**Zeitschrift:** Horizons : le magazine suisse de la recherche scientifique

Herausgeber: Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique

**Band:** - (2006)

**Heft:** 71

**Artikel:** Point fort : problématiques poussières fines

Autor: Müller, Thomas / Meili, Erika / Schindler, Christian

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-552481

# Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

# **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

## Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 10.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch



fait grimper à certains endroits les concentrations de poussières fines à un niveau quatre fois supérieur à la valeur limite. Ces chiffres ont mis sous pression offices responsables ainsi que députés communaux et cantonaux. Finalement, onze cantons ont ordonné début février une réduction générale de la limite de vitesse à 80 km/h pendant cinq jours. Mais entre temps, les recherches de l'Institut Paul Scherrer (PSI) ont montré que la combustion du bois, surtout dans

production de poussières fines. L'abaissement de la limite de vitesse n'a donc eu qu'un effet restreint. A proximité des autoroutes. la pollution due aux poussières fines

les poêles et les cheminées, avait

joué un rôle important et jusqu'ici

totalement sous-estimé dans la

15-20 20-25

Au Tessin et dans les grandes villes, la valeur limite annuelle de 20 ug/m³ est nettement dénassée: concentrations de PM10 en Suisse de 2000 à 2005. Image www.bafu.admin.ch

a plus fortement diminué (entre 5 et 10 pour cent) qu'ailleurs, ont constaté les cantons concernés. Mais ces mesures ont aussi poussé de nombreuses personnes à renoncer à leur voiture, entraînant une baisse de 14 pour cent du trafic autoroutier. Selon Urs Baltensperger, chef du Laboratoire de chimie atmosphérique au PSI, elles ont donc eu pour effet de sensibiliser la population.

Cet épisode a montré que les poussières fines, comme l'ozone, sont un problème à grande échelle. Dès qu'une inversion météorologique durable s'installe en plaine, il se forme une nappe d'air froid dans laquelle les polluants atmosphériques forment un cocktail complexe.

pas d'autre solution que de faire systématiquement baisser de moitié les émissions de poussières fines et celles de leurs gaz précurseurs.

l'introduction rapide et anticipée par rapport à l'UE de la norme Euro 5 pour les véhicules diesel jusqu'à 3,5 tonnes. 57 pour cent des véhien 1988, les valeurs movennes cules diesel vendus avant août 2006 v annuelles ont considérablement satisfont déjà. Mais il faudra attendre dix ans avant que l'ensemble du depuis, le taux d'émissions stagne parc automobile soit renouvelé, à 21000 tonnes de poussières fines estime-t-on chez Auto-Suisse l'Aspar année. Conséquences selon sociation des importateurs suisses l'Office fédéral de l'environnement: d'automobiles. 3700 décès prématurés et des coûts

de santé annuels de 4,2 milliards

Les particules les plus dangereuses

seraient celles d'un diamètre in-

férieur à 2.5 microns (PM2.5). Pour

Urs Baltensperger, il v a une nette corrélation entre leur concentration

dans l'air extérieur et la mortalité.

L'Organisation mondiale de la santé

(OMS) a récemment proposé l'in-

troduction d'une valeur limite de

PM2,5. Mais bien que des valeurs de

PM2,5 aient déjà été mesurées à

six endroits dans l'air helvétique (et

à quatorze endroits pour les PM10),

la Suisse n'a pas encore décidé de

a arrêté un plan d'action qui prévoit,

outre la réduction des émissions

des chaudières à bois, l'examen de

De son côté, le Conseil fédéral

de francs

Valeur limite de PM2.5

En revanche, la Confédération n'envisage pas d'introduction anticipée de la norme Euro 5 pour les camions (valeur limite de 0,005 g/kWh). Depuis le 1er octobre 2006, c'est la norme Euro 4 (0,025 g/kWh) qui règle les autorisations de mise en circulation des nouveaux modèles. La possibilité de faire bénéficier dès 2008 les propriétaires de poids lourds équipés d'un filtre à particules d'une réduction de la redevance poids lourds liée aux prestations (RPLP) est toutefois en

#### **Mesures insuffisantes**

«Le plan d'action de la Confédération ne suffit pas, note l'expert. Mais c'est un pas dans la bonne direction.» A ses veux, il faudra aussi réduire à moyen terme l'émission d'oxydes d'azote des moteurs diesel et, ce qui est encore plus important, investir dans des poêles plus efficaces.

