

PROJET SIMPYC

**QUALITÉ DE L'AIR COMPARÉE ENTRE LES VILLES
DE TOULON ET DE LA SEYNE-SUR-MER ET LEURS PORTS**



 TOULON PROVENCE MÉDITERRANÉE

SIÈGE SOCIAL
67-69 Avenue du Prado
13286 Marseille cedex 06
Tél. : 04 91 32 38 00

ÉTABLISSEMENT DE NICE
Nice Leader - Tour Hermès - DRIRE
64-66 route de Grenoble 06200 Nice
Tél. : 04 93 18 88 00

Date de publication : 03/2007
Numéro de projet : MP02

SOMMAIRE

1. PRÉSENTATION	3
1.1. PRÉSENTATION D’ATMO PACA	3
1.2. OBJECTIFS DE L’ÉTUDE	3
1.3. SYNERGIES	3
1.4. MOYENS MIS EN ŒUVRE POUR LA CAMPAGNE DE MESURE.....	4
2. RÉSULTATS – DISCUSSION	6
2.1. RÉSULTATS DES MESURES	6
2.1.1. CONCENTRATIONS MESURÉES DURANT LA CAMPAGNE	6
2.1.2. ESTIMATIONS DES MOYENNES ANNUELLES	9
2.2. ANALYSE DES DONNÉES	12
2.2.1. DIFFÉRENCES DE CONCENTRATIONS ENTRE LES ZONES	12
2.2.2. RAPPORT AUX NORMES	12
3. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES.....	13
4. RÉFÉRENCES.....	15

TABLEAUX

Tableau 1 : Niveaux de pollution relevés sur les ports de Toulon durant la campagne SIMPYC	6
Tableau 2 : Moyennes annuelles 2005 estimées sur les sites de la campagne SIMPYC	9
Tableau 3 : Récapitulatif des concentrations annuelles estimées sur les sites de la campagne	13

FIGURES

Figure 1 : Tube à diffusion passive pour la mesure des BTX, dans son abri.....	4
Figure 2 : Échantillonnage durant la campagne de mesure SIMPYC.....	5
Figure 3 : Roses des vents durant la campagne de mesure SIMPYC et durant l’année 2006 (station de mesure Météo-France de Toulon La Mitre)	5
Figure 4 : Cartes des moyennes de NO ₂ mesurées durant la campagne SIMPYC.....	7
Figure 5 : Cartes des moyennes de benzène mesurées durant la campagne SIMPYC.....	8
Figure 6 : Carte des moyennes annuelles estimées en NO ₂ – campagnes SIMPYC et AirProche	10
Figure 7 : Carte des moyennes annuelles estimées en benzène – campagnes SIMPYC et AirProche	11
Figure 8 : Carte de comparaison des niveaux de NO ₂ sur Toulon entre les données du programme AirProche et les points issus de la campagne de mesure SIMPYC	14
Figure 9 : Carte de comparaison des niveaux de benzène sur Toulon entre les données du programme AirProche et les points issus de la campagne de mesure SIMPYC	14

1. PRÉSENTATION

1.1. PRÉSENTATION D'ATMO PACA

Atmo PACA est l'Association Agréée de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA) de l'est des Bouches du-Rhône, du Var, des Alpes Maritimes, du Vaucluse, des Alpes de Haute Provence et des Hautes Alpes. Elle est issue de la fusion d'Airmaraix et de Qualitair.

La surveillance de la qualité de l'air sur le Var est assurée depuis 1996, par Airmaraix puis par Atmo PACA.

1.2. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Cette campagne de mesure est réalisée à la demande de la Chambre de Commerce et d'Industrie du Var, dans le cadre du programme LIFE ENVIRONNEMENT SIMPYC. Elle a comme objet l'étude de l'influence de la zone portuaire sur la zone urbaine qui l'entoure du point de vue de la qualité de l'air.

L'étude porte sur les ports de commerce de l'agglomération toulonnaise et les zones urbaines qui les entourent, à l'exclusion du port militaire. Les zones considérées sont principalement le secteur de la rade de Toulon, sur la darse vieille, la darse du Mourillon ainsi que sur la zone à proximité du port de commerce de Brégaillon (voir Figure 2, page 5).

Ce travail s'intègre dans une étude plus large de la qualité de l'air du port et de la ville, dans le cadre du projet SIMPYC, qui contient trois phases :

- Une analyse du territoire de l'étude (météo, relief, émissions polluantes, population exposée, établissements sensibles...)
- Une campagne de mesure de qualité de l'air sur la zone (objet de ce rapport)
- La cartographie et l'analyse des résultats de cette étude
- Proposition d'un dispositif de surveillance opérationnel de la qualité de l'air du port.

Les objectifs de cette campagne, ciblée sur le port, sont principalement :

- Détermination de la qualité de l'air sur la zone portuaire et dans son environnement proche,
- Rapport aux normes en vigueur (valeur limite, objectif de qualité).
- Niveau d'exposition potentielle des riverains à la pollution atmosphérique.
- Évaluation de la représentativité des sites de mesure permanents sur la zone portuaire.

Les mesures réalisées dans le cadre de cette campagne sont réalisées au niveau du sol. Les éventuels effets de panaches issus des cheminées de bateaux sur des bâtiments élevés ne peuvent pas être observés par cette méthode.

1.3. SYNERGIES

La campagne de mesure, centrée sur la zone portuaire, complète les informations dont dispose Atmo PACA sur l'agglomération toulonnaise (6 sites de mesure permanents et études précédentes menées sur ce territoire).

Deux autres campagnes de mesures menées par Atmo PACA se sont déroulées sur Toulon en même temps que l'étude SIMPYC :

- Une étude complémentaire du programme AirProche sur le centre-ville de Toulon, en collaboration avec l'Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (AFSSET), visant à établir une cartographie haute résolution de la pollution automobile.

- Une campagne de mesure sur le pilote de traitement des boues sur la zone portuaire de Brégaillon, en collaboration avec Toulon Provence Méditerranée (TPM).

Ces deux campagnes permettent d'apporter une plus grande précision sur l'estimation des moyennes annuelles à partir des données de SIMPYC, et donc d'en faciliter l'exploitation.

