

Qualification de l'état zéro de la qualité de l'air
sur le projet de tracé de la liaison est-ouest (LEO)
au Sud d'Avignon
du 23 septembre au 6 décembre 2000

Avignon



Source : www.avignon.com

Date de publication : novembre 2001

Référence dossier : DR/YCM/RA/0599-0600.15

AIRMARAIX pour la surveillance de l'air de l'Est des Bouches-du-Rhône, du Var et du Vaucluse
67-69, avenue du Prado - 13286 Marseille cedex 06 Tél. 04 91 32 38 00 Fax. 04 91 32 38 29
Internet : www.airmaraix.com Serveur téléphonique. 04 91 83 21 83

SOMMAIRE

Chapitre I : Présentation de l'étude	3
1. Présentation du site et objectifs	3
2. Présentation des polluants mesurés	3
2.1. Composés Organiques Volatils (COV)	3
2.1.1. Benzène	3
2.1.2. Toluène	3
2.1.3. Xylène	4
2.2. Les oxydes d'azote (NO, NO₂, NO_x)	4
3. Moyens de mesures engagés pendant la campagne.....	4
3.1. Analyseurs automatiques.....	4
3.2. Tubes à diffusion passive	5
4. Stratégie d'échantillonnage (Annexe I).....	5
Chapitre II : Résultats et discussion	7
1. Conditions météorologiques de la période de mesures	7
2. Niveaux moyens sur l'ensemble de la campagne de mesures.....	8
2.1. Les oxydes d'azote	8
2.1.1. Niveaux de NO ₂ mesurés par la station de mesure temporaire : LEO Lafarge (site A1) comparés aux sites permanents d'Avignon.....	8
2.1.2. Evaluation de la représentativité temporelle de la période de mesures par rapport à l'année 2000	9
2.1.3. Niveaux annuels de NO ₂ estimés sur la zone d'étude (Annexe III) (cf. carte ci-contre).....	13
2.2. Les BTX (Benzène Toluène Xylène)	15
2.2.1. Niveaux de benzène (cf. carte ci-contre).....	15
2.2.2. Niveaux de Toluène (cf. carte ci-contre).....	17
2.2.3. Rapport Toluène/benzène	17
3. Evolution des niveaux de NO₂ et de benzène en fonction des périodes.	18
CONCLUSION	19

Chapitre I : Présentation de l'étude

1. Présentation du site et objectifs

Cette étude a été réalisée à la demande de la Direction Départementale de l'Équipement (DDE 84) et en collaboration avec le CETE Méditerranée.

L'évaluation de la qualité de l'air porte sur le projet de tracé de la Liaison Est-Ouest (LEO) au Sud d'Avignon, qui reliera les autoroutes A7 et A9. Cet axe devrait recevoir un trafic d'environ 30 000 véhicules par jour en moyenne dans les deux sens.

La zone d'étude couvre une bande de 300 mètres autour du projet de tracé le plus probable. Elle s'étend sur trois départements : Vaucluse, Bouches du Rhône et Gard.

Les sites de mesures de l'agglomération d'Avignon seront intégrés dans l'analyse des résultats, ils fourniront notamment la représentativité des périodes de mesures temporaires par rapport à l'ensemble de l'année 2000.

2. Présentation des polluants mesurés

Les composés mesurés pour l'étude sont des indicateurs de la pollution automobile :

- ?? Les oxydes d'azote (NO, NO₂, NO_x)
- ?? Les BTX (Benzène, Toluène et Xylène)

2.1. Composés Organiques Volatils (COV)

Le benzène, le toluène, l'éthylbenzène et les différentes formes du xylène (BTEX) sont caractéristiques de la pollution automobile. Ces substances sont retenues pour leurs effets sur la santé et leur participation comme précurseurs de la pollution photochimique.

2.1.1. Benzène

La communauté internationale porte un intérêt tout particulier aux concentrations de benzène dans l'atmosphère, celui-ci devrait bientôt être réglementé par les instances européennes.

Valeurs de référence :

- ?? *Organisation Mondiale de la Santé (OMS)* : Le benzène est reconnu comme cancérigène par l'OMS. Elle estime que le risque est de 6.10^{-6} par $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition continue à vie².
- ?? *Union Européenne (UE)* : Le projet de valeur limite annuelle européenne est de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Suivant ce projet ce seuil serait à respecter par les Etats membres à l'échéance 2010³. Cette référence a déjà été utilisée lors de campagnes internationales (MACBETH⁴).
- ?? *France* : Un objectif de qualité de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle a été fixé par le décret du 6 mai 1998.

2.1.2. Toluène

Les effets sanitaires du toluène se manifestent par des difficultés respiratoires en particulier dues à des irritations.

² Ce qui signifie que le risque de développer un cancer a été évalué à six chances sur un million par $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

³ COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES (5 Octobre 1998) Proposal for a COUNCIL DIRECTIVE relating to limit values for benzene and carbone monoxide in ambient air.

⁴ LIFE 96 ENV/IT/070 MACBETH

Valeurs de référence :

?? OMS : La valeur guide est de 0.26 mg/m^3 pour une semaine d'exposition.

2.1.3. Xylène

Dans le rapport, le terme de xylène désigne la somme de quatre substances : éthylbenzène, ortho-, para-et meta-xylène.

Ces composés ne possèdent pas de valeur guide concernant les recommandations de l'OMS mais ils jouent un rôle important en tant que précurseurs de la pollution photochimique.

2.2. Les oxydes d'azote (NO, NO₂, NO_x)

Les oxydes d'azote (NO_x) sont principalement émis par les transports sur la zone d'étude. C'est le monoxyde d'azote (NO) qui est émis à la sortie du pot d'échappement, il est ensuite oxydé en quelques dizaines de secondes pour former le dioxyde d'azote (NO₂).

Les principaux effets du NO₂ sur la santé sont une altération de la fonction respiratoire chez l'enfant en particulier, une hyper réactivité bronchique chez l'asthmatique et des troubles de l'immunité du système respiratoire.

Il joue également un rôle dans les processus photochimiques et les pluies acides.

