

RAPPORT D'ETUDE

VERSION FINALE

Etat zéro de la qualité de l'air avant la mise en service du Tunnel

Jonction A50-A57 à Toulon



Date de publication : [juillet 2002]



Référence dossier : DR/LP05

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 32 63 27

SOMMAIRE

CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'ETUDE

1. Objectifs	3
2. Retombées attendues de l'étude	3
3. Présentation de l'étude	3
3.1. Polluants pris en compte et moyens de mesures	3
3.2. Moyens de mesures	5
3.3. Stratégie d'échantillonnage	6
3.4. Présentation des sites de mesures et périodes d'échantillonnage	7
3.5. Nom et qualité des intervenants	8

CHAPITRE II - RESULTATS

1. Conditions météorologiques des périodes de mesure	10
2. Evaluation des niveaux annuels pour les sites temporaires équipés d'analyseurs automatiques	11
3. Evaluation des niveaux pour P₂₀₀₁ et P₂₀₀₂ sur les sites temporaires équipés d'analyseurs automatiques	12
3.1. site " Test Ouest" ou TESTO : tête de tunnel Ouest	12
3.2. Site "Alpha" dans la station temporaire du bâtiment le Concorde point moyen (10ème étage)	14
3.3. site "Gamma" dans le bâtiment le Concorde point bas et haut	15
3.4. Site " Bêta" : au pied de la cheminée de ventilation Castigneau	17
3.5. Site "Mobrmx" (camion/laboratoire) situé sur le boulevard de Strasbourg (Collège Peirec)	20
3.6. Site « Test Est »: près de la cheminée de ventilation Commandant Marchand	22
3.7. Synthèse des résultats	24
4. Evaluation des niveaux annuels - tubes à diffusion passive NO₂	26
4.1. Validation des données	26
4.2. Ecart tube/analyseur automatique	26
5. Evaluation des niveaux de benzène	29
6. Synthèse des résultats	32
7. Evaluation des niveaux de pointes	33

CHAPITRE III – SYNTHÈSE ET CONCLUSION

1. Tête de tunnel Ouest	36
2. Autour du Boulevard de Strasbourg	36
3. Autour de la cheminée de ventilation Commandant Marchand	36
4. Autour de la tête de tunnel Est	37
CONCLUSION	39

CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'ETUDE

1. Objectifs

L'étude vise à évaluer les niveaux en polluants automobiles (oxydes d'azote, benzène, toluène, particules en suspension, monoxyde de carbone) sur le tracé du tunnel Nord réalisant la jonction A50-A57 (environ 30 000 véhicules par jour attendus dans le sens Est-Ouest). Elle permettra d'estimer les niveaux de pollution liés au trafic routier aux abords des unités de ventilations, des têtes de tunnel et au cœur de Toulon.

Cette étude vise à évaluer la qualité de l'air sur le tracé du tunnel avant sa mise en service : « Etat zéro ».

Elle réactualise des travaux développés en 1994.

2. Retombées attendues de l'étude

Les retombées attendues de cette étude sont :

- Une évaluation des teneurs pour l'année 2001 (P₂₀₀₁) et le premier semestre 2002 (P₂₀₀₂) concernant les principaux indicateurs de pollution automobile,
- Une évaluation du risque de dépasser les seuils réglementaires (directives européennes, décrets) ou sanitaires (recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé),
- Une cartographie des niveaux de benzène, de NO₂ et de PM10 sur le domaine d'études, en particulier sur les axes majeurs et les zones qui seront influencées par l'ouvrage,
- Fournir des niveaux de références permettant de caler quantitativement les travaux qui seront réalisés sur maquette (notamment le monoxyde de carbone),
- Une évaluation de la répartition altitudinale des concentrations de polluants à trois niveaux sur l'immeuble Le Concorde proche de la cheminée de ventilation Castigneau.

3. Présentation de l'étude

L'étude s'appuie sur la connaissance des éléments suivants :

- tracé du tunnel Nord,
- zones de têtes de tunnel et d'unités de ventilation (zones de concentration des polluants),
- Connaissance des trafics actuels et attendus sur les axes du domaine d'études.

3.1. Polluants pris en compte et moyens de mesures

Conformément au cahier des charges, les principaux polluants **indicateurs normalisés dans l'air ambiant** représentatifs de la circulation automobile, seront pris en compte dans les campagnes de mesures.

Les composés mesurés pour l'étude sont :

- 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).

3.1.1. 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.

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 cancérigène par l'OMS. Elle estime que le risque est de $6 \cdot 10^{-6}$ par $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition continue à vie².
- *Union Européenne (UE)* : La valeur limite annuelle européenne est de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (échéance 2010).
- *France* : Un objectif de qualité de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle a été fixé par un décret du 12 février 2002.

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.

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.

3.1.2. 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
- *PRQA³ 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 µg/m³/an.

3.1.3. 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 mg/m³
Valeur limite sur 8 heures : 10 mg/m³.

3.1.4 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).
- Décret du 15 février 2002
Objectif de qualité annuel : 30 µg/m³.

3.2. Moyens de mesures

Tableau récapitulatif des moyens de mesures utilisés pendant la campagne de mesures

<i>Polluant</i>	<i>Type de mesure</i>	<i>Pas de temps</i>	<i>Matériel</i>
<i>NOx (NO et NO₂)</i>	<i>Automatique</i>	<i>Quart horaire</i>	<i>AC31M Environnement SA NOx2000 SERES</i>
<i>CO</i>	<i>Automatique</i>	<i>Quart horaire</i>	<i>CO 11M Environnement SA</i>
<i>PM10</i>	<i>Automatique</i>	<i>Quart horaire</i>	<i>TEOM – R&P</i>
<i>NO₂</i>	<i>Différée</i>	<i>10 jours</i>	<i>Tubes à diffusion passive - Passam</i>
<i>BTX</i>	<i>Différée</i>	<i>10 jours</i>	<i>Tubes à diffusion passive - Radiello</i>

Les analyseurs sont installés dans des enceintes fermées et sécurisées : cabine, camion laboratoire, particuliers.

Airmarix a assuré le transport, l'installation des cabines et du matériel (analyseurs, tubes, station d'acquisition), l'étalonnage et la maintenance du matériel.

Les données relatives à la pollution soufrée (pollution caractéristique de l'industrie et des chauffages domestiques) et à la pollution (ozone) sont fournies par les stations permanentes du réseau de surveillance Airmarix (Cf bilan annuel d'Airmarix 2001).

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

- des mesures continues, avec des analyseurs automatiques sur sept sites (pas de temps **quart horaire**),
- des mesures réalisées à l'aide d'échantillonneurs passifs avec une analyse différée en laboratoire (pour la mesure du NO₂ et du benzène).

Tubes NO₂

L'absorbant utilisé est la TriEthanolAmine (TEA). Les tubes dits de Palmes (de marque 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.

Photographie des moyens de mesures engagés pendant la campagne

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



3.3. Stratégie d'échantillonnage

L'évaluation des niveaux en polluants automobiles s'appuie principalement sur **des sites trafic** (point de mesure à moins de 10 mètres de l'axe). Les niveaux de fond sont appréhendés à l'aide des stations urbaines permanentes du réseau Airmaraix (Toulon Chalucet, Toulon Arsenal, Toulon Lafayette) et par quelques points complémentaires.

La couverture spatiale restreinte des sites lourdement instrumentés sera complétée par des **échantillonneurs à diffusion passive**, afin de permettre une évaluation des niveaux sur l'ensemble du domaine d'étude.

Les sites équipés d'appareils automatiques sont doublés par des tubes, afin d'évaluer l'écart entre les deux méthodes de mesures.

3.4. Présentation des sites de mesures et périodes d'échantillonnage

Mesures automatiques

Nom du site	Site	Moyens	Paramètres mesurés	Période
Test Ouest	Tête de tunnel Ouest	Cabine Test 02	NOx, PM10, CO, BTX	22/01/02 au 22/02/02
Gamma bas	Ventilation « Castigneau » (3 points de mesures) le Concorde	Point bas : station temporaire	NOx, CO, BTX	23/01/02 au 13/02/02
Alpha		Point moyen : station temporaire	NOx, CO, BTX	23/01/02 au 01/03/02
Gamma haut		Point haut : station temporaire	NOx, CO, BTX	13/02/02 au 01/03/02
Mobrmx	Boulevard de Strasbourg	Camion Laboratoire	NOx, PM10, CO, BTX, O ₃ , SO ₂	23/01/02 au 06/04/2002
Bêta	Station Foch	Cabine Test02	NOx, PM10, CO, BTX	12/02/02 au 01/07 Permanente à terme
Test Est	Ventilation « Marchand »	Point bas : Cabine 1	NOx, PM10, CO, BTX	18/03/02 au 09/04/02
TOUA	Toulon Arsenal	local	NOx, SO ₂ , O ₃	Station permanente
TOUC	Toulon Chalucet	local	NOx; PM10, SO ₂	Station permanente
TOUL	Toulon Lafayette	local	NOx, PM10	Station permanente

Tubes à diffusion passive NO₂, BTX

Site	Moyens	Paramètres mesurés	Période
Tête de tunnel Ouest	A1, A2, A3, A4, A5	NO ₂	23/01/02 au 25/02/02
		BTX	
Ventilation « Castigneau »	A6, A7, A8, A9, A10	NO ₂	23/01/02 au 25/02/02
		BTX	
Ventilation « Marchand »	A11, A16, A17, A18, A19, A20	NO ₂	07/03/02 au 06/04/02
		BTX	
Tête de tunnel Est	A21, A22, A23, A24, A25	NO ₂	07/03/02 au 06/04/02
		BTX	
Boulevard de Strasbourg	A12, A13, A14, A15, A16	NO ₂	23/01/02 au 06/04/02
		BTX	

3.5. Nom et qualité des intervenants

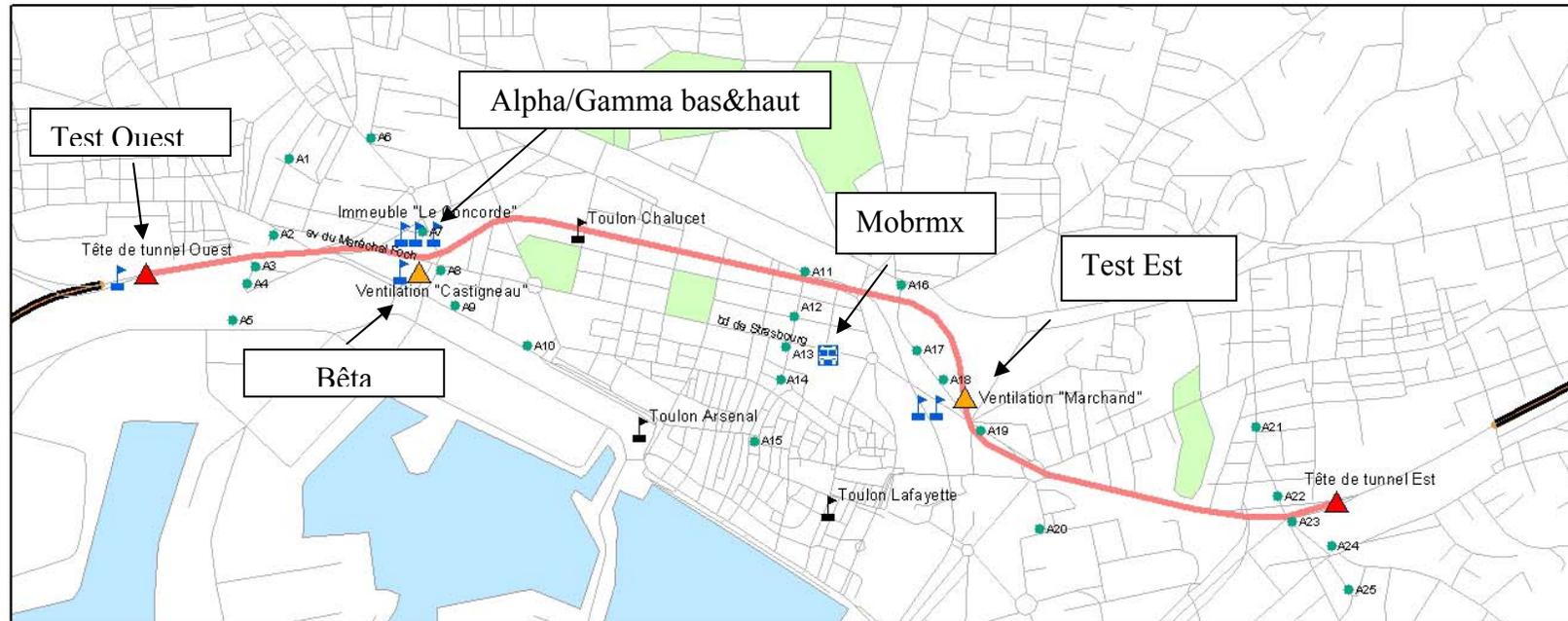
Personnel d'Airmaraix :

Dominique Robin	Coordination du projet
Jean-François Mauro	Chargé de Mission
Francis Levauzel	Responsable technique
Patrice Cristofani	Technicien supérieur

Sous-traitance et achat de données :

	Entreprise
Fourniture et analyse des tubes à diffusion passive BTX	Radiello
Fourniture et analyse des tubes à diffusion passive NO ₂	Passam
Fourniture de données météorologiques	Météo-France
Maintenance des analyseurs	CETE APAVE SUD
Pose et dépose des tubes	CE Services
Déplacement des cabines	Etablissement Borgna

Plan d'échantillonnage, tunnel de Toulon



Légende :

-  Tunnel_toulon
-  Sites fixes
-  Station temporaire
-  Labo mobile
-  Tête de tunnel
-  Unité de ventilation
-  Tubes_NO2_BTX