1.4. MOYENS MIS EN ŒUVRE POUR LA CAMPAGNE DE MESURE

L'évaluation de la qualité de l'air a porté principalement sur les indicateurs de pollution liés aux transports et aux activités portuaires (dioxyde d'azote, dioxyde de soufre et composés organiques volatils). Les mesures ont été réalisées par des tubes à diffusion passives, complétées par des mesures issues d'analyseurs en continu. Les analyseurs sont ceux du réseau de mesure permanent d'Atmo PACA, ainsi que du laboratoire mobile d'Atmo PACA, mobilisé au même moment pour une autre campagne de mesure sur le périmètre du port du Brégaillon (site du pilote de traitement des boues portuaires).

Figure 1 : Tube à diffusion passive pour la mesure des BTX, dans son abri



L'échantillonnage visait à couvrir deux types d'environnement :

- Site urbain - situation hors de l'influence directe des axes à fort trafic, dite de fond.
- Site d'observation portuaire - couverture des zones représentatives du niveau maximum auquel la population riveraine d'une source fixe est susceptible d'être exposée, par des phénomènes de panache (au niveau du sol) ou d'accumulation

Les mesures ont été effectuées au niveau du sol, ce qui n'a pas permis de prendre en compte les éventuels effets de panache en hauteur liés aux cheminées des bateaux.

Les mesures (une quinzaine de points de mesure) ont été réalisées par couple (en fonction de la réalité de terrain) : une mesure sur la panne ; une mesure sur la partie habitée la plus proche du port. Les autres données en limites de ce périmètre (hors périmètre défini par la CCI) ont été fournies par Atmo PACA à partir des sorties de modèles déjà en place. Les deux sources de données sont nécessaires pour réaliser la cartographie des ports (spatialisation de la pollution).

Les moyens de mesure déployés durant la campagne sont complétés par les outils numériques de traitement des données, permettant de cartographier et de modéliser la pollution.

Figure 2 : Échantillonnage durant la campagne de mesure SIMPYC

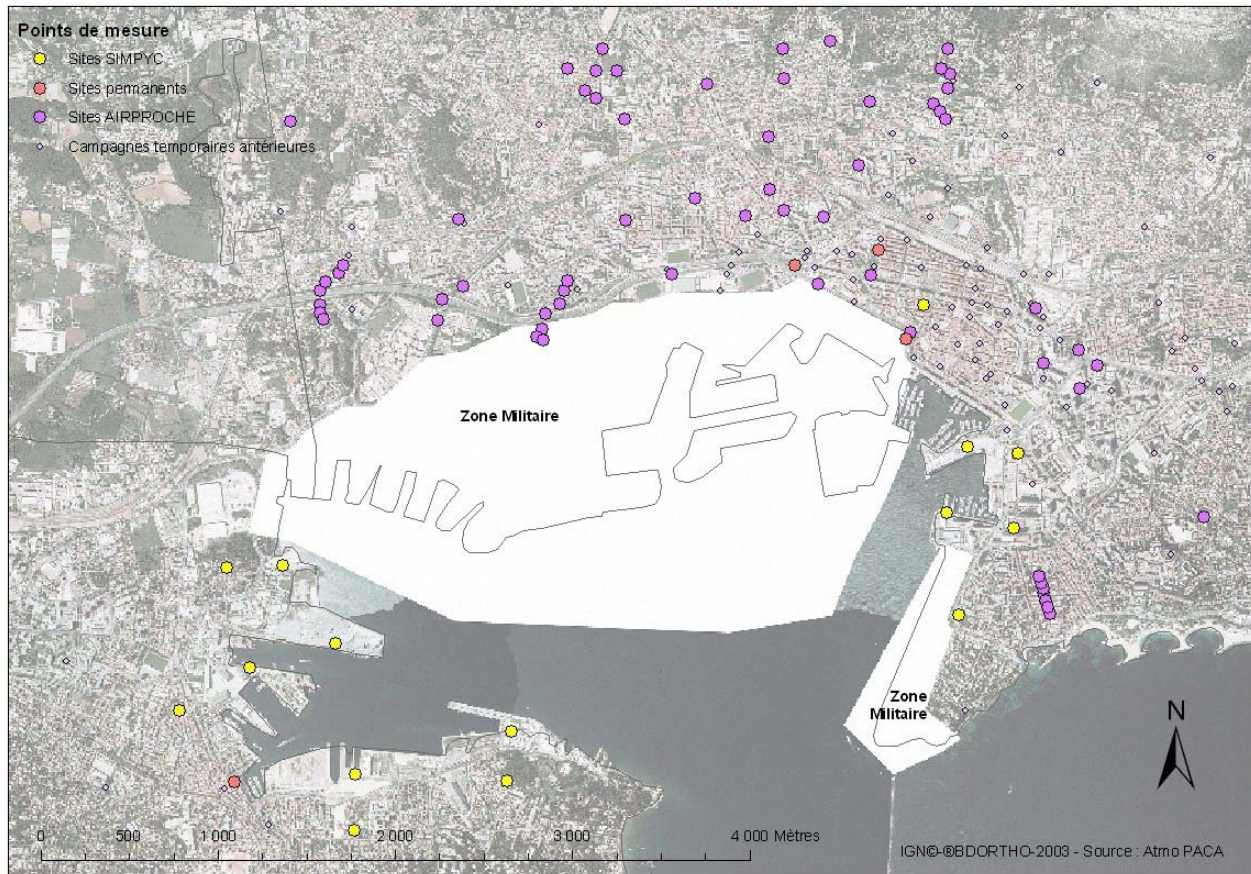
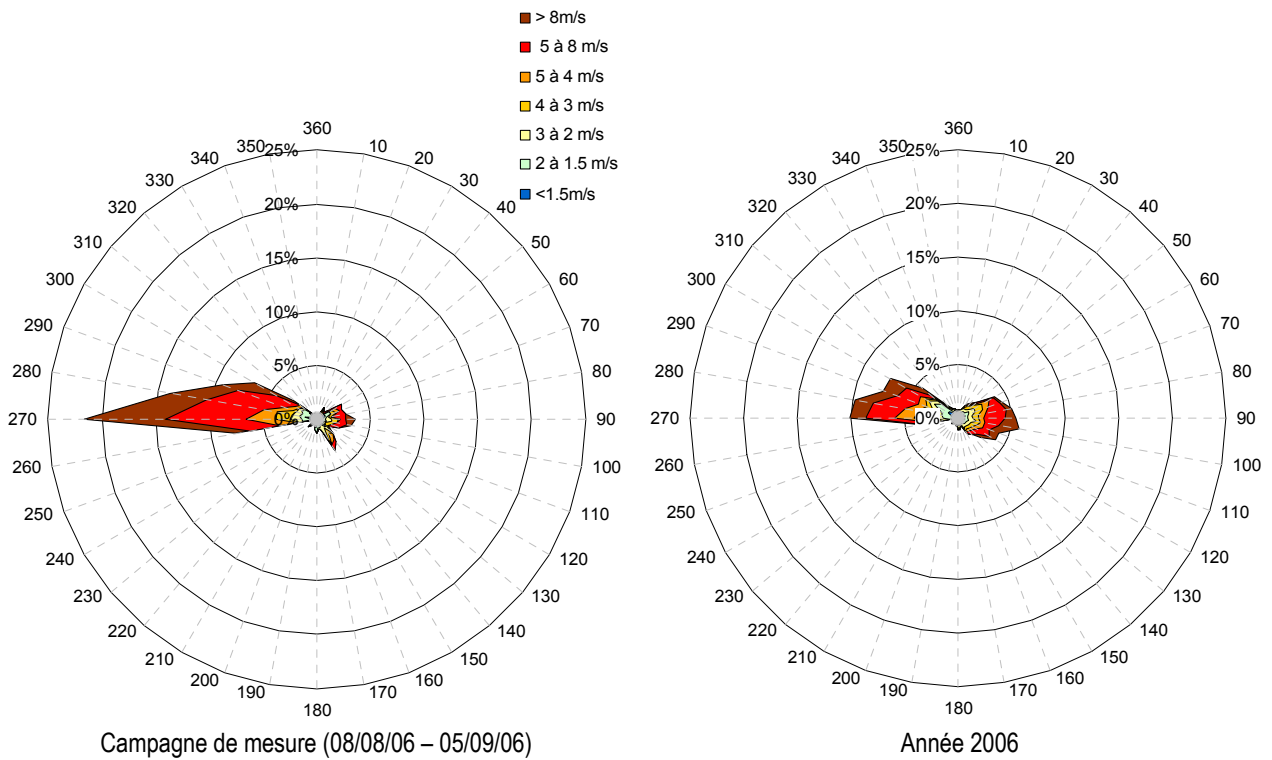


