

Santé environnement

Evaluation de l'impact sanitaire de la
pollution atmosphérique urbaine

Agglomérations de Cannes et de Nice Impact à court et long terme

| | | | |
|-----------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Abréviations..... | 2 | 4.2.2 Description des indicateurs sanitaires..... | 26 |
| Résumé | 3 | 4.2.3 Estimation de l'impact sanitaire à court terme..... | 26 |
| 1. Contexte et objectifs | 4 | 4.2.4 Calcul de l'impact à long terme..... | 32 |
| 2. Définition des zones d'étude | 4 | 5. Discussion | 33 |
| 2.1 Choix des zones d'étude | 5 | 5.1 Hypothèses, limites et incertitudes | 33 |
| 2.2 Population et établissements de soins..... | 7 | 5.1.1 Identification des dangers | 33 |
| 2.2.1 Densités de population | 7 | 5.1.2 Relations exposition/risque..... | 33 |
| 2.2.2 Trajets domicile-travail | 8 | 5.1.3 Estimation de l'exposition..... | 33 |
| 2.2.3 Attractivité hospitalière | 8 | 5.1.4 Estimation de l'impact sanitaire | 34 |
| 2.3. Sources de pollution | 8 | 5.2 Interprétation des résultats | 34 |
| 2.3.1 Les industries | 8 | 6. Conclusions | 35 |
| 2.3.2 Les transports | 9 | 6.1 Un impact collectif à court terme, non négligeable sur la mortalité | 35 |
| 2.3.3 Le bilan des émissions..... | 9 | 6.2 Un impact sanitaire à long terme partiellement mesurable..... | 35 |
| 3. Matériel et méthodes | 9 | 6.3 Recommandations | 35 |
| 3.1 Méthodologie de l'évaluation de l'impact sanitaire | 9 | 6.3.1 Renforcer la surveillance de l'exposition aux particules | 35 |
| 3.1.1 Identification des dangers | 10 | 6.3.2 Améliorer la mesure de l'exposition de fond au dioxyde d'azote, sur la zone de Cannes | 35 |
| 3.1.2 Estimation de l'exposition | 10 | 6.3.3 Diminuer les niveaux de pollution de fond | 35 |
| 3.1.3 Choix des relations exposition/risque | 10 | Références bibliographiques | 37 |
| 3.1.4 Estimation de l'impact sanitaire | 12 | Annexes | 38 |
| 3.2 Définition des périodes d'étude | 13 | Annexe 1. Navettes domicile-travail | 38 |
| 3.3 Construction des indicateurs d'exposition | 14 | Annexe 2. Attractivité hospitalière | 39 |
| 3.3.1 Données de surveillance de la qualité de l'air..... | 14 | Annexe 3. Distribution de l'indicateur d'exposition par stations | 41 |
| 3.3.2 Sélection des stations de mesure | 15 | Annexe 4. Coefficients de corrélation entre les stations de mesure | 44 |
| 3.4 Indicateurs sanitaires | 16 | Annexe 5. Nombre de cas attribuables, par polluant, pour chaque indicateur sanitaire et chaque saison étudiés, zone de Cannes | 45 |
| 3.4.1 Données de mortalité..... | 16 | Annexe 6. Nombre de cas attribuables, par polluant, pour chaque indicateur sanitaire et chaque saison étudiés, zone de Nice | 45 |
| 3.4.2 Données d'hospitalisations..... | 16 | | |
| 4. Résultats | 17 | | |
| 4.1 Résultats pour la zone de Cannes..... | 17 | | |
| 4.1.1 Description des indicateurs de pollution | 17 | | |
| 4.1.2 Description des indicateurs sanitaires | 18 | | |
| 4.1.3 Estimation de l'impact sanitaire à court terme | 19 | | |
| 4.2 Résultats pour la zone de Nice | 24 | | |
| 4.2.1 Description des indicateurs de pollution | 24 | | |

Evaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine

Agglomérations de Cannes et de Nice Impact à court et long terme

Rédacteurs

Charlotte Renaudat¹, Gwénola Gourvellec¹, Laurence Pascal²

¹ Cellule interrégionale d'épidémiologie Sud, Programme de formation à l'épidémiologie de terrain

² Institut de veille sanitaire, Département santé et environnement

Ont participé à la réalisation de cette étude

Javier Nicolau, Maëlaïg Mevel
Institut de veille sanitaire, Service des systèmes d'information

Jean-Luc Lasalle
Cellule interrégionale d'épidémiologie Sud

Sophie Téton, Pierre Labordes
Atmo PACA

Mounira Krouk
Direction départementale des affaires sanitaires et sociales des Alpes Maritimes,
Service santé environnement

Relecture

Myriam Blanchard
Institut de veille sanitaire, Département santé et environnement

Abréviations

| | |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Aasqa | Association agréée de surveillance de la qualité de l'air |
| Apeha | Air pollution and health- a European approach |
| ATIH | Agence technique de l'information hospitalière |
| Citepa | Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique |
| CO | Monoxyde de carbone |
| CO ₂ | Dioxyde de carbone |
| Ddass | Direction départementale des affaires sanitaires et sociales |
| Drass | Direction régionale des affaires sanitaires et sociales |
| Drire | Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement |
| EIS | Évaluation d'impact sanitaire |
| Finess | Fichier national des établissements sanitaires et sociaux |
| Insee | Institut national de la statistique et des études économiques |
| Inserm | Institut national de la santé et de la recherche médicale |
| InVS | Institut de veille sanitaire |
| NO ₂ | Dioxyde d'azote |
| NO _x | Oxydes d'azote |
| O ₃ | Ozone |
| OMS | Organisation mondiale de la santé |
| Paca | Provence-Alpes-Côte d'Azur |
| PDU | Plan de déplacement urbain |
| PM ₁₀ | Particules d'un diamètre aérodynamique inférieur à 10 micromètres |
| PMSI | Programme de médicalisation des systèmes d'information |
| PRQA | Plan régional pour la qualité de l'air |
| Psas 9 | Programme de surveillance air et santé- 9 villes |
| RSA | Résumé de sortie anonyme |
| SO ₂ | Dioxyde de soufre |
| SSI | Service des systèmes d'informatisation |
| UU | Unité urbaine |
| UV | Ultraviolet |

Résumé

L'évaluation de l'impact sanitaire (EIS) de la pollution atmosphérique, sur les agglomérations de Nice et Cannes, s'inscrit dans la continuité des orientations du plan régional pour la qualité de l'air de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, qui fixe les orientations visant à prévenir, réduire ou atténuer les effets de la pollution atmosphérique et qui s'appuie sur une évaluation des effets sanitaires de la pollution atmosphérique.

Dans cette étude, l'impact sanitaire à court et long terme de la pollution atmosphérique est estimé en termes de morbidité (admissions hospitalières) et de mortalité anticipée.

Deux zones d'études, où l'exposition de la population à la pollution atmosphérique peut être considérée comme homogène, ont été retenues. La zone d'étude de Cannes est composée de sept communes : Antibes, Cannes, Le Cannet, Mandelieu-la-Napoule, Mougins, Théoule-sur-Mer et Vallauris. La zone de Nice correspond aux quatre communes suivantes : Nice, Saint-Laurent-du-Var, Cagnes-sur-Mer et Villeneuve-Loubet. Ces deux zones regroupent les principales communes de la zone côtière de Cannes à Nice.

Deux périodes d'étude ont été définies : les années 2001 et 2002 pour l'analyse de l'impact de la pollution au dioxyde d'azote (NO₂) et à l'ozone (O₃), et l'année 2002 pour l'impact de la pollution par les particules de moins de 10 µg/m³ (PM₁₀) sur la zone de Nice.

Cette étude repose sur les principes méthodologiques de l'EIS de la pollution atmosphérique urbaine dont la méthodologie se décompose en quatre étapes : identification des dangers, choix des relations exposition-risque, évaluation de l'exposition, et estimation de l'impact sanitaire.

Les indicateurs de pollution retenus sont construits à partir des trois polluants mesurés en routine sur la zone : NO₂, O₃ et PM₁₀. Les relations exposition/risque utilisées sont issues d'études épidémiologiques réalisées en population générale, en privilégiant les études multicentriques et européennes.

Concernant les effets à court terme, le nombre annuel de décès anticipés attribuables à la pollution atmosphérique s'élève à 177 décès, dont 74 décès par mortalité cardio-vasculaire et 16 décès par mortalité respiratoire pour les principales communes de la zone côtière de Cannes à Nice. Le calcul des gains sanitaires associé à différents scénarios de réduction de la pollution atmosphérique montre que les scénarios les plus efficaces sont ceux qui correspondent à des diminutions de 25 % des niveaux journaliers.

Concernant les gains sanitaires à long terme sur la zone de Nice, le respect de la norme européenne prévue en 2010 pour les niveaux annuels en PM₁₀ devrait permettre d'éviter 137 décès sur la totalité des décès enregistrés sur une année.

Compte tenu des incertitudes et des limites de la méthodologie utilisée, les résultats doivent être interprétés comme des ordres de grandeur de l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé de la population de la zone étudiée.

Cependant, cette étude montre que même si les risques relatifs associés à la pollution atmosphérique sont faibles, la proportion importante de personnes exposées aboutit à un impact collectif sur la mortalité non négligeable. Elle montre également que les effets sanitaires apparaissent déjà à des niveaux de pollution bien inférieurs à ceux pour lesquels les mesures sont prises actuellement et que les actions les plus efficaces seraient donc celles qui associeraient une réduction des émissions à la source, de façon quotidienne, à une diminution du nombre de pics annuels de pollution.

1. Contexte et Objectifs

Le Plan régional pour la qualité de l'air (PRQA), prévu par la loi du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie, dont les modalités de mise en œuvre sont précisées par le décret du 6 mai 1998, fixe les orientations visant à prévenir, réduire ou atténuer les effets de la pollution atmosphérique [1]. Il s'appuie notamment sur une évaluation des effets de la qualité de l'air sur la santé publique. Cette évaluation est également un outil de planification et d'évaluation des politiques publiques puisqu'elle permet d'une part, de fixer des objectifs d'amélioration de la qualité de l'air et, d'autre part, de mesurer l'impact sur la santé publique et l'efficacité des mesures de prévention.

La 6^e orientation du PRQA de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur (Paca) indique que "la surveillance épidémiologique, croisant des données sur la santé et sur la qualité de l'air, sera poursuivie". Dans ce cadre, le Programme de surveillance air et santé (Psas 9) mis en place dans neuf villes françaises, dont Marseille, permet de surveiller de façon pérenne les effets sanitaires de la pollution atmosphérique dans l'agglomération marseillaise. De plus, quatre évaluations d'impact sanitaire (EIS) ont déjà été réalisées en 2001 sur l'agglomération d'Aix-en-Provence [2] et sur la ville de Martigues [3], en 2004 sur l'agglomération de Toulon [4] et en 2005 sur l'agglomération d'Avignon [5]. La réalisation d'EIS sur les agglomérations de Cannes et de Nice, décrites dans ce rapport, s'inscrit dans la continuité des actions de surveillance menées en région Paca.

Cette étude suit la démarche méthodologique d'évaluation d'impact sanitaire décrite par l'Institut de veille sanitaire (InVS) en 1999 [6] et actualisé en 2003 [7], en accord avec les recommandations de l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Il s'agit d'une méthode standardisée permettant de mesurer l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique à partir des données recueillies en routine. Cette méthode est basée sur une démarche d'analyse de risques qui nécessite de disposer de données permettant d'estimer l'exposition des populations et des relations exposition/risque (relations entre des indicateurs d'exposition et des indicateurs de santé).

Cette étude a pour objectif d'estimer l'impact, à court et à long terme, de la pollution atmosphérique sur la mortalité et les admissions hospitalières, dans les deux principales agglomérations du département des Alpes-Maritimes.

2. Définition des zones d'études

Le département des Alpes-Maritimes est un département côtier d'une superficie de 4 300 km² situé en région Paca, délimité par le département du Var à l'ouest, le département des Alpes-de-Haute-Provence au nord et l'Italie à l'est [8].

Le département des Alpes-Maritimes possède deux régions naturelles d'importance inégale : la région côtière et pré-côtière, qui couvre environ 880 km² de son territoire et s'étend sur 60 km de côtes, et la région montagneuse qui couvre le reste du département, soit environ 3 420 km², représentant ainsi 80 % du département [8]. Le département présente également une topographie particulière, avec des montagnes qui se situent à moins de 40 km de la mer et qui dépassent parfois 3 000 m d'altitude.

La variété des climats dans le département recouvre la variété des situations géographiques avec un climat méditerranéen sur la bande littoral et un climat alpestre dès 800 m d'altitude. Le secteur niçois est particulier car la brise de mer, renforcée par les brises de la vallée d'une montagne toute proche, devient beaucoup plus régulière. Les invasions froides du Nord sont plus rares. Les pluies s'accroissent, dépassant 800 mm dès le littoral, et l'humidité liée aux brises marines est plus élevée. Tout cela contribue à établir une plus grande douceur ; la température moyenne du mois de janvier est de 9,1 °C à Antibes et 9,7 °C au Cap Ferrat. La chaleur estivale est, de même, rendue plus supportable par la fréquence plus grande des brises de mer avec des maximums moyens du mois de juillet de 27,3 °C à Antibes et de 25,6 °C à Monaco.

La population des Alpes-Maritimes a été estimée à 1 007 200 habitants lors du recensement de 1999, soit une densité de population de 235 habitants/km². La répartition de la population est inégale en raison de l'importance du phénomène urbain qui se localise essentiellement dans les deux agglomérations de Nice et de Cannes-Grasse-Antibes. Un déséquilibre flagrant existe entre le littoral, qui concentre près de 95 % de la population, et le haut et moyen pays [8].

Le département des Alpes-Maritimes comprend actuellement les arrondissements de Nice et de Grasse, et l'unité urbaine de Nice. Cette dernière résulte de la fusion des unités urbaines de Nice et de Cannes-Grasse-Antibes lors du recensement de 1999. L'unité urbaine de Nice est constituée de 50 communes, avec une population de 888 784 habitants répartie sur une superficie de 721 km² [9].

2.1 CHOIX DES ZONES D'ÉTUDE

La sélection de la zone d'étude repose sur l'identification d'une zone urbaine où l'exposition de la population à la pollution atmosphérique peut être estimée et considérée comme homogène. Cela implique que la zone d'étude définie réponde aux critères suivants :

- zone sans rupture d'urbanisation
- où la qualité de l'air (mesurée par des stations de fond) et où l'exposition de la population peuvent être considérées comme homogènes
- où la majorité de la population séjourne en permanence

Dans un premier temps, en concertation avec la Ddass des Alpes-Maritimes et Atmo PACA (anciennement Qualitair), Association agréée de surveillance de la qualité de l'air (Aasqa) pour le département des Alpes Maritimes, une zone d'étude correspondant à l'ensemble de l'unité urbaine (UU) de Nice a été définie. Cette première zone comprenait 50 communes.

La zone d'étude a ensuite été réduite à treize communes respectant la continuité urbaine et avec une densité urbaine similaire : Antibes, Cagnes-sur-Mer, Cannes, Grasse, Le Cannet, Mandelieu-la-Napoule, Mouans-Sartoux, Mougins, Nice, Saint-Laurent-du-Var, Théoule-sur-Mer, Vallauris et Villeneuve-Loubet.

Dans un deuxième temps, l'étude des niveaux de pollution moyens mesurés dans ces communes, associé à l'étude de l'urbanisation, de la rose des vents, de la topographie du terrain, et des déplacements de la population, a mis en évidence la nécessité de définir deux zones distinctes : les zones de Cannes et de Nice. En effet, malgré la présence d'une continuité urbaine, ces deux zones sont différentes en terme de topographie puisqu'elles bordent deux baies distinctes et d'orientation différente. Elles sont, de plus, séparées par un relief entre les communes d'Antibes et de Villeneuve-Loubet. Elles sont, aussi, différentes en terme de météorologie, notamment pour les directions de vents, et en terme de pollution, certaines stations de mesures étant mal corrélées pour les oxydes d'azote. Concernant la zone de Cannes, les communes de Grasse et Mouans-Sartoux ont finalement été exclues, car la station mesurant le NO₂ sur la commune de Grasse était mal corrélée avec celles de Cannes (coefficients de corrélation à 0,38 et 0,44).

Deux zones d'étude ont ainsi été constituées :

- la **zone de Cannes**, constituée de sept communes : Antibes, Cannes, Le Cannet, Mandelieu-la-Napoule, Mougins, Théoule-sur-Mer et Vallauris ;
- la **zone de Nice**, constituée de quatre communes : Nice, Saint-Laurent-du-Var, Cagnes-sur-Mer et Villeneuve-Loubet.

Les deux zones d'étude définitives sont présentées sur la figure 1.

Figure 1. Unité urbaine de Nice et zones d'étude de Nice et de Cannes



Données cartographiques : IGN BDCARTO ©

2.2 POPULATION ET ÉTABLISSEMENTS DE SOINS

2.2.1 Densités de population

La zone d'étude de Cannes représentait une population totale de 242 765 habitants au dernier recensement de l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee) de 1999 [9]. La densité globale de cette zone est de 2 527 habitants par km². Le tableau 1 présente la répartition de la population au sein de la zone d'étude et les densités de population correspondantes. Le tableau 2 montre la répartition par tranches d'âge de la population de cette zone d'étude.

Tableau 1. Répartition de la population sur la zone d'étude de Cannes*, 1999

| Code communal | Commune | Population 1999 (hab.) | Densité (hab/km ²) | Superficie (km ²) |
|---------------|----------------------|---------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 06004 | Antibes | 72 454 | 2 736 | 26,48 |
| 06029 | Cannes | 67 406 | 3 436 | 19,62 |
| 06030 | Le Cannet | 41 940 | 5 440 | 7,71 |
| 06079 | Mandelieu-la-Napoule | 17 863 | 569 | 31,37 |
| 06085 | Mougins | 16 040 | 626 | 25,64 |
| 06138 | Théoule-sur-mer | 1 297 | 124 | 10,49 |
| 06155 | Vallauris | 25 765 | 1 976 | 13,04 |
| Total | | 242 765 | 2 527 | 96,05 |

* Source : Insee, Recensement 1999 [9]

Tableau 2. Répartition de la population de la zone d'étude de Cannes par tranches d'âge*, 1999

| Commune | Population 0-14 ans (% population totale) | Population 15-64 ans (% population totale) | Population ≥ 65 ans (% population totale) |
|----------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Antibes | 10 380 | 44 413 | 17 661 |
| Cannes | 9 061 | 37 412 | 20 933 |
| Le Cannet | 6 104 | 25 222 | 10 614 |
| Mandelieu-la-Napoule | 2 491 | 10 645 | 4 727 |
| Mougins | 2 340 | 10 866 | 2 834 |
| Théoule-sur-mer | 182 | 790 | 325 |
| Vallauris | 4 182 | 15 812 | 5 771 |
| Total | 34 740 (14 %) | 145 160 (60 %) | 62 865 (26 %) |

* Source : Insee, Recensement 1999 [9]

La zone d'étude de Nice représentait une population totale de 427 158 habitants au dernier recensement Insee de 1999 [9]. La densité globale de cette zone est de 3 572 habitants par km². Le tableau 3 présente la répartition des populations au sein des quatre communes retenues dans la zone d'étude et les densités de population correspondantes.

