

# Qualité de l'air

PROVENCE - ALPES - CÔTE D'AZUR



## Modélisation urbaine Agglomération toulonnaise

**Modélisation de la qualité de l'air sur la zone  
administrative de surveillance de Toulon**

[www.airpaca.org](http://www.airpaca.org)

**AirPACA**  
QUALITÉ DE L'AIR

# SOMMAIRE

Contexte et objectifs, .....	3
1. Plateforme de modélisation .....	4
1.1 Mesures de la qualité de l'air .....	4
1.2 Les émissions en polluants .....	5
1.3 Configuration du modèle.....	7
2. Rendus cartographiques .....	13
2.1. Dioxyde d'azote NO <sub>2</sub> , concentrations annuelles.....	13
2.2. Particules fines PM 10, Percentile 90.4 .....	14
2.3. Estimation de l'exposition des populations aux valeurs réglementaires en particules PM 10 et en dioxyde d'azote.....	15
3. Conclusions et perspectives .....	17
Perspectives :.....	17
Liste des figures et tableau .....	18
Glossaire .....	18
Bibliographie .....	18

## Contexte et objectifs,

Ce projet de modélisation de la qualité de l'air a été réalisé dans le cadre des travaux du Plan de Protection de l'Atmosphère de l'agglomération toulonnaise (PPA 83).

Le PPA 83 est conduit par les services de l'Etat de la DREAL. Il s'agit d'un plan d'actions, arrêté par le préfet, qui a pour objectifs de réduire les émissions de polluants atmosphériques et de maintenir ou ramener dans la zone du PPA concerné les concentrations en polluants atmosphériques à des niveaux inférieurs aux normes fixées par le code de l'environnement.

Dans le cadre de ses missions de surveillance et d'amélioration des connaissances sur la qualité de l'air, Air PACA met progressivement en place sur les principales agglomérations de la région des modélisations urbaines afin de :

- Mieux caractériser la qualité de l'air dans les zones urbaines densément peuplées,
- Disposer d'indicateurs de suivi ayant une meilleure représentativité spatiale,
- Estimer les populations exposées aux éventuels dépassements des valeurs réglementaires.

Air PACA a réalisé ses premiers travaux de modélisation urbaine sur le centre-ville et le port de Toulon dans le cadre des projets SYMPIC et AIRPROCHE. **Les résultats de ces travaux ont permis de valider l'outil à l'échelle urbaine. Les paramètres choisis lors de ces tests ont été utilisés dans le cadre de la mise en œuvre de la modélisation de la zone urbaine de l'agglomération toulonnaise.**

La plateforme de modélisation présentée dans ce rapport a été réalisée à partir de l'ensemble des données disponibles permettant de caractériser l'état de la qualité de l'air sur la zone de surveillance de l'agglomération toulonnaise. Les cartographies réalisées visent à caractériser la pollution chronique présente en dioxyde d'azote NO<sub>2</sub> et en particules fine PM 10.

# 1. Plateforme de modélisation

## 1.1 Mesures de la qualité de l'air

### 1.1.1 Surveillance permanente

Dans le Programme de Surveillance de la Qualité de l'Air (PSQA) d'Air PACA, la région a été découpée en zones de surveillance en fonction de différents paramètres (population, continuité et densité du bâti, sources d'émissions...).

Le département du Var comporte 3 zones de surveillance dont la Zone Administrative de Surveillance (ZAS) de Toulon, qui comprend 26 communes. Elle est la neuvième agglomération de France par sa population. Elle contient un centre urbain, Toulon, et deux villes secondaires : la Seyne-sur-Mer et Hyères. La zone correspond à l'unité urbaine de Toulon, qui s'étend de la fin du massif des Calanques dans les Bouches-du-Rhône (La Ciotat), jusqu'à la presqu'île de Hyères. Le Mont Faron et la rade compriment le centre de Toulon, très dense. La zone inclut également le Parc National de Port-Cros, ainsi que plusieurs sites protégés.

Un des objectifs de la surveillance est de déterminer l'exposition des populations aux dépassements de valeurs réglementaires. Différents outils sont utilisés dans ce but comme la mesure et la modélisation.

Air PACA dispose de 9 stations de surveillance de la qualité de l'air sur le territoire du Var dont 7 sur la zone de surveillance de Toulon :

- 3 à Toulon : Une station urbaine dans le centre à proximité de l'ancien hôpital Chalucet, qui mesure les oxydes d'azote, les particules en suspension (PM 10 et PM 2.5), le benzène, l'ozone, les HAP et les métaux toxiques particuliers. Une autre à l'Arsenal de Toulon, mesurant les oxydes d'azote et l'ozone et une station en grande proximité automobile sur l'avenue du Maréchal Foch, mesurant les oxydes d'azote, le benzène et les PM 10.
- 1 station urbaine à Hyères mesurant les PM10 et l'ozone.
- 1 station urbaine à la Seyne-sur-Mer mesurant les oxydes d'azote, le benzène et l'ozone
- 4 stations plus éloignées des sources de pollution, afin d'estimer la pollution de fond qui mesurent uniquement l'ozone : une périurbaine à la Valette, une périurbaine à la Ciotat (en fonctionnement estival uniquement), une périurbaine à Brignoles et une rurale à Plan d'Aups-Sainte Baume.

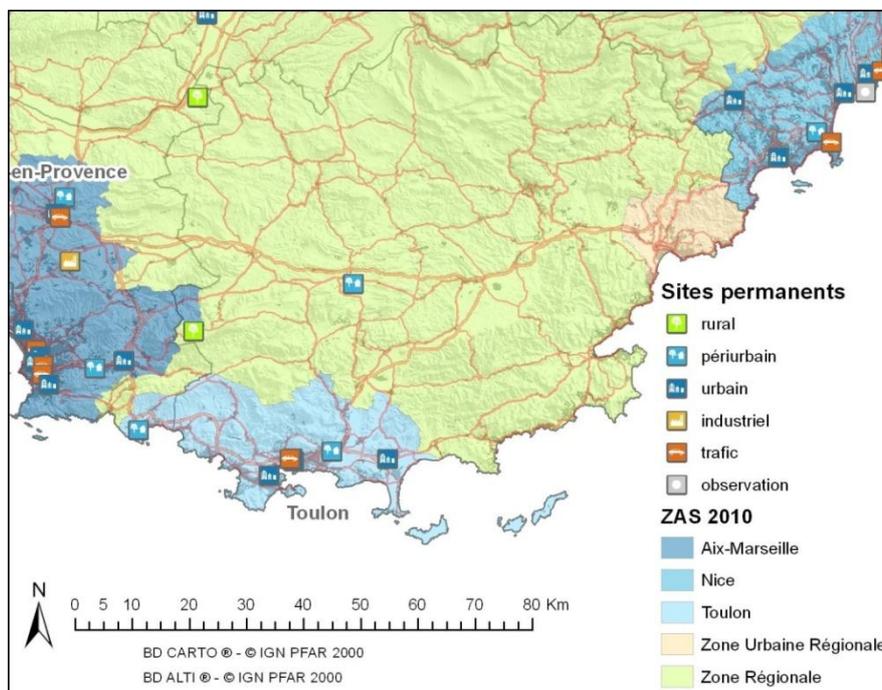


Figure 1 : Stations de surveillance permanente sur le département du Var

### 1.1.2 Campagne de mesures antérieures

Depuis une dizaine d'année, plusieurs campagnes de mesure temporaires ont été réalisées sur le centre-ville de Toulon et ses ports dans le cadre de différents projets :

- Projet [AIRPROCHE](#) financé par l'AFSSET,
- Projet [SIMPYC](#) réalisée à la demande de la C.C.I. du Var dans le cadre du programme LIFE Environnement et en lien avec une étude sur la zone portuaire de Brégaillon avec Toulon Provence Métropole.

Ces deux projets ont permis d'échantillonner 140 points sur le centre de l'agglomération toulonnaise et sur les zones portuaires afin de caractériser la qualité de l'air et de permettre de tester un premier [modèle urbain à fine échelle de la qualité de l'air sur l'agglomération](#).

## 1.2 Les émissions en polluants

### 1.2.1 Bilan des émissions et analyses sectorielle

L'inventaire des émissions sur la zone de surveillance de Toulon est une estimation des flux de polluants émis dans l'atmosphère pour divers types de sources anthropiques et naturelles. Ils sont exprimés en masses de composés émis par unité de temps. Les émissions calculées sont ensuite redistribuées spatialement à l'échelle du kilomètre, pour les besoins de la modélisation.

Les polluants sont émis par des sources variées, regroupées en grands secteurs d'activité (transport, transport non routier, industrie, résidentiel tertiaire et agriculture et nature).