Figure 3 : Roses des vents durant la campagne de mesure SIMPYC et durant l'année 2006 (station de mesure Météo-France de Toulon La Mitre)



2. RÉSULTATS – DISCUSSION

2.1. RÉSULTATS DES MESURES

2.1.1. CONCENTRATIONS MESURÉES DURANT LA CAMPAGNE

La période de la campagne de mesure (8 août au 5 septembre 2006) a été marquée par une météo ventée (cf. Figure 3, page 5), favorable à la dispersion des polluants. Les concentrations relevées durant cette période sont donc relativement basses par rapport aux niveaux observés en moyenne sur l'année sur les stations permanentes (cf. Tableau 1 ci-dessous, Figure 4 page 7 et Figure 5 page 8).

Tableau 1 : Niveaux de pollution relevés sur les ports de Toulon durant la campagne SIMPYC

N°	Site de mesure	NO ₂	Benzène	Toluène	Xylènes*	PM ₁₀	SO ₂
81	Pilote de traitement des boues	19	0.7	2.6	3.4	30	2
82	Chemin de la colline (la Seyne)	18	0.6	2.6	3.7	/	1
83	Zone d'embarquement Brégaillon	19	0.5	2.3	3.3	/	2
84	Zone d'activité de Brégaillon	19	0.6	3.3	4.6	/	4
85	École Jules Verne	19	0.8	3.9	5.3	/	1
86	Port de la Seyne	18	0.6	2.7	3.4	/	1
87	Chemin des Mouissèques	18	0.7	3.7	4.7	/	1
88	Vente de bateaux	18	0.5	2.6	3.1	/	2
89	Rue Charles Tournier	17	0.7	3.1	4.1	/	5
90	Rue de Langeron	20	0.8	3.7	4.4	/	3
91	Marina de Toulon	19	0.6	3.6	4.4	/	2
92	Gymnase du Port Marchand	22	1.0	6.1	7.3	/	4
93	Quai Minerve	24	0.7	3.7	4.8	/	3
94	Rue Marc Baron (SPA)	26	1.1	6.5	7.4	/	7
95	Rue de la Paix	28	1.0	5.2	6.4	/	1
96	Site permanent Toulon Chalucet	25	0.8	3.7	4.2	26	2
97	Site permanent Toulon Foch	47	1.3	6.8	8.7	31	1
98	Site permanent La Seyne	24	1.0	4.8	6.3	/	1
99	Site permanent Toulon Arsenal	19	/	/	/	/	/

* Xylènes : somme de l'Ethylbenzène et des ortho, méta et para-xylènes

Valeurs en µg/m³

Pour comparer ces résultats aux normes en vigueur, il est nécessaire de ramener les valeurs mesurées durant la campagne à une **moyenne annuelle**. Les concentrations moyennes annuelles peuvent être estimées sur les sites de mesure de l'étude à partir des niveaux mesurés durant la campagne, en comparant ces derniers avec les résultats des sites de mesure permanents (cf. chapitre 2.1.2. Estimations des moyennes annuelles, page 9).

LE CAS DU H₂S

Le H₂S a été mesuré sur 6 sites de la campagne dans le cadre de l'évaluation de l'impact de la station pilote de traitement des boues de dragage (5 sites autour de Brégaillon et 1 sur le site de référence Toulon Chalucet). Les concentrations mesurées ont été systématiquement inférieures ou égales à la limite de détection (0.2 µg/m³). Les taux de H₂S sont donc presque nuls sur cette zone.

