

RAPPORT FINAL

Mars 2001

EVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR

SUR LES PROJETS DE TRACES

DE LA ROCADE L2

ETAT ZERO

Date de publication : Mars 2001

Référence dossier : DR/rocade L2



Surveillance de la qualité de l'air de l'Est des Bouches-du-Rhône, du Var et du Vaucluse
67-69, avenue du Prado ; 13 286 Marseille Cedex 6 – Tel : 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	P3
1. Présentation du site et objectifs	P3
2. Présentation de polluants mesurés	P3
2.1. Composés Organiques Volatils	P3
2.1.1. Benzène	P3
2.1.2. Toluène	P4
2.1.3. Xylène	P4
2.2. Les oxydes d'azote (NO, NO ₂ , NO _x)	P4
2.3. Le monoxyde de carbone	P4
2.4. Les PM10	P5
3. Moyens de mesures engagés pendant la campagne	P5
3.1. Analyseurs automatiques	P5
3.2. Tubes à diffusion passive	P6
4. Stratégie d'échantillonnage	P6
4.1. Implantation des sites de mesures	P5
4.2. Périodes de mesures	P8
Chapitre II : Résultats	P9
1. Conditions météorologiques de la période de mesures	P9
2. Evaluation des niveaux annuels pour les différents polluants	P10
2.1. Evaluation des niveaux annuels mesurés par les analyseurs automatiques	P11
2.1.1. Site du MIN Fond – A50	P11
2.1.2. Site du MIN Autoroute – A48	P13
2.1.3. Site Ecole des Flamands II – A26	P16
2.1.4. Site Le Merlan – A29	P18
2.2. Evaluation des niveaux annuels mesurés par les tubes à diffusion passive NO ₂	P23
2.2.1. Validation des données	P23
2.2.2. Ecart tube/analyseur automatique	P23
2.2.3. Evaluation des niveaux de NO ₂ sur l'année	P23
2.3. Evaluation des niveaux annuels mesurés par les tubes BTX	P25
2.3.1. Niveaux de benzène	P25
2.3.2. Niveau de toluène	P27
2.3.3. Rapport toluène/benzène	P27
2.4. Tableau récapitulatif	P29

3. Evaluation des niveaux de pointes	P30
3.1 Dépassement des seuils de référence horaires et journaliers	P31
3.1.1. Sites urbains	P31
3.1.2. Sites trafics	P31
3.2. Evaluation du percentile 98 des niveaux horaires de NO₂ sur l'année	P32
Chapitre III – Exploitation discussion	P35
1. Niveaux en polluants automobile relevés en situation trafic	P35
1.1. Niveaux relevés près de l'A7	P35
1.2. Niveaux relevés sur la portion Nord de la L2	P37
1.3 Niveaux relevés sur la rue Saint-Pierre	P37
2. Niveaux en polluants automobile relevés en situation urbaine	P38
2.1. Portion Nord à l'Ouest du Rond Point Paraf	P38
2.2. Portion Nord à l'Est du Rond Point Paraf	P38
2.3. portion Est de la L2	P38
CONCLUSION	P40

Chapitre I : Présentation de l'étude

1. Présentation du site et objectifs

L'évaluation de la qualité de l'air porte sur des projets de tracés de la rocade L2 Nord à Marseille. Un complément d'expertise est également effectué sur la portion Est du tracé en cours d'aménagement. Cet axe devrait recevoir un trafic d'environ **120 000** véhicules par jour en moyenne, les deux sens de circulation confondus.

La zone d'étude couvre une bande de 300 mètres autour des projets de tracés les plus probables. L'évaluation des niveaux est réalisée à l'aide de transects autour des axes majeurs existants qui préfigurent la future rocade L2 Nord.

Les sites de mesures de Marseille seront intégrés dans l'analyse des résultats, ils fourniront notamment la représentativité des périodes de mesures temporaires par rapport à l'année 2001 et un référentiel des niveaux relevés sur le reste de la ville.

2. Présentation des polluants mesurés

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

- Les Benzène, Toluène et Xylène (BTX)
- Les oxydes d'azote, (NO, NO₂, NO_x)
- Le monoxyde de carbone, (CO)
- Les PM10 (particules en suspension inférieures à 10 µm).

2.1. Composés Organiques Volatils (COV)

Le benzène, le toluène et les différentes formes du xylène (BTX) sont caractéristiques de la pollution automobile. Ces substances sont retenues pour leurs effets sanitaires 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 est réglementé par les instances européennes (directive du 13/12/2000)

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 µg/m³ pour une exposition continue à vie ¹.
- *Union Européenne (UE)* : Valeur limite annuelle européenne : 5 µg/m³ (échéance 2010).
- *France* : Un objectif de qualité de 2 µg/m³ en moyenne annuelle a été fixé par le décret du 6 mai 1998.

¹ L'exposition à vie à une concentration de benzène risque de provoquer une augmentation de 6 cancers par µg/m³ pour 1 million d'habitants.

2.1.2. Toluène

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

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)

Sur la zone d'étude, les oxydes d'azote (NO_x) sont principalement émis par les transports. 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 en particulier chez l'enfant, 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 de l'OMS 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).
Norme horaire limite : $200 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ à ne pas dépasser plus de 18 jours par an (échéance 2001)
- *PRQA*² de la région PACA : Seuil de $135 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ sur 1 heure à ne pas dépasser plus de 17 jours par an.

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

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

2.3. Le monoxyde de carbone (CO)

Ce composé est principalement émis dans les situations congestionnées (feux tricolores, rues embouteillées...). Il résulte d'une combustion incomplète du carburant.

Valeurs de référence pour le CO

- *UE* : Valeur limite sur 1 heure : 30 mg/m^3
Valeur limite sur 8 heures : 10 mg/m^3 .

² PRQA : Plan Régional pour la Qualité de l'Air

2.4. Les PM10 (concentration massique)

Les particules en suspension inférieures à 10 µm constituent la fraction inhalable. Ces particules sont émises par de nombreuses activités : transport, industrie, érosion naturelle. Pour information, les particules rejetées par les véhicules diesels sont inférieures à 1 µm. En situation urbaine, les PM10 sont majoritairement émises par le transport.

Valeurs de référence pour les PM10

- *UE* : Valeur limite sur 24 heures: **50 µg/m³** à ne pas dépasser plus de 35 jours par an (applicable au 1^{er} janvier 2005)
Valeur limite annuelle : **40 µg/m³** (applicable au 1^{er} janvier 2005).

3. Moyens de mesures engagés pendant la campagne

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

- des mesures continues, avec des analyseurs automatiques sur quatre sites de mesures (pas de temps **quart horaire**) :
 - **A48 - MIN Autoroute**
 - **A50 - MIN fond**
 - **A29 - Le Merlan**
 - **A26 - Ecole des Flamands II**
- des mesures, **intégrées sur 10 jours**, réalisées à l'aide d'échantillonneurs passifs avec une analyse différée en laboratoire :
 - **50 sites pour la mesure du NO₂**
 - **28 sites pour la mesure du benzène.**

3.1. Analyseurs automatiques

Les mesures automatiques réalisées avec des analyseurs sont installés dans deux enceintes climatisées :

- **Un camion laboratoire**
- **Une cabine.**

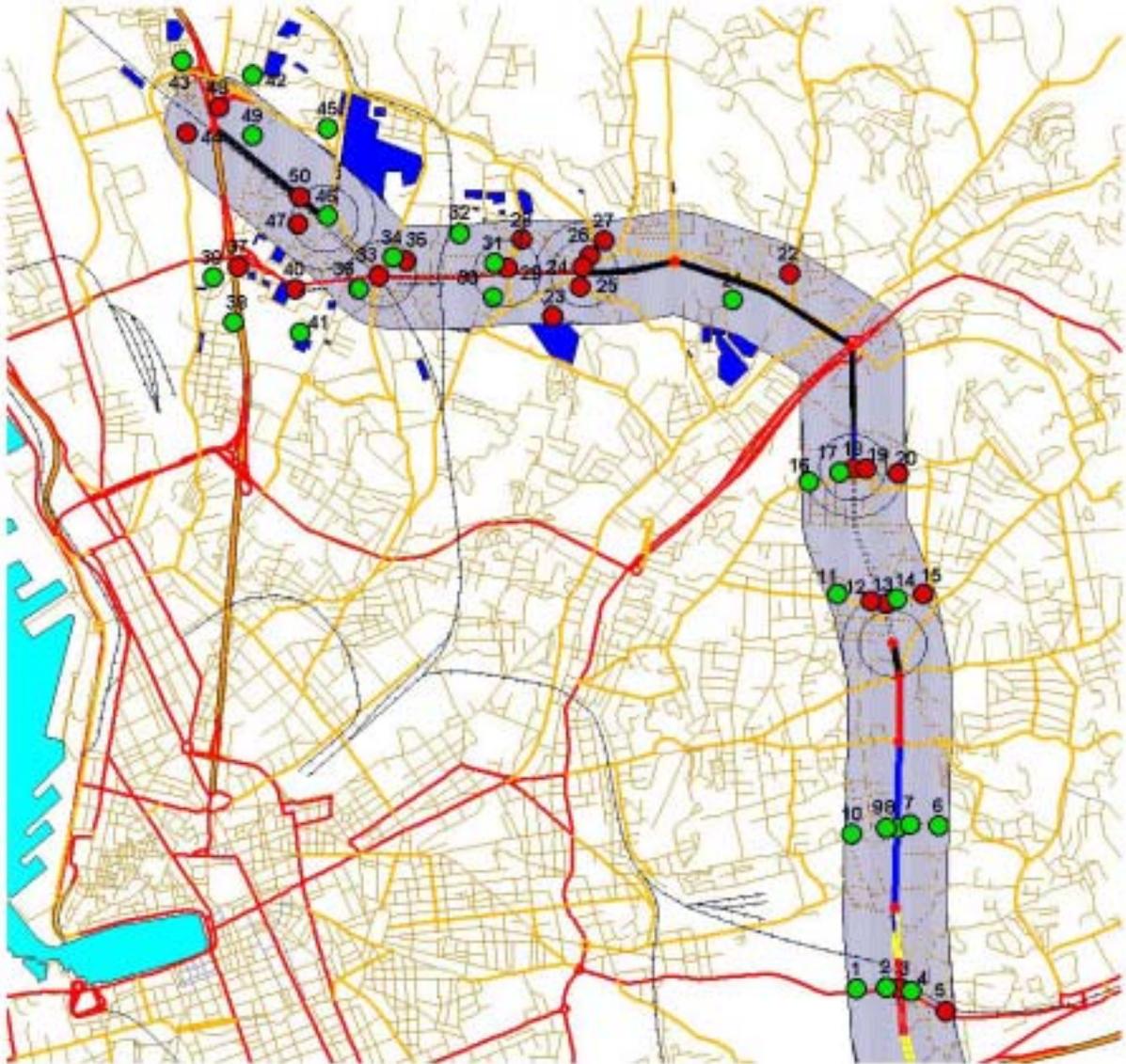
Matériels installés pendant la campagne de mesures :

- deux AC31M (Environnement SA), mesure par chimiluminescence de NO et NO₂,
- Deux CO31M (environnement SA), mesures par IR,
- Deux TEOM (R&P), concentration massique des PM10, technique de la micro-balance à quartz,
- Deux Systèmes d'Acquisition des Mesures (ARGOPOL).

D'autres moyens de mesures sont présents dans le camion laboratoire, il s'agit notamment de :

- Un anémogirouette : vitesse et direction du vent
- Un capteur de température et hygrométrie
- Des analyseurs de SO₂ et O₃.

- Carte d'implantation des sites de mesures



Légende :

Sites de mesure

- NO2
- NO2 - Benzène
- Echangeur et sorties de tunnel

Tracé (projet)

- demi
- encorbellement
- totale
- - - tunnel
- Pas de données
- Zone de 300 m autour du projet
- Pos.shp
- Zone de 200m autour des têtes de tunnels

3.2. Tubes à diffusion passive (ANNEXE I)

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. 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 BTX

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 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 (page ci-contre) – ANNEXE II

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

Le projet de tracés de la L2 se caractérise par une urbanisation relativement dense et de nombreux axes importants. L'échantillonnage proposé vise à évaluer à l'aide **de transects** les niveaux en polluants automobiles relevés sur différentes portions de l'axe, dans trois situations :

- **Trafic** : sur les axes majeurs, afin d'évaluer, l'influence positive ou négative de la mise en service de la L2.
- **Zones habitées les plus proches de la voie** : Des points de mesures ont été installés près des habitations les plus proches des tracés présumés afin d'approcher l'exposition de ces populations,
- **Urbaine** : sites plus éloignés qui fournissent le niveaux de fond en polluants dans la bande des trois cents mètres.