0 250 500 Mètres



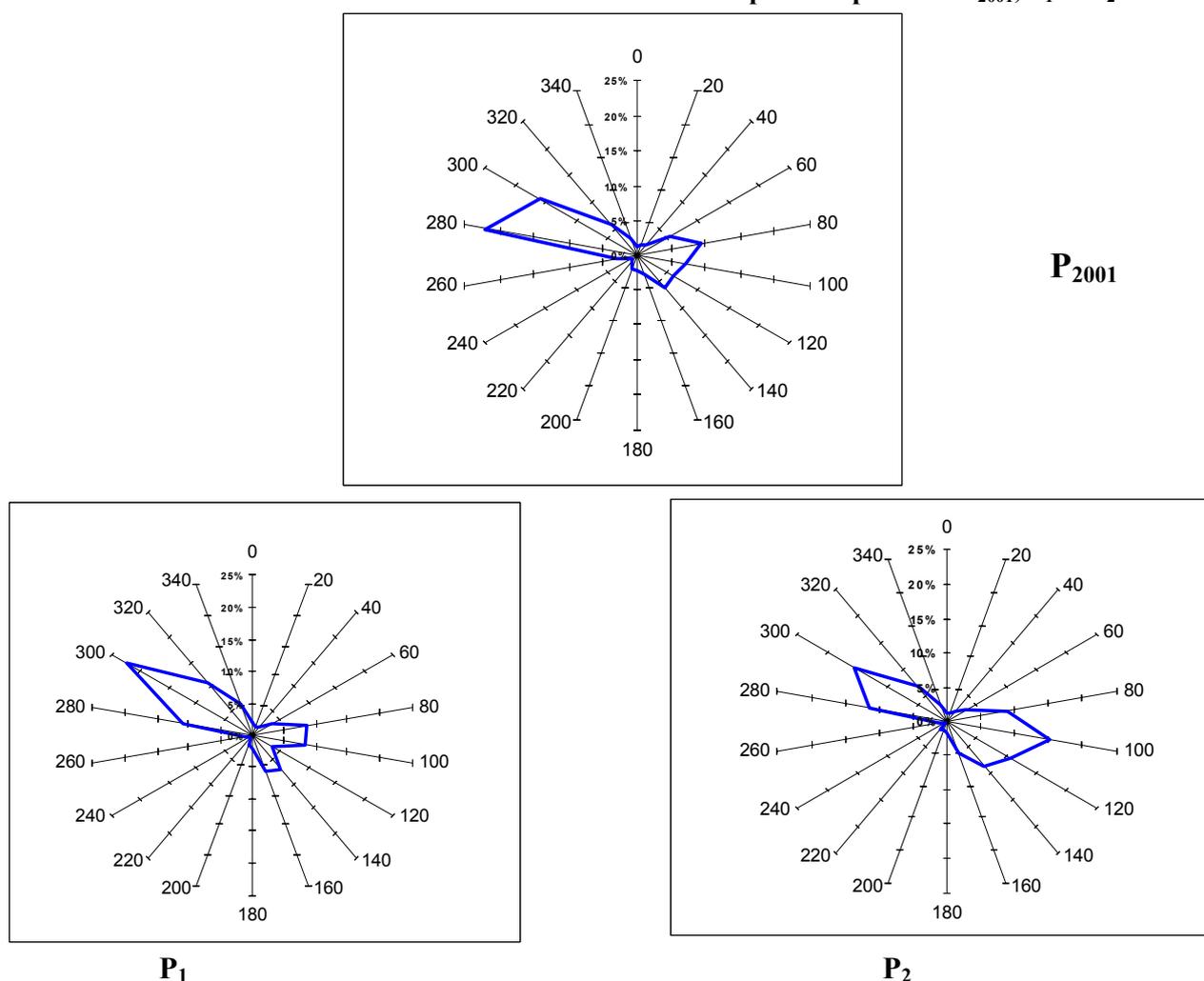
Chapitre II - Résultats

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. Les périodes de référence choisies sont P₂₀₀₁ (année 2001 complète) et P₂₀₀₂ correspondant à la période en 2002 à partir de laquelle le site Bêta a été installé (du 12/02 au 01/07). Ce travail donnera lieu à une cartographie des niveaux, sur le domaine d'étude pour le NO₂, les PM₁₀ et le benzène. Ensuite, nous évaluerons les niveaux de pointes.

1. Conditions météorologiques des périodes de mesure

L'étude des conditions météorologiques vise à comparer les périodes de mesures temporaires des tubes à diffusion passive (P₁ du 23/01 au 25/02/2002 ; P₂ du 7/03 au 06/04/2002) avec la période annuelle 2001 (P₂₀₀₁).

Roses des vents sur la station Météo France La Mitre de Toulon pour les périodes P₂₀₀₁, P₁ et P₂



La rose des vents de la période P₁ est assez proche de celle représentative de l'année 2001 :

- grande fréquence de flux de Nord Ouest (300°)
- moindre fréquence pour les flux de Sud Est (100°/120°)

La période P₂ présente un flux Sud Est nettement plus prononcé et inversement pour le flux de Nord Ouest. Les flux d'Est correspondent généralement à des régimes perturbés favorables à la dispersion des polluants (nuages, vent).

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

En %	P ₂₀₀₁	P ₁	P ₂
Vent nul	3.3	3.5	3.8
Vent faible (de 1 à 4 m/s)	13.0	13.2	13.1
Vent modéré (de 4 à 8 m/s)	37.5	38.0	34.0
Vent fort (supérieur à 8 m/s)	46.2	45.4	49.1

L'analyse des fréquences de vitesse de vent indique également une grande proximité climatologique entre les périodes P₁ et P₂₀₀₁. La période P₂ est également relativement proche de P₂₀₀₁. Elle est néanmoins légèrement plus dispersive (49 % de vents forts contre respectivement 46 et 45 % pour P₂₀₀₁ et P₁).

2. Evaluation des niveaux annuels pour les sites temporaires équipés d'analyseurs automatiques (Mobrmx, Test Ouest, Test Est, Gamma bas, Gamma haut, Alpha)

L'estimation de la moyenne annuelle à partir des mesures temporaires est réalisée en deux 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 (Toulon Chalucet, Toulon Arsenal, Toulon Lafayette). Le 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 et P₂₀₀₂.** Il s'agit, sur les stations prises comme référence, d'évaluer la représentativité de la période par rapport à celle de référence.

$$R^{P_1/P_{2001}} = P_1 \text{ période de mesure temporaire} / P_{2001} \text{ moyenne des huit mois de l'année}$$

Cette évaluation sera réalisée pour deux périodes :

- P₂₀₀₁ : du 1^{er} janvier au 31 décembre 2001
- P₂₀₀₂ : du 12 février au 1^{er} juillet 2002, correspondant aux mesures réalisées par Bêta.

3. Evaluation des niveaux pour P₂₀₀₁ et P₂₀₀₂ sur les sites temporaires équipés d'analyseurs automatiques

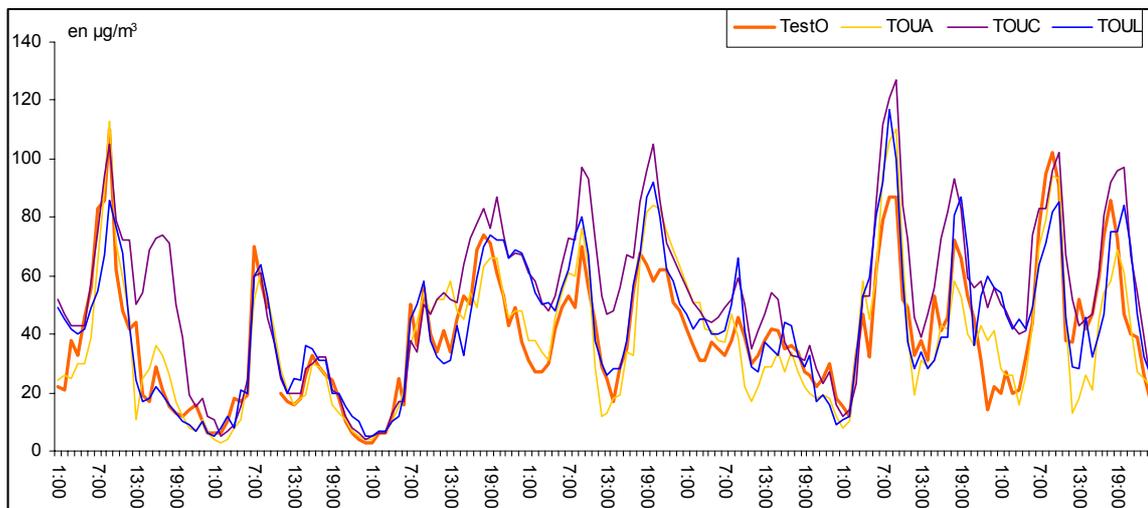
3.1. site " Test Ouest" ou TESTO : tête de tunnel Ouest

Période d'échantillonnage P_{TestO} : du 22 janvier au 21 février 2002

Evaluation du lien entre TESTO et les sites permanents

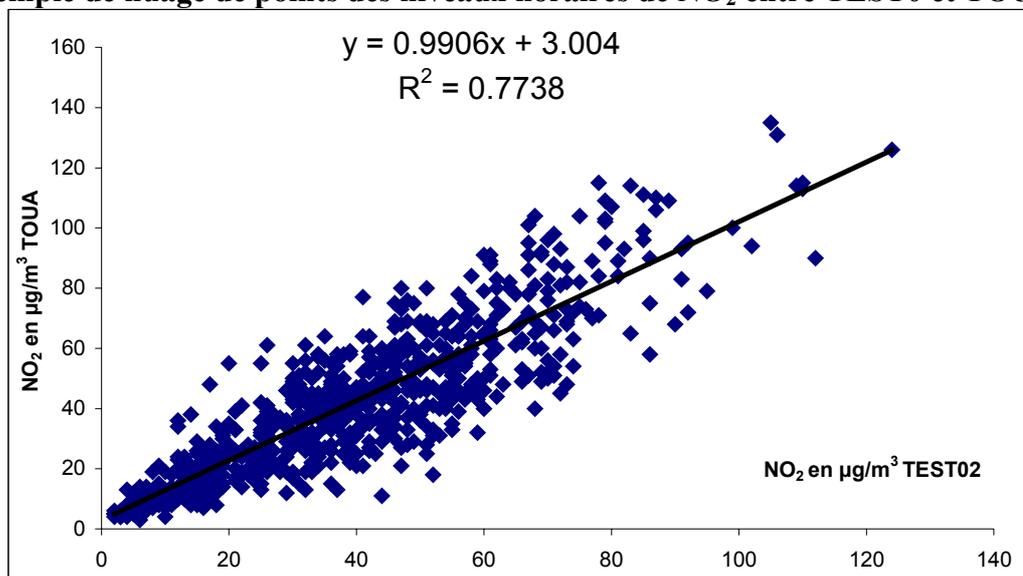
Les évolutions horaires des niveaux de NO₂ et de PM10 des stations sont généralement bien liées à l'échelle d'une agglomération (corrélation linéaire). L'exemple ci dessous illustre pour le site Test Ouest, à la sortie du tunnel à l'Ouest, le lien pour le NO₂ entre ce site temporaire et les stations permanentes du réseau fixes, parfois implantées à plus de 1 km.

Exemple d'évolution des niveaux horaires de NO₂ du 23/01 au 30/01/2002 sur le site Test Ouest et les stations permanentes du réseau toulonnais



Les coefficients linaires R entre les données horaires enregistrées à Test Ouest et celles des stations permanentes (Toulon Chalucet « TOUA », Toulon Arsenal « TOUA ») sont respectivement de 0.85 et 0.88. (cf. tableau ci-après). Ce point indique que les profils horaires de ces composés sont comparables dans le temps. Cette relation permet d'effectuer une extrapolation temporelle des niveaux en se référant au comportement des sites fixes.

Exemple de nuage de points des niveaux horaires de NO₂ entre TESTO et TOUA



Estimation des concentrations de NO₂ pour P₂₀₀₁ et P₂₀₀₂

	P _{TestO}	P ₂₀₀₁	P _{TestO/P₂₀₀₁}	P ₂₀₀₂	P _{testO/P₂₀₀₂}	Coef. de corrélation linéaire (R) entre Test0 et les stations fixes
TESTO	39	34*	/	33*	/	/
TOUC	47	43	1.09	38	1.24	0,85
TOUA	41	35	1.17	31	1.32	0,88
TOUL	42	/	/	35	1.20	/
Beta	51	/	/	50	1.02	/
		rapport moyen	1.13	rapport moyen	1.19	<i>*estimé</i> en µg/m ³

Dans cet exemple, le rapport de la période sur l'année 2001 est de 1.13 en moyenne; les teneurs de NO₂ sont donc **minorées de 13 %** pour estimer la moyenne annuelle 2001.

Estimation des moyennes des PM10 pour P₂₀₀₁ et P₂₀₀₂

	P _{TestO}	P ₂₀₀₁	P _{TestO/P₂₀₀₁}	P ₂₀₀₂	P _{testO/P₂₀₀₂}	Coef de corrélation linéaire (R) entre TEST0 et les stations fixes
TESTO	34	34*	/	34*	/	/
TOUC	28	28	1.0	28	1.00	0,85
TOUL	29	29*	/	29	1.00	/
Beta	37	/	/	36	0.97	/
		Rapport moyen	1.0	Rapport moyen	0.99	en µg/m ³

Estimation des niveaux de CO de P₂₀₀₂ (du 12/02 au 1/07/2002)

CO	P _{testO}	P ₂₀₀₂	P _{testO/P₂₀₀₂}	Coef. de corrélation linéaire (R) entre TestO et Bêta
Beta	1.1	0.8	1.38	/
Test Ouest	0.8	0.6*	/	0.65
	en mg/m ³		1.38	/

Tableau récapitulatif site Test Ouest

polluants	P ₂₀₀₁	P ₂₀₀₂ du 12/02 au 01/07	valeur de référence
NO₂	34 µg/m ³	33 µg/m ³	40 µg/m ³
PM10	34 µg/m ³	34 µg/m ³	30 µg/m ³ 40 µg/m ³
CO	/	0.6 mg/m ³	/

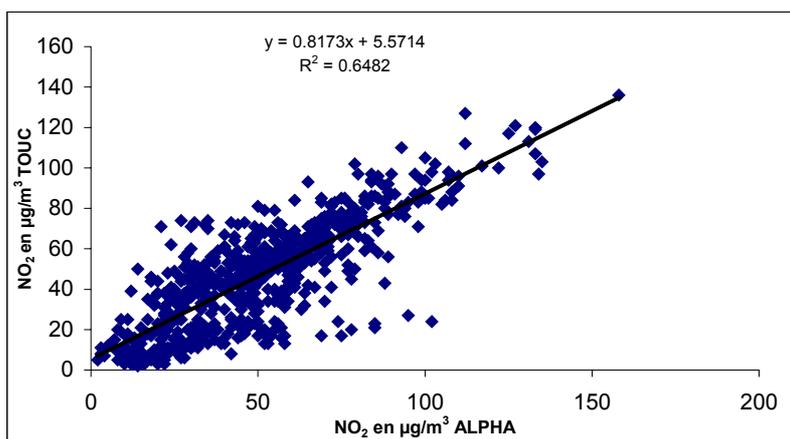
3.2. Site "Alpha" dans la station temporaire du bâtiment le Concorde point moyen (10^{ème} étage)

Période d'échantillonnage P_{Alpha} : 23 janvier au 1^{er} mars 2002

Estimation des niveaux de NO₂ pour P_{2001} et P_{2002}

	P_{Alpha}	P_{2001}	P_{Alpha}/P_{2001}	P_{2002}	P_{Alpha}/P_{2002}	Coeff. de corrélation linéaire (R) entre Alpha et les stations fixes
Alpha	51	46*	/	41*	/	/
TOUC	46	43	1.14	38	1.21	0,81
TOUA	40	35	1.07	31	1.29	0,86
TOUL	41	37*	/	35	1.25	/
Beta	46	/	/	50	1.25	/
		rapport moyen	1.11	rapport moyen	1.23	*estimé - en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Exemple de nuage de points des niveaux horaires de NO₂ entre ALPHA et TOUC



Sur cet exemple, le coefficient de corrélation linéaire R est de 0.81.

