

# Pollution atmosphérique en Suisse – nos poumons s'encrassent!



Otto Brändli<sup>1</sup>

Pneumologie, Zürcher Höhenklinik Wald, Faltigberg/Wald

## Quintessence

- Grâce à diverses mesures législatives et techniques, la pollution de l'air par le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>) et les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), principaux polluants, et l'ozone (O<sub>3</sub>), polluant secondaire, a fortement diminué en Suisse ces 15 dernières années.
- Par contre, les particules fines (PM, particulate matter) émises par les moteurs diesel augmentent depuis l'an 2000 et ont beaucoup contribué à ce que les maxima aient largement dépassé la limite ponctuelle de 10 µg/m<sup>3</sup> lors des épisodes de smog hivernal en 2003 et 2006.
- Des particules de suie sont déjà présentes dans les macrophages alvéolaires des enfants et elles provoquent des insuffisances fonctionnelles, des pneumo- et cardiopathies, des cancers, et une augmentation des décès de 0,5% par palier de 10 µg/m<sup>3</sup> PM10 (particules fines de diamètre <10 µm).
- Les moteurs diesel produisent, il est vrai, 12% de moins de dioxyde de carbone que les moteurs à essence, mais 1000 fois plus de particules de suie nocives pour les poumons et quatre fois plus de NO<sub>x</sub>! Les filtres à particules ont une efficacité de 99% et plus. Ils devraient donc être imposés chez nous avant l'introduction de la norme Euro 5 en 2009!
- La participation des chauffages à bois à la pollution est considérable pendant les périodes de smog hivernal, surtout lorsque la combustion est partielle. Des moyens techniques permettent ici aussi d'abaisser de 100 à 1000 fois l'émission de particules.
- Les ordonnances sur le smog, avec l'interdiction des chauffages d'appoint ou des feux en plein air, la limitation de vitesse à 80 km/h sur les routes et autoroutes à partir d'une valeur ponctuelle de 100 µg/m<sup>3</sup> de PM10 ne sont que des solutions d'urgence et elles sont moins efficaces que les mesures incitatives à long terme, l'introduction de limites pour les particules fines (PM2,5: diamètre <2,5 µm) et/ou la suie, et l'obligation du filtre à particules.
- L'introduction rapide de valeurs limites et leur imposition peut aussi permettre à notre industrie d'exportation de développer de nouveaux produits.
- Par leur comportement, les médecins doivent donner l'exemple, que ce soit en voiture, lors de leurs achats, avec leur chauffage et/ou par leur engagement pour une politique environnementale à long terme.

## Summary

### Air pollution in Switzerland: filling our lungs with dust!


- *As a result of environmental legislation and technical innovations, ambient air pollution caused by the primary pollutants sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>) and nitrogen oxide (NO<sub>x</sub>) as well as by the secondary pollutant ozone (O<sub>3</sub>) has decreased significantly over the past 15 years in Switzerland.*
- *Nevertheless emissions of particulate matter (PM) from diesel engines have been increasing since 2000 and have reached values well above the short-term air quality standard for PM10 (dia. <10 µg) of 50 µg/m<sup>3</sup> during the winter-smog periods in 2003 and 2006.*

## La visibilité baisse!

MétéoSuisse a constaté depuis 1880 une baisse de la visibilité résultant du «smog», association de particules fines («smoke») et de fines gouttelettes de brume («fog»). Le Rotstock d'Uri par exemple, situé à 53 km du toit de MétéoSuisse sur le Zürichberg, n'y est visible que 20 jours par an actuellement contre plus de 100 en 1880 [1]. Une bonne raison de se faire du souci, non seulement pour le tourisme suisse, mais aussi pour les poumons suisses!

La pollution de l'air par le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et les molécules organiques volatiles (VOC), de même que par le polluant secondaire qu'est l'ozone (O<sub>3</sub>), a il est vrai pu être nettement abaissée ces 15 dernières années grâce à des mesures législatives (Ordonnance sur la Protection de l'air [OPair] de 1985/1998) et techniques, comme l'obligation des catalyseurs, mais la pollution par les particules fines (PM, particulate matter) a drastiquement augmenté depuis l'an 2000.