Tableau 3. Répartition de la population sur la zone d'étude de Nice*, 1999

| Code Communal | Commune | Population 1999 | Densité (hab/km ²) | Superficie (km ²) |
|---------------|----------------------|-----------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 06088 | Nice | 343 123 | 4 771 | 71,92 |
| 06027 | Cagnes-sur-Mer | 43 929 | 2 447 | 17,95 |
| 06123 | Saint-Laurent-du-Var | 27 166 | 2 687 | 10,11 |
| 06161 | Villeneuve-Loubet | 12 940 | 660 | 19,60 |
| Total | | 427 158 | 3 572 | 119,58 |

* Source : Insee, Recensement 1999 [9]

Le tableau 4 montre la répartition par tranches d'âge de la population de cette zone d'étude. Les personnes âgées de 65 ans et plus représentent 23 % de la population de la zone d'étude.

Tableau 4. Répartition de la population de la zone d'étude de Nice par tranches d'âge*, 1999

| Commune | Population 0-14 ans (% population totale) | Population 15-64 ans (% population totale) | Population ≥ 65ans (% population totale) |
|----------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Nice | 49 268 | 212 428 | 81 427 |
| Cagnes-sur-Mer | 6 468 | 27 240 | 10 221 |
| Saint-Laurent-du-Var | 4 449 | 17 936 | 4 781 |
| Villeneuve-Loubet | 2 132 | 8 783 | 2 025 |
| Total | 62 317 (15 %) | 266 387 (62 %) | 98 454 (23 %) |

* Source : Insee, Recensement 1999 [9]

2.2.2 Trajets domicile-travail

Dans la zone de Cannes, l'étude des déplacements de population (navettes domicile-travail), par commune, montrait que 80 % de ces déplacements se faisaient à l'intérieur de cette zone (annexe 1.1).

Dans la zone de Nice, l'étude des déplacements de population, par commune, montrait que 82 % de ces déplacements se faisaient à l'intérieur de cette zone (annexe 1.2).

2.2.3 Attractivité hospitalière

L'attractivité hospitalière des établissements, inclus dans chaque zone d'étude (établissements présents dans la zone d'étude et susceptibles de recevoir les patients de la zone d'étude souffrant de pathologies cardio-respiratoires), a été calculée à partir de la base nationale des résumés de sortie anonymes (RSA). Les séjours sélectionnés correspondent à des patients domiciliés dans les communes de chaque zone d'étude. Pour la zone de Cannes, les séjours effectués dans les établissements de la zone d'étude représentent 52 % des séjours du département des Alpes-Maritimes et 24 % des séjours sont effectués dans les établissements de Grasse et de Nice principalement. Pour la zone de Nice, 72,5 % des séjours sont effectués dans la zone de Nice, mais pour les communes de Cagnes-sur-Mer et de Villeneuve-Loubet, environ 15 % des séjours sont effectués dans les communes voisines, à l'hôpital d'Antibes essentiellement. Certains établissements des communes voisines, bien qu'ils soient hors zone d'étude, ont donc été inclus dans la sélection des séjours hospitaliers.

Zone d'étude de Cannes

Parmi les séjours effectués par les patients de la zone d'étude dans un établissement hospitalier des Alpes-Maritimes, 76 % l'ont été dans les 14 établissements de court séjour sélectionnés dans l'étude. Le détail par communes et la liste des établissements sélectionnés sont présentés en annexe 2.1.

Zone d'étude de Nice

Parmi les séjours effectués dans un établissement hospitalier des Alpes-Maritimes, par les patients résidant dans les quatre communes de la zone d'étude, 75 % ont eu lieu dans les 13 établissements de court séjour sélectionnés (annexe 2.2).

2.3 SOURCES DE POLLUTION

2.3.1 Les industries

Le département des Alpes-Maritimes est le deuxième pôle industriel de Paca, avec 20 % de l'emploi industriel régional [8]. Le développement de l'activité industrielle dans le département est relativement récent, avec une spécialisation marquée dans le secteur électrique et électronique, et dans les technologies de l'information et de la communication (Alcatel Alenia Space Industrie à Cannes, Technopôle de Sophia-Antipolis) qui se développent plus particulièrement dans les zones d'étude. Les parfumeries de Grasse sont passées au stade industriel avec le développement d'essences de synthèse, et la zone industrielle de Carros concentre des activités de chimie fine, mécanique, agroalimentaire et bâtiment [10].

On recense, dans les Alpes-Maritimes, quatre installations classées soumises à la taxe générale pour les activités polluantes [1].

2.3.2 Les transports

Le département des Alpes-Maritimes dispose d'un réseau routier et autoroutier relativement dense [8]. En 1998, les habitants du département effectuaient 3 860 000 déplacements chaque jour de la semaine, dont 58 % (soit 2 200 000 déplacements) en voiture [8]. Le trafic urbain est surtout concentré sur le littoral (trafic Est-Ouest) et les grandes pénétrantes Nord-Sud.

Concernant les transports non routiers, le département dispose d'un réseau de transports ferroviaires dont la plus grande partie est électrifiée. Les équipements portuaires sont également présents avec les ports passagers de Nice, Cannes et Villefranche-sur-Mer (trafic croisière) et le port de marchandises de Nice, dont les différents rejets sont difficiles à évaluer [8]. Enfin, l'aéroport de Nice-Côte d'Azur est le premier aéroport de province avec, en 2000, un trafic de près de 9,4 millions de passagers.

2.3.3 Le bilan des émissions

Les émissions de polluants dans l'atmosphère du département des Alpes-Maritimes sont présentées dans le tableau 5 [8].

Tableau 5. Emissions de polluants dans l'atmosphère du département des Alpes-Maritimes*, 2000

| Polluant | Emissions du département (en tonnes) |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Monoxyde de carbone (CO) | 77 877 |
| Oxydes d'Azote (Nox) | 17 383 |
| Composés organiques volatils non méthaniques (COVNM) | 36 821 |
| Ammoniac (NH ₃) | 926 |
| Dioxyde de soufre (SO ₂) | 2 161 |

* Source : Citepa 2000

Dans l'inventaire des émissions atmosphériques, réalisé en 1994 par le Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (Citepa), 70 % à 83 % des émissions des différents polluants du département des Alpes-Maritimes provenaient de l'unité urbaine de Nice (Insee 99), excepté pour le NH₃ (23 %) [8].

3. Matériel et méthodes

3.1 MÉTHODOLOGIE DE L'ÉVALUATION DE L'IMPACT SANITAIRE

Cette étude repose sur les principes méthodologiques de l'EIS de la pollution atmosphérique urbaine proposée par l'InVS [6-7].

Cette méthodologie se décompose en quatre étapes : identification des dangers, estimation de l'exposition, choix des relations exposition/risque et estimation de l'impact sanitaire.

3.1.1 Identifications des dangers

Cette étape a pour objectif d'établir les dangers liés à un polluant, à partir de données toxicologiques et épidémiologiques.

Les effets connus de la pollution atmosphérique sur la santé, à l'échelle des populations urbaines, sont les effets sur la mortalité toutes causes, cardio-vasculaire et respiratoire, ainsi que ceux sur la morbidité étudiés au travers des admissions hospitalières pour motifs respiratoires et cardio-vasculaires.

L'impact sanitaire à court terme de la pollution atmosphérique sur la mortalité se traduit par un nombre de décès anticipés attribuables à un différentiel de pollution donné au cours d'une année. Un décès anticipé est un décès qui n'aurait pas eu lieu ce jour là si le niveau de pollution avait été inférieur à celui mesuré. La méthodologie utilisée dans le cadre des études de séries temporelles ne permet pas d'estimer ce délai d'anticipation, mais il serait de l'ordre de quelques semaines à quelques mois selon le type de pathologie à l'origine du décès.

3.1.2 Estimation de l'exposition

C'est une étape fondamentale dont l'objectif est de quantifier l'exposition à laquelle est soumise la population, à partir du traitement et de l'analyse des données de pollution collectées en routine par le réseau local de mesure de la qualité de l'air.

Les indicateurs de pollution retenus pour étudier les effets de la pollution atmosphérique sur la santé sont ceux visés par le décret relatif à la surveillance de la qualité de l'air, et de ses effets sur la santé et l'environnement (décret 2002-213 du 15 février 2002).

Quatre polluants mesurés en routine permettent la construction des indicateurs d'exposition pour les études d'impact sanitaire : les particules d'un diamètre aérodynamique inférieur à 10 microns (PM_{10}) et le dioxyde de soufre (SO_2) pour la pollution acido-particulaire, le dioxyde d'azote (NO_2) et l'ozone (O_3) pour la pollution photo-oxydante.

Il est nécessaire de construire, pour chaque polluant, un indicateur d'exposition reflétant au mieux les concentrations auxquelles la population est soumise.

L'estimation de l'exposition repose sur l'hypothèse selon laquelle la moyenne journalière des mesures des capteurs sélectionnés constitue une bonne approximation de la moyenne des expositions individuelles journalières.

La méthode utilisée pour la construction des indicateurs d'exposition, pour les études à court terme et à long terme, est identique, mais pour le calcul de l'impact sanitaire à long terme, c'est la moyenne annuelle qui est prise en compte. En effet, les relations exposition/risque à long terme, disponibles, sont basées sur des moyennes annuelles d'exposition.

3.1.3 Choix des relations exposition/risque

Dans son guide méthodologique [6-7], l'InVS a retenu des relations exposition/risque issues d'études épidémiologiques, réalisées en population générale, et s'intéressant directement aux liens existants entre la pollution de l'air et la santé de l'homme. Les études multicentriques et européennes ont été privilégiées.

Dans les tableaux 6 à 10, les risques relatifs des fonctions exposition/risque apparaissent en gras lorsqu'ils sont significatifs.

3.1.3.1 Evaluation de l'impact sanitaire à court terme

Depuis la parution du guide méthodologique de l'InVS en 1999, les fonctions exposition/risque concernant ces indicateurs ont été actualisées d'une part, au niveau européen, dans le cadre du programme *Air pollution and health - a European approach* [11, 14] (Apeha2) et, d'autre part, au niveau national, dans le cadre du Programme de surveillance air et santé- 9 villes (Psas 9) [12]. Ces nouvelles relations ont été intégrées dans le nouveau guide de 2002 [7].

- **Mortalité**

Les fonctions exposition/risque, produites par le Psas 9 en 2002, sont utilisées pour SO₂, NO₂, O₃. En revanche, pour les PM₁₀, les fonctions exposition/risque du programme Apeha2 [11] sont utilisées (tableau 6).

Tableau 6. Risques relatifs de mortalité estimés pour une exposition de 0-1 jours et pour une augmentation de 10 µg/m³ des indicateurs de pollution

| Mortalité | PM ₁₀ * [IC 95 %] | SO ₂ ** [IC 95 %] | NO ₂ ** [IC 95 %] | O ₃ ** [IC 95 %] |
|-------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Toutes causes | 1,006 [1,004 ; 1,008] | 1,011 [1,005 ; 1,017] | 1,010 [1,007 ; 1,013] | 1,007 [1,003 ; 1,010] |
| Cardio-vasculaire | | 1,008 [1,004 ; 1,011] | 1,012 [1,005 ; 1,018] | 1,011 [1,004 ; 1,018] |
| Respiratoire | | 1,011 [1,001 ; 1,021] | 1,013 [1,005 ; 1,021] | 1,012 [1,006 ; 1,019] |

Source : *Apeha2 ; **Source : Psas 9

En gras : les relations significatives

- **Admissions hospitalières**

Les fonctions exposition/risque, établies pour ces indicateurs sanitaires dans le cadre du Psas 9, comportent un degré d'incertitude incompatible avec leur utilisation en routine pour la réalisation d'EIS. Les fonctions exposition/risque élaborées dans le cadre d'Apeha1 [13] et Apeha2 [14] sont donc utilisées (tableau 7).

Tableau 7. Risques relatifs d'admissions hospitalières pour pathologies respiratoires estimés pour une exposition de 0-1 jours et pour une augmentation de 10 µg/m³ des niveaux des polluants

| | Admissions hospitalières pour pathologies respiratoires | |
|--------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| | chez les 15-64 ans [IC 95 %] | chez les 65 ans et plus [IC 95 %] |
| SO ₂ | 1,002 [0,998 ; 1,005] * | 1,004 [1,001 ; 1,009] * |
| PM ₁₀ | | 1,009 [1,006 ; 1,013] ** |
| NO ₂ | 1,002 [0,997 ; 1,007] * | 1,004 [0,996 ; 1,012] * |
| O ₃ été | 1,004 [0,998 ; 1,010] * | 1,008 [1,004 ; 1,014] * |

* Source : Apeha1 ; ** Source : Apeha2

En gras : les relations significatives

Concernant les admissions hospitalières pour pathologies cardio-vasculaires, les fonctions exposition/risque, utilisées pour les indicateurs de pollution SO₂ et NO₂, sont celles préconisées par le guide méthodologique de l'InVS 1999, et qui correspondent à un métrisque calculé à partir d'études réalisées à Paris et Londres [6] (tableau 8).

Tableau 8. Risques relatifs d'admissions hospitalières pour pathologies cardio-vasculaires estimés pour une exposition de 0-1 jours et pour une augmentation de 10 µg/m³ des polluants

| Polluant | Saison | Pathologies cardio-vasculaires tous âges* [IC 95 %] |
|-----------------|--------|--------------------------------------------------------|
| SO ₂ | Hiver | 1,013 [1,006 ; 1,020] |
| NO ₂ | Hiver | 1,010 [1,006 ; 1,014] |
| NO ₂ | Été | 1,012 [1,007 ; 1,017] |

* Source : guide 1999

En gras : les relations significatives

Pour les PM₁₀, des relations exposition/risque ont été produites dans le cadre du programme Apeha2 [15], pour les indicateurs de pathologies cardiaques uniquement (Tableau 9).

Tableau 9. Risques relatifs d'admissions hospitalières pour pathologies cardiaques estimés pour une exposition de 0-1 jours et pour une augmentation de 10 µg/m³ des PM₁₀*

| | Admissions pour pathologies cardiaques | |
|------------------------|----------------------------------------|-----------------------------|
| | tous âges [IC 95 %] | 65 ans et plus [IC 95 %] |
| PM₁₀ | 1,005 [1,002 –1,008] | 1,007 [1,004-1,010] |

* Source : Apeha2

En gras : les relations significatives

3.1.3.2 Evaluation de l'impact sanitaire à long terme

Pour l'EIS à long terme, c'est la fonction exposition/risque de l'étude trinationale [16] et provenant d'études américaines, analysant l'impact des PM₁₀ sur la mortalité toutes causes, qui est utilisée. Cette fonction est également celle retenue par l'OMS (tableau 10).

Tableau 10. Risques relatifs de mortalité à long terme estimés pour une augmentation de 10 µg/m³ des PM₁₀

| | PM ₁₀ * [IC 95 %] |
|-------------------------|---------------------------------|
| Mortalité toutes causes | 1,043 [1,026 ; 1,061] |

* Source : étude tri-nationale

En gras : les relations significatives

3.1.4 Estimation de l'impact sanitaire

Cette étape permet de quantifier l'impact sanitaire en calculant un nombre de cas attribuables à un indicateur d'exposition donné pour un indicateur sanitaire donné, sur la période d'étude choisie.

Le nombre d'événements sanitaires attribuables à un niveau de pollution atmosphérique donné est calculé à partir du risque relatif associé au niveau de pollution étudié et du nombre moyen d'événements sanitaires au cours de la période considérée, selon la formule suivante :

$$PA = f (RR - 1) / (1 + f (RR - 1)) \quad \text{où}$$

- PA = proportion d'événements sanitaires attribuables au niveau de pollution considéré
- RR = risque relatif associé au niveau de pollution et fourni par la courbe dose-réponse
- f = fraction de la population exposée

Dans le cas de la pollution atmosphérique :

- f = 1, car toute la population est considérée comme exposée au niveau de pollution retenu ;
- RR = RR_Δ, où RR_Δ est l'excès de risque associé au différentiel de pollution Δ étudié, donné par la relation exposition/risque. En effet, le risque relatif n'est pas calculé en référence à un niveau de pollution nul, dont le RR serait égal à 1, mais à un niveau de base non nul, fonction de la distribution de l'indicateur considéré au cours de la période d'étude et de l'objectif de l'EIS.

Le nombre d'événements attribuables (NA) est donc calculé, non pas pour un niveau de pollution donné, mais pour un différentiel de pollution donné selon la formule simplifiée suivante :

$$NA = ((RR_{\Delta} - 1) / RR_{\Delta}) \times N \quad \text{où}$$

- N = nombre moyen d'événements sanitaires sur la période considérée

En pratique, le nombre d'événements sanitaires attribuables à la pollution atmosphérique est calculé pour chacun des indicateurs d'exposition et pour chaque journée de la période d'étude considérée. L'impact sanitaire saisonnier est ensuite obtenu en sommant les événements sanitaires attribuables pour chaque jour.

Ce calcul s'applique pour chacun des indicateurs d'exposition caractérisant la pollution urbaine. Cependant, les risques relatifs associés à chaque indicateur n'étant pas indépendants, les nombres d'événements attribuables aux indicateurs de pollution ne sont pas cumulables. L'impact sanitaire de la pollution atmosphérique est donc estimé comme étant, au minimum, égal au plus grand nombre d'événements attribuables à l'un des indicateurs d'exposition étudié.

3.2 DÉFINITION DES PÉRIODES D'ÉTUDE

Les données météorologiques sont complètes et disponibles pour les années 2001 et 2002 concernant la zone de Cannes et pour les années 2000 à 2002 pour la zone de Nice.

