



Qualité de l'air

Études

Juillet 2006



Les émissions de Particules dans la région de l'étang de Berre



Association pour la Surveillance de la Qualité de l'Air de la Région de l'Etang de Berre et de l'Ouest des Bouches-du-Rhône

Route de la Vierge - 13 500 Martigues - Tel. 04 42 13 01 20 - Fax. 04 42 13 01 29

Site internet: www.airfobep.org - e-mail : airfobep@airfobep.org

Serveur vocal 04 42 49 35 35 (selon tarification téléphonique en vigueur)



Sommaire

I GENERALITES : LES PARTICULES (PM) DANS L'ATMOSPHERE.....	2
I.1 Définitions	2
I.2 Sources et inventaire	2
I.3 Impact	3
I.4 Métrologie.....	3
I.5 Normes et recommandations	4
II L'INVENTAIRE DES EMISSIONS.....	5
II.1 Définition	5
II.2 Type de source pris en compte.....	6
II.3 Objectifs de l'inventaire des émissions	6
II.4 L'inventaire des émissions de la région PACA	6
III BILAN D'EMISSION DES PM : REPARTITION GEOGRAPHIQUE.....	8
IV ANALYSES SECTORIELLES PAR ZONE GEOGRAPHIQUE.....	9
IV.1 Région PACA	9
IV.2 Bouches du Rhône.....	9
IV.3 Zone de surveillance d'AIRFOBEP	10
V REPRESENTATIONS CARTOGRAPHIQUES	11
V.1 Emissions totales	13
V.2 Emissions par type de source.....	14
VI DISTRIBUTION TEMPORELLE DES EMISSIONS	16
VII CONCLUSION.....	20

I Généralités : les particules (PM) dans l'atmosphère

I.1 Définitions

Le terme particules (PM : Particulate Matter - Matières Particulaires) désigne les particules solides ou liquides présentant une vitesse de chute négligeable. Dans l'air et dans les conditions normales, cette définition caractérise des particules de diamètre inférieure à 100 micromètres (μm). Le terme scientifique désignant les PM et leur gaz porteur est : aérosol.

Différents noms sont donnés aux PM de type particulier :

- **Fumées noires** : désigne les particules visibles entraînées par les gaz de combustion.
- **Poussières** : désigne les particules solides issues de processus mécaniques.
- **Brume** : désigne les gouttelettes en suspension, responsables de la mauvaise visibilité.
- **Le brouillard** : est une brume très dense. L'association de poussières et de brouillard donne lieu au "Smog".
- **Cendre** : désigne les particules issues de la combustion de matériaux carbonés. La partie fine est nommée cendre volante.

I.2 Sources et inventaire

Les PM dans l'atmosphère ont deux origines : naturelle et anthropique. Les sources naturelles sont les océans, les volcans, les feux de végétations, l'érosion, la remise en suspension et les particules biologiques. Les sources anthropiques sont les industries, les moyens de transport, les combustions domestiques, l'activité agricole et artisanale.

Les PM sont caractérisées par les paramètres suivants :

- **La distribution en dimension (granulométrie)**. Les PM sont assimilées à des sphères de densité unitaire : la dimension des PM est le diamètre aérodynamique de ces sphères équivalentes.
- **La concentration pondérale et/ou numérique.**
- **La nature chimique.**

Les différents phénomènes de formation des PM dans l'atmosphère (nucléation, accumulation et procédés mécaniques) sont à l'origine de la dichotomie (particules fines - grosses particules) que l'on observe dans leur granulométrie. Celle-ci présente trois modes et s'étend sur un large domaine : 10^{-3} - $10 \mu\text{m}$. Par ailleurs, la concentration pondérale varie généralement entre 0.5 et $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et la concentration numérique entre 1 et 10^5 particules/ cm^3 .

Définitions :

- **PM10** : particules dont la taille est inférieure à **10 μm**
- **PM2.5** : particules dont la taille est inférieure à **2.5 μm**

L'inventaire précis des PM émises dans l'atmosphère est difficile à réaliser, à cause de la contribution des sources naturelles et des mécanismes complexes de dépôt et de remise en

suspension. Les inventaires disponibles sont réalisés sur les masses émises (concentration pondérale) sans discrimination sur leur nature chimique.

Les émissions dues à la combustion (industries et transport) sont estimées sur la base de la consommation des combustibles fossiles. En France, ces derniers sont responsables de 50% des émissions de PM, notamment les exploitations minières et la sidérurgie.

Au cours des 15 dernières années, les émissions globales de PM en France ont baissé de 50%. C'est le fait d'une utilisation moindre des fuels lourds et de l'utilisation de procédés de dépoussiérage. Dans le même temps, les émissions dues aux moyens de transport ont doublé.

I.3 Impact

Les PM présentes dans l'atmosphère en tant que polluant ont des effets sur la santé publique, sur l'écosystème et sur le patrimoine bâti. Pour la santé publique, la toxicité des PM est essentiellement liée aux fractions **PM10 et PM2.5** des particules.

Les manifestations attribuables à ces particules, telles qu'elles sont énumérées par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France sont :

- L'altération de la fonction respiratoire,
- Les phénomènes aigus ou chroniques d'irritation de la muqueuse respiratoire,
- L'hypersensibilité et la réaction allergique,
- La susceptibilité accrue aux infections respiratoires,
- La modification morphologique des voies aériennes,
- La toxicité cellulaire de certains organes cibles (foie, rein, cerveau,...),
- La mutagenèse et la carcinogenèse, locale ou à distance des voies respiratoires.

L'observation ou non d'une manifestation ou d'une autre dépend des paramètres intrinsèques des PM et des propriétés physiologiques des individus en question.

Les PM contribuent aussi dans des mécanismes de détérioration du patrimoine bâti ainsi qu'à la dégradation de la faune et de la flore.

I.4 Métrologie

En métrologie des PM, le choix d'une technique de mesure passe par la définition des paramètres à quantifier (dimension, concentration ou nature) et de leur ordre de grandeur. Les différentes techniques de mesure sont basées sur l'exploitation des propriétés physiques (mécaniques, électriques et optiques) des PM. Les techniques dites discrètes opèrent une sélection granulométrique, en opposition aux techniques intégrales. Les PM dans l'atmosphère s'étendent sur un large domaine de dimensions, de concentrations et de natures. Une bonne définition des objectifs est nécessaire pour choisir la technique la plus adaptée.

Dans la métrologie des PM, l'échantillonnage et le transport (têtes et lignes de prélèvement) sont d'une grande importance. Un mauvais choix de ces paramètres peut fortement biaiser la mesure.

Actuellement, en France, la présence de PM dans l'atmosphère est caractérisée à partir d'une mesure de la concentration pondérale d'une fraction (PM10 ou PM2.5) ou de la totalité de la matière particulaire.

Parmi les techniques utilisées :

- la méthode des fumées noires (réflectométrie),
- la méthode de la jauge Bêta,
- la microbalance à élément conique oscillant (TEOM).

Ces techniques sont plus ou moins automatiques et permettent le suivi, en continu, de la concentration pondérale des PM. Néanmoins, la technique de référence reste la méthode gravimétrique : prélèvement sur filtre et pesée.

I.5 Normes et recommandations

Les normes en vigueur en France, concernant les concentrations admises de PM dans l'environnement (à l'immission), s'inspirent de celles de l'Union Européenne. Elles sont déclinées en valeurs limites et objectifs qualité.

- ***Valeurs limites pour la protection de la santé :***

- La moyenne annuelle en concentration pondérale de PM10 ne doit pas dépasser $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- La moyenne journalière en concentration pondérale de PM10 ne doit pas dépasser $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ plus de 35 jours par an.

- ***Objectifs qualité :***

- La moyenne annuelle en concentration pondérale de PM10 ne doit pas dépasser $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

II L'inventaire des émissions

II.1 Définition¹

Un inventaire d'émissions est considéré comme une « description qualitative et quantitative des rejets de certaines substances dans l'atmosphère issues de sources anthropiques et/ou naturelles ».

La réalisation d'un inventaire des émissions consiste en un calcul théorique des flux de polluants émis dans l'atmosphère (masses de composés par unité de temps). Ce calcul est généralement réalisé par un croisement entre les données dites primaires (statistiques, comptages, enquêtes, besoins énergétiques...) et des facteurs d'émissions issus d'expériences métrologiques ou de modélisation.

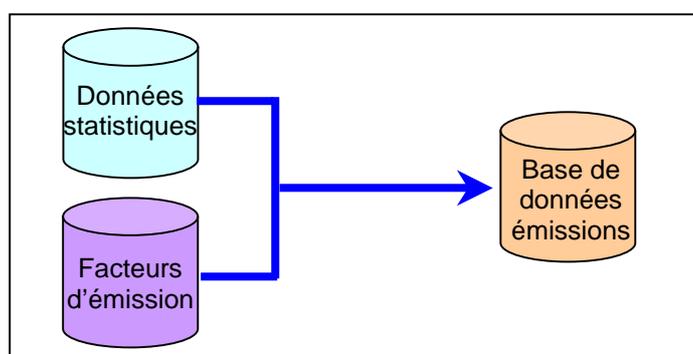


Figure 1 : Méthode de calcul des émissions

La méthode privilégiée pour la réalisation d'un inventaire régional, dite « bottom-up », utilise dans la mesure du possible les données les plus fines disponibles (données communales, par entreprise, par maille, par tronçon routier...) pour arriver au niveau régional.

