

RAPPORT FINAL

Mars 2002

EVALUATION DE LA QUALITE DE L'AIR

SUR LE PROJET DE ROCADE L2 EST

ETAT ZERO

Date de publication : mars 2002



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 des 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 PM ₁₀ (concentration massique des particules < 10 µm)	P5
3. Moyens de mesures engagés pendant la campagne	P5
3.1. Analyseurs automatiques	P5
3.2. Tubes à diffusion passive	P7
4. Stratégie d'échantillonnage	P7
4.1. Implantation des sites de mesures	P7
4.2. Périodes de mesures	P7
Chapitre II : Résultats	P9
1. Conditions météorologiques des périodes de mesures par rapport à 2001	P9
2. Evaluation des niveaux annuels pour les différents polluants	P11
2.1. Evaluation des liens entre les sites temporaires et permanents	P12
2.1.1. Sites temporaires échantillonnés pendant la période P1	P12
2.1.2. Site temporaire échantillonné pendant la période P2	P14
2.1.3. Site temporaire échantillonné pendant la période P3	P15
2.2. Rapport P1, P2, P3 sur P2001 pour les sites temporaires et permanents	P16
2.2.1. Sites permanents de l'agglomération	P16
2.2.2. Evaluation des moyennes annuelles 2001 sur les sites temporaires	P18
2.3. Evaluation des niveaux de benzène et de toluène	P19
2.3.1. Niveaux de benzène	P19
2.3.2. Niveau de toluène	P20
2.3.3. Rapport toluène/benzène	P21
2.4. Tableau récapitulatif	P21

3. Evaluation des niveaux de pointes	P22
3.1 Dépassement des seuils de référence horaires et journaliers	P22
3.1.1. Sites urbains	P21
3.1.2. Site trafic du stade	P23
3.2. Evaluation du percentile 98 des niveaux horaires de NO₂ sur l'année	P24
Chapitre III – Exploitation discussion	P25
1. Niveaux en polluants automobiles relevés en situation trafic	P25
2. Niveaux en polluants automobiles relevés en situation urbaine	P27
CONCLUSION	P29

Chapitre I : Présentation de l'étude

1. Présentation du site et objectifs

L'évaluation de la qualité de l'air porte sur le tracé de la rocade L2 Est à Marseille. Cet axe devrait recevoir un trafic d'environ **120 000** véhicules par jour en moyenne dans les deux sens. Ce travail est le prolongement d'une première étude réalisée en 2001 dans le cadre de la DUP L2 Nord¹ pour le compte de la DDE 13.

La zone d'étude couvre une bande de 300 mètres autour du tracé. L'évaluation des niveaux est réalisée à l'aide de transects autour la future rocade. Cet échantillonnage développé au cours de la précédente étude est complété par cinq points pour couvrir la proximité des têtes de tunnel et l'intersection du tracé avec l'A50.

Les sites de mesures permanents de Marseille sont intégrés dans l'analyse des résultats, ils fournissent notamment la représentativité des périodes de mesures temporaires par rapport à l'année 2001, ainsi qu'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 :

- Le 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 leur effet sanitaire 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. Il est réglementé par une directive européenne du 13/12/2000.

Valeurs de référence :

- *Organisation Mondiale de la Santé (OMS)* : Le benzène est reconnu comme cancérogène par l'OMS. Elle estime que le risque est de 6.10^{-6} par µg/m³ pour une exposition continue à vie².
- *Union Européenne (UE)* : La valeur limite annuelle européenne est de 5 µg/m³ (échéance 2010).
- *France* : Un objectif de qualité de 2 µg/m³ en moyenne annuelle a été fixé par un décret du 6 mai 1998.

¹ Airmaraix, évaluation de la qualité de l'air sur les tracés de la rocade L2 – état zéro, novembre 2001

² Ce qui signifie que le risque de développer un cancer a été évalué à six chances sur un million par µg/m³.

2.1.2. Toluène

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

Valeurs de référence :

- *OMS* : La valeur guide est de $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une semaine d'exposition.

2.1.3. Xylène

Dans ce 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 $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Guideline for Air quality 1999).
- *UE* : La valeur limite européenne annuelle est de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à l'échéance 2010 (directive européenne du 22 avril 1999).
Norme horaire limite : $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ à ne pas dépasser plus de 18 jours par an
- *PRQA*³ de la région PACA : Seuil de $135 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 : $30 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{an}$.

2.3. Le monoxyde de carbone (CO)

Ce composé est principalement émis par les véhicules 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 : $30 \text{mg}/\text{m}^3$
Valeur limite sur 8 heures : $10 \text{mg}/\text{m}^3$.

³ PRQA : Plan Régional pour la Qualité de l'Air

2.4. Les PM10 (concentration massique des particules < 10 µm)

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 **cinq** sites de mesures (pas de temps **quart horaire**) :
 - **SEM – site urbain**
 - **Relais Nature –site urbain**
 - **Campenon Bernard –site urbain**
 - **La Fourragère – site urbain**
 - **Stade USPEG –site trafic**
- des mesures, **intégrées sur 10 jours**, réalisées à l'aide d'échantillonneurs passifs avec une analyse différée en laboratoire :
 - **Tubes BTX**

3.1. Analyseurs automatiques

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

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

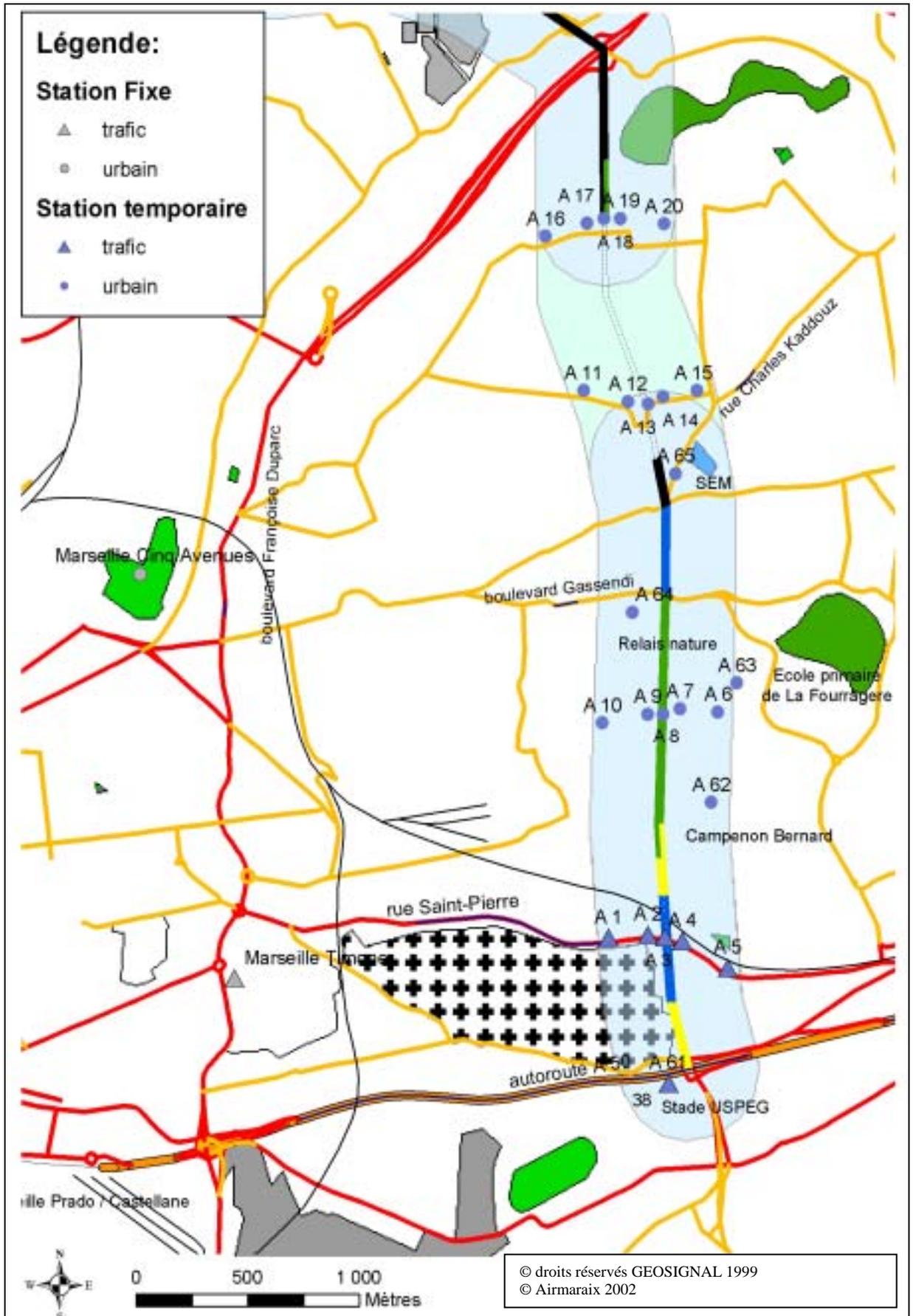
Matériels installés pendant la campagne de mesures :

- Deux AC31M (Environnement SA), mesure par chimiluminescence de NO et NO₂,
- Deux CO31M (environnement SA), mesure 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 de :

- Un anémogirouette : vitesse et direction du vent
- Un capteur de température et hygrométrie
- Des analyseurs de dioxyde de soufre (SO₂) et d'ozone (O₃).

- Carte de localisation des sites de mesures



3.2. Tubes à diffusion passive 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 qu'elle est de l'ordre de 15 %, ce qui permet de comparer les niveaux relevés aux valeurs de référence. Cette performance 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

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.

L'échantillonnage proposé dans l'étude, complète les travaux développés dans le cadre de l'étude L2 Nord. Il vise principalement à analyser l'air proche des têtes de tunnel de la L2 Est et à l'intersection avec l'A50.

