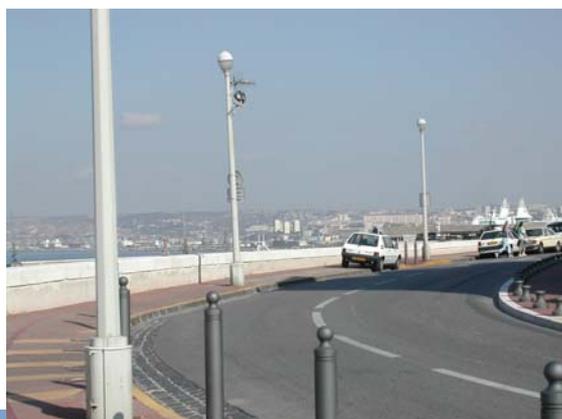


RAPPORT D'ETUDE

Etat initial de la qualité de l'air Axe Littoral sens nord-sud



Campagne de mesures
du 14 novembre 2002 au 2 mars 2003



Date de publication : [Novembre 2003]



Référence dossier : PGR/LP02

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	8
3.5. Nom et qualité des intervenants	11

CHAPITRE II – RESULTATS

1. Conditions météorologiques des périodes de mesure	12
2. Méthode pour l'évaluation des niveaux annuels pour les sites temporaires équipés d'analyseurs automatiques	13
3. Evaluation des niveaux pour P₂₀₀₂ sur les 4 sites temporaires équipés d'analyseurs automatiques	13
3.1. Site " Leblanc " ou ALPHA, rue Vincent Leblanc – Site urbain dense	13
3.2. Site "Evêché " ou GAMMA, rue de l'Evêché – Site urbain dense	16
3.3. Site "Tourette" ou TEST, station de relevage des eaux de la Tourette - Secteur Tête de tunnel sud –	17
3.4. Site " Saint Cassien" ou MOBR, secteur nord de l'aménagement littoral, entrée Saint Cassien du PAM - Site de proximité au trafic automobile	19
3.5. Synthèse des résultats	21
3.5.1. Les niveaux annuels	21
3.5.2. Les niveaux de pointe	22
4. Evaluation des niveaux annuels - tubes à diffusion passive NO₂	29
4.1. Validation des données	29
4.2. Ecart tube/analyseur automatique	29
4.3. Ecart période annuelle/période hivernale des tubes et valeurs annuelles estimées	30
5. Evaluation des niveaux de benzène	36

CHAPITRE III –CONCLUSION

ANNEXES

39
44

CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'ETUDE

1. Objectifs

L'étude vise à évaluer les niveaux en polluants automobiles (oxydes d'azote, benzène, toluène, xylène, particules en suspension, monoxyde de carbone) sur le tracé de l'axe littoral, sens nord-sud, réalisant la jonction A55-tunnel Vieux Port. Elle permettra d'estimer les niveaux de pollution liés au trafic routier aux abords des têtes de tunnel et au cœur du projet euro méditerranée et des quartiers Joliette, Arenc et Tourette.

Cette étude vise à évaluer la qualité de l'air sur le tracé du tunnel avant sa mise en service : il s'agit d'un « état zéro ».

De plus, elle enrichira la connaissance de la qualité de l'air sur un secteur non couvert par des mesures permanentes d'oxydes d'azote, de particules, de monoxyde de carbone et de benzène.

2. Retombées attendues de l'étude

Les retombées attendues de cette étude sont :

- Une évaluation des teneurs pour le mois de décembre 2002 et les deux premiers mois 2003 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, et les aménagements routiers : spatialisation et interpolation lorsque cela est possible, sinon, visualisation des niveaux aux points d'échantillonnage.
- Fournir des niveaux de références permettant de caler quantitativement les travaux de modélisation qui seront réalisés par les autres prestataires (notamment le monoxyde de carbone).

3. Présentation de l'étude

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

- tracé de l'axe littoral,
- zones de têtes de tunnel (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 6.10^{-6} par $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition continue à vie.
- *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 à l'échéance 2010 (Directive européenne du 22 avril 1999).
- *PRQA (Plan Régional pour la Qualité de l'Air) 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>NO_x</i> <i>(NO et NO₂)</i>	<i>Automatique</i>	<i>Quart horaire</i>	<i>AC31M Environnement SA</i> <i>NO_x2000 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 2002).

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 passe par un échantillonnage serré sur le domaine d'étude avec le positionnement de **sites de trafic** (point de mesure à moins de 10 mètres de l'axe) ; cet échantillonnage est réalisé notamment au niveau du Quai du lazaret, du Quai de la Joliette, situés en dessous de l'autoroute du littoral sens Nord Sud, mais également sur les voies afférente à ce réseau : Avenue Schuman, rue de la république, Boulevard des Dames et boulevard de Paris. Il couple tubes et stations fixes temporaires : celles des sites Saint Cassien (laboratoire mobile) et de Tourette (Cabine en toiture de la station de relevage des eaux).

Les niveaux de fond sont appréhendés à l'aide des stations urbaines permanentes : sites de l'école Vincent Leblanc et site de l'école de l'Evêché, ainsi qu'avec des tubes positionnés en retrait des grands axes de trafic. Les situations ainsi échantillonnées ont un représentativité plus large et font été de l'air ambiant du quartier en ces points.

La couverture du domaine d'étude a été programmée selon deux objectifs :

- maillage dense de l'ensemble du domaine pour permettre une spatialisation au plus juste de l'information
- positionnement des points d'échantillonnage selon des transepts pour évaluer la gradation des niveaux de pollution sur des axes est-ouest (mer-ville), correspondant également à l'impact attendu de l'aménagement de l'axe littoral en bordure de mer sur les quartiers urbanisés Tourette, Joliette et Salengro.

Les sites équipés d'appareils automatiques sont doublés ou triplés par des tubes, afin d'évaluer l'écart entre les deux méthodes de mesures : automatique – passif et de vérifier ponctuellement en mesurant l'écart également la qualité de la méthode passive.

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

Mesures automatiques

Nom du site	Site	Moyens	Paramètres mesurés	Période	
TEST	Site Tourette (Déversoir de la Tourette) Tête de tunnel sud	Cabine en toiture	NO _x , PM10, CO	Mise en service : Le 20 novembre 2002 Dépose : Le 2 mars 2003	
MOBR	Site Saint Cassien, sous le viaduc A55 nord sud à Arenc	Camionnette mobile	NO _x , PM10, CO, SO ₂ , O ₃	Mise en service : Le 14 novembre 2002 Dépose : Le 2 mars 2003	
ALPHA	Site Leblanc Ecole primaire Vincent Leblanc	Station temporaire : analyseurs en bâti	NO _x , CO	Mise en service : Le 14 novembre 2002 Dépose : Le 2 mars 2003	
GAMMA	Site de l'Evêché Ecole Primaire 41 rue de l'Evêché	Station temporaire : analyseurs en bâti	NO _x , CO	Mise en service* Le 6 décembre 2002 (CO) Données valides à partir du 25 janvier 2003 (NO_x) Dépose : Le 2 mars 2003	

* :

- Mois de novembre : Problèmes administratifs pour l'installation de la station.
- Au 6 décembre mise en service sans télétransmissions. Les données ont donc été rapatriées à posteriori au moment de la mise en service des lignes téléphoniques par la Ville. Les problèmes techniques dues à la carte haute tension de l'analyseur de NO_x n'ont pu être repérées qu'à ce moment là : intervention technique mais avec invalidation des données en NO_x jusqu'au 25 janvier. Les données de CO étaient correctes.

Tubes à diffusion passive NO₂, BTX

En annexe figurent les descriptions des sites et les paramètres mesurés.

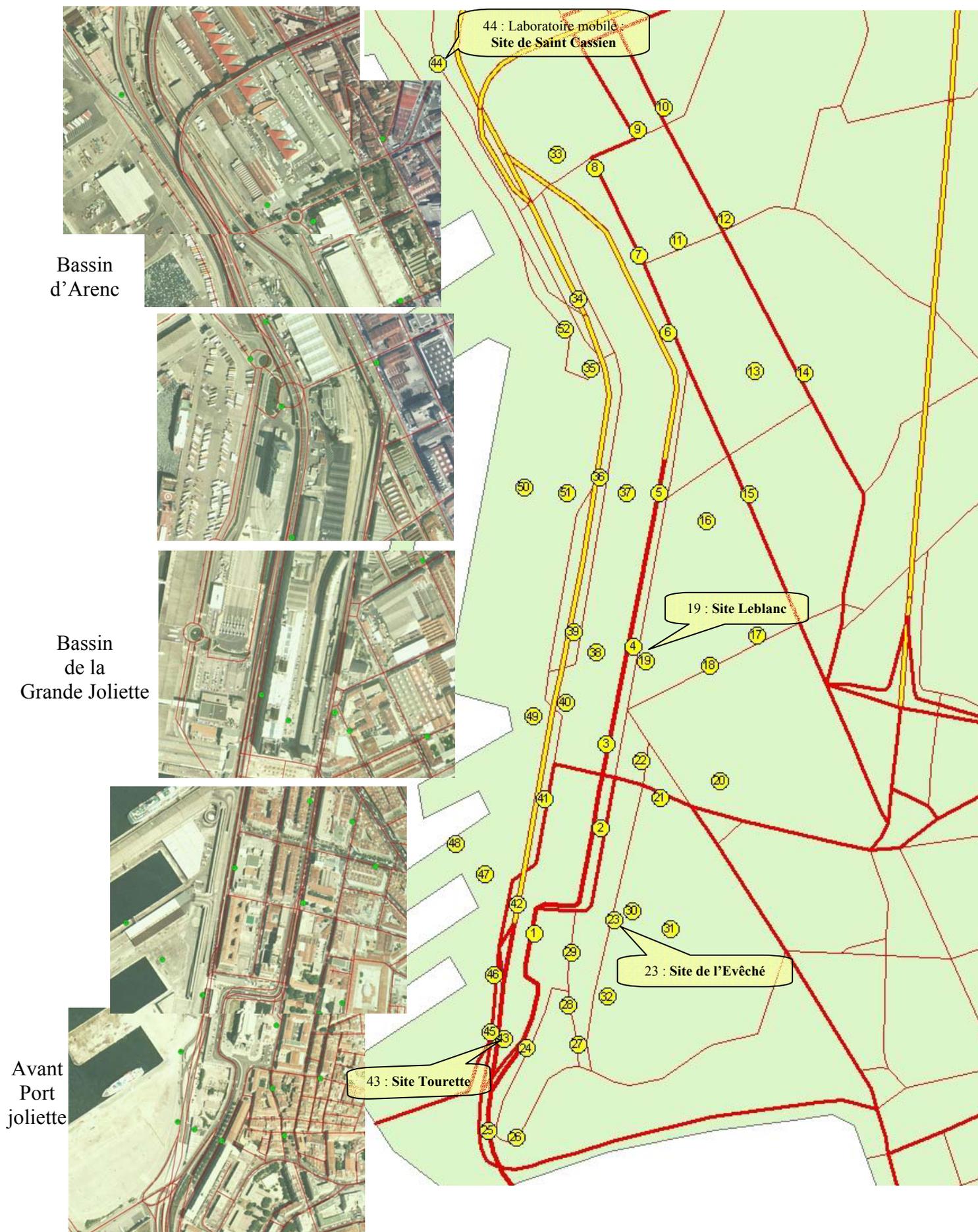
Périodes :

Tournée	Période
T1	9 décembre 2002 au 18 décembre 2002 : tubes NO2 de 1 à 31 et tubes BTX de 1 à 29 11 décembre 2002 au 18 décembre 2002 : tubes NO2 de 32 à 44
T2	18 décembre 2002 au 28 décembre 2002
T3	28 décembre 2002 au 08 janvier 2003
T4	08 janvier 2003 au 18 janvier 2003
T5	18 janvier 2003 au 29 janvier 2003
T6	29 janvier 2003 au 08 février 2003
T7	08 février 2003 au 19 février 2003
T8	19 février 2003 au 02 mars 2003

Table de présence des mesures :

SITES/TOURNEES	T1N	T1B	T2N	T2B	T3N	T3B	T4N	T4B	T5N	T5B	T6N	T6B	T7N	T7B	T8N	T8B
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																
28																
29																
30																
31																
32																
33																
34																
35																
36																
37																
38																
39																
40																
41																
42																
43																
44																
45																
46																
47																
48																
49																
50																
51																
52																

Positionnement des points d'échantillonnage Tubes et sites fixes temporaires



3.5. Nom et qualité des intervenants

Personnel d'Airmaraix :

Dominique ROBIN	Directeur adjoint – Supervision service études
Patricia GUIEU RENZI	Coordination du projet - réalisation
Grégory GILLES	Responsable technique pour le projet

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

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 P₂₀₀₂ (année 2002 complète) et P₂₀₀₃ correspondant à la période, «large» de fonctionnement des analyseurs fixes du 14.11/02 au 02.03.03.

Ce travail donnera lieu à une cartographie des niveaux, sur le domaine d'étude pour le NO₂, et le benzène. Ensuite, nous évaluerons les niveaux de pointes.

1. Conditions météorologiques des périodes de mesure

Les conditions météorologiques permettent d'appréhender le caractère dispersif de l'atmosphère par périodes de mesures.