La réalisation d'un inventaire nécessite la collecte de nombreuses données généralement manipulées sous Système d'Information Géographique (SIG), telles que (liste non exhaustive) :

- Données de consommations énergétiques (statistiques SESSI, observatoire de l'énergie...);
- Données de transports (Comptages et modélisations de trafics des DDE, Observatoire Régional des Transports...);
- Données socio-économiques (recensement INSEE, données SIRENE, statistiques industrielles);
- Données réglementaires d'émissions (déclarations industrielles, auto-surveillances...);
- Données environnementales et géographiques (occupation du sol, données IGN, Inventaire Forestier National, recensement agricole, données météorologiques...).

Un important travail de documentation permet également de constituer une base de données de facteurs d'émission les plus pertinents et les plus détaillés possibles.

¹ Référence : Les sources d'émissions en PACA, Inventaire régional des émissions 1999 (AIRMARAIX)

II.2 Type de source pris en compte

Les sources d'émissions sont distinguées selon leur forme géographique de traitement :

- Les grandes sources ponctuelles (GSP) : importantes installations avec des émissions « canalisées » de particules ;
- Les sources surfaciques : il s'agit des sources d'émissions liées aux petites entreprises, aux secteurs résidentiel et tertiaire ... Ces sources d'émissions sont assimilées à des polygones de caractéristiques homogènes (commune, îlot, zone d'occupation du sol, ...)
- Les sources linéiques : transports routiers, maritimes et ferroviaires.

II.3 Objectifs de l'inventaire des émissions

L'inventaire des émissions est utilisé pour de nombreuses applications :

- Donnée d'entrée pour la modélisation.
- Conception de la surveillance de la qualité de l'air (PSQA²).
- Outil d'aide à la décision dans le cadre des politiques environnementales.

II.4 L'inventaire des émissions de la région PACA

Les données présentes dans ce rapport sont issues de l'inventaire des émissions de la région PACA. Le premier cadastre d'émissions dans la région est disponible depuis 2003 : Il a été réalisé dans le cadre du programme de recherche ESCOMPTE et il couvre une zone de 150 km de côté centrée sur les Bouches-du-Rhône. Cet inventaire a par la suite été étendu à l'ensemble de la région PACA (année de référence 1999). Le cadastre régional des émissions est composé de 8277 mailles carrées de 3 Km de côté. Le réseau ainsi constitué couvre la totalité des limites administratives de la région PACA.

² PSQA : Plan de Surveillance de la Qualité de l'Air

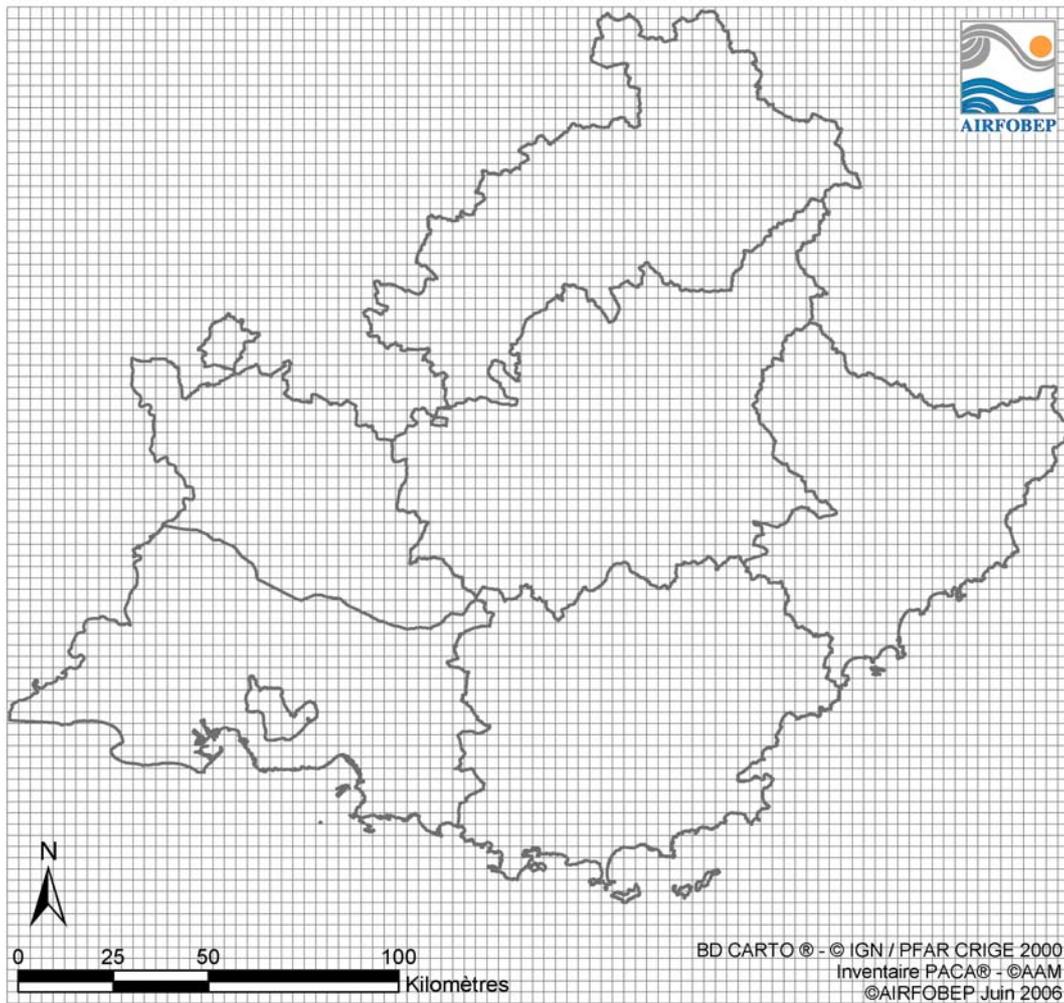


Figure 2 : Maillage du cadastre des émissions

III Bilan d'émission des PM : répartition géographique

Le tableau ci-dessous, présente les résultats de l'inventaire de la région PACA pour trois zones géographiques :

	PM	PM10	PM2.5
Région PACA	14 847	9 652	8 376
Bouches du Rhône	11 152	6 167	5 410
Zone de surveillance d'AIRFOBEP	9 506	4 668	4 062

Figure 3 : Emissions en tonnes par zones géographiques

La zone de surveillance d'AIRFOBEP représente près de 60% des émissions de particules totales de la région PACA, et environ 50% des émissions de PM10 et PM 2.5.

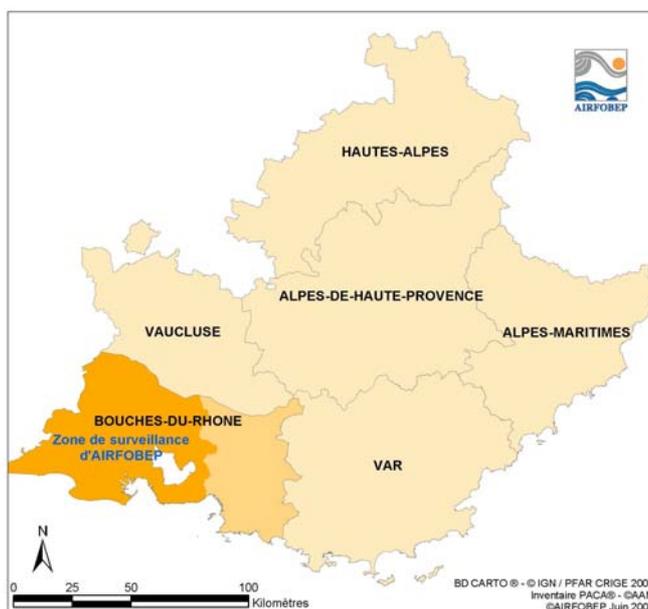


Figure 4 : Zones géographiques

Remarque importante : La prise en compte des particules dans l'inventaire PACA n'est pas exhaustive, les émissions diffuses du tissu industriel, du secteur agricole (labourage) et les particules issues de l'usure (pneus, frein, route) et de la remise en suspension par le trafic routier ne sont pas prises en compte dans les calculs d'émissions.