- **Situation trafic** : sur les axes majeurs, afin d'évaluer, l'influence positive ou négative de la mise en service de la L2 (rue Saint-Pierre, stade USPEG sur l'A50).
- **Situation urbaine** : sites plus éloignés qui fournissent les niveaux de fond en polluants dans la bande des trois cents mètres.

4.1. Implantation des sites de mesures

Sur les 25 sites de mesures :

- **6 sites trafics**, (5 rue Saint-Pierre, stade USPEG)
- **19 sites urbains**, dont SEM, Relais Nature, Campeon Bernard, Ecole de la Fourragère et 3 transects de cinq points.

Le NO₂ est mesuré sur tous les points (**25 sites**) avec différents moyens de mesure : tubes de Palmes sur tous les sites de la campagne L2 Nord, analyseurs automatiques.

Les BTX sont mesurés sur **11 sites**, *a priori* les plus exposés.

CO, PM10 sur les cinq 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 sur trois périodes du **12 octobre 2001 au 14 janvier 2002** :

- P1 du 12 octobre au 1^{er} décembre
- P2 du 1^{er} au 31 décembre,
- P3 du 28 décembre 2001 au 14 janvier 2002.

Périodes d'échantillonnage des stations de mesures automatiques

Site	Nom court	Type de station	équipement	Période de mesures
SEM	Bêta	Cabine climatisée	NOx, CO, PM10, BTX	12/10 au 1/12
Relais Nature	MOBRMX	Laboratoire mobile	NOx, CO, PM10, BTX, SO2, O3, vitesse et direction du vent	12/10 au 1/12
Campenon Bernard	Test02	Cabine climatisée	NOx, CO, PM10, BTX	15/10 au 1/12
La Fourragère	Test02	Cabine climatisée	NOx, CO, PM10, BTX	28/12 au 14/01
Stade USPEG	Bêta	Cabine climatisée	NOx, CO, PM10, BTX	1/12 au 31/12

Périodes de mesures des tubes à diffusion passive

Tournées	Sites	Période
T1	SEM Relais Nature Campenon Bernard	19/10 au 29/10
T2		29/10 au 06/11
T3		06/11 au 19/11
T4		19/11 au 04/12
T5		04/12 au 17/12
T6	Stade USPEG La Fourragère	17/12 au 28/12
T7		28/12 au 08/01
T8		08/01 au 17/01

Photographie des moyens de mesures engagés pendant la campagne

(image de gauche : camion laboratoire, image de droite : tubes à diffusion passive)



Chapitre II : Résultats

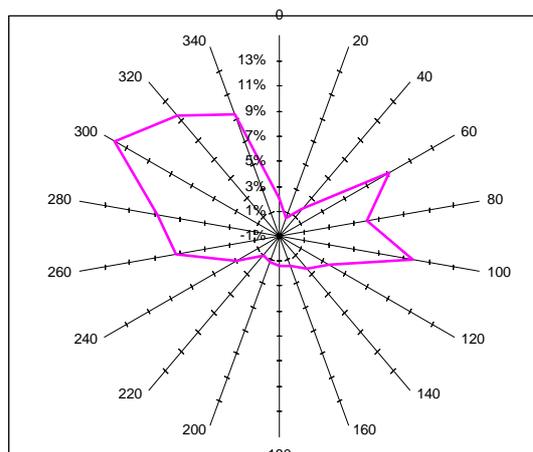
Les polluants automobiles mesurés pendant la campagne de mesures font l'objet de valeurs de référence annuelles et horaires (valeur limite européenne, recommandation de l'OMS).

Dans la présentation des résultats nous essayerons, à partir des mesures temporaires, d'évaluer les niveaux annuels pour les différents composés mesurés. Cette extrapolation permettra de comparer les niveaux sur une même base temporelle et de 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 seuils pour les autres composés.

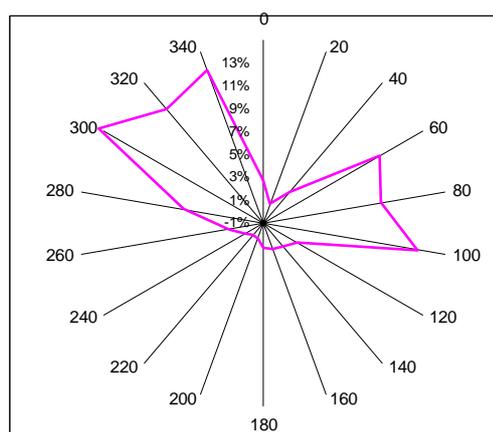
Dans la partie discussion nous proposerons une analyse des résultats par zones géographiques homogènes, en dissociant notamment les **situations trafic** et les **situations urbaines** (chapitre III).

1. Conditions météorologiques des périodes de mesures par rapport à 2001

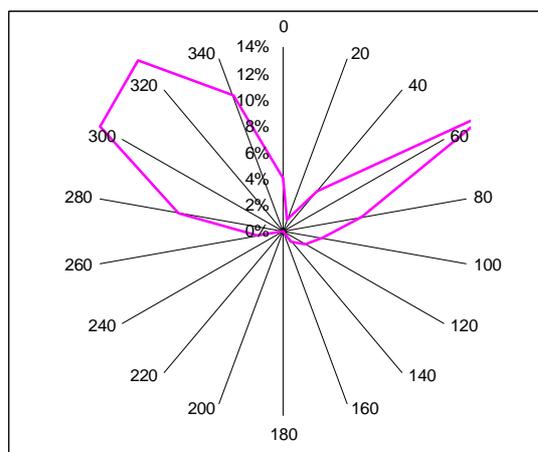
Roses des vents relevées à la station Météo France Marseille Observatoire du 12/12 au 31/12/2001



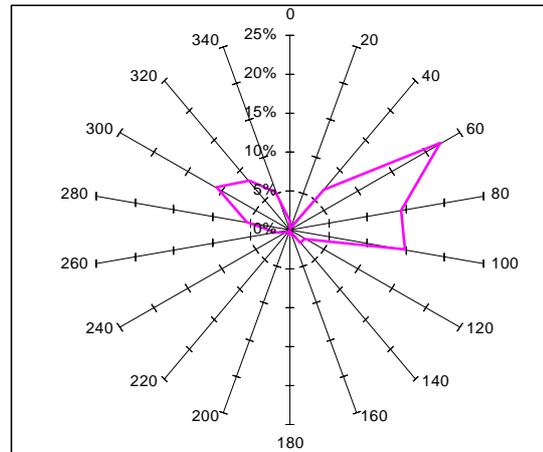
(a) P2001



(b) P1



(c) P2



(d) P3

Les roses des vents des périodes P1, P2 et P3 diffèrent de celle de l'année 2001 par la fréquence élevée des flux de Nord Est (régime de brises de terre sur ce site) et la moindre fréquence des flux d'Ouest (260 °).

Tableau comparatif des fréquences de vitesse de vent des périodes P2001, P1, P2 et P3

	P2001	P1	P2	P3
Vent nul	6 %	5 %	6 %	3 %
Vent faible (entre 1 et 4 m/s)	18 %	16 %	24 %	17 %
Vent modéré (de 4 à 8 m/s)	57 %	63 %	63 %	73 %
Vent fort (supérieurs à 8 m/s)	18 %	16 %	8 %	8 %

Ce tableau indique que les fréquences de vitesse de vent nul et faible ont été nettement plus importantes pendant la période P2 (30 % contre 24 sur l'année 2001). La fréquence des vents forts (supérieurs à 8 m/s) est nettement plus élevée sur l'ensemble de l'année 2001 que sur les trois périodes P1 et P2 (18 % contre 8 %). Ces deux périodes de mesures temporaires ont plutôt été moins favorables à la dispersion des polluants dans l'atmosphère. La période P1 est semblable à P2001 pour ce paramètre.

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. Validation de l'utilisation des sites permanents comme référence annuelle.

Pour cette étude nous avons choisi de travailler avec les sites permanents les mieux corrélés avec la station temporaire. Ce lien est évalué à partir du coefficient de corrélation linéaire des niveaux 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 mesure est constant au cours du temps, au moins pour 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.

$$R^{P_i}/P_{2001} = P_i \text{ période de mesure temporaire} / P_{2001} \text{ moyenne l'année}$$

2.1. Evaluation des liens entre les sites temporaires et permanents

2.1.1. Sites temporaires échantillonnés pendant la période P1 du 12/10 au 1/12/2001- SEM – Relais Nature – Campenon Bernard

Ces sites urbains sont représentatifs du niveau de fond en polluants automobiles du secteur.

• **Lien entre les sites temporaires – homogénéité de la zone**

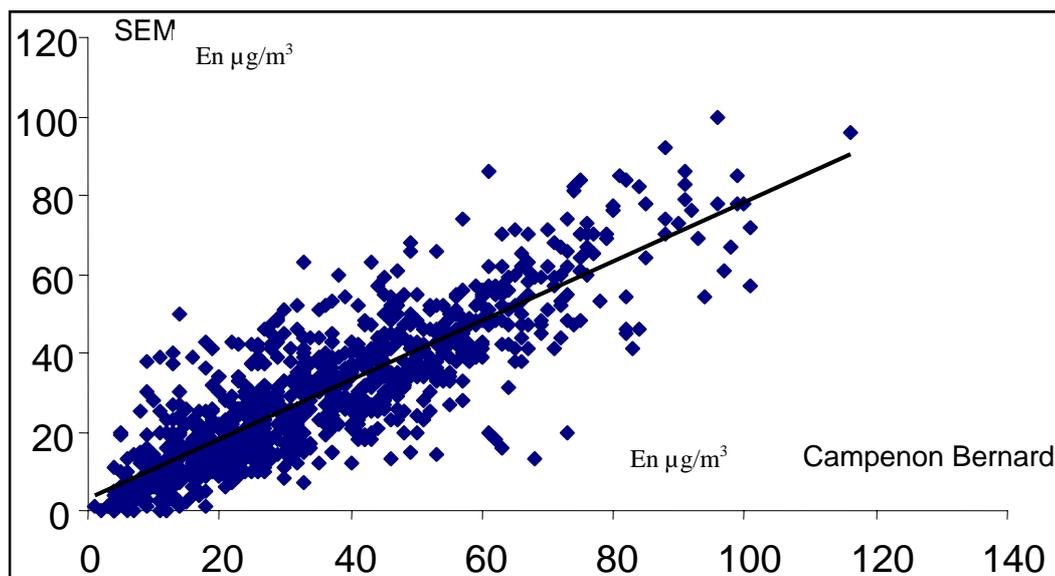
Le lien entre les trois sites de mesures temporaires de la période P1 est important, sauf pour les PM10 :