C'est surtout en 2003 et 2006 que des maxima de poussières fines ont été mesurés dans nos agglomérations pendant les périodes d'inversion hivernales. Ces maxima sont largement supérieurs aux valeurs limites ponctuelles de 50 µg/m<sup>3</sup> (valeurs actuelles sur Internet sous [www.bafu.admin.ch/luft/luftbelastung/aktuell/index.html?lang=fr](http://www.bafu.admin.ch/luft/luftbelastung/aktuell/index.html?lang=fr)). Cette augmentation est très probablement la conséquence de l'augmentation massive des véhicules à moteur diesel sans filtre, qui peuvent encore produire 25 mg de particules fines par kilomètre parcouru même selon la norme Euro 4 en vigueur depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2005! Le test antipollution se fait lors d'un cycle artificiel ne reflétant que partiellement la conduite réelle sur route.

Les mesures du nombre de particules à hauteur de tête au bord de rues encombrées donne donc régulièrement des résultats allant jusqu'à 100 000 particules fines par cm<sup>3</sup>! Cela a été démontré de manière frappante par une série de mesures effectuées par le Service des déchets, des eaux, de l'énergie et de l'air du Canton de Zurich (AWEL) à un arrêt de bus de l'Oberland zurichois (fig. 1 .

<sup>1</sup> Président de la ligue pulmonaire zurichoise.

● Carbon particles are already found in alveolar macrophages in children. They are associated with diminished lung function as well as with pulmonary and heart diseases and cancer in children and adults. An increase of  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  of PM10 leads to a 0.5% increase in the daily number of deaths.

● Although diesel engines produce 12% less carbon dioxide ( $\text{CO}_2$ ) than engines running on petrol, they also produce 1000 times more ultrafine particles and five times more  $\text{NO}_x$ . Particulate filters have an efficiency of over 99% and should be made compulsory in Switzerland even before implementation of the equivalent Euro-5 standard in 2009.

● Residential wood smoke makes a large contribution to the PM concentrations during winter-smog episodes. This is especially due to incomplete combustion; these emissions could be decreased to one-hundredth and even one-thousandth of their present value via technical measures.

● Anti-smog orders prohibiting secondary heating and outdoor fires as well as 80 km/h speed limits on motorways during periods with PM10 short-term values above  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  are only emergency measures and are less effective than long-term regulation measures such as the introduction of a new standard for PM2.5 (dia.  $<2.5 \mu\text{m}$ ) or soot as well as the introduction of compulsory particulate filters.

● The early introduction of more stringent air quality standards and their implementation not only protect the public's health. It can also generate new products for our export industry.

● Doctors should act as role models of sustainable environmental behaviour in such areas as transportation, shopping and heating.

Les personnes vivant en bordure de routes inhalent jusqu'à 1000 particules de poussière dans leurs 300 millions d'alvéoles chaque jour. Avec l'augmentation de la pollution de l'air extérieur, des particules de suie peuvent se voir dans les macrophages alvéolaires d'enfants sains. Elles ne peuvent plus être entièrement éliminées par nos mécanismes de défense normaux, la clairance mucociliaire et les macrophages alvéolaires (tab. 1 [↩](#)). Parallèlement à cela, la fonction

pulmonaire baisse [2]. Nous savons aujourd'hui que les particules fines (PM10: diamètre  $<10 \mu\text{m}$ ; PM2,5: diamètre  $<2,5 \mu\text{m}$ ) peuvent traverser les cellules épithéliales avant d'envahir l'organisme par la circulation sanguine. Des particules ultra-fines (UFP: diamètre  $<0,1 \mu\text{m}$ ) inhalées ont déjà été mises en évidence au microscope dans les érythrocytes et le tissu cérébral [3, 4].

## Les particules fines rendent malade!

Depuis la catastrophe du smog de 1952 à Londres, nous savons que la pollution de l'air non seulement rend malade mais qu'elle peut être mortelle! La dangerosité des particules fines est scientifiquement prouvée depuis des années. Il n'y a pas de seuil en dessous duquel ces polluants atmosphériques n'auraient plus de conséquences ni aiguës ni chroniques.