Estimation des niveaux de CO de P_{2002} (du 12/02 au 1/07/2002)

Sur P_{Alpha} , seule la période du 1^{er} au 10 février est exploitable pour le CO.

CO	P_{Alpha}^*	P_{2002}	P_{Alpha}/P_{2002}	Coeff. de corrélation linéaire (R) entre Alpha et Bêta
Bêta	1.21	0.8	1.51	/
Alpha	1.11	0.7*	/	0.90
	Rapport moyen		1.51	en mg/m^3

Cette évaluation montre que les niveaux de CO enregistrés sur le site Alpha au 10^{ème} étage du Concorde sont une dizaine de pourcents inférieurs à ceux relevés au pied de l'immeuble.

Tableau récapitulatif - Alpha

polluants	P_{2001}	P_{2002}	valeur de référence
NO ₂	46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
CO	/	0.7 mg/m^3	/

3.3. site "Gamma" dans le bâtiment le Concorde point bas et haut

Période d'échantillonnage de Gamma :

- Gamma bas $P_{\text{Gamma bas}}$: du 23/01 au 13/02/2002
- Gamma haut $P_{\text{Gamma haut}}$: du 13/02 au 01/03/2002

Evaluation du lien entre bêta (pied de la cheminée Castigneau) et le site Gamma bas (rez-de-chaussée du Concorde)

Les sites Bêta et Gamma bas étaient situés à environ 100 mètres. Ils sont représentatifs des niveaux de proximité automobile sur l'avenue du Maréchal Foch dans le secteur de la cheminée de ventilation Castigneau.

Les NO_x et le CO ne sont pas comparés strictement sur les mêmes périodes, car l'analyseur de NO_x de bêta a été déficient.

Tableau comparatif des niveaux relevés sur les sites Bêta et Gamma bas

	CO en mg/m ³ Du 01/02 au 10/02		NO en µg/m ³ Du 12 au 13/02/2002		NO ₂ en µg/m ³ Du 12 au 13/02/2002	
	Moyenne	Coef de corrélation linéaire par rapport à Bêta	Moyenne	Coef de corrélation linéaire par rapport à Bêta	Moyenne	Coef de corrélation linéaire par rapport à Bêta
Bêta (Castigneau)	1.2	1	113	1	70	1
Gamma bas (rez de chaussée)	1.1	0.92	94	0.95	73	0.90
Alpha (10 ^{ème} étage)	1.1	0.90	77	0.97	67	0.83

La moyenne de CO relevée du 23/01 au 13/02 sur le site Gamma bas est de 1.0 mg/m³. Pour faciliter la comparaison et caractériser les différences entre les trois niveaux du Concorde, nous ne prendrons en compte que la moyenne des niveaux allant du 02/02 au 12/02, soit 1.1 mg/m³ pour Gamma bas. La comparaison des niveaux de CO, NO et NO₂ montre un lien fort entre les sites proches de l'Avenue Foch et des teneurs comparables. Nous utiliserons, par conséquent, Bêta pour évaluer la répartition des teneurs sur les trois niveaux du Concorde (point bas, médian et haut).

Evolution des niveaux de CO du 01/02 au 10/02/2002

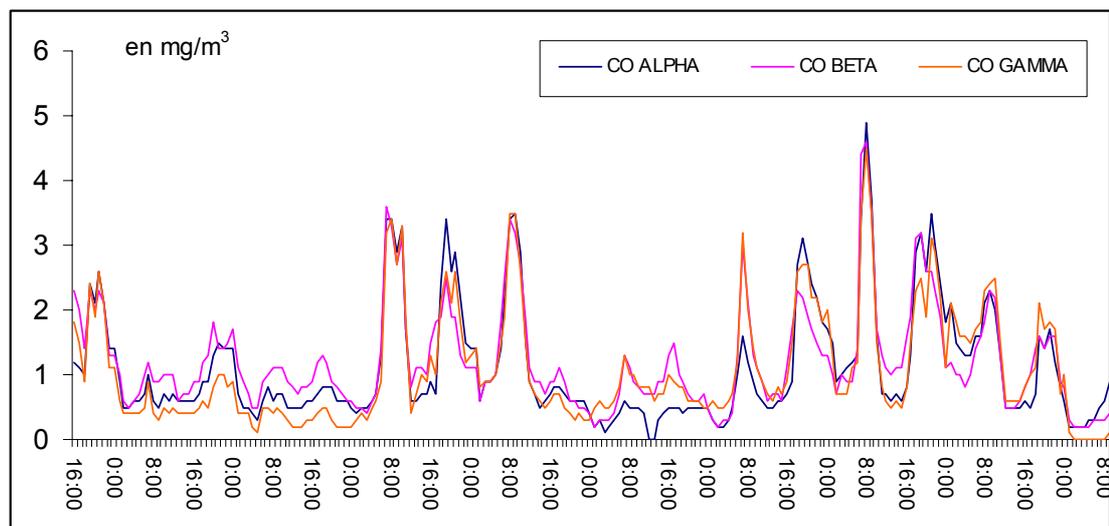


Tableau comparatif des niveaux relevés sur les sites Bêta, Alpha et Gamma haut

	CO en mg/m ³ Du 13/02 au 01/03		NO en µg/m ³ Du 13/02 au 01/03		NO ₂ en µg/m ³ Du 13/02 au 01/03	
	Moyenne	Coefficient de corrélation linéaire par rapport à Bêta	Moyenne	Coefficient de corrélation linéaire par rapport à Bêta	Moyenne	Coefficient de corrélation linéaire par rapport à Bêta
Bêta (Castigneau)	0.9	1	59	1	51	1
Alpha (10 ^{ème} étage)	*	*	27	0.88	50	0.9
Gamma haut (18 ^{ème} étage)	0.4	0.62	16	0.80	50	0.85

**analyseur déficient*

On observe une diminution significative des niveaux pour CO et NO entre le rez-de-chaussée et les deux étages du Concorde :

- Niveaux de CO divisés **par 2.3** entre le point bas et le 18^{ème} étage
- Niveau de NO respectivement divisés par **2.2 et 3.7** entre le point bas, le point médian et le point haut.

Concernant les niveaux de NO₂, cette décroissance n'est pas vérifiée, autour de 50 µg/m³ sur l'ensemble des sites pour la période. Ce point s'explique par le fait que le NO₂ est un composé secondaire. Il est le fruit de la réaction suivante :



Cette réaction chimique entraîne l'oxydation de NO dans l'atmosphère en quelques dizaines de secondes, en fonction des paramètres du système, que sont principalement la température et la charge en oxydants.

En situation proche du trafic, cette réaction est limitée par la charge en oxydants de l'atmosphère (plus grande quantité de NO que d'oxydants). Ainsi, lorsque l'on s'éloigne du point source, l'avenue Foch dans le cas présent, deux processus sont en compétition :

- D'une part la dilution de l'effluent, traduite par la baisse du CO,
- D'une part l'oxydation de NO en NO₂.

La baisse d'un facteur 4 des niveaux de NO résulte à la fois de la dilution et de son oxydation en NO₂.

Le fait d'observer des niveaux de NO₂ comparables entre le bas et le haut du Concorde indique que la réaction est limitée par la charge en oxydants sur l'ensemble de la colonne aux périodes de mesures considérées (toujours en situation d'excès de NO).

En été, il est possible que la charge en oxydants ne soit plus limitante pour les étages élevés (formation d'ozone et de radicaux liée aux processus photochimiques).

3.4. Site " Bêta " : au pied de la cheminée de ventilation Castigneau

Période d'échantillonnage P_{Beta} : du 12 février au 1^{er} juillet 2002

Rappel : $P_{beta} = P_{2002}$.

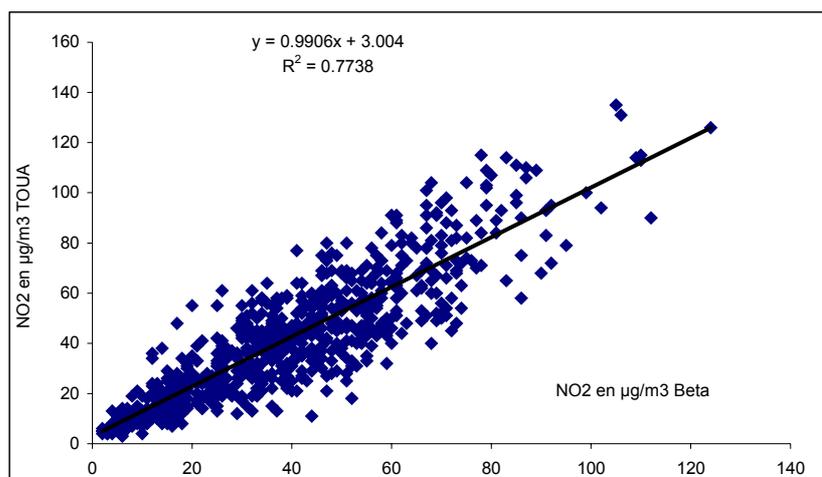
Ce site trafic sera pérennisé.

Estimation des concentrations en NO₂ sur P_{2001} et P_{2002}

	P_{Beta}	P_{2001}	P_{Beta}/P_{2001}	P_{2002}	Coef de corrélation linéaire (R) entre Beta et les stations fixes
BETA	50	57*	/	50	/
TOUA	31	35	0.89	38	0.77
TOUC	38	43	0.88	31	0.83
TOUL	/	/	/	35	/
		Rapport moyen	0.88		*estimé en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Les niveaux fournis pour P_{2002} ne résultent pas d'une évaluation, mais d'une mesure contrairement aux autres sites temporaires. Bêta est ensuite utilisée comme référence pour l'estimation de P_{2002} sur les autres sites de mesures temporaires, notamment pour le CO.

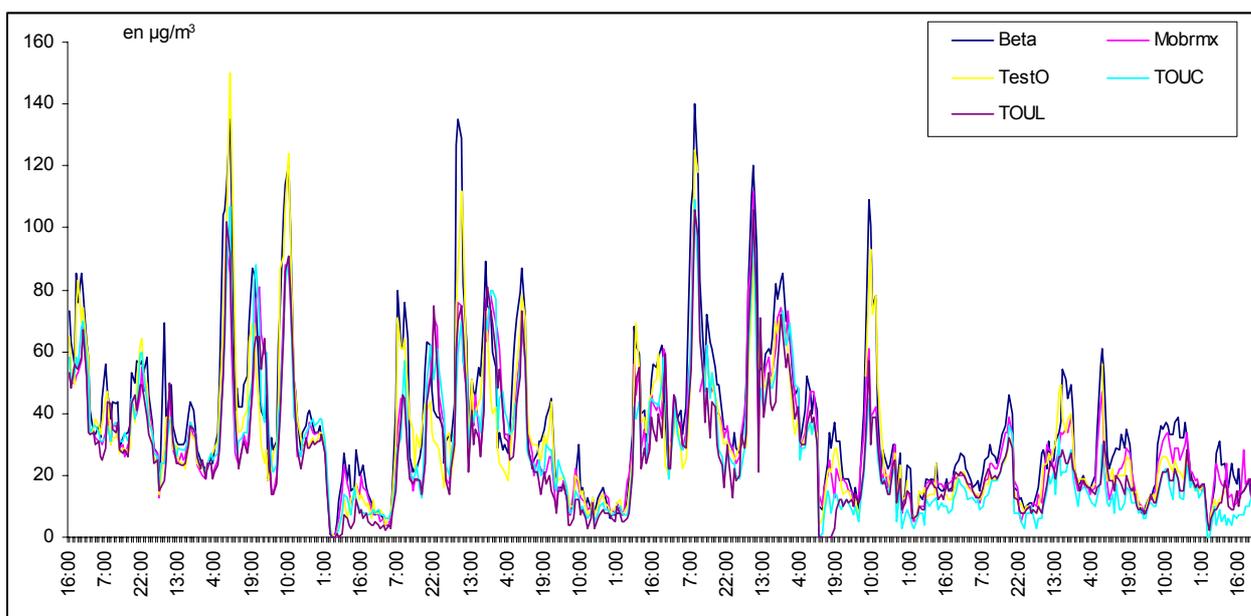
Nuage de points des niveaux horaires de NO₂ entre BETA et TOUA



Estimation des PM10 sur P_{2001} et P_{2002}

	P_{Beta}	P_{2001}	P_{beta}/P_{2001}	P_{2002} du 12/02 au 01/07	Coeff. de corrélation linéaire (R) entre Beta et les stations fixes
BETA	37	37*	/	37	/
TOUC	28	28	1	28	0.79
TOUL	29	29	/	29	/
		rapport moyen:	1		*estimé en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Exemple d'évolution des niveaux de PM10 sur différentes stations du 1^{er} au 22 février 2002



Ce graphe illustre le lien entre les niveaux de PM10 à l'échelle de l'agglomération toulonnaise ($R = 0.79$ entre Beta et Toulon Chalucet).

Niveau de CO du 12/02 au 01/07/2002 - P_{beta}

	P_{Beta}
BETA	0.8 mg/m ³

Tableau récapitulatif - Beta

polluants	P2001	$P_{\text{beta}} = P_{2002}$	valeur de référence annuelle
NO ₂	57 µg/m ³	50 µg/m ³	40 µg/m ³
PM10	37 µg/m ³	37 µg/m ³	40 µg/m ³
CO	/	0.8 mg/m ³	/

Evaluation des teneurs annuelles sur Beta, Gamma bas, Alpha, Gamma haut

Compte tenu du résultat précédent, le niveau de NO₂ évalué sur Bêta est étendu au point Gamma bas. Les niveaux estimés sur le point Alpha sont transposés au point Gamma haut, soit 46 µg/m³ pour l'année 2001 et 41 µg/m³ pour P₂₀₀₂.

Concernant le CO, si l'on se réfère aux écarts précédemment constatés les niveaux de Gamma haut sont 44 % inférieurs en moyenne à ceux de Bêta. La teneur de CO sur le site de Gamma haut peut donc être estimé à 0.4 mg/m³ sur P₂₀₀₂.