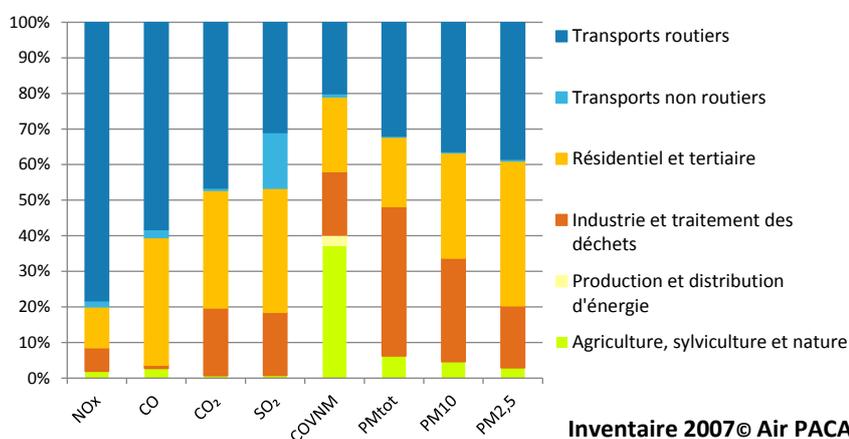
Inv2007 ©Air PACA	NOx	CO	CO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	COVNM	PMtot	PM10	PM2,5
	kg/an	kg/an	t/an	kg/an	kg/an	kg/an	kg/an	kg/an
Agriculture, sylviculture et nature	91 858	349 353	11 477	3 726	3 012 650	122 569	54 816	24 131
Production et distribution d'énergie	0	0	0	0	233 671	0	0	0
Industrie et traitement des déchets	324 640	124 790	347 276	89 364	1 444 580	828 155	347 300	145 945
Résidentiel et tertiaire	563 028	4 700 090	600 549	175 524	1 701 906	385 980	352 283	340 949
Transports non routiers	81 989	293 753	12 008	78 758	69 127	5 524	4 494	3 934
Transports routiers	3 829 373	7 642 221	848 276	156 075	1 623 313	632 123	433 720	322 489
<b>Total ZAS Toulon</b>	<b>4 890 888</b>	<b>13 110 207</b>	<b>1 819 585</b>	<b>503 446</b>	<b>8 085 247</b>	<b>1 974 351</b>	<b>1 192 613</b>	<b>837 448</b>
<b>%Var</b>	<b>32%</b>	<b>34%</b>	<b>43%</b>	<b>42%</b>	<b>17%</b>	<b>27%</b>	<b>26%</b>	<b>25%</b>
<b>% Région</b>	<b>4%</b>	<b>3%</b>	<b>4%</b>	<b>1%</b>	<b>4%</b>	<b>5%</b>	<b>6%</b>	<b>6%</b>

Tableau 1 : Emissions de polluants sur la zone de surveillance de Toulon, inventaire PACA 2007

Les émissions de la ZAS de Toulon représentent de 1 % (SO<sub>2</sub>) à 6 % (PM 10 – PM2,5) des émissions de la région PACA et de 17 à 43 % des émissions du département du Var.

L'analyse sectorielle des émissions sur le territoire de la zone de surveillance de Toulon indique une nette prédominance du secteur des transports pour les NOx et le CO. Pour les particules en suspension (PM 10 et PM 2,5), trois grands secteurs prédominent : le **transport routier**, le **résidentiel/tertiaire**, l'**industrie/traitement des déchets**.

Pour le SO<sub>2</sub>, la contribution du transport maritime dans le secteur non routier contribue à hauteur de 16% de ces émissions. Les émissions en SO<sub>2</sub> des autres secteurs ont nettement diminuées ces dernières années, du fait des faibles taux en soufre des carburants utilisés et des bons systèmes de filtration industriels qui existent aujourd'hui.



Inventaire 2007© Air PACA

## 1.2.2 Emissions d'oxydes d'azote sur la zone de surveillance de Toulon et Région PACA

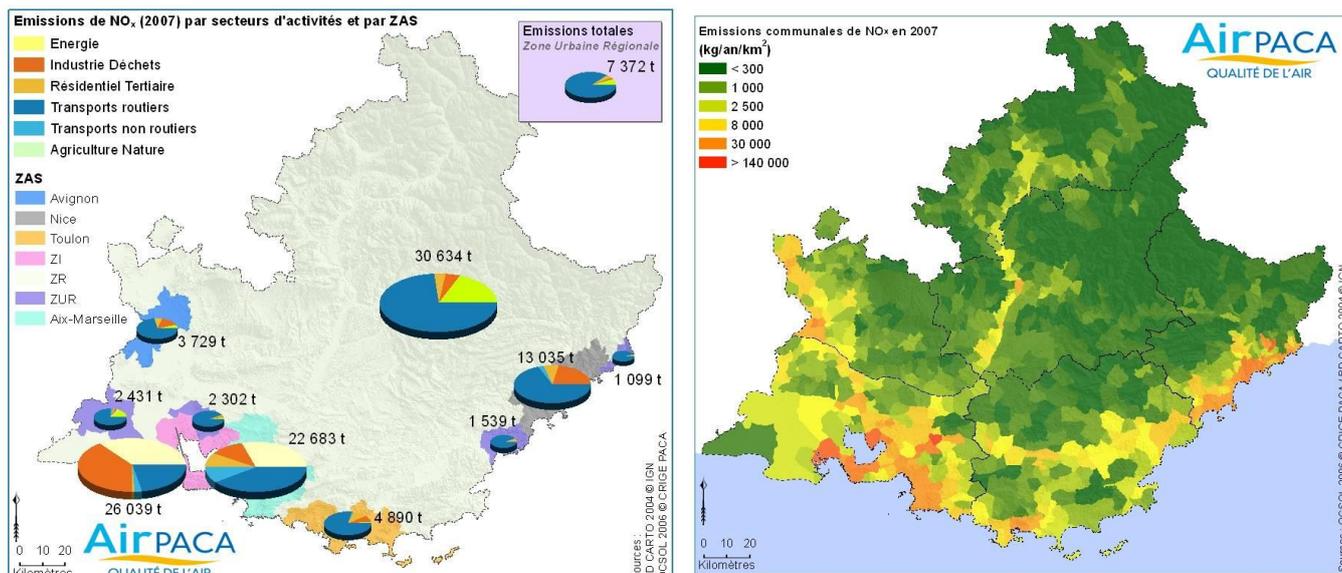


Figure 2 : Cartes des émissions en oxydes d'azote de la région PACA, inventaire PACA 2007

**Le secteur des transports routiers est de loin le secteur d'activités émettant le plus d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) en contribuant à 78 % des émissions de la zone PPA.**

Les émissions d'oxyde d'azote attribuées à la zone PPA sont de l'ordre de 4 891 t/an, soit 32% des émissions du département.

## 1.2.3 Emissions de particules fines PM10 sur la zone de surveillance de Toulon et Région PACA

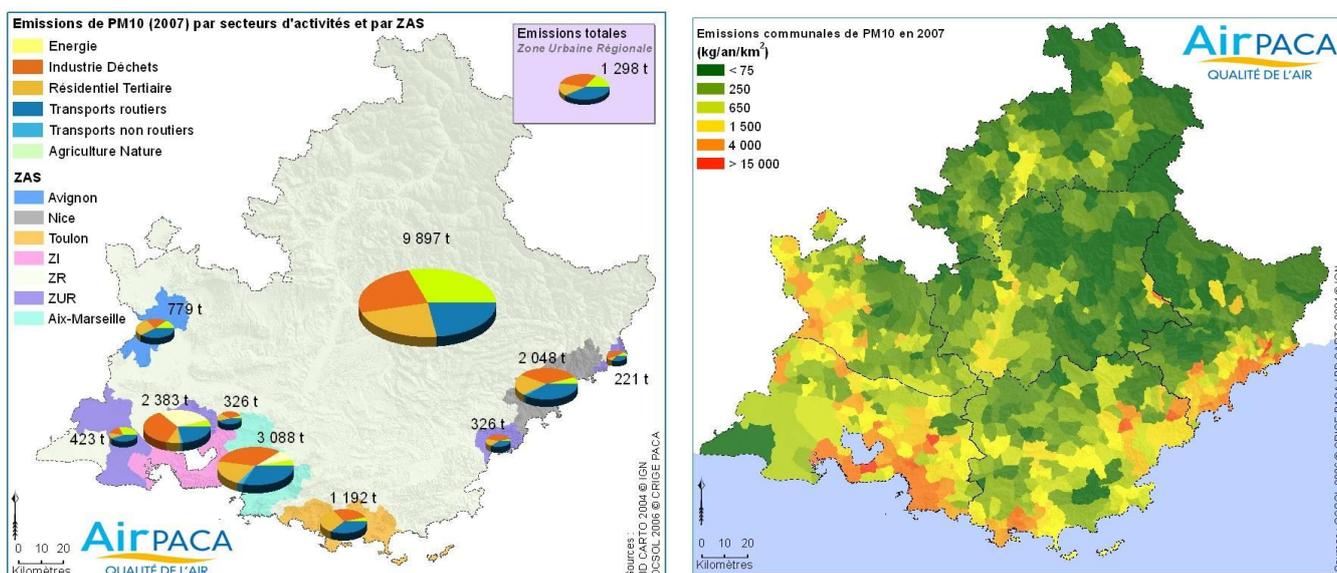


Figure 3 : Cartes des émissions en particules fines PM 10 de la région PACA, inventaire PACA 2007

Sur la zone de surveillance de Toulon, les principaux émetteurs de particules fines (PM 10) sont les **secteurs transport routier (36 %), résidentiel/tertiaire (30 %) et industrie/traitement des déchets (29 %)**.

Les émissions de Particules fines PM 10 attribuées à la zone PPA sont de l'ordre de **1192 t/an, soit 26% des émissions du département**.

**Notons que cette analyse de contribution est une estimation des flux de polluants émis dans l'atmosphère pour chacun des secteurs.** Pour les particules fines il existe également des particules secondaires, qui se forment dans l'atmosphère par réaction chimiques entre certains composés gazeux. Ces particules secondaires s'ajoutent et réagissent chimiquement avec les polluants dits primaires.

## 1.3 Configuration du modèle

### 1.3.1 Modèle de dispersion

Le modèle utilisé pour cette étude est « ADMS Urban, V3.1 », il intègre différents modules couplés qui décrivent les effets complexes de la dispersion des effluents : topographie, effets « canyons », turbulence liée au trafic, phénomènes météorologiques particuliers (inversion de température)...

En fonctionnement normal, le modèle de dispersion travaille en régime stationnaire pour une situation météorologique donnée et réactualisée toutes les heures. ADMS travaille donc en mode séquentiel horaire, ce qui permet de prendre en compte l'évolution temporelle des conditions météorologiques durant la journée. Pour une étude de qualité de l'air à l'échelle d'une agglomération, l'utilisation d'un schéma de dispersion fonctionnant en régime stationnaire pendant des échelles de temps de l'ordre de l'heure est tout à fait adéquat, car celui-ci est précis en terme de dispersion et relativement peu coûteux en temps de calcul. Les valeurs réglementaires font d'ailleurs référence à des échantillonnages effectués généralement à une résolution temporelle horaire.