L'étude suisse SAPALDIA sur l'environnement a montré que les participants vivant à 20 mètres environ de routes principales avaient nettement plus de problèmes respiratoires que ceux qui en vivaient plus éloignés [5]. D'autres études épidémiologiques ont montré que vivre à proximité de rues encombrées représentait un risque pour la santé. La fonction pulmonaire des adolescents est moins bonne s'ils grandissent dans des régions à concentration élevée de polluants [6]. Les accidents coronariens, dont angor instable et infarctus du myocarde, sont en corrélation avec la concentration de particules fines mesurée au même moment [7].

La preuve la plus frappante est l'augmentation aiguë des décès de 0,5% par palier de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  PM10 [8]. Plusieurs extrapolations arrivent ainsi pour la Suisse à 3000–4000 décès prématurés par an attribuables à la pollution atmosphérique. Il est souvent argumenté qu'auparavant, lorsque la majorité des chauffages étaient au charbon, les poussières fines étaient encore plus denses et les risques pour la santé plus grands. Il n'y a malheureusement aucune donnée ancienne à ce propos. Il est probable qu'il y a 50 ans, les masses de poussières émises dans l'air étaient effectivement considérables. Mais comme les particules de suie plus fines sont surtout émises par les moteurs diesel modernes à compresseur, leur nombre est actuellement plus élevé que jamais dans l'air ambiant.

Les particules fines pénètrent également dans les habitations, où la concentration de PM2,5 peut atteindre 80% des valeurs mesurées à l'extérieur [9]. A l'intérieur vient s'y ajouter la concentration d'autres polluants comme la fumée du tabac par exemple. Contrairement à la pollution par l'ozone avec le smog d'été, qui montre une variabilité circadienne avec des maxima en début d'après-midi, la pollution par les particules fines est permanente et ne peut être évitée en suivant la simple recommandation de rester chez soi.

