Amélioration de la connaissance de la qualité de l'air à proximité de l'usine d'Athanor

25 juillet 2002 – 3 janvier 2003

Surveillance de la qualité de l'Air dans la Région Grenobloise
44 avenue Marcellin Berthelot – BP 2734
38037 Grenoble Cedex 2
Tél : 04 38 49 92 20
Fax : 04 38 49 08 80
E-mail : ascoparg@atmo-rhonealpes.org
Internet : www.atmo-rhonealpes.org

ASCOPARG
Membre agréé du réseau Atmo

Introduction 2
1 La pollution atmospherique 3
1.1 Polluants prospectés 3
1.1.1 Les oxydes d'azote 3
1.1.2 Les particules en suspension Ps 3
1.1.3 L'ozone O_3 3
1.2 Effets des polluants sur la santé et l'environnement 4
1.2.1 Les oxydes d'azote 4
1.2.2 Les particules en suspension 4
1.2.3 L'ozone 5
1.3 La réglementation en air ambiant 5
1.3.1 La loi sur l'air 5
1.3.2 Les directives européennes 8
2 Méthodologie 10
2.1 Périodes de mesures 10
2.1.1 En règle générale 10
2.1.2 Dans le cadre de cette étude 10
2.2 Techniques de mesures 10
2.2.1 Mesures en continu par les analyseurs automatiques 10
2.2.2 Mesures par échantillonnage passif 12
2.3 Plan d'échantillonnage spatial 13
2.4 Paramètres d'influence à prendre en compte 15
2.4.1 Climatologie et topographie 15
2.4.2 Sources d'émissions 15
2.4.3 Population concernée 15
2.5 Expression des résultats 16
2.5.1 Interprétation et représentation des mesures 16
2.5.2 Unités et statistiques employées 16
3 Résultats des mesures de la qualite de l'air à proximité de l'usine d'incineration d'athanor 17
3.1 Conditions météorologiques 17
3.1.1 Température 17
3.1.2 Vent 18
3.1.3 Précipitations 19
3.1.4 Bilan des conditions météorologiques 20
3.2 Polluants mesurés 23
3.2.1 Les oxydes d'azote 23
3.2.2 Poussières en suspension (PM_{10}) 38
3.2.3 Ozone (O_3) 41
3.2.4 Situation du site de la Faculté de médecine par rapport aux valeurs réglementaires et aux seuils d'évaluation 44
4 Simulation des concentrations 46
4.1 Objectif de la simulation 46
4.2 Le logiciel STREET 46
4.3 Caractéristiques des tronçons 48
4.3.1 Données utilisées 48
4.3.2 Paramètres météorologiques 48
4.3.3 Données relatives à la circulation 49
4.3.4 Valeurs guides et pollution de fond 51
4.4 Résultats de la simulation 51
4.4.1 NO_2, PM10, CO, COV et SO_2: immissions 51
4.4.2 NO_2 : Comparaison aux valeurs mesurées 55
Conclusion 57

INTRODUCTION

Afin d'améliorer la connaissance de la répartition du NO_2 (dioxyde d'azote) dans les différents secteurs de l'agglomération grenobloise et notamment autour de l'usine d'ATHANOR bordée de voiries au trafic routier intense, la Métro a sollicité l'ASCOPARG, Association pour le Contrôle et la Préservation de l'Air dans la Région Grenobloise, pour réaliser une étude permettant de caractériser l'exposition du NO_2 sur des sites de fond ainsi qu'en proximité des principales voiries.

En complément, la Métro souhaite également confirmer le calage du modèle de dispersion de la pollution de l'UIOM d'Athanor. Cette mission a été confiée au bureau d'études Kisters France.

La méthodologie utilisée dans le cadre de cette étude associe deux démarches complémentaires :

- Une campagne de mesures à l'aide de moyens mobiles et de tubes à diffusion passive afin de réaliser un véritable bilan de la pollution sur la zone d'étude.

- Une modélisation de la pollution de proximité automobile pour les axes routiers les plus fréquentés de la zone.

L'objectif final de cette démarche est de pouvoir vérifier la contribution de l'usine d'incinération d'Athanor calculée par la modélisation déterministe de la société Kisters.

Pour estimer les dépassements des valeurs réglementaires, un site de mesures a été mis en place à la Faculté de Médecine de la Tronche entre le **25 juillet 2002 et le 3 janvier 2003**. Les niveaux mesurés ont été analysés en fonction des conditions climatiques des périodes de mesure afin de tenir compte de l'écart avec les normales saisonnières. De plus, une comparaison des concentrations de polluants avec celles des sites de référence grenoblois (Saint Martin d'Hères, Grenoble les Frênes, le Versoud), dont le comportement est connu sur une longue période, a été réalisée.

Parallèlement aux mesures par analyseurs, l'ASCOPARG a réalisé pendant la même période 6 campagnes de mesure du NO_2 par **tubes à diffusion** sur 40 sites répartis dans un domaine de 20 km^2 autour de l'usine d'Athanor. Les résultats des tubes à diffusion ont permis de réaliser une cartographie des concentrations des niveaux de fond en NO_2 sur la zone d'étude.

Dans une dernière partie, des **simulations** de la pollution de proximité automobile ont été effectuées pour les rues situées aux alentours de l'usine d'incinération d'ATHANOR. La simulation, réalisée à l'aide du logiciel ADEME Impact a permis d'évaluer pour chacune de ces rues les émissions de **NO_2, PM_{10}, CO, SO_2** et **COV**. Enfin, la simulation réalisée à l'aide du logiciel STREET a permis d'estimer les concentrations moyennes annuelles sur chacune de ces rues.

1 LA POLLUTION ATMOSPHERIQUE

1.1 Polluants prospectés

L'étude porte principalement sur un polluant susceptible d'atteindre des niveaux réglementaires à proximité d'un axe de circulation important et également rejeté par l'usine d'incinération ; il s'agit du dioxyde d'azote (NO_2). D'autres polluants ont également fait l'objet de mesures au cours de cette étude :

- **Les poussières** : particules en suspension de taille inférieure à 10 µm (PM_{10})
- **L'ozone** (O_3)

1.1.1 Les oxydes d'azote

Le terme oxydes d'azote désigne le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO_2). Ces composés sont formés par oxydation de l'azote atmosphérique (N_2) lors des combustions (essentiellement à haute température) de carburants et de combustibles fossiles.
Les oxydes d'azote, avec les composés organiques volatils, interviennent dans le processus de formation de la pollution photooxydante et de l'ozone dans la basse atmosphère.

En France, les transports représentent 75% des émissions d'oxydes d'azote. Les sources fixes (installation de combustion, industries, procédés industriels,…) sont responsables de 18% des émissions. Bien que l'équipement des automobiles par des pots catalytiques favorise une diminution unitaire des émissions d'oxydes d'azote, les concentrations ne diminuent guère compte tenu de l'âge du parc automobile et de l'augmentation constante du trafic.
Le monoxyde d'azote, gaz incolore et inodore, est principalement émis par les véhicules à moteur thermique et se transforme rapidement par oxydation en dioxyde d'azote, gaz roux et odorant. La réaction est favorisée par le rayonnement Ultra Violet.

1.1.2 Les particules en suspension Ps

Dans l'atmosphère (air extérieur), les poussières en suspension peuvent provenir de certains procédés industriels (incinération, carrières, cimenteries), des chauffages domestiques en hiver mais elles sont plus majoritairement issues du trafic automobile (particules diesel, usures de pièces mécaniques et de pneumatiques…) près des voiries.
Les particules les plus fines (diamètre inférieur à 0,5 µm) sont essentiellement émises par les véhicules diesel alors que les plus grosses proviennent plutôt de frottements mécaniques sur les chaussées ou d'effluents industriels.

Les particules sont mesurées de deux manières : par la méthode des fumées noires (la plus ancienne) et par la méthode plus récente des « PM_{10} », particules de diamètre dynamique inférieur à 10 microns (méthode utilisée dans le cadre de cette étude).

1.1.3 L'ozone O_3

L'ozone est un polluant secondaire, il n'est pas émis directement par une source mais est le produit de la réaction photochimique de certains polluants, notamment les oxydes d'azote (NOX) et les composés organiques volatils (COV), sous l'effet des rayonnements solaires. Cette série de réactions, appelée cycle de Chapman, forme un équilibre très perturbé par la présence de COV et d'un excès d'oxydes d'azote, espèces majoritairement générées par le trafic routier.

1.2 Effets des polluants sur la santé et l'environnement

Dans une population donnée, tous les individus ne sont pas égaux face aux effets de la pollution. La sensibilité de chacun peut varier en fonction de l'âge, l'alimentation, les prédispositions génétiques, l'état de santé général.
D'autre part, l'effet des polluants n'est pas toujours complètement connu sur l'homme. Pour certains, il existe une limite d'exposition au dessous de laquelle il n'y a pas d'effet comme pour le dioxyde de soufre (SO_2). Pour d'autres, il n'y a pas de seuil car certains effets peuvent apparaître, selon les personnes, dès les faibles niveaux d'exposition (par exemple le benzène). Il a été démontré que la combinaison de plusieurs polluants (comme le SO_2 et le NO_2) peuvent abaisser les seuils de certains effets sur la santé.

Au niveau individuel, le risque lié à la pollution de l'air est beaucoup plus faible que celui lié au tabagisme actif. Dans ce sens, les recherches sur les effets de la pollution distinguent souvent les populations de « fumeurs » et de « non-fumeurs ».
Le niveau d'exposition d'un homme varie également en fonction du temps passé à l'extérieur, à l'intérieur, des possibilités d'entrée des polluants dans les espaces clos et du niveau de pollution généré dans l'air intérieur par les différentes sources (vapeurs de cuisine, peintures, matériaux de construction, frottements ou usures de pièces,…).

L'évaluation des risques dus aux effets de la pollution est nécessaire chez les populations à haut risque comme les nourrissons, les enfants, les personnes âgées, les femmes enceintes et leur fœtus, les personnes souffrant de déficience respiratoire ou de mal-nutrition, ou les personnes malades. Ces personnes sont les premières touchées en cas de hausse de pollution.

L'influence de la pollution sur l'excès de mortalité est maintenant mieux connue sur l'homme. Certaines études sur l'impact de la santé en milieu urbain (notamment de l'Institut National de Veille Sanitaire) ont montré le lien entre pollution et mortalité. Ce lien est davantage marqué en ce qui concerne la mortalité due aux problèmes respiratoires et cardiovasculaires.

1.2.1 Les oxydes d'azote

1.2.1.1 Santé

Seul le dioxyde d'azote est considéré comme toxique aux concentrations habituellement rencontrées dans l'air ambiant. Il pénètre dans les fines ramifications de l'appareil respiratoire et peut, dès 200 $\mu g.m^{-3}$, entraîner une altération de la fonction respiratoire et une hyper réactivité bronchique chez les asthmatiques. Chez les enfants, il augmente la sensibilité des bronches aux infections microbiennes.

1.2.1.2 Environnement

Les oxydes d'azote contribuent également au phénomène du dépérissement forestier dit «pluies acides».

1.2.2 Les particules en suspension

1.2.2.1 Santé

L'action des particules est irritante et dépend de leur diamètre. Les plus grosses particules (diamètre supérieure à 10 µm) sont retenues par les voies aériennes supérieures (muqueuses du naso-pharynx). Entre 5 et 10 µm, elles restent au niveau des grosses voies aériennes (trachée, bronches). Les plus fines (< 5 µm) pénètrent dans les alvéoles pulmonaires et peuvent, surtout chez l'enfant, irriter les voies respiratoires ou altérer la fonction respiratoire. Il existe une corrélation entre la teneur de particules et l'apparition de bronchites et de crises d'asthme. Les non-fumeurs perçoivent des effets à partir de 200 $\mu g.m^{-3}$ contre 100 $\mu g.m^{-3}$ pour les fumeurs (muqueuses irritées). Les particules mesurées en routine sont en général inférieures à 10 µm (PM_{10}) ou à 2,5 µm ($PM_{2,5}$).
Certaines substances se fixent sur les particules (sulfates, nitrates, hydrocarbures, métaux lourds) dont certaines sont susceptibles d'accroître les risques de cancer comme les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP).

Les micro-particules diesel provoquent des cancers de façon certaine chez les animaux de laboratoire. Le même effet sur l'homme est donc fortement probable : le Centre International de Recherche contre le Cancer (CIRC, 1989) et l'agence américaine de l'environnement (US EPA, 1994) ont classé les émissions de diesel comme étant probablement cancérogènes (classe 2A du CIRC chez l'homme).

1.2.2.2 Environnement

Les bâtiments subissent également les effets de la pollution avec notamment le noircissement des façades dû aux particules diesel .

1.2.3 L'ozone

1.2.3.1 Santé

L'ozone est un gaz incolore et un oxydant puissant pénétrant facilement jusqu'aux alvéoles pulmonaires. Il provoque, dès une exposition prolongée de 150 à 200 $\mu g.m^{-3}$, des irritations oculaires, des migraines, de la toux et une altération pulmonaire surtout chez les enfants et les asthmatiques. Les effets sont amplifiées par l'exercice physique.

1.2.3.2 Environnement

Les végétaux semblent particulièrement sensibles aux concentrations d'ozone. Il a été démontré que l'influence des concentrations d'ozone varie selon les espèces. Certains végétaux très sensibles comme les plants de tabac, sont utilisés comme indicateurs de la pollution photochimique.
De façon générale, l'ozone agit défavorablement sur le développement des végétaux en altérant le mécanisme photosynthétique et en provoquant des nécroses foliaires. En effet, la plante utilise une partie de son énergie à « désintoxiquer » l'ozone de façon à ce que les lésions qu'il engendre soient « réparées » . Il se produit alors une perte de la capacité de la plante à se développer.

1.3 La réglementation en air ambiant

Les réglementations françaises et européennes vis à vis de la qualité de l'air dans l'air ambiant ont beaucoup évolué depuis 1996 avec notamment la parution de décrets d'application de la loi sur l'air de décembre 1996 (décret du 6 mai 1998, actualisé le 15 février 2002) et la sortie, le 22 avril 1999, d'une directive européenne fixant des valeurs limites en air ambiant pour le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote, les particules et le plomb.

1.3.1 La loi sur l'air

Le 30 décembre 1996, le parlement français a adopté la **loi 96-1236 sur «l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie »**.

Cette loi s'appuie sur le « droit reconnu à chacun de respirer un air qui ne nuise pas à sa santé ». Ce principe est assorti de l'obligation du concours de l'état et des collectivités territoriales pour « l'exercice du droit à l'information sur la qualité de l'air et ses effets sur la santé et l'environnement ».
Toutes les agglomérations de plus de 100 000 habitants doivent être dotées dès 1998 d'un dispositif de surveillance de la qualité de l'air et l'ensemble du territoire national avant le 1er janvier 2000.

La loi s'appuie notamment sur des outils de planification comme les Plans Régionaux pour la Qualité de l'Air (PRQA) ainsi que des mesures d'urgence en cas de pic de pollution (diminution du trafic ou de réduction de la vitesse, mise en place de pastilles vertes, circulation des véhicules aux plaques d'immatriculation paires ou impaires).

Des **objectifs de qualité**, des **valeurs limites** et des **seuils d'alerte** sont fixés et sont régulièrement réévalués pour prendre en compte les résultats des études médicales et épidémiologiques (tableau 1.1). Les définitions de ces trois termes sont données ci dessous :

Objectif de qualité : *niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement, à atteindre dans une période donnée.*

Valeur limite : *niveau maximal de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère, fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs de ces substances pour la santé humaine ou pour l'environnement.*

Seuils d'alerte : *niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine ou de dégradation de l'environnement à partir duquel des mesures d'urgence doivent être prises.*

OBJECTIFS DE QUALITE DE L'AIR (VALEURS GUIDES)		
Polluants	Valeurs ($\mu g.m^{-3}$)	Base
Poussières (PM_{10})	**< 30**	Moyenne annuelle (année civile[1])
Dioxyde d'azote (NO_2)	**< 40**	Moyenne annuelle (année civile)
Ozone (O_3)	**< 110**	En moyenne sur une plage de 8 heures
Monoxyde de carbone (CO)	**< 10 000** **< 30 000**	Maximum de la moyenne glissante sur 8h Moyenne horaire

VALEURS LIMITES POUR LA PROTECTION DE LA SANTE HUMAINE				
Polluants	Valeurs ($\mu g.m^{-3}$)	Base et période	Marges de dépassements	Date à laquelle la valeur doit être respectée
Poussières (PM_{10})	**< 50**	Percentile 90 des moyennes journalières sur l'année civile	De 50% en 2000 à 0% en 2005	1er janvier 2005
	< 40	Moyenne annuelle (année civile)	De 20% en 2000 à 0% en 2005	1er janvier 2005
Dioxyde d'azote (NO_2)	**< 200**	Percentile 98 des moyennes horaires sur l'année civile (< 175 heures/an)		1er janvier 2010
	< 200	Percentile 99,8 des moyennes horaires sur l'année civile (< 18 heures/an)	De 50% en 2000 à 0% en 2010	1er janvier 2010
	< 40	Moyenne annuelle (année civile)	De 50% en 2000 à 0% en 2010	1er janvier 2010
VALEURS LIMITES POUR LA PROTECTION DES ECOSYSTEMES				
Polluants	Valeurs ($\mu g.m^{-3}$)	Base et Période		
Oxydes d'azote (NOx)	**< 30**	Moyenne annuelle (année civile)		

SEUILS DE RECOMMANDATION (POUR LE DEPARTEMENT DE L'ISERE[2])		
Polluants	Valeurs ($\mu g.m^{-3}$)	Base (dans l'Isère)
Dioxyde d'azote (NO_2)	**< 200**	Moyenne horaire sur au moins 2 capteurs
Ozone (O_3)	**< 180**	Moyenne horaire sur au moins 2 capteurs
SEUILS D'ALERTE (POUR LE DEPARTEMENT DE L'ISERE[3])		
Polluants	Valeurs ($\mu g.m^{-3}$)	Base (dans l'Isère)
Dioxyde d'azote (NO_2)	**< 400**	Moyenne horaire sur au moins 2 capteurs
Ozone (O_3)	**< 360**	Moyenne horaire sur au moins 2 capteurs

Tableau 1.1. Valeurs guides, valeurs limites et seuils fixés par la réglementation française (loi sur l'air et décrets d'application) pour les polluants concernés dans cette étude

[1] Année civile : du 1er janvier au 31 décembre / Année tropique : du 1er avril au 31 mars
[2] par arrêté inter-préfectoral de l'Isère, fixant le nombre de capteurs nécessaires au déclenchement du seuil.

1.3.2 Les directives européennes

La réglementation française pour l'air ambiant s'appuie principalement sur des directives européennes.
Ces réglementations font intervenir la notion de valeur limite, soit une valeur à ne pas dépasser impérativement, ou la notion de valeur guide, soit une notion de confort ou un objectif de qualité à atteindre (tableau 1.2).
Ces valeurs sont établies, notamment pour les particules et le dioxyde d'azote, à partir de calculs statistiques effectués sur une année. Certaines de ces valeurs ne doivent pas être dépassées plus d'un certain nombre de fois dans l'année (percentiles) et d'autres, en moyenne sur l'année.

La **directive CE 96/62/CE** du 27 septembre 1996 de la Communauté Européenne, concernant l'évaluation et la gestion de la qualité de l'air ambiant, fournit le cadre à la législation communautaire sur la qualité de l'air.

Les quatre principaux objectifs de cette directive sont les suivants :

- Définir et fixer les objectifs concernant la pollution de l'air ambiant dans la Communauté, afin d'éviter, de prévenir et de réduire les effets nocifs sur la santé humaine ou pour l'environnement dans son ensemble.

- Evaluer sur la base de méthodes et de critères communs, la qualité de l'air ambiant dans les Etats membres.

- Disposer d'informations adéquates sur la qualité de l'air ambiant et faire en sorte que le public soit informé, entre autres par des seuils d'alerte.

- Maintenir la qualité de l'air ambiant lorsqu'elle est bonne et l'améliorer dans les autres cas.

La **directive 1999/30/CE** du 22 avril 1999 fixe des valeurs limites pour le dioxyde de soufre (SO_2), les oxydes d'azote (NOx), les particules (PM_{10}) et le Plomb (Pb) dans l'air ambiant.

VALEUR LIMITE HORAIRE POUR LA PROTECTION DE LA SANTE HUMAINE				
Polluants	Valeurs ($\mu g.m^{-3}$)	Période et Base	Marges de dépassements	Date à laquelle la valeur doit être respectée
Dioxyde d'azote (NO_2)	**< 200**	Moyenne horaire. Ne pas dépasser plus de 18 fois/an	De 50% en 2000 à 0% en 2010	1er janvier 2010
VALEUR LIMITE JOURNALIERE POUR LA PROTECTION DE LA SANTE HUMAINE				
Polluants	Valeurs ($\mu g.m^{-3}$)	Période et Base	Marges de dépassements	Date à laquelle la valeur doit être respectée
Poussières (PM_{10})	**Phase 1 < 50**	Moyenne sur 24h. Ne pas dépasser plus de 35 fois/an	De 50% en 2000 à 0% en 2005	1er janvier 2005
	Phase 2 < 50	Moyenne sur 24h. Ne pas dépasser plus de 7 fois/an [3]	fixées ultérieurement	1er janvier 2010
VALEUR LIMITE ANNUELLE POUR LA PROTECTION DE LA SANTE HUMAINE				
Polluants	Valeurs ($\mu g.m^{-3}$)	Période et Base	Marges de dépassements	Date à laquelle la valeur doit être respectée
Poussières (PM_{10})	**Phase 1 < 40**	Moyenne annuelle (année civile)	De 20% en 2000 à 0% en 2005	1er janvier 2005
	Phase 2 < 20 [1]	Moyenne annuelle (année civile)	De 50% dès 2005 à 0% en 2010	1er janvier 2010
Dioxyde d'azote (NO_2)	< 40	Moyenne annuelle (année civile)	De 50% en 2000 à 0% en 2010	1er janvier 2010
VALEUR LIMITE ANNUELLE POUR LA PROTECTION DES ECOSYSTEMES				
Polluants	Valeurs ($\mu g.m^{-3}$)	Période / Base		Date à laquelle la valeur doit être respectée
Oxydes d'azote (NOx)	**< 30**	Année civile		19 juillet 2001

SEUILS DE RECOMMANDATION			
Polluants	Valeurs ($\mu g.m^{-3}$)	Période / Base	Date à laquelle la valeur doit être respectée
Dioxyde d'azote (NO_2)	**< 200**	Moyenne horaire	19 juillet 2001
SEUILS D'ALERTE			
Polluants	Valeurs ($\mu g.m^{-3}$)	Période / Base	Date à laquelle la valeur doit être respectée
Dioxyde d'azote (NO_2)	**< 400**	Moyenne horaire [4]	19 juillet 2001

Tableau 1.2. Valeurs guides, valeurs limites et seuils fixés par les directives européennes pour les polluants concernés par cette étude.

[3] Valeur limite indicative, à réexaminer en 2005, à la lumière des informations acquises lors de la phase 1.
[4] Sur 3h consécutives

2 METHODOLOGIE

2.1 Périodes de mesures

2.1.1 En règle générale

Le comportement des polluants atmosphériques (transport et accumulation) est fortement lié aux conditions météorologiques (pluviométrie, vent, température, ensoleillement).

En raison de la forte variabilité de la qualité de l'air dans l'espace, mais aussi dans le temps (le comportement des polluants atmosphériques locaux est fortement lié aux conditions climatiques), les mesures devraient être également réparties dans l'année avec un minimum de 8 semaines de mesures (directive européenne du 22 avril 1999) pour être considérées comme représentatives de la qualité de l'air d'un site donné et permettre une comparaison avec les normes en vigueur.

2.1.2 Dans le cadre de cette étude

Compte tenu du temps qui nous était imparti (possibilité de réaliser des mesures entre juillet et décembre 2002), les mesures ont été effectuées sur 6 périodes représentatives des saisons Eté, Automne, Hiver (tableau 2.1).