4.1. Implantation des sites de mesures (Cf carte ci-contre)

Nous considérerons dans ce travail que tous les sites représentatifs de zones habités sont des sites urbains, même si la définition diffère quelque peu de celle de l'ADEME.

Sur les 50 sites de mesures:

- **14 sites trafics**, dont les sites du Merlan et du MIN Autoroute,
- **36 sites urbains**, dont les sites du MIN Fond et de l'Ecole des Flamands II.

Le NO₂ est mesuré sur tous les points (**50 sites**) avec différents moyens de mesure : tubes de Palmes sur tous les sites, analyseurs automatiques sur les sites Le Merlan, Ecole des Flamands, MIN Autoroute, MIN fond.

Les BTX sont mesurés sur **28 sites**, *a priori* les plus exposés.

CO, PM10 sur les quatre sites de mesures automatiques.

Les données Météorologiques sont fournies par la station de Météo-France de l'observatoire à Marseille et le camion laboratoire.

4.2. Périodes des mesures

Les mesures ont été réalisées du **5 mars au 29 juin 2001**.

Périodes d'échantillonnage des stations de mesures automatiques

Site	Période
Le Merlan	5/03 au 9/05
MIN Autoroute	14/03 au 19/04
MIN Fond	20/04 au 25/05
Ecole des Flamands II	16/05 au 29/06

Périodes de mesures des tubes à diffusion passive du 14 mars au 16 mai 2001

Tournées	Période
T1	14/03 au 23/03
T2	23/03 au 04/04
T3	04/04 au 14/04
T4	14/04 au 25/04
T5	25/04 au 05/05
T6	05/05 au 16/05

Photographie des moyens de mesures engagés pendant la campagne (image de gauche : camion laboratoire, image de droite : tubes à diffusion passive)



Chapitre II : Résultats

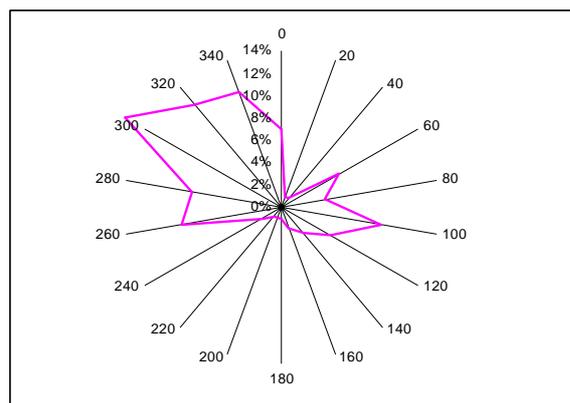
Les polluants automobiles mesurés pendant la campagne de mesures font l'objet de valeurs de référence annuelles et horaires (valeur limite européenne, recommandation de l'Organisation Mondiale de la Santé).

Dans la présentation des résultats nous essayerons, à partir des mesures temporaires, d'évaluer les niveaux annuels pour les différents composés mesurés, afin de pouvoir les comparer sur une même base et les rapporter aux valeurs de références. Ce travail donnera lieu à une cartographie des niveaux annuels estimés, sur l'ensemble du domaine d'étude pour le NO₂ et le benzène. Ensuite, nous évaluerons les niveaux de pointes pour le NO₂, à travers le percentile 98 des moyennes horaires et le risque de dépassement de seuil pour les autres composés.

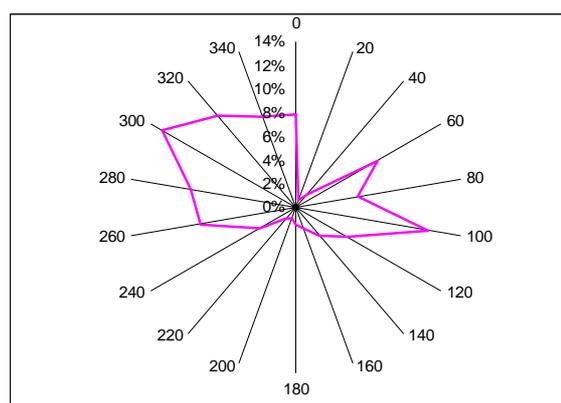
Dans la partie discussion nous proposerons une analyse des résultats par zone géographiques homogènes, en dissociant notamment les **situations trafic** et les **situations urbaines** (chapitre III).

1. Conditions météorologiques de la période de mesures

Roses des vents relevées sur la station Météo France Marseille Observatoire du 1^{er} janvier au 20 août 2001 (a) et du 14 mars au 16 mai 2001 (b)



(a) P2001 Du 01/01 au 20/08/2001



(b) P1 du 14/03 au 06/05/2001 (campagne tubes passifs)

Les roses des vents des deux périodes sont comparables avec des vents dominants dans le quart Nord Ouest (mistral) et des flux d'Est. Sur la période correspondant aux mesures réalisées avec les tubes les flux d'Est sont légèrement moins fréquents que sur P2001.

Tableau comparatif des fréquences de vitesse de vent enregistrées pendant les périodes P2001 (du 01/01 au 20/08/2001) et P1 (du 14/03 au 6/05/2001)

	P2001 Du 01/01 au 20/08/2001	P1 (campagne tubes passifs) Du 14/03 au 06/05/2001
Vents nuls	6 %	5 %
vents faibles (entre 1 et 4 m/s)	18 %	15 %
vents modérés (de 4 à 8 m/s)	56 %	54 %
vents forts (supérieurs à 8 m/s)	20 %	26 %

La période de mesures des tubes à diffusion passive est légèrement plus dispersive que la moyenne des huit premiers mois de l'année (plus de vents modérés à forts).

2. Evaluation des niveaux annuels pour les différents polluants

L'estimation de la moyenne annuelle à partir des mesures temporaires est réalisée en trois étapes :

1. **Vérification de la pertinence de prendre comme référence des sites pérennes de l'agglomération.** Pour cette étude nous avons choisi de travailler avec les sites permanents les plus proches géographiquement (Cinq Avenues, Saint-Louis et Plombières). Ce lien est évalué à partir du coefficient de corrélation linéaire des évolutions horaires.

Si le coefficient de corrélation $R > 0.6$,

Nous considérerons que le lien est suffisant pour utiliser les sites pérennes dans l'extrapolation annuelle.

Ce calcul fait l'hypothèse que le lien relevé pendant la période de mesures est constant au cours du temps, au moins à l'échelle de l'année.

2. **Evaluation de la représentativité temporelle de la période par rapport à l'année 2001.** Il s'agit, sur les stations prises comme référence, d'évaluer la représentativité de la période par rapport à l'année. Dans ce cas précis, nous estimerons que la moyenne des niveaux sur les huit premiers mois de l'année est comparable à celle de l'année 2001. A titre d'information, la moyenne annuelle des quatre dernières années sera indiquée dans les tableaux pour comparaison.

$$R^{P1}/P2001 = P1 \text{ période de mesure temporaire} / P2001 \text{ moyenne des huit mois de l'année}$$

3. **Pour les tubes à diffusion passive NO_2 , nous évaluerons l'écart entre les niveaux fournis par le tube et ceux de l'analyseur pris comme référence.** Classiquement ces écarts peuvent être importants (supérieurs à 50 %). Ce point s'explique par l'influence forte des paramètres météorologiques, notamment le vent, sur le débit de diffusion des molécules à l'intérieur du tube. Néanmoins, si ces écarts sont comparables entre les sites, il est possible d'effectuer une correction qui permet d'estimer quantitativement les teneurs de la campagne. Les informations des tubes sont alors utilisées à titre d'information relative spatiale, calées quantitativement par les analyseurs automatiques à chimiluminescence.

$$C_{\text{NO}_2 \text{ quantitatif}} = C_{\text{NO}_2 \text{ tube}} * R^{T/A} \text{ moyen de la campagne}$$

T : Tube

A : Analyseur

2-1 Evaluation des niveaux annuels mesurés par les analyseurs automatiques

2.1.1- Site du MIN fond – A50

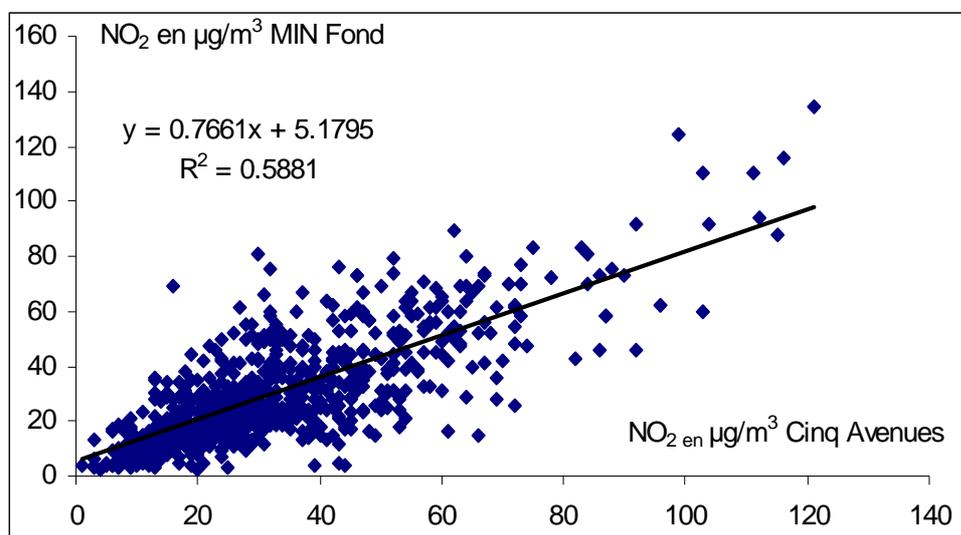
Période de mesures : 20 avril au 21 mai 2001

Ce site **urbain** est localisé dans le MIN (Cf ANNEXE II). Les concentrations en polluants relevées sur ce site sont représentatives du niveau de fond du secteur. Dans l'enceinte du MIN, il y a une activité poids lourds importante.

- **Evaluation du lien entre le site du MIN Fond et les sites marseillais les plus proches (Cinq Avenues, Saint-Louis, Plombières)**

Les coefficients de corrélation linéaire entre les données horaires de NO₂ et de PM10 des sites du MIN Fond et de Cinq Avenues, Saint-Louis et Plombières sont supérieurs à **0.6 (cf tableau ci-dessous)**. Ce point indique que les profils horaires de ces composés sont comparables dans le temps.

Exemple de nuage de points des niveaux horaires de NO₂ entre MIN Fond et Cinq Avenues



Sur cet exemple le coefficient de corrélation linéaire R est de **0.76**

- **Evaluation des moyennes annuelles**

Estimation de la moyenne annuelle de NO₂ – site du MIN Fond

	Moyenne annuelle 1997-2000	P1 : du 20/04 au 25/5/2001	P2001 : du 01/01 au 20/08/2001	P ₁ /P ₂₀₀₁	coefficient de corrélation linéaire MIN Autoroute et les stations
MIN fond	/	34	37*	/	/
Cinq Avenues	38	31	34	0.90	0.76
Saint-Louis	41	41	43	0.91	0.69
Plombières	89	75	82	0.96	0.61
	/	/	Rapport moyen	0.92	/

*Concentrations en µg/m³

Dans cet exemple, le rapport de la période sur l'année est de 0.92 en moyenne. Les teneurs de NO₂ de la période sont donc **majorées de 8 %** pour estimer la moyenne annuelle.