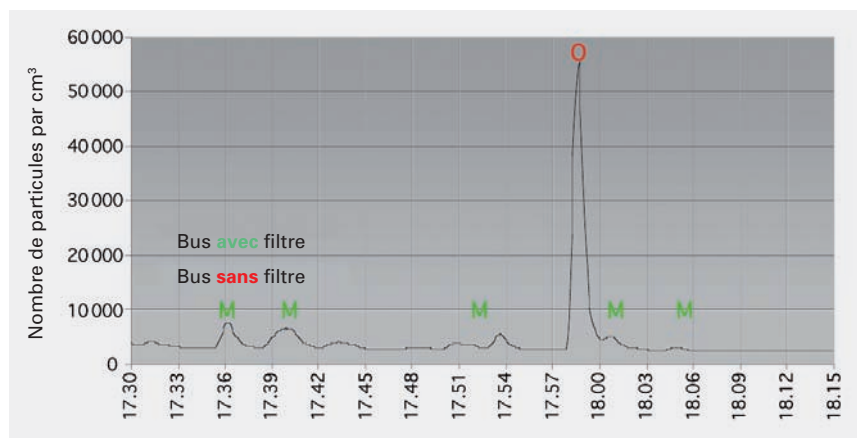


Figure 1

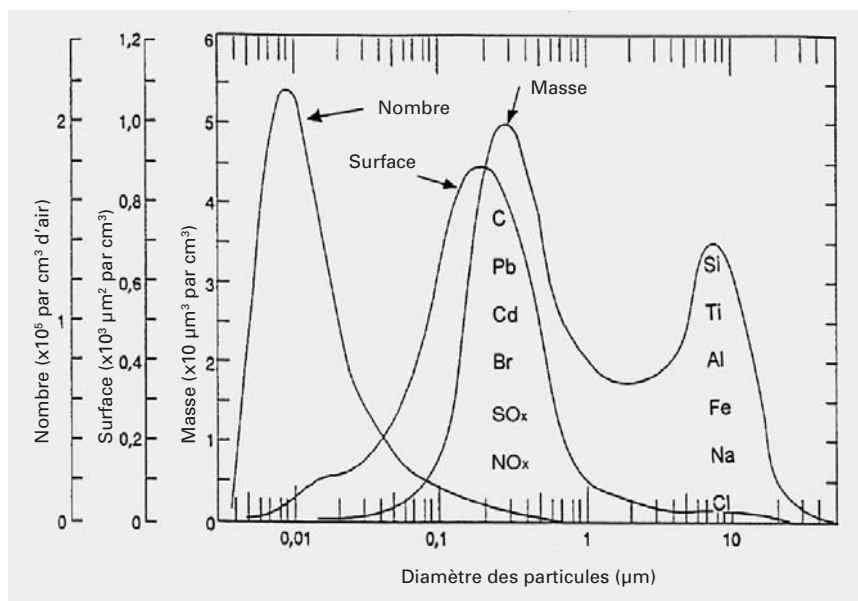
Particules de suie diesel mesurées à hauteur de tête à une station de bus de Grüningen (ZH) le 4 avril 2005 de 17h30 à 18h15: alors qu'un bref arrêt du bus VZO équipé d'un filtre à particules diesel ne provoque pratiquement aucune augmentation des poussières, un bus non encore équipé les fait monter à 60000 particules par  $\text{cm}^3$ ! (Mesures du service déchets, eau, énergie et air [AWEL] du canton de Zurich.)

## Plus elles sont fines, plus elles sont dangereuses!

Alors qu'en expérimentation animale et en laboratoire chez l'être humain la toxicité des particules fines est clairement démontrée, les accidents avec de tout nouveaux «nanoproduits» démontrent leur important potentiel de dangerosité pour notre population: en Suisse, entre octobre 2002 et mars 2003, des problèmes respiratoires aigus ont été observés après inhalation acciden-

**Tableau 1. La taille des particules est déterminante pour la profondeur de leur pénétration dans les poumons et les atteintes à la santé qui en découlent, malgré une bonne fonction de voirie des poumons.**

Particule	Nanoparticule ultrafine (UFP)	Particule fine (PM <sub>2,5</sub> )	Particule grossière (PM <sub>10</sub> )	Poussière visible
Diamètre (µm)	→ 0,1 (→ 100 nm)	0,1-2,5	2,5-10	>10
Pénétration	Alvéoles (cœur, cerveau)	Bronches Alvéoles	Bronches	Sphère nez-gorge
Fonction voirie	Macrophages	Macrophages Cils	Appareil mucociliaire	Toux Eternuement Ecoulement post.
Exemples	Virus Particules diesel	Suie	Bactéries Gouttelettes de sécrétions	Pollen
Atteinte à la santé potentielle	Œdème pulmonaire Trouble cardio-circulatoire Décès subits	Alvéolite BPCO/COPD Cancer du poumon	Bronchite	Rhinite Laryngite



**Figure 2**

Le nombre énorme de particules et leur surface ont des effets beaucoup plus nocifs pour la santé que la seule masse des particules actuellement mesurée (PM<sub>10</sub>), ce qui est fort malheureux. La masse de ces particules se compose surtout de particules minérales grossières provenant de la poussière ambiante et de l'usure des plaquettes de frein, et pour une faible partie de particules fines et ultrafines provenant des moteurs diesel, plus nocives [12].

telle d'un spray d'imprégnation [10]. Les 102 personnes exposées ont présenté de grandes différences de sensibilité (toux, dyspnée et symptômes généraux tels que fièvre). Des symptômes sont même apparus lors de l'utilisation de ce produit à l'extérieur, avant qu'il ne soit retiré du marché. Le mécanisme reste mystérieux. En mars 2006 en Allemagne, la vente d'un nanospray pour nettoyer les surfaces en verre et en céramique a dû être stoppée au bout de trois jours, après que 110 personnes aient présenté des maladies parfois sérieuses, avec œdème pulmonaire toxique [11]. Ce chiffre est important et il montre bien à quel point il est difficile d'estimer les conséquences à long terme de nombreuses nouvelles substances qui sont journalièrement propulsées dans notre air.