Il sera presque impossible d'éviter des actions à court terme lors d'une inversion de températures prolongée. La Conférence suisse des directeurs des travaux publics, de l'aménagement du territoire et de l'environnement (DTAP) a donc adopté un plan d'intervention qui prévoit, en cas de double dépassement de la movenne quotidienne autorisée, des réductions de la limite de vitesse et l'interdiction de feu en plein air et en cheminée. Si la norme est dépassée trois fois. l'utilisation de machines non équipées de filtres à particules (agriculture, sylviculture et chantiers) serait

La Commission fédérale de l'hygiène de l'air estime que ce plan ne va pas assez loin. C'est pourquoi elle exige que toutes ces mesures soient prises dès que la norme est dépassée deux fois. Selon elle, ce n'est qu'ainsi que l'on pourra protéger le plus grand nombre possible de gens en cas de smog

Pollution atmosphérique (valeurs actuali-sées quotidiennement) http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/fr/fachgebiete/fg\_luft/luft



Visible pollution due aux poussières fines dans le village de Royeredo sur l'age du San Bernardino. Elle est notamment liée à la combustion de bois et au trafic routier, comme l'ont montré des mesures effectuées par l'Institut Paul Scherrer. Image PSI

métiers, à l'image des cimen-teries (photo), sont respon-sables d'environ 27 pour cent





Une station de mesure a <u>l'ai</u>r à travers un filtre à

#### Ou'est-ce que les poussières fines?

Le diamètre d'un

Les poussières fines sont composées de minuscules particules d'un diamètre inférieur à 10 millièmes de millimètres (microns), qui pénètrent profondément dans les poumons. En comparaison, un cheveu humain est dix fois plus gros. La taille des particules est décrite en PM. PM10 désigne une particule d'un diamètre inférieur à 10 microns, PM2,5 une particule d'un diamètre inférieur à 2,5

En Suisse, plus de la moitié des poussières fines dans l'air provient de l'industrie, de l'usure mécanique des routes et du rail, ainsi que de poussières tourbillonnantes. Un peu moins de la moitié provient de la combustion incomplète de carburants et de combustibles, dont le moteurs diesel, 15 pour cent à la combustion du bois. Les

et le sel marin, ne représentent qu'une petite partie de la pollution. Dans les espaces fermés, le tabac et la cuisson des mets sont les principales sources de poussières fines. Les poussières fines naissent aussi de réactions chimiques entre des polluants atmosphériques comme l'ammoniaque, le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote ou narticules secondaires (nitrates, sulfates ou ammonium) qui forment près de la moitié des émissions en milieu urbain. En Suisse, la valeur movenne quotidienne à ne pas mètre cube d'air (µg/m²). La moyenne annuelle est d'environ 20 µg/m³ (UE: 40 µg/m³). A de nombreux endroits, la moyenne annuelle n'est pas atteinte, alors que la valeur moyenne quotidienne est régulièrement dépassée (CH et

Etant donné le caractère récurrent de cette situation météo, il n'y a Là-dessus, les experts sont d'accord.



Grâce à l'étude Sapaldia, la Suisse a la valeur limite de poussières fines la plus basse d'Europe. Cette étude a montré pour la première fois que ces particules étaient aussi nocives pour les adultes en bonne santé. Il s'agit maintenant de trouver quelles sont les sources de nuisances les plus dangereuses. Par Erika Melli, Photos Derek Li Wan Po

«Des marqueurs précoces de maladies graves »

à des vérifications avant cinq ans environ.

Liu: Avec la fonction pulmonaire et les caractéristiques cardiovasculaires, Sapaldia étudie des marqueurs précoces de maladies graves. C'est important pour la prévention. Par ailleurs, plusieurs études ont montré une corrélation entre mauvaise fonction pulmonaire et élévation de la mortalité.