* évaluation

Estimation de la moyenne annuelle de PM10 – site du MIN Fond

	Moyenne annuelle 1999-2000	P1 : du 20/04 au 25/05/2001	P2001 : du 01/01 au 20/08/2001	P ₁ /P ₂₀₀₁	coefficient de corrélation linéaire MIN Autoroute et les stations
MIN fond	/	28	31*	/	/
Cinq Avenues	22	19	22	0.86	0.72
Saint-Louis	30	29	31	0.94	0.77
			rapport moyen	0.90	/

Concentrations en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Estimation de la moyenne annuelle de CO – site du MIN Fond

	Moyenne annuelle 1999-2000	P1 : du 20 /04 au 25/05/2001	P2001 : du 01/01 au 20/08/2001	P ₁ /P ₂₀₀₁	coefficient de corrélation linéaire MIN Autoroute et les stations
MIN fond	/	0.3	0.4*	/	/
Plombières	1.8	1.36	1.4	0.97	0.51

Concentrations en mg/m^3

Le lien entre l'évolution horaire du CO sur le site du MIN fond et celui de Plombières est modéré ($R=0.51$), néanmoins le rapport à la moyenne annuelle ne modifie pas l'ordre de grandeur des niveaux, 0.3-0.4 mg/m^3 .

Estimation de la moyenne annuelle de benzène – site du MIN Fond

	Du 14/04 au 25/05/2001	Evaluation annuelle
MIN Autoroute fond	1.4	1.4

Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Pour le benzène (cf page 25), nous ne disposons d'aucune donnée automatique pendant cette période. Nous considérerons que compte tenu de la longue période d'échantillonnage (2 mois de mesures), la concentration relevée est assez proche de la moyenne annuelle. Une majoration d 10 % ne modifie pas l'ordre de grandeur, autour de 1.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

▪ Commentaires :

Les niveaux en polluants automobiles relevés sur le site du MIN Fond sont comparables à ceux du centre ville de Marseille.

Le niveau annuel de NO_2 estimé (**37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**) est proche de la valeur limite européenne de **40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

Les niveaux annuels de PM_{10} (**31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**) et de benzène (**1.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$**) sont inférieurs aux seuils de référence, respectivement **40 et 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

Polluant	Niveau annuel estimé	Valeur de référence
NO_2	37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM_{10}	31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
benzène	1.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

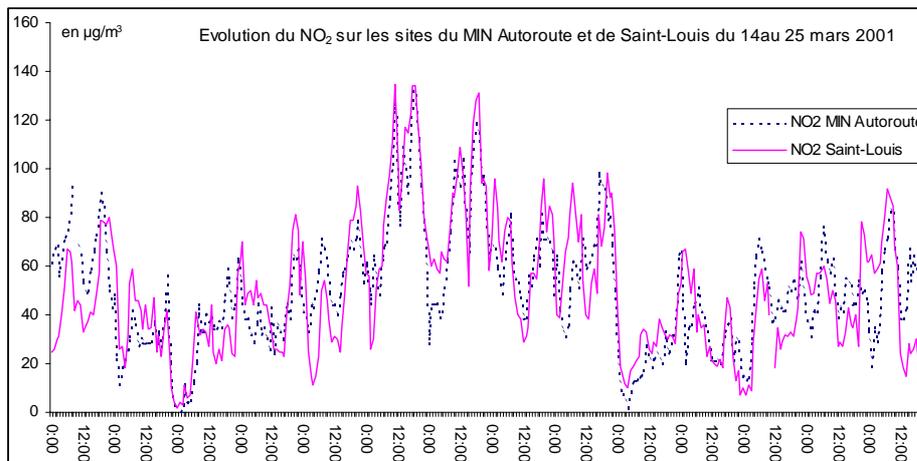
2.1.2. Site du MIN Autoroute – site A48

Période de mesures : du 14 mars au 19 avril 2001

Le site du MIN Autoroute est localisé à une cinquantaine de mètres de l'autoroute A7, dans l'enceinte du MIN. Il peut être apparenté à un site trafic, même si la distance à la voie est légèrement supérieure à celle préconisée par l'ADEME (inférieure à 5 mètres).

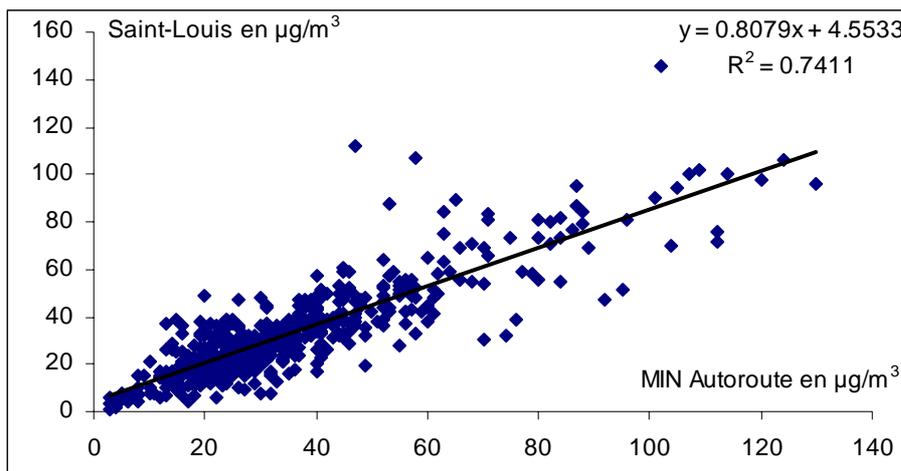
- **Evaluation du lien entre le site du MIN Autoroute et les sites marseillais les plus proches (Cinq Avenues, Saint-Louis, Plombières)**

Le comportement de ce site est très proche de ceux de l'agglomération marseillaise avec un coefficient de corrélation supérieur à **0.8** pour le NO₂ et les PM10 sur la période, avec les sites de **Cinq Avenues et Saint-Louis**.



Cet exemple illustre le lien étroit concernant le dioxyde d'azote entre les sites du MIN Autoroute et de Saint-Louis ($R=0.77$), malgré des environnements très différents.

Exemple de nuage de points des niveaux horaires de PM10 entre MIN Autoroute et Saint Louis pendant la campagne temporaire



Cet exemple, illustre le lien fort qui existe entre ces deux sites concernant l'évolution horaire des PM10 : $R=0.86$.

- Estimation des niveaux annuels

Estimation de la moyenne annuelle de NO₂ – site du MIN Autoroute

	Moyenne annuelle 1997-2000	P1 : du 14/03 au 19/04/2001	P2001 : du 01/01 au 20/08/2001	P ₁ /P ₂₀₀₁	coefficient de corrélation linéaire MIN Autoroute et les stations
MIN Autoroute	/	46	48*	/	/
Cinq Avenues	38	32	34	0.94	0.81
Saint-Louis	41	41	43	0.95	0.77
Plombières	88.5	80	82	0.98	0.66
			rapport moyen	0.96	

Concentrations en µg/m³

Le rapport de la période de mesures sur la moyenne des huit premiers mois de l'année indique que cet écart est proche sur les sites permanents (0.94 à 0.98). Nous majorerons donc le niveau de NO₂ relevé sur la période de 4 %, correspondant au rapport moyen calculé sur les trois sites de références.

Le niveau annuel de ce site en NO₂ peut donc être estimé à **48 µg/m³**.

Estimation de la moyenne annuelle de PM₁₀ – site du MIN Autoroute

	Moyenne annuelle 1999-2000	P1 : du 14/03 au 19/04/2001	P2001 : du 01/001 au 20/08/2001	P ₁ /P ₂₀₀₁	coefficient de corrélation linéaire MIN Autoroute et les stations
MIN Autoroute	/	35	42*	/	
Cinq Avenues	22	18	22	0.82	0.8
Saint-Louis	30	28	31	0.90	0.86
			rapport moyen	0.86	

Concentrations en µg/m³

On effectue une majoration de **14 %** du niveau moyen de PM₁₀ relevé sur la période pour estimer la moyenne annuelle.

La moyenne annuelle de PM₁₀ relevée sur le site du MIN Autoroute est évaluée à **42 µg/m³**.

Estimation de la moyenne annuelle de CO – site du MIN Autoroute

	Moyenne annuelle 1999-2000	P1 : du 14/03 au 19/04/2001	P2001 : du 01/01 au 20/08/2001	P ₁ /P ₂₀₀₁	coefficient de corrélation linéaire MIN Autoroute et les stations
MIN Autoroute	/	0.8	0.8*	/	/
Plombières	1.8	1.4	1.4	1	0.46
			rapport moyen	1	

Concentrations en mg/m³

* évaluation

Estimation de la moyenne annuelle de benzène – site du MIN Autoroute

	Du 14/03 au 16/05	Evaluation annuelle
MIN Autoroute	1.9	1.9*

Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

▪ Commentaire

Les niveaux annuels de NO_2 (**$48 \mu\text{g}/\text{m}^3$**) et de PM_{10} (**$42 \mu\text{g}/\text{m}^3$**) évalués sur le site du MIN Autoroute dépassent les seuils de référence européens ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur l'année pour ces deux composés).

Le dépassement de ce seuil pour le NO_2 est enregistré sur la totalité des sites trafics du réseau Airmarais (maximum relevé à Plombières avec **$82 \mu\text{g}/\text{m}^3$** en 2001).

Le niveau de benzène relevé sur cette portion de l'axe (**$1.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$**) est modéré par rapport aux niveaux des PM_{10} et de NO_2 : proche de l'objectif de qualité français **$2 \mu\text{g}/\text{m}^3$** et nettement inférieur à la valeur limite européenne **$5 \mu\text{g}/\text{m}^3$** . Ce résultat est lié à la grande fluidité de l'axe.

Polluant	Niveau annuel estimé	Valeur de référence
NO_2	$48 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
PM_{10}	$42 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
benzène	$1.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

2.1.3. Site Ecole les Flamands II – A26

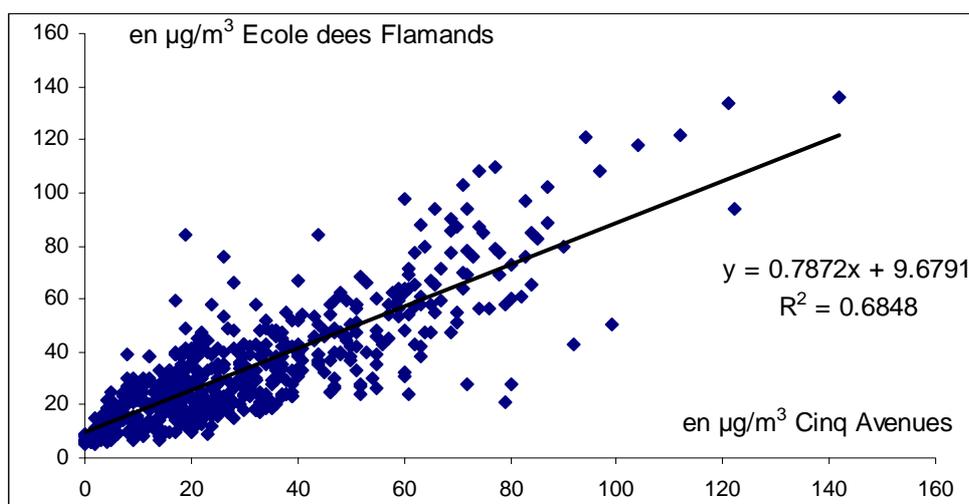
Période de mesures du 16 mai au 29 juin 2001

Il s'agit d'un site **urbain** localisé à une centaine de mètres de l'avenue du Merlan. La cabine de mesure a été installée dans l'enceinte de l'école maternelle des Flamands II.

- **Evaluation du lien entre le site et les sites marseillais les plus proches**
(Cinq Avenues, Saint-Louis, Plombières)

Le site de l'Ecole des Flamands montre une bonne corrélation linéaire avec les sites permanents du réseau marseillais : NO₂, (**R : 0.62 à 0.88**) ; PM10 (**R : 0.63 et 0.82**).