Les particules fines et ultrafines – ces dernières étant appelées nanoparticules – ne constituent en fait qu'une infime partie des particules fines dosées actuellement selon la méthode standard. Après captage sur papier filtre, la masse (en µg/m<sup>3</sup>) de toutes les particules de diamètre inférieur à 10 µm (PM<sub>10</sub>) par exemple est pesée. Les particules ultrafines en constituent cependant la plus grande partie, et c'est surtout leur surface qui est déterminante pour leurs réactions nocives avec l'organisme humain. Pour des particules de 2,5 µ de diamètre, une masse de 10 µg/m<sup>3</sup> donne un nombre de particules de 1/cm<sup>3</sup>, mais pour des particules de 0,02 µ de diamètre par contre, ce nombre atteint 2000 000/cm<sup>3</sup> (fig. 2 ☺)!

Les particules les plus grossières constituant la masse principale sont des poussières minérales provenant de l'usure des plaquettes de freins, de la poussière ambiante, des particules polliniques, du fer provenant de l'usure des rails, des polymères organiques, des sels et aérosols comme par exemple le nitrate d'ammonium provenant de processus chimiques atmosphériques. Toutes ces poussières peuvent être éliminées des voies respiratoires par les mécanismes naturels de défense de l'organisme et elles sont très nettement moins toxiques que la suie.

C'est la raison pour laquelle il faudrait doser de routine non pas la masse totale de toutes les particules mais celle des particules fines et ultrafines, dont la dangerosité est plus importante. Mais ceci est techniquement plus compliqué.

## Particules diesel et fumée de feu de bois!

Les moteurs diesel ont actuellement la cote comme solution au problème climatique, car leur rendement est un peu meilleur. Ils produisent en effet 12% environ de moins de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) que les moteurs à essence. Mais ils rejettent 1000 fois plus de particules fines pour nos poumons et cinq fois plus d'oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>)! Les particules de suie des moteurs diesel contien-

nent en plus des métaux lourds et des hydrates de carbone aromatiques polycycliques, le benzo-pyrène par exemple; elles sont donc cancérigènes. Il est admis que les polluants atmosphériques sont responsables d'au moins 300 cas de cancer par an en Suisse!

Les particules diesel sont émises en si grand nombre qu'on peut en dénombrer jusqu'à 100 000/m<sup>3</sup> au voisinage des artères à grand trafic (fig. 1)! Les maxima admis pour les travailleurs dans la construction de tunnels (100 µg/m<sup>3</sup>) ont été dépassés à longueur de journée pendant les épisodes de smog hivernal. Selon la norme Euro 4 en vigueur depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2005, il ne faudrait plus émettre que 25 mg de particules fines par kilomètre parcouru! L'UE ne prévoit d'introduire la norme Euro 5 qu'en septembre 2009. Les 5 mg/km encore tolérés ne pourront être atteints qu'avec les filtres à particules. Leur efficacité peut atteindre 99% même pour les particules ultrafines, et leur technologie est de plus en plus sophistiquée. Ce n'est pas pour rien qu'aujourd'hui les trois quarts des voitures diesel de série sont vendues avec des filtres à particules.

*Exactement comme le catalyseur pour les moteurs à essence, le filtre à particules devrait devenir obligatoire pour les moteurs diesel!* Et ceci non seulement pour les véhicules privés pour lesquels la transition s'est déjà faite, mais aussi et surtout pour les poids lourds et les véhicules de livraison et de chantier, pour lesquels on recherche encore des solutions partielles au lieu d'enfin les doter de filtres efficaces. Le fait que ces filtres fonctionnent est prouvé par les nombreuses entreprises de transport public qui en ont déjà équipé leurs véhicules. Les CFF eux aussi ne veulent plus une seule locomotive diesel sans filtre d'ici 2008.

La technique d'épuration des gaz de fumée des chauffages à bois et des cheminées n'en est par contre qu'à un stade initial. Les particules qu'ils produisent sont en moyenne plus grossières que les particules diesel, et leur toxicité est appréciée de différentes manières [13]. Leur implication dans la pollution atmosphérique est énorme, surtout pendant les épisodes de smog hivernal et en cas de combustion incomplète à des températures relativement basses (feu qui couve sous la cendre), ce qui impose également de nouveaux moyens techniques et de nouvelles prescriptions. Si un fourneau est construit selon les toutes nouvelles connaissances et utilisé par un professionnel, il émet 100-1000 fois moins de particules, ce qui peut être confirmé de manière impressionnante par des mesures.

