

Les bienfaits sur la santé des ions négatifs

Par Jim English

2003-2004

<http://www.nutritionreview.org/library/negative.ions.php>

Traduction : Jean-Luc Guilmot – Nov. 2010

La pollution atmosphérique est un problème de santé publique sérieux, quoique souvent méconnu. Des études épidémiologiques mettent régulièrement en avant un lien direct entre pollution atmosphérique urbaine – particulièrement la pollution de particules créées par la combustion des véhicules à moteur et des usines d'électricité – et maladies cardiovasculaires et pulmonaires. (1) On sait que l'exposition à long terme à de la pollution de particules – les microparticules inférieures à 10 microns (un cheveu humain a un diamètre de 70 microns) – augmente les maladies et les taux de mortalité dus au cancer du poumon, à la maladie pulmonaire obstructive chronique et à l'emphysème. De plus, l'exposition à d'autres polluants en suspension dans l'air, y compris le dioxyde de soufre (SO₂), le dioxyde d'azote (NO₂) et l'ozone (O₃), est associée au développement de l'asthme, de la bronchite et d'infections respiratoires. (2)

Des chercheurs européens ont examiné les risques de l'exposition à long terme à la pollution du trafic dans une étude examinant 5000 volontaires choisis à partir de l'Étude de cohorte néerlandaise sur le Régime et le Cancer (NLCS). Ils ont découvert que les gens vivant à proximité des routes importantes (et donc exposés à des niveaux plus élevés de pollution atmosphérique liée au trafic) présentaient un risque accru de mourir de maladie cardio-pulmonaire ou de cancer du poumon que les ruraux. Cela a conduit les auteurs à conclure que « l'exposition à long terme à la pollution atmosphérique due au trafic peut raccourcir l'espérance de vie ». (3)

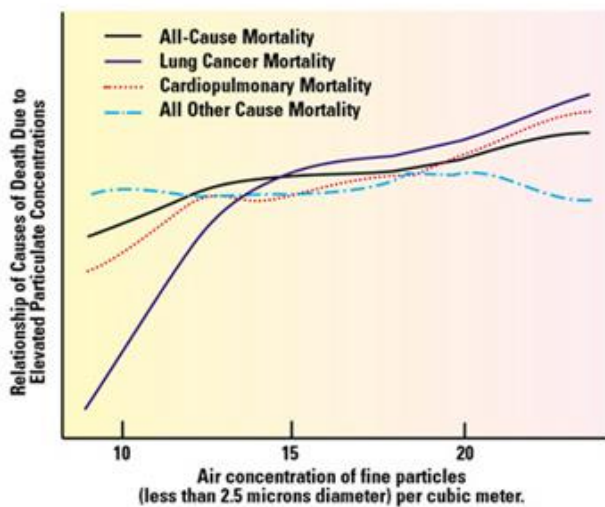


Fig. 1. This chart illustrates how deaths from cardiopulmonary disease and lung cancer increase in relation to all other causes of death during episodes of elevated particulate pollution. (Adapted from JAMA March 6, 2002;287:1132-1141.)

Pollution atmosphérique liée avec affections cardiaques

En plus de provoquer des dégâts au poumon, la pollution atmosphérique est maintenant aussi reconnue comme menace pour la santé cardiovasculaire. Dans son édition du 6 mars 2002, le Journal de l'Association Médicale américaine (JAMA) rapporte que des chercheurs ont examiné les données de santé à long terme de 500.000 personnes en comparant des augmentations de niveaux de pollution atmosphérique avec la mortalité. Ils ont découvert que quand les niveaux de pollution atmosphérique étaient soudainement accrus, en plus des augmentations attendues de décès dus à l'asthme, à la pneumonie et à l'emphysème, il y avait aussi une

augmentation inattendue du nombre de décès liés à des crises cardiaques et à des AVC. L'élément le plus surprenant de l'étude a été de découvrir que lorsque les niveaux de pollution atmosphérique s'élevaient, il en allait de même de la mortalité toutes causes confondues, c'est-à-dire pas uniquement celle liée aux atteintes cardiaques et pulmonaires (Figure 1). (4)

Une explication possible de l'augmentation de la mortalité liée aux problèmes cardiovasculaires est que cette pollution atmosphérique provoque du stress oxydatif qui à son tour, enclenche une réponse inflammatoire dans les poumons conduisant à la libération de produits chimiques qui détériorent la fonction du cœur et affectent la tension.