Figure 4 : Cartes des moyennes de NO₂ mesurées durant la campagne SIMPYC

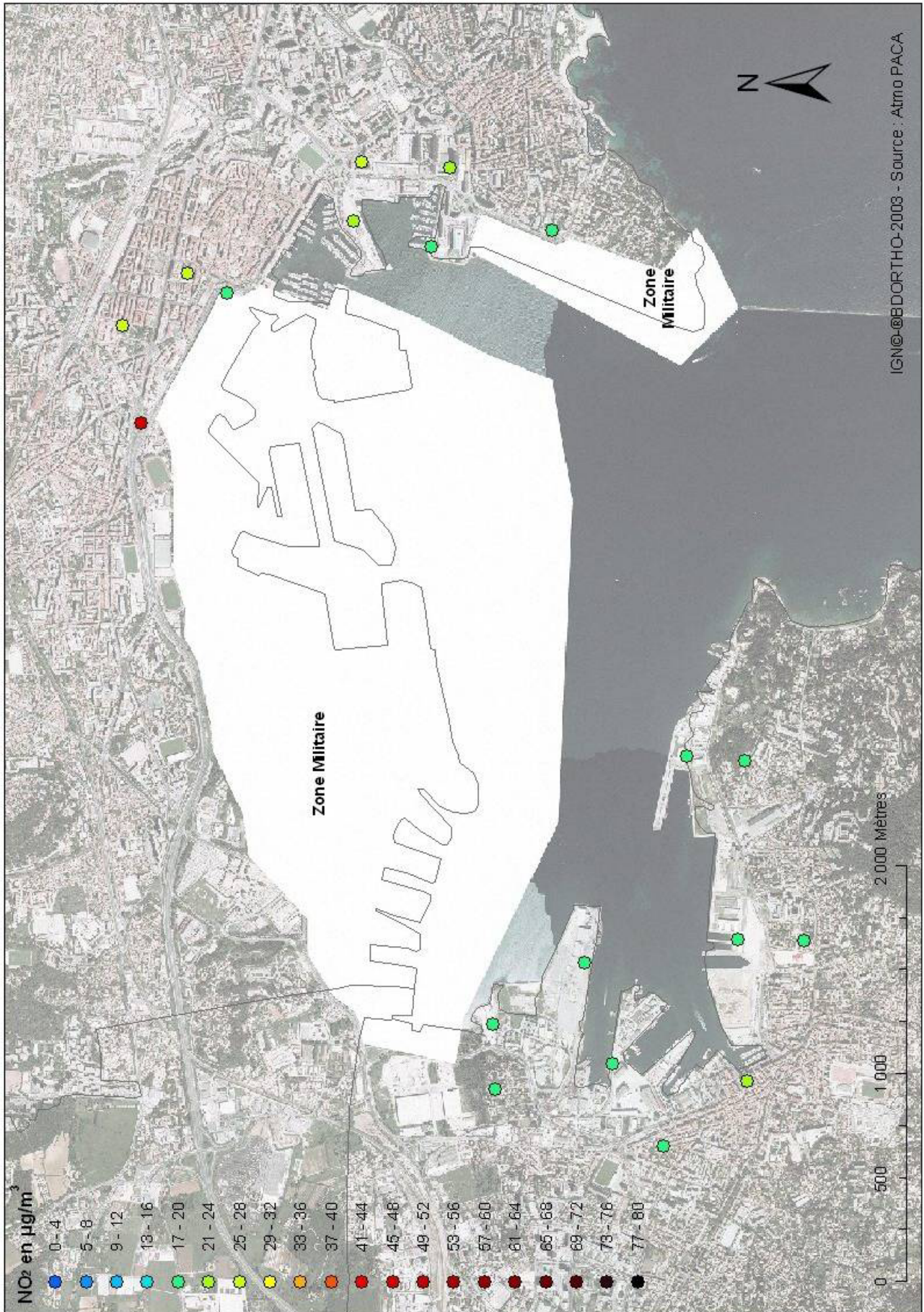
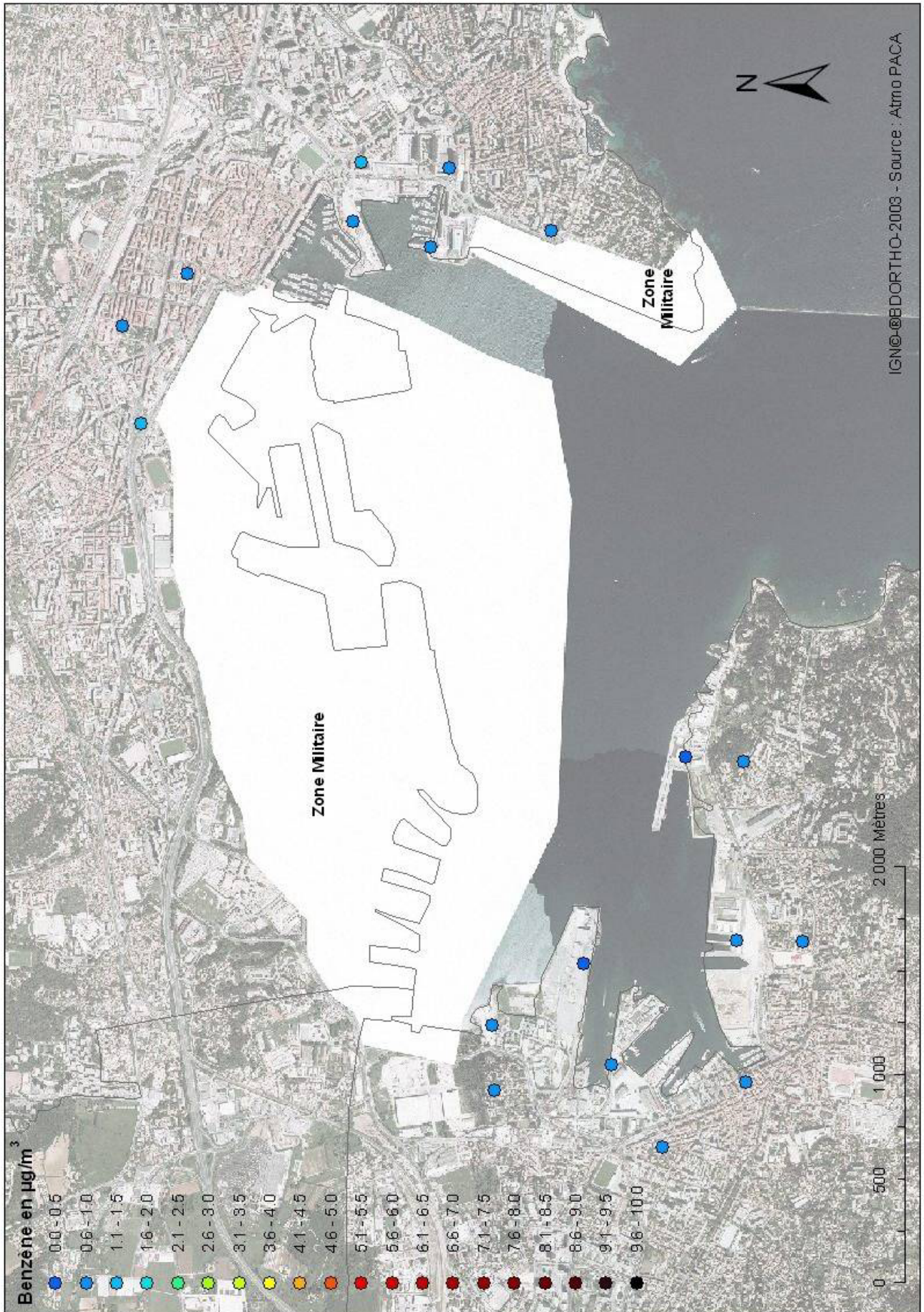