Les saisons tropiques sont définies pour l'été, du 1^{er} avril au 30 septembre de chaque année, et pour l'hiver, la saison est reconstituée à partir de deux périodes allant du 1^{er} janvier au 30 mars et du 1^{er} octobre au 31 décembre de chaque année.

La comparaison des paramètres météorologiques, notamment pour les facteurs intervenant dans la dispersion des polluants (vent, pluie), de la période d'étude avec les années précédentes, permet de vérifier que les années retenues ne sont pas des années particulières (tableaux 11 et 12).

Tableau 11. Comparaison des paramètres météorologiques pour les années 2000 à 2002 avec ceux moyennés sur la période 1971-2000, zone de Cannes

| | Températures mensuelles moyennes (°C) | | Nombre de jours avec précipitations (≥ 1 mm) (en jours) | | Durée mensuelle moyenne de l'insolation (en heures) | | Nombre de jours avec vent fort (≥ 16m/s) (en jours) | |
|---------------------------|---------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------|-------|-----------------------------------------------------|-------|-----------------------------------------------------|-------|
| | été | année | hiver | année | été | année | hiver | année |
| Années 2000 - 2002 | 19,6 | 16,8 | 41 | 63 | 289 | 229 | 27 | 39 |
| Années 1971 - 2000 | 18,9 | 14,8 | 38 | 65 | ND* | ND* | 26 | ND* |

* : Non disponible

Source : Météo France

Tableau 12. Comparaison des paramètres météorologiques des années 2000 à 2002 avec ceux moyennés sur la période 1971-2000, zone de Nice

| | Températures moyennes (°C) | | Nombre de jours avec précipitations (≥ 1 mm) (en jours) | | Durée moyenne de l'insolation (en heures) | | Nombre de jours avec vent fort (≥ 16m/s) (en jours) | |
|---------------------------|----------------------------|-------|---------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------|---------|-----------------------------------------------------|-------|
| | été | année | hiver | année | été | année | hiver | année |
| Années 2000 - 2002 | 20,2 | 16,2 | 39,9 | 65,5 | 1 745,9 | 2 780,7 | 25 | 45,6 |
| Années 1971 - 2000 | 19,6 | 15,6 | 37,1 | 63,1 | 1 647,5 | 2 667,6 | 23 | 39,7 |

Source : Météo France

Les paramètres météorologiques des années 2000 à 2002 sont du même ordre de grandeur que ceux observés sur les 31 dernières années, même si ces années 2000 à 2002 semblent légèrement plus chaudes. Néanmoins, les années 2000 à 2002 peuvent être considérées comme représentatives de la situation habituellement rencontrée sur la zone d'étude.

Par souci de comparaison et dans le but de présenter des résultats harmonisés, nous avons choisi une période d'étude commune pour les deux zones d'études. Les données seront analysées pour la période 2001-2002.

3.3 CONSTRUCTION DES INDICATEURS D'EXPOSITION

Pour chaque polluant, l'indicateur d'exposition est construit en respectant les critères suivants :

- les niveaux de pollution des stations étudiées doivent être proches et refléter les mêmes phénomènes de pollution ;
- les niveaux journaliers de pollution doivent être bien corrélés dans le temps entre les différentes stations ;
- une station donnée doit pouvoir être qualifiée, du point de vue de son environnement, comme représentative de l'exposition de la population.

Les indicateurs d'exposition sont ensuite construits en calculant la moyenne arithmétique des données journalières des stations sélectionnées.

3.3.1 Données de surveillance de la qualité de l'air

Atmo PACA est chargé, depuis 1993, de la surveillance de la qualité de l'air sur les départements des Alpes-Maritimes, des Alpes-de-Haute-Provence et des Hautes-Alpes. Les principaux polluants réglementaires NO₂, SO₂, O₃ et les PM₁₀ sont surveillés en routine progressivement depuis 1993 pour la zone de Nice et depuis 1997 pour la zone de Cannes. Les méthodes de mesures des différents polluants sont présentées dans le tableau 13.

Tableau 13. Méthodes de mesures des différents polluants*

| Polluant | Méthodes de mesure |
|------------------|-----------------------|
| SO ₂ | Fluorescence UV |
| NO _x | Chimiluminescence |
| O ₃ | Photométrie UV |
| PM ₁₀ | Microbalance à quartz |

* Source : Atmo PACA [17]

Sur la zone d'étude de Cannes, quatre stations ont été exploitées pendant la période d'étude : une station urbaine mesurant la pollution de fond dans le centre urbain, deux stations urbaines sous influence du trafic routier et une station périurbaine mesurant la pollution en périphérie du centre urbain [17]. Les caractéristiques des stations de mesure présentes sur la zone d'étude sont décrites dans le tableau 14.

Tableau 14. Description des stations de la zone d'étude de Cannes*

| Station-localisation | Type de station | Polluants et date de mise en service | | | |
|----------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|----------------|------------------|
| | | SO ₂ | NO ₂ | O ₃ | PM ₁₀ |
| Antibes-Jean Moulin | Urbaine | | Janvier 2000 | Janvier 2000 | Janvier 1999 |
| Cannes-Broussailles | Périurbaine | | Mars 2001 | Janvier 2000 | |
| Antibes-Guynemer | Urbaine sous influence du trafic routier | Janvier 2000 | Mars 1998 | | |
| Cannes-bd Alsace | Urbaine sous influence du trafic routier | Janvier 2000 | Juillet 1997 | | |

* Source : Atmo PACA [17]

Sur la zone d'étude de Nice, six stations ont été exploitées durant la période 2001-2002. Une septième station a été installée à Cagnes-sur-Mer, en août 2001. Six stations mesurent la pollution de fond dans le centre urbain, dont une, Nice-Pellos, sous l'influence du trafic routier, et une station périurbaine mesure la pollution en périphérie du centre urbain [17]. Les caractéristiques des stations de mesure, présentes sur la zone d'étude, sont décrites dans le tableau 15.

Tableau 15. Description des stations de la zone d'étude* de Nice

| Station-localisation | Type de station | Polluants et date de mise en service | | | |
|----------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|----------------|------------------|
| | | SO ₂ | NO ₂ | O ₃ | PM ₁₀ |
| Nice-Brancolar | Urbaine | | | Décembre 1993 | |
| Nice-Cessole | Urbaine | | Juillet 1998 | Juillet 1998 | |
| Nice-Eucalyptus | Urbaine | | Mai 1998 | Mai 1998 | |
| Nice-Las Planas | Urbaine | Janvier 1996 | Janvier 1996 | Janvier 1996 | |
| Nice-Ouest Botanique | Périurbaine | | | Juillet 1998 | |
| Nice-Pellos | Urbaine sous influence du trafic routier | Décembre 1993 | Décembre 1993 | | |
| Cagnes-Ladoumègues | Urbaine | Août 2001 | Août 2001 | Août 2001 | Août 2001 |

* Source : Atmo PACA [17]

3.3.2 Sélection des stations de mesure

L'objectif étant de construire, à l'échelle d'une unité urbaine, des indicateurs "d'exposition ambiante", seules les stations de fond urbaines et périurbaines ont été retenues, *a priori*, pour la construction des indicateurs relatifs aux quatre polluants suivants : NO₂, SO₂, O₃ et PM₁₀.

Les niveaux de polluants sont exprimés en µg/m³. Les niveaux de NO₂, de SO₂ et des PM₁₀ considérés correspondent à des concentrations moyennes journalières. Les niveaux d'ozone correspondent à la valeur journalière maximale des moyennes glissantes sur 8 heures. Ces données sont validées par le réseau de mesure Atmo PACA et respectent la règle des 75 % concernant les valeurs manquantes [6] (nécessité de disposer au minimum de 18 mesures horaires sur 24 heures ; dans le cas contraire, la valeur journalière est laissée manquante).

Les caractéristiques des niveaux de pollution mesurés par chaque station se trouvent en annexe 3.

3.3.2.1 Zone d'étude de Cannes

Concernant le NO₂, deux stations - une station urbaine et une périurbaine - sont disponibles avec des valeurs journalières bien corrélées entre elles - coefficients supérieurs à 0,83 (annexe 4.1) - et des moyennes de 28,8 et 39,3 µg/m³. Devant le peu de stations représentatives de la pollution de fond, nous avons choisi d'inclure une station périurbaine dans la construction de l'indicateur, car la station Antibes-Jean Moulin est située non loin de l'autoroute et peut parfois être influencée par le trafic. On peut penser que l'indicateur obtenu sera proche des niveaux d'une station urbaine. Ces deux stations seront donc utilisées dans la construction de l'indicateur d'exposition au NO₂, bien que cela ne soit pas strictement conforme aux recommandations du guide méthodologique.

Concernant l'O₃, deux stations - une station urbaine et une périurbaine - sont disponibles avec des valeurs journalières très fortement corrélées - coefficients supérieurs à 0,94 (annexe 4.1) - et des moyennes annuelles de 79,9 et 86,5 µg/m³. Les deux stations seront donc utilisées dans la construction de l'indicateur d'exposition à l'O₃.

Concernant le SO₂, seules deux stations urbaines sous influence du trafic routier sont disponibles, avec des valeurs journalières très faibles, et elles ne sont pas suffisamment corrélées - coefficient de corrélation à 0,33 (annexe 4.1). L'EIS de l'exposition à cet indicateur ne peut donc pas être réalisée.

Concernant les PM₁₀, une seule station les mesure sur la zone : la station d'Antibes-Jean Moulin. Mais cette seule station ne peut pas être considérée comme représentative en moyennes journalières de l'exposition de la population sur la zone pour les PM₁₀. L'évaluation du risque lié à cette exposition ne peut donc être réalisée, pour la période, sur la zone de Cannes.

3.3.2.2 Zone d'étude de Nice

La station Nice-Pellos n'a pas été retenue en raison de l'influence du trafic routier.

Concernant le NO₂, trois stations urbaines sont disponibles avec des valeurs journalières corrélées entre elles - coefficients compris entre 0,62 et 0,72 (annexe 4.2) - et des moyennes journalières variant de 26,6 à 40,8 µg/m³. Ces trois stations seront donc utilisées dans la construction de l'indicateur d'exposition au NO₂.

Concernant l'O₃, cinq stations - quatre stations urbaines et une périurbaine - sont disponibles. Leurs valeurs journalières sont bien corrélées - coefficients supérieurs à 0,82 (annexe 4.2) - et les moyennes journalières varient de 69,5 à 87,9 µg/m³. Les cinq stations seront donc utilisées dans la construction de l'indicateur d'exposition à l'O₃.

Concernant le SO₂, une seule station est disponible : Nice-Las Planas, la station de Cagnes-sur-Mer n'ayant été mise en service qu'en août 2001. Les valeurs journalières ne sont pas corrélées - coefficient de corrélation à 0,09 - et les moyennes journalières sont faibles : 1,7 µg/m³ (étendue : 0-7) pour Nice-Las Planas et 4,4 µg/m³ (étendue : 0-21) pour Cagnes-sur-Mer. Les données de ces stations ne seront donc pas utilisées, et l'exposition au SO₂ ne sera pas évaluée.

Concernant les PM₁₀, seule la station de Cagnes-sur-Mer mesure les PM₁₀, depuis août 2001. Compte tenu des différentes campagnes de mesures de PM₁₀ réalisées sur Nice, montrant une bonne corrélation de cette station avec les résultats mesurés [18], elle est considérée comme représentative de la pollution urbaine de fond de la zone d'étude pour les PM₁₀. L'EIS de la pollution, liée à cet indicateur, ne sera réalisée que sur l'année 2002.

3.4 INDICATEURS SANITAIRES

3.4.1 Données de mortalité

Les données de mortalité ont été obtenues auprès du service CapiDC de l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm), par l'intermédiaire de l'InVS. L'étude concerne la mortalité toutes causes hors morts violentes et accidentelles (codes CIM 10 : < S00), la mortalité pour cause respiratoire (codes CIM 10 : J00-J99) et pour cause cardio-vasculaire (codes CIM 10 : I00-I99), pour les individus domiciliés dans la zone d'étude.

3.4.2 Données d'hospitalisations

Les informations concernant la morbidité hospitalière sont extraites du programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI) à partir de la base nationale de l'agence technique de l'information hospitalière (ATIH), disponible auprès du service des systèmes d'informations (SSI) à l'InVS. Les admissions hospitalières sont donc comptabilisées, pour les périodes étudiées et les diagnostics retenus, à partir des RSA des patients hospitalisés plus de 24 heures et en provenance de leur domicile. Les indicateurs suivants sont extraits :

- admissions pour pathologies respiratoires (codes CIM10 : J00-J99) pour les tranches d'âge 15-64 ans et 65 ans et plus ;
- admissions pour pathologies cardio-vasculaires (codes CIM10 : I00-I99) tous âges ;
- admissions pour pathologies cardiaques (codes CIM10 : I00-I52) tous âges et 65 ans et plus.

4. Résultats

Afin de faciliter la lecture des résultats de l'agglomération de Nice et de celle de Cannes, ils sont présentés séparément pour chacune des zones d'études. Par contre, la discussion et la conclusion porteront sur les deux zones d'études.

4.1 RÉSULTATS POUR LA ZONE DE CANNES

4.1.1 Description des indicateurs de pollution

Les statistiques descriptives des indicateurs d'exposition sont présentées dans le tableau 16. Le niveau moyen de l'indicateur d'ozone (maximum journalier des moyennes 8h) pendant l'été est de 106 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et le niveau moyen annuel de NO_2 est de 34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tableau 16. Description des indicateurs d'exposition (O_3 , NO_2), Cannes, 2001-2002

| | O_3 | NO_2 | | |
|----------------------|--------------|---------------|------|--------|
| | étés | années | étés | hivers |
| Nombre de jours | 366 | 730 | 366 | 364 |
| Minimum* | 39 | 6 | 6 | 7 |
| Percentile 5* | 75 | 15 | 14 | 19 |
| Percentile 25* | 93 | 25 | 23 | 29 |
| Médiane* | 105 | 33 | 29 | 40 |
| Percentile 75* | 120 | 43 | 36 | 47 |
| Percentile 95* | 141 | 55 | 47 | 58 |
| Maximum* | 171 | 70 | 63 | 70 |
| Moyenne * | 106 | 34 | 29 | 38 |
| Ecart-Type* | 21,1 | 12,1 | 10,3 | 12,2 |
| % valeurs manquantes | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % |

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

Les distributions de ces indicateurs par classes sont présentées sur les figures 2 et 3 pour les années 2001-2002.

Figure 2. Distribution par classes de l'indicateur d'exposition O_3 , Cannes, 2001-2002

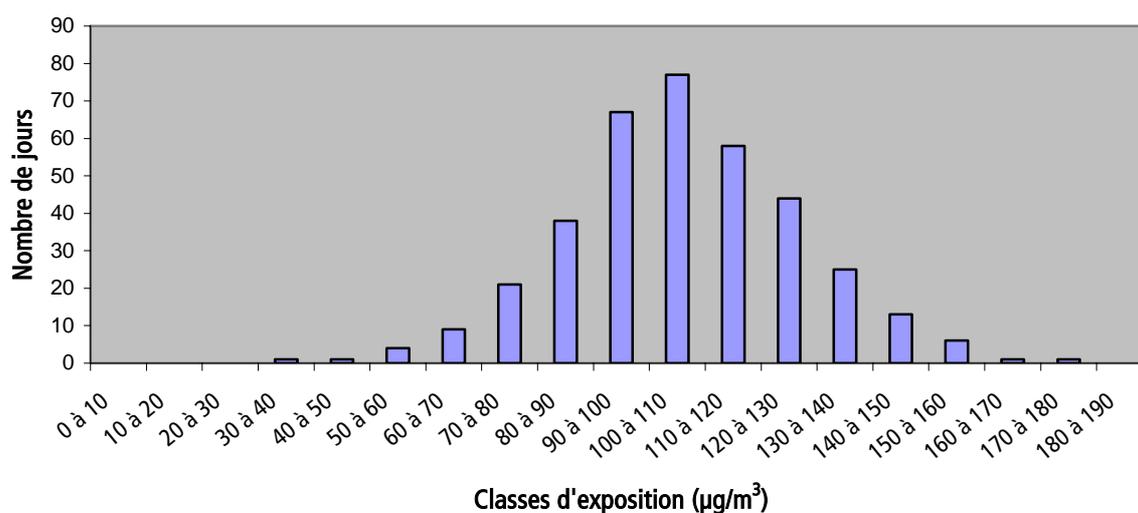
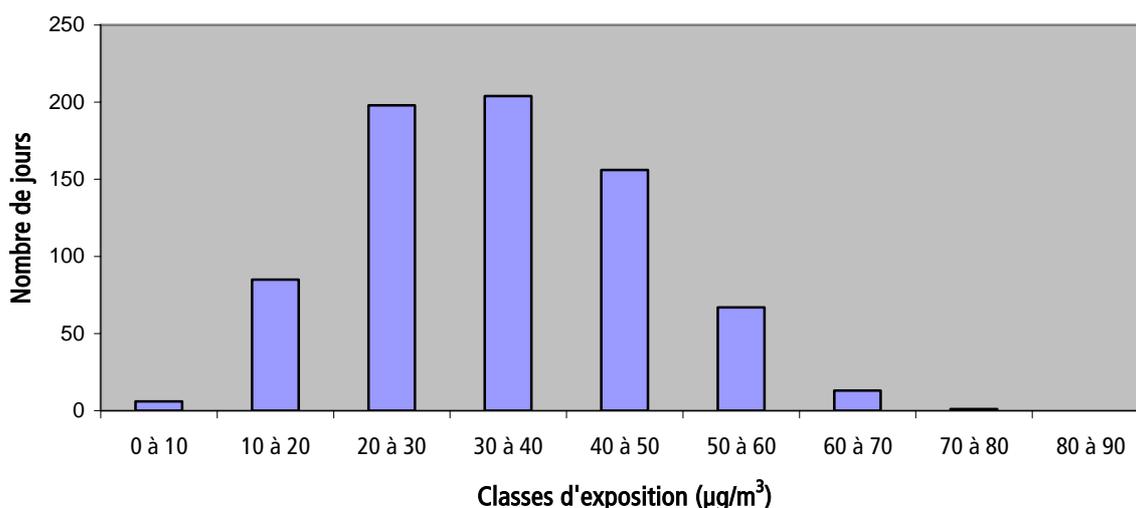


Figure 3. Distribution par classes de l'indicateur d'exposition NO₂, Cannes, 2001-2002



L'objectif de qualité pour l'ozone (110 µg/m³ en moyenne 8h) est respecté pour 60 % des jours de la période. L'objectif de qualité pour le NO₂ correspondant à une valeur en moyenne annuelle, il n'est donc pas applicable à des données journalières.

