



# LES PARTICULES DE L'AIR AMBIANT

## VUE D'ENSEMBLE

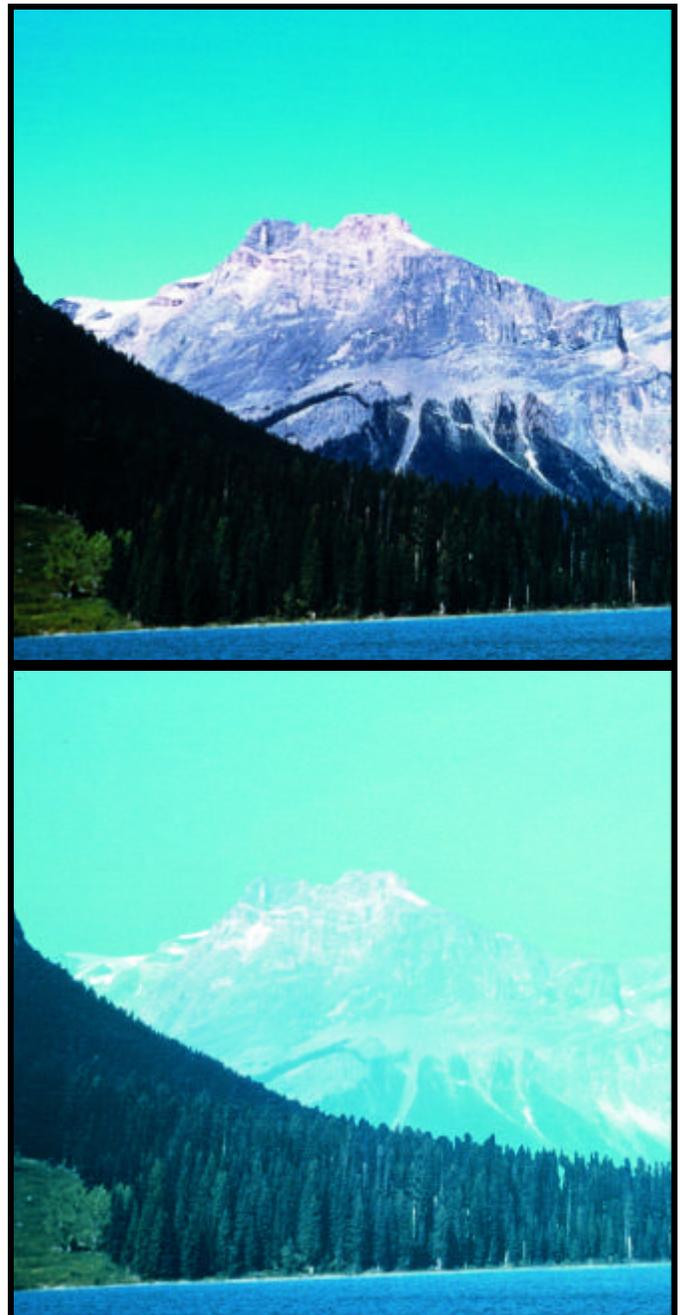
Les particules en suspension dans l'air ambiant constituent une préoccupation environnementale grandissante. On sait depuis longtemps qu'une forte concentration de très petites particules dans l'atmosphère, comme celle observée à Londres lors du célèbre brouillard « meurtrier » de décembre 1952, peut gravement affecter la santé des personnes sensibles — les malades et les personnes âgées — et même causer directement ou indirectement la mort. Plus récemment, on s'est rendu compte qu'une concentration faible de particules dans l'atmosphère, comme on enregistre actuellement dans toutes les régions du Canada, peut aussi nuire à la santé humaine. Le problème est de taille, car les particules sont omniprésentes et proviennent de sources multiples étroitement liées à l'industrialisation de notre société.

### Que sont les particules?

Les caractéristiques physiques et chimiques des particules sont complexes, ce qui s'explique par leurs sources multiples et les modifications qu'elles subissent constamment en interagissant avec d'autres éléments présents dans l'atmosphère. Compte tenu de cette complexité, il est apparu utile de classer les particules selon trois grands critères: (i) leur taille, (ii) leur source et (iii) leur composition.

#### Encadré 1 : Que sont les particules?

Le terme « particules » désigne ici toutes les particules liquides et solides qui sont en suspension dans l'air, à l'exception de l'eau pure, et qui sont de taille microscopique. Les particules grossières (diamètre de 2,5 à 10  $\mu\text{m}$ ) et les particules fines (diamètre de moins de 2,5  $\mu\text{m}$ ) sont les plus préoccupantes pour la santé humaine et peuvent aussi réduire la visibilité. Les particules grossières se composent surtout de matières issues de l'écorce terrestre (sol, minéraux, etc.), tandis que les particules fines, généralement produites par les activités humaines, renferment des sulfates, des nitrates, de l'ammonium, des métaux et des centaines de composés organiques.



### i) Dimension des particules

Le diamètre des particules peut varier de 0,005  $\mu\text{m}$  (micromètres) à 100  $\mu\text{m}$  environ. À des fins de comparaison, précisons que le cheveu humain a une épaisseur d'environ 70  $\mu\text{m}$ . Les plus grosses particules étant suffisamment lourdes pour se déposer rapidement, les chercheurs se préoccupent davantage des particules de diamètre inférieur à environ 40  $\mu\text{m}$ , qui restent « en suspension » dans l'air ambiant. Ces particules, appelées **particules en suspension totales (PST)**, présentent une répartition de masses caractéristique qui permet d'en distinguer deux types: **les particules grossières** (diamètre de 2,5 à 10  $\mu\text{m}$ ) et **les particules fines** (diamètre de moins de 2,5  $\mu\text{m}$ ). La figure 1 résume la composition des particules de chaque type. *Dans la terminologie courante, on appelle PM10 l'ensemble des particules de diamètre inférieur à 10  $\mu\text{m}$  et PM2,5 l'ensemble des particules de diamètre inférieur à 2,5  $\mu\text{m}$ .*

Au fur et à mesure que les chercheurs approfondissaient la question des effets des particules sur la santé, leur attention s'est tournée vers des particules de plus en plus petites. Les

particules les plus petites peuvent rester en suspension dans l'air pendant des jours, voire des semaines, et peuvent aussi pénétrer beaucoup plus profondément dans les voies respiratoires. C'est ce qui explique le grand intérêt que suscitent actuellement les particules de moins de 10  $\mu\text{m}$  de diamètre. Dernièrement, les recherches ont aussi porté sur les **particules très fines**, mesurant moins de 0,1  $\mu\text{m}$  de diamètre.

### ii) Sources

Les particules sont des polluants omniprésents, étant donné que leurs sources sont à la fois **naturelles** et **anthropiques** (découlant de l'activité humaine). Les **particules naturelles** comprennent les poussières du sol et les particules minérales soulevées par le vent, la poussière volcanique, les embruns salins et les matières biologiques comme le pollen, les spores, les bactéries et les débris provenant des feux de forêt. En général, les sources naturelles produisent des particules grossières mais, sous l'effet de températures très élevées — dans le cas de feux de forêt, par exemple — certaines d'entre elles produisent des particules fines. Les **sources anthropiques** produisent à la fois des particules fines et des particules grossières. Les sols agricoles soufflés par le vent et les poussières des routes et chantiers de construction produisent surtout des particules grossières, qu'on peut qualifier d'anthropiques. Les particules plus petites, de composition chimique plus complexe, sont produites par l'utilisation des combustibles fossiles (centrales thermiques, automobiles, chaudières industrielles, chauffage résidentiel, etc.).

Autre distinction importante, certaines particules sont rejetées directement dans l'atmosphère (**particules primaires**), tandis que d'autres **se forment** dans l'atmosphère à partir d'émissions gazeuses (**particules secondaires**). Les **particules primaires** sont le résultat de procédés ou forces physiques comme le concassage, le meulage et l'érosion, qui provoquent la fragmentation de grosses particules en particules plus petites. Comme on peut s'y attendre, les particules ainsi produites sont surtout des particules grossières. D'autres particules primaires sont émises directement dans l'atmosphère par les sources de combustion, comme les particules de carbone élémentaire et de carbone organique; dans ce cas, il s'agit de particules fines.

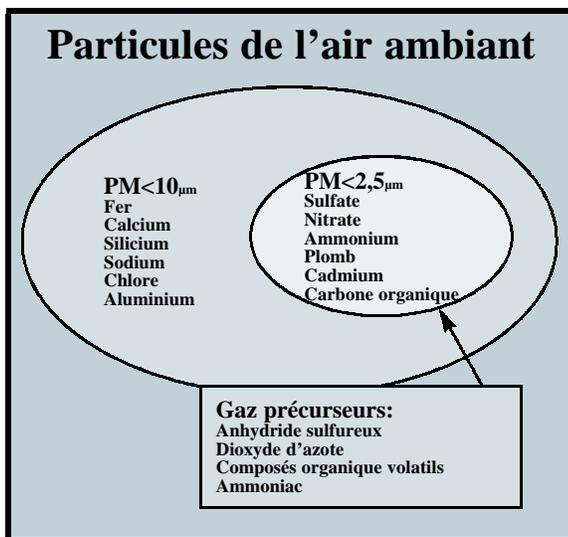


Figure 1 : Composition des particules selon leur taille, avec sommaire des gaz précurseurs contribuant à la formation des particules PM2,5.

