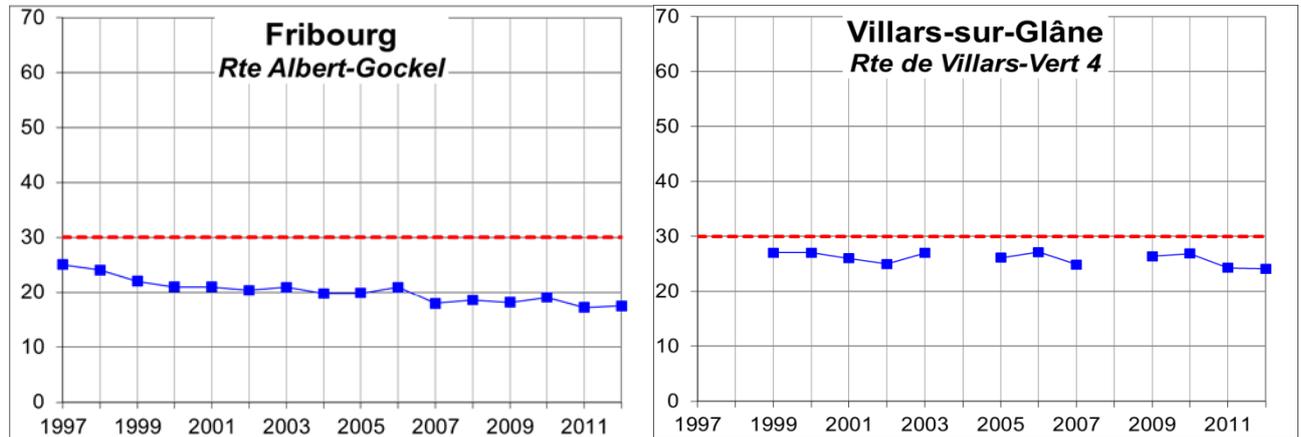
Durant les dernières années, les variations les plus marquées ont été observées à la route de Cormanon à Villars-sur-Glâne. L'augmentation sensible de dioxyde d'azote en 2006 peut être expliquée par la fermeture provisoire de la route de Condoz et par le trafic engendré par le chantier du quartier de Cormanon-Est. Cette augmentation n'était toutefois pas passagère. La quantité et le flux de trafic semblent avoir changé de manière permanente. En 2011, la route de Cormanon a été en chantier durant plusieurs mois et praticable seulement dans un sens, ce qui a provoqué une diminution prononcée de la charge en NO_2 . Les valeurs élevées entre 2006 à 2010 à la route de Cormanon sont un phénomène limité à cet endroit comme l'indiquent des mesures prises sur la même route à seulement 300 m de distance. Pour les années 2007 à 2010, les valeurs annuelles étaient en effet 45% plus basses à la hauteur du centre commercial de Cormanon.





2.2. Agglomération fribourgeoise, concentration de fond

Dans l'agglomération fribourgeoise comme dans les localités de plus de 5'000 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.