IV Analyses sectorielles par zone géographique

IV.1 Région PACA

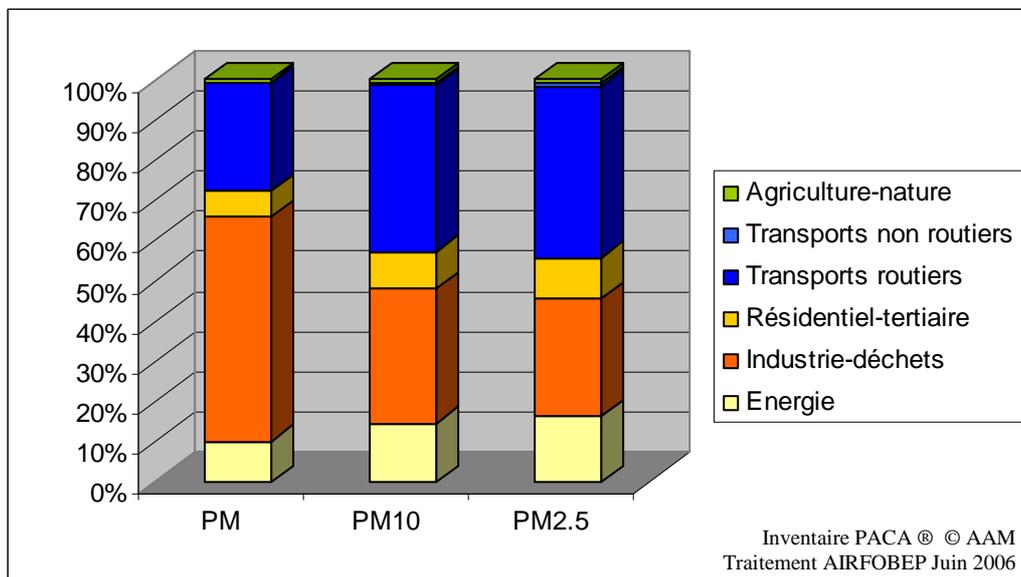


Figure 5 : Analyse sectorielle des émissions - Région PACA

Au niveau régional, les émissions de particules totales (PM) sont principalement dues aux secteurs : industriel (56%) et routier (27%). Le poids du secteur routier augmente sensiblement si l'on s'intéresse aux particules plus fines (41% des PM10 et 43% des PM2.5).

IV.2 Bouches du Rhône

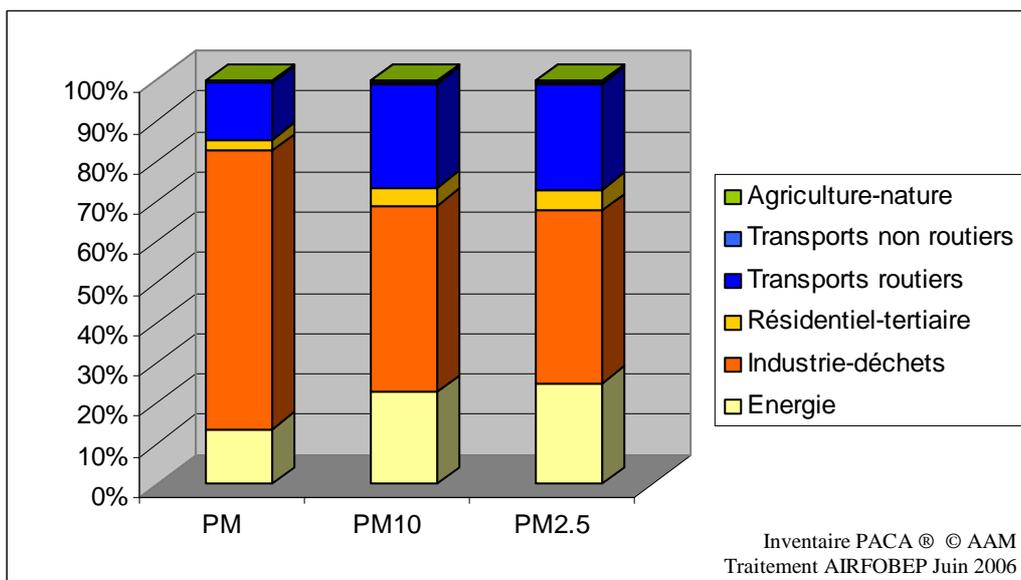


Figure 6 : Analyse sectorielle des émissions - Bouches-du-Rhône

Dans les Bouches-du-Rhône le secteur industriel est prédominant : 69% des PM, 46% des PM10 et 43% des PM2.5.

IV.3 Zone de surveillance d'AIRFOBEP

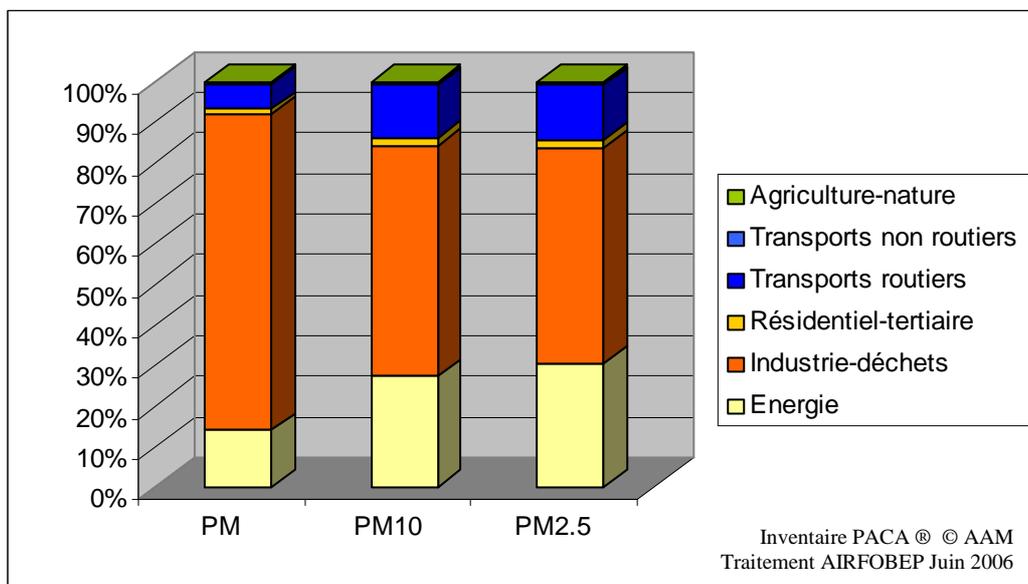


Figure 7 : Analyse sectorielle des émissions - Zone de surveillance d'AIRFOBEP

Dans la zone de surveillance d'AIRFOBEP, le secteur industriel est le principal émetteur de particules avec : 78% des PM, 57% des PM10 et 53% des PM2.5.

A noter : l'importante part du secteur de la production et de la distribution de l'énergie qui représente près de 30% des émissions de particules fines (PM10 et PM2.5).

V Représentations cartographiques

Le périmètre de la zone d'étude est une zone de 99 km par 93 km centré sur la zone de surveillance d'AIRFOBEP. Il s'agit d'un cadastre composé de 1023 mailles de 3 km de coté (voir figure ci dessous).

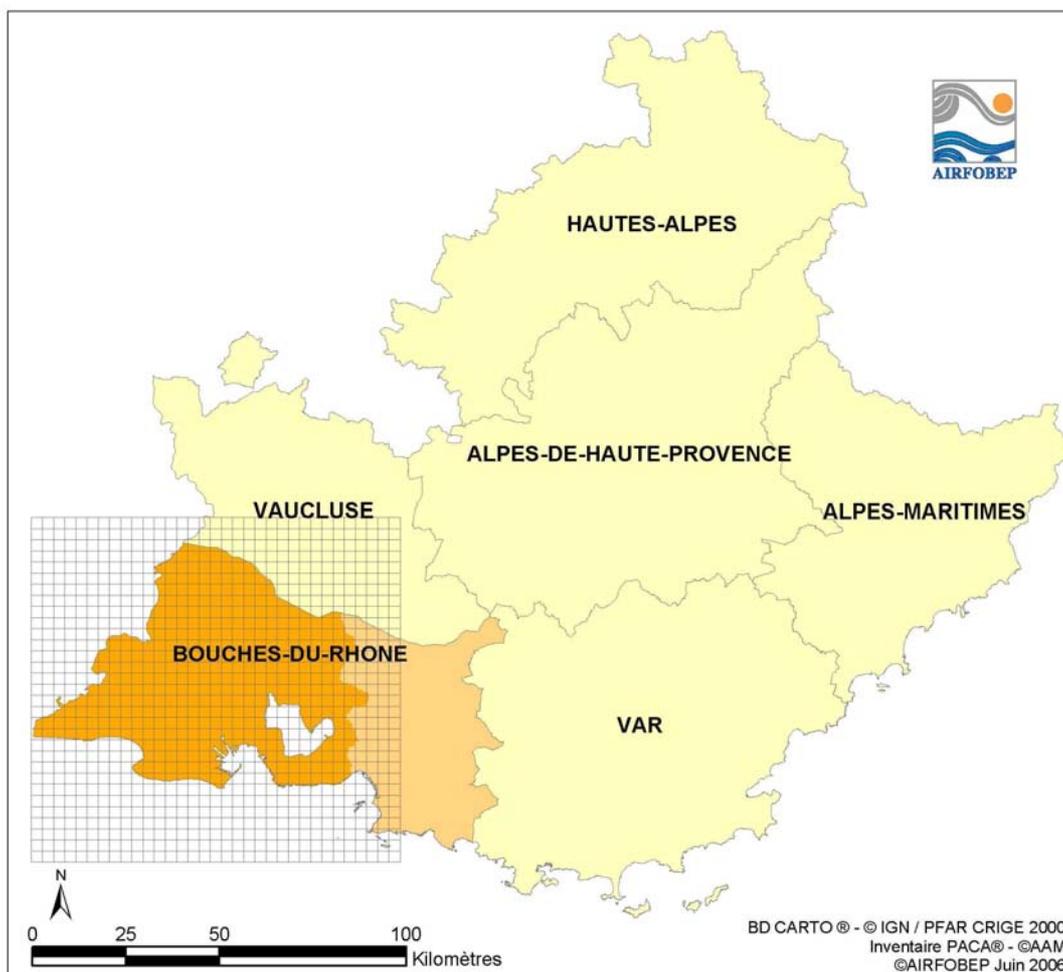


Figure 8 : Périmètre de la zone d'étude

	PM	PM10	PM2.5
GSP (ponctuel)	8 865	4 007	3 413
AUTOROUTES (linéique)	627	627	565
ROUTES (linéique)	372	372	335
AUTRES SOURCES (surfaique)	1 041	996	904
EMISSIONS TOTALES	10 905	6 003	5 217