Figure 5 : Cartes des moyennes de benzène mesurées durant la campagne SIMPYC



2.1.2. ESTIMATIONS DES MOYENNES ANNUELLES

Afin d'estimer la moyenne annuelle pour un polluant donné, le couple de données (Moyenne sur la campagne ; Moyenne annuelle) de chaque site permanent de la zone est collecté. La relation linéaire qui relie l'ensemble de ces couples de valeur est ensuite calculée. On en déduit les équations suivantes :

- NO₂ : [Moy. ann.] = 0.98 x [Moy. campagne] + 12.1 (Coefficient de corrélation R=0.97)
- Benzène : [Moy. ann.] = 2.20 x [Moy. campagne] + 0.09 (Coefficient de corrélation R=0.98)
- Toluène : [Moy. ann.] = 1.36 x [Moy. campagne] + 2.32 (Coefficient de corrélation R=0.96)
- Xylène : [Moy. ann.] = 1.12 x [Moy. campagne] + 3.05 (Coefficient de corrélation R=0.96)
- PM₁₀ : [Moy. ann.] = 1.23 x [Moy. campagne] - 4.07 (Coefficient de corrélation R=0.77)
- SO₂ : Pas assez de sites permanents pour estimer la moyenne annuelle

Ces équations sont appliquées sur les résultats de la campagne de mesure, pour chaque polluant. La même technique est utilisée sur les résultats du complément de la campagne AirProche qui s'est déroulé au même moment. On obtient alors les résultats figurant dans le Tableau 2 ci-dessous, sur la Figure 6 et sur la Figure 7, page 10.

Dans le cas du SO₂, la moyenne annuelle ne peut pas être estimée. Cependant, les concentrations mesurées durant la campagne sont très basses, largement en dessous des normes et en dessous du seuil d'évaluation minimal pour ce polluant (8 µg/m³). L'évaluation précise des concentrations annuelles de ce polluant est donc moins nécessaire.

Tableau 2 : Moyennes annuelles 2005 estimées sur les sites de la campagne SIMPYC

N°	Site de mesure	NO ₂	Benzène	Toluène	Xylènes*	PM ₁₀	SO ₂ (campagne)
81	Pilote de traitement des boues	28	1.5	6.3	6.9	33	2
82	Chemin de la colline (la Seyne)	30	1.4	6.3	7.2	/	1
83	Zone d'embarquement Brégaillon	31	1.1	6.0	6.7	/	2
84	Zone d'activité de Brégaillon	31	1.5	7.0	8.3	/	4
85	École Jules Verne	31	1.8	7.6	9.0	/	1
86	Port de la Seyne	29	1.4	6.4	6.9	/	1
87	Chemin des Mouissèques	30	1.7	7.3	8.3	/	1
88	Vente de bateaux	29	1.3	6.3	6.6	/	2
89	Rue Charles Tournier	29	1.6	6.7	7.6	/	5
90	Rue de Langeron	32	1.9	7.4	8.0	/	3
91	Marina de Toulon	31	1.4	7.3	8.0	/	2
92	Gymnase du Port Marchand	34	2.2	9.8	11.2	/	4
93	Quai Minerve	36	1.7	7.4	8.4	/	3
94	Rue Marc Baron (SPA)	38	2.4	10.2	11.4	/	7
95	Rue de la Paix	39	2.2	8.9	10.3	/	1
96	Station Toulon Chalucet	43	1.9	8.7	9.4	30	2
97	Station Toulon Foch	56	2.8	12.9	15.6	40	1
98	Station La Seyne	36	2.2	8.7	10.9	/	1
99	Station Toulon Arsenal	39	/	/	/	/	/
	Objectif de qualité	40	2			30	50
	Valeur limite**	40	5			40	

* Xylènes : somme de l'Ethylbenzène et des ortho, méta et para-xylènes

Valeurs en µg/m³

** Les valeurs limites pour le NO₂ et le benzène sont applicables en 2010

Figure 6 : Carte des moyennes annuelles estimées en NO_2 – campagnes SIMPYC et AirProche