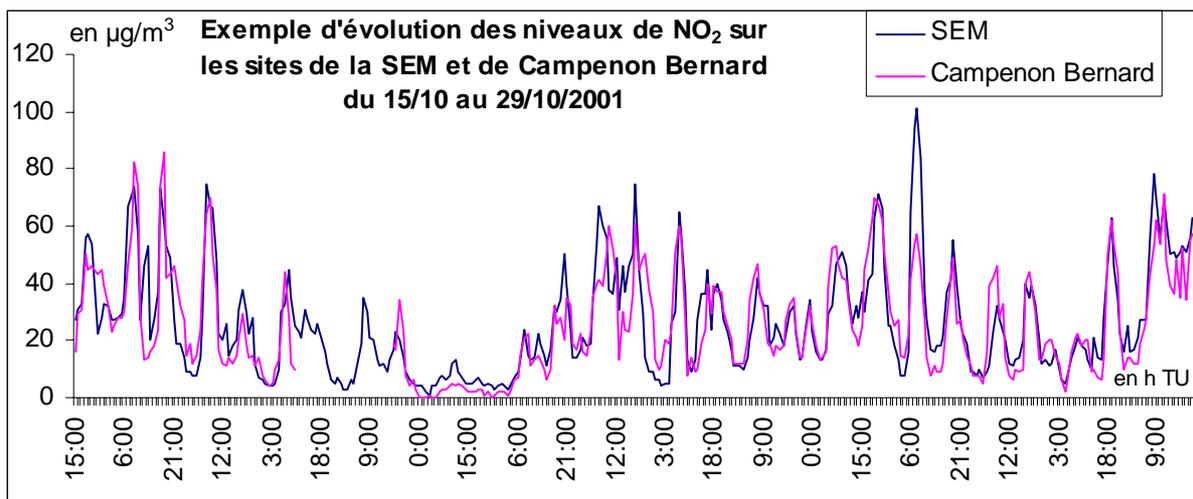
- R (coefficient de corrélation linéaire) entre 0.86 et 0.9 pour le NO₂
- R égale à 0.89 entre les sites Relais Nature et Campenon Bernard pour les PM10
- R entre 0.83 et 0.90 pour le CO.

Les niveaux de PM10 relevés sur le site de la SEM montrent un comportement singulier peu corrélé avec les deux autres sites (0.39 et 0.44). Un chantier situé à quelques dizaines de mètres du site de prélèvement de la SEM induisait une pollution particulière importante et indépendante des émissions liées au trafic.

Hormis ce cas, le lien étroit entre les sites indique une homogénéité du comportement des polluants automobiles dans la zone étudiée en situation de fond.

Nuage de points des niveaux horaires de NO₂ relatif aux sites de la SEM et de Campenon Bernard





- **Lien avec les sites permanents de l'agglomération marseillaise pour le NO₂ et les PM10**

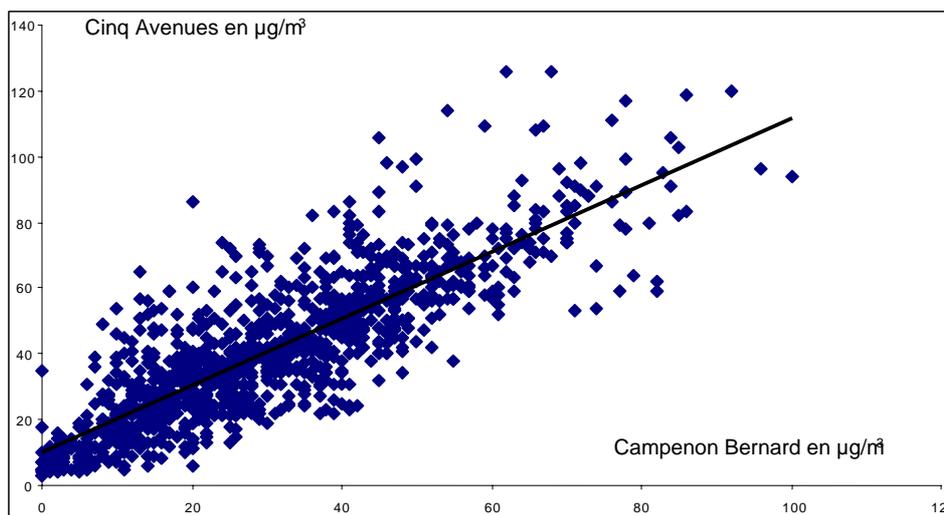
Ces sites temporaires relèvent une corrélation linéaire marquée avec les sites permanents de l'agglomération pour le NO₂ et les PM10.

Les coefficients de corrélation linéaire les plus importants (proche de 1) sont les sites suivants :

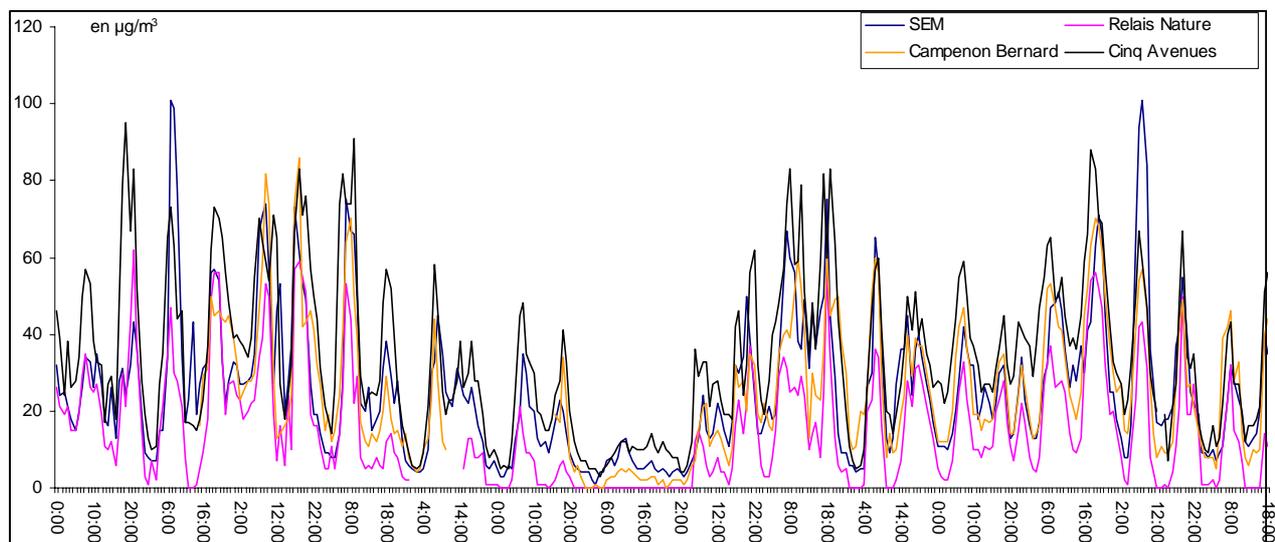
Coefficient de corrélation	NO ₂			PM10		
	SEM	Relais Nature	Campenon Bernard	SEM	Relais Nature	Campenon Bernard
Cinq Avenues	0.81	0.82	0.84	0.38	0.81	0.81
Prado	0.73	0.73	0.79	/	/	/
Thiers	0.75	0.77	0.80	0.32	0.84	0.86
Timone	0.74	0.74	0.76	0.42	0.84	0.86

Les coefficients de corrélation linéaire entre les données horaires de NO₂ et de PM10 des sites temporaires avec les quatre sites permanents de l'agglomération sont supérieurs à 0,7, sauf pour les PM10 de la SEM (max : 0,42). 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 pendant P1 entre Campenon Bernard et Cinq Avenues



Exemple d'évolution du NO₂ du 14 au 27 octobre 2002 sur les trois sites temporaires et Cinq Avenues



➤ Lien avec les sites permanents de l'agglomération marseillaise pour le CO

Coefficient de corrélation	CO		
	SEM	Relais Nature	Campenon Bernard
Paradis	0.64	0.62	0.58
Rabatau	0.65	0.72	0.67

Le lien entre les niveaux de CO des sites temporaires est plus faible que pour les deux polluants précédents. Compte tenu des niveaux modérés et du lien tout de même significatif ($R > 0.6$), nous utiliserons cette relation pour évaluer les niveaux annuels.

2.1.2. Site temporaire échantillonné pendant la période P2 du 1/12 au 31/12/2001 - Stade USPEG proche de l'A50

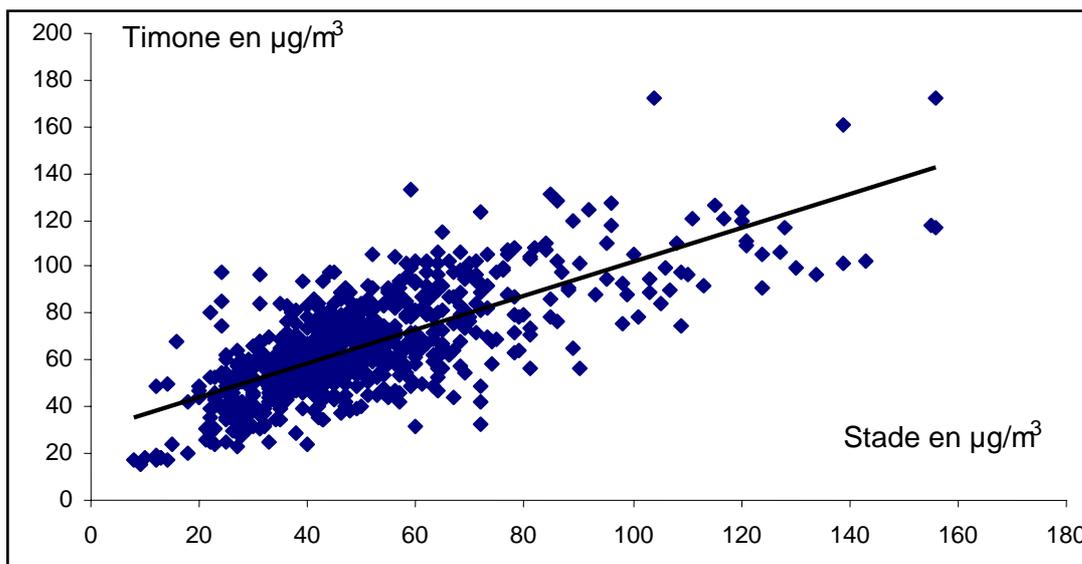
Les coefficients de corrélation linéaire des niveaux horaires entre le site du stade USPEG et les sites de mesures permanents sont moins marqués que pour les points précédents (ANNEXE I).