4.1.2 Description des indicateurs sanitaires

4.1.2.1 Mortalité

Les effectifs de mortalité toutes causes (hors morts violentes et accidentelles), de mortalité cardio-vasculaire et de mortalité respiratoire sont présentés dans le tableau 17. Le nombre moyen journalier de décès, sur la zone de Cannes, est de 8 pour la mortalité toutes causes, d'environ 3 pour la mortalité cardio-vasculaire et inférieur à 1 pour la mortalité respiratoire.

Tableau 17. Nombre total de décès et moyennes journalières, Cannes, 2001-2002

| | Nombre total de décès | | | Moyenne journalière | | |
|------------------------------------|-----------------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|
| | étés | hivers | années | étés | hivers | années |
| Mortalité toutes causes | 2 763 | 3 041 | 5 804 | 7,5 | 8,4 | 8,0 |
| Mortalité cardio-vasculaire | 910 | 1 014 | 1 924 | 2,5 | 2,8 | 2,6 |
| Mortalité respiratoire | 176 | 245 | 421 | 0,5 | 0,7 | 0,6 |

4.1.2.2 Morbidité hospitalière

Parmi les établissements de soins publics ou privés ayant une activité de court séjour sélectionnés et recevant des patients de la zone de Cannes, 6 établissements - 2 centres hospitaliers publics et 4 établissements privés - sont situés dans la zone d'étude et 7 établissements hospitaliers sont situés dans des communes voisines (liste en annexe 2.1). Le nombre moyen journalier d'admissions pour motifs respiratoires est de 1,7 chez les adultes de moins de 65 ans et de 2,9 chez les adultes de 65 ans et plus. Concernant les maladies cardio-circulatoires, près de 9 patients sont admis en moyenne, chaque jour, pour une pathologie cardio-vasculaire, dont 5 patients pour une pathologie cardiaque (tableau 18).

Tableau 18. Nombre d'admissions hospitalières totales et moyennes journalières, Cannes, 2001-2002

| Causes d'hospitalisation | Tranches d'âge | Nombre total d'hospitalisations | | | Moyenne journalière | | |
|---------------------------|----------------|---------------------------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|
| | | étés | hivers | années | étés | hivers | années |
| Motifs respiratoires | 15-64 ans | 556 | 701 | 1 257 | 1,5 | 1,9 | 1,7 |
| | ≥ 65 ans | 918 | 1 200 | 2 118 | 2,5 | 3,3 | 2,9 |
| Motifs cardio-vasculaires | Tous âges | 2 955 | 3 403 | 6 358 | 8,1 | 9,4 | 8,7 |
| Motifs cardiaques | Tous âges | 1 859 | 2 122 | 3 981 | 5,1 | 5,8 | 5,4 |
| | ≥ 65 ans | 1 447 | 1 687 | 3 134 | 3,9 | 4,6 | 4,2 |

4.1.3 Estimation de l'impact sanitaire à court terme

Pour l'année considérée, l'impact sanitaire est calculé, pour chaque indicateur de pollution atmosphérique, par rapport à une exposition à un niveau faible de pollution.

Les nombres de cas attribuables, calculés pour chaque indicateur d'exposition, ne sont pas cumulables et le nombre réel de cas attribuables est au moins égal à la valeur maximale observée parmi les différentes estimations. Les résultats présentés indiquent donc le nombre de cas attribuables le plus élevé, pour chaque indicateur sanitaire, parmi ceux calculés pour l'ensemble des polluants étudiés.

Les résultats sont présentés par leur estimation centrale et l'intervalle de confiance à 95 %. Les résultats obtenus pour chaque polluant sont présentés en annexe 5.

4.1.3.1 Estimation de l'impact sanitaire total

Les niveaux de référence choisis pour cette estimation globale sont de 40 µg/m³ pour l'ozone et de 10 µg/m³ pour le NO₂. Ils correspondent à des niveaux faibles de pollution, inférieurs au percentile 5 des valeurs mesurées sur la zone de Cannes (tableau 16).

- **Sur la mortalité anticipée**

Le nombre de décès anticipés attribuables à la pollution atmosphérique, pour les années 2001-2002, est présenté dans le tableau 19.

L'indicateur d'exposition NO₂ est l'indicateur qui a le plus d'impact sur la mortalité toutes causes. L'indicateur d'exposition O₃ est celui qui a le plus d'impact sur la mortalité cardio-vasculaire. Les indicateurs d'exposition NO₂ et O₃ ont des impacts similaires sur la mortalité respiratoire.

Ainsi, sur la zone étudiée, le nombre de décès annuels anticipés attribuables à la pollution atmosphérique, sur la période d'étude, s'élève à 69 décès, dont 32 décès par mortalité cardio-vasculaire et 7 décès par mortalité respiratoire.

Tableau 19. Nombre de décès annuels anticipés attribuables à la pollution atmosphérique en fonction de l'indicateur sanitaire étudié, Cannes, 2000-2001

| Indicateurs sanitaires | Nombre annuel de décès attribuables |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| | [IC 95 %] |
| Mortalité toutes causes | 69 [48 ; 90] |
| Mortalité cardio-vasculaire | 32 [11 ; 53] |
| Mortalité respiratoire | 7 [3 ; 11] |

- **Sur la morbidité hospitalière**

Pour les admissions hospitalières cardio-vasculaires, le calcul est effectué sur l'ensemble de la population tous âges confondus. Pour les admissions respiratoires, le calcul est présenté uniquement pour la tranche d'âge 65 ans et plus, car pour les adultes de 15-64 ans, la relation exposition/risque n'est pas significative.

Pour les années 2001-2002, l'impact sanitaire annuel de la pollution atmosphérique a été de 48 admissions l'hiver et 34 admissions l'été pour pathologies cardio-vasculaires, et de 24 admissions pour pathologies respiratoires chez les personnes de 65 ans et plus (tableau 20).

Tableau 20. Nombre d'hospitalisations annuelles attribuables à la pollution atmosphérique en fonction de la pathologie étudiée, Cannes, 2001-2002

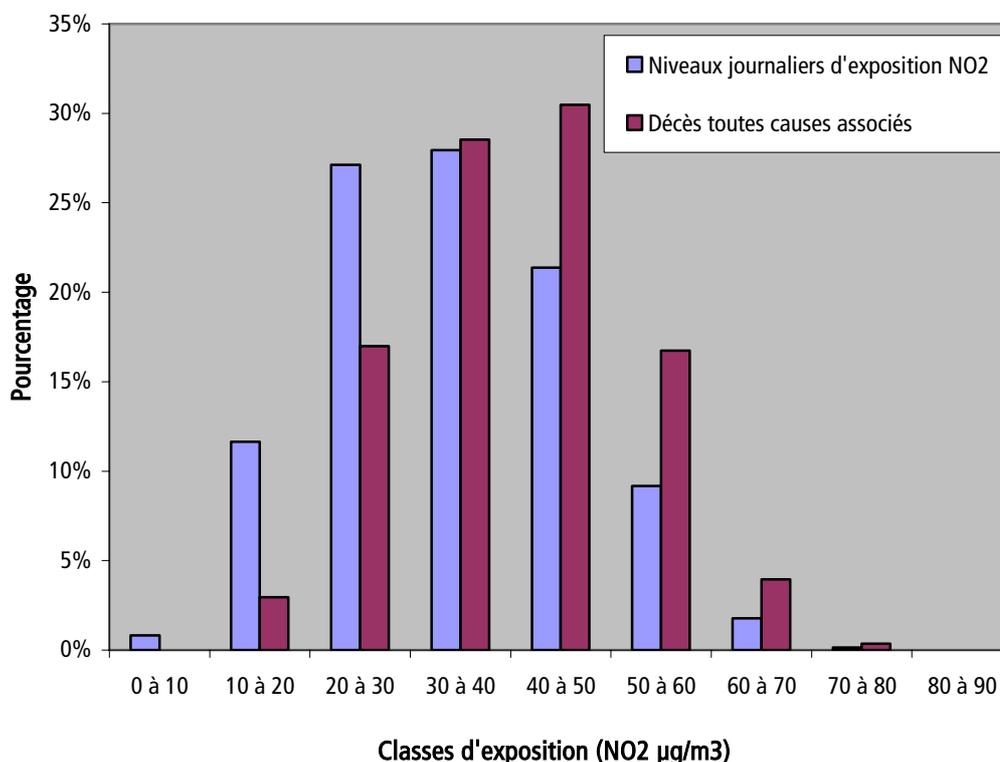
| Indicateurs sanitaires | Nombre annuel de cas attribuables [IC 95 %] |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Morbidité respiratoire | |
| - 15-64 ans | 8 [0 ; 19] |
| - 65 ans et plus | 24 [12 ; 42] |
| Morbidité cardio-vasculaire tous âges | |
| - hiver | 48 [29 ; 68] |
| - été | 34 [20 ; 49] |

4.1.3.2 Impact sanitaire par niveaux de pollution

La répartition de l'impact sanitaire, en fonction de chaque niveau d'exposition, peut être représentée sous forme graphique.

Quel que soit le couple indicateur d'exposition/indicateur sanitaire observé, si les jours les plus pollués ont un impact sanitaire journalier plus important, leur faible fréquence en limite l'effet sur la totalité d'une année. Ces résultats sont illustrés par un exemple sur la figure 4.

Figure 4. Répartition en pourcentage des niveaux d'exposition journaliers au NO₂ et des décès toutes causes associés en fonction des classes d'exposition, Cannes, 2001-2002



4.1.3.3 Gains sanitaires liés à une baisse de la pollution atmosphérique

Les gains sanitaires sont calculés pour deux scénarios différents :

- **scénario 1** : gain sanitaire potentiellement lié à la diminution des niveaux journaliers dépassant les objectifs de qualité, ces derniers étant ramenés au niveau de l'objectif de qualité pour chaque polluant :
 - indicateur O₃ : le niveau de référence est de 110 µg/m³;
 - indicateur NO₂ : le niveau de référence est de 40 µg/m³;
- **scénario 2** : gain sanitaire potentiellement lié à la diminution de 25 % des niveaux journaliers, pour chaque polluant.

- **Gains sanitaires pour la mortalité anticipée**

Quel que soit l'indicateur de mortalité observé, le gain sanitaire potentiellement obtenu par le scénario 2 est toujours supérieur au gain sanitaire obtenu par le scénario 1 (tableau 21).

Tableau 21. Nombre de décès annuels évitables suivant les scénarios de réduction de la pollution, Cannes, 2001-2002

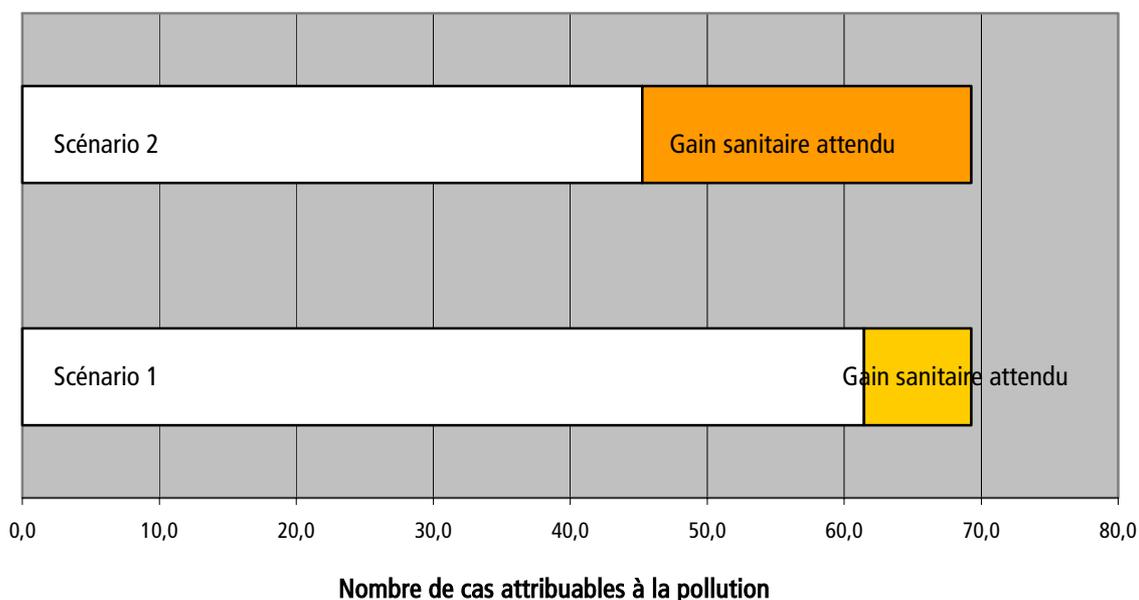
| Indicateurs sanitaires | Nombre annuel de décès évitables [IC 95 %] | |
|------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------|
| Mortalité toutes causes | - scénario 1 | 8 [5 ; 10] |
| | - scénario 2 | 24 [17 ; 31] |
| Mortalité respiratoire | - scénario 1 | 1 [0 ; 1] |
| | - scénario 2 | 3 [1 ; 4] |
| Mortalité cardio-vasculaire | - scénario 1 | 3 [1 ; 6] |
| | - scénario 2 | 12 [4 ; 20] |

Ainsi, la diminution de 25 % de la moyenne annuelle de NO₂ permettrait un gain sanitaire sur la mortalité toutes causes de l'ordre de 35 %, avec un nombre de décès anticipés potentiellement évitables égal à 24 cas, comparé à 8 cas si l'on diminue seulement les niveaux dépassant les objectifs de qualité.

Pour la mortalité cardio-vasculaire anticipée, les gains sanitaires potentiellement obtenus avec le scénario 1 sont de 10 %, alors qu'ils sont égaux à 38 % avec le scénario 2. Pour la mortalité respiratoire anticipée, ils sont respectivement de 14 % et 43 %.

Le gain sanitaire attendu, correspondant au nombre de cas de décès anticipés potentiellement évitables par la mise en place des scénarios 1 ou 2, peut être représenté sous forme graphique pour chaque scénario, comme l'illustre la figure 5 pour la mortalité totale.

Figure 5. Gains sanitaires annuels attendus concernant la mortalité toutes causes anticipée, Cannes, 2001-2002



- Gains sanitaires pour la morbidité

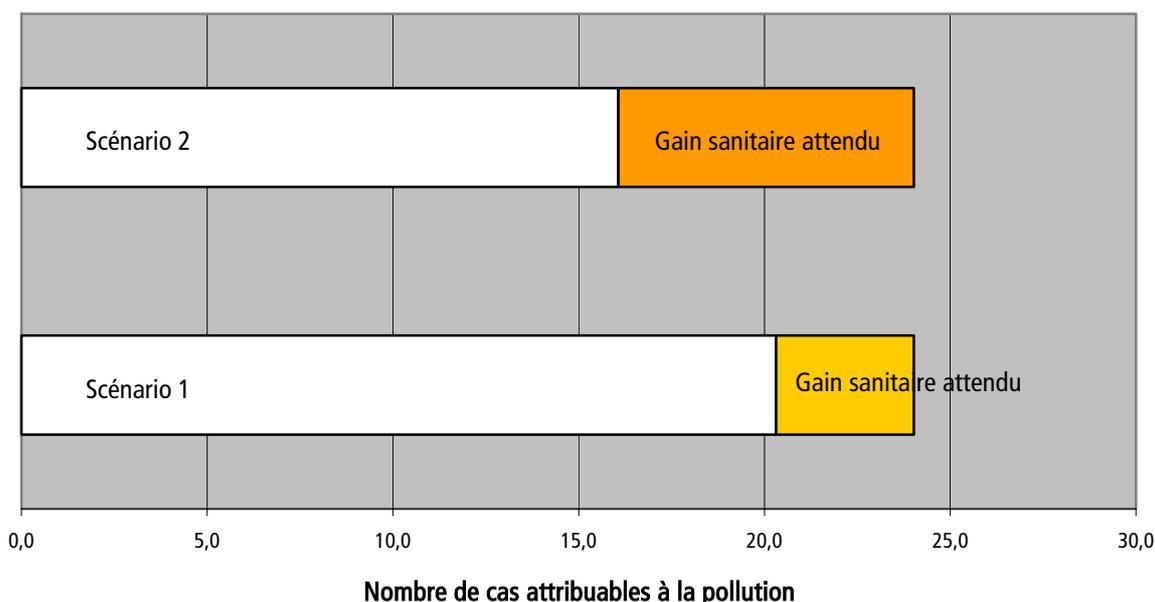
Là encore, les gains sanitaires calculés pour les différents indicateurs de morbidité sont plus importants lorsqu'on applique le scénario 2 de réduction de la pollution atmosphérique, les résultats sont présentés pour chaque indicateur sanitaire dans le tableau 22.

Tableau 22. Nombre annuel d'admissions hospitalières potentiellement évitables (toutes choses égales par ailleurs) suivant les scénarios de réduction de la pollution, Cannes, 2001-2002

| Indicateurs sanitaires | Nombre annuel de cas évitables [IC 95 %] |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Morbidité respiratoire 65 ans et plus | |
| ○ Scénario 1 | 2 [1 ; 4] |
| ○ Scénario 2 | 9 [5 ; 16] |
| Morbidité cardio-vasculaire | |
| ○ Scénario 1 | |
| - hiver | 7 [4 ; 10] |
| - été | 2 [1 ; 3] |
| ○ Scénario 2 | |
| - hiver | 16 [10 ; 22] |
| - été | 13 [7 ; 18] |

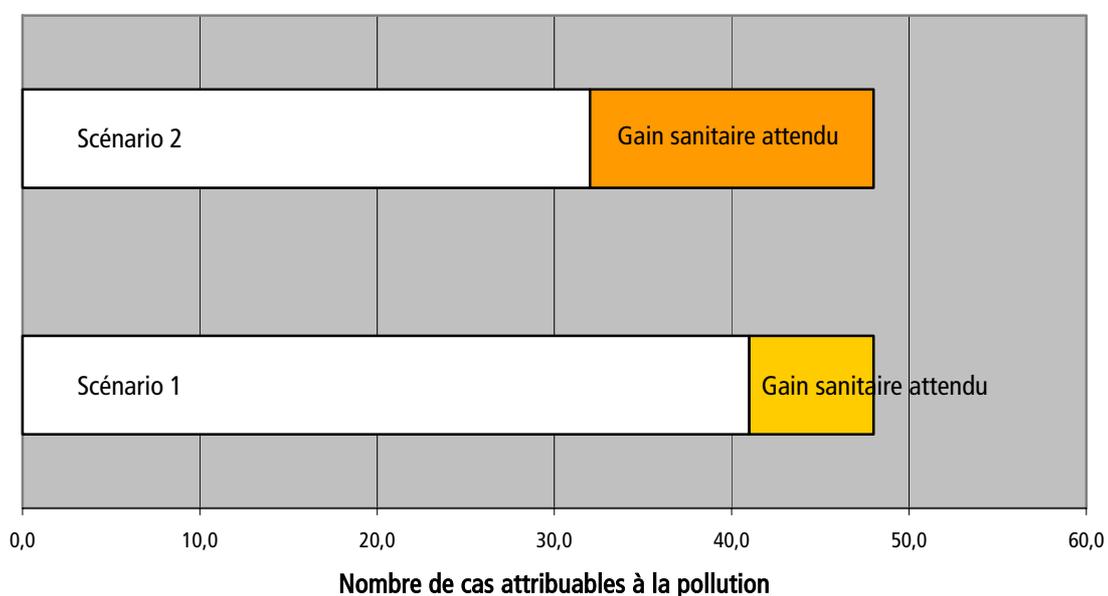
L'efficacité des scénarios est illustrée sous forme graphique (figures 6 et 7).