Valeurs de référence pour le NO₂ :

?? OMS : La recommandation annuelle est de $40 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ (Guideline for Air quality 1999).

?? UE : La valeur limite européenne annuelle est de $40 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ à l'échéance 2010 (directive européenne du 22 avril 1999).

Valeur de référence pour les oxydes d'azote (NO_x) :

?? OMS : Charge critique pour les écosystèmes : $30 \text{ } \mu\text{g/m}^3$.

3. Moyens de mesures engagés pendant la campagne

Deux types de moyens de mesures ont été mis en œuvre pendant la campagne :

?? Des mesures en continue, avec des analyseurs automatiques sur le site A1 (LEO Lafarge).

?? Des mesures, intégrées sur 10 jours, réalisées à l'aide d'échantillonneurs passifs avec une analyse différée en laboratoire.

3.1. Analyseurs automatiques

Une station temporaire a été installée dans les locaux de Lafarge sur le point A1. Le prélèvement est réalisé à une vingtaine de mètres de la voie.

Matériel installé pendant la campagne de mesures :

?? Un AC31M (Environnement SA), mesure par chimiluminescence de NO et NO₂.

?? Un Système d'Acquisition des Mesures (ARGOPOL).

3.2. Tubes à diffusion passive

Tubes NO₂

L'absorbant utilisé est la TriEthanolAmine (TEA).

Les tubes dits de Palmes (PASSAM) : la diffusion passive se fait par l'extrémité du tube sans membrane. Ces tubes sont sensibles à l'humidité relative de l'air et au vent.

Les tubes de Palmes ont ici été utilisés uniquement pour le NO₂. L'intérêt de cette technique réside dans le prix modéré, ce qui permet de disposer de nombreux sites d'échantillonnages sur la zone. L'inconvénient majeur est son caractère indicatif, c'est à dire que les résultats obtenus possèdent une précision de l'ordre de 30 % au mieux. Ils permettent néanmoins d'effectuer des comparaisons entre divers points et d'établir une répartition géographique du polluant (information relative)

Tubes BTEX

La précision des mesures des tubes de type Radiello a été testée et quantifiée pour le benzène. Les études effectuées par l'ERLAP (European Reference Laboratory for Air Pollution) montrent que la précision des tubes est de l'ordre de 15 %, ce qui permet de comparer les niveaux relevés aux valeurs de référence. Ceci s'explique par la structure même du tube qui rend l'absorption relativement indépendante de la force du vent et de l'humidité de l'air.

4. Stratégie d'échantillonnage (Annexe I)

La difficulté d'échantillonner une zone géographique repose sur deux questions principales :

- ?? Quel est le nombre de points de mesure optimal ?
- ?? Quel temps de prélèvement ?

Le nombre de sites de mesures est conditionné par deux facteurs principaux qui sont le niveau de précision souhaité et l'hétérogénéité de la zone à analyser.

Le projet de tracé de la LEO se caractérise par une zone peu urbanisée, à priori bien ventilée (couloir de la Durance et couloir Rhodanien) et des axes existants (A7, A9, RN7, RN100, RN570).

Choix des sites de mesures :

Les polluants automobiles (NO_x et BTEX) sont mesurés sur 19 sites dont 3 dans la ville d'Avignon (Annexe I).

Le choix des sites a été réalisé en partenariat avec le CETE d'Aix, il s'appuie sur :

- ?? Un maillage relativement large, des transects de trois points autour des axes importants tous les deux kilomètres environ (un près de la voie et deux points distants d'une centaine de mètres).
- ?? Quelques points dans des zones « rurales » sur le passage présumé de la rocade.
- ?? Des points de mesures ont été ajoutés sur les trois sites de mesures permanents de la commune d'Avignon (notion de sites de références).

☞ Le NO₂ est mesuré sur tous les points (**19 sites**) avec différents moyens de mesure (tubes de Palmes, analyseur automatique sur le site A1 Lafarge).

☞ Les BTEX sont mesurés sur **10 sites**, à priori les plus exposés.

Les données de Météo France sont fournies par le centre départemental du Vaucluse à Carpentras. Le site de mesure choisi pour l'étude est **Avignon Aéroport**.

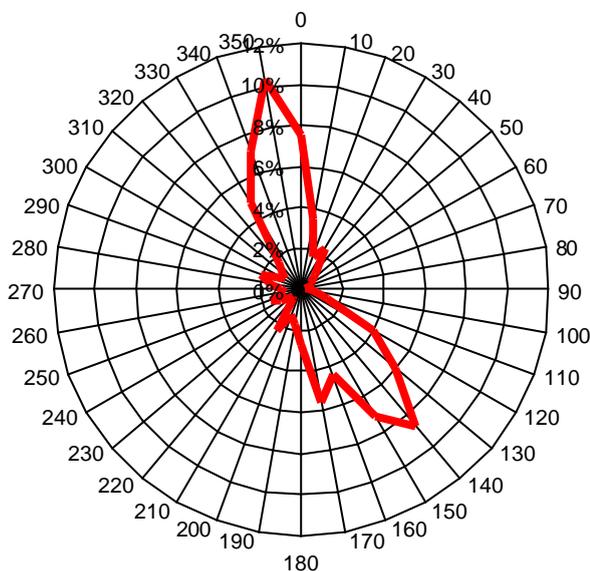
Période des mesures :

Les mesures ont été réalisées du 23 septembre au 6 décembre, soit 70 jours. Les périodes d'échantillonnage des tubes sont de 10 jours (7 périodes).