	Début	Fin	Saison
Période 1	25/07/2002	08/08/2002	Eté
Période 2	21/08/2002	04/09/2002	
Période 3	18/09/2002	02/10/2002	Automne
Période 4	23/10/2002	06/11/2002	
Période 5	20/11/2002	04/12/2002	Hiver
Période 6	20/12/2002	03/01/2003	

Tableau 2.1 : Date des différentes périodes de mesures

2.2 Techniques de mesures

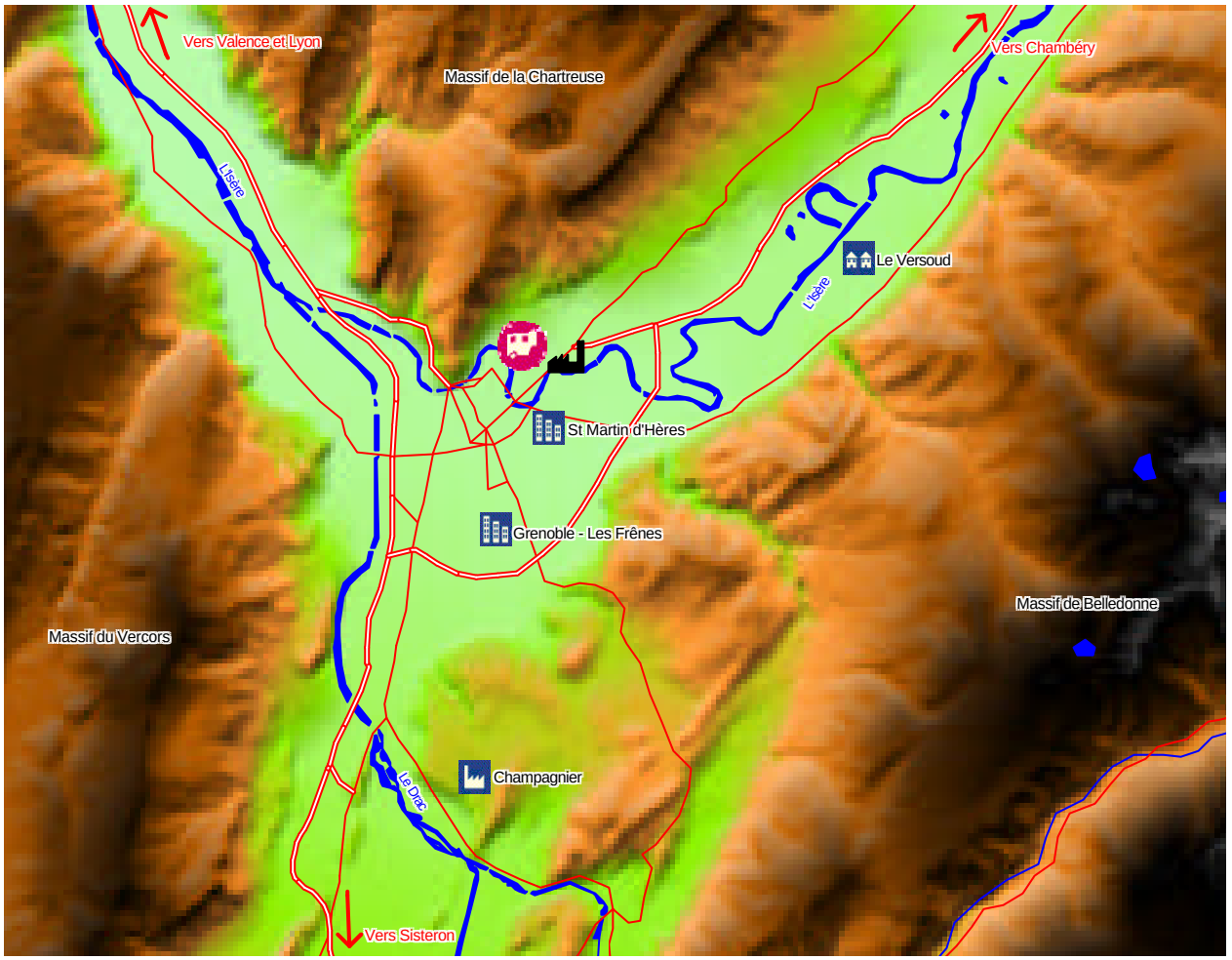
2.2.1 Mesures en continu par les analyseurs automatiques

Pour établir un bilan initial de la qualité de l'air à proximité de l'usine d'incinération d'Athanor et estimer l'importance des dépassements de valeurs réglementaires, il est indispensable de disposer de données précises, déclinées dans la mesure du possible de manière horaire. Les mesures doivent donc être réalisées avec le même type d'analyseurs que ceux utilisés pour le réseau fixe de l'ASCOPARG.

Pour réaliser des contrôles ponctuels de la qualité de l'air, l'ASCOPARG dispose depuis quelques années de moyens mobiles (camion laboratoire, remorque et cabine de mesures, climatisées en été et chauffées en hiver afin de respecter les températures de consigne des appareils).

Dans le cadre de cette étude, l'ASCOPARG a installé sur le site de la faculté de médecine (figure 2.1 : Plan de situation) une remorque équipée des analyseurs de NOx, Poussières en suspension (PM_{10}) et O_3 permettant un tel suivi, qui servira de référence pendant toute la durée de l'étude (figure 2.2 : photo remorque et matériel utilisé). Cette remorque se situe à 1,3 km à l'ouest de l'usine d'Athanor sur le site de la Faculté de médecine de la Tronche.

Plan de situation



N

Légende :

Réseau hydrographique
Réseau routier principal
Réseau autoroutier

Usine d'incinération Athanor
Remorque de mesure

Station fixe industrielle
Station fixe périurbaine
Station fixe urbaine

Echelle : 0 3 km

Source :
ASCOPARG
GEOSYS DATA

Copyright 2003

ASCOPARG

Membre agréé du réseau Atmo

Matériel utilisé :

Analyseur	*Type*	*Technique de mesure*
NOx	*AC31M Environnement SA*	Chimiluminescence
Poussières en suspension : PM_{10}	Rupprech & Patasnhick co – TEOM 1400 A	TEOM
O_3	O3 41M Environnement SA	Absorption UV

Figure 2.2 Photo de la remorque mobile installée sur le site de la Faculté de médecine (La Tronche) et matériel utilisé

Pour analyser les données et estimer l'importance des niveaux de pollution, des comparaison ont systématiquement été réalisées avec d'autres sites fixes de l'ASCOPARG (tableau 2.2).

	Type de station	**Localisation**
Cabine Mobile	Urbaine de fond	Faculté de médecine (La Tronche)
Versoud	Péri urbaine	Aérodrome du Versoud
Saint Martin d'Hères	Urbaine de fond	Saint Martin d'Hères
Grenoble Les Frênes	Urbaine de fond	Grenoble

Tableau 2.2 : Typologie de la cabine mobile et des sites fixes de comparaison de l'ASCOPARG

2.2.2 Mesures par échantillonnage passif

Afin de connaître plus précisément la répartition spatiale des polluants, une autre technique de mesure a été utilisée : les tubes à diffusion passive analysés en laboratoire (figure 2.3 : photo tubes à diffusion).
Cette méthode, bien que moins précise (incertitude de 20%) que les analyseurs de référence automatique en continu (puisqu'elle permet d'estimer sur une période et non pas heure par heure), présente l'avantage d'être moins onéreuse.

Le principe d'échantillonnage repose sur la diffusion moléculaire du polluant à travers un milieu absorbant (le triéthanolamine, pour le dioxyde d'azote.

Figure 2.3 Tubes à diffusion NO_2

La concentration de polluants mesurés dans l'échantillonneur passif est proportionnelle aux concentrations dans l'environnement. Après une exposition bien définie (15 jours pour les tubes situés sur des sites de fond et 7 jours pour les sites de proximité du trafic automobile), la quantité de polluant est extraite puis analysée en laboratoire.
La plupart des sites choisis dans cette étude sont des «sites de fond » visant à caractériser la pollution de fond (niveau représentatif de l'exposition moyenne de la population sur un secteur

géographique donné) hors influence directe d'une source d'émission (voie de circulation, bouche d'évacuation ou cheminée industrielle) voisine du point de mesure.

2.3 Plan d'échantillonnage spatial

Afin d'obtenir une cartographie de la qualité de l'air à proximité de l'usine d'incinération d'Athanor, 40 sites, situés à moins de 3 km de l'usine d'Athanor, ont été instrumentés à l'aide de tubes à diffusion. Le plan d'échantillonnage résume l'emplacement de ces 40 sites (figure 2.4 : carte des 40 sites de mesure).

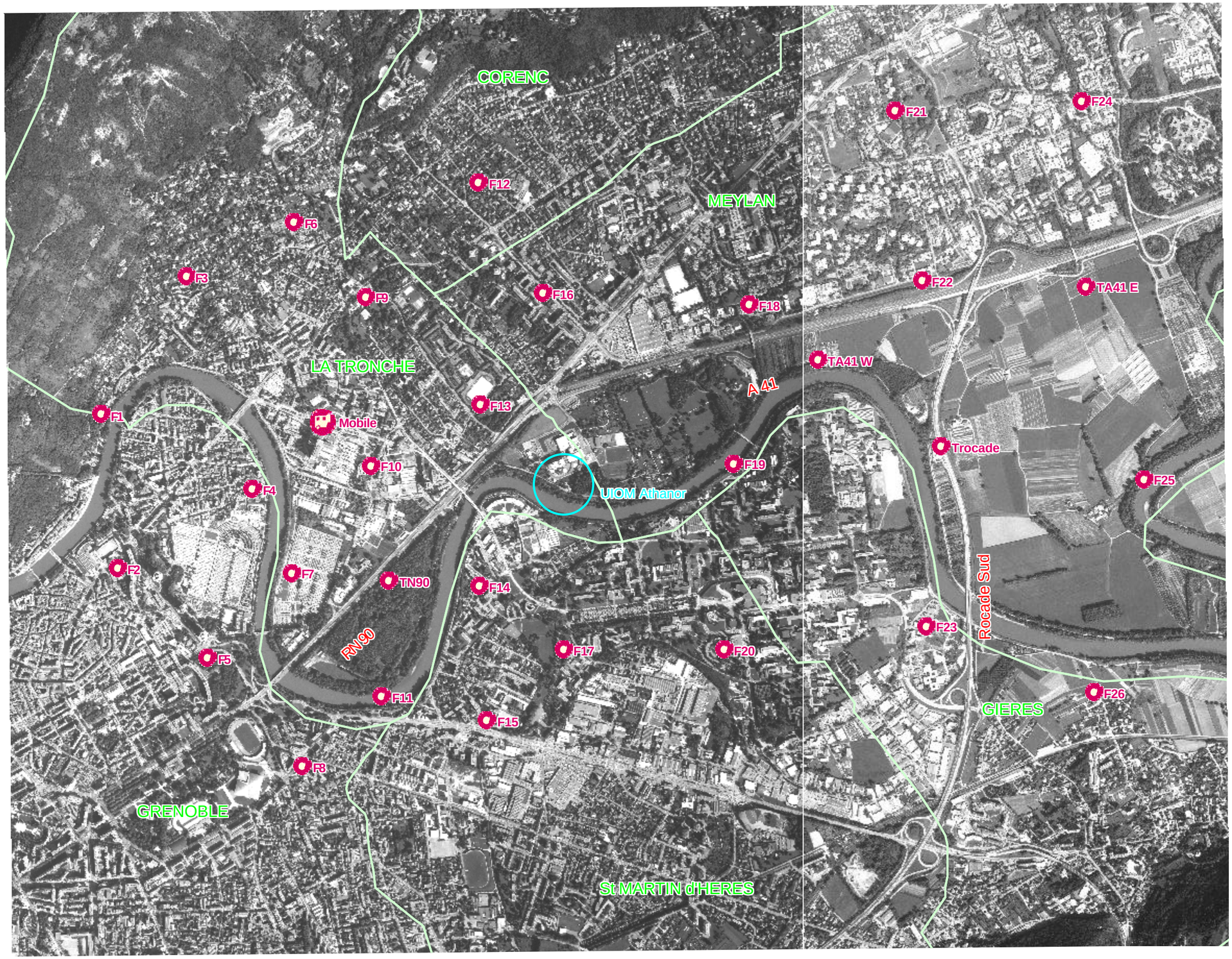
- 26 sites de fond

- 4 transects composés de 3 sites de proximité situés à 5, 50 et 100m des RN 90 et A41 (section à l'Est et l'Ouest de la Rocade Sud) et de 4 sites de proximité 5, 50, 100 et 250m de la RN 87 (Rocade Sud) ; soit 16 sites de proximité.

Les transects ont pour but de mesurer la décroissance de la concentration en polluant au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la source d'émission.
Au total, ce sont donc 40 sites qui, à chaque campagne, ont été équipés de 3 tubes de manière à minimiser les incertitudes sur les résultats.

Le plan d'échantillonnage (figure 2.4) délimite aussi la zone d'étude.

IMPLANTATION DES SITES DE MESURES



N

Légende

- Site de mesure par tube à diffusion
- Site de mesure par remorque
- Limite de commune

Source :
ASCOPARG
GEOSYS DATA

Copyright 2003

Echelle :

0 250 m

2.4 Paramètres d'influence à prendre en compte

2.4.1 Topographie et climatologie

Grenoble se situe au confluent de l'Isère et du Drac, dans une plaine alluvionnaire, dont l'altitude varie peu, entre 200 et 250 mètres.
L'agglomération est entourée de massifs montagneux importants, qui sont à l'origine de l'appellation « cuvette grenobloise », avec :

- Au nord, le massif de la Chartreuse, culminant à 2082 mètres (Chamechaude), pour une altitude moyenne de 1000 mètres,
- A l'ouest et au sud ouest le massif du Vercors , dont le sommet est le Grand Veymont (2371 mètres), dont l'altitude moyenne voisine autour de 1000 mètres également,
- A l'est, le massif de Belledonne, plus élevé (Grand Pic de Belledonne, 2977 mètres),

Cette configuration topographique, très particulière, génère une dynamique atmosphérique propre à la région. Très fréquemment, à la circulation générale des masses d'air se substitue une circulation locale, qui se manifeste par l'alternance de brises de montagne et de vallée. Ces écoulements de vents locaux se traduisent en période anticyclonique, par des déplacements pendulaires des masses d'air.
Ainsi, l'air pollué ne s'évacue pas de l'agglomération jusqu'à ce qu'un vent suffisamment fort ou des précipitations viennent perturber ce cycle.
D'autre part, la présence de reliefs facilite la création d'inversions de température, obstacles défavorables à la dispersion verticale des masses d'air pollué.

2.4.2 Sources d'émissions

Les sources d'émissions influant sur la qualité de l'air dans la zone d'étude (figure 2.4) sont l'usine d'incinération des Ordures Ménagères d'Athanor et le trafic automobile (graphique des émissions à la fin du chapitre 2). La part de chacune de ces sources est définie comme suit :

- Athanor : 523 Tonnes de NO_x / an (DRIRE, 2001).

L'usine d'Athanor permet la valorisation par incinération des déchets non recyclables : production d'électricité et chauffage urbain.

- Le trafic routier : Il représente environ 5200 Tonnes de NO_x / an sur les voies couvertes par le réseau Davis (Cadastre des émissions liées au trafic automobile, GIERSA, 2003). Sur la zone d'Athanor (carré de 5 km centré sur l'usine) les émissions sont de l'ordre de 1000 Tonnes par an.

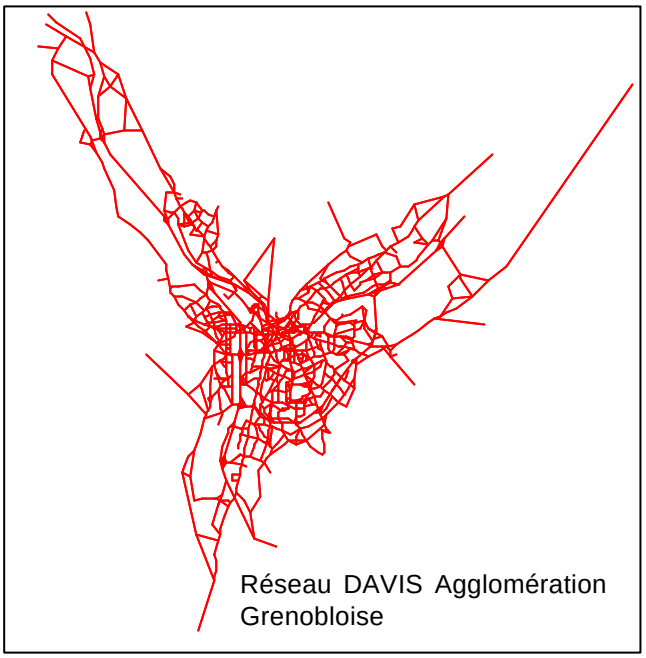
Ces chiffres proviennent d'un outil en cours de développement basé sur un modèle de trafic calé sur l'année 1997. Bien que tous les éléments aient été mis en œuvre, il se peut que des amélioration de l'outils de calcul ou la prise en compte d'autre sources de données viennent modifier ces estimations.

Méthodologie :

Le trafic automobile représente approximativement le tiers des émissions d'oxydes d'azote en Rhône-Alpes.
Les émissions de ce trafic sont calculées à l'aide de la méthodologie COPERT développée dans le cadre du programme européen CORINAIRE. Le principe consiste à calculer pour chaque brin routier l'émission de chaque type de véhicule. Pour cela, On utilise une répartition du parc de véhicules fournie par l'ADEME (thèse INRETS sur l'évolution du parc automobile français entre 1970 et 2020) et le modèle de trafic DAVIS mis en œuvre par l'agence d'urbanisme de la ville de Grenoble. Les sorties de ce modèle de trafic ont été actualisées à partir des données de trafic fournies par les stations de comptage permanents de la DDE et de l'évolution générale du trafic (données du Service d'étude Statistique –SES- du Ministère de Transport). L'année de calcul est 2000.

Les sorties du modèle de trafic ont été adaptées afin de fournir des résultats géocodés permettant de présenter les résultats sur une carte et définir ainsi facilement des zones d'étude.

L'émission représentative de chaque maille du domaine d'étude est ensuite calculée. Les vitesses prises en compte sont les vitesses réglementaires des voiries concernées.

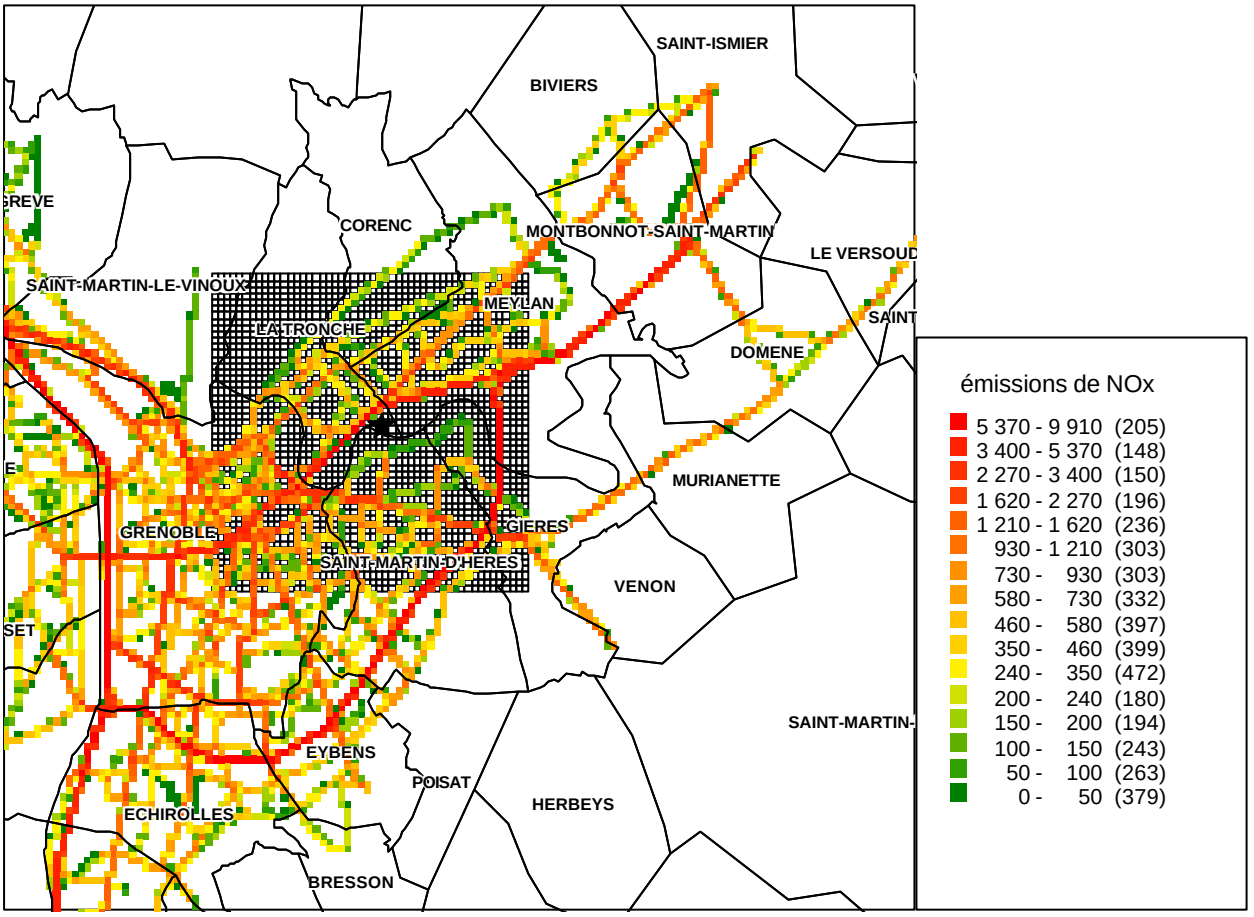


Tous les résultats alimentent une base de données qui permet ensuite de concaténer les résultats suivant la maille voulue.

Les axes les plus importants, situés à moins de 2 km de l'usine, sont l'autoroute A41 «Grenoble - Chambéry » (~ 55000 véhicules par jour), la RN90 qui fait la liaison entre l'A41 et Grenoble (~ 55000 véhicules par jour) et la rocade sud (~ 73000 véhicules par jour) (données DDE - 2000). Pour les autres véhicules, la rocade sud représente entre 2000 et 5000 poids lourds par jour. Quant à l'A41, les chiffres montrent des débits supérieurs à 5000 véhicules par jour en moyenne. Les deux roues ne sont pas pris en compte dans les calculs.

Les calculs n'étant basés que sur les rues présentes dans le modèle de trafic, et les bouchons n'étant pas intégrés pour le moment dans le module de calcul, il est vraisemblable que les émissions soient sous-estimées.

La figure ci-dessous représente les émissions de NOx en $g.an^{-1}.ha^{-1}$ issues des véhicules particuliers. Elle illustre la zone de 5km de coté centrée sur l'usine d'incinération et les émissions sur une maille de 100 mètres de coté.



2.4.3 Population concernée

Il est important de connaître la densité de population habitant dans le domaine d'études. Elle permet d'analyser les données de pollution en terme de santé publique.

L'usine d'Athanor se trouve sur le territoire de la communauté d'agglomération Grenoble Alpes Métropole (376000 habitants, INSEE, recensement de 1999), sur la commune de la Tronche (6672 habitants, 642 hectares); avec près de 7800 personnes vivant à moins de 1 km de l'usine et 42000 personnes à moins de 2 km.

2.5 Expression des résultats

2.5.1 Interprétation et représentation des mesures

Les résultats de cette étude sont présentés dans la partie 3 comme suit :

- Présentation et analyse des conditions météorologiques de la période d'étude,
- Pour la remorque mobile (site de la faculté de médecine) : présentation, analyse et interprétation des résultats des concentrations mesurées des différents polluants, avec pour chaque polluant :
  - Les valeurs mesurées et leurs statistiques (graphique ou tableau)
  - Les dépassements de valeurs réglementaires (tableaux)
  - L' analyse des données
- Cartographie du dioxyde d'azote.

On rappelle que les données de la période d'étude sont validées selon les mêmes principes que celles des stations fixes de l'ASCOPARG (ASCOPARG, Validation des données, PR.TEC.08, 2002) et qui repose sur deux niveaux de validation:

- Une première validation technique, tenant compte systématiquement des constats de maintenance, de calibrage et de défauts des appareils de mesure.

- Une deuxième validation de type environnementale avec une comparaison des mesures selon la proximité et/ou la typologie des sites.

2.5.2 Unités et statistiques employées

Une surveillance de la qualité de l'air vise à mesurer la concentration des polluants gazeux ou particulaires dans l'air ambiant.
Cette concentration s'exprime en unité de masse par unité de volume d'air prélevée ramenée aux conditions normales de température et de pression . Les unités les plus couramment utilisées sont le microgramme par mètre cube ($\mu g.m^{-3}$), soit le millionième de gramme par mètre cube ou le milligramme par mètre cube ($mg.m^{-3}$), soit le millième de gramme par mètre cube.
L'analyse des résultats fait appel à différents paramètres statistiques dépendant des choix faits dans les textes réglementaires et permettant d'appréhender les effets de pointe ou les effets chroniques.

- Moyenne quart horaire = moyenne arithmétique des valeurs quart horaires.

Une moyenne quart horaire est valide si au moins 75% des valeurs envoyées par l'analyseur le sont.

- Moyenne horaire = moyenne arithmétique des valeurs quart horaires.

Une moyenne horaire est valide si au moins 3 valeurs quart horaires qui la composent le sont.

- Moyenne journalière = moyenne arithmétique des valeurs horaires de 0 à 23 heures.

Une moyenne journalière est valide si au moins 18 valeurs horaires le sont.

- Moyenne annuelle = moyenne arithmétique des valeurs horaires de l'année

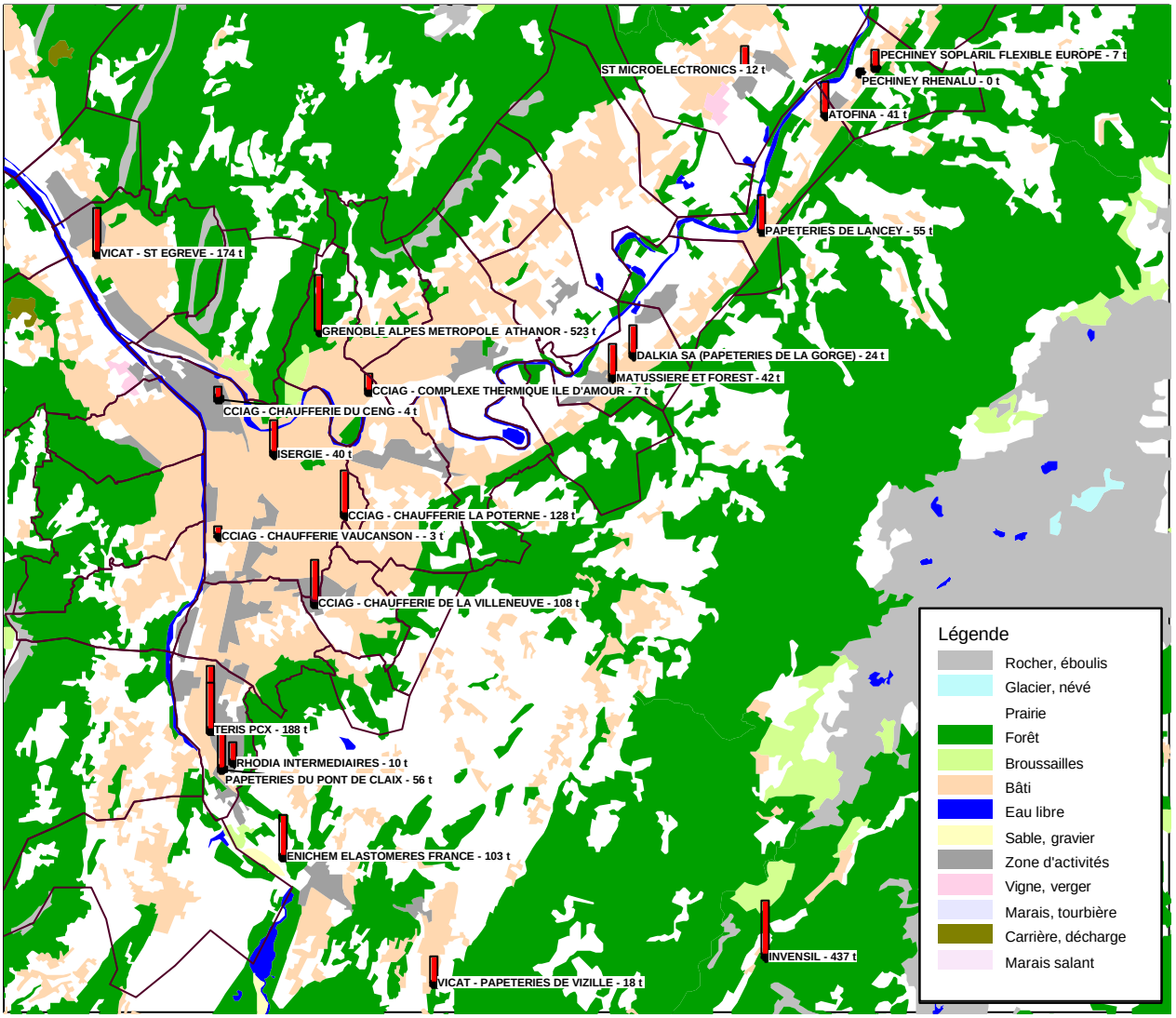
Une moyenne annuelle est valide si au moins 75% des valeurs horaires qui la composent le sont.