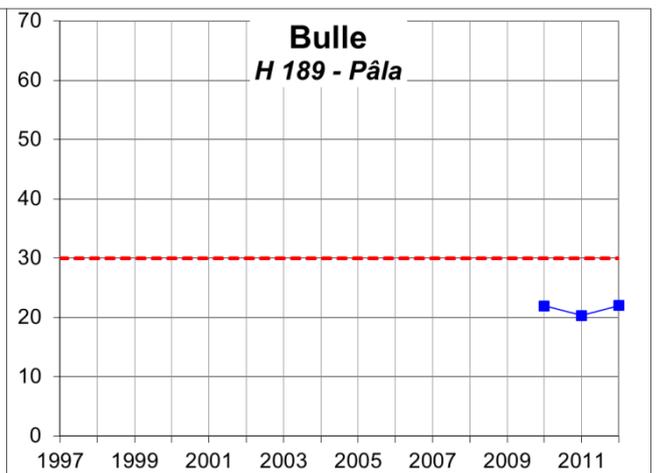
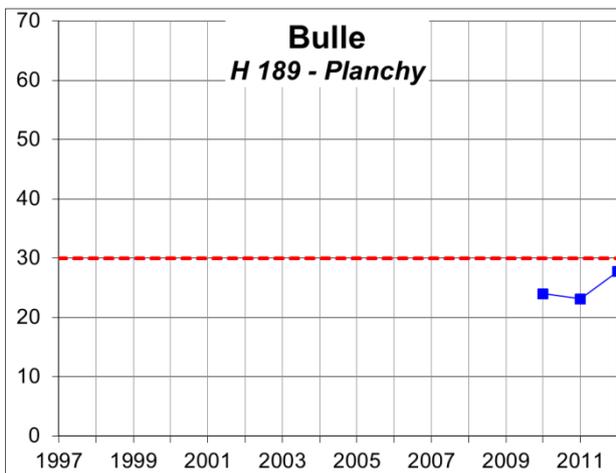
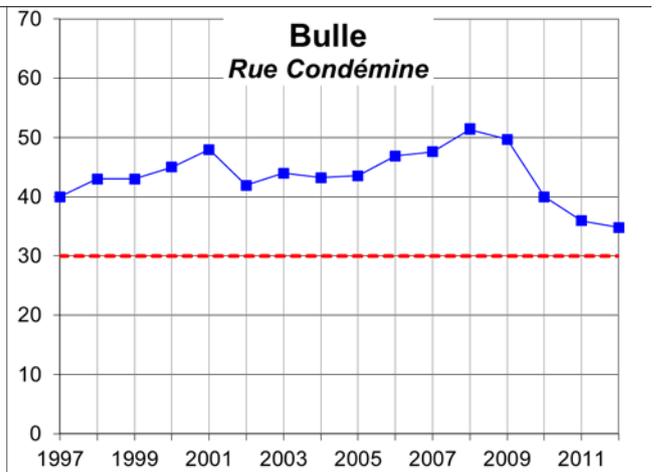
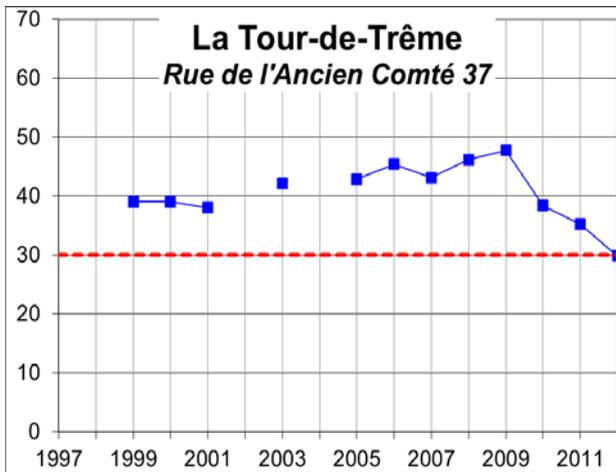
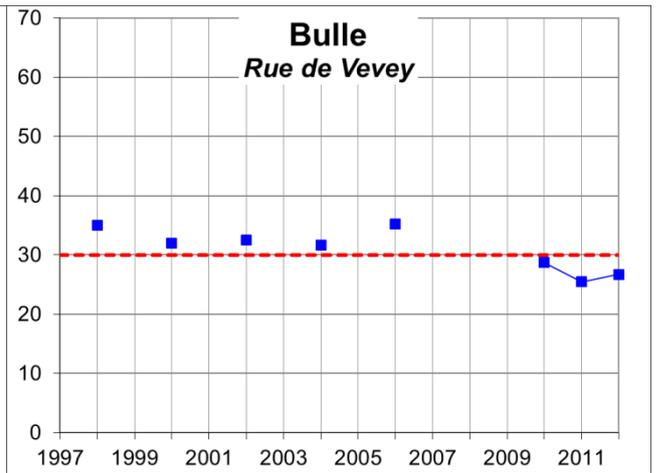
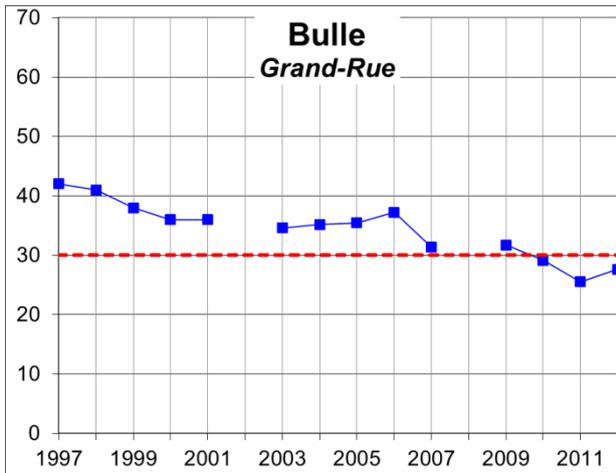
2.3. Agglomération bulloise

Après l'ouverture de la route de contournement de Bulle (H189), les concentrations se situent en dessous de la valeur limite d'immission de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans l'agglomération bulloise, à l'exception de la rue de l'Ancien Comté et de la rue de la Condémine.