Exemple de nuage de points des niveaux horaires de NO₂ entre Cinq Avenues et l'Ecole des Flamands



Estimation de la moyenne annuelle de NO₂ – site Ecole des Flamands II

	Moyenne annuelle 1997-2000	P1 : 25/05 au 26/06/2001	P2001 : du 01/01 au 20/08/2001	P ₁ /P ₂₀₀₁	coefficient de corrélation linéaire MIN Autoroute et les stations
Cinq Avenues	38	32	34	0.95	0.88
Saint-Louis	41	42	43	0.98	0.77
Flamands	/	30	31*	/	/
Plombières	89	83	82	1.01	0.62
			Rapport moyen	0.98	/

Concentrations en µg/m³

Estimation de la moyenne annuelle de PM10 – site Ecole des Flamands II

	Moyenne annuelle 1999-2000	P1 : 25/05 au 26/06/2001	P2001 : du 01/01 au 20/08/2001	P ₁ /P ₂₀₀₁	coefficient de corrélation linéaire MIN Autoroute et les stations
Cinq Avenues	22	25	22	1.11	0.82
Saint-Louis	30	33	31	1.07	0.63
Flamands	/	35	32*	/	/
			Rapport moyen	1.09	/

Concentrations en µg/m³

* évaluation

Estimation de la moyenne annuelle de CO – site Ecole des Flamands II

	Moyenne annuelle 1999-2000	P1 : 25/05 au 26/06/2001	P2001 : du 01/01 au 20/08/2001	P ₁ /P ₂₀₀₁	coefficient de corrélation linéaire MIN Autoroute et les stations
Flamands	/	0.4	0.5*	/	/
Plombières	1.8	1.3	1.4	0.93	0.48
			Rapport moyen	0.93	

Concentrations en mg/m³

Estimation de la moyenne annuelle de benzène– site Ecole des Flamands II

	Du 14/03 au 19 avril	Evaluation annuelle
Flamands	1.8	1.8*

Concentration en µg/m³

▪ Commentaire

Le site de l'Ecole des Flamands II indique des niveaux en polluants automobiles modérés.

L'ensemble des composés mesurés respecte les valeurs de référence :

Polluant	Niveau annuel estimé	Valeur de référence
NO ₂	31 µg/m³	40 µg/m ³
PM10	32 µg/m³	40 µg/m ³
benzène	1.8 µg/m³	2 µg/m ³ 5 µg/m ³

* évaluation

2.1.4. Site Le Merlan - A29

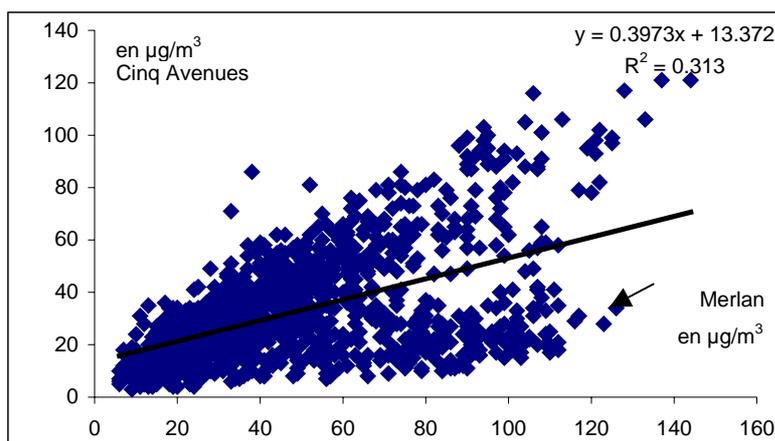
Période d'échantillonnage du 5 mars au 9 mai 2001

Ce site de mesures est localisé en situation **trafic** sur le toit du théâtre du Merlan à l'entrée Ouest du tunnel passant sous le centre commercial.

▪ Evaluation du lien entre le site du Merlan et les sites marseillais les plus proches

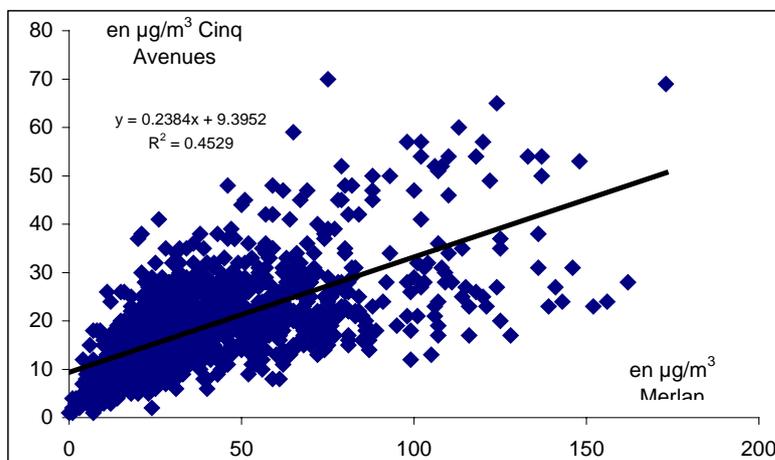
Le lien entre ce site et les stations permanentes du réseau est moins marqué que pour les sites précédents (NO_2 , R : 0.56 à 0.62 ; PM_{10} , R : 0.67 à 0.70).

Nuage de points des niveaux horaires de NO_2 entre Cinq Avenues et Le Merlan



Sur les nuages de points ci-contre, on retrouve deux populations de données, dont une correspond à des valeurs élevées sur le Merlan alors qu'à Cinq Avenues les niveaux sont faibles, respectivement autour de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour le Merlan et $10\text{-}30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à Cinq Avenues.

Nuage de points des niveaux horaires de PM_{10} entre Cinq Avenues et Le Merlan

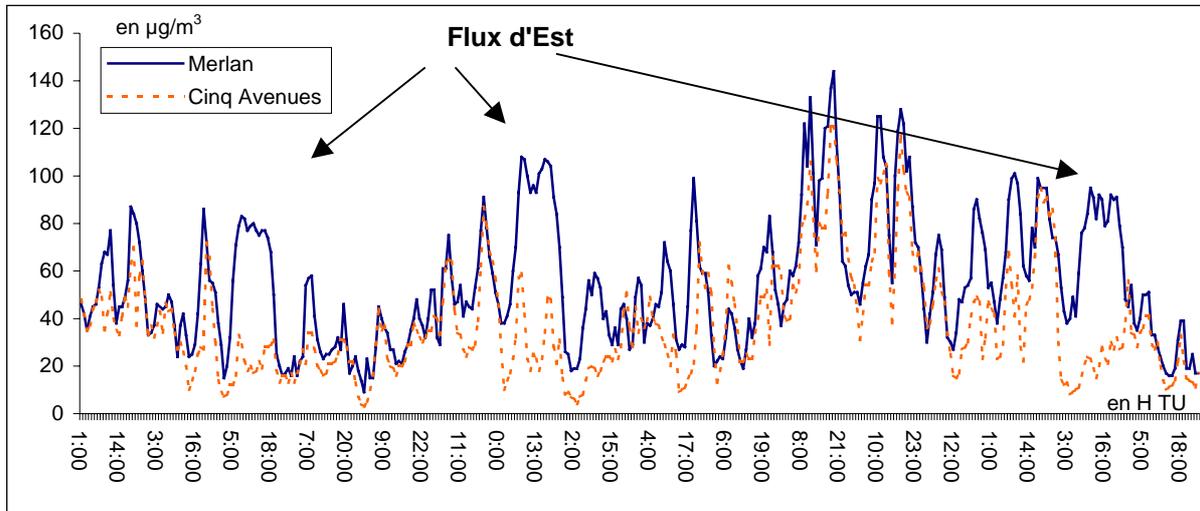


Ce graphe comparant les niveaux horaires de PM_{10} sur les sites du Merlan et de Cinq Avenues montre le même comportement que pour le dioxyde d'azote.

Ces deux populations de données s'expliquent en grande partie par la position du site de mesure, **à la tête Ouest du tunnel**. En effet, par vent d'Est les polluants émis dans le tunnel sont poussés vers l'entrée Ouest, ce qui conduit à un accroissement significatif des niveaux en polluants automobiles. Le contraste est d'autant plus net, que ces conditions météorologiques sont plutôt dispersives et entraînent des niveaux faibles à modérés sur les autres sites marseillais, alors que sur le site du Merlan ils restent élevés, bénéficiant de l'apport des polluants accumulés dans le tunnel.

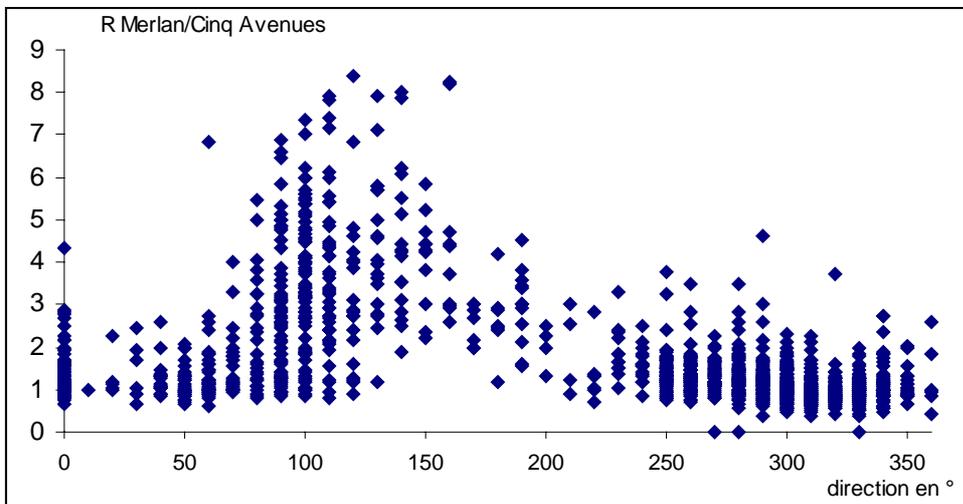
Ce comportement est illustré par le graphe ci-après, qui indique que sur trois épisodes de vents d'Est l'écart entre les sites du Merlan et de Cinq Avenues se creuse, alors que le reste du temps les niveaux évoluent de façon similaire.

Evolution des niveaux horaires de NO₂ au Merlan et à Cinq Avenues du 10 au 25 mars 2001



Si l'on considère l'ensemble des données horaires de la campagne en fonction des directions de vent, le rapport entre les sites du Merlan et de Cinq Avenues subit une forte variation pour les directions Est à Sud Est. Dans ces conditions les niveaux sur le sites du Merlan peuvent être jusqu'à 8 fois plus élevés, alors que pour les autres directions de vent, il oscille entre 1 et 3.

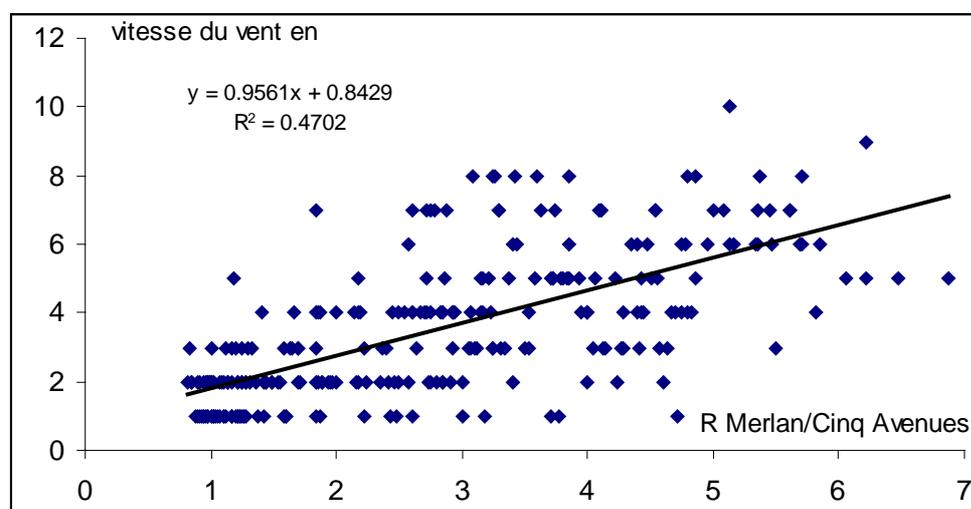
Graphique de la direction du vent relevée à Cinq Avenues en fonction du $R^{\text{Merlan/Cinq Avenues}}$ pour les moyennes horaires de NO₂



L'analyse de ce rapport pour les directions 60 à 160 ° en fonction de la vitesse du vent indique une relation linéaire avec la force du vent.

Plus le vent à une intensité forte, plus l'écart se creuse. Ce point s'explique par une dilution plus forte sur le site de Cinq Avenues, qui conduit à des niveaux de plus en plus faibles, alors que sur le site du Merlan la proximité à l'axe et l'effet piston dans le tunnel maintiennent des niveaux significatifs.