- Percentile = il s'agit de la valeur dépassée par 2% des données de la série statistique

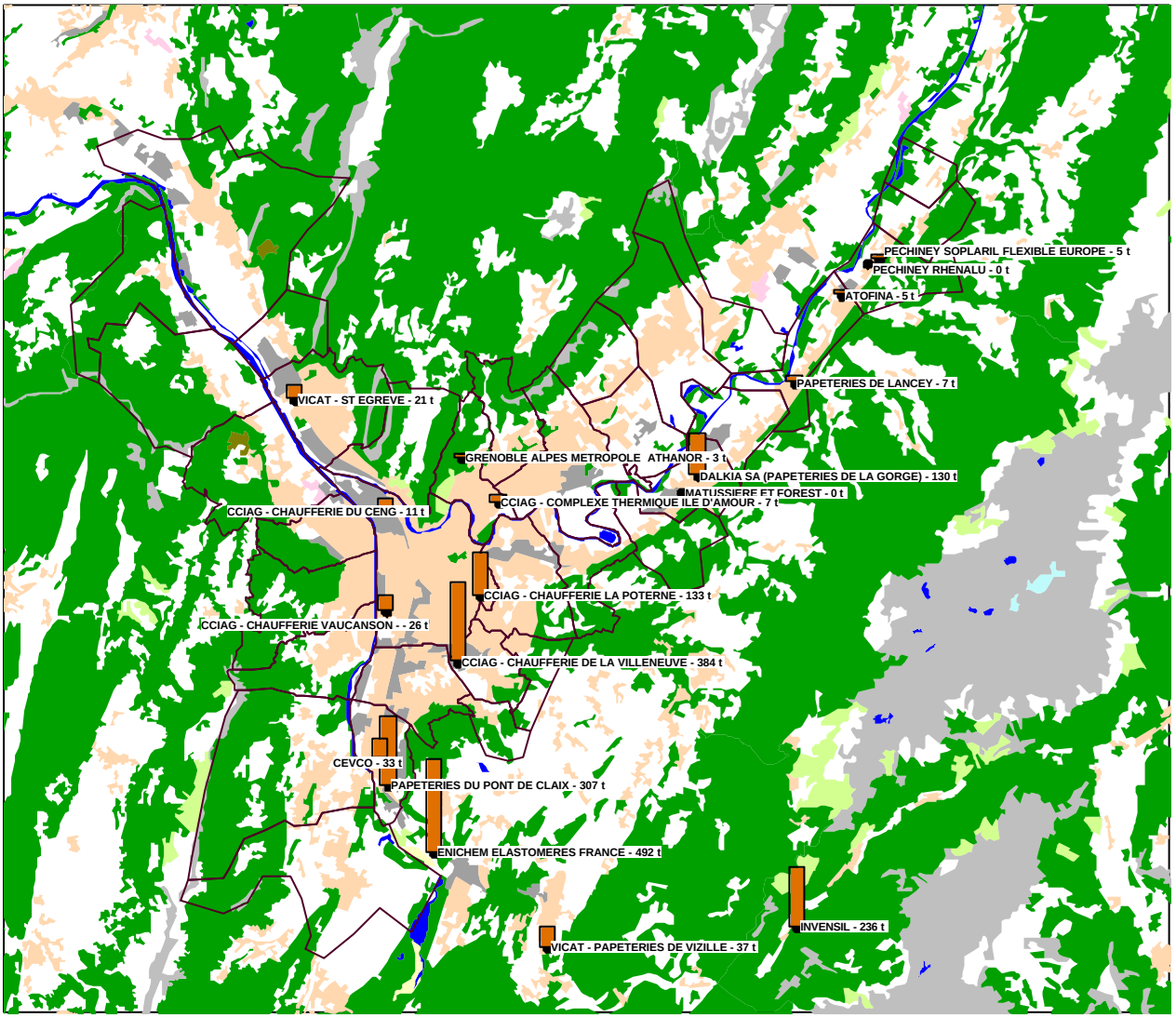
Le percentile 98, comme la valeur maximale, est un indice du taux de pointe.

Pour les polluants analysés en continu et en automatique, les valeurs sont disponibles sur un échelon temporel très fin (horaire et quart horaire).

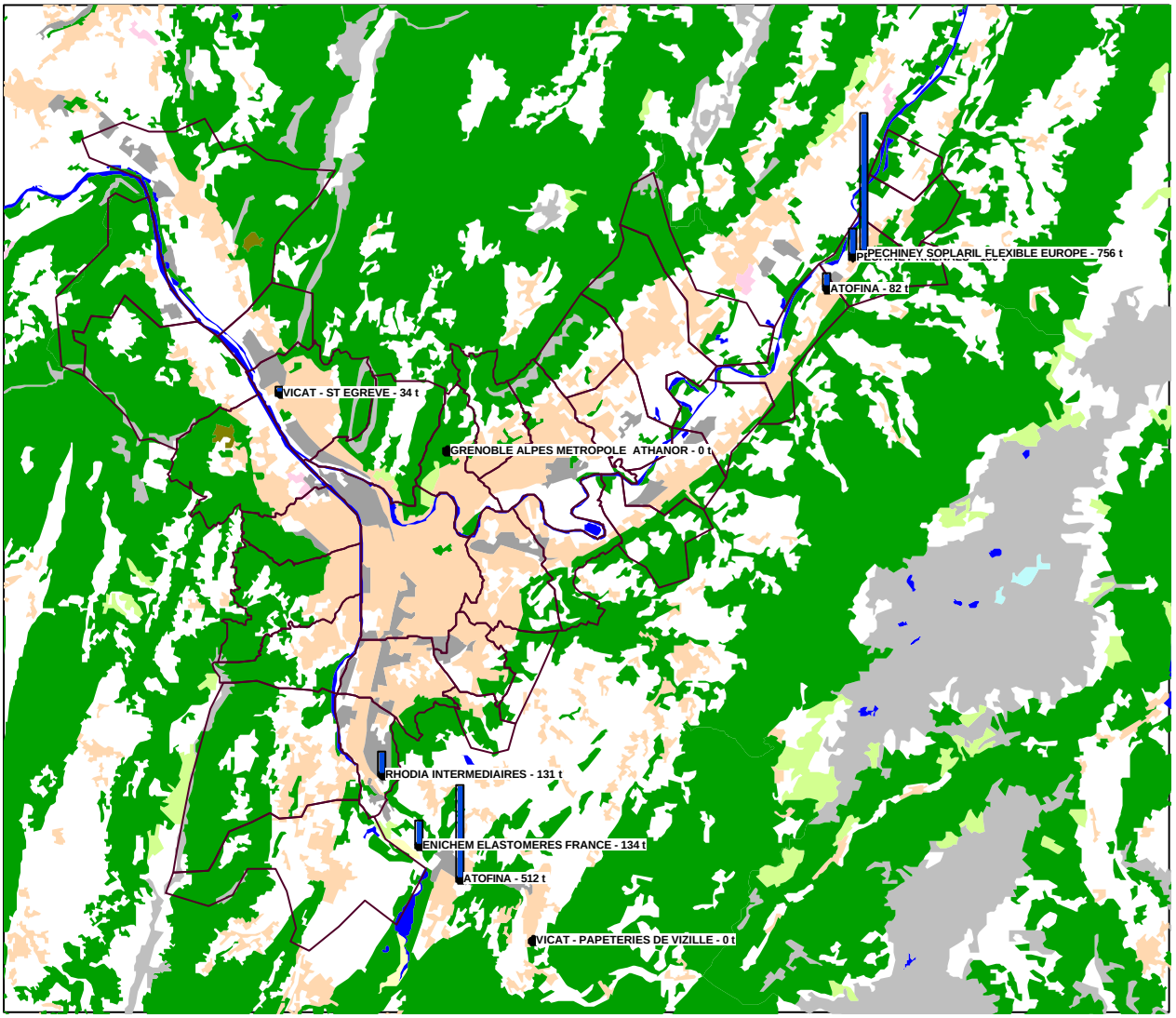
Emissions d'oxyde d'azote des sources industrielles pour l'année 2001



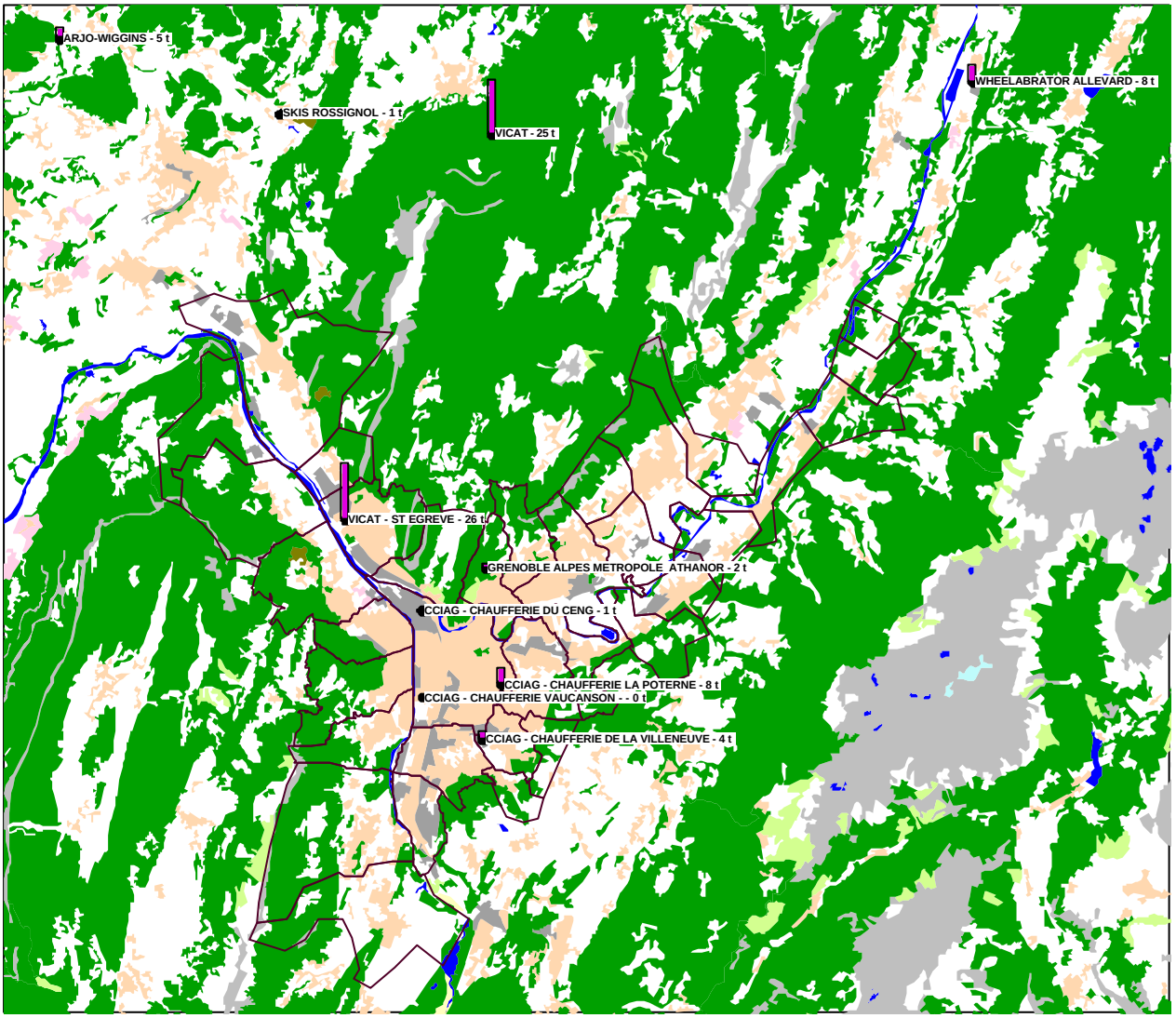
Emissions de dioxyde de soufre des sources industrielles pour l'année 2001



Emissions de composés organiques non volatils des sources industrielles pour l'année 2001



Emissions de poussières des sources industrielles pour l'année 2001



3 RESULTATS DES MESURES DE LA QUALITE DE L'AIR A PROXIMITE DE L'USINE D'INCINERATION D'ATHANOR

3.1 Conditions météorologiques

L'analyse des conditions météorologiques pour chaque période permet dans un premier temps d'établir une comparaison par rapport aux normales saisonnières et dans un deuxième temps d'estimer l'influence de la météorologie sur la qualité de l'air.

La station météorologique la plus proche du site de la Faculté de Médecine est celle de Saint-Martin d'Hères (Météo-France). Bien qu'ayant fermé en juin 2002, elle servira néanmoins de référence pour la comparaison avec les normales saisonnières. Pour cette étude, nous disposons de données météorologiques provenant de plusieurs autres sites :

- Température sur le site de la remorque mobile installée à la faculté de médecine.
- Vent (vitesse et direction) mesuré sur le site du Versoud (ASCOPARG), dont l'implantation du mât donne des mesures plus représentatives des conditions de vent dans la vallée que le site de la remorque mobile.
- Pluviométrie, mesurée sur le site de Champagnier (ASCOPARG).

3.1.1 Température

Le tableau 3.1 compare pour chaque campagne les températures moyennes mesurées sur le site de la faculté de médecine avec les normales du mois correspondant, calculées pour la station Météo-France de Saint-Martin d'Hères sur une période de 30 ans (de 1971 à 2000).
C'est la période P6 qui se distingue le plus des normales puisqu'elle est caractérisée par des températures sensiblement plus douces (7,5°C de moyenne au lieu de 3,0°C). Ce constat concerne plus particulièrement les valeurs maximales (13°C pour les moyennes des maximales contre une normale à 6,1°C).
Les périodes estivales P1 et P2 sont dans la moyenne, bien que l'amplitude thermique observée durant la seconde période soit sensiblement plus faible que sur la période 1971-2000.
Pendant les périodes P3 et P4, les températures sont légèrement inférieures aux normales saisonnières, alors qu'elles sont légèrement supérieures durant la période P5.

Tableau 3.1 : Comparaison des températures avec les normales saisonnières (Saint-Martin d'Hères, Météo-France, 1971-2000)

	P1	Normales mensuelles juillet	**P2**	Normales mensuelles août	**P3**	Normales mensuelles septembre
Moyenne des T° minimales (°C)	19	14,5	18	14,0	9,6	11,3
Moyenne des T° maximales (°C)	27,4	27,9	22,8	26,4	20	23,1
Moyenne des T° moyennes (°C)	22,5	21,2	20,1	20,2	14,6	17,3

	P4	Normales mensuelles octobre	**P5**	Normales mensuelles novembre	**P6**	Normales mensuelles décembre
Moyenne des T° minimales (°C)	7,9	7,5	5	2,9	2,7	0,2
Moyenne des T° maximales (°C)	13,1	17,3	9,7	10,3	13	6,1
Moyenne des T° moyennes (°C)	10,7	12,4	7,6	6,6	7,5	3,0

3.1.2 Vent

La rose des vents constitue une représentation classique et synthétique du vent en un point donné. Elle représente la fréquence (en ordonnée, exprimée en pour mille) des vents selon la direction d'où ils viennent (exprimée en degrés sur une rose de 360°) et selon leur intensité (exprimée ici en trois classes : de 0 à 1 m/s, de 1 à 2 m/s et au-dessus de 2 m/s). Les roses des vents présentées sont cumulées, c'est-à-dire que pour une direction donnée, la fréquence de la classe de vitesse la plus élevée représente la fréquence de l'ensemble des classes de vitesse.

La rose des vents présentée en figure 3.1 a été établie pour le site du Versoud à partir des moyennes journalières entre le 25/07/2002 et le 03/01/2003. Il importe de préciser qu'il s'agit de la mesure standardisée (à 10m, dégagée de tout obstacle) la plus proche de la zone d'étude, et qu'elle peut dans certaines situations ne pas être représentative du vent réellement observé sur la zone d'intérêt. Il ressort ainsi deux directions privilégiées :

- Nord-Est (40°) : direction d'où viennent la quasi-totalité des vent marqués (supérieurs à 2 m/s), qui suivent la vallée du Grésivaudan. Ils correspondent généralement aux vents synoptiques et favorisent la dispersion des polluants vers Grenoble.

- Nord/Nord-Ouest (320-340°) : caractérisés par la majorité de vents faibles (inférieurs à 2 m/s), ces vents sont perpendiculaires à la vallée et correspondent aux brises thermiques.

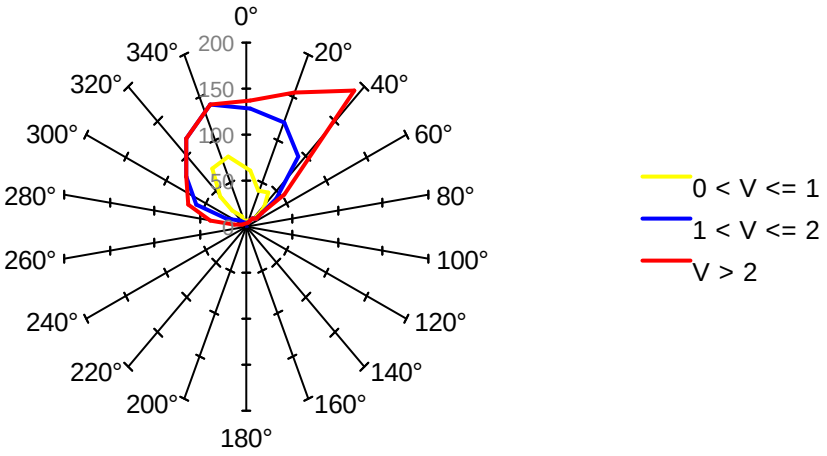


Figure 3.1 : Rose des vents calculée sur le site du Versoud à partir des moyennes journalières comprises entre le 25/07/2002 et le 03/01/2003.
Les vitesses sont exprimées en m/s

3.1.3 Précipitations

La figure 3.4 présente les cumuls de précipitations mesurés à Champagnier durant les six périodes de mesure. Pendant les périodes P2 et P3, les précipitations ont été très faibles, alors qu'elles ont été supérieures aux moyennes saisonnières pendant les périodes P1, P4 et P6 (figure 3.2 et tableau 3.2). Pendant la période P5, les précipitations ont été très abondantes puisqu'il est tombé en 14 jours plus de précipitations que la normale saisonnière du mois de novembre.

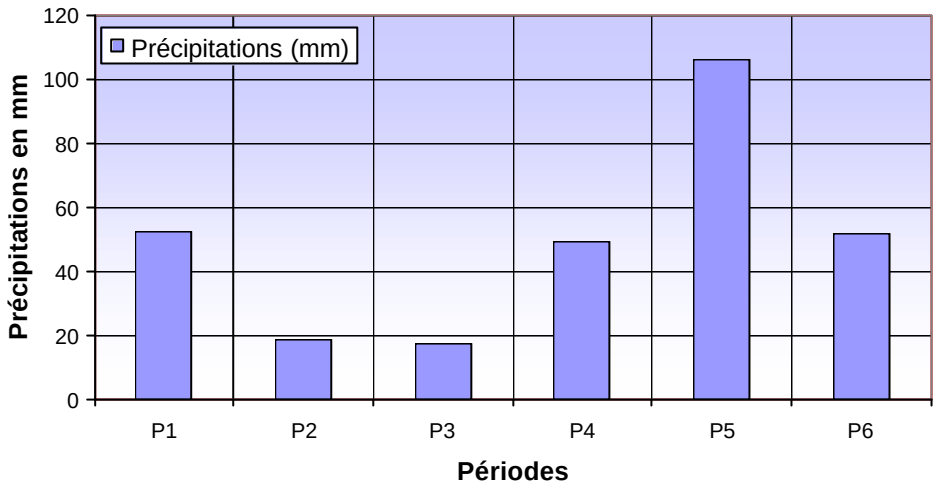
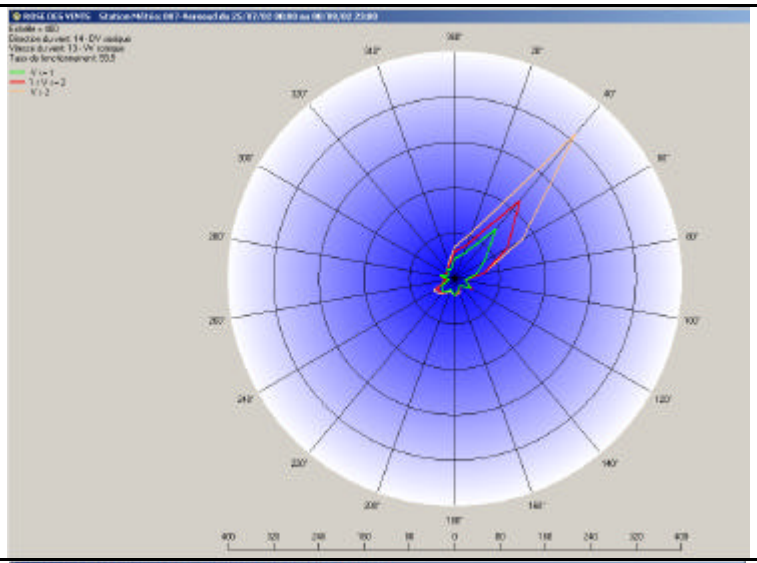


Figure 3.2 : Précipitations cumulées sur le site de Champagnier pendant les différentes périodes.
P1 : 25/07/2002 ® 08/08/2002
P2 : 21/08/2002 ® 04/09/2002
P3 : 18/09/2002 ® 02/10/2002
P4 : 23/10/2002 ® 06/11/2002
P5 : 20/11/2002 ® 04/12/2002
P6 : 20/12/2002 ® 03/01/2003

Tableau 3.2 : Comparaison avec les normales saisonnières (Saint-Martin d'Hères, Météo-France, 1971 – 2000)

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Précipitations cumulées sur 14 jours (mm)	52,6	18,8	17,4	49	106,2	52
Normales cumulées sur un mois entier	70	82	76	81	86	92

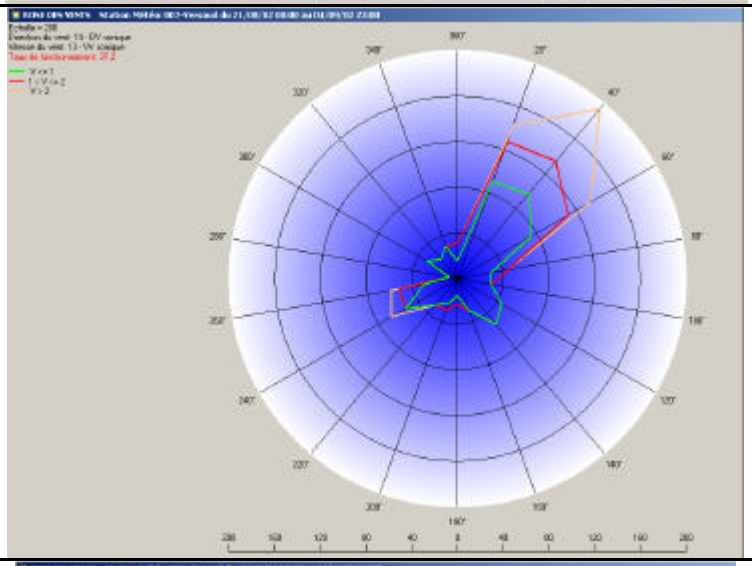
3.1.4 Bilan des conditions météorologiques