**Les particules secondaires** sont le résultat de réactions chimiques faisant intervenir des gaz et des particules déjà présentes dans l'atmosphère. Les particules ainsi formées sont des particules fines (moins de 2,5 µm). Les gaz précurseurs les plus souvent associés à ces réactions sont les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), l'anhydride sulfureux (SO<sub>2</sub>), les composés organiques volatils (COV) et l'ammoniac (NH<sub>3</sub>), qui produisent des particules de nitrate et de sulfate (souvent sous forme de nitrate d'ammonium et de sulfate d'ammonium) ainsi que de nombreux composés organiques (figure 1). Tous les gaz précurseurs sont produits par la combustion de combustibles fossiles ou par d'autres procédés industriels, très nombreux. Des métaux lourds volatils sont aussi émis sous forme de vapeur durant la combustion et l'application d'autres procédés à haute température. Ces métaux lourds peuvent ensuite se condenser dans l'atmosphère pour former des particules fines.

Il existe un grand nombre de sources naturelles et anthropiques de particules (tableau 1). Les estimations actuelles quant à l'importance des sources réelles d'émissions au Canada se limitent aux particules primaires et sont donc incomplètes. Ces données démontrent tout de même que les sites à ciel ouvert, comme les routes et les chantiers de construction, constituent des sources très importantes de particules primaires et secondaires. Ceci pose un problème pour l'établissement de stratégies de lutte contre la pollution particulaire. Il faudra en effet obtenir des estimations sur l'importance des sources de particules secondaires si l'on veut compléter les données sur les

émissions primaires. Toutefois, ces estimations ne peuvent être obtenues qu'à partir de modèles mathématiques qui tiennent compte des émissions de gaz précurseurs et des processus chimiques atmosphériques fort complexes entrant en jeu dans la formation des particules secondaires. Or, ces modèles sont encore au stade de l'élaboration.

Les émissions américaines de gaz précurseurs (NO<sub>x</sub>, VOC et SO<sub>2</sub>) peuvent également contribuer aux concentrations de particules dans l'atmosphère au Canada, particulièrement en Ontario, au Québec et dans les Maritimes, à cause des vents dominants qui favorisent l'arrivée de masses d'air en provenance de l'est des États-Unis. Les particules secondaires PM<sub>2,5</sub> peuvent aussi se maintenir dans l'atmosphère pendant des jours et même des semaines; elles peuvent donc être transportées sur de longues distances. C'est pourquoi les particules PM<sub>2,5</sub> constituent davantage un problème régional que les particules PM<sub>10</sub> (qui comprennent les particules grossières), celles-ci étant plus étroitement associées aux sources locales.

### iii) Composition des particules

Les particules grossières et les particules fines présentent des propriétés physiques et chimiques nettement différentes,

traduisant les matières et les mécanismes qui sont à l'origine de chacun de ces types de particules. Les particules grossières proviennent principalement de l'écorce terrestre et sont donc riches en oxydes de fer, de calcium, de silicium et d'aluminium (figure 1). Dans

Tableau 1 : Sources de particules

	Naturelles		Anthropiques	
	Primaires	Secondaires	Primaires	Secondaires
PM <sub>2,5</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• feux de forêt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• COV biosynthétiques</li> <li>• nitrates provenant d'émissions naturelles de NO<sub>x</sub> (principalement des processus pédologiques)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• utilisation de combustibles fossiles (industrielle, résidentielle, automobile)</li> <li>• routes et chantiers de construction (usure des freins et des pneus, poussière)</li> <li>• fusion des métaux</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• COV anthropiques (automobiles, procédés industriels, solvants)</li> <li>• sulfates et nitrates d'origine provenant de sources anthropiques de SO<sub>2</sub>, de NO<sub>x</sub> et de NH<sub>3</sub> (véhicules, centrales, etc.)</li> </ul>
PM <sub>10</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• poussières soulevées par le vent</li> <li>• embruns salins</li> <li>• pollen, spores</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• poussières minérales issues de travaux miniers</li> <li>• poussières provenant des sols agricoles</li> <li>• poussières provenant des routes et des chantiers</li> </ul>	

les régions côtières, les embruns salins constituent une source importante de particules grossières généralement enrichies de chlorure de sodium. Les particules fines se composent surtout de sulfate, de nitrate, d'ammonium, de composés carbonés minéraux et organiques ainsi que de métaux lourds comme le plomb et le cadmium. Toutes ces substances sont indicatrices d'activités humaines. Le sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) a été reconnu à maintes reprises comme la substance la plus abondante dans les particules fines. Toutefois, jusqu'à maintenant, seuls quelques-uns des nombreux composés organiques (potentiellement toxiques) présents dans les particules fines ont été identifiés; or, tous ces composés mis ensemble représentent environ 50% de la masse des particules fines.

La composition des particules  $\text{PM}_{2,5}$  présente des variations marquées selon les régions du Canada, et ces variations traduisent la répartition des principales sources d'émissions. Dans la figure 2, par exemple, on remarquera qu'à Abbotsford, dans la vallée du Bas-Fraser (Colombie-Britannique), les nitrates et les sulfates contribuent également aux particules  $\text{PM}_{2,5}$ , qui renferment en outre beaucoup de carbone organique, alors qu'à St. Andrews (Nouveau-Brunswick), sur la côte est, les nitrates contribuent beaucoup moins que les sulfates à la masse globale de ces particules, qui renferment par ailleurs beaucoup moins de composés carbonés qu'en Colombie-Britannique.

Ces différences chimiques entraînent en même temps des différences dans les propriétés physiques. Ainsi, la nature « hygroscopique » (la capacité d'absorber l'eau) des particules est fonction de leur composition chimique, laquelle influe grandement sur leur taille, leur forme, leur pH (acidité), leur réactivité, etc. De plus, la composition chimique plus complexe des particules secondaires se traduit par une structure physique également plus complexe, comportant notamment une superficie extérieure plus grande par rapport à la masse et une surface irrégulière. Or, ces deux facteurs augmentent la réactivité des particules et rendent les particules fines plus toxiques que les particules grossières.

#### Lien entre les particules et d'autres paramètres associés à la qualité de l'air

L'examen du processus de formation des particules secondaires et du rôle des gaz précurseurs révèle l'existence de liens directs entre le problème des particules dans l'air ambiant et un certain nombre d'autres questions environnementales préoccupantes (figure 3). Les émissions de  $\text{SO}_2$  et de  $\text{NO}_x$ , principaux polluants associés à la formation des pluies acides, établissent un lien entre les particules et le problème des **retombées acides**. Par ailleurs, la présence d'**ozone troposphérique**, principal composant du brouillard photochimique, est liée aux particules par les  $\text{NO}_x$  et les COV, gaz précurseurs communs aux deux phénomènes. Les particules

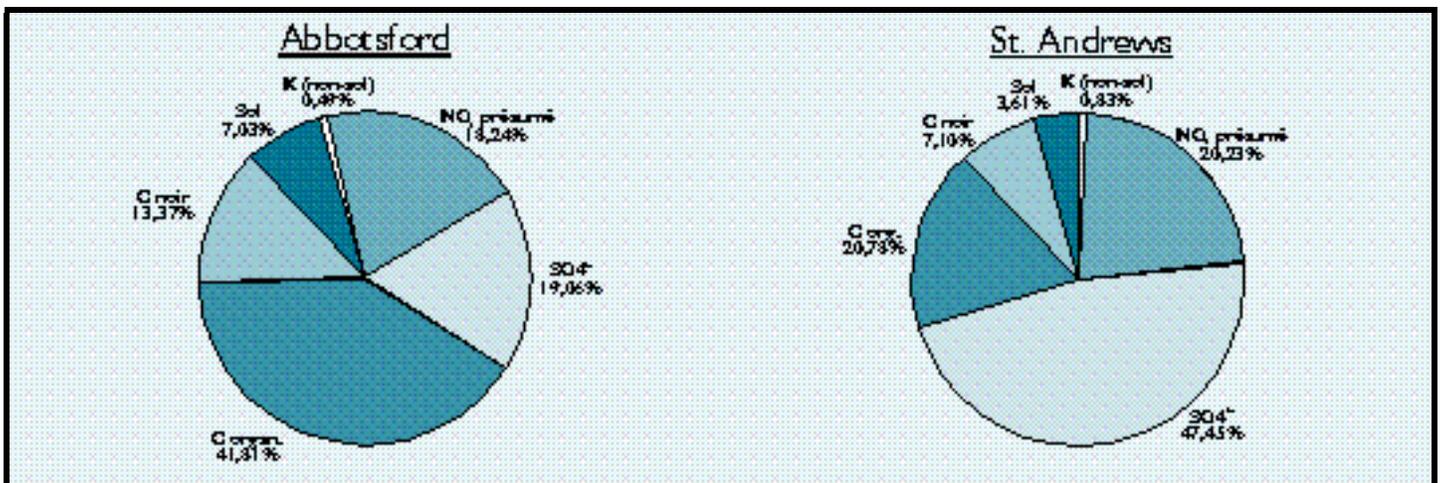


Figure 2 : Composition relative des particules  $\text{PM}_{2,5}$  à Abbotsford (Colombie-Britannique) et à St. Andrews (Nouveau-Brunswick). C org. = carbone organique.

ules sont aussi associées aux **polluants atmosphériques dangereux** (PAD)-étant donné la présence dans les particules de carbone organique et de métaux, dont plusieurs métaux toxiques. Les particules peuvent aussi transporter d'autres contaminants toxiques, comme des pesticides. L'étude de ces rapports permet de mieux comprendre les processus atmosphériques impliqués dans la pollution et d'élaborer des stratégies de lutte ciblant plusieurs problèmes simultanément.