Les sites les mieux corrélés sont :

- Timone pour le NO₂ (R= 0.72)
- Cinq Avenues et Timone pour les PM10 (0.54 ; 0.52)
- Rabatau et Paradis pour le CO (0.75 ; 0.66).

Cette différence de comportement est liée à la typologie du site temporaire. En effet, en situation trafic, les niveaux en polluants automobiles sont plus fortement liés à l'activité de l'axe surveillé. Nous utiliserons le site de Timone comme référence pour évaluer la moyenne annuelle en NO₂-PM10 et Rabatau/Paradis pour le CO .

Nuage de point des niveaux horaires de NO₂ pendant P2 entre Timone et le Stade USPEG

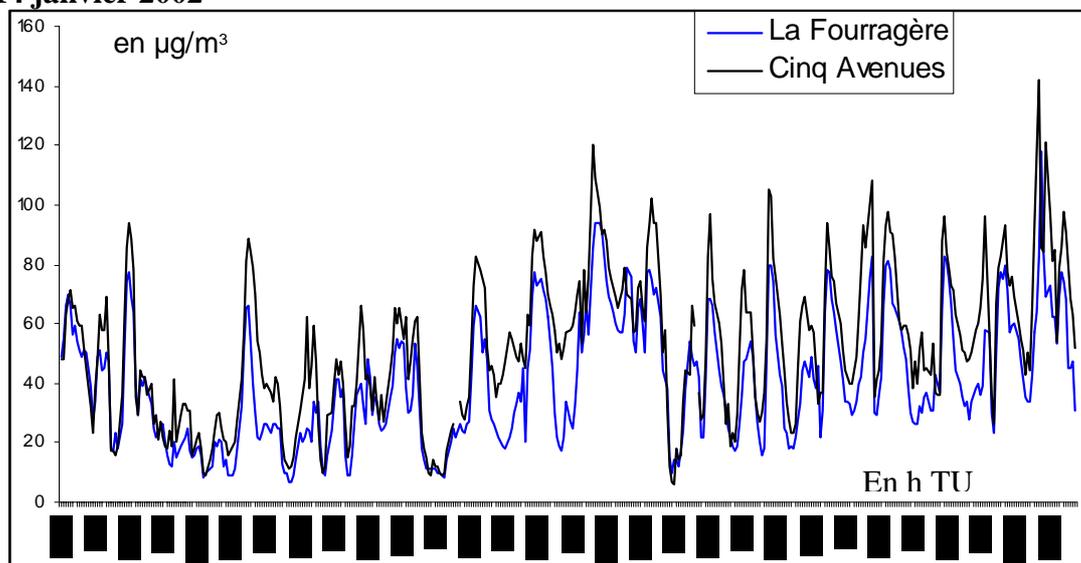


2.1.3. Site temporaire échantillonné pendant la période P3 du 28/12/2001 au 14/01/2002 – Ecole Primaire La Fourragère

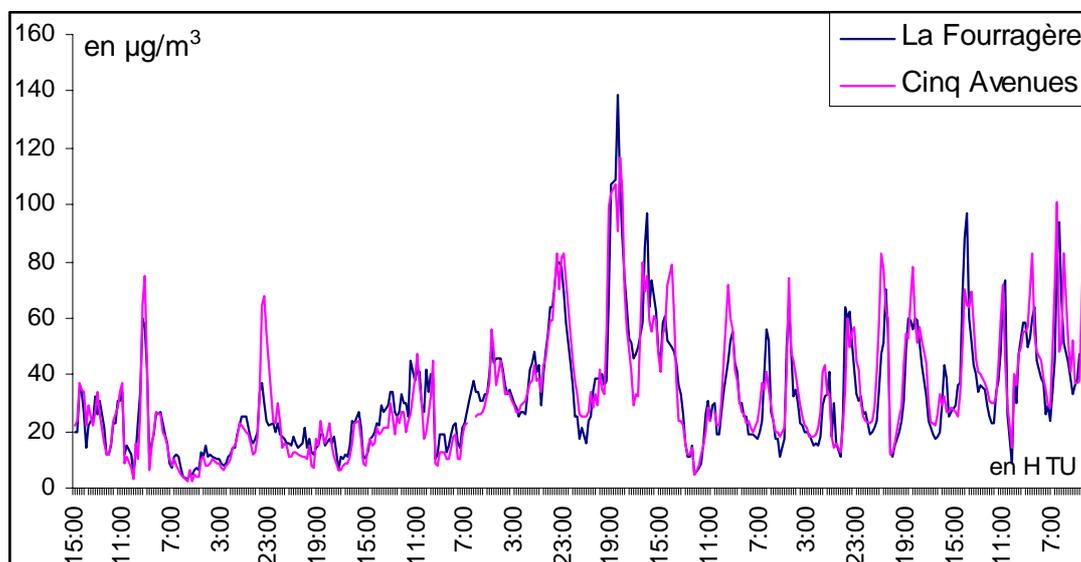
L'évolution des niveaux horaires de NO₂ et PM10 de ce site de fond est bien corrélée avec les autres sites urbains de l'agglomération (R > 0.8). En revanche, le comportement du monoxyde de carbone n'est pas lié (R : 0.2 avec Plombières).

Site	Coefficient de corrélation linéaire avec La Fourragère		
	NO ₂	PM10	CO
Cinq Avenues	0.90	0.88	/
Prado	0.81	/	/
Thiers	0.86	0.87	/
Timone	0.86	0.88	/
Plombières	/	/	0.20
Rabatau	/	/	0.17

Evolution du NO₂ sur le site de la Fourragère et à Cinq Avenues du 28 décembre 2001 au 14 janvier 2002



Evolution des PM10 sur le site de la Fourragère et à Cinq Avenues du 28 décembre 2001 au 14 janvier 2002



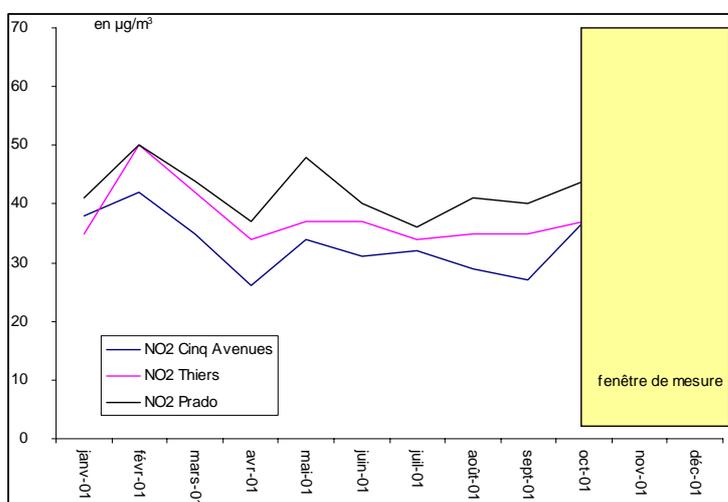
2.2. Rapport P_1, P_2 ou P_3 / P_{2001} pour les sites temporaires et permanents

2.2.1. sites permanents de l'agglomération

- Le dioxyde d'azote NO_2 - P_1, P_2 ou P_3 / P_{2001}

Site	CINQ	PARA	PLOM	PRAD	RABA	STLO	MARG	THIE	TIMO	PENH	
P1	41	51	90	50	56	41	36	46	54	33	Moyenne
P2	53	63	101	64	66	51	60	60	65	47	
P3	52	49	107	64	80	58	50	63	58	52	
P2001	36	47	83	45	54	43	29	41	50	31	
P1/P2001	1.14	1.09	1.08	1.11	1.04	0.95	1.24	1.12	1.08	1.06	1.09
P2/P2001	1.47	1.34	1.22	1.42	1.22	1.19	2.07	1.46	1.30	1.52	1.42
P3/P2001	1.44	1.04	1.29	1.42	1.48	1.35	1.72	1.54	1.16	1.68	1.41

En $\mu\text{g}/\text{m}^3$

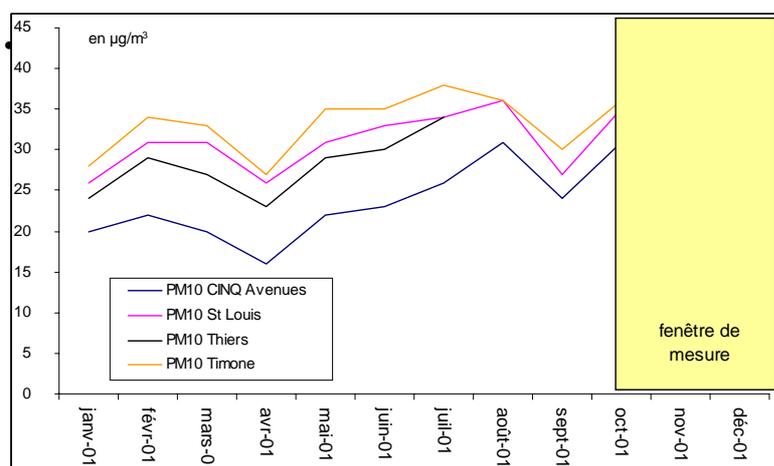


Evolution des niveaux de NO_2 pendant l'année 2001 sur l'agglomération marseillaise