Graphe de la vitesse du vent en fonction de l'évolution du rapport des concentrations horaires entre Cinq Avenues et Le Merlan



Estimation de la moyenne annuelle de NO₂ – site du Merlan

	Moyenne annuelle 1997-2000	P1 : du 5/03 au 09/05/2001	P2001 : du 01/01 au 20/08/2001	P ₁ /P ₂₀₀₁	coefficient de corrélation linéaire Merlan et les stations
Cinq Avenues	38	31	34	0.91	0.56
Saint-Louis	41	40	43	0.93	0.57
Merlan	/	46	49*		/
Plombières	89	78	82	0.95	0.62
			Rapport moyen	0.93	

Concentrations en µg/m³

Estimation de la moyenne annuelle de PM10 – site du Merlan

	Moyenne annuelle 1999-2000	P1 : du 5/03 au 09/05/2001	P2001 : du 01/01 au 20/08/2001	P ₁ /P ₂₀₀₁	coefficient de corrélation linéaire MIN Autoroute et les stations
Cinq Avenues	22	18	22	0.82	0.67
Saint-Louis	30	28	31	0.90	0.70
Merlan	/	35	41*	/	/
			Rapport moyen	0.86	/

Concentrations en µg/m³

Estimation de la moyenne annuelle de CO – site du Merlan

	Moyenne annuelle 1999-2000	P1 : du 5/03 au 9/05/2001	P2001 : du 01/01 au 20/08/2001	P ₁ /P ₂₀₀₁	coefficient de corrélation linéaire MIN Autoroute et les stations
Merlan	/	0.7	0.7*	/	/
Plombières	1.8	1.4	1.4	1	0.46
			Rapport moyen	1	

Concentrations en mg/m³

* évaluation

Estimation de la moyenne annuelle du benzène – site du Merlan

	Du 14/03 au 19 avril	Evaluation annuelle
Merlan	4.0	4.0*

Concentration en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

▪ Commentaire

Le site du Merlan relève des niveaux en polluants automobiles élevés. Le seuil annuel de **$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$** pour le dioxyde d'azote est dépassé, comme sur les autres sites de ce type à fort trafic, avec **$49 \mu\text{g}/\text{m}^3$** .

La concentration massique en PM10 est également élevée avec une moyenne de **$41 \mu\text{g}/\text{m}^3$** (valeur limite européenne : **$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$**).

Le niveau de benzène relevé sur ce site (**$4 \mu\text{g}/\text{m}^3$**) est deux fois plus important que l'objectif de qualité français (**$2 \mu\text{g}/\text{m}^3$**). Ce niveau est le plus élevé de la portion Nord de la L2 avec celui mesuré sur le rond point Pierre Paraf (A33), il reste néanmoins légèrement inférieur à la valeur limite européenne de **$5 \mu\text{g}/\text{m}^3$** .

Polluant	Niveau annuel estimé	Valeur de référence
NO ₂	$49 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
PM10	$41 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$
benzène	$4 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Carte des niveaux de dioxyde d'azote mesurés en situation urbaine (concentrations exprimées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Légende :

Tracé (projet)

- sans couverture
- demi encorbellement
- encorbellement
- totale
- tunnel

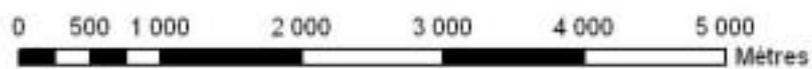
Zones de 300 m autour de l'axe

- axe en surface
- tunnel

Sites de mesure

val_NO2

- 19 - 20
- 21 - 30
- 31 - 40
- 41 - 50
- 51 - 60
- Echangeur et sorties de tunnel



2.2. Evaluation des niveaux annuels mesurés par les tubes à diffusion passive NO₂

La technique de Palmes utilisée permet de fournir une information qualitative des niveaux relatifs en NO₂ sur le domaine d'étude sur cinquante points. Dans une première phase, il s'agit d'évaluer l'écart entre ces mesures et celles fournies par les analyseurs fixes pris comme références. Si ces écarts sont comparables sur les différents sites, les niveaux donnés par les tubes seront corrigés pour fournir une information plus quantitative.

Ensuite, ces données subiront le même traitement que celles des stations temporaires.

2.2.1. Validation des données

La méthode de validation des données est décrite en annexe III.

2.2.2. Ecart tube/analyseur automatique

Les sites de mesures automatiques temporaires ont systématiquement été doublés par des tubes pour permettre cette comparaison.

Tableau récapitulatif des rapports tube/analyseur (T/A) par tournée

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Rapport T/A site 1	1.47	1.53	1.79	2.21	1.6	1.52
Rapport T/A site 2	1.52	1.62	1.64	2.25	1.67	1.45
Rapport moyen T/A	1.49	1.58	1.72	2.23	1.64	1.49

On constate que sur l'ensemble des périodes de mesures les tubes ont systématiquement surestimé les teneurs de 50 % à plus de 120 % pour T4. Ces écarts sont toujours comparables sur les deux sites de référence. Une correction par tournée peut donc être réalisée, de la manière suivante :

$$C_{\text{NO}_2 \text{ quantitative}} = C_{\text{NO}_2 \text{ tube}} / R_{\text{T/A}}$$

La correction est opérée pour chaque tournée, car l'influence des conditions météorologiques est variable. Le détail des calculs est présenté en ANNEXE IV.

2.2.3. Evaluation des niveaux de NO₂ sur l'année (cf. carte ci-contre)

Compte tenu des relations étroites relevées entre les sites temporaires précédents et les sites de mesures permanents pris comme référence, nous considérerons que les variations des tubes sont également corrélées avec les sites de référence (Cinq Avenues, Saint-Louis, Plombières).

Evaluation du rapport P1/P2001

	P1 : moyenne du 14/03 au 16/05	P2001 : du 1/01 au 20/08	R P1/P2001
Cinq Avenues	31	31	1
Saint-Louis	41	40	1.02
Plombières	79	78	1.01
		Rapport moyen	1.01

Concentration en µg/m³

Les niveaux de NO₂ enregistrés pendant la période du 14 mars au 16 mai sont représentatifs des huit premiers mois de l'année 2001. Les concentrations ne seront donc pas corrigées. Elles seront considérées comme représentatives de la moyenne annuelle.

Carte des niveaux de dioxyde d'azote mesurés en situation trafic (concentrations exprimées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Légende :

Tracé (projet)

- sans couverture
- demi encorbellement
- encorbellement
- totale
- tunnel

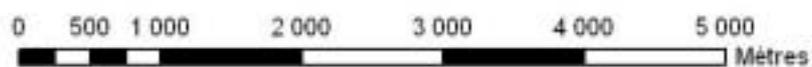
Zones de 300 m autour de l'axe

- axe en surface
- tunnel

Sites de mesure

val_NO2

- 19 - 20
- 21 - 30
- 31 - 40
- 41 - 50
- 51 - 60
- Echangeur et sorties de tunnel



2.3. Evaluation des niveaux annuels mesurés par les tubes BTX

La technique des tubes Radiello utilise une membrane qui limite l'influence des paramètres météorologiques sur la diffusion moléculaire. Des travaux de l'ERLAP montrent que la précision de cette technique est de l'ordre de 15 %. Nous considérerons donc que les valeurs données par les tubes sont quantitatives pour la période.

En outre, en absence de référence fournie par des mesures automatiques et en relation avec le résultat des tubes NO₂, nous n'effectuerons pas de correction pour rapporter ces mesures à l'année.

2.3.1. Niveaux de benzène (ANNEXE V : tableau détaillé)

Tableau récapitulatif des niveaux moyens de benzène et de toluène sur la période 14 mars au 16 mai 2001 – Représentatif de l'année 2001

	Typologie	Toluène	Benzène	R ^{Toluène/Benzène}
A3	T	17.8	5.5	3.2
A5	T	19.1	6.6	2.9
A12	U	15.1	3.9	3.9
A13	U	8.4	2.7	3.1
A15	U	8.9	2.5	3.6
A18	U	6.9	2.1	3.3
A19	U	15.5	3.9	4.0
A20	U	8.8	2.5	3.5
A22	T	18.3	3.8	4.8
A23	U	4.4	1.4	3.2
A24	U	7.2	2.0	3.7
A25	T	15.0	3.7	4.0
A26	U	6.6	1.8	3.6
A27	T	14.1	3.2	4.5
A28	U	8.8	2.0	4.3
A29	T	17.3	4.0	4.3
A32	U	9.4	2.2	4.3
A33	T	18.1	4.2	4.4
A35	U	9.4	2.1	4.4
A36	T	9.1	2.3	3.9
A37	T	17.1	4.0	4.2
A39	U	8.4	2.0	4.2
A40	U	6.0	1.6	3.7
A42	U	13.3	3.2	4.2
A44	U	6.2	1.7	3.7
A47	U	6.5	1.8	3.6
A48	T	6.7	1.9	3.4
A50	U	4.3	1.4	3.1

Concentration en µg/m³

T : Trafic

U : Urbain

Carte des niveaux de benzène mesurés en situation urbaine (concentrations exprimées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Légende :

Tracé (projet)

- sans couverture
- demi encorbellement
- encorbellement
- totale
- tunnel

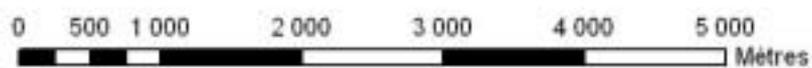
Zones de 300 m autour de l'axe

- axe en surface
- tunnel

Sites de mesure

val_benz

- 0.0 - 2.0
- 2.1 - 3.0
- 3.1 - 4.0
- 4.1 - 5.0
- 5.1 - 7.0
- Echangeur et sorties de tunnel



Les niveaux de benzène s'étalent de **1.4 à 6.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** sur l'ensemble de la période.

➤ L'objectif de qualité fixé par le décret **du 6 mai 1998** ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) risque d'être dépassé sur 21 des 28 sites échantillonnés.

➤ La **valeur limite européenne** ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) est vraisemblablement atteinte **sur la rue Saint-Pierre**.

Les niveaux les plus élevés sont enregistrés sur les sites A3 et A5, rue Saint-Pierre avec **5.5 et 6.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

Même si les niveaux de benzène les plus élevés sont relevés sur des sites de trafic, il n'y a pas de relation aussi claire qu'avec le NO_2 , entre la quantité de trafic et les teneurs en benzène, il est également nécessaire de prendre en compte la fluidité de l'axe.

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, jusqu'à 80 km/heure environ.

Ce point explique que la répartition des niveaux moyens de benzène est légèrement différente de celle du NO_2 . Les niveaux de benzène du site A48 illustre cette différence. En effet, ce site est localisé proche de l'A7. Cette zone est soumise à un trafic intense, mais fluide, dans une configuration très ouverte. Le niveau annuel de NO_2 enregistré sur ce site fait partie des plus élevés ($48 \mu\text{g}/\text{m}^3$), alors que le niveau de benzène est modéré ($1.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne).

2.3.2. Niveaux de Toluène

Les niveaux de toluène varient de 4.3 à $19.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ces niveaux restent très en deçà de la recommandation de l'OMS sur une semaine d'exposition de $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.3.3. Rapport Toluène/benzène

Le rapport toluène/benzène varie de **2.9 à 4.9**, ce qui indique que la source de ces composés est principalement originaire des transports.