Les tournées 3, 5 et 6 étaient plutôt ventées (mistral ou vent de sud est avec pluie) et ont montré des teneurs en polluants plus faibles. Par contre les périodes « anticycloniques » 1, 4 et surtout 7 présentant une majorité de vents faibles ou de brises, ont fait état de situations plus polluées.

Cf. Roses des vents par tournées en ANNEXE III

Les vitesses et directions de vents sur Marseille sont fournies par Météo France.

Du 9 au 18 décembre, ce sont des vents majoritaires de sud est de 5-6m/s qui sont observés ; soit un temps à dominance nuageuse, voire pluvieuse.

Du 18 au 28 décembre, 35% de vents calmes (< à 1,5m/s) et quelques journées de vent de nord ouest modéré et de sud est modéré également.

Du 28 décembre 2002 au 8 janvier 2003 : cette période est caractérisée par une fréquence importante de journées marquées par des vent de nord ouest et du mistral (vit > 8 m/s). Les vents calmes n'ont constitués que 21% des observations. Cette période fait partie des 3 tournées un peu moins polluées.

Du 8 au 18 janvier, avec 42% de vents calmes et des régimes synoptiques de nord ouest faibles à modérés (4,5 m/s < vitesse < 8m/s), l'atmosphère était peu dispersive et les teneurs en polluants élevées.

Du 18 au 29 janvier, 21% de vents calmes ; les autres observations constituent des vitesses modérées à fortes, de direction nord ouest : régime de nord ou mistral.

Du 29 janvier au 8 février, seulement 9% de vents calmes et 40 % de vents forts (vit > 8m/s) de direction nord ouest : mistral.

Du 8 au 19 février, beau temps anticyclonique avec des vents calmes (35%) et des régimes de brises faibles (60 % du temps). Cette tournée a été la plus polluée, l'absence de vent contribuant à la concentration des polluants dans l'air.

Du 19 février au 2 mars, 12% de vents calmes, les autres observations étant constituées de vents modérés à forts de sud est (pluie).

Tableau comparatif des fréquences de vitesses de vent sur les 8 périodes :

En %	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Vents calmes	25.4	35.3	21.9	42.7	21.5	9.2	35.9	12.8
Vents faibles (1,5 m/s<vit<4,5m/s)	39.6	54.4	36.2	47.3	35.1	22	59.6	44.9
Vents modérés (4,5 m/s<vit<8m/s)	33.2	9.1	20	10	28.7	29	4.5	37.4
Vents forts (> 8m/s)	1.8	1.2	21.9	0	14.7	39.8	0	4.9

2. Méthode pour l'évaluation des niveaux annuels pour les sites temporaires équipés d'analyseurs automatiques

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 (Saint Louis, Plombières, Thiers Noailles). Le lien est évalué à partir du coefficient de corrélation linéaire des évolutions horaires.

Si le coefficient de corrélation $R > 0.6$: condition principale

Couplé dans la plupart des cas à un $R^2 > 0.6$ également,

Alors, 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 2002.** Il s'agit, sur les stations prises comme référence, d'évaluer la représentativité de la période par rapport à celle de référence.

$$R^{Paxe/P2002} = Paxe_{\text{période de mesure temporaire}} / P2002_{\text{année 2002}}$$

3. Evaluation des niveaux pour P_{2002} sur les 4 sites temporaires équipés d'analyseurs automatiques

3.1. Site " Leblanc " ou ALPHA, rue Vincent Leblanc – Site urbain dense

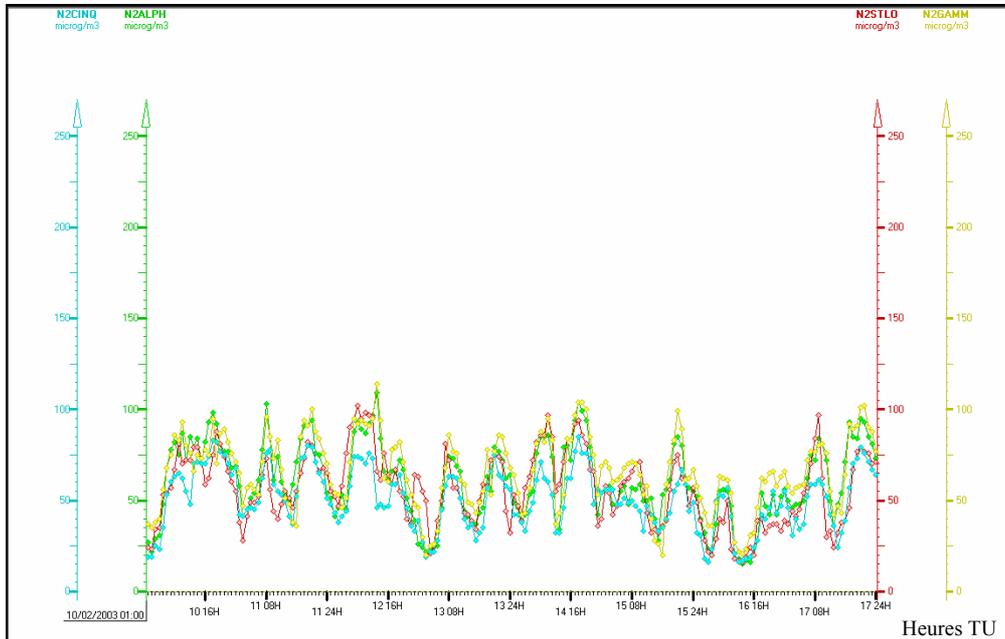
Période d'échantillonnage $P_{Leblanc}$: du 14 novembre 2002 au 2 mars 2003

Evaluation du lien entre « Leblanc » 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). Le graphique ci dessous illustre cette corrélation au pas de temps horaire, sur quelques jours pour les sites d'Axe Littoral

« Leblanc » et « Evêché » et d'autres du réseau fixe de l'agglomération marseillaise : « Cinq Avenues » et « Saint Louis » parfois implantées à plus de 1 km.

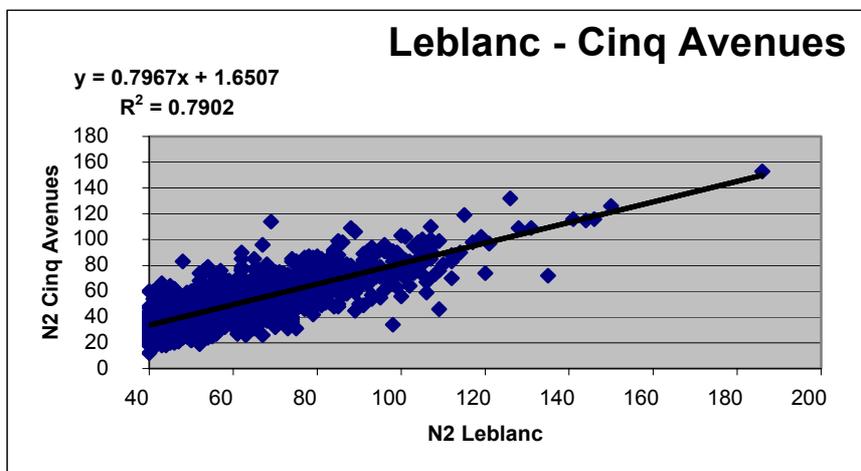
Exemple d'évolution des niveaux horaires de NO₂ du 10 au 17 février 2003 sur les sites urbains denses « Leblanc » et « Evêché » et ceux du réseau fixe « Cinq avenues » et « Saint louis » :



Légende :
N2CINQ : NO₂ Cinq Avenues N2STLO : NO₂ Saint Louis
N2ALPH : Leblanc N2GAMM : NO₂ Evêché

Les coefficients de corrélation linéaire R entre les données horaires enregistrées sur le site Leblanc et celles des stations permanentes (Cinq Avenues, Prado, Saint Louis et Thiers Noailles) sont respectivement de 0.88, 0.87, 0.9 et 0.84. (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 Leblanc et Cinq Avenues :

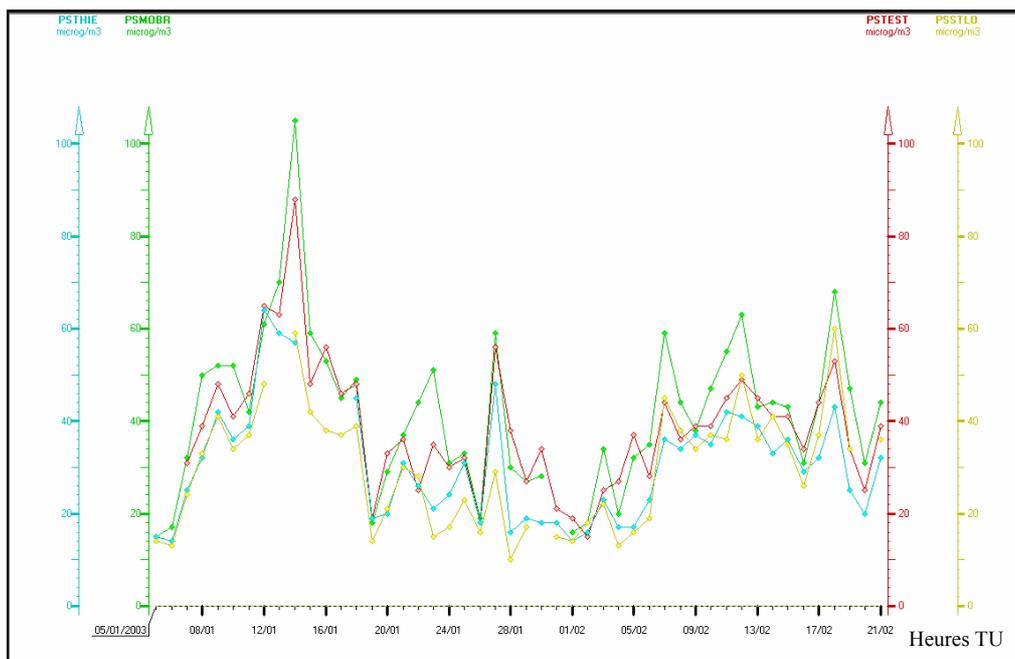


Estimation des concentrations de NO₂ pour P₂₀₀₂

	Paxe	P ₂₀₀₂	P _{axe} /P ₂₀₀₂	Coef. de corrélation linéaire (R ²) entre Leblanc et les stations fixes	Coef. de corrélation linéaire (R) entre Leblanc et les stations fixes
Leblanc	48	41*	/	/	
Cinq Av	40	34	1.18	0,79	0.88
Prado	52	47	1.11	0,76	0.87
St Louis	43	40	1.08	0.62	0.78
Thiers	50	42	1.19	0.82	0.9
Paradis	51	47	1.09	0.70	0.84
		rapport moyen	1.14	<i>*estimé en µg/m³</i>	

Dans cet exemple, le rapport de la période sur l'année 2002 est de 1.14 en moyenne ; la corrélation avec Saint Louis est de 0.62 (R²) et de 0.78 (R). Cette corrélation, même si elle excède 0.6 est la plus faible et ne ressort jamais supérieure à 0.6 lorsqu'on la calcule avec les autres stations temporaires d'axe littoral. Aussi, elle n'est pas prise en compte. Les teneurs de NO₂ doivent donc être **minorées de 14 %** pour obtenir l'estimation de la moyenne annuelle 2002 du site Leblanc. Celle ci est de 41 µg/m³.

Exemple d'évolution des niveaux journaliers de particules du 5 au 21 février 2003 sur les sites urbains denses « Tourette » et « Saint Cassien » et ceux du réseau fixe « Thiers-Noailles » et « Saint Louis » :



Légende :
 PSTHIE : Poussières Thiers Noailles
 PSMOBR : Poussières Saint Cassien
 PSTEST : Poussière Tourette
 PSSTLO : Poussière Saint Louis

Estimation des niveaux de CO de P₂₀₀₂

CO	Paxe	P ₂₀₀₂	Paxe/P ₂₀₀₂	Coeff. de corrélation linéaire (R ²) entre Leblanc et les autres stations	Coeff. de corrélation linéaire (R) entre Leblanc et les autres stations
Leblanc	0.6	0.38 *	/		
Plombières	1.8	1.5	1.20	0.43	0.66
Paradis	1.1	0.8	1.37	0.68	0.82
en mg/m ³			Coefficient retenu : 1.37	* : niveaux annuels estimés	

Les niveaux en CO de la station Leblanc sont donc minorés de 37 %, ce qui donne une estimation annuelle de 0,38 mg/m³.

3.2. Site " Evêché " ou GAMMA, rue de l'Evêché – site urbain dense

Cette station n'a bien fonctionné pour le NO₂ que sur la période du 25 janvier au 2 mars 2003, qui sera donc utilisée comme référence pour Paxe et les corrélations.