La grille de calcul est modulable en fonction des paramètres d'entrées : la résolution varie du mètre à quelques centaines de mètres. De plus, le système permet un maillage « intelligent », en concentrant les points de calculs aux endroits où les gradients de concentration sont importants (le long et au bord des axes). Il permet également de disposer des points « spécifiques » correspondant à des localisations particulières, très utiles dans le cadre d'une comparaison modèle / mesure.

### 1.3.2 Méthodologie et couverture du territoire

Le domaine d'étude est la zone de surveillance de Toulon, il regroupe 26 communes, appartenant à 4 intercommunalités. Le domaine d'étude représente une surface de 60 x 32 km<sup>2</sup>, un territoire très étendu pour la mise en place d'un modèle urbain à fine échelle. Compte tenu des contraintes environnementales, celles liées au modèle ADMS-Urban et du nombre important de sources modélisées, le domaine d'étude a été découpé en 8 zones de calculs.

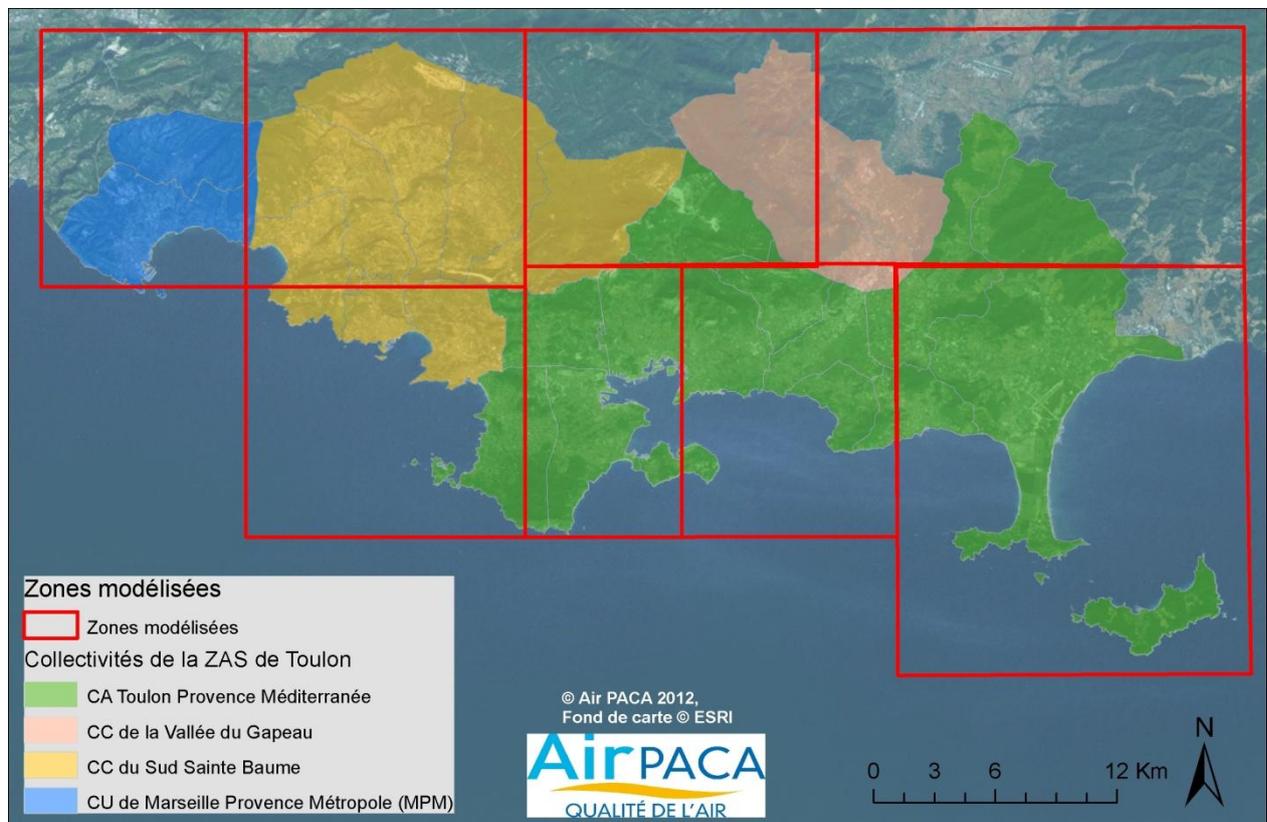


Figure 4 : Carte du domaine d'étude et des zones modélisées

Les valeurs de concentration ont ainsi été simulées en chaque point d'une grille régulière et sur un ensemble de points répartis sous forme de transects de part et d'autre des axes routiers, permettant de cartographier les concentrations des polluants sur la zone d'étude. Les calculs des concentrations ont également été réalisés pour une centaine de points spécifiques correspondant :

- aux stations de mesures fixes du réseau Air PACA,
- aux points de mesures correspondant aux tubes passifs des études menées sur Toulon par le passé.

### 1.3.3 Météorologie

La connaissance des paramètres météorologiques est primordiale pour l'étude de la dispersion des émissions de polluants dans l'atmosphère. La température de l'air, la nébulosité, la vitesse et la direction du vent sont des grandeurs physiques influant sur la mécanique de dispersion et de chimie de l'atmosphère. Elles sont aussi représentatives de la climatologie locale et en particulier des mouvements d'air dans les premières couches atmosphériques.

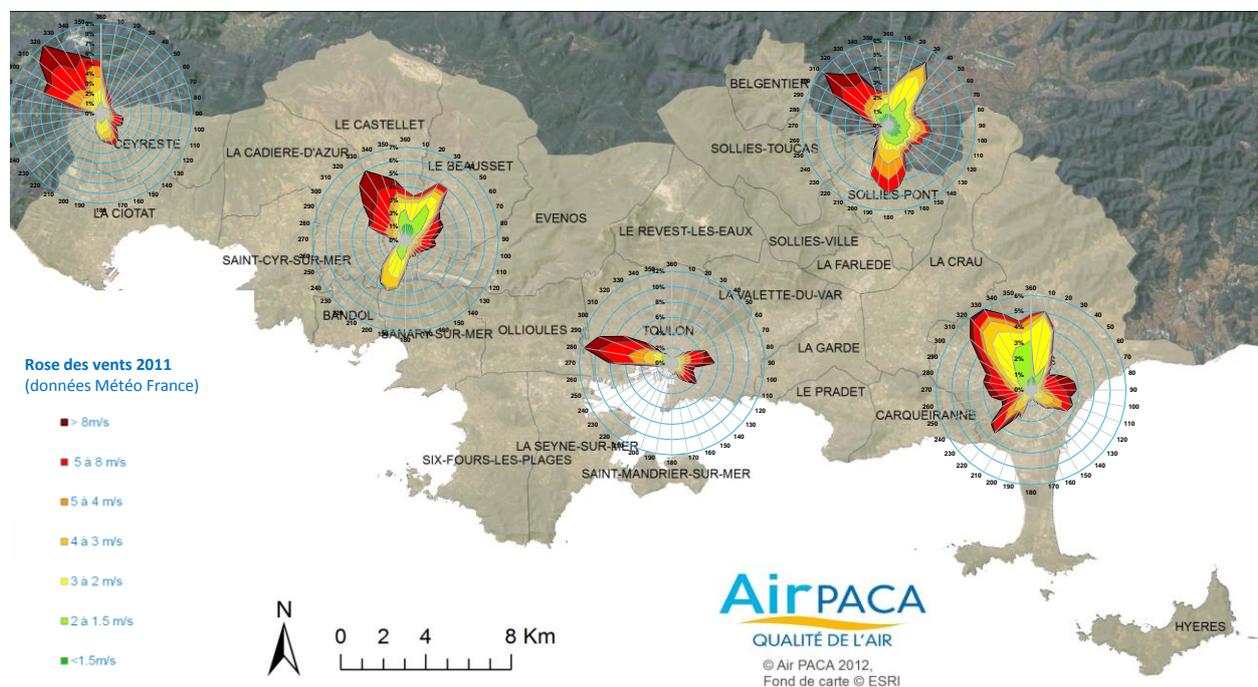


Figure 5 : Rose des vents et données météorologiques Météo France utilisées dans la modélisation de la qualité de l'air

L'étendu du domaine d'étude et sa topographie a contraint l'utilisation de données météorologiques issu de plusieurs sites. Les paramètres pris en compte sur l'année de référence 2011 sont :

- Paramètres de température, vitesse et direction du vent mesurés à la station représentative du domaine d'étude.
- Précipitation issue de la station de Toulon
- Epaisseur de la couche limite et Flux de chaleur sensible issu du modèle WRF régional d'Air PACA.

### 1.3.4 Topographie et nature des sols

Le modèle utilisé permet d'intégrer la topographie dans le calcul de la dispersion atmosphérique des polluants. Le relief de la zone d'étude est susceptible d'influencer les champs de vent et de turbulence, qui eux-mêmes influencent la répartition en surface des concentrations des polluants. La topographie représentée sur la figure ci-dessous provient des données IGN (Modèle Numérique de Terrain 50 mètres).