Période 1 : 25/07/02 au 08/08/02

Fréquence d'apparition	
- 0<VV≤1	57,5%
- 1<VV≤2	19,3%
- VV>2	23,2%

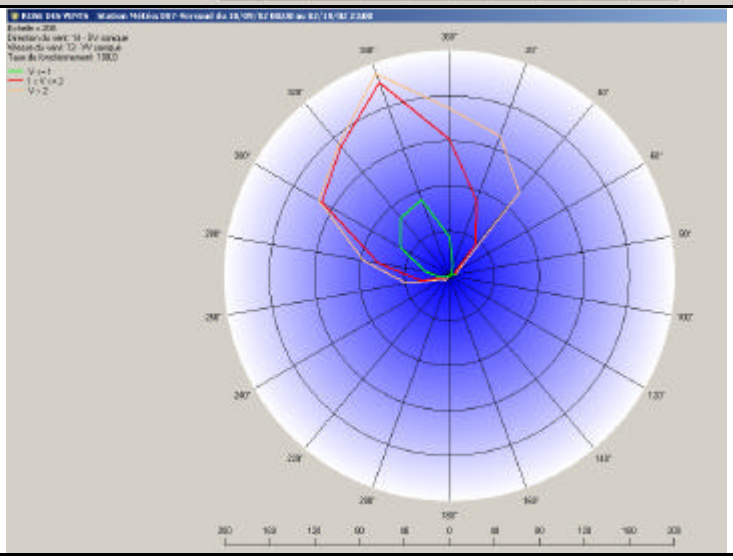
Température	Précipitations



Période 2 : 21/08/02 au 04/09/02

Fréquence d'apparition	
- 0<VV≤1	70,4%
- 1<VV≤2	17,7%
- VV>2	11,9%

Température	Précipitations

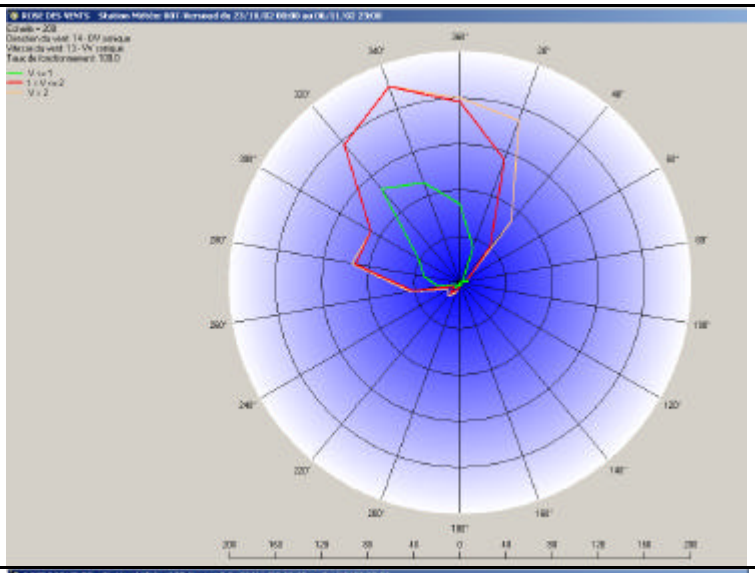


Période 3 : 18/09/02 au 02/10/02

Fréquence d'apparition	
- 0<VV≤1	27,6%
- 1<VV≤2	52%
- VV>2	20,4%

Température	Précipitations

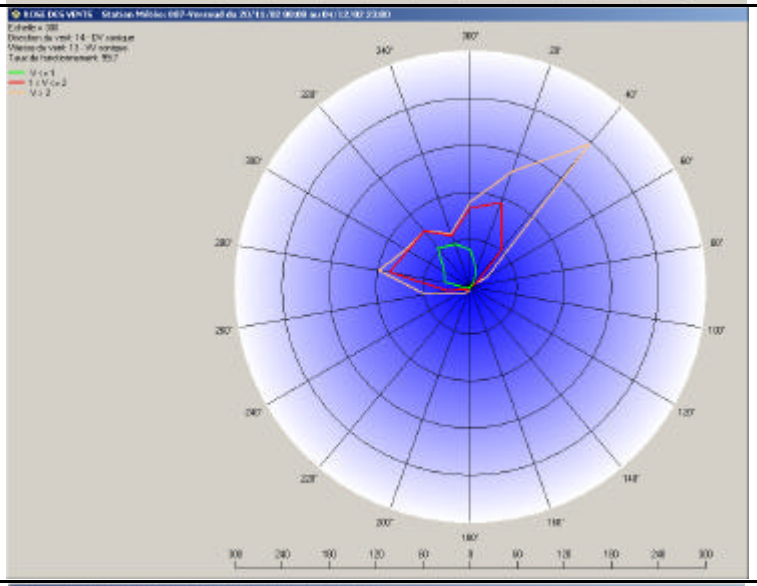
Figure 3.3 : Roses des vents calculées à partir des moyennes horaires sur le site du Versoud pendant les périodes P1, P2 et P3 (légende Page 22)



Période 4 : 23/10/02 au 06/11/02

Fréquence d'apparition	
- 0<VV≤1	42,2%
- 1<VV≤2	49,3%
- VV>2	8,5%

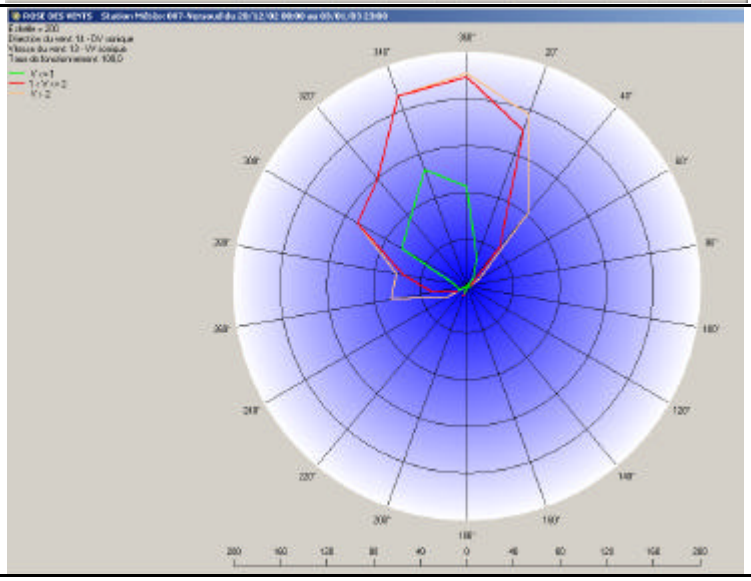
Température	Précipitations



Période 5 : 20/11/02 au 04/12/02

Fréquence d'apparition	
- 0<VV≤1	28,3%
- 1<VV≤2	40,4%
- VV>2	31,3%

Température	Précipitations



Période 6 : 20/12/02 au 03/01/03

Fréquence d'apparition	
- 0<VV≤1	40,5%
- 1<VV≤2	48,3%
- VV>2	11,2%

Température	Précipitations

Figure 3.4 : Roses des vents calculées à partir des moyennes horaires sur le site du Versoud pendant les périodes P4, P5 et P6 (légende Page 22)

Température	Précipitations	
		Inférieures aux normales saisonnières
		Conformes aux normales saisonnières
		Supérieures aux normales saisonnières

Pour conclure, les conditions météorologiques ont eu une influence sur la qualité de l'air :

- **plutôt négative sur la période P1** compte tenu de la fréquence élevée des vents faibles (58%, soit la valeur la plus élevée au regard des autres périodes).
- **plutôt positive sur la période P2** au regard des températures maximales sensiblement inférieures aux normales, ce qui a pu limiter les réactions photochimiques (ozone). Il est difficile de conclure sur le vent au regard du taux de fonctionnement (40%).
- **Sans tendance marquée sur la période P3**, les vents inférieurs à 1 m/s et supérieurs à 2 m/s étant relativement équilibrés (respectivement 28 et 20%).
- **plutôt négative sur la période P4** compte tenu du pourcentage très faible de vents marqués (9%) et du grand nombre de vents faibles, représentant plus de 42% des valeurs horaires.
- **plutôt positive sur la période P5** : d'une part, les précipitations abondantes sont favorables au lessivage des polluants (mais 76% de ces précipitations ont eu lieu la nuit), d'autre part les vents synoptiques de nord-est supérieurs à 2 m/s sont fréquents (31%, soit la période la plus ventilée).
- **plutôt négative sur la période P6** compte tenu de la fréquence assez élevée des vents faibles (41%) et des vents marqués peu souvent observés (11%).

3.2 Polluants mesurés

Cette partie présente l'étude des niveaux mesurés en polluants gazeux (oxydes d'azote, dioxyde d'azote, poussières et ozone) sur le **site de la faculté de Médecine de la Tronche**, en comparaison avec les concentrations mesurées sur différentes stations fixes du réseau de surveillance de l'ASCOPARG (**Saint Martin d'Hères, Grenoble les Frênes et le Versoud**).
Cette partie présente aussi les niveaux mesurés en NO_2 par les tubes à diffusion et la cartographie du NO_2 sur le domaine d'étude, réalisée à l'aide du logiciel ISATIS.

3.2.1 Les oxydes d'azote

Pour rappel, le monoxyde d'azote (NO) est émis majoritairement par la combustion des véhicules à moteur et se transforme rapidement en dioxyde d'azote (NO_2) avec l'oxygène de l'air et le rayonnement solaire Ultra-Violet. En l'absence d'autres sources importantes d'émissions (industries,…), il constitue un bon indicateur du trafic automobile.

3.2.1.1 Monoxyde d'azote (NO)

Il n'existe pas de réglementation concernant les niveaux de NO dans l'air ambiant. Le tableau ci dessous (tableau 3.3) reprend les principales valeurs statistiques calculées à partir des valeurs horaires et journalières mesurées sur le site de la Faculté de Médecine de la Tronche.

	Faculté de médecine					
	P1	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**	**P6**
% de valeurs horaires valides	89%	100%	99%	94%	100%	100%
% de valeurs journalières valides	73%	100%	100%	87%	100%	100%
Moyenne horaire ($\mu g.m^{-3}$)	1,8	3,5	8,5	25,5	34,2	58,2
Percentile 98 horaire ($\mu g.m^{-3}$)	13,6	30,0	72,7	103,6	111,1	204,7
Médiane horaire ($\mu g.m^{-3}$)	0,0	0,0	2,0	17,5	22,0	41,0
Minimum horaire ($\mu g.m^{-3}$)	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	1,0
Maximum horaire ($\mu g.m^{-3}$)	45,0	52,0	167,0	216,0	161,0	320,0
Moyenne journalière ($\mu g.m^{-3}$)	2,0	3,4	8,6	26,1	34,1	58,1
Minimum journalier ($\mu g.m^{-3}$)	0,0	0,0	0,0	8,0	14,0	12,0
Maximum journalier ($\mu g.m^{-3}$)	5,0	11,0	24,0	66,0	70,0	142,0

Tableau 3.3 Statistiques horaires et journalières du NO mesurées sur le site de la Faculté de médecine (La Tronche)

Etant un polluant primaire automobile, les concentrations de monoxyde d'azote NO sont directement liées à la proximité des sources et l'intensité des émissions. Les plus faibles concentrations sont mesurées pendant la période estivale ; les concentrations les plus fortes sont mesurées en hiver lorsque les conditions météorologiques sont favorables à l'accumulation des polluants (figure 3.5).
En effet, en hiver les situations d'inversion de température sont plus fréquentes qu'en été et favorisent donc l'accumulation des polluants comme le NO.

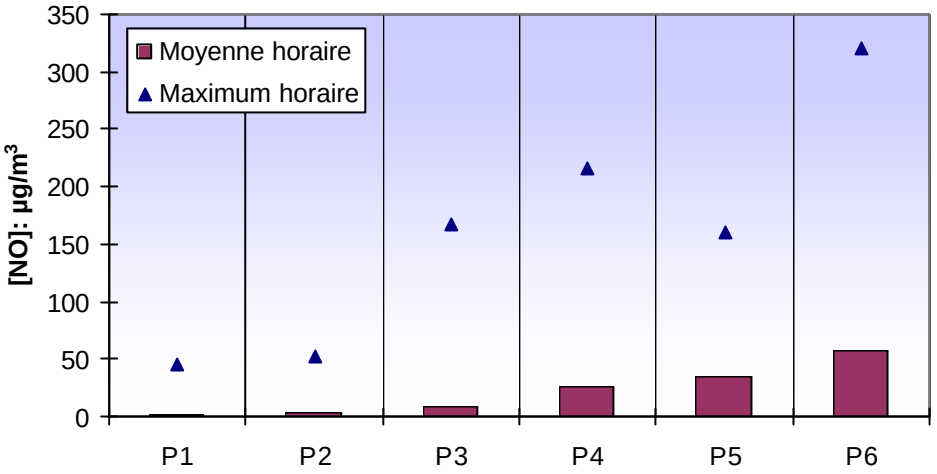


Figure 3.5 Moyenne horaire et maximum horaire des concentrations de NO mesurées sur le site de la Faculté de médecine pendant les différentes périodes.

Les données recueillies par la remorque mobile sur le site de la Faculté de médecine peuvent aussi être comparées avec trois autres sites fixes de mesure de l'ASCOPARG : Saint Martin d'Hères (urbain de fond), Grenoble Les Frênes (urbain de fond) et le Versoud (péri-urbain).
L'évolution des concentrations de NO mesurées sur le site de la Faculté de médecine, de Grenoble les Frênes et de Saint Martin d'Hères sont similaires et caractéristiques d'un site de fond (tableau 3.4 et figure 3.6). Pour la période du 25/07/2002 au 03/01/2003, les résultats statistiques horaires et journaliers du site de la faculté de Médecine de La Tronche se situent entre ceux de la station de Saint Martin d'Hères et de la station de Grenoble les Frênes.

	Période du 25/07/2002 au 03/01/2003			
	Faculté de Médecine Urbain de fond	**Saint Martin d'Hères** Urbain de fond	**Grenoble les Frênes** Urbain de fond	**Le Versoud** Péri urbain
% de valeurs horaires valides	91,6%	88,7%	99,7%	90,6%
% de valeurs journalières valides	89%	83,4%	100%	90,2%
Moyenne horaire (µg.m $^{-3}$)	22	29	21	14
Percentile 98 horaire (µg.m $^{-3}$)	131	176	132	100
Médiane horaire (µg.m $^{-3}$)	7	9	5	3
Minimum horaire (µg.m $^{-3}$)	0	0	0	0
Maximum horaire (µg.m $^{-3}$)	320	410	296	195
Moyenne journalière (µg.m $^{-3}$)	23	30	21	14
Minimum journalier (µg.m $^{-3}$)	0	0	0	0
Maximum journalier (µg.m $^{-3}$)	142	194	135	106

Tableau 3.4 Statistiques horaires et journalières de NO sur les sites de la Faculté de médecine, Saint Martin d'Hères, Grenoble les Frênes et le Versoud entre le 25/07/02 et le 03/01/03

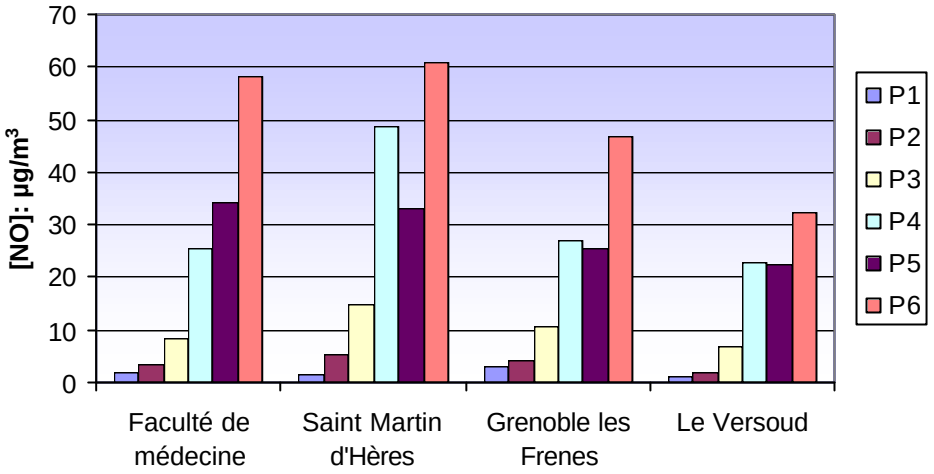


Figure 3.6 Comparaison des moyennes horaires de NO mesurées pendant les 6 périodes sur les différents sites de mesure (Faculté de médecine et sites de référence).

A titre de comparaison, les concentrations de NO mesurées sur le site de la Faculté de médecine sont inférieures à celles mesurées sur des sites de trafic automobile de l'ASCOPARG. En effet, sur la période du 25/07/02 au 03/01/03, la concentration moyenne de NO sur le site de la Faculté de médecine est de 22 µg.m^{-3} avec un maximum de 320 µg.m^{-3} alors que la concentration moyenne de NO sur le site de proximité de trafic automobile Grenoble Foch (Boulevard Foch : 57500 véhicules/jour) est de 68 µg.m^{-3} avec un maximum de 595 µg.m^{-3}.

3.2.1.2 Dioxyde d'azote (NO_2)

Deux techniques de mesure ont été utilisées pour évaluer les niveaux de ce polluant :

- **Les mesures automatiques en continu**, réalisées sur le site de la faculté de médecine par une remorque mobile de l'ASCOPARG. Ces données horaires sont aussi comparées à d'autres sites fixes de l'ASCOPARG (Saint Martin d'Hères, Grenoble Les Frênes et le Versoud).

L'analyse de ces données permet de connaître l'évolution temporelle de ce polluant.

- **Les échantillonneurs passifs**

Cette technique permet d'obtenir une représentation **spatiale** de ce polluant pendant la période de mesure. Le faible coût et la simplicité d'utilisation permettent d'instrumenter un nombre important de sites de mesure.

3.2.1.2.1 Les mesures en continu : site de la Faculté de médecine

Les statistiques des résultats des mesures effectuées à la Faculté de médecine sont réunies dans le tableau ci-dessous (tableau 3.5).

	Faculté de médecine					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
% de valeurs horaires valides	87%	100%	99%	94%	100%	100%
% de valeurs journalières valides	73%	100%	100%	87%	100%	100%
Moyenne horaire (µg.m^{-3})	14,6	18,2	25,0	34,9	42,2	47,2
Percentile 98 horaire (µg.m^{-3})	41,3	48,0	58,9	61,0	74,0	73,8
Percentile 99,8 horaire (µg.m^{-3})	48,0	64,1	64,6	71,9	85,7	79,6
Médiane horaire (µg.m^{-3})	13,0	16,0	24,0	34,0	39,0	47,0
Minimum horaire (µg.m^{-3})	0,0	0,0	0,0	1,0	9,0	9,0
Maximum horaire (µg.m^{-3})	48,0	67,0	66,0	78,0	90,0	81,0
Moyenne journalière (µg.m^{-3})	16,0	18,2	25,0	35,3	42,1	47,3
Minimum journalier (µg.m^{-3})	8,0	11,0	8,0	25,0	28,0	27,0
Maximum journalier (µg.m^{-3})	19,0	27,0	45,0	47,0	58,0	64,0

Tableau 3.5 Statistiques horaires et journalières du NO_2 mesurées sur le site de la Faculté de médecine (La Tronche)

Sur la période de mesures du 25/07/02 au 03/01/03, la moyenne horaire en NO_2 est de 31 µg.m^{-3} pour un objectif de qualité pour la protection de la santé fixé à 40 µg.m^{-3} en moyenne annuelle. Les concentrations moyennes dépassent cette valeur pendant quelques mois d'hiver quand les conditions météorologiques sont peu favorables à la dispersion (figure 3.7).

Sur l'ensemble de cette période d'étude, aucun dépassement des valeurs réglementaires n'est constaté pour le NO_2 ; le maximum horaire mesuré (~ 90 µg.m^{-3} pendant la période P5) ne représentant que 45% du seuil de recommandation et d'information (200 µg.m^{-3} en moyenne horaire).

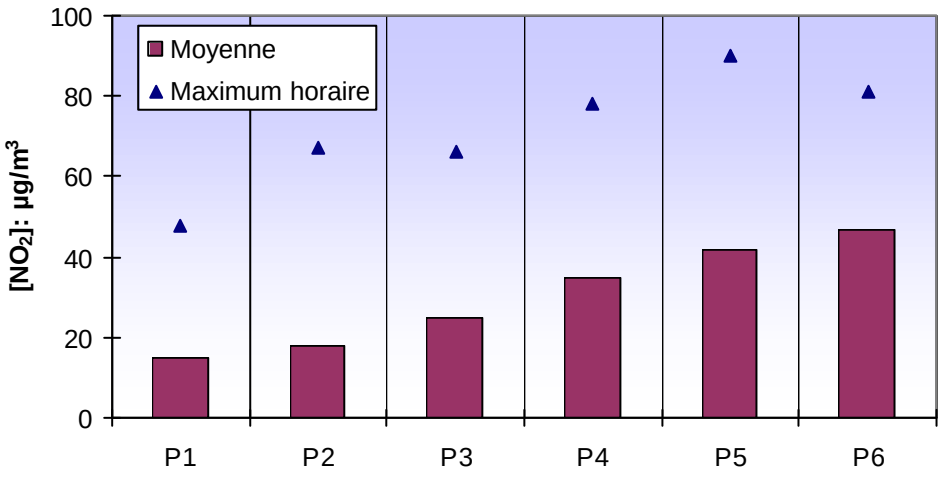


Figure 3.7 Moyenne horaire et maximum horaire des concentrations de NO_2 mesurées sur le site de la Faculté de médecine pendant les différentes périodes.

3.2.1.2.2 Les mesures en continu : Comparaison avec d'autres sites de mesure (Saint Martin d'Hères, Grenoble les Frênes et le Versoud)

Les données recueillies par la remorque mobile sur le site de la Faculté de médecine peuvent être comparées avec trois autres sites fixes de mesure de l'ASCOPARG : Saint Martin d'Hères (urbain de fond), Grenoble Les Frênes (urbain de fond) et le Versoud (péri-urbain).
Sur la période de l'étude (25/07/02 au 03/01/03), les niveaux moyens horaires de NO_2 entre les sites de fond sont pratiquement identiques (~ 30-31 µg.m^{-3}) (tableau 3.6).
A l'exception du NO_2 pendant la période P6, on observe une corrélation entre les mesures effectuées sur le site de la Faculté de médecine et les autres stations fixes de l'ASCOPARG. En effet, on constate une diminution des concentrations de NO_2 entre les périodes P5 et P6 sur les stations de référence alors qu'on enregistre une augmentation du NO_2 sur le site de la Faculté de médecine (figure 3.8).

	Période du 25/07/2002 au 03/01/2003			
	Faculté de Médecine Urbain de fond	**Saint Martin d'Hères** Urbain de fond	**Grenoble les Frênes** Urbain de fond	**Le Versoud** Péri urbain
% de valeurs horaires valides	91,2%	93,3%	99,7%	91,5%
% de valeurs journalières valides	88,3%	90,2%	100%	90,8%
Moyenne horaire (µg.m^{-3})	31	31	30	21
Percentile 98 horaire (µg.m^{-3})	68	69	64	47
Médiane horaire (µg.m^{-3})	29	29	28	19
Minimum horaire (µg.m^{-3})	0	1	0	0
Maximum horaire (µg.m^{-3})	90	96	85	70
Moyenne journalière (µg.m^{-3})	31	31	30	21
Minimum journalier (µg.m^{-3})	5	10	11	7
Maximum journalier (µg.m^{-3})	64	55	56	40

Tableau 3.6 Statistiques horaires et journalières de NO_2 sur les sites de la Faculté de médecine, Saint Martin d'Hères, Grenoble les Frênes et le Versoud entre le 25/07/02 et le 03/01/03

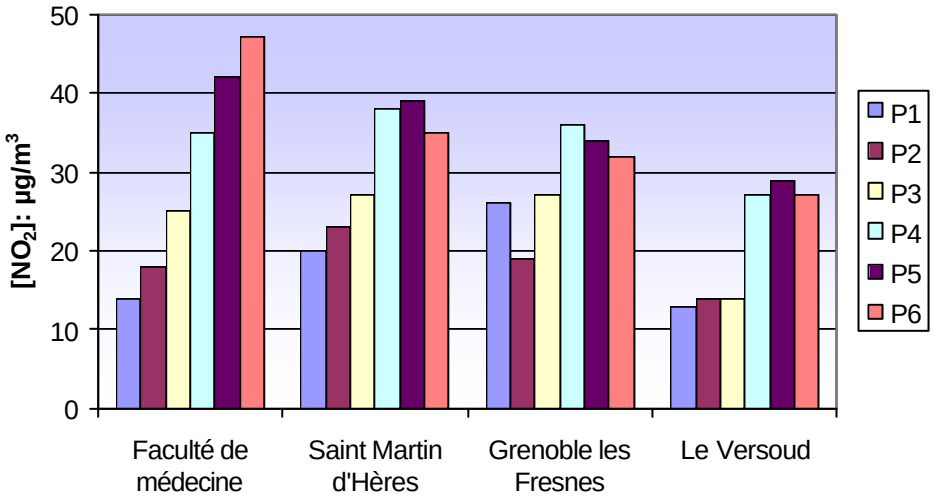


Figure 3.8 Comparaison des moyennes horaires de NO_2 mesurées pendant les 6 périodes sur les différents sites de mesure (Faculté de médecine et sites de référence).

Cette diminution de concentration entre P5 et P6 sur les sites de Saint Martin d'Hères et de Grenoble les Frênes peut s'expliquer par la diminution du trafic automobile entre P5 et P6 (-17%) ; en effet la période P6 correspond aux vacances scolaires de Noël.

Or la diminution des concentrations de NO_2 mesurées par les tubes passifs sur le site de la Faculté de médecine (-17,8%) et tous les autres sites étant en contradiction avec l'augmentation mesurée par l'analyseur, les données de concentration de NO_2 de la période P6 ont finalement été invalidées. La concentration de NO_2 retenue pour la période P6 est celle mesurée par les tubes à diffusion (~38 $\mu g.m^{-3}$).

- **Journée type pour le NO_2 : profil moyen journalier calculé sur les périodes P1 à P6**

Le NO_2, polluant secondaire, se forme par oxydation du NO sous l'action conjuguée de la température et de l'ensoleillement.
Pendant les différentes campagnes de mesures, les profils moyens font apparaître une augmentation des niveaux de fond et deux pics de NO_2 correspondant aux heures de pointe du matin (09H00 et 10H00, heures locales) et du soir (19H00 et 20H00, heures locales) et caractérisant l'influence du trafic automobile sur la qualité de l'air en milieu urbain (figure 3.9).