#### Les poussières fines seraient responsables chaque année du décès prématuré de 3700 personnes en Suisse. D'où vient ce chiffre?

Schindler: Il repose notamment sur les résultats de trois études américaines de cohorte, qui ont été reportés en Suisse en prenant en considération un modèle détaillé de pollution par poussières fines. Entre-temps, des études menées aux Pays-Bas, en Norvège et en Suède ont confirmé la validité de ces chiffres pour l'Europe. L'estimation de 3700 personnes a été faite par une équipe de chercheurs dirigée par Nino Künzli qui a lui aussi participé à Sanaldia.

#### Quelles sont les conséquences des La pollution atmosphérique a-t-elle eu particules ultrafines?

Liu: Nous n'avons pas encore de résultats à ce sujet. Il est difficile de mesurer la pollution en PM0,1 (particule ultrafine) pour chaque personne, étant donné qu'il n'existe que très peu de stations de mesure. Des éléments indiquent que les particules ultrafines favorisent certaines maladies des nerfs et l'artériosclérose, mais rien n'est encore tout à fait certain.

#### Entre 1991 et 2000, la pollution due aux poussières fines a nettement diminué. Avec une amélioration pour la santé?

Schindler: C'est surtout dans les zones fortement polluées, dans les villes, que la pollution par poussières fines a nettement régressé. Avec un effet positif sur la fonction pulmonaire. Les gens se sont donc partiellement rétablis – c'est une bonne nouvelle!

#### Quelles sont les mesures les plus prometteuses pour lutter contre les poussières fines?

Liu: Pour le dire, il faudrait connaître la source qui provoque le plus de problèmes de santé et il n'y a pratiquement pas d'études à ce sujet. Sapaldia s'efforce ici de combler une lacune. Nous sommes en train de développer un modèle de charge individuelle pour nos participants. Cela permet de savoir si quelqu'un est plus fortement touché par les émissions du trafic, de l'industrie, du ménage, ou par des particules transportées sur de longues distances. Cet instrument sera précieux pour identifier les sources les plus nocives.

Peut-on déjà tirer certaines conclusions?





L.-J. Sally Liu est directrice de recherche à l'Institut de médecine sociale et préventive de l'Université de Bâle, professeure à l'Université de Washington et spécialisée dans le monitoring et la modélisation de la pollution atmosphérique.

Christian Schindler est docteur en mathématiques et statisticien à l'Institut de médecine sociale et préventive de l'Université de Bâle. Il est responsable du dépouillement statistique des données depuis le début de l'étude Sapaldia.

Llu: Certains éléments indiquent que les poussières fines issues du trafic autoroutier affectent plus fortement la fonction pulmonaire que d'autres sources. Nous avons ainsi découvert que les personnes qui vivent à 20 mètres ou moins d'une rue très fréquentée ont 35 pour cent de troubles respiratoires (toux ou essoufflement) supplémentaires. Une étude hollandaise a par ailleurs montré que la proximité avec le trafic routier renforce la sensibilité à certains allerrènes.

Schindler: Nous avons eu des résultats analogues dans le cadre d'une étude partielle à Bâle. Les personnes qui vivent près d'une route à gros trafic ont une plus forte sensibilité au pollen.

#### Qu'est-ce qui est le plus dangereux? Les épisodes de smog ou la pollution à long terme par poussières fines?

Liu: Les deux sont mauvais, mais leur impact sur la santé diffère probablement. Au nord-est des Etats-Unis, par exemple, avec une pollution atmosphérique due au trafic routier, on observe davantage de problèmes cardiovasculaires et une mortalité plus élevée. Au nord-ouest des Etats-Unis, où les feux de bois provoquent des épisodes de smog hivernal, les troubles de la fonction pulmonaire et les affections asthmatiques sont plus fréquents. Il se pourrait qu'en Suisse aussi, l'impact diffère selon les saisons. Il est toutefois très difficile de différencier la pollution à long terme et le smog hivernal. Il faudrait des

mesures plus exactes et des marqueurs spécifiques pour chaque source.