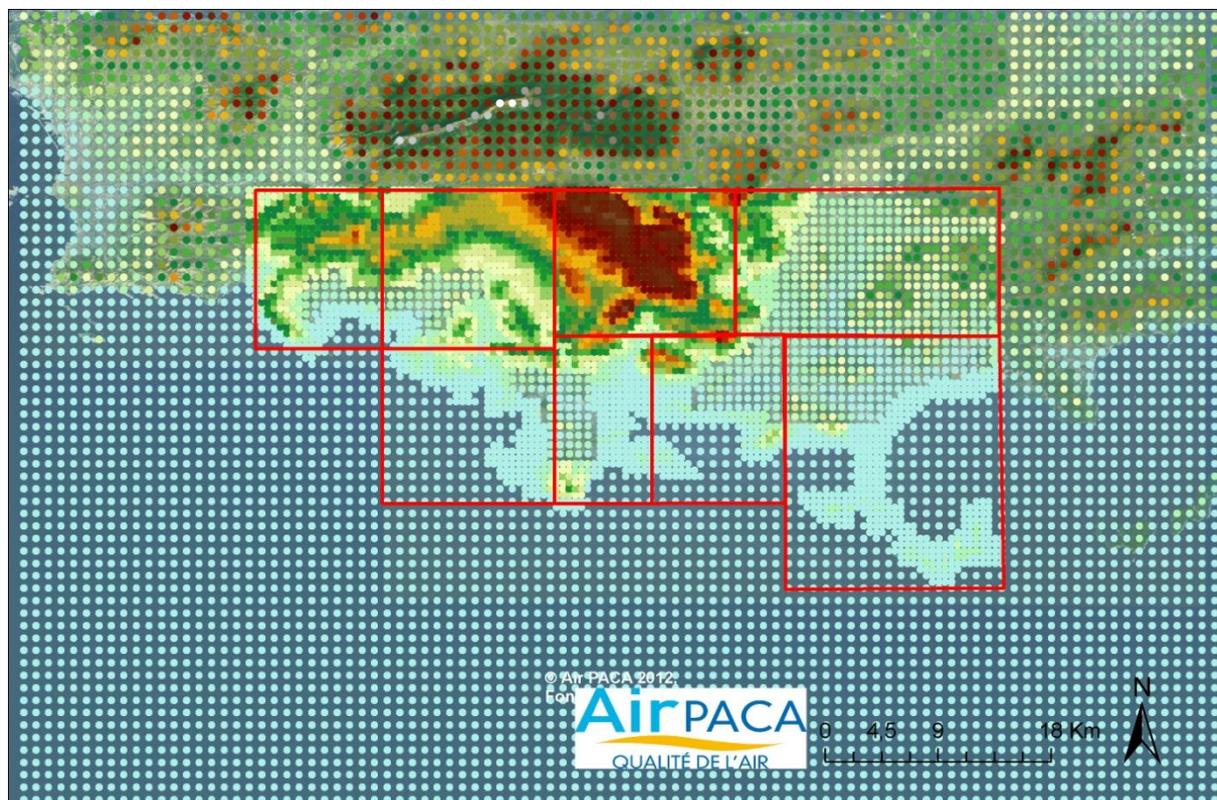


Figure 6 : Carte du domaine d'étude et des zones

Le relief utilisé en entrée de cette modélisation s'étend sur une surface de 95 x 63 km<sup>2</sup>, il est affiné sur les zones modélisées. Le relief sur l'ensemble du domaine d'étude est important puisqu'il varie de 0 m à 1000 mètres avec une longue bande côtière.

La nature des sols peut influencer la progression des panaches. Elle se caractérise par un paramètre de rugosité. Ce dernier, couramment utilisé dans les modèles de dispersion atmosphérique, représente la nature rugueuse des obstacles occupant le sol. Il a la dimension d'une longueur variant entre 10<sup>-3</sup> mètre (surface désertique) et environ 1.5 mètres pour les sols urbains les plus denses. Ces données sont disponibles sous forme d'une grille dont les valeurs sont issues de la base Corine Land Cover fournie par l'IFEN (Institut Français de l'Environnement). Sur la zone d'étude, les valeurs de rugosité appliquées sont de 1.5 mètres sur le domaine d'étude et de 0.2 mètre pour le site météorologique.

A partir de la topographie et des données d'occupation des sols, le module dynamique « FLOWSTAR » intégré dans la modèle ADMS-Urban recalcule, pour chaque donnée météorologique, les champs de vent et de turbulence modifiés par le relief, sur le domaine d'étude et sur plusieurs niveaux verticaux (jusqu'à 2000 mètres au-dessus du sol).

### 1.3.5 Les polluants

Les polluants modélisés dans cette étude sont :

- le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>),
- les particules fines PM10

### Cas spécifique des NO<sub>x</sub>

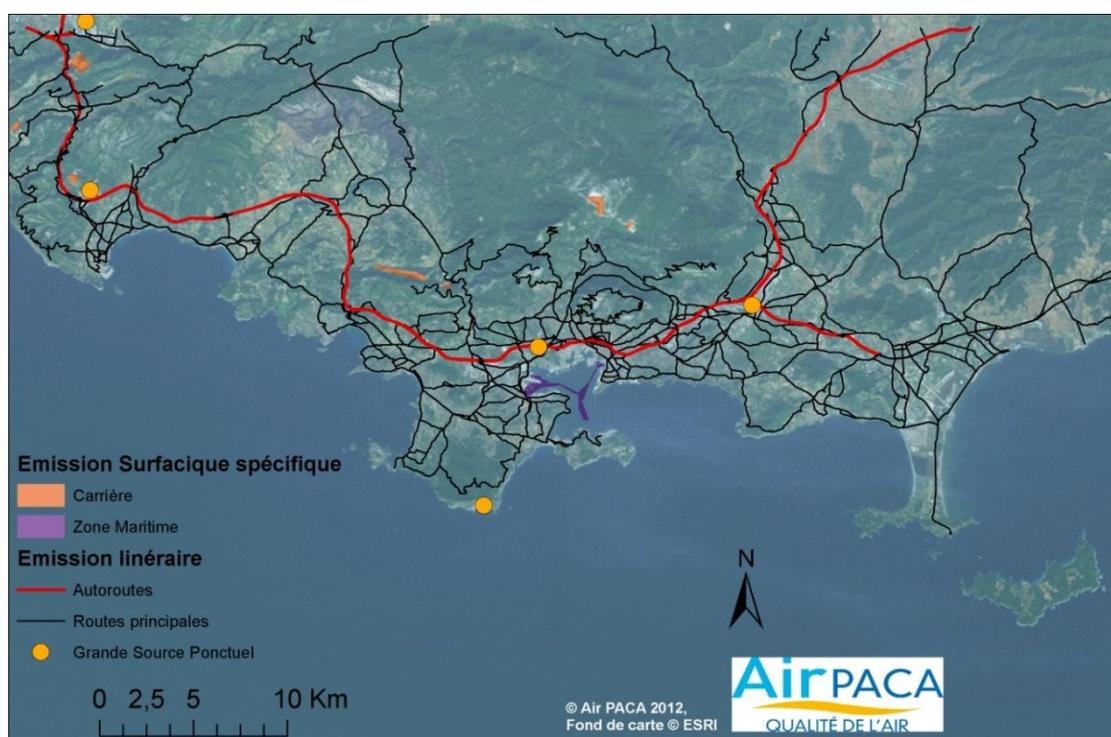
La famille des oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) est composée principalement du monoxyde d'azote (NO) et du dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>). Ce dernier étant le composé le plus toxique, il est le seul à faire l'objet d'une réglementation dans l'air. Il peut donc être intéressant de connaître la répartition NO/NO<sub>2</sub> dans l'environnement, à partir d'une simulation effectuée sur les NO<sub>x</sub>. L'estimation des concentrations en NO<sub>2</sub> contenue dans les concentrations de NO<sub>x</sub> simulées par notre modèle dans l'environnement est possible grâce à la corrélation NO<sub>x</sub>-NO<sub>2</sub> de Dewent-Middleton (1996) définie dans ADMS.

#### **1.3.6 Intégration des émissions des principales sources**

Les émissions de polluants d'origines anthropique et biogénique prises en compte dans les modélisations proviennent de l'inventaire d'émissions pour l'année de référence 2007. Cet inventaire permet de connaître la répartition des émissions des polluants étudiés par secteur d'activité. A l'origine, cet inventaire est développé selon la nomenclature européenne SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution) : les activités émettrices sont distinguées selon les différentes catégories décrites dans cette nomenclature SNAP. Pour la phase de modélisation avec ADMS-Urban, les émissions ont été agrégées selon la répartition présentée ci-après.

Toutes les émissions ont été intégrées dans le système de modélisation de la qualité de l'air ADMS-Urban afin de restituer les concentrations dans l'air en NO<sub>2</sub> et en particules fines sur la zone. Les principales sources d'émissions sont prises en compte de manière spécifique en fonction de leur nature :

- le trafic routier principal pour lequel les émissions sont prises en compte sous forme linéaire ;
- les sources industrielles majeures sont intégrées dans le modèle sous forme ponctuelle (Grandes Sources Ponctuelles). Les émissions sont décrites de manière fine pour chaque site de rejet, avec précision des caractéristiques techniques des rejets (température d'éjection, vitesse du rejet, diamètre de la cheminée...);
- les émissions dues au trafic maritime (hors base navale) et les émissions des carrières sont explicitées sous forme de surface spécifique à l'activité



**Figure 7 : Visualisation des sources d'émissions superficielles et ponctuelles modélisées dans ADMS-Urban**

### 1.3.7 Cadastre kilométrique des émissions

Afin d'intégrer aux simulations les autres sources d'émissions (sources industrielles diffuses, résidentielles, tertiaires, naturelles, ...) sur l'aire d'étude, un cadastre d'une résolution kilométrique a été utilisé. Chaque maille du cadastre est modélisée comme une source volumique à l'intérieur de laquelle les émissions sont considérées comme uniformément réparties.