- Les particules en suspension PM_{10} - P_1, P_2 ou P_3 / P_{2001}

	PSCINQ	PSSTLO	PSTHIE	PSTIMO	
P1	32	34	31	37	Moyenne
P2	36	39	36	40	
P3	32	39	34	38	
P2001	25	32	29	34	
P1/P2001	1.28	1.06	1.07	1.09	1.12
P2/P2001	1.44	1.22	1.24	1.18	1.25
P3/P2001	1.28	1.22	1.17	1.12	1.20

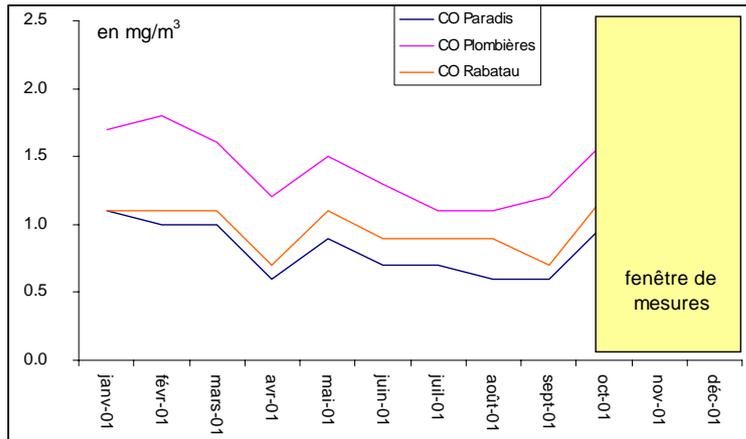
En $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Evolution des niveaux de PM_{10} pendant l'année 2001 sur l'agglomération marseillaise

Le monoxyde de carbone CO- P1, P2 ou P3 /P2001

En $\mu\text{g}/\text{m}^3$	CO Paradis	CO Plombières	CO Rabatau	Moyenne
P₁	1.1	2	1.2	
P₂	1.3	2.3	1.5	
P₃	/	2.2	1.6	
P₂₀₀₁	0.9	1.5	1.0	
P₁/P₂₀₀₁	1.22	1.33	1.20	1.25
P₂/P₂₀₀₁	1.44	1.53	1.50	1.49
P₃/P₂₀₀₁	/	1.47	1.60	1.53



Evolution des niveaux de CO pendant l'année 2001 sur l'agglomération marseillaise

L'analyse de la représentativité temporelle des sites permanents pour les périodes P₁, P₂ et P₃ par rapport à l'année 2001 indique que les niveaux de ces périodes sont supérieurs à ceux de l'année entière entre 10 et 53 % en fonction des périodes et des polluants. Ce constat est typique de la période hivernale, pendant laquelle les conditions de dispersion atmosphérique sont généralement moins bonnes qu'en été (stratification de l'atmosphère plus marquée liée au phénomène d'inversion thermique, brise de mer atténuée...). En outre, les deux derniers mois de l'année 2001 se sont traduits par une nette augmentation des polluants automobiles.

Dans l'évaluation de la moyenne annuelle sur les sites temporaires nous prendrons les sites les mieux corrélés comme référence dans les calculs. Par exemple pour les sites de la période P₁ le lien avec les sites de Cinq Avenues, Prado, Thiers et Timone était le plus marqué, les rapports P₁/P₂₀₀₁ pour le NO₂ s'étalent de 1.08 à 1.14, soit des niveaux 11 % supérieurs en moyenne à ceux de l'année 2001.

	SEM	P1/P2001 moyen	Relais Nature	P1/P2001 moyen	Campenon Bernard	P1/P2001 moyen	Stade	P2/P2001 moyen	Fourragère	P3/P2001 moyen
NO₂	Cinq Avenues Prado Thiers Timone	1.11	Cinq Avenues Prado Thiers Timone	1.11	Cinq Avenues Prado Thiers Timone	1.11	Timone	1.30	Cinq Avenues Prado Thiers Timone	1.39
PM₁₀	Corrélation non significative	/	Cinq Avenues Thiers Timone	1.15	Cinq Avenues Thiers Timone	1.15	Timone	1.18	Cinq Avenues Thiers Timone	1.19
CO	Paradis Rabatau	1.21	Paradis Rabatau	1.21	Paradis Rabatau	1.21	Paradis Rabatau	1.47	/	/

Niveaux relevés sur les sites de référence pour P₁, P₂ et P₃ et 2001

Polluant	Site	P ₂₀₀₁	P ₁	P ₂	P ₃
NO ₂ En µg/m ³	Cinq Avenues	36	40	53	52
	Prado	45	50	64	64
	Thiers	41	46	60	63
	Timone	50	53	65	58
	SEM	/	35	/	/
	Relais Nature	/	28	/	/
	Campenon Bernard	/	30	/	/
	Stade	/	/	50	/
	La Fourragère	/	/	/	40
PM10 En µg/m ³	Cinq Avenues	25	32	36	32
	Thiers	29	31	36	34
	Timone	34	37	40	38
	SEM	/	41	/	/
	Relais Nature	/	29	/	/
	Campenon Bernard	/	34	/	/
	Stade	/	/	63	/
	La Fourragère	/	/	/	32
CO En mg/m ³	Paradis	0.9	1.0	1.31	/
	Rabatau	1.0	1.14	1.46	0.17
	SEM	/	0.43	/	/
	Relais Nature	/	0.52	/	/
	Campenon Bernard	/	0.61	/	/
	Stade	/	/	1.20	/
	La Fourragère	/	/	/	2.24

2.2.2. Evaluation des moyennes annuelles 2001 sur les sites temporaires

	station	Niveau pendant la période de mesure P ₁ , P ₂ et P ₃	P _{1,2} ou ³ /P ₂₀₀₁	Estimation de la moyenne annuelle 2001
NO ₂ en µg/m ³	SEM	35	1.11	32
	Relais Nature	28	1.11	25
	Campenon Bernard	30	1.11	27
	Stade	50	1.30	38
	La Fourragère	40	1.39	29
PM10 en µg/m ³	SEM	42	/	/
	Relais Nature	30	1.15	26
	Campenon Bernard	34	1.15	30
	Stade	63	1.18	53
	La Fourragère	32	1.19	27
CO en mg/m ³	SEM	0.43	1.21	0.4
	Relais Nature	0.52	1.21	0.4
	Campenon Bernard	0.61	1.21	0.5
	Stade	1.20	1.47	0.8
	La Fourragère	2.24	/	/

• Commentaires :

Les niveaux de fond de NO₂ et de PM10 du secteur mesurés sur quatre points sont assez homogènes, autour de 30 µg/m³. Les valeurs limites annuelles sont respectées.

Sur le site de trafic au Stade, les valeurs limites annuelles européennes pour le dioxyde d'azote et les PM10 risquent d'être atteintes.

2.3. Evaluation des niveaux de benzène et de toluène

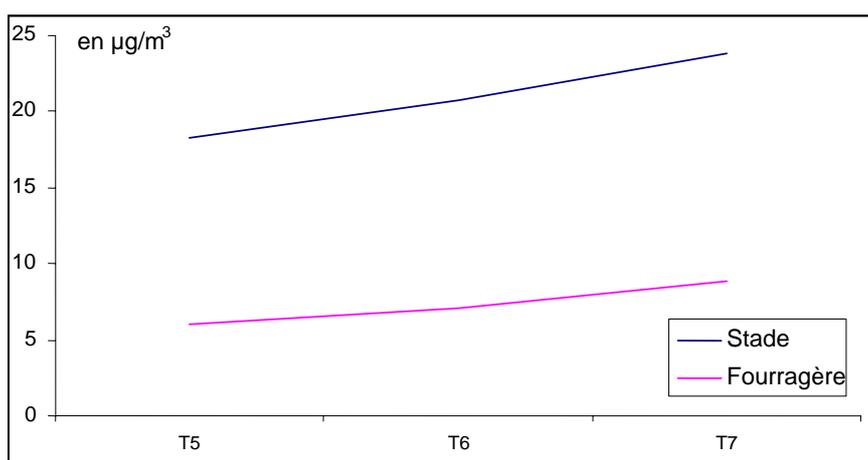
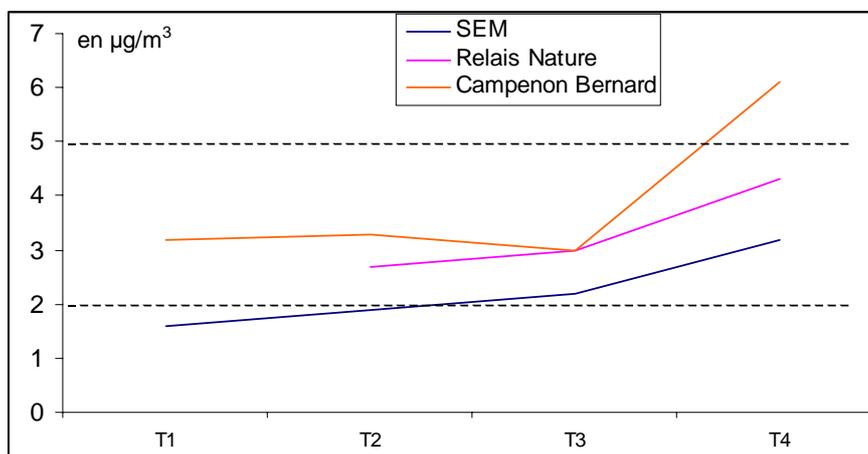
En l'absence de référence fournie par des mesures automatiques, nous n'effectuerons pas de correction pour rapport à l'année.