Carte des niveaux de benzène mesurés en situation trafic (concentrations exprimées en $\mu\text{g}/\text{m}^3$)



Légende :

Tracé (projet)

- sans couverture
- demi encorbellement
- encorbellement
- totale
- tunnel

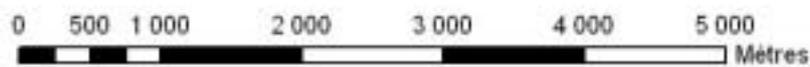
Zones de 300 m autour de l'axe

- axe en surface
- tunnel

Sites de mesure

val_benz

- 0.0 - 2.0
- 2.1 - 3.0
- 3.1 - 4.0
- 4.1 - 5.0
- 5.1 - 7.0
- Echangeur et sorties de tunnel



2.4. Tableau récapitulatif des niveaux annuels estimés de NO₂, BTX, CO, PM10

code	type	NO ₂ µg/m ³	Benzène µg/m ³	Toluène µg/m ³	PM10 µg/m ³	CO mg/m ³
A1	T	47				
A2	T	35				
A3	T	37	5.5	17.8		
A4	T	36				
A5	T	46	6.6	19.1		
A6	U	27				
A7	U	26				
A8	U	24				
A9	U	32				
A10	U	29				
A11	U	19				
A12	U	35	3.9	15.1		
A13	U	28	2.7	8.4		
A14	U	24				
A15	U	22	2.5	8.9		
A16	U	30				
A17	U	32				
A18	U	24	2.1	6.9		
A19	U	25	3.9	15.5		
A20	U	26	2.5	8.8		
A21	U	26				
A22	T	36	3.8	18.3		
A23	U	19	1.4	4.4		
A24	U	27	2.0	7.2		
A25	T	46	3.7	15.0		
A26	U	31*	1.8	6.6	32*	0.46*
A27	T	35	3.2	14.1		
A28	U	27	2.0	8.8		
A29	T	49*	4.0	17.3	41*	0.80*
A30	U	25				
A31	U	28				
A32	U	27	2.2	9.4		
A33	T	45	4.2	18.1		
A34	U	26				
A35	U	29	2.1	9.4		
A36	T	31	2.3	9.1		
A37	T	56	4.0	17.1		
A38	T	44				
A39	U	33	2.0	8.4		
A40	U	27	1.6	6.0		
A41	U	33				
A42	U	40	3.2	13.3		
A43	U	28				
A44	U	31	1.7	6.2		
A45	U	23				
A46	U	31				
A47	U	29	1.8	6.5		
A48	T	48*	1.9	6.7	42*	0.80*
A49	U	32				
A50	U	37*	1.4	4.3	31*	0.40

* moyenne évaluée à partir des mesures des analyseurs automatiques

U : station urbaine

T : station trafic

3- Evaluation des niveaux de pointes

3.1. Dépassement des seuils de référence horaires et journaliers

3.1.1. Sites urbains

Les tableaux ci-après rapportent les dépassements de seuils relevés sur les quatre sites temporaires en les comparant aux stations prises comme référence.

Tableau récapitulatif des dépassements sur le site du MIN fond -A50 – du 20/04 au 25/05

	MIN Fond		Saint-Louis		Cinq Avenues		Thiers		Prado	
	P	2001*	P	2001	P	2001	P	2001	P	2001
Nb d'H > 135 µg/m ³ en NO ₂	0	< 17j	1	25	0	1	0	6	2	6
Nb H > 200 µg/m ³ en NO ₂	0	Peu probable	0	0	0	0	0	0	0	0
Max horaire NO ₂ en µg/m ³	121	nd*	136	179	134	136	128	141	140	149
P98	88	93	101	114	84	89	89	95	103	100
Nb de J > 50 µg/m ³ en PM10	0	< 35 j	1	11	0	0	0	6	/	/
Max H CO en mg/m ³	1.5	< 30 mg/m ³	/	/	/	/	/	/	/	/

*évaluation

Tableau récapitulatif des dépassements sur le site du Flamand II – A26 - 16/05 au 29/06

	Flamands		Saint-Louis		Cinq Avenues		Thiers		Prado	
	P	2001*	P	2001	P	2001	P	2001	P	2001
Nb d'H > 135 µg/m ³ en NO ₂	0	< 17 j	1	25	0	1	1	6	1	6
Nb H > 200 µg/m ³ en NO ₂	0	Peu probable	0	0	0	0	0	0	0	0
Max horaire NO ₂ en µg/m ³	112	nd	140	179	125	136	141	141	149	149
P98	71*	78	101	114	84	89	95	95	98	100
Nb de J > 50 µg/m ³ en PM10	1	< 35 j	2	11	0	0	1	6	/	/
Max H CO en mg/m ³	1.7	< 30 mg/m ³	/	/	/	/	/	/	/	/

*évaluation

Les niveaux de pointes enregistrés pendant les périodes de mesures sur les deux sites temporaires indiquent des pics légèrement inférieurs aux sites permanentes de l'agglomération. Si l'on considère les dépassements de seuil sur les sites pérennes durant l'année 2001 pour lesquels les normes seront *a priori* respectées, on peut estimer que les risques de dépassements des normes au Flamand et au MIN fond sont faibles :

- Moins de 17 jours de dépassements du seuil 135 µg/m³ sur une heure pour le NO₂ – respect du PRQA PACA ,
- Le dépassement de la valeur limite européenne pour le NO₂ est peu probable,
- Moins de 35 jours de dépassements du seuil 50 µg/m³ sur 24 heures pour les PM10 – respect de la directive européenne.

* nd : non déterminé

3.1.2. Sites trafic

Tableau récapitulatif des dépassements sur le site du MIN autoroute - A48 – 14/03 au 19/04

	MIN Autoroute		Plombières		Rabatau		Timone		Paradis	
	P	2001*	P	2001	P	2001	P	2001	P	2001
Nb d'H > 135 µg/m ³ en NO ₂	0	nd	68	442	11	40	2	8	5	21
Nb H > 200 µg/m ³ en NO ₂	0	probable	4	15	0	0	0	0	0	0
Max horaire NO ₂ en µg/m ³	132	nd	232	254	162	184	151	179	162	173
P98	102	106	164	166	112	116	103	101	109	109
Nb de J > 50 µg/m ³ en PM10	3	nd	/	/	/	/	2	15	/	/
Max H CO en mg/m ³	2.1	< 30 mg/m ³	6.0	7.2	5.3	6.6	/	/	5.3	6.5

*évaluation

Tableau récapitulatif des dépassements sur le site du Merlan – A29 – 5/03 au 9/05

	Merlan		Plombières		Rabatau		Timone		Paradis	
	P	2001*	P	2001	P	2001	P	2001	P	2001
Nb d'H > 135 µg/m ³ en NO ₂	2	probable	98	442	11	40	2	8	5	21
Nb H > 200 µg/m ³ en NO ₂	0	probable	4	15	0	0	0	0	0	0
Max horaire NO ₂ en µg/m ³	144	nd	232	254	162	184	151	179	162	173
P98	109	108	161	166	112	116	103	101	109	109
Nb de J > 50 µg/m ³ en PM10	10	probable	/	/	/	/	2	15	/	/
Max H CO en mg/m ³	4.2	< 30 mg/m ³	6.0	7.2	6.6	6.6	/	/	5.7	6.5

*évaluation

Les niveaux de pointes sur ces deux sites de proximité du trafic automobile indiquent des niveaux comparables à ceux de Timone et Paradis et inférieurs à Rabatau et Plombières.

Le risque de dépassements de la norme pour le NO₂ fixé par le PRQA à 17 jours par an de dépassements du seuil 135 µg/m³ est difficile à évaluer, mais il risque d'être atteint, comme sur la plupart des sites de trafics.

Le percentile 98 des moyennes horaires sur l'année respecte *a priori* l'ancien objectif de qualité européen de 135 µg/m³.

Concernant les PM10, la norme européenne est vraisemblablement dépassée sur le site du Merlan (10 jours en deux mois), alors que la directive fixe une tolérance de 35 jours par an. Pour le site du MIN Autoroute, ce dépassement de la norme est difficile à évaluer (3 dépassements en un mois contre 2 à Timone), compte tenu du manque de référence dans ces situations à Marseille sur des sites permanents.

3.2 Evaluation du percentile 98 des niveaux horaires de NO₂ sur l'année

Afin d'estimer le percentile 98 des niveaux horaires de NO₂ sur l'année, nous utiliserons une relation définie en 1983 (rapport EUR n°8613 EN-Bruxelles) qui indique que le rapport

R $\frac{\text{Percentile 98 des moyennes horaires}}{\text{moyenne annuelle}}$ est relativement constant de 2 à 2.8.

En pratique, on constate des disparités de ce ratio sur les sites de l'agglomération marseillaise en fonction de leur typologie.

Tableau récapitulatif des rapports P98/moyenne annuelle pour le NO₂ sur différentes typologies de sites marseillais

Type de site	Rapport P98/2001	Rapport P98/1999	Rapport P98/2000
<i>Périurbain</i>	3.0	2.9	2.8
<i>Urbain</i>	2.5	2.5	2.4
<i>Trafic</i>	2.2	2.2	2.2

Ces variations indiquent que plus le site est proche du trafic, moins les écarts entre les moyennes et les maximums sont importants, le niveau de fond prédomine. A l'inverse, les sites périurbains relèvent une plus grande variabilité.

Percentile 98 des moyennes horaires sur l'année = moyenne annuelle * rapport ^{P98}/₂₀₀₁

Le rapport utilisé est fonction de la typologie du site :

- Urbain : 2.5
- Trafic : 2.2

Cette relation nous permet d'estimer les percentiles 98 pour le NO₂ à partir des moyennes annuelles préalablement calculées (carte ci-contre).

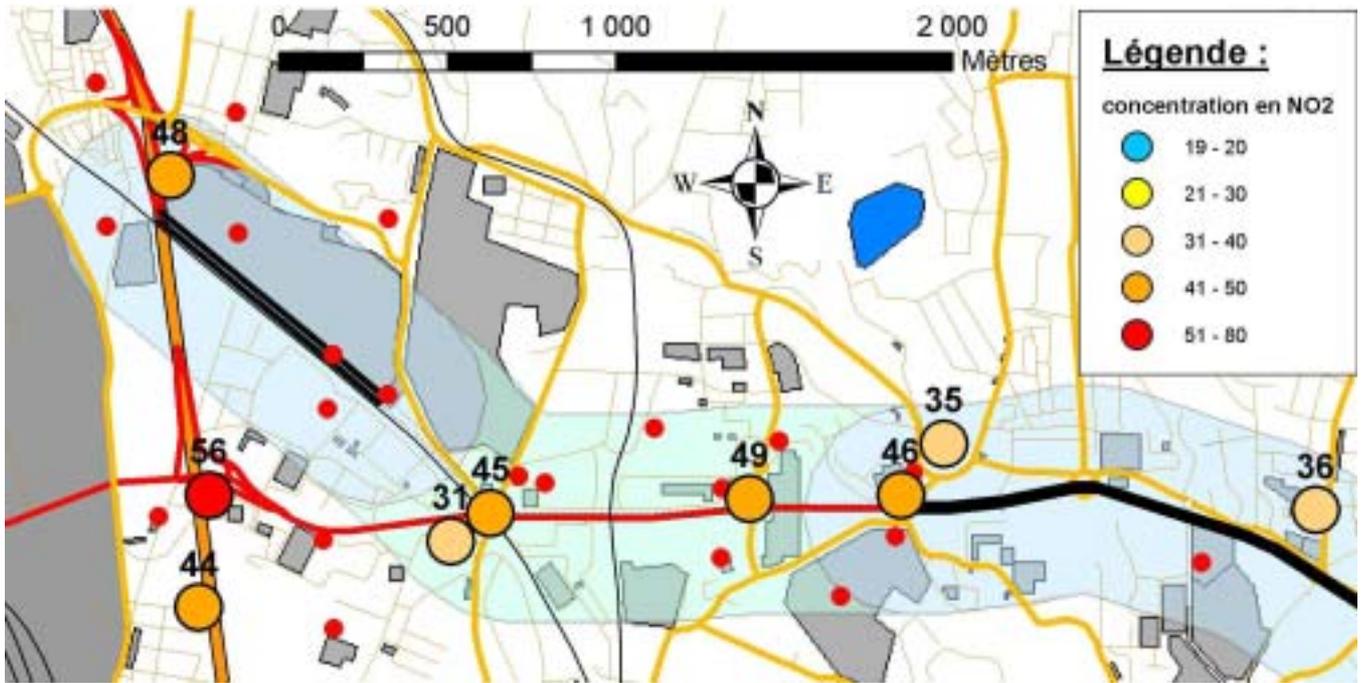
A titre indicatif, rappelons que la précédente directive européenne pour le NO₂ indiquait :

- Un objectif de qualité : percentile 98 = 135 µg/m³
- Une norme limite : percentile 98 = 200 µg/m³