Estimation des concentrations de NO₂ pour P₂₀₀₂

	Paxe	P ₂₀₀₂	P _{axe} /P ₂₀₀₂	Coeff. de corrélation linéaire (R ²) entre Evêché et les stations fixes	Coeff. de corrélation linéaire (R) entre Evêché et les stations fixes ^{Heures TU}
Evêché	52	47 *	/	/	
Cinq Av	40	34	1.18	0.73	0.85
Prado	52	47	1.11	0.71	0.84
St Louis	45	40	1.13	0.48	0.69
Thiers	49	49	1.00	0.81	0.9
Paradis	52	47	1.11	0.76	0.87
		rapport moyen	1.10	*estimé en µg/m³	

Le rapport de la période sur l'année 2002 est de 1.10 en moyenne; celui-ci ne prend pas en compte la station saint Louis dont les variations horaires sont assez mal corrélées à celles de Evêché. Les teneurs de NO₂ doivent donc être **minorées de 10 %** pour obtenir l'estimation de la moyenne annuelle 2002 du site Evêché. Celle ci est de 47 µg/m³.

Estimation des niveaux de CO de P₂₀₀₂

CO	P _{axe}	P ₂₀₀₂	P _{axe} /P ₂₀₀₂	Coeff. de corrélation linéaire (R ²) entre Evêché et les autres stations	Coeff. de corrélation linéaire (R) entre Evêché et les autres stations
Evêché	0.4	0.25 *	/		
Plombières	1.8	1.5	1.20	0.37	0.61
Paradis	1.1	0.8	1.37	0.54	0.73
en mg/m ³			Coefficient retenu : 1.37	* : niveaux annuels estimés	

Les niveaux en CO de la station Evêché sont donc minorés de 37 %, ce qui donne une estimation annuelle de 0,25 mg/m³.

3.3. Site " Tourette " ou TEST, Station de relevage des eaux de la Tourette – Secteur tête de tunnel Sud

Estimation des concentrations de NO₂ pour P₂₀₀₂

	P _{axe}	P ₂₀₀₂	P _{axe} /P ₂₀₀₂	Coeff. de corrélation linéaire (R ²) entre Tourette et les stations fixes	Coeff. de corrélation linéaire (R) entre Tourette et les stations fixes
Tourette	47	40 *	/		
Cinq Av	40	34	1.18	0.62	0.79
Prado	52	47	1.11	0.56	0.74
St Louis	43	40	1.08	0.51	0.78
Thiers	50	42	1.19	0.63	0.82
Plombières	74	78	0.95	0.40	0.63
Paradis	51	47	1.09	0.70	0.83
Timone	37	48	0.77	0.40	0.63
		rapport moyen	1.15	*estimé en µg/m³	

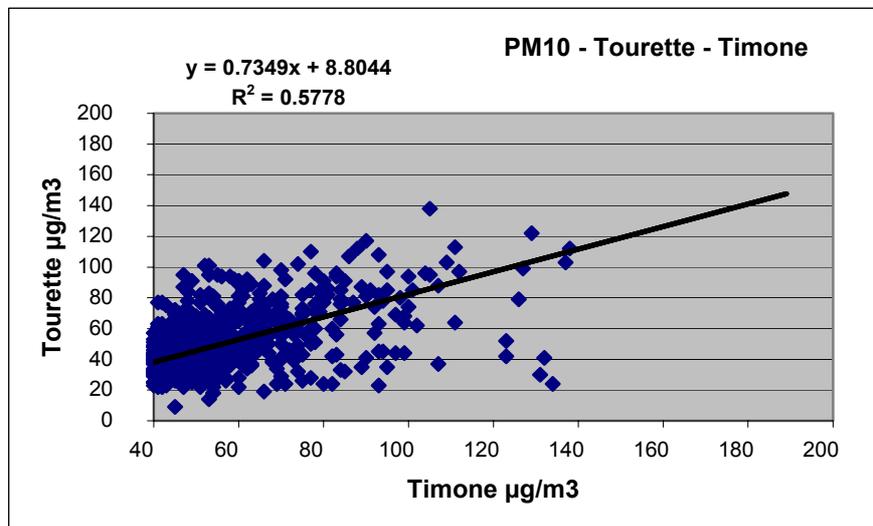
Le rapport de la période sur l'année 2002 est de 1.15 en moyenne lorsqu'on se réfère aux stations les plus corrélées : celles, urbaines, du centre ville : Cinq Avenues et Thiers, et Paradis, station de proximité. Les teneurs de NO₂ doivent donc être **minorées de 15 %** pour obtenir l'estimation de la moyenne annuelle 2002 du site Tourette. Celle ci est de 40 µg/m³.

Estimation des niveaux de CO de P₂₀₀₂

CO	Paxe	P ₂₀₀₂	Paxe/P ₂₀₀₂	Coeff. de corrélation linéaire (R) entre Tourette et les autres stations	
Tourette	0.8	0.5 *	/		
Plombières	1.8	1.5	1.20	0.45	0.67
Paradis	1.1	0.8	1.37	0.66	0.81
en mg/m ³			Coefficient retenu : 1.37	* : niveaux annuels estimés	

Les niveaux en CO de la station Tourette sont donc minorés de 37 %, ce qui donne une estimation annuelle de 0,5 mg/m³.

Exemple de nuage de points des niveaux horaires de Particules entre les sites Tourette et Timone, à partir du 2 décembre, début de la période valide de fonctionnement des particules sur le site Tourette :



Estimation des moyennes des PM10 pour P₂₀₀₂

	Paxe	P ₂₀₀₂	P _{axe} /P ₂₀₀₂	Coeff. de corrélation linéaire (R ²) horaire entre Tourette et les stations fixes	Coeff. de corrélation linéaire (R) journalier entre Tourette et les stations fixes
Tourette (TEST)	36	36 *	/	/	/
Cinq Av	26	26	1	0.55	0.72
St Louis	29	30	0.97	0.47	0.68
Thiers	29	28	1.04	0.63	0.82
Timone	34	30	1.13	0.58	0.81
rapport moyen : 1.04				*estimé en µg/m³	

La station la plus corrélée en termes de données horaires ou journalières est Thiers Noailles, possédant un rapport moyen de 1.04 entre sa moyenne durant la campagne et sa moyenne de l'année 2002. Ce rapport appliqué à la valeur moyenne de la station Tourette sur la période ne change pas le résultat estimé pour l'année : de 36 µg/m³.

3.4. Site " Saint Cassien " ou MOBR, secteur nord de l'aménagement littoral, entrée Saint Cassien du PAM - Site de proximité du trafic automobile

Estimation des concentrations de NO₂ pour P₂₀₀₂

	Paxe	P ₂₀₀₂	P _{axe} /P ₂₀₀₂	Coef. de corrélation linéaire (R ²) entre Saint Cassien et les stations fixes	Coef. de corrélation linéaire (R) entre Saint Cassien et les stations fixes
Saint Cassien	47	40 *	/	/	
Cinq Av	40	34	1.18	0.60	0.77
Prado	52	47	1.11	0.50	0.71
St Louis	43	40	1.08	0.58	0.76
Thiers	50	42	1.19	0.55	0.74
Plombières	74	78	0.95	0.53	0.73
Paradis	51	47	1.09	0.67	0.82
Timone	37	48	0.77	0.45	0.67
		rapport moyen	1.14	*estimé en µg/m³	

Le rapport de la période sur l'année 2002 est de 1.14 en moyenne lorsqu'on se réfère aux stations les plus : Cinq Avenues et Paradis. Les teneurs de NO₂ doivent donc être **minorées de 14 %** pour obtenir l'estimation de la moyenne annuelle 2002 du site Saint Cassien. Celle ci est de 40 µg/m³.

Estimation des niveaux de CO de P₂₀₀₂

CO	Paxe	P ₂₀₀₂	Paxe/P ₂₀₀₂	Coef. de corrélation linéaire (R ²) entre Saint Cassien et les autres stations	Coef. de corrélation linéaire (R) entre Saint Cassien et les autres stations
Saint Cassien	0.8	0.5 *	/		
Plombières	1.8	1.5	1.20	0.41	0.64
Paradis	1.1	0.8	1.37	0.56	0.75
en mg/m ³			Coefficient retenu : 1.37	* : niveaux annuels estimés	

Les niveaux en CO de la station Saint Cassien sont donc minorés de 37 %, ce qui donne une estimation annuelle de 0,5 mg/m³.

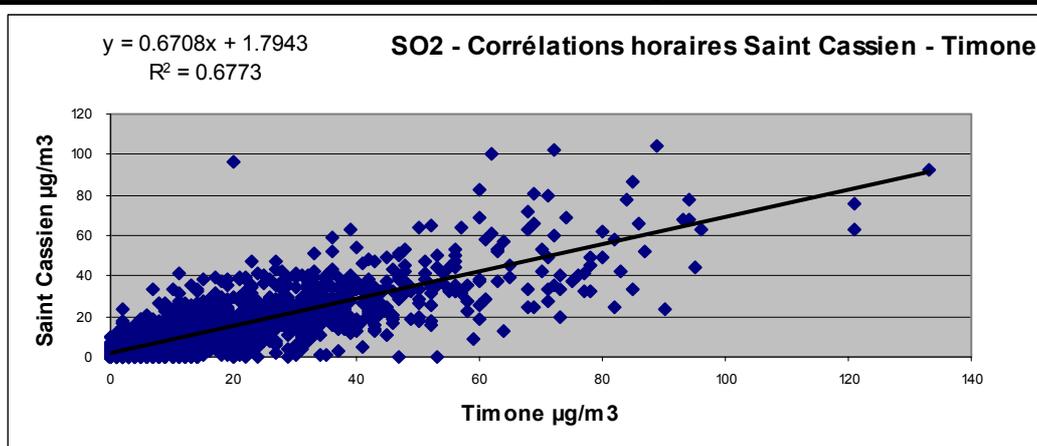
Estimation des moyennes des PM10 pour P₂₀₀₂

	Paxe	P ₂₀₀₂	P _{axe} /P ₂₀₀₂	Coef. de corrélation linéaire (R ²) <i>horaire</i> entre Saint Cassien et les stations fixes	Coef. de corrélation linéaire (R) <i>horaire</i> entre Saint Cassien et les stations fixes	Coef. de corrélation linéaire (R) <i>journalier</i> entre Saint Cassien et les stations fixes
Saint Cassien (MOBR)	37	37 *	/	/	/	/
Cinq Av	26	26	1	0.48	0.69	0.65
St Louis	29	30	0.97	0.57	0.75	0.80
Thiers	29	28	1.04	0.51	0.71	0.75
Timone	34	30	1.13	0.56	0.75	0.74
rapport moyen : 1.05				*estimé en µg/m³		

Les 2 stations les plus corrélées, au niveau des variations horaires et journalières sont Saint Louis et Timone. Le rapport moyen, en conséquence est de 1.05, ce qui ne change pas l'estimation annuelle pour Saint Cassien, de 37 µg/m³, en regard de la moyenne relevée pendant la campagne.

Estimation des moyennes de SO₂ pour P₂₀₀₂

	Paxe	P ₂₀₀₂	P _{axe} /P ₂₀₀₂	Coef. de corrélation linéaire (R ²) <i>horaire</i> entre Saint Cassien et les stations fixes	Coef. de corrélation linéaire (R) <i>horaire</i> entre Saint Cassien et les stations fixes
Saint Cassien (MOBR)	13	13 *	/	/	/
St Louis	9	11	0.82	0.51	0.71
Ste Marguerite	8	7	1.14	0.45	0.67
Timone	10	10	1.00	0.68	0.82
rapport retenu : 1.00				*estimé en µg/m³	



3.5. Synthèse des résultats

3.5.1 - Les niveaux annuels :

Tableau récapitulatif des valeurs annuelles estimées sur les 4 stations temporaires :

polluants	Stations	P _{axe}	P ₂₀₀₂ estimé	valeur annuelle de référence *
NO ₂ µg/m ³	Leblanc	48	41	40 µg/m ³ (échéance 2010)*
	Evêché	52	47	
	Tourette	47	40	
	Saint Cassien	47	40	
NO	Leblanc	31	/	/
	Evêché	19	/	
	Tourette	40	/	
	Saint Cassien	38	/	
PM10 µg/m ³	Tourette	36	36	40 µg/m ³ (échéance 2005 phase 1) * 30 µg/m ³ (échéance 2010 phase 2) *
	Saint Cassien	37	37	
CO mg/m ³	Leblanc	0.6	0.4	/
	Evêché	0.4	0.25	
	Tourette	0.8	0.5	
	Saint Cassien	0.8	0.5	
SO ₂	Saint Cassien	13	13	20 µg/m ³ (Valeur limite)

* : Directive CE 1999/30/CE du 22 avril 1999 - Décret du 15/02/02

Impact de l'axe sur les quartiers habités :

Lorsqu'on s'éloigne des stations de proximité (Saint Cassien et Tourette) vers la « ville » à l'est et les quartiers Salengro, Joliette, Evêché et Panier représentés par les stations urbaines denses Leblanc et Evêché, 2 phénomènes se produisent :

- Polluants primaires :

Niveaux de CO diminuent d'un rapport 1.5 à 2

Niveaux de NO diminuent de 25 à 50 %

- Concernant les niveaux de NO₂, cette décroissance n'est pas vérifiée : ils varient 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 des points sources, Quais de La Tourette, de la Joliette et du Lazaret, dans le cas présent, deux processus sont en compétition :

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

La baisse d'un facteur 2 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 l'axe littoral et les quartiers à l'est indique que la réaction est limitée par la charge en oxydants sur l'ensemble de l'aire d'étude 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 sur les quartiers (formation d'ozone et de radicaux liée aux processus photochimiques).