Figure 6. Gains sanitaires attendus concernant la morbidité respiratoire annuelle chez les sujets âgés de 65 ans et plus, Cannes, 2001-2002



Si la diminution des niveaux dépassant les objectifs de qualité ne permet qu'un gain sanitaire de l'ordre de 10 %, le gain sanitaire obtenu, en appliquant une diminution de 25 % des niveaux journaliers du polluant, est de l'ordre de 38 % avec 9 admissions hospitalières annuelles pour cause respiratoire, de personnes de plus de 65 ans, évitables, sur les 24 admissions imputables à la pollution atmosphérique.

Figure 7. Gains sanitaires attendus concernant la morbidité cardio-vasculaire en hiver, Cannes, 2001-2002



En ce qui concerne la morbidité cardio-vasculaire attribuable à l'exposition au NO₂, en hiver, le gain sanitaire obtenu est de 15 % en appliquant le 1^{er} scénario et de 33 % en appliquant le 2^e.

4.2 RÉSULTATS POUR LA ZONE DE NICE

4.2.1 Description des indicateurs de pollution

Les statistiques descriptives des indicateurs d'exposition sont présentées dans les tableaux 23a et 23b. Pour la période 2001-2002, le niveau moyen d'ozone en été était de 99 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ et le niveau moyen de NO_2 était de 33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En 2002, le niveau moyen de PM_{10} était de 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tableau 23a. Description des indicateurs d'exposition O_3 et NO_2 , Nice, 2001-2002

| | O_3 | NO_2 | | |
|----------------------|--------------|---------------|------|--------|
| | étés | années | étés | hivers |
| Nombre de jours | 366 | 730 | 366 | 364 |
| Minimum* | 52 | 10 | 11 | 10 |
| Percentile 5* | 68 | 19 | 17 | 24 |
| Percentile 25* | 85 | 26 | 24 | 32 |
| Médiane* | 97 | 33 | 28 | 38 |
| Percentile 75* | 112 | 40 | 34 | 44 |
| Percentile 95* | 133 | 50 | 42 | 52 |
| Maximum* | 162 | 63 | 54 | 63 |
| Moyenne * | 99 | 33 | 29 | 38 |
| Ecart-Type* | 19,9 | 9,3 | 7,7 | 8,6 |
| % valeurs manquantes | 0 % | 0 % | 0 % | 0 % |

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

Tableau 23b. Description des indicateurs d'exposition PM_{10} , Nice, 2002

| | PM_{10} | | |
|----------------------|------------------|-----|-------|
| | année | été | hiver |
| Nombre de jours | 362 | 183 | 179 |
| Minimum* | 8 | 10 | 8 |
| Percentile 5* | 14 | 14 | 14 |
| Percentile 25* | 21 | 20 | 21 |
| Médiane* | 27 | 26 | 29 |
| Percentile 75* | 33 | 31 | 35 |
| Percentile 95* | 40 | 39 | 41 |
| Maximum* | 55 | 50 | 55 |
| Moyenne journalière* | 27 | 26 | 28 |
| Ecart-Type* | 8,4 | 8,2 | 8,7 |
| % valeurs manquantes | 0 % | 0 % | 1 % |

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

Les distributions de ces indicateurs, par classes, sont présentées sur les figures 8 et 9, pour les années 2001-2002, et la figure 10 pour les PM_{10} , en 2002.

L'objectif de qualité pour l'ozone (110 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) est respecté pour 72 % des jours de la période. L'objectif de qualité pour le NO_2 et les PM_{10} correspondant à une valeur en moyenne annuelle, il n'est donc pas applicable à des données journalières.

Figure 8. Distribution par classe de l'indicateur d'exposition O₃, Nice, 2001-2002

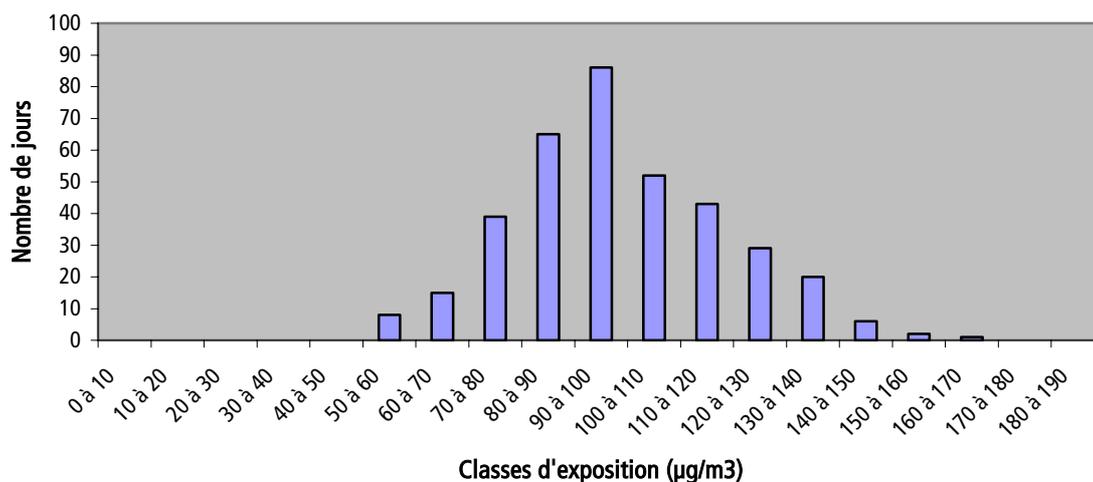


Figure 9. Distribution par classe de l'indicateur d'exposition NO₂, Nice, 2001-2002

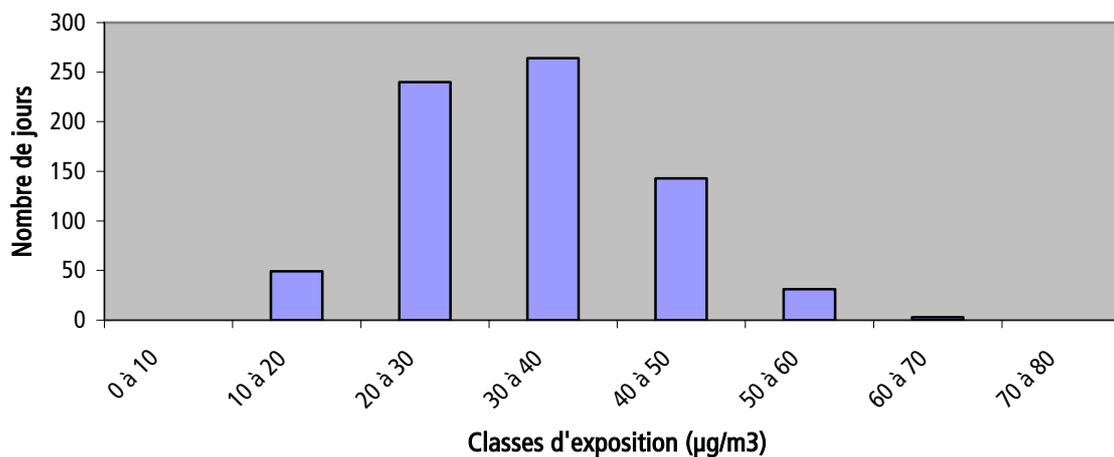
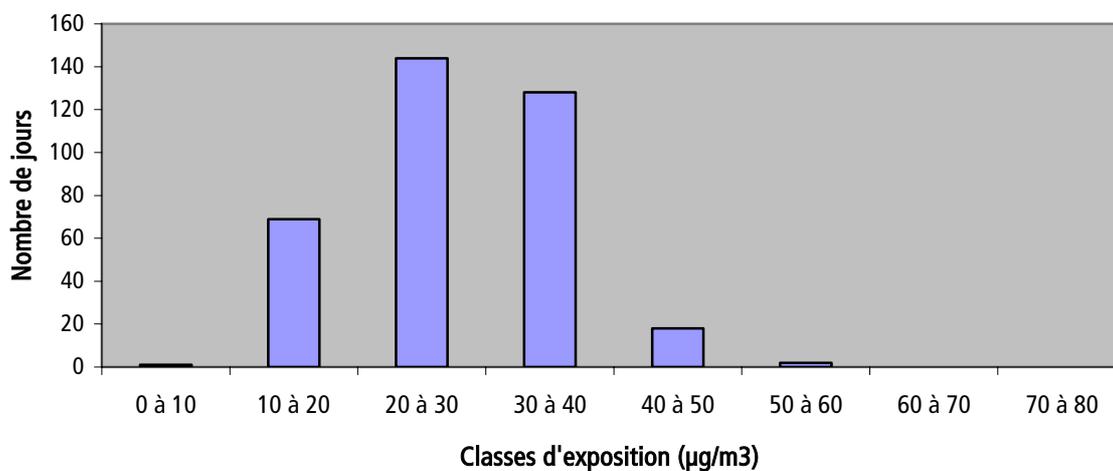


Figure 10. Distribution par classe de l'indicateur d'exposition PM₁₀, Nice, 2002



4.2.2 Description des indicateurs sanitaires

4.2.2.1 Mortalité

Les effectifs de mortalité toutes causes (hors morts violentes et accidentelles), de mortalité cardio-vasculaire et de mortalité respiratoire sont présentés dans le tableau 24. Le nombre moyen journalier de décès sur la zone de Nice est de 13 pour la mortalité toutes causes, de 4 pour la mortalité cardio-vasculaire et inférieur à 1 pour la mortalité respiratoire.

Tableau 24. Nombre total de décès et moyennes journalières, Nice, 2001-2002

| | Nombre total de décès | | | Moyenne journalière | | |
|------------------------------------|-----------------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|
| | étés | hivers | années | étés | hivers | années |
| Mortalité toutes causes | 4 414 | 4 900 | 9 314 | 12,1 | 13,5 | 12,7 |
| Mortalité cardio-vasculaire | 1 350 | 1 667 | 3 017 | 3,7 | 4,6 | 4,1 |
| Mortalité respiratoire | 247 | 373 | 620 | 0,7 | 1,0 | 0,9 |

4.2.2.2 Morbidité hospitalière

Parmi les établissements de soins publics ou privés sélectionnés et recevant des patients de la zone de Nice, 9 établissements - 4 centres hospitaliers publics et 5 établissements privés - sont situés dans la zone d'étude et 4 établissements hospitaliers sont situés dans des communes voisines (liste en annexe 2.2). Le nombre moyen journalier d'admissions pour motifs respiratoires est de 1,9 chez les adultes de moins de 65 ans et de 3,9 chez les adultes de 65 ans et plus. Concernant les maladies cardio-circulatoires, 9 patients tous âges sont admis pour une pathologie cardio-vasculaire, dont 5 patients pour une pathologie cardiaque.

Tableau 25. Nombre d'admissions hospitalières totales et moyennes journalières, Nice, 2001-2002

| | Classes d'âge | Nombre total d'hospitalisations | | | Moyenne journalière | | |
|----------------------------------|---------------|---------------------------------|--------|--------|---------------------|--------|--------|
| | | étés | hivers | années | étés | hivers | années |
| Motifs respiratoires | 15-64 ans | 665 | 728 | 1 393 | 1,8 | 2,0 | 1,9 |
| | ≥ 65 ans | 1 262 | 1 592 | 2 854 | 3,4 | 4,4 | 3,9 |
| Motifs cardio-vasculaires | Tous âges | 3 234 | 3 642 | 6 876 | 8,8 | 10,0 | 9,4 |
| Motifs cardiaques | Tous âges | 1 721 | 1 946 | 3 667 | 4,7 | 5,4 | 5,0 |
| | ≥ 65 ans | 1 279 | 1 421 | 2 650 | 3,4 | 3,9 | 3,6 |

4.2.3 Estimation de l'impact sanitaire à court terme

Pour les années considérées, l'impact sanitaire est calculé pour chaque indicateur de pollution atmosphérique par rapport à une exposition à un niveau faible de pollution.

Les nombres de cas attribuables calculés pour chaque indicateur d'exposition ne sont pas cumulables et le nombre réel de cas attribuables est au moins égal à la valeur maximale observée parmi les différentes estimations. Les résultats présentés indiquent donc le nombre de cas attribuables le plus élevé pour chaque indicateur sanitaire, parmi ceux calculés pour l'ensemble des polluants étudiés.

Les résultats sont présentés par leur estimation centrale et l'intervalle de confiance à 95 %. Les résultats obtenus pour chaque polluant sont présentés en annexe 6.

4.2.3.1 Estimation de l'impact sanitaire total

Les niveaux de référence choisis pour cette estimation globale sont de 40 µg/m³ pour l'ozone et de 10 µg/m³ pour le NO₂. Ils correspondent à des faibles niveaux de pollution, inférieurs au percentile 5 des valeurs mesurées sur la zone de Nice (tableaux 23a et 23b).

- **Sur la mortalité anticipée**

L'indicateur d'exposition NO₂ est l'indicateur qui a le plus d'impact sur la mortalité toutes causes et sur la mortalité spécifique. Néanmoins, l'indicateur d'exposition O₃ a un impact comparable au NO₂ sur la mortalité cardio-vasculaire.

Le nombre annuel de décès anticipés attribuables à la pollution atmosphérique, pour les années 2001 et 2002, est représenté dans le tableau 26. Ainsi, sur la zone étudiée, le nombre annuel de décès anticipés attribuables à la pollution atmosphérique, sur la période d'étude, s'élève à 108 décès, dont 42 décès pour causes cardio-vasculaires et 9 décès pour causes respiratoires.

Tableau 26. Nombre de décès annuels anticipés attribuables à la pollution atmosphérique en fonction de l'indicateur sanitaire étudié, Nice, 2001-2002

| Indicateurs sanitaires | Nombre annuel de décès attribuables [IC 95 %] |
|------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Mortalité toutes causes | 108 [75 ; 141] |
| Mortalité respiratoire | 9 [4 ; 15] |
| Mortalité cardio-vasculaire | 42 [15 ; 70] |

- **Sur la morbidité hospitalière**

C'est l'indicateur d'exposition O₃ qui a le plus d'impact sur la morbidité respiratoire quelle que soit la tranche d'âge. Pour les admissions respiratoires, le calcul est présenté uniquement pour la tranche d'âge 65 ans et plus, car, pour les adultes de 15-64 ans, la relation exposition/risque n'est pas significative (tableau 27).

Pour les années 2001 à 2002, l'impact sanitaire annuel de la pollution atmosphérique est de 50 admissions l'hiver et 36 admissions l'été pour les pathologies cardiovasculaires, de 16 admissions pour pathologies cardiaques et de 29 admissions pour pathologies respiratoires chez les personnes de 65 ans et plus.

Tableau 27. Nombre d'hospitalisations annuelles attribuables à la pollution atmosphérique en fonction de la pathologie étudiée, Nice, 2001-2002

| Indicateurs sanitaires | Nombre annuel de cas attribuables [IC 95 %] |
|------------------------------------|------------------------------------------------|
| Morbidité respiratoire | |
| - 15-64 ans | 8 [0 ; 20] |
| - 65 ans et plus | 29 [14 ; 52] |
| Morbidité cardio-vasculaire | |
| - hiver | 50 [30 ; 70] |
| - été | 36 [21 ; 52] |
| Morbidité cardiaque* | |
| - tous âges* | 16 [6 ; 25] |
| - 65 ans et plus* | 16 [9 ; 23] |

* Calculé uniquement sur l'année 2002

4.2.3.2 Impact sanitaire par niveaux de pollution

Quel que soit le couple indicateur d'exposition/indicateur sanitaire observé, si les jours les plus pollués ont un impact sanitaire journalier plus important, leur faible fréquence en limite l'effet sur la totalité d'une année. Ces résultats sont illustrés par deux exemples sur les figures 11 et 12.