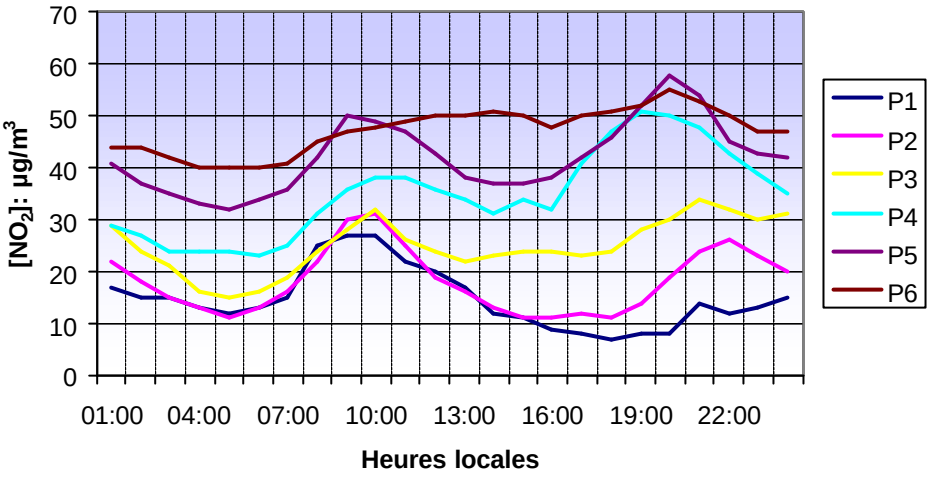


Figure 3.9 Profil moyen journalier en NO_2 pendant les périodes P1 à P6.

- **Rapport Monoxyde d'azote / Dioxyde d'azote (NO/NO_2)**

Pour une **station urbaine de fond**, le rapport R de la moyenne annuelle de monoxyde d'azote sur celle de dioxyde d'azote doit être inférieur à 1,5 (ces concentrations sont exprimées en partie par billion) (Groupe de travail « caractérisation des sites », du réseau ATMO, ADEME, LCSQA, Classification et critères d'implantation de stations de surveillance de la qualité de l'air, Février 2002).
Ce rapport permet de vérifier la nature du site en quantifiant les polluants primaires par rapport au polluant secondaire.

Sur la période du 25/07/02 au 04/12/02 (les mesures de NO_2 de la période P6 étant invalidées), le rapport monoxyde d'azote sur dioxyde d'azote est inférieur à 1,5 ; le site de mesure de la Faculté de médecine est donc pendant cette période caractéristique d'un site urbain, dit de « fond » (tableau 3.7).

	25/07/02 au 03/01/03	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**	**P6**
		25/07/02 au 08/08/02	21/08/02 au 04/09/02	18/09/02 au 02/10/02	23/10/02 au 06/11/02	20/11/02 au 04/12/02	20/12/02 au 03/01/02
NO/NO_2 (ppb)	1,13	0,21	0,26	0,50	1,11	1,26	1,93

Tableau 3.7 Rapport R = NO/NO_2 calculé à partir des concentrations exprimées en ppb

3.2.1.2.3 Mesures par échantillonneurs passifs : bilan des mesures

Les résultats des différentes campagnes de mesure pour chaque site de mesure sont reportés dans le tableau 3.8 et dans la figure 3.10.

	Concentration en µg.m^{-3}						
Sites	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**	**P6**	**Estimation d'une moyenne annuelle**
1	14,1	15,7	16,1	27,7	27,3	27,8	21,6
2		29,9	33,2	46,4	45,1		29,3
3	12,4	14,2	15,7	25,7	25,5	24,2	19,9
4	21,6	24,6	27,9	39,8	42,1	40,2	33,0
5	31,1	32,0	33,3	44,9	44,9	42,8	38,4
6	13,7	16,5	18,4	29,0	29,7	28,0	22,8
7	26,4	26,1	28,2	39,9	41,6	39,8	33,8
8	32,1	32,0	38,1	48,4	47,5	44,6	41,1
9	16,0	18,8	21,8	33,0	35,1	31,7	26,4
10	24,8	26,7	30,2	41,0	44,2	40,3	34,8
11	14,8	15,1	20,5	28,5	33,0	29,8	23,8
12	14,6	16,2	20,1	30,6	32,9	29,9	24,4
13	24,0	25,3	28,2	37,4	41,8	37,9	32,6
14	21,4	23,6	27,7	37,8	40,8	36,2	31,6
15	19,9	21,5	30,0	38,9	41,0	38,0	32,3
16	20,9	23,1	28,0	37,4	41,9	37,4	31,8
17	21,1	22,2	30,6	39,8	42,5	36,1	32,8
18	27,4	27,9	31,6	37,8	44,0	38,0	34,5
19	20,1	19,5	24,5		39,4	34,4	20,3
20	22,2	22,1		40,4	43,2	36,5	25,6
21	17,1	28,9	25,4	32,6	35,8	32,4	28,8
22	28,9	19,2	31,5	44,3	43,9	39,0	39,0
23	27,0	26,3	32,3	39,4	44,0	36,9	34,7
24	16,9	20,8	24,8	33,0	40,8	36,3	30,1
25	12,0	12,7	18,1	24,4	33,3	27,7	21,4
26	12,1	14,6			37,2	31,4	11,9
Mobile	19,0	22,1	26,7	38,7	40,2	37,9	31,2
Mobile	18,9	22,5	26,7	38,4	40,7	38,1	31,3

P1 : 25/07/2002 ® 08/08/2002
P2 : 21/08/2002 ® 04/09/2002
P3 : 18/09/2002 ® 02/10/2002
P4 : 23/10/2002 ® 06/11/2002
P5 : 20/11/2002 ® 04/12/2002
P6 : 20/12/2002 ® 03/01/2002

Tableau 3.8 Concentrations en dioxyde d'azote mesurées à l'aide d'échantillonneurs passifs sur les sites de fond

Les deux périodes les plus contrastées sont les périodes P1 (25/07/02 au 08/08/02) où sont mesurées les concentrations les plus faibles (~ 12-48 µg.m^{-3}) et P5 (20/11/02 au 04/12/02) où sont mesurées les concentrations les plus fortes (~ 25-59 µg.m^{-3}). Entre ces deux périodes, on observe une augmentation des concentrations de l'ordre de 100% selon les sites (figure 3.10).

Les concentrations les plus importantes sont mesurées sur le site numéro 8 ; ce site est le plus proche du tissu urbain dense de la ville de Grenoble et à proximité de la RN90 (56000 véhicules/jour). Les concentrations les plus faibles sont mesurées sur les sites numéro 3 et 25 ; ces deux sites se trouvent en périphérie de la ville de Grenoble, loin de toute source.

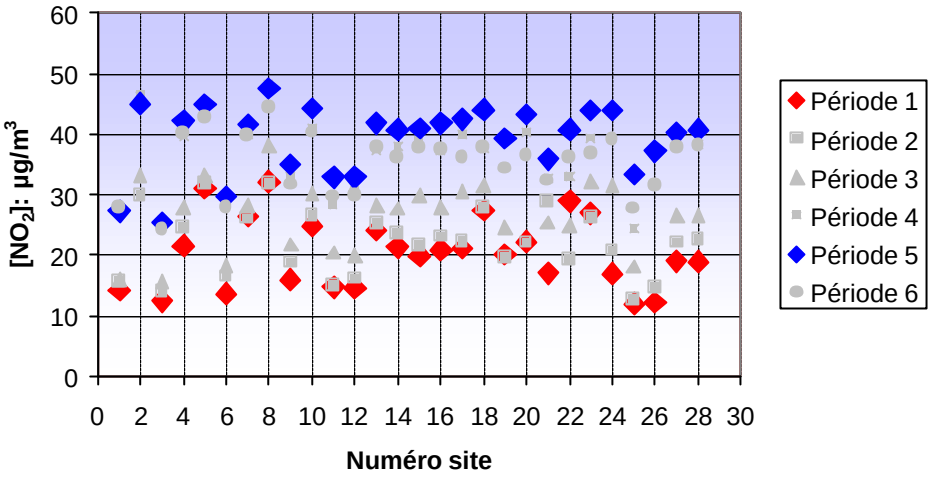


Figure 3.10 Evolution des concentrations mesurées entre les périodes P1 et P5 pour les sites de fond

Ces résultats seront utilisés pour interpoler la pollution de fond sur l'ensemble de la zone d'étude et réaliser des cartographies du NO_2. Ce travail a été réalisé à l'aide du logiciel ISATIS® (GEOVARIANCES).

La comparaison entre échantillonneurs passifs et mesure en continu montre un écart absolu pouvant être important entre ces deux techniques de mesures selon les périodes (~ 4-34%) (tableau 3.9).

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Analyseur (µg.m^{-3})	14,6	18,2	25	34,9	42,2	47,2
Tubes à diffusion (µg.m^{-3})	19,5	22,4	26,7	38,5	40,4	37,5
Ecart entre analyseur et tubes à diffusion (%)	34%	23%	7%	10%	-4%	-20,6%

Tableau 3.9 Comparaison entre échantillonneurs passifs et mesure en continu (moyenne horaire) sur le site de la Faculté de médecine

3.2.1.2.4 Mesures par échantillonneurs passifs : cartographie de fond

- Méthode d'interpolation :

Les cartes présentées ci-après ont été interpolées par des méthodes géostatistiques, à l'aide du logiciel ISATIS® de GEOVARIANCES.

Le traitement géostatistique des données vise à analyser le comportement du polluant en étudiant, pour tous les couples de sites possibles, les écarts des concentrations en fonction de leur éloignement géographique et de leur comportement suivant des directions privilégiées (axe des vallées, vents dominants…).
Il permet notamment de fournir des estimations de la valeur de la concentration en tout point de la zone d'étude à partir des valeurs en certains points.

L'intérêt de cette méthode est d'estimer la concentration de dioxyde d'azote en un point où l'on ne dispose pas de mesures. On pourra également estimer l'erreur, appelée « erreur de krigeage », induite par l'interpolation.

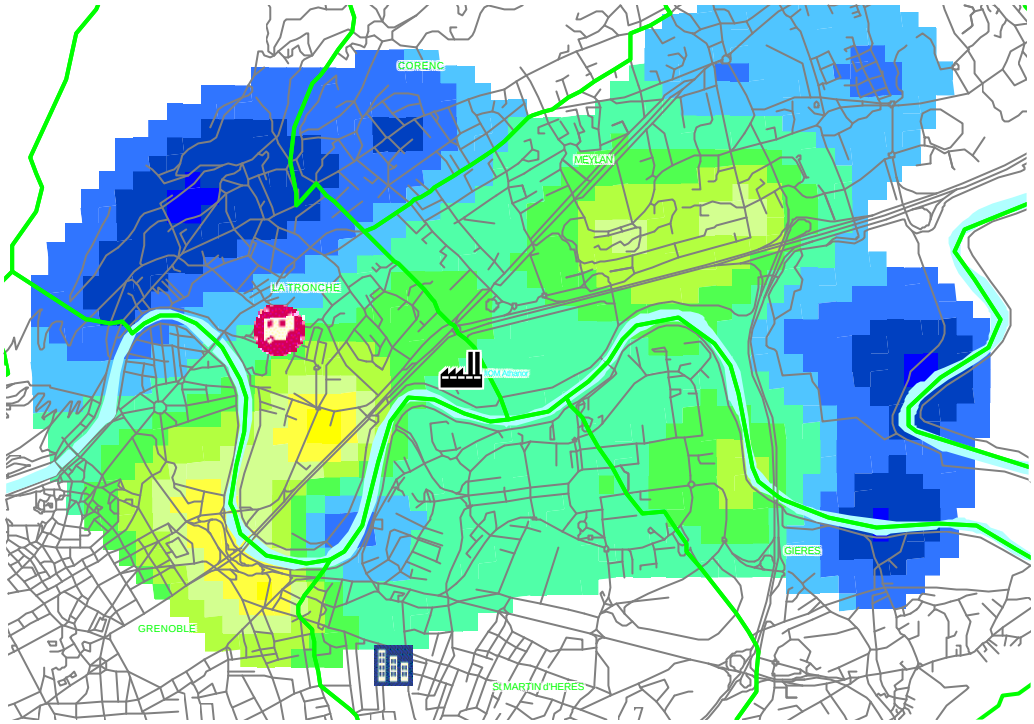
La qualité du krigeage dépend de la qualité de la modélisation du variogramme, représentation graphique qui permet d'apprécier la relation spatiale qui existe entre les données. A partir de la modélisation du variogramme, on va procéder au krigeage ordinaire pour obtenir des cartes de concentration.

Sur la zone d'étude, l'analyse exploratoire des données n'a pas révélé de comportement anisotropique. L'ensemble des mesures ont donc été traitées de la même façon.

- Interprétation des cartes

Les cartes ci-après présentent les concentrations de dioxyde d'azote estimées uniquement sur les zones dont l'erreur d'estimation est assez faible, c'est à dire sur les zones échantillonnées (figure 3.11, 3.12 et 3.13).
En dehors de ces zones, les concentrations estimées sont en total extrapolation, il a donc été décidé de ne pas les présenter.

Concentrations de fond en dioxyde d'azote



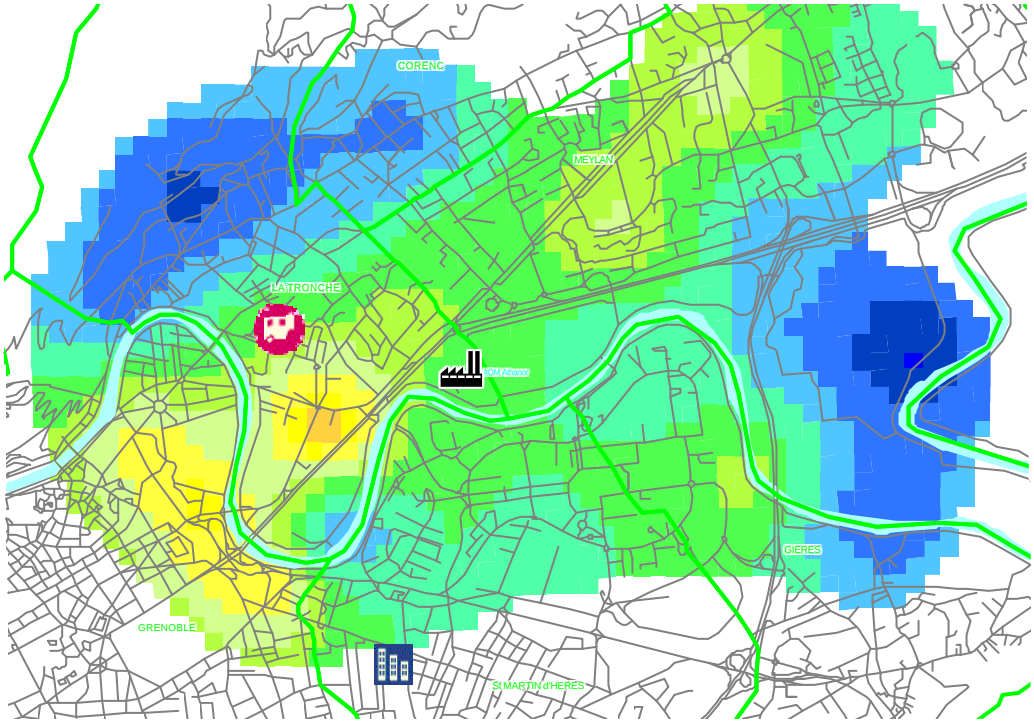
Mesures du 25 juillet au 8 août 2002

Concentrations de NO2
en µg.m-3

- 42 - 46
- 40 - 42
- 38 - 40
- 36 - 38
- 34 - 36
- 32 - 34
- 30 - 32
- 28 - 30
- 26 - 28
- 24 - 26
- 22 - 24
- 20 - 22
- 18 - 20
- 16 - 18
- 14 - 16
- 1 - 14

Objectif de qualité: 40 µg.m-3 en moyenne annuelle

N



Mesures du 21 août au 4 septembre 2002

Légende :

Réseau hydrographique
Réseau routier

Usine d'incinération Athanor

Remorque de mesure

Station fixe urbaine de St Martin d'Hères

Echelle : 0 1 km

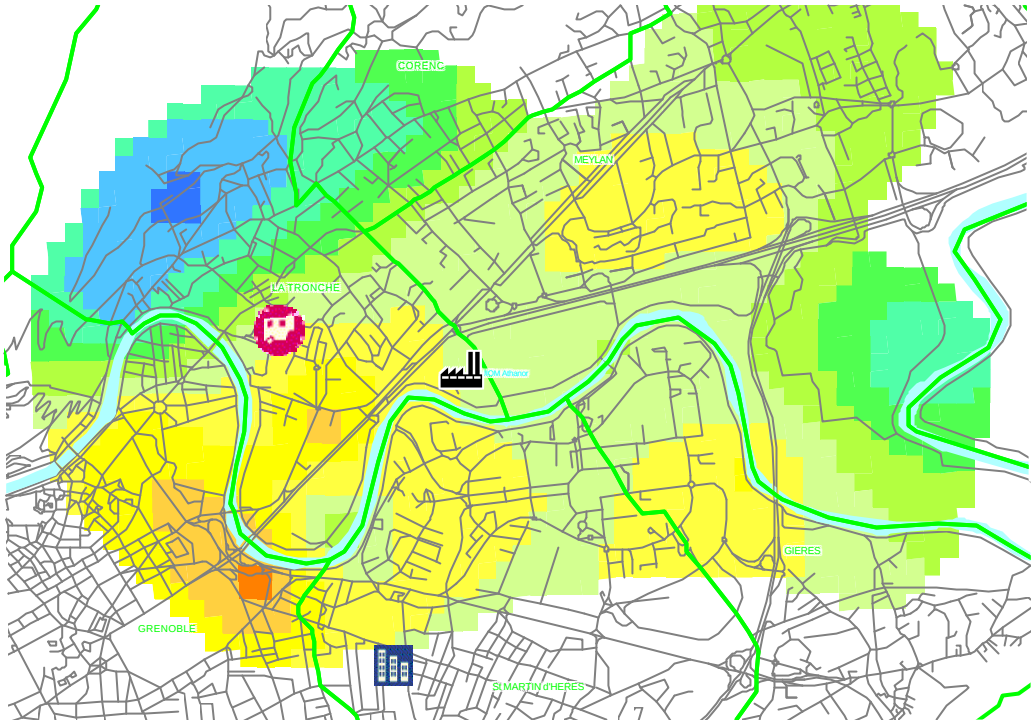
Source :
ASCOPARG
GEOSYS DATA

ASCOPARG

Copyright 2003

Membre agréé du réseau Atmo

Concentrations de fond en dioxyde d'azote



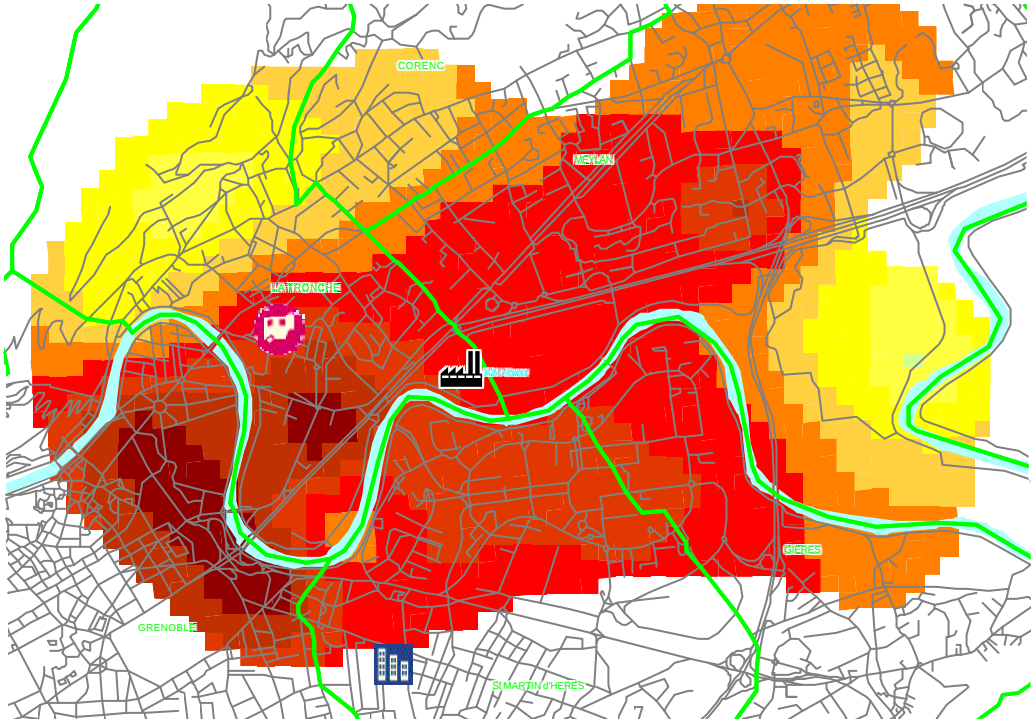
Mesures du 18 septembre au 2 octobre 2002

Concentrations de NO2
en µg.m-3

- 42 - 46
- 40 - 42
- 38 - 40
- 36 - 38
- 34 - 36
- 32 - 34
- 30 - 32
- 28 - 30
- 26 - 28
- 24 - 26
- 22 - 24
- 20 - 22
- 18 - 20
- 16 - 18
- 14 - 16
- 1 - 14

Objectif de qualité: 40 µg.m-3 en moyenne annuelle

N



Mesures du 23 octobre au 6 novembre 2002

Légende :

Réseau hydrographique
Réseau routier

Usine d'incinération Athanor

Station fixe urbaine de St Martin d'Hères

Remorque de mesure

Echelle : 0 1 km

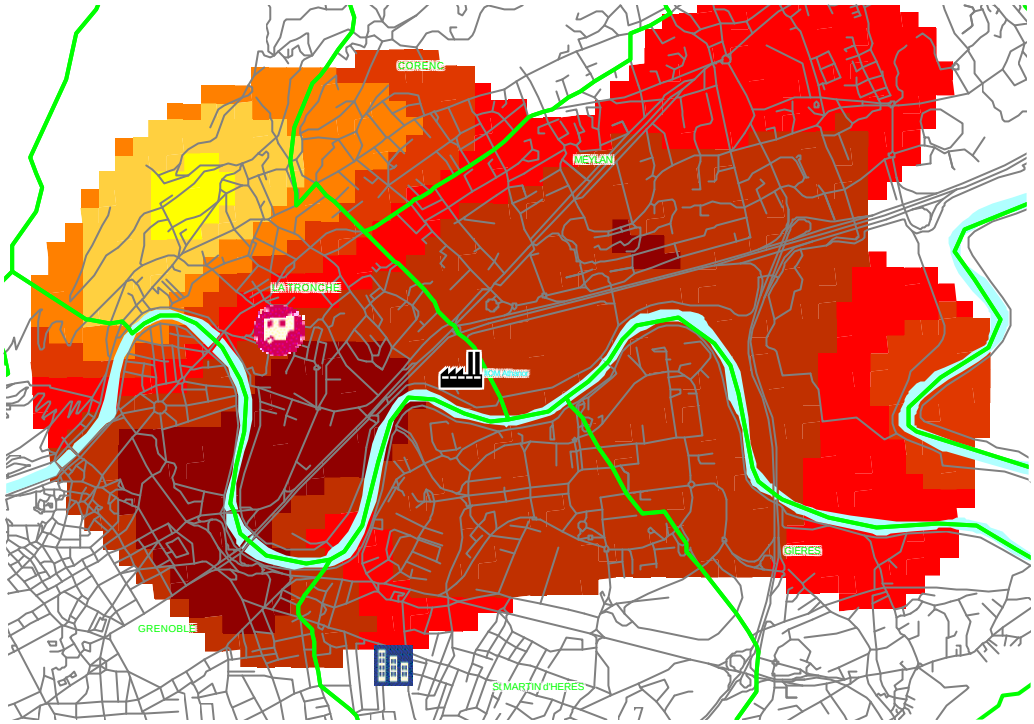
Source :
ASCOPARG ®
GEOSYS DATA

ASCOPARG

Copyright 2003

Membre agréé du réseau Atmo

Concentrations de fond en dioxyde d'azote



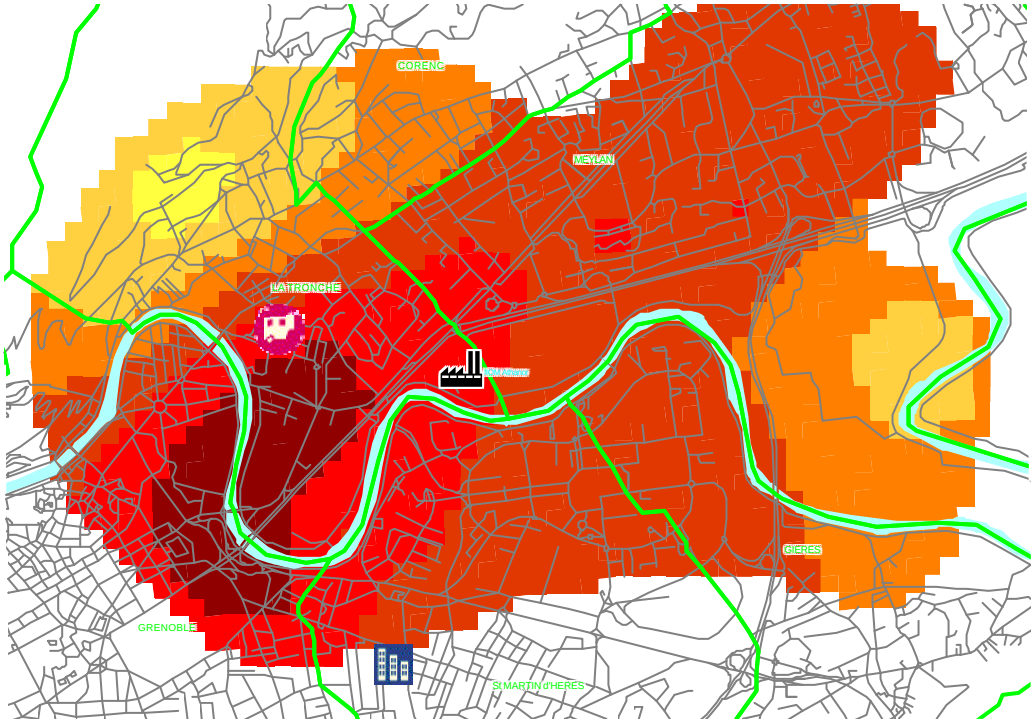
Mesures du 20 novembre au 4 décembre 2002

Concentrations de NO2
en µg.m-3

- 42 - 46
- 40 - 42
- 38 - 40
- 36 - 38
- 34 - 36
- 32 - 34
- 30 - 32
- 28 - 30
- 26 - 28
- 24 - 26
- 22 - 24
- 20 - 22
- 18 - 20
- 16 - 18
- 14 - 16
- 1 - 14

Objectif de qualité: 40 µg.m-3 en moyenne annuelle

N



Mesures du 20 décembre 2002 au 3 janvier 2003

Légende :

Réseau hydrographique
Réseau routier

Usine d'incinération Athanor

Remorque de mesure

Station fixe urbaine de St Martin d'Hères

Echelle : 0 1 km

Source :
ASCOPARG
GEOSYS DATA

ASCOPARG

Membre agréé du réseau Atmo

Copyright 2003

- Evolution temporelle

On constate que les concentrations sont comparables et les plus faibles sur les périodes de mesures d'été (Juillet, P1 et août, P2).
Elles sont maximum en automne (octobre, P4 et novembre, P5) et diminuent en hiver (décembre, P6).
Ces résultats semblent cohérents avec d'autres campagnes de mesures similaires qui montrent que les niveaux de fond de dioxyde d'azote sont maximum aux inter-saisons.

