

APHEIS Air Pollution and Health: A European Information System

Situation à Marseille

Rapport de la troisième phase

2002-2003

Laurence Pascal

Juillet 2004

Marseille

Résumé des principaux résultats

Les moyennes annuelles sont de $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les fumées noires et les $\text{PM}_{2,5}$ et de $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour les PM_{10} . Depuis 1999, à Marseille, la moyenne annuelle des PM_{10} respecte les valeurs limites européennes prévues pour 2005.

Les sources d'émissions majoritaires sont liées au trafic routier. C'est le cas des PM_{10} , mais une part des particules mesurées est due à l'empoussièrement naturel.

Concernant les impacts à long terme, une réduction à $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ des niveaux de particules $\text{PM}_{2,5}$ observés, éviterait potentiellement 170 décès par an pour l'agglomération de Marseille. Cette estimation peut se traduire par un gain potentiel de 72 années d'espérance de vie réparties sur l'ensemble de la population.

Concernant les impacts à court terme, une réduction de tous les niveaux journaliers des particules de PM_{10} au-dessous de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ permettrait d'éviter potentiellement 37 décès, 55 hospitalisations pour pathologie cardiaque et 79 hospitalisations pour pathologie respiratoire, pour l'année 2000.

Contexte

L'agglomération de Marseille est située au bord du littoral méditerranéen à une altitude moyenne de 12 mètres. Elle est entourée d'une ceinture montagneuse avec des reliefs pouvant atteindre 800 mètres. Le climat est de type méditerranéen, caractérisé par un fort ensoleillement et des températures moyennes agréables variant de 11°C à 20°C . Le régime des vents est caractérisé par deux vents forts dominants, le mistral et le vent de sud-est et deux vents modérés, les brises de mer et brises de terre.

Composée de cinq communes, la zone d'étude de Marseille s'étend sur une superficie de 355 km^2 et compte 856 156 habitants (recensement de 1999). Les personnes âgées de 65 ans et plus représentent 18,7% de la population.

A Marseille, comme dans les autres agglomérations françaises, les politiques en matière de pollution de l'air sont définies par la Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie (LAURE) votée en décembre 1996. Le Plan régional de la qualité de l'air (PRQA), publié en 2000, fixe les orientations permettant de prévenir ou de réduire la pollution atmosphérique afin d'atteindre les objectifs de la qualité de l'air définis dans ce même plan. Il est complété par le Plan de protection de l'atmosphère (PPA) pour la gestion de la qualité de l'air à l'échelle de l'agglomération, ce projet de plan étant en cours de validation.

Sources d'émissions

Dans la zone de Marseille, la pollution atmosphérique est liée principalement au trafic routier. Les niveaux de fumées noires sont dus pour une large part aux émissions des véhicules diesels. Le trafic routier représente la principale source de PM_{10} , mais une part provient de

l'empoussièrément naturel (le vent du sud transporte des particules venant du Sahara). Pour le département des Bouches du Rhône, 53 % des émissions de NO_x sont liées aux transports routiers. (CITEPA 1997, données de 1994)

Depuis 1983, les niveaux de SO₂ ont diminué en raison de la désindustrialisation de la zone d'étude d'une part et de la limitation des émissions liées aux usines et aux chauffages d'autre part.

Depuis les dix dernières années, les niveaux de NO₂ ont diminué légèrement, plus particulièrement dans les zones les plus polluées. Les niveaux de PM₁₀ augmentent en lien avec l'augmentation du nombre de véhicules.

Dans la région du sud de la France, les niveaux d'ozone sont très élevés pendant l'été et de nombreux dépassements des normes européennes sont constatés. Au cours de la vague de chaleur de l'été 2003, le réseau de mesure de la qualité de l'air a enregistré des niveaux d'ozone exceptionnels par leur durée et leur intensité.

Données d'exposition

Réseau de mesure de la qualité de l'air

A Marseille, le réseau de mesure agréé de la qualité de l'air, Airmaraix, enregistre les niveaux de pollution atmosphérique depuis 1982. La zone d'étude marseillaise est couverte par 13 stations fixes mesurant 7 polluants différents.

Les fumées noires sont mesurées depuis 1982. Pour la période d'étude, 2 stations trafic et 2 stations urbaines (St Louis et Ste Marguerite) mesuraient ce polluant. Les capteurs de PM₁₀ ont été installés progressivement depuis 1998. Pour la période d'étude, 1 station trafic et 3 stations urbaines (St Louis, Cinq Avenues et Thiers/Noailles) mesuraient les PM₁₀. Les concentrations en PM_{2,5} ont été mesurées par 2 stations urbaines (St Louis et Cinq Avenues) installées progressivement depuis 2000.

Les fumées noires sont mesurées par méthode réflectométrique. Les PM₁₀ et les PM_{2,5} sont mesurés par méthode TEOM (Tapered Element Oscillating Microbalance). A Marseille, aucun facteur de correction n'est appliqué habituellement aux mesures de PM₁₀ et PM_{2,5} par le réseau de mesure de la qualité de l'air. Néanmoins, pour les calculs d'impact sanitaire à long terme, nous avons appliqué deux facteurs de correction à ces mesures afin d'être en cohérence, avec les recommandations européennes d'une part (méthode de mesure gravimétrique pour référence) et avec les méthodes de mesures rapportées dans la littérature pour ce type d'étude épidémiologique (méthode gravimétrique également). Ainsi, après consultation des professionnels de l'Ecole des Mines de Douai (laboratoire de référence), le facteur de correction appliqué aux mesures de PM₁₀ à Marseille était de 1,13 en hiver et de 1 en été.

Par ailleurs, un facteur local de conversion des PM₁₀ en PM_{2,5} a été calculé à partir de mesures réalisées en parallèle sur les mêmes stations. Ce facteur était de 0,65 pour Marseille.

Airmaraix mesure également d'autres polluants tels que les métaux lourds (cadmium, nickel, plomb et arsenic) et les composés organiques volatiles (COV).

Airmaraix a établi un cadastre des émissions pour la région Provence-Alpes-Côte-d'Azur (Paca) et développe une expertise dans le domaine de la prévision et des modèles de diffusion de la pollution de l'air.

Données d'exposition pour APHEIS3

Pour les mesures de fumées noires et de PM₁₀, la période d'étude correspond à l'année 2000. Pour les PM_{2,5}, les mesures de l'année 2002 ont été utilisées car celles des années antérieures étaient incomplètes pour une des stations sélectionnées.

Les distributions des indicateurs de pollution retenus pour l'évaluation d'impact sanitaire sont présentées dans le tableau 1. Les nombres de jours pour lesquels les valeurs limites sont dépassées sont présentés dans le tableau 2

Tableau 1. Niveaux moyens journaliers (ET) et Percentiles 5 et 95 pour les polluants

