

Evaluation de l'exposition potentielle de la population de l'agglomération de Valence à la pollution atmosphérique

Etude réalisée sur les années 2007-2008

Février 2009



**Association pour la surveillance de la
qualité de l'Air en Drôme et Ardèche**
80 avenue Victor Hugo
26000 VALENCE
Tél. : 04 75 41 36 36
Fax : 04 75 40 77 65



L'association ATMO Drôme Ardèche fait partie du dispositif français de surveillance et d'information de la qualité de l'air. Sa mission s'exerce dans le cadre de la loi sur l'air du 30 décembre 1996 et de ses décrets d'application notamment le décret 98-361 du 6 mai 1998 relatif à l'agrément des organismes de surveillance de la qualité de l'air.

A ce titre et compte tenu du statut d'organisme non lucratif, ATMO Drôme Ardèche est garant de la transparence de l'information sur le résultat de leurs travaux.

Conditions de diffusion :

- Les données recueillies tombent dès leur élaboration dans le domaine public. Le rapport d'étude est mis à disposition sur www.atmo-rhonealpes.org, un mois après livraison.
- Les données contenues dans ce document restent la propriété de l'association. Données non rediffusées en cas de modification ultérieure des données.
- Toute utilisation partielle ou totale de ce document doit faire référence à l'association en termes de «ATMO Drôme Ardèche, *Evaluation de l'exposition potentielle de la population de l'agglomération de Valence à la qualité de l'air - Année 2007* » et mentionner l'origine du financement.
- ATMO Drôme Ardèche n'est en aucune façon responsable des interprétations et travaux intellectuels, publications diverses résultant de ses travaux et pour lesquels aucun accord préalable n'aurait été donné.

Coût global de l'étude : environ 50 000€

Cette étude a été financée par la DRIRE Rhône-Alpes, la DRASS Rhône-Alpes/DDASS de la Drôme et Valence Major.

ATMO Drôme Ardèche tient à remercier les organismes qui ont fourni des données précieuses pour l'analyse des données de qualité de l'air, ainsi que pour le calcul des émissions : Météo-France, la ville de Valence, Valence Major, le Conseil général de la Drôme, ainsi que les Autoroutes du Sud de la France.

Pour tout renseignement, contacter le service communication : information@atmo-rhonealpes.org

Résumé de l'étude

L'agglomération de Valence est traversée du nord au sud par l'autoroute A7, qui longe le Rhône. La station de mesure de qualité de l'air « Valence Trafic », implantée à proximité de cette autoroute, dépasse depuis son installation en 2002 la valeur limite annuelle du dioxyde d'azote (NO₂) pour la protection de la santé.

ATMO Drôme-Ardèche, organisme agréé de surveillance de la qualité de l'air dans la Drôme et l'Ardèche, a proposé en 2007 une évaluation de l'exposition de la population de l'agglomération valentinoise à la pollution atmosphérique, notamment aux indicateurs de pollution automobile comme le dioxyde d'azote.

Un dispositif de mesures de polluants a été mis en place spécifiquement pour cette problématique, comprenant un laboratoire mobile équipé d'analyseurs et des tubes passifs répartis sur 27 sites de l'agglomération valentinoise, au cours de huit semaines de campagnes de mesures réparties sur quatre saisons.

ATMO Drôme-Ardèche a également développé un outil de modélisation de la pollution urbaine à l'échelle de la rue, pour cartographier les concentrations en air ambiant du dioxyde d'azote et permettre d'évaluer les zones d'habitations impactées par ce polluant sur l'agglomération valentinoise.

Cette modélisation a également permis de simuler de manière prospective l'évolution de la qualité de l'air à l'horizon 2010 (en considérant uniquement des hypothèses d'évolution du trafic) ainsi qu'un scénario "sans trafic automobile sur l'A7".

Les mesures ont confirmé que le long de l'autoroute traversant l'agglomération la qualité de l'air n'était pas conforme à la valeur limite annuelle pour la protection de la santé.

Les simulations issues du modèle croisées aux données liées à l'habitat ont permis d'évaluer que pour l'année 2007, sur les 92 700 habitants de la zone modélisée (soit environ 80% de la population totale de l'agglomération), entre 2 500 et 3 200 personnes (soit environ 3% de la population étudiée) ont été exposées à un air ne respectant pas la valeur limite pour la protection de la santé concernant le dioxyde d'azote (fixée à 46 µg.m⁻³ pour 2007).

Les résultats ont montré également qu'entre 6 200 et 9 400 personnes étaient exposées à des niveaux supérieurs à l'objectif de qualité de l'air (40 µg.m⁻³, qui est également la valeur limite fixée pour 2010), soit presque 10% de la population de la zone étudiée, dont 1% à 2% résidant à moins de 600m de l'A7.

Un cas-test simulant l'A7 sans trafic a été réalisé, permettant de mettre en avant un gain de 2 200 à 2 900 personnes qui ne seraient plus exposées à des valeurs supérieures à l'objectif de qualité (40 µg.m⁻³) et environ 1 100 personnes non exposées à la valeur limite pour 2007 (46 µg.m⁻³). Ce scénario a permis de mettre en évidence que 2/3 de la population exposée aux niveaux supérieurs aux seuils réglementaires réside ailleurs qu'en bordure de l'A7.

Cette étude présente la méthodologie mise en œuvre par ATMO Drôme-Ardèche pour disposer d'un outil de surveillance opérationnel sur l'agglomération de Valence, qui permettra de suivre l'évolution annuelle des niveaux de pollution à l'échelle de la rue, mais aussi d'accompagner les pouvoirs publics pour quantifier l'impact sur la pollution atmosphérique des futurs plans d'actions et des politiques publiques d'aménagement du territoire entrepris localement.

Table des matières

Résumé de l'étude	3
INTRODUCTION	6
1. Méthodologie de l'étude	7
1.1. CALENDRIER DE L'ETUDE	7
1.2. SITES DE MESURES	8
1.2.1. Dispositif spécifique à l'étude	8
1.2.2. Stations de référence	11
1.3. TECHNIQUES DE MESURES	14
1.3.1. Les mesures temporaires par laboratoire mobile	14
1.3.2. Les mesures en continu par analyseurs.....	15
1.3.3. Les mesures par échantillonnage passif pour le dioxyde d'azote (NO ₂) et le benzène (C ₆ H ₆).....	15
1.4. REPRESENTATIVITE DES MESURES	16
1.4.1. Représentativité vis-à-vis des conditions météorologiques	16
1.4.2. Représentativité annuelle.....	18
1.5. MODELISATION DE LA QUALITE DE L'AIR.....	18
1.5.1. Présentation du modèle urbain	18
1.5.2. Scénarii de simulations étudiés à partir de la modélisation	21
2. Présentation des résultats	22
2.1. OXYDES D'AZOTE (NO _x)	22
2.1.1. Les émissions de NO _x dans l'agglomération de Valence	22
2.1.2. Niveaux mesurés et comparaison à la réglementation.....	22
2.1.3. Influence du trafic automobile sur les niveaux d'oxydes d'azote (NO _x)	26
2.1.4. Evolution des concentrations de dioxyde d'azote (NO ₂) au cours de l'année 2007	27
2.1.5. Répartition spatiale du dioxyde d'azote (NO ₂).....	28
2.2. MODELISATION DES MOYENNES ANNUELLES DE NO ₂ DE L'AGGLOMERATION DE VALENCE ET CALCULS D'EXPOSITION DE LA POPULATION.....	32
2.3. SIMULATION DU SCENARIO « A7 SANS TRAFIC »	38
2.3.1. Caractéristique de cette simulation	38
2.3.2. Impact sur les concentrations moyennes annuelles	38
2.3.3. Impact sur le pourcentage de population exposée.....	40
2.4. SIMULATIONS PROSPECTIVES POUR 2010	41
2.5. POUSSIERES EN SUSPENSION (PM ₁₀ ET PM _{2.5})	44
2.5.1. Les émissions de PM ₁₀ dans l'agglomération de Valence	44
2.5.2. Niveaux mesurés et comparaison à la réglementation.....	44
2.5.3. Evolution de la méthode de mesure des poussières et conséquences sur les niveaux dans l'agglomération de Valence	47
2.5.4. Evolution saisonnière des concentrations de poussières (PM ₁₀)	49
2.5.5. Niveaux mesurés en PM _{2.5} et comparaison à la réglementation.....	50
2.6. BTX : BENZENE, TOLUENE, XYLENES.....	52
2.6.1. Les émissions de COV dans l'agglomération de Valence	52
2.6.2. Niveaux mesurés et comparaison à la réglementation.....	53
2.6.3. Répartition spatiale du benzène et du toluène	54
2.6.4. Mesures en continu de benzène et toluène	56
2.7. MONOXYDE DE CARBONE (CO)	57
2.7.1. Emissions en monoxyde de carbone dans l'agglomération de Valence.....	57
2.7.2. Niveaux mesurés et comparaison à la réglementation.....	57
CONCLUSION	60
Annexe 1 : Définitions et valeurs réglementaires	63
UNITES, STATISTIQUES EMPLOYEES	63
Définitions.....	63
Représentation statistique.....	63
VALEURS REGLEMENTAIRES	64

<i>Définition des valeurs réglementaires</i>	64
<i>Valeurs réglementaires concernant le dioxyde d'azote (NO₂)</i>	64
<i>Valeurs réglementaires concernant les particules en suspension</i>	65
Annexe 2 : Détails techniques de la modélisation de la qualité de l'air	66
2.1. PRESENTATION DU MODELE SIRANE	66
2.2. LE DOMAINE MODELISE	66
2.3. CARACTERISTIQUES DES SIMULATIONS	67
2.3.1. <i>Les données météorologiques utilisées</i>	67
2.3.2. <i>Données de pollution de fond utilisées</i>	69
2.3.3. <i>Caractérisation du trafic</i>	69
2.4. COMPARAISONS DES CONCENTRATIONS SIMULEES ET MESUREES	73
Table des figures	78

INTRODUCTION

Depuis son installation en 2002, la station de surveillance permanente de la qualité de l'air « Valence Trafic », située en proximité de l'autoroute A7 à Valence dépasse chaque année la valeur limite pour la protection de la santé en dioxyde d'azote (NO₂).

Dans l'agglomération de Valence, environ 5400 personnes habitent à moins de 250 mètres de l'autoroute A7.

Or, les plans ou programmes actuels visant à réduire les niveaux de pollution ne tiennent généralement pas compte des niveaux mesurés en proximité automobile.

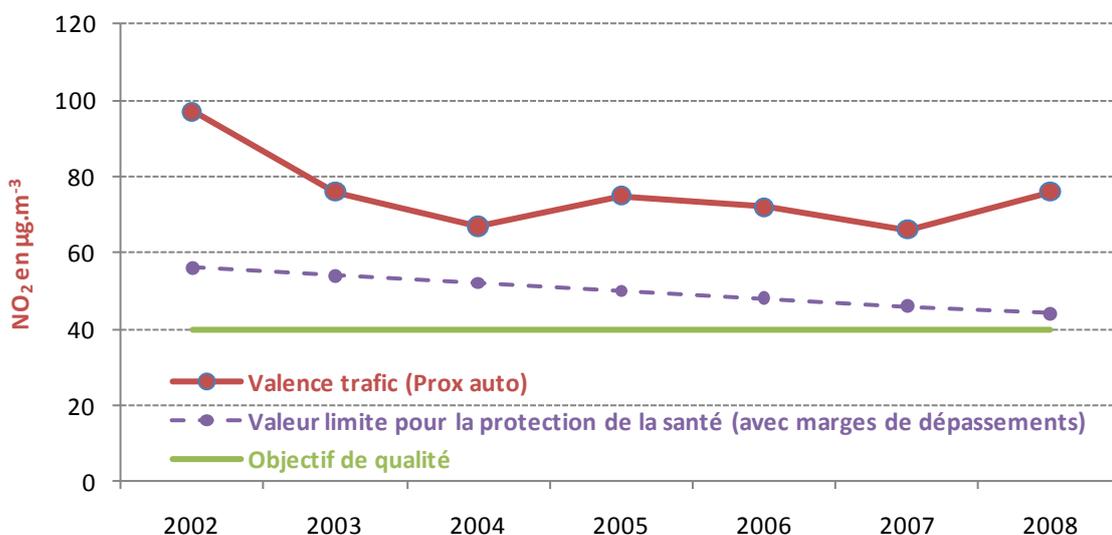


Figure 1 Evolution de la concentration moyenne annuelle en dioxyde d'azote (NO₂) sur la station de Valence trafic entre 2002 et 2008



Dans ce contexte, ATMO Drôme Ardèche, organisme agréé de surveillance de la qualité de l'air dans la Drôme et l'Ardèche, a proposé une **évaluation de l'exposition potentielle de la population de l'agglomération valentinoise à la pollution**

atmosphérique notamment aux indicateurs de pollution automobile comme le dioxyde d'azote.

Dans ce but, un vaste dispositif de mesures de polluants a été mis en place en 2007, sur quatre campagnes de deux semaines, comprenant un laboratoire mobile équipé d'analyseurs et des tubes passifs implantés sur 27 sites. Des travaux de modélisation urbaine à l'échelle de la rue ont également été engagés, pour cartographier les concentrations en air ambiant du dioxyde d'azote et permettre d'évaluer les territoires impactés par ce polluant sur l'ensemble de l'agglomération valentinoise.

1. Méthodologie de l'étude

La méthodologie adoptée a consisté dans un premier temps à mettre en place des mesures en proximité du trafic, complémentaires à celles du réseau fixe, à l'aide d'un laboratoire mobile (équipé d'analyseurs automatiques) et de plusieurs tubes passifs (pour réaliser des transects). Cette **campagne de mesures**, réalisée durant l'année 2007, a servi dans un deuxième temps à valider et caler un modèle numérique (SIRANE), permettant de calculer la concentration en dioxyde d'azote en tout point du domaine d'étude.

Au cours de l'année 2008, ATMO Drôme Ardèche a élaboré le réseau de brins routiers de l'agglomération associé à la matrice de trafic routier (recueil de comptages de trafic existant sur l'agglomération) et a mis en œuvre la **modélisation urbaine** pour simuler les concentrations en tout point du réseau modélisé. Ces simulations ont été validées en testant différentes configurations et paramètres (données météorologiques utilisées en entrée notamment) et en comparant les concentrations calculées avec les mesures de terrain réalisées en 2007.

Le croisement des cartes obtenues avec des données liées aux habitats (bâtis et densités de population) a permis alors de proposer des méthodes pour estimer la population potentiellement soumise à des niveaux de dioxyde d'azote supérieurs à la réglementation.

La modélisation a également permis d'étudier des simulations prospectives pour l'horizon 2010 (en considérant uniquement des hypothèses d'évolution du trafic) et pour un scénario "sans trafic sur l'A7".

1.1. Calendrier de l'étude

Le comportement des polluants atmosphériques locaux (processus de transport et d'accumulation des polluants) est fortement lié aux conditions climatiques (pluviométrie, vent, température et ensoleillement).

L'hiver, la réactivité photochimique des polluants est faible. Les polluants primaires, comme les oxydes d'azote (NOx) et poussières en suspension (PM₁₀) peuvent être présents à des concentrations importantes, car les phénomènes météorologiques sont favorables à leur accumulation dans l'atmosphère (absence de dispersion verticale des polluants liée à une inversion de température qui confine les polluants dans les basses couches de l'atmosphère).

L'été, la réactivité photochimique des polluants est plus importante. La température et le rayonnement solaire plus important jouent un rôle déterminant en influençant la vitesse de nombreuses réactions chimiques et favorisent l'apparition de polluants dits « secondaires » dont l'ozone (O₃).

Le comportement des polluants atmosphériques locaux est lié aux conditions climatiques et donc aux saisons. En raison de la forte variabilité de la qualité de l'air sur un territoire, mais aussi dans le temps, les mesures doivent être également réparties dans l'année avec un **minimum de 8 semaines de mesures**, soit 14% de l'année (directives européennes 1999/30/CE du 22 avril 1999 et 2000/69/CE du 16 novembre 2000) pour être considérées comme représentatives de la qualité de l'air d'un site donné et permettre une comparaison avec les normes en vigueur.

8 semaines de mesures (4 campagnes de 2 semaines) ont donc été programmées en 2007, chaque campagne étant caractéristique d'une saison (les campagnes sont indiquées en rouge dans le tableau ci-dessous).

Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
	1			2			3			4	

Tableau 1 Date des campagnes de mesures

Campagne	Saison	Début	Fin
1.1	Hiver	12/02/2007	20/02/2007
1.2		20/02/2007	28/02/2007
2.1	Printemps	15/05/2007	23/05/2007
2.2		23/05/2007	30/05/2007
3.1	Eté	10/08/2007	17/08/2007
3.2		17/08/2007	23/08/2007
4.1	Automne	20/11/2007	28/11/2007
4.2		28/11/2007	07/12/2007

Tableau 2 Détail des dates des campagnes de mesures

1.2. Sites de mesures

La qualité de l'air de l'agglomération de Valence est suivie en permanence par 3 stations fixes (une station périurbaine, une station urbaine de fond et une station de proximité automobile).

1.2.1. Dispositif spécifique à l'étude

En 2007, dans le cadre de cette étude, le dispositif de surveillance de qualité de l'air de l'agglomération de Valence a été renforcé avec : des mesures en continu dans un laboratoire mobile (remorque installée à proximité de l'A7, place des Tanneurs à Valence – cf. Figure 2), des mesures par tubes à diffusion passive (27 sites – cf. Figure 3) ainsi que le déploiement d'une modélisation urbaine de la qualité de l'air à l'échelle de la rue.

Le renforcement de ce dispositif a permis une **évaluation complète de la qualité de l'air sur l'agglomération de Valence** et l'identification de différentes sources de pollution et notamment de l'autoroute A7.

Site de mesures par laboratoire mobile

Typologie du site de mesures :
Proximité Trafic
(Autoroute A7)



Figure 2 Photos du site de mesures équipé du laboratoire mobile

Les sites de mesures sont représentés sur les deux figures suivantes, avec deux différents fonds de carte :

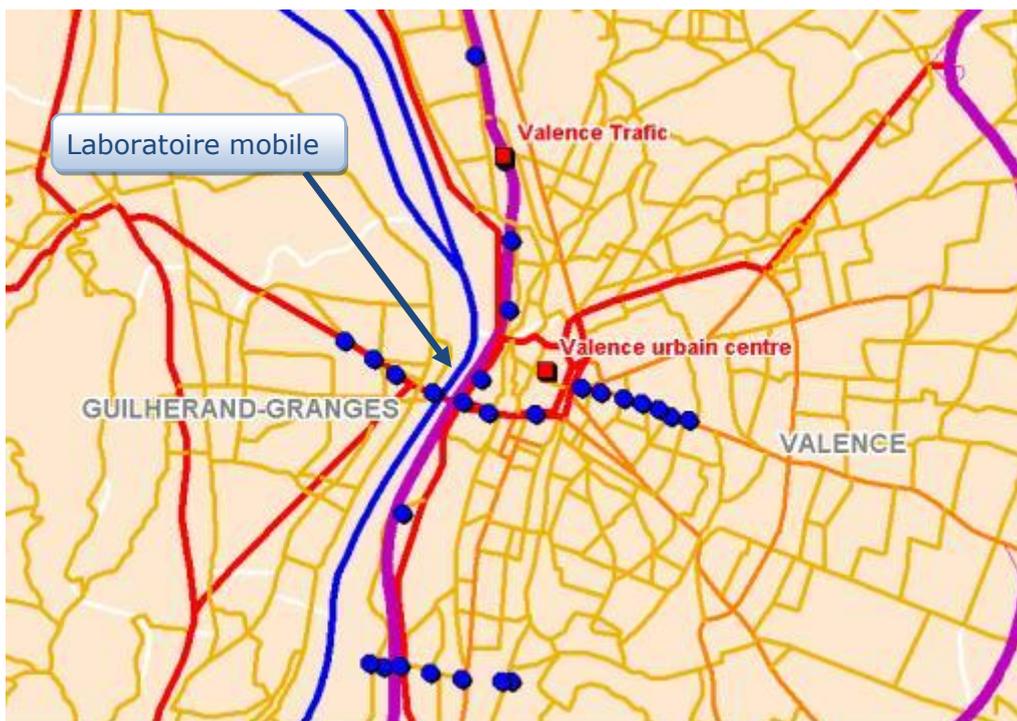


Figure 3 Sites de mesures sur un réseau de rues (en bleu les stations de l'étude et en rouge les stations fixes d'ATMO Drôme Ardèche) – Source : IGN

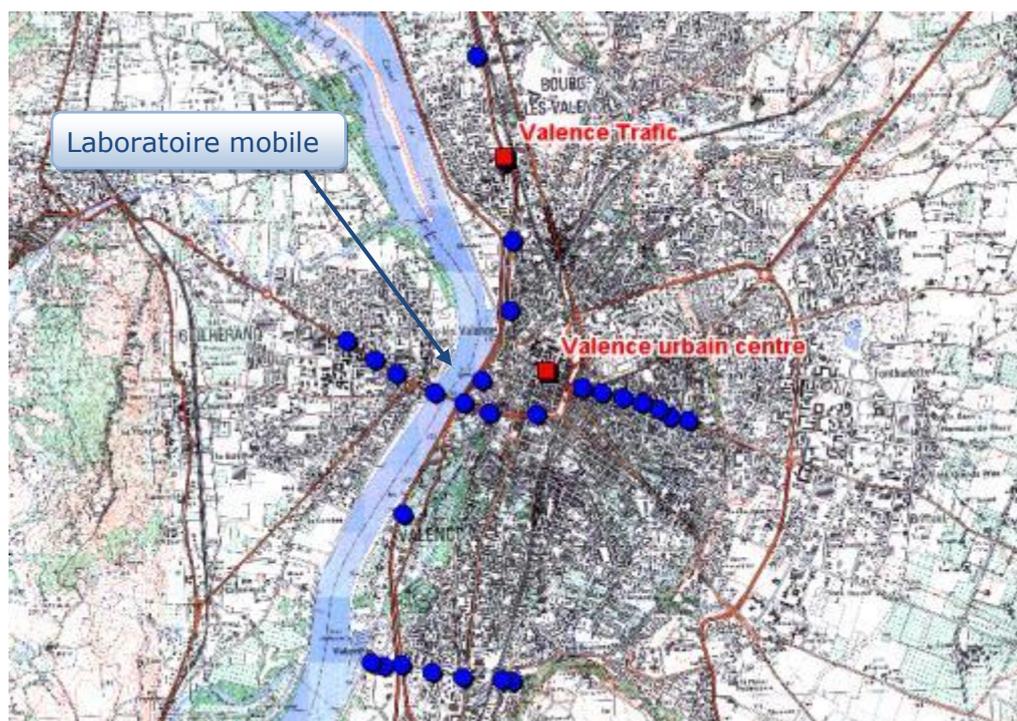


Figure 4 Sites de mesures sur un plan de la ville (en bleu les stations de l'étude et en rouge les stations fixes d'ATMO Drôme Ardèche) – Source : IGN

Ces tubes à diffusion, mesurant le dioxyde d'azote (NO_2) et le benzène (C_6H_6), permettent une évaluation indicative de la qualité de l'air. La stratégie d'échantillonnage en transect permet également d'étudier la répartition spatiale des concentrations de ces deux polluants à proximité de l'autoroute A7.

A noter : Le site LongA7_6 correspond aussi à la station fixe « Valence Trafic ».

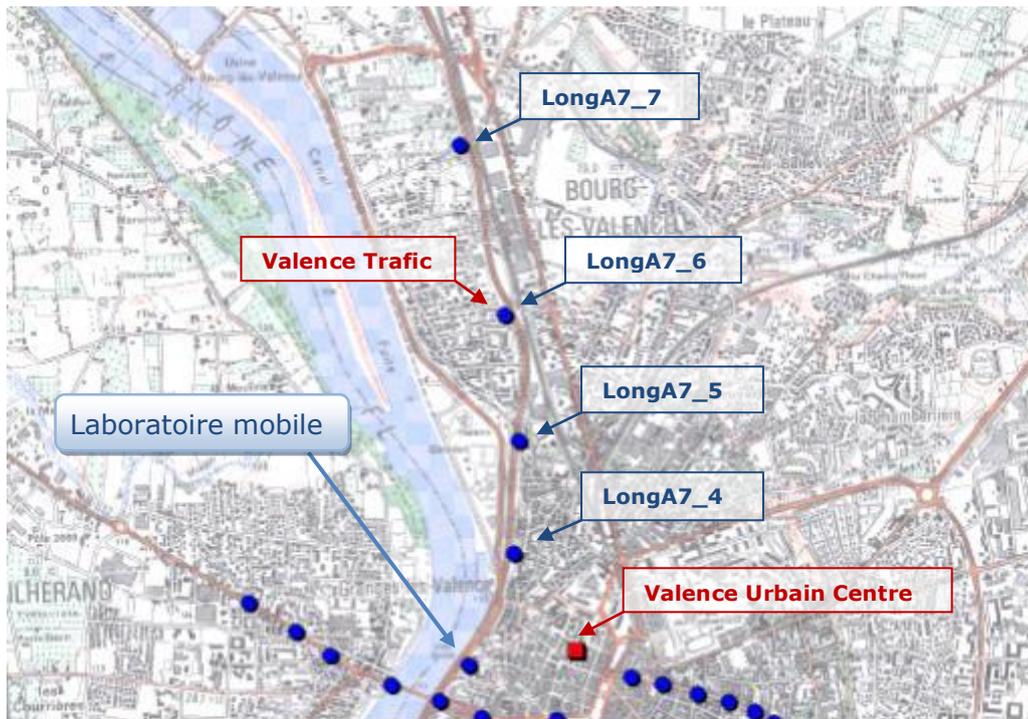


Figure 5 Sites de mesures dans le nord de l'agglomération de Valence – Source : IGN

Les sites Tmob1 à Tmob7 constituent un transect par rapport à l'autoroute A7 dans le centre de l'agglomération de Valence. Ils permettent d'étudier la variation de la pollution de l'air de part et d'autres de l'autoroute A7.

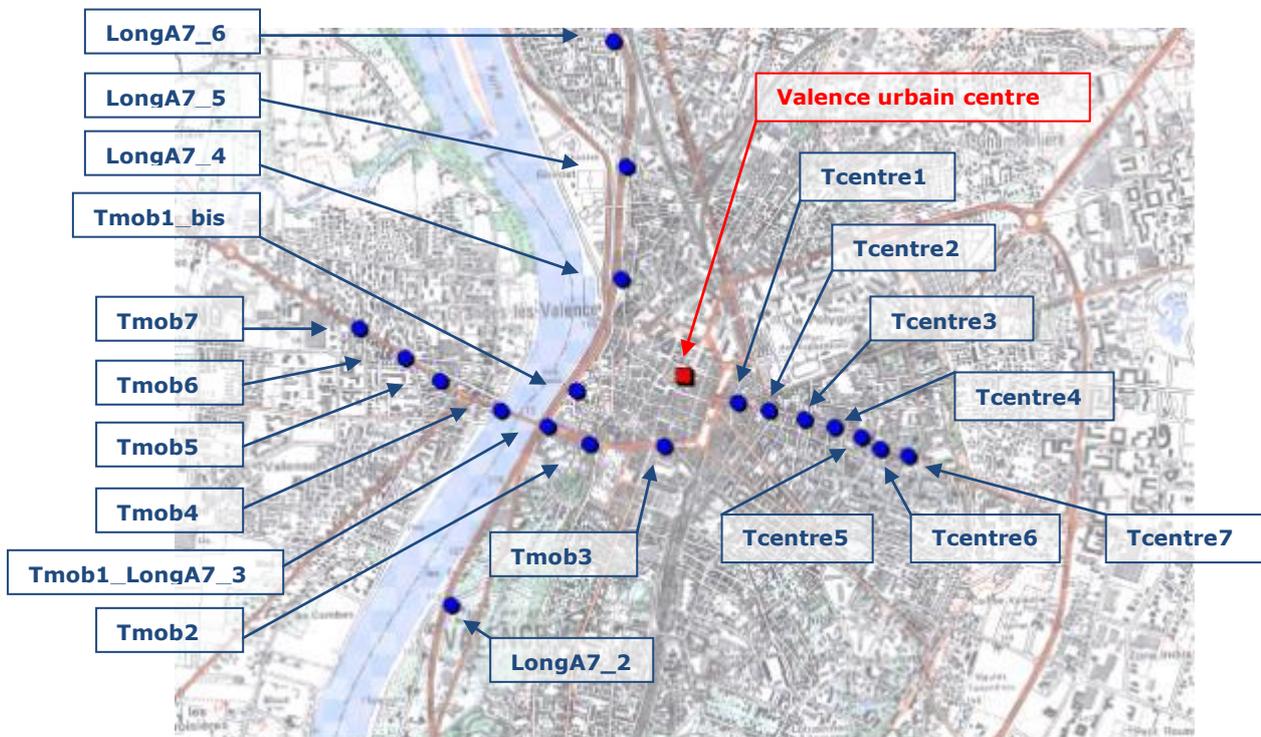


Figure 6 Sites de mesures dans le centre de l'agglomération de Valence – Source : IGN

Les sites Tsud1 à Tsud7 constituent un transect par rapport à l'autoroute A7 dans le sud de l'agglomération de Valence.

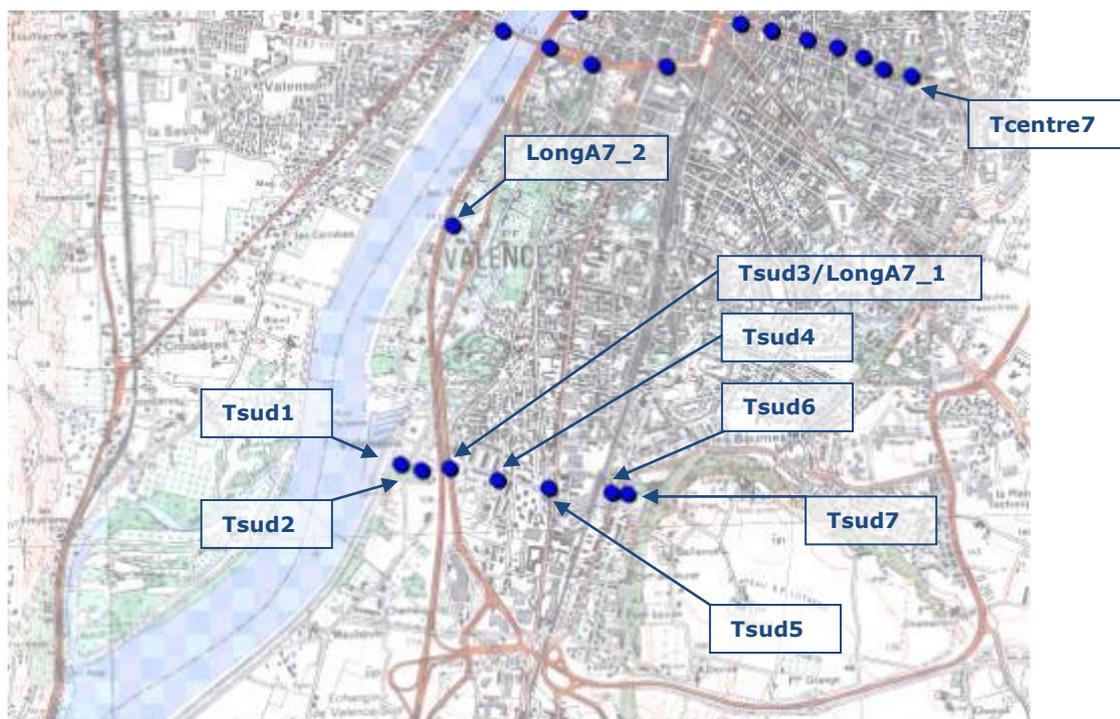


Figure 7 Sites de mesures dans le sud de l'agglomération de Valence – Source : IGN

1.2.2. Stations de référence

Afin d'évaluer les concentrations de polluants mesurés sur les sites de l'étude, une comparaison est effectuée avec les stations fixes d'ATMO Drôme Ardèche et d'autres réseaux voisins de surveillance dont le comportement est bien connu et sert de référence.

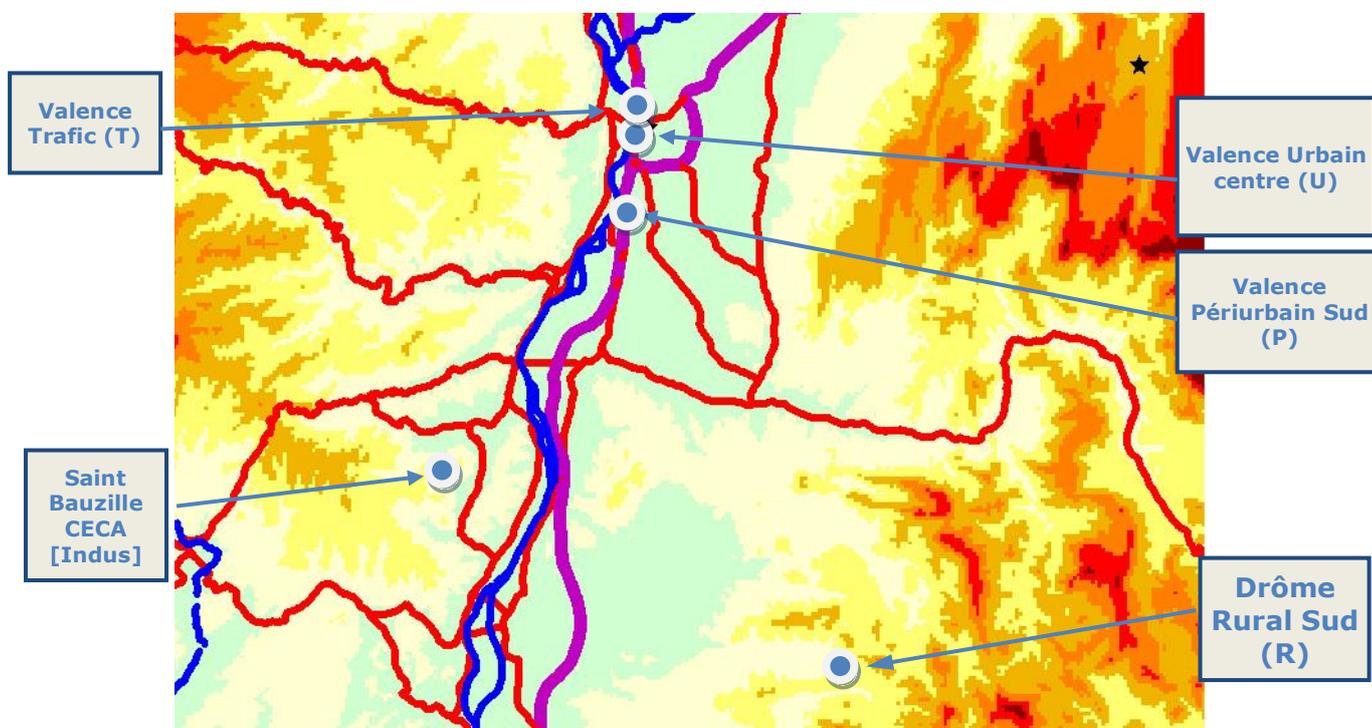


Figure 8 Implantation des stations d'ATMO Drôme Ardèche et sites fixes de comparaison pris en compte dans le cadre de cette étude.

Les stations « **urbaines de fond** » (U) permettent de suivre l'exposition **moyenne** de la population aux phénomènes de pollution atmosphérique dits de fond dans les centres urbains.

Les stations **périurbaines** (P) permettent le suivi **moyen** d'exposition de la population aux phénomènes de pollution dits « de fond » à la **périphérie** des centres urbains.

Les stations **rurales** (R) permettent le suivi de la qualité de l'air en **zone rurale**. Elles permettent le suivi de l'exposition des écosystèmes et de la population à la pollution atmosphérique de fond, notamment photochimique, à l'échelle de la région (exemple : Drôme Rural Sud).

Les stations « **trafic** » (T) sont situées à proximité immédiate du trafic automobile et représentent donc le niveau **maximum** d'exposition à la pollution liée au trafic automobile (exemples : Valence Trafic, A7 Sud Lyonnais, A7 Nord Isère).