# Quels résultats attendez-vous de la deuxième enquête Sapaldia?

Schindler: Outre le développement du modèle de charge individuelle, nous continuons d'analyser les changements en matière de santé entre 1991 et 2002. En 2002, nous de risque connu et des études à court terme montrent que la pollution atmosphérique entrave la fonction cardiaque. Nous avons également analysé l'importance de certaines dispositions génétiques et d'autres facteurs de risque comme le diabète, les allergies, la fumée passive, l'alimentation, l'excès de poids, la sédentarité ou les charges profes-

à court
Illution
Inction
Illution
Inction
Inction
Illution
Inction
Inc

### Etude de cohorte Sapaldia



Sapaldia 1 (Swiss Study on Air Pollution and Lung Diseases in Adults) a démarré en 1991 dans le cadre du Programme national de recherche «Homme, santé, environnement ». L'étude s'est penchée sur le rapport entre pollution atmosphérique et maladies pulmonaires. 9651 adultes âgés de 18 à 61 ans répartis entre huit sites - Aarau, Bâle, Davos, Genève, Lugano, Montana, Payerne et Wald (ZH) – y ont participé. Ils ont été sélectionnés au hasard et interrogés. Cette cohorte - c'est ainsi que l'on désigne un ensemble de personnes interrogées à plusieurs reprises sur une période importante - a été sollicitée à nouveau dans le cadre de Sapaldia 2.83 pour cent de ces personnes participent à cette nouvelle enquête. En Europe, il n'y

a pas d'autre étude de cohorte capable d'examiner sur plus de dix ans et avec une base de données comparable les effets de la pollution atmosphérique sur la santé de la population. www.ispm-unibasel..ch

sionnelles. Enfin, nous aimerions mener un troisième sondage dans quelques années pour analyser les conséquences à long terme de la pollution atmosphérique sur le système cardiovasculaire.

avons mesuré pour la première fois des caractéristiques cardiaques, en enregistrant avec un électrocardiogramme de 24 heures la variabilité de la fréquence cardiaque de presque deux mille personnes de plus de

**Ouels sont les effets des poussières** 

Christian Schindler: L'étude montre

qu'il existe un rapport linéaire entre

la pollution annuelle par poussières

fines et la fonction pulmonaire. Par

ailleurs, cette même pollution à long

terme - même en faibles quantités -

conduit à une augmentation de

symptômes (essoufflement, toux et

bronchites). Enfin, nous avons

découvert que les variations quoti-

diennes de la pollution atmosphéri-

que ont des effets sur la fonction pul-

monaire dans une population nor-

male. Ces résultats ont conduit à

l'adoption en Suisse d'une limite

L.-J. Sally Liu: On savait depuis long-

temps que les enfants souffrent de la

pollution atmosphérique. Sapaldia a

montré pour la première fois qu'elle

affecte aussi la santé pulmonaire

Schindler: Jusqu'ici, le nombre de

décès dans le cadre de Sapaldia est

encore insuffisant pour y déceler un

impact de la pollution atmosphéri-

que. Nous ne pourrons pas procéder

d'adultes en bonne santé.

un effet sur la mortalité?

basse pour les poussières fines.

fines sur la santé, d'après Sapaldia?

explique Marianne Geiser, biologiste et doctorante en histologie à l'Université de Berne. Des cils vibratiles purifient les voies respiratoires en réacheminant sans cesse les particules vers le haut avec du liquide. Et dans les alvéoles, des phagocytes (macrophages) font le ménage en absorbant les particules ou en les décomposant et en les acheminant vers les cils vibratiles, «Mais les macrophages échouent avec les noussières fines d'un diamètre inférieur à 0.1 micron, poursuit la biologiste. L'autonettoyage des poumons n'est manifestement pas réglé pour les poussières les plus fines. » C'est ce que montrent du moins des expériences avec des rats qui ont inhalé

de la poussière d'oxyde de titane. En éprouvette aussi, les poussières fines de la dimension de 0.1 micron montrent d'étonnantes propriétés : de petites sphères fluore-

scentes de polystyrol, par exemple, sont capables de pénétrer dans les globules sanguins, comme l'a montré une étude de l'Institut d'anatomie de l'Université de Berne. Mais les chercheurs ignorent toujours le déroulement de ce processus, «En fait, les globules rouges ne sont absolument pas équipés pour absorber des particules, souligne Peter Gehr. Les poussières ultrafines franchissent donc les barrières cellulaires d'une manière différente de celle que nous connaissons en biologie.»