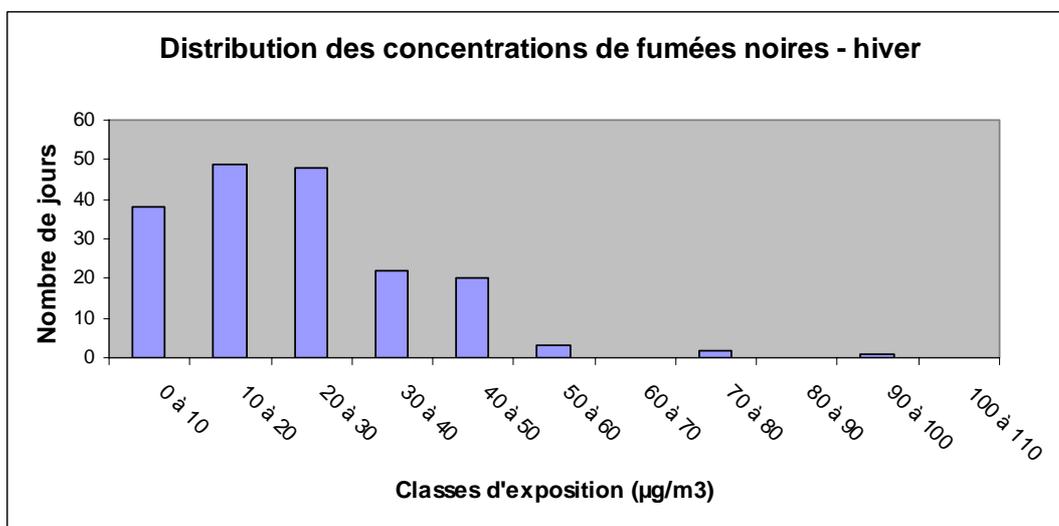
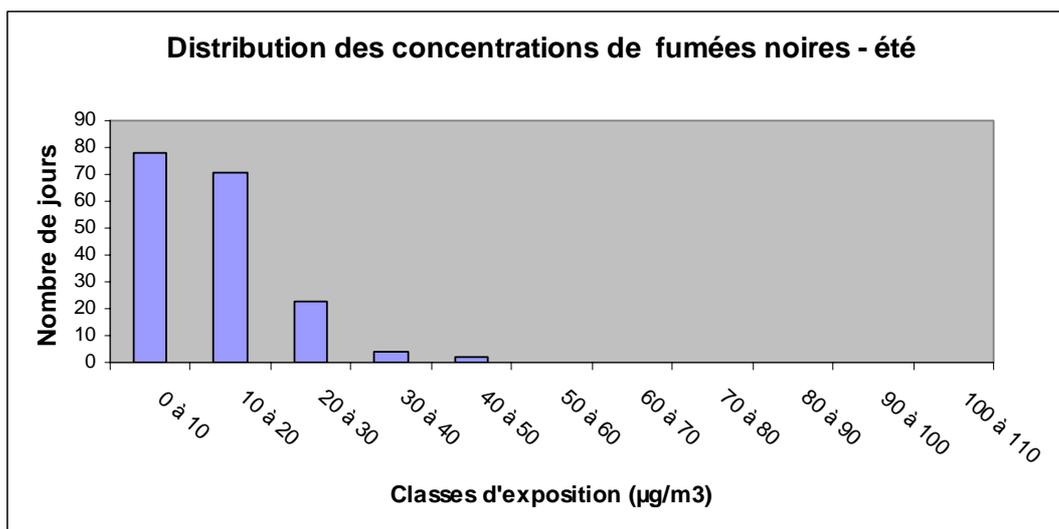
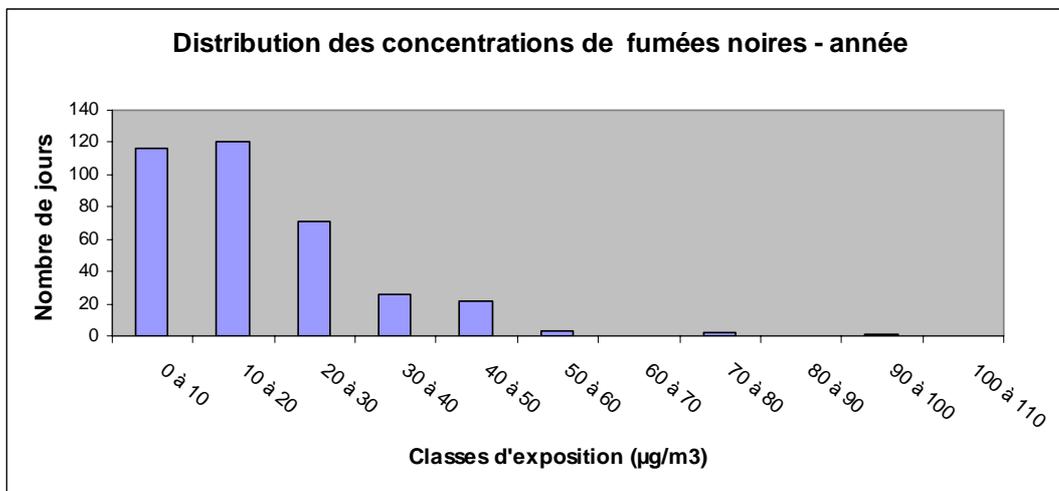
Polluant	Nombre de jours pour la période	Moyenne journalière (ET)	Percentile 5	Percentile 95
FN	366	18 (13) µg/m ³	5 µg/m ³	43 µg/m ³
PM ₁₀	366	27 (10) µg/m ³	13 µg/m ³	42 µg/m ³
PM _{2,5}	365	18 (8) µg/m ³	8 µg/m ³	33 µg/m ³

Tableau 2. Nombre de jours dépassant les valeurs limites européennes

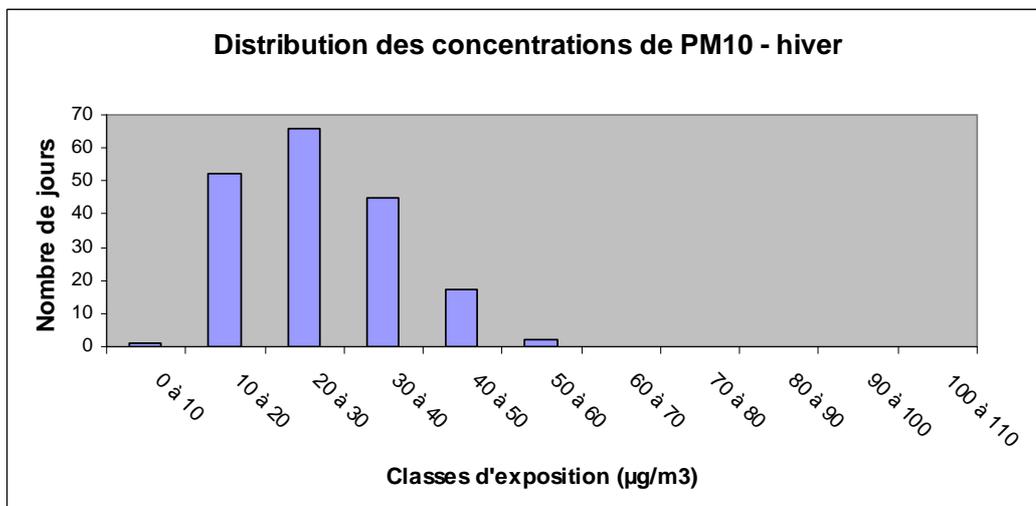
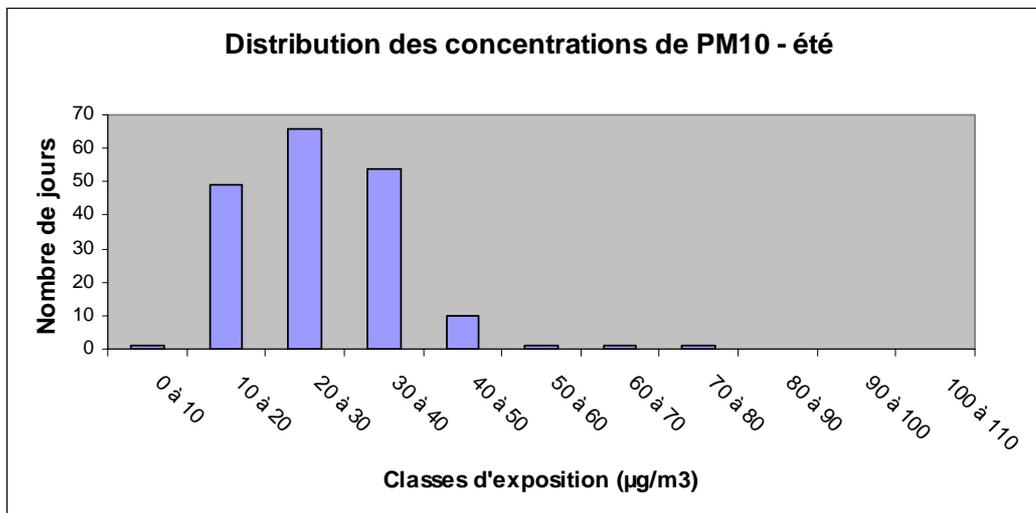
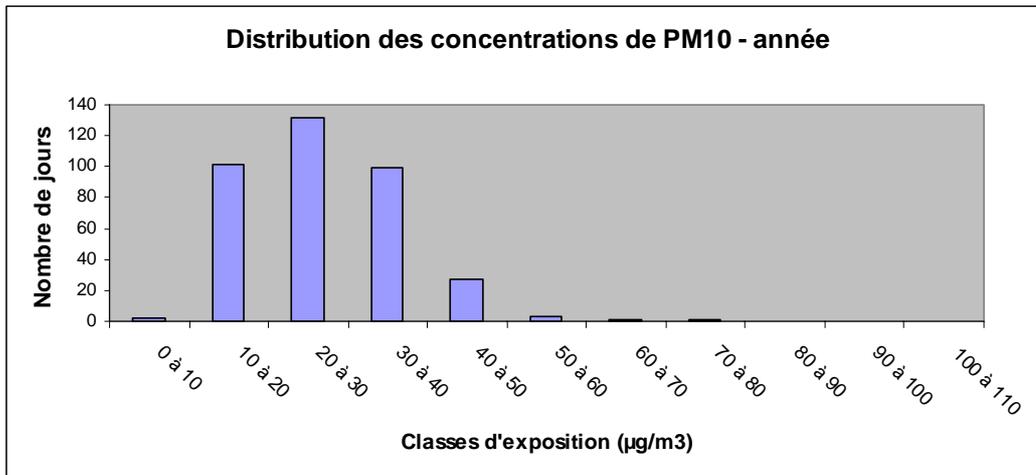
Polluant	Court terme		Long terme	
	PM ₁₀ / FN	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}
Nombre de jours où les niveaux ont dépassé	20 µg/m ³	14 µg/m ³	20 µg/m ³	15 µg/m ³
	257 / 123	228	257	212
Nombre de jours où les niveaux ont dépassé	50 µg/m ³	35 µg/m ³	40 µg/m ³	20 µg/m ³
	5 / 6	11	26	131