Dans cette étude, les résultats des mesures effectuées à Valence sont comparés avec d'autres sites à proximité de l'autoroute A7 dans le Sud de Lyon (la Mulatière - 69) et dans le nord du département de l'Isère (Salaise sur Sanne - 38, au sud de Vienne).

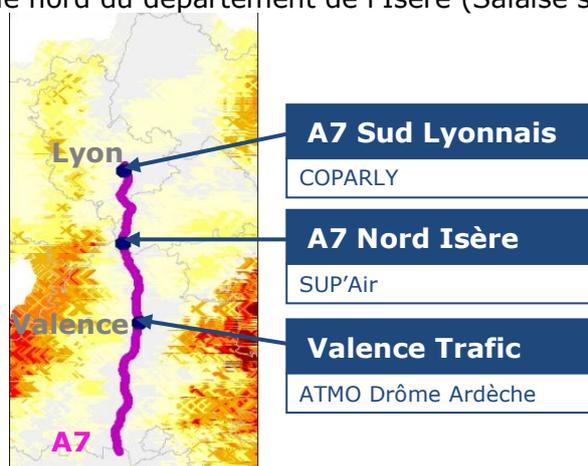


Figure 9 Stations de surveillance de la qualité de l'air à proximité de l'autoroute A7

Stations		Polluants mesurés
<p>Valence Trafic BOURG-LES-VALENCE (26)</p> <p>Typologie du site de mesures : Proximité automobile (Autoroute A7)</p>		<p>Oxydes d'azote (NO et NO₂) Monoxyde de carbone (CO) Benzène (C₆H₆) Poussières (PM₁₀ et PM_{2,5})</p>
<p>A7 Nord Isère SALAISE SUR SANNE (38)</p> <p>Typologie du site de mesures : Proximité automobile (Autoroute A7)</p>		<p>Oxydes d'azote (NO et NO₂) Monoxyde de carbone (CO) Dioxyde de soufre (SO₂) Benzène (C₆H₆) Toluène Poussières (PM₁₀)</p>
<p>A7 Sud Lyonnais LA MULATIERE (69)</p> <p>Typologie du site de mesures : Proximité automobile (Autoroute A7)</p>		<p>Oxydes d'azote (NO et NO₂) Monoxyde de carbone (CO) Poussières (PM₁₀ et PM_{2,5})</p>

Tableau 3 Sites fixes de proximité automobile d'ATMO Drôme Ardèche, de COPARLY¹ et de SUP'Air² pris en référence pour cette étude

¹ COPARLY : Comité pour le Contrôle de la Pollution atmosphérique dans la région lyonnaise

² SUP'Air : Surveillance de la qualité de l'air dans le Nord Isère

Les résultats des mesures sont aussi comparés au niveau de fond urbain et périurbain de l'agglomération de Valence ainsi qu'aux niveaux de fond ruraux.

Stations		
<p>Valence Urbaine Centre VALENCE (26)</p> <p>Typologie du site de mesures : Urbain de fond</p>		<p>Oxydes d'azote (NO et NO₂) Ozone (O₃) Dioxyde de soufre (SO₂) Benzène (C₆H₆) Toluène Poussières (PM₁₀)</p>
<p>Valence Périurbain Sud PORTES LES VALENCE (26)</p> <p>Typologie du site de mesures : Périurbain</p>		<p>Oxydes d'azote (NO et NO₂) Ozone (O₃) Poussières (PM₁₀)</p>
<p>Drôme Rural Sud DIEULEFIT (26)</p> <p>Typologie du site de mesures : Rural régional</p>		<p>Oxydes d'azote (NO et NO₂) Ozone (O₃) Poussières (PM₁₀)</p>

Tableau 4 Sites fixes urbain, périurbain et rural d'ATMO Drôme Ardèche pris en référence pour cette étude

1.3. Techniques de mesures

Les méthodes de travail d'ATMO Drôme Ardèche suivent les référentiels d'assurance qualité ISO 9001 pour l'ensemble de son activité et 17025 pour les critères de métrologie. Toutes ces dispositions sont applicables pour la présente étude, comme la maintenance du parc d'appareils de mesures, la modélisation et la conduite de projet.

1.3.1. Les mesures temporaires par laboratoire mobile

Les laboratoires mobiles (camion, remorque, cabine) utilisés pour réaliser les contrôles ponctuels de la qualité l'air dans le cadre d'études sont équipés des mêmes appareils que ceux utilisés dans les stations fixes de mesures. Ces équipements sont réglés en température afin de respecter les bonnes conditions de fonctionnement des appareils. Les analyseurs sont calibrés tous les 15 jours à l'aide de gaz étalons reliés à la référence du Bureau National de Métrologie – Laboratoire National d'Essais (BNM-LNE), pour une qualité de mesure identique à celle pratiquée sur le réseau fixe.

1.3.2. Les mesures en continu par analyseurs

Dans le cadre de cette étude, les mesures en continu par analyseurs automatiques concernent les polluants suivants :

- Les oxydes d'azote (NOx : NO et NO₂)
- Les poussières en suspension de taille inférieure à 10 microns (PM₁₀)
- Le monoxyde de carbone (CO)

Pour établir un bilan de la qualité de l'air et estimer l'importance des dépassements de valeurs réglementaires, il est indispensable de disposer de données précises (déclinées dans la mesure du possible sur un pas de temps horaire) produites par les analyseurs.

1.3.3. Les mesures par échantillonnage passif pour le dioxyde d'azote (NO₂) et le benzène (C₆H₆)

Par définition, l'échantillonnage passif est basé sur le transfert de matière d'une zone à une autre sans mouvement actif de l'air. Le contact de l'air à analyser avec le réactif du tube (du charbon actif pour le benzène et le toluène) est dans ce cas induit par convection naturelle et diffusion (Loi de Fick).

Cette méthode indicative qui donne une moyenne sur une semaine (correspondant à la durée d'exposition du tube dans cette étude) est moins détaillée que les analyseurs (qui mesurent des concentrations horaires) mais présente l'avantage d'être moins onéreuse et donc de pouvoir multiplier les points de mesures.

Les échantillonneurs passifs (aussi appelés tubes à diffusion passive ou tubes passifs) utilisés dans le cadre de cette étude pour la mesure du benzène et du toluène sont fournis par la Fondation Salvatore Maugeri (Laboratoire italien – PADOVA) et sont analysés par le Laboratoire Interrégional de Chimie de l'ASPA (Association pour la Surveillance de la Pollution Atmosphérique en Alsace – SCHILTIGHEIM, 67).

Les échantillonneurs passifs pour la mesure du dioxyde d'azote (NO₂) sont fournis et analysés par PASSAM (laboratoire d'analyses – MANNEDORF, Suisse).

Les échantillonneurs passifs sont exposés dans l'air ambiant pendant une semaine (soit deux semaines de mesures par campagne) puis envoyés pour analyse afin de déterminer la concentration des polluants piégés.

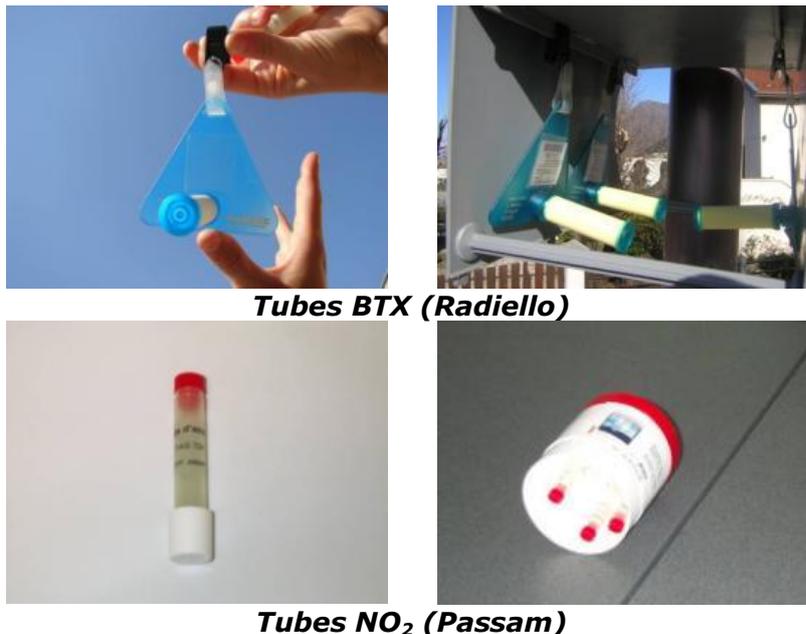


Figure 10 Photos des tubes à diffusion BTX et NO₂

1.4. Représentativité des mesures

1.4.1. Représentativité vis-à-vis des conditions météorologiques

De manière générale, les concentrations maximales des polluants primaires sont mesurées durant l'automne et l'hiver, périodes présentant les plus forts taux d'émissions (chauffage notamment) et qui peuvent réunir les conditions climatiques les moins favorables à la dispersion des polluants : inversion de température, faibles précipitations, vitesse de vent faible,...

a) Température et pluviométrie

Les graphiques ci-dessous représentent les températures moyennes mensuelles et les précipitations mensuelles recueillies en 2007 sur la station d'Albon (Météo-France).

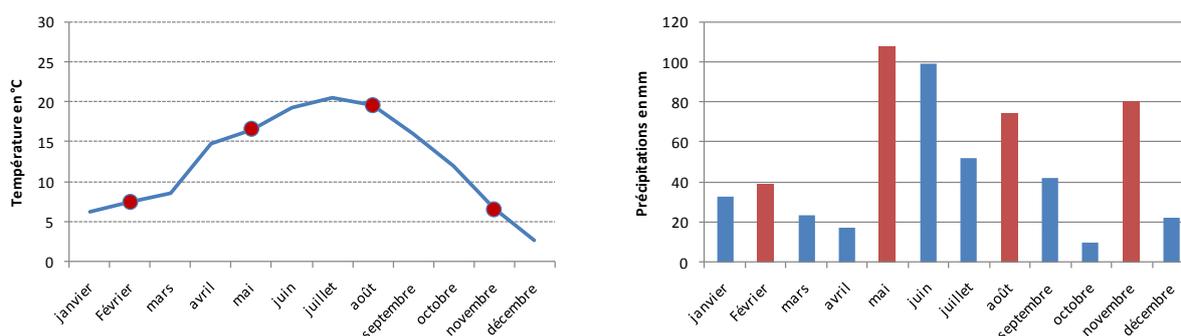


Figure 11 Température moyenne mensuelle et pluviométrie mensuelle en 2007 (en rouge, les campagnes de mesures de l'étude) – Station Météo France d'Albon

Sur 2007, les campagnes de printemps (campagne n°2) et d'automne (n°4) ont connu d'abondantes précipitations : tout le mois de mai a été doux et pluvieux dans la Drôme et le mois de novembre a connu un épisode pluvieux important entre le 21 et le 23 avec plus de 80 mm enregistrés sur toutes les stations de mesures Météo-France.

Ces précipitations ont pu être favorables au lessivage de l'atmosphère et donc à l'observation de plus faibles concentrations de polluants primaires (campagne n°2 et n°4).

Du côté des températures, la campagne estivale (n°3) a été marquée par un déficit de pluie, un temps frais et peu ensoleillé avec des températures inférieures aux moyennes saisonnières surtout pour les maximales. Les températures ont aussi été douces dans la Drôme pendant la campagne hivernale (n°1), environ 1°C à 2°C au dessus des normales pour les minimales et 2°C à 3°C pour les maximales.

Des températures douces en hiver s'accompagnent généralement d'une baisse, par rapport à la normale, des émissions polluantes liées au chauffage.

b) Vitesse et direction du vent

A Valence, le vent est très majoritairement orienté dans la direction Nord-Sud. Cette direction du vent caractérise le mistral dont la vitesse s'accroît dans la vallée du Rhône par l'effet de cuvette entre le Massif Central et les Alpes.

Les directions de vent mesurées pendant les 4 campagnes de mesures ont été bien représentatives des directions de vent de l'année 2007.

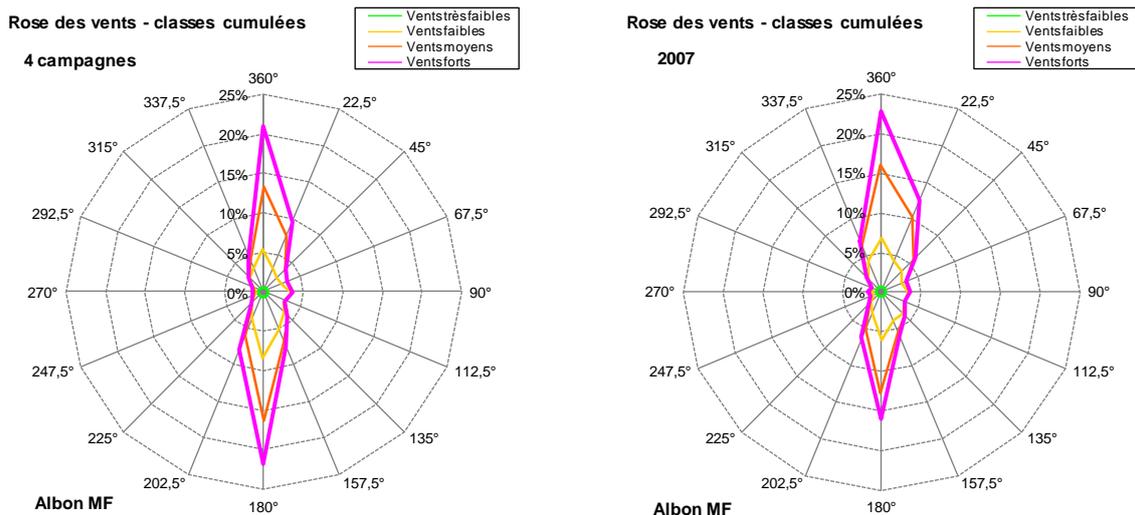


Figure 12 Rose des vents à Albon (station Météo-France) pendant les quatre campagnes de mesures (à gauche) et pendant l'année 2007 (à droite).
 Classes de vent : vents très faibles ($< 1 \text{ m.s}^{-1}$) vents faibles ($1 \text{ à } 3 \text{ m.s}^{-1}$), vents moyens ($3 \text{ à } 6 \text{ m.s}^{-1}$) et vents forts ($> 6 \text{ m.s}^{-1}$).

Les vitesses de vent les plus importantes sont associées à cette direction Nord-Sud et permettent généralement une bonne dispersion de la pollution. En effet, à partir de 2 m.s^{-1} , la vitesse du vent peut être considérée comme suffisante pour créer de bonnes conditions de dispersion de la pollution.

Le graphique ci-après représente la vitesse moyenne mensuelle du vent en 2007. Les quatre campagnes de mesures ont connu de bonnes conditions de dispersion de la pollution avec une vitesse de vent moyenne toujours supérieure à 2 m.s^{-1} . La campagne automnale a été un peu plus ventée avec une vitesse moyenne de plus de 6 m.s^{-1} .

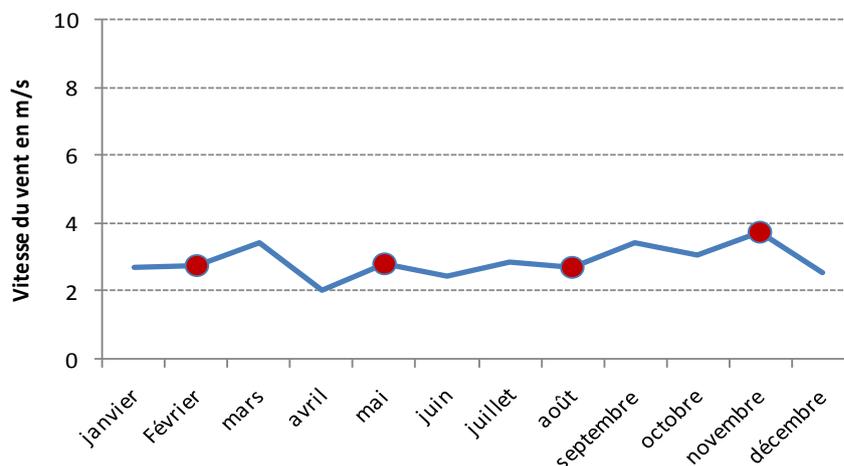


Figure 13 Vitesse moyenne mensuelle du vent en 2007 (les cercles rouges correspondent aux campagnes de mesures) – Source : Station Météo France d'Albon

Durant les huit semaines de mesures, les conditions climatiques n'ont pas été tout à fait représentatives des quatre saisons. Néanmoins, les conséquences ne sont pas significatives sur la représentativité annuelle des mesures.

1.4.2. Représentativité annuelle

La directive européenne 1999/30/CE requière, dans le cadre de mesures ponctuelles, un **minimum de 8 semaines de mesures** (14% de l'année) également réparties sur toute l'année.

Les mesures dans le cadre de cette étude ont été réalisées sur **quatre campagnes de plus de deux semaines**, réparties sur les quatre saisons. Cet échantillonnage représente **20% de l'année (10 semaines de mesures)**.

Même si cet échantillonnage respecte les exigences de la directive, il est nécessaire de vérifier que les mesures effectuées sont représentatives de l'année 2007 afin de pouvoir les comparer aux valeurs réglementaires.

Cette vérification se fait en utilisant les stations fixes de référence d'ATMO Drôme Ardèche. En effet, celles-ci ont fonctionné toute l'année 2007, y compris pendant les campagnes de mesures. Si pour une station fixe, la moyenne calculée pendant les 8 semaines de mesures de l'étude est proche de la moyenne annuelle (moyenne des 12 mois de mesures de la station fixe), alors ces 8 semaines de mesures seront considérées comme représentatives de l'année 2007.

Pour cette étude, sur les quatre sites fixes de référence, l'écart entre la moyenne calculée pendant les **dix semaines de mesures** et la moyenne annuelle est **très faible** (cf. ci-après : Figure 14).

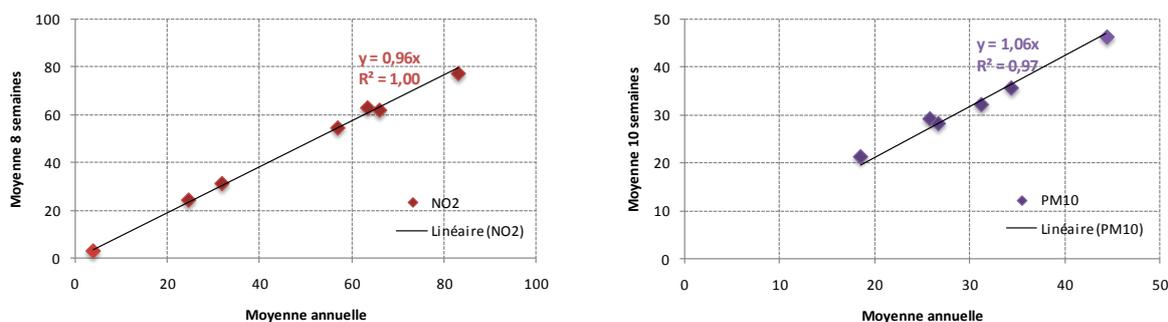


Figure 14 Ecart entre la moyenne mesurée du NO₂ (8 semaines) et des PM₁₀ (10 semaines) et la moyenne annuelle pour les stations fixes d'ATMO Drôme Ardèche

L'estimation de la moyenne annuelle (moyenne des 8 semaines de mesures pour le NO₂ et moyenne des 10 semaines pour les particules) peut donc être comparée aux valeurs réglementaires.

NB : Suite à un problème technique, les mesures de monoxyde d'azote (NO) et de dioxyde d'azote (NO₂) effectuées sur le site « Prox A7 Valence » par la remorque laboratoire pendant la campagne n°3 (campagne estivale du 10/08/2007 au 23/08/2007) ont été invalidées. Cependant, malgré l'invalidation d'une partie des données, une estimation de la moyenne annuelle en NO₂ est possible pour ce site car les données disponibles constituent un échantillon représentatif d'au moins 8 semaines de mesures.

1.5. Modélisation de la qualité de l'air

1.5.1. Présentation du modèle urbain

En complément des mesures, ATMO Drôme Ardèche a réalisé, à l'aide du modèle SIRANE, une modélisation de la qualité de l'air sur une zone d'étude couvrant une grande partie de l'agglomération de Valence.

Cette modélisation a permis de reconstituer les concentrations en air ambiant du dioxyde d'azote (NO₂) sous forme de cartographies, afin d'estimer les niveaux moyens annuels en tout point de l'agglomération de Valence et d'évaluer l'exposition de la population valentinoise à ce polluant.

Au dernier recensement de 1999, l'agglomération de Valence comptait environ 117 500 habitants. **La population prise en compte dans le domaine modélisé pour réaliser le calcul d'exposition de la population représente environ 92 700 habitants, soit presque 80% de la population de l'agglomération de Valence.**



Figure 15 Réseau SIRANE Valence

Le modèle SIRANE est un modèle de calcul de dispersion atmosphérique en milieu urbain à l'échelle de la rue ou d'un quartier, qui permet de décrire les concentrations en polluants dans des zones constituées essentiellement de rues bordées de bâtiments (zones urbaines).

Il a été développé initialement sur l'agglomération lyonnaise par l'École Centrale de Lyon puis utilisé par les AASQA de Rhône-Alpes pour évaluer de manière prospective les actions entreprises sur les agglomérations de Grenoble dans le cadre de l'observatoire du Plan de Déplacements Urbains (PDU) et de Lyon pour le Plan de Protection de l'Atmosphère (PPA) en 2006.

SIRANE est un modèle « opérationnel » depuis 2004 en Rhône-Alpes qui utilise en données d'entrées : des données d'émissions (issues du trafic et éventuellement de sources ponctuelles), des données météorologiques (vitesses et directions de vent, température, nébulosité, précipitations) et des données de pollution de fond (mesurées par une station fixe du réseau).

✚ **Les émissions** associées au trafic sont appliquées à chaque brin du réseau. La quantification des émissions issues du trafic routier se fait en deux étapes : il est d'abord nécessaire de quantifier puis caractériser le trafic routier sur chaque tronçon de la zone d'étude (nombre et parc de véhicules, profil de vitesse...). Il faut ensuite convertir ces données en émissions, par le biais de facteurs d'émissions.

Les données de trafic ont été fournies par les ASF (Autoroutes du Sud de la France), le Conseil général de la Drôme et la ville de Valence, les calculs d'émissions associées ayant été réalisés par ATMO Drome Ardèche.

La Figure 16 synthétise les volumes de trafic affectés. A noter que certains axes sont cartographiés par sens de circulation (par exemple l'A7 est codifiée en 2 brins).

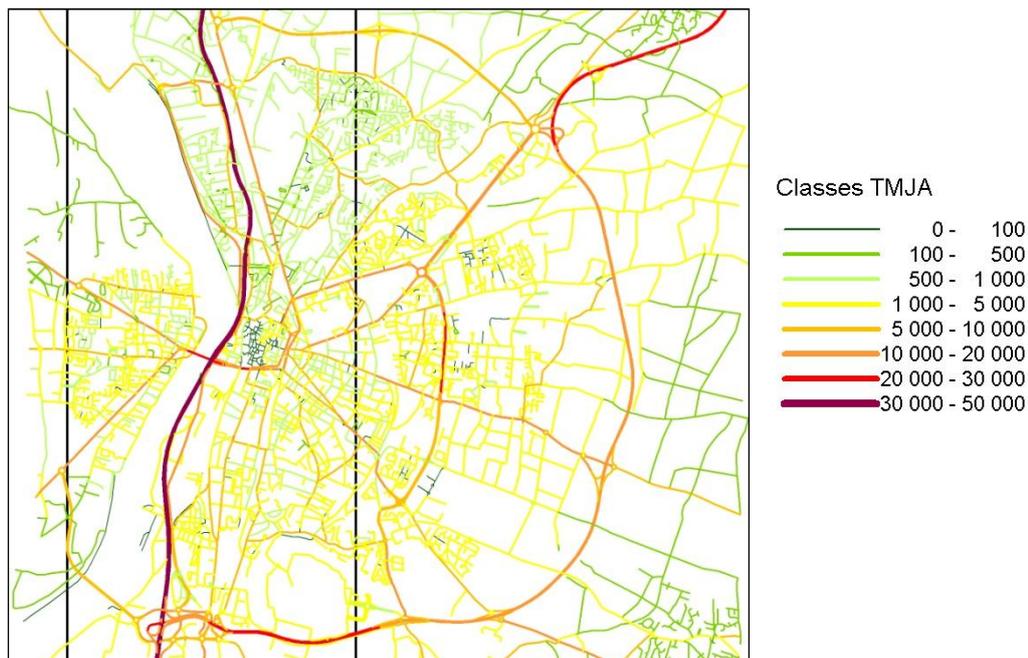


Figure 16 Volumes de trafic

La traduction de volumes de trafic en émissions se fait par des facteurs d'émissions issus de **COPERT IV** (Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport). Des formules mathématiques permettent d'estimer les émissions de différents polluants selon les catégories de véhicules, en fonction de leur vitesse ou des conditions de circulation (ville, campagne, autoroute).

La répartition des émissions par type de véhicule (Figure 17) montre que les poids lourds représentent 50% des émissions de NO_x du transport routier alors qu'ils ne contribuent qu'à hauteur de 4,1% aux distances parcourues. Ces chiffres sont proches de la moyenne régionale (55%/45%). A noter que la contribution de l'autoroute A7 dans les émissions de NO_x en 2007 a été évaluée à 29%.

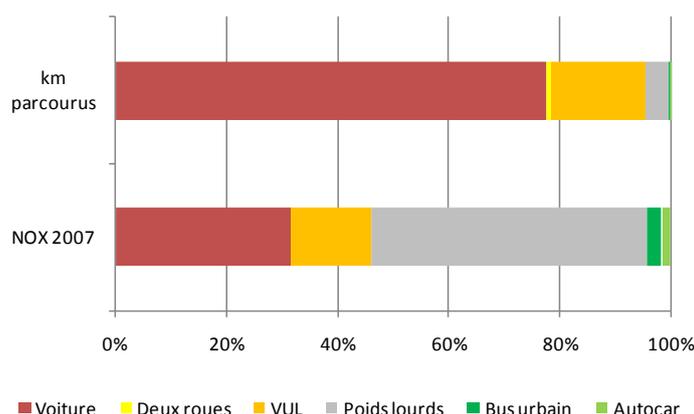


Figure 17 : Répartition des émissions de NO_x et des kilomètres parcourus en 2007 par classe de véhicule

De nombreux tests ont été réalisés afin de valider le modèle, pour notamment obtenir des concentrations simulées de NO_x et de NO₂ les plus proches des valeurs mesurées (par les analyseurs, mais aussi par les tubes passifs).

✚ **Les données météorologiques** sont issues du réseau Météo-France. C'est la station Météo-France d'Albon qui a été retenue, plutôt que celle de Valence Chabeuil.

✚ De même, les meilleurs résultats de simulations ont été obtenus en déterminant **les niveaux de pollution de fond** à partir des mesures de Valence périurbain Sud, plutôt que Valence urbain Centre. C'est pourquoi le site de Valence périurbain Sud est considéré dans la suite de ce rapport comme la station de référence pour l'estimation des niveaux de fond.

Au regard de l'écart inférieur à 10% entre les mesures et les simulations de NO₂ obtenues par modélisation en moyenne annuelle (moins de 5 µg.m⁻³) aussi bien en centre-ville que près de l'A7, le modèle est considéré comme valide pour réaliser les simulations sur l'agglomération de Valence.

Le détail de la méthodologie employée et les tests réalisés pour la mise en place de cette modélisation sont présentés à l'annexe 2.

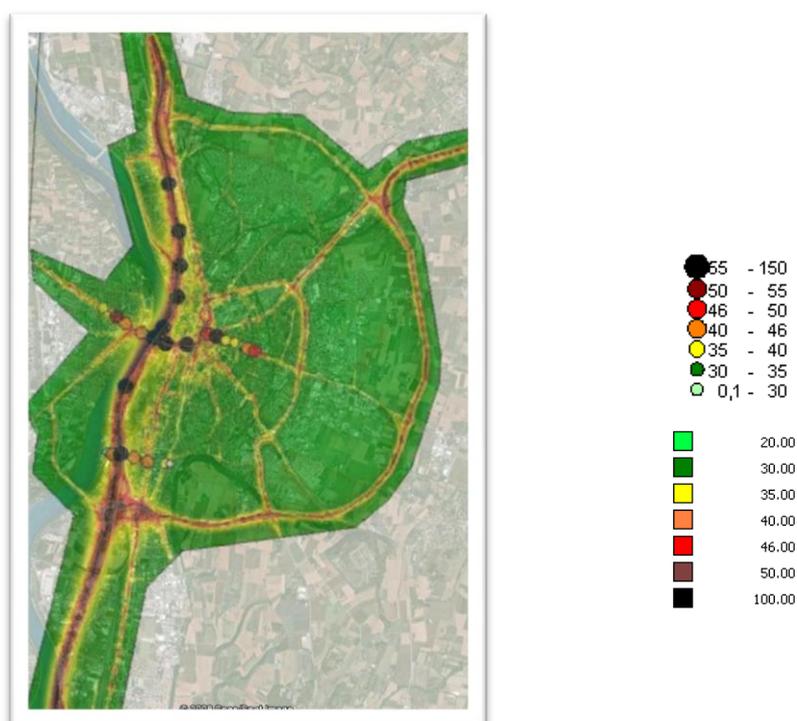


Figure 18 Moyenne annuelle 2007 de NO₂ simulée et mesures par tubes.

1.5.2. Scénarii de simulations étudiés à partir de la modélisation

Le modèle SIRANE a donc permis de réaliser une cartographie des concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO₂) dans les rues de l'agglomération de Valence et d'estimer l'exposition de la population vis-à-vis des valeurs réglementaires.

Par ailleurs, des simulations ont été faites à partir de cette modélisation pour étudier l'impact de différents scénarii liés à des modifications du trafic :

- ✓ Simulation avec la suppression du trafic sur l'A7
- ✓ Simulation du trafic en 2010 suivant 2 hypothèses
 - Un scénario « 2010 haut », avec l'hypothèse envisagée par le CETE de Lyon d'une augmentation du trafic de +1,5% par an
 - Un scénario « 2010 bas », suivant la tendance observée en 2008, à savoir une diminution de -1,5% par an

Les résultats de ces différentes simulations sont présentés dans ce rapport.

2. Présentation des résultats

2.1. Oxydes d'azote (NOx)

2.1.1. Les émissions de NOx dans l'agglomération de Valence

Le monoxyde d'azote (NO) est émis lors des combustions de carburants et plus généralement de combustibles fossiles. En effet, le NO est issu de la combinaison à haute température de l'oxygène et de l'azote de l'air ($N_2 + O_2 \rightarrow 2 NO$).

Dans l'air, une partie du NO se recombine très rapidement (quelques secondes à quelques minutes) pour former du NO₂ ($2 NO + O_2 \rightarrow 2 NO_2$ ou $NO + O_3 \rightarrow 2 NO_2$).

Cette transformation rapide du NO en NO₂ explique le fait que le NO₂ est aussi considéré comme un polluant primaire.

Le terme oxydes d'azote (NOx) désigne le monoxyde d'azote (NO) et l'ensemble des composés issus de l'oxydation du NO, dont principalement le dioxyde d'azote (NO₂).

Le transport routier est le premier émetteur de NOx en Rhône-Alpes avec 61% des émissions totales et dans la Drôme avec 73% des émissions. Dans l'unité urbaine de Valence, le transport routier représente 85% des émissions de NOx. **La mesure des NOx peut donc être considérée comme un traceur de la pollution automobile.**

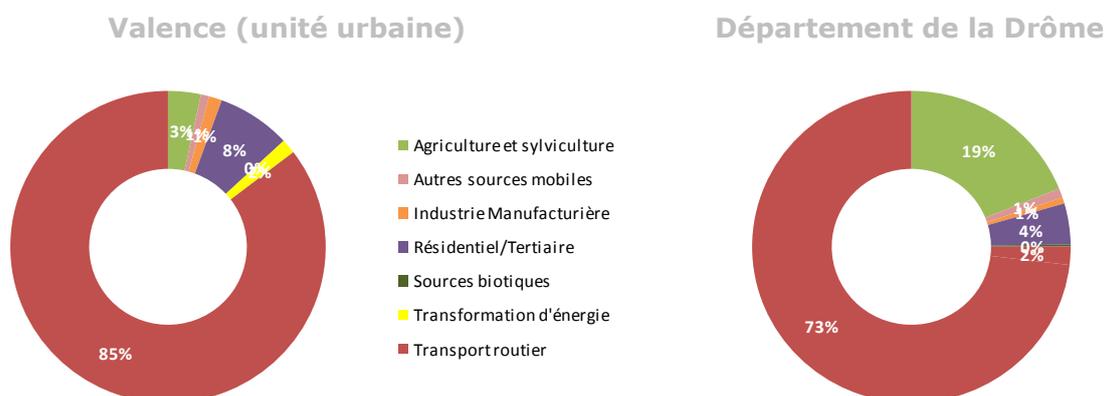


Figure 19 Répartition des émissions d'oxydes d'azote (NOx) dans l'unité urbaine de Valence à gauche et dans le département de la Drôme à droite (Source : Cadastre 2006 ATMO Drôme Ardèche – Version 2008-3)

Dans le cas d'un site à proximité du trafic automobile, les concentrations mesurées sont liées à l'intensité des émissions, et donc au trafic automobile, mais aussi à la configuration de la rue (une rue de type « canyon » peut favoriser l'accumulation des polluants) et aux conditions météorologiques. En effet, la stabilité de l'atmosphère, la dispersion par le vent ou le lessivage par les précipitations ont une influence directe sur la qualité de l'air.

2.1.2. Niveaux mesurés et comparaison à la réglementation

➤ Monoxyde d'azote

Il n'existe pas de valeur réglementaire concernant le monoxyde d'azote (NO).

Le graphique suivant (Figure 20) présente les concentrations moyennes annuelles en monoxyde d'azote (moyenne des 8 semaines de mesures pour le site « prox A7 Valence » et moyenne sur l'année 2007 pour les stations fixes).

Pour les 4 premiers sites de proximité automobile, la partie inférieure (en rose clair) correspond au niveau de fond mesuré sur la station périurbaine de Valence (7 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ en moyenne annuelle).

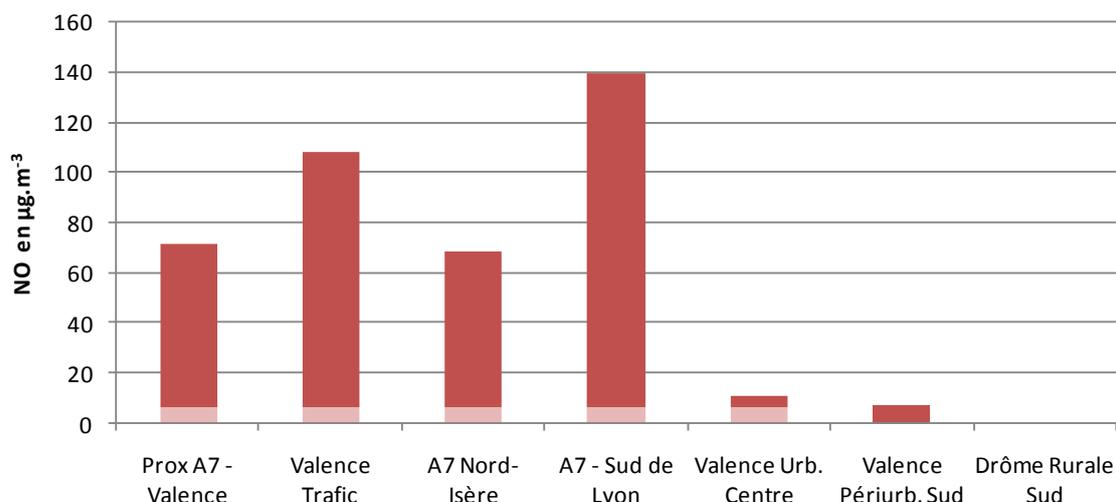


Figure 20 Concentrations moyennes annuelles en monoxyde d'azote (NO)

Sur les deux sites de Valence qui sont situés à proximité de l'autoroute A7, mais également sur les deux autres sites plus au nord (Nord-Isère et Lyon-Sud) et à proximité du même axe, les niveaux de monoxyde d'azote (NO) sont très largement supérieurs aux niveaux de fond mesurés sur l'agglomération de Valence (que ce soit sur le site périurbain ou urbain). Ces mesures confirment donc **l'influence directe du trafic automobile sur les niveaux de NO** et plus particulièrement de l'autoroute A7.