Figure 9 : Emissions en tonnes par type de source

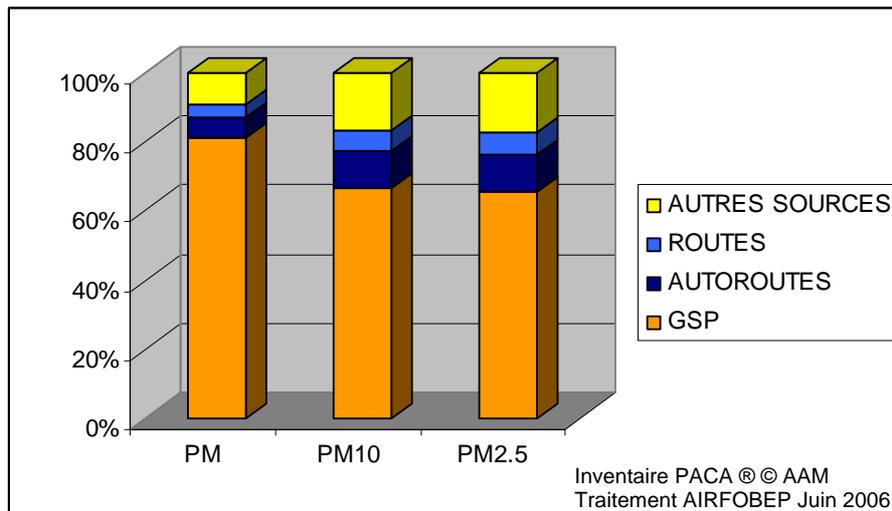
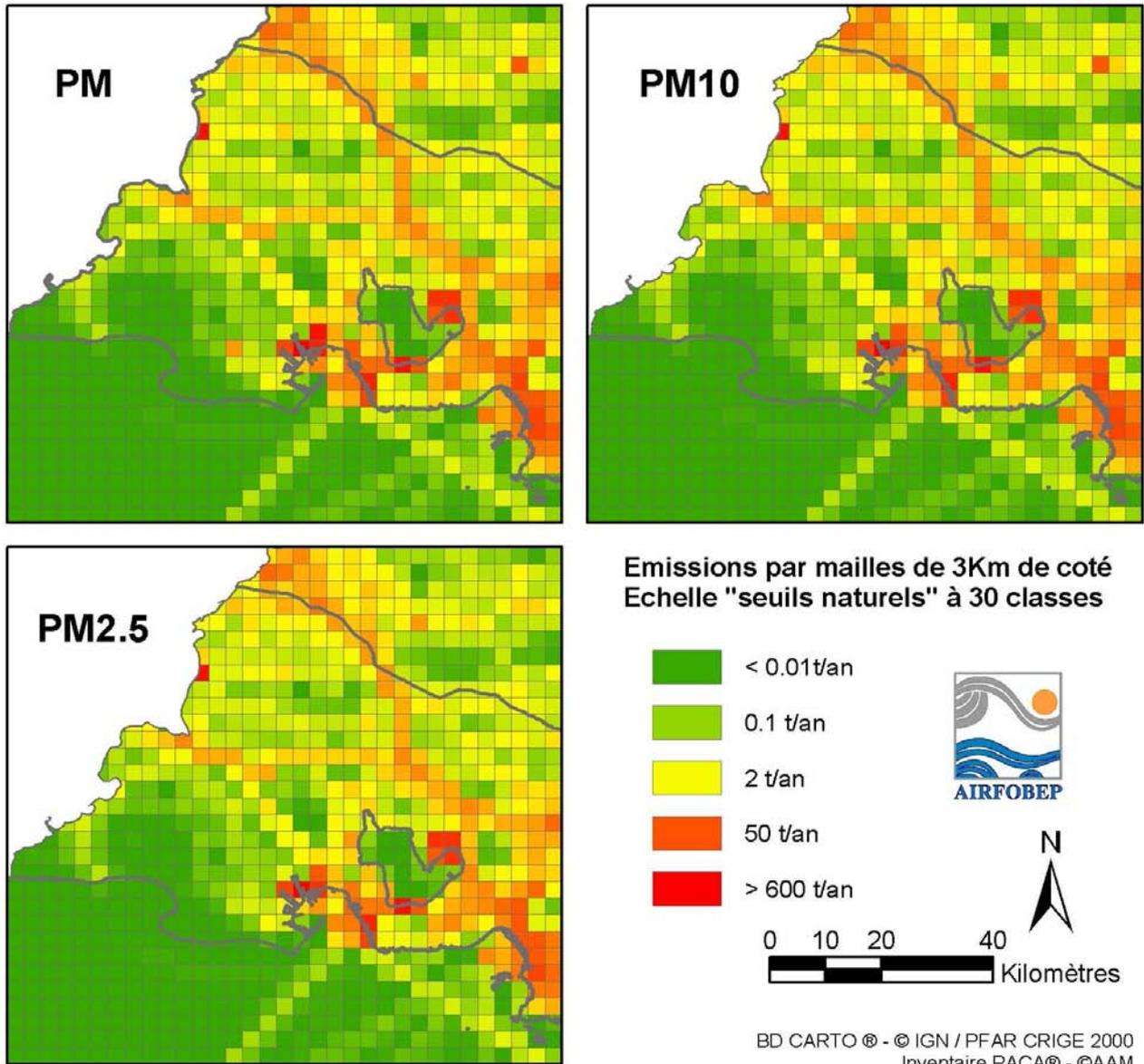


Figure 10 : Répartition des émissions par type de source sur la zone d'étude

Sur la zone d'étude, les GSP sont responsables de la majeure partie des particules émises. La contribution relative du trafic routier et des autres sources augmente pour les particules fines.

Les cartes suivantes illustrent les émissions totales, les émissions par les GSP et les émissions dues aux principaux axes routiers et aux autres sources.

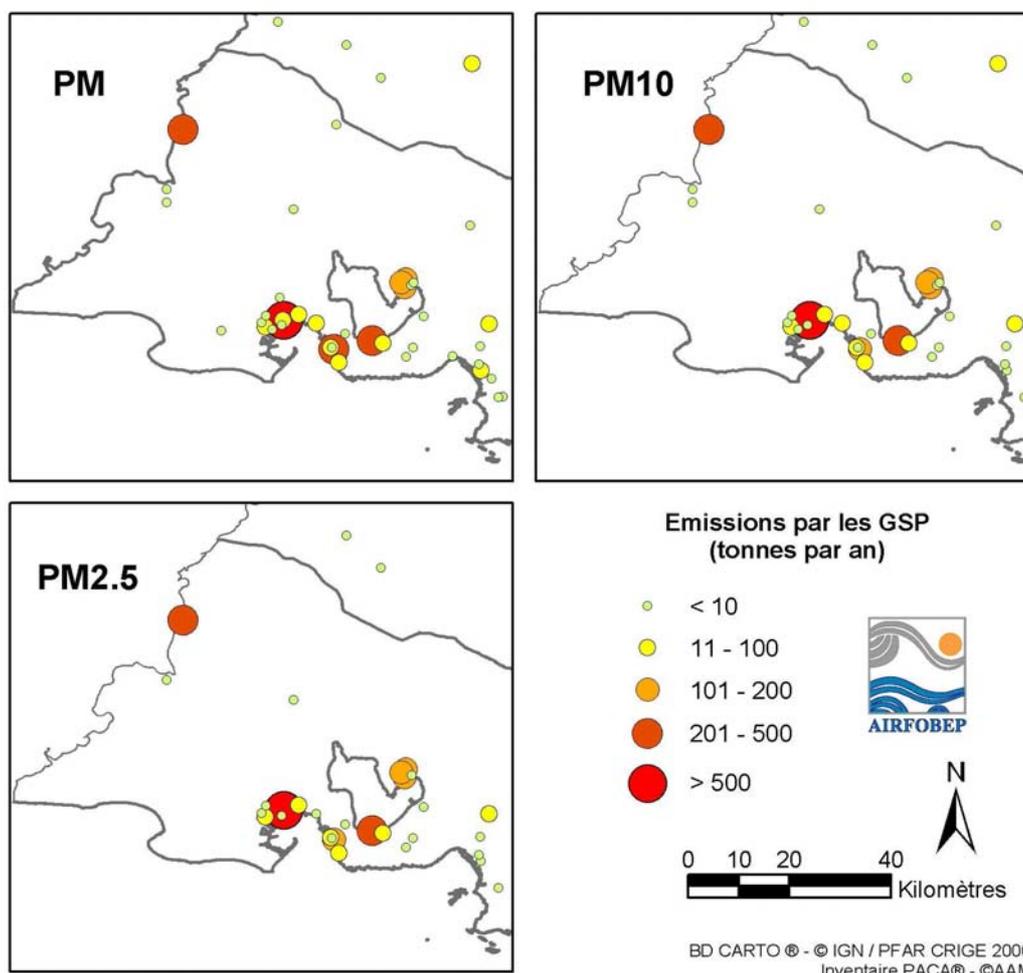
V.1 Emissions totales



Ces cartes sont des cadastres représentant les quantités de particules émises par maille de 3km de coté. Elles permettent d'identifier les principaux émetteurs de particules : les sites industriels du pourtour de l'étang de Berre, les grandes agglomérations : Avignon au Nord, Aix-Marseille au sud-est, les axes autoroutiers et le trafic maritime.