Les figures suivantes présentent les distributions des niveaux de fumées noires, de PM₁₀ et de PM_{2,5} pour l'année entière, et par saison (été et hiver). Les niveaux de fumées noires sont plus dispersés que ceux des autres types de particules avec un maximum à 98 µg/m³. Les niveaux de PM₁₀ varient de 10 à 50 µg/m³. La distribution des PM_{2,5} est semblable à celle des PM₁₀ mais les niveaux sont plus faibles.

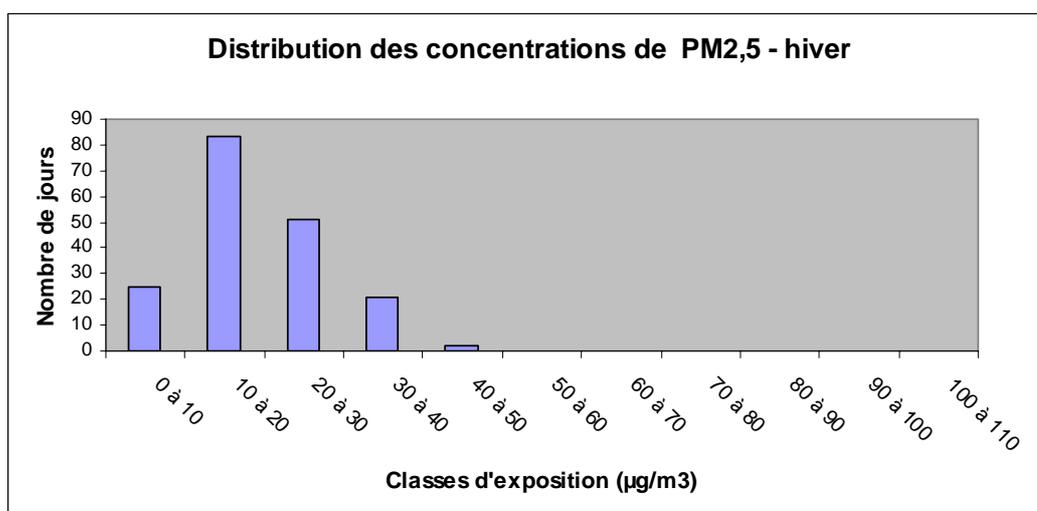
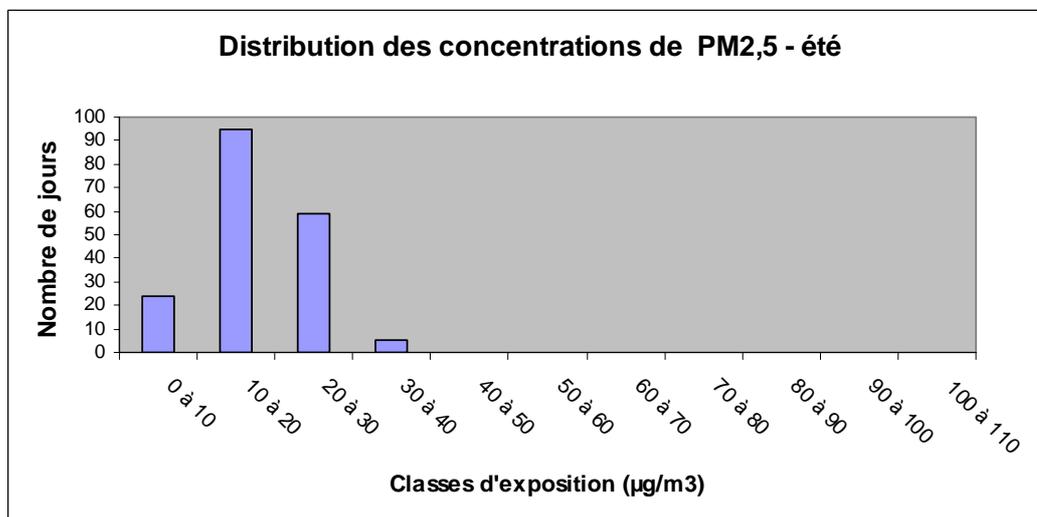
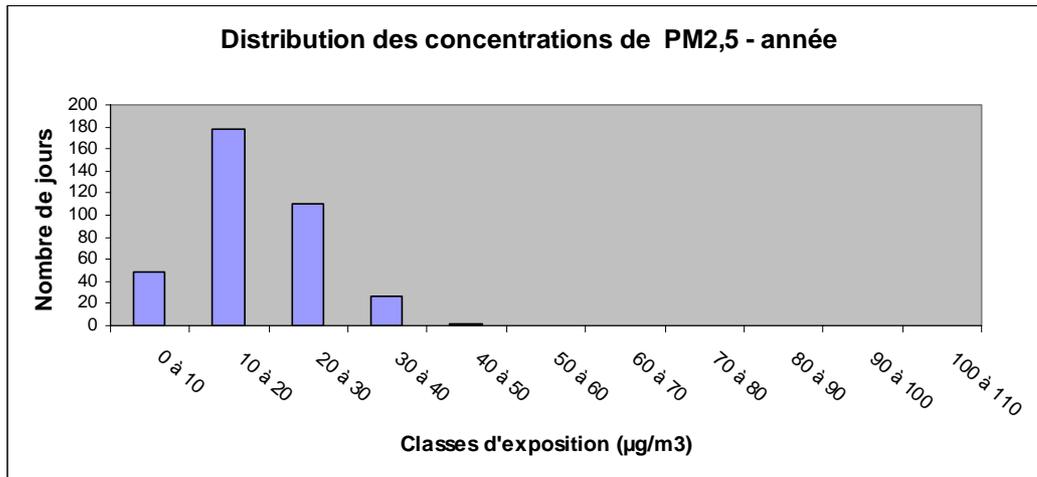
Distribution des fumées noires – année 2000



Distribution des PM₁₀ – année 2000



Distribution des PM_{2,5} – année 2002



Données sanitaires

Les données de mortalité ont été recueillies auprès du service CepiDC de l'Inserm qui enregistre l'ensemble des décès et leurs causes. Les données les plus récentes au moment de l'étude étaient les données de 1999. Les causes de décès étaient codées selon la Classification internationale des maladies – 9^{ème} révision (CIM-9).