Tournées	Période de prélèvement des tubes passifs
T1	du 23/09 au 04/10
T2	du 04/10 au 14/10
T3	du 14/10 au 25/10
T4	du 25/10 au 04/11
T5	du 04/11 au 15/11
T6	du 15/11 au 25/11
T7	du 25/11 au 06/12

Chapitre II : Résultats et discussion

1. Conditions météorologiques de la période de mesures



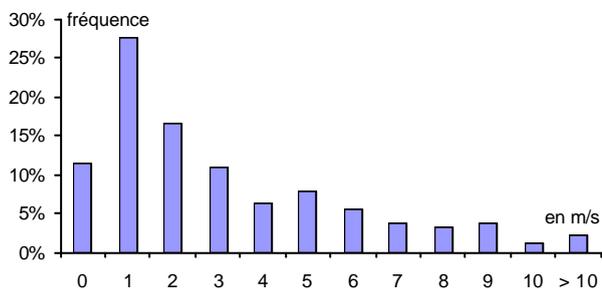
Rose des vents relevée sur le site Météo France Avignon-Aéroport du 23/09 au 06/12/2000

Deux secteurs de vents majeurs ont été observés pendant la campagne de mesures :

- ?? Flux de Nord-Ouest
- ?? Flux de Sud Sud-Est
- ??

Ce constat est à relier à la forte « canalisation » des masses d'air dans le couloir Rhodanien.

Le régime de Nord-Ouest est généralement associé au mistral. Ce vent créant de fortes turbulences entraîne une bonne dispersion des polluants atmosphériques et donc une amélioration de qualité de l'air.



Histogramme de fréquence des vitesses de vents pendant l'ensemble de la période de mesures

Tableau comparatif des fréquences de vitesse de vent enregistrées pendant la campagne et pendant un cycle annuel (Annexe II)

	Période de mesures 2000	Données annuelles basées sur des statistiques de 1994 à 1997
Vents nuls	12 % du temps	9 %
vents faibles (entre 1 et 4 m/s)	61 %	60 %
vents modérés (de 5 à 8 m/s)	20 %	25 %
vents forts (supérieurs à 8 m/s)	7 %	6 %

Cette période de mesure 2000 s'illustre par des conditions météorologiques qui sont moins dispersives que sur l'année, avec notamment une plus forte fréquence de vents nuls et faibles défavorables à la dispersion.

2. Niveaux moyens sur l'ensemble de la campagne de mesures

2.1. Les oxydes d'azote

2.1.1. Niveaux de NO₂ mesurés par la station de mesure temporaire : LEO Lafarge (site A1) comparés aux sites permanents d'Avignon

Tableau récapitulatif des niveaux en oxyde d'azote relevés à LEO Lafarge et sur les autres sites d'Avignon

En $\mu\text{g}/\text{m}^3$	LEO Avignon		Avignon Mairie		Avignon Sud Arrousaire	
	NO	NO ₂	NO	NO ₂	NO	NO ₂
Moyenne	22	27	25	36	27	35
Max horaire	280	100	368	110	755	170
Date	28/11	23/10	28/11	28/11	28/11	28/11

Les niveaux de NO₂ mesurés sur le site LEO Lafarge sont 24 % inférieurs à ceux du centre ville d'Avignon, respectivement 27 et 35.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne sur la période.

Le rapport NO/NO₂ sur LEO Lafarge est légèrement plus élevé que sur les deux autres sites 0.81 contre 0.69 et 0.77. Ce point traduit une influence relativement marquée de la RN570 à une vingtaine de mètres du point de prélèvement.

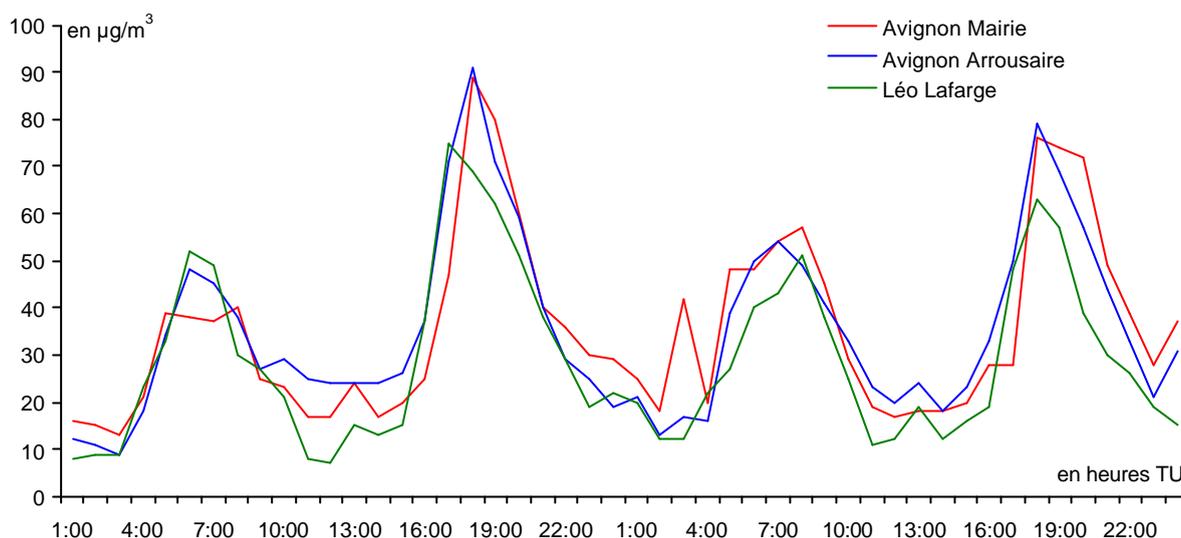
Point sur les maximums horaires :

Le maximum horaire relevé sur le site LEO Lafarge (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), pendant la campagne de mesures, est inférieur à ceux du centre ville d'Avignon (170 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Si l'on se réfère au nombre de dépassements de la valeur guide européenne sur une heure (135 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) relevé sur les sites permanents d'Avignon, ce seuil risque d'être atteint au plus une dizaine de fois dans l'année (la tolérance de la norme porte sur 175 heures de dépassements). L'objectif de qualité européen est vraisemblablement respecté sur le site LEO Lafarge.

La valeur européenne (200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) n'a été atteinte qu'une seule fois en 1998 sur l'agglomération d'Avignon. Compte tenu de l'écart entre les niveaux de NO₂ du centre ville et ceux du site LEO-Lafarge un dépassement est peu probable.