Cela a été montré quand des scientifiques aux Pays-Bas ont exposé des rats à des niveaux élevés de pollution atmosphérique à base de microparticules. Selon l'exposition, les chercheurs ont constaté que les niveaux de plasma en fibrinogènes s'élevaient de 20 pour cent, ce qui pourrait vraisemblablement augmenter la viscosité du sang, conduisant à une diminution du flux sanguin tissulaire. Ils ont aussi mesuré un saut de 400 pour cent dans le facteur de nécrose de tumeur (TNF)-alpha et une augmentation de 350 pour cent de synthèse de monoxyde d'azote (NOS) dans des liquides de poumon. Les chercheurs ont émis l'hypothèse que comme les particules se logent dans les tissus pulmonaires, ils induisent une augmentation de la production de monoxyde d'azote (NO). En conditions normales, le monoxyde d'azote est un neurotransmetteur important qui intervient dans de nombreuses voies métaboliques liées à des processus d'apprentissage, à la modification des protéines, à la dilatation artérielle et à la défense immunitaire. Mais quand les conditions déclenchent la surproduction de NO, comme ce fut le cas dans l'étude aux Pays-Bas, il en résulte des dommages sérieux aux cellules endothéliales couvrant les vaisseaux sanguins des poumons. (5)

Quand des chercheurs japonais ont exposé des cochons d'inde à des particules de gaz d'échappement diesel, les poumons ont montré une élévation significative de leukotrines et d'éosinophiles, deux bio-marqueurs importants de l'inflammation ainsi que la toxicité cellulaire, généralement observée dans les cas de maladie obstructive chronique des poumons (MOCP). Les chercheurs ont noté que ces découvertes indiquent que l'exposition chronique aux fumées d'échappement diesel favorise l'inflammation continue et la surproduction de mucus et de phospholipides dans les poumons. (6)

Un autre mécanisme impliqué dans les insuffisances cardiaques liées à la pollution de l'air implique la moelle

osseuse et de l'athérosclérose. Des chercheurs à Vancouver en Colombie britannique ont constaté que l'exposition à des niveaux élevés de pollution atmosphérique stimule la moelle osseuse pour libérer des leucocytes et des plaquettes qui s'accumulent préférentiellement dans des capillaires pulmonaires. En plus de provoquer des dommages aux tissus pulmonaires, les chercheurs ont aussi observé que l'inhalation d'air pollué par des microparticules provoque des changements aux lésions de la plaque d'athérome qui rendent les dépôts plus vulnérables à la rupture.

Ils ont postulé que l'exposition à de la pollution atmosphérique de particules induit une réponse inflammatoire systémique qui inclut la libération de médiateurs inflammatoires stimulant la moelle osseuse à libérer des leucocytes et des plaquettes, conduisant à l'inflammation des poumons et à des changements au niveau des lésions de plaque d'athérome, en rendant celle-ci plus fragile. (7)

Risque accru pour les diabétiques et les personnes âgées

Les diabétiques sont particulièrement sujets aux risques cardiovasculaires causés par la pollution atmosphérique. Une étude récente publiée dans le journal l'Épidémiologie a examiné des rapports de Medicare ainsi que les admissions hospitalières dans des villes américaines : Chicago, Detroit, Pittsburgh et Seattle. En examinant les rapports de 1988 à 1994, ils ont constaté que les diabétiques avaient deux fois plus de chances que les non-diabétiques d'être admis dans un hôpital avec un problème cardiovasculaire lié à la pollution atmosphérique de particules. Ils ont aussi constaté que des personnes de 75 ans et plus étaient également confrontés un risque plus élevé de dommages cardiovasculaires. (8)