Niveaux annuels et valeurs limites :

Les niveaux annuels estimés de NO₂ sur les 4 stations temporaires, variant entre 40 et 47 µg/m³ dépassent la valeur limite européenne fixée à 40 µg/m³ (échéance 2010).

Les niveaux de PM₁₀ (36 à 37 µg/m³) dépassent l'objectif de qualité français (30 µg/m³ en moyenne annuelle) et respectent à priori la directive européenne de 40 µg/m³ (échéance 2005).

Les teneurs en CO, de 0.4 à 0.8 mg/m³ par an sont peu importantes, comprises dans les valeurs classiquement relevées dans les grandes villes européennes (< 2mg/m³/an).

Le dioxyde de soufre, au sein de cette situation de trafic urbain prend plutôt son origine dans les émissions des véhicules. Les niveaux sont modérés : 13 µg/m³ et largement en dessous de la valeur limite européenne pour la protection de la végétation, de 20 µg/m³ par an, et de l'objectif de qualité pour la protection de la santé : 50 µg/m³.

3.5.2 - Les niveaux de pointe :

Cf. Annexes Tableau « calculs Axe Littoral 14/11/02 à 02/03/03 (moyennes – percentiles et max)

Rapport aux normes :

	En µg/m ³	Leblanc	Evêché	St Cassien	Tourette
NO ₂	Nbre h > 200 µg/m ³	0	0	1	0
	Max horaire	186	120	201	140
	Date du max	14.01.03	27.01.03	08.01.03	14.01.03
SO ₂	Max horaire	/	/	133	/
	Date du max	/	/	01.01.03	/
PM10	Nbre de j > 50 µg/m ³	/	/	23	7
	Max Journalier	/	/	105	88
	Date du max	/	/	14.01.03	14.01.03
CO	Max horaire	4.3	4.2	4.2	4.9
	Date du max	27.11.02	27.01.03	08.01.03	27.11.02

Evaluation des risques de dépassement des seuils horaires et journaliers

Concernant le NO₂, des dépassements du seuil 200 µg/m³ n'ont été relevés sur le réseau fixe d'Airmaraix que sur la station Plombières et se sont centrés sur la période hivernale. Aussi, on peut penser que le dépassement de ce seuil, en janvier, sur le site Saint Cassien a probablement pu être le seul de l'année.

Néanmoins, le seuil limite annuel de 200 µg/m³ étant dépassé, le risque existe probablement en ce qui concerne le dépassement de la valeur limite : centile 99.8 : soit 18h de dépassement de la valeur seuil de 200µg/m³ sur les 365 jours de l'année.

Le seuil limite risque également d'être atteint sur le Site Leblanc dont le maximum horaire de l'hiver était élevé : 186 µg/m³/h.

Comme pour le NO₂, les pics journaliers de PM10 des stations su réseau fixe se sont également produits essentiellement entre novembre 2002 et février 2003 pour trois des stations fixes : 4 journées polluées en hiver pour Cinq Avenues, contre 8 jours dans l'année 2002, 5 journées en hiver contre 8 sur l'année pour Thiers et 17 jours en hiver contre 19 en tout sur l'année pour Timone. Par contre, la station Saint Louis a comptabilisé 7 journées supérieures à 50 µg/m³ sur cette période hivernale et 26 durant l'année 2002.

	Décompte du nombre de jours entre le 14.11.02 et le 02.03.03	Décompte du nombre de jours sur 2002	Rapport
Cinq avenues	4	8	0.5
Thiers Noailles	5	8	0.6
Saint louis	7	26	0.3
Timone	17	19	0.9

Au regard de ces données, on peut penser, à minima, que le nombre de journées supérieures à 50 µg/m³ sur les sites St Cassien et Tourette devraient sur une année voir leur nombre augmenter d'environ 50 % (rapport moyen hiver sur année), ce qui porterait le nombre de jour supérieurs à 50 µg/m³ à 46 pour St Cassien et à 14 pour Tourette.

Rappel : la valeur limite applicable est de 35 j de dépassement du seuil journalier de 50 µg/m³ sur l'année (échéance 2005).

ESTIMATIONS :
 NIVEAUX DE POINTE

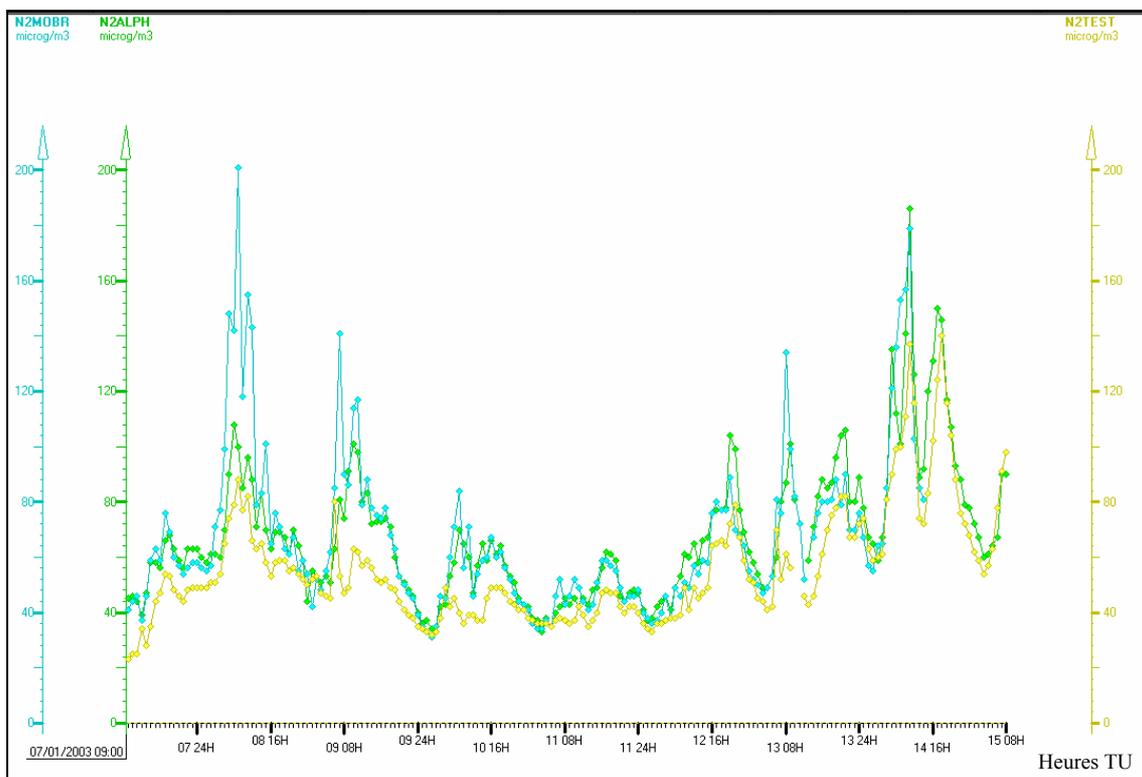
Dépassement (norme dépassée)
Risque de dépassement (seuil dépassé – norme respectée)
Respect

	Valeurs en µg/m ³	Leblanc	Evêché	St Cassien	Tourette
NO2	Nbre h > 200 µg/m ³ (val. Limite – 18h)			1	0
SO2	Max horaire (val limite : 350 µg/m ³ /h)	/	/	133	/
PM10	Nbre de j > 50 µg/m ³ (val. limite)	/	/	23 (46 année)	7 (14 année)
CO	Max horaire (val. guide : 30µg/m ³ /h)	4.3	4.2	4.2	4.9

Ainsi sur les grands axes, de saint Cassien jusqu'à l'entrée du tunnel Vieux Port, il semble que les dépassements de normes existent pour les particules en suspension et que les risques de dépassements soient élevés pour le NO₂.

Profils des stations :

Evolutions horaires des concentrations en Dioxyde d'azote sur les stations Saint Cassien, Tourette et Leblanc – Période du 7 au 15 janvier 2003 :



Légende :	N2MOBR : NO2 Saint Cassien	N2TEST : NO2 Tourette
	N2ALPH : NO2 Leblanc	

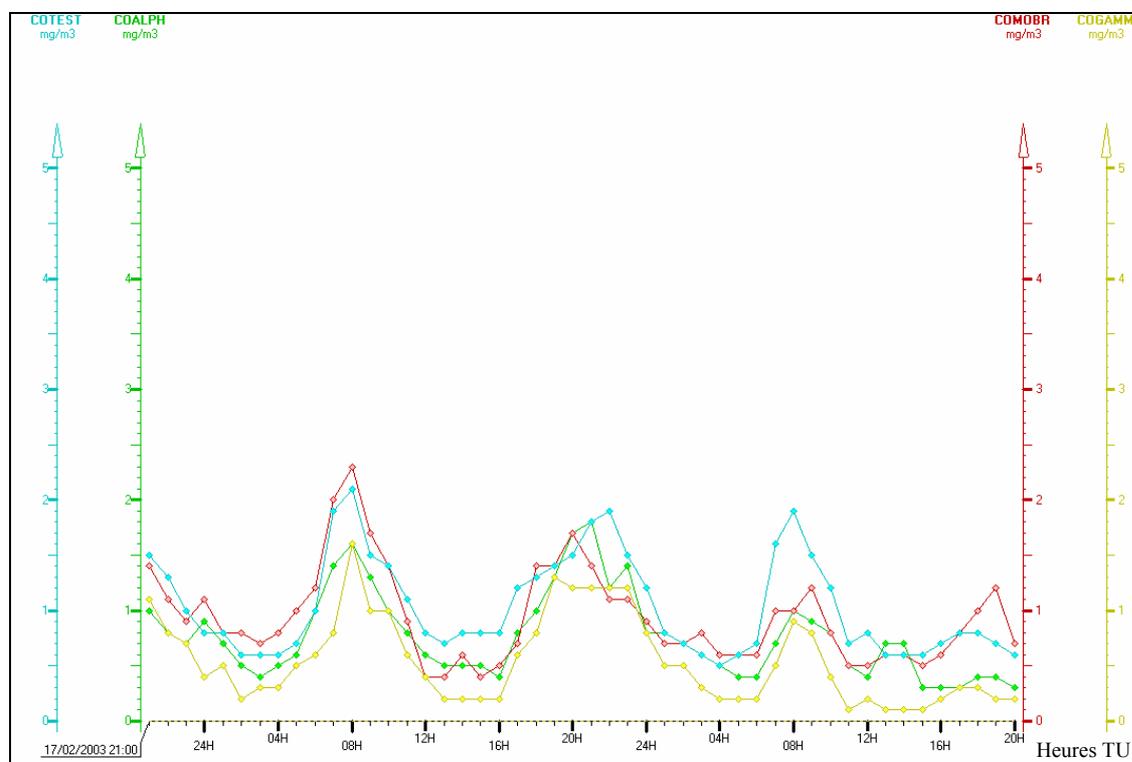
Le secteur d'étude « Axe littoral » constitue un domaine assez « homogène » en terme de pollution de pointe : les variations horaires entre les stations sont bien corrélées : les concentrations horaires les plus intenses se produisent vers 8h et 19h, aux heures de pointe de trafic sur les parties autoroutières et d'engorgement dans les zones urbaines.

Au secteur nord de l'axe, hormis les pics plus importants sur Saint Cassien (en situation de proximité), les deux sites Saint Cassien et Leblanc fonctionnent assez harmonieusement.

A la différence des autres stations, le percentile 99 des valeurs horaires sur Saint Cassien est plus élevé (116 contre 102, 107 et 109 pour les autres stations) démontrant un impact plus sensible au trafic et aux variations horaires sur ce point de mesure.

Au secteur Sud, Tourette se démarque avec un profil légèrement moins pollué en NO₂.