Le mois le plus exposé est le mois de novembre malgré de fortes précipitations. Toutefois, ces précipitations ayant eu lieu principalement la nuit (76% entre 20H00 et 07H00), période où les concentrations sont les plus faibles, elles ne semblent pas avoir permis de diminuer de façon conséquente, les niveaux de dioxyde d'azote présents dans l'air ambiant.

De plus la diminution des concentrations de dioxyde d'azote entre novembre et décembre s'explique par une diminution sensible du trafic durant la période de mesure de décembre (-17%), réalisée pendant les vacances scolaires de Noël.

- Répartition spatiale

Quelle que soit la période considérée, la répartition du dioxyde d'azote sur la zone d'étude semble subir les mêmes influences.
On voit nettement l'influence du centre-ville de Grenoble. En effet, les points de mesure situés au Sud-Ouest de la zone d'étude sont les plus exposés (site numéro 8 où ont été mesurées les concentrations les plus importantes).

L'influence des principaux axes routiers (RN 90, A41) se démarque également : le point de mesure de fond le plus proche de la RN 90 est également soumis à des concentrations élevées quelle que soit la période considérée. L'influence de la Rocade Sud se fait surtout « sentir » à l'ouest de celle-ci, zone située sous l'influence des vents dominants dirigés vers le Sud-Ouest.

Parmi les zones les plus exposées, il semblerait que la zone située à moins de 1km à l'ouest de l'usine d'incinération Athanor soit assez fortement exposée au dioxyde d'azote. Toutefois, on ne peut affirmer que cette surexposition soit due aux rejets de l'usine car de nombreuses autres sources émettrices sont présentes dans ce secteur.

La zone du campus universitaire ainsi que les quartiers résidentiels de Meylan et Corenc sont exposés sensiblement aux mêmes concentrations de dioxyde d'azote.

L'influence du relief, particulièrement accentué au Nord-Ouest de la zone (Massif de la Chartreuse), est sensible et diminue de façon conséquente les concentrations estimées sur les Hauts de La Tronche, Meylan et Corenc.

A l'extrême Est de la zone d'étude, la plaine de l'Isère dépourvue de source émettrice semble préservée et les concentrations estimées sont faibles et comparables aux contreforts de la Chartreuse.

- Comparaison à la réglementation :

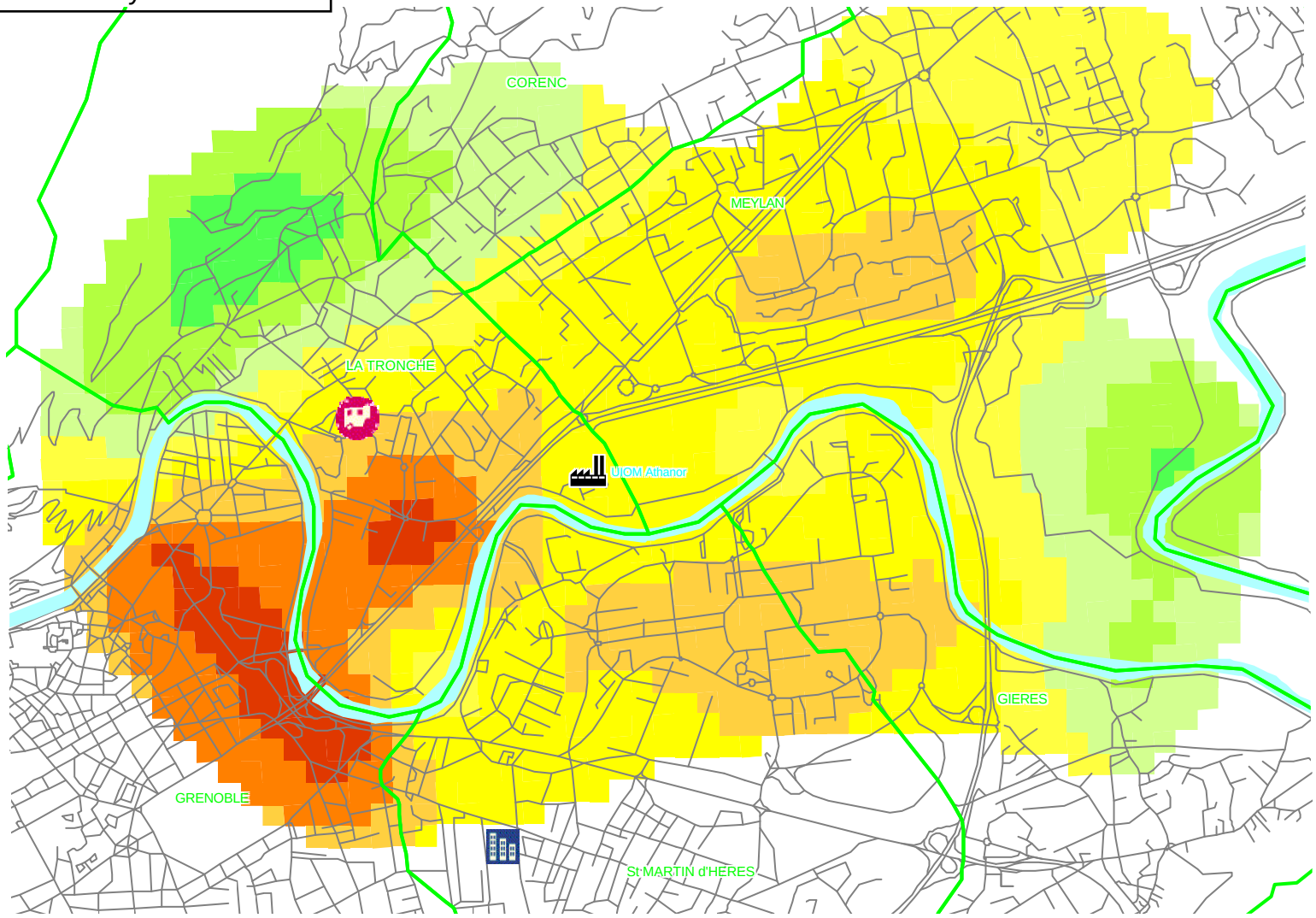
Sur la base des 6 périodes de mesures de 15 jours réparties sur les 6 mois d'été, automne et hiver, nous avons estimé les concentrations moyennes annuelles selon la formule :

$$C_{annuelle} = [C_{juillet} + C_{Août} + C_{novembre} + C_{décembre} + 2 \times (C_{septembre} + C_{octobre})] / 8$$

La carte suivante (figure 3.14) présente les concentrations annuelles estimées sur l'ensemble de la zone d'étude.
La répartition spatiale du dioxyde d'azote est comparable aux différentes périodes analysées plus haut.

Concentrations de fond annuelles en dioxyde d'azote

Objectif de qualité: 40 µg.m-3 en moyenne annuelle



Légende :

Réseau hydrographique

Réseau routier

Usine d'incinération Athanor

Station fixe urbaine de St Martin d'Hères

Remorque de mesure

Echelle : 0 500 m

Source :
ASCOPARG
GEOSYS DATA®

ASCOPARG

Remorque agréée du réseau Atmo

Copyright 2003

➢ Objectif de qualité :

On constate que les concentrations de dioxyde d'azote estimées par krigeage ordinaire sur la zone d'étude, en moyenne annuelle, ne dépassent pas l'objectif de qualité de 40 µg.m^{-3}.
Toutefois, il est à noter que ces concentrations ne sont qu'une estimation moyennée entachée d'une erreur d'estimation à laquelle s'ajoute les erreurs de mesure.
Par contre, l'analyse des données des stations fixes les plus proches de la zone d'étude révèle également que les moyennes annuelles de dioxyde d'azote ne dépassent pas l'objectif de qualité.

➢ Seuil de protection de la végétation :

D'après la carte de concentrations réalisée par krigeage ordinaire, seules les zones urbanisées (denses et résidentielles), seraient soumises à des concentrations supérieures au seuil de protection de la végétation fixé à 30 µg.m^{-3} en moyenne annuelle.
Les zones sensibles, le parc de l'Ile d'amour, une partie du Campus universitaire, le terrain militaire, les contreforts de la Chartreuse et la plaine du Taillat ne semblent pas soumis à des concentrations annuelles supérieures à ce seuil.

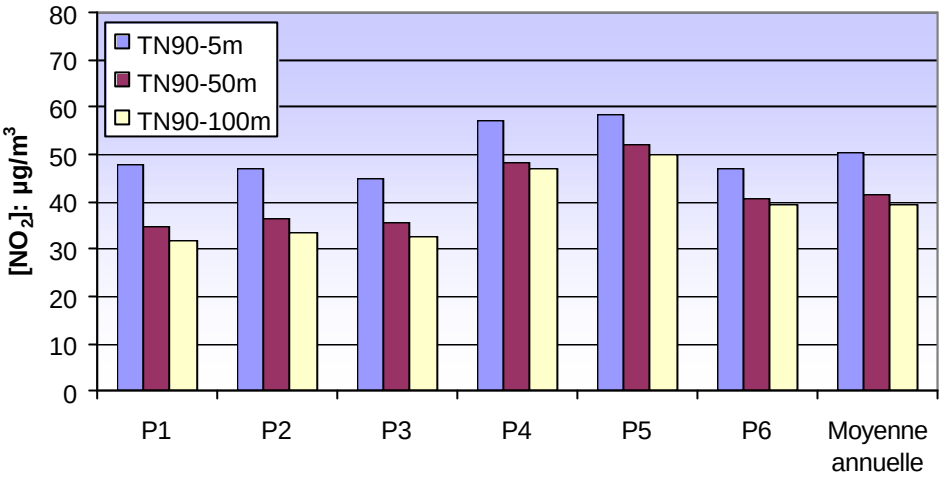
3.2.1.2.5 Mesures par échantillonneurs passifs : concentrations en bordure des axes routiers

La disposition de point de mesure en transect permet de mesurer la décroissance des concentrations en fonction de la distance par rapport au centre de la voirie. Ces points sont placés perpendiculairement à l'axe de la rue à des distances de 5, 50, 100 et 250 mètres.
Dans le cadre de cette étude, des transects ont été réalisés sur l'autoroute A41, la RN90 et la rocade (tableau 3.10).

	Concentrations en µg.m^{-3}						
Sites	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**	**P6**	**Moyenne annuelle**
TA41E-5m	45,7	37,9	45,7	50,6	57,3	42,8	47,1
TA41E-50m	29,8	24,6	32,7	37,7	49,3	37,0	35,2
TA41E-100m	22,1	18,5	27,1	34,0	43,4	35,3	30,2
TA41E-250m	18,4	16,2	23,0	27,8	40,5	32,2	26,1
TA41W-5m	41,1	34,3	40,6	50,7	53,2	42,3	44,2
TA41W-50m	26,1	22,2		36,0	45,8	34,6	34,1
TA41W-100m	25,1	22,2	25,7	35,2	42,4	34,4	30,7
TN90-5m	48,0	46,8	44,9	57,1	58,5	47,0	50,6
TN90-50m	34,7	36,4	35,7	48,4	51,9	40,7	41,5
TN90-100m	32,0	33,7	32,6	47,2	50,1	39,4	39,3
Trocade-5m	27,8	27,3	34,7	35,5	42,6	31,2	33,7
Trocade-50m	23,3	22,9	30,6	35,7	43,7	33,3	32,0
Trocade-100m	19,9	21,3	27,4	31,9	44,2	32,2	29,5
Trocade-250m	16,8	17,1	24,0	30,8	42,1	31,2	27,1

Tableau 3.10 Concentrations en dioxyde d'azote mesurées à l'aide d'échantillonneurs passifs sur les sites de proximité

Etant un polluant automobile, les concentrations de NO_2 sont directement liées à l'intensité des émissions (fonction du trafic, de la vitesse et de la saturation du réseau) et à la proximité des sources.
On observe logiquement une baisse des niveaux en NO_2 lorsqu'on s'éloigne de la voie de circulation. Cette décroissance s'effectue jusqu'à atteindre un niveau de pollution comparable à la pollution urbaine de fond de la période considérée (Exemple de transect réalisé sur la RN90: figure 3.15).



P1 : 25/07/2002 ® 08/08/2002
P2 : 21/08/2002 ® 04/09/2002
P3 : 18/09/2002 ® 02/10/2002
P4 : 23/10/2002 ® 06/11/2002
P5 : 20/11/2002 ® 04/12/2002
P6 : 20/12/2002 ® 03/01/2002

Figure 3.15 Transect réalisé sur la RN90 pendant les 6 campagnes de mesure.

3.2.2 Poussières en suspension (PM_{10})

3.2.2.1 Les mesures en continu : site de la Faculté de médecine

Les statistiques des résultats des mesures de PM_{10} effectuées à la Faculté de médecine sont réunies dans le tableau ci-dessous (tableau 3.11).

	Faculté de médecine					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
% de valeurs horaires valides	87%	100%	100%	94%	100%	100%
% de valeurs journalières valides	73%	100%	100%	87%	100%	100%
Moyenne horaire (µg.m^{-3})	14,1	14,5	18,5	19,5	13,8	20,8
Percentile 98 horaire (µg.m^{-3})	29,8	32,8	50,0	52,2	35,6	56,5
Médiane horaire (µg.m^{-3})	13,0	14,0	17,0	16,0	12,0	19,0
Minimum horaire (µg.m^{-3})	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Maximum horaire (µg.m^{-3})	50,0	55,0	80,0	64,0	47,0	69,0
Moyenne journalière (µg.m^{-3})	15,2	14,6	18,5	11,8	13,8	20,9
Percentile 98,1(µg.m^{-3})	20,8	20,5	35,2	22,5	23,7	43,4
Minimum journalier (µg.m^{-3})	7,0	11,0	3,0	1,0	7,0	5,0
Maximum journalier (µg.m^{-3})	21,0	21,0	36,0	23,0	24,0	45,0

Tableau 3.11 Statistiques horaires et journalières des PM_{10} mesurées sur le site de la Tronche

Sur la période de mesures du 25/07/02 au 03/01/03, la moyenne horaire en PM_{10} est de 18 µg.m^{-3}, pour un objectif de qualité fixé à 30 µg.m^{-3} en moyenne annuelle. Les valeurs moyennes horaires sont toujours inférieures à la valeur fixée par l'objectif de qualité ; même en hiver quand les conditions météorologiques sont peu favorables à la dispersion (figure 3.16).

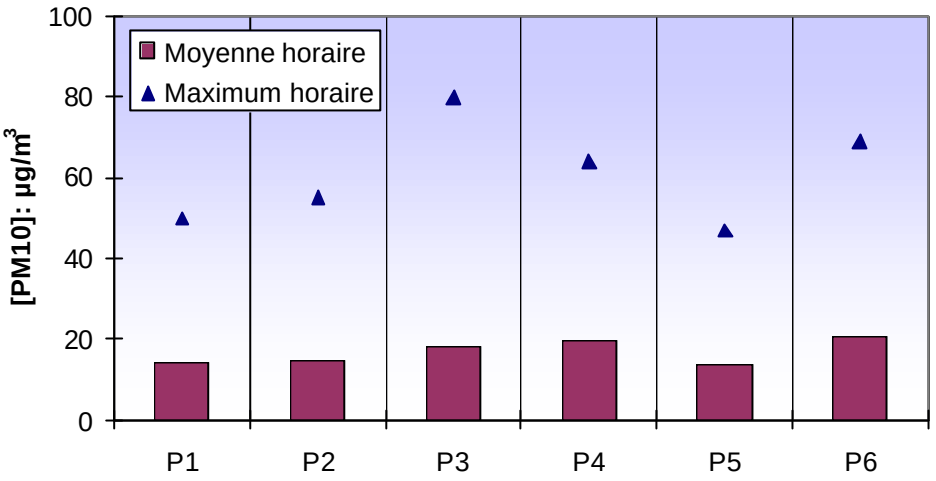


Figure 3.16 Moyenne horaire et maximum horaire des concentrations de PM_{10} mesurées sur le site de la Faculté de médecine pendant les différentes périodes.

3.2.2.2 *Les mesures en continu : Comparaison avec d'autres sites de mesure (Versoud, Saint Martin d'Hères et Grenoble Les Frênes)*

Les données recueillies par la remorque mobile sur le site de la Faculté de médecine peuvent être comparées avec trois autres sites fixes de mesure de l'ASCOPARG : Saint Martin d'Hères (urbain de fond) et Grenoble les Frênes (urbain de fond).
Sur la période de l'étude (25/07/02 au 03/01/03), les niveaux moyens horaires de PM_{10} entre les sites de fond sont pratiquement identiques (~ 18-22 µg.m^{-3}) (tableau 3.12).
L'évolution des concentrations moyennes horaires des 6 périodes est similaire sur les 3 sites de mesure (figure 3.17).

	Période du 25/07/2002 au 03/01/2003			
	Faculté de Médecine Urbain de fond	**Saint Martin d'Hères** Urbain de fond	**Grenoble les Frênes** Urbain de fond	**Le Versoud** Péri urbain
% de valeurs horaires valides	97,9%	95,1%	99,8%	
% de valeurs journalières valides	95,7%	92%	100%	
Moyenne horaire (µg.m^{-3})	18	22	20	
Percentile 98 horaire (µg.m^{-3})	50	58	51	
Médiane horaire (µg.m^{-3})	16	19	17	
Minimum horaire (µg.m^{-3})	0	0	0	
Maximum horaire (µg.m^{-3})	80	147	85	
Moyenne journalière (µg.m^{-3})	18	22	20	
Minimum journalier (µg.m^{-3})	3	5	4	
Maximum journalier (µg.m^{-3})	48	60	57	

Tableau 3.12 Statistiques horaires et journalières de PM_{10} sur les sites de la Faculté de médecine, Saint Martin d'Hères, Grenoble les Frênes et le Versoud entre le 25/07/02 et le 03/01/03

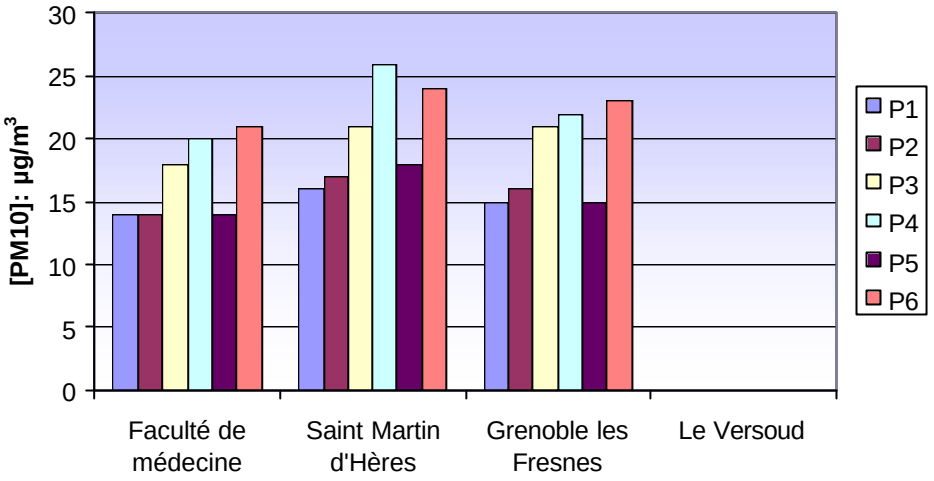


Figure 3.17 Comparaison des moyennes horaires de NO_2 mesurées pendant les 6 périodes sur les différents sites de mesure (Faculté de médecine et sites de référence).

Les coefficients de corrélation journalière confirment cette évolution similaire entre ces 3 sites (~ 0,83 à 0,98 avec la station de Saint Martin d'Hères et de Grenoble les Frênes). De plus les écarts de concentration moyenne journalière sur chaque période sont faibles, à l'exception de la période 4 (tableau 3.13). En effet, la période P4 est caractérisée par des concentrations élevées de polluants primaires sur le site de Saint Martin d'Hères (NO_2 et PM_{10}).

		P1	P2	P3	P4	P5	P6
Ecart en % de la moyenne journalière	Saint Martin d'Hères	-6%	-17%	-10%	-55%	-24%	-14%
	Grenoble les Frênes	-2%	-7%	-9%	-47%	-10%	-11%
Corrélation journalière	Saint Martin d'Hères	0,94	0,89	0,98	0,83	0,92	0,98
	Grenoble les Frênes	0,95	0,88	0,96	0,83	0,92	0,97

Tableau 3.13 Comparaison entre les sites de la Faculté de médecine et les sites urbain de fond (Saint Martin d'Hères et Grenoble les Frênes).

3.2.3 Ozone (O_3)

3.2.3.1 Les mesures en continu : site de la Faculté de médecine

Les statistiques des résultats des mesures d'O_3 effectuées à la Faculté de médecine sont réunies dans le tableau ci-dessous (tableau 3.18).

	Faculté de médecine					
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
% de valeurs horaires valides	87%	99%	100%	94%	100%	100%
% de valeurs journalières valides	73%	100%	100%	87%	100%	100%
Moyenne horaire (µg.m^{-3})	66,7	48,5	30,6	12,3	12,2	8,7
Moyenne sur 8 heures (µg.m^{-3})	65,6	49,8	31,5	13,0	12,3	8,8
Percentile 98 horaire (µg.m^{-3})	155,8	115,8	79,8	60,2	60,8	75,0
Médiane horaire (µg.m^{-3})	61,0	42,0	24,0	4,0	5,0	0,0
Minimum horaire (µg.m^{-3})	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Maximum horaire (µg.m^{-3})	179,0	124,0	104,0	84,0	75,0	80,0
Moyenne journalière (µg.m^{-3})	67,4	48,6	30,5	19,8	12,1	8,5
Minimum journalier (µg.m^{-3})	44,0	8,0	13,0	6,0	2,0	0,0
Maximum journalier (µg.m^{-3})	95,0	71,0	61,0	39,0	26,0	44,0
Maximum journalier (µg.m^{-3}) de la moyenne sur 8 heures	151,8	109,2	80,3	57,6	48,0	73,5

Tableau 3.18 Statistiques horaires et journalières de l'ozone mesurées sur le site de la Tronche

Les concentrations les plus fortes en ozone sont enregistrées l'été (tableau 3.18 et figure 3.18). La formation de ce polluant à partir de précurseurs automobiles et industrielles (oxydes d'azote et composés organiques volatils) nécessite en effet un ensoleillement important et de fortes températures.

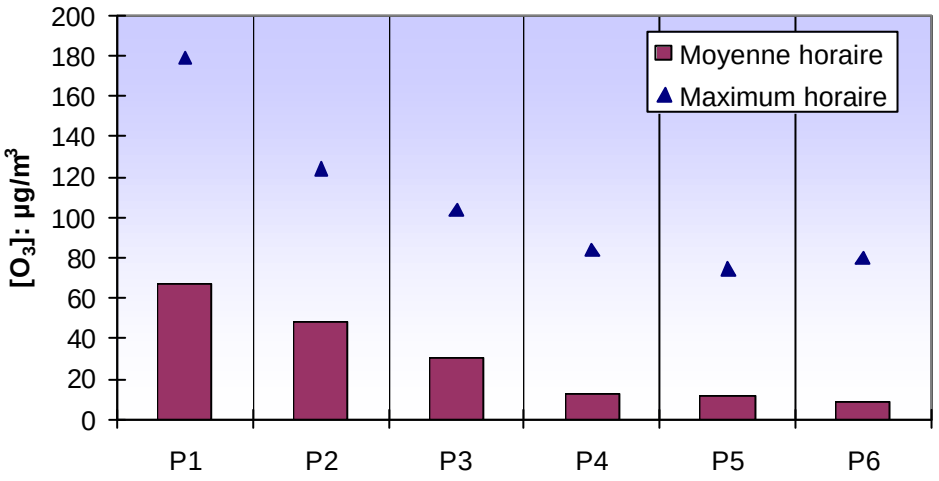


Figure 3.18 Moyenne horaire et maximum horaire des concentrations de O_3 mesurées sur le site de la Faculté de médecine pendant les différentes périodes.