Le cadastre utilisé en entrée de cette modélisation s'étend sur une surface de 65 x 38 km<sup>2</sup>. Son emprise est plus grande que celle du domaine d'étude afin de prendre en compte la pollution provenant de l'extérieur de la zone. Les émissions de NO<sub>x</sub> et particules utilisées dans les simulations sont présentées respectivement dans les illustrations suivantes :

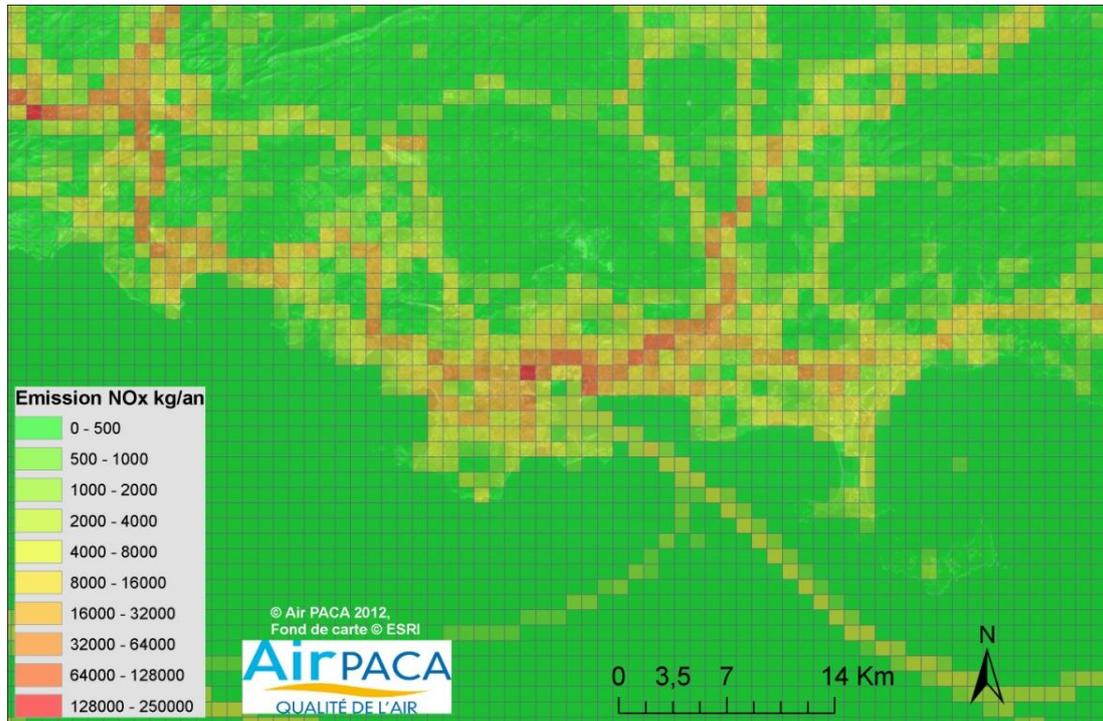


Figure 8 : Cadastre kilométrique des émissions de NO<sub>x</sub> utilisé dans ADMS-Urban

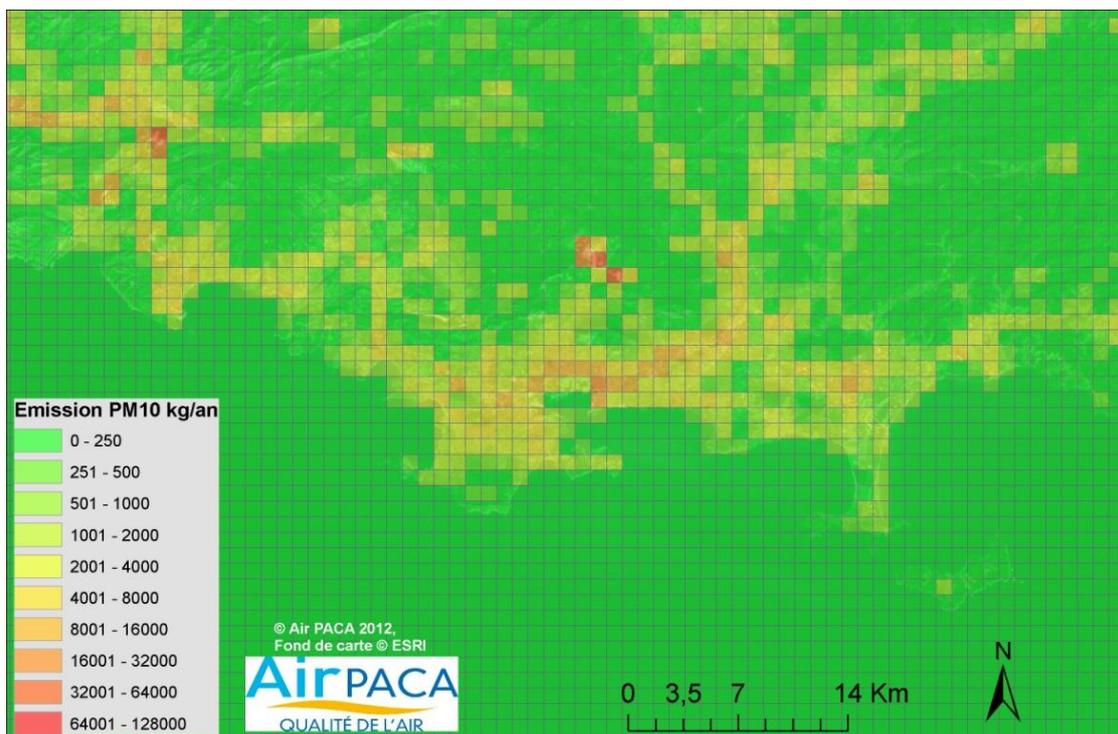


Figure 9 : Cadastre kilométrique des émissions de particules fines PM 10 utilisé dans ADMS-Urban

### 1.3.8 Validation et calage des sorties de modélisation

Afin d'obtenir un résultat de modélisation le plus cohérent possible avec l'ensemble des mesures terrains dont Air PACA dispose, une dizaine de test sur les paramètres météorologiques a été nécessaire.

Un post-traitement du modèle a également été réalisé à partir des données mesurées en 2011 sur les stations de mesures permanentes. Les campagnes menées dans les études antérieures ont également été utilisées en redressant les concentrations entre la campagne et l'année de référence 2011 de la cartographie finale.

L'ensemble de ces données ont été utilisées pour caler le modèle et la cartographie annuelle afin d'obtenir une cartographie la plus proche de la réalité :

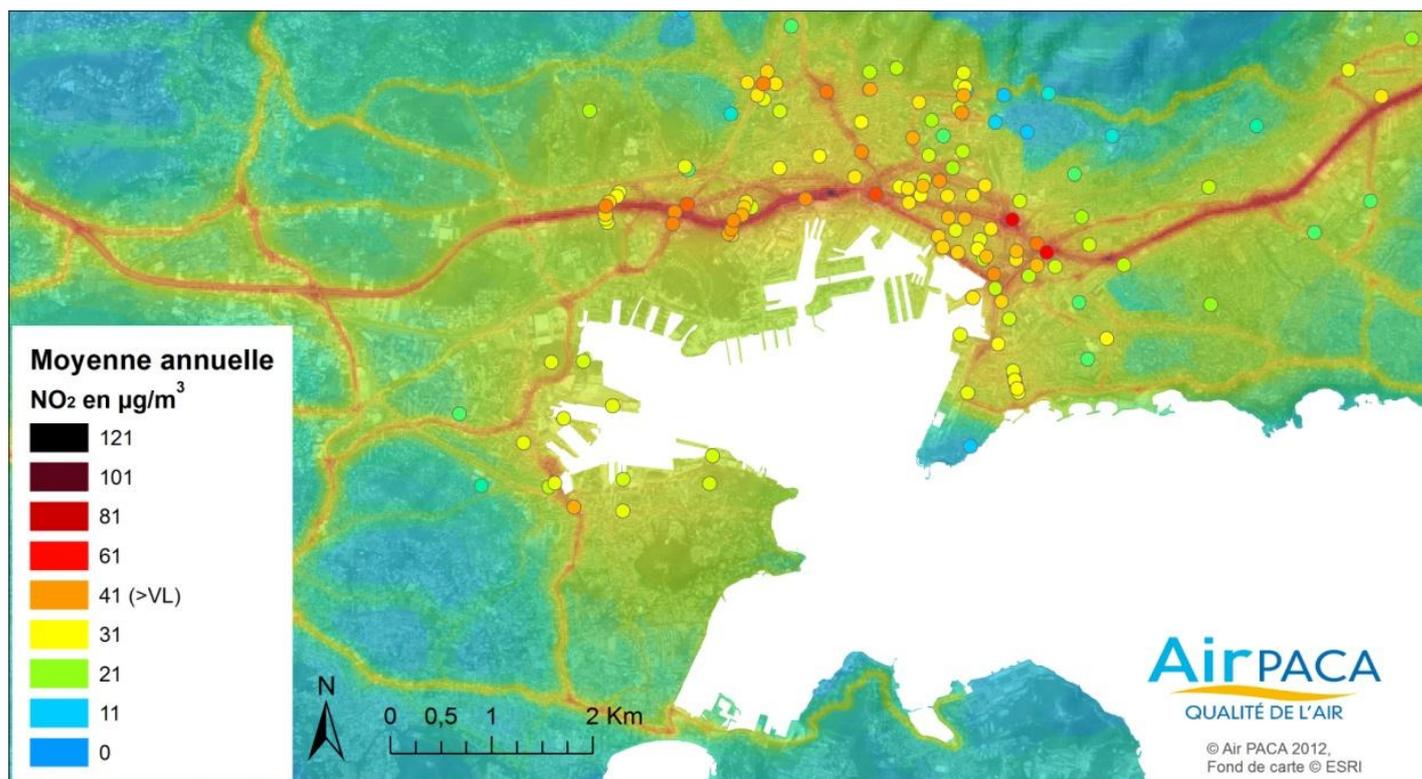


Figure 10 : Modèle/mesure sur le centre de l'agglomération toulonnaise – NO<sub>2</sub> – dioxyde d'azote -2011

Une des principales limites de la méthode est le manque de données issues de stations de mesures en dehors de Toulon. En effet, Air PACA ne dispose actuellement, sur la zone de surveillance de Toulon, uniquement des données sur le centre-ville de l'agglomération toulonnaise. Des points complémentaires sur les autres communes (Sanary / Bandol / Hyères / ...) permettraient un meilleur échantillonnage pour caler la modélisation et le suivi des cartographies fines échelle sur l'ensemble de l'agglomération.