Les données d'admissions hospitalières concernaient les établissements publics et privés. Elles ont été recueillies pour l'année 2001 (la plus récente au moment de l'étude) auprès de l'Agence technique de l'information hospitalière (ATIH). Les données d'hospitalisations étaient codées selon la Classification internationale des maladies – 10^{ème} révision (CIM-10)

Des contrôles réguliers de qualité sont effectués par ces services sur leurs données.

Le taux annuel de mortalité standardisé sur l'âge (mortalité toutes causes) était de 783 pour 100 000 habitants. La population européenne était la population de référence⁶ pour ce calcul

Le tableau 3 présente le nombre moyen journalier et les taux pour 100 000 habitants correspondants des indicateurs sanitaires.

Tableau 3. Nombre moyen journalier et taux annuel pour 100 000 des décès (1999) et des admissions hospitalières (2001).

Indicateur sanitaire	Codes CIM9	Codes CIM10	Moyenne journalière	Taux pour 100 000
Impact sanitaire à court terme				
Mortalité toutes causes (hors causes externes)*	< 800	A00-R99	21,63	922,50
Mortalité cardiovasculaire	390-459	I00-I99	7,24	308,60
Mortalité respiratoire	460-519	J00-J99	1,96	83,75
Mortalité cardiaque	390-429	I00-I52	4,80	204,75
Hospitalisations cardiaques	390-429	I00-I52	33,69	1436,45
Hospitalisations respiratoires	460-519	J00-J99	24,42	1041,47
Impact sanitaire à long terme				
Mortalité toutes causes	0-999	A00-Y98	23,24	991,16
Mortalité cardio-pulmonaire	401-440	I10-I70		
	460-519	J00-J99	8,52	363,13
Mortalité par cancer du poumon	162	C33-C34	1,21	51,51

* Pour les scénarios court terme et long terme

⁶ UNITED NATIONS. Population Division Department of Economic and Social Affairs. World Population Prospects: The 2000 Revision.

Évaluation de l'impact sanitaire : méthode

Différents scénarios théoriques d'exposition aux particules ont été construits pour illustrer leurs répercussions sur les impacts sanitaires à court et à long terme. A Marseille, ces scénarios ont été construits pour les trois indicateurs, fumées noires, PM₁₀ et PM_{2,5}. Concernant l'interprétation des résultats : en aucun cas les estimations du nombre de cas attribuables à ces différents polluants ne doivent être additionnées car elles représentent les effets d'une même pollution.

Différents outils de calculs et différentes relations exposition / risque (Risque Relatif – RR) ont été utilisés pour estimer les impacts sanitaires selon le polluant considéré, l'indicateur sanitaire étudié et la ville concernée (Tableau 4).

Tableau 4. Scénarios d'exposition et risques relatifs utilisés pour l'évaluation de l'impact sanitaire à court terme

Polluant	Indicateur sanitaire	codes CIM9	codes CIM10	Outil de calcul	RR (Intervalle de confiance 95%) pour une augmentation de 10 µg/m³	Scénarios de réduction de la pollution considérés (moyennes journalières)	Villes concernées
PM₁₀	Mortalité toutes causes tous âges	< 800	A00-Q99	Feuille de calcul Psas-9	1,006 (1,004, 1,008)	3 scénarios : Réduction à 50 µ/m ³ Réduction à 20 µ/m ³ Réduction de 5 µ/m ³	Villes mesurant les PM ₁₀
	Mortalité cardiovasculaire tous âges	390-459	I00-I99		1,009 (1,005, 1,013)		
	Mortalité respiratoire tous âges	460-519	J00-J99		1,013 (1,005, 1,021)		
	Hospit cardiaques tous âges	390-429	I00-I52		1,001 (1,000, 1,002)		
	Hospit respiratoires tous âges	460-519	J00-J99		1,0114 (1,0062 - 1,0167)		
PM_{2,5}	Mortalité toutes causes tous âges	< 800	A00-Q99	Feuille de calcul Psas-9	RR convertis à partir des RR PM ₁₀	3 scénarios : Réduction à 35 µ/m ³ Réduction à 14 µ/m ³ Réduction de 3,5 µ/m ³	Villes estimant les PM _{2,5} à partir des PM ₁₀ ou les mesurant directement
	Mortalité cardiovasculaire tous âges	390-459	I00-I99				
	Mortalité respiratoire tous âges	460-519	J00-J99				
	Hospit cardiaques tous âges	390-429	I00-I52				
	Hospit respiratoires tous âges	460-519	J00-J99				
fumées noires	Mortalité toutes causes tous âges	< 800	A00-Q99	Feuille de calcul Psas-9	1,006 (1,004, 1,009)	3 scénarios : Réduction à 50 µ/m ³ Réduction à 20 µ/m ³ Réduction de 5 µ/m ³	Villes mesurant les fumées noires
	Mortalité cardiovasculaire tous âges	390-459	I00-I99		1,004 (1,002, 1,007)		
	Mortalité respiratoire tous âges	460-519	J00-J99		1,006 (0,998, 1,015)		
	Hospit cardiaques tous âges	390-429	I00-I52		1,011 (1,005, 1,018)		
	Hospit respiratoires tous âges	460-519	J00-J99		1,0030 (0,9985-1,0075)		
PM₁₀ (40 jours)*	Mortalité toutes causes tous âges	< 800	A00-Q99	Feuille de calcul Psas-9	1,01227 (1,0081 - 1,0164)	3 scénarios : Réduction à 50 µ/m ³ Réduction à 20 µ/m ³ Réduction de 5 µ/m ³	Villes mesurant les PM ₁₀
	Mortalité cardiovasculaire tous âges	390-429	I00-I52		1,01969 (1,0139 - 1,0255)		
	Mortalité respiratoire tous âge	460-519	J00-J99		1,04206 (1,0109 - 1,0742)		

*40 jours d'exposition sont pris en compte

Tableau 4 (suite. Scénarios d'exposition et risques relatifs utilisés pour l'évaluation de l'impact sanitaire à long terme

<i>Polluant</i>	<i>Indicateur sanitaire</i>	<i>codes CIM9</i>	<i>codes CIM10</i>	<i>Outil de calcul</i>	<i>RR (Intervalle de confiance 95%) pour une augmentation de 10 µg/m³</i>	<i>Scénarios de réduction de la pollution considérés (moyennes annuelles)</i>	<i>Villes concernées</i>
<i>Nombres de cas attribuables</i>							
PM₁₀	Mortalité totale	< 800	A00-Q99	Feuille de calcul Psas-9	1,043 (1,026-1,061) Etude Trilatérale Apehis 2	3 scénarios : Réduction à 40 µg/m ³ Réduction à 20 µg/m ³ Réduction de 5 µg/m ³	Villes mesurant les PM ₁₀
	Mortalité totale	0-999	A00-T98		1,06 (1,02-1,11)		
PM_{2,5}	Mortalité cardio-pulmonaire	401-440 et 460-519	I10-I70 et J00-J99	Feuille de calcul Psas-9	1,09 (1,03-1,16)	3 scénarios : Réduction à 20 µg/m ³ Réduction à 15 µg/m ³ Réduction de 3,5 µg/m ³	Villes estimant les PM _{2,5} à partir des PM ₁₀ ou les mesurant directement
	Cancer du poumon	162	C33-C34		1,14 (1,04-1,23) Moyenne Pope, 2002		
<i>Années de vie perdues</i>							
PM_{2,5}	Mortalité totale	0-999	A00-T98		1,06 (1,02-1,11)		
	Mortalité cardio-pulmonaire	401-440 et 460-519	I10-I70 et J00-J99	AirQ	1,09 (1,03-1,16)	3 scénarios : Réduction à 20 µg/m ³ Réduction à 15 µg/m ³ Réduction de 3,5 µg/m ³	Villes estimant les PM _{2,5} à partir des PM ₁₀ ou les mesurant directement
	Cancer du poumon	162	C33-C34		1,14 (1,04-1,23) Moyenne Pope, 2002		

Par ailleurs, différentes approches ont été utilisées pour la présentation des résultats :

- Pour les fumées noires, les résultats des impacts à court terme ont été exprimés en nombre annuel de décès attribuables ;
- Pour les PM₁₀, les résultats des impacts à court et long terme ont été exprimés en nombre annuel de décès attribuables ;
- Pour les PM_{2,5}, les résultats des impacts à long terme ont été exprimés en termes de :
 - Nombre annuel de décès attribuables ;
 - Nombre d'années de vie perdues au début de la simulation.