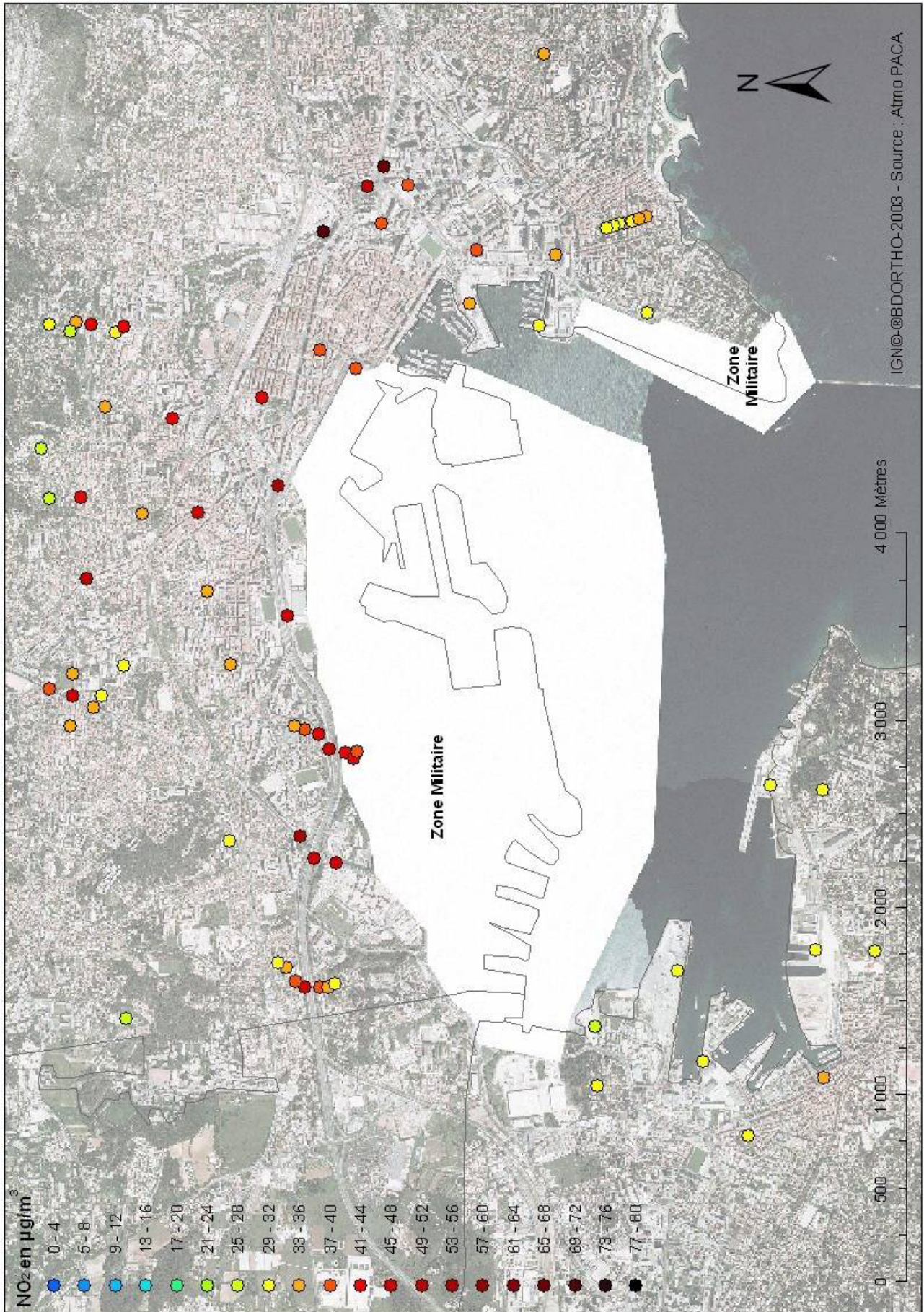
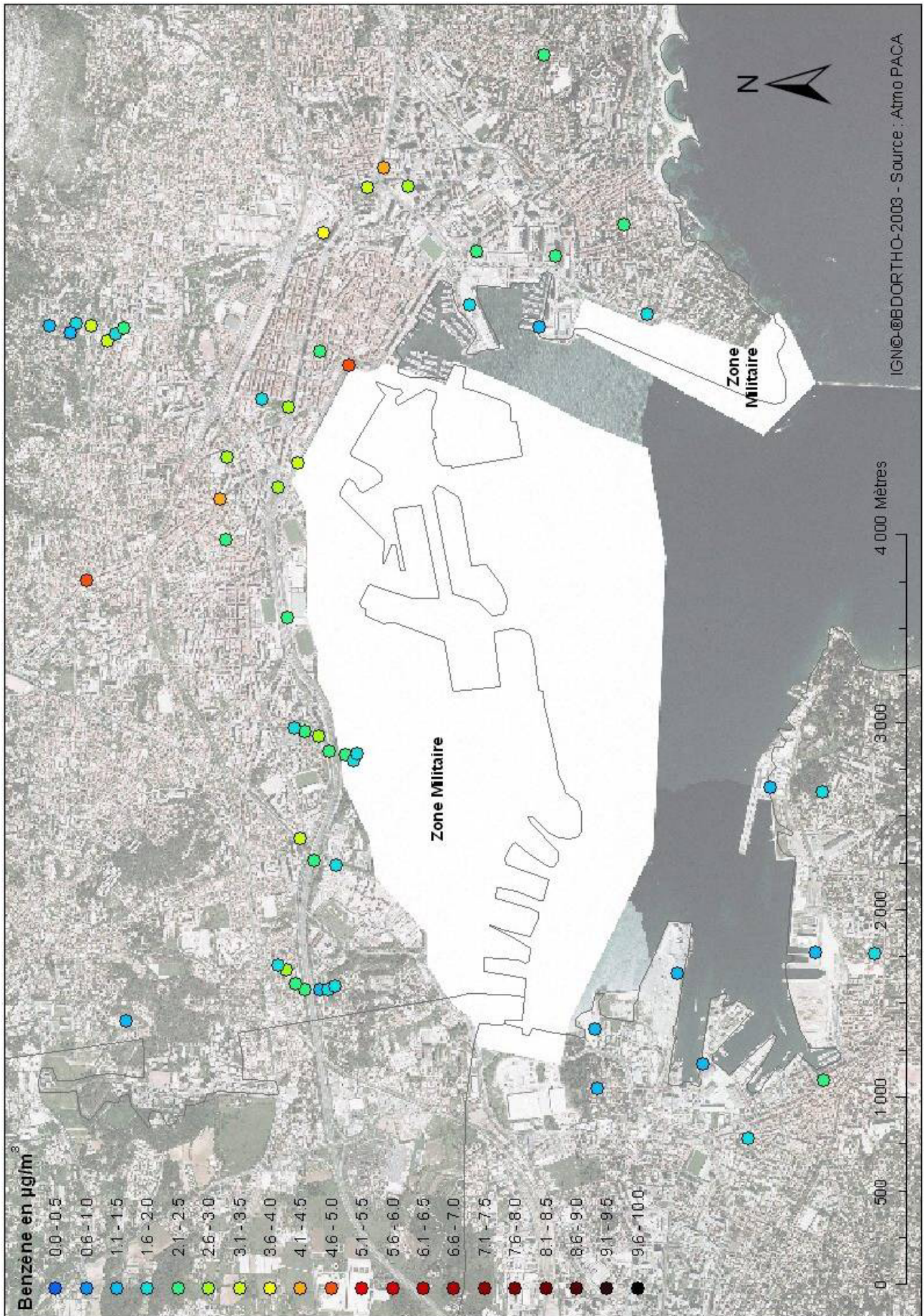


Figure 7 : Carte des moyennes annuelles estimées en benzène – campagnes SIMPYC et AirProche



2.2. ANALYSE DES DONNÉES

2.2.1. DIFFÉRENCES DE CONCENTRATIONS ENTRE LES ZONES

L'analyse des données issues de la campagne de mesure sur les deux ports étudiés montre qu'il y a peu de différence de concentration entre la bande située directement en bord de mer (zone d'activité portuaire) et la bande située juste en retrait de la première (zone résidentielle riveraine).