Une étude de Marianne Geiser sur l'inhalation de poussière d'oxyde de titane chez les rats ainsi que des essais analogues menés en Allemagne montrent par ailleurs qu'un faible pourcentage de particules fines réussit à pénétrer dans le sang et reste détectable dans les reins, le foie, la rate, le cœur et le cerveau.

Les poussières ultrafines pénètrent avec l'air qui est inspiré dans les alvéoles où l'échange gazeux a lieu. C'est là que la barrière de l'organisme est la plus mince. Un tissu de moins d'un micron sépare les voies respiratoires du sang

bles d'aggraver l'effet de certains allergènes. Mais la connaissance sur leurs effets exacts sur l'organisme en est encore au stade de la recherche. Les études menées jusqu'ici mettent surtout en évidence un stress oxydatif et différentes atteintes du système immunitaire. Peter Gehr a lui aussi découvert, grâce à un modèle (voir encadré ci-dessous) constitué de trois cellules (macrophages, cellules de la paroi des voies respiratoires et cellules immunitaires spécifiques), que les particules ultrafines étaient susceptibles de provoquer un stress oxydatif et des réactions inflammatoires. Elles

Sang riche en oxygène

urbain ont été intentionnellement laissées de côté

migrent dans le novau cellulaire où elles pourraient interagir avec le patrimoine génétique et elles interviennent peut-être dans le métabolisme au niveau des mitochondries (les centrales énergétiques des cellules). Pour l'étude des effets des poussières fines, on s'est servi de matériaux relativement inertes, dépourvus d'effet polluant - comme l'oxyde de titane ou l'argent. Les interactions avec d'autres particules ou des polluants atmosphériques comme l'ozone ou les oxydes d'azote que l'on trouve dans l'air



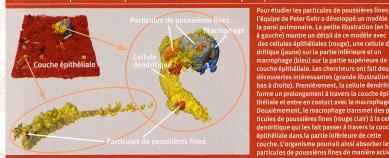


(in vitro) qui sont trop grandes pour y pénétrer





#### Comment des particules de poussière fines traversent la paroi pulmonaire



Ces minuscules intrus parviennent

au cerveau par le nez et les nerfs

olfactifs, comme l'ont révélé des

expériences menées sur des ron-

diesel sont cancérigènes et suscepti-

On sait déjà que les particules de

geurs aux Etats-Unis.

l'équipe de Peter Gehr a développé un modèle de la paroi pulmonaire. La petite illustration (en haut à gauche) montre un détail de ce modèle avec des cellules épithéliales (rouge), une cellule den dritique (jaune) sur la partie inférieure et un nacrophage (bleu) sur la partie supérieure de la découvertes intéressantes (grande illustration en forme un prolongement à travers la couche épi théliale et entre en contact avec le macrophage. Deuxièmement, le macrophage transmet des par ticules de poussières fines (rouge clair) à la cellule épithéliale dans la partie inférieure de cette couche. L'organisme pourrait ainsi absorber les

.. digérés par des phagocytes (macrophages) et ensuite transportés plus loin.

toires, le système cardiovasculaire,

le système nerveux, et provoquent

certains cancers. «Nous aimerions

marier biologie cellulaire et épi-

démiologie», explique Peter Gehr,

professeur d'histologie à l'Université

de Berne et expert dans le domaine

de l'interaction entre poussières

Les alvéoles comme porte d'entrée

On sait aujourd'hui que plus la parti-

cule de poussière fine inhalée est

petite, plus elle pénètre profondé-

ment dans les poumons. Une parti-

cule d'un diamètre de 3 à 10 microns

est interceptée par les voies respira-

toires movennes et supérieures,

alors que les particules d'un diamè-

tre inférieur à 3 microns atteignent

les bronchioles et les alvéoles, où a

lieu l'échange gazeux. Toutefois, la

plupart des particules qui parvien-

fines et poumons.