Tableau récapitulatif des niveaux évalués sur les trois niveaux du Concorde

polluants	P ₂₀₀₁	P ₂₀₀₂	valeur de référence
NO ₂ Gamma bas	57	50	40 µg/m ³
NO ₂ Bêta	57	50	40 µg/m ³
NO ₂ Alpha	46	41	40 µg/m ³
NO ₂ Gamma haut	46	41	40 µg/m ³
CO Gamma bas	/	0.8	/
CO Bêta	/	0.8	/
CO Alpha	/	0.7	/
CO Gamma haut	/	0.4	/

Photographie de l'immeuble le Concorde



Gamma haut (18^{ème} étage)

Alpha (10^{ème} étage)

Gamma bas/Beta : point bas

3.5. Site "Mobrmx" (camion/laboratoire) situé sur le boulevard de Strasbourg (Collège Peirec)

Période d'échantillonnage P_{mobrmx} : du 23/01 au 01/04/2002

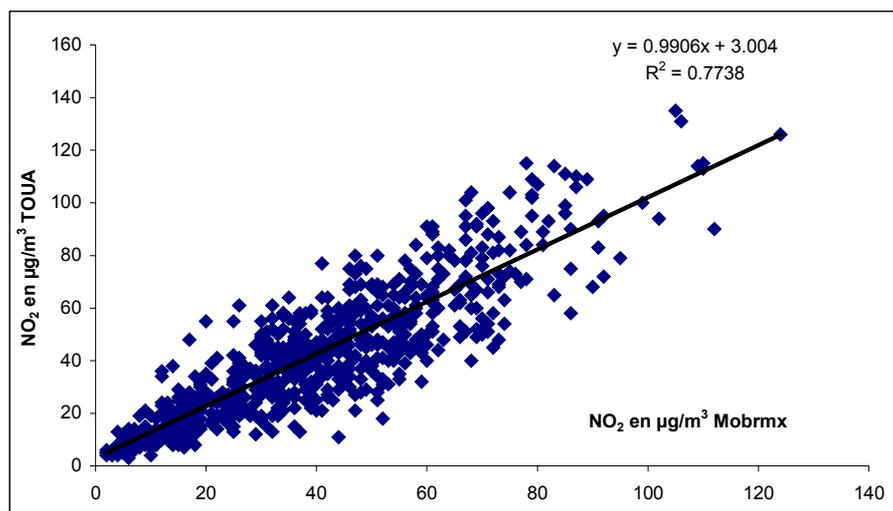
Estimation des concentrations en NO_2 sur P_{2001} et P_{2002}

	P_{Mobrmx}	P_{2001}	$P_{\text{Mobrmx}}/P_{2001}$	P_{2002}	$P_{2002}/P_{\text{Mobrmx}}$	Coeff. De corrélation linéaire (R) entre Mobrmx et les stations fixes
Mobrmx	55	51*	/	47*	/	/
TOUC	45	44	1.11	38	1.18	0,78
TOUA	39	37	1.05	31	1.26	0,76
TOUL	43	40*	/	35	1.23	/
BETA	50	46*	/	50	1.00	/
		rapport moyen	1.08	rapport moyen	1.17	*estimé en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Estimation des moyennes des PM_{10} sur P_{2001} et P_{2002}

	P_{Mobrmx}	P_{2001}	$P_{\text{Mobrmx}}/P_{2001}$	P_{2002}	$P_{\text{Mobrmx}}/P_{2002}$	Coeff. De corrélation linéaire (R) entre Mobrmx et les stations fixes
Mobrmx	31	30*	/	31*	/	/
TOUC	29	28	1,04	28	1.04	0,9
TouL	29	28*	/	29	1.00	/
Béta	36	35*	/	37	0.97	/
		rapport moyen:	1,04	rapport moyen	1.00	* estimé en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Exemple de nuage de points des niveaux horaires de PM10 entre Mobrmtx et TOUA



Estimation des niveaux de CO du 12/02 au 1/07/2002 – P₂₀₀₂

CO	P _{mobrmtx}	P ₂₀₀₂	P _{mobrmtx} /P ₂₀₀₂	Coeff. de corrélation linéaire (R) entre Mobrmtx et Bêta
Beta	0.9	0.8	1.13	/
Mob RMx	0.9	0.8*	/	0.7
			1.13	en mg/m ³

*estimé

Tableau récapitulatif – Mobrmtx

polluants	P ₂₀₀₁	P ₂₀₀₂	valeur de référence annuelle
NO ₂	51 µg/m ³	47 µg/m ³	40 µg/m ³
PM10	30 µg/m ³	31 µg/m ³	40 µg/m ³
CO	/	0.8 mg/m ³	/

Le niveau de NO₂ dépasse la valeur limite européenne de 40 µg/m³ sur ce site. Les niveaux de PM10 sont proches de l'objectif de qualité français et respectent vraisemblablement la directive européenne de 40 µg/m³.

3.6. Site « Test Est » : près de la cheminée de ventilation Commandant Marchand

Période d'échantillonnage P_{TestE} : du 18/03 au 09/04/2002

Estimation des concentrations en NO_2 sur P_{2001} et P_{2002}

	$P_{Test\ Est}$	P_{2001}	P_{Test02}/P_{2001}	P_{2002}	P_{2002}/P_{TestE}	Coeff. De corrélation linéaire (R) Entre Test Est et les stations fixes
Test Est	29	32*	/	27*	/	/
TOUC	41	43	0.95	38	1.08	0.81
TOUA	30	35	0.86	31	0.96	0.71
TOUL	43	/	/	35	1.23	0.73
BETA	48	/	/	50	0.96	0.80
		rapport moyen	0.91	rapport moyen	1.06	<i>*estimé en $\mu g/m^3$</i>

Estimation des moyennes de PM_{10} sur P_{2001} et P_{2002}

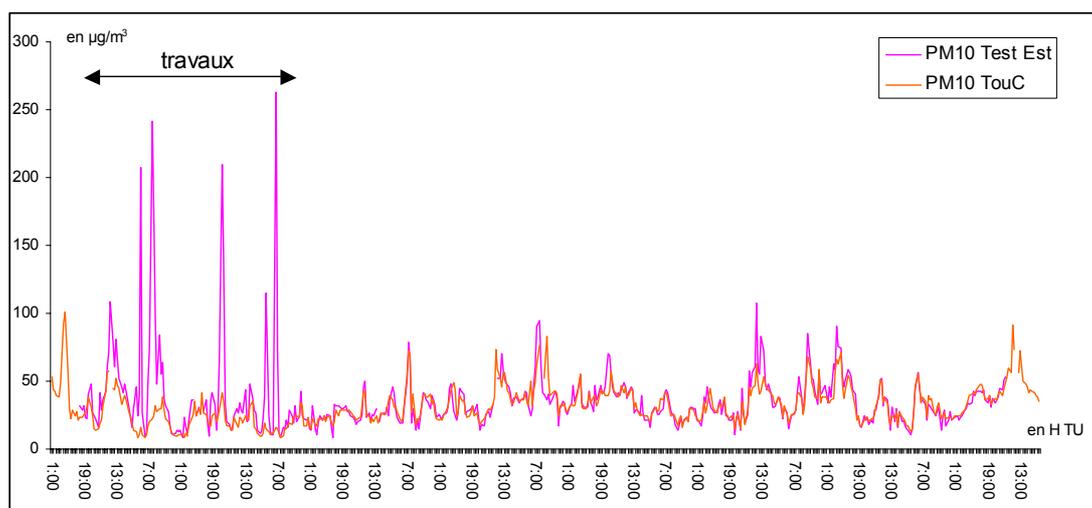
	$P_{Test02Est}$	P_{2001}	P_{TestE}/P_{2001}	P_{2002}	P_{2002}/P_{TestE}	Coeff. De corrélation linéaire (R) entre Test Est et les stations fixes
Test02 Est	34	29*	/	33*	/	/
TOUC	33	28	1.18	32	1.03	0.87
Toul	33	28*	/	32	1.03	/
Beta	37	31*	/	36	1.03	/
		rapport moyen	1.18	rapport moyen	1.03	<i>*estimé en $\mu g/m^3$</i>

Les niveaux de PM_{10} mesurés pendant la première semaine de campagne sur le site Test Est (Commandant Marchand) indiquent des pics brefs et intenses, non enregistrés sur le site de Chalucet. Ces pics semblent correspondre aux travaux relatifs à la construction de la cheminée de ventilation Marchand qui se sont terminés au terme de la première semaine de mesure.

Après ces travaux, la corrélation linéaire entre Test Est et Toulon Chalucet montre un lien très étroit entre ces deux sites ($R= 0.87$), alors qu'il est de **0.39** du 18 mars au 09 avril 2002.

L'évolution horaire sur cette période présentée ci-après permet de mettre en évidence deux périodes bien distinctes : du 18 au 23 mars et du 24 au 9 avril.

Graphique des niveaux de PM10 relevés sur les sites Test Est et Touc du 18 mars au 9 avril 2002



Estimation des niveaux de CO de P2002 (du 12/02 au 1/07/2002)

CO	P _{testeE}	P ₂₀₀₂	P _{testeE} /P ₂₀₀₂	Coeff. de corrélation linéaire (R) entre Test E et Bêta
Beta	0.7	0.8	0.88	/
Test Est	0.6	0.7*	/	0.68
			0.88	*estimé en mg/m ³

Tableau récapitulatif – Test Est

polluants	P ₂₀₀₁	P ₂₀₀₂	valeur de référence annuelle
NO ₂	32 µg/m ³	27 µg/m ³	40 µg/m ³
PM10	29 µg/m ³	33 µg/m ³	40 µg/m ³
CO	/	0.7 mg/m ³	/

3.7. Synthèse des résultats

Evaluation des teneurs en NO₂ exprimées en µg/m³

En µg/m ³	Typologie	Période de mesure	Niveau mesuré	P ₂₀₀₁	P ₂₀₀₂
Mob RMX	T	21/01 au 01/04	55	51*	47*
33Test Ouest	T	22/01 au 21/02	39	34*	33*
Bêta	T	12/02 au 01/07	50	57*	50
Alpha	T	23/01 au 01/03	51	46*	41*
Gamma bas	O	23/01 au 13/02	73	57*	50*
Gamma haut	O	13/02 au 01/03	50	46*	41*
Test Est	U	18/03 au 09/04	29	32*	27*
Chalucet	U	permanente	/	43	38
Lafayette	U	permanente	/	/	35
Arsenal	U	permanente	/	35	31

*estimée

T : trafic ; U : Urbaine ; O : observation

Evaluation des teneurs en PM10 exprimées en µg/m³

En µg/m ³	Type de site	Période de mesure	Niveau mesuré	P ₂₀₀₁	P ₂₀₀₂
Mob RMX	T	21/01 au 01/04	31	30*	31*
Test Ouest	T	22/01 au 21/02	34	34*	34*
Bêta	T	12/02 au 01/07	37	37*	37*
Test Est	U	24/03 au 09/04	34	29*	33*
Chalucet	U	permanente	/	28	28
Lafayette	U	permanente	/	28-29	29

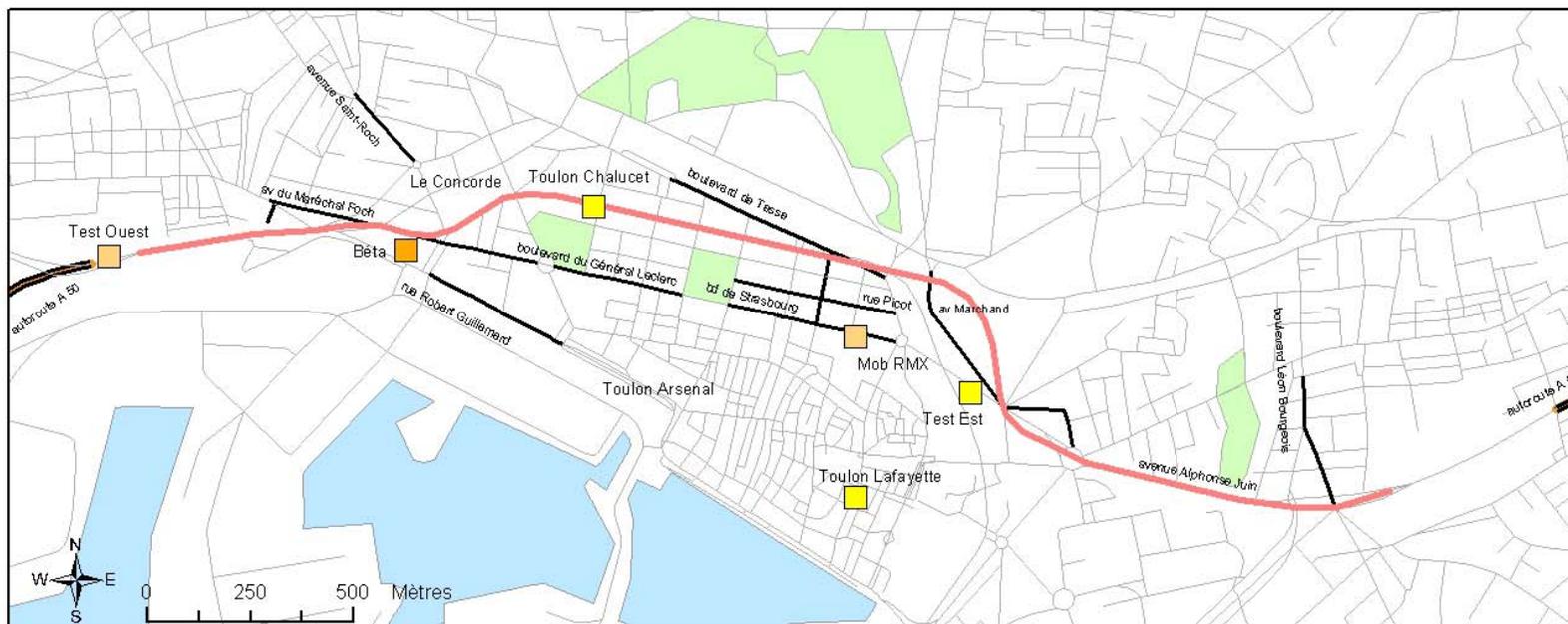
*estimé

Evaluation des teneurs de CO exprimées en mg/m³

En mg/m ³	Type de site	Période de mesure	Niveau mesuré	P ₂₀₀₂
Mob RMX	T	21/01 au 01/04	0.9	0.8*
Test Ouest	T	22/01 au 21/02	0.8	0.6*
Bêta	T	12/02 au 01/07	0.8	0.8
Gamma bas	O	21/01 au 12/02	1.0	0.8*
Alpha	O	02/02 au 12/02	1.1	0.7*
Gamma haut	O	13/02 au 01/03	0.4	0.4
Test Est	U	19/03 au 09/04	0.6	0.7

*estimé

Cartographie des niveaux de PM10 estimés sur P2001 - tracé du tunnel (jonction A50-A57) à Toulon



Légende

— Tunnel_toulon

PM10

■ 0 - 25

■ 26 - 29

■ 30 - 34

■ 35 - 39

■ 40 et plus

Niveaux de PM10 exprimés en µg/m³



© AIRMARAIX - 2002

4. 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.