Exemple d'évolution des niveaux de NO₂ les 9 et 10 octobre 2000



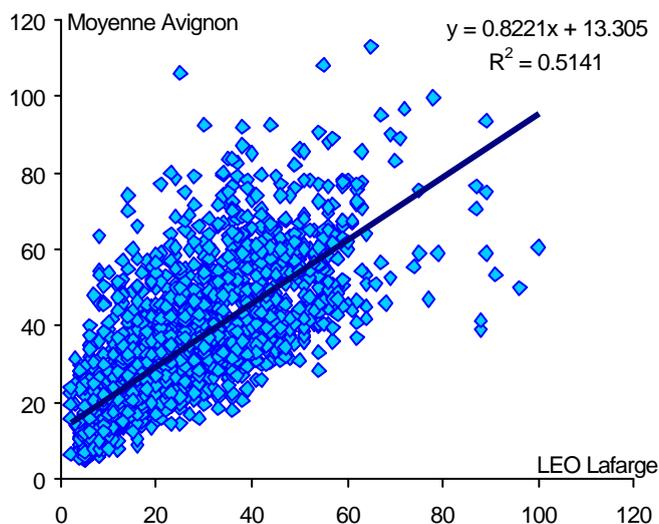
Cet exemple illustre le lien étroit qui existe entre les trois sites de mesures (actions des conditions météorologiques et activités anthropiques comparables). L'écart d'une vingtaine de pourcents entre le centre ville et le site temporaire est également relativement constant sur cet exemple.

2.1.2. Evaluation de la représentativité temporelle de la période de mesures par rapport à l'année 2000

La directive du 22 avril 1999 fixe une valeur limite de **40 µg/m³** pour le NO₂ à respecter avant le 1^{er} janvier 2010. Ce seuil fait également l'objet d'une **recommandation de l'Organisation Mondiale de la Santé**.

Il s'agit donc d'évaluer le poids de la période de mesures par rapport à l'année. Pour ce faire, il faut préalablement valider que les sites de mesures d'Avignon et LEO Lafarge varient de façon comparable.

Lien NO₂ LEO – NO₂ sites Avignon :



Le coefficient de corrélation entre les sites d'Avignon et celui de LEO Lafarge est de **R=0.7**, ce qui confirme le lien étroit qui existe entre l'évolution des niveaux de NO₂ dans Avignon et sur le site A1.

Nuage de points entre les niveaux horaires relevés à LEO Lafarge et la moyenne des sites Avignon du 23/09 au 06/12/2000

Evaluation de la moyenne annuelle sur le site LEO Lafarge :

Tableau récapitulatif des niveaux de NO₂ relevés pendant la période par rapport à la moyenne de l'année 2000

<i>En $\mu\text{g}/\text{m}^3$</i>	Avignon Mairie	Avignon Sud	Avignon Rocade	LEO Lafarge
Moyenne de la période de mesure	36	35	41	26
Moyenne année 2000	29	30	42	22*
Rapport période/année	1.24	1.17	0.98	0.87**

**Estimation ** Rapport moyen*

La période de mesures enregistre des niveaux 13 % plus élevés en moyenne que sur l'année 2000 (24 % Avignon Mairie, 17 % Avignon Sud, -3 % Avignon Rocade).

Compte tenu du lien entre les sites ($r = 0.7$), la moyenne annuelle du site LEO Lafarge pour l'année 2000 peut être estimée à **22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

Ce rapport moyen période/année (=0.87) sera également utilisé pour évaluer les niveaux annuels de NO₂ sur les sites ayant reçu des tubes de Palmes.

Evaluation du rapport tube passif sur analyseur :

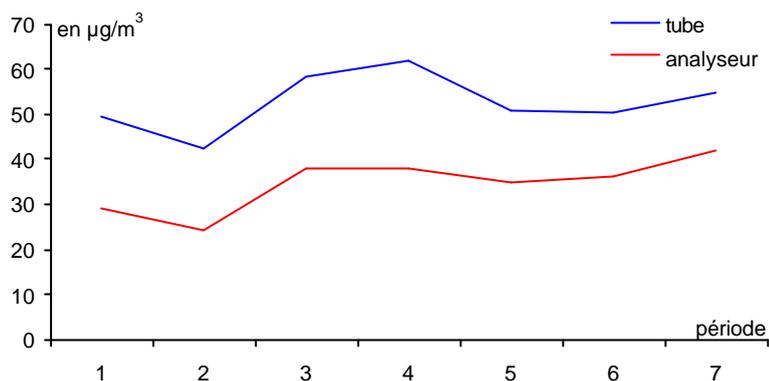
La technique des tubes à diffusion passive de Palmes **est indicative**. Elle est principalement influencée par le vent qui agit sur le coefficient de diffusion passive dans le tube. Ce coefficient théorique permet de calculer le volume d'air qui a transité dans le tube. Cette technique permet néanmoins de fournir une information relative entre différents points de mesures.

Afin d'apprécier quantitativement les niveaux des sites accueillant des capteurs passifs, quatre sites équipés d'analyseurs fixes ont reçu des tubes en parallèles. Ces points permettent de caractériser l'écart entre les niveaux de références fournis par l'analyseur et ceux des tubes.

En $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Avignon Mairie A18	Avignon Sud A17	Avignon Rocade A19	LEO Lafarge A1
tube	48	52	47	32
Analyseur (référence)	36	35	41	26
Rapport tube/analyseur	1.33	1.49	1.19	1.12

Ce calcul indique que le rapport tube sur analyseur est variable en fonction des sites. Il va néanmoins toujours dans le sens d'une surestimation des tubes par rapport aux analyseurs de 12 à 49 %. La surestimation moyenne est **de 28 %**.

Exemple A17 – Avignon Sud



L'écart entre les tubes et les analyseurs est relativement constant sur un même site au cours du temps (surestimation de 58 % en moyenne sur cet exemple).