## 2. Rendus cartographiques

### 2.1. Dioxyde d'azote NO<sub>2</sub>, concentrations annuelles

Les valeurs moyennes annuelles (2011) en dioxyde d'azote montrent des concentrations supérieures à la valeur limite de 40 µg/m<sup>3</sup> en proximité des grands axes routiers de l'agglomération. Ces zones de dépassements sont centrées sur le centre de l'agglomération et les principaux pôles urbains.

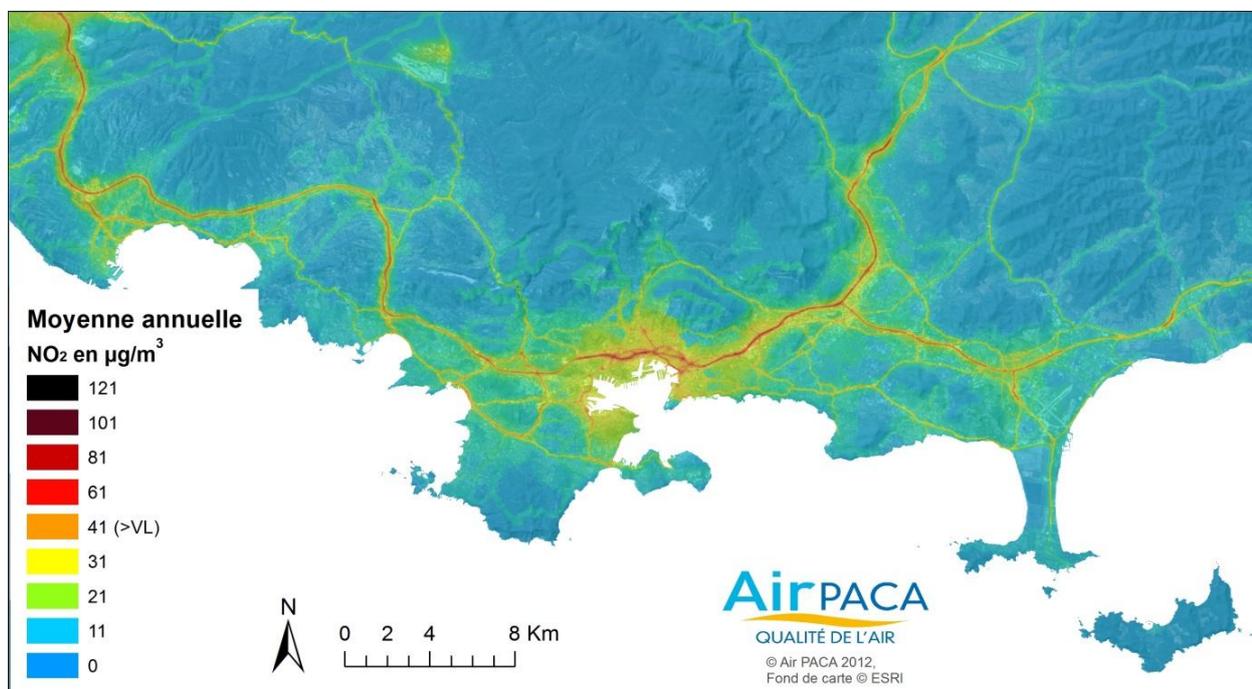
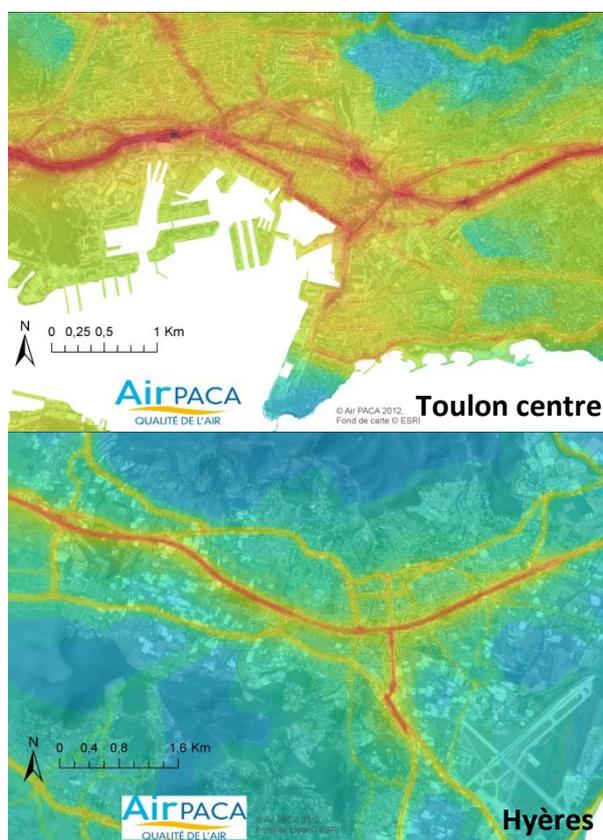
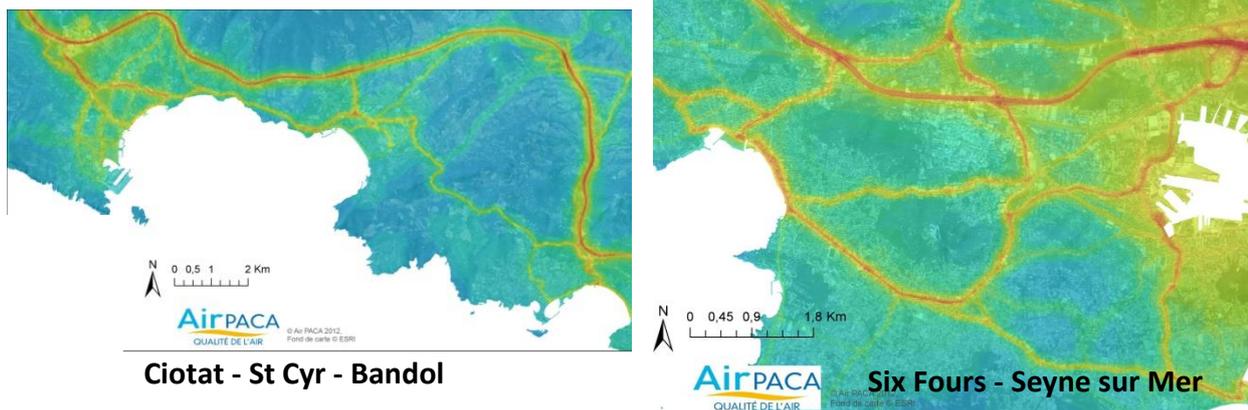


Figure 11 : Concentration annuelle en dioxyde d'azote en 2011 sur la zone de surveillance de Toulon

Sur le centre-ville de Toulon, les zones en dépassement de la valeur limite sont les axes structurants du centre-ville (Autoroute et Bd Strasbourg, Av Magnan et République, Av Roosevelt, ...) qui supportent un trafic très dense, ainsi que les principaux ronds-points aux entrées de la ville (rd Bir-Hakeim, place Noël Blanche et carrefour Villevielle). Le premier tronçon du tunnel crée deux points chauds aux niveaux des bouches d'entrée et de sortie, mais il permet de réduire les émissions de polluants dans le centre-ville en réduisant le trafic sur les Bd Strasbourg et Leclerc. L'ensemble des espaces urbains, hors proximité des grands axes, respectent la valeur limite en dioxyde d'azote.

Sur les autres centres urbains, Hyères, la Seyne, Six-Four, Bandol et la Ciotat, les dépassements de la valeur limite (40 µg/m<sup>3</sup>) sont principalement obtenus sur les axes à fort trafic, traversant les centres villes. Les concentrations de fond urbain sont proches de 20 µg/m<sup>3</sup> et respectent les valeurs réglementaires sur ces zones.





Figures 12 : Concentration annuelle en dioxyde d'azote en 2011 sur les centres urbains de l'agglomération toulonnaise

## 2.2. Particules fines PM 10, Percentile 90.4

La valeur de réglementaire pour le suivi des concentrations moyennes en particules fines PM 10 est le nombre de jours dépassant la valeur limite journalière de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , qui ne doit pas être dépassé plus de 25 fois par an. Cette valeur limite correspond, sur l'année, à un percentile 90.4 des données journalières de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (cf. carte ci-dessous).

Les mesures et la modélisation issues de la surveillance réglementaire sur les stations fixes montrent des zones ne respectant pas cette valeur réglementaire. Elles sont très majoritairement situées en proximité des grands axes routiers de l'agglomération.