V.2 Emissions par type de source

V.2.1 Les Grandes Sources Ponctuelles (GSP)

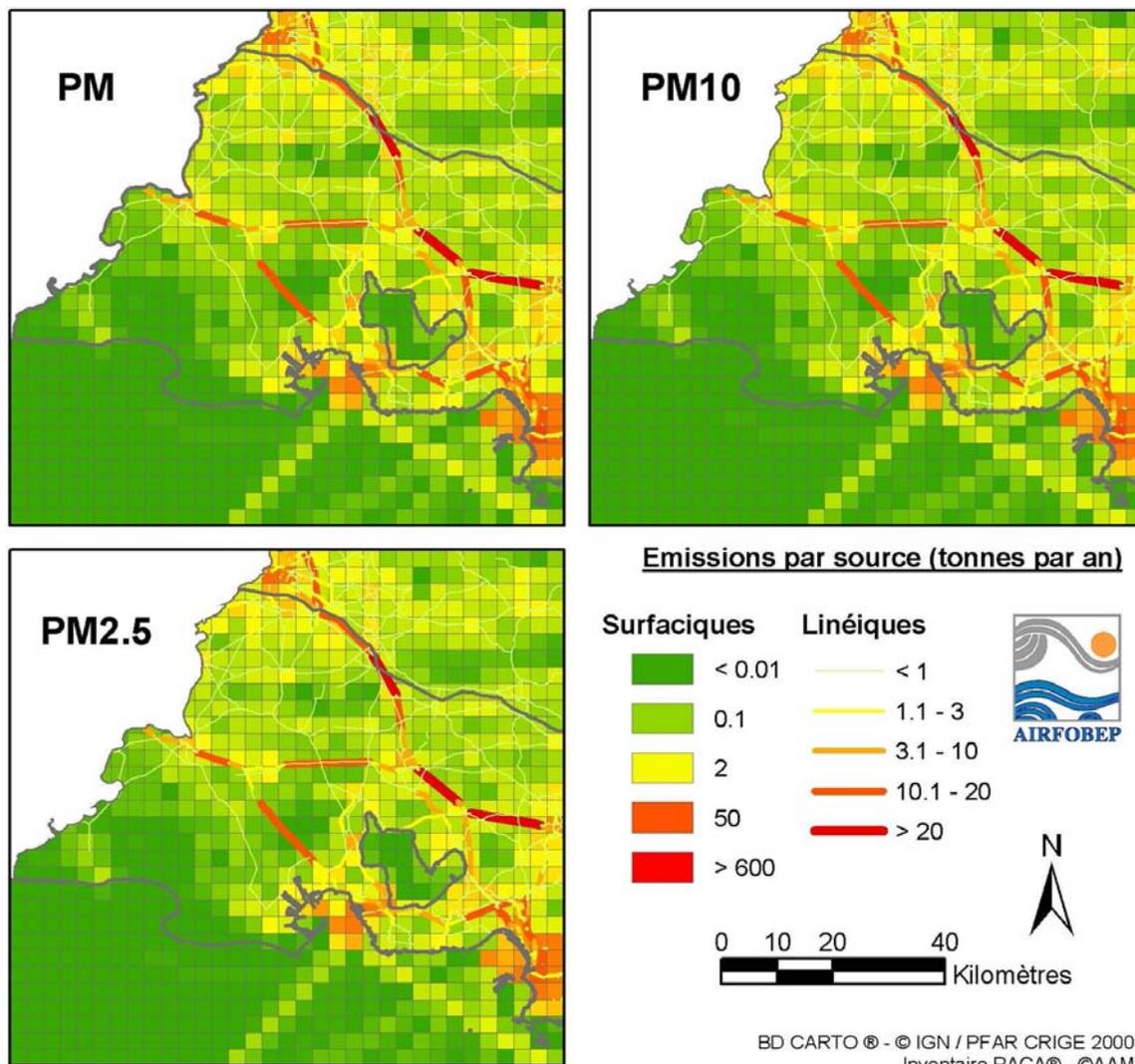


Les cartographies ci dessus représentent les quantités de particules émises par les GSP. Les principales GSP sont situées sur le pourtour de l'étang de Berre et Fos-sur-Mer. Sur la zone d'étude, les GSP sont responsables d'une part très importante des émissions avec : 80% des PM et près de 70% des PM10 et PM2.5.

	PM	PM10	PM2.5
Industrie de l'énergie et de la transformation de l'énergie	1 352	1 284	1 250
Industrie manufacturière	2 069	1 768	1 537
Procédés de production	5 267	789	533
dont sidérurgie	5 227	789	533
Traitement et élimination des déchets	178	166	93
Emissions totales	8 865	4 007	3 413

Figure 11 : Emissions de particules en tonnes par secteur d'activité

Les procédés de production utilisés en sidérurgie émettent la majeure partie des émissions de PM, l'industrie de l'énergie et l'industrie manufacturière quant à elles, émettent la part la plus important des particules fines.

V.2.2 Les sources linéiques et surfaciques


Les cartes ci-dessus représentent les quantités de particules émises par les principaux axes routiers (linéiques) et les autres sources hors GSP (surfaciques). Ces cartographies permettent de distinguer les principaux émetteurs : les grands axes autoroutiers et routiers (voir tableau ci-dessous), les agglomérations, les zones urbanisées/industrialisées et le trafic maritime.

	PM10	PM2.5
A7	311.3	280.1
A55	135.7	122.2
N113	60.2	54.2
A8	42.2	38.0
A51	41.9	37.7
A50	21.2	19.1
A54	10.4	9.3

Figure 12 : Emissions par axe routier en tonnes

A noter : les particules émises sont essentiellement des particules fines (diamètre inférieur à 10µm).

VI Distribution temporelle des émissions

Lors de la réalisation d'un inventaire, les émissions sont estimées sur une année, afin de pouvoir être utilisées pour des besoins de modélisation, il est impératif de distribuer temporellement ces émissions. Pour cela des clefs de distribution temporelles sont utilisées, il existe trois types de profils : annuelle, hebdomadaire et horaire. Ces clefs « théoriques » sont réalisées à partir de données de comptage pour le trafic routier, de statistiques pour l'industrie, etc. ...

Pour les GSP soumises à auto surveillance les clefs « théoriques » sont remplacées par les déclarations industrielles.

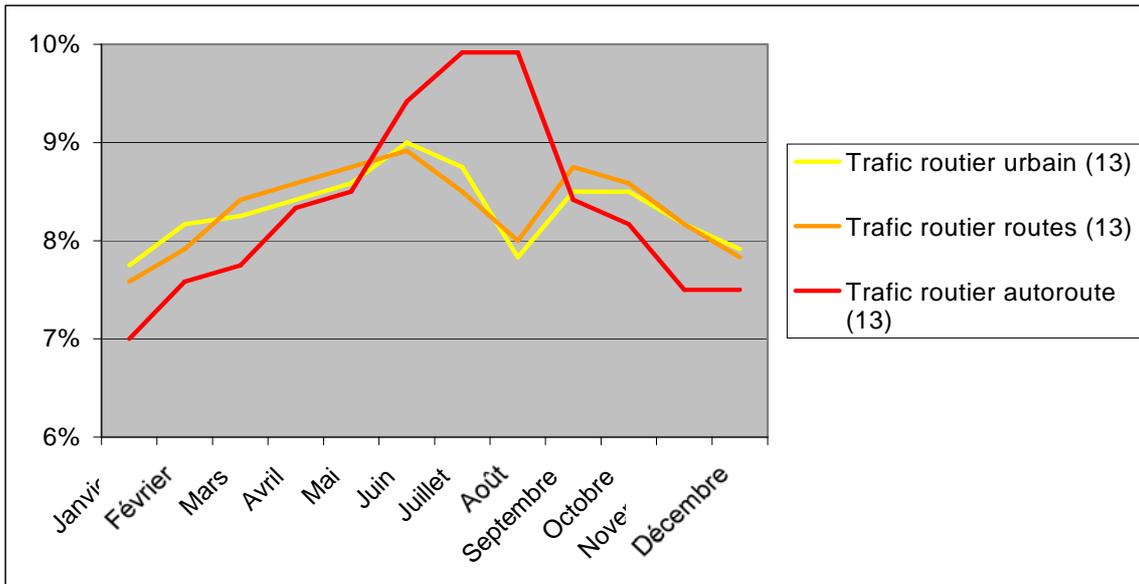


Figure 13 : Clefs de distribution annuelles (trafic routier - Bouches du Rhône)