Enfants et pollution atmosphérique

Les enfants sont particulièrement vulnérables face aux problèmes de santé liés à la pollution atmosphérique. L'exposition chronique aux particules, au dioxyde de soufre et au dioxyde d'azote a été associée à des augmentations jusqu'à 300 pour cent de symptômes respiratoires chroniques non spécifiques. Il a été montré que l'exposition à la pollution automobile, particulièrement celle de gaz d'échappement de camion diesel, provoquait des augmentations significatives de symptômes respiratoires et que la fonction pulmonaire était diminuée. (9)

Pour étudier la relation entre la pollution atmosphérique liée au trafic et le développement d'asthme chez l'enfant ainsi que d'autres maladies respiratoires et infections juvéniles, des chercheurs néerlandais ont examiné les données d'environ 4.000 bébés nés aux Pays-Bas. La santé des enfants a été analysée en relation avec les mesures de pollution atmosphérique produite par le trafic (dioxyde d'azote, microparticules de moins 2,5 microns de diamètre et suie) dans les maisons de chaque sujet. Leur étude a constaté que, dès l'âge de deux ans, les enfants exposés à des niveaux plus élevés de polluants aériens avaient plus de chances de souffrir de respirations sifflantes, d'asthme (diagnostiqué par un médecin), d'infections nez/gorge/oreilles et de gripes/rhumes sérieux. (10)

Une partie du problème pour les enfants est que les études montrent que – par rapport à leur taille – les enfants inhalent plus profondément et retiennent plus de particules atmosphériques et de polluants dans leurs poumons que des adolescents ou que des adultes. (11) Par rapport aux adultes, les enfants ont aussi des taux métaboliques plus élevés, respirent plus et passent plus

de temps en plein air, ce qui accroît leur sensibilité aux problèmes de santé liés à la pollution.

Croissance des enfants affectée

Quand des chercheurs polonais ont examiné les effets de pollution atmosphérique en Cracovie, ils ont découvert que des enfants vivant dans les secteurs montrant les niveaux les plus élevés de pollution atmosphérique souffraient d'une croissance rachitique. Après avoir rassemblé des données sur 958 enfants et évalué le taux de croissance de l'organisme en fonction du changement de la taille, ils ont constaté que les taux de croissance de l'organisme des enfants du secteur le plus fortement pollué étaient inférieurs de 1,5 cm sur une période de 2 ans par rapport à ceux du secteur de contrôle. L'effet de la pollution atmosphérique sur le déficit de croissance en hauteur était du même ordre de grandeur tant chez les enfants de petite taille que chez les grands. (12)

Pollution atmosphérique et mutations génétiques

De nouvelles recherches montrent que les risques de la pollution de l'air sur la santé peuvent en réalité affecter des enfants avant même la naissance. En 2002, des chercheurs canadiens ont publié une étude révélant que les animaux exposés à l'air pollué près d'une aciérie avaient subi des atteintes génétiques et avaient produit une progéniture plus réduite. Le plus alarmant était la que l'ADN endommagé était transmis à la progéniture par les pères. Alors que pratiquement toutes les mutations avaient été héritées des souris mâles, les chercheurs ont indiqué que cela ne signifiait pas que les femelles n'étaient pas également sensibles. Cela suggère que les ouvriers métallurgistes, qui sont surtout masculins, peuvent courir un risque supplémentaire de dommages analogues.

Christopher Somers et collègues ont publié une étude précédente qui a constaté que des mouettes vivant près d'une aciérie sur le Lac Ontario avaient subi des mutations génétiques. Dans la présente étude les chercheurs ont élevé deux groupes de souris – le premier à 800 m sous le vent d'une aciérie sur le Lac Ontario et le deuxième à environ 30 km de distance. Les souris respirant l'air pollué avaient deux fois autant de mutations dans leur ADN que les souris respirant l'air frais de la campagne. (13)

Ces découvertes suggèrent que les ouvriers d'aciérie et les gens vivant près de ces usines doivent être contrôlés pour des dommages à leur santé, ont indiqué les chercheurs de l'Université McMaster à Hamilton, en Ontario. « Nos découvertes suggèrent qu'il y a un besoin urgent d'examiner les conséquences génétiques associées à l'exposition à la pollution chimique par l'inhalation d'air urbain et industriel. »