Station	Prox A7 - Valence	Valence Trafic	A7 Nord-Isère (38)	A7 - Sud de Lyon	Valence Urb. Centre	Valence Périurb. Sud	Drôme Rurale Sud
% validité (année)	15,4%	99,6%	82,3%	96,9%	99,6%	97,8%	98,4%
Moyenne	72	108	68	140	11	7	0
Minimum	0	1	0	0	0	0	0
Maximum	397	578	453	707	312	251	41
P99	311	384	293	468	126	84	4
P98	292	333	253	424	98	60	3
P95	227	271	195	358	59	36	1
P75	98	147	98	207	10	6	0
P50	53	92	52	112	2	1	0
P25	15	45	20	51	0	0	0
Coefficient corrélation	1	0,86	0,57	0,46	0,73	0,65	0,16

Tableau 5 Statistiques des mesures horaires de monoxyde d'azote (NO)

Les statistiques présentées ci-dessus nous renseignent déjà sur les niveaux d'exposition de la population.

Ainsi, le percentile P50 sur le site « Prox. A7 Valence » indique que 50% des valeurs de NO mesurées en proximité de l'A7 sont supérieures à 53 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ alors que le percentile P95 sur le site « Valence urbain Centre » montre que seulement 5% des valeurs mesurées sont supérieures à 59 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.

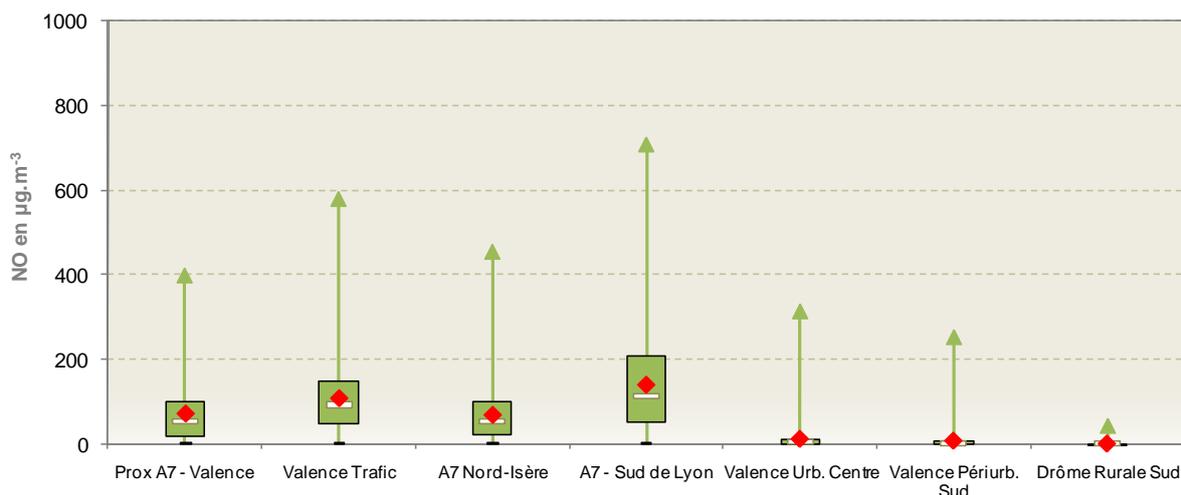


Figure 21 Statistiques horaires des mesures de NO

Cf. annexe 1 pour une aide à la lecture de ce graphique.

➤ Le dioxyde d'azote (NO₂)

Le graphique suivant (Figure 22) présente les concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (moyenne des 8 semaines de mesures pour le site « prox A7 Valence » et moyenne sur l'année 2007 pour les stations fixes).

Pour les 4 premiers sites de proximité automobile, la partie inférieure (en rose clair) correspond au niveau de fond de l'agglomération de Valence (24 µg.m⁻³ en moyenne annuelle) mesuré sur la station périurbaine de Valence, prise pour référence.

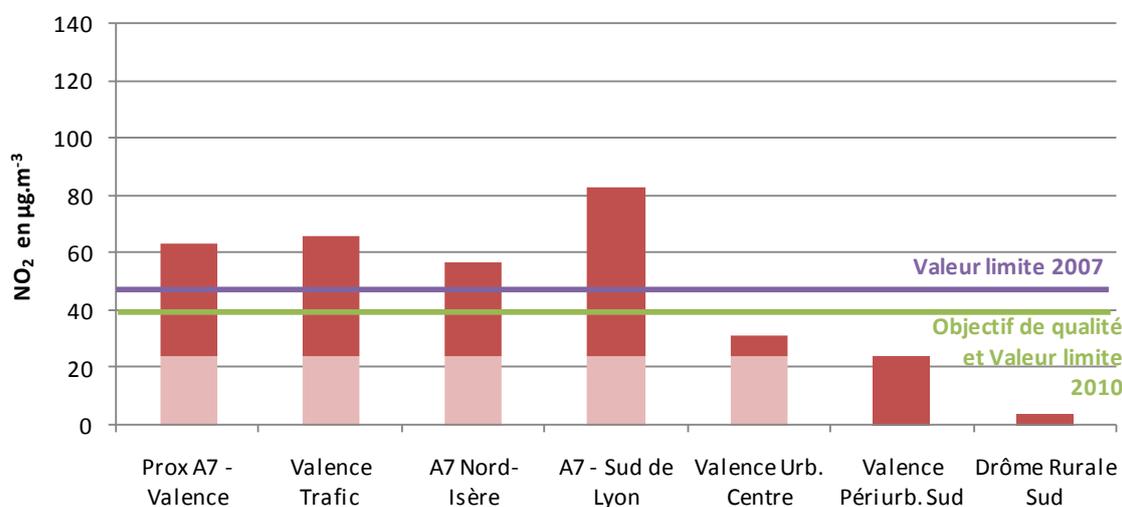


Figure 22 Concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote (NO₂) - Comparaison aux valeurs réglementaires

Comme pour le monoxyde d'azote (NO), les niveaux en dioxyde d'azote mesurés à proximité de l'autoroute A7 pour les deux sites de l'agglomération de Valence (63 à 66 µg.m⁻³) sont bien supérieurs au niveau de fond mesuré sur la station Valence périurbaine Sud (24 µg.m⁻³) ou sur la station urbaine située en centre-ville (32 µg.m⁻³).

Vis-à-vis de la réglementation, les valeurs en dioxyde d'azote (NO₂) mesurées sur les deux sites à proximité de l'autoroute A7 dans l'agglomération de Valence ne respectent ni **l'objectif de qualité de l'air** (40 µg.m⁻³ en moyenne annuelle), ni la **valeur limite pour la protection de la santé** (fixée pour 2007 à 46 µg.m⁻³ en moyenne annuelle).

Concernant les autres **valeurs limites pour la protection de la santé** (percentiles P99,8 et P98 en moyennes horaires), elles sont respectées sur les deux sites à proximité de l'autoroute A7 dans l'agglomération de Valence.

Pour le percentile 99,8, la réglementation fixe un nombre maximal de dépassements du seuil horaire de 230 $\mu\text{g.m}^{-3}$ à 18 heures par an. Or, le seuil de 200 $\mu\text{g.m}^{-3}$ sur 1h n'a jamais été dépassé dans l'agglomération de Valence, et cela quelque soit la station de mesures.

En Rhône-Alpes, cette valeur limite n'est pas respectée sur la station à proximité de l'autoroute A6 dans le sud de Lyon (27 dépassements en 2007). Cette station est située dans le sud de l'agglomération lyonnaise dans une zone où l'influence des secteurs industriel et résidentiel/tertiaire est importante.

	Prox A7 – Valence	Valence Trafic	A7 Nord-Isère	A7 - Sud de Lyon	Valence Urb. Centre	Valence Périurb. Sud	Drôme Rurale Sud
Durée des mesures	8 semaines	1 an	1an	1 an	1 an	1 an	1 an
Percentile 99,8 horaire	139	147	155	239	103	92	30
Nbre de dépassements du seuil de 230 $\mu\text{g.m}^{-3}$ sur 1h (18h de dépassements autorisés)	0/18	0/18	0/18	27/18	0/18	0/18	0/18
Percentile 98 horaire	125	119	121	196	75	65	17
Nbre de dépassements du seuil de 200 $\mu\text{g.m}^{-3}$ sur 1h (175h de dépassements autorisés)	0/175	0/175	0/175	139/175	0/175	0/175	0/175

Tableau 6 Comparaison des valeurs horaires aux valeurs limites pour la protection de la santé

L'analyse statistique des données montre aussi que les deux sites à proximité de l'autoroute A7 dans l'agglomération de Valence sont bien corrélés (0,86 pour le NO et 0,77 pour le NO₂). De plus, plusieurs autres paramètres statistiques sont très proches pour le NO et le NO₂, notamment les percentiles 25 et 75.

Station	Prox A7 – Valence	Valence Trafic	A7 Nord-Isère	A6 - Sud de Lyon	Valence Urb. Centre	Valence Périurb. Sud	Drôme Rurale Sud
% validité (année)	15,4%	99,6%	82,4%	98,4%	99,6%	97,8%	98,3%
Moyenne	63	66	57	83	32	24	4
Minimum	4	14	0	4	2	0	0
Maximum	145	170	190	326	130	114	43
P99	129	129	130	208	82	73	21
P98	125	119	121	196	75	65	17
P95	111	105	105	172	65	54	12
P75	81	79	75	114	42	34	5
P50	62	64	56	75	28	21	2
P25	45	50	37	45	18	12	1
Coefficient corrélation	1	0,77	0,57	0,52	0,56	0,55	0,10

Tableau 7 Statistiques des mesures horaires de dioxyde d'azote (NO₂)

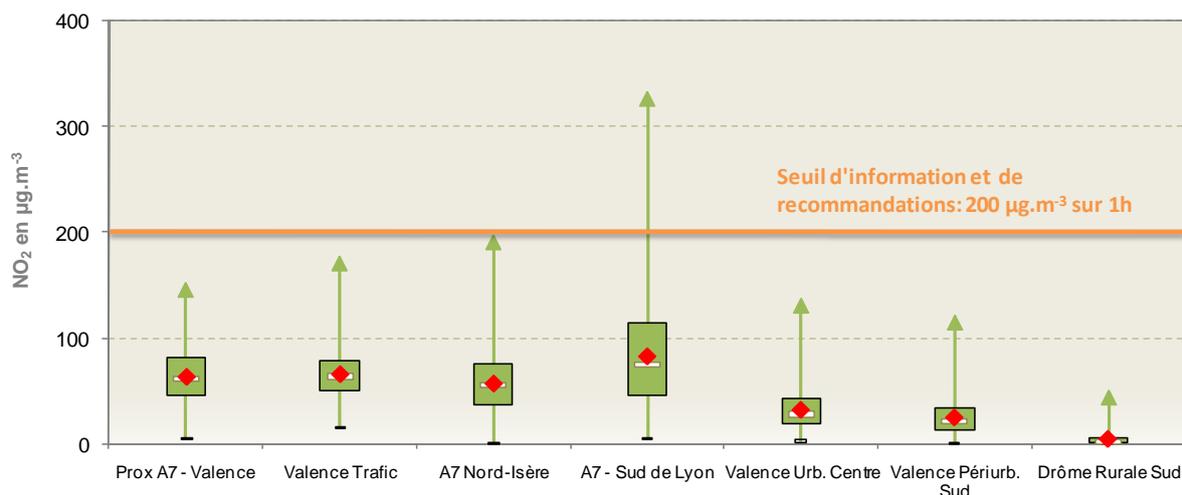


Figure 23 Statistiques des mesures horaires de NO₂

(Cf. annexe 1 pour une aide à la lecture de ce graphique)

2.1.3. Influence du trafic automobile sur les niveaux d'oxydes d'azote (NOx)

Le calcul du rapport NO/NO₂¹ constitue généralement un indicateur de choix pour définir la typologie d'un site. En effet, pour un site influencé directement par le trafic automobile, les NOx sont majoritairement présents sous leur forme non oxydée (NO), alors que pour un site de fond, les NOx majoritaires sont présents sous leur forme oxydée (NO₂), du fait qu'une grande partie du NO est transformée en NO₂.

D'une manière générale, les sites en proximité automobile présentent un rapport NO/NO₂ souvent supérieur à 1, alors que pour un site périurbain ou urbain, ce rapport est situé entre 0,5 et 1.

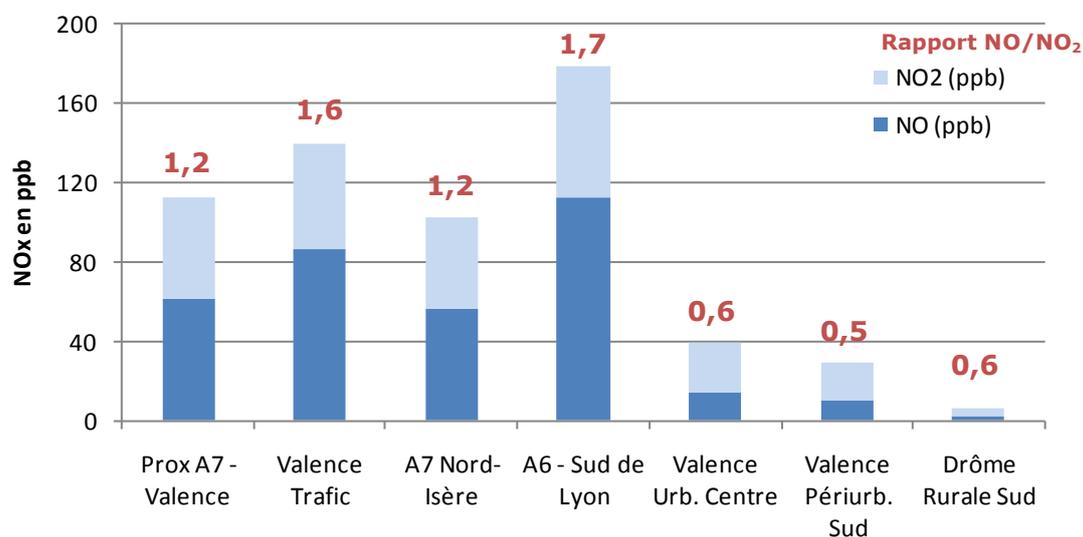


Figure 24 Concentrations de NO et NO₂ en ppb et valeur du rapport NO/NO₂ en rouge

Pour les deux sites à proximité de l'autoroute A7 dans l'agglomération de Valence, le rapport NO/NO₂ est supérieur à 1 et confirme donc l'influence directe du trafic de l'autoroute A7.

¹ Rapport qui indique lequel des deux polluants est majoritairement présent et caractérise donc l'influence routière du site (à partir des concentrations exprimées en ppb (partie par milliard))

Pour les deux sites urbains et périurbains de l'agglomération de Valence, les rapports NO/NO₂ sont inférieurs à 1, confirmant donc la situation de fond de ces deux sites.

L'étude des profils moyens horaires¹ en dioxyde d'azote (

Figure 25) confirme cette influence du trafic automobile. Les niveaux sont plus importants le jour et plus particulièrement aux heures de pointe du matin (vers 8-9h) et en fin de journée (à partir de 18h).

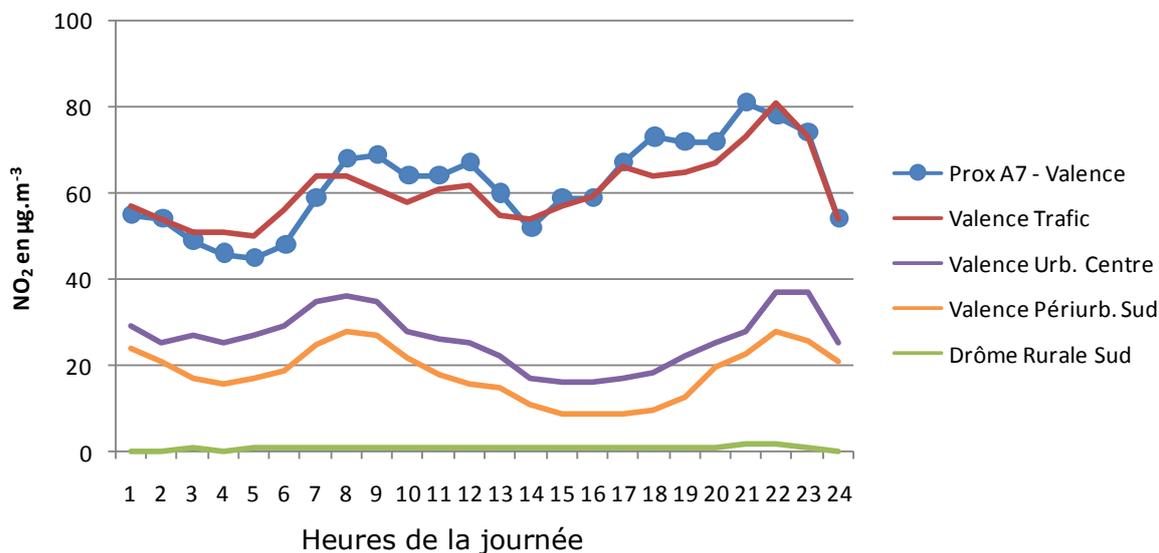
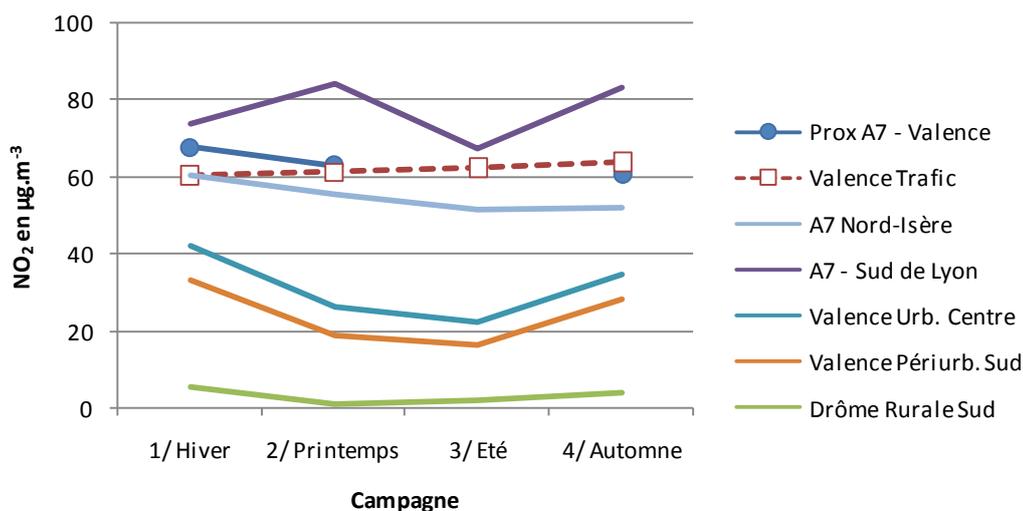


Figure 25 Profils moyens horaires du dioxyde d'azote (NO₂) au cours de la campagne n°2 (mai 2007)

2.1.4. Evolution des concentrations de dioxyde d'azote (NO₂) au cours de l'année 2007

Le graphique suivant illustre les concentrations moyennes de dioxyde d'azote lors des 4 campagnes de mesures.

Sur les sites à proximité des autoroutes A6 et A7, les concentrations moyennes de dioxyde d'azote varient peu entre chaque campagne (~61-68 µg.m⁻³ pour les sites de l'agglomération de Valence).



¹ Evolution des concentrations de chaque heure de la journée, moyennées sur une période donnée (ici : la campagne de printemps n°2)

Figure 26 Evolution des concentrations moyennes de dioxyde d'azote lors de chaque campagne de mesures

Comment peut-on expliquer qu'en proximité de l'A7 les niveaux de dioxyde d'azote restent constants et élevés au cours d'une année alors que le trafic automobile, le 1^{er} émetteur de NOx, évolue?

L'autoroute A7 connaît un trafic plus important pendant l'été. En effet, entre juillet et août, le trafic automobile sur l'autoroute A7 (66 000 à 96000 véhicules par jour) est pratiquement le double de celui de l'hiver (42 000 à 49 000 véhicules par jour). Cette augmentation de trafic est liée aux déplacements des vacances estivales et concerne donc essentiellement les véhicules légers (VL, en rouge sur le graphique suivant).

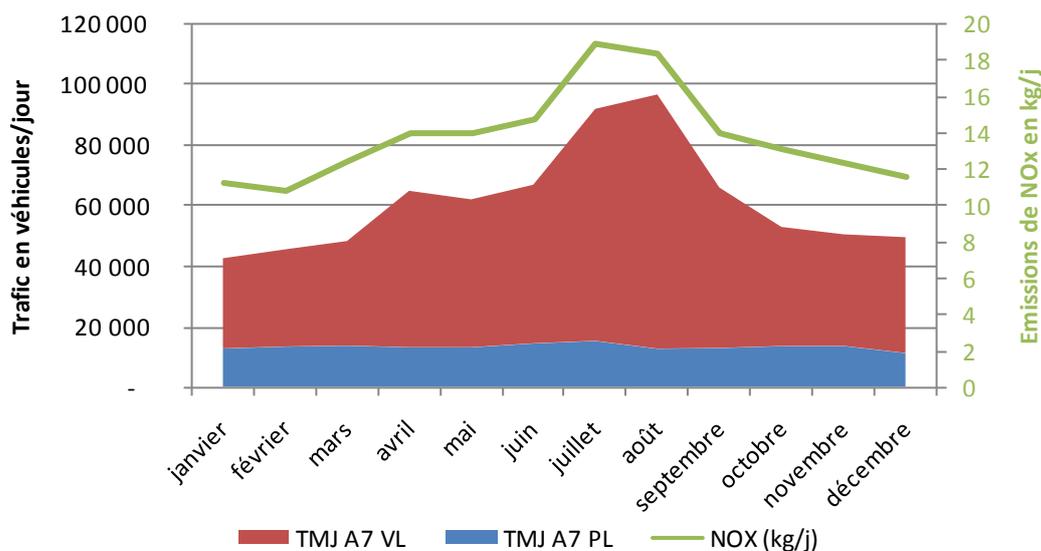


Figure 27 Trafics moyens journaliers (VL : véhicules Légers, PL : Poids Lourds) et émissions moyennes journalières de NOx sur l'autoroute A7 dans l'agglomération de Valence

Or, cette hausse de trafic ne s'accompagne pas forcément d'une hausse significative des concentrations de dioxyde d'azote.

En été, certes le trafic augmente ; mais les conditions météorologiques sont plus favorables à la dispersion des polluants et les processus photochimiques favorisent la participation du dioxyde d'azote (et donc sa destruction) à la formation d'ozone.

En hiver, le trafic est minimal mais les conditions météorologiques sont moins favorables à la dispersion du dioxyde d'azote et à sa conversion en ozone.

2.1.5. Répartition spatiale du dioxyde d'azote (NO₂)

Pour cette étude, des mesures indicatives de NO₂ par tubes à diffusion ont été faites le long de l'autoroute A7 et à des distances différentes de cet axe (de quelques mètres pour les sites de proximité jusqu'à environ 1400 m).

La mesure du dioxyde d'azote (NO₂) par tubes à diffusion montre une répartition spatiale caractérisée par des niveaux de NO₂ plus importants le long de l'autoroute A7 (58 à 89 µg.m⁻³ en moyenne annuelle), tous supérieurs à la valeur limite réglementaire pour la protection de la santé (46 µg.m⁻³ en moyenne annuelle en 2007).

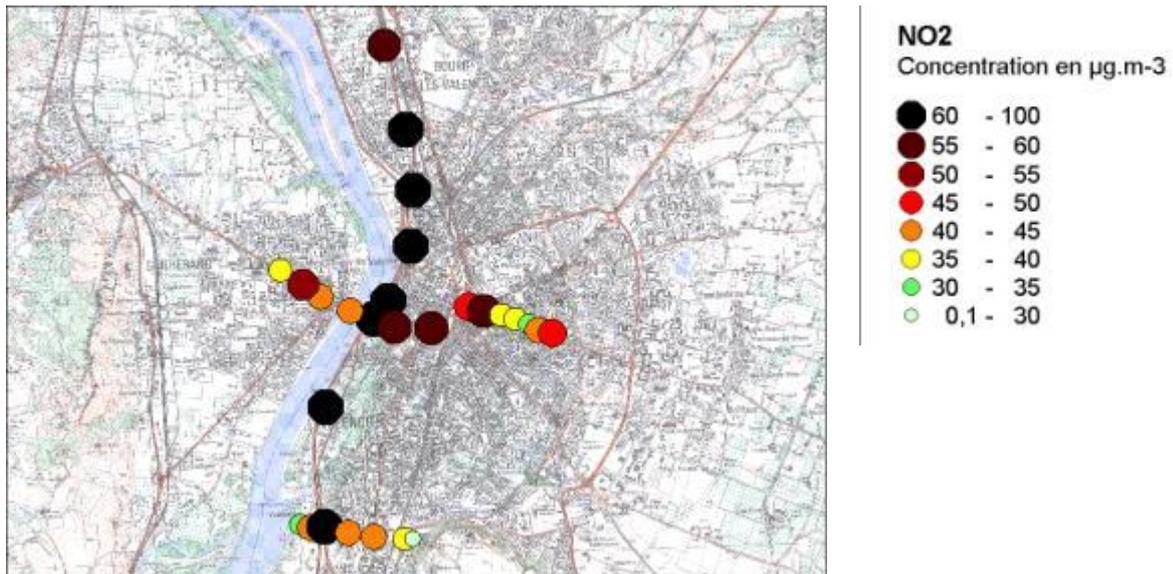


Figure 28 Estimation des concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO₂) par tubes à diffusion dans l'agglomération de Valence

La figure suivante illustre la concentration moyenne annuelle en dioxyde d'azote (NO₂) en fonction de la distance par rapport à l'autoroute A7. Les concentrations décroissent très rapidement en s'éloignant de l'autoroute A7 ; des concentrations équivalentes au niveau de fond peuvent être mesurées à 200 mètres de l'autoroute. Cette décroissance est d'autant plus rapide que des obstacles sont susceptibles de gêner la dispersion des polluants de part et d'autre de l'autoroute (présence de murs anti bruits, rangées d'arbres, immeubles, etc.) et donc de les canaliser le long de cet axe.

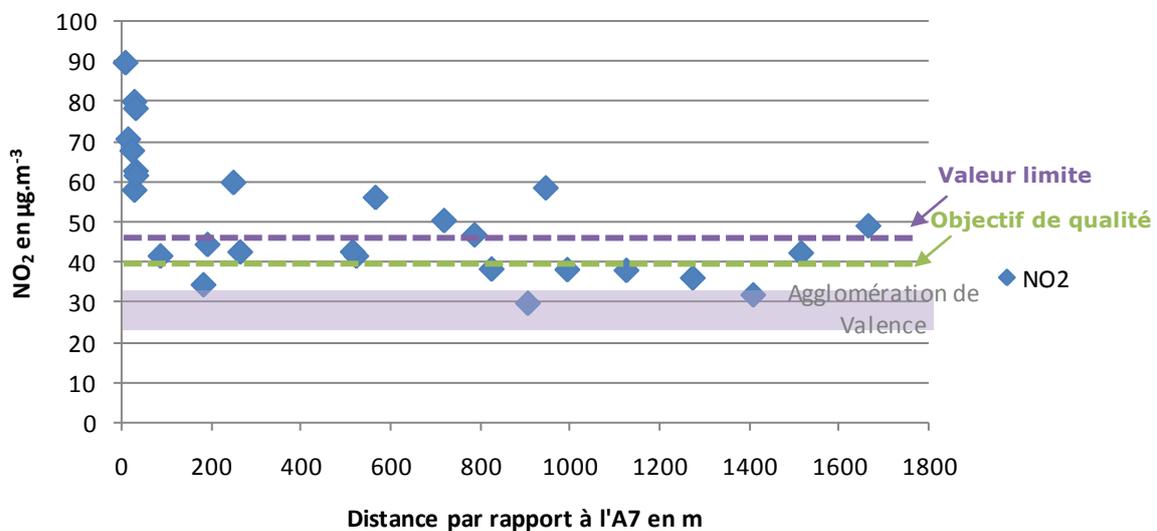


Figure 29 Concentration moyenne en dioxyde d'azote (NO₂) en fonction de la distance par rapport à l'autoroute A7, en mauve clair la gamme de concentration mesurée dans l'agglomération de Valence par les stations fixes (périurbaine et urbaine)

Les niveaux moyens de dioxyde d'azote mesurés sur les 8 sites le long de l'A7 sont tous supérieurs à 58 µg.m⁻³ (cf. Figure 30). Ces résultats confirment les niveaux élevés de NO₂ à proximité de l'autoroute A7.

En s'éloignant de l'autoroute, les niveaux sont plus faibles, ils sont compris entre 30 µg.m⁻³ et 61 µg.m⁻³.

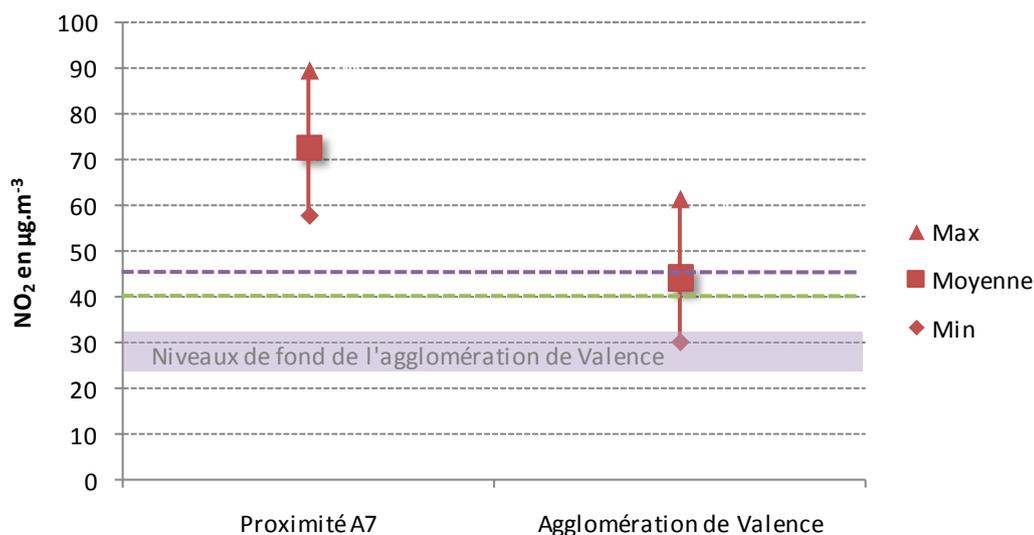


Figure 30 Concentrations de NO₂ mesurées par tubes à diffusion à proximité de l'autoroute A7 et dans l'agglomération de Valence. La bande mauve claire correspond à la gamme de concentration de fond dans l'agglomération de Valence

Les mesures par tubes passifs montrent de nouveau qu'à proximité directe de l'autoroute A7, les niveaux en moyenne annuelle sont supérieurs à **l'objectif de qualité** et à la **valeur limite pour la protection de la santé en 2007**.

A noter que les moyennes, également mesurées avec des tubes passifs, entre 250 m et 1 km de cet axe, ne respectent pas non plus toujours ces valeurs réglementaires.

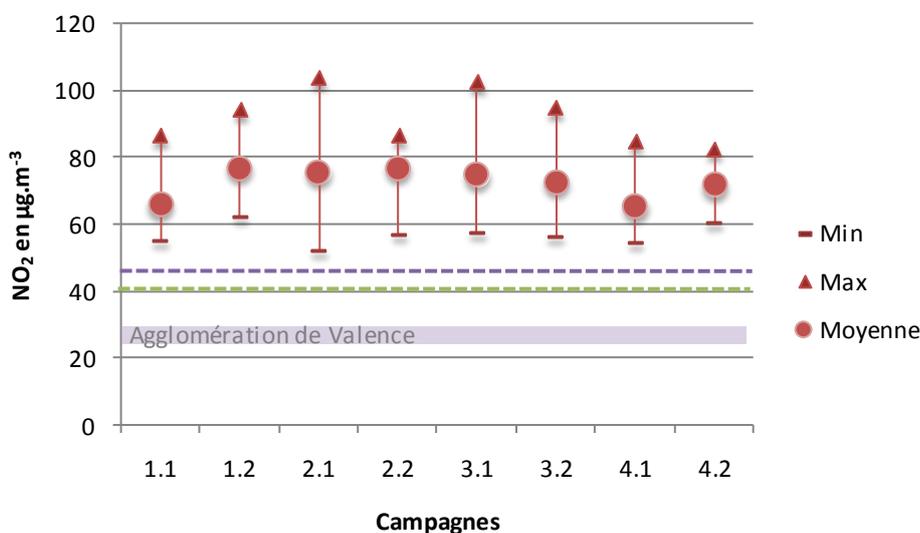


Figure 31 Concentrations de NO₂ mesurées sur les sites le long de l'autoroute A7

Sur les sites qui ne sont pas en proximité de l'autoroute A7, les niveaux sont plus faibles et sont caractérisés par une diminution en été (campagnes 3.1 et 3.2). Cette diminution estivale peut être liée à une diminution locale du trafic automobile dans le centre urbain de l'agglomération de Valence et à la participation du NO₂ dans la formation de l'ozone (O₃). Les niveaux mesurés sont alors très proches de ceux mesurés en fond urbain.

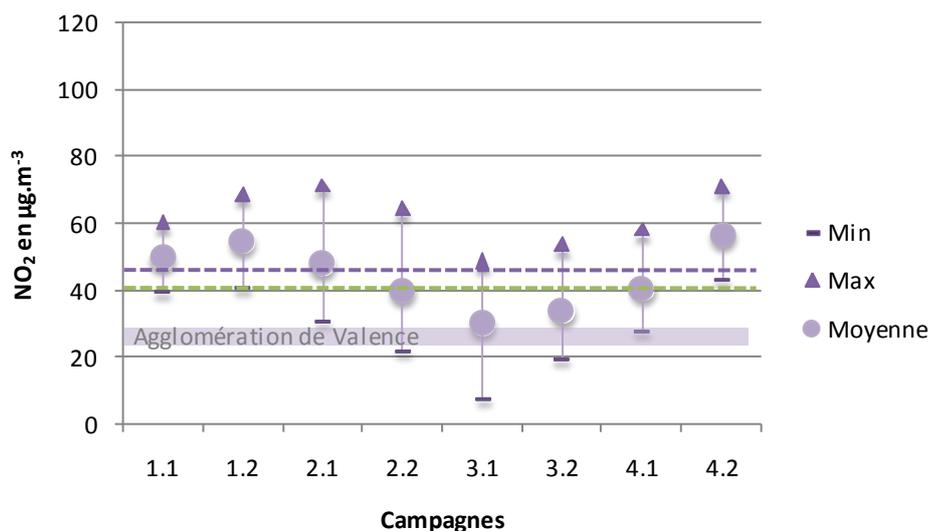


Figure 32 Concentrations de NO₂ mesurées sur les sites dans l'agglomération de Valence

Les cartes suivantes présentent les mesures des tubes passifs NO₂ pour les deux saisons extrêmes (hiver et été).