Figure 11. Répartition en pourcentage des niveaux d'exposition journaliers au NO₂ et des décès toutes causes associés en fonction des classes d'exposition, Nice, 2001-2002

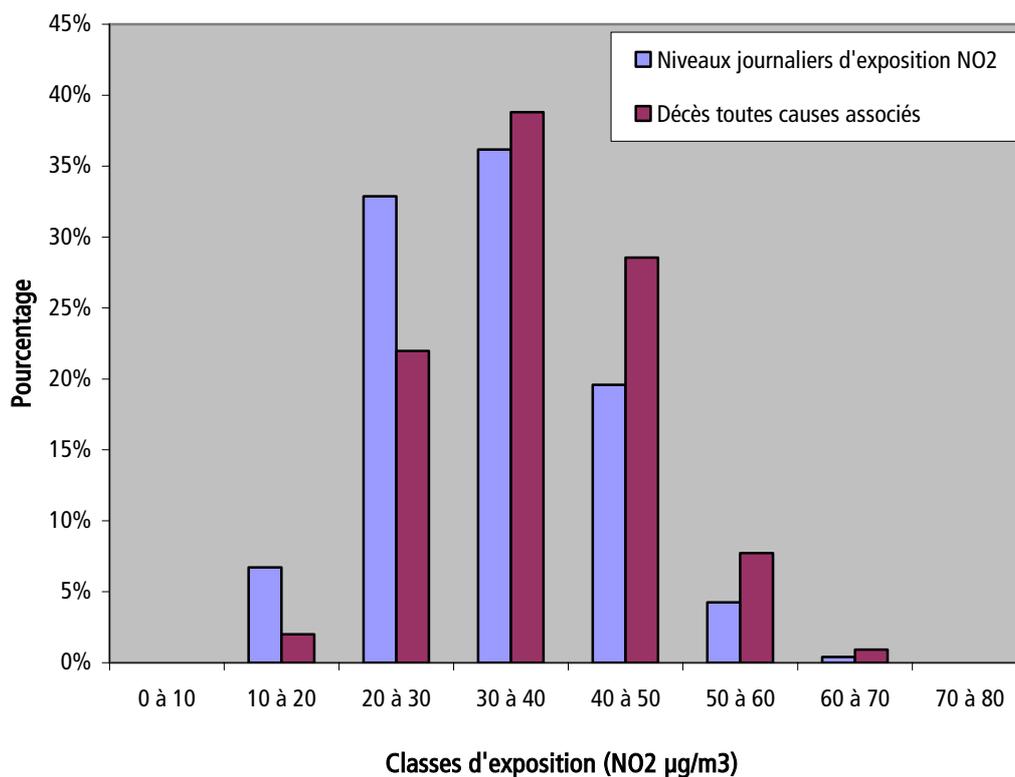
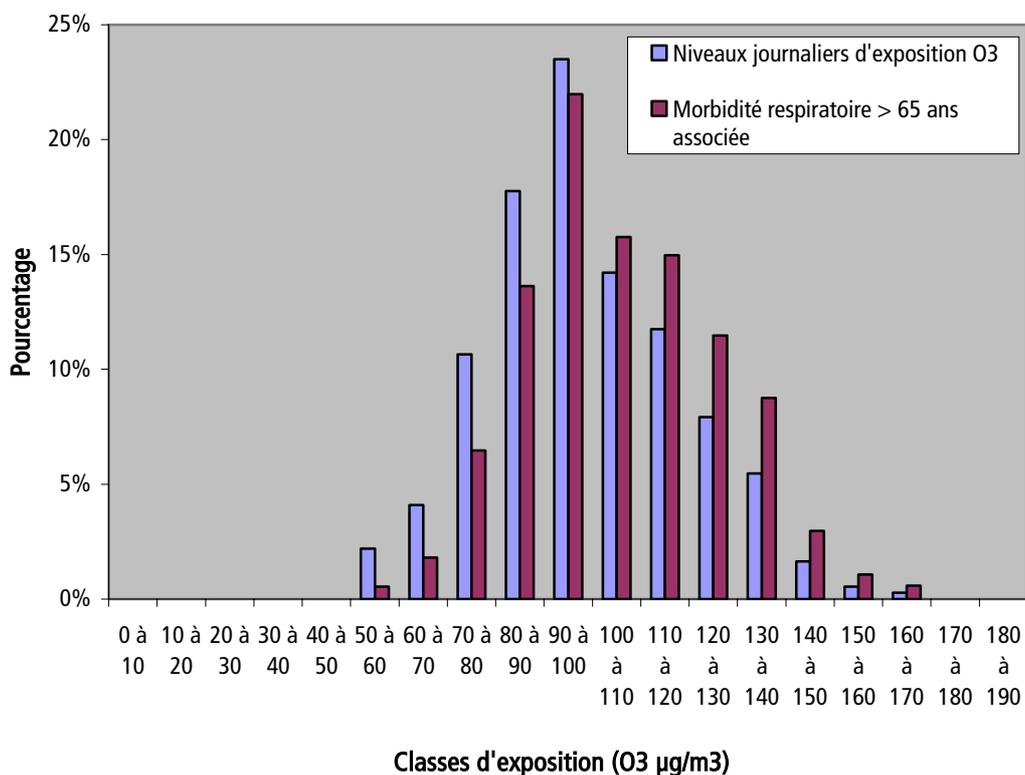


Figure 12. Répartition en pourcentage des niveaux d'exposition journaliers en O₃ et des admissions hospitalières pour motifs respiratoires chez les personnes de 65 ans et plus associées en fonction des classes d'exposition, Nice, 2001-2002



4.2.3.3 Gains sanitaires liés à une baisse de la pollution atmosphérique

Les gains sanitaires sont calculés pour deux scénarios différents :

- **scénario 1** : gain sanitaire potentiellement lié à la diminution des niveaux dépassant les objectifs de qualité, ces derniers étant ramenés au niveau de l'objectif de qualité pour chaque polluant :
 - indicateur O₃ : le niveau de référence est de 110 µg/m³;
 - indicateur NO₂ : le niveau de référence est de 40 µg/m³;
- **scénario 2** : gain sanitaire potentiellement lié à la diminution de 25 % de la moyenne journalière pour chaque polluant.

- **Gains sanitaires pour la mortalité anticipée**

Quel que soit l'indicateur de mortalité observé, le gain sanitaire potentiellement obtenu par le scénario 2 est toujours supérieur au gain sanitaire obtenu par le scénario 1 (tableau 28).

Tableau 28. Nombre annuel de décès évitables suivant les scénarios de réduction de la pollution, Nice, 2001-2002

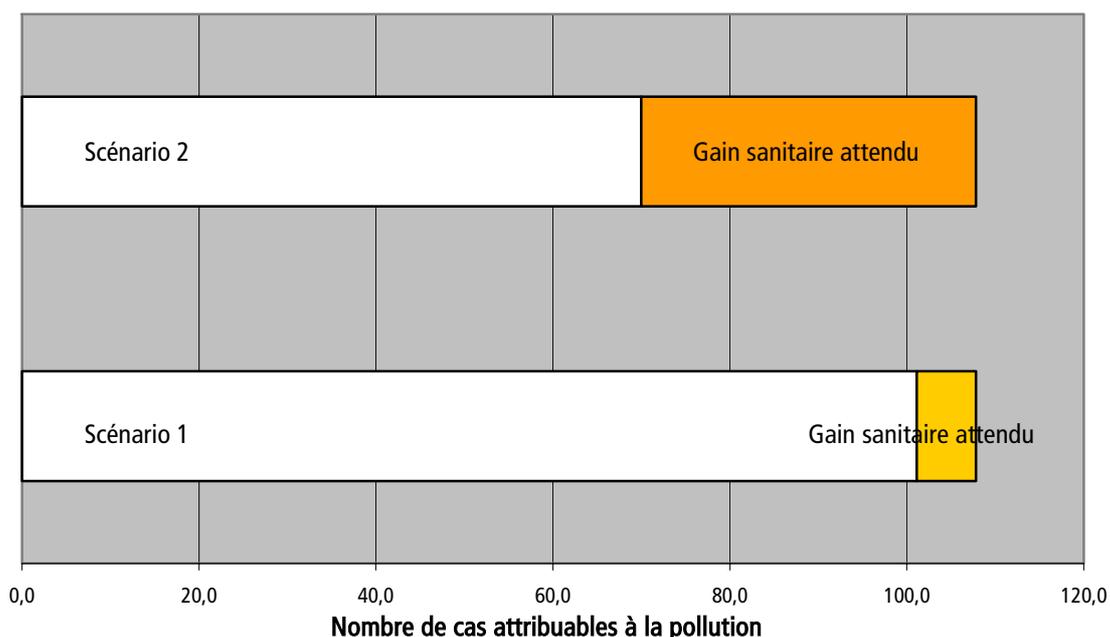
| Indicateurs sanitaires | Nombre annuel de décès évitables [IC 95 %] |
|------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Mortalité toutes causes | - scénario 1 7 [5 ; 10] |
| | - scénario 2 38 [26 ; 49] |
| Mortalité respiratoire | - scénario 1 1 [0 ; 1] |
| | - scénario 2 3 [1 ; 5] |
| Mortalité cardio-vasculaire | - scénario 1 3 [1 ; 4] |
| | - scénario 2 17 [6 ; 22] |

Ainsi, l'application du scénario 2 à la pollution au NO₂ montre un gain sanitaire sur la mortalité toutes causes de 35 %, avec un nombre de décès anticipés potentiellement évitables égal à 38 cas, comparé à 7 cas avec le scénario 1.

Pour la mortalité respiratoire anticipée, les gains sanitaires potentiellement obtenus avec le scénario 1 sont de 10 %, alors qu'ils sont égaux à 33 % avec le scénario 2. Enfin, pour la mortalité cardio-vasculaire, le gain de décès anticipé est de 40 % avec le scénario 2.

Le gain sanitaire attendu, correspondant au nombre de cas de décès anticipés potentiellement évitables par la mise en place des scénarios 1 ou 2, peut être représenté sous forme graphique pour chaque scénario, comme l'illustre la figure 13 pour la mortalité totale.

Figure 13. Gains sanitaires attendus concernant la mortalité annuelle anticipée toutes causes, Nice, 2001-2002



- Gains sanitaires pour la morbidité

Là encore, les gains sanitaires calculés, pour les différents indicateurs de morbidité, sont plus importants lorsqu'on applique le scénario 2 de réduction de la pollution atmosphérique, les résultats sont présentés pour chaque indicateur sanitaire dans le tableau 29.

Tableau 29. Nombre d'admissions hospitalières annuelles potentiellement évitables (toutes choses égales par ailleurs) suivant les scénarios de réduction de la pollution, Nice, 2001-2002

| Indicateurs sanitaires d'exposition | Nombre annuel de cas évitables [IC 95 %] |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Morbidité respiratoire 65 ans et plus | |
| ○ Scénario 1 | 2 [1 ; 3] |
| ○ Scénario 2 | 12 [6 ; 20] |
| Morbidité cardio-vasculaire tous âges | |
| ○ Scénario 1 | |
| - hiver | 5 [3 ; 6] |
| - été | 1 [0 ; 1] |
| ○ Scénario 2 | |
| - hiver | 17 [10 ; 23] |
| - été | 14 [8 ; 19] |
| Morbidité cardiaque tous âges (2002) | |
| ○ Scénario 1 | 2 [1 ; 4] |
| ○ Scénario 2 | 6 [2 ; 10] |
| Morbidité cardiaque 65 ans et plus (2002) | |
| ○ Scénario 1 | 2 [1 ; 3] |
| ○ Scénario 2 | 6 [4 ; 9] |

L'efficacité des scénarios est illustrée sous forme graphique (figures 14 et 15).

Figure 14. Gains sanitaires attendus concernant la morbidité respiratoire annuelle chez les sujets âgés de 65 ans et plus, Nice, 2001-2002

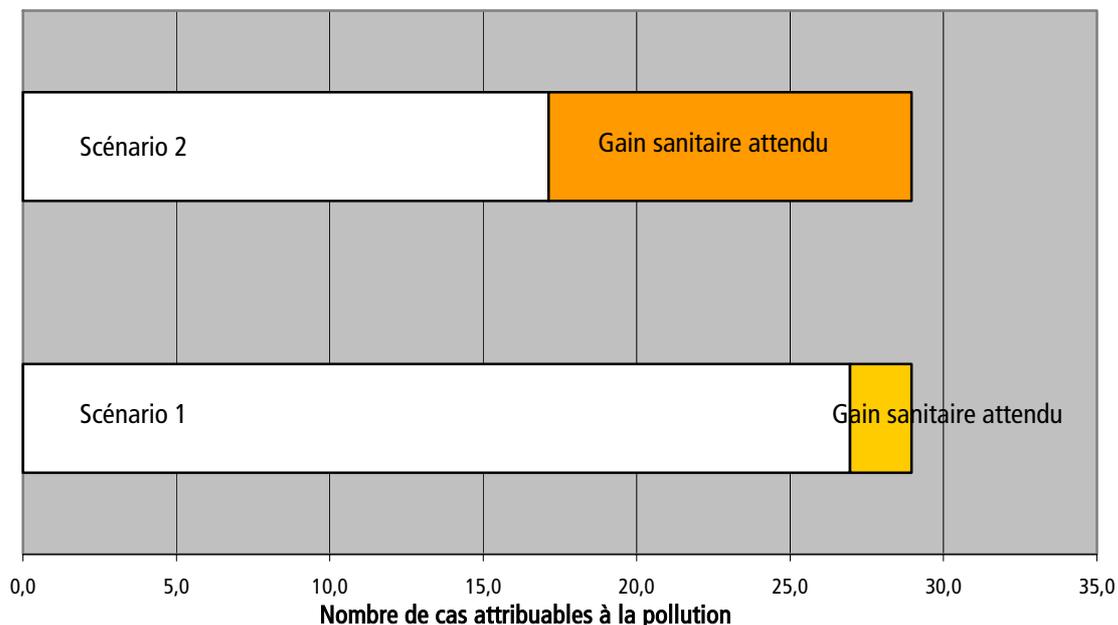
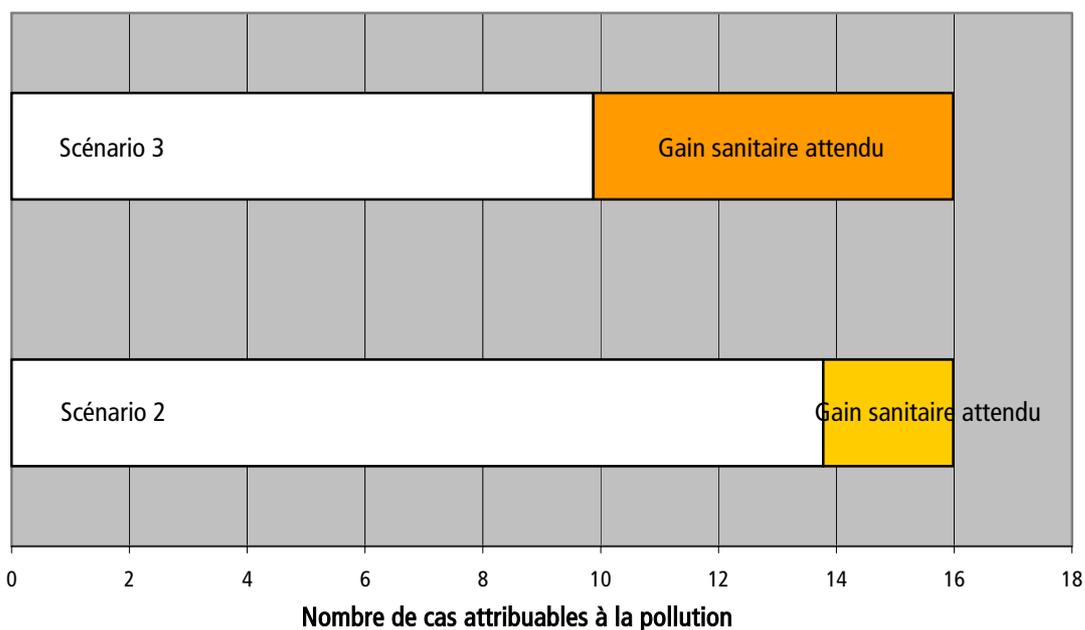


Figure 15. Gains sanitaires attendus concernant la morbidité cardiaque annuelle, Nice, 2002



Si la diminution des seuls niveaux dépassant les objectifs de qualité de pollution ne permet qu'un gain sanitaire de l'ordre de 6 %, le gain sanitaire obtenu en diminuant de 25 % les niveaux journaliers est de l'ordre de 41 %, avec 12 admissions hospitalières pour cause respiratoire chez les personnes de plus de 65 ans évitables sur les 29 admissions imputables à la pollution atmosphérique. Les gains sanitaires obtenus pour les admissions pour causes cardiaques sont respectivement de 13 % et 38 %.

4.2.4 Calcul de l'impact à long terme

Les niveaux de référence choisis pour les différents scénarios de l'EIS long terme sont les suivants :

- o **scénario 1** : gain sanitaire lié à la diminution de la moyenne annuelle des PM_{10} au niveau de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valeur limite européenne pour la protection pour la santé en 2005 ;
- o **scénario 2** : gain sanitaire lié à la diminution de la moyenne annuelle des PM_{10} au niveau de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valeur limite européenne pour la protection pour la santé prévue en 2010 ;
- o **scénario 3** : gain sanitaire lié à la diminution de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de la moyenne annuelle des PM_{10} ;
- o **scénario 4** : gain sanitaire lié à la diminution de 25 % de la moyenne annuelle des PM_{10} .

Les résultats obtenus après simulation de ces scénarios sont présentés dans le tableau 30.

L'impact sanitaire à long terme n'inclut qu'une partie des décès attribuables à l'impact sanitaire à court terme.

Tableau 30. Nombre de décès toutes causes attribuables à la pollution atmosphérique pour les quatre scénarios de l'EIS à long terme, Nice, 2002

| | Nombre de décès | Intervalle de confiance 95 % |
|-------------------|-----------------|------------------------------|
| Scénario 1 | 0 | |
| Scénario 2 | 137 | [83 ; 195] |
| Scénario 3 | 96 | [58 ; 136] |
| Scénario 4 | 123 | [74 ; 173] |

Le gain sanitaire obtenu avec le scénario 1 est nul, puisque la moyenne annuelle observée sur les données de l'année 2002, égale à $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$, est inférieure au seuil de la norme européenne applicable en 2005 ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Le scénario 2 qui consiste à diminuer la moyenne annuelle d'exposition aux PM_{10} à $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, correspondant à la valeur limite européenne pour la protection de la santé prévue en 2010, permettrait un gain sanitaire annuel de l'ordre de 137 décès évitables.

Le scénario 3, qui consiste à diminuer la moyenne actuelle de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, permettant d'atteindre une moyenne annuelle de l'ordre de $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$, entraînerait un gain sanitaire égal à 96 décès évitables par an.

Enfin, une diminution de 25 % de la moyenne actuelle (scénario 4), permettant d'atteindre une moyenne annuelle de l'ordre de $20,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, représente un scénario intermédiaire qui permettrait un gain sanitaire de 123 décès évitables par an.

5. Discussion

Les effets néfastes de la pollution atmosphérique, même à des faibles niveaux de pollution, ont fait l'objet de nombreuses études au cours des 20 dernières années. L'EIS ne vise pas à démontrer ces effets, mais à les quantifier au niveau local.

Les résultats de cette étude doivent être interprétés en tenant compte des hypothèses, limites et incertitudes liées à la démarche d'une EIS, et qui entraînent le plus souvent une sous-estimation de l'impact sanitaire. De plus, ces résultats ne représentent qu'une petite partie de l'impact global de la pollution atmosphérique sur la santé.