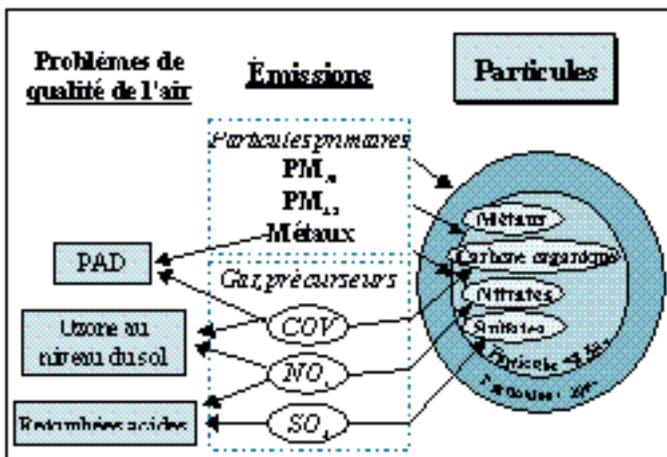


Figure 3: Liens entre les problèmes de qualité de l'air, les émissions et les particules.

### Concentrations de particules dans l'air ambiant au Canada

Dans tous les sites canadiens, la concentration de particules dans l'air ambiant est déterminée par plusieurs facteurs, dont les sources locales de particules, le transport à grande distance, les conditions météorologiques ainsi que la topographie et les autres caractéristiques physiques, comme la proximité d'une montagne, d'un lac ou d'un océan. Par conséquent, la concentration des particules varie selon les saisons, selon les heures du jour et selon la nature du site. On observe même des différences marquées entre sites se trouvant à l'intérieur d'une même ville. Par ailleurs, le problème des particules ne se limite pas uniquement aux grandes agglomérations: ailleurs, on peut s'attendre à des concentrations élevées de particules si les sources locales sont importantes (comme dans le cas des petites villes industrielles), si le transport à grande distance est appréciable, ou si les conditions topographiques et météorologiques font obstacle à la dispersion des polluants.

Le Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (RNSPA) est un programme conjoint fédéral, provincial et municipal chargé de la surveillance de la qualité de l'air au Canada. Ce réseau de surveillance fournit des données sur la concentration de particules dans l'air ambiant des villes et de certains localités rurales du pays. Cette information sert à établir des tendances en matière de qualité de l'air pour les diverses villes et régions du Canada. La concentration de particules est mesurée principalement en termes de masse totale de particules. Dans certaines localités, on analyse également la composition des particules. En général, les mesures de masse servent à analyser les tendances à long terme et à évaluer les résultats des programmes de qualité de l'air. Les particules sont interceptées par des filtres, qui sont ensuite pesés. Les têtes d'échantillonnage des appareils de mesure peuvent être modifiées de manière à admettre des particules de taille déterminée. La mesure des particules en suspension totales a débuté en 1974, et celle des particules PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>, en 1984. Actuellement, au Canada, environ 70 sites de mesure des particules PM<sub>10</sub> et 40 sites de mesure des particules PM<sub>2,5</sub> sont en exploitation.

En général, les échantillons sont prélevés pendant 24 heures, une fois tous les six jours. En procédant de cette façon sur une longue période de temps, on obtient un échantillonnage uniforme pour les divers jours de la semaine. Les données sur les particules sont présentées sous forme de concentrations moyennes quotidiennes (sur 24 h). Actuellement, grâce à de nouveaux appareils, il est possible d'effectuer à toutes les heures des mesures sur la concentration de particules PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>. La limite de détection de ces appareils est généralement de 1 µg/m<sup>3</sup>. Le nombre de ces appareils de mesure en continu augmente progressivement dans le réseau canadien.

### Caractéristiques générales des données sur les particules

Les données sur les particules provenant de presque tous les sites de surveillance présentent certaines caractéristiques communes (figure 4). La distribution des concentrations est, dans l'ensemble, très asymétrique, une majorité d'échantillons présentant des concentrations faibles de particules et un petit nombre d'échantillons affichant des concentrations très élevées. Cette répartition traduit sans doute la nature des émis-

sions de particules, les fortes émissions polluantes constituant des événements épisodiques ou peu fréquents. Les facteurs météorologiques comme la température et la vitesse des vents, qui influent sur la superficie atteinte par la dispersion des polluants, jouent également un rôle important. On estime cependant que dans les évaluations actuellement effectuées au Canada, la concentration maximale des particules PM10 et

PM2,5 est sous-estimée de 20 à 30%, en raison du calendrier d'échantillonnage (une fois tous les six jours). Avec cette méthode, les cas d'émissions élevées, peu fréquents, risquent de ne pas être enregistrés.

### Concentrations de fond des particules

Les sources naturelles de particules contribuent à la fois à la concentration de particules fines et à celle de particules grossières. La concentration de fond est donc la concentration naturelle qui serait enregistrée en l'absence de toute source anthropique. Elle varie selon la saison (variations de la densité du pollen et des spores ainsi que de l'humidité relative) et selon l'importance des sources locales de particules (océans, feux de forêt, etc.). Étant donné la contribution du transport à grande distance de particules fines et de gaz précurseurs, il est difficile de déterminer avec exactitude l'importance des concentrations de fond, puisque même les régions éloignées peuvent être affectées par des sources anthropiques. Dans les régions éloignées de l'Amérique du Nord, on estime que les concentrations de fond vont de 4 à 12  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les particules PM10 et de 1 à 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  pour les particules PM2,5 (moyennes annuelles). Cependant, sur de plus courtes périodes, les concentrations de fond peuvent être beaucoup plus élevées en raison de la nature épisodique de nombreuses sources naturelles de particules, comme les tempêtes de poussière et les incendies de forêt.

### Particules en suspension totales (PST)

Selon les données recueillies de 1984 à 1993 par le Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (RNSPA), les plus faibles concentrations médianes de particules en suspension totales (PST) ont été enregistrées à Halifax (environ 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ainsi qu'à Ottawa et dans deux sites de Colombie-Britannique (35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), tandis que les plus élevées ont été enregistrées à Montréal, Edmonton et Calgary (60 à 70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Les concentrations élevées de PST peuvent dépasser 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , les valeurs maximales atteignant épisodiquement plusieurs centaines de  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dans l'ensemble, les sites de la région des Prairies ont tendance à afficher des concentrations de PST plus élevées et plus variables. L'analyse des données sur les PST recueillies de 1981 à 1990 révèle que les concentrations canadiennes de PST ont chuté de 34 % pendant cette période.

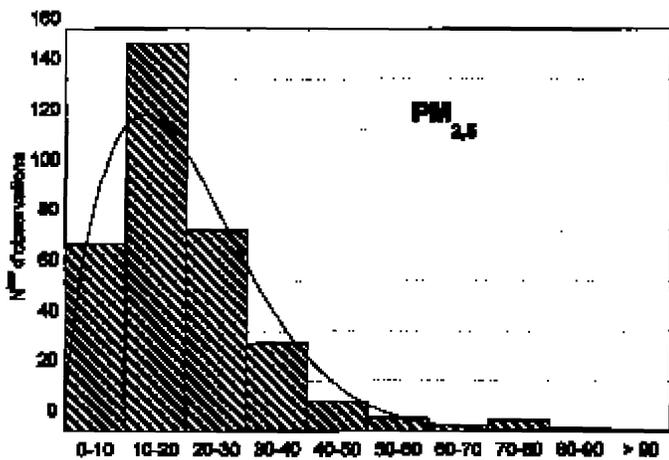
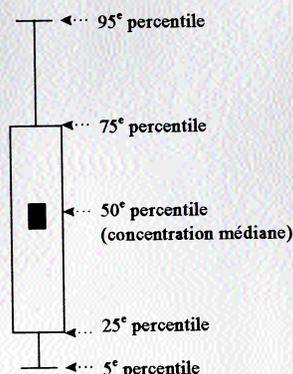


Figure 4 : Distribution caractéristique de la concentration de particules PM2,5 (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) pendant 24 h (Site 50109, Montréal)

#### Encadré 2 : Conventions graphiques

On se sert souvent de boîtes pour représenter les données sur les particules. Cette méthode est souvent utilisée pour les données sur la qualité de l'air, car elle permet de préciser à la fois la moyenne et l'étendue des valeurs pour chacun des sites, en termes de percentiles. Dans ce genre de graphique, on indique généralement la médiane (50<sup>e</sup> percentile) ainsi que les 5<sup>e</sup>, 25<sup>e</sup>, 75<sup>e</sup> et 95<sup>e</sup> percentiles. À titre d'exemple, le 95<sup>e</sup> percentile correspond à la concentration maximale décrivant 95% des valeurs observées.