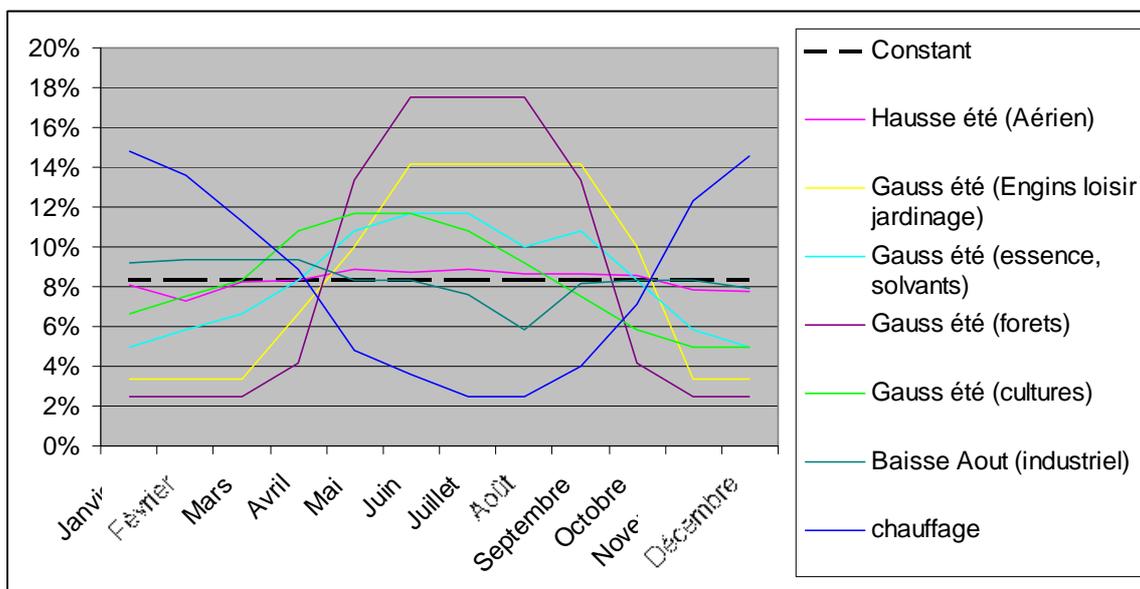


Figure 14 : Clefs de distribution annuelles (autres activités)

Les clefs de distribution annuelles sont construites à partir de l'évolution des activités au fil des mois : augmentation du trafic autoroutier et aérien en été, utilisation du chauffage en hiver, baisse des

activités industrielles durant l'été, augmentation des émissions de COV par la végétation en été (le terme Gauss désigne une courbe en forme de cloche), ...

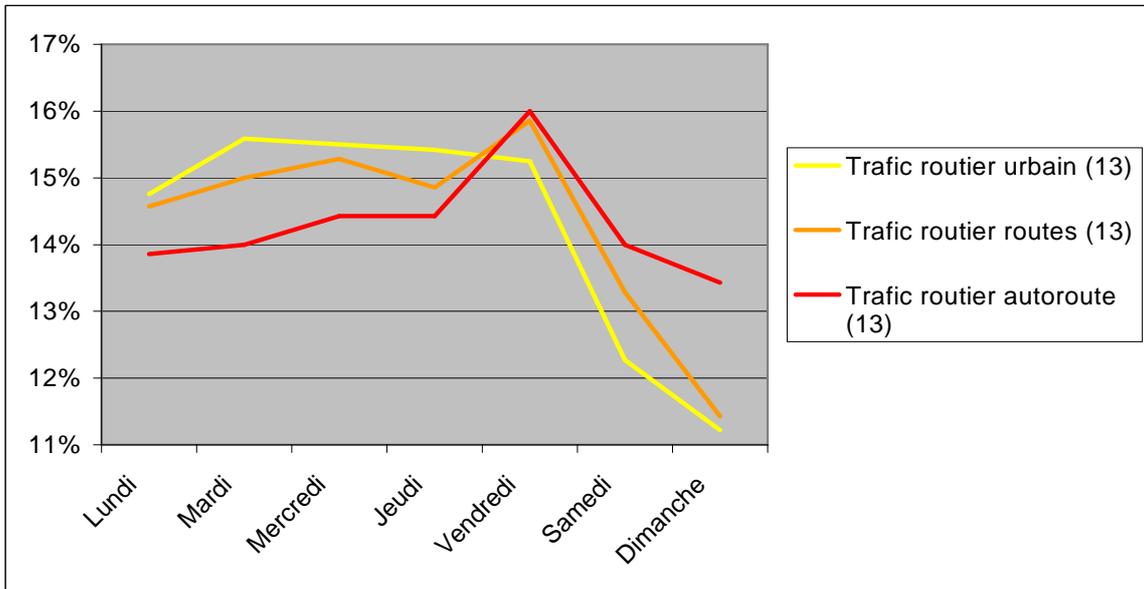


Figure 15 : Clé de distribution hebdomadaire (trafic routier - Bouches du Rhône)

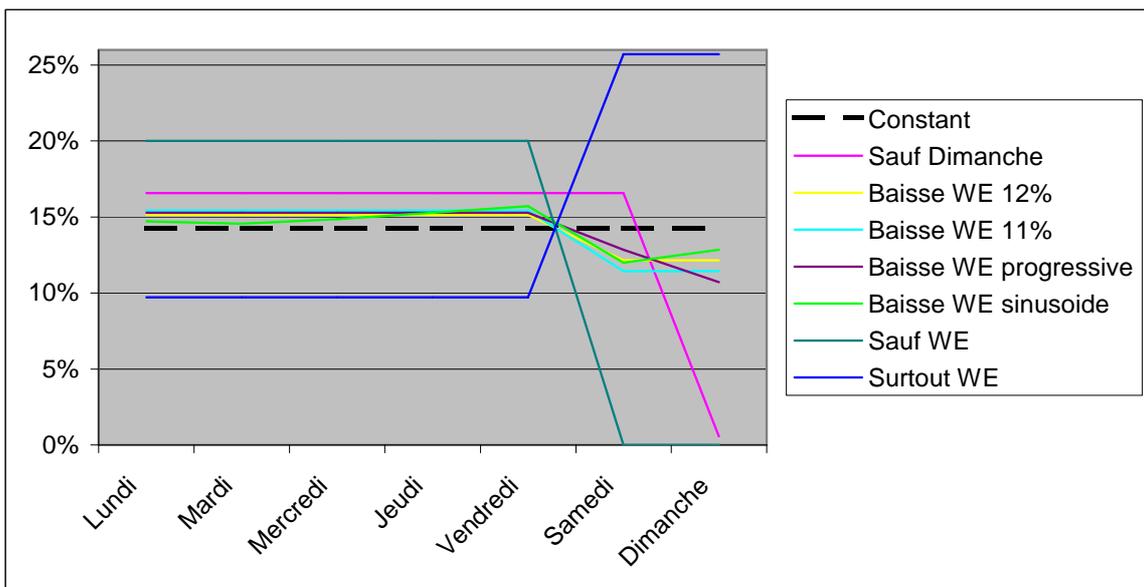


Figure 16 : Clé de distribution hebdomadaire (autres activités)

Les clés de distribution hebdomadaire sont construites à partir de l'évolution des activités au fil des jours : baisse du trafic routier le week-end, activités industrielles stables en semaine et fortement variable le week-end, ...

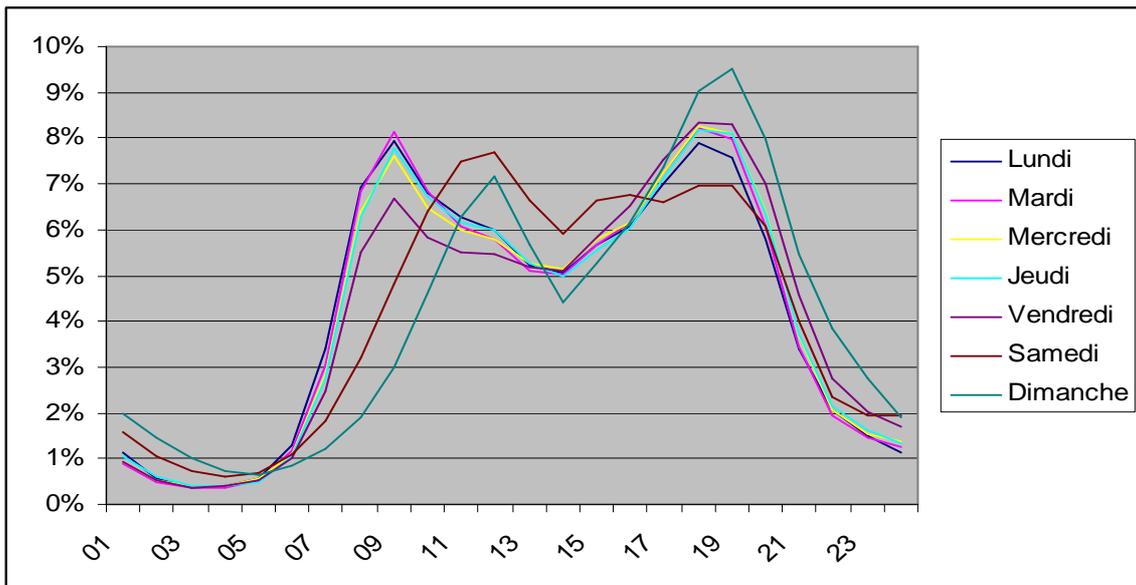


Figure 17 : Clefs de distribution journalières (autoroutes - Bouches du Rhône)