5.1 HYPOTHÈSES, LIMITES ET INCERTITUDES

Les EIS de la pollution atmosphérique urbaine sur la zone d'étude de Cannes d'une part, et sur la zone d'étude de Nice d'autre part, ont été menées en suivant la méthodologie proposée par le guide de l'InVS [6], actualisé en mars 2003 [7]. Les quatre étapes de la démarche décrite dans le guide ont été réalisées : identification des dangers, choix des relations exposition/risque, estimation de l'exposition et estimation de l'impact sanitaire.

5.1.1 Identification des dangers

Cette première étape présente des limites qui sont à l'origine d'une sous-estimation de l'impact sanitaire global de la pollution atmosphérique :

- l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique, en terme de morbidité, ne prend en compte que les effets ayant nécessité une hospitalisation. Les effets respiratoires traités en ambulatoire ne sont pas pris en compte, alors qu'ils représentent une fraction importante de la morbidité respiratoire ;
- les polluants retenus, pour estimer l'exposition, ne représentent qu'une fraction des substances chimiques responsables de la pollution atmosphérique, même si ces indicateurs sont normalement représentatifs des autres polluants ;
- la pollution de l'air à l'intérieur des locaux n'est pas prise en compte pour estimer l'exposition de la population, seule est étudiée la pollution atmosphérique extérieure de fond.

5.1.2 Relations exposition/risque

La démarche d'une EIS implique de conserver, à chaque étape, la plus grande adéquation entre les caractéristiques de l'EIS et celles des études épidémiologiques ayant produit les fonctions exposition/risque.

Les relations exposition/risque, fondées sur des observations épidémiologiques à des faibles niveaux d'exposition, ont été obtenues à partir de zones géographiques différentes de notre zone d'étude qui peut être soumise à une pollution atmosphérique différente. Cependant, l'utilisation des relations exposition/risque, obtenues lors des dernières études européenne (Aphae2) et française (Psas 9) pour l'estimation des impacts à court terme, limite cet inconvénient. En effet, ces études ont notamment montré la cohérence des relations exposition/risque sur la mortalité et les admissions pour motif respiratoire et ce, quelles que soient les caractéristiques locales.

Les incertitudes liées à l'utilisation des fonctions exposition / risque pour la mortalité totale à long terme sont plus importantes. En effet, ces fonctions ont été établies pour des populations américaines potentiellement différentes des populations étudiées ici en termes de causes de mortalité, d'exposition et de caractéristiques sociodémographiques.

5.1.3 Estimation de l'exposition

L'exposition est estimée pour la population entière séjournant dans la zone d'étude retenue, et non, sur un plan individuel. En effet, un même niveau d'exposition est attribué à chaque individu de cette population, alors que les individus sont exposés, au cours d'une même journée, à des niveaux de pollution variables.

Suite aux déplacements personnels ou professionnels, une partie de la population peut s'absenter de la zone d'étude. De même, la zone d'étude retenue peut être une zone attractive importante pour une population ne résidant pas dans la zone d'étude définie.

Il apparaît donc que les incertitudes liées aux mouvements de population peuvent conduire, selon les cas, à surestimer ou sous-estimer l'impact sanitaire.

En outre, le niveau moyen de pollution sur la zone d'étude est calculé à partir des valeurs enregistrées par les stations de mesure. Il est donc dépendant de l'implantation de ces capteurs. De ce fait, une implantation différente des capteurs aurait pu conduire à des estimations de niveaux d'exposition différentes. Néanmoins, l'utilisation de plusieurs stations et l'analyse des données enregistrées permettent de penser que l'indicateur d'exposition construit est bien représentatif de l'exposition moyenne de la population.

5.1.4 Estimation de l'impact sanitaire

L'estimation de l'impact sanitaire s'appuie sur la mise en relation des indicateurs d'exposition avec les indicateurs sanitaires disponibles.

Le nombre d'admissions hospitalières peut être sous ou surestimé du fait d'erreurs de diagnostic et/ou de codage potentielles, mais ce biais est partiellement contrôlé par le regroupement de ces admissions hospitalières en grandes catégories.

La non prise en compte dans le PMSI des passages dans les services d'urgences conduit à sous estimer le nombre d'événements de santé et donc, l'impact de la pollution atmosphérique sur les pathologies nécessitant un recours au système de soins hospitaliers.

Enfin, en ce qui concerne l'impact à long terme, la modification potentielle à long terme de la population concernée et de ses causes de mortalité, de son espérance de vie moyenne et de la pollution atmosphérique locale sur un plan qualitatif sont autant de sources d'incertitude.

5.2 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Compte tenu des incertitudes et limites présentées ci-dessus, les résultats doivent être interprétés comme des ordres de grandeur de l'impact de la pollution atmosphérique sur la santé de la population de la zone d'étude définie. Il s'agit d'une estimation basée sur les acquis scientifiques actuels et les données locales disponibles.

Le calcul d'un risque attribuable à un facteur de risque nécessite que la relation entre l'exposition au facteur de risque et la maladie soit de nature causale. La confrontation des nombreux résultats épidémiologiques aux critères de causalité habituellement retenus a permis de conclure que la pollution atmosphérique constitue bien un facteur de risque pour la santé de nature causale.

Dans la mesure où la population est exposée à un ensemble de polluants pour lesquels aucun indicateur n'est totalement spécifique, les impacts estimés par indicateur de pollution ne s'additionnent pas. Ainsi, si les polluants ont une toxicité propre, leur niveau est avant tout un indicateur d'un mélange chimique complexe. La notion de risque attribuable doit donc s'entendre comme étant une estimation du risque associé à la pollution atmosphérique urbaine, facteur de risque supposé causal et approché indirectement par les indicateurs de pollution. Une action visant à réduire le niveau d'un indicateur sans réduction de la pollution globale ne produirait donc pas les effets positifs escomptés. Une politique de réduction des risques ne peut être envisagée qu'au travers d'une approche globale (réduction des émissions liées à l'ensemble des sources), la pollution atmosphérique dans son ensemble constituant le facteur de risque à maîtriser.

L'estimation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique, à court terme, se traduit par un nombre de décès anticipés attribuables à un différentiel de pollution donné au cours d'une année. Le nombre de décès anticipés calculé ne s'interprète pas comme un excès absolu de mortalité, mais comme une estimation du nombre d'individus qui ont vu, au cours de l'année étudiée, leur espérance de vie réduite d'une durée correspondant à cette anticipation.

6. Conclusion

6.1 UN IMPACT COLLECTIF À COURT TERME, NON NÉGLIGEABLE SUR LA MORTALITÉ

Sur une année, pour les principales communes de la zone côtière du département des Alpes-Maritimes, l'impact à court terme de la pollution atmosphérique est estimé à 177 décès anticipés (dont 74 décès suite à une pathologie cardio-vasculaire et 16 décès suite à une pathologie respiratoire). Ces résultats montrent que les niveaux ambiants de pollution, mesurés actuellement, ont un impact non négligeable sur la santé de la population vivant dans les zones urbaines.

6.2 UN IMPACT SANITAIRE À LONG TERME PARTIELLEMENT MESURABLE

L'absence de données de surveillance, concernant les particules (PM₁₀ et PM_{2,5}) représentant l'exposition de la population à des niveaux de fond, n'a pas permis d'évaluer l'impact sanitaire à long terme sur la zone de Cannes. Concernant les gains sanitaires à long terme sur la zone de Nice, les différents scénarios de diminution des niveaux de PM₁₀ montrent que le respect de la norme européenne, prévue en 2010, devrait permettre d'éviter 137 décès, attribuables à une exposition chronique, sur la totalité des décès enregistrés sur une année.

6.3 RECOMMANDATIONS

6.3.1 Renforcer la surveillance de l'exposition aux particules

Il semble nécessaire d'améliorer la surveillance de l'exposition de fond de la population aux particules de moins de 10 µm. En effet, actuellement seules une station de mesure urbaine, sur la commune de Cagnes-sur-Mer, et une station de mesure urbaine située non loin de l'autoroute, sur la commune d'Antibes, permettent de mesurer l'exposition de la population. D'un point de vue sanitaire, il est donc important de renforcer le réseau de surveillance de la qualité de l'air par l'installation d'au moins deux stations urbaines, une sur la commune de Nice et une sur la commune de Cannes.

Ce dispositif devrait permettre une estimation plus précise de l'impact sanitaire, à long terme, sur la zone d'étude de Nice et une estimation sur la zone d'étude de Cannes.

De plus, les effets sanitaires des particules fines (particules de diamètre inférieur à 2,5 µm), sur la mortalité et les admissions cardio-vasculaires notamment, ont été largement décrits dans la littérature internationale. L'analyse de cet impact, en terme de santé publique, rend nécessaire la surveillance de l'exposition de la population aux particules fines dans chacune des zones d'études.

6.3.2 Améliorer la mesure de l'exposition de fond au dioxyde d'azote, sur la zone de Cannes

Les niveaux de dioxyde d'azote, sur la zone de Cannes, sont mesurés par quatre stations, dont deux stations influencées par le trafic routier et une station périurbaine. Pour évaluer l'impact sanitaire, il serait utile de pouvoir disposer des mesures d'au moins deux stations urbaines qui soient vraiment représentatives de l'exposition de la population aux niveaux de fond de NO₂.

6.3.3 Diminuer les niveaux de pollution de fond

Cette étude montre que les effets sanitaires apparaissent déjà à des niveaux de pollution bien inférieurs à ceux pour lesquels les mesures de gestion sont prises actuellement. Ainsi, une réduction du niveau annuel moyen de pollution de 25 % s'accompagnerait, selon les indicateurs, d'une réduction de 33 à 41 % des effets sanitaires dus à la pollution atmosphérique.

Les épisodes de pollution atmosphérique dépassant les seuils réglementaires de recommandations et d'alertes monopolisent souvent l'attention, mais leur impact sur la santé publique est relativement faible, car ils sont peu fréquents dans l'année. La plus grande part de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique est attribuée aux niveaux ambiants quotidiens inférieurs aux normes réglementaires.

Les actions les plus efficaces, en terme de santé publique, seront donc celles qui associeront une réduction des émissions à la source, de façon quotidienne, à une diminution importante du nombre de pics annuels de pollution.

Références bibliographiques

- [1] Plan régional pour la qualité de l'air de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur - Mai 2000.
- [2] Evaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique sur la zone d'Aix-en-Provence, Cellule interrégionale d'épidémiologie Sud - Février 2001.
- [3] Evaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique sur l'agglomération de Martigues, Cellule interrégionale d'épidémiologie Sud - Février 2001.
- [4] Evaluation de l'impact de la pollution atmosphérique urbaine sur l'agglomération de Toulon - Impact à court et long terme, Cellule interrégionale d'épidémiologie Sud - Septembre 2004.
- [5] Evaluation de l'impact de la pollution atmosphérique urbaine sur l'agglomération d'Avignon - Impact à court et long terme, Cellule interrégionale d'épidémiologie Sud -2005.
- [6] Evaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine - Guide méthodologique, Institut de veille sanitaire - Juillet 1999.
- [7] Evaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine - Actualisation du guide méthodologique : recommandations provisoires pour les évaluations de l'impact sanitaire à court terme et long terme, Institut de veille sanitaire - Mars 2003.
- [8] Plan de protection de l'atmosphère du Département des Alpes-Maritimes. Commission départementale d'élaboration du PPA des Alpes-Maritimes.
- [9] Base de données communes - Profil : recensement général de la population 1999 - Institut national de la statistique et des études économiques.
- [10] L'industrie en Provence-Alpes-Côte d'Azur. Editions Insee-Drise, décembre 2006
Disponible sur : http://www.insee.fr/fr/insee_regions/provence/publi/pub_elec/industrie/index.htm
Consulté le 5 avril 2006.
- [11] Katsouyanni K, Touloumi G, Samoli E, Gryparis A, Le Tertre A, Monopoli Y, Rossi G, Zmirou D, Ballester F, Boumghar A, Anderson HR, Wojtyniak B, Paldy A, Braunstein R, Pekkanen J, Schindler C, Schwartz J. Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the Aphea2 project. *Epidemiology*. 2001 Sep;12(5):521-31.
- [12] Surveillance des effets sur la santé liés à la pollution atmosphérique en milieu urbain - Psas - 9 phase II. Institut de veille sanitaire - Juin 2002.
- [13] Spix C, Anderson HR, Schwartz J, Vigotti MA, Le Tertre A, Vonk JM, Touloumi G, Balducci F, Piekarski T, Bacharova L, Tobias A, Ponka A, Katsouyanni K. Short-term effects of air pollution on hospital admissions of respiratory diseases in Europe: a quantitative summary of Aphea study results. *Air pollution and health: a European approach*. *Arch Environ Health*, 1998 Jan-Feb; 53(1):54-64.
- [14] Atkinson RW, Anderson HR, Sunyer J, Ayres J, Baccini M, Vonk JM, Boumghar A, Forastiere F, Forsberg B, Touloumi G, Schwartz J, Katsouyanni K. Acute effects of particulate air pollution on respiratory admissions: results from Aphea 2 project. *Air pollution and health: a European approach*. *Am J Respir Crit Care Med*, 2001 Nov 15;164(10 Pt 1):1860-6.
- [15] Le Tertre A, Medina S, Samoli E, Forsberg B, Michelozzi P, Boumghar A, Vonk JM, Bellini A, Atkinson R, Ayres JG, Sunyer J, Schwartz J, Katsouyanni K. Short-term effects of particulate air pollution on cardiovascular diseases in eight European cities. *J Epidemiol Community Health*, 2002 Oct; 56(10):773-9.
- [16] Künstli N, Kaiser R, Medina S, *et al*. Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *Lancet* 2000; 356: 795-801.
- [17] Synthèse de la qualité de l'air. Qualitair. 2003
- [18] Campagne de mesure de la qualité de l'air sur la commune de Nice. Jardin Moreno (avril/mai 2006). Qualitair. 2006.
Disponible sur : <http://www.atmo-qualitair.net/qualitair/index.html>
Consulté le 28 février 2007.

Annexes

ANNEXE 1. NAVETTES DOMICILE - TRAVAIL

Annexe 1.1 Navettes domicile - travail*, zone de Cannes, 1999

| Commune de provenance | Lieu de résidence - Lieu de travail | | |
|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | Total déplacements | Déplacements dans la même commune | Déplacements dans la zone d'étude |
| Antibes | 26 053 | 16 420 (63 %) | 19 132 (73 %) |
| Cannes | 20 428 | 14 387 (70 %) | 17 996 (88 %) |
| Le Cannet | 15 111 | 4 699 (31 %) | 12 647 (84 %) |
| Mandelieu-la-Napoule | 6 408 | 2 786 (43 %) | 5 322 (83 %) |
| Mougins | 6 465 | 1 780 (28 %) | 4 606 (71 %) |
| Théoule-sur-Mer | 482 | 270 (56 %) | 434 (90 %) |
| Vallauris | 8 717 | 3 613 (41 %) | 6 824 (78 %) |
| Total | 83 664 | 39 256 | 66 961 (80 %) |

* Source : Insee, Recensement 1999

Annexe 1.2 Navettes domicile - travail*, zone de Nice, 1999

| Commune de provenance | Lieu de résidence - Lieu de travail | | |
|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | Total déplacements | Déplacements dans la même commune | Déplacements dans la zone d'étude |
| Nice | 119 245 | 94 859 (80 %) | 100 122 (84 %) |
| Cagnes/Mer | 16 308 | 5 606 (34 %) | 12 002 (74 %) |
| St-Laurent-du-Var | 11 388 | 3 901 (34 %) | 8 824 (77 %) |
| Villeneuve-Loubet | 5 526 | 1 534 (28 %) | 3 668 (66 %) |
| Total | 152 467 | 105 900 - | 124 616 (82 %) |

* Source : Insee, Recensement 1999

ANNEXE 2. ATTRACTIVITÉ HOSPITALIÈRE

Annexe 2.1 Etablissements de soins et attractivité hospitalière, zone de Cannes

Liste des établissements de soins inclus dans l'étude*, zone de Cannes

| N° Finess | Raison sociale | Localisation | Caractéristiques |
|--------------|------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 06 078 501 1 | CHU DE NICE | Nice | Centre hospitalier régional |
| 06 079 181 1 | CLINIQUE LES SOURCES | Nice | Centre hospitalier régional |
| 06 078 071 5 | CLINIQUE SAINT-GEORGES | Nice | Centre hospitalier régional |
| 06 078 072 3 | CLINIQUE BELVEDERE | Nice | Centre hospitalier régional |
| 06 078 094 7 | HOPITAL LENVAL | Nice | Centre hospitalier régional |
| 06 078 049 1 | INSTITUT ARNAULT TZANCK | Saint-Laurent-du-Var | Soins courte durée |
| 06 079 401 3 | CHIRURGIE CARDIAQUE A.TZANCK | Saint-Laurent-du-Var | Soins courte durée |
| 06 078 521 9 | CLINIQUE PLEIN CIEL | Mougins | Soins courte durée |
| 06 078 089 7 | CH GRASSE | Grasse | Soins courte durée |
| 06 000 051 0 | CH D'ANTIBES JUAN-LES-PINS | Antibes | Centre hospitalier |
| 06 000 054 4 | CH PIERRE NOUVEAU | Cannes | Centre hospitalier |
| 06 078 050 9 | CLINICA JOURDAN | Cannes | Soins courte durée |
| 06 078 066 5 | CLINIQUE LE MERIDIEN | Cannes | Soins courte durée |
| 06 078 051 7 | POLYCLINIQUE SAINT-JEAN | Cagnes-sur-Mer | Soins courte durée |

* Source : Base Finess (<http://finess.sante.gouv.fr/finess/index.html>)

Attractivité hospitalière*, zone de Cannes, 2001-2002

| Communes de résidence des patients | Etablissements inclus dans l'étude | Attractivité des établissements inclus dans la zone d'étude | Attractivité des établissements voisins hors zone d'étude |
|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Antibes | 71,5 % | 45,9 % | 25,6 % |
| Cannes | 80,0 % | 61,0 % | 19,0 % |
| Le Cannet | 77,0 % | 55,4 % | 21,6 % |
| Mandelieu | 81,4 % | 48,5 % | 32,9 % |
| Mougins | 80,8 % | 56,9 % | 23,9 % |
| Théoules | 70,5 % | 37,2 % | 33,3 % |
| Vallauris | 72,9 % | 49,7 % | 23,2 % |
| Total des 7 communes | 75,9 % | 52,2 % | 23,7 % |