Les niveaux de NO₂ restent élevés le long de l'autoroute A7 quel que soit le moment de l'année (entre 62 et 94 µg.m⁻³ en hiver et 57 et 104 en été en µg.m⁻³)

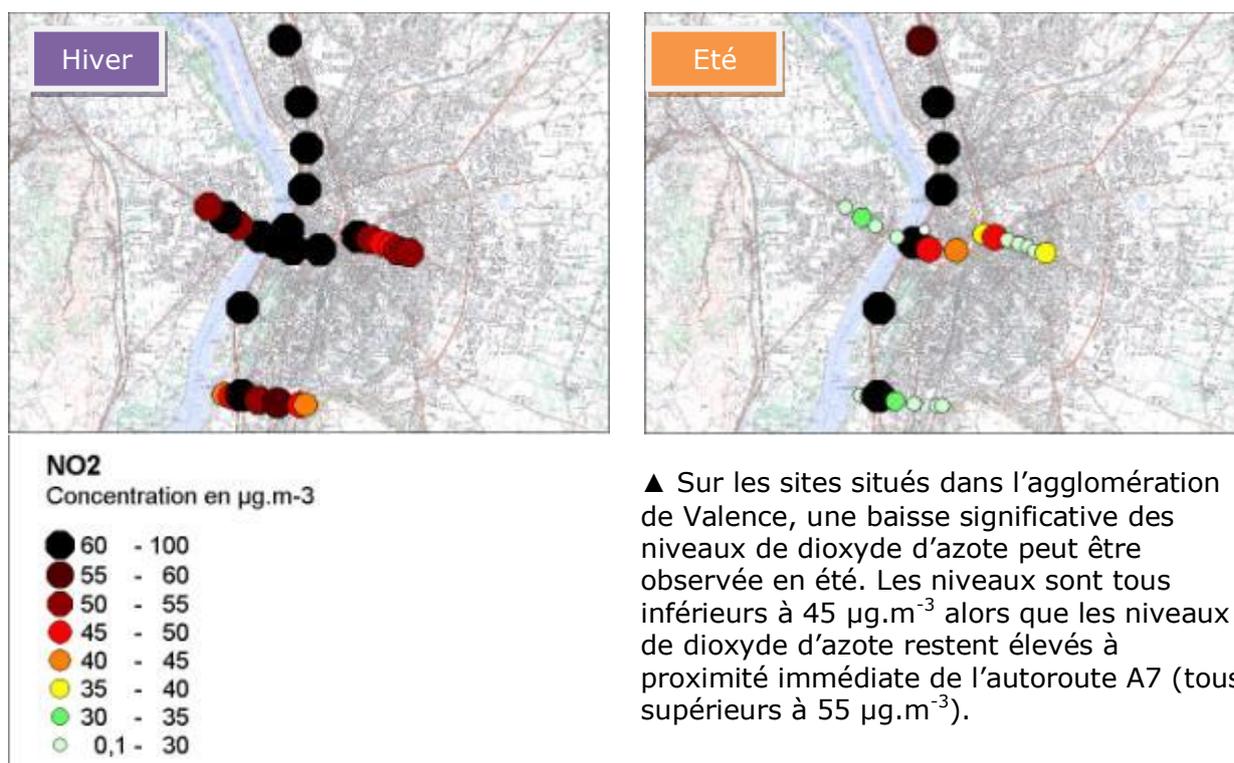


Figure 33 Concentrations moyennes en dioxyde d'azote (NO₂) en hiver (à gauche) et en été (à droite)

2.2. Modélisation des moyennes annuelles de NO₂ de l'agglomération de Valence et calculs d'exposition de la population

Le modèle SIRANE calcule la concentration moyenne annuelle en NO₂ dans les rues de du domaine d'étude (représentant 80 % de la population de l'agglomération de Valence). Le nombre de rues exposées à plus de 40 µg.m⁻³ peut donc être calculé. Sur la totalité du réseau modélisé (représentant environ 521 km de rues), l'ensemble des axes routiers ayant une concentration en NO₂ supérieure à la valeur limite réglementaire (de 2007 et de 2010) représente une centaine de kilomètres (Figure 34 et Tableau 8).

Concentration de NO ₂	Nombre de tronçons	Longueur cumulée
Supérieure à 40 µg.m ⁻³ (2010)	813	101.5 km
Supérieure à 46 µg.m ⁻³ (2007)	488	67.9 km

Tableau 8 Statistiques des rues



Figure 34 NO₂ : moyenne annuelle 2007 en chaque tronçon de rue

Après validation par comparaison aux mesures, une simulation de la carte annuelle de concentration de NO₂ calculée pour l'année 2007 a été réalisée à une résolution de 10 m (Figure 35). Cette simulation spatiale permet d'identifier les zones fortement polluées : en bordure de l'autoroute et de la rocade ainsi qu'en centre-ville à proximité des principaux axes routiers.

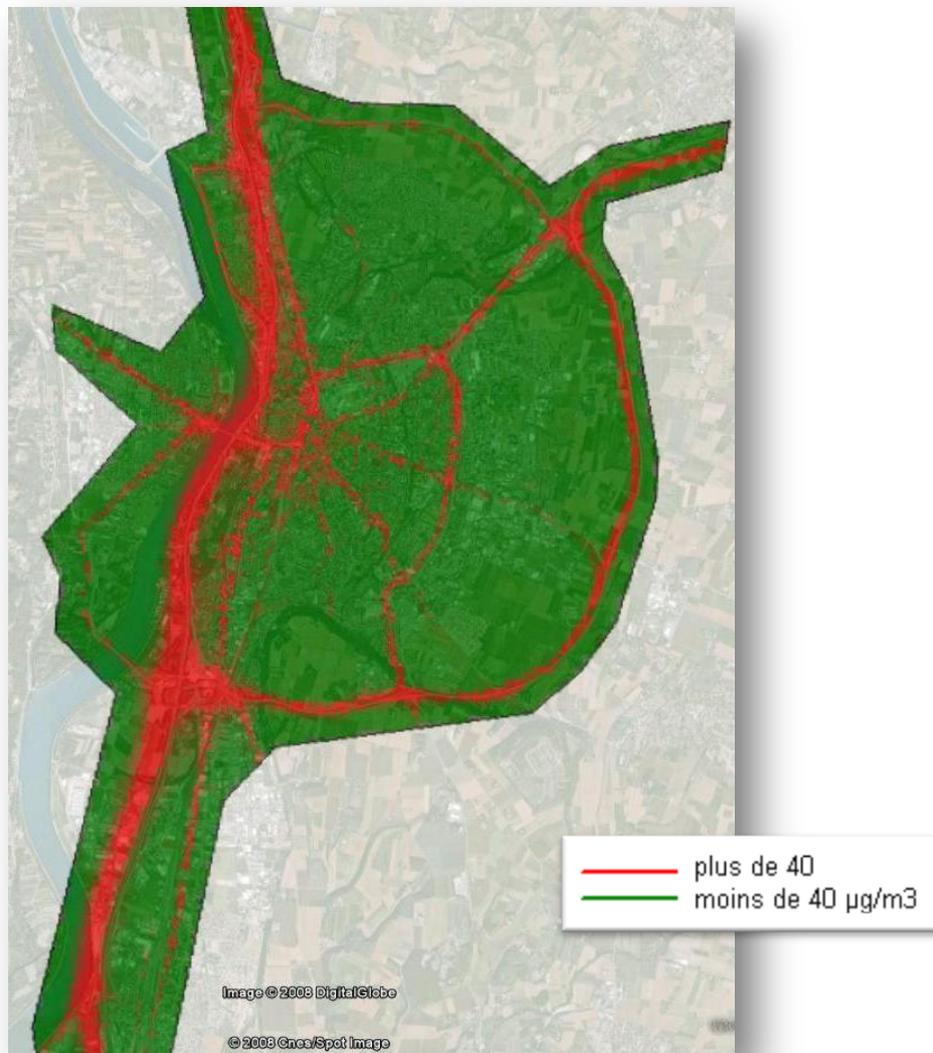


Figure 35 Cartographie NO₂ : moyenne annuelle 2007.

La représentation spatiale de ce polluant à l'échelle de l'agglomération permet d'en déduire le pourcentage de population potentiellement exposée à des concentrations supérieures aux seuils réglementaires pour la protection de la santé humaine.

La détermination du pourcentage de ces personnes exposées est obtenue en croisant deux types d'information :

- les concentrations de NO₂ calculées sur l'ensemble du domaine d'étude
- la densité de population résidente par iris selon les données INSEE de 1999 (dernières données disponibles).

Cette méthode de calcul est appliquée et validée depuis 2004 pour les agglomérations de Lyon et de Grenoble.

D'après les chiffres de l'INSEE de 1999, l'agglomération de Valence (Figure 36) représente environ 117 500 habitants (117 448). Or, le réseau SIRANE ne représente qu'une partie des rues de l'agglomération (Figure 35). Seuls les iris (et fractions d'iris) contenus dans le domaine modélisé ont été considérés pour réaliser le calcul d'exposition de la population. Dans les iris tronqués, le nombre d'habitants a été calculé proportionnellement à la surface de ces iris. Les résultats présentés par la suite (pourcentage d'exposition de la population) sont donc calculés par rapport à cette population soit environ **92 700 habitants** (92 740, Figure 37), **représentant 80% de la population totale**.

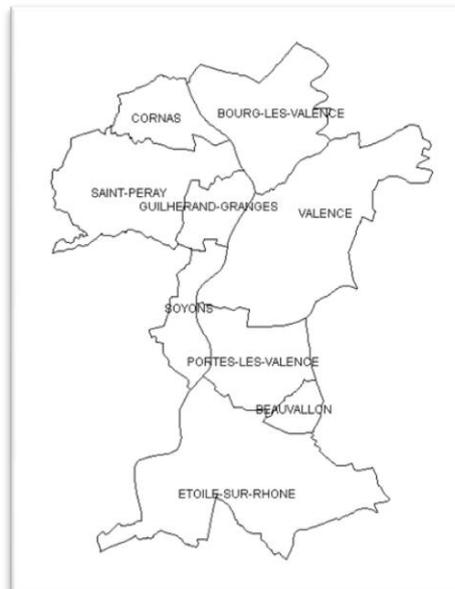


Figure 36 Agglomération de Valence en 2008

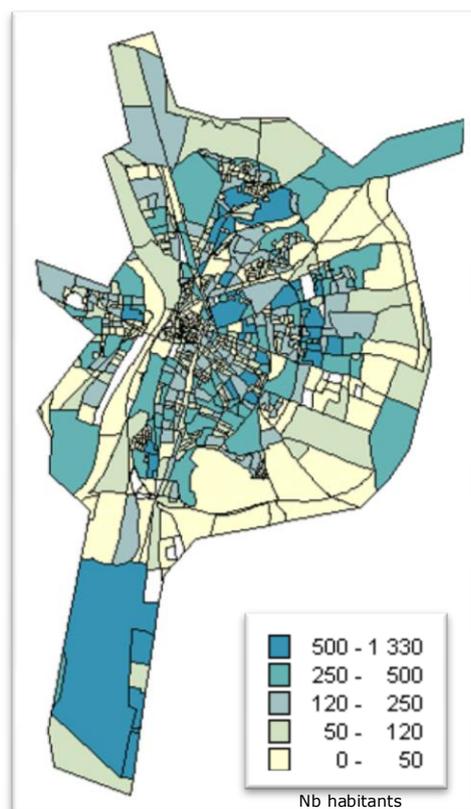


Figure 37 Répartition de la population par iris sur le domaine SIRANE, INSEE 1999.

Afin de croiser au mieux les données de population aux valeurs de pollution simulées, deux méthodologies ont été élaborées dans le cadre de l'observatoire du PDU de Grenoble et du Plan de Protection de l'Atmosphère de Lyon de 2006. La première repose sur une interpolation des concentrations dans les rues, la seconde sur une dispersion gaussienne des rues.

- 1^{ère} méthode : interpolation des concentrations dans les rues. A partir des concentrations dans les rues (Figure 38), une grille de concentration uniforme représentant la pollution de fond est utilisée pour calculer une carte de concentration interpolée. Cette dernière est alors croisée avec la densité de population ce qui permet d'obtenir une évolution du pourcentage de population exposée selon différents seuils de concentrations.

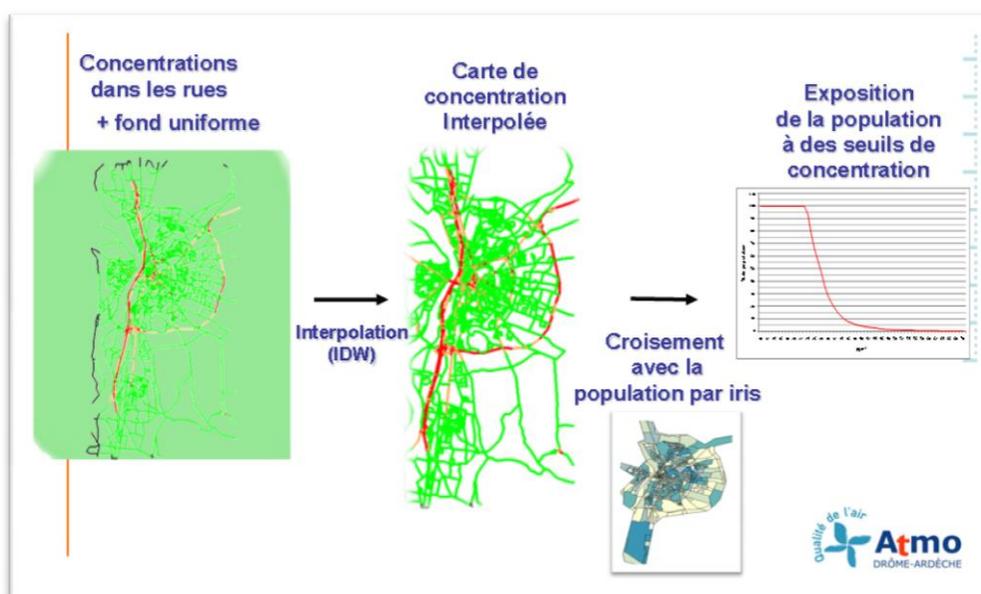


Figure 38 Calcul d'exposition de la population : méthode n°1

- 2nde méthode : grille haute résolution. Il s'agit d'une méthodologie innovante dans la mesure où l'on utilise une grille de concentration calculée par le modèle (Figure 39). Cette grille a une résolution très fine : 10x10 m². Chaque concentration de la grille est calculée en considérant que les rues avoisinantes sont des sources linéiques auxquelles une dispersion gaussienne est appliquée. Lorsque le point de grille correspond à une rue, la concentration initialement calculée pour cette rue est utilisée. Cette technique permet donc d'obtenir directement une grille de concentration non seulement dans les rues mais aussi autour. Cela permet le croisement avec la densité de population et donc le calcul du nombre de personnes exposées à différents seuils de concentrations.

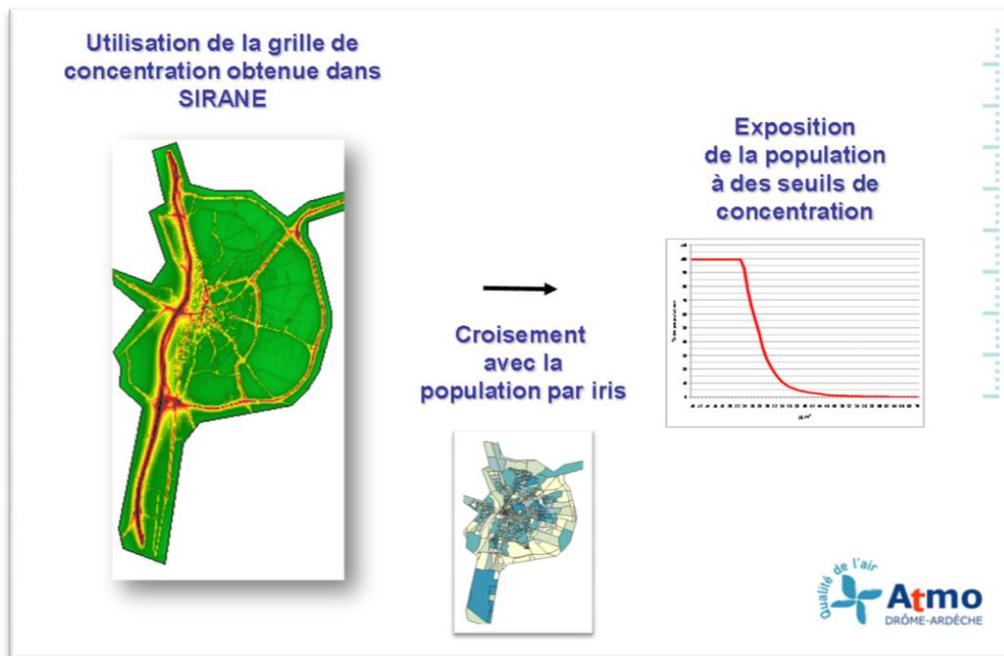


Figure 39 Calcul d'exposition de la population : méthode n°2

Ces deux méthodes ont été appliquées à chaque simulation (Figure 40). Les pourcentages obtenus convergent, confirmant la validité des deux techniques. Un intervalle de pourcentage d'exposition est ainsi obtenu.

En 2007, sur les 92 700 habitants recensés dans le domaine étudié, ATMO Drôme Ardèche estime qu'entre 6,7% et 10,1% de la population, soit entre 6 200 et 9 400 personnes, sont exposés à plus de 40 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ de NO_2 (objectif qualité), dont 2,8% à 3,4% à plus de 46 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ (valeur limite pour 2007), soit entre 2 500 et 3 200 personnes.

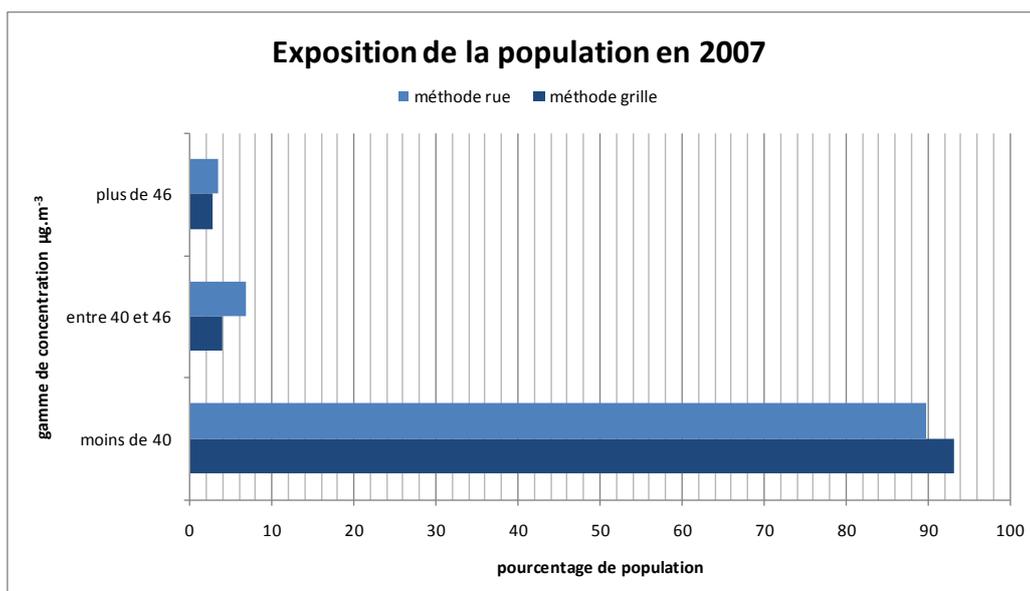
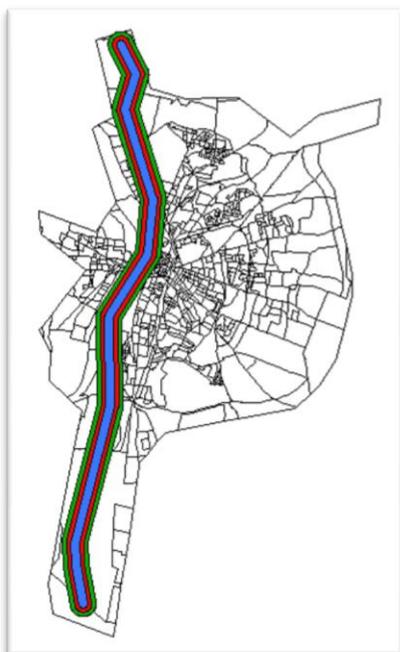


Figure 40 : Exposition de la population au NO_2 pour l'année 2007 en fonction des valeurs limite 2007 ($46 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) et de l'objectif qualité et valeur limite 2010 ($40 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$).

Le calcul a également été réalisé pour des bandes de largeur 100 m, 200 m et 600 m centrées le long de l'autoroute A7 (Figure 41).



bande centrée sur l'A7	population de chaque bande	proportion par rapport à la population totale (%)
100 m	1732	1,87
200 m	4650	5,01
600 m	7839	8,45

Figure 41 : bandes de 100, 200 et 600 m autour de l'A7

Pour ces bandes, entre 1,3% et 2,1% de la population du domaine d'étude (soit entre 1 200 et 1 900 personnes) sont exposés à plus de 40 $\mu\text{g.m}^{-3}$ et parmi ces personnes, seul 0,8% à 1% (soit environ 750 à 900 personnes) est exposé à plus de 46 $\mu\text{g.m}^{-3}$ (Figure 42). Ces résultats mettent en évidence que, comparativement à la population totale exposée, peu de personnes exposées à des valeurs qui dépassent les seuils réglementaires résident proche de l'A7.

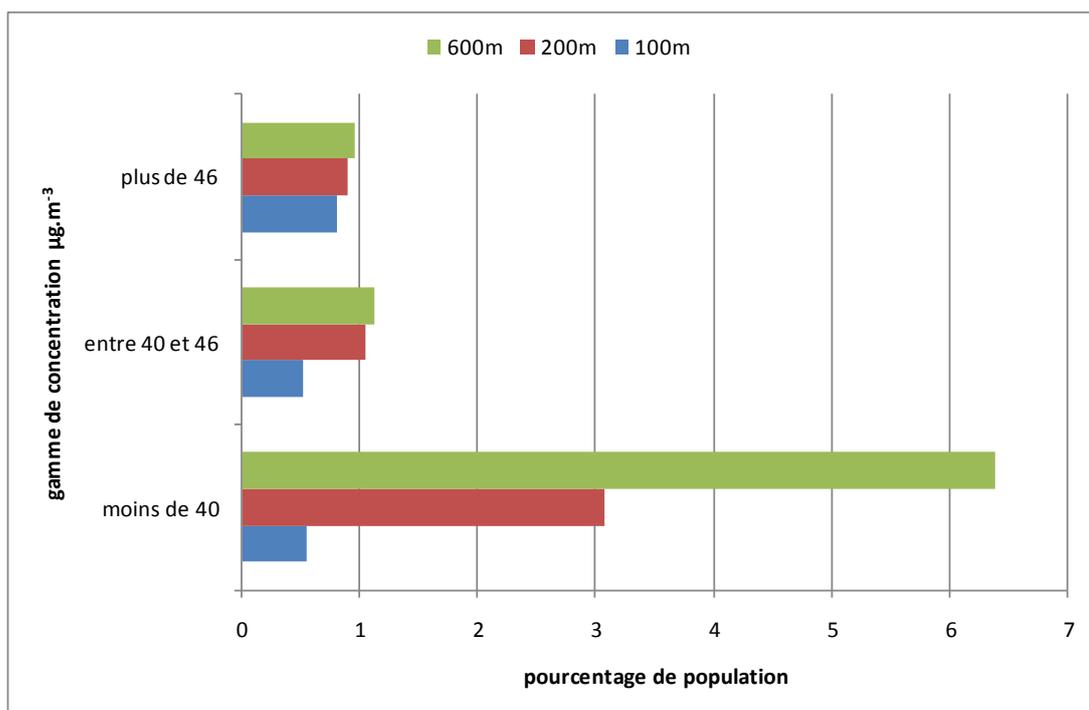


Figure 42 : pourcentage de population exposée au NO₂ située dans des bandes de 100, 200 et 600m centrées sur l'A7 – la population considérée est la population totale du domaine modélisé.

bande	100 m	200 m	600 m
moins de 40 $\mu\text{g.m}^{-3}$	0,5%	3,1%	6,4%
entre 40 et 46 $\mu\text{g.m}^{-3}$	0,5%	1,0%	1,1%
plus de 46 $\mu\text{g.m}^{-3}$	0,8%	0,9%	1,0%

2.3. Simulation du scénario « A7 sans trafic »

Du fait de la validation des concentrations simulées, les résultats présentés au paragraphe précédent peuvent donc être considérés comme une simulation de base utilisable pour tester l'impact de différents scénarii de trafic.

Le cas d'étude présenté ci-dessous est celui de l'hypothèse de la suppression du trafic sur l'autoroute A7.

2.3.1. Caractéristique de cette simulation

Le cas étudié considère qu'il n'y a plus d'émissions dues au trafic routier sur l'A7. Il faut noter que cela ne schématise réellement aucun scénario (recouvrement de l'A7 car faute de données, les émissions en bouts de tunnel et aux cheminées d'aération qui seraient alors présentes n'ont pas été modélisées ou contournement de l'agglomération, car le report de trafic sur les autres axes n'est pas considéré, ni les modifications qui pourraient être engendrées sur les liaisons routières, sur les sorties Valence Nord et Valence Sud notamment). Pour ces calculs, seul le trafic a donc été modifié : l'année 2007 a été simulée en considérant un trafic nul sur les brins de l'A7.

2.3.2. Impact sur les concentrations moyennes annuelles

Après calcul, et comme attendu, l'impact est net sur la station trafic avec une diminution estimée à plus de la moitié des concentrations actuelles. Par contre, cette baisse est non significative en centre ville (Figure 43 et Figure 44). Ce constat signifie que l'impact de l'autoroute A7 sur la qualité de l'air est localisé géographiquement et que la part du trafic en centre ville et en périphérie joue un rôle spécifique sur l'exposition d'une partie de la population valentinoise.

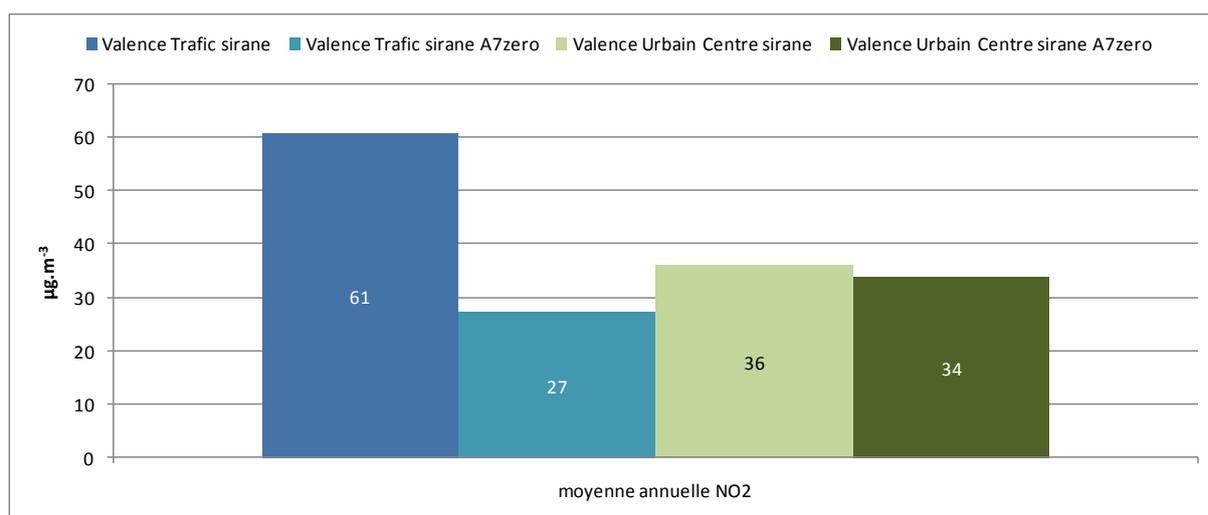


Figure 43 Moyennes annuelles 2007 de NO₂ simulées avec et sans trafic sur l'A7.

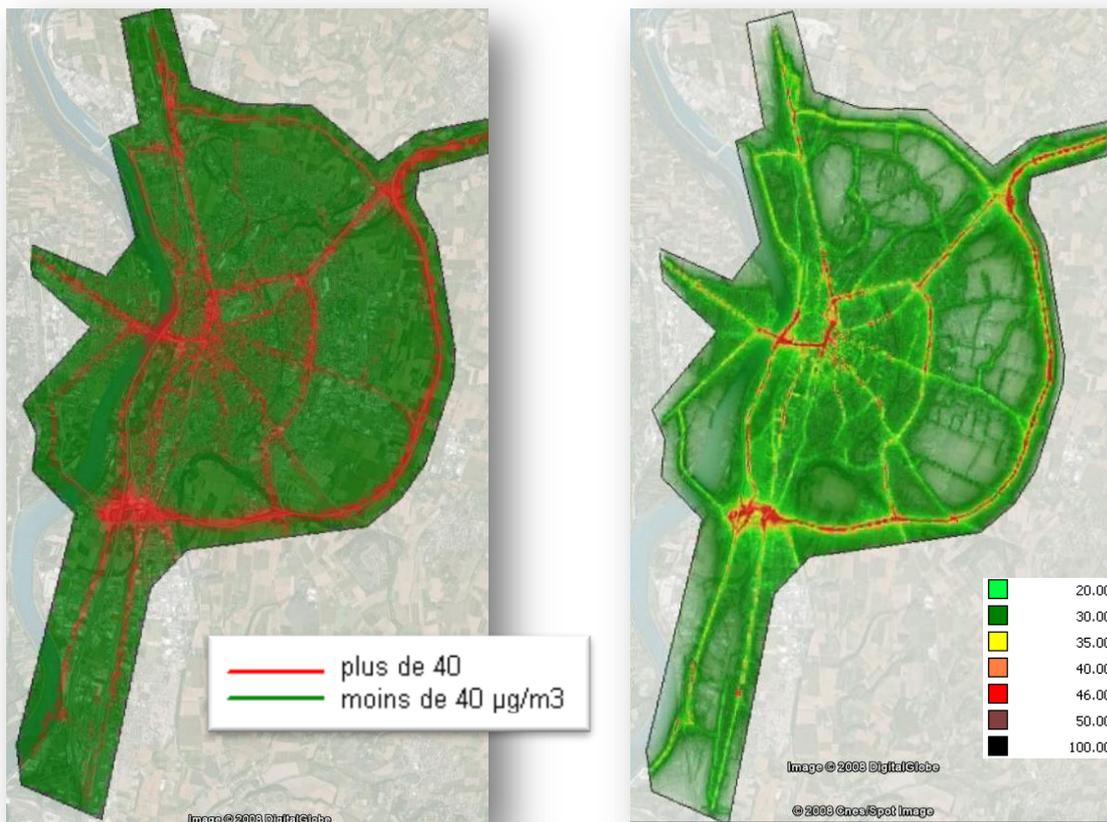


Figure 44 Cartographies NO₂ : moyenne annuelle 2007 en considérant un trafic nul sur l'A7.

2.3.3. Impact sur le pourcentage de population exposée

Le pourcentage de population exposée au NO₂ a été calculé avec la même méthodologie que précédemment (Figure 45). Sans trafic sur l'A7, 4,3% à 7% de la population, soit entre 4 000 et 6 500 personnes, sont exposés à plus de 40 µg.m⁻³ dont 1,6 à 2,3%, soit entre 1 500 et 2 100 personnes, à plus de 46 µg.m⁻³.

Autrement dit, en supprimant le trafic sur l'A7 (sans report de trafic ni considération des échanges routiers aux nœuds de trafic), entre 2 200 et 2 900 personnes (2.4 à 3.1%) ne sont plus exposées à plus de 40 µg.m⁻³ et un peu plus de 1 000 personnes (1.2%) ne le sont plus pour le seuil de 46 µg.m⁻³. Près des 2/3 des personnes exposées résident donc ailleurs que le long de l'A7.

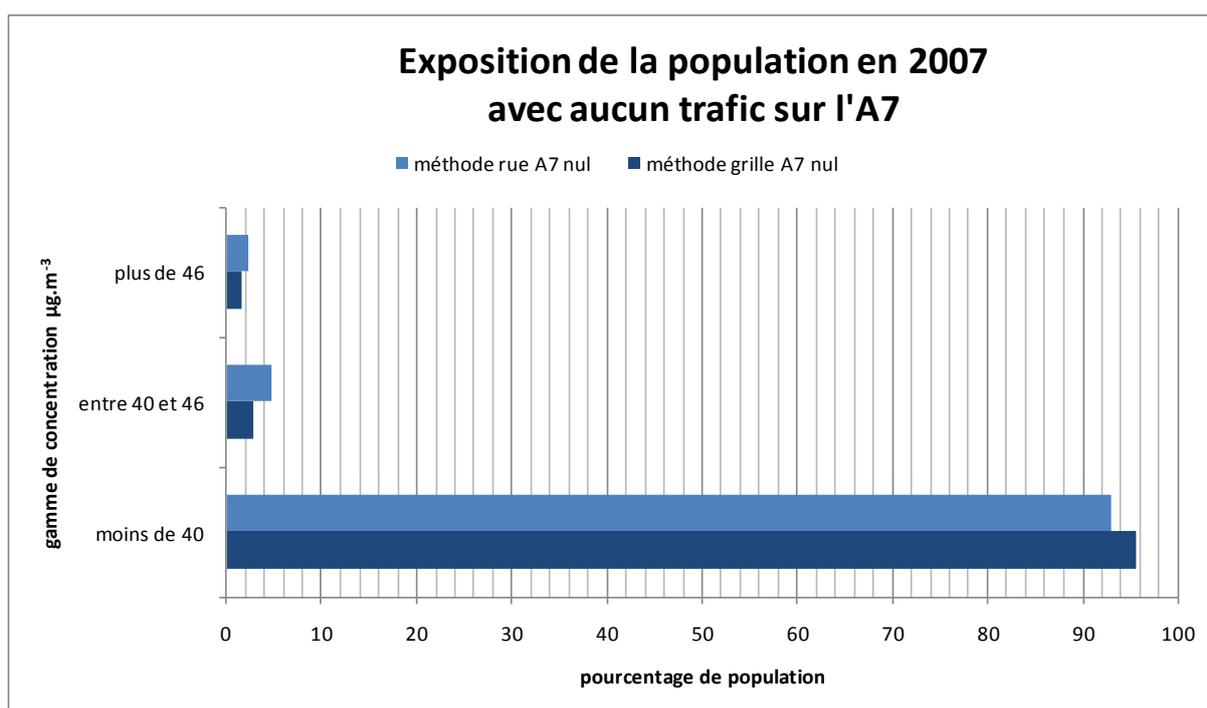


Figure 45 Exposition de la population à différents niveaux de NO₂ pour l'année 2007 sans trafic sur l'A7.

Pour les différentes bandes centrées sur l'A7, le gain est également notable. Seul 0,2% à 0,4%, soit 200 à 400 personnes, est alors exposé à plus de 40 µg.m⁻³; entre 1 000 et 1 500 personnes ne sont plus exposées à plus de 40 µg.m⁻³ (représentant un gain de 1,1% à 1,6%) et 650 à 750 personnes passent sous le seuil des 46 µg.m⁻³ (soit un gain de 0,7% à 0,8%).

bande	100 m	200 m	600 m
moins de 40 µg.m ⁻³	1,7%	4,7%	8,0%
entre 40 et 46 µg.m ⁻³	0,1%	0,2%	0,3%
plus de 46 µg.m ⁻³	0,1%	0,1%	0,2%

Figure 46 Exposition de la population à différents niveaux de NO₂ pour l'année 2007 sans trafic sur l'A7 pour les bandes centrées sur l'A7 et par rapport à la population du domaine d'étude

2.4. Simulations prospectives pour 2010

Les différents scénarii d'évolution des émissions de NOx envisagés par le CETE de Lyon prévoient une augmentation de trafic de l'ordre de 30% entre 2000 et 2020. Ces scénarii ont été construits sur la base d'un baril de pétrole à 100 \$ (1 \$ = 1 €) et une croissance de +2,3% par an. Or, en 2007/2008 (sur 9 mois), il a été observé une baisse de -1.3% du trafic sur A7 (plus marquée pour les véhicules légers que pour les poids lourds) et d'autre part, en région Rhône-Alpes, la vente de carburant est à la baisse depuis 2006.