Evaluation des niveaux de NO₂ sur l'année :

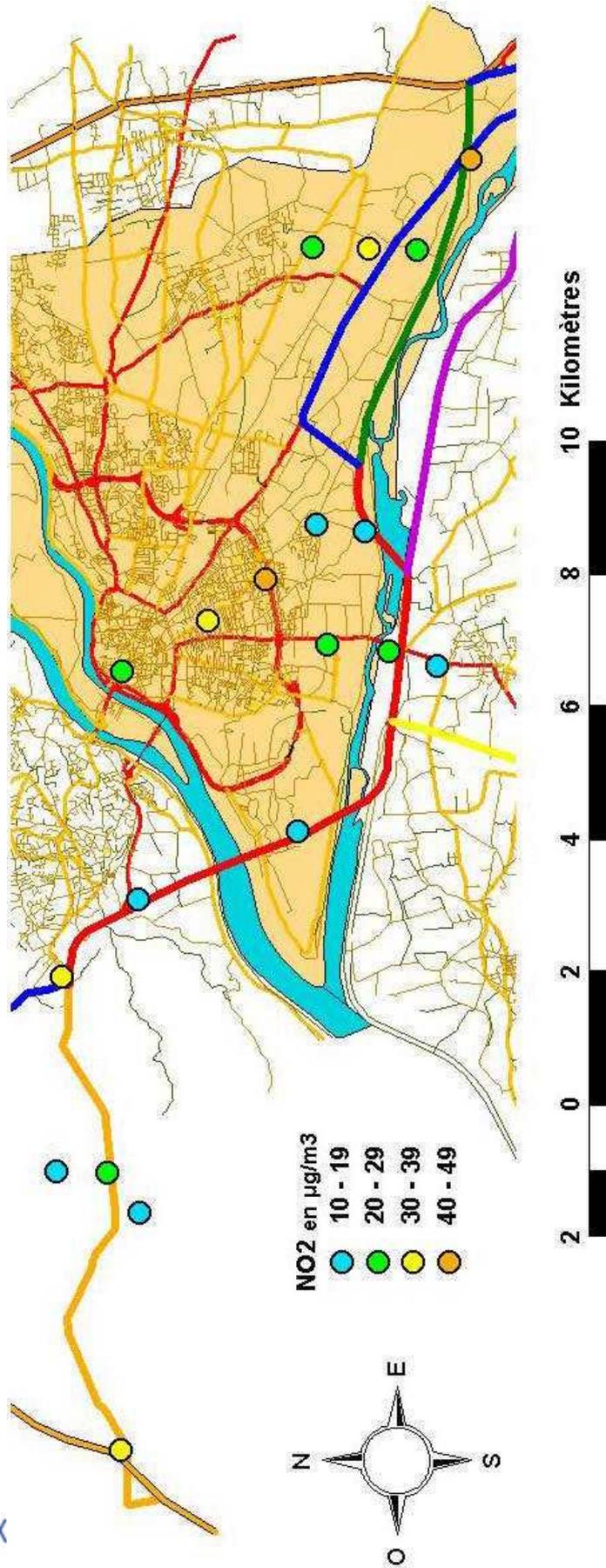
L'estimation de la moyenne annuelle nécessite de prendre en compte l'écart entre les niveaux fournis par les tubes et les analyseurs, d'autre part le poids de la période par rapport à l'année 2000.

Nous prendrons pour ce calcul les hypothèses suivantes :

- ?? Le coefficient **0.72** correspond à la surestimation moyenne des tubes par rapport aux analyseurs sur la période.
- ?? Le coefficient **0.87** correspond au poids de la période sur l'année (supérieur de **13 %** à la moyenne annuelle).

La formule pour évaluer quantitativement le niveau de NO₂ sur les sites « tubes passifs » est :

$$\text{Estimation moyenne annuelle} = (\text{moyenne de la période} * 0.72) * 0.87$$



2.1.3. Niveaux annuels de NO₂ estimés sur la zone d'étude (Annexe III) (cf. carte ci-contre)

Tableau récapitulatif des niveaux de NO₂ estimés sur l'ensemble des points de mesures

code	Estimation moyenne annuelle tube (µg/m ³)
A8	12
A7	13
A2	14
A10	14
A12	15
A4	17
A11	16
A15	20
A13	20
A1a	22*
A3	24
A6	26
A18	30**
A14	32
A5a	33
A17	30**
A9	37
A16	40
A19	42**

* moyenne évaluée à partir des mesures des analyseurs automatiques

** moyennes annuelles fournies par les analyseurs permanents en 2000

Commentaire :

Les niveaux de NO₂ sur la zone d'étude se répartissent en quatre classes :

1- Niveaux < 20 µg/m³ : pictogrammes bleus

Cette classe concerne les environnements non urbains à une centaine de mètres des grands axes. Pour ces points, le seuil de 40 µg/m³ est respecté d'un facteur 2 à 4. Il s'agit de secteurs ouverts, peu urbanisés avec un trafic faible à modéré. Ces niveaux sont représentatifs du niveau de fond de la zone.