2.3.1. Niveaux de benzène

Tableau de synthèse des niveaux de benzène relevés pendant les périodes de mesures

En $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Type	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	moyenne	maximum
SEM	U	1.6	1.9	2.2	3.2	/	/	/	2.2	3.2
Relais Nature	U	/	2.7	3	4.3	/	/	/	3.3	4.3
Campenon Bernard	U	3.2	3.3	3	6.1	/	/	/	3.9	6.1
Stade	T	/	/	/	/	18.3	20.7	23.8	20.9	23.8
Fourragère	U	/	/	/	/	6	7.1	8.9	7.3	8.9

Evolution des niveaux de benzène pendant la campagne



Les niveaux de benzène en moyenne s'étalent de **2.2 à 20.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** sur les périodes. Ces niveaux sont sans doute supérieurs à la moyenne de 2001, si l'on se réfère au comportement des autres polluants sur l'année.

Il est difficile d'évaluer les niveaux annuels, mais si l'on intègre les résultats de la campagne réalisée pour l'étude L2 Nord, on peut en tirer les tendances suivantes :

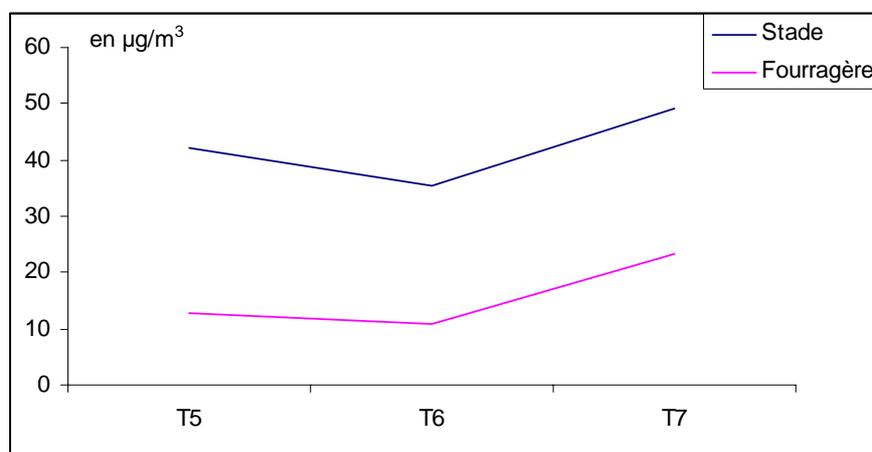
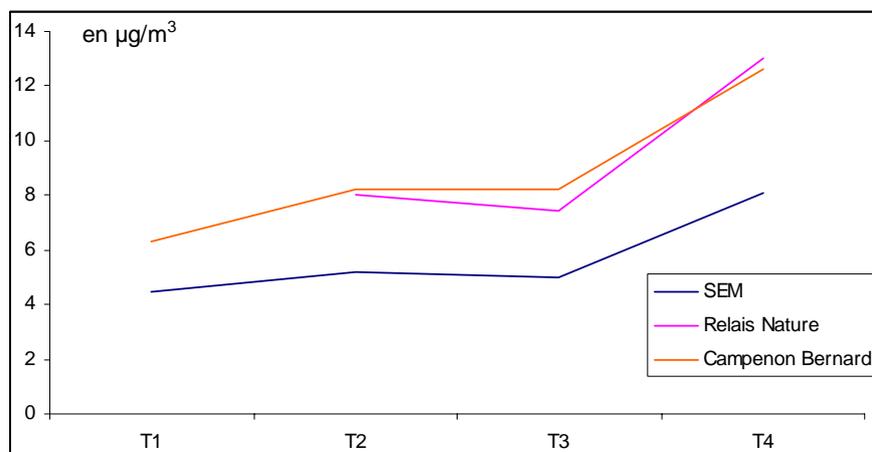
- **L'objectif de qualité fixé par le décret du 6 mai 1998** ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) risque d'être dépassé sur le secteur (niveau proche de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en situation de fond)
- La **valeur limite européenne** ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle) est vraisemblablement atteinte **sur la rue Saint-Pierre** (travaux L2 Nord) en proximité de l'A50 dans la zone de l'échangeur (site du stade USPEG).

2.3.2. Niveaux de Toluène

En $\mu\text{g}/\text{m}^3$	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	moyenne	maximum
SEM	4.5	5.2	5	8.1	/	/	/	5.7	8.1
Relais Nature		8.0	7.4	13.0	/	/	/	9.5	13.0
Campenon Bernard	6.3	8.2	8.2	12.6	/	/	/	8.8	12.6
Stade	/	/	/	/	42.1	35.3	49.3	42.2	49.3
Fourragère	/	/	/	/	12.9	10.8	23.2	15.6	23.2

Les niveaux de toluène varient de 8.8 à $42.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ces niveaux restent très en deçà de la recommandation de l'OMS sur une semaine d'exposition de $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Evolution des niveaux de Toluène



Les niveaux élevés sur les périodes T5, T6 et T7 sont probablement supérieurs à la moyenne annuelle, si l'on se réfère au comportement des autres polluants à cette période. Le niveau relevé à l'école de la Fourragère ($7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) indique que l'objectif de qualité ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur l'année) est dépassé, en revanche la valeur limite annuelle n'est peut être pas atteinte.

2.3.3. Rapport Toluène/benzène

Le rapport toluène/benzène varie de **2.03** à **2.82**, ce qui indique que la source de ces composés provient principalement des transports.

2.4. Tableau récapitulatif des niveaux annuels estimés sur les sites temporaires

Site	NO ₂ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Benzène $\mu\text{g}/\text{m}^3$	PM10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	CO mg/m^3
SEM	32	Proche de 2	/	0.4
Relais Nature	25	Proche de 2	26	0.4
Camponon Bernard	27	Proche de 2	30	0.5
Stade USPEG	38	> 5	53	0.8
La Fourragère	29	Proche de 2	27	/

3- Evaluation des niveaux de pointes

3.1. Dépassement des seuils de référence horaires et journaliers

3.1.1. Sites urbains

a- SEM – Relais Nature – Campenon Bernard

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

Estimation des risques de dépassements des valeurs de pointe sur les sites de la SEM, Relais Nature et Campenon Bernard

	SEM/Relais Nature/Campenon Bernard		Cinq Avenues		Thiers		Prado	
	P1	2001*	P1	2001	P1	2001	P1	2001
Nb de j > 135 µg/m ³ /h en NO ₂	0	< 17j	0	8	0	8	4	19
Nb H > 200 µg/m ³ en NO ₂	0	Peu probable	0	0	0	0	0	0
Max horaire NO ₂ en µg/m ³	121	nd ⁴	126	161	118	142	150	171
P98	74-86-88	63-80	96	93	95	95	107	105
Nb de J > 50 µg/m ³ en PM10	11**-2-5	< 35 j	2	7	2	11	/	/
Max H CO en mg/m ³	1.5	< 30 mg/m ³	/	/	/	/	/	/

*évaluation

** 11 jours > 50 µg/m³ sur le site de la SEM (influence du chantier)

b- La Fourragère

Estimation des risques de dépassements des valeurs de pointe sur les sites de la Fourragère

	La Fourragère		Cinq Avenues		Thiers		Prado	
	P1	2001*	P1	2001	P1	2001	P1	2001
Nb de j > 135 µg/m ³ /h en NO ₂	0	< 17j	0	8	0	8	4	19
Nb H > 200 µg/m ³ en NO ₂	0	Peu probable	0	0	0	0	0	0
Max horaire NO ₂ en µg/m ³	118	Nd ¹	126	161	118	142	150	171
P98	83	73	109	93	124	95	137	105
Nb de J > 50 µg/m ³ en PM10	2	< 35 j	3	7	4	11	/	/
Max H CO en mg/m ³	/	< 30 mg/m ³	/	/	/	/	/	/

*évaluation

Les niveaux de pointes enregistrés pendant les périodes de mesures sur les deux sites temporaires indiquent des pics inférieurs aux sites permanents de l'agglomération en situation urbaine.

⁴ nd : non déterminé

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 sur ces quatre sites temporaires sont faibles :

- moins de 17 jours de dépassements du seuil $135 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur une heure pour le NO_2 – respect du PRQA PACA ,
- le dépassement de la valeur limite européenne pour le NO_2 est peu probable,
- moins de 35 jours de dépassements du seuil $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sur 24 heures pour les PM_{10} – respect de la directive européenne.

3.1.2. Site trafic du Stade USPEG

Tableau récapitulatif des dépassements sur le site du Stade

	Stade		Plombières		Rabatau		Timone		Paradis	
	P2	2001*	P2	2001	P2	2001	P2	2001	P2	2001
Nb de j > $135 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{h}$ en NO_2	5	nd	149	858	15	76	2	17	14	41
Nb H > $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en NO_2	0	probable	31	51	0	0	0	0	0	0
Max horaire NO_2 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	156	nd	292	292	188	188	172	179	170	173
P98	120	84	229	172	134	121	118	105	131	110
Nb de J > $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM_{10}	16	Risque > 35 J	/	/	/	/	9	27	/	/
Max H CO en mg/m^3	5.3	< 30 mg/m^3	7.3	7.8	7.6	7.6	/	/	6.7	8.6

*évaluation

Les niveaux de pointes sur ce site de proximité du trafic automobile indiquent des concentrations proches de celles de Timone et inférieures à Rabatau et Plombières.

Le risque de dépassements de la norme pour le NO_2 , fixé par le PRQA à 17 jours par an de dépassements du seuil $135 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 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 $135 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Concernant les PM_{10} , la norme européenne est vraisemblablement dépassée sur le site du Stade USPEG (16 jours en un mois), alors que la directive fixe une tolérance de 35 jours par an.

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

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

R **Percentile98 des moyennes horaires / 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.