### Des valeurs limites plus strictes stimulent l'innovation!

Alors que les concentrations d'ozone élevées ont immédiatement un grand écho dans les médias, malgré le fait qu'elles ne dépassent la limite que

quelques jours par an, les valeurs limites pour les particules fines sont pratiquement dépassées toute l'année dans de nombreuses régions de Suisse! Plus de 40% des Suisses vivent dans des agglomérations où les concentrations de particules fines sont supérieures à la limite à long terme de 20 µg/m<sup>3</sup>. La valeur limite ponctuelle de 50 µg/m<sup>3</sup> est dépassée à longueur de journée, surtout en hiver lors des situations d'inversion. En février/mars 2006, des valeurs atteignant 200 µg/m<sup>3</sup> ont même été atteintes à Zurich et à Berne. Avec des ordonnances sur le smog, des mesures d'urgence et à court terme devraient pouvoir être mises en œuvre dans de telles situations:

- >75 µg/m<sup>3</sup>: «Recommandations de comportement pour les personnes courant un risque particulier» (niveau d'information);
- >100 µg/m<sup>3</sup>: interdiction des chauffages d'appoint (cheminées) et des feux à l'extérieur, vitesse limitée à 80 sur les routes et autoroutes (niveau d'intervention 1);
- >150 µg/m<sup>3</sup>: interdiction des moteurs diesel sans filtre à particules sur les chantiers et à la campagne (niveau d'intervention 2).

Les experts pensent cependant que seules des mesures dirigées et des interdictions à long terme permettront d'abaisser de manière durable la pollution atmosphérique. Il faut pour cela introduire des valeurs limites pour les particules fines (PM<sub>2,5</sub>) et la suie, et mesurer le nombre de particules à proximité des routes.

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) est pour une limite annuelle de 10 µg/m<sup>3</sup> pour les particules fines PM<sub>2,5</sub>; les pneumologues américains exigent un maximum de 12 µg/m<sup>3</sup>, tous deux proposant une valeur limite ponctuelle de 25 µg/m<sup>3</sup>. Ces valeurs ne peuvent être atteintes qu'avec des filtres à particules obligatoires et d'autres nouveautés techniques, même pour les chauffages. L'introduction rapide et l'imposition de ces valeurs limites pourrait permettre à notre industrie d'exportation de développer de nouveaux produits. A titre d'exemple, les brûleurs à mazout et à gaz avec émissions réduites d'oxydes d'azote (brûleurs dits low-NO<sub>x</sub>), obligatoires depuis 1992 avec l'Ordonnance sur la Protection de l'air (OPair), ont connu un triomphe dans toute l'Europe.

Par leur comportement, les médecins doivent donner l'exemple, que ce soit en voiture, lors de leurs achats, avec leur chauffage et/ou par leur engagement dans une politique environnementale à long terme (tab. 2 ↩).

### Remerciements

L'auteur remercie cordialement pour sa collaboration Hansjörg Sommer, Dr sc. techn., du Service Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) du Canton de Zurich.