Scénarios d'exposition pour les évaluations d'impact sanitaire

Scénarios pour les impacts à court terme

Les différents scénarios utilisés pour estimer les effets à court terme d'une exposition aux fumées noires/PM₁₀ sont les suivants :

Fumées noires

Nous avons estimé les effets à court terme d'une exposition aux fumées noires sur la mortalité toutes causes (hors mort violente), cardiovasculaire et respiratoire selon les 3 scénarios d'évolution de l'exposition suivants :

- réduction des niveaux journaliers de fumées noires à 50 µg/m³ pour tous les jours où ils avaient dépassé cette valeur ;
- réduction des niveaux journaliers de fumées noires à 20 µg/m³ pour tous les jours où ils avaient dépassé cette valeur ;
- réduction de 5 µg/m³ de toutes les valeurs journalières observées de fumées noires.

PM₁₀

Nous avons estimé les effets à court terme d'une exposition aux PM₁₀ sur les 3 indicateurs de mortalité : les expositions prises en compte étaient celle du jour de l'événement sanitaire et de la veille d'une part, celle des 40 jours précédents d'autre part. Les 3 scénarios d'évolution de l'exposition étaient les suivants :

- réduction des niveaux journaliers de PM₁₀ à 50 µg/m³ pour tous les jours où ils avaient dépassé cette valeur (valeur limite en 2005) ;
- réduction des niveaux journaliers de PM₁₀ à 20 µg/m³ pour tous les jours où ils avaient dépassé cette valeur (valeur limite en 2010) ;
- réduction de toutes les valeurs journalières observées de 5 µg/m³ (concerne plus particulièrement les villes avec des niveaux de PM₁₀ déjà modérés).

Scénarios pour les impacts à long terme

PM₁₀

Nous avons estimé les effets à long terme d'une exposition chronique aux PM₁₀ sur la mortalité annuelle pour différents scénarios :

- réduction de la moyenne annuelle des PM₁₀ au niveau de 40 µg/m³ (valeur limite 2005 pour les PM₁₀) ;
- réduction de la moyenne annuelle des PM₁₀ au niveau de 20 µg/m³ (valeur limite 2010 pour les PM₁₀) ;
- réduction de 5 µg/m³ de la moyenne annuelle observée (concerne plus particulièrement les villes avec des niveaux de PM₁₀ déjà modérés).

PM_{2,5}

Nous avons estimé les effets à long terme d'une exposition chronique aux PM_{2,5} sur la mortalité annuelle dans la population des 30 ans et plus pour différents scénarios:

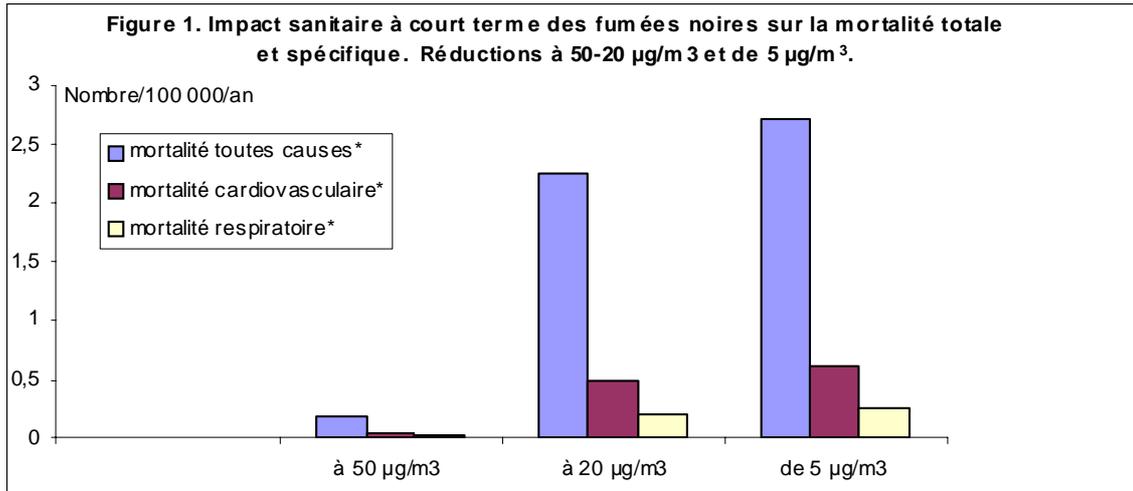
- réduction de la moyenne annuelle au niveau de 20 µg/m³ ;
- réduction de la moyenne annuelle au niveau de 15 µg/m³ ;
- réduction de la moyenne annuelle de 3,5 µg/m³ (concerne plus particulièrement les villes avec des niveaux de PM_{2,5} déjà modérés).

Évaluation de l'impact sanitaire : résultats

Résultats pour l'exposition aux fumées noires

Mortalité

La figure 1 illustre l'impact annuel à court terme d'une exposition aux fumées noires sur la mortalité toutes causes et la mortalité spécifique (données de fumées noires année 2000, données de mortalité année 1999).

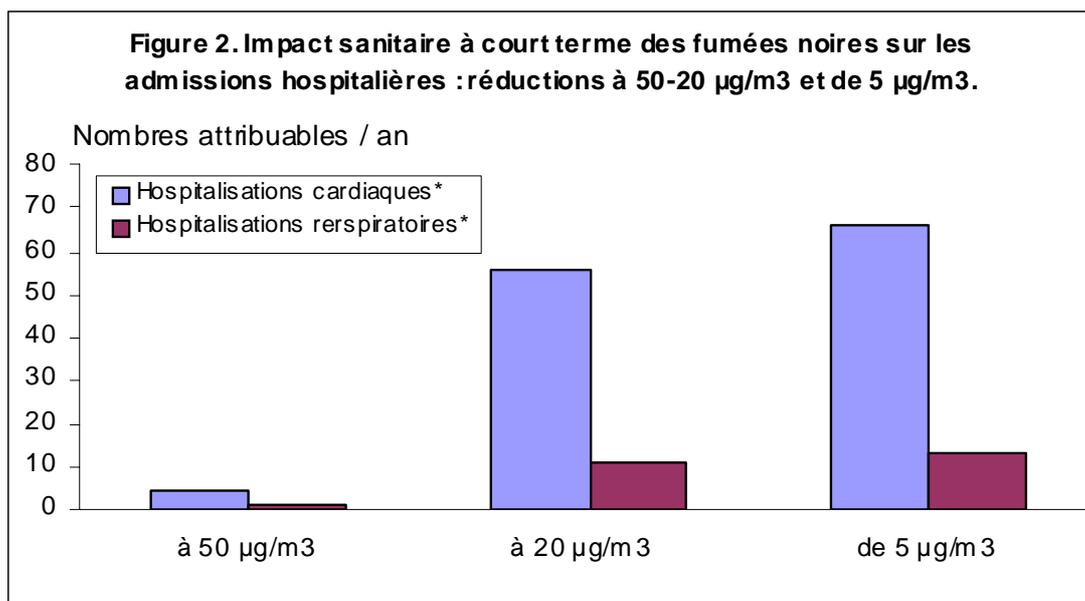


* mortalité toutes causes sauf accidentelle (CIM9 < 800), cardiovasculaire (CIM9 390-459) et respiratoire (CIM9 460-519).