Entre 2007 et 2009, d'importants travaux de réaménagement du centre-ville de Bulle ont eu lieu. De ce fait, les mesures ont été interrompues à la Grand-Rue en 2008. Durant cette période, l'augmentation du dioxyde d'azote à la rue de la Condémine est sans doute due au déplacement du trafic du centre-ville (diminution des concentrations à la Grand-Rue) vers la périphérie. Puisque La Tour-de-Trême n'était en principe pas touchée par ce déplacement du trafic, l'augmentation de la concentration doit être expliquée par un accroissement général du trafic.

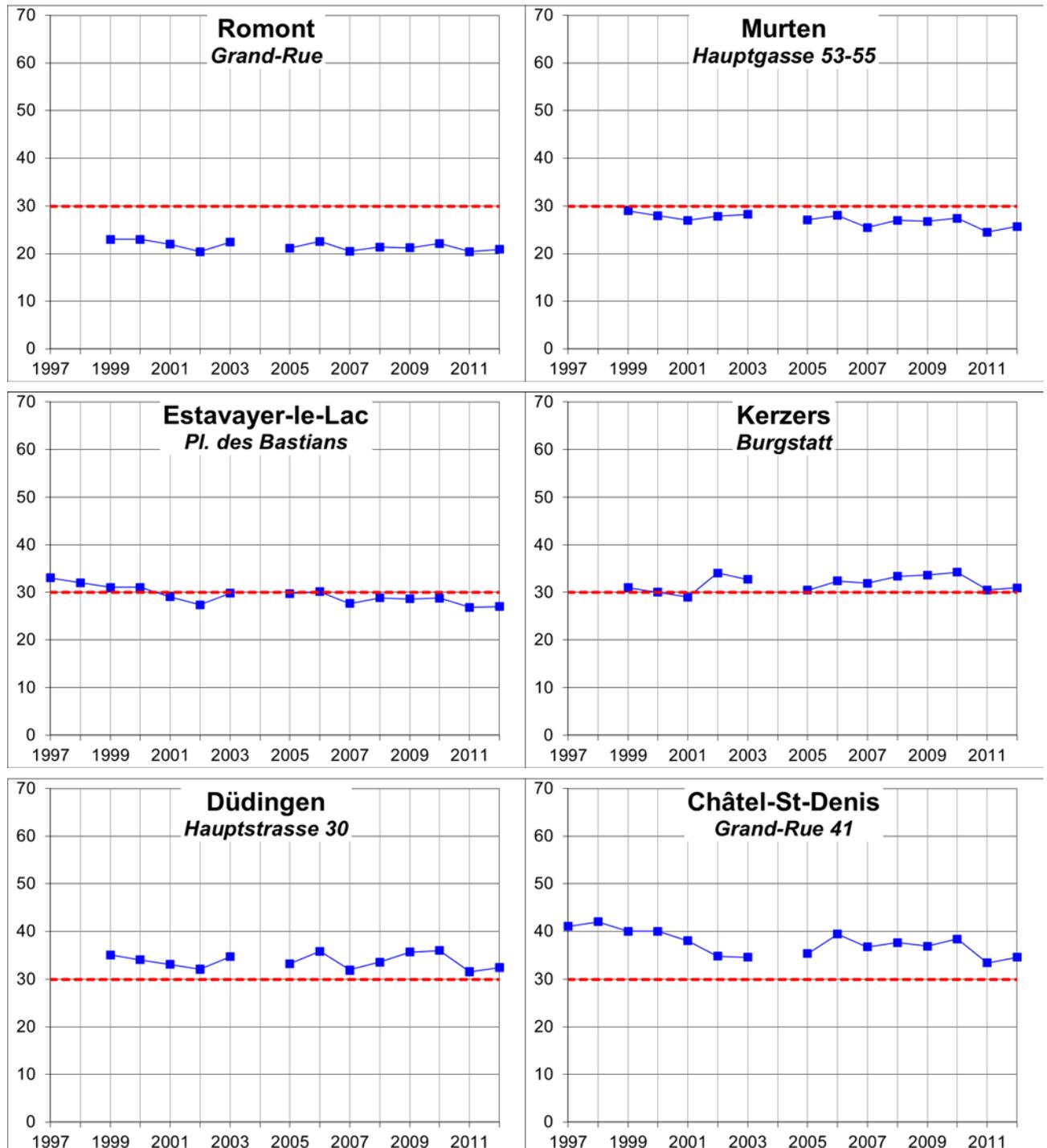
L'ouverture de la H189 le 13 décembre 2009 a occasionné une diminution du trafic au centre-ville. En 2012, la concentration moyenne en dioxyde d'azote à la rue de l'Ancien Comté ne s'élève plus qu'à 72 % de la valeur de 2009. A la rue de la Condémine, la concentration après l'ouverture de la H189 a diminué de 74 % par rapport à 2009.