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

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**

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
SEM	U	32	80
Relais Nature	U	25	63
Campeon Bernard	U	27	68
Stade USPEG	T	38	84
La Fourragère	U	29	73

Chapitre III - Exploitation-Discussion

1. Niveaux en polluants automobiles relevés en situation trafic

Proche de l'A50 – stade USPEG

La concentration annuelle en **NO₂** évaluée sur le site du stade est de **38 µg/m³**. Sur ce site la valeur limite européenne annuelle de 40 µg/m³ risque d'être dépassée.

Le percentile 98 des moyennes horaires sur l'année est *a priori* inférieur à 135 µg/m³ (évalué à 84 µg/m³).

Le PRQA PACA (tolérance de 17 jours de dépassement du seuil de 135 µg/m³/h) 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 ce site est de **53 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).

Le seuil de 50 µg/m³ sur 24 heures a été dépassé à **seize reprises** durant la campagne de mesures alors que la tolérance européenne est de 35 jours (cette norme est sans doute dépassée).

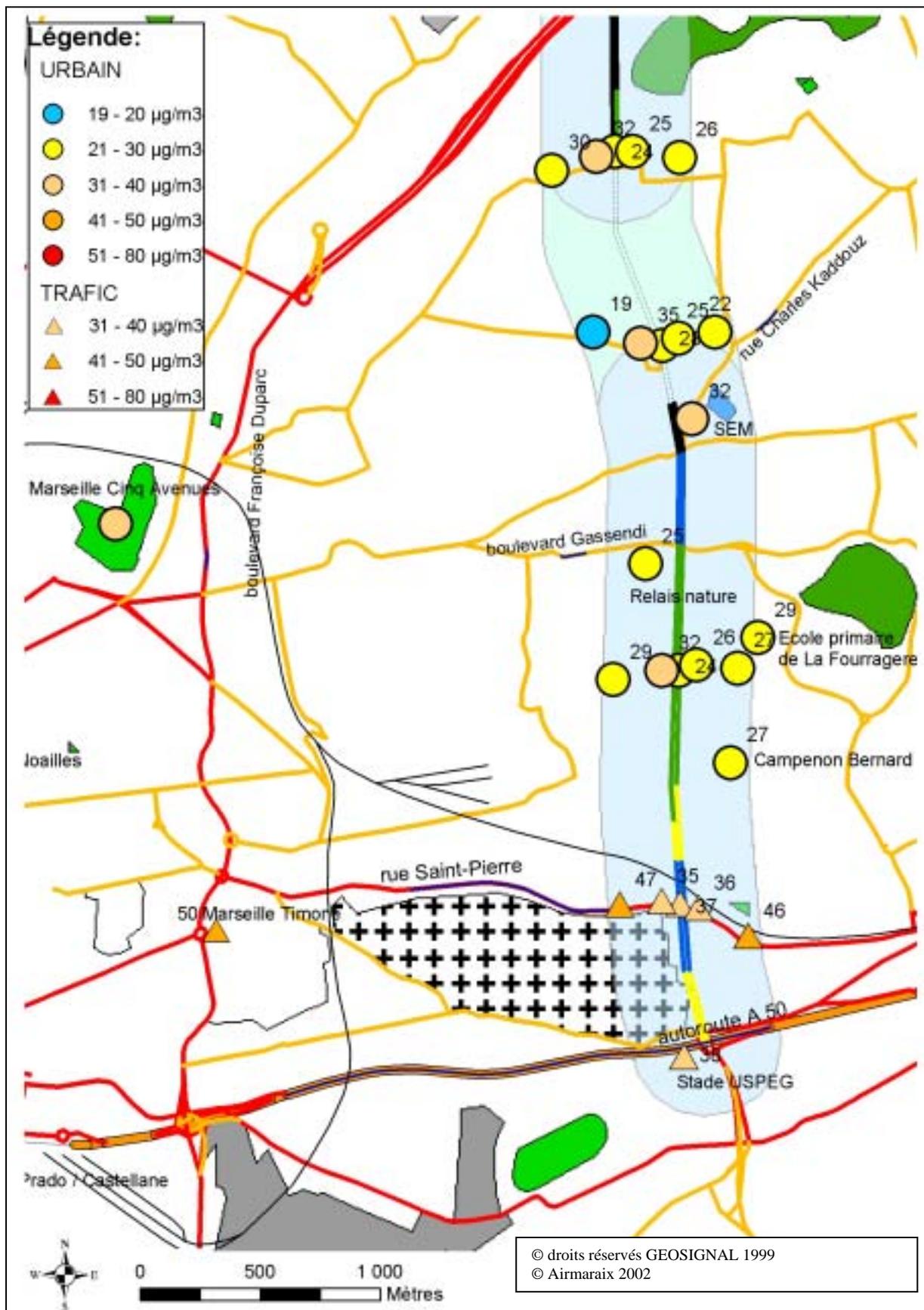
Les concentrations de **benzène** sur ce site sont élevées (**20.9 µg/m³ pendant la campagne**). La valeur limite européenne annuelle de 5 µg/m³ est sans doute dépassée.

Niveaux relevés sur la rue Saint-Pierre (extrait du rapport L2 Nord)

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 la rue Saint-Pierre sont les plus élevés de la campagne L2 Nord, 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.

Cartographie des niveaux annuels de NO₂ estimés – zone L2 Est



2. Niveaux en polluants automobiles relevés en situation urbaine

Portion Est de la L2 (extrait du rapport L2 Nord)

Cette zone a été couverte par trois transects de 5 tubes, centré sur le tracé de la future rocade. Ces mesures permettent 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Les maximums sont relevés sur les sites A9 (intersection rue Gaston de Flotte et rue de la Boiseraie) et A12 (rue des Félibres), avec **32 et 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

Les niveaux de benzène de **2.1 à 3.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** sont supérieurs à l'objectif de qualité français (2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

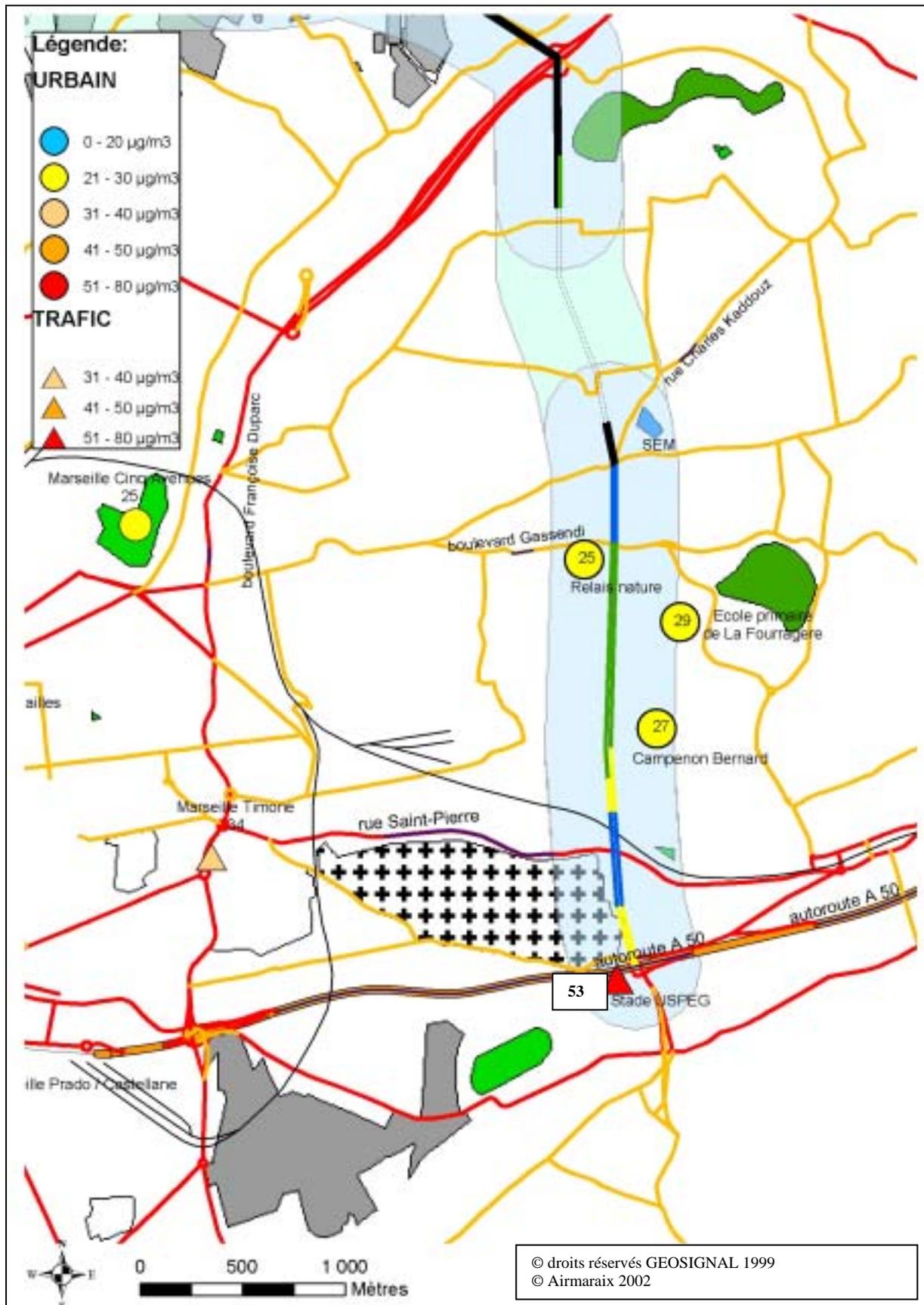
Résultats de la campagne « étude L2 Est » - SEM, Campenon Bernard, Relais Nature, Ecole de la Fourragère

Les niveaux de NO_2 annuels évalués sur les quatre sites échantillonnés s'étalent de **25 à 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** . Ces niveaux sont comparables à ceux évalués dans la première campagne. La zone est relativement homogène et le niveau de fond respecte la valeur limite européenne de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Concernant les PM_{10} , les niveaux sont évalués entre **26 et 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** , ce qui est inférieur de 25 % à la valeur limite européenne (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sur l'année).