4.1. Validation des données

La méthode de validation est décrite en annexe II.

4.2. Ecart tube/analyseur automatique

Les sites de mesures automatiques sont pris comme référence pour évaluer l'écart entre les niveaux recueillis par les tubes et ceux donnés par les analyseurs.

4.2.1. Période P1 du 23/01 au 25/02/2002

Nous utiliserons le doublage de deux sites (Alpha – Concorde) et Test Ouest (France Telecom) pour évaluer le coefficient à apporter aux valeurs fournies par les tubes.

Tableau récapitulatif des rapports T/A relevés pendant la période P1

	Tournée 1	Tournée 2	Tournée 3
R T_{A4}/A_{Test02}	1.29	1.30	1.23
R T_{A7}/A_{Alpha}	1.31	1.28	1.03
R T/A_{moyen}	1.30	1.29	1.13

Le coefficient par période T/A utilisé pour corriger les valeur des tubes sera le coefficient moyen par tournée, respectivement 1.30, 1.29, 1.13.

4.2.2. Période P2 du 7/03 au 06/04/2002

Aucun site de mesures équipé d'analyseurs n'a été doublé pendant la période P2. Nous utiliserons une relation entre le rapport T_{A13}/A_{mobrnx} et R T/A moyen de la première période P1.

Tableau récapitulatif des rapports T/A relevés pendant la période P2

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
R1 = T _{A13} /A _{Mobrnx}	1.66	1.82	1.63	1.67	1.79	1.57
R T/A moyen	1.30	1.29	1.13	<i>1.22*</i>	<i>1.30*</i>	<i>1.14*</i>
R = R1/R2	1.27	1.40	1.44	<i>1.37</i>	<i>1.37</i>	<i>1.37</i>

**estimé*

Le coefficient de correction est obtenu en divisant le rapport R1 par la moyenne des rapports T/A de la période P1.

Graphe montrant le lien entre les rapports T/A moyen de P1 avec le rapport T_{A13}/A_{Mobrnx}

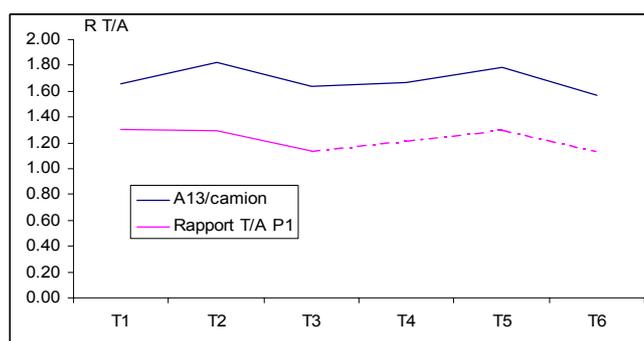


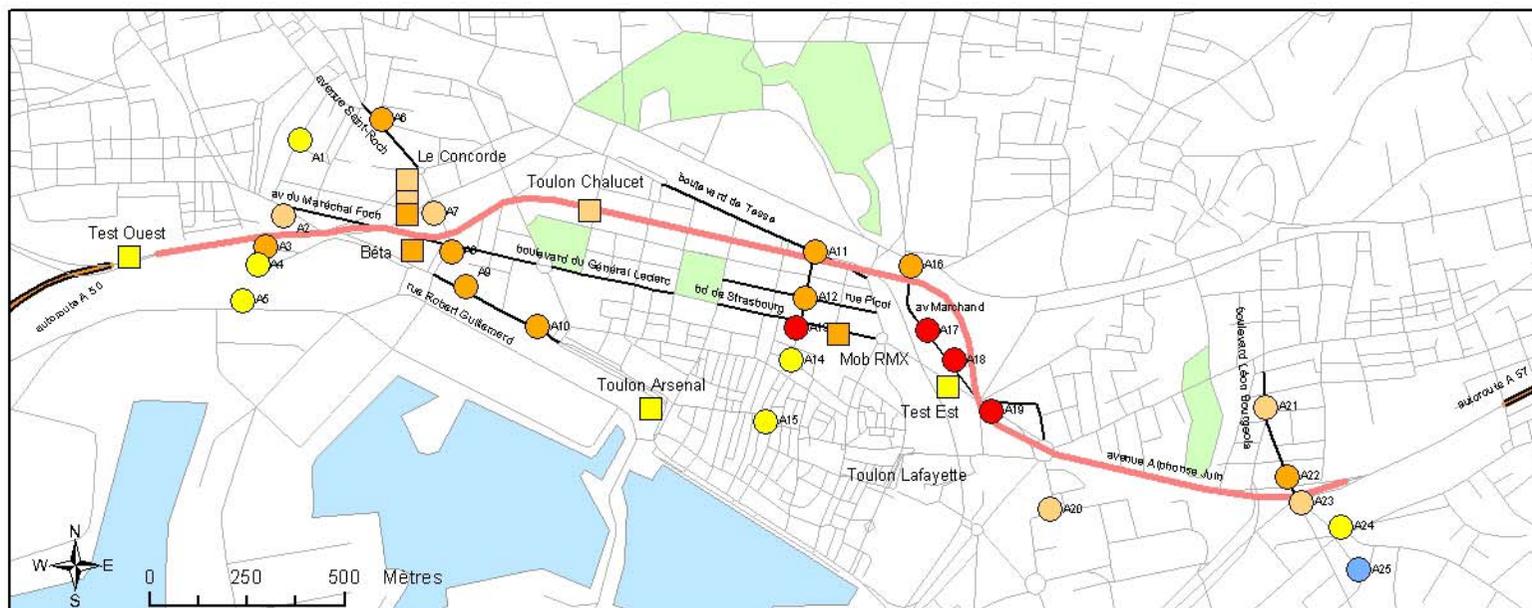
TABLEAU RECAPITULATIF DES NIVEAUX DE NO₂ ANNUELS ESTIMES (CF ANNEXE III)

	P2001 estimé à partir de P1	P2001 estimé à partir de P2	moyenne 2001 estimée	+ 30 %	-30 %	
Test Ouest	A1	36	/	36	46	27
	A2	48	/	48	62	37
	A3	53	/	53	69	41
	A4	35	/	35	46	27
	A5	34	/	34	45	26
Alpha	A6	52	/	52	68	40
	A7	45	/	45	59	35
	A8	54	/	54	70	42
	A9	53	/	53	69	41
	A10	55	/	55	71	42
	A11	51	56	54	70	41
	A12	50	54	52	68	40
	A13	68	73	71	92	54
	A14	37	37	37	49	29
	A15	36	35	35	46	27
	A16	/	50	50	65	39
	A17	/	60	60	78	46
	A18	/	71	71	93	55
	A19	/	91	91	119	70
	A20	/	43	43	56	33
	A21	/	47	47	61	36
	A22	/	59	59	77	45
	A23	/	47	47	62	37
	A24	/	39	39	50	30
	A25	/	24	24	32	19

En µg/m³

Compte tenu des travaux préalables ayant conduit à l'élaboration des données, les résultats sont fournis avec une incertitude de plus ou moins 30 %.

Cartographie des niveaux de NO2 estimés sur P2001 - tracé du tunnel (jonction A50-A57) à Toulon



Légende

— Tunnel_toulon

Niveaux de NO2 exprimés en $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Sites fixes et temporaires : NO2

■ 24 - 29

■ 30 - 39

■ 40 - 49

■ 50 - 59

■ 60 et plus

Tubes : moyenne annuelle estimée NO2

● 24 - 29

● 30 - 39

● 40 - 49

● 50 - 59

● 60 et plus



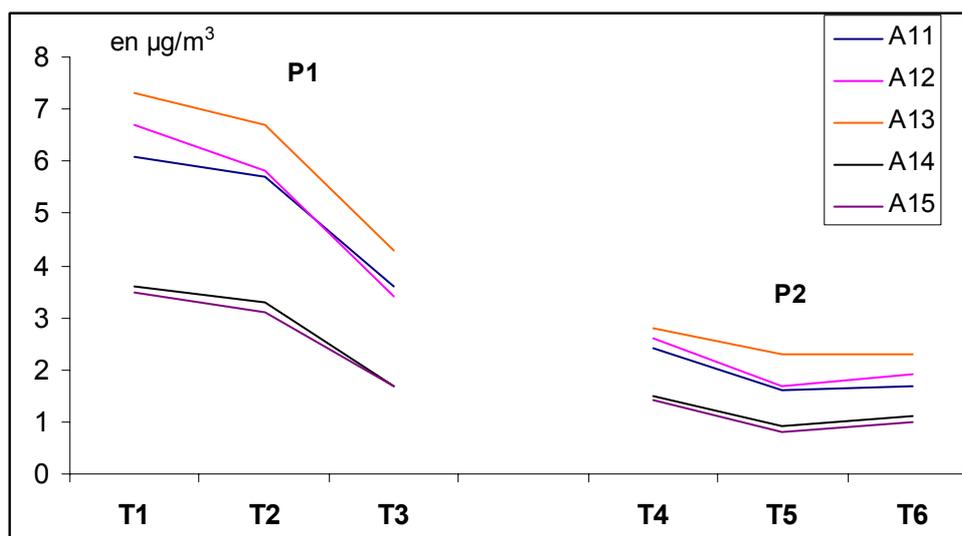
© AIRMARAIX - 2002

5. Evaluation des niveaux de benzène

Aucune mesure permanente n'est réalisée sur Toulon pour ce composé. Il n'y a donc pas de site de référence.

Nous évaluerons une concentration moyenne P1-P2 à partir des sites de mesures ayant reçu des mesures sur les deux périodes. Cette évaluation portant sur deux mois est sans doute assez proche des teneurs sur P₂₀₀₂.

Evolution des niveaux de benzène sur les sites A11 à A15 pendant les périodes P1 et P2



Ce graphe montre que les niveaux de benzène ont beaucoup fluctué entre la période P1 et la période P2. L'écart de concentration entre les différents sites est relativement constant.

Nous utiliserons cette relation pour évaluer le niveaux de benzène de P1-P2 pour l'ensemble des sites.

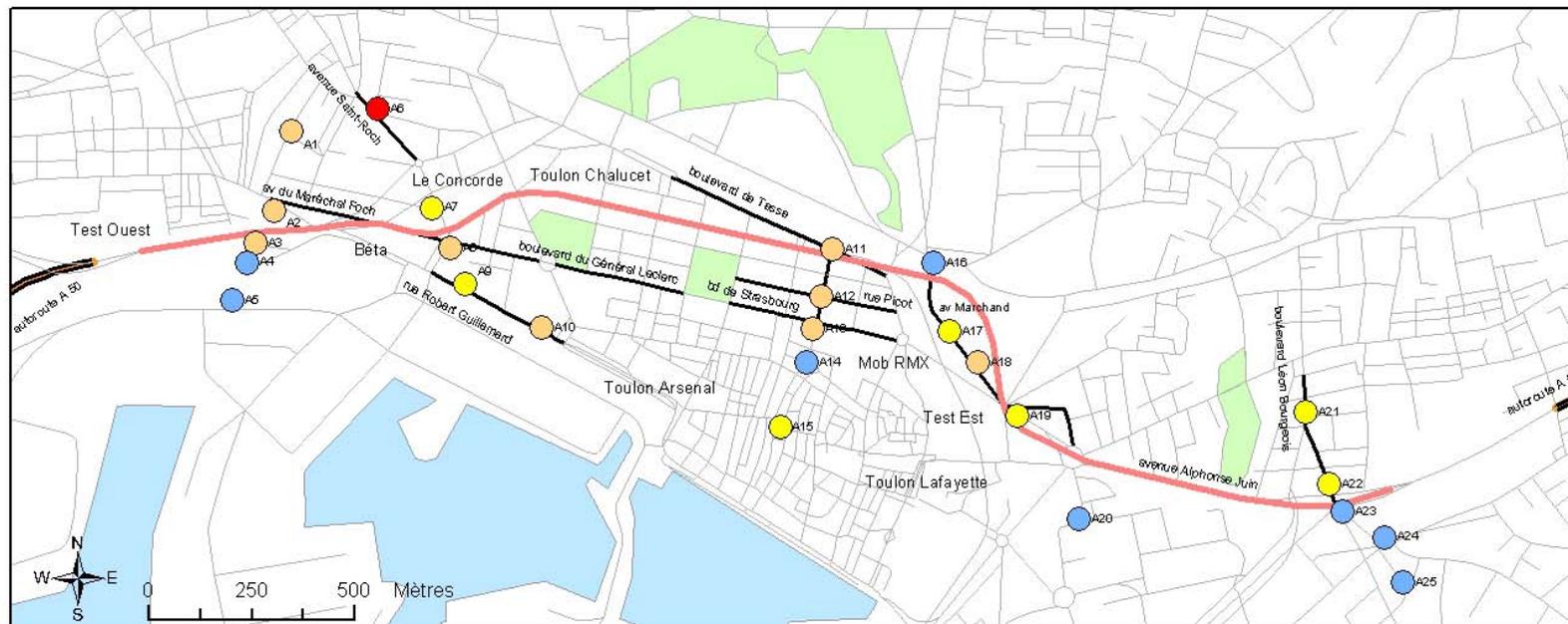
Les niveaux de P1 seront minorés de 57 % et les niveaux de P2 majorés de 43 % (Cf tableau ci-après).