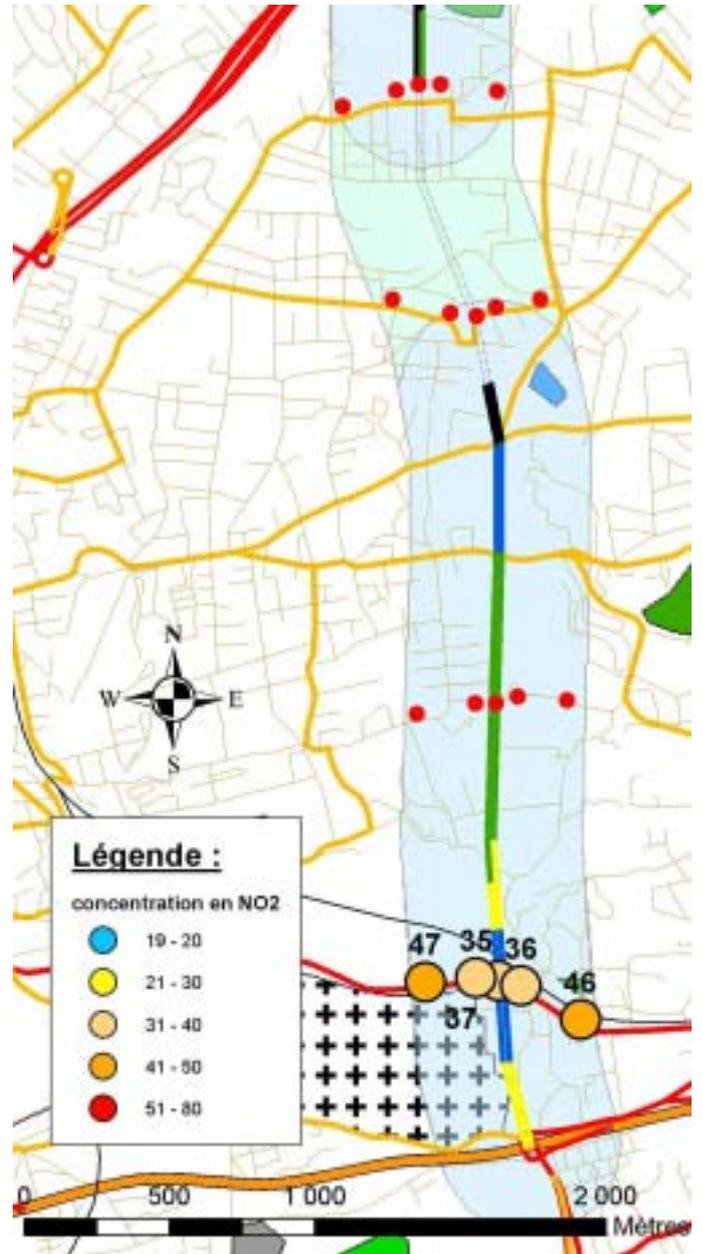
L'estimation des percentiles 98 pour le NO₂ indiquée dans le tableau ci-après montre que le seuil de 135 µg/m³ est *a priori* respecté sur l'ensemble de la zone d'étude, y compris en situation trafic.

Tableau récapitulatif des Percentiles 98 des moyennes horaires sur l'année 2001 pour le NO₂

code	typologie	Moyenne 2001 estimée en µg/m ³	Percentile 98 estimé en µg/m ³
A37	T (Trafic)	56	124
A29	T	49	108
A48	T	48	106
A1	T	47	103
A5	T	46	100
A25	T	45	100
A42	U (Urbain)	40	99
A33	T	45	98
A38	T	44	97
A50	U	37	93
A27	U	35	88
A12	U	34	86
A39	U	33	83
A3	T	37	82
A41	U	33	82
A9	U	32	81
A17	U	32	81
A4	T	36	80
A49	U	32	79
A22	T	36	78
A44	U	31	78
A46	U	31	78
A26	U	31	78
A2	T	35	77
A16	U	30	74
A10	U	29	72
A35	U	29	71
A47	U	29	71
A13	U	28	71
A43	U	28	70
A31	U	28	70
A32	U	27	69
A36	T	31	68
A28	U	27	68
A24	U	27	68
A6	U	27	68
A40	U	27	67
A34	U	26	65
A7	U	26	65
A20	U	26	64
A21	U	26	64
A19	U	25	64
A30	U	25	62
A14	U	25	62
A18	U	24	61
A8	U	24	59
A45	U	23	56
A15	U	22	55
A11	U	19	48
A23	U	19	48



Zoom sur les niveaux trafic de NO₂ des portions Nord et Est de tracé L2



Chapitre III - Exploitation-Discussion

1. Niveaux en polluants automobiles relevés en situation trafic

1.1. Niveaux relevés près de l'A7

Aucun point de mesure n'a été positionné directement en situation de trafic, si l'on se réfère aux critères d'implantation des stations de l'ADEME, c'est à dire à moins de 5 mètres de l'axe. Les niveaux relevés sur ces trois sites sont représentatifs des concentrations en polluants automobiles relevés dans une bande de quelques dizaines de mètres autour de l'A7.

Les sites les plus proches sont :

A48 – MIN autoroute

A37 – sur l'Avenue Arnavon à une cinquantaine de mètre du pont de l'autoroute en contre-bas en zone habitée

A38 – Boulevard Charles Moretti à une cinquantaine de mètres du pont de l'autoroute

Les concentrations annuelles en **NO₂** de **44 à 56 µg/m³** dépassent le seuil de 40 µg/m³ (valeur limite annuelle européenne). La concentration la plus élevée est relevée à l'intersection entre l'A7 et l'avenue Arnavon. Ce site cumule les émissions des deux axes.

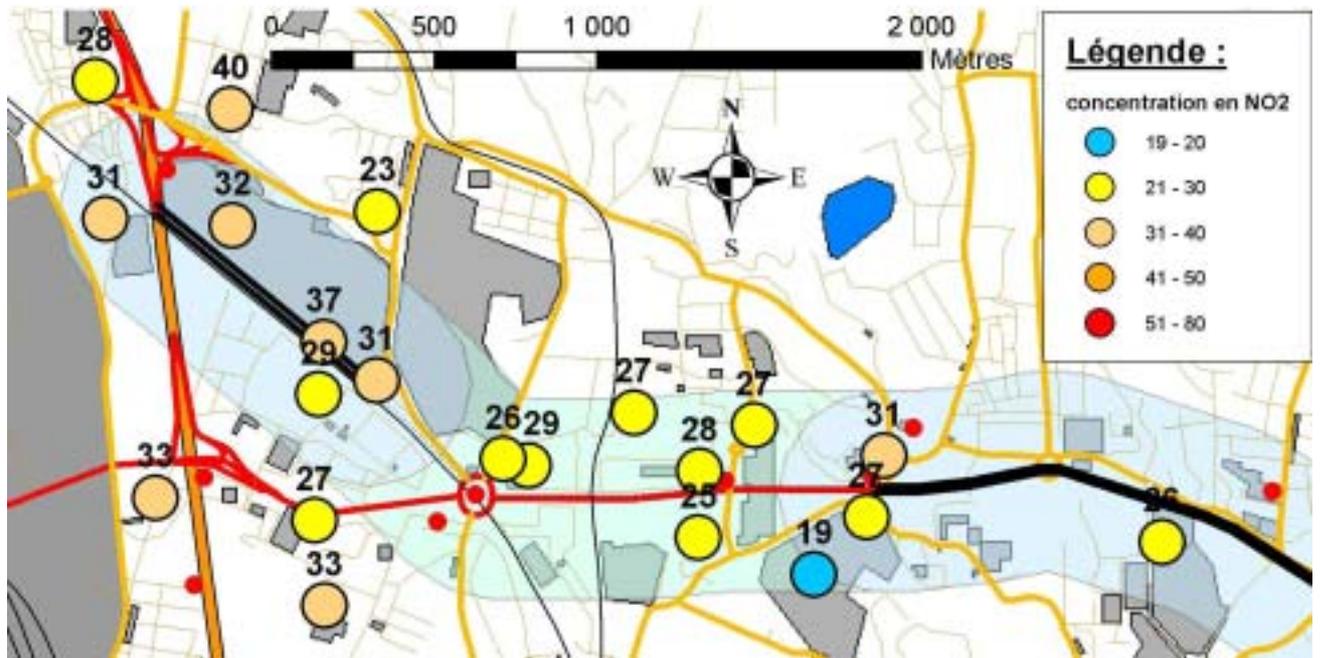
Le percentile 98 des moyennes horaires sur l'année est *a priori* inférieur à 135 µg/m³. Le PRQA PACA risque d'être dépassé, même si la campagne relativement courte (1 mois) ne permet pas de conclure définitivement.

La concentration annuelle de **PM10** évaluée sur le point MIN Autoroute est de **42 µg/m³**. Les niveaux en PM10 de ce secteur sont significatifs et dépassent sans doute dans une bande d'une cinquantaine de mètres le seuil de 40 µg/m³ en moyenne annuelle (Valeur limite européenne au 1^{er} janvier 2005).

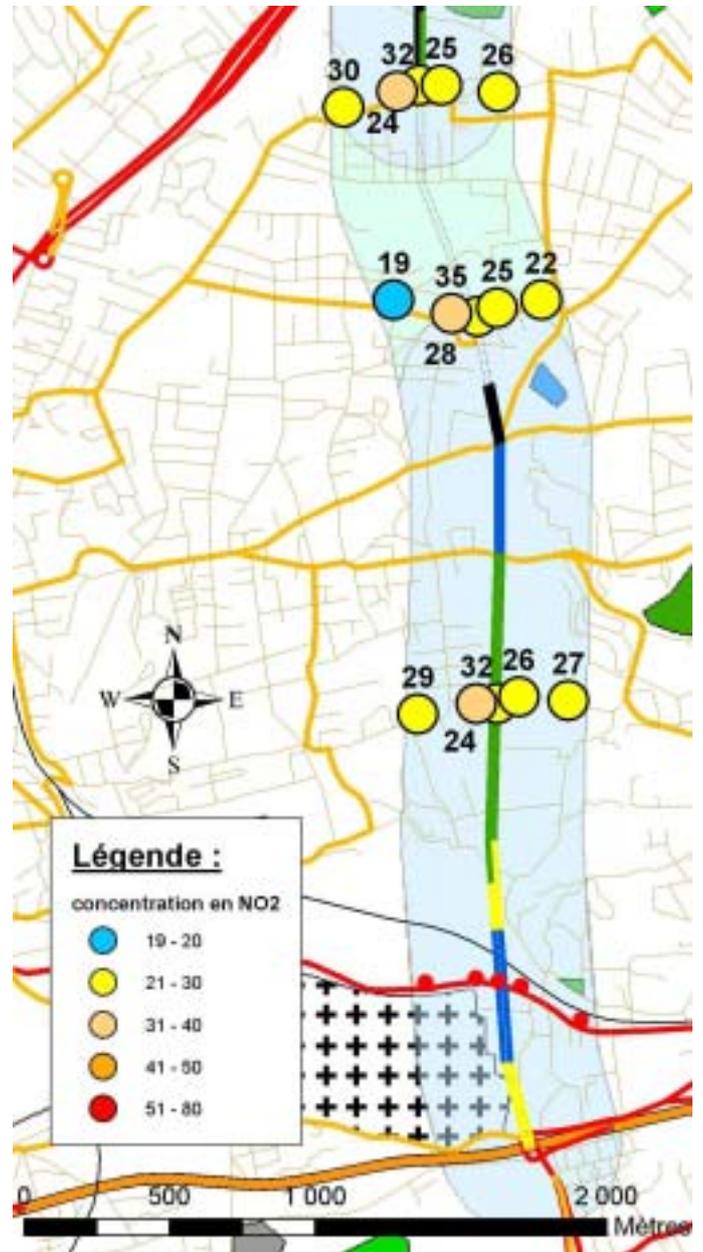
Ce secteur est soumis à un trafic intense sur l'A7 constitué de nombreux poids lourds, notamment liés à l'activité du MIN.

Le seuil de 50 µg/m³ sur 24 heures a été dépassé à trois reprises durant la campagne de mesures alors que la tolérance européenne est de 35 jours. Compte tenu des faibles références en situation trafic sur Marseille, il est difficile de conclure au risque ou non de dépassement de cette norme.

Les concentrations de **benzène** sur les sites A48 et A37 sont très différents, respectivement **1.9 et 4 µg/m³**. Cette différence s'explique principalement par la fluidité des axes couverts. Il est vraisemblable que la portion des Arnavons est moins fluide que celle de la portion au niveau du MIN. La valeur limite européenne de 5 µg/m³ est *a priori* respectée.