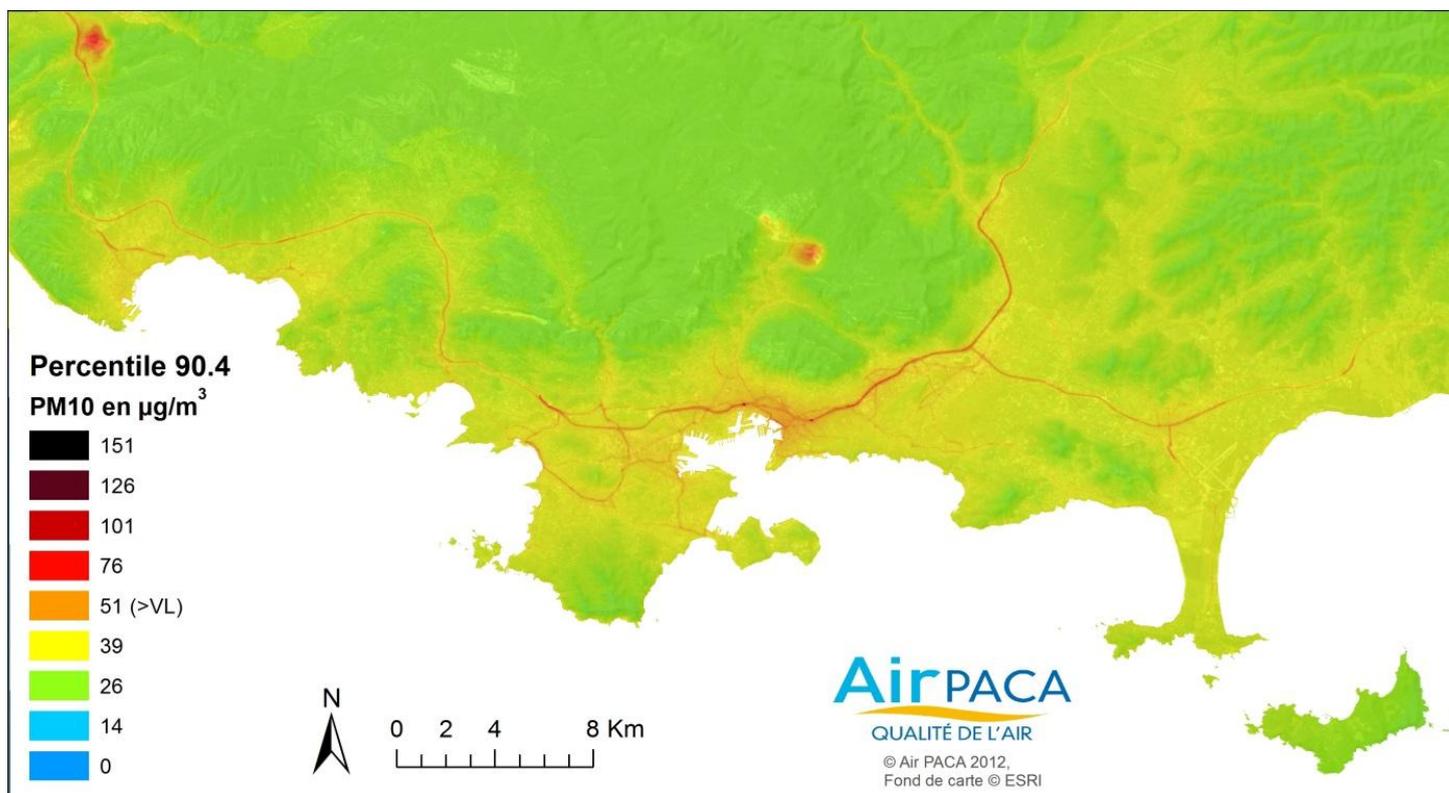
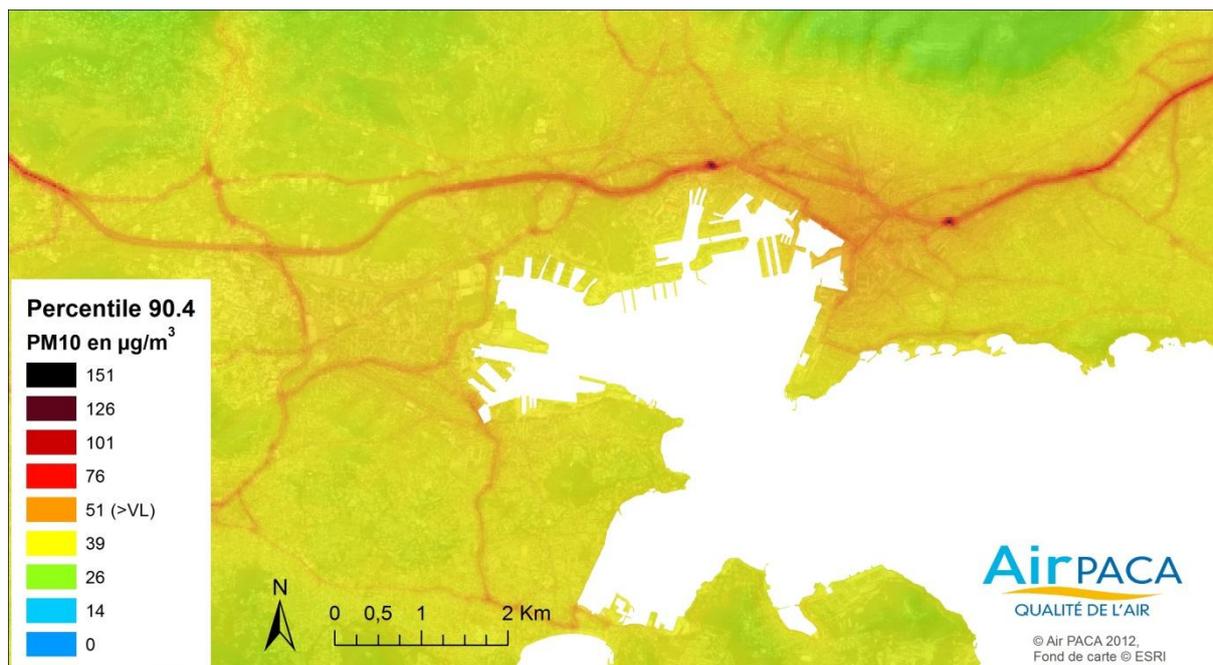


Figure 13 : Concentration annuelle du percentile 90.4 journalier en particules fines PM 10 en 2011 sur la zone de surveillance de Toulon



**Figure 14 : Concentration annuelle du percentile 90.4 journalier en particules fines PM 10 en 2011 sur le centre de l'agglomération toulonnaise**

### 2.3. Estimation de l'exposition des populations aux valeurs réglementaires en particules PM 10 et en dioxyde d'azote.

Les calculs d'exposition de la population sont réalisés à l'échelle urbaine afin de prendre en compte la forte variabilité spatiale de la pollution autour des axes de circulation (figure 15) :

Les paramètres utilisés pour l'estimation de la population exposée sont :

- La population par IRIS et les bâtiments présents sur l'ensemble de la zone.
- la valeur limite en moyenne journalière PM 10 (Percentile 90.4 des moyennes journalières  $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ),
- la valeur limite en moyenne annuelle  $\text{NO}_2$  ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

L'estimation a été réalisée sur la totalité de l'agglomération de Toulon, ce territoire étant désormais entièrement couverts par une modélisation fine.

Les niveaux d'exposition **des populations à un dépassement** sont estimés en 2011 à environ **17 500 habitants pour le dioxyde d'azote** et à environ **11 500 habitants pour les particules fines PM 10**.

ZAS de Toulon (PPA 83)		Population exposée à un dépassement de valeur limite en 2011	
Zone modélisée	Population totale	$\text{NO}_2$	PM 10
Toulon	549 500	<b>17 500</b>	<b>11 500</b>

**Tableau 2 : Population résidente exposée à un dépassement de valeur limite en 2011 sur la zone de surveillance de Toulon**

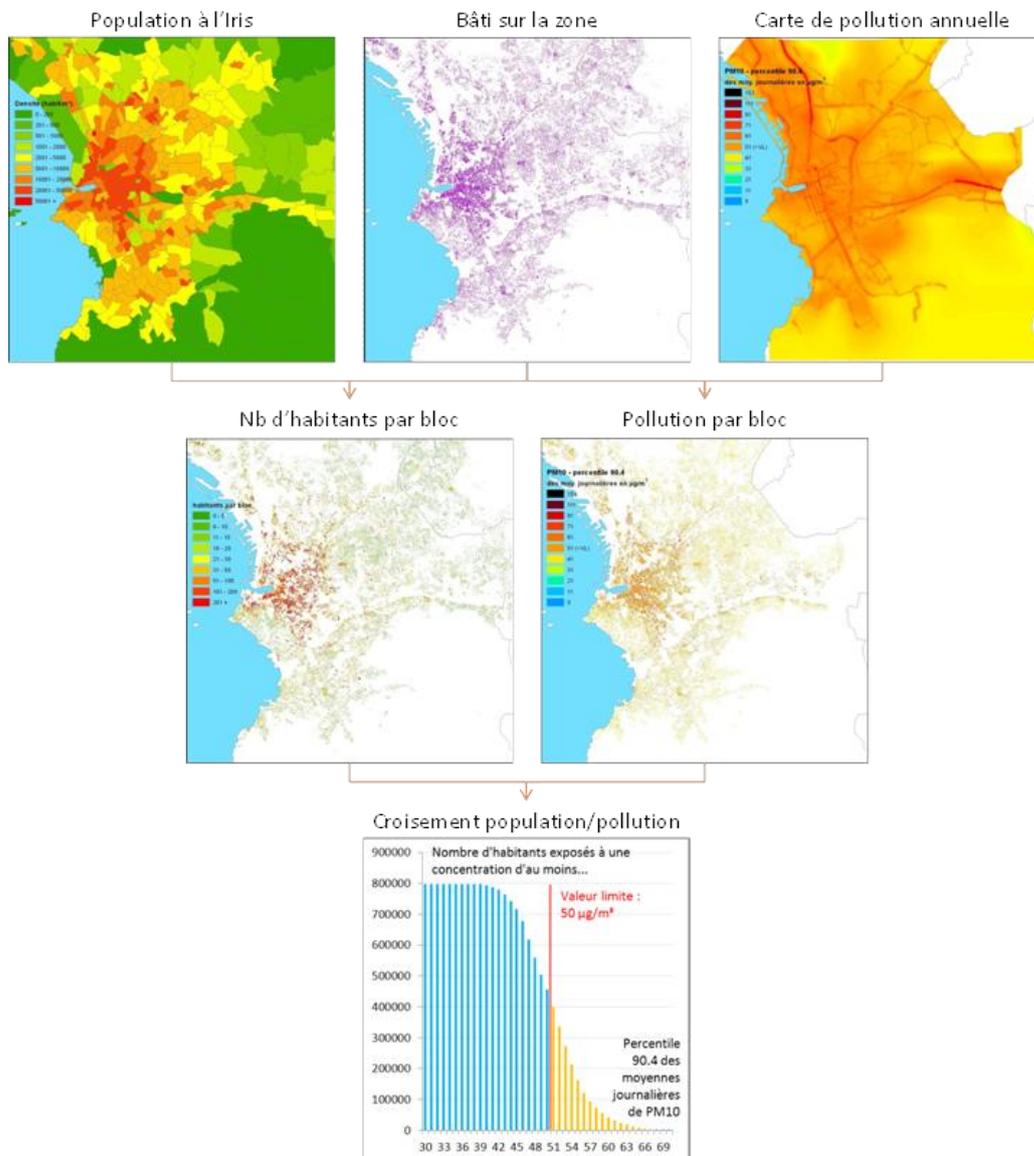


Figure 15 : Méthodologie d'évaluation des populations exposées.