Ces résultats montrent que l'impact d'une exposition à court terme aux fumées noires est faible pour le scénario 1, les niveaux supérieurs à 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ étant peu fréquents. Les gains sanitaires les plus importants sont obtenus pour une réduction de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ des niveaux journaliers de fumées noires : 23,2 décès toutes causes, 5,2 décès pour cause cardiovasculaire et 2,1 décès pour cause respiratoire auraient potentiellement pu être évités pour l'année 2000.

Admissions hospitalières

La figure 2 illustre l'impact annuel à court terme d'une exposition aux fumées noires sur les admissions hospitalières pour causes cardiaques et respiratoires (données de fumées noires année 2000, données admissions hospitalières année 2001).



* admissions hospitalières pour causes cardiaques (CIM10 I00-I52) et respiratoires (CIM10 J00-J99)

Ici encore, les gains sanitaires les plus importants sont obtenus pour une réduction de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ des niveaux journaliers de fumées noires : 66 hospitalisations pour cause cardiaque et 13 pour cause respiratoire auraient potentiellement pu être évitées pour l'année 2000.

Résultats pour l'exposition aux PM_{10}

Mortalité

Les graphes suivants (Figures 3 et 4) illustrent l'impact sanitaire de l'exposition aux PM_{10} sur la mortalité pour les différentes durées d'exposition considérées : celle du jour de l'événement sanitaire et de la veille (ST), celle des 40 jours précédents l'événement sanitaire (DL) et une exposition chronique (LT). Les données de PM_{10} sont celles de l'année 2000, les données de mortalité sont celles de 1999.

* mortalité toutes causes sauf accidentelle (CIM9 < 800)

Figure 3. Impacts sanitaires des PM_{10} sur la mortalité toutes causes pour une exposition à court terme (ST), cumulée sur 40 j (DL) et à long terme (LT). Scénarios de réductions à $50, 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ *

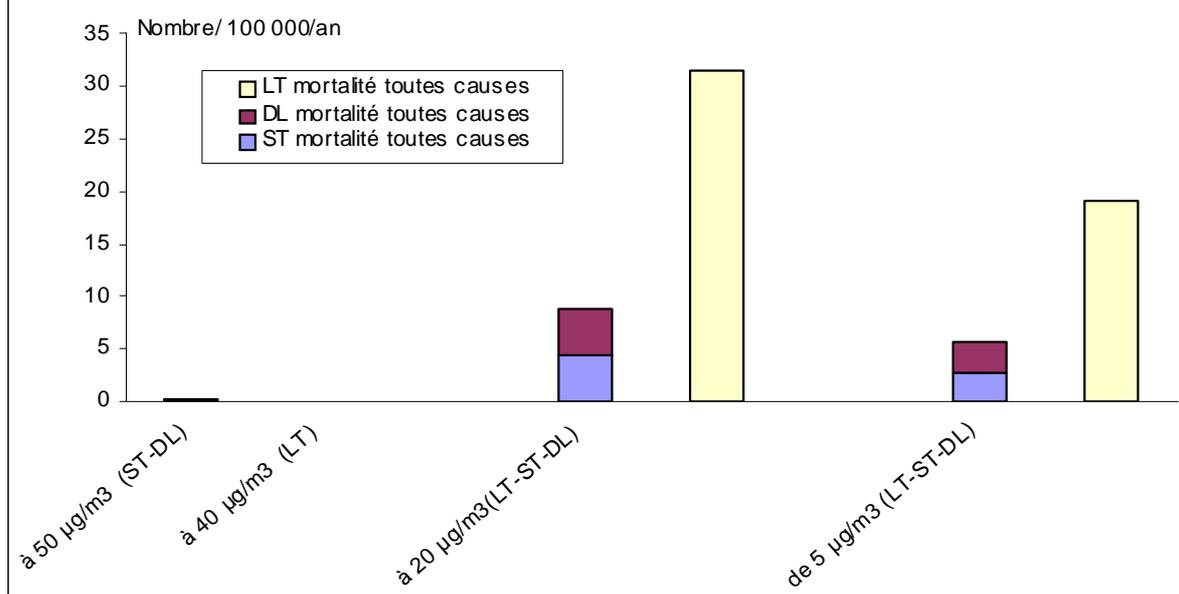
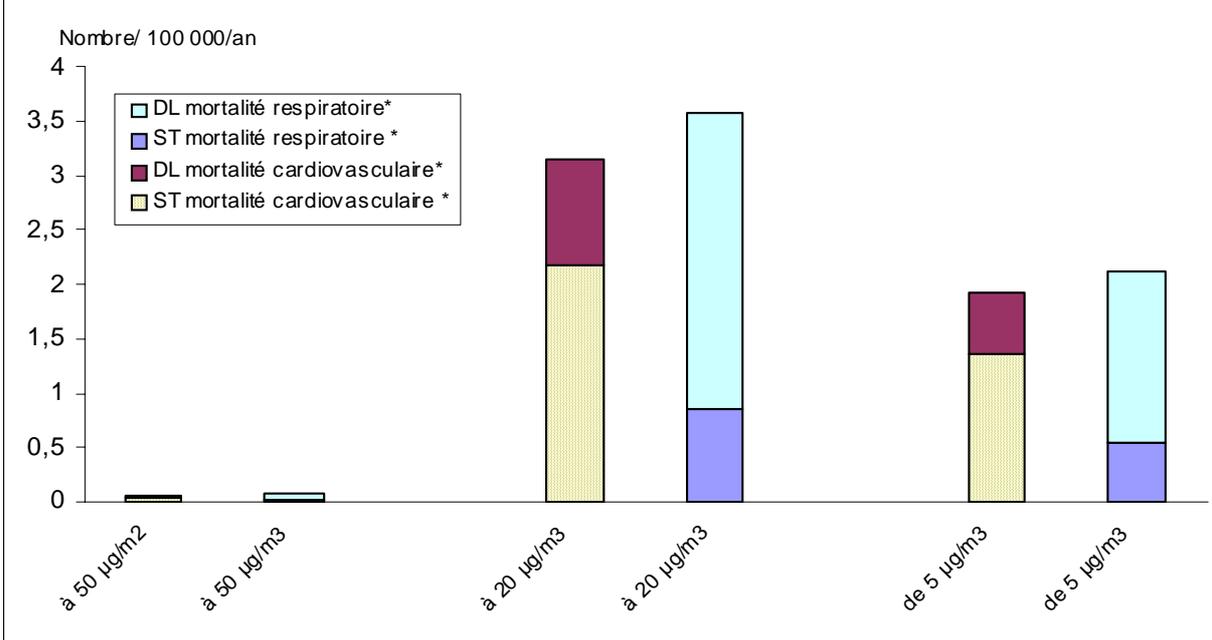


Figure 4. Impacts sanitaires des PM10 sur la mortalité spécifique pour une exposition à court terme (ST) et cumulée sur 40 j (DL). Scénarios de réductions à 50, 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$



*mortalité cardiovasculaire (CIM9 390-459), mortalité respiratoire (CIM9 460-519)