3.2.3.2 *Les mesures en continu : comparaison avec d'autres sites de mesure (Saint Martin d'Hères, Grenoble les Frênes, Le Versoud)*

Les données recueillies par la remorque mobile sur le site de la Faculté de médecine peuvent être comparées avec trois autres sites fixes de mesure de l'ASCOPARG : Saint Martin d'Hères (urbain de fond) et Grenoble les Frênes (urbain de fond) et le Versoud (péri-urbain).
L'évolution des concentrations moyennes horaires des 6 périodes est très similaire entre les 4 sites de mesure (figure 3.19).

	Période du 25/07/2002 au 03/01/2003			
	Faculté de Médecine Urbain de fond	**Saint Martin d'Hères** Urbain de fond	**Grenoble les Frênes** Urbain de fond	**Le Versoud** Péri urbain
% de valeurs horaires valides	97,7%	96%	99,7%	99,9%
% de valeurs journalières valides	95,1%	92,6%	100%	100%
Moyenne horaire (µg.m $^{-3}$)	27	25	30	27
Percentile 98 horaire (µg.m $^{-3}$)	116	108	109	116
Médiane horaire (µg.m $^{-3}$)	14	11	19	13
Minimum horaire (µg.m $^{-3}$)	0	0	0	0
Maximum horaire (µg.m $^{-3}$)	181	167	177	182
Moyenne journalière (µg.m $^{-3}$)	27	24	30	27
Minimum journalier (µg.m $^{-3}$)	0	0	0	0
Maximum journalier (µg.m $^{-3}$)	95	94	92	89

Tableau 3.15 Statistiques horaires et journalières de O_3 sur les sites de la Faculté de médecine, Saint Martin d'Hères, Grenoble les Frênes et le Versoud entre le 25/07/02 et le 03/01/03

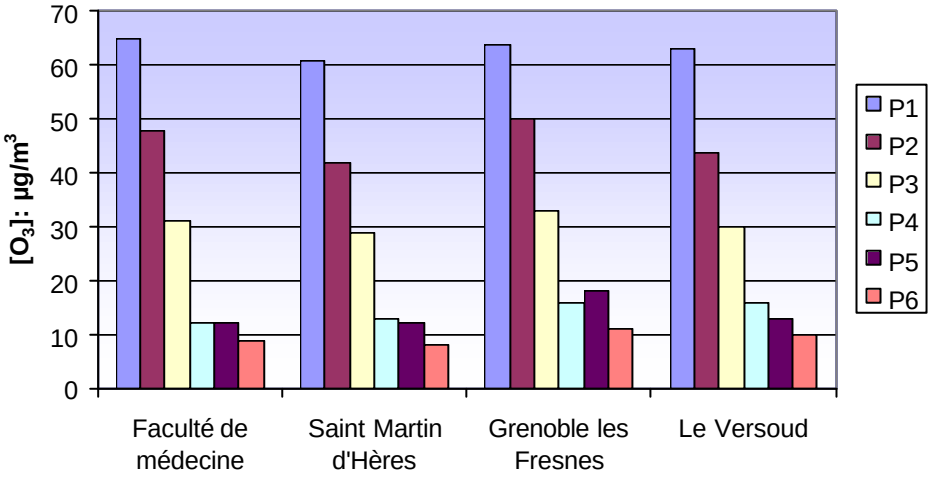


Figure 3.19 Comparaison des moyennes horaires de O_3 mesurées pendant les 6 périodes sur les différents sites de mesure (Faculté de médecine et sites de référence).

Les statistiques journalières montrent aussi une homogénéité des concentrations estivales d'ozone sur l'agglomération de Grenoble.

		P1	P2	P3	P4	P5	P6
Ecart en % de la moyenne journalière	Saint Martin d'Hères	9%	19%	4%	51%	-3%	12%
	Grenoble les Frênes	4%	-4%	8%	23%	-34%	-18%
	Le Versoud	8%	11%	1%	25%	-9%	-12%
Corrélation journalière	Saint Martin d'Hères	0,94	0,98	0,92	-0,65	0,90	0,89
	Grenoble les Frênes	0,95	0,92	0,92	-0,71	0,90	0,92
	Le Versoud	0,96	0,95	0,85	-0,33	0,78	0,93

Tableau 3.16 Comparaison entre les sites de la Faculté de médecine et les sites urbain de fond (Saint Martin d'Hères et Grenoble les Frênes).

3.2.4 Situation du site de la Faculté de médecine par rapport aux valeurs réglementaires et aux seuils d'évaluation

3.2.4.1 Valeurs réglementaires

L'objectif de qualité fixé à 40 µg.m^{-3} en moyenne annuelle est respecté sur tous les sites. Les seuils de recommandation et d'information, ainsi que les seuils d'alerte ne sont pas dépassés (Tableau 3.17).

NO_2	Période du 25/07/2002 au 03/01/2003			
	Faculté de médecine de la Tronche	Versoud	Saint Martin d'Hères	Grenoble les Frênes
Objectif de qualité	**40 µg.m^{-3} en moyenne annuelle**			
Dépassements	Non	Non	Non	non
Valeur limite horaire	**200 µg/m3 à ne pas dépasser plus de 18 fois/an**			
Nbre de dépassements	0	0	0	0
Seuil de recommandation et d'information	**200 µg.m^{-3} sur 1 heure**			
Nbre de dépassements / Nbre de jours touchés	0/0	0/0	0/0	0/0
Seuil d'alerte	**400 µg.m^{-3} sur 1 heure**			
Nbre de dépassements / Nbre de jours touchés	0/0	0/0	0/0	0/0

Tableau 3.17 Situation du NO_2 par rapport aux valeurs réglementaires

Pour les PM_{10}, l'objectif de qualité fixé à 30 µg.m^{-3} en moyenne annuelle est respecté sur tous les sites. Cependant la valeur limite journalière est dépassée 4 fois sur les sites de Saint Martin d'Hères et 2 fois sur le site de Grenoble les Frênes; elle n'est pas dépassée sur le site de la Faculté de Médecine de la Tronche (Tableau 3.18).

PM_{10}	Période du 25/07/2002 au 03/01/2003			
	Ecole de médecine de la Tronche	Versoud	Saint Martin d'Hères	Grenoble les Frênes
Objectif de qualité	**30 µg.m^{-3} en moyenne annuelle**			
Dépassements	Non	-	Non	Non
Valeur limite journalière	**50 µg.m^{-3} à ne pas dépasser plus de 35 jours/an ***			
Nbre de dépassements	0	-	4	2

Tableau 3.18 Situation des PM_{10} par rapport aux valeurs réglementaires

Concernant l'ozone, l'objectif de qualité fixé à 110 µg/m3 en moyenne sur une plage de 8 heures, a été dépassé sur tous les sites. Ces dépassements ont eu lieu pendant la première période plus favorable à la pollution photochimique.
Un dépassement du seuil d'information et de recommandations de la population a également été enregistré (1 heure de dépassement) au cours du mois d'août 2002 sur le site de La Tronche (Tableau 3.19).

O_3	Période du 25/07/2002 au 03/01/2003			
	Faculté de médecine de la Tronche	Versoud	Saint Martin d'Hères	Grenoble les Frênes
Objectif de qualité	**110 µg.m^{-3} en moyenne sur une plage de 8 heures**			
Dépassements/ Nbre d'heures	Oui / 33	Oui /28	Oui / 31	Oui / 26
Seuil de recommandation et d'information	**180 µg.m^{-3} sur 1 heure**			
Nbre de dépassements / Nbre de jours touchés	1/1	1/1	0/0	0/0
Seuil d'alerte	**360 µg.m^{-3} sur 1 heure**			
Nbre de dépassements / Nbre de jours touchés	0/0	0/0	0/0	0/0

Tableau 3.19 Situation de l'O_3 par rapport aux valeurs réglementaires

4 SIMULATION DES CONCENTRATIONS

4.1 Objectif de la simulation

Le deuxième objectif de cette étude est de réaliser des simulations avec le logiciel STREET pour les rues situées autour de l'usine d'incinération d'ATHANOR. Ce logiciel permet en effet d'évaluer les concentrations dans l'air ambiant du NO_2, PM_{10}, CO, SO_2 et COV pour une rue, un tronçon de rue ou un carrefour. Les résultats de ces simulations représentent les moyennes annuelles des polluants précédemment cités.
Pour ce faire, les rues autour de l'usine d'ATHANOR ont été sélectionnées, puis classifiées en tronçons selon les classes disponibles dans le logiciel (figure 4.1).

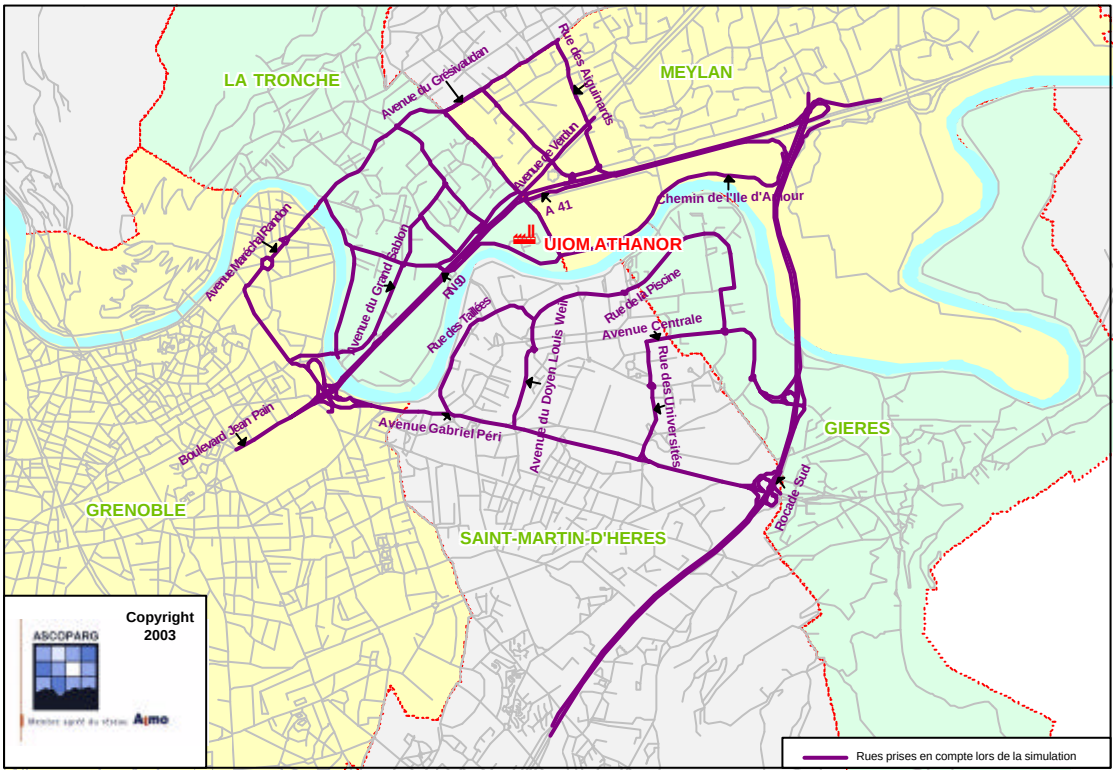


Figure 4.1. La zone d'étude : les rues sélectionnées pour le calcul sont représentées en magenta, fond cartographique MAGELLAN Géomatique

4.2 Le logiciel STREET

Le logiciel STREET, commercialisé par Targeting, permet d'évaluer de manière simple la pollution atmosphérique provoquée par la circulation routière en quantifiant les concentrations dans l'air ambiant du NO_2, PM_{10}, CO, COV et SO_2 pour une rue, un tronçon de rue, un carrefour [1]. Ces derniers peuvent varier de 280 à 320 mètres de longueur (sur chacune des deux rues dans le cas d'un carrefour ou d'une intersection) avec une hauteur maximale d'environ 100 mètres.

Les bases scientifiques du logiciel ont été élaborées lors d'un programme de recherche initié par le ministère de l'environnement du Land Badeb-Württemberg/RFA. La version française a été adaptée en fonction :

- du parc français de véhicules,

- des facteurs d'émissions spécifiques, basés sur le logiciel IMPACT de l'ADEME, lui-même basé sur le logiciel européen COPERT[5] II. Il prend en compte la composition de la flotte française en fonction de l'année de référence.

Le schéma de principe de fonctionnement est représenté sur la Figure 4.1. L'utilisateur renseigne le logiciel avec les données ou estimations suivantes :

- configuration des voies parmi les 98 configurations de typologie disponibles,
- intégration des paramètres géographiques : orientation et pente de la rue…,
- classification des zones environnantes selon la charge polluante de fond,
- conditions météorologiques locales (vitesse et direction du vent dominant),
- données de circulation automobile : composition de la flotte de véhicules de l'année d'étude, trafic moyen journalier, taux d'encombrement, % de véhicules particuliers, utilitaires légers et de poids lourds, % de deux roues.

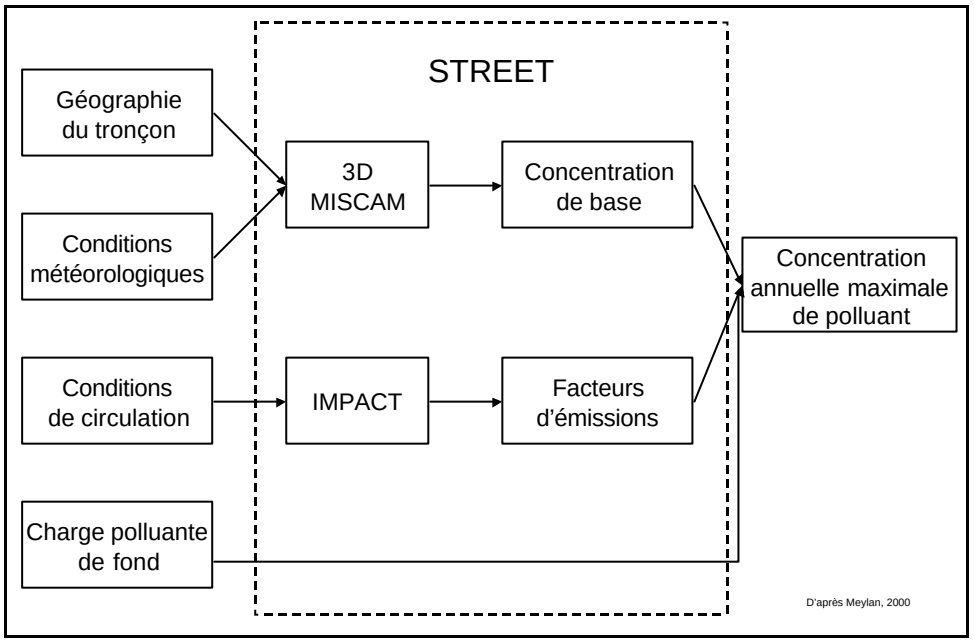


Figure 4.1. Schéma du principe de fonctionnement de STREET

Pour le calcul des immissions, STREET utilise la base de données de plus de 100.000 configurations différentes, établie à l'aide du logiciel de simulation tridimensionnel MISCAM. Ce dernier est utilisé pour la simulation des champs de vitesse et de concentrations à l'échelle d'une rue ou d'un croisement, de l'ordre de quelques centaines de mètres. Un gradient vertical de température n'a pas été pris en compte (l'impact de ce gradient a été estimé à moins de 5% sur le résultat final de la concentration moyenne annuelle d'un polluant).

Le calcul de la charge polluante et des marges d'erreurs dans le tronçon considéré est effectué en combinant les facteurs d'émissions calculés avec IMPACT et les concentrations de la base de données MISCAM.
Lors de cette phase, la transformation des NO_X en NO lors de la dispersion dans l'atmosphère est modélisé par les équations suivantes (basées sur des résultats de campagnes de mesures allemandes) :

$C < 60\ \mu gm^{-3}$ $\quad [NO_2] = 0.75\ [NO_x]$
$C > 60\ \mu gm^{-3}$ $\quad [NO_2] = 14.47\ [NO_x]^{0.28}$

Le raisonnement est fondé sur des moyennes annuelles et un percentile 98 pour le NO_2.
Les résultats des émissions sont exprimés en g/km, ceux des immissions sont en $\mu g.m^{-3}$. Rappelons que les émissions représentent la charge polluante émise par les sources et que les immissions constituent la charge polluante dans l'air ambiant, ici celle respirée dans la rue.

[5] Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport

Il est également bon de rappeler qu'il n'y a pas d'interaction entre les différents tronçons, contrairement à ce qui est représenté dans d'autres modèles comme SIRANE [3] par exemple.

4.3 Caractéristiques des tronçons

4.3.1 Données utilisées

Le tableau 3.1 ci dessous présente les données utilisées pour réaliser l'étude.

Données STREET à compléter	Type de données	Source
Direction du vent Vitesse du vent	Paramètres météo	ASCOPARG : moyenne annuelle des 10 dernières années
Pollution de fond	Concentration de polluants	ASCOPARG : moyenne annuelle des 10 dernières années
Valeurs guide	Concentration de polluants	ADEME, directives européennes
Orientation de la rue Espacement des bâtiments Largeur de la rue Hauteur du bâti	Occupation du sol	Plan IGN Repérage sur le terrain, photo aérienne, BD geosys Data
Circulation journalière % de VUL[6], % de PL[1], % de bouchons	Caractéristiques du trafic, répartition du parc, facteurs d'émissions	Sortie Davies 1997, plan du réseau bus TAG, Docs DDE 38 (comptages)

Tableau 4.1. Données utilisées

4.3.2 Paramètres météorologiques

Pour l'ensemble des tronçons :

- le vent (représenstant la moyenne annuelle) a été fixé à 2 m/s (il s'agit de la valeur la plus petite disponible dans le logiciel), de direction Nord-Ouest – Sud-Est.
- le sol est plat

Chaque tronçon a été défini selon les catégories disponibles dans le logiciel en terme de type de rue : présence ou non de bâtiments, alignement bi ou uni latéral, rapport entre les hauteurs de bâtimenent et largeur de voie…

Il est important de noter que le manque de finesse des plages des variables d'entrée, parfois mal adaptées, ou encore la difficulté de quantifier certaines variables (pourcentage de 2 roues, de poids lourds et de véhicules utilitaires légers par exemple) n'a pas pu permettre de recouvrir la situation réelle à maintes reprises. A titre d'exemple, les carrefours en étoiles, ou les échangeurs des voies rapides et autoroutes peuvent être citées.

Des tests de sensibilité des résultats aux paramètres initiaux ont été réalisés lors des études menées pour Lyon et Mulhouse [2, 4]. Il apparaît que les paramètres influençant fortement les résultats ne sont pas récurrents. Il est vrai que la méthodologie utilisée n'est pas la même pour ces deux études ce qui peut expliquer la divergence des conclusions. Des tests de sensibilités ont donc été réalisés pour des tronçons de Grenoble dans le cadre de simulations avec ce logiciel pour le PDU 2000 [5].

L'influence relative de l'incertitude des valeurs des paramètres d'entrée sur les résultats a été calculée pour différentes configurations de tronçon avec la même méthodologie que celle de l'étude de Lyon [2]. La figure 4.2 est un extrait des conclusions tirées. Il a été mis en évidence un impact fort des paramètres « continuité de la façade » et « nombre de véhicules par jour » commun à tous les types de brins. La constitution de la flotte en terme de pourcentage de bouchons, poids lourds, bus, 2 roues

[6] Véhicule Utilitaire Léger, Poids Lourds

et véhicules utilitaires légers importe peu : une variation de leur valeur d'entrée entraîne une variation moins importante, en part relative, sur les résultats obtenus.

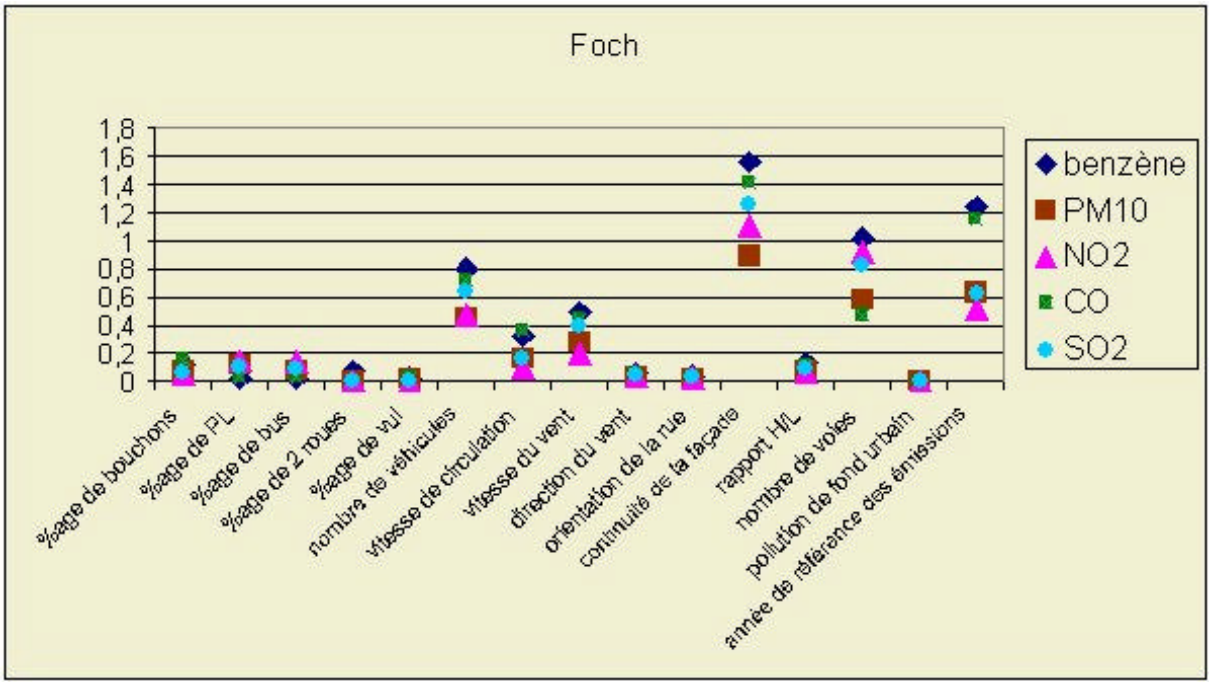
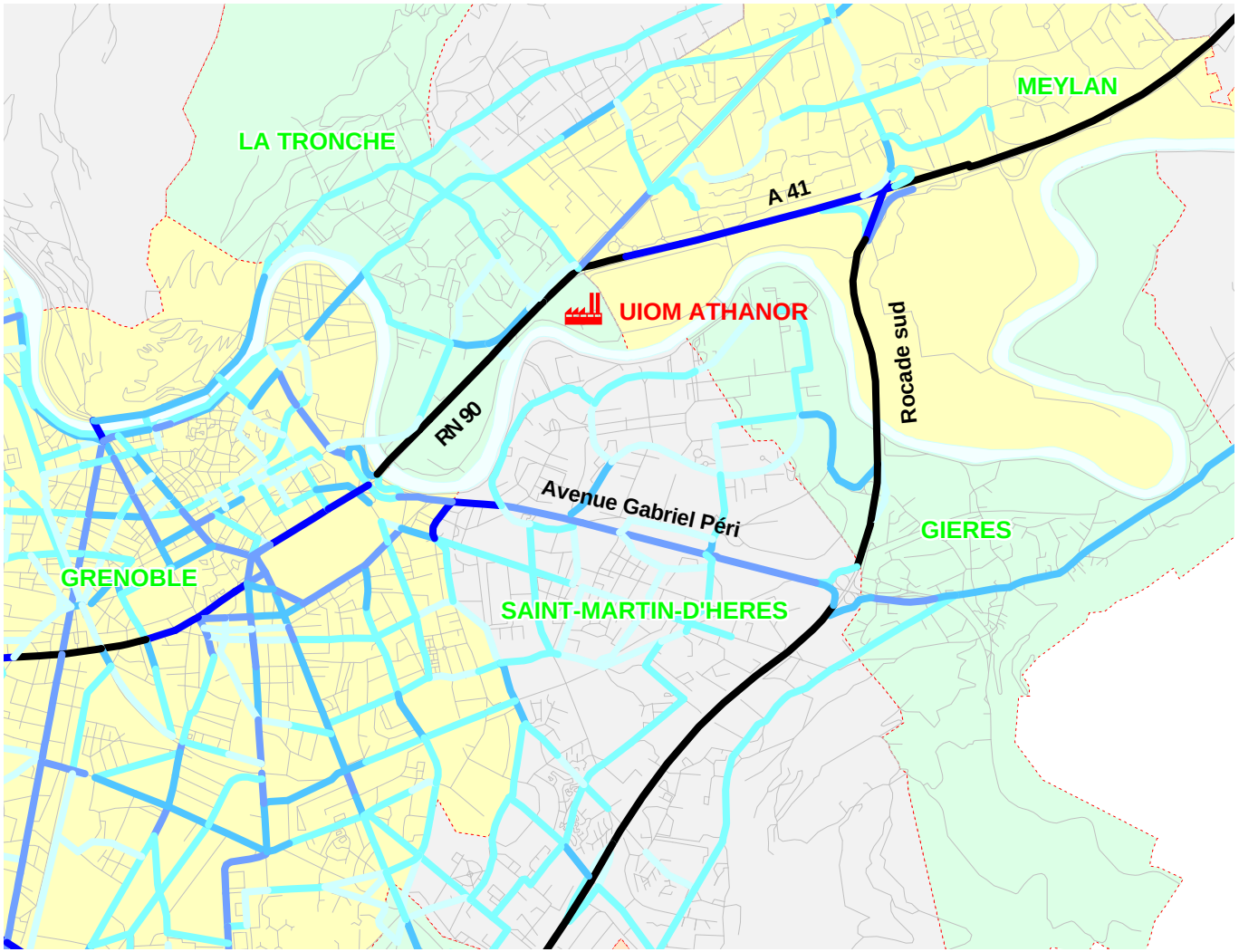


Figure 4.2. Influence relative de l'incertitude des valeurs des paramètres d'entrée sur les résultats.