Tableau récapitulatif des niveaux de benzène mesurés pendant les périodes P1 et P2

En µg/m ³	P1			moyenne P1	P2			Moyenne P2	Moyenne P1 P2		
	23-janv	02-févr	14-févr		07-mars	16-mars	28-mars				
	02-févr	14-févr	25-févr		16-mars	28-mars	06-avr				
T1	T2	T3	T4	T5	T6						
A1	5.0	4.4	2.6	4.0	/	/	/	2.3*	3.1*		
A2	5.3	4.4	2.7	4.1	/	/	/	2.4*	3.2*		
A3	5.1	4.6	2.9	4.2	/	/	/	2.4*	3.3*		
A4	3.0	2.5	1.5	2.3	/	/	/	1.3*	1.8*		
A5	3.0	2.5	1.4	2.3	/	/	/	1.3*	1.8*		
A6	8.7	8.0	5.2	7.3	/	/	/	4.2*	5.7*		
A7	4.9	4.0	2.7	3.9	/	/	/	2.2*	3.0*		
A8	6.0	4.5	3.0	4.5	/	/	/	2.6*	3.5*		
A9	4.4	4.1	2.3	3.6	/	/	/	2.1*	2.8*		
A10	5.5	5.6	3.6	4.9	/	/	/	2.8*	3.8*	P1/moy	P2/moy
A11	6.1	5.7	3.6	5.1	2.4	1.6	1.7	2.0	3.6	144%	56%
A12	6.7	5.8	3.4	5.3	2.6	1.7	1.9	2.3	3.8	140%	60%
A13	7.3	6.7	4.3	6.1	2.8	2.3	2.3	1.8	4.0	154%	46%
A14	3.6	3.3	1.7	2.9	1.5	0.9	1.1	1.1	2.0	144%	56%
A15	3.5	3.1	1.7	2.8	1.4	0.8	1.0	1.4	2.1	133%	67%
A16	/	/	/	2.4*	2.00	1.50	1.70	1.7	2.0*	143%	57%
A17	/	/	/	2.7*	1.80	1.40	1.50	1.9	2.2*		
A18	/	/	/	3.6*	2.30	2.00	2.10	2.5	3.1*		
A19	/	/	/	3.2*	3.50	2.20	3.10	2.2	2.7*		
A20	/	/	/	2.3*	2.00	1.20	1.40	1.6	2.0*		
A21	/	/	/	2.5*	2.10	1.40	1.60	1.7	2.1*		
A22	/	/	/	2.5*	2.20	1.50	1.60	1.7	2.1*		
A23	/	/	/	2.3*	2.00	1.40	1.60	1.6	2.0*		
A24	/	/	/	1.8*	1.80	1.30	1.60	1.2	1.5*		
A25	/	/	/	1.3*	1.10	0.70	0.90	0.9	1.1*		

*estimé

Cartographie des niveaux de benzène estimés sur P1-P2 - tracé du tunnel (jonction A50-A57) à Toulon



Légende

— Tunnel_toulon

● 1,1 - 2,0

● 2,1 - 3,0

● 3,1 - 4,0

● 4,1 - 5,0

● 5,1 - 7,0

Niveaux de Benzène exprimés en $\mu\text{g}/\text{m}^3$



© AIRMARAIX - 2002

6. Synthèse des résultats

Tableau de synthèse des résultats

	typologie	P ₂₀₀₁ : estimation 2001		P ₂₀₀₂ : du 12/02 au 01/07		P1-P2 Du 23/01 au 06/04/2002	P2002 du 02/02 au 01/07,
		NO ₂	PM10	NO ₂	PM10	Benzène	CO
Bêta	T	57	37	50	37	/	0.8
Gamma bas	T	57	/	50	/	/	0.8
Alpha/A7	O	46/45	/	41	/	/	0.7
Gamma haut	O	46	/	41	/	/	0.4
Test Ouest / A4	T	34/35	34	33	34	1.8	0.6
Test Est	U	32	29	27	33	/	0.7
Mobrmx	T	51	30	47	31	/	0.8
A1	U	36	/	/	/	3.1	/
A2	U	48	/	/	/	3.2	/
A3	T	53	/	/	/	3.3	/
A4/Test Ouest	T	34/35	34	33	34	1.8	/
A5	U	34	/	/	/	1.8	/
A6	T	52	/	/	/	5.7	/
A7/Alpha	O	45/47	/	41	/	3.0	/
A8	T	54	/	/	/	3.5	/
A9	T	53	/	/	/	2.8	/
A10	T	55	/	/	/	3.8	/
A11	T	54	/	/	/	3.6	/
A12	T	52	/	/	/	3.8	/
A13	T	71	/	/	/	4.0	/
A14	U	37	/	/	/	2.0	/
A15	U	35	/	/	/	2.1	/
A16	T	50	/	/	/	2.0	/
A17	T	60	/	/	/	2.2	/
A18	T	71	/	/	/	3.1	/
A19	T	91	/	/	/	2.7	/
A20	T	43	/	/	/	2.0	/
A21	T	47	/	/	/	2.1	/
A22	T	59	/	/	/	2.1	/
A23	T	47	/	/	/	2.0	/
A24	U	39	/	/	/	1.5	/
A25	U	24	/	/	/	1.1	/

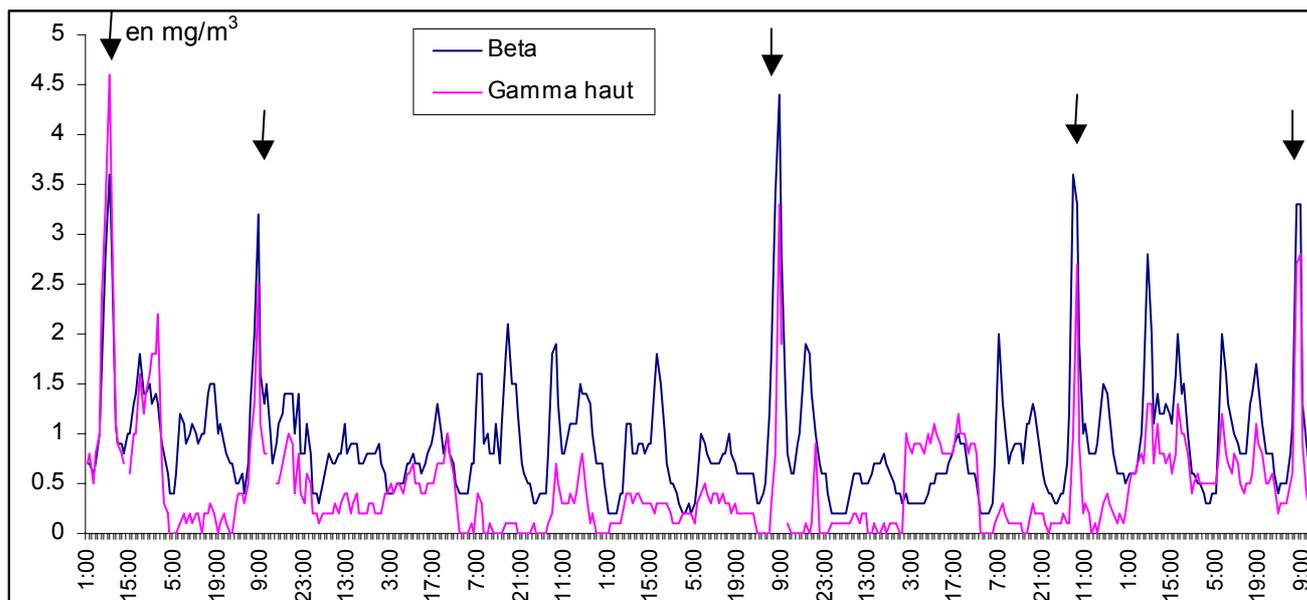
Exprimé en µg/m³ sauf CO en mg/m³

7. Evaluation des niveaux de pointes

Les sites équipés d'analyseurs automatiques correspondent pour la plupart à des situations trafic, sauf les sites Alpha et Gamma haut dans l'immeuble le Concorde (observation) et Test Est (urbaine).

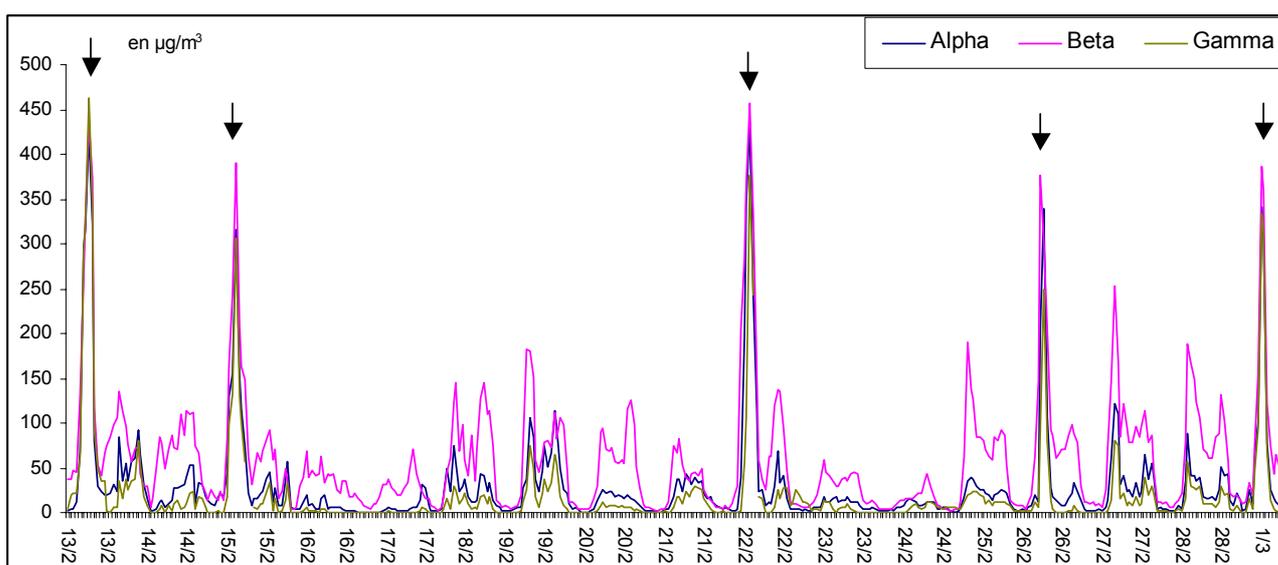
L'étude des chronologies horaires de NO, NO₂ et de CO sur les sites installés à trois niveaux du Concorde montre qu'en situation de pointes (atmosphère stable) les niveaux entre le bas et le haut de la tour sont comparables.

Evolution horaire du CO sur les sites Beta et Gamma haut du 12 février au 1^{er} mars 2002

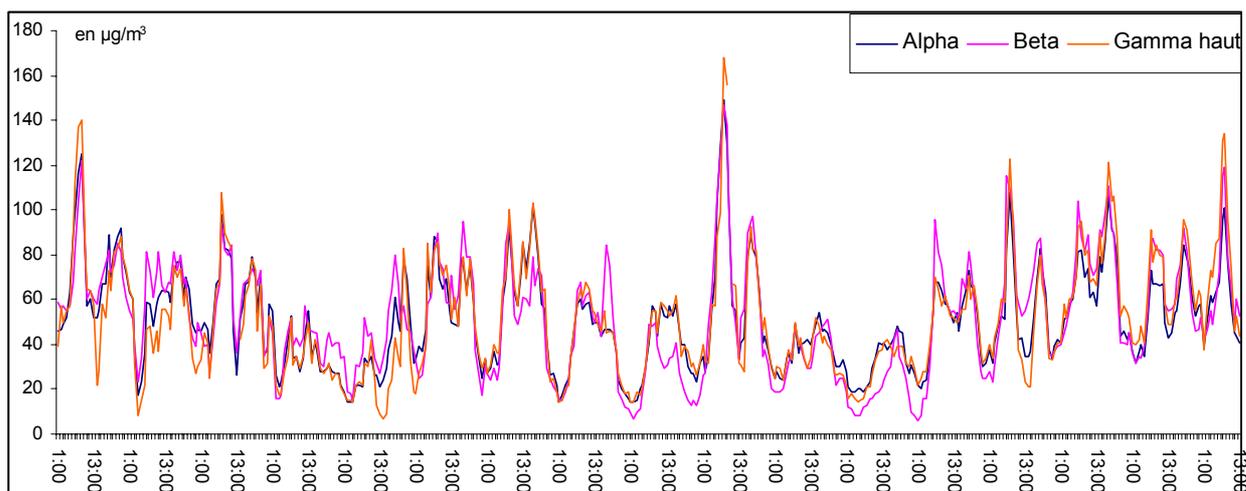


On constate qu'en situation de stabilité atmosphérique, matérialisé par des flèches sur les graphiques de cette page, les niveaux de CO et de NO sont comparables entre les trois niveaux du Concorde.

Evolution horaire du NO sur les sites Beta et Gamma haut du 12 février au 1^{er} mars 2002



Evolution horaire du NO₂ sur les sites Beta et Gamma haut du 12 février au 1^{er} mars 2002



Le graphe ci-dessus illustre que pour le NO₂, les niveaux entre le haut et le bas de l'immeuble sont comparables, quelles que soient les conditions météorologiques.

Evaluation des risques de dépassement des seuils horaires et journaliers

Tableau récapitulatif des dépassements sur Bêta (comparable à Gamma bas, Gamma haut, Alpha)

	Bêta		TOUA		TOUC	
	Pbeta	2001	Pbeta	2001	Pbeta	2001
Nb d'H > 135 µg/m ³ en NO ₂	23	> 17 J	9	29	9	42
Nb H > 200 µg/m ³ en NO ₂	0	probable	0	2	0	1
Max horaire NO ₂ en µg/m ³	185 le 22/04	ND	186 le 22/04	221 le 12/02	181 le 22/04	200 le 19/02
Nb de J > 50 µg/m ³ en PM10	14	probable	/	/	5	12
Max H CO en mg/m ³	4.4 le 22/02	< 30 mg/m ³	/	/	/	/

**évaluation*

Tableau récapitulatif des dépassements sur le site Test Ouest

	Test Ouest		Bêta		TOUA		TOUC	
	P _{TestO}	2001	P _{TestO}	2001	P _{TestO}	2001	P _{TestO}	2001
Nb d'H > 135 µg/m ³ en NO ₂	0	probable	0	> 17 J	1	29	1	42
Nb H > 200 µg/m ³ en NO ₂	0	probable	0	probable	0	2	0	1
Max horaire NO ₂ en µg/m ³	124 le 12/04	nd	122 le 13/02	ND	135 le 04/02	221 le 12/02	136 le 12/02	200 le 19/02
Nb de J > 50 µg/m ³ en PM10	4	probable	5	probable	/	/	2	12
Max H CO en mg/m ³	5.3 le 29/01	< 30 mg/m ³	4.6 le 08/02	< 30 mg/m ³	/	/	/	/

**évaluation*

Tableau récapitulatif des dépassements sur le site Test Est

	Test Est		Bêta		TOUA		TOUC	
	P _{TestE}	2001	P _{TestE}	2001	P _{TestE}	2001	P _{TestE}	2001
Nb d'H > 135 µg/m ³ en NO ₂	0	Probable	2	> 17 J	0	29	0	42
Nb H > 200 µg/m ³ en NO ₂	0	Probable	0	probable	0	2	0	1
Max horaire NO ₂ en µg/m ³	101 le 05/04	ND	144 le 26/04	ND	127 le 18/03	221 le 12/02	129 le 26/03	200 le 19/02
Nb de J > 50 µg/m ³ en PM10	1*	Peu probable	1	probable	/	/	1	12
Max H CO en mg/m ³	5.3 le 29/01	< 30 mg/m ³	3.8 le 05/04	< 30 mg/m ³	/	/	/	/

*évaluation

Tableau récapitulatif des dépassements sur le site Mobrmx

	Mobrmx		Bêta		TOUA		TOUC	
	P _{mobrmx}	2001	P _{mobrmx}	2001	P _{mobrmx}	2001	P _{mobrmx}	2001
Nb d'H > 135 µg/m ³ en NO ₂	0	Probable	7	> 17 J	3	29	1	42
Nb H > 200 µg/m ³ en NO ₂	0	Probable	0	probable	0	2	0	1
Max horaire NO ₂ en µg/m ³	125 le 01/03	nd	149 le 01/03	ND	144 le 12/03	221 le 12/02	136 le 12/02	200 le 19/02
Nb de J > 50 µg/m ³ en PM10	3 j	Probable	6	probable	/	/	2	12
Max H CO en mg/m ³	5.0 le 28/01	< 30 mg/m ³	4.6 le 08/02	< 30 mg/m ³	/	/	/	/

*évaluation

Les pointes de pollution automobile les plus élevées sont classiquement relevées en hiver (décembre, janvier, février).