Evolutions horaires des concentrations en monoxyde de carbone sur les stations Saint Cassien, Tourette, Leblanc et Evêché – Journées de 17 et 18 février 2003 :

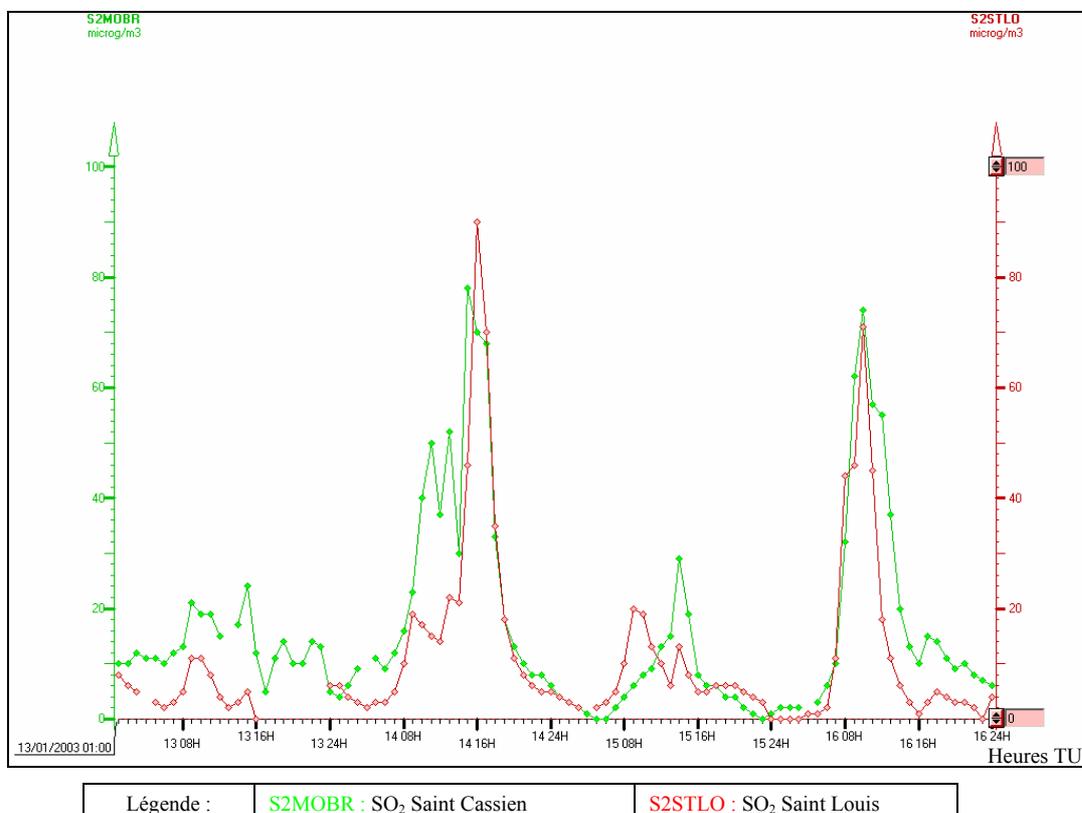


Légende :	COTEST : CO Tourette	COMOBR : CO Saint Cassien
	COALPH : CO Leblanc	COGAMM : CO Evêché

Aux heures de pointes du trafic, les niveaux en CO sont plus aigus sur les 2 sites de proximité Tourette et Saint Cassien (moyennes pour les deux sites de 0,8), directement soumis aux émanations des pots d'échappement des véhicules.

Le CO est un gaz dont les concentrations diminuent rapidement, dans les premiers mètres au lieu de sa source. Aussi les teneurs sont elles déjà un peu plus diluées sur les sites Leblanc et Evêché (moyennes respectives 0,6 et 0,4), où l'on perçoit également l'impact des pointes de trafic mais de façon moins sensible.

Evolutions horaires des concentrations en dioxyde de soufre sur les stations Saint Cassien, et Saint louis (réseau fixe) – 13 au 16 janvier 2003 :



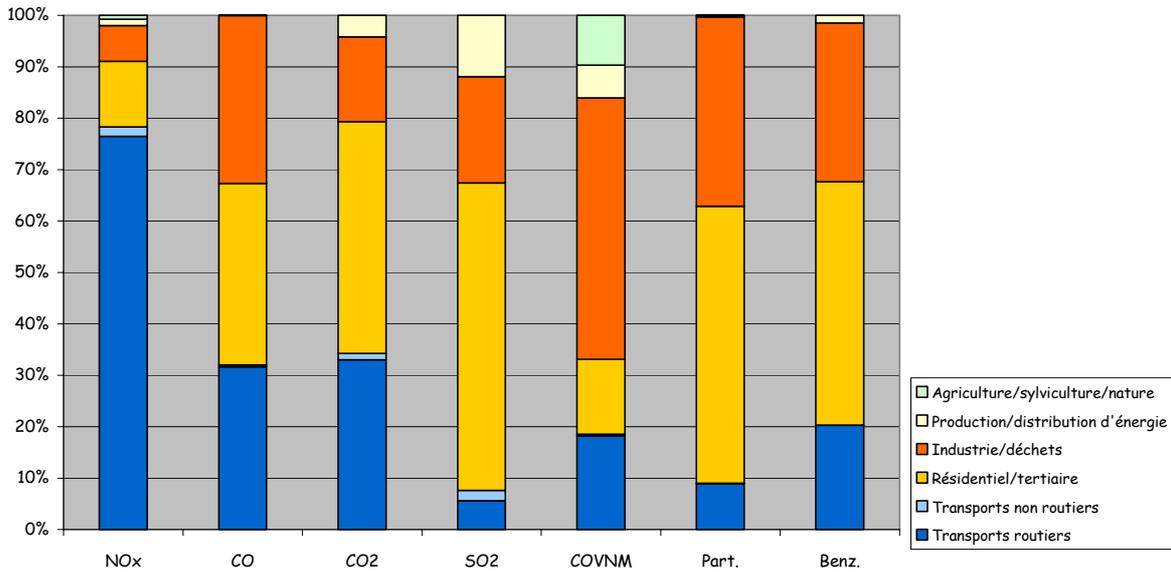
Le soufre est en général le traceur de panaches de pollutions industrielles : rejets des cheminées. En l’occurrence, sur le secteur axe littoral, et durant cette période hivernale d’échantillonnage, les teneurs maximales relevées (**pointes**) sont à mettre en regard des émissions automobiles. Elles interviennent aux heures de pointe de la circulation dans des gammes de concentrations inférieures à celles que l’on pourrait observer s’il s’agissait d’une retombée de panache.

Néanmoins, les contextes « portuaire » pour l’axe littoral et « tissu industriel » pour Saint Louis sont bien présents ; les transports maritimes sensu stricto doivent principalement jouer un rôle sur les émissions de SO₂ et donc la **pollution chronique**, au niveau de l’environnement proche des activités portuaires.

Les données ci-dessous ont été élaborées dans une approche macro avec l’objectif de modéliser des phénomènes de pollution par l’ozone à l’échelle régionale : toute analyse plus poussée nécessiterait d’approfondir les calculs d’émissions en particulier en prenant en compte les émissions à l’arrêt et les sources au sol relatives à l’activité du port.

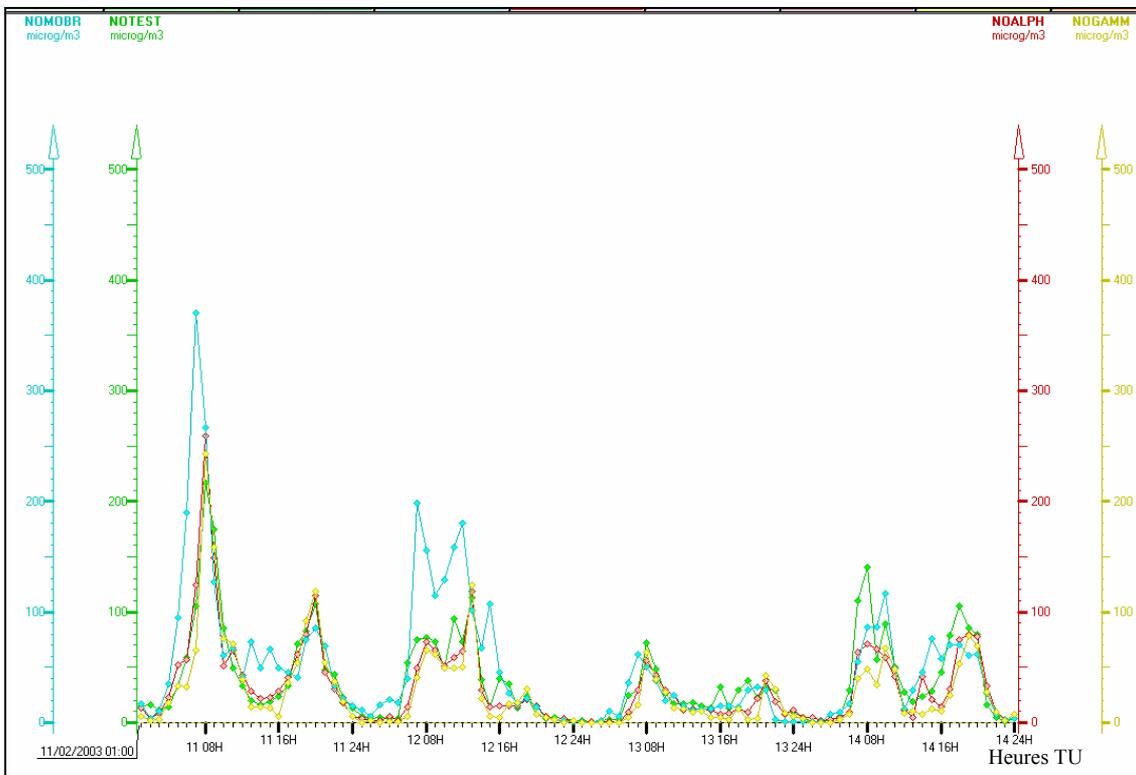
Pour mémo, sur l’unité urbaine de Marseille, les émissions soufrées dues aux transports ne sont représentées que par les transports non routiers à hauteur de quelques pourcents, issus essentiellement des activités portuaires.

**Répartition des émissions de polluants par secteur d'activité
(Commune de Marseille, année 1999)**



© ESCOMPTE 2003 - traitement AIRMARAIX, septembre 2003.

Evolutions horaires des concentrations en monoxyde d'azote sur les stations Saint Cassien, Tourette, Evêché, et Leblanc – Journées du 11 au 14 février 2003 :

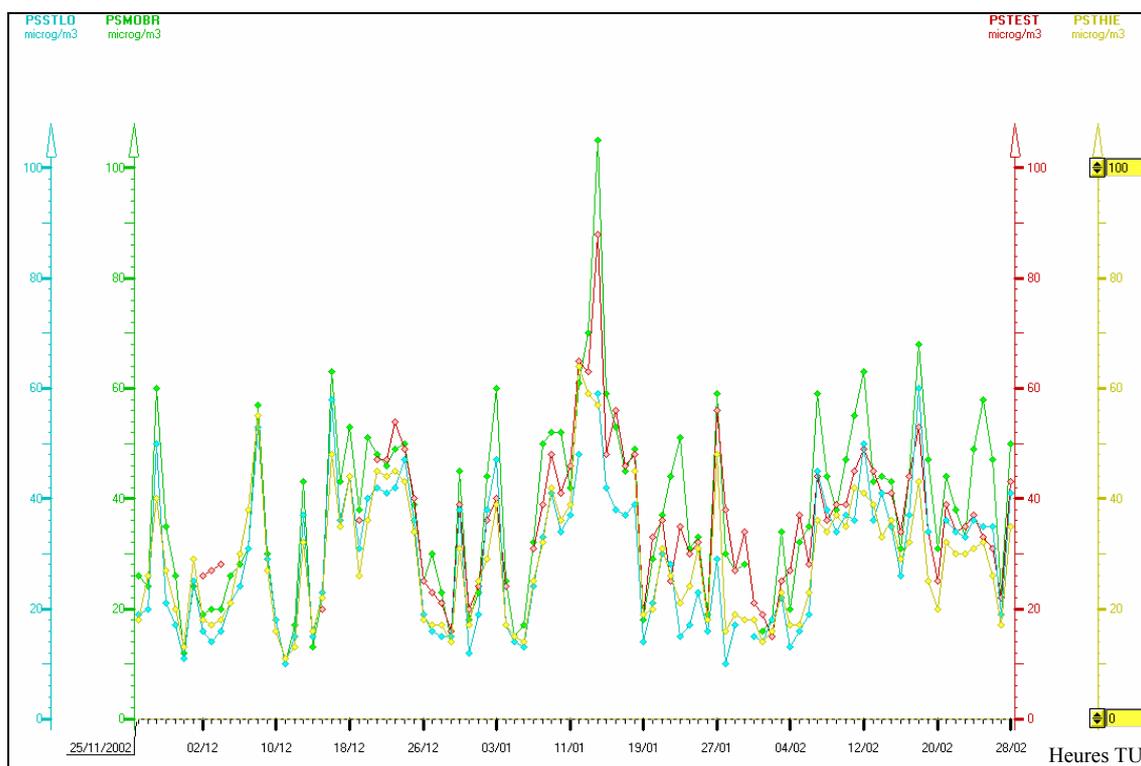


Légende :	NOMOBR : NO Saint Cassien	NOALPH : NO Leblanc
	NOTEST : NO Tourette	NOGAMM : NO Evêché

Polluant primaire, directement émis aux pots d'échappement des véhicules, les pointes les plus aiguës de NO sont détectées sur les deux sites de trafic.

L'abattement est de l'ordre de 20 à 40 % entre les grandes voies de trafic (moyennes périodes pour Tourette et Saint Cassien respectivement de 38 et 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) et les parties urbanisées à l'est de l'axe (moyennes périodes pour Leblanc et Evêché respectivement de 31 et 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Evolutions journalières des concentrations en monoxyde d'azote sur les stations Saint Cassien et Tourette, et, Thiers Noailles et Saint louis (réseau fixe) – Journées du 25 novembre 2002 au 28 février 2003 :



Légende :	PSSTLO : Ps Saint Louis	PSTEST : Ps Tourette
	PSMOBR : Ps Saint Cassien	PSTHIE : Ps Thiers Noailles

Les variations journalières sur l'agglomération marseillaise sont assez homogènes d'une station à l'autre. On peut remarquer le 14 janvier 2003, date d'un niveau de recommandation en dioxyde d'azote sur Marseille une montée spectaculaire des poussières sur ces 4 stations et particulièrement celles de l'axe littoral.

Cette journée a été marquée par une inversion thermique importante (journée anticyclonique sans vent) provoquant la concentration des polluants dans les basses couches de l'atmosphère. Les teneurs journalières en poussières ont atteint 105 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et 88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivement pour Saint Cassien et Tourette.