Ironiquement l'étude avait été à l'origine destinée à montrer comment les efforts de nettoyage de la pollution autour de l'aciérie avaient amélioré l'environnement. « Cela avait été l'un des endroits les plus pollués, si pas l'endroit le plus pollué au Canada, » indique Christopher Somers, un des chercheurs principaux. « Il y a eu un effort concerté pour nettoyer le port d'Hamilton et réduire les rejets atmosphériques. » L'expérience avait été destinée à montrer que cela avait été utile. « Nous ne l'avons pas vraiment vu » a-t-il rapporté.

Protection de vos poumons

Alors que les gouvernements, le monde des affaires et les intérêts environnementaux se battent dans un marais de solutions économiques, législatives et technologiques

pour nettoyer l'air pollué, la question essentielle pour tout un chacun reste de savoir comment mieux protéger sa santé. Actuellement plus de 75 millions de personnes aux Etats-Unis vivent dans des régions où les concentrations

atmosphériques en microparticules inférieures à 2,5 microns (PM2.5) excèdent les seuils de sécurité (Fig 2). (14)

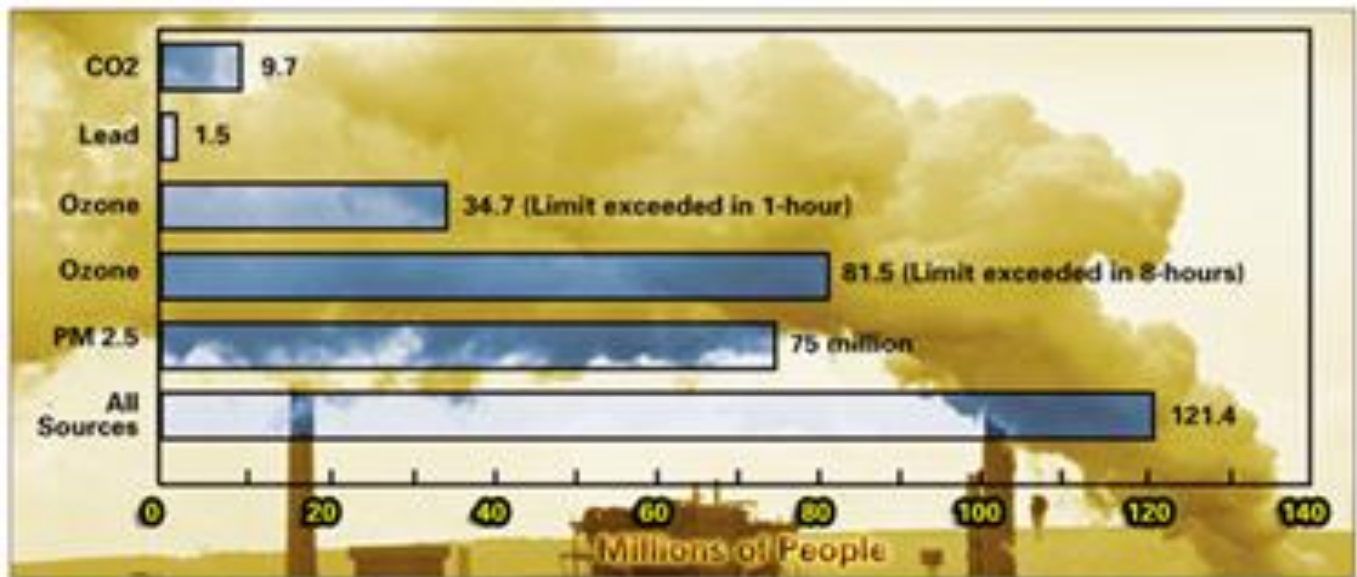


Fig. 2. Number of people living in counties where air quality concentrations exceed safety levels established by NAAQS (National Ambient Air Quality Standards) in 2000. Note that 75 million people live where levels of fine particulates (2.5 microns and smaller) exceed safe levels. (EPA, Latest Findings on National Air Quality: 2000 Status and Trends.)