Pour les emplacements de la Grand-Rue et de la rue de Vevey, au centre de l'agglomération bulloise, les concentrations se situent en dessous de la valeur limite d'immission. La situation est similaire pour les deux emplacements de Planchy et Pâla qui se trouvent à l'extérieur des zones construites mais à proximité de la H189.



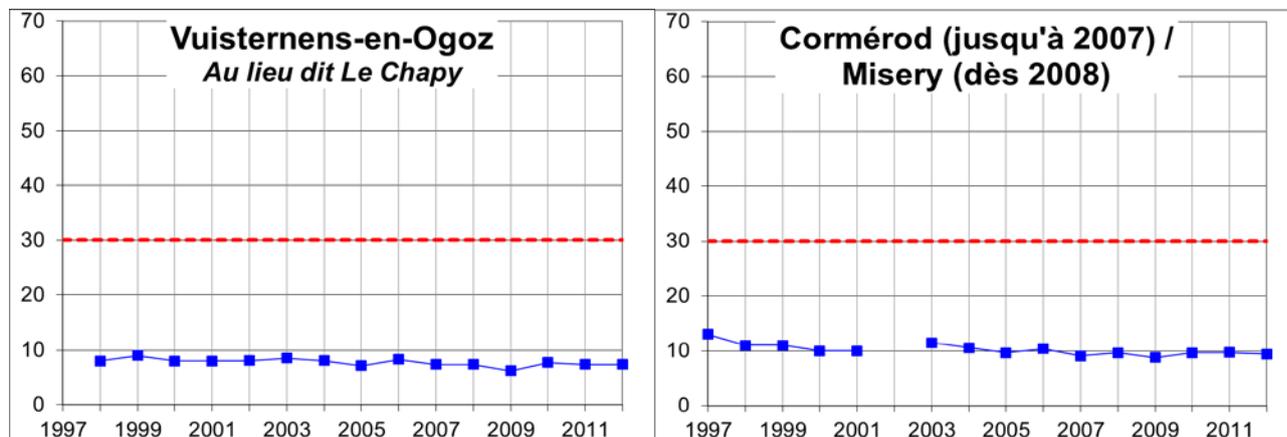
2.4. Centres régionaux

Aux emplacements exposés à une charge de trafic entre 5'000 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 2012, les valeurs mesurées n'ont que très peu changé.



2.6. Evolution des moyennes annuelles depuis 1997

Dans le graphique ci-dessous, les 13 emplacements de mesures 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 et de la route de Cormanon à Villars-sur-Glâne à cause de leur évolution atypique (voir points 2.1 et 2.3). La courbe rouge en gras indique la moyenne pour les années où il existe des résultats pour la totalité de ces 13 emplacements.

L'évolution entre 1997 et 2007 montre une légère tendance à la baisse, à l'exception de l'année 2006 caractérisée par des situations d'inversion thermique⁴ prononcées et répétées entre janvier et mars, qui ont occasionné des niveaux de pollution élevés sur tout le territoire suisse.