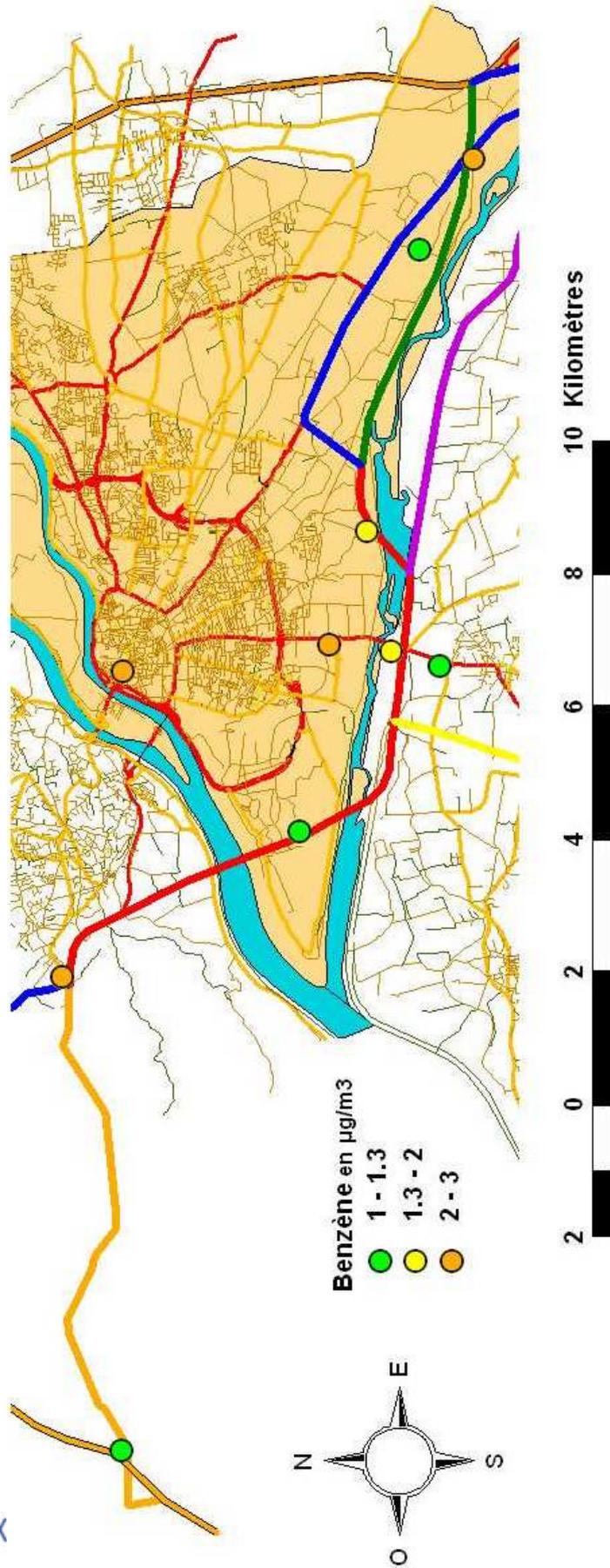
2- Entre 20 et 30 µg/m³ : pictogrammes verts

Les zones concernées par ces niveaux sont la zone urbaine dense d'Avignon et la proximité des nationales à trafic modéré dans les portions roulantes, hors agglomération et croisement d'axes majeurs :

?? A17 - A18 : zone urbaine d'Avignon.

?? A1 - A3 : point proche de la RN570,

?? A6 : point sur la RN100 au niveau de Saze, croisement avec un axe mineur.



3- Niveaux supérieurs à 30 µg/m³ : pictogramme jaune

Ces niveaux correspondent à la proximité des grands axes dans des zones de forte activité (croisement avec des axes importants, zones d'activités...).

- ?? **A14** : point proche de la **RN7** à hauteur du Lycée Pétrarque représentatif des niveaux relevés près de cet axe, hors agglomération et du croisement avec l'A7.
- ?? **A5** : point sur la RN100 au niveau des Angles, croisement avec la D900 (axe fréquenté).

4- Niveaux proches de 40 µg/m³ (valeur limite européenne) : pictogramme orange

- ?? **A9** : point au niveau du croisement de la **RN100** et de l'**A9** en zone rurale sur une portion roulante
- ?? **A19** : secteur de trafic intense sur la rocade Charles de Gaulle, en zone urbaine, nombreux axes transversaux et feux tricolores induisant un temps de résidence plus important des véhicules.
- ?? **A16** : zone de l'échangeur entre la **RN7** et l'**A7**, les véhicules ont un temps de résidence relativement important lié à la traversée de la RN7.

2.2. Les BTX (Benzène Toluène Xylène)

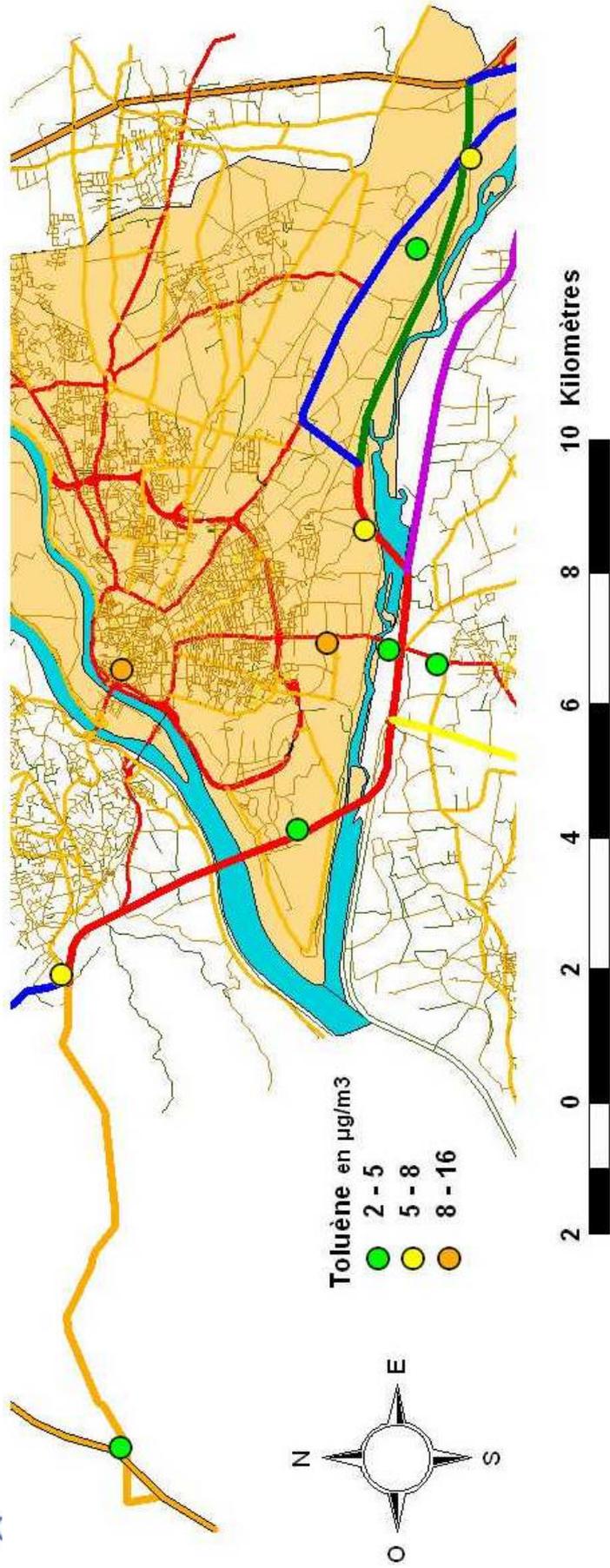
Tableau récapitulatif des niveaux moyens de benzène et de toluène sur la période du 23 septembre au 6 décembre 2000