## Particules PM10

Les particules PM10 englobent toutes les particules en suspension dans l'air ambiant qui ont un diamètre inférieur à 10  $\mu\text{m}$ , ce qui comprend évidemment celles qui ont un diamètre inférieur à 2,5  $\mu\text{m}$ . Les données du RNSPA montrent que les concentrations moyennes de particules PM10 pendant 24 h varient entre 9 et 42  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  au Canada, la plupart des sites affichant des concentrations allant de 20 à 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (figure 5). Les sites qui affichent généralement les plus fortes concentrations se trouvent à Montréal, Windsor, Hamilton, Walpole Island (site non urbain, près de Detroit) et Calgary. Les sites de Toronto, Winnipeg, Regina et Edmonton affichent également des concentrations relativement élevées de particules PM10. Les valeurs maximales épisodiques sont cependant plus élevées, de nombreux sites affichant des valeurs supérieures à 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , et quelques sites, des valeurs atteignant presque 180  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

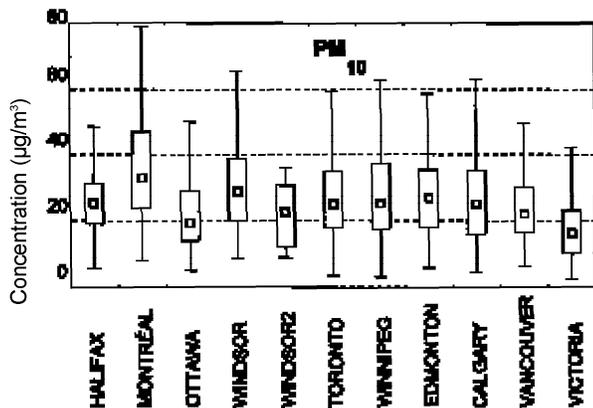


Figure 5 : Distribution des concentrations de particules PM10 dans onze sites urbains (1984-1993).

L'analyse des concentrations de particules PM10 a démontré que celles-ci ne présentent pas les mêmes tendances saisonnières partout au Canada. Dans les provinces de l'Atlantique, elles affichent un profil variable: c'est en été que la ville de Saint-Jean (Nouveau-Brunswick) et le parc national Kejimikujik présentent les plus fortes concentrations de particules PM10, tandis qu'à Halifax c'est en hiver que ces concentrations sont les plus élevées. Les sites ontariens ont connu leurs plus fortes concentrations durant les mois d'été, ce qui correspond sans doute aux concentrations record de gaz précurseurs ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ , etc.) enregistrées en été dans le sud

de l'Ontario. Les sites des Prairies, pour leur part, ont connu des maxima au printemps; on croit que cette tendance tient à certains facteurs comme la faible épaisseur du manteau neigeux et de la couverture végétale durant cette période (lesquels empêcheraient autrement la poussière du sol d'être soulevée) ainsi que l'importance des débris de sablage dans les rues. De même, les sites de Colombie-Britannique ont tendance à connaître leurs plus fortes concentrations au début du printemps ou en hiver. Les variations saisonnières de la concentration de particules PM10 peuvent résulter à la fois de facteurs naturels et de facteurs anthropiques.

Dans des sites urbains, on a observé un profil uniforme des concentrations de particules PM10 pendant les jours de semaine, tendance que l'on attribue uniquement à un effet anthropique. Dans la plupart de ces sites, les concentrations de particules PM10 sont minimales le dimanche et maximales en milieu de semaine, en raison des sources automobiles et industrielles. Dans les sites de mesure situés près d'une route, cette différence peut être encore plus importante (concentration supérieure de 50% en milieu de semaine), ce qui démontre clairement l'incidence des émissions liées aux moyens de transport.

Au cours de la période 1984-1993, les concentrations moyennes annuelles de particules PM10 ont diminué en moyenne de 2% par année dans l'ensemble du pays.

## Particules PM2,5

Selon les données du Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (RNSPA), les concentrations moyennes de particules PM2,5 pendant 24 heures varient de 7 à 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dans tout le Canada. Les sites où l'on observe généralement les plus fortes concentrations sont situés dans le corridor Windsor-Québec et à Vancouver; on sait que ces régions affichent également des taux élevés d'émission de gaz précurseurs  $\text{NO}_x$  et  $\text{SO}_2$  (figure 6). Dans ces régions, les concentrations de particules PM2,5 sont souvent supérieures à 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , et les concentrations maximales peuvent dépasser 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Les sites des Prairies présentent des concentrations de particules PM2,5 particulièrement faibles, et moins variables (figure 6).

La variabilité saisonnière des concentrations de particules PM2,5 est encore plus marquée que dans le cas des particules PM10; une fois de plus, il semble qu'aucun profil spatial per-

ceptible ne soit rattaché à cette variabilité. Par exemple, les sites des Maritimes présentent les concentrations les plus élevées en été et en hiver. La plupart des sites du sud de l'Ontario atteignent leurs concentrations maximales pendant les mois d'été, ce qui correspond aux concentrations estivales élevées de  $\text{NO}_x$  et de  $\text{SO}_2$  dans cette région; toutefois, Ottawa connaît ses plus fortes concentrations en hiver. D'autres sites atteignent leurs concentrations maximales en hiver (janvier/février): Montréal, Edmonton, Calgary, Vancouver et Victoria. Un cycle hebdomadaire marqué des concentrations de particules  $\text{PM}_{2,5}$  a également été observé. Les concentrations moyennes de particules  $\text{PM}_{2,5}$  en milieu de semaine sont de 23% supérieures (en moyenne) à celles du dimanche. Dans les sites de mesure situés près d'une route, cette différence peut atteindre 60%. Cela démontre, une fois de plus, que les émissions liées aux moyens de transport ont une grande incidence sur les concentrations de particules.

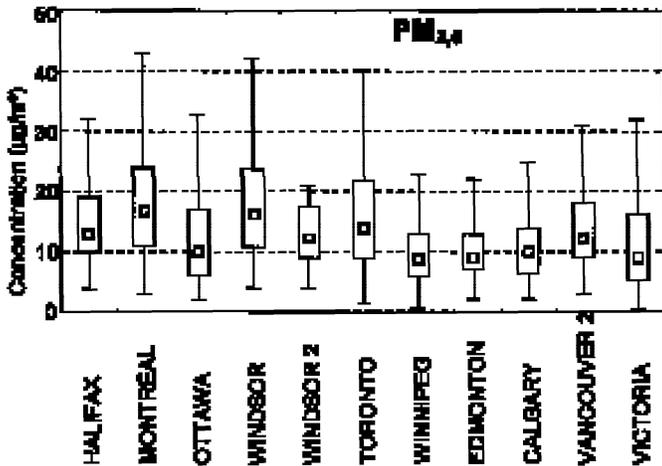


Figure 6 : Distribution des concentrations de particules  $\text{PM}_{2,5}$  dans les 11 sites urbains (1984-1993).

L'analyse des concentrations de particules  $\text{PM}_{2,5}$  au cours de la période 1984-1993 révèle que ces concentrations ont diminué de façon appréciable dans l'ensemble du pays, soit de 3,3% en moyenne par année.

### Rapports entre les PST, les particules $\text{PM}_{10}$ , les particules $\text{PM}_{2,5}$ et les sulfates

Comme la source et les caractéristiques chimiques des particules varient en fonction de leur taille, il est utile de connaître la proportion de particules  $\text{PM}_{10}$  ou  $\text{PM}_{2,5}$  dans les PST, ou la proportion de sulfates particulaires dans les particules  $\text{PM}_{2,5}$ , et de savoir comment ces proportions varient d'une région à l'autre du pays. Il nous sera ainsi plus facile de concevoir des stratégies de lutte efficaces, qui cibleront différents diamètres de particules dans les diverses régions du pays.