Si vivre loin des centres urbains pollués est un choix évident, cette option n'est pas toujours réalisable, pas plus que ce n'est toujours efficace. Les courants atmosphériques et des structures météorologiques peuvent déplacer l'air pollué de centres industriels urbains vers des zones rurales, où la pollution peut parfois atteindre des concentrations dangereuses. De plus, l'agriculture moderne produit plus de nourriture avec une main d'œuvre réduite, en faisant appel à des méthodes de productivité améliorées reposant de plus en plus sur l'utilisation de pesticides agricoles, d'engrais chimiques, d'irrigation et de tracteurs carburant au diesel. (15)

Rester à l'intérieur ne garantit pas une meilleure qualité de l'air non plus. Plusieurs études récentes indiquent qu'une bonne part des risques significatifs pour la santé associée à l'exposition aux particules se produit en réalité à l'intérieur. (16) Et beaucoup de personnes présentant un risque accru de complications de santé après exposition à des concentrations élevées de particule – comme les personnes âgées et celles souffrant de maladies cardiovasculaires et pulmonaires – peuvent passer plus de 90 % de leur temps à l'intérieur, ce qui est préoccupant étant donné la relation entre des concentrations de particules extérieures et celles trouvées dans des microenvironnements intérieurs. (17)

Purificateurs d'air

Comme la pollution atmosphérique concerne un nombre croissant de problèmes de santé, ainsi en va-t-il du nombre de personnes qui se tournent vers des solutions de purification de l'air comme moyen de se protéger. Les filtres à air domestiques offrent un certain nombre d'options, comme la filtration électrostatique, des rayonnements UV ou encore des filtres à particules à haute efficacité (HEPA). Jusque récemment, ces produits étaient volumineux – certains d'entre eux sont conçus pour des maisons ou des bâtiments entiers – et coûteux à l'installation et à l'entretien, les mettant hors de portée de la plupart des gens. Récemment sont apparus sur le

marché un certain nombre de produits de consommation basés des technologies génératrices d'ions visant à réduire les polluants en suspension dans l'air, les allergènes et les virus dans les environnements de proximité.

Ces appareils fonctionnent en produisant un flux d'ions négatifs qui chargent et agrègent des particules en suspension dans l'air, qui peuvent précipiter et être éliminées. Il a été montré que des générateurs d'ions pouvaient être efficaces contre la poussière, la fumée de cigarette, les squames d'animaux de compagnie, le pollen, des spores de moisissures, des virus et des bactéries. Au-delà de l'élimination de particules nuisibles de l'air, des ions négatifs présentent aussi un certain nombre de bienfaits uniques sur le plan sanitaire.

Ions positifs - Le souffle d'un vent malsain

Les premiers indices de l'effet biologique des ions de l'air sur la santé humaine sont venus sous forme de rapports d'irritabilité accrue, de crises de migraine ou encore de thromboses en réponse à des changements de la charge électrique de l'atmosphère qui accompagnent des fronts météorologiques entrants. (18)

Les preuves scientifiques ont commencé à se matérialiser dans les années 1970 quand des chercheurs ont mesuré des changements métaboliques chez la souris et le rat en réponse à des changements de charge ionique (négative ou positive) et de concentration, y compris des changements dans les niveaux de sérotonine et le rétablissement de certaines maladies. Quand ils étaient exposés à des ions positifs (qui s'accumulent dans l'atmosphère au début d'une tempête) les chercheurs notaient en général que les animaux s'agitaient, devenaient agressifs et étaient plus enclins aux maladies respiratoires. En outre, quand des souris ont été infectées par le virus de la grippe et hébergées dans un environnement dépourvu d'ions, les taux de mortalité

ont augmenté, suggérant un avantage précédemment inconnu sur la santé en général. (19)

Par la suite, des chercheurs ont mesuré l'impact de l'électricité atmosphérique sur des sujets humains en mesurant les changements quotidiens de l'excrétion de neurohormones dans les urines dans des échantillons rassemblés de 1.000 volontaires exposés à des ions positifs 1 à 2 jours avant l'arrivée d'un front de tempête. En mesurant les changements des niveaux des neurohormones dans la production urinaire 24h/24 des sujets au cours de journées normales et des journées de perturbation météorologique, les chercheurs ont compilé un profil de changements des niveaux de sérotonine, 5-HIAA (l'acide acétique 5-hydroxyindole, un métabolite de la sérotonine), l'adrénaline, la noradrénaline, l'histamine et la thyroxine.