En µg/m ³	moyenne toluène	moyenne benzène	rapport toluène/benzène
A1a	5.0	1.4	3.6
A2	3.3	1.2	2.7
A3	9.2	2.4	3.9
A4	4.1	1.3	3.2
A5	7.3	2.1	3.5
A9	2.8	1.1	2.5
A11	5.6	1.6	3.4
A13	3.0	1.2	2.5
A16	7.5	2.3	3.2
A18	16.0	3.0	5.4

2.2.1. Niveaux de benzène (cf. carte ci-contre)

Les niveaux relevés sur le domaine d'étude s'étalent de **1.1 à 3 µg/m³** sur l'ensemble de la période.

Si l'on considère la même hypothèse que pour le NO₂, c'est à dire une surestimation des niveaux de l'ordre de 13 % de la moyenne annuelle :



☞ L'objectif de qualité fixé, par le décret du 6 mai 1998 ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) risque d'être dépassé sur les sites de :

- ?? **A3** : entrée de l'hôpital
- ?? **A5** : intersection RN100-Les Angles
- ?? **A16** : intersection A7/RN7.
- ?? **A18** : centre ville d'Avignon.

☞ Le projet de valeur limite européenne ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) est vraisemblablement **respecté sur l'ensemble du domaine**.

Les émissions de benzène des véhicules sont plus importantes dans les situations de congestion du trafic : embouteillage, phases de démarrage, intersections d'axe...

Leur évolution est de type $1/x$ en fonction de la vitesse.

La répartition des niveaux moyens de benzène est légèrement différente de celle du NO_2 qui est fonction de la température du moteur et suit une courbe en U avec un minimum vers 70 km/h. Les niveaux de benzène du site A9 illustre cette différence. En effet, ce site est localisé à une intersection entre l'A9 et la RN100. Cette zone est soumise à un trafic intense, mais fluide, dans une configuration très ouverte. Le niveau annuel de NO_2 enregistré sur ce point fait partie des plus élevés parmi les sites ayant reçu des mesures ($37 \mu\text{g}/\text{m}^3$), alors que le niveau de benzène moyen fait partie des plus faibles ($1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne).

Le maximum de benzène est relevé dans le centre d'Avignon, **avec $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$** . Ce résultat peut être étendu à tout le centre ville en situation de fond à l'écart des axes les plus fréquentés. Proche de ces derniers les niveaux sont sans doute plus élevés, notamment dans les ruelles canyon du centre ville.

Dans la bande des 300 mètres du projet LEO, les sites risquant de dépasser l'objectif de qualité ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sont situés dans des portions de route peu roulantes, correspondant à des intersections avec les grands axes (A5, A16) et au centre ville d'Avignon (A18 et A3).

En dehors de ces situations, en absence d'émetteurs autres que le trafic, le seuil de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est vraisemblablement respecté (niveaux près de deux fois inférieurs en zone rurale).

2.2.2. Niveaux de Toluène (cf. carte ci-contre)

Les niveaux de toluène varient de 2.8 à $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

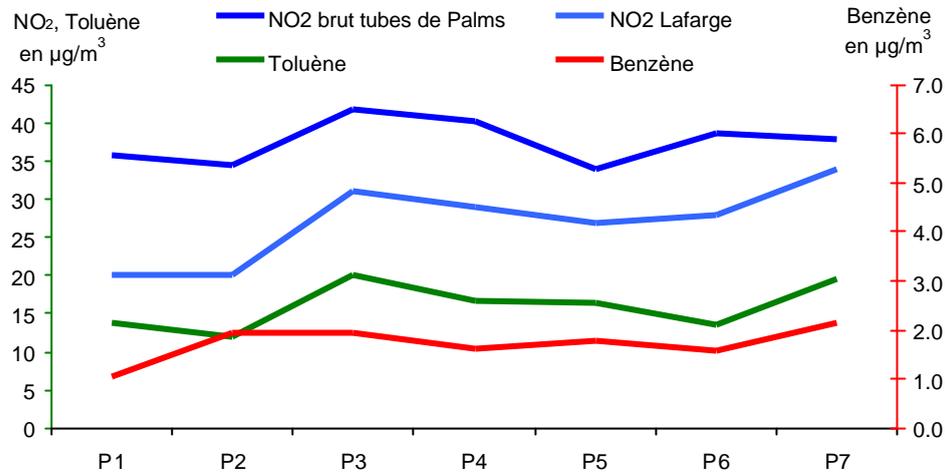
Ces niveaux restent très en deçà de la recommandation de l'OMS sur une semaine d'exposition de $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.2.3. Rapport Toluène/benzène

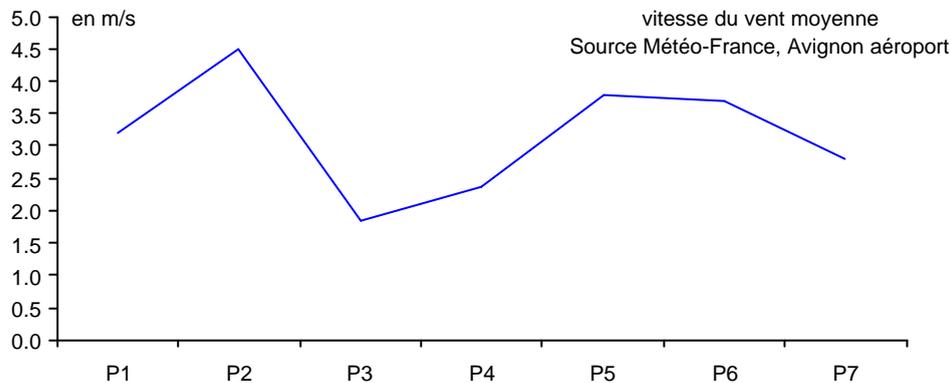
Le rapport toluène/benzène varie de **2.5 à 5.4**. Les rapports les plus en faveur du toluène sont plutôt relevés dans les sites où les niveaux sont plus élevés.