Au Canada, les particules  $\text{PM}_{10}$  constituent en moyenne environ 50% des PST, tandis que les particules  $\text{PM}_{2,5}$  en constituent environ 25%. En conséquence, le rapport moyen entre les particules  $\text{PM}_{2,5}$  et les particules  $\text{PM}_{10}$  est également de 50% environ. Ces rapports présentent toutefois des variations importantes, autant au sein des sites qu'entre les sites. La pro-

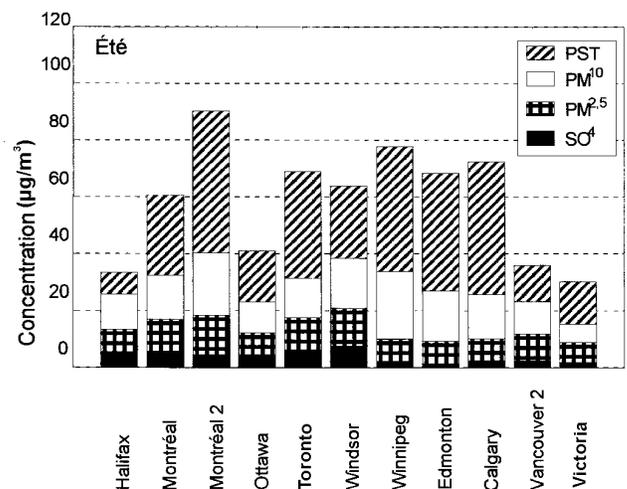


Figure 7: Rapports entre les concentrations moyennes de PST, de particules  $\text{PM}_{10}$ , de particules  $\text{PM}_{2,5}$  et de sulfates dans 11 sites urbains (1984-1993) durant l'été. Chaque section des barres du graphique indique la concentration moyenne sur 24 heures, en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (à Halifax, par exemple, les concentrations moyennes de PST, de particules  $\text{PM}_{10}$ , de particules  $\text{PM}_{2,5}$  et de sulfates étaient respectivement de 33, 27, 16 et 4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

#### Encadré 3 : Différences de concentration de particules au sein d'une même ville

La figure 7 montre bien que les concentrations de particules peuvent varier considérablement au sein d'une même ville, dans ce cas-ci Montréal. Le site « Montréal 2 » se trouve tout près d'un secteur très passant, ce qui explique les concentrations plus élevées de PST et de particules  $\text{PM}_{10}$  dans ce site par rapport à l'autre site montréalais, qui se trouve dans un secteur industriel. On comprend donc qu'il est difficile de gérer la qualité de l'air, du moins en ce qui concerne les particules, puisque la diversité des sources à l'intérieur d'un secteur relativement restreint peut avoir une incidence appréciable sur la concentration et les caractéristiques des particules de l'air ambiant.

portion des particules PM<sub>2,5</sub> constituée par des sulfates est bien moindre dans l'ouest du Canada que dans l'est (figure 7). Cette tendance a été observée à plusieurs reprises et est directement imputable à la concentration des émissions nord-américaines de SO<sub>2</sub> dans l'est du continent.

Dans la figure 7, on remarquera notamment la faible concentration de particules PM<sub>2,5</sub>, par rapport à celle de particules PM<sub>10</sub>, dans les sites des Prairies. Cette observation tend à confirmer ce que l'on connaît généralement de l'environnement des Prairies, à savoir qu'une grande partie des particules de l'air ambiant proviennent de l'écorce terrestre (particules de sol en suspension dans l'air).

### Effets des particules sur la santé humaine

Les effets nocifs de l'exposition aux particules sont strictement associés à l'appareil cardiorespiratoire (cœur et poumons). Plus les particules sont petites, plus elles peuvent pénétrer profondément dans les voies respiratoires, ce qui augmente les risques d'effets nocifs. Les particules de diamètre inférieur à 10 µm (PM<sub>10</sub>) peuvent même atteindre les poumons et sont parfois appelées, pour cette raison, « particules inhalables ». Les plus grosses de ces particules sont interceptées par les cils tapissant la paroi des bronches, puis sont repoussées vers le haut et passent dans le système digestif. Les particules PM<sub>2,5</sub> peuvent pénétrer plus profondément dans les poumons, dans des zones dépourvues de cils. Elles doivent donc être éliminées par d'autres mécanismes, plus lents. Ces particules sont parfois appelées « particules respirables », et connaît encore mal leurs effets sur le cœur. Cependant, comme les poumons et le cœur sont étroitement liés, il ne fait aucun doute que toute atteinte au fonctionnement d'un de ces organes peut se répercuter sur le fonctionnement de l'autre. Parmi les troubles cardiorespiratoires examinés dans le cadre d'études sur les effets des particules sur la santé humaine, on a examiné les troubles cardiorespiratoires: les infections pulmonaires, l'asthme, les bronchopneumopathies chroniques obstructives (bronchite chronique et emphysème) et diverses formes de maladie cardiaque.

Les chercheurs utilisent trois principales approches pour étudier les relations entre santé humaine et polluants atmosphériques: (1) les études épidémiologiques; (2) les études cliniques (exposition de sujets humains aux polluants, dans des

conditions contrôlées); (3) les études toxicologiques. Dans le cas des études épidémiologiques sur les effets des particules, on examine les corrélations statistiques existant entre les fluctuations de la concentration de particules dans l'air ambiant et les fluctuations de la prévalence des troubles cardiorespiratoires dans la population générale. Il arrive qu'on conteste les résultats des analyses épidémiologiques et leur interprétation, en raison de l'existence de facteurs confondants tels que la température, les autres polluants et l'état de santé des sujets, qui peuvent contribuer aux effets observés. Les études cliniques permettent cependant d'examiner de manière plus approfondie les corrélations établies par les études épidémiologiques, en exposant des sujets à des quantités déterminées de polluants; évidemment, pour des raisons d'ordre éthique, les effets sur la santé induits doivent être réversibles et de courte durée. Enfin, les études toxicologiques consistent à exposer des animaux, ou des tissus humains ou animaux, à des quantités connues de polluants; ces études permettent de tester une gamme beaucoup plus étendue de polluants et de concentrations. Cependant, les expériences toxicologiques sont hautement artificielles, et on peut difficilement extrapoler aux humains les résultats obtenus chez les animaux testés. Les trois types d'études ont leurs forces et leurs faiblesses. Dans une optique de santé publique, les études épidémiologiques constituent le meilleur moyen d'examiner les effets sur la population générale d'une exposition aux concentrations et aux mélanges de polluants qui sont réellement présents dans l'atmosphère. Les études cliniques et toxicologiques sont surtout utilisées pour corroborer les signes épidémiologiques observés et essayer d'élucider les mécanismes par lesquels l'exposition aux particules peut provoquer l'apparition de certaines maladies.

### Signes épidémiologiques

Au moment de l'évaluation des effets des particules polluantes en suspension sur la santé, on a pris en considération les résultats d'un grand nombre d'études appartenant aux trois approches décrites dans les lignes précédentes. Cependant, ce sont manifestement les études épidémiologiques qui présentent les preuves les plus probantes de l'existence d'un lien de cause à effet entre les effets cardiovasculaires et les particules présentes dans l'air ambiant aux concentrations actuellement observées (tableau 2). Ces études ont été menées dans des conditions ambiantes très diversifiées, dans de nombreuses villes,

sur trois continents et par différents chercheurs. Elles montrent que les effets sur la santé suivants sont liés aux concentrations de particules dans l'air ambiant:

- accroissement de la mortalité attribuable aux maladies cardiorespiratoires;
- hausse des hospitalisations attribuable aux maladies cardiorespiratoires;
- dégradation de la fonction pulmonaire chez les enfants et les adultes asthmatiques;
- symptômes respiratoires pouvant entraîner l'absentéisme au travail et une restriction des activités;
- existence de troubles chroniques ou à long terme, incluant une mortalité prématurée, une dégradation de la fonction et de la capacité pulmonaires chez l'enfant ainsi qu'une plus grande incidence de la bronchite chronique et de l'asthme chez certains adultes.

On a établi que les enfants, les personnes souffrant d'asthme ou d'autres troubles cardiorespiratoires ainsi que les personnes âgées sont particulièrement sensibles à une exposition aux particules.

Tableau 2 : Concentrations moyennes des particules et effets sur la santé

Effets sur la santé	Concentrations moyennes des particules (PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , Sulfates) (µg/m <sup>3</sup> )
Augmentation de la mortalité	PM <sub>10</sub> : 40,0 - 50,0 PM <sub>2,5</sub> : 0,5 - 11,0 Sulfates: 20,0 - 50,0
Augmentation des hospitalisations	PM <sub>10</sub> : 11,0 - 29,0 PM <sub>2,5</sub> : 1,0 - 4,0 Sulfates: 10,0 - 40,0

Bien que les effets observés soient d'une faible ampleur, ils sont statistiquement très significatifs dans la plupart des cas, et on peut donc supposer qu'ils sont très réels. Les hausses de mortalité observées pour chaque hausse de concentration de 10 µg/m<sup>3</sup> sont comprises entre 0,5% et 1,7% environ pour les particules PM<sub>10</sub> et sont de l'ordre de 1,5% pour les particules PM<sub>2,5</sub> et de 2,2% pour les sulfates. Les hausses d'hospitalisation, pour chaque hausse de concentration de 10 µg/m<sup>3</sup>, vont de 0,7% à 0,8% pour les particules PM<sub>2,5</sub> et de 2% à 2,7% pour les sulfates. Les particules PM<sub>2,5</sub> et les sulfates semblent entraîner de plus fortes hausses de mortalité et de morbidité que les particules PM<sub>10</sub>. Les répercussions ont été légèrement plus importantes pour des effets tels que l'aggravation de l'asthme, la recrudescence des symptômes respiratoires et la dégradation de la fonction respiratoire.