Les émissions de NOx ont donc été modifiées par rapport à 2007 en utilisant tout d'abord le parc automobile 2010 puis un coefficient a été appliqué pour définir deux scénarii représentant une fourchette de la situation à envisager :

- ✓ un scénario « **2010 haut** » suivant l'hypothèse du CETE avec +1,5 % par an
- ✓ un scénario « **2010 bas** » suivant la tendance 2008 à savoir -1,5 % par an

Le calcul a été effectué pour chaque scénario en considérant une météorologique et une pollution de fond identique à la simulation 2007. Des concentrations annuelles obtenues, les expositions de la population ont ensuite été calculées pour tout le domaine ainsi que pour les zones autour de l'A7.

Les cartographies annuelles obtenues pour chaque scénarii sont présentées Figure 47 et Figure 48. Comme le montrent les Figure 49 et Figure 50 représentant les valeurs aux capteurs fixes du réseau, chaque scénario conduit à une diminution de la moyenne annuelle de NO₂. Cette baisse est essentiellement située sur les axes à grande circulation (Figure 51 et Figure 52). L'évolution du parc automobile contribue donc en majeure partie à la baisse des concentrations.

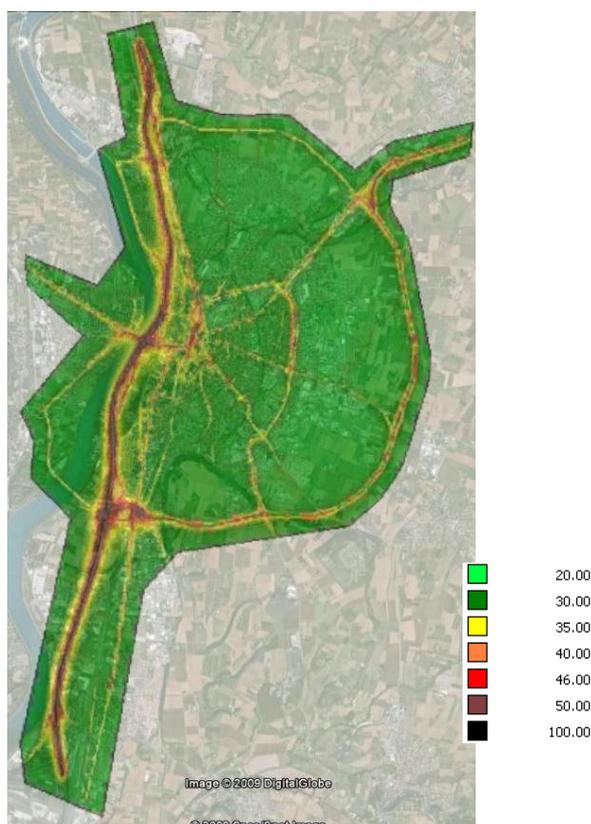


Figure 47 Moyenne annuelle de NO₂ simulée pour le scénario « 2010 bas »



Figure 48 Moyenne annuelle de NO₂ simulée pour le scénario « 2010 haut »



Figure 49 Moyenne annuelle de NO₂ simulée au capteur de Valence Trafic pour les différents scenarii

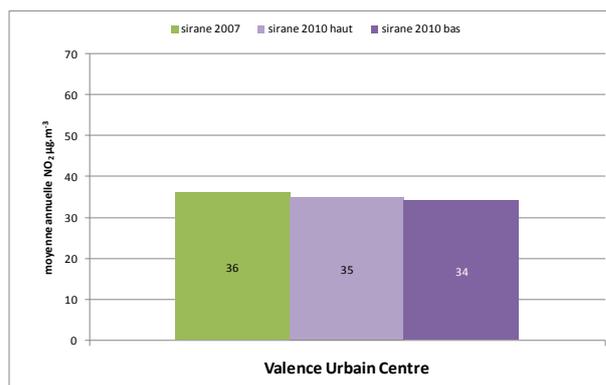


Figure 50 Moyenne annuelle de NO₂ simulée au capteur de Valence Urbain Centre pour les différents scenarii

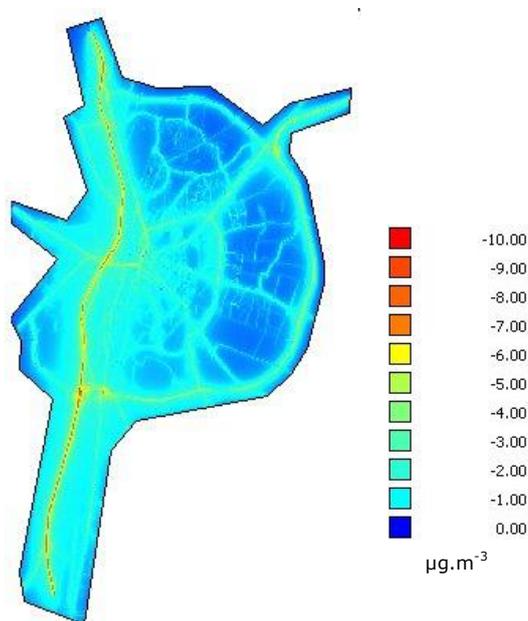


Figure 51 Différence entre les moyennes annuelles de NO₂ simulées pour le scénario « 2010 bas » et la situation 2007 en chaque point de la grille (à 10m de résolution calculée par SIRANE)

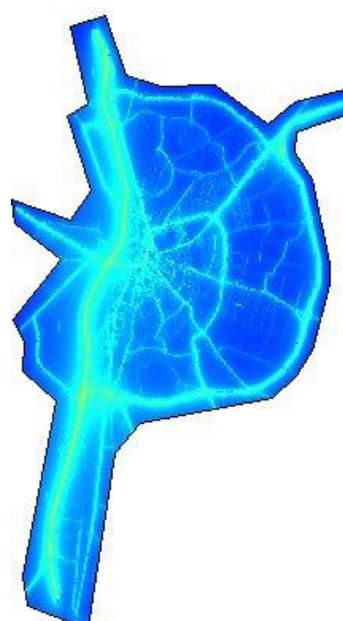


Figure 52 Différence entre les moyennes annuelles de NO₂ simulées pour le scénario « 2010 haut » et la situation 2007 en chaque point de la grille (à 10m de résolution calculée par SIRANE)

Zone	Domaine entier	Bande 100m autour de l'A7	Bande 200m autour de l'A7	Bande 600m autour de l'A7
Scénario « 2010 haut »	5035 pers. 5.4%	1068 pers. 1.2%	1483 pers. 1.6%	1583 pers. 1.7%
Scénario « 2010 bas »	4233 pers. 4.6%	970 pers. 1%	1225 pers. 1.3%	1309 pers. 1.4%

Tableau 9 : Population exposée à plus de 40 µg.m⁻³ de NO₂ en moyenne annuelle (méthode grille).

L'exposition de la population au seuil réglementaire a été évaluée pour chaque situation. Seule la « méthode grille » a été utilisée. En effet, puisqu'avec cette méthode, les rues contribuent au calcul (par dispersion gaussienne) de la concentration en chaque point de la grille, ceux représentant la pollution de fond sont alors influencés par les rues avoisinantes.

Ce n'est pas le cas dans la « méthode rue » avec laquelle la pollution de fond est imposée. Cette approche n'est pas assez représentative du scénario étudié.

Ainsi en 2010, cette simulation permet d'envisager un gain de 1,3% à 2,2% de la population (soit entre 1 200 et 2 000 personnes) qui ne serait plus exposée à plus de 40 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne annuelle de NO_2 par rapport à 2007.

En résumé pour les oxydes d'azote (NO et NO_2)

Le trafic automobile est le premier émetteur d'oxydes d'azote de l'agglomération de Valence. Les concentrations d'oxyde d'azote les plus importantes sont donc mesurées en situation de proximité automobile.

Les mesures effectuées dans le cadre de cette étude mettent en évidence des niveaux de dioxyde d'azote (NO_2) importants en proximité de l'A7, deux fois plus élevés qu'en situation de fond urbain.

Sur le site de Valence Trafic (station permanente d'ATMO Drôme Ardèche), ces niveaux en dioxyde d'azote ne sont réglementairement pas conformes à l'objectif de qualité (40 $\mu\text{g.m}^{-3}$), ni à la valeur limite pour la protection de la santé (46 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en 2007, 40 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en 2010).

Les mesures effectuées par ATMO Drôme Ardèche montrent que ces niveaux ne sont pas spécifiques à cette station de mesure, mais concernent bien l'ensemble du tracé de l'autoroute A7 traversant l'agglomération mais également les axes très circulés du centre urbain de l'agglomération de Valence et de sa périphérie.

A l'aide du modèle SIRANE, une cartographie a été réalisée, présentant les moyennes annuelles du dioxyde d'azote en tout point du domaine étudié (80% de l'agglomération de Valence en termes de population).

En 2007, sur les 92 700 habitants de la zone modélisée, entre 6,7% et 10,1% de la population (soit entre 6 200 et 9 400 personnes) sont exposés à plus de 40 $\mu\text{g.m}^{-3}$ de NO_2 , dont 2,8% à 3,4% à plus de 46 $\mu\text{g.m}^{-3}$ (soit entre 2 500 et 3 200 personnes).

La simulation prospective pour 2010 (calculée selon deux hypothèses d'évolution du trafic, l'une « basse », l'autre « haute »), estime un gain de 1,3% à 2,2% de la population, soit entre 1 200 et 2 000 personnes qui ne seraient plus exposées à plus de 40 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne annuelle de NO_2 par rapport à 2007. Néanmoins, il resterait encore 4,6% à 5,4% de la population (soit entre 4 200 et 5 000 personnes) exposée à cette valeur limite de 40 $\mu\text{g.m}^{-3}$.

2.5. Poussières en suspension (PM₁₀ et PM_{2,5})

Le terme PM₁₀ désigne l'ensemble des poussières en suspension de taille inférieure à 10 microns ou micromètres (10⁻⁶ m ou 0,0001 cm).

Le terme PM_{2,5} désigne les poussières en suspension de taille inférieure à 2,5 microns.

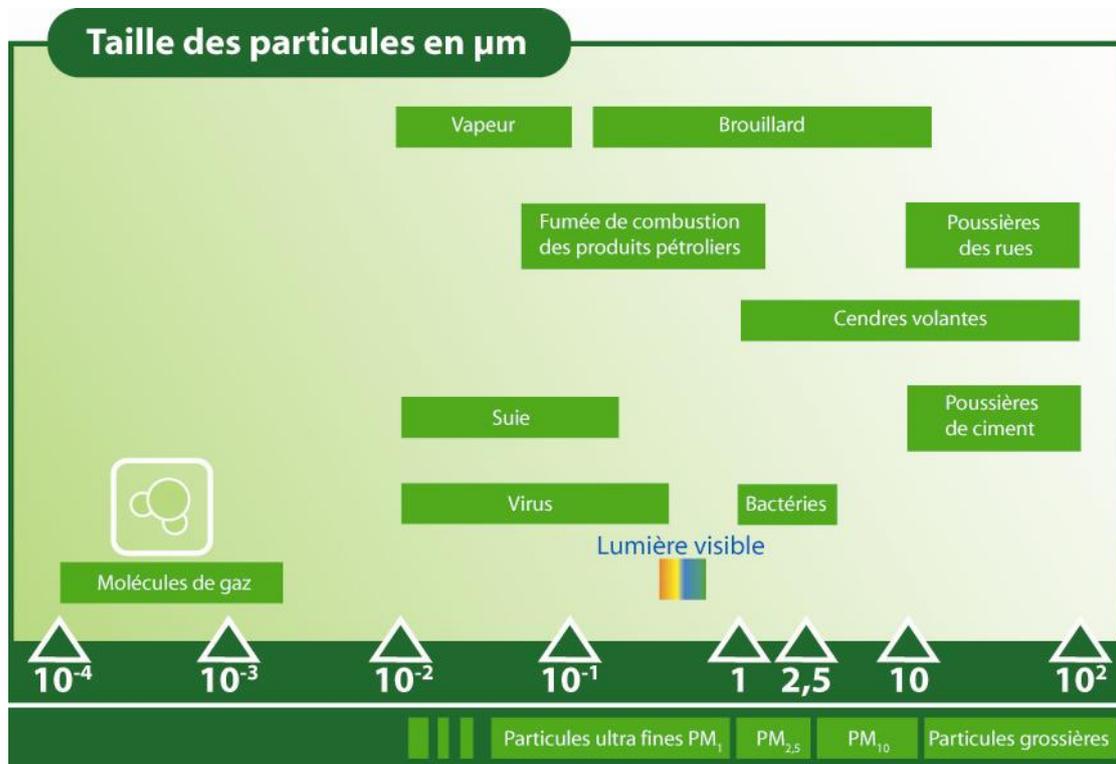


Figure 53 Diamètre des particules

2.5.1. Les émissions de PM₁₀ dans l'agglomération de Valence

Dans l'unité urbaine de Valence, le secteur industriel est le premier émetteur de poussières avec 39% des émissions de PM₁₀. Le transport routier arrive juste derrière avec 33% des émissions.



Figure 54 Répartition des émissions de poussières (PM₁₀) dans l'unité urbaine de Valence à gauche et dans le département de la Drôme à droite (Source : Cadastre 2006 ATMO Drôme Ardèche – Version 2008-3)

2.5.2. Niveaux mesurés et comparaison à la réglementation

Le graphique suivant (Figure 55) illustre les concentrations moyennes annuelles de PM₁₀. Pour les 4 premiers sites. La partie inférieure (en rose clair) correspond au niveau moyen de fond de la station périurbaine Sud de l'agglomération de Valence (28 µg.m⁻³).

En proximité de l'autoroute A7, (sites « Prox A7 – Valence » et « Valence Trafic »), les concentrations moyennes annuelles de PM₁₀ (34 – 36 µg.m⁻³) sont supérieures aux niveaux de fond urbain et périurbains de l'agglomération de Valence (28 - 29 µg.m⁻³).

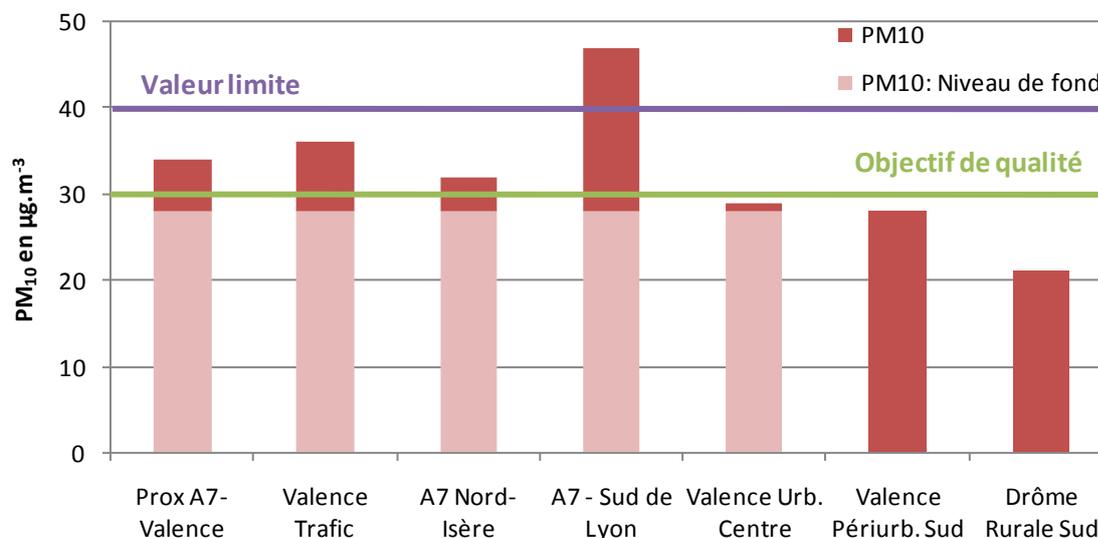


Figure 55 Moyennes annuelles de poussières (PM₁₀) – Comparaison aux valeurs réglementaires

Sur ces sites, les niveaux de poussières plus importants (en rouge foncé) peuvent être liés au trafic automobile et notamment celui de l'autoroute A7. En effet, le trafic est un émetteur non négligeable de poussières dans l'agglomération de Valence, juste derrière le secteur industriel (voir plus haut).

En revanche, pour les poussières (PM₁₀), la différence entre sites de fond et sites de proximité automobile est plus faible que pour le dioxyde d'azote (NO₂). En effet, pour ce dernier, les niveaux doublent en proximité automobile (cf. § précédents).

Parmi les valeurs réglementaires, les poussières PM₁₀ font l'objet d'une **valeur limite pour la protection de la santé humaine en moyenne annuelle** fixée à 40 µg.m⁻³ et d'un **objectif de qualité** fixé à 30 µg.m⁻³.

Avec des niveaux supérieurs à 30 µg.m⁻³ en moyenne annuelle (34 µg.m⁻³), les sites situés à proximité de l'autoroute A7 (cf. graphique précédent) ne respectent pas l'objectif de qualité de l'air concernant les poussières en suspension (PM₁₀).

En revanche, la valeur limite pour la protection de la santé humaine en moyenne annuelle est respectée,

Cette situation concerne la plupart des sites de proximité automobile en Rhône-Alpes, à l'exception du site A7 Sud-Lyonnais, situé au sud de l'agglomération lyonnaise, dans une zone où l'influence des secteurs industriels et résidentiel/tertiaire est également importante.

Il existe une autre **valeur limite pour la protection de la santé humaine** en moyenne journalière fixé à 50 µg.m⁻³, calculée sur la base du percentile 90,4 : la moyenne journalière ne doit pas dépasser 50 µg.m⁻³ plus de 35 jours par an.

Par ailleurs, les arrêtés préfectoraux de juillet 2006 fixent en Rhône-Alpes pour les PM₁₀ un **seuil d'information et de recommandations** à 80 µg.m⁻³ en moyenne journalière et un **seuil d'alerte** à 125 µg.m⁻³ en moyenne journalière.

Les dépassements des valeurs en moyennes journalières observées sur l'ensemble de l'année 2007 pour les **stations fixes** ont été résumés ci-après (Tableau 10).

En 2007, les sites de Valence trafic, A7 Nord Isère et A7 Sud Lyonnais, la valeur limite journalière pour la protection de la santé n'a pas été respectée, avec respectivement 54, 43 et 135 dépassements du seuil journalier de 50 µg.m⁻³.

Sur les autres sites de l'agglomération de Valence (urbain et périurbain) ainsi que le site rural de la Drôme, cette valeur a été respectée, avec respectivement 29, 26 et 8 dépassements.

Le **seuil d'information et de recommandations** ($80 \mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne journalière) a été dépassé en 2007 pendant plusieurs jours sur plusieurs stations de la région Rhône-Alpes dont les stations à proximité de l'autoroute A7.

	Valence Trafic	A7 Nord- Isère	A7 Sud Lyonnais	Valence Urb. Centre	Valence Périurb. Sud	Drôme Rurale Sud
Nombre de dépassements du seuil de $50 \mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne journalière (doit être inférieur à 35 pour respecter la valeur limite)	54	43	135	29	26	8
Nombre de dépassements du seuil d'information et de recommandations ($80 \mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne journalière)	8	8	20	7	7	0
Nombre de dépassements du seuil d'alerte ($125 \mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne journalière)	1	2	2	0	0	0

Tableau 10 Statistiques journalières des PM_{10} sur les stations fixes de référence en 2007

Les dépassements en moyennes journalières observées pendant les 8 semaines de mesures ont été résumés dans le tableau suivant (Tableau 11):

	Prox A7 - Valence	Valence Trafic	A7 Nord- Isère	A7 Sud Lyonnais	Valence Urb. Centre	Valence Périurb. Sud	Drôme Rurale Sud
Nombre de dépassements du seuil de $50 \mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne journalière (doit être inférieur à 35 pour respecter la valeur limite)	13	13	12	23	7	7	1
Nombre de dépassements du seuil d'information et de recommandations ($80 \mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne journalière)	1	1	1	5	0	0	0
Nombre de dépassements du seuil d'alerte ($125 \mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne journalière)	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 11 Statistiques journalières des PM_{10} pendant les 8 semaines de mesures

En 8 semaines de mesures, le site « Prox A7 – Valence » a connu autant de dépassements du seuil journalier de $50 \mu\text{g.m}^{-3}$ (13 dépassements) que le site « Valence Trafic ». Or, sur ce dernier site, la valeur limite pour la protection de la santé humaine n'a pas été respectée sur l'ensemble de l'année 2007 (cf. plus haut).

La corrélation forte entre ces deux sites permet **d'estimer que, sur l'ensemble de l'année 2007, le site « Prox A7 – Valence » dépasse probablement le seuil de $50 \mu\text{g.m}^{-3}$ sur 24h plus de 35 fois et ne respecte pas non plus la valeur limite pour la protection de la santé.**

A noter que les dépassements du **seuil d'information et de recommandations** pendant la campagne n°2 (du 15 mai au 29 mai 2007), ont été liés à l'arrivée et à la stagnation sur la région Rhône-Alpes d'une masse d'air déjà très chargée en particules à la fin du mois de mai 2007 (cf. Figure 56 et Figure 57). L'ensemble du pays a été concerné par cet épisode

de pollution. Cette masse d'air avait transité sur le Nord de l'Europe où elle s'est chargée en particules avant de circuler sur la France.

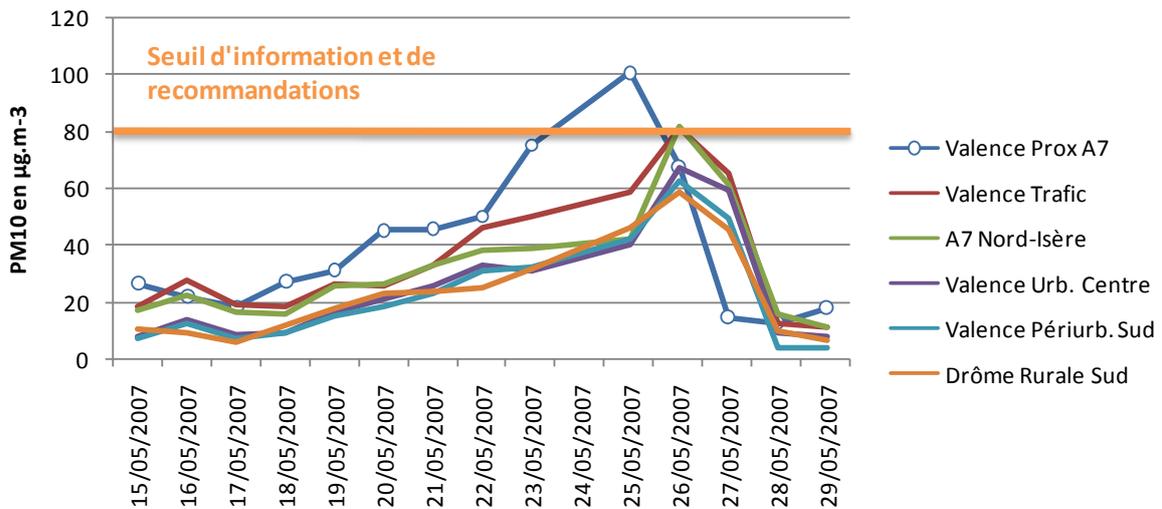


Figure 56 Concentrations moyennes journalières en PM₁₀ pendant la campagne n°2

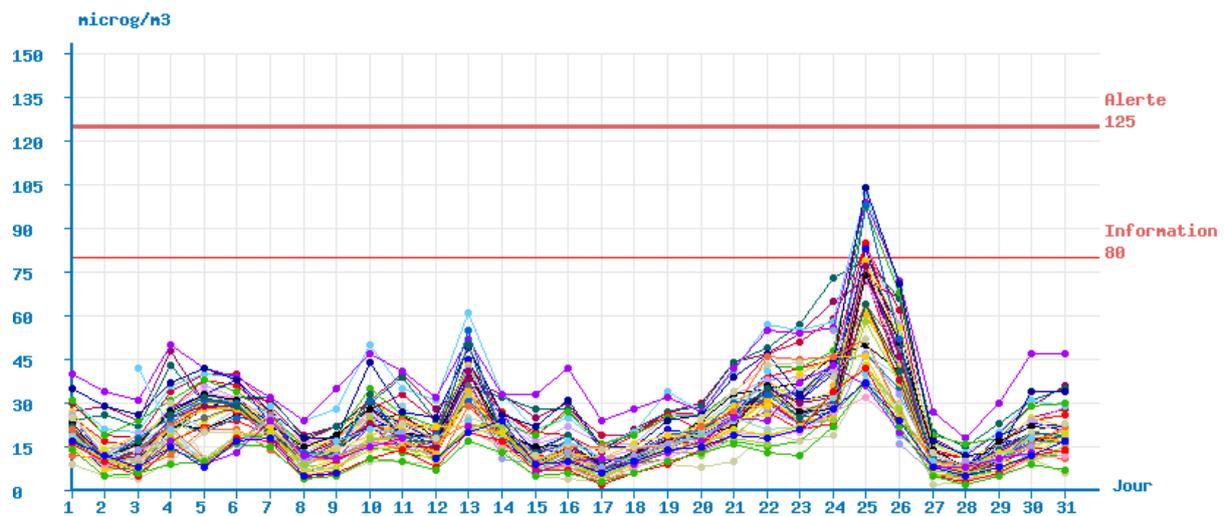


Figure 57 Evolution des concentrations moyennes journalières de PM₁₀ en mai 2007

2.5.3. Evolution de la méthode de mesure des poussières et conséquences sur les niveaux dans l'agglomération de Valence

En 2007, la réglementation concernant la mesure des poussières en suspension a évolué. La technique de mesures des particules a été ajustée afin de pouvoir prendre en compte une fraction volatile des poussières (mesurée depuis 2007). La nouvelle mesure « ajustée » des PM₁₀ (sous entendu « PM₁₀ totales »), comprend donc la fraction non volatile plus la fraction volatile.

Entre 2000 et 2006, la composante non volatile des PM₁₀ a peu évolué dans l'agglomération de Valence. Sur tous les sites de mesures, les niveaux moyens annuels de poussières étaient conformes à l'**objectif de qualité** (cf. ci-dessous).

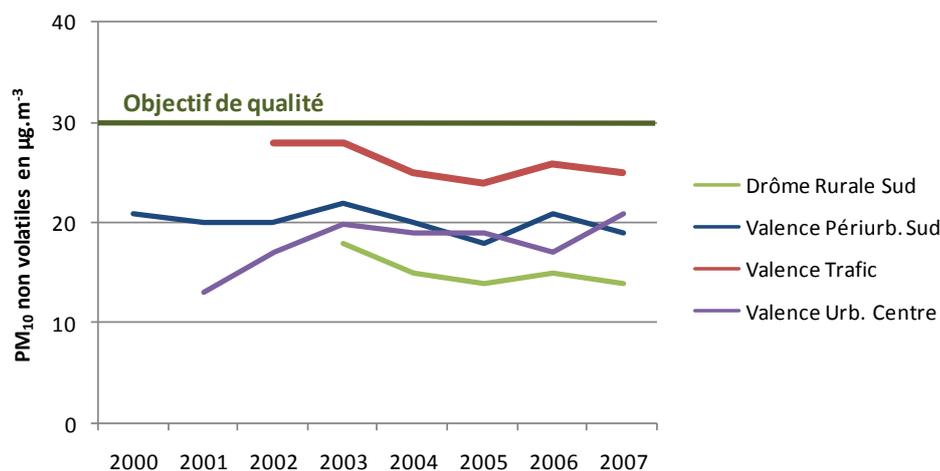


Figure 58 Evolution des concentrations moyennes annuelles de PM₁₀ **non volatiles** dans la Drôme entre 2000 et 2007

L'ajustement des mesures de poussières depuis 2007 (prise en compte de la fraction volatile) a pour incidence une augmentation relative des niveaux de poussières: +8 µg.m⁻³ en moyenne annuelle en 2007 pour les stations urbaines de fond.

Il n'existe pas de seuil réglementaire pour les valeurs horaires des PM₁₀.

Néanmoins, **les résultats statistiques** horaires des PM₁₀ ont été résumés dans le tableau suivant, pour information :

	Prox A7-Valence	Valence Trafic	A7 Nord-Isère	A6 - Sud de Lyon	Valence Urb. Centre	Valence Périurb. Sud	Drôme Rurale Sud
% validité (année)	19,9%	100%	100%	99%	100%	99%	94%
Moyenne	34	36	32	47	29	28	21
Minimum	4	2	0	3	0	0	0
Maximum	215	168	371	253	261	172	102
P99	113	108	108	137	104	102	63
P98	86	91	87	119	81	81	54
P95	71	70	66	98	63	62	45
P75	42	44	40	60	37	36	27
P50	29	32	27	41	25	25	19
P25	21	23	19	27	17	16	13
Coefficient corrélation	1	0,92	0,86	0,71	0,90	0,82	0,71

Tableau 12 Statistiques horaires des PM₁₀

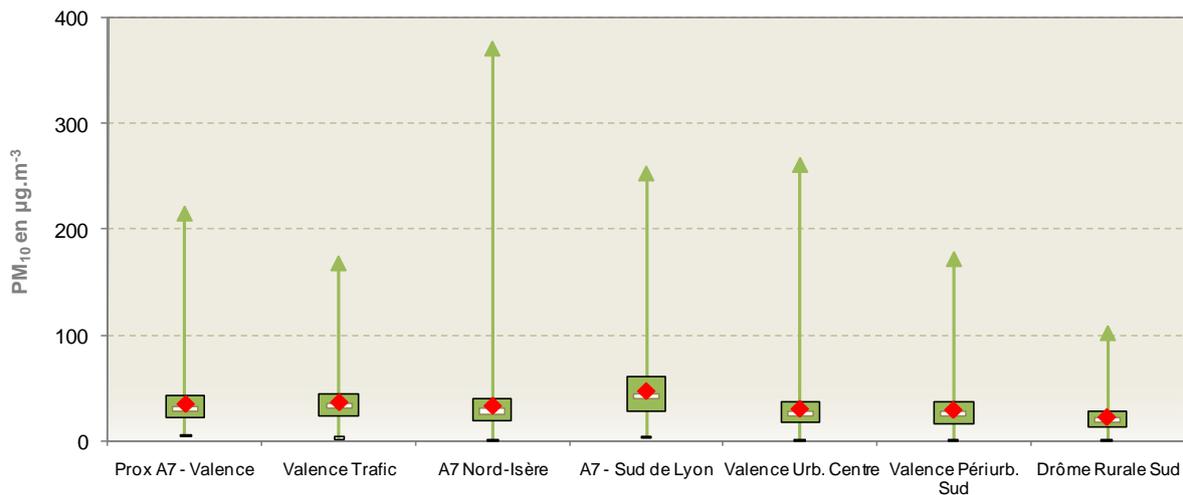


Figure 59 Statistiques horaires des mesures de PM₁₀

(Cf. annexe 1 pour une aide à la lecture de ce graphique)

2.5.4. Evolution saisonnière des concentrations de poussières (PM₁₀)

Le graphique suivant illustre les concentrations moyennes de poussières (PM₁₀) lors des quatre campagnes de mesures.

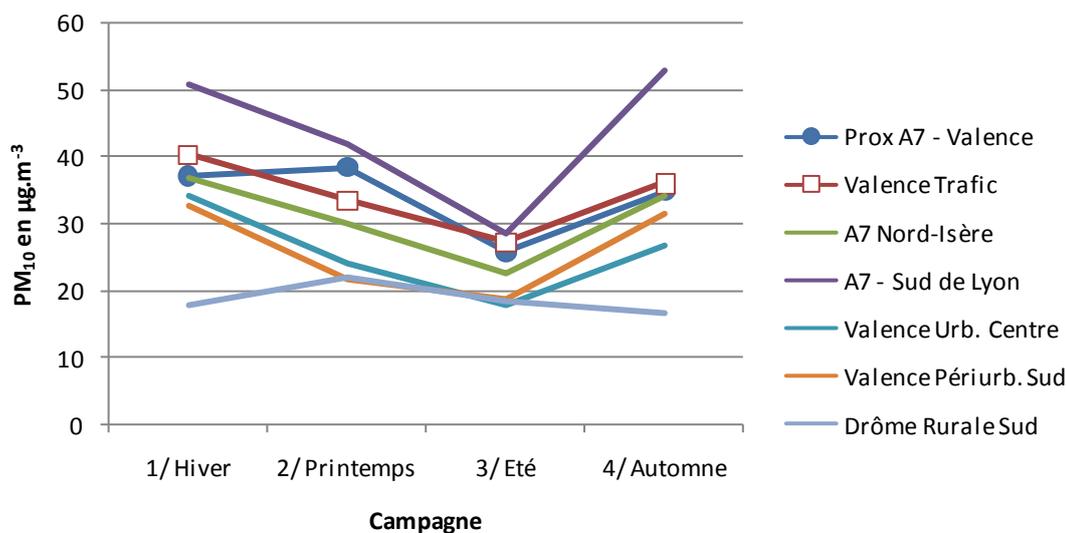


Figure 60 Evolution des concentrations moyennes de PM₁₀ lors de chaque campagne de mesures

A l'inverse du NO₂, les niveaux de PM₁₀ sont caractérisés par une variation saisonnière et cela sur toutes les typologies de sites. Les niveaux les plus importants sont mesurés en hiver, période où l'accumulation des polluants est favorisée par les conditions climatiques (inversions de températures,...).

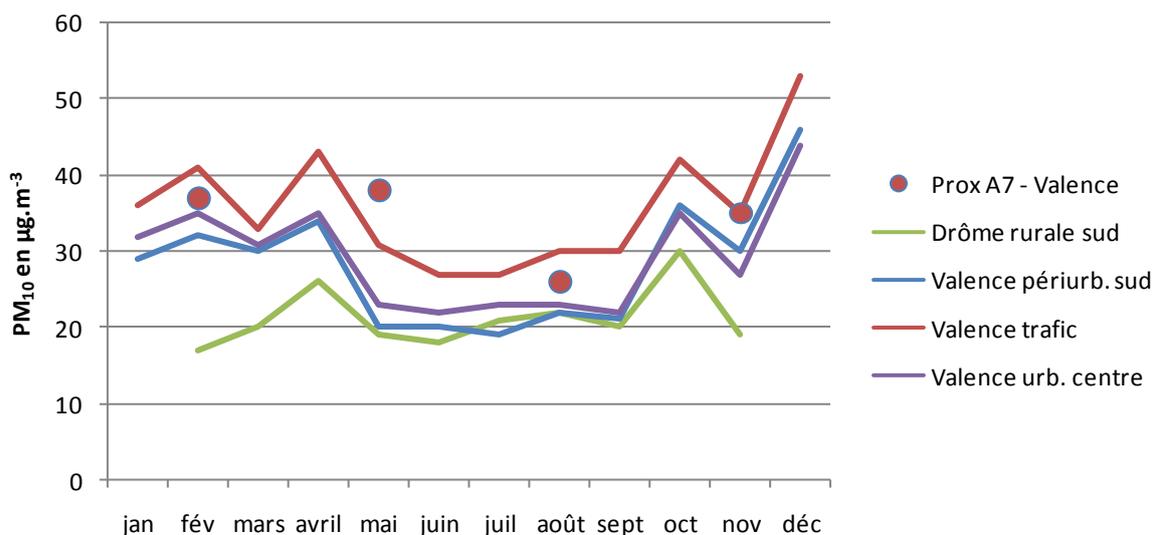


Figure 61 Evolution des concentrations moyennes mensuelles de PM₁₀ dans la Drôme en 2007

2.5.5. Niveaux mesurés en PM_{2,5} et comparaison à la réglementation

Les poussières de taille inférieure à 2,5 microns sont aussi mesurées en continu sur la station de Valence Trafic.