Les chercheurs ont constaté que les charges électriques (l'ionisation positive) engendrées par chaque front météorologique entrant produisaient une libération de sérotonine. (20) Ils ont ensuite identifié trois classes de réactions de sensibilité météorologique :

1. Hyperproduction de sérotonine provoquant un syndrome d'irritation typique;
2. Déficit surrénal produisant un syndrome d'épuisement typique;
3. Hyperthyroïdisme avec symptômes de thyroïde « apathiques » infra-cliniques.

En notant que ces conditions se produisaient pendant des tempêtes de vent annuelles (Sirocco, Sharav et des vents de Santa Ana), les auteurs ont déclaré que les effets « qui sont principalement liés à l'ionisation positive de l'air » pourraient être « empêchés par des appareils d'ionisation négative ou par un traitement médicamenteux spécifique. » (21)

D'autres preuves de l'influence des ions sont apparues lorsque des scientifiques ont exposé des souris à une atmosphère enrichie en ions positifs ou négatifs. Alors que les ions négatifs n'avaient aucun effet défavorable sur les souris, les ions positifs ont provoqué des élévations des niveaux de norépinephrine endéans la journée. Quand l'exposition aux ions positifs a été poursuivie pendant des périodes plus longues, de 3 à 10 jours, les niveaux de norépinephrine ont baissé. L'auteur a noté que les résultats ont montré que « des ions positifs provoquent un stress après une exposition excessive à court terme. Après une exposition plus longue, un état d'épuisement peut être observé sous forme d'un niveau de norépinephrine abaissé. » (22)

Les bienfaits des ions négatifs sur la santé

De même que la concentration en ions positifs dans l'atmosphère s'élève avant un front de tempête, les ions négatifs s'accumulent après une tempête. Cet excès d'ions négatifs a longtemps été associé aux améliorations de l'humeur et de la santé physique. Les recherches conduites au cours de la décennie dernière ont commencé à soutenir l'idée que des ions négatifs ont un net effet positif sur la santé.

Une des allusions de la relation entre ions négatifs et santé, les plus terriblement tentantes qui soit, a fait surface quand des chercheurs allemands ont découvert un lien entre la régulation de la catécholamine et la durée de la vie, après avoir privé des animaux expérimentaux d'ions négatifs. Des chercheurs du Département Goldstein et Lewin de Recherche Médicale à Stahnsdorf en Allemagne ont d'abord isolé des souris et des rats dans des cages acryliques hermétiquement scellées. Ensuite, ils ont filtré l'air ambiant pour enlever tous les ions négatifs

des cages scellées. Leur recherche a conduit à la découverte qu'un déficit prolongé d'ions négatifs menait à un taux de décès accéléré pour les animaux expérimentaux. L'examen des animaux a poussé les chercheurs à conclure que les résultats « suggèrent fortement que la mort animale soit liée à des perturbations de la régulation neuro-hormonale et dans l'insuffisance pituitaire. (23)

Des chercheurs de l'Académie russe des sciences à Moscou ont découvert que des ions négatifs peuvent aider à protéger l'organisme du stress physique induit. Quand les chercheurs ont immobilisé des rats et les ont exposés à des ions de l'air chargés négativement, ils ont découvert que les ions avaient empêché le développement de changements pathologiques caractéristiques de stress aigu qui étaient observés chez les rats non traités. L'action protectrice des ions négatifs de l'air a été observée chez tous les animaux expérimentaux, indépendamment de leur type de comportement. (24)