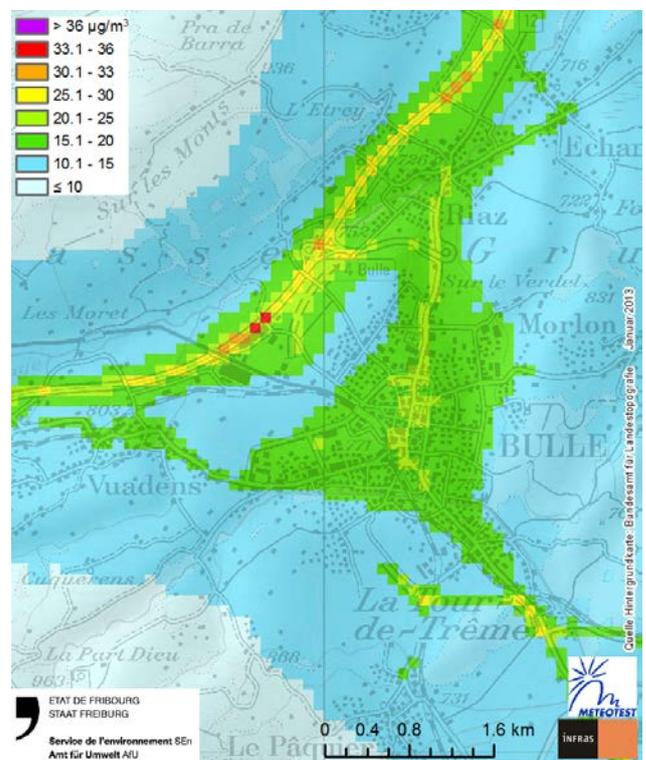
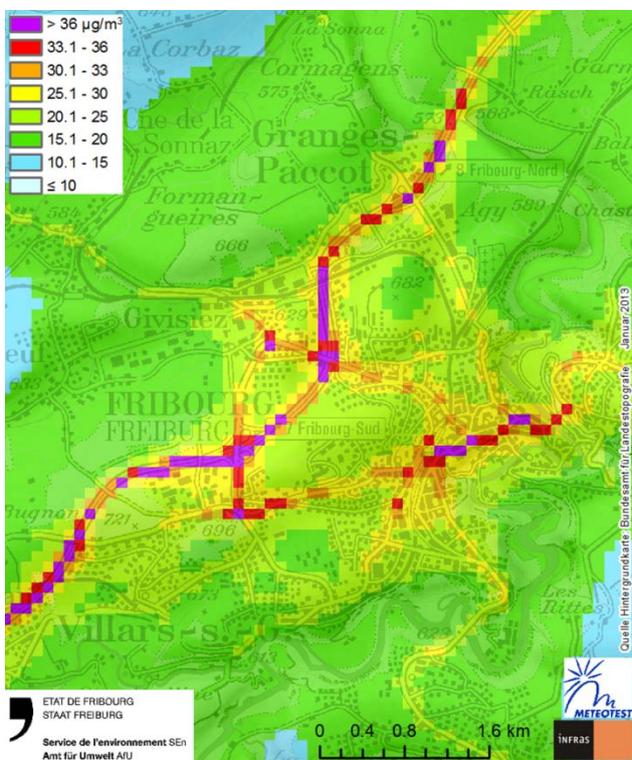
Les concentrations augmentent légèrement dès 2007 et ceci jusqu'en 2010 pour décroître nettement en 2011 et se stabiliser en 2012. Les niveaux de 2011 et 2012 sont probablement conditionnés par la météo, sachant que ces deux années étaient relativement chaudes et ensoleillées. Il faudra observer les valeurs sur une plus longue durée pour juger si cette évolution peut également s'expliquer par une diminution des émissions atmosphériques.