4.3.3 Données relatives à la circulation

L'année de référence choisie est 2002.
Le trafic est déduit des sorties du modèle DAVIS de l'année 1997 (figure 4.3). En une intersection, il est la moitié de la somme des trafics des brins rejoignant le nœud considéré.

Trafic automobile à proximité de l'UIOM d'ATHANOR



TMJA (DAVIS, 1997)
Nombre de véhicules par jour

- 0 - 5 000
- 5 000 - 10 000
- 10 000 - 15 000
- 15 000 - 30 000
- 30 000 - 50 000
- 50 000 - 90 000

N

Echelle:

0 **1 km**

ASCOPARG
Membre agréé du réseau Atmo

Copyright 2003

4.3.4 Valeurs guides et pollution de fond

Les valeurs limites sont issues de la directive européenne 1999/30/CE du Conseil du 22 avril 1999 et des valeurs du décret de février 2002.
La pollution est calculée par rapport aux valeurs des dix dernières années relevées par le réseau ASCOPARG.
Pour tous les tronçons, ces valeurs sont dans le tableau 4.2 suivant :

	pollution de fond ($\mu g.m^{-3}$)	valeurs guides ($\mu g.m^{-3}$)
benzène	2	2
particules	21	30
NO2	30	40
CO	500	-
SO2	5	50

Tableau 4.2 Valeurs fixées pour la pollution de fond et les valeurs guides (moyennes annuelles).

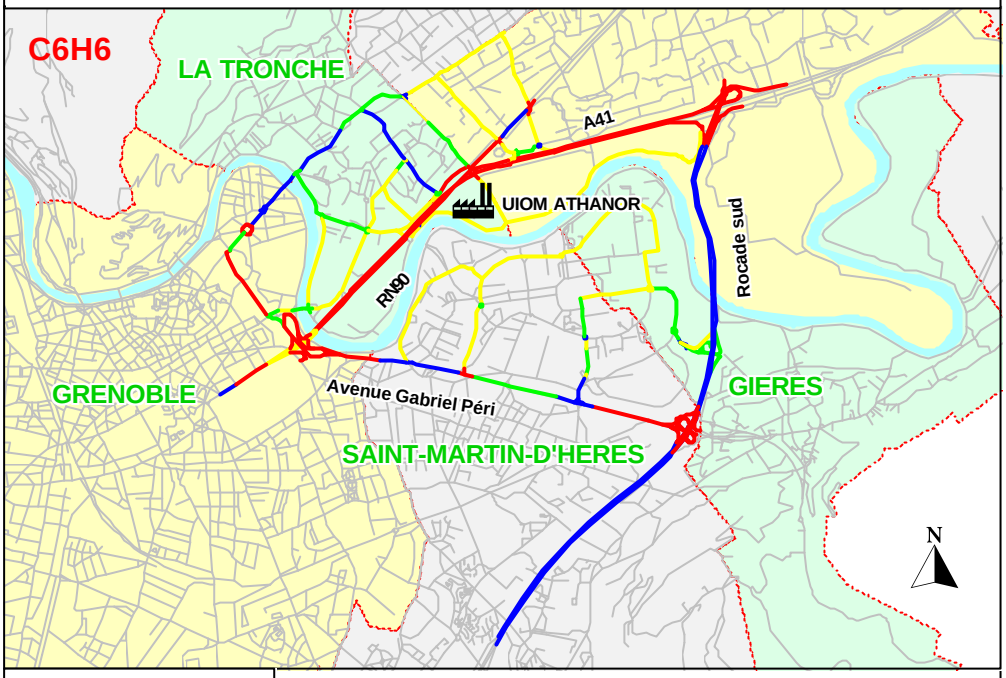
4.4 Résultats de la simulation

4.4.1 NO_2, PM10, CO, COV et SO_2: immissions

Les concentrations dans l'air ambiant des NO_2 , PM_{10}, CO, COV et SO_2 obtenues pour chaque tronçon sont présentées ci-dessous (en $\mu g.m^{-3}$). Rappelons qu'il s'agit de moyennes annuelles. Les fortes concentrations sont constatées au niveau des intersections et des échangeurs, qui malheureusement sont souvent mal définis par le logiciel.

Modélisation de la pollution

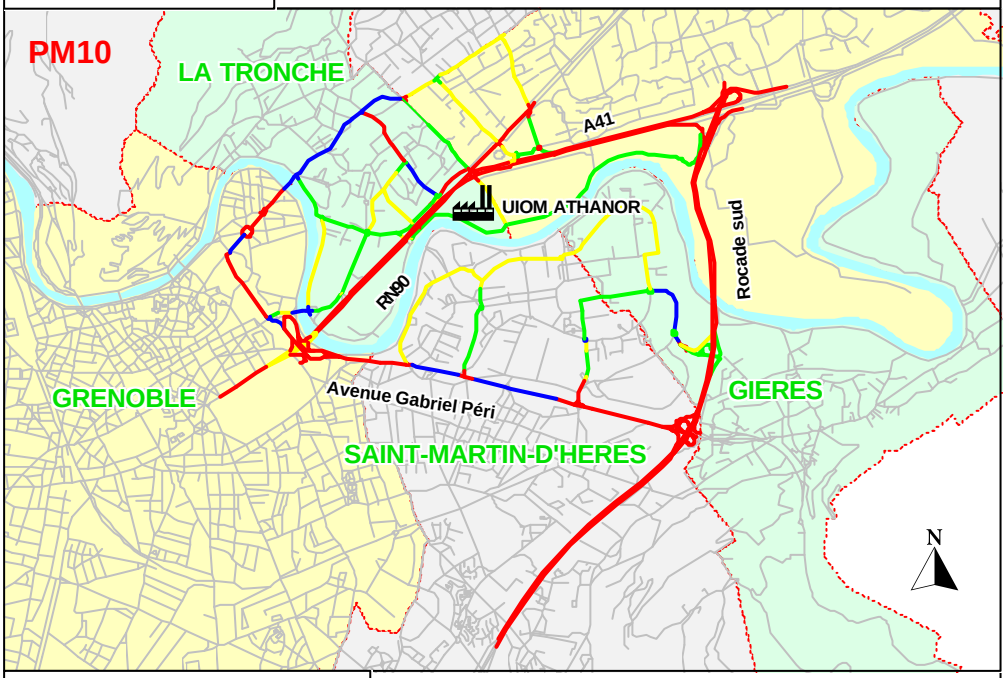
Moyenne annuelle des immissions



Benzène C6H6
µg/m3

- 5 - 13
- 4 - 5
- 3 - 4
- 2 - 3

Copyright 2003



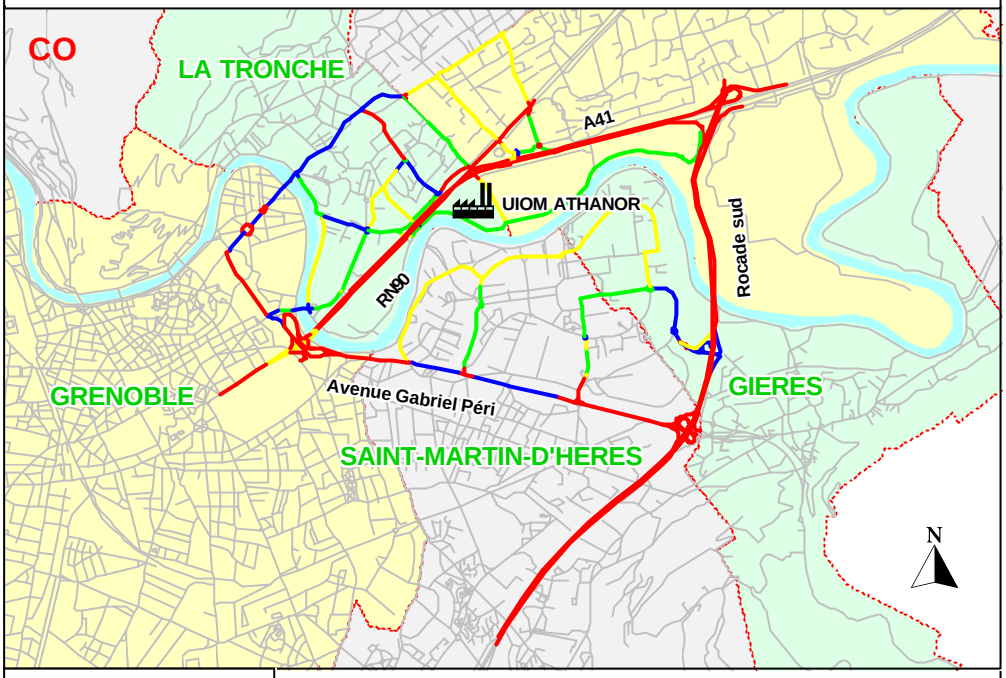
PM10
µg/m3

- 25 - 43
- 24 - 25
- 22 - 24
- 21 - 22

Copyright 2003

Modélisation de la pollution

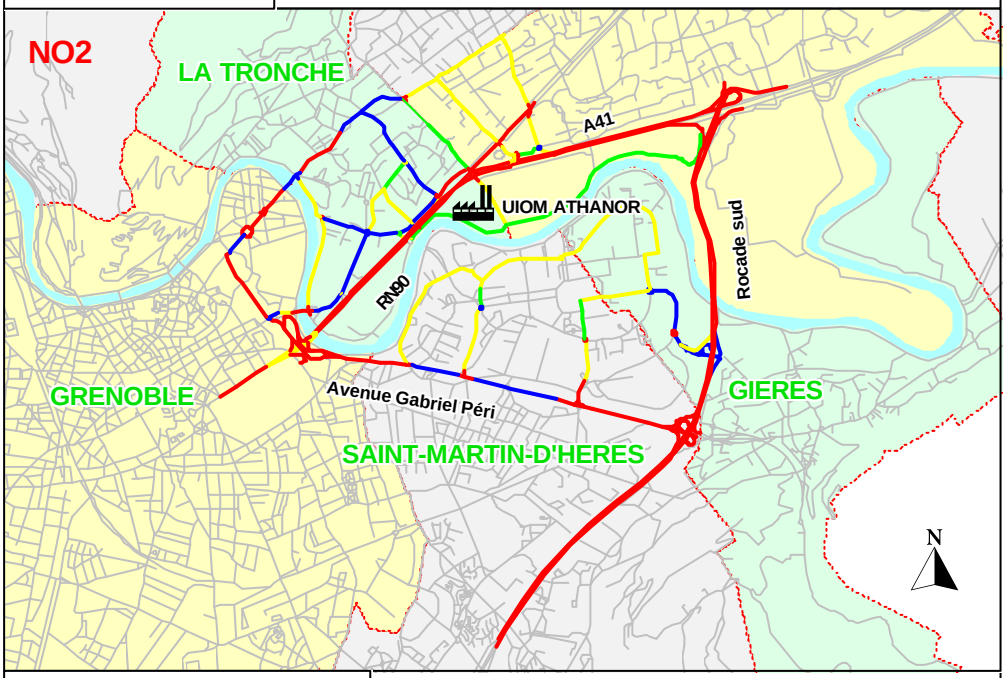
Moyenne annuelle des immissions



CO
mg/m3

- 890 - 2 640
- 720 - 890
- 590 - 720
- 510 - 590

Copyright 2003



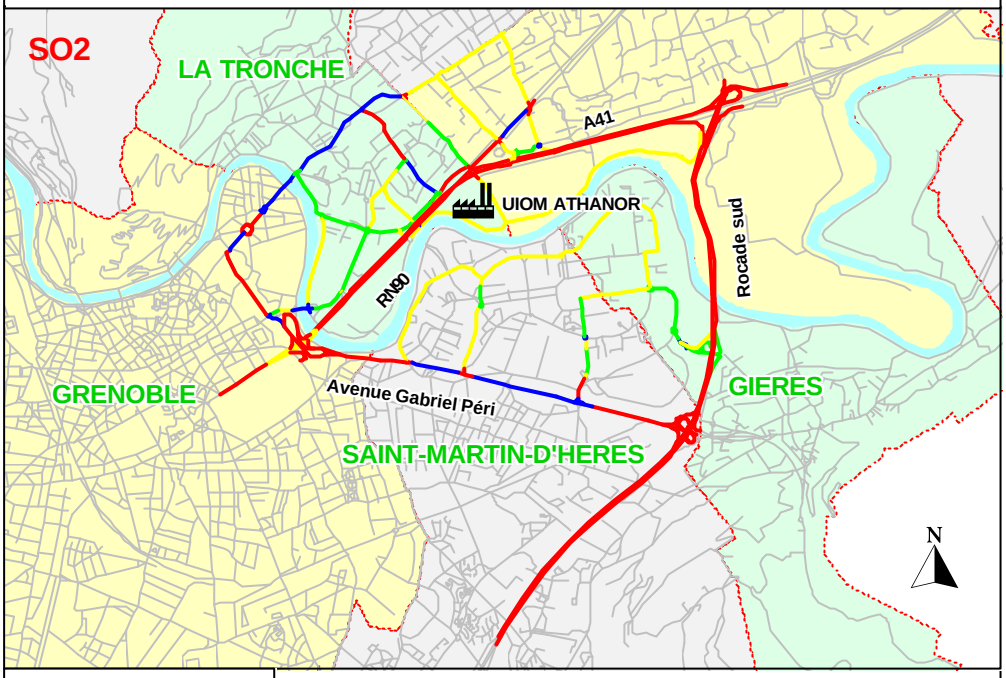
NO2
µg/m3

- 36 - 83
- 33 - 36
- 32 - 33
- 30 - 32

Copyright 2003

Modélisation de la pollution

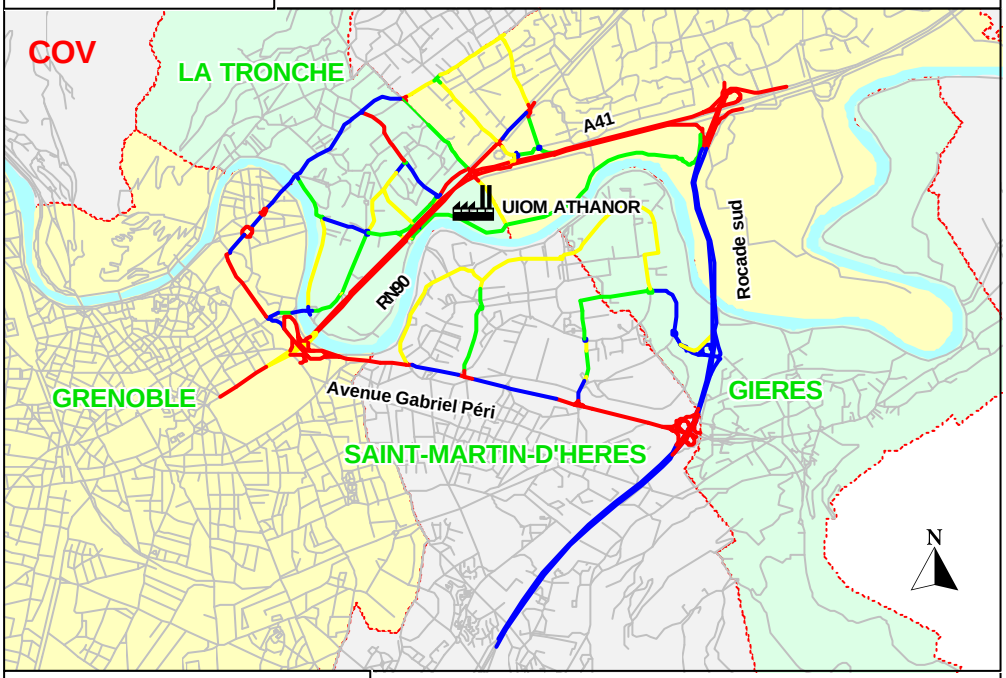
Moyenne annuelle des immissions



SO2
µg/m3

- 8 - 16
- 7 - 8
- 6 - 7
- 5 - 6

Copyright 2003



COV
µg/m3

- 60 - 266
- 32 - 60
- 12 - 32
- 2 - 12

Copyright 2003

Les tendances des concentrations aux valeurs guides sur les brins étudiés sont calculées pour le NO2, CO, benzène, PM_{10} et SO_2. Elles sont illustrées ci-dessous. Pour les PM_{10} et SO_2 les concentrations sont globalement en accord avec les objectifs de qualité. Ce n'est pas le cas pour les NO_2, CO et benzène où elles sont dépassées.

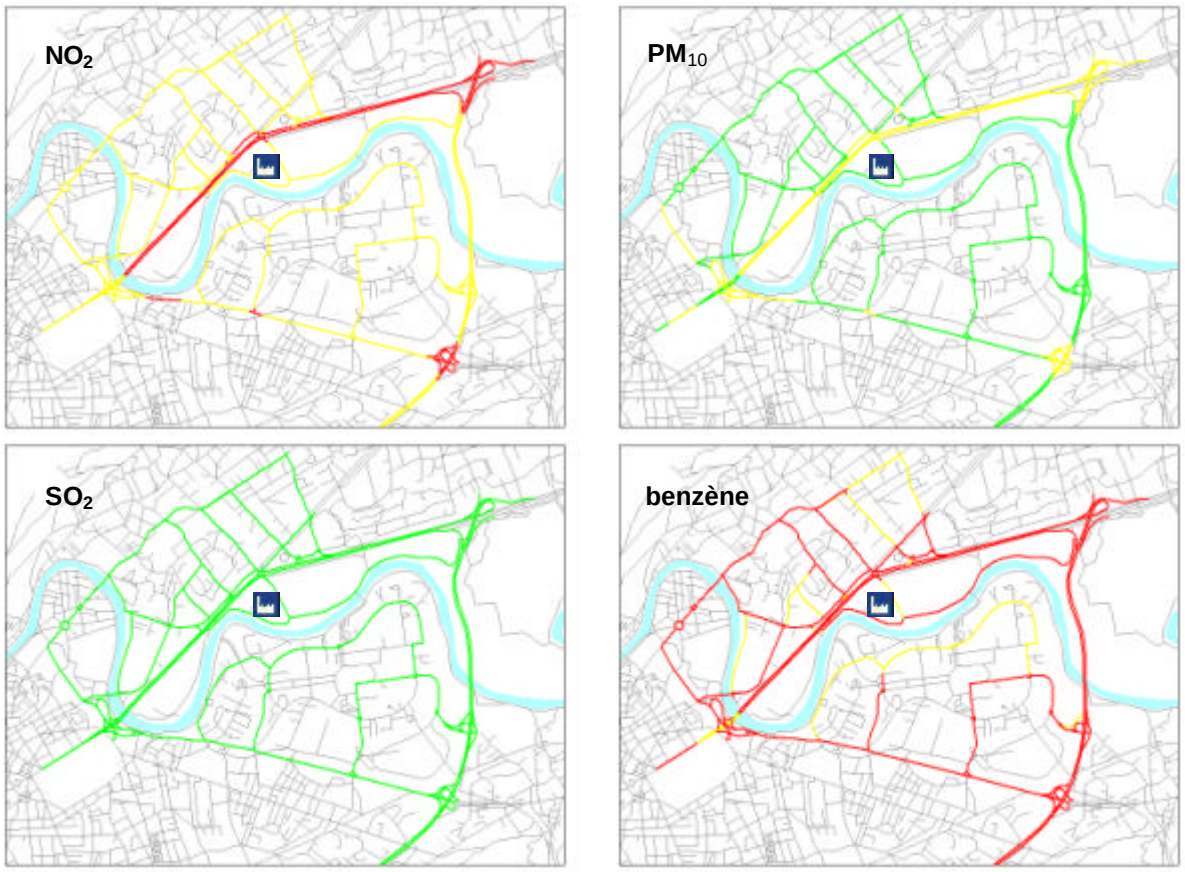


Figure 4.7 : tendances des concentrations calculées aux valeurs guides sur les brins étudiés : respectée ■ , incertaine ■ et dépassée ■, fond cartographique MAGELLAN Géomatique.

4.4.2 NO_2 : Comparaison aux valeurs mesurées

Les mesures effectuées par échantillonneurs passifs ont permis d'établir une moyenne annuelle en chaque site de mesures (tableau 3.8 et figure 3.10). Certains sites de mesures (figure 2.4) correspondent ou sont proches des tronçons simulés. La figure 4.8 représente le pourcentage simulé de la mesure en ces sites.
Les concentrations simulées sont proches des mesures pour les sites considérés comme des sites de fond. Les résultats sont moins bons pour les sites trafic (TA41, TN90, Trocade) et 2 sites F18 et F22 qui sont proches de l'autoroute ou d'échangeur. Les forts écarts correspondent d'ailleurs tous à une sur-estimation de la valeur mesurée. Les plus fortes différences coïncident avec des échangeurs, type mal défini par le logiciel.

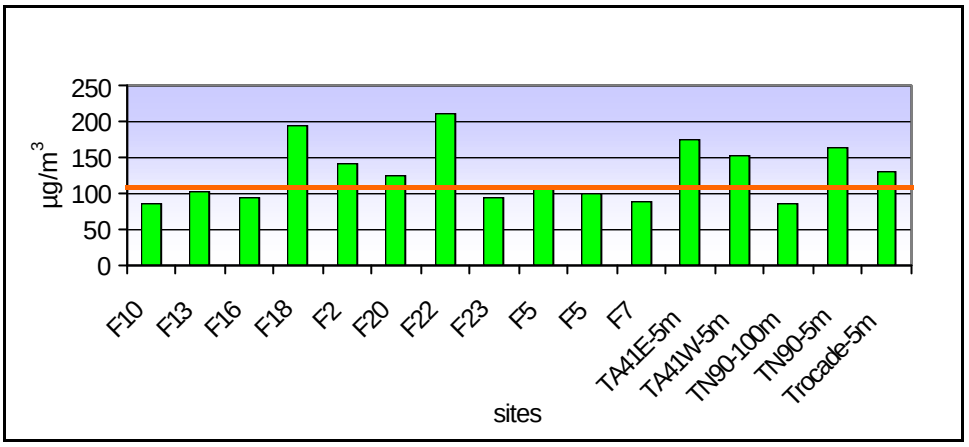


Figure 4.8 : pourcentage simulé de la mesure

Les concentrations médianes en ces sites sont de 34.7 et 40.3 $\mu g.m^{-3}$ respectivement pour les mesures et les simulations (tableau 4.3). L'écart type est de 16.2 $\mu g.m^{-3}$.

	mesures	simulation	écart simulation -mesures	%de la mesure
moyenne	36,7	48,5	11,7	129,4
médiane	34,7	40,3	5,2	117,8

Tableau 4.3: quelques statistiques de comparaisons entre valeurs mesurées et simulées.

CONCLUSION

Cette étude, réalisée entre juillet 2002 et janvier 2003, a permis de réaliser un bilan de la qualité de l'air à proximité de l'usine d'incinération des ordures ménagères d'Athanor.
Cette étude a plus particulièrement porté sur le NO_2 qui a fait l'objet d'un suivi en continu sur le site de la Faculté de médecine de La Tronche et d'une cartographie par tubes à diffusion.

Les mesures réalisées sur le site de la Faculté de médecine montrent une évolution des concentrations de polluants proche des sites urbains de fond de l'ASCOPARG (Saint Martin d'Hères et Grenoble les Frênes).
Sur la période d'étude, aucun dépassement des valeurs réglementaires n'a été mesuré pour le NO_2 et les PM_{10} à La Tronche.

Les fortes concentrations en ozone enregistrées en période estivale sur les sites fixes de l'ASCOPARG ont également été mesurées à La Tronche. Le seuil de recommandations et d'information de la population a en particulier été dépassé au cours d'une journée pendant la période d'observation.

La cartographie du NO_2 réalisée au cours de 6 périodes de mesures de juillet 2002 à janvier 2003 permet de connaître la répartition spatiale et l'évolution temporelle de ce polluant.
Plusieurs constats ont pu être faits :

- Les concentrations sont comparables et les plus faibles au cours des périodes estivales.
- Les niveaux sont maximum à l'automne lorsque les conditions d'accumulation de la pollution sont les plus favorables.
- l'influence du centre-ville de Grenoble et des principales infrastructures routières se fait très nettement ressentir sur les cartes.
- Parmi les zones les plus exposées, on compte la zone située sous le vent de l'usine d'incinération d'Athanor. Toutefois, on ne peut affirmer que cette surexposition est due aux rejets de l'usine car de nombreuses autres sources émettrices sont présentes dans ce secteur.
- La réalisation de mesures transversales (transect) montre une décroissance des concentrations de NO_2 à mesure qu'on s'éloigne des axes routiers jusqu'à atteindre un niveau de fond.

Les résultats obtenus par la modélisation avec STREET correspondent à une première estimation des polluants dans l'air ambiant liés au trafic pour les rues situées autour de l'usine d'incinération ATHANOR.

La modélisation de la dispersion des émissions de l'usine d'incinération d'Athanor permettra, quant à elle, d'estimer la contribution sur la qualité de l'air des rejets de cette installation.

REFERENCES

1. Targeting, 2000 : STREET 4.0 pour windows 95/98/NT : logiciel d'évaluation simple de la pollution atmosphérique provoquée par la circulation automobile.
2. M. Meylan, 2000 : Mise en place et validation du logiciel STREET sur le territoire du Grand Lyon, mémoire de fin d'étude ESTP.
3. L.Soulhac, 2003 : Modélisation opérationnelle de la pollution atmosphérique à l'échelle d'un quartier d'une agglomération - Evaluation du modèle SIRANE à partir d'une campagne de mesure sur le 6ème arrondissement de l'agglomération lyonnaise.
4. ASPA, 2001 : Etude de la pollution de proximité automobile sur l'agglomération mulhousienne à l'aide du logiciel STREET.
5. COPARLY, 2003 : Impact du PDU 2000 de Grenoble : simulations avec le logiciel STREET.