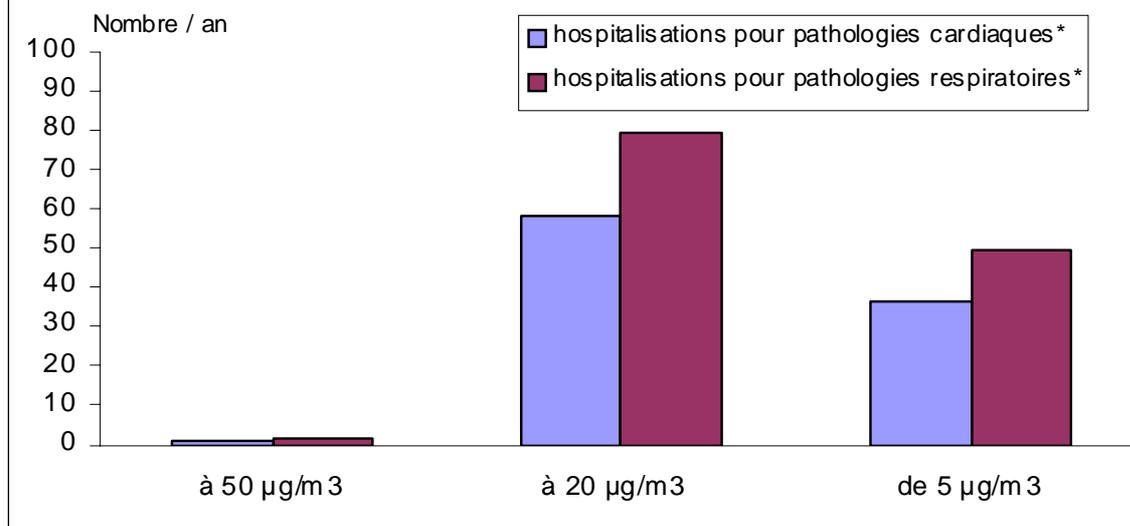
Le nombre de décès est pratiquement nul pour le premier scénario, les niveaux de PM_{10} étant presque toujours inférieurs à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Le scénario 2 est celui qui permet les gains sanitaires les plus élevés. Pour une réduction des niveaux journaliers de PM_{10} à $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, le nombre annuel de décès toutes causes attribuables à la pollution est de 37 pour l'impact à court terme, de 76 pour un impact cumulé sur 40 jours et de 270 pour un impact à long terme.

Les résultats montrent que l'impact sanitaire d'une exposition chronique aux PM_{10} est environ 3,5 fois plus important que l'impact d'une exposition cumulée sur 40 jours qui est lui-même plus important que l'impact d'une exposition sur 0-1 jours. Ce qui signifie que plus la durée d'exposition est longue, plus l'impact sanitaire est important et que les effets sont cumulatifs dans le temps.

Admissions hospitalières

Nous avons estimé les impacts à court terme d'une exposition aux PM_{10} sur les admissions hospitalières pour causes cardiaques et respiratoires (Figure 5). Les données de PM_{10} sont celles de l'année 2000, les données d'admissions hospitalières sont celles de 2001.

Figure 5. Impact sanitaire à court terme des PM10 sur les hospitalisations cardiaques et respiratoires pour des réductions à 50, 20 et de 5 µg/m³.



* Admissions hospitalières cardiaques (CIM10 I00-I52) et respiratoires (CIM10 J00-J99)

L'impact sanitaire à court terme sur les admissions hospitalières est pratiquement nul pour le premier scénario, les niveaux de PM₁₀ étant presque toujours inférieurs à 50 µg/m³. Le scénario 2 est toujours celui qui permet les gains sanitaires les plus élevés. Pour une réduction des niveaux journaliers de PM₁₀ à 20 µg/m³, le nombre annuel d'hospitalisations attribuables à la pollution est de 79 pour les pathologies cardiaques et de 58 pour les pathologies respiratoires.

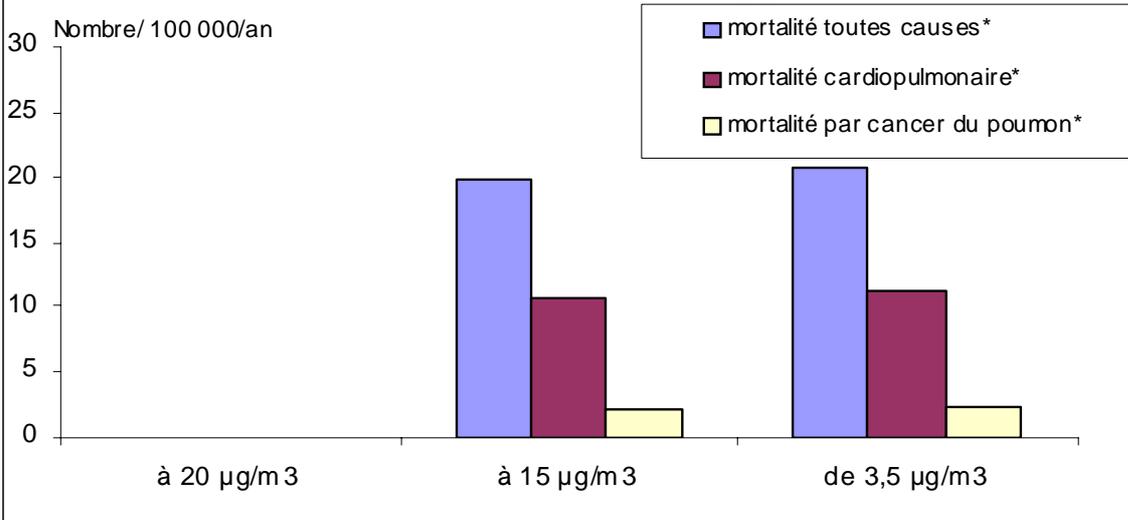
Résultats pour l'exposition aux PM_{2,5}

Impact sanitaire à long terme

Les figures suivantes présentent l'impact à long terme en terme de taux (pour 100 000 habitants) de décès toutes causes, cardio-pulmonaires et par cancer du poumon attribuables à une exposition chronique aux PM_{2,5}. Ces dernières, pour des raisons de cohérence entre les différentes villes européennes, ont été obtenues par conversion des données PM₁₀ de l'année 2000, elles-mêmes corrigées pour prendre en compte la technique de mesure (voir paragraphe « Données d'exposition »).

Le graphe suivant présente l'impact sanitaire à long terme d'une exposition chronique aux PM_{2,5} (Figure 6). Les données de PM_{2,5} sont celles de l'années 2000, les données de mortalité sont celles de 1999.

Figure 6. Impact à long terme des PM2.5 sur la mortalité pour des réductions de la moyenne annuelle à 20 et 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et de 3,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.



* Mortalité toutes causes (CIM9 0-999), mortalité cardiopulmonaire (CIM9 401-440 et 460-519), Mortalité par cancer du poumon (CIM9 162).

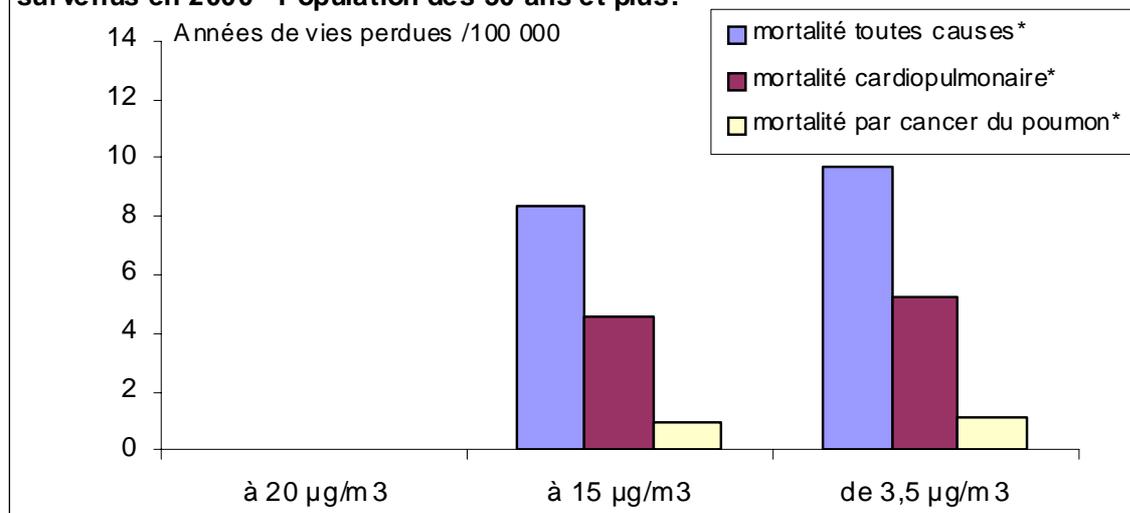
La moyenne annuelle en $\text{PM}_{2,5}$ (calculé) étant de $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la diminution à $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ des niveaux d'exposition n'a aucun impact sanitaire. Les impacts sanitaires des deux autres scénarios (diminution à 15 et $14,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) sont très proches. L'application du scénario 3 permettrait un gain sanitaire annuel potentiel de 177 décès toutes causes, 96 décès pour cause cardio-pulmonaire et 19 décès par cancer du poumon.