Deux aspects de ces conclusions méritent d'être soulignés. En premier lieu, contrairement à ce qu'on observe pour de nombreuses autres toxines, il n'y a pas de seuil au-dessus duquel les effets commencent à être observés et au-dessous duquel les expositions sont jugées sécuritaires. Dans de nombreuses études épidémiologiques, on observe avec une constance remarquable l'absence de seuil sécuritaire apparent, lequel serait associé à une corrélation entre les hausses de mortalité et morbidité et les hausses des concentrations de particules et ce, même aux plus bas niveaux mesurés. Les populations humaines sont hautement hétérogènes (non uniformes). En effet, les gens sont plus ou moins vulnérables aux polluants selon leur état de santé, leurs activités et leur degré d'exposition. En conséquence, même à de très faibles concentrations de particules dans l'air ambiant, les personnes âgées, les enfants et les gens souffrant déjà de troubles respiratoires ou cardiovasculaires peuvent réagir négativement. Aux plus hauts niveaux d'exposition, les gens en bonne santé risquent également de manifester des symptômes.

En deuxième lieu, même si l'augmentation de risque ainsi estimée paraît faible, il ne faut pas oublier que le nombre de personnes atteintes, une fois extrapolé à l'ensemble de la population, demeure important. De plus, on peut prétendre que les effets relevés dans les études épidémiologiques ne constituent que la pointe de l'iceberg (figure 8). Ces effets marqués pourraient en quelque sorte cacher un nombre beaucoup plus considérable de maladies dans la population générale qui, quoique moins critiques, entraînent une dégradation de la qualité de vie.

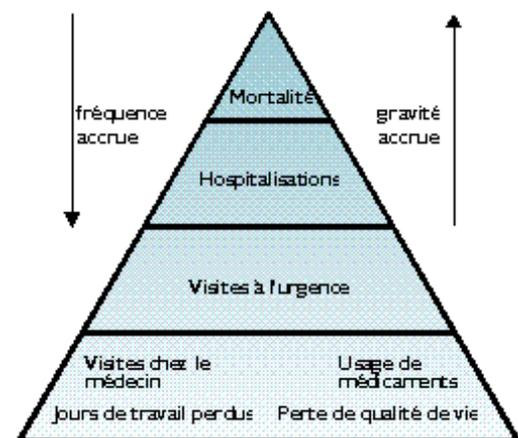
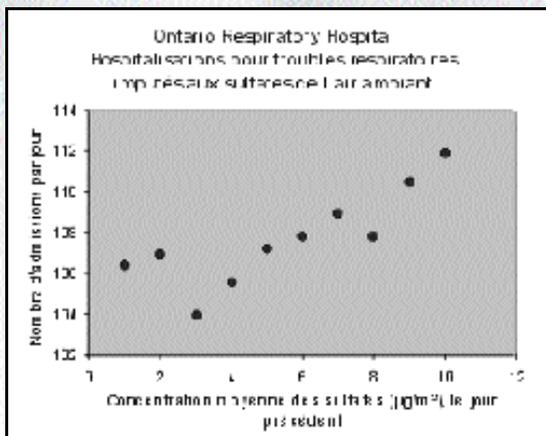


Figure 8 : Effets en cascade de la pollution atmosphérique sur la santé humaine.

#### Encadré 4 : Absence de seuil sécuritaire

Les recherches effectuées jusqu'à maintenant n'ont pas permis de déterminer une concentration-seuil au-dessous de laquelle les particules n'affectent pas la santé cardiorespiratoire. Des effets sur la santé ont été observés en présence de concentrations très faibles de particules, et ces effets augmentent constamment à mesure qu'augmente la concentration. Il est donc impossible d'établir un seuil sécuritaire auquel la population cesse d'être exposée au risque de troubles cardiorespiratoires dus aux particules. L'absence d'un tel seuil en matière de santé humaine et de qualité de l'air a aussi été constatée pour d'autres polluants atmosphériques, comme l'ozone troposphérique.

L'exemple suivant, tiré d'une étude de Santé Canada sur l'effet des particules de sulfates (et, indirectement, sur l'effet des particules PM<sub>2,5</sub>), montre que l'effet sur la population est observable jusqu'aux concentrations les plus faibles.



#### Cause et effet?

Les études épidémiologiques permettent d'établir des relations statistiques entre la concentration de particules dans l'air ambiant et les divers effets (maladies cardiorespiratoires, etc.). Les relations observées sont appelées « corrélations » si,

lorsque la concentration de particules augmente, on observe une augmentation correspondante des maladies cardiorespiratoires. Or, cela ne signifie pas nécessairement que l'effet et la variable sont unis par un lien de cause à effet. Il s'agit donc de combiner divers types de démonstrations pour tenter d'établir une telle causalité. On commence d'ailleurs en ce moment à réunir des preuves épidémiologiques corroborant le lien de causalité entre les particules et les effets cardiorespiratoires. Cependant, d'autres explications pourraient être mises de l'avant. L'une des principales critiques des études épidémiologiques réside dans le fait que des facteurs confondants tels que la température, les conditions météorologiques, les fluctuations saisonnières ou les polluants concurrents pourraient contribuer aux effets observés. Récemment, un certain nombre d'études soigneusement conçues ont permis de mettre de côté bon nombre de ces facteurs et de donner un certain crédit à l'hypothèse voulant que les particules soient responsables d'au moins quelques effets. Bon nombre de questions restent cependant sans réponse. Entre autres, on n'a pas encore déterminé quels aspects des particules sont responsables de la gamme des effets sur la santé observés. Les preuves à l'effet que les particules fines et très fines jouent un rôle important s'accumulent. Il reste à savoir si la toxicité de ces particules est liée aux particules elles-mêmes ou à leur composition chimique; les recherches toxicologiques nous aideront à élucider cette question.

#### Encadré 5 : Les particules sont-elles un agent étiologique ou un indicateur de pollution atmosphérique?

On ne peut pas déterminer avec certitude quel aspect précis des particules - leur taille, leur masse ou leur composition - est directement responsable des effets sur la santé observés. La communauté scientifique médicale ne sait pas encore si les particules sont le seul agent étiologique responsable des effets cardiorespiratoires observés dans la population ou si elles ne sont pas plutôt un indicateur parmi d'autres de l'effet global de la pollution atmosphérique sur la santé humaine. Quoiqu'il en soit, on ne dispose pas de tous les renseignements requis pour l'élaboration de stratégies visant à réduire les émissions de particules et de gaz précurseurs ( $\text{NO}_x$ , COV et  $\text{SO}_2$ ).

## Signes cliniques et toxicologiques

En général, les études cliniques et toxicologiques n'aident pas beaucoup à confirmer les constats épidémiologiques. Dans les conditions expérimentales employées pour ces types d'études, les effets sur la santé n'ont été observés qu'à la suite d'expositions à des concentrations de particules beaucoup plus élevées que celles associées à des effets dans le cadre des études épidémiologiques. Cet écart est sans doute attribuable à plusieurs facteurs, qui traduisent dans bien des cas la capacité limitée des études expérimentales à expliquer la situation existant réellement. Les études cliniques ont cependant permis d'établir que les asthmatiques constituent un groupe sensible, tandis que les études toxicologiques tendent à confirmer que les particules les plus petites, et peut-être les particules très fines en particulier, sont les principales responsables des effets.

## Effets des particules sur l'environnement

### Encadré 6 :

#### Effets des particules sur les matériaux et la végétation

Les effets des particules sur les matériaux ont été sommairement étudiés dans le cas des métaux, du bois, de la pierre, des surfaces peintes, du matériel électronique et des tissus. Le dépôt de particules sur ces éléments peut causer une salissure et une décoloration et réduire, par conséquent, leur attrait esthétique. L'exposition aux particules peut également causer une dégradation physique et chimique des matériaux; c'est notamment le cas des particules acides.

L'effet le plus évident des retombées de particules sur la végétation est l'étouffement physique de la surface foliaire. La plante reçoit ainsi moins de lumière, ce qui entraîne une diminution de la photosynthèse. Les stomates (orifices microscopiques à la surface des feuilles) peuvent également être obstrués par les particules. Par ailleurs, la composition chimique des particules peut également avoir son importance, en agissant sur la plante directement ou par l'intermédiaire du sol. Enfin, l'accumulation de particules à la surface des feuilles peut accroître la sensibilité de la plante aux maladies.

Le principal effet des particules sur l'environnement est une réduction de la visibilité (impact esthétique sur l'atmosphère). Les particules ont également un impact sur les matériaux (métaux et bois) ainsi que sur la végétation (espèces agricoles et forestières), mais peu de données permettent de quantifier cet impact. Outre ces effets directs des particules sur l'environnement, on observe des effets indirects liés à l'acidité des particules, lesquels sont étudiés dans le cadre de programmes visant le problème des retombées acides. Tous ces effets environnementaux ont à la fois un coût social et un coût économique.

La plupart des gens tendent à associer la réduction de la visibilité à une mauvaise qualité de l'air, mais bon nombre ne savent pas que ce sont surtout les particules fines en suspension dans l'air qui sont responsables de la visibilité réduite. Le principal effet de ces particules est de réduire la distance à laquelle on peut distinguer la couleur, la luminosité et la forme des objets distants (figure 9). Cette visibilité réduite résulte du fait que les particules en suspension dans l'air diffusent et absorbent la lumière. Cet effet est le plus efficace dans le cas des particules dont le diamètre se situe entre 0,3 et 0,7  $\mu\text{m}$  (PM<sub>2,5</sub>), mais les particules grossières contribuent également à la réduction de la visibilité. Comme les particules les plus fines sont surtout d'origine anthropique, on peut conclure que la réduction de la visibilité découle surtout de l'activité humaine.