Zoom sur les niveaux urbain de NO₂ des portions Nord et Est de tracé L2



1.2. Niveaux relevés sur la portion Nord de la L2

Les niveaux de **NO₂** en situation trafic sur la portion Nord de la L2, hors de l'influence de l'A7, s'étalent de **31 à 49 µg/m³**. Le seuil de 40 µg/m³ en moyenne annuelle est vraisemblablement dépassé sur l'axe majeur (Avenue Salvador Allende) et respecté sur les axes secondaires.

Les niveaux de pointes relevés sur le site du Merlan indiquent des teneurs comparables à ceux relevés sur Timone (boulevard Sakkakini) et rue Paradis, mais plutôt inférieurs aux situations pénalisantes (rue canyon) mesurées à Rabatau et Plombières.

Les 17 jours de tolérance pour le NO₂ de dépassement du seuil 135 µg/m³ fixés par le PRQA risquent d'être dépassés, sur l'Avenue Salvador Allende.

Le niveau annuel de **PM10** dépasse également la valeur limite européenne de **40 µg/m³** sur le site du Merlan (41 µg/m³).

Les niveaux relevés au Merlan ne sont pas extrapolables à l'axe dans la mesure où le site subit une influence marquée des polluants accumulés dans le tunnel par vent d'Est. Les niveaux sur le reste de l'axe sont légèrement plus faibles en absence de croisement important ou de tunnel.

Les maximums pour le **benzène** sont enregistrés sur les sites du Merlan et du rond point Paraf, respectivement **4 et 4.2 µg/m³**. Ces niveaux sont supérieurs à l'objectif de qualité français (2 µg/m³), mais respectent *a priori* la valeur limite européenne de 5 µg/m³.

1.3. Niveaux relevés sur la rue Saint-Pierre

L'ensemble des tubes a été positionné en situation trafic. Les niveaux de **NO₂** relevés sur cet axe s'étalent de **35 à 47 µg/m³**. La valeur limite annuelle (40 µg/m³) est ainsi vraisemblablement dépassée en situation trafic.

Les niveaux de benzène mesurés sur deux points sont les plus élevés de la campagne, respectivement **5.5 et 6.6 µg/m³** pour les sites A3 et A5. Cet axe est relativement embouteillé et encaissé, ce qui explique sans doute en grande partie les niveaux atteints. Il y a également de nombreux garages automobiles dans ce secteur, dont les émissions s'ajoutent au trafic de la rue. Le rapport benzène/toluène est voisin de 3, ce qui crédite l'hypothèse d'une source de benzène principalement d'origine automobile.

2. Niveaux en polluants automobile relevés en situation urbaine

2.1. Portion Nord à l'Ouest du rond point Pierre Paraf

Les niveaux de NO₂ de ce secteur sont plus élevés que sur le secteur Est. Ils varient de **23 à 40 µg/m³** (valeur limite européenne annuelle : 40 µg/m³).

Les sites influencés par l'A7, dans la bande des 300 mètres (A39, A42, A43, A44, A49) enregistrent les niveaux de NO₂ parmi les plus élevés du secteur en situation de fond, de **28 à 40 µg/m³**. Les concentrations en benzène sont inférieures ou égales à **2 µg/m³** (axes fluides), hormis sur le site situé devant le **Gymnase Couderc** (3.2 µg/m³ - axe plus encombré).

Les niveaux annuels de pollution à l'intérieur du **MIN Fond** montrent des teneurs comparables à celles du centre ville de Marseille pour le NO₂ et les PM10 :

- Niveau annuel pour le **NO₂ : 37 µg/m³**
- Niveau annuel pour les **PM10 : 31 µg/m³**
- Niveau annuel pour le **benzène : 1.4 µg/m³**.

Les niveaux de pointes sont également comparables avec un respect *a priori* du PRQA PACA et un risque faible de dépasser la valeur limite européenne (200 µg/m³) pour le NO₂ et des 35 jours de dépassements du seuil 50 µg/m³ pour les PM10.

2.2. Portion Nord à l'Est du rond point Paraf

A l'Est du rond point Paraf (Mac Donald) les niveaux de fond varient de **19 µg/m³** (point A23 dans le parc Font Obscure) à **31 µg/m³**. Ces niveaux respectent la valeur limite de 40 µg/m³.

Les niveaux de benzène sont également modérés : **1.4 µg/m³** sur le site A23, A28 (**2 µg/m³**), A32 (**2.2 µg/m³**).

Les niveaux annuels en polluants évalués à l'Ecole des Flamands II sont comparables au site du MIN Fond, pour les PM10 et légèrement inférieurs pour le NO₂.

- Niveau annuel pour le **NO₂ : 31 µg/m³**
- Niveau annuel pour les **PM10 : 32 µg/m³**
- Niveau annuel pour le **benzène : 1.8 µg/m³**.

2.3. Portion Est de la L2

Cette zone a été couverte par trois transects de 5 tubes, sur différents secteurs du tracé de la future rocade. Ces mesures permettront notamment de préciser les niveaux en polluants automobiles avant la mise en service de la L2 sur trois portions où les aménagements seront différents :

- A6 à A10 – encorbellement
- A11 à A15 – portion totalement couverte
- A16 à A20- tête de tunnel.

L'ensemble des tubes a été placé en situation urbaine, pour appréhender le niveau de fond de ce secteur.

Les résultats montrent des niveaux relativement homogènes et modérés, autour de **27 µg/m³**. Les maximums sont relevés sur les sites A9 (intersection rue Gaston de Flotte et rue de la Boiserie) et A12 (rue des Félibres), avec **32 et 35 µg/m³**.

Les niveaux de benzène de **2.1 à 3.9 µg/m³** sont supérieurs à l'objectif de qualité français (2 µg/m³).

CONCLUSION

L'objectif de cette étude était d'évaluer les niveaux annuels des indicateurs de pollution par les transports (NO₂, PM10, CO, benzène) dans le secteur des projets de tracés de la rocade L2. L'étude principale porte sur la portion Nord, mais des points de mesures complémentaires ont également été positionnés sur le projet Est.

Le principe d'échantillonnage s'appuie sur des transects autour des axes existants, afin d'évaluer les niveaux à proximité des axes (situation trafic), dans les zones habitées les plus proches et les niveaux de fond dans une bande de 300 mètres.

La qualification de l'air sur les tracés présumés de la rocade L2 a fait l'objet de 50 points de mesures, dont 36 en situation urbaine et 14 en situation trafic.

Parmi les 50 sites, 4 ont été équipés d'analyseurs automatiques (camion laboratoire ou cabine climatisée) :

- Site du MIN Autoroute – situation trafic
- Site du MIN Fond – situation urbaine
- Site du Merlan – situation trafic
- Site de l'Ecole des Flamands II – situation urbaine

Les paramètres mesurés pendant la campagne de mesures sont :

- le NO₂ sur l'ensemble des points avec des tubes de Palmes et sur 4 points NO, NO₂ avec des analyseurs automatique à chimiluminescence,
- les BTX sur 28 sites prélevés à l'aide de tubes Radiello,
- les PM10 (TEOM), le CO (CO 31M) installés dans le camion laboratoire et dans la cabine climatisée.
- La vitesse et la direction du vent sont relevées sur le camion et la station de Météo-France observatoire Cinq Avenues.

Les mesures ont été réalisées **du 5 mars au 29 juin 2001**.

Les niveaux annuels sur les différents points ont été évalués à partir des campagne de mesures en utilisant le lien entre les sites permanents et les stations temporaires lorsqu'il était statistiquement satisfaisant ($R > 0.6$). Les sites de références sont Cinq Avenues, Saint-Louis et Plombières. La moyenne des huit premiers mois de l'année 2001 (du 1^{er} janvier au 20 août) a été considérée comme représentative de la moyenne annuelle.

L'étude statistique du comportement des stations installées temporairement sur la zone par rapport aux sites fixes d'Airmaraix a montré que les évolutions horaires des niveaux de NO₂ et de PM10 étaient très liées, malgré des situations locales parfois très différentes.

Seul le site du Merlan, à l'entrée Ouest du tunnel qui passe sous le centre commercial, indique un coefficient de corrélation un peu plus faible (proche de 0.6 entre Le Merlan et les trois sites de référence pour le NO₂ et proche de 0.7 pour les PM10).

Ce site subit l'impact très net des polluants émis dans le tunnel par vent d'Est. Dans ces conditions météorologiques rencontrées près de 15 % du temps sur l'année, les teneurs en

NO₂ et PM10 sont jusqu'à plus de huit fois supérieures à celles du site Cinq Avenues, alors que le reste du temps elles sont 1 à 3 fois plus élevées.

Evaluation du risque de dépassement des seuils de référence sanitaire :

Niveaux de NO₂

La valeur limite européenne annuelle (échéance 2010) pour le NO₂ (40 µg/m³) est dépassée dans la plupart des situations trafic de la zone d'étude, c'est à dire à moins de 5 mètres des axes à fort trafic (Boulevard Arnavon, Avenue Salvador Allende...) et dans quelques dizaines de mètres autour de l'A7. Les niveaux les plus élevés ont été mesurés à l'intersection entre l'A7 et l'Avenue des Arnavons, ainsi qu'au Merlan et le MIN Autoroute (maximum : 56 µg/m³). L'ensemble des sites trafic permanents du réseau dépasse également ce seuil de 40 µg/m³, le maximum est relevé sur le Boulevard de Plombières avec 82 µg/m³.

Dans les zones habitées les plus proches des grands axes les niveaux baissent d'environ 25 % par rapport à l'axe (environ 30 µg/m³ dans la portion à l'Est du Rond Point Pierre Paraf) et 33-40 µg/m³ dans les zones urbaines subissant l'influence de l'autoroute A7.

Les niveaux de fond des différentes zones s'étalent :

- Sur la portion Nord de la L2 à l'Ouest du Rond point Paraf de 23 à 40 µg/m³
- Sur la portion Nord à l'Est du Rond point Paraf de 19 à 31 µg/m³
- Sur la portion Est de la L2 de 19 à 35 µg/m³.

A titre de comparaison les niveaux mesurés sur les sites permanents du centre ville de Marseille (Marseille Cinq Avenues, Saint-Louis, Thiers) se situent autour de 40 µg/m³.

Les niveaux de pointes fournis par les quatre sites équipés avec des analyseurs automatiques indiquent que le seuil fixé par le PRQA PACA risque d'être dépassé sur le site du Merlan et le site du MIN Autoroute, alors que sur les deux sites urbains il est vraisemblablement respecté. Le dépassement de la valeur limite européenne (200 µg/m³/h) est peu probable sur les sites urbains et probable mais peu fréquent sur les sites trafics.

Niveaux de benzène

Pour le benzène, on constate une tendance comparable à celle du NO₂, même si les concentrations les plus élevées sont caractéristiques des situations de trafic congestionné.

- La valeur limite annuelle de l'Union Européenne à respecter avant 2010 (**5 µg/m³**) est sans doute dépassée sur la rue Saint-Pierre (maximum : 6.6 µg/m³).
- L'objectif de qualité de **2 µg/m³/an** est dépassé sur 22 des 28 sites échantillonnés.

Niveaux de PM10

Les concentrations massiques annuelles de PM10 dépassent le seuil de 40 µg/m³ (à respecter en 2005) sur les deux sites de trafic échantillonnés : Merlan et MIN Autoroute (concentration voisine de 40 µg/m³). En fond les niveaux relevés sur les sites MIN Autoroute et Ecole des Flamands II (31-32 µg/m³) indiquent des teneurs comparables au centre ville de Marseille dans la même situation.

Les 35 jours de tolérance de dépassement du seuil $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fixés par la directive européenne (échéance 2005) sont vraisemblablement dépassés sur le site du Merlan. Pour le site du MIN Autoroute, il est difficile de se prononcer, mais ce dépassement est probable. Sur les sites urbains le dépassement est peu probable.

Niveaux de CO

Les niveaux de CO sont modérés, autour de $0.6 \text{ mg}/\text{m}^3$ sur les deux sites trafic et $0.3 \text{ mg}/\text{m}^3$ sur les sites de fond. Les niveaux de pointes sont inférieurs aux seuils limites européens ($30 \text{ mg}/\text{m}^3$ sur une heure ou $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ sur 8 heures).

Perspectives

Des mesures complémentaires sont envisagées sur la portion Est du projet de rocade L2, afin d'évaluer précisément avec des analyseurs automatiques, les niveaux à proximité des futures têtes de tunnel.