La recommandation annuelle du PRQA PACA pour le NO₂ est atteinte sur le site Bêta (nombre de jours où le seuil 135 µg/m³/h a été atteint supérieur à 17). Sur les autres sites, elle risque d'être dépassée, comme sur la plupart des sites trafic et urbains toulonnais.

La valeur limite horaire européenne (200 µg/m³) risque d'être dépassée de façon sporadique sur la plupart des sites (max des périodes de mesures : 185 µg/m³ le 22/04 à Bêta).

Concernant les PM10, la norme européenne est sans doute dépassée sur Bêta : 14 jours en 5 mois, alors que la directive fixe une tolérance de 35 jours par an.

Pour les sites Test Est et Mobrmx le dépassement de cette norme est probable. Pour le site Test Est cette norme est sans doute respectée, en dehors de périodes de travaux locaux.

La valeur limite européenne pour le CO (30 mg/m³/heure) est respectée (max : 5.3 mg/m³ le 29/01 à Test Est).

Chapitre III – Synthèse et conclusion

2- Tête de tunnel Ouest

Sites : Test Ouest, A1, A2, A3, A5

Les niveaux de NO₂ relevés sur le site A3 (feux tricolores sur l'A50) sont supérieurs de 50 % à ceux enregistrés à une dizaine de mètres de l'axe (Test Ouest, A4), respectivement 53 et 34 µg/m³. Les teneurs relevées sur le site A2 à l'Avenue du Las sont proches de celles de l'A50 en raison de la densité d'axes de ce secteur et de la forte urbanisation peu favorable au renouvellement de l'air. La valeur limite européenne pour le NO₂ de 40 µg/m³ est dépassée à proximité des grands axes : A50, Avenue du Las.

La recommandation du PRQA PACA pour ce polluant de 17 Jours inférieurs à 135 µg/m³ est sans doute dépassée comme sur la plupart des sites du centre ville toulonnais.

La concentration annuelle en PM10 évaluée à Test Ouest (P₂₀₀₁ : 34 µg/m³) est supérieure à l'objectif de qualité français (30 µg/m³), mais respecte sans doute la valeur limite européenne (40 µg/m³). Le seuil de 50 µg/m³ sur 24 heures a été atteint à quatre reprises pendant la campagne. Si l'on se réfère au site Bêta, ce site dépasse sans doute la norme européenne qui tolère 35 jours de dépassements dans l'année.

Le niveau moyen de CO sur site le Test Ouest a été évalué à 0.6 mg/m³ sur la période P₂₀₀₂. Cette teneur est plus faible que celle relevée près de la cheminée Castigneau et sur le Boulevard de Strasbourg (0.8 mg/m³), en raison sans doute de la bonne fluidité de l'axe au niveau du point de mesure. En effet, le CO comme le benzène sont surtout émis dans les situations de congestion du trafic. Le niveau de benzène corrobore cette hypothèse, car malgré le fort trafic, la teneur mesurée sur ce site est l'une des plus faible (1.8 µg/m³) et respecte la valeur limite européenne annuelle (5 µg/m³) et probablement l'objectif de qualité français (2 µg/m³/an).

Les sites A1, A2 et A3 dépassent sans doute cet objectif de qualité : concentrations autour de 3 µg/m³ sur P₁-P₂.

3- Autour de la cheminée de ventilation Castigneau/immeuble le Concorde

Sites : Bêta, Alpha, Gamma bas, Gamma haut, A6, A7, A8, A9, A10

La totalité des sites, sauf Alpha et Gamma haut (sites d'observation) sont en situation de trafic.

Les niveaux de NO₂ relevés sur les grands axes de ce secteur dépassent la valeur limite européenne de 40 µg/m³ en moyenne annuelle :

- Bêta/Gamma bas au pied de la cheminée Castigneau : 57 µg/m³ estimée pour 2001
- A8 avenue Foch, A9-A10 Rue Robert Guillemard, A6 Avenue Saint-Roch : sans doute supérieurs à 50 µg/m³.

La recommandation du PRQA concernant le seuil 135 µg/m³/h est sans doute dépassée dans toute la zone (23 heures de dépassements en 5 mois de mesures sur le site Bêta).

La valeur limite horaire (200 µg/m³) est vraisemblablement atteinte en situation de forte stabilité atmosphérique, même si la tolérance de 18 jours fixée par l'Europe est *a priori* respectée (maximum : 185 µg/m³ le 22/04 à Bêta).

Les teneurs en particules sont supérieures d'une vingtaine de pourcents à celles des sites urbains permanents, respectivement 37 µg/m³ et 27-30 µg/m³. L'objectif de qualité français est sans doute dépassé et la valeur limite européenne annuelle (40 µg/m³/an) approchée. La tolérance de 35 jours du seuil 50 µg/m³ sur 24 heures est probablement atteinte (14 jours en 5 mois de mesures à Bêta).

Les teneurs de CO respectent, comme sur la plupart des sites français, la valeur limite horaire de 30 mg/m^3 (max horaire 4.4 mg/m^3 sur le site Bêta). Les niveaux moyens se situent autour de 0.8 mg/m^3 dans les portions les moins fluides et 0.6 mg/m^3 dans les parties roulantes.

Les teneurs en benzène relevées pendant la campagne s'étalent de 2.8 à $5.7 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ dans ce secteur. La concentration la plus élevée est enregistrée sur l'Avenue Saint-Roch – A6 où la valeur limite européenne de $5 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ risque d'être dépassée.

Immeuble le Concorde

Les teneurs relevées sur les trois niveaux du Concorde indiquent :

- Une division par deux des teneurs de CO en fonction de la hauteur (niveaux estimés pour P_{2002} : Bêta : 0.8 mg/m^3 , Alpha : 0.7 mg/m^3 et Gamma haut 0.4 mg/m^3).
- Une baisse significative de NO en fonction de la hauteur : divisé par presque 4 entre le rez-de-chaussée et le 18^{ème} étage (Bêta : $59 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, Alpha : $27 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, Gamma haut : $16 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ relevé sur la période du 13/02 au 01/03).
- Une baisse peu significative des teneurs moyennes de NO_2 en raison de deux phénomènes en compétition – d'une part la dilution qui engendre une baisse des teneurs (division par 2 pour le CO entre bas et le haut de l'immeuble) et l'oxydation de NO en NO_2 . Les teneurs de toute la colonne de l'immeuble dépassent vraisemblablement le seuil de $40 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ en moyenne annuelle (valeur limite européenne).

En situation de pointe les niveaux entre le bas et le haut de l'immeuble sont plus homogènes. Les dépassements du seuil $200 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ pour le NO_2 et vraisemblablement le seuil $50 \text{ } \mu\text{g/m}^3/24\text{h}$ pour les PM10 concernent toute la colonne. Ce phénomène est sans doute lié au fait que la hauteur de la couche limite nocturne est supérieure à celle du bâtiment, dans ces conditions.

4- Autour du Boulevard de Strasbourg

Sites : Mobrnx, A12, A13, A14, A15

Les niveaux de NO_2 sur le Boulevard de Strasbourg (A13, Mobrnx) et à l'intersection des rues d'Antrehaus et Picot (A12) sont élevés, supérieurs à $50 \text{ } \mu\text{g/m}^3$.

En situation de fond (A14, A15), les teneurs sont proches de celles de Toulon Lafayette (environ $35 \text{ } \mu\text{g/m}^3$).

La période de mesure était peu propice aux pointes, mais le seuil de $200 \text{ } \mu\text{g/m}^3$, comme sur les autres sites risque d'être dépassé quelques fois dans l'année. La recommandation du PRQA PACA risque d'être atteinte, même si le seuil de $135 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ n'a pas été dépassé pendant la campagne.

Les niveaux de PM10 enregistrés par le camion Laboratoire (Mobrnx) au Collège Peiresc sont inférieurs à ceux relevés au niveau de Castigneau (niveau moyen estimé en 2001 : $30 \text{ } \mu\text{g/m}^3$). La tolérance de 35 jours de dépassements du seuil $50 \text{ } \mu\text{g/m}^3/24$ heures est probable.

Les niveaux de CO sont comparables à ceux de Bêta (Cours Foch) : 0.8 mg/m^3 pour P_{2002} .

Les teneurs de benzène dépassent sans doute l'objectif de qualité français ($2 \text{ } \mu\text{g/m}^3/\text{an}$). Le site le plus marqué est A13 sur le Boulevard de Strasbourg avec $4 \text{ } \mu\text{g/m}^3$.

5- Autour de la cheminée de ventilation Commandant Marchand

Sites : Test Est, A11, A16, A17, A18, A19, A20

Les teneurs de NO₂ moyennes relevées proche des grands axes sont élevées (> 50 µg/m³):

- avenue Commandant Marchand,
- Boulevard de Tesse devant la gare SNCF,
- Intersection Boulevard Clemenceau et Avenue du Colonel Fabien.

Les niveaux relevés au pied de la cheminée de ventilation par la station Test Est, en situation de fond, (à une cinquantaine de mètres de l'axe) sont plus modérés et respectent la valeur limite européenne annuelle de 40 µg/m³ pour l'année 2001 (32 µg/m³).

La recommandation du PRQA PACA (17 jours de tolérance du seuil 135 µg/m³/h) est vraisemblablement dépassée en 2001, comme sur les autres sites de mesures de la campagne. La valeur limite sur une heure (200 µg/m³) peut être dépassée quelques jours dans l'année.

Les niveaux de PM₁₀ enregistrés sur le site Test Est sont modérés (29 µg/m³ estimés pour l'année 2001) si l'on s'affranchit de la période de travaux. Ils sont comparables à ceux des autres sites urbains de l'agglomération (Toulon Chalucet, Toulon Lafayette). Les teneurs sont sans doute plus élevées en situation trafic, notamment les points A11, A16, A18, A19.

La norme européenne concernant le seuil 50 µg/m³/24h n'est probablement pas atteinte (moins de 35 jours) sur le site Test Est.

La concentration de CO évaluée sur ce site pour P₂₀₀₂ est de 0.7 mg/m³. La valeur limite horaire (30 mg/m³) est respectée.

Les teneurs de benzène sont supérieures à l'objectif de qualité, mais semblent respecter la valeur limite européenne (5 µg/m³).

6- Autour de la tête de tunnel Est

Sites : A21, A22, A23 , A24, A25

La teneur moyenne de NO₂ évaluée près de l'axe (A22, A23) est supérieure à la valeur limite européenne (40 µg/m³/an). Cette norme est également probablement atteinte sur le points A24 (intersection Avenue Colonel Pruneau et Boulevard Gassendi), même si la précision de la mesure utilisée (tube passif) ne permet pas de conclure.

Les niveaux de benzènes sont modérés en relation avec la relative fluidité de cette portion. Ils sont proche de l'objectif de qualité français (2 µg/m³).

CONCLUSION

Le dioxyde d'azote – NO₂

Les teneurs de NO₂ proche des grands axes dépassent la valeur limite européenne annuelle de 40 µg/m³. Les niveaux les plus élevés (supérieurs à 50 µg/m³) sont relevés sur : Avenue Foch, Boulevard de Strasbourg, Avenue du Las, intersection rue Mattio-Avenue d'Estienne d'Orves, avenue Saint-Roch, rue Robert Guillemard, boulevard de Tesse, intersection rue d'Antrechaus-rue Picot, avenue Commandant Marchand, intersection boulevard Clemenceau-avenue du Colonel Fabien, rue Léon Bourgeois.

Le dépassement de cette norme annuelle est classiquement enregistré sur les grands axes urbains dans une bande d'une dizaine de mètres, à titre de comparaison les niveaux relevés en 2001 sur quelques grands axes de la région sont :

- Marseille rue Paradis : 47 µg/m³
- Marseille Boulevard Rabatau : 54 µg/m³
- Marseille Boulevard Sakakini (Timone) : 50 µg/m³
- Marseille Boulevard de Plombières : 83 µg/m³
- Aubagne Cours Foch : 57 µg/m³.

En situation urbaine, niveaux de fond, les teneurs sont plus modérées de 24 à 43 µg/m³ pour 2001. La valeur limite européenne est dépassée dans l'ultra centre ville : Hôpital Chalucet au Nord du Boulevard de Strasbourg. Dans les autres secteurs les niveaux se situent entre 30 et 40 µg/m³ (zone piétonne du Cours Lafayette : 35 µg/m³, niveaux à quelques dizaines de mètres des entrées de tunnels Est et Ouest 32-35 µg/m³).

Ces teneurs sont près de trois à quatre fois plus élevées à celles enregistrées dans les quartiers périurbains toulonnais (11 µg/m³ sur 2001 au Clos Olive).

Ces niveaux de fond sont comparables à ceux relevés en 2001 au centre-ville de Marseille et légèrement plus élevés que ceux d'Aix en Provence et Avignon :

- Marseille de 36 à 43 µg/m³
- Aix en Provence de 31 à 34 µg/m³
- Avignon de 29 à 33 µg/m³.

La recommandation du PRQA PACA (tolérance de 17 jours de dépassement du seuil 135 µg/m³ sur une heure) est sans doute dépassée sur la plupart des sites échantillonnés aussi bien en situation de fond que de trafic.

La valeur limite horaire européenne de 200 µg/m³ risque d'être dépassée sporadiquement dans l'année.

Particule en suspension inférieure à 10 µm - PM10

Les niveaux moyens annuels de particules près des grands axes toulonnais sont supérieurs à l'objectif de qualité français (30 µg/m³) : de 30 à 37 µg/m³ estimé pour 2001. La valeur limite européenne (40 µg/m³) est approchée au pied de la cheminée Castigneau (P₂₀₀₁ : 37 µg/m³).