Pour mémoire, la valeur limite journalière pour les poussières (décret du 15 février 2002) fixe un seuil journalier de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ à ne pas dépasser plus de 35 jours dans l'année.

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 du 9 décembre 2002 au 2 mars 2002 (8 tournées de tubes)

Nous utiliserons le doublage des 4 sites temporaires pour évaluer le coefficient à apporter aux valeurs fournies par les tubes.

**Tableau récapitulatif pour le dioxyde d'azote des rapports T/A
relevés pendant les périodes T1 à T8**

NO ₂ - µg/m ³	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
t 19	56.8	58.7	55.1	73	55.9	56	66.8	49.8
A Leblanc	48	48	46	66	45	49	62	39
Rapport t₁₉/A_{Leblanc}	1.2	1.2	1.2	1.1	1.2	1.1	1.1	1.3
t 23	60.4	59.4	57.2	71.9	57.4	54.9	68.8	51.3
A Evêché	/	/	/	/	48	46	67	45
Rapport t₂₃/A_{Evêché}	/	/	/	/	1.2	1.2	1.0	1.1
t 43	72.8	61.8	55.9	76.8	58.5	52.7	76.4	65.3
A Tourette	59	46	40	59	38	34	57	42
Rapport t₄₃/A_{Tourette}	1.2	1.3	1.4	1.3	1.5	1.6	1.3	1.6
t 44	65.8	/	57.1	70	54.8	50.8	67	53.8
A St Cassien	45	48	46	67	40	41	63	46
Rapport t₄₄/A_{StCassien}	1.5	1.3	1.2	1.0	1.4	1.2	1.1	1.2
Rapport Moyen t/A	1.3	1.3	1.3	1.2	1.3	1.3	1.1	1.3

Le coefficient par période T/A utilisé pour corriger les valeurs des tubes sera le coefficient moyen par tournée, variant entre 1.1 et 1.3 ; soit une surestimation des valeurs des tubes en regard des analyseurs fixes de l'ordre de 10 à 30 %.

Les valeurs des tubes ainsi corrigées se retrouvent dans le tableau « Résultats validés des tubes » en annexe.

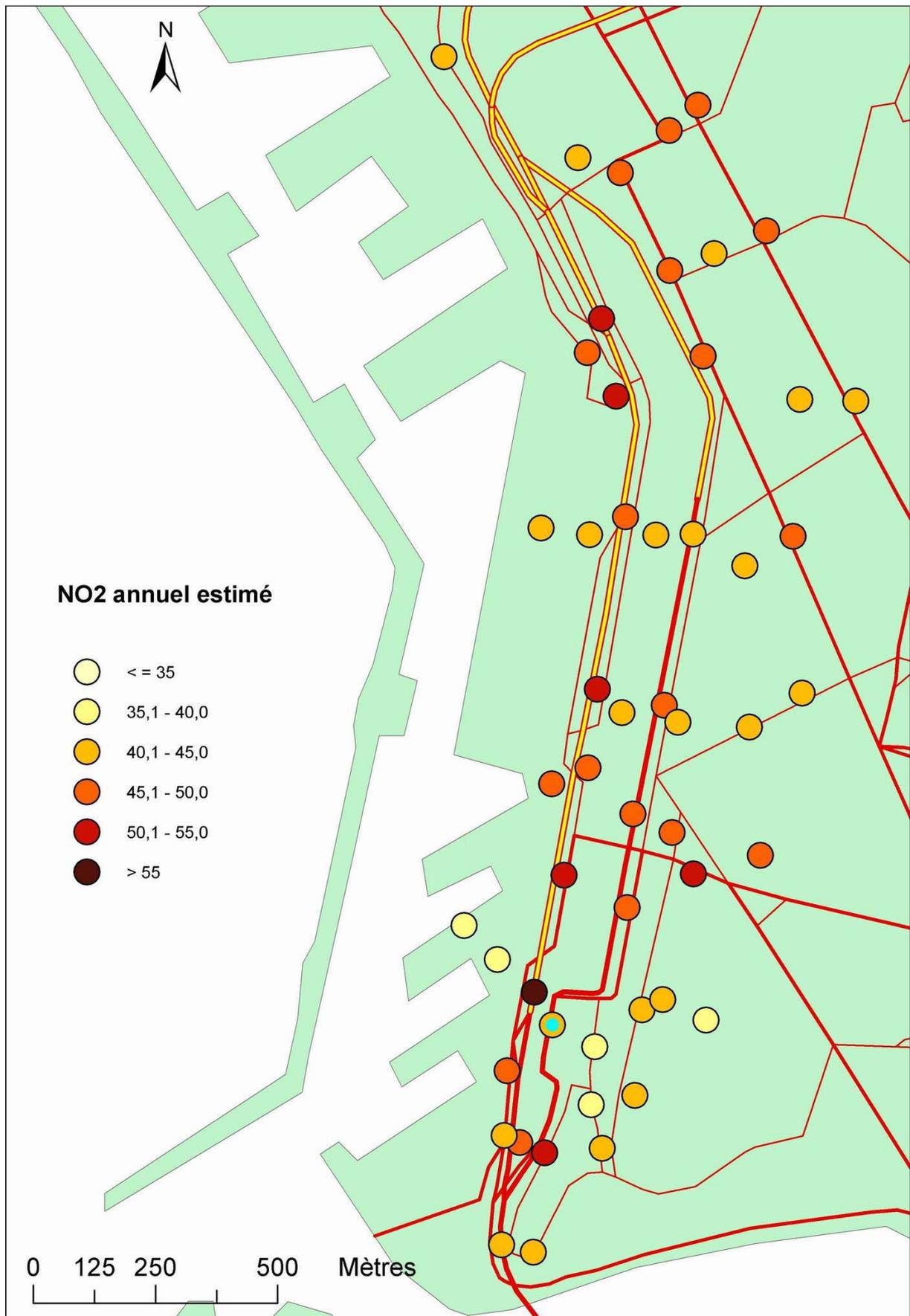
Les cartes afférentes à ces données sont présentes en annexe, partie « cartographie NO₂ »

4.3. Ecart période annuelle/période hivernale des tubes et valeurs annuelles estimées

Les stations temporaires mises en place sur Axe littoral en regard du réseau fixe marseillais présentent les rapports suivants :

1.14 pour Leblanc	1.15 pour Tourette
1.10 pour Evêché	1.14 pour Saint Cassien

La moyenne de ces rapport est de 1.13 (surestimation de 13% des tubes sur la période hivernale). Aussi, ce rapport appliqué aux moyennes des tubes de l'ensemble des tournées permet d'obtenir « l'image annuelle » des concentrations en NO₂ en ces différents points.



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

TUBES	NO ₂ annuel estimé
48	36
47	38
31	38
28	39
29	39
17	40
38	41
19	41
26	41
37	41
32	41
25	41
27	41
16	42
44	42
23	42
30	42
13	42
14	43
11	43
18	43
51	43
45	43
33	44
1	44
50	44
5	44
43	45
20	45
22	46
52	46
8	47
12	47
36	47
4	48
15	49
6	49
7	49
2	49
46	49
40	49
3	49
9	49
10	50
49	50
35	51
39	51
41	53
34	54
21	55
24	55
42	59

Répartition par tranches de concentrations des valeurs annuelles estimées sur sites :

La surveillance du dioxyde d'azote s'inscrit dans le cadre du décret du 15 février 2002 : Valeurs limites pour la protection de la santé humaine :

- centile 98 (soit 175 heures de dépassement autorisées par année civile de 365 jours), calculé à partir des valeurs moyennes par heure ou par périodes inférieures à l'heure, prises sur toute l'année, égal à 200 µg/m³. Cette valeur limite est applicable jusqu'au 31 décembre 2009 ;

- centile 99,8 (soit 18 heures de dépassement autorisées par année civile de 365 jours), calculé à partir des valeurs moyennes par heure ou par périodes inférieures à l'heure, prises sur toute l'année, égal à 200 µg/m³. Cette valeur limite est applicable à compter du 1^{er} janvier 2010. Avant cette date, la valeur limite applicable est la valeur de 2010 augmentée des marges de dépassement suivantes :

Année	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Marge de dépassement en µg/m ³	90	80	70	60	50	40	30	20	10

40 µg/m³ en moyenne annuelle. Cette valeur est applicable à compter du 1^{er} janvier 2010. Avant cette date, la valeur limite applicable est la valeur de 2010 augmentée des marges de dépassement suivantes :

Année	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Marge de dépassement en µg/m ³	18	16	14	12	10	8	6	4	2

Valeur limite pour la protection de la végétation : 30 µg/m³ en moyenne annuelle d'oxydes d'azote.

Le secteur Axe Littoral est assez chargé en polluants. Si l'on considère la valeur limite annuelle, pour le NO₂ fixée pour 2003 : 54 µg/m³ (seuil de 40 µg/m³ accompagné d'une marge de dépassement de 14 µg/m³) celle ci est dépassée sur 4 sites, les plus circulants ou bien les plus encaissés : 42 : sous la passerelle , Quai de la Tourette ; 24 : esplanade Tourette, au dessus de la sortie du tunnel Vieux Port ; 21 : Boulevard des Dames ; 34 : bd Mirabeau sous la passerelle secteur nord.

Cette valeur, à l'échéance 2010 passe à 40 µg/m³ et serait donc dépassée, sur la base des valeurs estimées en 2002 sur la majorité des points d'échantillonnages. Seuls, 5 d'entre eux seraient épargnés malgré des concentrations également élevées : points 48 et 47, sur le port au niveau du hangar J1 (36 et 37 µg/m³) ; sites 31 (place devant la Vielle Charité), 28 (rue de la cathédrale) et 27 (place de Lenche), situés dans le quartier du panier, en hauteur sur des secteurs ouverts et ventilés.

3 zones montrent des moyennes inférieures à 45 µg/m³ : quartier du panier, et le secteur longiligne du port coté mer des hangars J1 à A2, plus aérés car en hauteur et/ou ventilés, ainsi que le secteur Boulevards de Paris et Roger Salengro, au niveau des rues Désirée Clary et Melchior, moins dense en bâti.

Les secteurs les plus pollués concernent les axes Quai du Lazaret et de la Joliette en dessous de l'autoroute du Littoral et les noeuds routiers suivants :

- Place de la Joliette et bas du bd des Dames devant l'entrée de la Gare Maritime
- secteur sous le Viaduc Mirabeau / rue d'Anthoine et intersection rue d'Anthoine/bd Salengro/bd de Briançon
- Porte d'Arenc
- secteur Tourette/Major.

Les concentrations présentes dans ce tableau aux points d'échantillonnage « stations temporaires » sont les concentrations annuelles estimées des tubes et non celles annuelles estimées des stations fixes (écart < à 5 µg/m³)

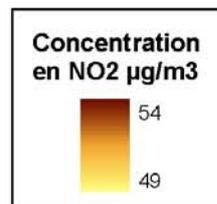
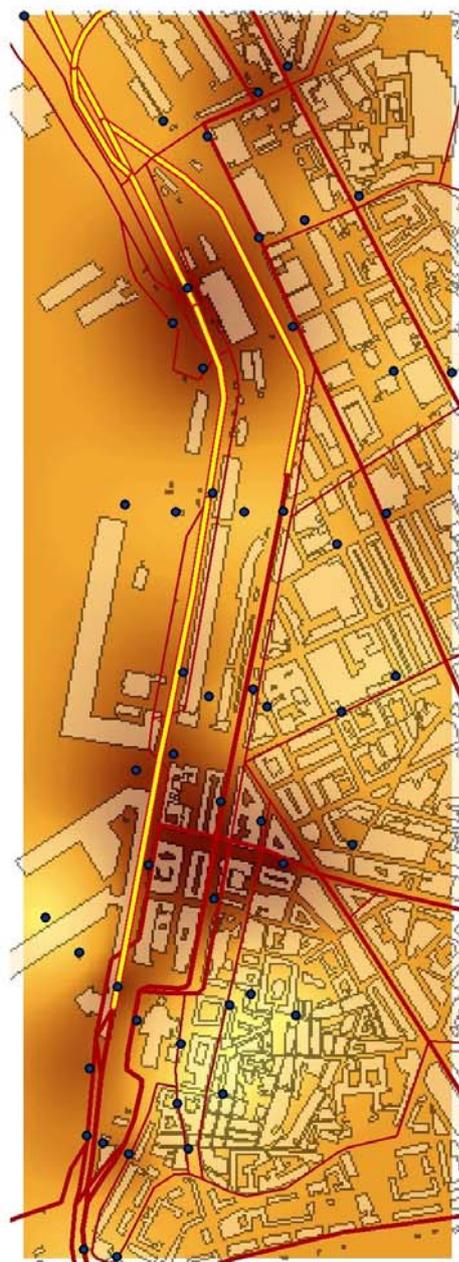
En annexe sont consignées les cartes tournées par tournées.

Ci après, les spatialisations des concentrations en dioxyde d'azote sur le secteur axe littoral, exécutées à partir des moyennes en NO₂ sur l'ensemble de la période (moyenne des tournées des tubes).