Années potentielles de vie perdues

Nous avons estimé les années potentielles de vie perdues attribuables à une exposition chronique aux $\text{PM}_{2,5}$ en utilisant les données de l'année 2000 obtenues par conversion des données de PM_{10} corrigées.

La figure 7 présente les années potentielles de vies perdues pour la mortalité toutes causes, cardio-pulmonaire et par cancer du poumon pour la population âgée 30 ans et plus de la zone d'étude de Marseille. Les données de $\text{PM}_{2,5}$ sont de 2000, les données de mortalité de 1999.

Figure 7 : Scénarios de réductions à 20, 15 et de 3,5 µg/m³. - Années potentielles de vie perdues liées à une exposition chronique aux PM_{2.5} et dues aux décès survenus en 2000 - Population des 30 ans et plus.



* Mortalité toutes causes (CIM9 0-999), mortalité cardiopulmonaire (CIM9 401-440 et 460-519), Mortalité par cancer du poumon (CIM9 162).

Pour les décès toutes causes, et toutes choses étant égales par ailleurs, une réduction de 3,5 µg/m³ du niveau de PM_{2.5} en 2000 aurait pu éviter la perte de 84 années de vie pour la totalité des habitants de la zone d'étude de Marseille âgés de 30 ans et plus. Pour la mortalité cardio-pulmonaire, ce chiffre est d'environ 45 années tandis que pour la mortalité par cancer du poumon, il est de 9 années.

Le tableau 5 présente ces résultats en termes d'espérance de vie.

Tableau 5. Espérance de vie et son augmentation potentielle pour une réduction du niveau des PM_{2.5} (moyenne annuelle) à 15 µg/m³ à Marseille.

Age	Espérance de vie	Gain potentiel d'espérance de vie (années)		
		Estimation centrale	Estimation basse	Estimation haute
À la naissance	78,86	0,18	0,05	0,32
À 30 ans	49,90	0,19	0,05	0,32
À 65 ans	18,95	0,13	0,04	0,23

Ce tableau doit être interprété de la façon suivante : toutes choses égales par ailleurs, si la moyenne annuelle des concentrations en PM_{2.5} (18µg/m³) était réduite à 15 µg/m³, les 49,9 années d'espérance de vie d'une personne de 30 ans augmenterait de 0,2 année dans l'agglomération de Marseille.

Interprétation des résultats

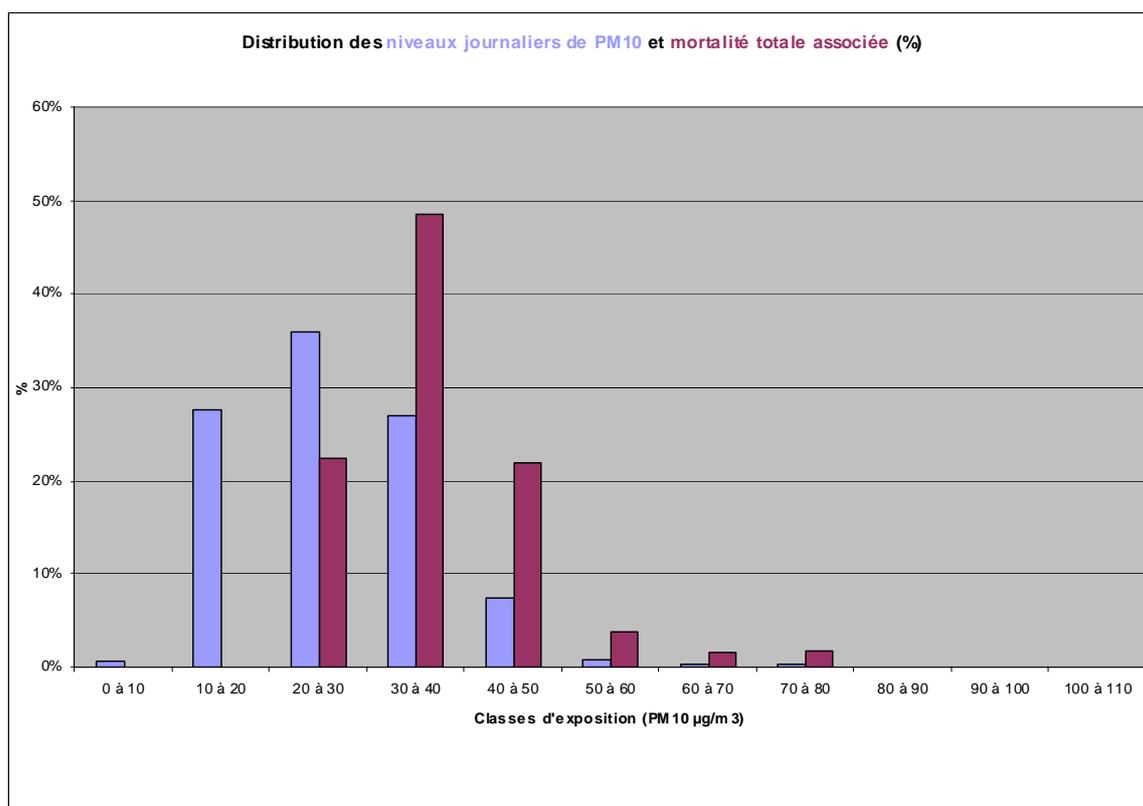
Ces résultats apportent un certain nombre d'enseignements. La réduction des niveaux de particules permet d'obtenir des bénéfices en terme de santé publique, l'impact sanitaire d'une exposition à court terme aux PM₁₀ étant légèrement plus élevé que pour les fumées noires.

Ils montrent que, à niveau de pollution égal, l'impact sanitaire d'une exposition cumulée de 40 jours est plus important que l'impact d'une exposition de 2 jours. Cette différence est plus marquée pour la mortalité respiratoire, l'effet des PM₁₀ étant probablement plus retardé pour les pathologies respiratoires et plus immédiat pour les pathologies cardiaques.

Les niveaux de pollution les plus élevés sont associés aux impacts sanitaires les plus importants mais sur une année cela représente peu de jours. Il est donc plus efficace au plan sanitaire de réduire les niveaux de pollution de fond, même de manière modeste, que de supprimer les pics ponctuels de pollution (figure 8).

Les résultats en terme d'espérance de vie peuvent sembler faibles mais à l'échelle de la population de Marseille, le nombre d'années de vies perdues n'est pas négligeable.

Figure 8. Distribution des niveaux de PM₁₀ et pourcentage de cas associés à court terme



Conclusions

Ces résultats confirment que des gains sanitaires peuvent être potentiellement obtenus par l'amélioration de la qualité de l'air même dans des villes où la pollution atmosphérique est d'ores et déjà modérée.

Au niveau local, les résultats d'Apheis complètent les résultats du programme Psas-9 concernant l'impact sanitaire d'une exposition aux particules. Ces programmes ont permis de développer des collaborations entre les différents acteurs dans les domaines de l'air et de la santé. En terme de communication, le message montrant que l'impact sanitaire de la pollution de fond est plus important que celui des pics de pollution commence à être relayé par les médias et les décideurs et perçu par la population.

Les effets d'une exposition à court terme étant maintenant bien connus, le grand public et les décideurs souhaitent être mieux informés sur l'impact à long terme d'une exposition à la pollution atmosphérique et sur l'impact en terme d'espérance de vie. En cela, les résultats du programme Apheis 3 permettent d'apporter une première réponse.