En situation de fond, les niveaux sont relativement homogènes pour les sites échantillonnés : 28-29 µg/m³.

Le seuil journalier de 50 µg/m³ est sans doute dépassé plus de 35 jours dans l'année sur l'Avenue Foch et le Boulevard de Strasbourg. Cette norme européenne est probablement atteinte sur les autres grands axes de l'agglomération.

En situation de fond cette norme est *a priori* respectée.

Sur les autres villes de la région, les niveaux de fond enregistrés en 2001 sont comparables à ceux de Marseille et légèrement plus élevés que ceux d'Aix et Avignon :

- Marseille de 25 à 32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$,
- Aix en Provence de 26 à 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Avignon, 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En situation trafic, les niveaux relevés sur le Boulevard Sakakini à Marseille sont de 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2001.

Niveaux de benzène

Les niveaux de benzène évalués sur le premier semestre 2002 indique que l'objectif de qualité français annuel (2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) est vraisemblablement dépassé sur la plupart des sites de mesure. La valeur limite de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ est approchée sur deux points : Avenue Saint-Roch et Boulevard de Strasbourg.

Les niveaux les plus élevés sont surtout relevés dans les situations où le trafic est congestionné ou ralenti (feux tricolore, intersection...).

Le niveau de benzène évalué en 2000 au pied de la cheminée Castigneau était comparable aux mesures réalisées en 2002 : 3.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2000 et 2.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2002 (cf bilan annuel 2000 d'Airmaraix).

Niveau de CO

Les niveaux de CO s'étalent de 0.6 à 0.8 mg/m^3 sur le premier semestre 2002. Il n'y a pas de norme annuelle pour ce composé.

La valeur limite horaire européenne (30 mg/m^3) est respectée (max horaire : 5.3 mg/m^3).

A titre de comparaison, le maximum 2001 de CO a été enregistré à Marseille Paradis avec 8.6 mg/m^3 .

Les niveaux mesurés à trois niveaux sur l'immeuble le Concorde

Les teneurs de CO montrent une diminution par deux en moyenne entre le bas et le 18^{ème} étage de l'immeuble. Pour NO, cette baisse est plus importante (facteur 4). Elle résulte à la fois de la dispersion et de son oxydation en NO₂.

Concernant le NO₂ (fruit de l'oxydation de NO) les teneurs sont comparables sur les trois niveaux échantillonnés pour la période de mesure. Ce constat indique que la teneur en NO₂ est limitée par la charge en oxydants sur toute la colonne.

Concernant les pics, liés principalement à des situations de stabilité atmosphérique, on observe une homogénéisation des niveaux entre le bas et le haut de l'immeuble pour tous les polluants considérés. Ce point signifie que lorsqu'une pointe est observée sur le site Bêta au pied de la cheminée Castigneau, elle concerne tous les étages des immeubles proche de l'axe.

Perspectives

Ces travaux devraient être complétés, après la mise en service du tunnel, par une campagne de mesures similaire, afin d'évaluer l'impact de l'ouvrage. Ces travaux devraient être développés lorsque le trafic sera stabilisé sur l'ensemble des axes.

Le site Bêta, au pied de la cheminée Castigneau, est pérennisé par Airmaraix. Il entre dans le dispositif de surveillance permanent du réseau.

ANNEXES

ANNEXE I : Description des sites

Sites		Adresses et remarques
Tête de tunnel Ouest		France Télécom, avenue Laurent Mattio.
		Cabine 1 <u>Rmq</u> : Site sécurisé de proximité.
Ventilation « Castigneau » Bas, moyen et haut		Le Concorde, 280 avenue Foch.
		2 stations temporaires sur 3 points <u>Rmq</u> : Demande auprès des habitants de l'immeuble Concorde. Contraintes des sorties de prélèvement. Envisager d'éventuels appartements inoccupés.
Ventilation « Marchand » Bas		Avenue du Commandant Marchand
		Cabine 1 <u>Rmq</u> : En travaux. Selon l'avancement au 15 février, prévoir l'installation sur site.
Ventilation « Marchand » Haut		HLM Clemenceau, avenue Philippe Lebon.
		Station temporaire <u>Rmq</u> : Démarche auprès des HLM. Contraintes des sorties de prélèvement. Envisager d'éventuels appartements inoccupés.

<p>Boulevard de Strasbourg</p>		<p>Collège Peiresc, 31 Bd de Strasbourg. Camion Laboratoire</p> <p><u>Rmq</u> : Déjà sollicité en 1999 pour une campagne temporaire. Installation des mêmes équipements, le laboratoire mobile (contacter le directeur).</p>
<p>Station Foch</p>		<p>Carrefour – avenue Foch / avenue Lt Liannelli</p> <p>Cabine 2</p> <p><u>Rmq</u> : Pour pallier à l'absence de la station Foch. Bénéficiaire de l'alimentation présente pour les décorations.</p>

ANNEXE II : Localisation et configuration des sites de mesures

REFERENCE DU TUBE	Description du site	Coordonnées GPS	Configuration
A1	94 Bd Bauchière.	43°N 07' 758 005°E 55' 121	2 NO ₂ 2 BTX
	Poteau électrique au niveau de la résidence Le Pythéas		
A2	Avenue du las Eclairage au niveau du pressing Propy	43°N 07' 658 005°E 55' 086	3 NO ₂ 3 BTX
A3	Intersection rue Mattio et avenue d'Estienne d'Orves Feu tricolore	43°N 07' 612 005°E 55' 047	2 NO ₂ 2 BTX
A4	Rue Mattio Eclairage entre les accès au chantier Tunnel de Toulon et France Télécom	43°N 07' 587 005°E 55' 029	2 NO ₂ 2 BTX
A5	Eclairage face à la piscine dans l'enceinte du Stade Jauréguiberry	43°N 07' 539 005°E 55' 000	3 NO ₂ 2 BTX

A6	129 avenue St Roch Eclairage au niveau de la pharmacie Saint Roch	43°N 07' 782 005°E 55' 276	3 NO ₂ 3 BTX
A7	Avenue du Maréchal Lyautey Eclairage au niveau de l'arrêt de bus Lyautey, place Henri Barbusse	43°N 07' 650 005°E 55' 368	2 NO ₂ 2 BTX
A8	Intersection avenue du Maréchal Lyautey et avenue du Maréchal Foch Eclairage à proximité de l'unité de ventilation et de l'immeuble de la marine	43°N 07' 597 005°E 55' 397	2 NO ₂ 2 BTX
A9	Rue Robert Guillemard Eclairage à l'entrée du parking militaire.	43°N 07' 550 005°E 55' 423	2 NO ₂ 2 BTX
A10	Rue Robert Guillemard Eclairage sur la droite de la route à la hauteur de la place Léon Blum	43°N 07' 489 005°E 55' 554	3 NO ₂ 2 BTX

A11	377 Bd de Tesse Eclairage au niveau de l'agence SNCF Voyages en Groupe	43°N 07' 573 005°E 56' 084	3 NO ₂ 3 BTX
A12	Intersection rue d'Antrechaus et rue Picot Eclairage au niveau de l'agence d'assurance Matmut	Non Mesuré	2 NO ₂ 2 BTX
A13	Intersection Bd de Strasbourg et rue Berthelot Eclairage à proximité du kiosque presse et de la bijouterie Calame	43°N 07' 472 005°E 56' 040	2 NO ₂ 2 BTX
A14	Intersection rue de l'humilité et rue Berthelot Signalisation à proximité du coiffeur JL David et de l'hôtel des 3 dauphins, place des 3 dauphins	Non Mesuré	2 NO ₂ 2 BTX
A15	Place Camille Ledeau Eclairage face au coiffeur JL David	43°N 07' 341 005°E 55' 973	3 NO ₂ 2 BTX

A16	<p>Intersection avenue du Cdt Marchand et Bd Raynouard</p> <p>Eclairage</p>	<p>43°N 07' 549 005°E 56' 261</p>	<p>3 NO₂ 3 BTX</p>
A17	<p>avenue du Cdt Marchand</p> <p>Eclairage au niveau de l'accès à Calberson</p>	<p>43°N 07' 455 005°E 56' 287</p>	<p>2 NO₂ 2 BTX</p>
A18	<p>avenue du Cdt Marchand</p> <p>Poteau électrique au niveau du concessionnaire moto Pôle Position sur le trottoir opposé à l'unité de ventilation</p>	<p>43°N 07' 414 005°E 56' 336</p>	<p>2 NO₂ 2 BTX</p>
A19	<p>Intersection Bd Georges Clemenceau et avenue du Colonel Fabien</p> <p>Ancien éclairage à proximité du kiosque presse</p>	<p>43°N 07' 346 005°E 56' 401</p>	<p>2 NO₂ 2 BTX</p>
A20	<p>112 rue Henri Poincaré</p> <p>Eclairage face au centre commercial La Rode</p>	<p>43°N 07' 207 005°E 56' 499</p>	<p>3 NO₂ 2 BTX</p>

A21	<p>Intersection rue Léon Bourgeois et avenue de la Haye</p> <p>Eclairage</p>	<p>43°N 07' 329 005°E 56' 916</p>	<p>3 NO₂ 2 BTX</p>
A22	<p>257 rue Léon Bourgeois</p> <p>Eclairage au niveau Intermarché, face au concessionnaire moto</p>	<p>43°N 07' 238 005°E 56' 952</p>	<p>2 NO₂ 2 BTX</p>
A23	<p>Intersection avenue Alphonse Juin, bd Gassendi et rue Augustin Thierry</p> <p>Eclairage avant l'accès à l'autoroute</p>	<p>43°N 07' 201 005°E 56' 973</p>	<p>2 NO₂ 2 BTX</p>
A24	<p>Intersection avenue Colonel Pruneau et bd Gassendi</p> <p>Eclairage au niveau du Bar des Acacias</p>	<p>43°N 07' 162 005°E 57' 050</p>	<p>3 NO₂ 3 BTX</p>
A25	<p>123 rue Colonel Mol</p> <p>Eclairage dans la résidence Les Iris</p>	<p>43°N 07' 103 005°E 57' 080</p>	<p>2 NO₂ 2 BTX</p>

ANNEXE II

Méthode de validation des données

Stations automatiques

Les données acquises par les analyseurs automatiques sont validées selon la procédure employée par Airmaraix pour valider les mesures de l'ensemble du réseau.

Tubes à diffusion passive

L'objectif est de détecter les valeurs extrêmes par rapport au comportement général (écart à la médiane par période de mesures) et d'invalider la donnée si nécessaire.

La procédure est la suivante :

- On calcule, pour chaque tube
 - la médiane
 - l'écart moyen absolu des valeurs à cette médiane (EMA)
 - le rapport de cet écart sur la médiane (coefficient de variation : CV).
- On calcule la moyenne et l'écart type des CV.
- On prend comme seuil de rejet la moyenne plus l'écart type des CV.
- On compare chaque CV au seuil de rejet : si le CV est supérieur, une valeur du tube correspondant est susceptible d'être aberrante.
- Pour chaque tube suspect, on regarde les écarts absolus à la médiane : la valeur suspecte est celle qui a l'écart le plus élevé.
- Une valeur n'est invalidée que si elle ne peut pas être expliquée par les variations d'autres tubes proches géographiquement.

ANNEXE III

Evaluation des niveaux de NO₂ – Période P1 du 23/01 au 25/02/2002

Concentration en µg/m³

	T1 mes	T1 an	R Tub/An	T1 estimé	T2 mes	T2 an	R Tub/An	T2 estimé	T3mes	T3 an	R Tub/An	T3 estimé	Moyenne P1 estimée	P2001 estimé	
Test 02	A1 x,y	54.4		42	56			44	34.0			30	38	36	
	A2 x,y,z	68.1		52	72.5			56	51.8			46	51	48	
	A3 x,y	75.4		58	78.1			60	60.4			53	57	53	
	A4 x,y,z	52.9	41	1.29	41	52	40	1.30	40	38.2	31	1.23	34	38	35
	A5 x,y,z	52.0			40	50.5			39	36.7			32	37	34
Alpha	A6 x,y,z	73.4		56	78.7			61	59.4			52	57	52	
	A7 x,y	67.0	51	1.31	51	68	53	1.28	53	48.6	47	1.03	43	49	45
	A8 x,y	80.9			62	77.2			60	60.2			53	58	54
	A9 x,y	78.7			60	78.1			60	58.9			52	58	53
	A10 x,y	76.3			59	82.1			64	63.1			56	59	55
	A11 x,y	76.2			59	75.9			59	55.5			49	55	51
	A12 x,y	74.8			57	74.1			57	55.3			49	55	50
	A13 x,y	94.4			73	96.5			75	83.3			74	74	68
	A 14 x,y	58.2			45	55.3			43	38.4			34	40	37
	A15 x,y,z	54.7			42	54.2			42	36.8			32	39	36
	R T/A moyen		1.30		R T/A moyen		1.29		R T/A moyen		1.13	R P1/P2001 = 1.08			

Evaluation des niveaux de NO₂ – Période P2 du 07/03 au 6/04/2002

Concentration en µg/m³

	T4mes	T4 Mobrmx	R tub/an	P4 estimée	T5 mes	T5 mobrmx	R tub/an	T5 estimé	T6mes	T5 mobrmx	R tub/an	P6 estimé	moyenne P2 estimée	P2001 estimé	
	A11 x,y,z	83.4			68	66.5		51	68.7			60	60	56	
	A12 x,y	81.5			67	63.4		49	63.2			55	57	54	
Mob rmx	A13 x,y	101.9	61	1.67	84	92.9	52	1.79	71	90.9	58	1.57	79	78	73
	A 14 x,y	61.2			50	36.9		28	46.4			41	40	37	
	A15 x,y,z	56.6			46	36.3		28	42.5			37	37	35	
	A16 x,y,z	74.3			61	61.6		47	60.1			53	54	50	
	A17 x,y	88.7			73	75.3		58	69.3			61	64	60	
	A18 x,y	97.3			80	86.6		66	92.7			81	76	71	
	A19 x,y	128.2			105	107.4		82	119.1			104	97	91	
	A20 x,y,z	68.8			56	45.3		35	51.7			45	45	43	
	A21 x,y,z	71.4			59	51.4		39	58.2			51	50	47	
	A22 x,y	88			72	68.3		52	73.4			64	63	59	
	A23 x,y	70.9			58	53.8		41	59.6			52	51	47	
	A 24 x,y,z	58.3			48	44.7		34	47.6			42	41	39	
	A25 x,y	37.8			31	26.8		21	29.8			26	26	24	
	R2 Tub/An :		1.22	R2 Tub/An :			1.30	R2 Tub/An :			1.14	R P2/P2001 = 1.06			