Les niveaux observés sur la bande résidentielle sont en général légèrement plus élevés que ceux observés sur la bande portuaire. Cette différence peut s'expliquer par une influence du port, à laquelle s'ajoute :

- Une circulation automobile importante dans les zones résidentielles urbaines, entraînant des émissions polluantes locales.
- Un bâti plus dense sur la bande résidentielle que sur la bande portuaire, conditions moins favorables à la dispersion des polluants.

Par ailleurs, l'ensemble de la zone portuaire est soumise à des niveaux de pollution inférieurs à ceux du centre-ville de Toulon, pour les mêmes raisons : le centre-ville est à la fois une zone de fortes émissions polluantes et une zone de forte densité de bâti, réduisant la dispersion de cette pollution.

D'une manière générale, les niveaux moyens de polluants semblent plus influencés par la distance au centre-ville que par la distance aux ports.

Le rapport benzène / toluène (B/T proche de 0.2 à 0.25) est caractéristique d'émissions polluantes liées aux transports sur l'ensemble des sites de mesure. Les autres sources de ces composés (industrielles par exemple) semblent donc négligeables sur cette zone.

Les niveaux de composés soufrés (SO_2 et H_2S) sont faibles ou très faibles sur toute la zone.

Ces observations sont représentatives des concentrations présentes au niveau du sol. Les mesures effectuées ne permettent pas d'évaluer les effets de panache en hauteur liés aux cheminées des bateaux.

2.2.2. RAPPORT AUX NORMES

Les concentrations estimées sur l'année sont inférieures aux valeurs limites 2010 pour le NO_2 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) et pour le benzène ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sur l'ensemble des points proches des ports étudiés dans le cadre de la campagne SIMPYC.

Dioxyde d'azote

Les niveaux estimés de NO_2 sur ces sites sont modérés en général (autour de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$), caractéristiques d'une zone urbaine. Les concentrations de certains points sont plus élevées (supérieures à $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$), lorsque les sites sont situés dans des zones de bâti plus denses et environnées par un trafic routier plus important.

On peut noter le cas du Quai Minerve, dont la concentration annuelle estimée est de $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le quai avec très peu de bâtiments, est dans une situation favorable à la dispersion de la pollution. Malgré cela, les niveaux estimés sont proches de la valeur limite (pour 2010), sans doute en raison d'importantes émissions locales et d'une influence du centre-ville proche. Le point urbain le plus proche a un niveau plus élevé (Rue Marc Baron – SPA, $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Benzène

Les concentrations moyennes estimées en benzène sont relativement modérées, en général inférieures à l'objectif de qualité ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Là encore, les niveaux les plus élevés se rencontrent dans les zones de bâti plus dense, avec une circulation automobile plus importante.

Particules en suspension

Les concentrations n'ont été mesurées que sur un point du port. Sur ce site, l'objectif de qualité ($30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est dépassé. Le niveau de ce polluant étant généralement assez homogène, il est probable que ce seuil soit dépassé sur une grande partie du port.

3. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

CONCLUSION

Les niveaux observés sur la zone sont caractéristiques d'une pollution par les transports : les polluants principaux observés sont le NO₂ et les COV, tandis que les composés soufrés sont en faibles quantités. Par ailleurs, le rapport toluène / benzène est caractéristique d'une pollution par les transports (B/T proche de 0.2 à 0.25).

Les niveaux de pollution atmosphérique observés durant la campagne sont en général plus faibles sur les zones portuaires que sur les zones urbaines. Les concentrations les plus élevées ont été observées à proximité du centre-ville de Toulon. Les concentrations estimées sur une année à proximité des zones portuaires sont rappelées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3 : Récapitulatif des concentrations annuelles estimées sur les sites de la campagne

Polluant	Concentrations	Objectif de qualité	Valeur limite
NO ₂	28 à 39 µg/m ³	40 µg/m ³	40 µg/m ³ (2010)
Benzène	1.1 à 2.4 µg/m ³	2 µg/m ³	5 µg/m ³ (2010)
Toluène	6.0 à 10.2 µg/m ³		
Xylènes	6.6 à 11.2 µg/m ³		
SO ₂	1 à 7 µg/m ³	50 µg/m ³	
PM ₁₀	30 à 33 µg/m ³	30 µg/m ³	40 µg/m ³

Par ailleurs, l'agglomération toulonnaise, y compris la zone portuaire, est soumise à des concentrations importantes d'ozone en été : chaque année la valeur cible pour la protection de la santé (120 µg/m³ en moyenne sur 8 heures à ne pas dépasser plus de 25 jours par an) est dépassée environ 40 jours sur l'agglomération. De plus, le seuil de recommandation (180 µg/m³/h) est dépassé environ une dizaine de jours chaque année. Les émissions du port participent localement à la formation d'ozone, et donc à la pollution estivale.

La forte densité de bâti et d'émissions polluantes par les transports dans le centre de Toulon constituent un facteur défavorable pour la qualité de l'air de la zone urbaine, tandis que les zones portuaires, faiblement bâties, sont plus favorables à la dispersion des polluants.

Les émissions polluantes liées au trafic des bateaux ont cependant pu potentiellement échapper aux outils de mesure déployés durant la campagne, dans la mesure où ces émissions ont lieu en hauteur, à la cheminée des navires. Ces émissions ont un comportement semblable à celui d'un panache de cheminée d'usine. Dans ce cas, les retombées peuvent être observées à une certaine distance, éventuellement directement sur les zones urbaines ou sur des façades d'immeubles haut bordant le port.

PERSPECTIVES

Une analyse plus fine de la météo et des émissions polluantes de la zone est nécessaire pour évaluer les éventuelles retombées des fumées de bateaux, avec une modélisation des panaches des cheminées et des bâtiments hauts qu'ils sont susceptibles de rencontrer.

La campagne de mesure pourrait également être complétée par une analyse plus fine de la répartition des particules PM₁₀, ainsi que par des mesures des PM_{2,5} sur le port afin de mieux connaître la composition de l'aérosol sur cette zone.

Les données issues du projet SIMPYC (mesures, émissions de polluants sur le port...) pourront être utilisées pour raffiner la connaissance de la qualité de l'air de l'agglomération toulonnaise, sur la zone portuaire.

L'état des connaissances actuelles sur cette zone est synthétisé dans les cartes du programme AirProche (cf. Figure 8 et Figure 9). Le rendu de la zone portuaire, encore imprécis, devrait être amélioré. De plus, la zone couverte par le plus haut niveau de précision pourra être étendue au sud pour inclure toute la rade.