	PM _{2,5}	PM ₁₀
% valide	99,6%	99,6%
Moyenne en µg.m ⁻³	18	26
Minimum en µg.m ⁻³	0	0
Maximum en µg.m ⁻³	125	129
Percentile 99 en µg.m ⁻³	58	75
Percentile 98 en µg.m ⁻³	47	65
Percentile 95 en µg.m ⁻³	36	52
Percentile 75 en µg.m ⁻³	21	32
Percentile 50 en µg.m ⁻³	15	23
Percentile 25 en µg.m ⁻³	11	16

Tableau 13 Statistiques horaires des PM_{2,5} et PM₁₀ sur la station de Valence trafic entre le 1^{er} mars 2007 et le 29 février 2008

Sur la station de Valence Trafic, le rapport PM_{2,5} / PM₁₀ montre que parmi les particules de taille inférieure à 10 microns, environ 70% des sont de taille inférieure à 2,5 microns.

Concernant la réglementation, la moyenne annuelle de 18 µg.m⁻³ en PM_{2,5} mesurées sur la station Valence Trafic respecte la valeur cible fixée à 25 µg.m⁻³ (à partir de 2010), ainsi que la valeur limite fixée à 20 µg.m⁻³ (à partir de 2020).

En résumé pour les poussières (PM₁₀ et PM_{2.5})

Même si le trafic automobile n'est pas le premier émetteur de poussières de l'agglomération de Valence, les concentrations de poussières peuvent être importantes en proximité automobile.

Les mesures effectuées dans le cadre de cette étude mettent en évidence des niveaux de poussières en proximité de l'A7 plus élevés qu'en situation de fond (+30% en proximité de l'A7 par rapport au niveau de fond).

En proximité de l'autoroute A7 dans l'agglomération de Valence, l'objectif de qualité concernant les poussières en suspension n'est pas respecté. Cette situation concerne aussi d'autres sites en proximité automobile de la région (A7 au sud de Lyon, Rocade de Grenoble).

Les mesures de PM₁₀ montrent des dépassements du seuil d'information et de recommandations concernant les poussières PM₁₀ (80 µg.m⁻³ en moyenne journalière) sur les sites de fond et les sites de proximité dans l'agglomération de Valence. Ces dépassements étaient liés à l'association de deux facteurs. Le premier était l'apparition de facteurs météorologiques favorables à l'accumulation de poussières dont les émissions étaient importantes (émissions par le chauffage du résidentiel/tertiaire en hiver). Le second était lié à l'arrivée sur la région d'une masse d'air déjà très chargée en particules.

2.6. BTX : Benzène, Toluène, xylènes

Le benzène, toluène et les xylènes font partie de la famille des Composés Organiques Volatils (COV).

2.6.1. Les émissions de COV dans l'agglomération de Valence

Avec seulement 16% des émissions de Composés Organiques Volatils non méthaniques (COVNM), **le trafic automobile représente le 3^{ème} émetteur de COVNM** derrière le résidentiel/tertiaire (33%) et le secteur industriel (44%) dans l'unité urbaine de Valence. Cette répartition des émissions de COV va confirmer le fait que les plus fortes concentrations de benzène n'ont pas été mesurées en proximité de l'autoroute A7.

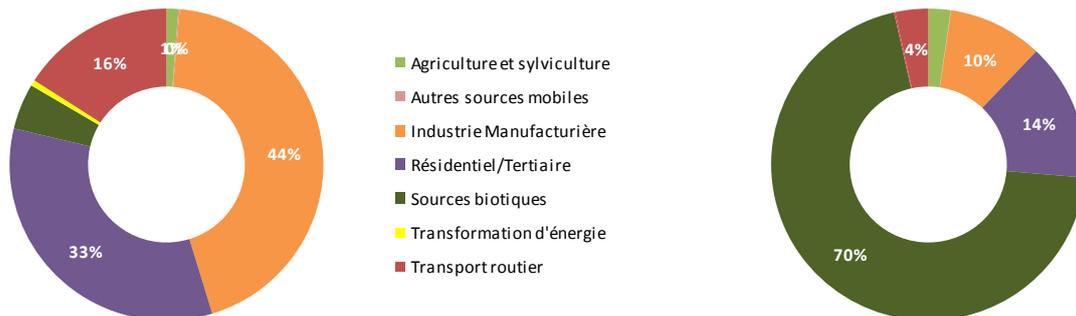


Figure 62 Répartition sectorielle des émissions de Composés Organiques Volatils non méthaniques (COVNM) dans l'unité urbaine de Valence (Source : Cadastre 2006 ATMO Drôme Ardèche – Version 2008-3)

La cartographie régionale du benzène réalisée en 2005 avait montré une répartition spatiale du benzène caractérisée par une concentration plus importante au cœur des agglomérations.

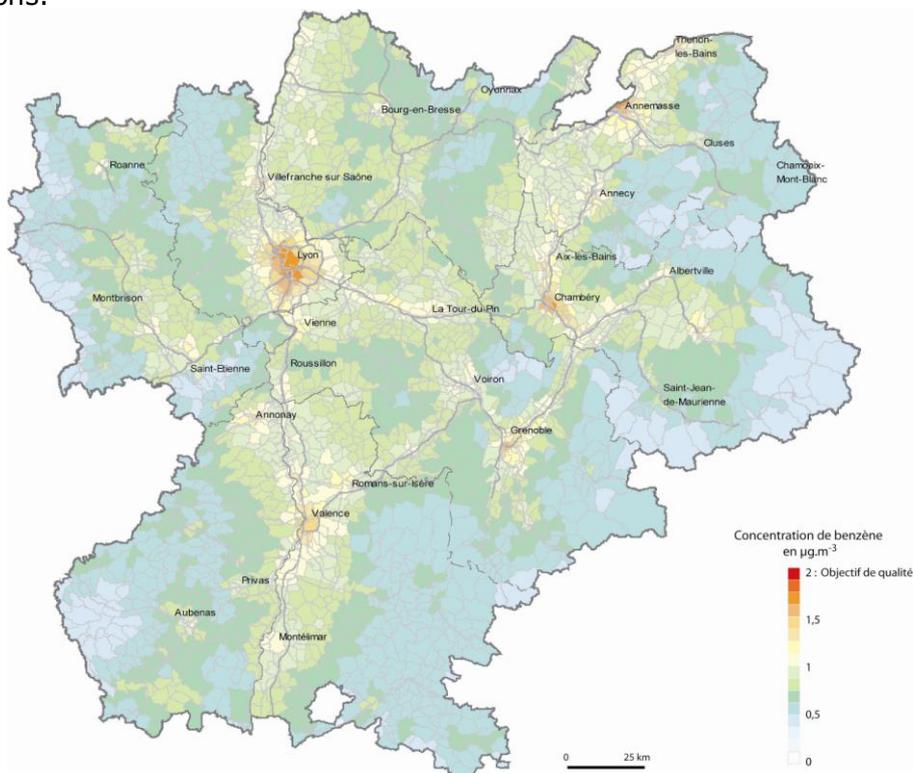


Figure 63 Cartographie régionale des niveaux de fond en benzène (C₆H₆) en 2005

2.6.2. Niveaux mesurés et comparaison à la réglementation

ATMO Drôme Ardèche a réalisé des mesures indicatives de benzène (C₆H₆) et de toluène (C₇H₈) par tubes à diffusion. Ces mesures sont indicatives dans le sens où la mesure du benzène par tubes à diffusion sur une période de 8 semaines peut être considérée comme moins représentative au regard des valeurs réglementaires.

Pour le benzène, les niveaux moyens mesurés sont compris entre 1,4 et 4,3 µg.m⁻³. Pour le toluène, les niveaux moyens sont compris entre 2,9 et 18,6 µg.m⁻³. Les niveaux de benzène et de toluène les plus importants ont été mesurés sur le même site (« Tcentre_2 »).

Le tableau suivant permet aussi de distinguer les sites qui sont situés à proximité immédiate de l'autoroute A7 (notés Prox A7).

Site	Situation par rapport à autoroute A7	Benzène (C ₆ H ₆)	Toluène (C ₇ H ₈)
LongA7_2	Prox A7	1,4	2,9
LongA7_4	Prox A7	1,5	4,1
LongA7_5	Prox A7	1,5	4,2
LongA7_6	Prox A7	1,5	3,6
LongA7_7	Prox A7	1,8	5,1
Tcentre_1		2,7	11,6
Tcentre_2		4,3	18,6
Tcentre_3		2,2	10,0
Tcentre_4		2,3	9,2
Tcentre_5		1,9	6,9
Tcentre_6		3,0	11,3
Tcentre_7		3,0	11,1
Tmob_1/LongA7_3	Prox A7	2,7	8,3
Tmob_1bis	Prox A7	1,7	4,3
Tmob_2		2,4	7,8
Tmob_3		2,3	7,7
Tmob_4		1,5	3,7
Tmob_5		2,0	5,8
Tmob_6		2,4	7,1
Tmob_7		1,9	5,1
Tsud1		1,4	3,4
Tsud2		1,4	3,2
Tsud3/LongA7_1	Prox A7	2,2	6,1
Tsud4		1,5	4,5
Tsud5		1,8	5,5
Tsud6		1,8	7,4
Tsud7		1,6	6,7

Tableau 14 Estimation des concentrations moyennes annuelles de benzène dans l'agglomération de Valence

Avec une concentration (estimée) en moyenne annuelle de benzène supérieure à $2 \mu\text{g.m}^{-3}$, quelques sites ne semblent pas conformes à l'**objectif de qualité** (indiqués en orange dans le tableau précédent). Toutefois, ces sites respecteraient la **valeur limite pour la protection de la santé** fixée à $5 \mu\text{g.m}^{-3}$ en 2010 et $8 \mu\text{g.m}^{-3}$ en 2007.

2.6.3. Répartition spatiale du benzène et du toluène

Les niveaux de benzène les plus importants n'ont pas été mesurés à proximité de l'autoroute A7 mais dans le **centre de Valence** et notamment les sites installés sur l'avenue de Chabeuil.

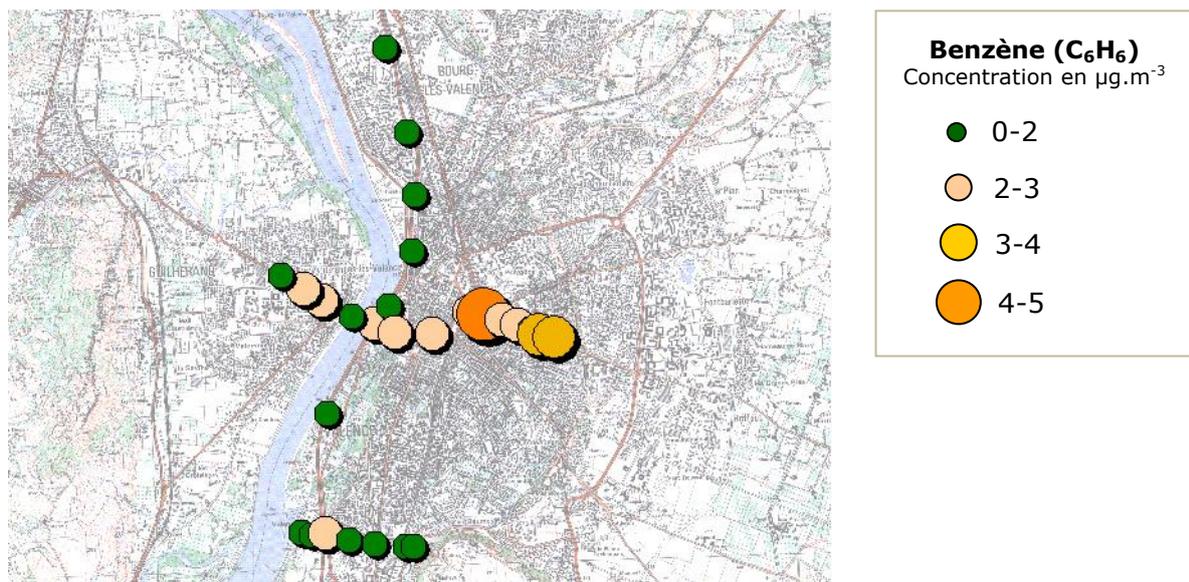


Figure 64 Estimation des concentrations moyennes annuelles de benzène (C_6H_6) dans l'agglomération de Valence

A l'inverse du dioxyde d'azote, les niveaux de benzène évoluent peu à proximité de l'autoroute A7 au cours de l'année par rapport aux sites du centre de l'agglomération de Valence (Figure 65).

En été, les niveaux de benzène sont homogènes dans l'ensemble de l'agglomération de Valence et pratiquement tous inférieurs à $2 \mu\text{g.m}^{-3}$. En hiver, l'augmentation des niveaux de benzène concerne tous les sites, mais elle est plus importante sur les sites du centre.

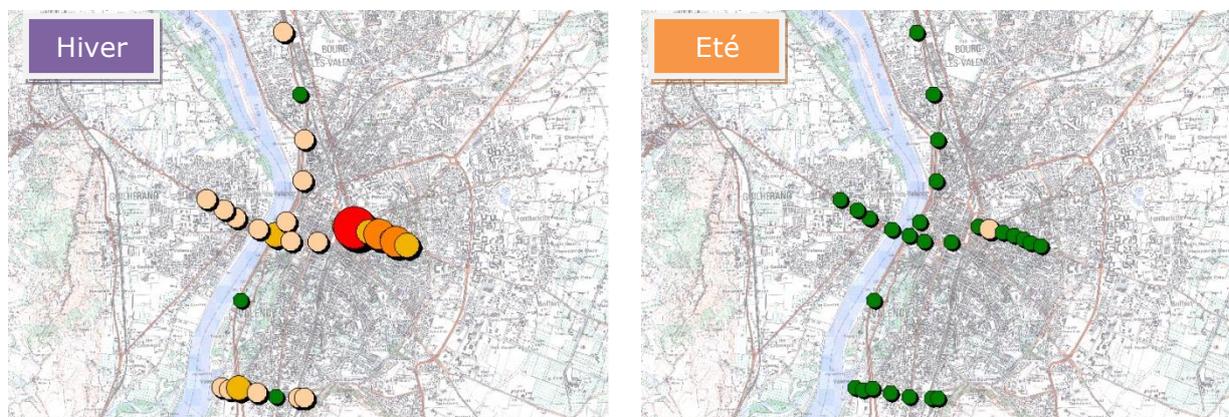


Figure 65 Concentrations en benzène en hiver (à gauche) et en été (à droite)

Comme pour le benzène, les niveaux les plus importants de toluène n'ont pas été mesurés à proximité de l'autoroute A7 mais dans le centre de Valence.

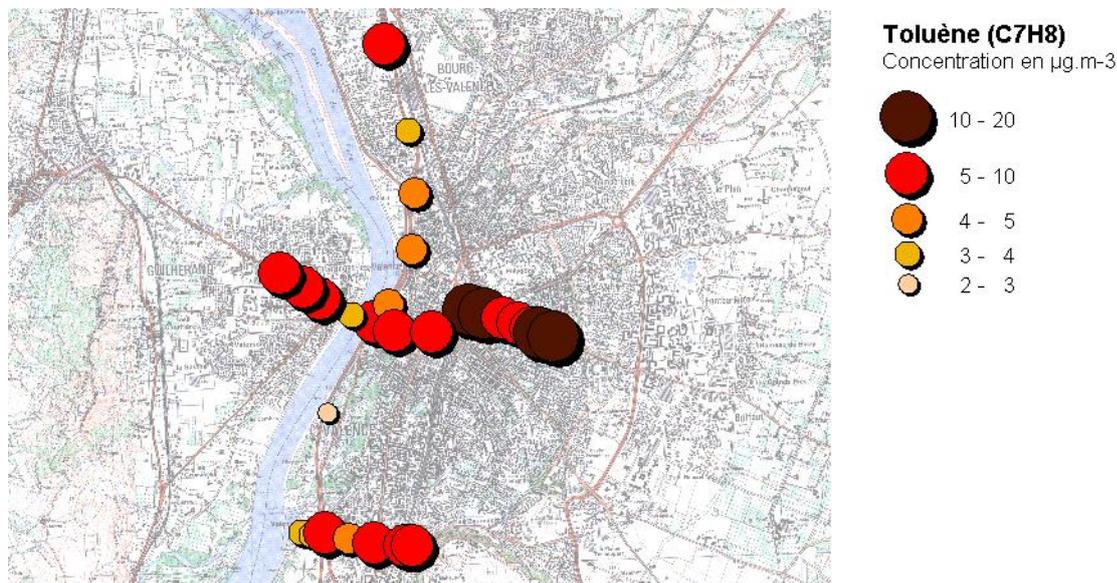


Figure 66 Estimation des concentrations moyennes annuelles de toluène (C₇H₈) dans l'agglomération de Valence

Les niveaux plus élevés de benzène et de toluène ont été mesurés sur les sites urbains. Dans l'agglomération de Valence, le trafic automobile ne représente que le 3^{ème} émetteur de COVNM.

D'autres facteurs intervenant sur les émissions de benzène peuvent expliquer la répartition des concentrations : différences de régimes moteurs entre les voitures circulant en centre ville et les voitures circulant sur l'autoroute (fraction de véhicules à chaud plus importante), et présences d'autres sources potentielles (parkings, stations services, industries...).

2.6.4. Mesures en continu de benzène et toluène

Le benzène et le toluène sont aussi mesurés en continu sur la station urbaine de fond de l'agglomération de Valence. La moyenne annuelle en benzène est légèrement inférieure à $1 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$. **Les niveaux de fond en benzène sont donc conformes à l'objectif de qualité de l'air** concernant ce polluant (objectif de qualité fixé à $2 \mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ en moyenne annuelle).

	Valence Urb. Centre		A7 Nord-Isère	
	Benzène	Toluène	Benzène	Toluène
% de validité	93%	93%	57%	57%
Moyenne en $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	0,8	4,1	1,9	2,2
Minimum en $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	0	0	0	0
Maximum en $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	31	165	147	32
Percentile 99 en $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	4	28	19	13
Percentile 98 en $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	3	18	11	10
Percentile 95 en $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	3	11	6	7
Percentile 75 en $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	1	4	2	3
Percentile 50 en $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	0	3	1	1
Percentile 25 en $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	0	2	0	1

Tableau 15 Statistiques horaires du benzène (C_6H_6) et du toluène (C_7H_8) sur la station urbaine de fond de Valence et sur la station de proximité automobile « A7 Nord Isère »

En résumé pour les Composés Organiques Volatils (COV)

Le trafic automobile représente dans l'agglomération de Valence le 3^{ème} émetteur de Composés Organiques Volatils (15% des émissions). Le secteur résidentiel/tertiaire est le premier émetteur de COV avec 42% des émissions.

La répartition des concentrations de benzène (C_6H_6) mesurées par tubes à diffusion est différente de celle du dioxyde d'azote (NO_2). Les niveaux de benzène les plus importants n'ont pas été mesurés à proximité de l'autoroute A7 mais dans le centre de l'agglomération de Valence.

2.7. Monoxyde de carbone (CO)

2.7.1. Emissions en monoxyde de carbone dans l'agglomération de Valence

Dans l'unité urbaine de Valence, le transport routier est responsable de 60% des émissions de monoxyde de carbone. Le résidentiel tertiaire représente le 2^{ème} émetteur de CO avec 30% des émissions totales de CO.

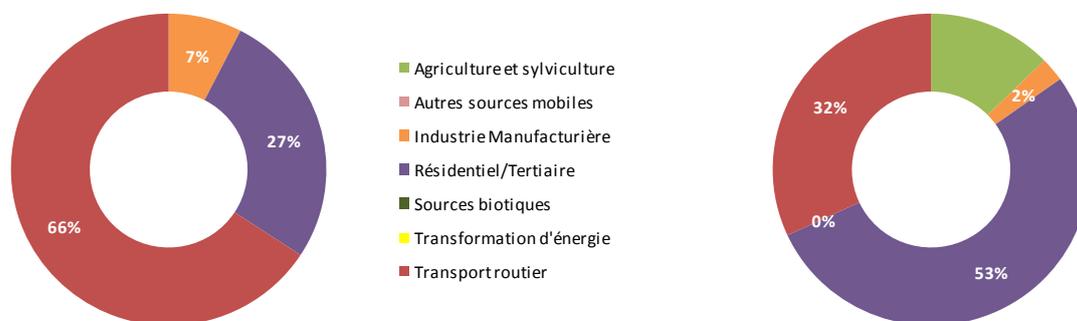


Figure 67 Répartition sectorielle des émissions de monoxyde de carbone (CO) dans l'unité urbaine de Valence à gauche et dans la Drôme à droite (Source : Cadastre 2006 ATMO Drôme Ardèche – Version 2008-3)

2.7.2. Niveaux mesurés et comparaison à la réglementation

Le graphique suivant illustre l'estimation des concentrations moyennes annuelles en monoxyde de carbone pour le site Prox A7 – Valence et les moyennes annuelles pour les sites fixes (Valence Trafic et A7 Sud lyonnais).

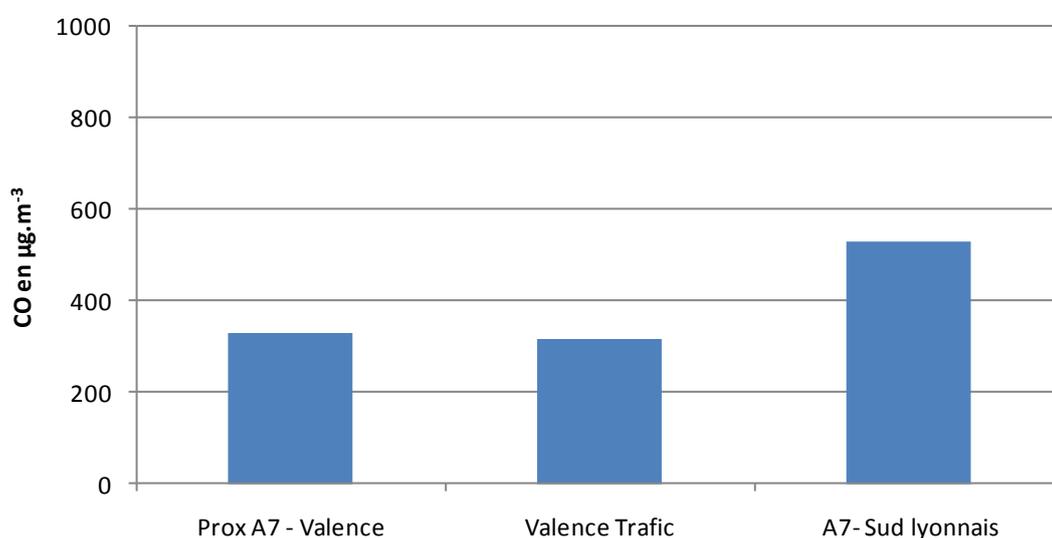


Figure 68 Estimation des concentrations moyennes annuelles en monoxyde de carbone (CO)

Sur les deux sites situés à proximité de l'autoroute A7 dans l'agglomération de Valence, les niveaux moyens annuels en monoxyde de carbone sont très proches ($\sim 319-328 \mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne).

Comme pour les autres polluants, les niveaux de CO en proximité de l'A7 à Valence sont inférieurs à ceux mesurés sur la station « A7 Sud de Lyon » ($532 \mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne annuelle).

Station	Prox A7 - Valence	Valence Trafic	A7 - Sud de Lyon
% valide	19,9%	98,8%	94,8%
Moyenne en $\mu\text{g.m}^{-3}$	329	319	532
Minimum en $\mu\text{g.m}^{-3}$	0	0	0
Maximum en $\mu\text{g.m}^{-3}$	1372	2244	3139
Percentile 99 en $\mu\text{g.m}^{-3}$	1005	1093	1745
Percentile 98 en $\mu\text{g.m}^{-3}$	886	868	1510
Percentile 95 en $\mu\text{g.m}^{-3}$	717	638	1188
Percentile 75 en $\mu\text{g.m}^{-3}$	411	375	680,5
Percentile 50 en $\mu\text{g.m}^{-3}$	291	282	459
Percentile 25 en $\mu\text{g.m}^{-3}$	199	210	287
Coefficient de corrélation	1,00	0,79	0,60

Tableau 16 Statistiques horaires du monoxyde de carbone (CO)

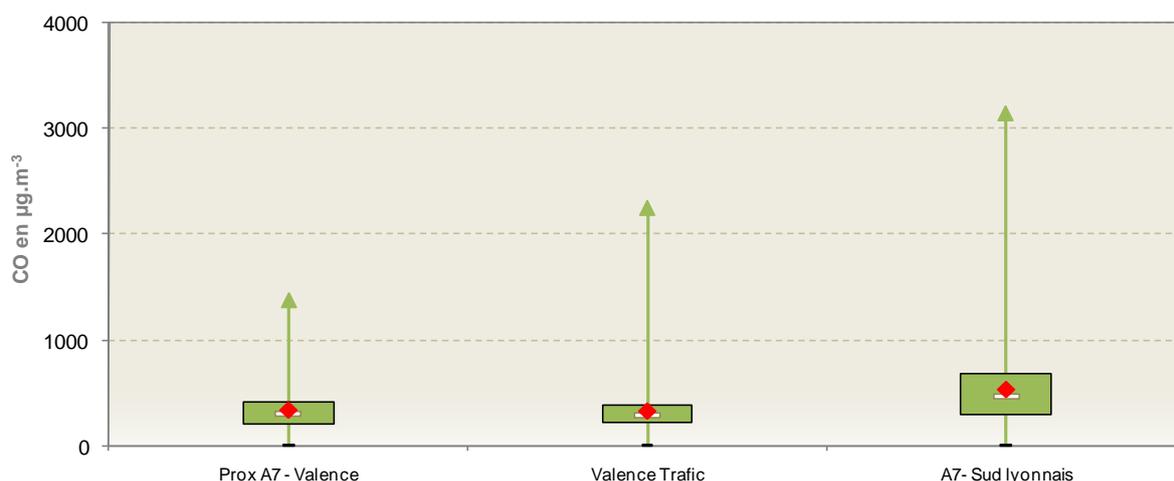


Figure 69 Statistiques horaires des mesures de monoxyde de carbone (CO)

Cf. annexe 1 pour une aide à la lecture de ce graphique.

Les niveaux de ce polluant sont en baisse régulière depuis plusieurs années. Cette baisse généralisée est due à la mise en place depuis 1993 des pots catalytiques.

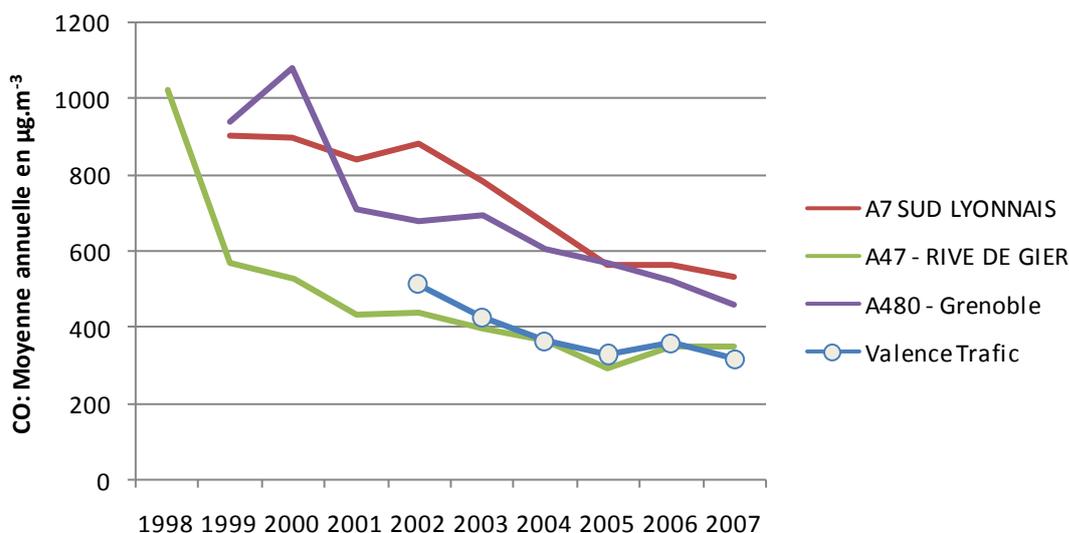


Figure 70 Evolution des concentrations moyennes annuelles de monoxyde de carbone (CO) sur plusieurs sites de proximité automobile de la région Rhône-Alpes

Sur les deux sites de mesures en proximité de l'A7, les niveaux de monoxyde de carbone respectent la valeur limite pour la protection de la santé : $1,3 \text{ mg.m}^{-3}$ pour le maximum journalier de la moyenne glissante sur 8 heures, par rapport à une valeur limite fixée à 10 mg.m^{-3} .

En résumé pour le monoxyde de carbone (CO)

Grâce à la mise en place de normes anti-pollution, les émissions de monoxyde de carbone par le trafic automobile sont en baisse régulière depuis plusieurs années (baisse d'environ -50% entre 1998 et 2007).

Pour ce polluant, les niveaux mesurés sont conformes aux valeurs réglementaires dans l'agglomération de Valence.

CONCLUSION

L'agglomération de Valence est traversée du nord au sud par l'autoroute A7, qui longe le Rhône. La station « Valence Trafic », implantée à proximité de cette autoroute, dépasse depuis son installation en 2002 la **valeur limite annuelle pour la protection de la santé** pour le polluant dioxyde d'azote (NO₂).

En 2007, ATMO Drôme Ardèche a entrepris de réaliser un bilan complet de la qualité de l'air de l'agglomération de Valence et plus particulièrement en proximité de l'autoroute A7. Cette étude a associé mesures et modélisation, permettant ainsi d'évaluer l'exposition potentielle de la population au dioxyde d'azote.

Les mesures réalisées en plusieurs points de l'agglomération ont confirmé qu'en proximité de l'autoroute la qualité de l'air n'était pas conforme à la **valeur limite annuelle pour la protection de la santé**. A noter qu'une situation identique a été observée autour des axes principaux de circulation du centre de l'agglomération.

Les simulations issues du modèle croisées aux données liées à l'habitat ont permis d'évaluer les territoires impactés et notamment la fraction de la population exposée à des concentrations de dioxyde d'azote (NO₂) en moyenne annuelle dépassant la valeur limite réglementaire pour la protection de la santé, sachant que la zone étudiée représente 80 % de la population de l'agglomération de Valence.

La mise en place de SIRANE sur l'agglomération de Valence a permis d'obtenir les premières simulations à l'échelle de la rue sur cette agglomération. D'un point de vue technique, cette étude est également novatrice dans l'utilisation de la méthodologie COPERT IV pour la génération des émissions représentatives du trafic.

Même si des évolutions d'amélioration du modèle demeurent nécessaires, notamment par la prise en compte des données de comptage plus fines et actualisées et l'élaboration d'une matrice de trafic afin de mieux reproduire les évolutions horaires de la pollution et étendre cette modélisation à d'autres polluants, cet outil est désormais opérationnel sur l'agglomération de Valence.

Ce modèle permettra à ATMO Drôme Ardèche de suivre l'évolution annuelle des niveaux de pollution à l'échelle de la rue, mais également de répondre aux attentes des pouvoirs publics pour quantifier l'impact sur la pollution atmosphérique de plans d'actions et ou de politiques publiques d'aménagement du territoire, entrepris localement.

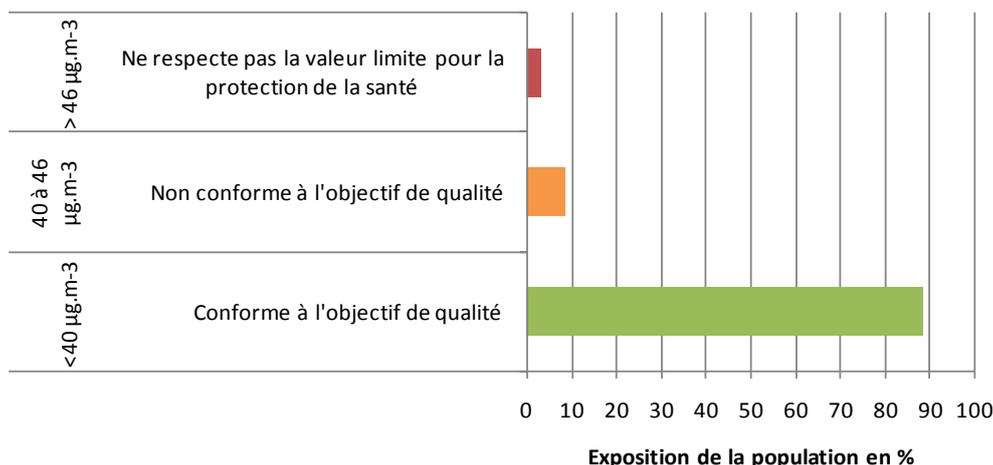
Il s'avèrera en particulier un outil intéressant dans le cadre de la mise en place et de l'évaluation d'un Plan de Déplacement Urbain (PDU).

Principaux résultats obtenus concernant le dioxyde d'azote (NO₂) :

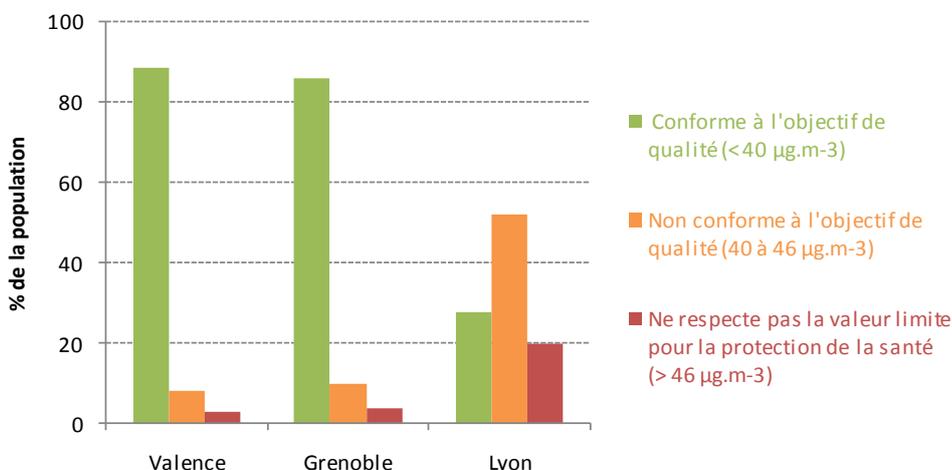
En 2007, entre 2,8 à 3,4% de la population de la zone modélisée (soit environ 2 500 à 3 200 personnes) ont été exposées à un air ne respectant pas la valeur limite pour la protection de la santé fixée à 46 µg.m⁻³, dont 0,8% à 1% résidant à moins de 600m de l'A7 (environ 750 à 900 personnes).

Les résultats montrent également qu'entre 6,7% et 10,1% de la population de la zone étudiée étaient exposées à des niveaux supérieurs à l'objectif de qualité et valeur limite pour 2010 de 40 µg.m⁻³ (soit environ 6 200 à 9 400 personnes), dont 1,3% à 2,1% résidant à moins de 600m de l'A7 (1 200 à 1 900 personnes).

A titre de comparaison, les calculs d'exposition simulés par SIRANE ont montré que l'exposition à une concentration en dioxyde d'azote (NO₂) ne respectant pas la valeur limite pour la protection de la santé concernait 20% de la population de l'agglomération lyonnaise et 4% de l'agglomération grenobloise (voir graphes ci-dessous).



Exposition de la population de l'agglomération de Valence au dioxyde d'azote (NO₂) en 2007 en fonction de la valeur limite pour l'année (46 µg.m⁻³) et de l'objectif de qualité (40 µg.m⁻³)



Exposition de la population au dioxyde d'azote (NO₂) pour les agglomérations de Lyon, Valence et Grenoble en 2007

Les simulations prospectives ont permis d'apporter également des éléments chiffrés selon différents scénarii :

- **Un cas-test simulant l'A7 sans trafic** a été réalisé permettant de mettre en avant un gain de 2,4 à 3,1% (2 200 à 2 900 personnes) qui ne seraient plus exposées à des valeurs supérieures à 40 µg.m⁻³ (objectif qualité et valeur limite pour 2010) et environ 1,2% (1 100 personnes) non exposées à la valeur limite pour 2007. Ce scénario permet également de mettre en évidence qu'environ 2/3 de la population exposée à des niveaux supérieurs à la réglementation réside ailleurs qu'en bordure d'A7.
- **Deux scénarii de trafic pour l'agglomération de Valence en 2010** ont été testés, l'un basé sur une fourchette haute d'évolution de trafic (+1,5% de trafic par an) et l'autre sur une fourchette basse (-1,5% de trafic par an, sous l'hypothèse de conditions météorologiques fixes).