3. Evolution des niveaux de NO₂ et de benzène en fonction des périodes

Graphe montrant l'évolution des niveaux de NO₂, benzène et toluène pendant les 10 périodes de mesures



Graphe de l'évolution de la vitesse moyenne du vent pendant les périodes de mesures



L'évolution des niveaux de NO₂, de benzène et de toluène sont comparables au cours du temps sur des périodes de dix jours environ. Ce point renforce l'idée que l'approximation portant sur une surestimation de l'ordre de 13 % de la moyenne annuelle en benzène et en toluène est pertinente.

L'amplitude des variations entre les périodes où les niveaux sont minimums et maximums varient d'un facteur 1.5 à 2 en fonction des polluants. Ce point illustre la nécessité de réaliser un temps d'échantillonnage suffisamment long et de raccorder les niveaux à des sites de référence permanents lorsqu'ils existent pour évaluer la moyenne annuelle.

Si l'on considère un indicateur global de la turbulence, la vitesse moyenne du vent par période relevée sur l'aéroport d'Avignon par Météo France, on constate que les courbes sont symétriques. Ce point indique que les variations globales sont surtout liées aux conditions météorologiques : si les conditions de dispersion des polluants augmentent, les niveaux diminuent.

Les variations de trafic n'ont pas été intégrées dans l'analyse, mais elles jouent évidemment un rôle dans la concentration plus ou moins grande de polluants.

CONCLUSION

Cette étude a été réalisée à la demande de la Direction Départementale de l'Équipement (DDE 84) et en collaboration avec le CETE Méditerranée.

L'évaluation de la qualité de l'air porte sur le projet de tracé de la Liaison Est-Ouest (LEO) au Sud d'Avignon, qui reliera les autoroutes A7 et A9. Cet axe devrait recevoir un trafic d'environ 30 000 véhicules par jour en moyenne dans les deux sens.

La zone d'étude couvre une bande de 300 mètres autour du projet de tracé le plus probable. Elle s'étend sur trois départements : Vaucluse, Bouches du Rhône et Gard.

La campagne de mesures s'est déroulée du 23 septembre au 6 décembre 2000. Les mesures ont été réalisées sur 19 points dont un équipé d'analyseurs automatiques sur le site Lafarge. L'ensemble des sites a fait l'objet d'une mesure par tubes à diffusion passive NO₂ et 10 d'entre eux de tubes BTX.

Représentativité temporelle de la période d'échantillonnage

Les niveaux relevés pendant la campagne de mesures sur les stations fixes d'Avignon sont près de 13 % supérieurs à ceux de l'année 2000. Afin d'estimer la moyenne annuelle, les niveaux de NO₂ ont été minorés de 13 %. La moyenne annuelle estimée sur le site Lafarge est d'environ **22 µg/m³**. Cette teneur est près de deux fois inférieure à la valeur limite européenne.

Les niveaux de NO₂ mesurés par les tubes de Palmes (technique indicative) surestiment de près de 28 % en moyenne les niveaux relevés par les analyseurs fixes.

Afin d'évaluer quantitativement la moyenne annuelle et le risque de dépassement de la valeur limite européenne les niveaux fournis par les tubes de Palmes ont été minorés de 28 % pour les rendre comparables aux analyseurs fixes et une nouvelle fois de 13 % pour les étendre à l'ensemble de l'année.

Evaluation du risque de dépassement des seuils de référence sanitaire en moyenne annuelle pour la protection de la santé humaine

Le dioxyde d'azote : NO₂

L'estimation des niveaux annuel de NO₂ sur la zone montre trois situations :

- ?? **Zone rurales ou peu urbanisées à plus de cent mètres des grands axes** avec des niveaux entre 12 et 20 µg/m³ (soit plus de deux fois plus faibles que la valeur limite européenne (40 µg/m³ en moyenne annuelle).
- ?? **Zone urbaine dense d'Avignon et proche des nationales au trafic modéré** : entre 20 et 30 µg/m³. L'estimation de la moyenne annuelle sur le site Lafarge est de 22 µg/m³, soit près de deux fois plus faible que la valeur limite européenne (40 µg/m³ en moyenne annuelle).
- ?? **Zones de proximité des axes à fort trafic** : niveaux de NO₂ supérieurs à 30 µg/m³. Parmi ces sites, les sites **A16 et A9** enregistrent les niveaux les élevés du projet de tracé, il s'agit des intersections entre les nationales existantes (**RN100 et RN7**) et les autoroutes (**A9 et A7**). Malgré une bonne aération de ces sites (secteurs très ouverts) le fort trafic présent sur ces axes est à l'origine des niveaux de NO₂ élevés. La valeur limite est approchée ou dépassée sur les sites **A9, A16 et A19**.

Le benzène : C₆H₆

La répartition des niveaux de benzène est légèrement différente de celle du dioxyde d'azote. Son émission est, en effet, maximale dans les zones où le trafic est congestionné : feux tricolores, bouchons, ruelles à vitesse très réduite...

Les niveaux de benzène enregistrés pendant la campagne s'étalent de **1 à 3 µg/m³**.

L'objectif de qualité de 2 µg/m³ risque d'être dépassé dans **le centre ville d'Avignon** (hors DUP) et sur les axes périurbains dans le périmètre de l'étude où le trafic est ralenti.

Dans les secteurs fluides, malgré une circulation parfois intense ce seuil est *à priori* respecté.

Le **projet de valeur limite européenne** (5 µg/m³ en moyenne annuelle pour la protection de la santé) est respecté sur l'ensemble des points de mesures.