Cette carte consiste en une **interpolation par krigeage** des moyennes aux points d'échantillonnage. Cette méthode « gomme » les concentrations extrêmes car il y a un recalcul en chaque point en fonction des 10 points les plus proches. Aussi, il convient d'analyser l'image globale et les variations de couleurs rendues par cartographie, en s'abstrayant des concentrations en elles mêmes. (L'échelle de la carte varie de 49 à 54 µg/m³, alors que les concentrations mesurées se répartissent réellement entre 25 et 68 µg/m³).

Le rendu est à prendre avec quelques précautions d'interprétations ; néanmoins, les axes circulant urbains et autoroutes ainsi que les 4 secteurs les plus pollués ressortent : Tourette, Joliette, Arenc et Anthoine/Briançon.

Interpolation des concentrations en NO2 Axe Littoral du 9/12/02 au 2/03/03

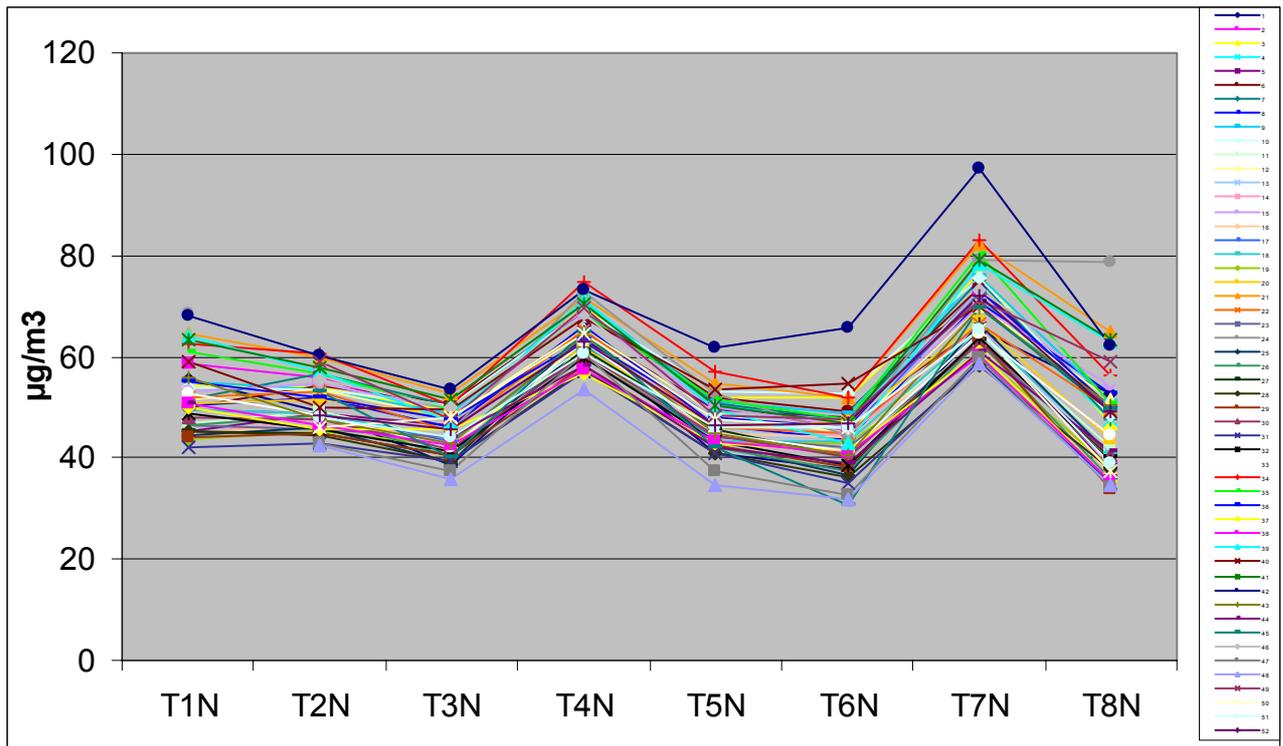


Methode de calcul des niveaux entre les points :
krigeage à variogramme sphérique



BDCARTO © - ©IGN PARIS - 2001
BDTOPO © - ©IGN PARIS - 2002

Analyses par périodes (tournées NO2 valeurs validées) :

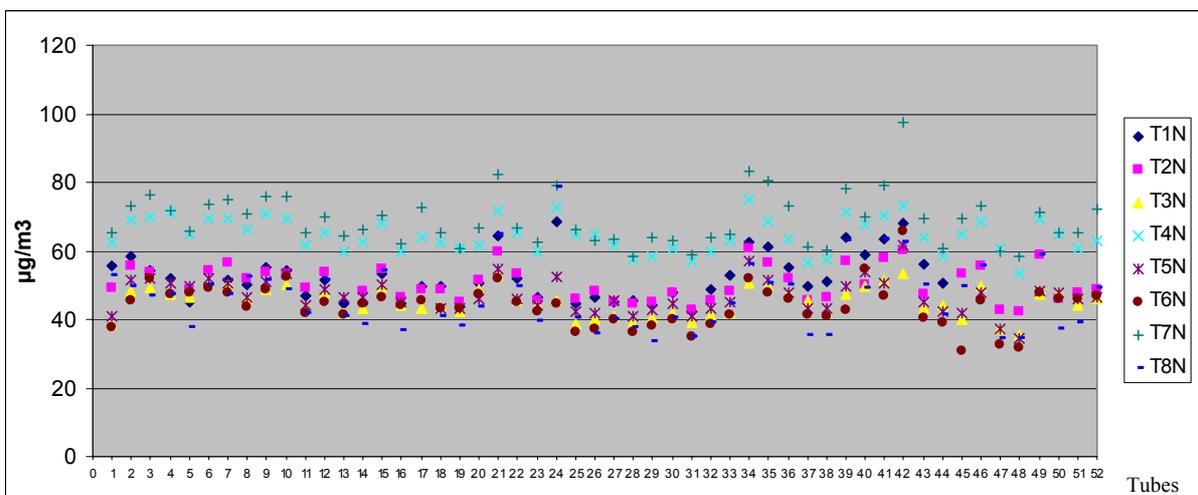


Les périodes les plus polluées sont T4 (moyennes de l'ensemble des valeurs des tubes : $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et T7 (moyenne : $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$) pour lesquelles on observe des conditions anticyclonique avec plus de 70% de vents calmes et faibles.

Notamment au cours de la T7, les points 42 (sous l'axe autoroutier quai de la Tourette) et 34 (sous l'axe autoroutier Arenc) se démarquent avec des concentrations atteignant respectivement : 97 et $83 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Mis à part le point 42, qui avec $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de moyenne sur l'ensemble des tournées représente le point le plus « chargé » en NO2, les concentrations des tubes par tournées sont homogènes et restent peu dispersées dans des fourchettes de 20 à $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Ci après les **distributions par tournées des concentrations en chaque point d'échantillonnage.**



On observe des teneurs plus élevées pour les tournées 4 et 7 plus polluées.

5. Evaluation des niveaux de benzène

Tubes	Valeur moyenne benzène
38	2.4
44	2.7
47	2.9
50	2.9
51	3.1
37	3.1
52	3.3
29	3.4
16	3.6
19	3.6
25	3.6
5	3.6
11	3.6
31	3.7
40	3.7
45	3.7
35	3.8
43	3.8
46	3.8
1	3.8
8	3.9
36	3.9
23	4.0
49	4.0
4	4.1
34	4.1
14	4.2
17	4.2
6	4.2
27	4.3
39	4.5
15	4.5
32	4.6
42	4.7
20	4.7
10	4.9
22	5.1
24	5.3
2	5.4
41	5.5

Répartition du benzène par classes de concentrations :

Cadre : Décret du 15 février 2002 :

Objectif de qualité : 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle.

Valeur limite pour la protection de la santé humaine : 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne annuelle, valable à compter du 1er janvier 2010. Avant cette date, la valeur limite applicable est la valeur de 2010 augmentée des marges de dépassement suivantes :

Année	2001 à 2005	2006	2007	2008	2009
Marge de dépassement en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	5	4	3	2	1

Sur le secteur Axe Littoral, les valeurs moyennes sur l'ensemble des tournées, et ce, pour la totalité des tubes dépassent l'objectif annuel de qualité français de 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La valeur limite, quant à elle, n'est pas dépassée en 2003 (fixée à 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ annuel en 2003). Par contre sans évolution de la qualité de l'air, elle le sera en 2010 (valeur fixée à 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sur au moins 4 points :

- point 22 : bas du Bd des dames
- point 24 : esplanade Tourette
- point 2 : av Schuman
- point 41 : quai de la Joliette devant l'entrée de la gare maritime et sous l'autoroute du littoral.

-

Ces points correspondant à des situations :

- chargées en trafic et encaissé : sortie du tunnel Vieux port sur l'esplanade Tourette avec des concentrations de benzène émis par cette tête de tunnel.
- embouteillées et encaissées et : rond point, feu rouge, « stop and go »,...

La carte d'interpolation des valeurs de benzène met en évidence ces situations encaissées et embouteillées : secteurs chargés en benzène comme l'esplanade Tourette et le Panier (petites rues peu circulantes mais où la dispersion est peu favorisée, situations canyons,...), Bd des Dames et entrée Gare Maritime, Bd de Paris entre les rues Clary et Forbin et rue d'Anthoine au rond point Briançon.

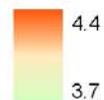
De la Joliette à Arenc, sur le PAM et coté urbain (quartier Salengro), malgré de gros volumes de trafic, les teneurs en benzènes restent en deçà de 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ du fait de la situation aérée et ventilée de ces zones ainsi que de la fluidité du trafic.

Comme pour la carte NO₂, la méthode d'interpolation choisie pour le benzène ne fournit qu'une image pour analyse par inter comparaison, car au niveau des points mesures, le poids de chaque point est recalculé en fonction des 10 les plus proches. L'échelle réelle de concentrations varie de 2.4 à 5.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ alors que l'échelle de la représentation va de 3.7 à 4.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Interpolation des concentrations en Benzène Axe Littoral du 9/12/02 au 2/03/03



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

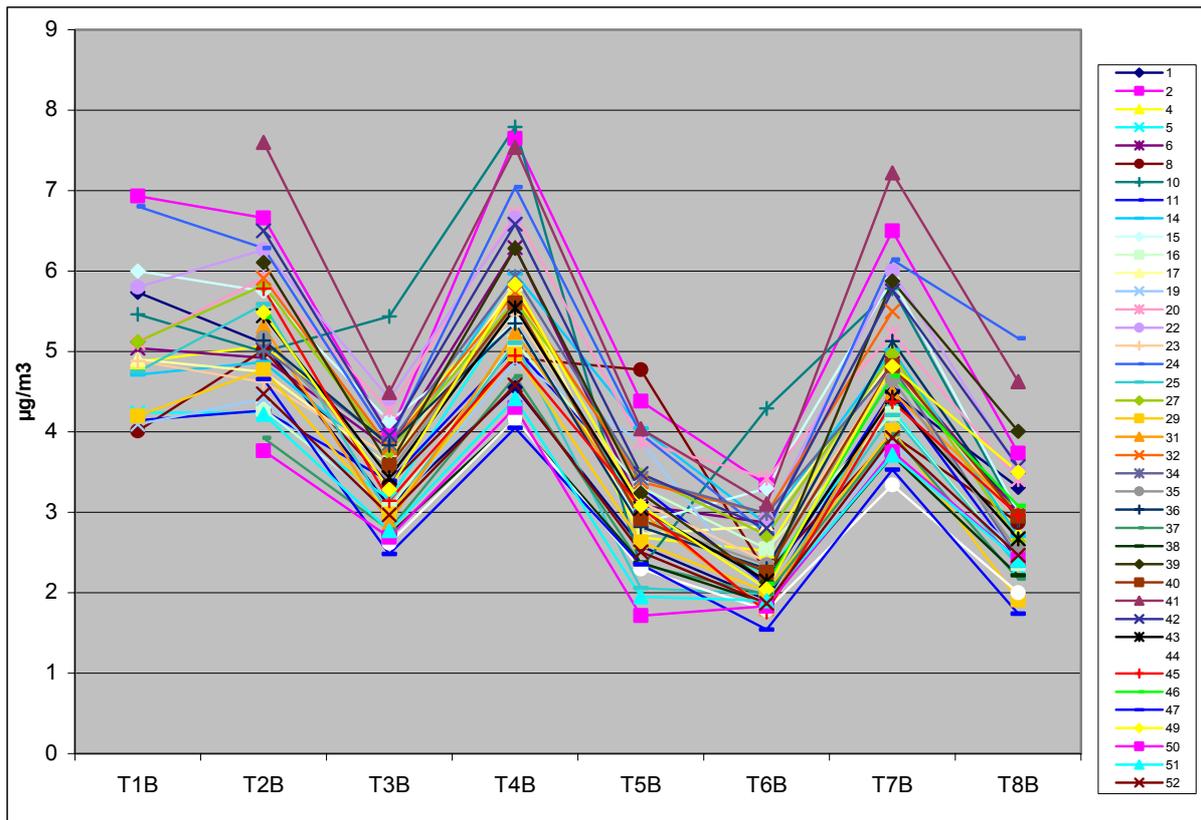


Methode de calcul des niveaux entre les points :
krigeage à variogramme sphérique

0 125 250 500 Mètres

BDCARTO © - ©IGN PARIS - 2001
BDTOPO © - ©IGN PARIS - 2002

Analyses par périodes (tournées Benzène valeurs validées) :



Les tournées 3, 5 et 6 caractérisées par des jours de mistral forts présentent les teneurs moyennes les plus faibles, respectivement $3, 3$ et $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de benzène (moyennes par tournées de l'ensemble des tubes).