Figure 8 : Carte de comparaison des niveaux de NO₂ sur Toulon entre les données du programme AirProche et les points issus de la campagne de mesure SIMPYC

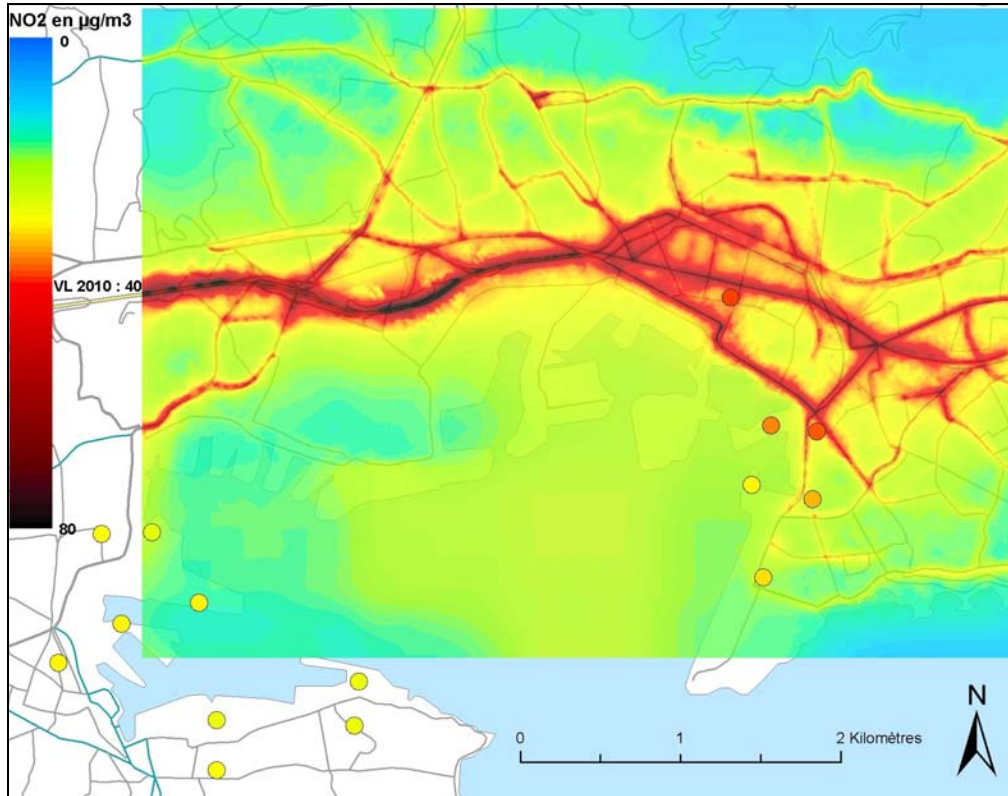
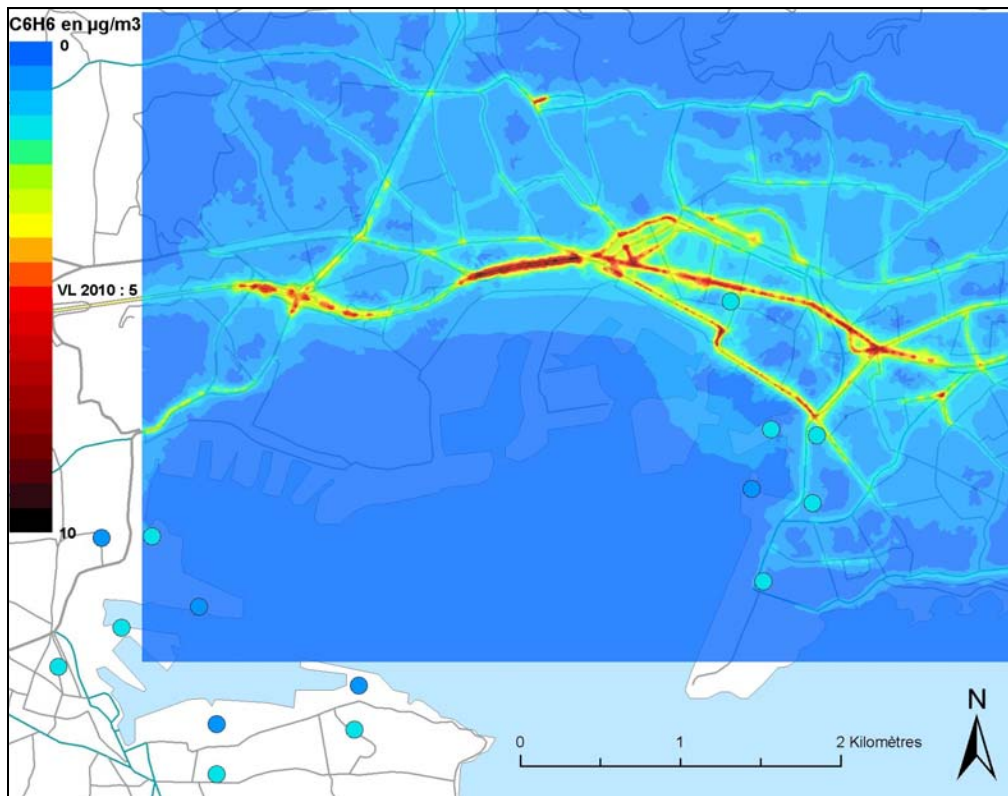


Figure 9 : Carte de comparaison des niveaux de benzène sur Toulon entre les données du programme AirProche et les points issus de la campagne de mesure SIMPYC



4. RÉFÉRENCES

Atmo PACA, 2007 :

Cartographies de la pollution à Toulon, approches géostatistique et déterministe : projet AIRPROCHE (en cours d'impression)

AFSSET, 2007 :

Projet AIRPROCHE : rapport de synthèse (en cours d'impression)

AIRMARAIX, 2003 : Toulon Tunnel 2003 :

Evolution de la qualité de l'air autour du tunnel de Toulon entre avant son ouverture et après son ouverture et stabilisation du trafic routier :

http://www.airmaraix.org/files/Campagnes/Toulon_Tunnel_03.pdf

AIRMARAIX, 2003 : Toulon Tunnel 2003 – Annexes

http://www.airmaraix.org/files/Et/Toulon_Tunnel_03_annexes.pdf

AIRMARAIX, 2002 : Toulon Tunnel :

Évaluation de la qualité de l'air avant ouverture du tunnel de Toulon.

http://www.airmaraix.org/files/Campagnes/ToulonTunnel_02.pdf