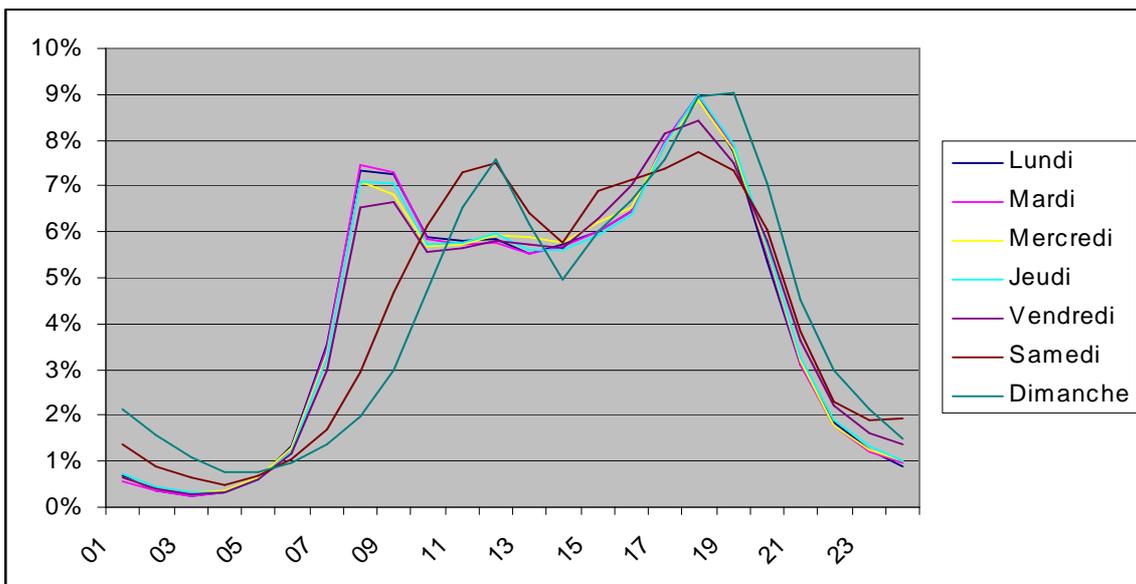


Figure 18 : Clefs de distribution journalières (routes - Bouches du Rhône)

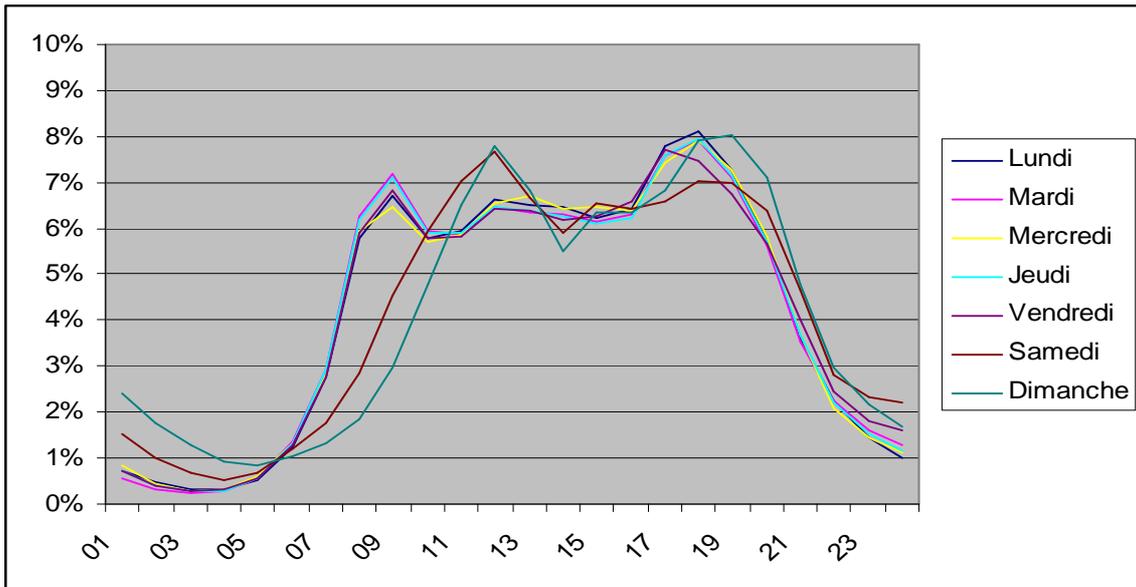


Figure 19 : Clé de distribution journalières (trafic routier urbain - Bouches du Rhône)

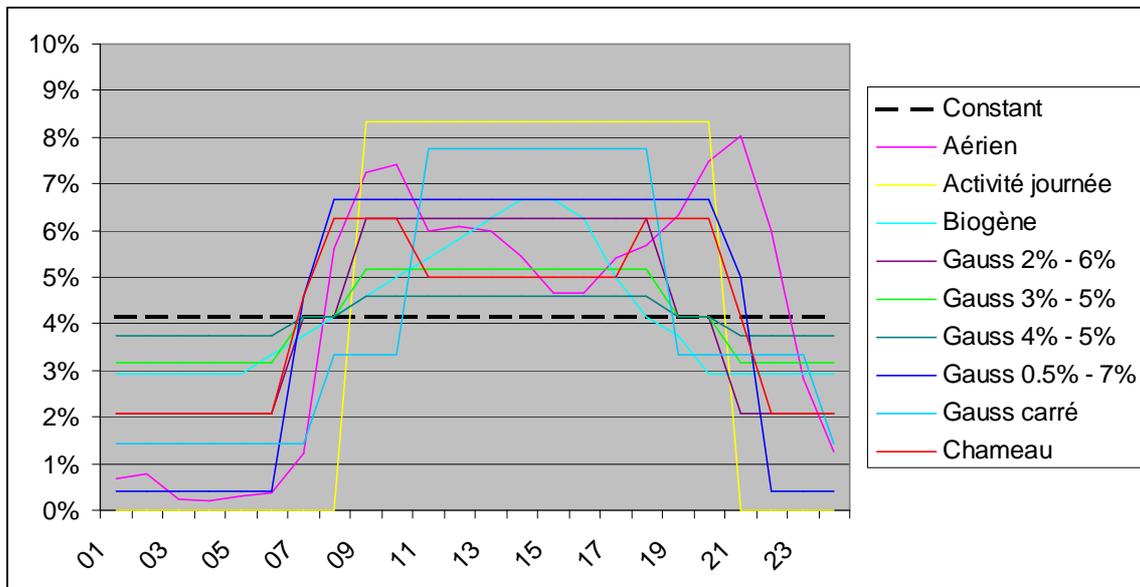


Figure 20 : Clé de distribution journalières (autres activités)

Les clés de distribution journalières sont construites à partir de l'évolution des activités au fil des heures : pics de trafic routier le matin et le soir, baisse des activités industrielles la nuit, diminution des émissions biogéniques la nuit, ...

VII Conclusion

Cette étude permet de mettre en évidence les spécificités de la région PACA et de la zone de surveillance d'AIRFOBEP en matière d'émissions de particules.

Au niveau régional, les émissions de particules sont essentiellement dues aux secteurs industriel et routier. La zone de surveillance d'AIRFOBEP représente près de 60% des émissions de particules totales de la région PACA, le secteur industriel est prédominant (GSP), la majorité des émissions se concentrent sur les zones industrialisées de l'étang de Berre et Fos-sur-Mer.