Comme pour le NO_2 , les tournées 4 et 7 sont plus polluées, mais également T1 et T2 (moyennes de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Concernant la dispersion du benzène dans l'air, il semble que ce soient surtout les vents forts qui contribuent à la diminution des teneurs. Les autres types de temps, caractérisés par des vents moyens (sud est, nord est ou brises) agissent moins, dès lors que leur vitesse est inférieure à $5 \text{m}/\text{s}$.

En annexe figurent les cartes des moyennes de concentrations en toluène et xylène.

Toluène : Les valeurs se répartissent entre 6 et $21.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les points les plus chargés se situent sur la rue d'Anthoine (au rond point Briançon – n° 10) et en bas du Bd des Dame /entrée de la gare maritime. La répartition est à rapprocher de celle du NO_2 .

Xylène :

De $7,3$ à $22,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Les points les plus chargés sont répartis de façon sporadique sur de domaine d'étude, autant sur des points liés à l'impact de l'autoroute que d'autres en zone urbaine.

Chapitre III – Synthèse et conclusion

Cette campagne s'est déroulée du 14 novembre 2002 au 2 mars 2003. Elle visait à produire un état des lieux de la qualité de l'air autour du projet de tracé de l'axe littoral sens nord-sud.

L'évaluation a porté sur les teneurs en oxydes d'azotes, particules en suspension, benzène et monoxyde de carbone, au travers de moyens de mesures complémentaires : automatiques, stations temporaires et camion laboratoire mobile, et analytiques (tubes à diffusion passive).

Positionnement des 52 points d'échantillonnages et des 4 stations temporaires

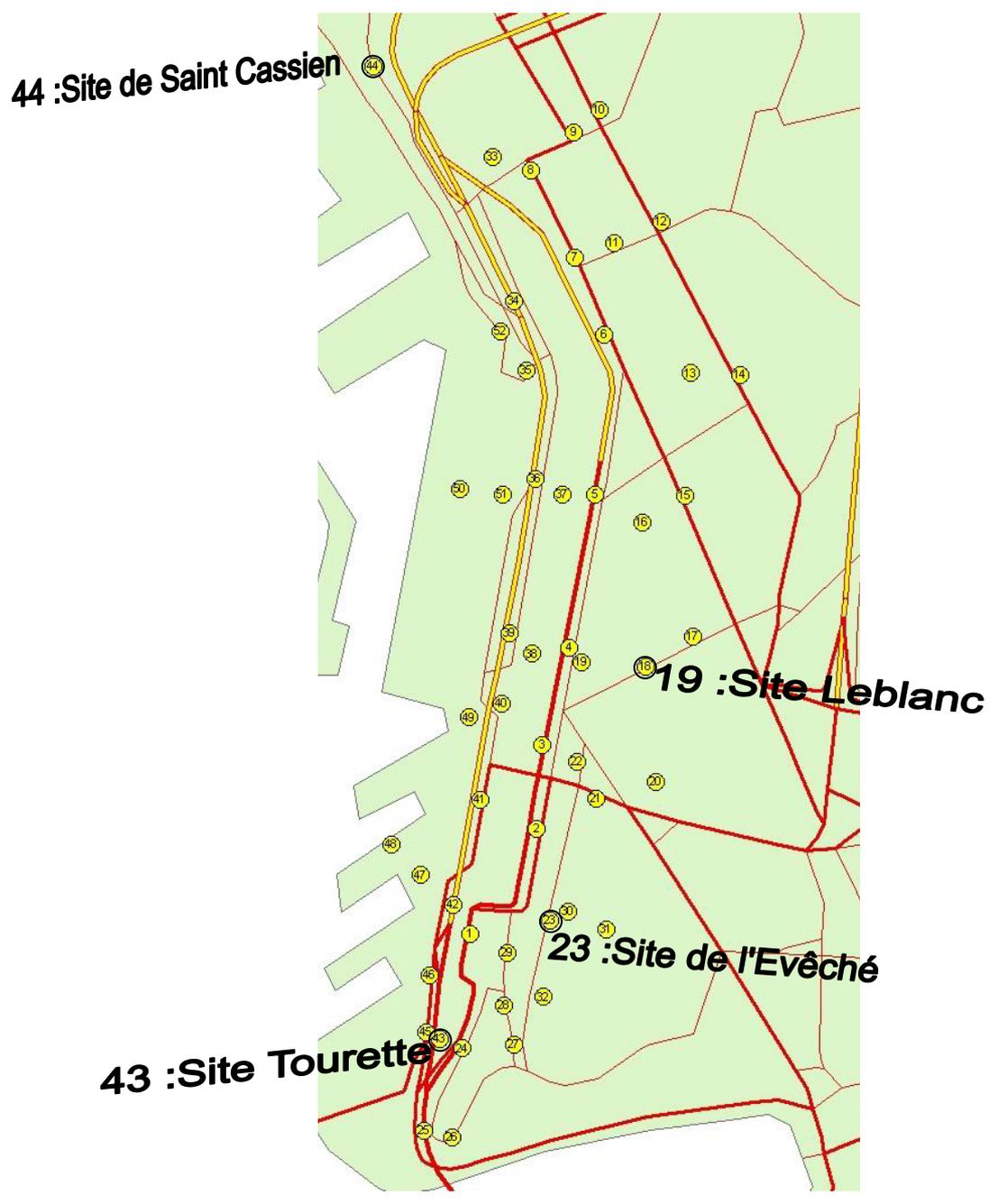


Tableau récapitulatif des concentrations annuelles estimées par polluants :

Résultats des stations temporaires et tubes, en µg/m³

Lieu d'échantillonnage	Type	NO ₂ annuel estimé	PM ₁₀ annuel estimé	CO annuel estimé	SO ₂ annuel estimé	Valeur moyenne benzene (09/12/02 au 02/03/03)
1	T	44				3.8
2	T	49				5.4
3	T	49				
4	T	48				4.1
5	T	44				3.6
6	U	49				4.2
7	U	49				
8	T	47				3.9
9	T	49				
10	T	50				4.9
11	U	43				3.6
12	U	47				
13	U	42				
14	U	43				4.2
15	U	49				4.5
16	U	42				3.6
17	U	40				4.2
18	U	43				
Leblanc (tube 19)*	U	41				3.6
20	U	45		0.4		4.7
21	T	55		0.25		
22	U	46				5.1
Evéché (tube 23)*	U	47				4
24	U	55				5.3
25	U	41				3.6
26	U	41				
27	U	41				4.3
28	U	39				
29	U	39				3.4
30	U	42				
31	U	38				3.7
32	U	41				4.6
33	U	44				
34	T	54				4.1
35	T	51				3.8
36	T	47				3.9
37	U	41				3.1
38	U	41				2.4
39	T	51				4.5
40	T	49				3.7
41	T	53				5.5
42	T	59				4.7
Tourette (tube 43)*	T	40	36	0.5		3.8
Saint cassien (tube 44)*	T	40	37	0.5	13	2.7
45	T	43				3.7
46	T	49				3.8
47	U	38				2.9
48	U	36				
49	U	50				4
50	U	44				2.9
51	U	43				3.1
52	U	46				3.3

* moyenne évaluée à partir des mesures des analyseurs automatiques

U : Station urbaine

T : Station trafic

Le dioxyde d'azote – NO₂

Les teneurs de NO₂ proche des grands axes dépassent la valeur limite européenne annuelle de 40 µg/m³ (échéance 2010). Cela concerne les valeurs mesurées au niveau des 4 stations temporaires fixes et celles des tubes à proximité des voies autoroutières, sur les voies de trafic denses ou encaissées et les dessertes aux axes structurants. Les niveaux les plus élevés (supérieurs à 50 µg/m³) sont relevés sur : Avenue Schuman, quai de la Tourette, et quai de la Joliette.

Soit : Moyennes annuelles estimées en NO₂ :

- Site fixe Leblanc : 41 µg/m³
- Site fixe Evêché : 47 µg/m³
- Site fixe Tourette : 40 µg/m³
- Site fixe Saint Cassien : 40 µg/m³
- Point d'échantillonnage par Tube n°42 (Quai Tourette) : 59 µg/m³
- Point d'échantillonnage par Tube n°24 (Sortie tunnel Vieux port/Major) : 55 µg/m³
- ...

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 2002 sur quelques grands axes de la région :

- Marseille rue Paradis : 47 µg/m³
- Marseille Boulevard Rabatau : 54 µg/m³
- Marseille Boulevard Sakakini (Timone) : 48 µg/m³
- Marseille Boulevard de Plombières : 78 µg/m³
- Aubagne Cours Foch : 44 µg/m³.

En situation urbaine - niveaux de fond - les teneurs restent élevées, variant autour de la valeur limite de 40 µg/m³. Les teneurs les plus basses sont relevées au niveau des quartiers Boulevard de Paris – Rue Clary (peu résidentiel - zones artisanales aérées) et Tourette-Panier, (ventilé du fait de l'altitude, et parfois dans l'enceinte du PAM : points aérés).

Ces teneurs sont près de trois fois plus élevées que celles enregistrées dans les quartiers périurbains marseillais.

Ces niveaux de fond sont comparables à ceux relevés en 2002 au centre-ville de Marseille variant de 34 à 47 µg/m³ (stations de Cinq Avenues, Saint Louis, Sainte Marguerite, Thiers Noailles et Prado)

Le seuil limite horaire de 200 µg/m³ a été atteint le 8 janvier 2003 sur Saint Cassien. Sur ce point en particulier, le risque de dépassement de la valeur limite existe (18h dans l'année > à 200µg/m³), ainsi que plus isolément sur les sites les plus « chargés en trafic » de l'axe littoral (Tourette/station fixe temporaire : sortie du tunnel Vieux Port ; 34 : Porte d'Arenc et 42 : Quai de la Tourette, tous deux situés sous l'autoroute littoral).

L'impact du trafic sur les grands axes est visible dans une bande de 100m aux alentours des points de mesures : on observe une gradation des niveaux en NO₂ qui diminuent de l'axe de trafic vers les parties plus urbaines du secteur jusqu'à atteindre le niveau de fond en NO₂ du domaine d'étude, qui se situe, en l'occurrence, autour de 40 µg/m³.

Particule en suspension inférieure à 10 µm - PM₁₀

Les niveaux moyens sur la période de la campagne en particules sont supérieurs à l'objectif de qualité français (30 µg/m³) : 36 et 37 µg/m³ respectivement pour « Tourette » et « Saint Cassien ». La valeur limite européenne (40 µg/m³- échéance 2005) est approchée sur ces 2 sites.

Le seuil journalier de 50 µg/m³ est sans doute dépassé plus de 35 jours dans l'année sur « Saint Cassien » ; il l'a été 23 fois durant la période des 4 mois de la campagne de mesures. Sur Tourette, 7 dépassements journaliers du seuil 50 µg/m³ ont été relevés.

Par extrapolation pour Saint Cassien, à l'année, le dépassement de la valeur limite journalière est effectif (estimation de 46 jours de dépassements).

Les niveaux de ces deux sites sont supérieurs à ceux enregistrés en 2002 des stations urbaines de Marseille et celle de proximité de la Timone :

Marseille Cinq Avenues : 26 µg/m³

Marseille Saint Louis : 30 µg/m³

Marseille Thiers/ Noailles : 28µg/m³

Marseille Timone : 30µg/m³

Niveaux de benzène

Les niveaux de benzène dépassent l'objectif de qualité français annuel (2µg/m³) sur l'ensemble des sites.

La valeur limite de 5 µg/m³ (Echéance 2010) est dépassée sur les points : n°2 (Av Schuman), n°24 (Sortie du tunnel Vieux port, rue Vaudoyer), n°41 (Quai Joliette) et n°22 (bas du Bd des Dames).

Les niveaux les plus élevés sont surtout relevés dans les situations où le trafic est très fourni, ou congestionné et ralenti (feux tricolore, intersections...). Les teneurs diminuent avec la proximité de la mer (ventilation).

Niveau de CO

Les niveaux de CO s'étalent de 0.4 à 0.8 mg/m³ sur la période des 4 mois, sur les stations fixes temporaires. Il n'y a pas de norme annuelle pour ce composé.

La valeur limite horaire européenne (30 mg/m³) est respectée (max horaire : 4.9 mg/m³, le 27/11/02 sur Tourette).

A titre de comparaison, le maximum 2002 de CO a été enregistré à Marseille Rabatau avec 9.6 mg/m³.

Les tournées 3, 4 et 7 ont été polluées, en relation avec des conditions météorologiques hivernales plus stables.

Perspectives :

Au travers de cette étude exploratoire sur le secteur « axe littoral », les concentrations pour les particules en suspension et en dioxyde d'azote se sont avérées élevées. Aussi, des mesures complémentaires pourraient être conduites pour affiner les risques de dépassements des seuils réglementaires pour ces polluants, notamment sur les secteurs Tourette et Saint Cassien.