La composition chimique et la taille des particules influent sur la capacité de ces dernières à disperser la lumière. Les sulfates et les nitrates, composantes importantes des particules PM<sub>2,5</sub>, dispersent très efficacement la lumière et contribuent grandement à la réduction de la visibilité. Les composés organiques sont beaucoup moins efficaces à cet égard. Enfin, l'humidité relative est un autre facteur important : plus elle augmente, plus la capacité des particules à disperser la lumière augmente également. On peut donc s'attendre à ce que la visibilité affiche des variations saisonnières et géographiques dues aux conditions climatiques et aux fluctuations de la concentration et de la composition des particules.

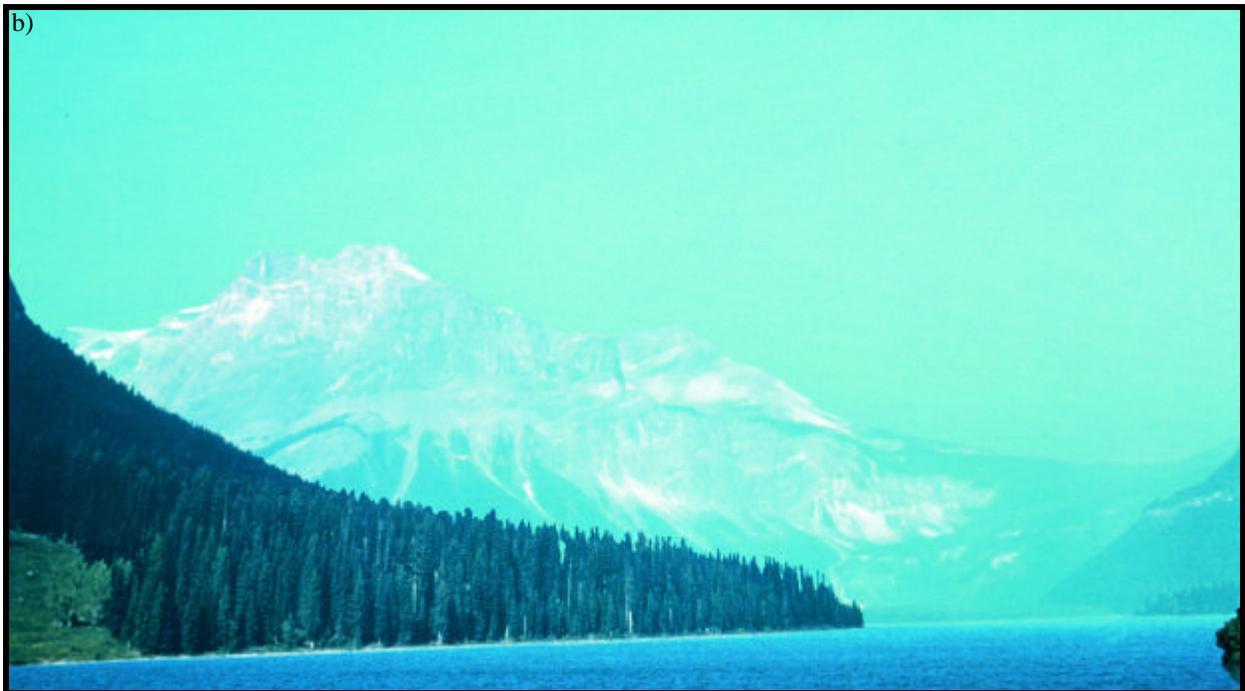
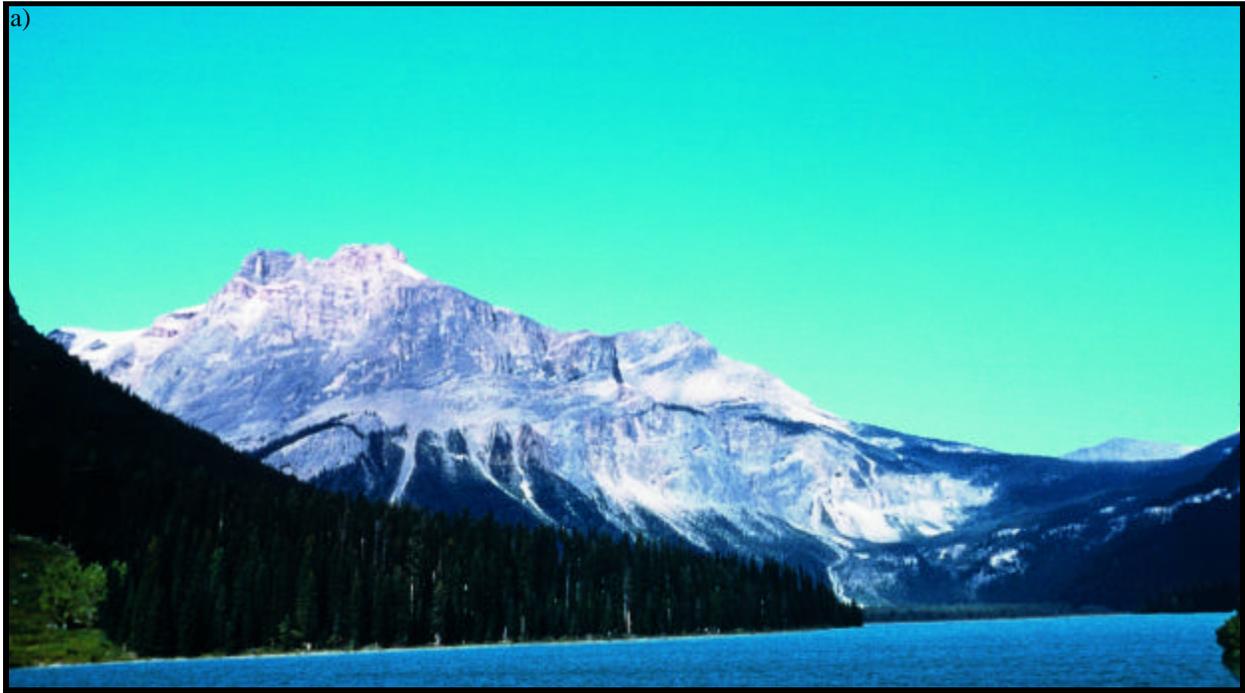


Figure 9 : Le lac Minnewanka, près de Banff, en Alberta, lorsque la portée visuelle est de 196 km (haut) ou de 16 km (bas). On estime que la portée visuelle moyenne est de 115 km dans les parcs des Rocheuses.

### Encadré 7 : Un changement de visibilité à peine perceptible

Des recherches ont montré qu'un changement perceptible de la portée visuelle survient lorsqu'il y a augmentation ou diminution de 10 % de la concentration de particules. Ce « changement à peine perceptible » survient donc en présence de différentes concentrations de particules selon les régions et les saisons. Par exemple, dans les régions sauvages éloignées et les autres régions offrant des vues panoramiques, où la concentration de particules PM<sub>2,5</sub> est généralement faible, il suffit d'un petit changement de cette concentration pour qu'un changement de la portée visuelle soit perceptible.

En d'autres mots, dans les milieux peu pollués, une faible augmentation de la quantité de particules peut avoir beaucoup d'effet sur la visibilité.

Selon certaines estimations, la portée visuelle naturelle se situe entre 86 et 350 km dans les régions du Canada relativement peu touchées par les particules anthropiques (tableau 3). Or, dans les trois sites énumérés au tableau 3, les concentrations de particules PM<sub>2,5</sub> sont comprises entre 3 et 13 µg/m<sup>3</sup>. Dans les sites urbains, la portée visuelle peut être estimée à partir des concentrations connues de particules PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>10</sub>, au moyen de relations mathématiques entre la concentration de particules PM<sub>2,5</sub> et la portée visuelle. La portée visuelle ainsi estimée pour les sites urbains du Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique se situe entre 34 km (dans un des sites situés à Montréal) et 73 km (à Saint-Jean, au Nouveau-Brunswick).

De toute évidence, l'incidence des particules sur la visibilité risque de causer des pertes de revenus touristiques dans les secteurs tels que les parcs provinciaux et nationaux, où le visiteur est attiré par les panoramas (figure 9). Dans les secteurs

urbains, il se peut également que le public ne tolère pas une réduction appréciable de la visibilité. Cependant, on n'a pas encore établi quels degrés de visibilité et quels changements de visibilité sont considérés comme acceptables dans les diverses régions du Canada.

### Réponse au problème des particules

Tous les paliers de gouvernement essaient de répondre, de plusieurs façons, aux préoccupations grandissantes que suscitent les effets des particules sur la santé et l'environnement. Afin de pouvoir élaborer des politiques et des programmes permettant de lutter efficacement contre les particules, il est essentiel de disposer des fondements scientifiques rigoureux nécessaires à la prise des décisions. À cette fin, un groupe de travail fédéral-provincial vient de terminer la première évaluation scientifique d'envergure des particules PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub>. Cette évaluation comprend une analyse des lacunes existant dans les connaissances sur les particules, ce qui est important pour pouvoir bien cibler les programmes de recherche dans le domaine et comprendre les limites que peuvent présenter les avis scientifiques utilisés pour la prise des décisions.