Les teneurs en benzène corroborent les résultats enregistrés pendant la campagne de mesures précédente (étude L2 Nord), ils sont vraisemblablement **supérieurs à l'objectif de qualité français (2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)** et inférieurs à la valeur limite européenne de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Cartographie des niveaux annuels de PM10 estimés – zone L2 Est



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 du tracé de la rocade L2 Est. Cette étude complète une première campagne de mesures réalisée dans le cadre de l'étude L2 Nord en réalisant des analyses dans les secteurs proches des têtes de tunnel et à l'intersection avec l'A50.

La qualification de l'air sur le tracé de la rocade L2 a fait l'objet de 25 points de mesures, dont 19 en situation urbaine et 6 en situation trafic.

Parmi les 25 sites, 5 ont été équipés d'analyseurs automatiques (camion laboratoire ou cabine climatisée) :

- SEM – site urbain
- Relais Nature – site urbain
- Campenon Bernard – site urbain
- Stade USPEG – site trafic
- Ecole primaire La Fourragère – site urbain.

Les paramètres mesurés pendant la campagne de mesures sont :

- le NO₂ sur l'ensemble des points avec des tubes de Palmes de la campagne L2 Nord et sur 5 points NO, NO₂ avec des analyseurs automatique à chimiluminescence,
- les BTX à l'aide de tubes Radiello,
- les PM10 (TEOM), le CO (CO 31M) sur les cinq points accueillants des mesures automatiques
- 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 12 octobre 2001 au 14 janvier 2002**, en trois périodes P1, P2 et P3.

Les niveaux annuels sur les différents points ont été évalués en utilisant le lien entre les sites permanents et les stations temporaires lorsque le coefficient de corrélation linéaire était supérieur à 0.6.

L'étude statistique du comportement des stations installées temporairement sur la zone par rapport aux sites fixes d'Airmaraix a montré que l'évolution horaire des niveaux de NO₂ et de PM10 était très liée, malgré des situations locales parfois assez différentes.

Evaluation du risque de dépassement des seuils de référence sanitaire :

Niveaux de NO₂

La valeur limite européenne annuelle pour le NO₂, 40 µg/m³ à échéance 2010, est vraisemblablement dépassée sur la rue Saint-Pierre (max : 47 µg/m³) et dans les quelques dizaines de mètres autour de l'A50 (niveau annuel évalué au stade USPEG : 38 µg/m³).

En situation de fond les niveaux baissent d'environ 25 % par rapport à la proximité des grands axes (autour de 30 µg/m³). Ils respectent la valeur limite européenne annuelle. Les niveaux annuels de NO₂ évalués sur ces sites s'étalent de **19 à 35 µg/m³**. Sur les quatre sites équipés d'analyseurs automatiques, les niveaux sont les suivants :

- SEM – 32 µg/m³
- Relais Nature – 25 µg/m³
- Campenon Bernard – 27 µg/m³
- La Fourragère – 29 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 $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En situation trafic le seuil de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est généralement dépassé.

Les niveaux de pointes fournis par les cinq sites équipés avec des analyseurs automatiques indiquent que les recommandations du PRQA PACA risque d'être dépassé sur le site trafic du stade USPEG, alors que sur les quatre sites urbains il est vraisemblablement respecté. Le dépassement de la valeur limite européenne horaire ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est peu probable sur les sites urbains et probable mais peu fréquent sur les sites trafics.

Niveaux de benzène et de toluène

Pour le benzène, les niveaux relevés pendant la campagne de mesures indiquent que :

- La valeur limite annuelle de l'Union Européenne, à respecter avant 2010 (**$5 \mu\text{g}/\text{m}^3$**), est sans doute dépassée sur la rue Saint-Pierre (maximum : $6.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et au stade USPEG ($21 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- L'objectif de qualité de **$2 \mu\text{g}/\text{m}^3$** est vraisemblablement dépassé en situation de fond.

Les niveaux de toluène sont nettement inférieurs à la référence de l'OMS de **$260 \mu\text{g}/\text{m}^3$** sur une semaine (maximum hebdomadaire relevé au stade USPEG : **$49 \mu\text{g}/\text{m}^3$**).

Les rapports Toluène/Benzène des différents sites indiquent que la source de ces composés est principalement d'origine « automobile ».

Niveaux de PM10

Les concentrations massiques annuelles de PM10 dépassent le seuil de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (à respecter en 2005) au stade USPEG (niveaux annuels estimés à $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$). En situation de fond les niveaux relevés sur les quatre sites temporaires varient de 26 à $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ces teneurs sont comparables à celles du 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 atteints sur le site du stade USPEG, alors qu'ils sont respectés en fond.

Niveaux de CO

Les niveaux de CO sont modérés, autour de $0.8 \text{mg}/\text{m}^3$ sur le site trafic et $0.4-0.5 \text{mg}/\text{m}^3$ 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).

En conclusion, les niveaux de fond en polluants d'origine automobile sur la zone d'étude sont relativement homogènes et modérés. La réglementation actuelle est respectée. En revanche, dans les situations proche des axes de circulations majeurs les normes annuelles et horaires sont généralement dépassées.

ANNEXES

ANNEXE I : Tableaux récapitulatifs des coefficients de corrélation linéaire entre les sites temporaires et les sites permanents pendant la période P1 (du 12/10 au 01/12/2001)

P1 NO₂

Coefficient de corrélation entre	SEM	Relais Nature	Campenon Bernard	Cinq Avenues	Ste Marguerite	Paradis	P/Huveaune	Plombières	Prado	Rabatau	St Louis	Thiers	Timone
Typologie du site	U ¹	U	U	U	U	T	P	T	U	T	U	U	T
SEM	1.00	0.90	0.86	0.81	0.67	0.66	0.64	0.48	0.73	0.64	0.65	0.75	0.74
Relais Nature	0.90	1.00	0.88	0.82	0.72	0.58	0.67	0.36	0.73	0.57	0.63	0.77	0.74
Campenon Bernard	0.86	0.88	1.00	0.84	0.75	0.67	0.74	0.47	0.79	0.68	0.72	0.80	0.76

P1 PM10

Coefficient de corrélation entre	SEM	Relais Nature	Campenon Bernard	Cinq Avenues	Saint-Louis	Thiers	Timone
Typologie du site	U	U	U	U	U	U	T
SEM	1.00	0.39	0.44	0.38	0.38	0.32	0.42
Relais Nature	0.39	1.00	0.89	0.81	0.73	0.82	0.84
Campenon Bernard	0.44	0.89	1.00	0.81	0.71	0.84	0.86

P1 CO

Coefficient de corrélation entre	SEM	Relais Nature	Campenon Bernard	Paradis	Plombières	Rabatau
Typologie du site	U	U	U	T	T	T
SEM	1.00	0.85	0.83	0.64	0.54	0.65
Relais Nature	0.85	1.00	0.90	0.62	0.55	0.72
Campenon Bernard	0.83	0.90	1.00	0.58	0.54	0.67

¹ U : Urbain, T : Trafic, P : Périurbain

Tableaux récapitulatifs des coefficients de corrélation linéaire entre les sites temporaires et les sites permanents pendant la période P2 (du 1^{er} au 31 décembre 2001)

P2 NO₂

Coefficient de corrélation entre	Stade	Cinq Avenues	Ste Marguerite	Paradis	P/Huveaune	Plombières	Prado	Rabatau	St Louis	Thiers	Timone
Typologie du site	T	U	U	U	P	T	U	T	U	U	T
Stade	1	0.63	0.64	0.64	0.58	0.54	0.65	0.64	0.59	0.57	0.72

P2 PM10

Coefficient de corrélation entre	Stade	Cinq Avenues	Saint-Louis	Thiers	Timone
Typologie du site	T	U	U	U	T
Stade	1.00	0.54	0.49	0.50	0.52

P2 CO

Coefficient de corrélation entre	Stade	Paradis	Plombières	Rabatau
Typologie du site	T	T	T	T
Stade	1.00	0.66	0.53	0.75

Tableaux récapitulatifs des coefficients de corrélation linéaire entre les sites temporaires et les sites permanents pendant la période P3 (du 28 décembre au 14 janvier 2002)

P3 NO₂

Coefficient de corrélation entre	La Fourragère	Cinq Avenues	Ste Marguerite	Paradis	P/Huveaune	Plombières	Prado	Rabatau	St Louis	Thiers	Timone
Typologie du site	U	U	U	U	P	T	U	T	U	U	T
La Fourragère	1	0.90	0.67	/	0.76	0.53	0.81	0.74	0.68	0.86	0.86

P3 PM10

Coefficient de corrélation entre	<i>La Fourragère</i>	Cinq Avenues	Saint-Louis	Thiers	Timone
Typologie du site	U	U	U	U	T
La Fourragère	1.00	0.88	0.64	0.87	0.88

P3 CO

Coefficient de corrélation entre	La Fourragère	Paradis	Plombières	Rabatau
Typologie du site	U	T	T	T
La Fourragère	1.00	/	0.20	0.17

Tableau récapitulatif des niveaux de benzène, toluène et rapport Toluène/benzène

	T1 T	T1 B	T1 T/B	T2 T	T2 B	T2 T/B	T3 T	T3 B	T3 T/B	T4 T	T4 B	T4 T/B	T5 T	T5 B	T5 T/B	T6 T	T6 B	T6 T/B	T7 T	T7 B	T7 T/B	moyenne T/B
SEM	4.5	1.6	2.81	5.2	1.9	2.74	5	2.2	2.27	8.1	3.2	2.53										2.59
Relais Nature	/	/	/	8	2.7	2.96	7.4	3	2.47	13	4.3	3.02										2.82
Campenon Bernard	6.3	3.2	1.97	8.2	3.3	2.48	8.2	3	2.73	12.6	6.1	2.07										2.31
Stade													42.1	18.3	2.30	35.3	20.7	1.71	49.3	23.8	2.07	2.03
Fourragère													12.9	6	2.15	10.8	7.1	1.52	23.2	8.9	2.61	2.09

T : Toluène

B : Benzène