Ainsi en 2010, au minimum, entre 1,3 et 2,2% de la population de la zone d'étude (soit 1 200 à 2 000 personnes) ne seraient plus exposées à des niveaux supérieurs à la réglementation en NO₂ par rapport à 2007. Toutefois, il restera encore entre 4,6 et 5,4% de la population (soit 4 200 à 5 000 personnes) exposées à un air non conforme.

Population exposée à des valeurs en NO ₂ supérieures à...	...40 µg.m ⁻³ (objectif qualité et valeur limite 2010)	...46 µg.m ⁻³ (valeur limite 2007)
En 2007	6 200 à 9 400 personnes	2 500 à 3 200 personnes
En 2007, sans trafic sur l'A7	4 000 à 6 500 personnes	1 500 à 2 100 personnes
Scénario « 2010 haut »	Environ 5 000 personnes	<i>Non calculé</i>
Scénario « 2010 bas »	Environ 4 200 personnes	<i>Non calculé</i>

Résumé de l'exposition de la population selon les différents scénarios testés

Annexe 1 : Définitions et valeurs réglementaires

Unités, statistiques employées

Définitions

La 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 prélevé ramenée aux conditions normales de température (20°C) et de pression (1 atm). Les unités les plus couramment utilisées sont le **microgramme par mètre cube ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$)**, soit le millionième 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.

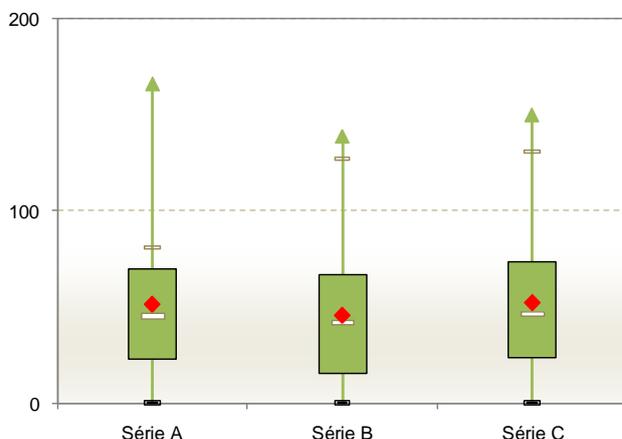
- **Moyenne horaire** = moyenne arithmétique des valeurs quart-horaires mesurées par l'analyseur (Une moyenne horaire est valide si au moins 3 valeurs quart-horaires qui la composent le sont).
 - **Moyenne journalière** = moyenne arithmétique des valeurs horaires de 0 à 23 heures (Une moyenne journalière est valide si au moins 18 valeurs horaires le sont).
 - **Ecart-type** = Ecart-type de la moyenne horaire ou journalière
- L'écart-type permet de connaître la façon dont les valeurs fluctuent autour de la moyenne (alternance de pointes de pollution et de valeurs faibles).
- **Percentile 98** = valeur dépassée par seulement 2% des données de la série statistique.

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

- **Percentiles 25 (P25), 50 (P50), 75 (P75)** (ou Quartiles) = valeur dépassée par exactement 25% (premier quartile), 50% (deuxième quartile ou Médiane), 75% (troisième ou dernier quartile) des données de la série statistique.

La médiane est souvent utilisée dans la détermination des valeurs guides ou des valeurs limites. Le premier et dernier quartile peuvent être utilisés comme repères statistiques (voir ci-après).

Représentation statistique



La représentation des résultats statistiques utilisée dans cette étude affiche pour chaque série de données :

- ✓ Le 1^{er} quartile (P25) et le 3^{ème} quartile (P75) : bords inférieurs et supérieurs de la boîte rectangulaire verte

La hauteur de cette boîte (l'écart interquartile) est un bon indicateur de la dispersion des résultats puisqu'elle contient 50% des données.

- ✓ La médiane (P50) : long trait horizontal situé dans la boîte
- ✓ La moyenne représentée par un signe \diamond

Figure 71 Représentation statistique des séries de données

Valeurs réglementaires

Définition des valeurs réglementaires

Les niveaux mesurés sur les différents sites de cette étude sont comparés aux valeurs fixées par la réglementation française et européenne (voir document sur les polluants et la réglementation disponible sur le site Internet : <http://www.atmo-rhonealpes.org>). Les seuils fixés par ces textes réglementaires sont définis ci-dessous :

Seuil d'information et de recommandations : niveau de concentration de substances polluantes dans l'atmosphère au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine des groupes particulièrement sensibles, et à partir duquel des informations actualisées doivent être diffusées à la population.

Seuil 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 de toute la population (ou un risque de dégradation de l'environnement) à partir duquel des mesures d'urgence et d'information du public doivent être prises.

Valeur limite pour la protection de la santé : 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. En cas de dépassement, la réglementation prévoit la mise en place de plans d'actions (PDU¹, PPA,...) afin d'essayer de réduire les émissions et de respecter ces valeurs, dans une période donnée.

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. Il s'agit d'une valeur de confort (valeur guide ou valeur cible), ou d'un objectif de qualité de l'air à atteindre, si possible, dans une période donnée.

Valeurs réglementaires concernant le dioxyde d'azote (NO₂)

La réglementation définit pour le dioxyde d'azote (NO₂) plusieurs valeurs à respecter :

La réglementation fixe pour le dioxyde d'azote un **objectif de qualité** à 40 µg.m⁻³ en moyenne annuelle. Elle fixe aussi une **valeur limite pour la protection de la santé** qui devra correspondre au seuil de 40 µg.m⁻³ défini pour l'objectif de qualité en 2010. Avant cette date des marges de dépassement de la valeur limite sont autorisées (46 µg.m⁻³ en 2007).

	Valeur à respecter en µg .m ⁻³	Période de calcul
Seuil d'information et de recommandations	200	Moyenne horaire
Seuil d'alerte	400	Moyenne horaire
Valeurs limites pour la protection de la santé humaine en moyennes horaires	200	Centile 98 des moyennes horaires (175 heures de dépassements)
	230	Centile 99,8 des moyennes horaires (175 heures de dépassements)
Valeurs limites pour la protection de la santé humaine en moyenne annuelle	46	Moyenne annuelle en 2007
	40	Moyenne annuelle en 2010
Objectif de qualité	40	Moyenne annuelle

Tableau 17 Principales valeurs réglementaires concernant le dioxyde d'azote (NO₂)

¹ PDU : Plan de Déplacements Urbains ; PPA : Plan de Protection de l'Atmosphère

C'est la deuxième **valeur limite pour la protection de la santé humaine** (46 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne annuelle) et **l'objectif de qualité** (40 $\mu\text{g.m}^{-3}$ en moyenne annuelle) qui ne sont pas respectés sur le site de Valence Trafic en 2007.

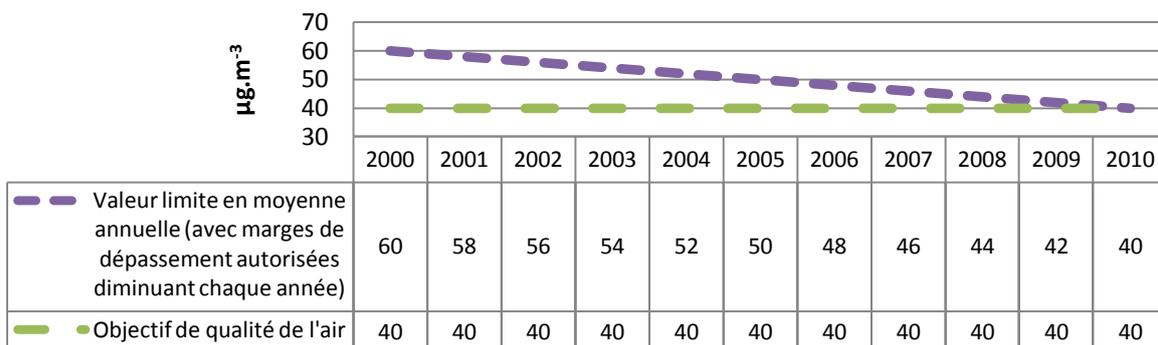


Tableau 18 Evolution des valeurs réglementaires concernant le dioxyde d'azote entre 2000 et 2010

NB 1: Pour le monoxyde d'azote (NO), il n'existe pas de valeurs réglementaires. Concernant ce polluant, il n'y a qu'une valeur limite en moyenne annuelle pour les oxydes d'azote (NO2 + NO en équivalent NOx).

NB 2: Les valeurs de tous les seuils réglementaires sont régulièrement réévaluées pour prendre en compte des résultats d'études médicales et/ou épidémiologiques.

Valeurs réglementaires concernant les particules en suspension

La réglementation définit pour les particules en suspension de taille inférieure à 10 microns (PM₁₀) plusieurs valeurs à respecter :

Seuils réglementaires	Valeur à respecter en $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$	Période de calcul
Seuil d'information et de recommandations	80	Moyenne sur 24h
Seuil d'alerte	125	Moyenne sur 24h
Valeur limite pour la protection de la santé humaine	50	Moyenne journalière à ne pas dépasser plus de 35 jours par an
Objectif de qualité	30	Moyenne annuelle

Tableau 19 Principales valeurs réglementaires concernant les particules en suspension

Pour la **valeur limite pour la protection de la santé**, la moyenne journalière est calculée à partir des 24 mesures horaires de la journée.

Concernant les **seuils d'information et de recommandations** ainsi que le **seuil d'alerte**, la moyenne sur 24h est calculée chaque jour (J) à 16h, à partir des 24 mesures horaires entre (J-1) 17h et (J) 16h (règles de déclenchement fixées par arrêté préfectoral).

Annexe 2 : Détails techniques de la modélisation de la qualité de l'air

En complément des mesures effectuées en 2007, ATMO Drôme Ardèche a réalisé à l'aide du modèle SIRANE une modélisation de la qualité de l'air de l'agglomération de Valence. Cette modélisation a permis de reconstituer pour l'agglomération de Valence les niveaux moyens annuels en dioxyde d'azote (NO₂) en tout point de l'agglomération.

2.1. Présentation du modèle SIRANE

Le modèle SIRANE est développé par le Laboratoire de Mécanique des Fluides et Acoustique de l'Ecole Centrale de Lyon. Les travaux de recherche qui ont conduit au développement de ce modèle ont été réalisés dans le cadre de la thèse de L.Soulhac¹.

Le modèle SIRANE est un modèle de dispersion atmosphérique en milieu urbain à l'échelle d'un quartier. Il permet de décrire les concentrations en polluants dans des zones constituées essentiellement de rues bordées de bâtiments.

Le modèle SIRANE est capable de reproduire les niveaux de pollution à l'échelle de la rue (où l'on s'intéresse plutôt à la répartition des polluants à l'intérieur même de cette rue) jusqu'à l'échelle de l'agglomération. D'un point de vue temporel, SIRANE est adapté à des échelles caractéristiques de l'ordre de l'heure.

Les principaux effets qui agissent sur la dispersion des polluants à l'échelle d'un quartier sont représentés :

- Phénomènes de rue-canyon (confinement des polluants entre les bâtiments)
- Echange des polluants au niveau des carrefours
- Transport des polluants au dessus des toits
- Prise en compte des caractéristiques du vent extérieur (vitesse, direction, turbulence, stabilité thermique)
- Modélisation de transformations chimiques simples (cycle de Chapman NO NO₂ O₃)
- Modélisation de la dispersion des particules
- Modélisation du lessivage par les précipitations.

SIRANE est un outil « opérationnel », qui utilise des modèles théoriques et des formulations simplifiées des différents phénomènes. Il est donc adapté au traitement d'un grand nombre de rues dans un temps de calcul limité. Le modèle a été validé par comparaisons avec des simulations numériques plus détaillées et des expériences de terrain. Il fonctionne depuis 2004 sur les agglomérations de Lyon et Grenoble.

2.2. Le domaine modélisé

L'agglomération de Valence est modélisée par un ensemble de brins (rues) interconnectés par des nœuds (intersection). Les rues sont différenciées suivant 2 types, les rues de types ouvertes et les rues de types canyons où les polluants sont confinés entre les bâtiments. On

¹ Nous ne présentons ici qu'une description succincte du modèle. Pour plus de détails, se reporter aux ouvrages suivants :

Soulhac L. 2000 : Modélisation de la dispersion atmosphérique à l'intérieur de la canopée urbaine, Thèse de doctorat, Ecole Centrale de Lyon

Soulhac L. 2003 : Notice d'utilisation du modèle SIRANE version 1.13, LMFA, Ecole Centrale de Lyon

considère qu'une rue est de type canyon si sa largeur est inférieure à 3 fois sa hauteur. Pour Valence, la zone d'étude intègre 4618 rues et 3457 intersections. 647 rues sont de type canyon (en rouge sur la Figure 72).

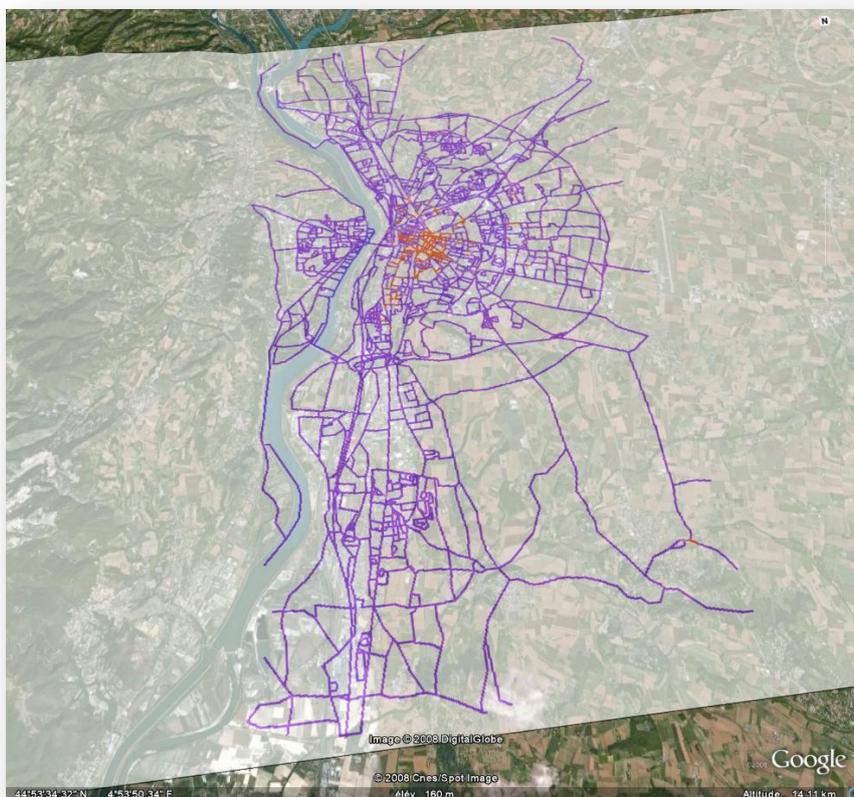


Figure 72 Réseau SIRANE Valence

2.3. Caractéristiques des simulations

De nombreux tests de sensibilité¹ ont été réalisés afin de configurer au mieux le modèle et d'obtenir des concentrations simulées de NO_x et de NO₂ représentatives des mesures : paramètres physiques (tels le taux de NO₂ à l'émission ou le modèle de constantes chimiques) identiques à ceux validés sur Grenoble et Lyon associés à la météorologie d'Albon, moins dispersive que celle de Chabeuil Valence. Ces tests ont permis de valider le paramétrage du modèle. Chaque heure de l'année 2007 ont ainsi été simulées.

2.3.1. Les données météorologiques utilisées

Pour réaliser les simulations, les mesures de température, nébulosité, précipitation, vitesse et direction de vent sont utilisées. Après différents tests de sensibilité, la station de Valence Chabeuil n'a pas été retenue au profit de celle d'Albon de Météo-France (Figure 73). Comme le montre la rose des vents, Figure 74, cette station affiche notamment des vents moins forts ce qui conduit à des concentrations simulées plus proches des mesures.

¹ L'ensemble des résultats des comparaisons est disponible dans la note technique : « Sirane Valence : simulations de l'année 2007 ».

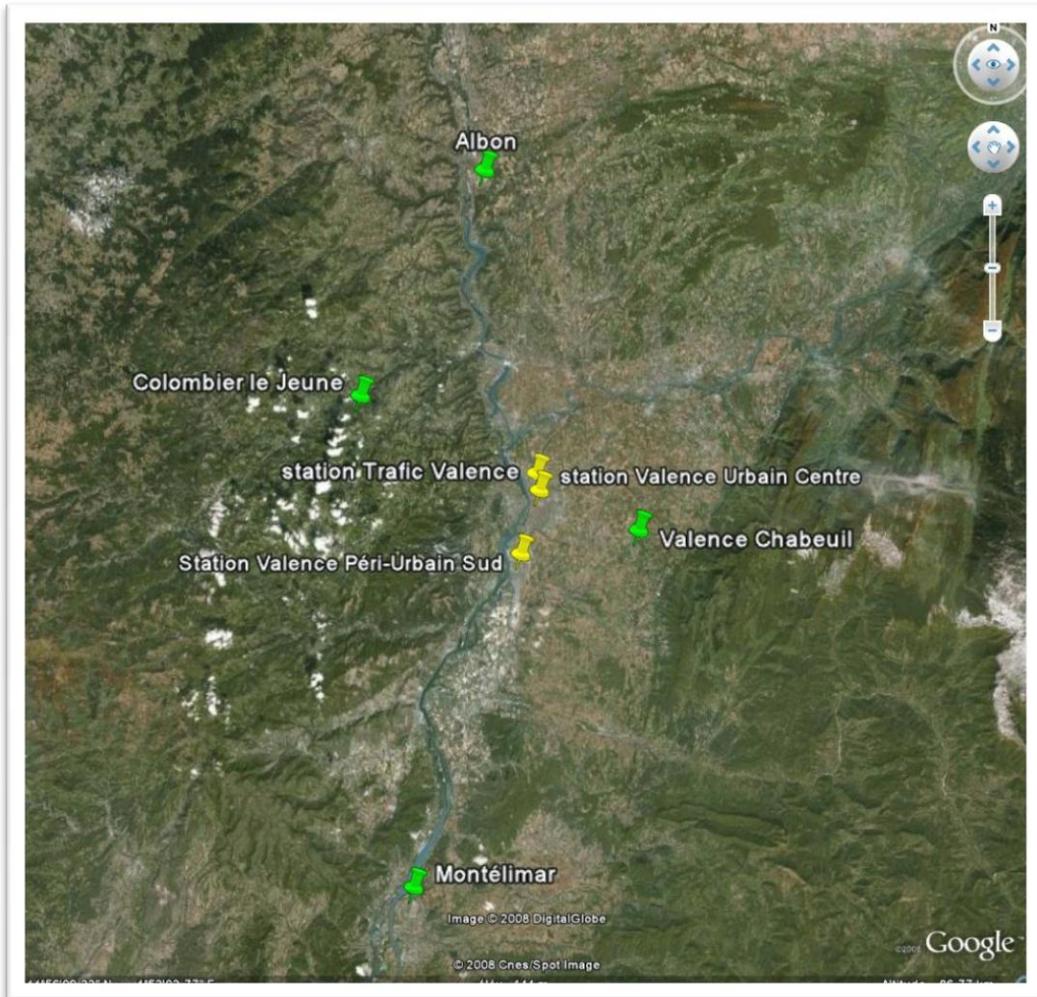


Figure 73 Emplacement des stations météorologiques (en vert) et du réseau ATMO Drôme Ardèche (en jaune).

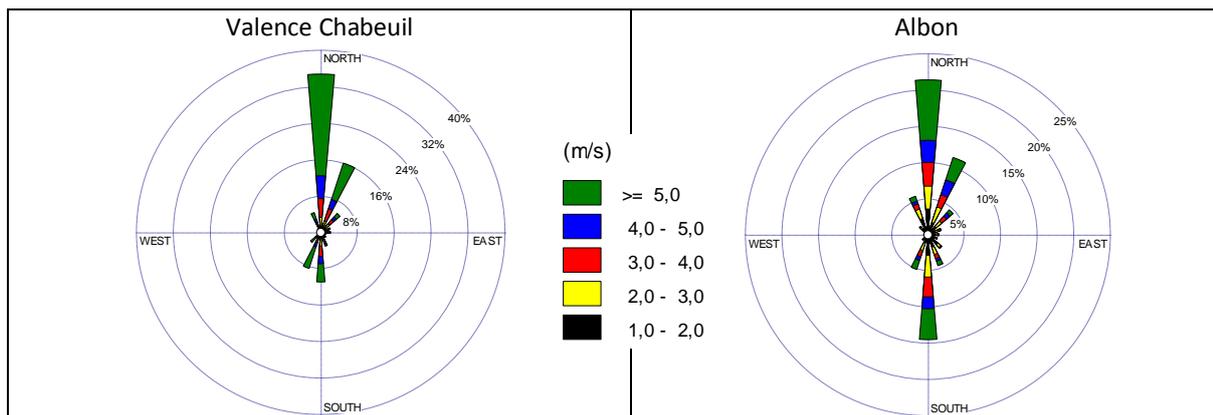


Figure 74 Roses des vents aux stations météorologiques de Valence Chabeuil et d'Albon pour l'année 2007.

2.3.2. Données de pollution de fond utilisées

La pollution de fond représente les émissions de NO, NO₂ et O₃ provenant du trafic à l'extérieur de la zone ou d'autres sources. Le niveau de pollution de fond conduisant aux meilleurs résultats a été déterminé par les mesures faites à Valence périurbain Sud.

Les moyennes mensuelles de NOx sont particulièrement importantes en janvier, février et décembre. En moyenne annuelle, les « fonds NOx et de NO₂ » sont respectivement à 38 et 25 µg.m⁻³ (Figure 75).

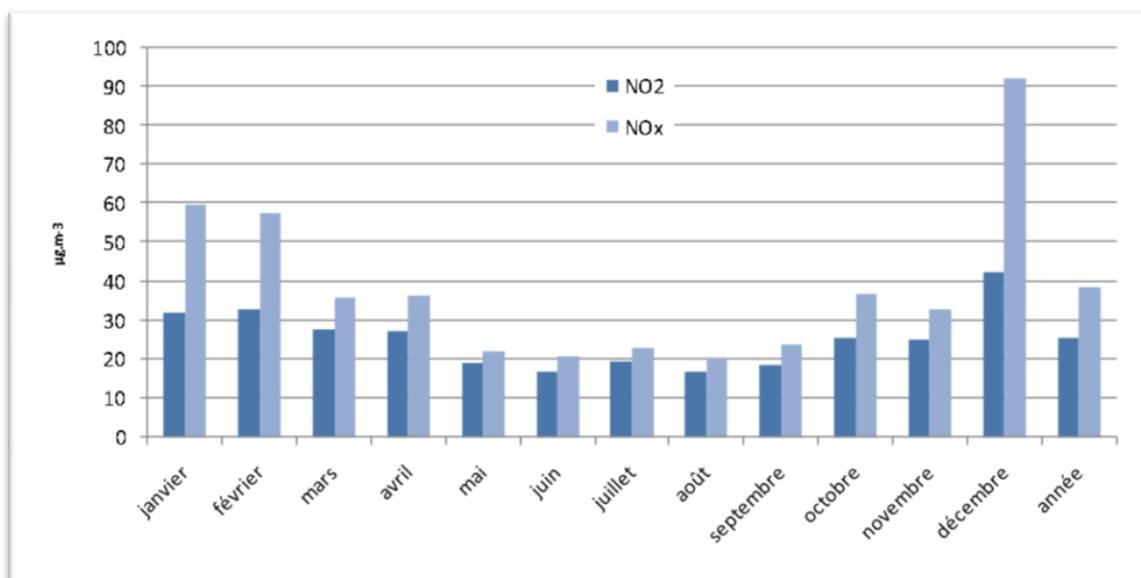


Figure 75 Moyennes mensuelles de NO₂ et NOx en 2007 à Valence Périurbain Sud

2.3.3. Caractérisation du trafic

a) Quantification du trafic routier

L'agglomération valentinoise ne disposant pas de modèle de trafic, les volumes de trafic ont été estimés sur chaque tronçon routier de la zone d'étude à partir des données suivantes :

- les comptages ont été exploités sur les axes en disposant :
 - o pour l'autoroute A7 et les diffuseurs : données fournies par ASF :
 - Comptage permanent entre Valence Nord et Valence Sud
 - Nombre de passages aux barrières de péage de Valence Nord et Valence Sud pour quantifier le trafic sur les bretelles d'accès ;
 - o pour le réseau principal de Valence : données fournies par la ville de Valence ;
 - o pour les routes principales départementales : données fournies par le Conseil Général de la Drôme ;
- pour les brins routiers ne disposant pas de comptage, des estimations ont été établies selon les critères suivants :
 - o Rues piétonnes : affectation d'une moyenne journalière annuelle (MJA par la suite) à 20 ;
 - o Pour les autres rues, ce sont les caractéristiques du brin qui ont été utilisées selon le tableau ci-dessous. A noter que pour les brins à sens unique, le MJA par défaut est divisé par 2.

Type de route	Présence de comptages	MJA par défaut
Autoroutes et bretelles associées	OUI	/
Ex-nationale	OUI majoritairement	15000
Liaison principale	OUI majoritairement	10000
Liaison régionale	rarement	5000
Liaison locale	aucun	Valeur communale fonction de la population (déplacements internes à la commune). Cas particuliers : - Si la vitesse réglementaire est comprise entre 11 et 30 km/h, on prend 60% de cette valeur. - Si la vitesse réglementaire est égale à 10 km/h, on prend 10% de cette valeur.

b) Caractérisation en 6 classes de véhicules

Six types de véhicules sont utilisés pour caractériser le trafic routier, selon deux catégories :

- Les véhicules légers (voitures particulières, véhicules utilitaires légers et deux roues) ;
- Les véhicules lourds (poids lourds, bus urbains et autocars).

Il faut donc déterminer précisément la part de chacune de ces six classes. Les sources de données pour y parvenir sont multiples :

- Comptages routiers (part des poids lourds)
- Statistiques nationales sur les ventes de carburant (part des VUL)
- Statistiques des barrières de péage (part des deux roues sur autoroutes)
- Les kilométrages des bus urbains fournis par la CTAV (Transports en commun de l'agglomération valentinoise) ont été ventilés sur l'agglomération.

Il est important d'évaluer précisément les parts de poids lourds, car leurs émissions unitaires ne sont pas comparables à celles d'un véhicule léger. Les comptages (ASF et Conseil Général de la Drôme) permettent d'avoir une information sur les principales voiries. Pour les autres voies, une valeur forfaitaire est attribuée par défaut, en distinguant les brins routiers traversant des zones commerciales (associées à un plus grand nombre de poids lourds) des autres brins. Ces zones sont identifiées à l'aide de la classification bâtie Corine Land Cover validée manuellement selon les connaissances du terrain.

Pour éviter une rupture d'homogénéité entre les brins d'un même axe routier, cette distinction n'est faite que sur les liaisons locales :

- o Rocades et ex-nationales : 10%
- o Liaisons principales et régionales : 6%
- o Liaisons locales :
 - En zone commerciale : 6%
 - Sinon : 3%

c) Caractérisation de chaque classe de véhicules

L'une des difficultés réside dans la connaissance du parc roulant de véhicules. Or, il n'existe pas de fichier central permettant de connaître la constitution du parc de véhicules sur une zone géographique donnée.

Pour répondre à ce manque de connaissance du parc, l'ADEME¹ a subventionné des travaux dans le cadre d'une thèse afin de mettre en œuvre un modèle de constitution de parc, représentatif de la répartition nationale, qui permette de qualifier le parc de véhicules roulant pour chacune des six classes de véhicules, en fonction du carburant du véhicule, la cylindrée ou le PTAC, ainsi que la norme Euro.

Dans la présente étude, le parc roulant ADEME relatif à l'année 2007 a été utilisé selon la typologie de brins (autoroutier, urbain, périurbain). Pour les bus urbains, le parc roulant fourni par le CTAV a été utilisé.

d) Charge des PL

Le taux moyen de chargement a été fixé à :

- 60% pour les poids lourds ;
- 50% pour les autocars ;
- 20% pour les bus urbains.

e) Profil de vitesse

Les émissions de polluants sont fortement dépendantes de la vitesse du véhicule, comme l'illustre la Figure 76. C'est pourquoi à chaque brin routier est associé un profil de vitesse (VL d'une part, PL d'autre part) dépendant des paramètres suivants :

- Vitesse réglementaire issue des données de la BDTOPO ;
- Taux de bouchon : un profil semi bouchonné est appliqué sur l'ensemble des brins routiers de Valence, les autres brins étant caractérisés par un profil non bouchonné ;
- Pente (pour les poids lourds).

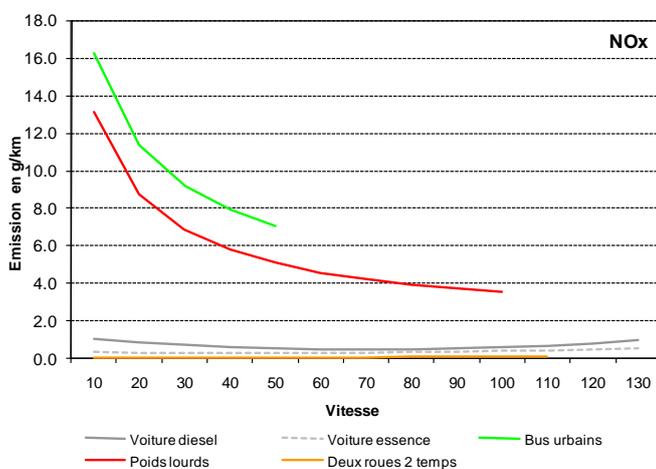


Figure 76 : Exemple de profil d'émission pour les NO_x par classe de véhicule selon leur vitesse

Pour l'A7, le profil de vitesse a été déduit des données du comptage fourni par ASF.

f) Calcul des émissions

La traduction de volumes de trafic en émissions se fait par des facteurs d'émissions issus de **COPERT IV** (Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport). Ce travail mené conjointement par plusieurs organismes de recherche européens, a abouti à des formules mathématiques permettant d'estimer les émissions de différents polluants selon différentes catégories de véhicules, en fonction de leur vitesse ou des conditions de circulation (ville, campagne, autoroute).

¹ Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie : thèse de Béatrice BOURDEAU

Il importe de rappeler que la part des émissions de NOX sur l'agglomération valentinoise est particulièrement importante (84%) au regard d'autres agglomérations.

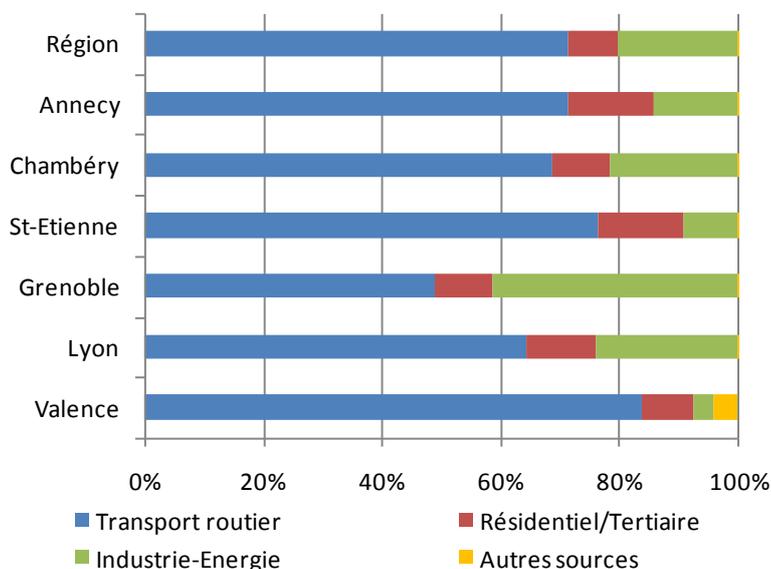


Figure 77 : Contribution du trafic routier aux émissions de NOx. Comparaison à d'autres agglomérations rhônalpines. Année 2006 - Version 2008-3

Des calculs ont également été réalisés à l'horizon 2010. Devant les incertitudes liées au cours du baril de pétrole et à la crise économique, deux scénarii ont été construits :

- Scénario bas : diminution du trafic de 1,5%/an par rapport à 2007 ;
- Scénario haut : augmentation du trafic de 1,5%/an par rapport à 2007.

La variation des émissions de NOX entre 2007 et 2010 se situe entre -10.4% (scénario haut) et -18.2% (scénario bas), du fait de l'amélioration technologique du parc de véhicules. La contribution des poids lourds aux émissions trafic diminue également entre 2007 et 2010 (de 50% à 47%).

g) Désagrégation temporelle

Pour les besoins du modèle SIRANE, les émissions calculées au pas de temps annuel ont été désagrégées pour chacune des heures de l'année 2007 :

- Les comptages horaires de l'A7, avec distinction entre VL et PL, ont permis de désagréger les émissions VL et PL.
- Pour les autres axes, étant donné la non exhaustivité des comptages sur l'ensemble des brins et en l'absence de différenciation entre VL/PL, un profil moyen tous véhicules a été adopté pour tous ces brins.

La Figure 78 illustre les désagrégations mensuelle, journalière et horaire appliquées aux émissions à partir des données de comptages. Le comportement spécifique de l'A7 est mis en évidence, les VL et PL ayant eux aussi des profils différents : hausse de la part des VL en été sur A7, diminution de la part des PL sur A7 en fin de semaine contrairement aux VL.

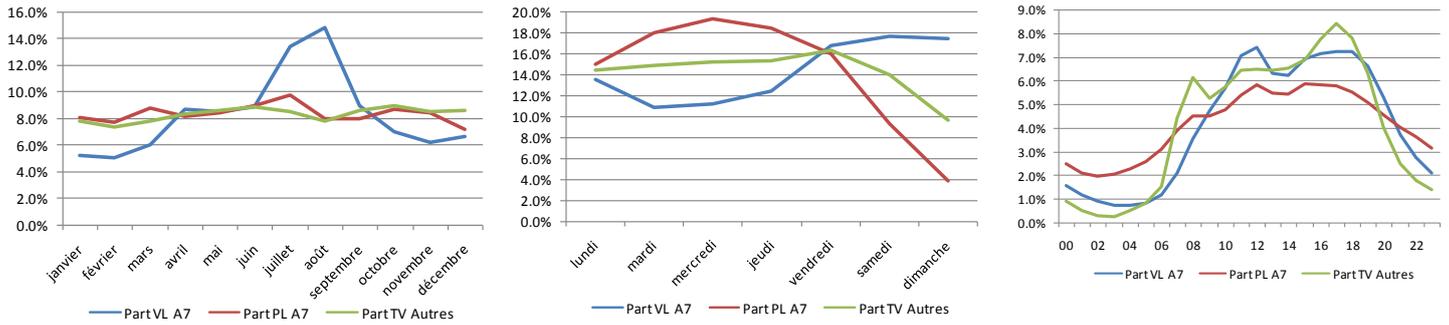


Figure 78 Contribution des volumes de trafic à différentes échelles temporelles

Ainsi 8760 « photos du trafic » ont été utilisées dans le modèle SIRANE.

2.4. Comparaisons des concentrations simulées et mesurées

Les moyennes de chaque période de campagne de mesures ont également été calculées afin de les comparer aux mesures par tubes à diffusion ainsi qu'aux deux stations du réseau « Valence Urbain Centre » et « Valence Trafic ».

Les moyennes de chaque période de la campagne de mesures en chaque tube sont présentées ci-dessous (Figure 79 à Figure 82). La tendance est à la sous-estimation des observations lorsque les tubes sont situés en bordure de l'A7. L'écart est nettement plus réduit en centre ville ou au sud de l'agglomération. Malgré tout, les simulations respectent les normes attendues¹ en termes de qualité de la simulation comme le montre la Figure 83.