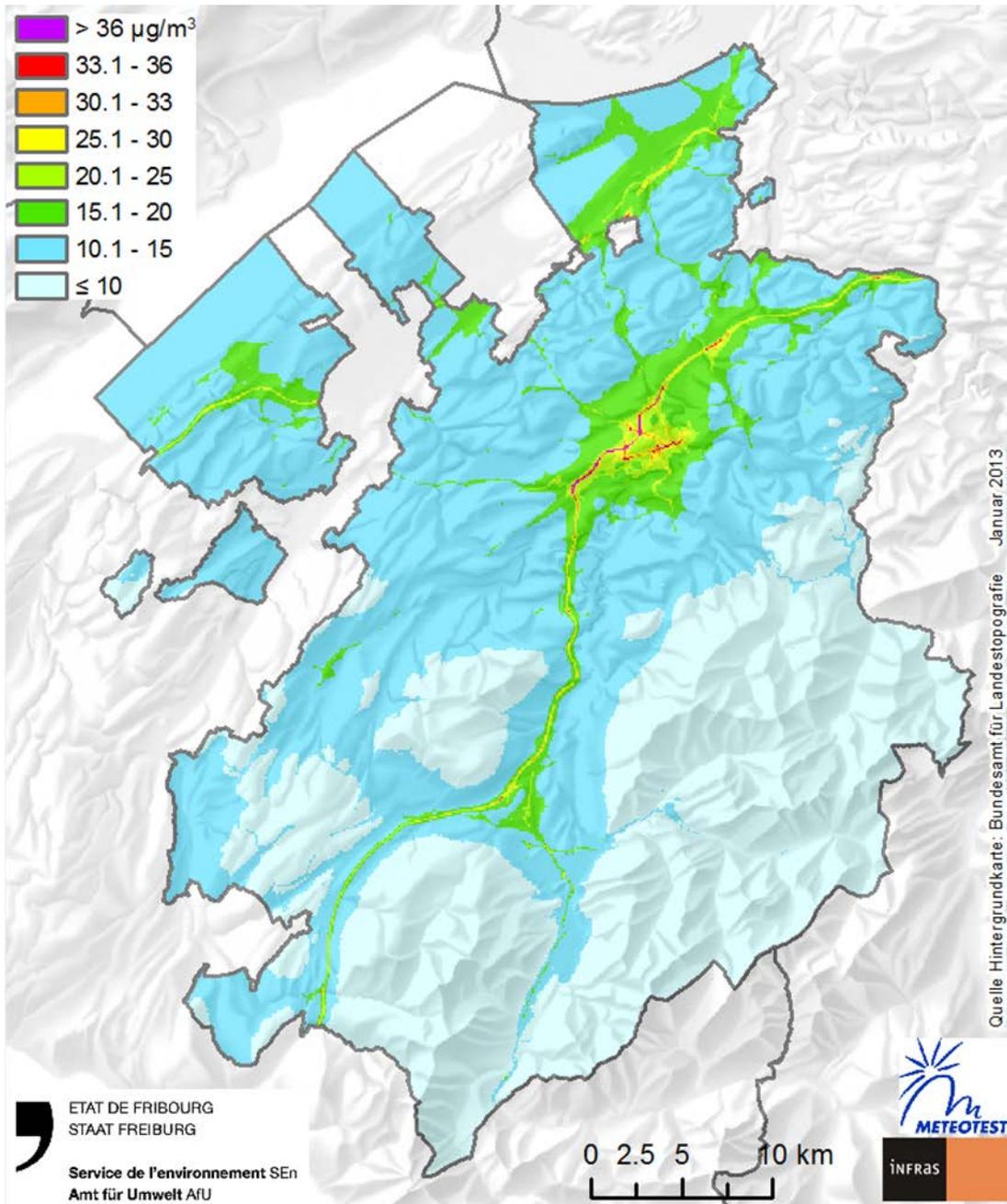
⁴ La température de l'air diminue habituellement avec l'altitude. Dans certains cas, on observe des inversions de température. On rencontre alors des couches d'air plus chaudes en altitude qu'au niveau du sol. Ceci freine la dispersion verticale des polluants. Les polluants se trouvent alors bloqués sous une « couche d'inversion » qui joue le rôle de couvercle thermique. Les inversions peuvent avoir diverses causes. Elles se produisent notamment en hiver. Elles sont une des raisons pour lesquelles les concentrations les plus élevées en dioxyde d'azote sont mesurées durant l'hiver.

3. Carte cantonale des immissions pour l'années 2010

Sur la base des mesures de dioxyde d'azote, une modélisation tenant compte des différents mécanismes physiques et chimiques dans l'atmosphère a permis d'établir une carte cantonale des immissions de NO₂ pour l'année 2010.

L'interprétation de la carte d'immissions doit se faire avec précaution. Le modèle calcule la concentration moyenne en NO₂ pour un hectare. A l'intérieur de cet hectare, les valeurs réelles peuvent varier fortement, ce que le modèle ne peut pas montrer. Les concentrations mesurées par capteurs passifs peuvent de ce fait être plus élevées que les valeurs du modèle. Les capteurs passifs sont souvent installés à proximité des routes à fort trafic et où la construction est dense. Ils représentent donc la situation locale immédiate, ce qui ne correspond généralement pas à la moyenne spatiale de l'hectare.