Des chercheurs britanniques du Centre du Sport et des Sciences de l'exercice à Liverpool ont exposé des sujets masculins à des ions négatifs et ont mesuré des réponses physiologiques, y compris la température de l'organisme, le rythme cardiaque et la respiration, au repos et pendant l'exercice. Il a été trouvé que des ions négatifs amélioreraient significativement tous les états physiologiques, particulièrement pendant la période de repos. La découverte la plus importante a été que les ions négatifs sont « biologiquement actifs et qu'ils affectent vraiment le rythme circadien de l'organisme. » (25)

Un autre indice du rôle des ions négatifs sur la santé vient de la recherche russe conduite à l'Institut de Biophysique Théorique et Expérimentale des Académies des sciences russes, à Pushchino en Russie. Les chercheurs ont constaté que l'exposition aux ions négatifs augmentait les niveaux de l'enzyme superoxyde dismutase (SOD), un antioxydant protecteur, dans les érythrocytes des mammifères. Les chercheurs ont aussi découvert des quantités infimes de H₂O₂ (l'eau oxygénée) et on conclut : « Il est suggéré que le principal mécanisme physicochimique de l'action biologique bénéfique des ions négatifs de l'air est lié à la stimulation de l'activité de la superoxyde dismutase par des concentrations micromolaires de H₂O₂. (eau oxygénée). » (26)

Résumé

Alors que des progrès ont été faits dans certains domaines de la pollution atmosphérique, comme des réductions des émissions de plomb, de dioxyde de soufre (SO₂), de dioxyde d'azote (NO₂) et d'ozone (O₃), la pollution atmosphérique, particulièrement les microparticules, reste un problème de santé sérieux. En plus des dommages aux poumons et au cœur, la pollution atmosphérique est maintenant reconnue comme étant particulièrement nuisible pour les enfants, les personnes âgées et certaines populations sensibles, comme les personnes atteintes de diabète, de maladies cardio-pulmonaires et d'autres maladies débilitantes.

Pour adresser les problèmes de santé liés à la pollution de l'air, un nombre croissant des personnes utilisent des produits de filtration de l'air personnels et domestiques qui produisent des ions négatifs pour charger, précipiter et éliminer les particules en suspension dans l'air afin de créer des zones localisées où la qualité de l'air est améliorée.

Il a été montré que certains appareils grand public utilisant une technologie de génération d'ions négatifs pouvaient éliminer des polluants en suspension dans l'air, la poussière, la fumée de cigarette, les pellicules

d'animaux de compagnie, le pollen, des spores de moisissures, des virus et des bactéries. La présence d'ions négatifs a longtemps été liée à des améliorations de l'humeur et de la santé physique. La recherche soutient l'idée que des ions négatifs ont un effet positif net sur la santé, y compris une amélioration de l'humeur améliorée, une régulation stabilisée de la catécholamine et du rythme circadien, une récupération après l'effort physique et une protection vis-à-vis du stress et des troubles d'épuisement liés à la présence d'ions positifs.