Comme le précisent les auteurs du Document d'évaluation scientifique, des études préliminaires ont clairement démontré que les concentrations de particules actuellement mesurées dans l'air ambiant de la plupart des régions du Canada dépassent les concentrations généralement associées à des effets nocifs sur le système cardiorespiratoire. C'est pourquoi les particules ont été « substances prioritaires » aux fins de l'élaboration des normes pancanadiennes (NPC) (encadré 8). Le Document d'évaluation scientifique fournit les bases essentielles nécessaires à l'élaboration de normes pancanadiennes. Des limites d'exposition aux particules PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> ont été fixées en fonction des connaissances actuelles

Tableau 3 : Portées visuelles naturelles estimées au Canada

Emplacement du site	Portée visuelle (km)*	Concentrations estimatives de particules PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )**
Ouest du Canada - Waterton (Alberta)	210-350	3,2-5,5
Sud-est du Canada - Egbert (Ontario)	86-120	9,7-13,0
Est du Canada - St. Andrews (N.-B.)	185-210	5,5-6,1

\* Portée visuelle (p.v.) estimée à partir de mesures néphélométriques de diffusion de la lumière ( $b_{\text{scat}}$ ), au moyen des équations  $b_{\text{scat}}/b_{\text{ext}} = 0,9$  et  $p.v. = 3,91/b_{\text{ext}}$ .

\*\* Concentration de particules PM<sub>2,5</sub> estimée au moyen de l'équation  $b_{\text{scat}}/PM_{2,5} = 3,1 \text{ m}^2/\text{g}$ .

#### **Encadré 8 : Objectifs nationaux sur la qualité de l'air ambiant (ONQAA) et normes pancanadiennes (NPC)**

Les ONQAA sont des objectifs nationaux pour la qualité de l'air extérieur qui visent à protéger la santé publique ainsi que l'environnement et ses aspects esthétiques. Ces objectifs sont fixés conjointement par les gouvernements fédéral et provinciaux et permettent d'orienter l'élaboration de stratégies sur la qualité de l'air. Les ONQAA actuellement fixés en matière de particules sont exprimés en termes de particules en suspension totales (PST). La limite maximale acceptable est de  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (moyenne sur 24 h).

Plusieurs ONQAA actuels, dont l'objectif en matière de PST, sont en place depuis le milieu des années 70, et leur révision s'impose. Il faut en effet établir de nouvelles cibles, traduisant mieux les progrès de nos connaissances sur les effets des polluants sur la santé humaine et l'environnement. En ce qui concerne les particules, il s'agira de tourner notre attention vers les plus petites particules, comme les PM10 et PM2,5. Certains polluants ont été retenus à titre préliminaire aux fins de l'élaboration de normes pancanadiennes, et les particules PM10 et PM2,5 sont au nombre de ces polluants. Comme pour d'autres types de polluants, de nouvelles cibles seront fixées dans le cadre de la révision des ONQAA ou de l'élaboration de nouveaux ONQAA.

Des normes pancanadiennes (NPC) sur les particules sont en cours d'élaboration dans le cadre de l'Accord sur l'harmonisation environnementale (et de son volet concernant les normes). Cet accord a été adopté par le Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME) en janvier 1998. Les NPC sur les particules viseront la gestion de l'air ambiant et comprendront un échéancier pour l'atteinte de certains objectifs.

sur les risques que présente une telle exposition pour la santé humaine, en reconnaissant cependant que ces limites ne permettent pas de protéger toute la population canadienne (encadré 9).

Comme le problème des particules est dû aux mêmes sources d'émissions que les autres problèmes régionaux de qualité de l'air (ozone troposphérique, retombées acides et polluants atmosphériques dangereux), les stratégies actuelles de gestion de la qualité de l'air visant à réduire les émissions de  $\text{NO}_x$ , de

#### **Encadré 9 : Limites d'exposition recommandées en fonction des effets des particules**

Le groupe de travail fédéral-provincial responsable de l'évaluation scientifique a convenu de recommander certaines limites d'exposition aux particules. Le respect de ces limites permettrait de réduire substantiellement les risques que pose l'exposition aux particules pour la santé humaine et l'environnement. Les limites recommandées sont les suivantes:

**PM10:** 25 – 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

**PM2,5:** 15 – 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

COV, de  $\text{SO}_2$  et de substances toxiques conduiront à une certaine réduction des concentrations de particules. Il reste encore à déterminer quelles mesures additionnelles de contrôle des émissions sont requises pour que l'on puisse atteindre les objectifs en matière de particules. Les sources d'émissions ciblées par les projets actuels de gestion de la qualité de l'air relèvent des gouvernements fédéral, provinciaux et municipaux et entraîneront vraisemblablement une plus grande réduction des concentrations atmosphériques de particules PM2,5 que de particules PM10, puisqu'elles ciblent les gaz précurseurs responsables de la formation de particules PM2,5.

#### **Encadré 10 : Initiatives de gestion de la qualité de l'air ayant un lien avec la gestion des particules**

- Protocoles des Nations Unies sur le  $\text{SO}_2$ , les  $\text{NO}_x$ , les COV, les métaux lourds et les polluants organiques persistants
- Accord Canada-États-Unis sur la qualité de l'air et annexes proposées sur les particules et l'ozone troposphérique
- Stratégie nationale sur les pluies acides
- Initiative sur les véhicules et le carburant non polluants
- Initiative sur le soufre dans le carburant
- Politiques de gestion des substances toxiques (LCPE)
- Plans pour la gestion du smog ( $\text{NO}_x$ /COV)
- Normes pancanadiennes en matière de particules et d'ozone

### **Encadré 11 : Activités de recherche sur les particules**

#### **Environnement Canada**

Les recherches effectuées par Environnement Canada comprennent:

1. la caractérisation permanente de la concentration et de la composition des particules dans l'air ambiant (dans l'espace et le temps);
2. l'étude des processus chimiques atmosphériques dans le but d'identifier les transformations physiques et chimiques entrant en jeu dans la formation et le transport des particules;
3. l'examen des émissions de particules primaires et de gaz précurseurs (NO<sub>x</sub>, COV, SO<sub>2</sub> et NH<sub>3</sub>) contribuant aux concentrations de particules PM<sub>2,5</sub>;
4. l'élaboration de modèles de la qualité de l'air permettant de prédire les concentrations de particules dans l'air ambiant et d'ozone troposphérique en fonction des émissions actuelles et projetées;
5. l'évaluation du transport sur une grande distance des particules PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> afin de déterminer l'incidence des sources distantes sur les concentrations régionales de particules au Canada.

Les recherches de modélisation sur les particules s'appuient sur les travaux déjà entrepris dans le cadre du programme sur les NO<sub>x</sub>/COV (visant à évaluer les concentrations d'ozone troposphérique) et des programmes sur les retombées acides. La prochaine étape consistera à accroître la capacité de modélisation, de manière à inclure les polluants atmosphériques dangereux.

#### **Santé Canada**

Il faudra entreprendre des recherches plus poussées sur la toxicité des particules et sur les mécanismes biologiques de leurs effets. Des recherches seront notamment menées sur les interactions existant entre les particules et d'autres polluants gazeux présents dans l'air. Enfin, des études épidémiologiques seront réalisées dans le but de déterminer quel aspect des particules est le plus étroitement corrélé avec les effets sur la santé observés; grâce à de telles études, il sera plus facile de déterminer les facteurs de risque pouvant prédisposer certaines personnes aux effets nocifs d'une exposition aux particules.

### **Activités de recherche sur les particules**

Les chercheurs spécialisés en santé et en environnement étudient toujours activement les particules influant sur la qualité de l'air ainsi que les effets de ces particules sur la santé. L'élaboration d'une stratégie de gestion permettant de réduire efficacement les concentrations ambiantes de particules reposera sur la résolution de certaines incertitudes scientifiques, dont celles liées à la quantification des liens entre les sources d'émissions de particules primaires et gaz précurseurs et les concentrations des particules PM<sub>10</sub> et PM<sub>2,5</sub> dans l'air ambiant. En effet, il est nécessaire de quantifier la relation existant entre les sources d'émissions et les concentrations de particules dans l'air ambiant pour pouvoir corroborer les analyses coûts-avantages détaillées auxquelles on a recours pour évaluer les diverses stratégies de gestion. Ces analyses permettront ensuite d'élaborer des stratégies efficaces pour améliorer la qualité de l'air et protéger, par le fait même, la santé humaine et l'environnement au Canada.

### **Pour de plus amples renseignements**

Le contenu de la présente brochure est tiré en grande partie du rapport intitulé National Ambient Air Quality Objectives for Particulate Matter: Science Assessment Document (1998), préparé par le Groupe de travail fédéral-provincial chargé des directives et des objectifs visant la qualité de l'air.

On peut obtenir à l'adresse suivante de plus amples renseignements sur les problèmes de qualité de l'air :

Informathèque d'Environnement Canada  
351, boul. Saint-Joseph  
Hull (Québec) K1A 0H3  
1-800-668-6767

*Also available in English.*

Février 1998