* Source RSA 2001 et 2002

Annexe 2.2 Etablissements de soins et attractivité hospitalière, zone de Nice

Liste des établissements de soins inclus dans l'étude*, zone de Nice

| N° Finess | Raison sociale | Localisation | Caractéristiques |
|--------------|------------------------------|----------------------|-----------------------------|
| 06 000 145 0 | HOPITAL SAINT-ROCH | Nice | Centre hospitalier régional |
| 06 078 500 3 | HOPITAL PASTEUR | Nice | Centre hospitalier régional |
| 06 078 895 7 | HOPITAL DE CIMIEZ | Nice | Centre hospitalier régional |
| 06 078 919 5 | HOPITAL DE L'ARCHET | Nice | Centre hospitalier régional |
| 06 079 181 1 | CLINIQUE LES SOURCES | Nice | Soins courte durée |
| 06 078 071 5 | CLINIQUE SAINT-GEORGES | Nice | Soins courte durée |
| 06 078 072 3 | CLINIQUE BELVEDERE | Nice | Soins courte durée |
| 06 078 120 0 | CLINIQUE SAINT-ANTOINE | Nice | Soins courte durée |
| 06 078 094 7 | HOPITAL LENVAL | Nice | Soins courte durée |
| 06 078 049 1 | INSTITUT ARNAULT TZANCK | Saint-Laurent-du-Var | Soins courte durée |
| 06 079 401 3 | CHIRURGIE CARDIAQUE A.TZANCK | Saint-Laurent-du-Var | Soins courte durée |
| 06 078 051 7 | POLYCLINIQUE SAINT-JEAN | Cagnes-sur-Mer | Soins courte durée |
| 06 000 051 0 | CH D'ANTIBES JUAN-LES-PINS | Antibes | Centre hospitalier |
| 06 000 054 4 | CH PIERRE NOUVEAU | Cannes | Centre hospitalier |
| 06 078 050 9 | CLINICA JOURDAN | Cannes | Soins courte durée |
| 06 078 066 5 | CLINIQUE LE MERIDIEN | Cannes | Soins courte durée |

* Source : Base Finess (<http://finess.sante.gouv.fr/finess/index.html>)

Attractivité hospitalière*, zone de Nice, 2001-2002

| Communes de résidence des patients | Etablissements inclus dans l'étude | Attractivité des établissements inclus dans la zone d'étude | Attractivité des établissements voisins hors zone d'étude |
|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| Nice | 74,8 % | 74,3 % | 0,5 % |
| Cagnes/Mer | 78,5 % | 65,6 % | 12,9 % |
| St Laurent du Var | 71,7 % | 65,6 % | 6,1 % |
| Villeneuve Loubet | 76,6 % | 61,7 % | 14,9 % |
| Total des 4 communes | 75,0 % | 72,5 % | 2,5 % |

* Source : RSA 2001 et 2002

ANNEXE 3. DISTRIBUTION DE L'INDICATEUR D'EXPOSITION PAR STATIONS

Annexe 3.1 Zone de Cannes

Distribution des niveaux d'exposition à l'O₃ en µg/m³ (maximum journalier des moyennes glissantes sur 8 heures) par station, Cannes, 2001-2002

| | Antibes Jean Moulin | Cannes Broussailles | Grasse Clavecin |
|----------------------|------------------------|------------------------|--------------------|
| Moyenne | 79,9 | 86,5 | 81,1 |
| Ecart type | 34,2 | 30,9 | 26,2 |
| Minimum | 2 | 10 | 24 |
| Centile 5 | 25 | 35 | 44 |
| Centile 25 | 53 | 61 | 61 |
| Médiane | 82 | 89 | 78 |
| Centile 75 | 106 | 109 | 98 |
| Centile 95 | 133 | 136 | 129 |
| Maximum | 173 | 169 | 161 |
| % valeurs manquantes | 2,6 % | 1,8 % | 1,9 % |

Distribution des niveaux d'exposition au NO₂ en µg/m³ (moyenne journalière) par station, Cannes, 2001-2002

| | Antibes Jean Moulin | Cannes Broussailles | Grasse Clavecin |
|----------------------|------------------------|------------------------|--------------------|
| Moyenne | 39,3 | 28,8 | 31,9 |
| Médiane | 39 | 27 | 31 |
| Ecart type | 14,7 | 11,6 | 9,8 |
| Centile 5 | 16 | 13 | 18 |
| Centile 25 | 28 | 20 | 26 |
| Centile 75 | 50 | 36 | 36 |
| Centile 95 | 64 | 50 | 48 |
| Minimum | 8 | 4 | 0 |
| Maximum | 83 | 61 | 95 |
| % valeurs manquantes | 0,02 % | 14,1 % | 7,1 % |

Distribution des niveaux d'exposition au SO₂ en µg/m³ (moyenne journalière) par station, Cannes, 2001-2002

| | Antibes Guynemer | Cannes Bvd Alsace |
|----------------------|---------------------|----------------------|
| Moyenne | 1,4 | 3,0 |
| Médiane | 1 | 3 |
| Ecart type | 1,5 | 1,8 |
| Centile 5 | 0 | 1 |
| Centile 25 | 0 | 2 |
| Centile 75 | 2 | 4 |
| Centile 95 | 4 | 6 |
| Minimum | 0 | 0 |
| Maximum | 9 | 17 |
| % valeurs manquantes | 0 | 0,03 % |

Annexe 3.2 Zone de Nice

Distribution des niveaux d'exposition à l'O₃ en µg/m³ (maximum journalier des moyennes glissantes sur 8 heures) par station, Nice, 2000-2002

| | Nice Brancoar | Nice Cessole | Nice Eucalyptus | Nice Las Planas | Nice Ouest Botanique |
|----------------------|------------------|-----------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
| Moyenne | 74,7 | 74,1 | 76,8 | 69,5 | 87,9 |
| Médiane | 78 | 78 | 78,5 | 68 | 88,5 |
| Ecart type | 34,1 | 31,3 | 35,3 | 22,3 | 32,2 |
| Centile 5 | 20 | 22 | 22 | 36 | 41 |
| Centile 25 | 45 | 48 | 46 | 53 | 60 |
| Centile 75 | 98 | 97 | 103 | 85 | 111 |
| Centile 95 | 131 | 123 | 133 | 105 | 142 |
| Minimum | 3 | 3 | 6 | 8 | 20 |
| Maximum | 174 | 151 | 180 | 130 | 179 |
| % valeurs manquantes | 0,2 % | 0,4 % | 8,4 % | 1,7 % | 1,4 % |

Distribution de l'indicateur d'exposition NO₂ en µg/m³ (moyenne journalière) par station, Nice, 2001-2002

| | Nice Cessole | Nice Eucalyptus | Nice Las Planas |
|----------------------|-----------------|--------------------|--------------------|
| Moyenne | 40,8 | 32,1 | 26,6 |
| Médiane | 40 | 32 | 27 |
| Ecart type | 12,6 | 9,6 | 9,1 |
| Centile 5 | 21 | 18 | 12 |
| Centile 25 | 32 | 25 | 20 |
| Centile 75 | 49 | 39 | 33 |
| Centile 95 | 62 | 49 | 43 |
| Minimum | 3 | 2 | 5 |
| Maximum | 83 | 59 | 63 |
| % valeurs manquantes | 11,2 % | 0 % | 1,1 % |

Distribution de l'indicateur d'exposition SO₂ en µg/m³ (moyenne journalière) par station, Nice, 2000-2002

| | Nice Las Planas | Cagnes/Mer Ladoumègues |
|----------------------|--------------------|---------------------------|
| Moyenne | 1,7 | 4,4 |
| Médiane | 2 | 4 |
| Ecart type | 1,1 | 2,6 |
| Centile 5 | 0 | 1 |
| Centile 25 | 1 | 3 |
| Centile 75 | 3 | 6 |
| Centile 95 | 3 | 9 |
| Minimum | 0 | 0 |
| Maximum | 7 | 21 |
| % valeurs manquantes | 0,5% | 35,4%* |

* Relevés du 12/09/2001 au 31/12/2002

Distribution de l'indicateur d'exposition PM₁₀ en µg/m³ (moyenne journalière), Nice, 2002

| | Cagnes/Mer Ladoumègues |
|----------------------|---------------------------|
| Moyenne | 27,17 |
| Médiane | 27 |
| Ecart type | 8,45 |
| Centile 5 | 14 |
| Centile 25 | 21 |
| Centile 75 | 33 |
| Centile 95 | 40 |
| Minimum | 8 |
| Maximum | 55 |
| % valeurs manquantes | 0,8 % |

ANNEXE 4. COEFFICIENTS DE CORRÉLATION ENTRE LES STATIONS DE MESURE

Annexe 4.1 Zone de Cannes

Coefficients de corrélation entre les stations de mesure, Cannes, 2001-2002

| NO ₂ | Antibes Jean Moulin | Cannes Broussailles | Grasse Clavecin |
|---------------------|------------------------|------------------------|--------------------|
| Antibes Jean Moulin | 1 | 0,83 | 0,44 |
| Cannes Broussailles | | 1 | 0,38 |
| Grasse Clavecin | | | 1 |

| O ₃ | Antibes Jean Moulin | Cannes Broussailles | Grasse Clavecin |
|---------------------|------------------------|------------------------|--------------------|
| Antibes Jean Moulin | 1 | 0,94 | 0,87 |
| Cannes Broussailles | | 1 | 0,89 |
| Grasse Clavecin | | | 1 |

| SO ₂ | Antibes Guynemer | Cannes Bvd Alsace |
|-------------------|---------------------|----------------------|
| Antibes Guynemer | 1 | 0,33 |
| Cannes Bvd Alsace | | 1 |

Annexe 4.2 Zone de Nice

Coefficients de corrélation entre les stations de mesure, Nice, 2000-2002

| NO ₂ | Nice Cessole | Nice Eucalyptus | Nice Las Planas |
|-----------------|-----------------|--------------------|--------------------|
| Nice Cessole | 1 | 0,72 | 0,72 |
| Nice Eucalyptus | | 1 | 0,62 |
| Nice Las Planas | | | 1 |

| O ₃ | Nice Brancoalar | Nice Cessole | Nice Eucalyptus | Nice Las Planas | Nice Ouest Botanique |
|----------------------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
| Nice Brancoalar | 1 | 0,96 | 0,96 | 0,83 | 0,95 |
| Nice Cessole | | 1 | 0,97 | 0,84 | 0,94 |
| Nice Eucalyptus | | | 1 | 0,82 | 0,96 |
| Nice Las Planas | | | | 1 | 0,86 |
| Nice Ouest Botanique | | | | | 1 |

| SO ₂ | Nice Las Planas | Cagnes/Mer Ladoumègues |
|------------------------|--------------------|---------------------------|
| Nice Las Planas | 1 | 0,096* |
| Cagnes/Mer Ladoumègues | | 1 |

* Pour la période de relevés communs : du 12/09/2001 au 31/12/2002.

ANNEXE 5. NOMBRE DE CAS ATTRIBUABLES, PAR POLLUANT, POUR CHAQUE INDICATEUR SANITAIRE ET CHAQUE SAISON ÉTUDIÉS, ZONE DE CANNES

Nombre de décès annuels anticipés attribuables, par polluant, pour chaque indicateur sanitaire et chaque saison étudiés, Cannes, 2001-2002

| Indicateurs sanitaires d'exposition | | Nombre annuel de cas attribuables [IC 95 %] |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------|
| Mortalité toutes causes | O ₃ été | 62,5 [26,4 ; 90,1] |
| | NO ₂ année | 69,3 [48,3 ; 90,3] |
| Mortalité respiratoire | O ₃ été | 6,7 [3,3 ; 10,9] |
| | NO ₂ année | 6,5 [2,5 ; 10,6] |
| Mortalité cardio-vasculaire | O ₃ été | 31,9 [11,3 ; 53,4] |
| | NO ₂ année | 27,5 [11,4 ; 41,5] |

Nombre annuel d'admissions hospitalières attribuables par polluant pour chaque pathologie et chaque saison étudiées, Cannes, 2001-2002

| Indicateurs sanitaires d'exposition | | Nombre annuel de cas attribuables [IC 95 %] |
|----------------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------|
| Morbidité respiratoire 15-64 ans | O ₃ été | 7,5 [0 ; 18,5] |
| | NO ₂ année | 3,0 [0 ; 10,7] |
| Morbidité respiratoire 65 ans et plus | O ₃ été | 23,7 [11,7 ; 42,2] |
| | NO ₂ année | 10,2 [0 ; 30,8] |
| Morbidité cardio-vasculaire | NO ₂ hiver | 48,0 [28,7 ; 67,6] |
| | NO ₂ été | 34,5 [20,0 ; 49,0] |

ANNEXE 6. NOMBRE DE CAS ATTRIBUABLES, PAR POLLUANT, POUR CHAQUE INDICATEUR SANITAIRE ET CHAQUE SAISON ÉTUDIÉS, ZONE DE NICE

Nombre annuel de décès anticipés attribuables, par polluant, pour chaque indicateur sanitaire et chaque saison étudiés, Nice, 2001-2002

| Indicateurs sanitaires d'exposition | | Nombre annuel de cas attribuables [IC 95 %] |
|-------------------------------------|-----------------------|------------------------------------------------|
| Mortalité toutes causes | | |
| | O ₃ été | 88,9 [37,7 ; 128,0] |
| | NO ₂ année | 107,8 [75,3 ; 140,5] |
| Mortalité respiratoire | | |
| | O ₃ été | 8,4 [4,1 ; 13,6] |
| | NO ₂ année | 9,3 [3,5 ; 15,1] |
| Mortalité cardio-vasculaire | | |
| | O ₃ été | 42,2 [15,1 ; 70,4] |
| | NO ₂ année | 41,8 [17,3 ; 63,0] |

Nombre annuel d'admissions hospitalières attribuables, par polluant, pour chaque pathologie et chaque saison étudiées, Nice, 2001-2002

| Indicateurs sanitaires d'exposition | | Nombre annuel de cas attribuables [IC 95 %] |
|----------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------|
| Morbidité respiratoire 15-64 ans | | |
| | O ₃ été | 7,7 [0 ; 19,6] |
| | NO ₂ année | 3,3 [0 ; 11,5] |
| Morbidité respiratoire 65 ans et plus | | |
| | O ₃ été | 29,0 [14,3 ; 51,5] |
| | NO ₂ année | 13,3 [0-40 ; 3] |
| Morbidité cardio-vasculaire | | |
| | NO ₂ hiver | 50,1 [29,9 ; 70,4] |
| | NO ₂ été | 36,3 [21,1 ; 51,6] |
| Morbidité cardiaque tous âges | | |
| | PM ₁₀ année 2002 | 15,6 [6,2 ; 25,0] |
| Morbidité cardiaque 65 ans et plus | | |
| | PM ₁₀ année 2002 | 16,0 [9,1 ; 22,9] |

Evaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique urbaine Agglomérations de Cannes et de Nice - Impact à court et long terme

L'évaluation de l'impact sanitaire de la pollution atmosphérique sur les agglomérations de Nice et Cannes, présentée dans ce rapport, s'inscrit dans la continuité des orientations du plan régional pour la qualité de l'air de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, qui fixe les orientations visant à prévenir, réduire ou atténuer les effets de la pollution atmosphérique.

L'impact sanitaire à court et long terme de la pollution atmosphérique est estimé en termes de morbidité (admissions hospitalières) et de mortalité anticipée.

Deux zones d'études, où l'exposition de la population à la pollution atmosphérique peut être considérée comme homogène, ont été retenues. La zone d'étude de Cannes est composée de sept communes : Antibes, Cannes, Le Cannet, Mandelieu-la-Napoule, Mougins, Théoule-sur-Mer et Vallauris. La zone de Nice correspond aux quatre communes suivantes : Nice, Saint-Laurent-du-Var, Cagnes-sur-Mer et Villeneuve-Loubet. Ces deux zones regroupent les principales communes de la zone côtière de Cannes à Nice et représentent une population totale de 669 923 habitants.

Concernant l'impact sanitaire à court terme, le nombre annuel de décès anticipés, attribuables à la pollution atmosphérique, s'élève à 177 décès, dont 74 décès par mortalité cardio-vasculaire et 16 décès par mortalité respiratoire pour les principales communes de la zone côtière de Cannes à Nice. Le calcul des gains sanitaires, associé à différents scénarios de réduction de la pollution atmosphérique, montre que les scénarios les plus efficaces sont ceux qui correspondent à des diminutions de 25 % des niveaux journaliers. Concernant les gains sanitaires à long terme sur la zone de Nice, le respect de la norme européenne prévue en 2010 pour les niveaux annuels en PM_{10} devrait permettre d'éviter 137 décès sur la totalité des décès enregistrés sur une année.

Cette étude montre notamment que les effets sanitaires apparaissent à des niveaux de pollution bien inférieurs à ceux pour lesquels les mesures sont prises actuellement et que les actions les plus efficaces seraient donc celles qui associeraient une réduction des émissions à la source, de façon quotidienne, à une diminution importante du nombre de pics annuels de pollution.

Health impact assessment of urban air pollution

Areas of Cannes and Nice - Short and long-term impact

A health impact assessment of air pollution based on the InVS guidelines has been conducted in Nice and Cannes following the Regional Plan for the quality of air in the region of Provence-Alpes-Côte d'Azur.

Short and long term effects of air pollution were estimated on morbidity (hospital admissions) and advanced mortality.

Two study areas, into which the air pollution exposition could be considered as homogeneous, were selected. Cannes area is constituted with 7 cities: Antibes, Cannes, Le Cannet, Mandelieu-la-Napoule, Mougins, Théoule-sur-Mer and Vallauris. Nice area includes 4 cities: Nice, Saint-Laurent-du-Var, Cagnes-sur-Mer, and Villeneuve-Loubet. These 2 areas include the main cities of the coast area from Cannes to Nice and represent a total population of 669 923 inhabitants.

Concerning the short-term impact, the number of annual advanced deaths due to air pollution is 177 for total mortality, including 74 deaths for cardio-vascular diseases and 16 deaths for respiratory diseases in the main cities of the area of Cannes and Nice. The different scenarios of air pollution reduction showed that the most effective ones are those that lead to reduce by 25% the daily levels of pollutants. Regarding long-term effects on Nice area, the different scenarios showed that, for PM_{10} levels, the respect of the European Community limits value for PM_{10} within year 2010, should allow to avoid 137 deaths in one year.

Results showed that air pollution is implicated in health effects even for levels of pollution lower than current French limits. The most effective actions should therefore associate the reduction of the emission sources on a daily basis and the decrease of the over-limits levels of pollution.