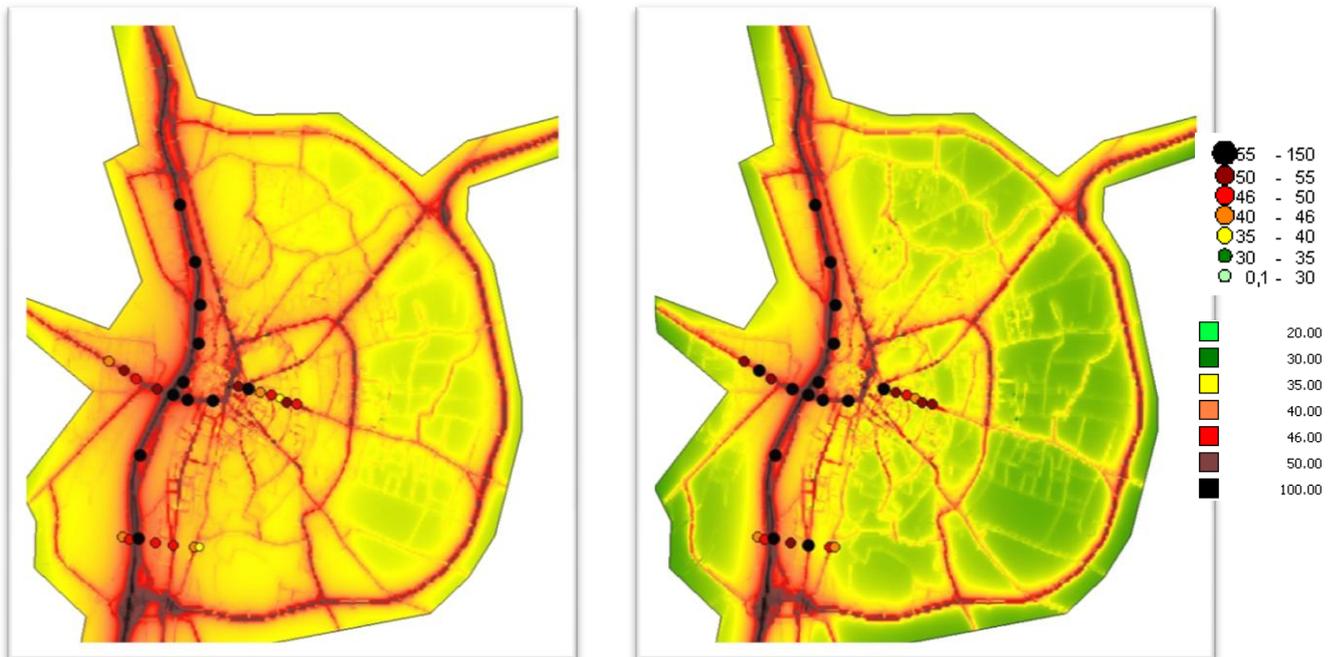


Figure 79 : Moyennes NO₂ (µg.m⁻³) mesurées et simulées pendant la campagne de mesures d'hiver (1^{ère} semaine à gauche, 2^{ème} semaine à droite).

¹ JO des Communautés européennes du 29.6.1999 annexe VIII fixant les objectifs de qualité des données et compilation des résultats de l'évaluation de la qualité de l'air.

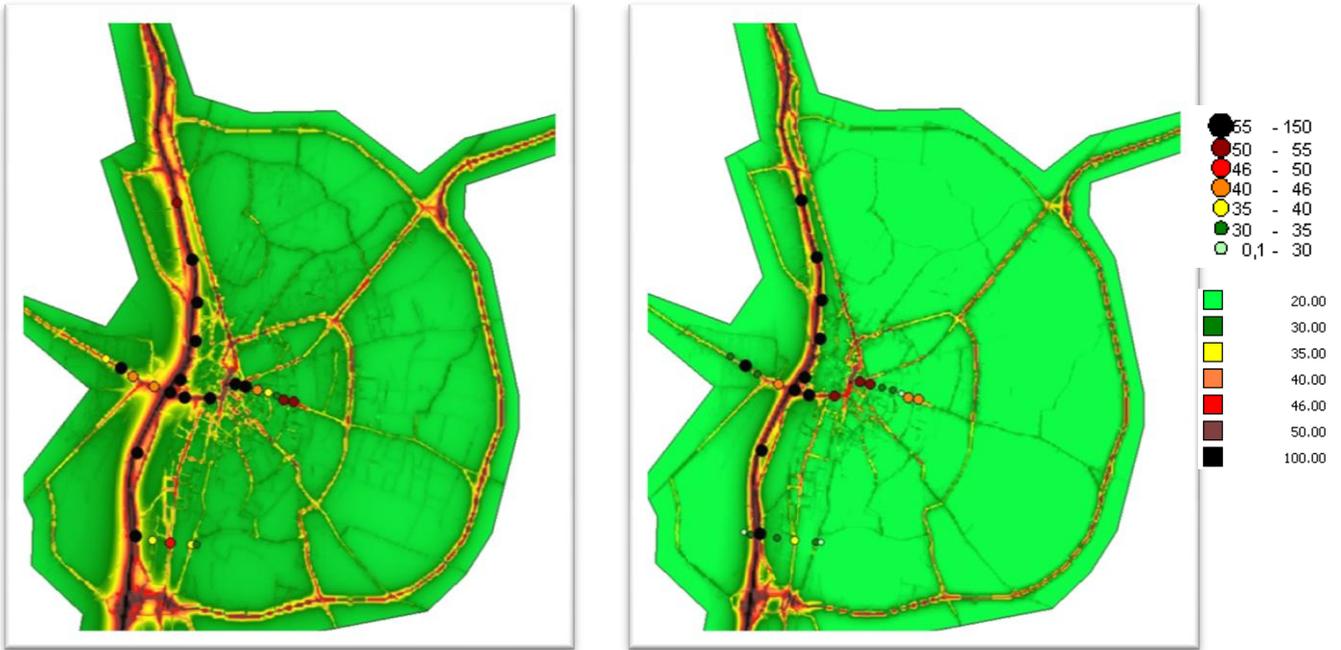


Figure 80 Moyennes NO₂ (μg.m⁻³) mesurées et simulées pendant la campagne de mesures de printemps (1^{ère} semaine à gauche, 2^{ème} semaine à droite).

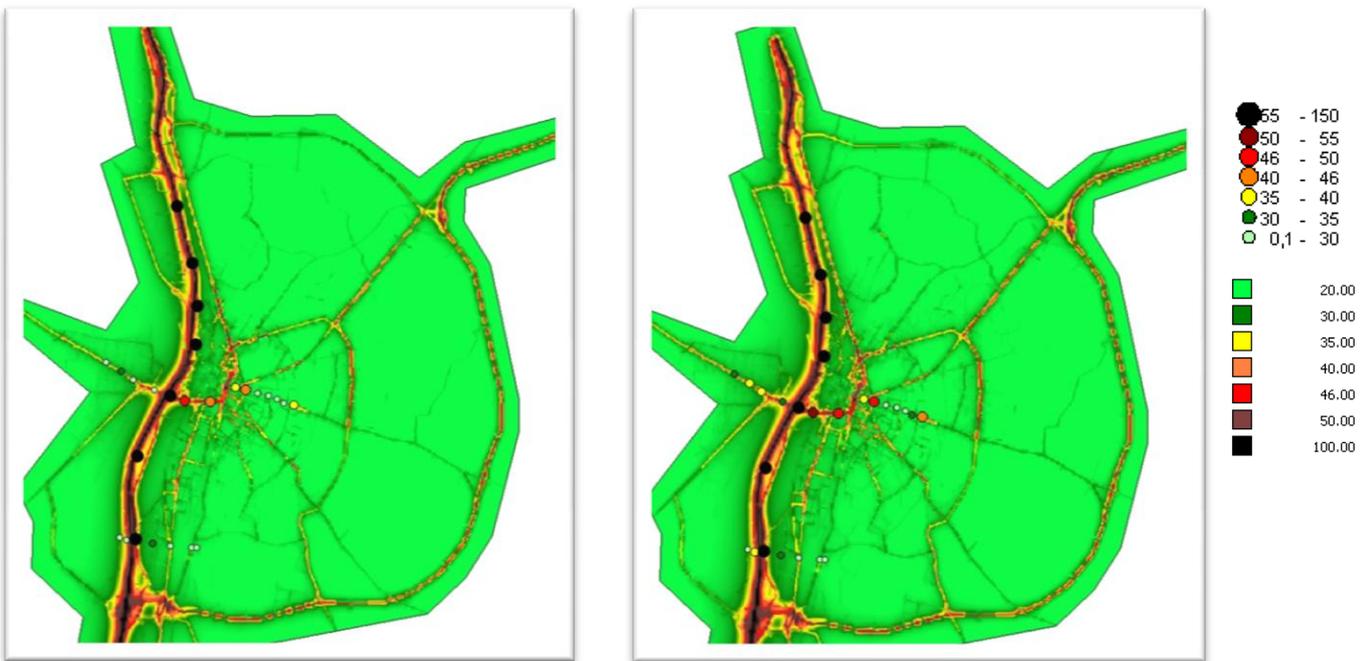


Figure 81 Moyennes NO₂ (μg.m⁻³) mesurées et simulées pendant la campagne de mesures d'été (1^{ère} semaine à gauche, 2^{ème} semaine à droite).

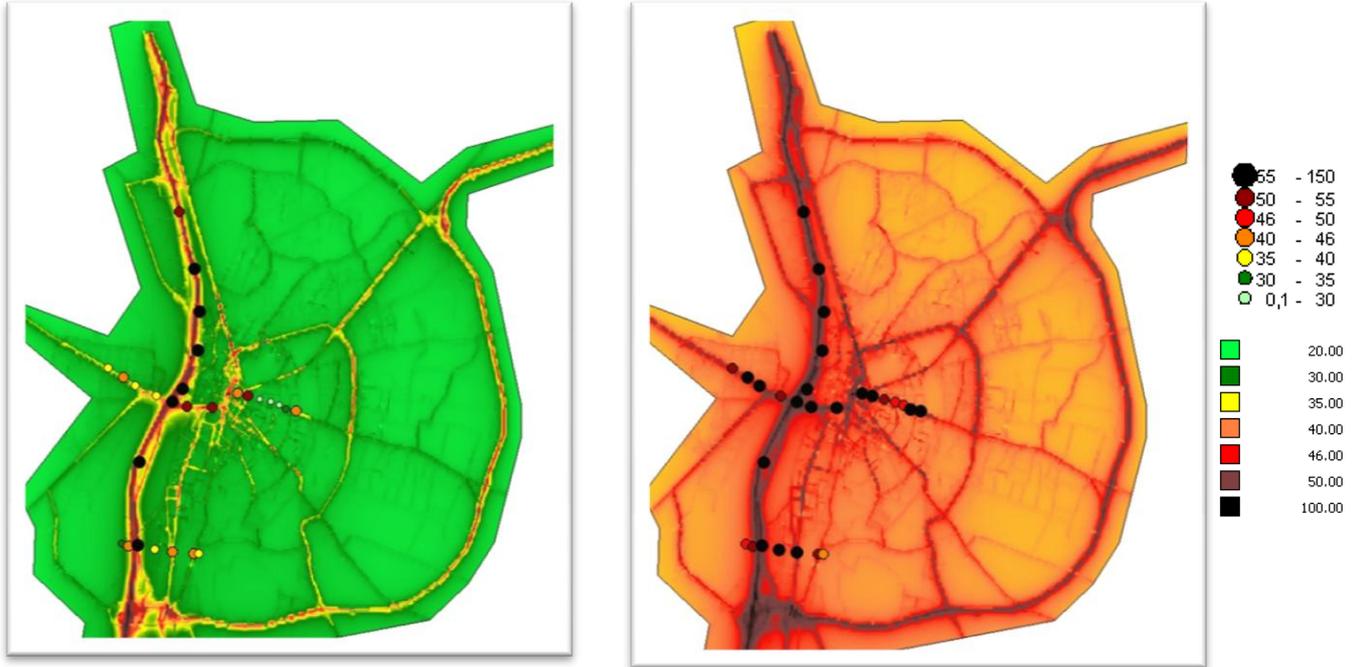


Figure 82 Moyennes NO_2 ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) mesurées et simulées pendant la campagne de mesures d'automne (1^{ère} semaine à gauche, 2^{ème} semaine à droite).

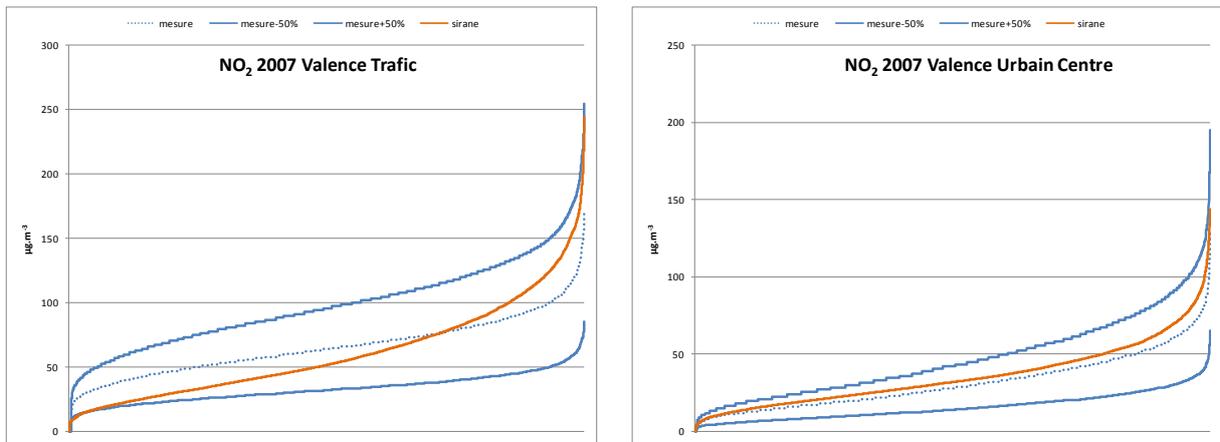


Figure 83 QQplots des NO_2 pour Valence Trafic et Urbain Centre en 2007

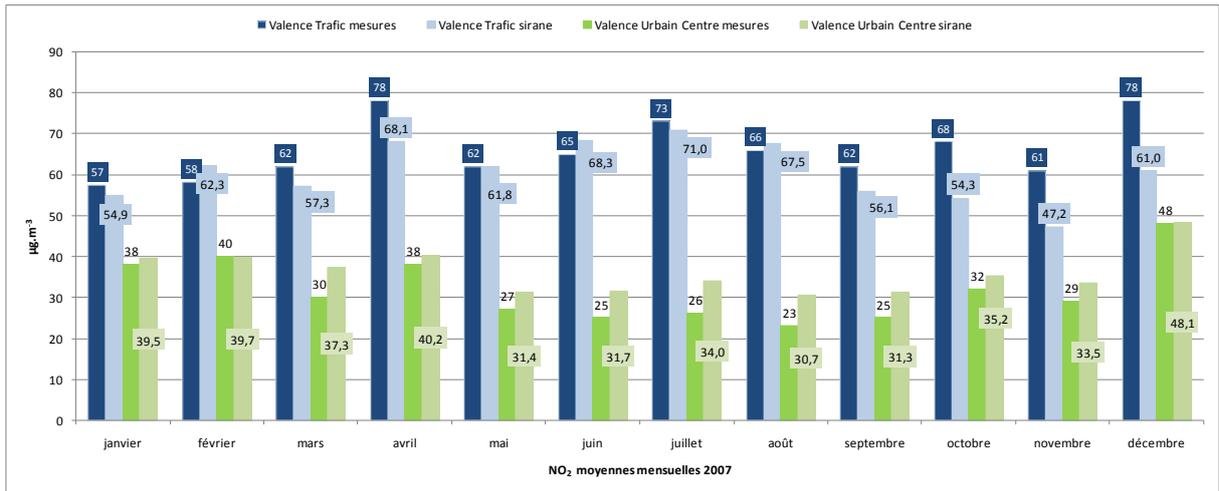


Figure 84 Comparaisons des moyennes mensuelles et annuelles de NO₂ (µg.m⁻³) mesurées et simulées aux stations de Valence Trafic et de Valence Urbain Centre

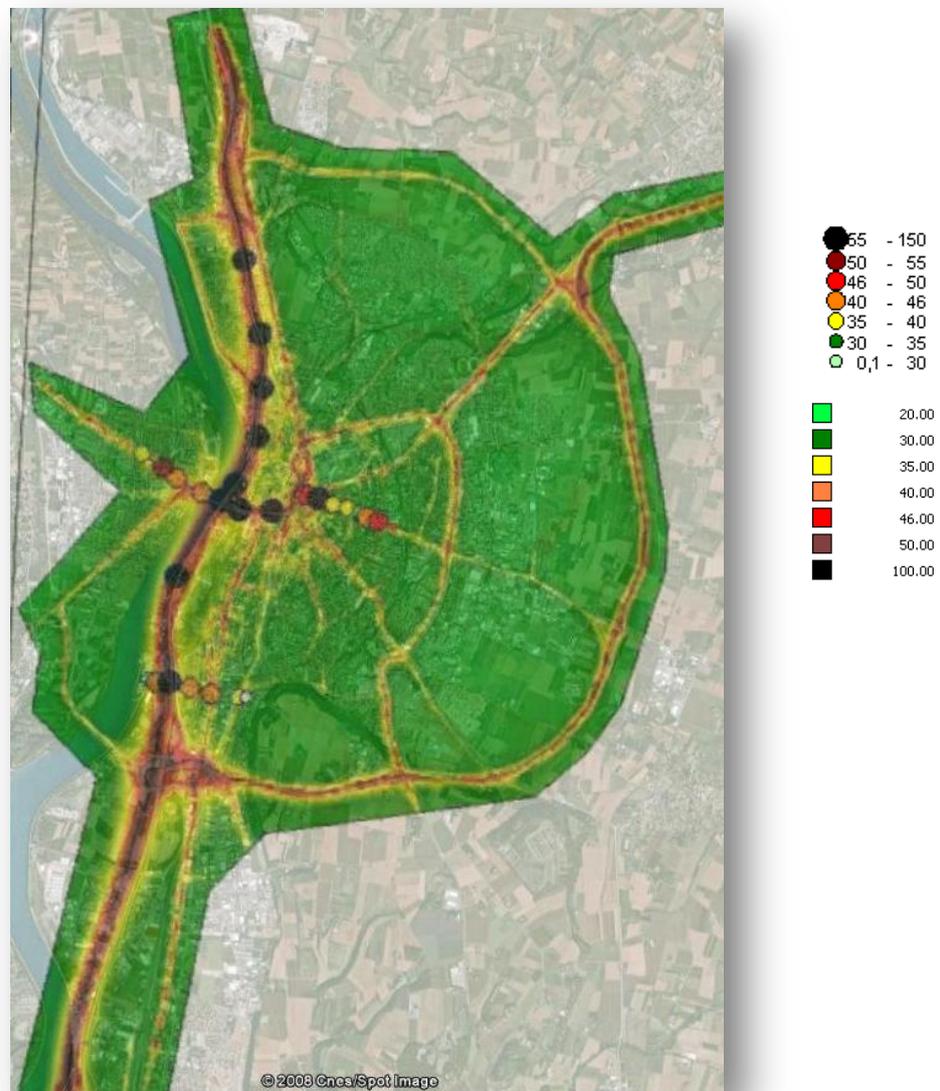


Figure 85 Moyenne annuelle de NO₂ simulée et mesures par tubes.

En moyennant sur l'année, les écarts se compensent. La modélisation est ainsi validée avec un écart mesures/simulation de NO₂ de moins de 5 µg.m⁻³ (8 à 9 %) en moyennes annuelles aussi bien en centre ville que près de l'A7 (cf. Figure 86). Les roses de pollution montrent par ailleurs le très bon résultat en centre ville.

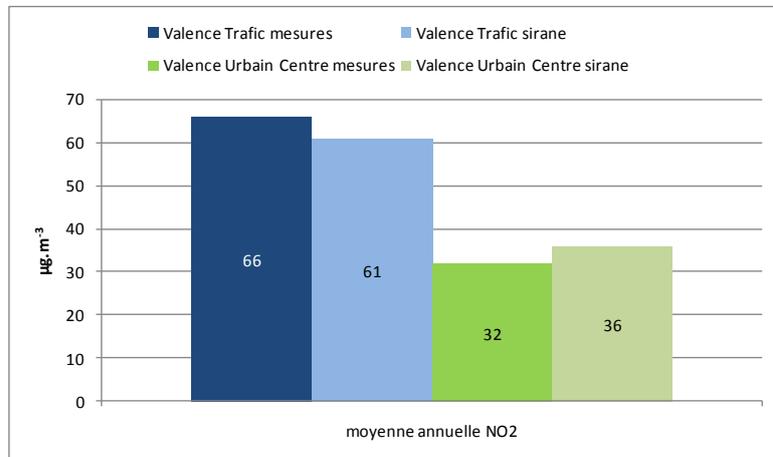


Figure 86 Moyennes annuelles 2007 de NO₂

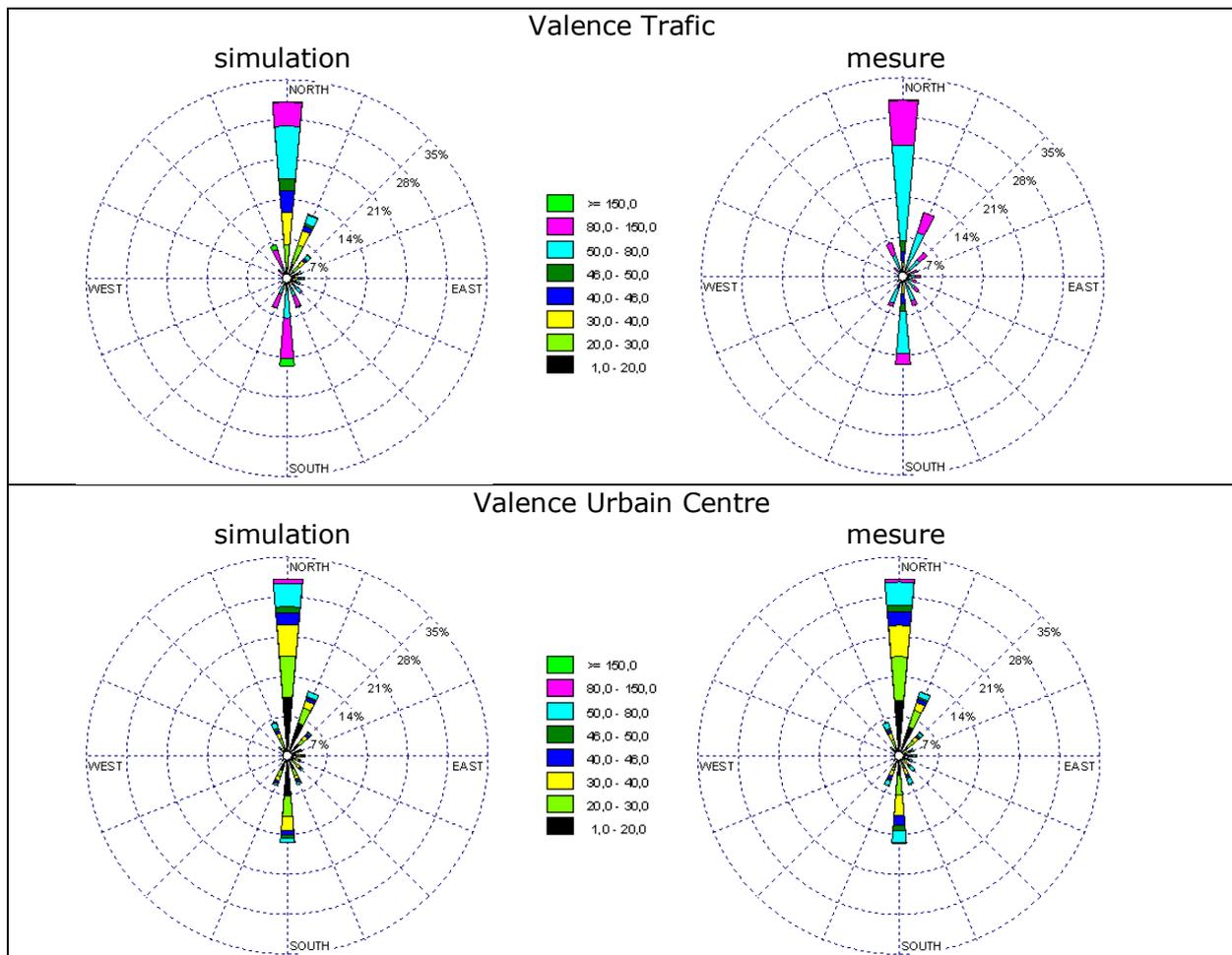


Figure 87 Roses de pollution (NO₂)

Table des figures

Figure 1 Evolution de la concentration moyenne annuelle en dioxyde d'azote (NO ₂) sur la station de Valence trafic entre 2002 et 2008	6
Figure 2 Photos du site de mesures équipé du laboratoire mobile	8
Figure 3 Sites de mesures sur un réseau de rues (en bleu les stations de l'étude et en rouge les stations fixes d'ATMO Drôme Ardèche) – Source : IGN.....	9
Figure 4 Sites de mesures sur un plan de la ville (en bleu les stations de l'étude et en rouge les stations fixes d'ATMO Drôme Ardèche) – Source : IGN.....	9
Figure 5 Sites de mesures dans le nord de l'agglomération de Valence – Source : IGN	10
Figure 6 Sites de mesures dans le centre de l'agglomération de Valence – Source : IGN... ..	10
Figure 7 Sites de mesures dans le sud de l'agglomération de Valence – Source : IGN	11
Figure 8 Implantation des stations d'ATMO Drôme Ardèche et sites fixes de comparaison pris en compte dans le cadre de cette étude.....	11
Figure 9 Stations de surveillance de la qualité de l'air à proximité de l'autoroute A7.....	12
Figure 10 Photos des tubes à diffusion BTX et NO ₂	15
Figure 11 Température moyenne mensuelle et pluviométrie mensuelle en 2007 (en rouge, les campagnes de mesures de l'étude) – Station Météo France d'Albon.....	16
Figure 12 Rose des vents à Albon (station Météo-France) pendant les quatre campagnes de mesures (à gauche) et pendant l'année 2007 (à droite). Classes de vent : vents très faibles (<1 m.s ⁻¹) vents faibles (1 à 3 m.s ⁻¹), vents moyens (3 à 6 m.s ⁻¹) et vents forts (> 6 m.s ⁻¹).....	17
Figure 13 Vitesse moyenne mensuelle du vent en 2007 (les cercles rouges correspondent aux campagnes de mesures) – Source : Station Météo France d'Albon.....	17
Figure 14 Ecart entre la moyenne mesurée du NO ₂ (8 semaines) et des PM ₁₀ (10 semaines) et la moyenne annuelle pour les stations fixes d'ATMO Drôme Ardèche.....	18
Figure 15 Réseau SIRANE Valence	19
Figure 17 : Répartition des émissions de NO _x et des kilomètres parcourus en 2007 par classe de véhicule	20
Figure 16 Volumes de trafic	20
Figure 18 Moyenne annuelle 2007 de NO ₂ simulée et mesures par tubes.	21
Figure 19 Répartition des émissions d'oxydes d'azote (NO _x) dans l'unité urbaine de Valence à gauche et dans le département de la Drôme à droite (Source : Cadastre 2006 ATMO Drôme Ardèche – Version 2008-3)	22
Figure 20 Concentrations moyennes annuelles en monoxyde d'azote (NO).....	23
Figure 21 Statistiques horaires des mesures de NO	24
Figure 22 Concentrations moyennes annuelles en dioxyde d'azote (NO ₂) – Comparaison aux valeurs réglementaires	24
Figure 23 Statistiques des mesures horaires de NO ₂	26
Figure 24 Concentrations de NO et NO ₂ en ppb et valeur du rapport NO/NO ₂ en rouge	26
Figure 25 Profils moyens horaires du dioxyde d'azote (NO ₂) au cours de la campagne n°2 (mai 2007).....	27
Figure 26 Evolution des concentrations moyennes de dioxyde d'azote lors de chaque campagne de mesures.....	28
Figure 27 Trafics moyens journaliers (VL : véhicules Légers, PL : Poids Lourds) et émissions moyennes journalières de NO _x sur l'autoroute A7 dans l'agglomération de Valence	28
Figure 28 Estimation des concentrations moyennes annuelles de dioxyde d'azote (NO ₂) par tubes à diffusion dans l'agglomération de Valence.....	29
Figure 29 Concentration moyenne en dioxyde d'azote (NO ₂) en fonction de la distance par rapport à l'autoroute A7, en mauve clair la gamme de concentration mesurée dans l'agglomération de Valence par les stations fixes (périurbaine et urbaine)	29
Figure 30 Concentrations de NO ₂ mesurées par tubes à diffusion à proximité de l'autoroute A7 et dans l'agglomération de Valence. La bande mauve claire correspond à la gamme de concentration de fond dans l'agglomération de Valence	30

Figure 31 Concentrations de NO ₂ mesurées sur les sites le long de l'autoroute A7.....	30
Figure 32 Concentrations de NO ₂ mesurées sur les sites dans l'agglomération de Valence.	31
Figure 33 Concentrations moyennes en dioxyde d'azote (NO ₂) en hiver (à gauche) et en été (à droite)	31
Figure 34 NO ₂ : moyenne annuelle 2007 en chaque tronçon de rue.....	32
Figure 35 Cartographie NO ₂ : moyenne annuelle 2007.	33
Figure 36 Agglomération de Valence en 2008.....	34
Figure 37 Répartition de la population par iris sur le domaine SIRANE, INSEE 1999.	34
Figure 38 Calcul d'exposition de la population : méthode n°1.....	35
Figure 39 Calcul d'exposition de la population : méthode n°2.....	36
Figure 40 : Exposition de la population au NO ₂ pour l'année 2007 en fonction des valeurs limite 2007 (46 µg.m ⁻³) et de l'objectif qualité et valeur limite 2010 (40 µg.m ⁻³).....	36
Figure 41 : bandes de 100, 200 et 600 m autour de l'A7	37
Figure 42 : pourcentage de population exposée au NO ₂ située dans des bandes de 100, 200 et 600m centrées sur l'A7 – la population considérée est la population totale du domaine modélisé.	37
Figure 43 Moyennes annuelles 2007 de NO ₂ simulées avec et sans trafic sur l'A7.....	38
Figure 44 Cartographies NO ₂ : moyenne annuelle 2007 en considérant un trafic nul sur l'A7.	39
Figure 45 Exposition de la population à différents niveaux de NO ₂ pour l'année 2007 sans trafic sur l'A7.....	40
Figure 46 Exposition de la population à différents niveaux de NO ₂ pour l'année 2007 sans trafic sur l'A7 pour les bandes centrées sur l'A7 et par rapport à la population du domaine d'étude.....	40
Figure 47 Moyenne annuelle de NO ₂ simulée pour le scénario « 2010 bas »	41
Figure 48 Moyenne annuelle de NO ₂ simulée pour le scénario « 2010 haut »	41
Figure 49 Moyenne annuelle de NO ₂ simulée au capteur de Valence Trafic pour les différents scenarii	42
Figure 50 Moyenne annuelle de NO ₂ simulée au capteur de Valence Urbain Centre pour les différents scenarii	42
Figure 51 Différence entre les moyennes annuelles de NO ₂ simulées pour le scénario « 2010 bas » et la situation 2007 en chaque point de la grille (à 10m de résolution calculée par SIRANE)	42
Figure 52 Différence entre les moyennes annuelles de NO ₂ simulées pour le scénario « 2010 haut » et la situation 2007 en chaque point de la grille (à 10m de résolution calculée par SIRANE)	42
Figure 53 Diamètre des particules.....	44
Figure 54 Répartition des émissions de poussières (PM ₁₀) dans l'unité urbaine de Valence à gauche et dans le département de la Drôme à droite (Source : Cadastre 2006 ATMO Drôme Ardèche – Version 2008-3)	44
Figure 55 Moyennes annuelles de poussières (PM ₁₀) – Comparaison aux valeurs réglementaires	45
Figure 56 Concentrations moyennes journalières en PM ₁₀ pendant la campagne n°2	47
Figure 57 Evolution des concentrations moyennes journalières de PM ₁₀ en mai 2007.....	47
Figure 58 Evolution des concentrations moyennes annuelles de PM ₁₀ non volatiles dans la Drôme entre 2000 et 2007.....	48
Figure 59 Statistiques horaires des mesures de PM ₁₀	49
Figure 60 Evolution des concentrations moyennes de PM ₁₀ lors de chaque campagne de mesures	49
Figure 61 Evolution des concentrations moyennes mensuelles de PM ₁₀ dans la Drôme en 2007	50
Figure 62 Répartition sectorielle des émissions de Composés Organiques Volatils non méthaniques (COVNM) dans l'unité urbaine de Valence (Source : Cadastre 2006 ATMO Drôme Ardèche – Version 2008-3)	52
Figure 63 Cartographie régionale des niveaux de fond en benzène (C ₆ H ₆) en 2005	52
Figure 64 Estimation des concentrations moyennes annuelles de benzène (C ₆ H ₆) dans l'agglomération de Valence.....	54
Figure 65 Concentrations en benzène en hiver (à gauche) et en été (à droite)	54

Figure 66 Estimation des concentrations moyennes annuelles de toluène (C ₇ H ₈) dans l'agglomération de Valence.....	55
Figure 67 Répartition sectorielle des émissions de monoxyde de carbone (CO) dans l'unité urbaine de Valence à gauche et dans la Drôme à droite (Source : Cadastre 2006 ATMO Drôme Ardèche – Version 2008-3)	57
Figure 68 Estimation des concentrations moyennes annuelles en monoxyde de carbone (CO)	57
Figure 69 Statistiques horaires des mesures de monoxyde de carbone (CO)	58
Figure 70 Evolution des concentrations moyennes annuelles de monoxyde de carbone (CO) sur plusieurs sites de proximité automobile de la région Rhône-Alpes	59
Figure 71 Représentation statistique des séries de données	63
Figure 72 Réseau SIRANE Valence	67
Figure 73 Emplacement des stations météorologiques (en vert) et du réseau ATMO Drôme Ardèche (en jaune).	68
Figure 74 Roses des vents aux stations météorologiques de Valence Chabeuil et d'Albon pour l'année 2007.	68
Figure 75 Moyennes mensuelles de NO ₂ et NO _x en 2007 à Valence Périurbain Sud	69
Figure 76 : Exemple de profil d'émission pour les NO _x par classe de véhicule selon leur vitesse.....	71
Figure 77 : Contribution du trafic routier aux émissions de NO _x . Comparaison à d'autres agglomérations rhônalpines. Année 2006 - Version 2008-3	72
Figure 78 Contribution des volumes de trafic à différentes échelles temporelles.....	73
Figure 79 : Moyennes NO ₂ (µg.m ⁻³) mesurées et simulées pendant la campagne de mesures d'hiver (1 ^{ère} semaine à gauche, 2 ^{ème} semaine à droite).	73
Figure 80 Moyennes NO ₂ (µg.m ⁻³) mesurées et simulées pendant la campagne de mesures de printemps (1 ^{ère} semaine à gauche, 2 ^{ème} semaine à droite).	74
Figure 81 Moyennes NO ₂ (µg.m ⁻³) mesurées et simulées pendant la campagne de mesures d'été (1 ^{ère} semaine à gauche, 2 ^{ème} semaine à droite).	74
Figure 82 Moyennes NO ₂ (µg.m ⁻³) mesurées et simulées pendant la campagne de mesures d'automne (1 ^{ère} semaine à gauche, 2 ^{ème} semaine à droite).	75
Figure 83 QQplots des NO ₂ pour Valence Trafic et Urbain Centre en 2007	75
Figure 84 Comparaisons des moyennes mensuelles et annuelles de NO ₂ (µg.m ⁻³) mesurées et simulées aux stations de Valence Trafic et de Valence Urbain Centre	76
Figure 85 Moyenne annuelle de NO ₂ simulée et mesures par tubes.	76
Figure 86 Moyennes annuelles 2007 de NO ₂	77
Figure 87 Roses de pollution (NO ₂)	77