4. Vue d'ensemble de toutes les mesures depuis 1997

Localité	Rue, lieu précis	Coor- donnée x	Coor- donnée y	Alti- tude [m]	Caractérisation du site ⁵			Moyennes annuelles en NO ₂ [µg/m ³]															
					site	trafic	cons- truction	19 97	19 98	19 99	20 00	20 01	20 02	20 03	20 04	20 05	20 06	20 07	20 08	20 09	20 10	20 11	20 12
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
Bulle	Pl. du Tilleul	570'810	163'020	770	2	B	b	27	27	28	27	27	24	24		24							
Bulle	Rue 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
Bulle	Rue de Vevey	570'690	162'915	770	2	B	c		35		32		33		32		35				29	25	27
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
Bulle	H 189 Planchy																				24	23	28
Bulle	H 189 Pâla																				22	20	22
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
Düdingen	Hauptstrasse 30	581'024	188'622	585	2	B	c			35	34	33	32	35		33	36	32	33	36	36	31	32
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	27	27
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

⁵ Des explications concernant la caractérisation du site sont données à la fin de ce chapitre.

Localité	Rue, lieu précis	Coordonnée x	Coordonnée y	Altitude [m]	Caractérisation du site ⁶			Moyennes annuelles en NO ₂ [µg/m ³]															
					site	trafic	construction	19 97	19 98	19 99	20 00	20 01	20 02	20 03	20 04	20 05	20 06	20 07	20 08	20 09	20 10	20 11	20 12
Fribourg	Av. L. Weck-Reynold	578'049	183'976	640	1	B	c		40		38		36		38		42		45				
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
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
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
Fribourg	Rue de Chante-merle	577'125	184'540	645	2	C	b	41		39		38		37		38		38	41	40	39		37
Fribourg	Rue du Pont-Suspendu	579'060	183'889	580	1	C	d	44		40		40		39		38		36		37		32	
Givisiez	Rte d'Alcantara	576'306	184'275	655	2	C	b									31	29	30	32	33	29	32	
Givisiez	Rte de Belfaux	576'430	184'916	621	2	B	b	37	39	38	39	35	35	36		34	37	34	37	39	40	37	40
Granges-Paccot	Rte de Morat	578'195	185'480	600	2	B	b								28	30	32	29	30	29		26	27
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

⁶ Des explications concernant la caractérisation du site sont données à la fin de ce chapitre.

Localité	Rue, lieu précis	Coordonnée x	Coordonnée y	Altitude [m]	Caractérisation du site ⁷			Moyennes annuelles en NO ₂ [µg/m ³]															
					site	trafic	construction	19 97	19 98	19 99	20 00	20 01	20 02	20 03	20 04	20 05	20 06	20 07	20 08	20 09	20 10	20 11	20 12
Misery	Le Haut du Mont	571'914	189'481	607	7	A	a	13	11	11	10	10		11	11	10	10	9	10	9	10	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
Murten	Ober Prehl	576'330	196'505	483	3	B	a				20	21	21	23	22	22							
Murten	Oberes Neugut	576'105	196'526	470	7	A	b			16	15	15	16	17	16	16	17						
Romont	Grand-Rue	560'157	171'798	755	2	B	c			23	23	22	20	22		21	23	21	21	21	22	20	21
Villars-sur-Glâne	Cormanon-Centre	577'760	182'487	685	2	B	b										30	32	32	33	28	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
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	6	8	7	7

⁷ Des explications concernant la caractérisation du site sont données à la fin de ce chapitre.

Explications concernant la caractérisation des sites de mesures

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

	<i>Caractérisation du site</i>	<i>Nombre d'habitants</i>
1	En ville – exposé au trafic	> 25'000
2	En agglomération – exposé au trafic	5'000 – 25'0000
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 – 25'0000
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

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

Charge de trafic

	<i>Charge de trafic</i>	<i>TJM (trafic journalier moyen)</i>
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. Annexe : 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	B [µg/m ³]
2009	1.008	-1.8
2010	0.979	-0.7
2011	0.861	0.0
2012	0.914	-0.3

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.

Direction du projet

—

Service de l'environnement SEn
Section protection de l'air

SEn AfU | 2013 | BS

Renseignements

—

Service de l'environnement SEn
Section protection de l'air

Route de la Fonderie 2, 1701 Fribourg

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