### 3. Conclusions et perspectives

**La modélisation urbaine sur la zone de surveillance de Toulon a permis de caractériser la qualité de l'air** en dioxyde d'azote et en particules fines PM 10 à fine échelle. Les résultats de cette modélisation permettent d'étendre les connaissances de la qualité de l'air sur ce territoire.

**Les zones en dépassement** des valeurs limites en NO<sub>2</sub> et en PM 10 sur l'agglomération toulonnaise **sont situées en proximité des grands axes routiers, centrées sur le centre de l'agglomération et les principaux pôles urbains.**

Ces travaux ont permis d'évaluer les niveaux d'exposition **des populations à un dépassement, l'estimation de la population exposée est en 2011 d'environ 17 500 habitants en dioxyde d'azote et d'environ 11 500 habitants en particules PM 10.**

Cette modélisation urbaine sera réactualisée régulièrement afin d'assurer un suivi de l'état de la qualité de l'air sur l'aire toulonnaise et de mettre en place des indicateurs de suivis des populations exposées à un dépassement des valeurs réglementaires en particules fines ou en dioxyde d'azote.

#### Perspectives :

Ces nouvelles cartographies hautes résolutions déployées sur la zone de surveillance de Toulon dans le cadre du PPA 83 ont permis la mise en application de nouveaux outils et méthodes sur ce territoire qui vont être réutilisés pour le suivi de la qualité de l'air par Air PACA et du suivi des indicateurs d'exposition sur l'agglomération.

Plusieurs projets d'amélioration de ces cartographies sont envisagés:

- **Des campagnes temporaires de mesure par tubes passifs NO<sub>2</sub> devront être conduites dans les années à venir afin** de compléter notre connaissance et d'assurer un suivi des évolutions de la qualité de l'air sur ce vaste territoire. Des points complémentaires seront échantillonnés à l'Ouest et à l'Est de l'agglomération.
- **L'intégration de l'inventaire des émissions 2010, qui dispose de données routières plus fines** issues des données de la Communauté d'agglomération de Toulon Provence Méditerranée.

Ces améliorations permettront d'affiner et d'assurer un suivi de ces cartographies et de leurs évolutions dans les années à venir.

Cet outil, **développé par Air PACA**, permettra de travailler avec les collectivités locales qui souhaitent réaliser des simulations locales permettant d'estimer les gains des actions en termes de pollution, d'émission de polluant, de gaz à effet de serre : tel que l'amélioration de la qualité de l'air induit par le Plan Local d'Urbanisme, le Plan de Déplacement Urbain, la mise en service du tunnel, les Bus à Haut Niveau de Service, etc....)

# Liste des figures et tableau

Figure 1 : Stations de surveillance permanente sur le département du Var .....	4
Figure 2 : Cartes des émissions en oxydes d'azote de la région PACA, inventaire PACA 2007 .....	6
Figure 3 : Cartes des émissions en particules fines PM 10 de la région PACA, inventaire PACA 2007 .....	6
Figure 4 : Carte du domaine d'étude et des zones modélisées .....	7
Figure 5 : Rose des vents et données météorologiques Météo France utilisées dans la modélisation de la qualité de l'air .....	8
Figure 6 : Carte du domaine d'étude et des zones .....	9
Figure 7 : Visualisation des sources d'émissions surfaciques et ponctuelles modélisées dans ADMS-Urban .....	10
Figure 8 : Cadastre kilométrique des émissions de NOx utilisé dans ADMS-Urban .....	11
Figure 9 : Cadastre kilométrique des émissions de particules fines PM 10 utilisé dans ADMS-Urban .....	11
Figure 10 : Modèle/mesure sur le centre de l'agglomération toulonnaise – NO <sub>2</sub> – dioxyde d'azote -2011 .....	12
Figure 11 : Concentration annuelle en dioxyde d'azote en 2011 sur la zone de surveillance de Toulon .....	13
Figures 12 : Concentration annuelle en dioxyde d'azote en 2011 sur les centres urbains de l'agglomération toulonnaise .....	14
Figure 13 : Concentration annuelle du percentile 90.4 journalier en particules fines PM 10 en 2011 sur la zone de surveillance de Toulon .....	14
Figure 14 : Concentration annuelle du percentile 90.4 journalier en particules fines PM 10 en 2011 sur le centre de l'agglomération toulonnaise .....	15
Figure 15 : Méthodologie d'évaluation des populations exposées. ....	16
Tableau 1 : Emissions de polluants sur la zone de surveillance de Toulon, inventaire PACA 2007 .....	5
Tableau 2 : Population résidente exposée à un dépassement de valeur limite en 2011 sur la zone de surveillance de Toulon .....	15

## Glossaire

**Concentration** : unité de mesure des polluants présents dans l'air ambiant, qui s'exprime par une masse ( $\mu\text{g}$ ) dans un volume ( $\text{m}^3$ ).

**Emission** : quantité de polluant en kg émis en un point ou une surface du territoire par une activité anthropique ou naturelle.

### Valeur limite

Un niveau de concentration fixé sur la base des connaissances scientifiques, dans le but d'éviter, de prévenir ou de réduire les effets nocifs sur la santé humaine et/ou l'environnement dans son ensemble, à atteindre dans un délai donné et à ne pas dépasser une fois atteint.

### Unité de mesures

$\mu\text{g}/\text{m}^3$  : microgramme par mètre cube d'air  
( $1 \mu\text{g} = 10^{-6} \text{g} = 0,000001 \text{g}$ )

### Sigles

**NO<sub>2</sub>** : Dioxyde d'azote

**PM** : Particules en suspension

**PM 10** : Particules d'un diamètre < 10  $\mu\text{m}$

### Classification des stations de mesure

**Les stations de mesure connaissent une classification au niveau national, en fonction de leur environnement :**

**Station trafic (T)** : représentative du niveau d'exposition maximum auquel la population située en proximité d'une infrastructure routière est susceptible d'être soumise.

**Station urbaine (U)** : représentative du niveau d'exposition moyen de la population dans les centres urbains.

## Bibliographie

Les bilans Qualité de l'air du Var  
[http://www.atmopaca.org/bilans\\_annuels.php](http://www.atmopaca.org/bilans_annuels.php)

Plan Surveillance Qualité de l'Air :  
[http://www.atmopaca.org/files/ft/110131\\_PSQA\\_PACA.pdf](http://www.atmopaca.org/files/ft/110131_PSQA_PACA.pdf)

Révision du PPA 83 – site DREAL PACA :  
<http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/revision-des-ppa-r996.html>

SYMPIC – Qualité de l'air comparée entre les villes de Toulon et La Seyne sur Mer et leurs ports  
[http://www.atmopaca.org/files/et/070321\\_YCM\\_Simpyc.pdf](http://www.atmopaca.org/files/et/070321_YCM_Simpyc.pdf)  
[http://www.atmopaca.org/files/et/070904\\_YCM\\_Simpyc\\_II.pdf](http://www.atmopaca.org/files/et/070904_YCM_Simpyc_II.pdf)

AIRPROCHE – Cartographies de la pollution à Toulon : Approches géostatistique et déterministe  
[http://www.atmopaca.org/files/et/060505\\_AIRPROCHE\\_RMX.pdf](http://www.atmopaca.org/files/et/060505_AIRPROCHE_RMX.pdf)



## Modélisation urbaine Agglomération toulonnaise

### Contexte et objectif :

Ce projet de modélisation de la qualité de l'air a été réalisé dans le cadre des travaux du Plan de Protection de l'Atmosphère de l'agglomération toulonnaise (PPA 83).

Dans le cadre de ses missions de surveillance et d'amélioration des connaissances sur la qualité de l'air, Air PACA met progressivement en place sur l'ensemble des agglomérations de la région des modélisations urbaines afin de :

- Mieux caractériser la qualité de l'air dans les zones urbaines densément peuplées,
- Disposer d'indicateurs de suivi ayant une meilleure représentativité spatiale,
- Estimer les populations exposées aux éventuels dépassements des valeurs réglementaires.

### Résultats de la modélisation urbaine :

La modélisation urbaine sur la zone de surveillance de Toulon a permis de caractériser la qualité de l'air en dioxyde d'azote et en particules fines PM 10 à une échelle fine en phase avec l'ensemble des données de mesure de la qualité de l'air disponible sur le territoire.

Les zones en dépassement des valeurs limites en NO<sub>2</sub> et en PM10 sur l'agglomération toulonnaise sont situées en proximité des grands axes routiers, centrées sur le centre de l'agglomération et les principaux pôles urbains. Les populations exposées à un dépassement de ces valeurs sont en 2011 d'environ 17 500 habitants en dioxyde d'azote et d'environ 11 500 en particules PM 10.

### Perspectives :

Plusieurs projets d'amélioration de ces cartographies sont prévues dans les années à venir, notamment au travers de campagnes temporaires de prélèvements par tubes passifs NO<sub>2</sub> et la prise en compte de l'inventaire des émissions 2010.

Cet outil, développé par Air PACA, permettra de travailler avec les collectivités locales qui le souhaitent pour réaliser des scénarii permettant d'estimer les gains des actions locales (PLU, PDU, BHNS, ...) en termes de pollution, d'émission de polluant et de gaz à effet de serre.



### Siège social

146, rue Paradis  
« Le Noilly Paradis »  
13294 Marseille Cedex 06  
Tél. 04 91 32 38 00  
Télécopie 04 91 32 38 29

### Établissement de Martigues

Route de la Vierge  
13500 Martigues  
Tél. 04 42 13 01 20  
Télécopie 04 42 13 01 29



### Établissement de Nice

333, Promenade des Anglais  
06200 Nice  
Tél. 04 93 18 88 00  
Télécopie 04 93 18 83 06