Références

1. Vrang ML, Hertel O, Palmgren F, Wahlin P, Raaschou-Nielsen O, Loft SH. Effects of traffic-generated ultrafine particles on health. *Ugeskr Laeger* 2002 Aug 19;164(34):3937-41.
2. Polosa R, Salvi S, Di Maria GU. Allergic susceptibility associated with diesel exhaust particle exposure: clear as mud. *Arch Environ Health* 2002 May-Jun;57(3):188-93.
3. Hoek G, Brunekreef B, Goldbohm S, Fischer P, van den Brandt PA. Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. *Lancet*. 2002 Oct 19;360(9341):1184-5.
4. *JAMA* March 6, 2002;287:1132-1141.
5. Ulrich MM, Alink GM, Kumarathasan P, Vincent R, Boere AJ, Cassee FR.. Health effects and time course of particulate matter on the cardiopulmonary system in rats with lung inflammation. *J Toxicol Environ Health A* 2002 Oct 25;65(20):1571-95.
6. Ishihara Y, Kagawa J. Dose-response assessment and effect of particles in guinea pigs exposed chronically to diesel exhaust: analysis of various biological markers in pulmonary alveolar lavage fluid and circulating blood. *Inhal Toxicol* 2002 Oct;14(10):1049-67.
7. van Eeden SF, Hogg JC. Systemic inflammatory response induced by particulate matter air pollution: the importance of bone-marrow stimulation. *J Toxicol Environ Health A* 2002 Oct 25;65(20):1597-613.
8. Zanobetti A, Schwartz J. Cardiovascular damage by airborne particles: are diabetics more susceptible? *Epidemiology* 2002 Sep;13(5):588-92.
9. Nicolai T. Environmental air pollution and lung disease in children. *Monaldi Arch Chest Dis* 1999 Dec;54(6):475-8.
10. Brauer M, Hoek G, Van Vliet P, et al. Air pollution from traffic and the development of respiratory infections and asthmatic and allergic symptoms in children. *Am J Respir Crit Care Med* 2002 Oct 15;166(8):1092-8.
11. *Inhalation Toxicology*, Sept. 1998;10:831-842.
12. Jedrychowski W, Maugeri U, Jedrychowska-Bianchi I. Body growth rate in preadolescent children and outdoor air quality. *Environ Res* 2002 Sep;90(1):12-20.
13. Christopher M. Somers, Carole L. Yaukdagger, Paul A. Whitedagger, et. al.. Air pollution induces heritable DNA mutations. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, Vol. 99, Issue 25, 15904-15907, December 10, 2002.
14. EPA, Latest Findings on National Air Quality: 2000 Status and Trends.
15. Smog Check II for All. *San Jose Mercury News*, Sep. 29, 2002.
16. R.B. Mosley, D.J. Greenwell, L.E. Sparks, Z. Guo, W.G. Tucker, R. Fortmann, C. Whitfield. Penetration of Ambient Fine Particles into the Indoor Environment. *Aerosol Science and Technology*: Vol. 34, Num. 1; Jan. 2001.
17. J. Thornburg, D.S. Ensor, C.E. Rodes, P.A. Lawless, L.E. Sparks, and R.B. Mosley. Penetration of Particles into Buildings and Associated Physical Factors, Part I: Model Development and Computer Simulations. *Aerosol Science and Technology*: Vol. 34, Num. 3; March 2001.
18. Sulman FG. The impact of weather on human health. *Rev Environ Health* 1984;4(2):83-119.
19. Krueger AP, Reed EJ. Biological impact of small air ions. *Science* 1976 Sep 24;193(4259):1209-13.
20. Sulman FG. Migraine and headache due to weather and allied causes and its specific treatment. *Ups J Med Sci Suppl* 1980;31:41-4.
21. Sulman FG, Levy D, Lunkan L, Pfeifer Y, Tal E. New methods in the treatment of weather sensitivity. *Fortschr Med* 1977 Mar 17;95(11):746-52.
22. Udermann H, Fischer G. Studies on the influence of positive or negative small ions on the catechol amine content in the brain of the mouse following shorttime or prolonged exposure. *Zentralbl Bakteriol Mikrobiol Hyg [B]* 1982 Apr;176(1):72-8.
23. Goldstein N, Arshavskaya TV. Is atmospheric superoxide vitally necessary? Accelerated death of animals in a quasi-neutral electric atmosphere. *Z Naturforsch [C]* 1997 May-Jun;52(5-6):396-404.
24. Livanova LM, Levshina IP, Nozdracheva LV, Elbakidze MG, Airapetiants MG. The protective action of negative air ions in acute stress in rats with different typological behavioral characteristics. *Zh Vyssh Nerv Deiat Im I P Pavlova* 1998 May-Jun;48(3):554-7.
25. Reilly T, Stevenson IC. An investigation of the effects of negative air ions on responses to submaximal exercise at different times of day. *J Hum Ergol (Tokyo)* 1993 Jun;22(1):1-9.
26. Kosenko EA, Kaminsky YuG, Stavrovskaya IG, Sirota TV, Kondrashova MN. The stimulatory effect of negative air ions and hydrogen peroxide on the activity of superoxide dismutase. *FEBS Lett* 1997 Jun 30;410(2-3):309-12.