Abréviations

DDE : Direction Départementale de l'Équipement

ESCOMPTE : Expérience sur Site pour COntreindre les Modèles de Pollution atmosphérique et de Transport d'Émissions

GSP : Grandes Sources Ponctuelles

IGN : Institut Géographique National

INSEE : Institut National de la Statistique et des Études Économiques

PSQA : Plan de Surveillance de la Qualité de l'Air

PM : Particulate Matter - Matières Particulaires

PM10 : particules dont la taille est inférieure à 10 μm

PM2.5 : particules dont la taille est inférieure à 2.5 μm

SESSI : Service des Études et des Statistiques Industrielles

SIG : Système d'Information Géographique

Illustrations

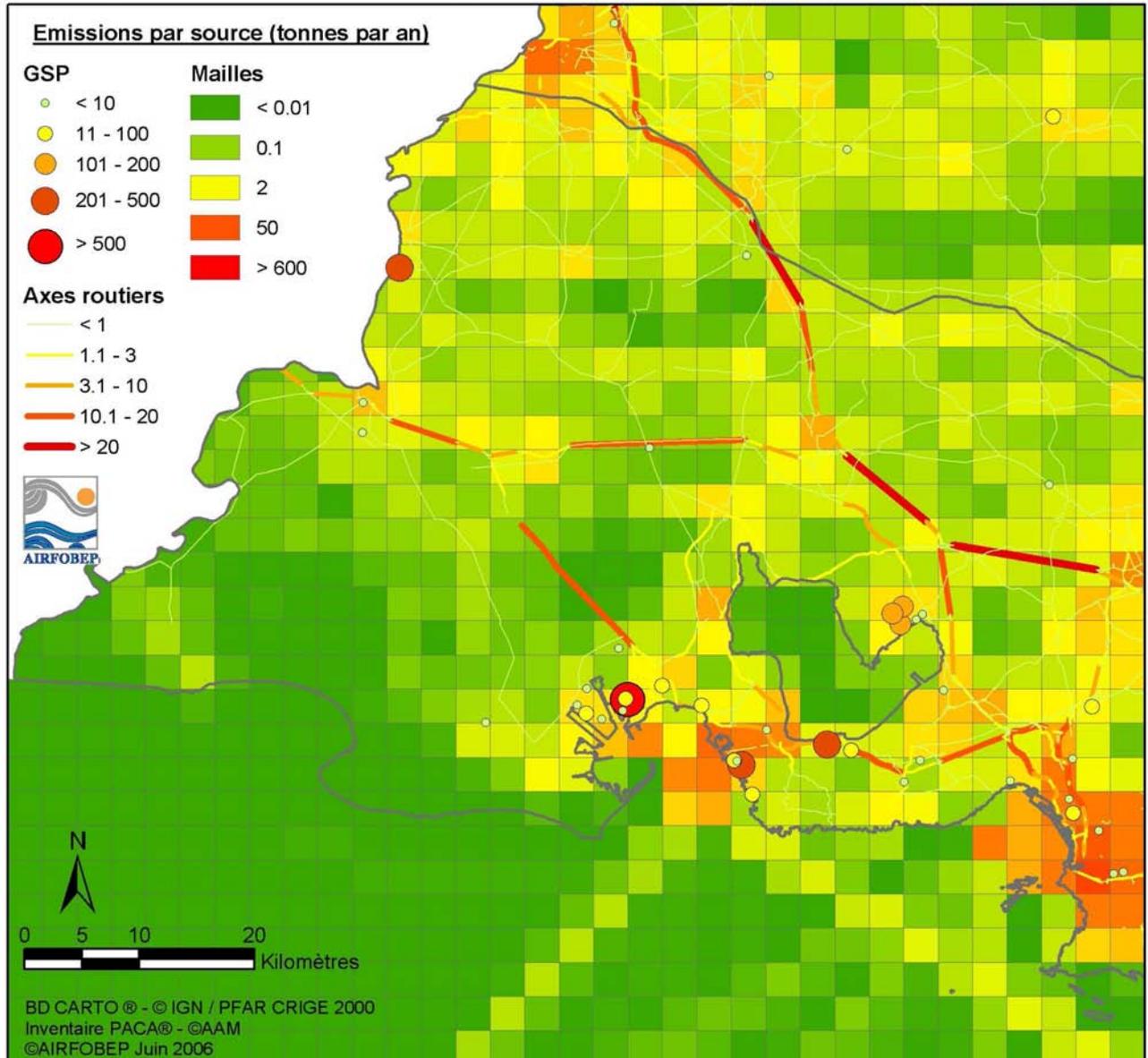
Figure 1 : Méthode de calcul des émissions	5
Figure 2 : Maillage du cadastre des émissions	7
Figure 3 : Emissions en tonnes par zones géographiques	8
Figure 4 : Zones géographiques	8
Figure 5 : Analyse sectorielle des émissions - Région PACA.....	9
Figure 6 : Analyse sectorielle des émissions - Bouches-du-Rhône	9
Figure 7 : Analyse sectorielle des émissions - Zone de surveillance d'AIRFOBEP	10
Figure 8 : Périmètre de la zone d'étude	11
Figure 9 : Emissions en tonnes par type d'entité géographique	11
Figure 10 : Répartition des émissions par type d'entité géographique sur la zone d'étude	12
Figure 11 : Emissions de particules en tonnes par secteur d'activité	14
Figure 12 : Emissions par axe routier en tonnes.....	15
Figure 13 : Clefs de distribution mensuelles (trafic routier - Bouches du Rhône).....	16
Figure 14 : Clefs de distribution mensuelles (autres activités).....	16
Figure 15 : Clefs de distribution hebdomadaires (trafic routier - Bouches du Rhône)	17
Figure 16 : Clefs de distribution hebdomadaires (autres activités)	17
Figure 17 : Clefs de distribution horaires (autoroutes - Bouches du Rhône)	18
Figure 18 : Clefs de distribution horaires (routes - Bouches du Rhône)	18
Figure 19 : Clefs de distribution horaires (trafic routier urbain - Bouches du Rhône)	19
Figure 20 : Clefs de distribution horaires (autres activités)	19

Annexe 1

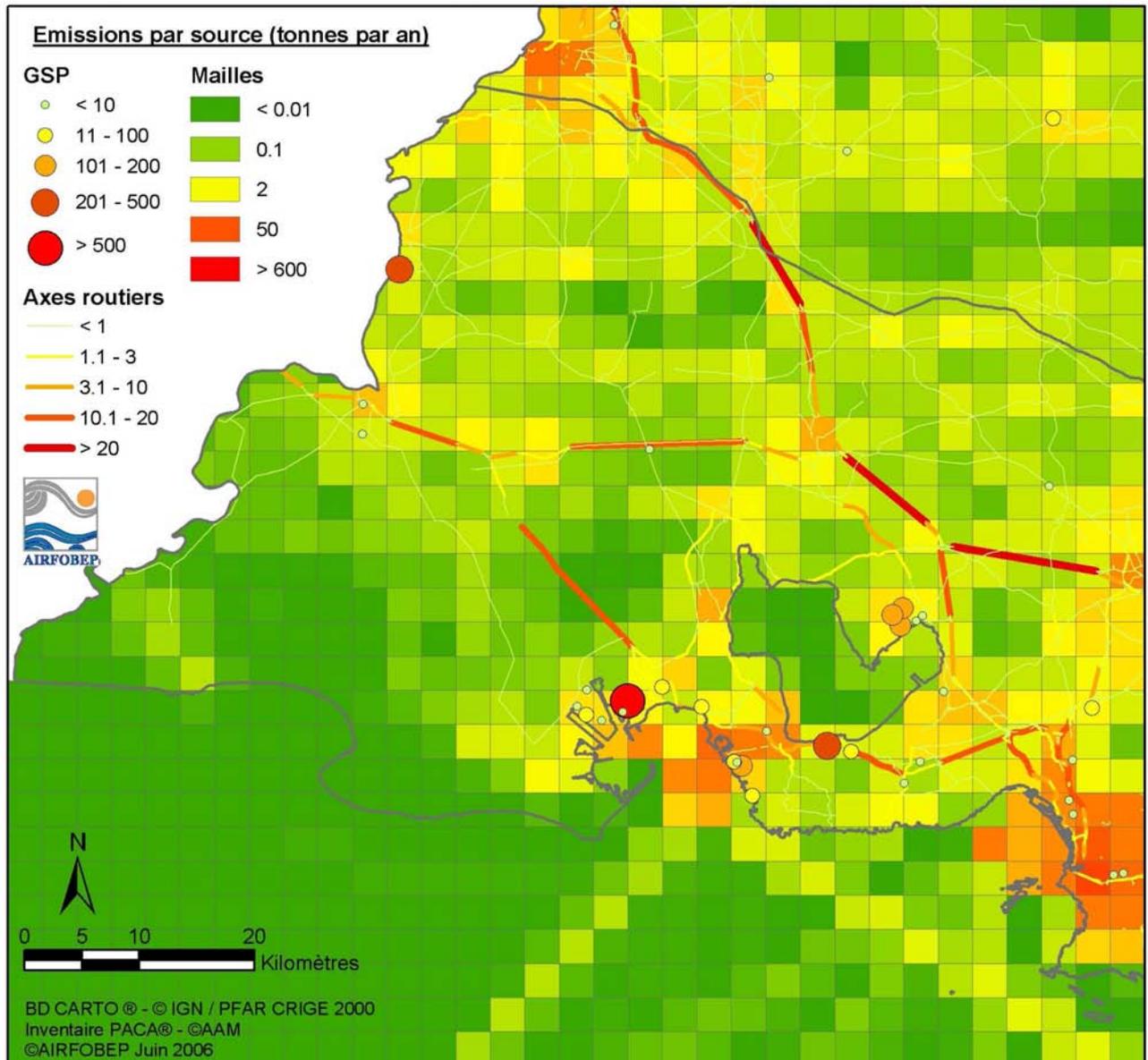
Emissions par type de source

Grandes Sources Ponctuelles (GSP), sources linéiques et autres sources surfaciques

PM



PM10



PM2.5