**Tableau 2. Que pouvez-vous faire en tant que médecin pour que l'air redevienne plus propre?**

En voiture
Parcourir les courtes distances à pied ou à vélo, pour la forme aussi, en évitant les grandes artères, surtout avec de petits enfants
Demander l'interdiction de circuler à proximité des écoles et garderies
Opter pour les transports publics pour les grandes distances
Former des communautés de déplacement au lieu de conduire seul sa voiture
Éviter tout déplacement inutile en voiture, ralentir l'allure (consommation d'énergie 30% de plus à 120 km/h qu'à 80 km/h)
Contrôler la pression des pneus et conduire sans climatisation
Ne plus utiliser de véhicules diesel sans filtre à particules!
A domicile
Acheter les produits régionaux et saisonniers près de chez vous
Produire moins d'ordures ménagères
Ne pas utiliser de sprays, ou seulement à l'extérieur
Ne pas brûler vos déchets dans la cheminée ni dans le jardin
Au chauffage
Abaisser la température ambiante (1 °C de moins économise 6% d'énergie)
Installer des vannes thermostatiques
Aérer brièvement deux fois par jour au lieu de laisser la fenêtre basculante toujours ouverte!
Contrôler la température de l'eau chaude (l'abaisser à 50-60 °C)
Contrôler la consommation d'énergie avec les factures de benzine, mazout et électricité et les comparer
Fumée passive
Insistez pour que votre environnement et votre place de travail soient non-fumeurs! Vous y avez droit! Essayez de convaincre votre restaurateur préféré de consacrer sa salle à manger non-fumeurs ou changez de restaurant (adresses sous <a href="http://www.rauchfreissen.ch">www.rauchfreissen.ch</a> , en allemand uniquement).

**Références**

- Schweizerische Kommission für Klima- und Atmosphärenforschung. Klima – unsere Zukunft? Bern: Kümmerly und Frey; 1987. S. 34 / MeteoSchweiz; 2006.
- Kulkarni N, Pierse N, Rushton L, Grigg J. Carbon in airway macrophages and lung function in children. *N Engl J Med*. 2006;355:21-30.
- Rothen-Rutishauser BM, Schürch S, Hänni B, Kapp N, Gehr P. Interaction of fine particles and nanoparticles with red blood cells visualized with advanced microscopic techniques. *Environ Sci Technol*. 2006;40:4353-9.
- Calderon-Garciduenas L, et al. Brain inflammation and Alzheimer's like pathology in individuals exposed to severe air pollution. *Toxicol Pathol*. 2004;32:650-8.
- Bayer-Oglesby L, Schindler C, Hazenkamp ME, Braun-Fahrlander C, Keidel D, Rapp R, et al. Living near main streets and respiratory symptoms in adults. The Swiss Cohort Study on Air Pollution and Lung Diseases in Adults. *Am J Epidemiol*. 2006;164:1190-8.
- Gauderman WJ, Avol E, Gilliland F, et al. The effect of air pollution on lung development from 10 to 18 years of age. *N Engl J Med*. 2004;351:1057-67.
- Pope CA, Muhlestein JB, May HT, Renlund DG, Anderson JL, Horne BD. Ischemic heart disease events triggered by short-term exposure to fine particulate air pollution. *Circulation*. 2006;114:2443-8.
- Katsouyanni K, Touloumi G, Samoli E, Gryparis A, La Tetre A, Monopoli Y, et al. Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA 2 project. *Epidemiology*. 2001;12:521-31.
- Janssen NHA, Lanki T, Hoek G, Vallius M, de Hartog JJ, et al. Associations between ambient, personal and indoor exposure to fine particulate matter constituents in Dutch and Finnish panels of cardiovascular patients. *Occup Environ Med*. 2005;62:868-77.
- Vernez D, Bruzzi R, Kupferschmidt H, De-Batz A, Droz P, Lazor R. Acute respiratory syndrome after inhalation of waterproofing sprays. *J Occupational Environ Hyg*. 2006;3:250-61.
- Information personnelle du Prof. Wendelin J. Stark, Chef du Functional Materials Laboratory de l'ETH Hönggerberg, Zurich. Informations supplémentaires sous [www.fml.ethz.ch](http://www.fml.ethz.ch).
- Brändli O. Sind inhalierte Staubpartikel schädlich für unsere Lunge? *Schweiz Med Wochenschr*. 1996;126(50):2165-74.
- Kochbach A, Yanjun L, Yttri KE, Cassee FR, Schwarze PE, Namork E. Physicochemical characterisation of combustion particles from vehicle exhaust and residential wood smoke. *Part Fibre Toxicol*. 2006;3:1.

Correspondance:  
Dr Otto Brändli  
Médecin-chef de la division  
pneumologique  
Zürcher Höhenklinik Wald  
CH-8639 Faltigberg/Wald  
[otto.braendli@zhw.ch](mailto:otto.braendli@zhw.ch)