

Selon des études épidémiologiques, les poussières fines représentent des risques pour la santé des **poumons** et du **système cardiovasculaire**. Mais on ignore encore de quelle façon elles pénètrent dans les cellules et comment elles les endommagent. *Par Ruth Jahn, Images Institut d'anatomie de l'Université de Berne*

## Que deviennent les poussières fines dans l'organisme ?

La science sait encore peu de choses au sujet des effets des poussières fines inhalées sur l'organisme. Les épidémiologistes évoquent des risques pour la santé sur la base de premières études à long terme. On observe davantage de décès liés à des problèmes cardiovasculaires lorsque la concentration de poussières fines augmente. Et les biologistes s'efforcent de mettre en évidence la façon dont, une fois inhalées, ces particules se répartissent dans l'organisme et y provoquent des dégâts. Leur objectif : comprendre comment les poussières fines endommagent les voies respiratoires, le système cardiovasculaire, le système nerveux, et provoquent certains cancers. « Nous aimerions marier biologie cellulaire et épidémiologie », explique Peter Gehr, professeur d'histologie à l'Université de Berne et expert dans le domaine de l'interaction entre poussières fines et poumons.

### Les alvéoles comme porte d'entrée

On sait aujourd'hui que plus la particule de poussière fine inhalée est petite, plus elle pénètre profondément dans les poumons. Une particule d'un diamètre de 3 à 10 microns est interceptée par les voies respiratoires moyennes et supérieures, alors que les particules d'un diamètre inférieur à 3 microns atteignent les bronchioles et les alvéoles, où a lieu l'échange gazeux. Toutefois, la plupart des particules qui parvien-

nent jusque-là sont ultrafines (d'un diamètre moyen de 0,1 micron). Or les alvéoles constituent la plus grande surface du corps humain – l'équivalent d'un court de tennis selon les estimations de Peter Gehr – mais aussi sa plus mince barrière : moins d'un micron de tissu sépare les voies respiratoires du sang. Pour les particules de poussières ultrafines, cette membrane constitue donc la porte d'entrée dans l'organisme.

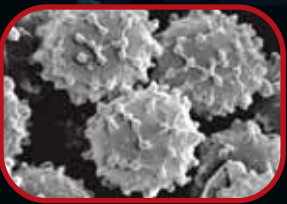
### Autonettoyage insuffisant

« Le système respiratoire humain dispose de deux mécanismes de défense particulièrement efficaces », 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 poussières 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.

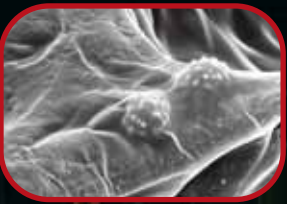
En éprouvette aussi, les poussières fines de la dimension de 0,1 micron montrent d'étonnantes propriétés : de petites sphères fluore-

scientes 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.



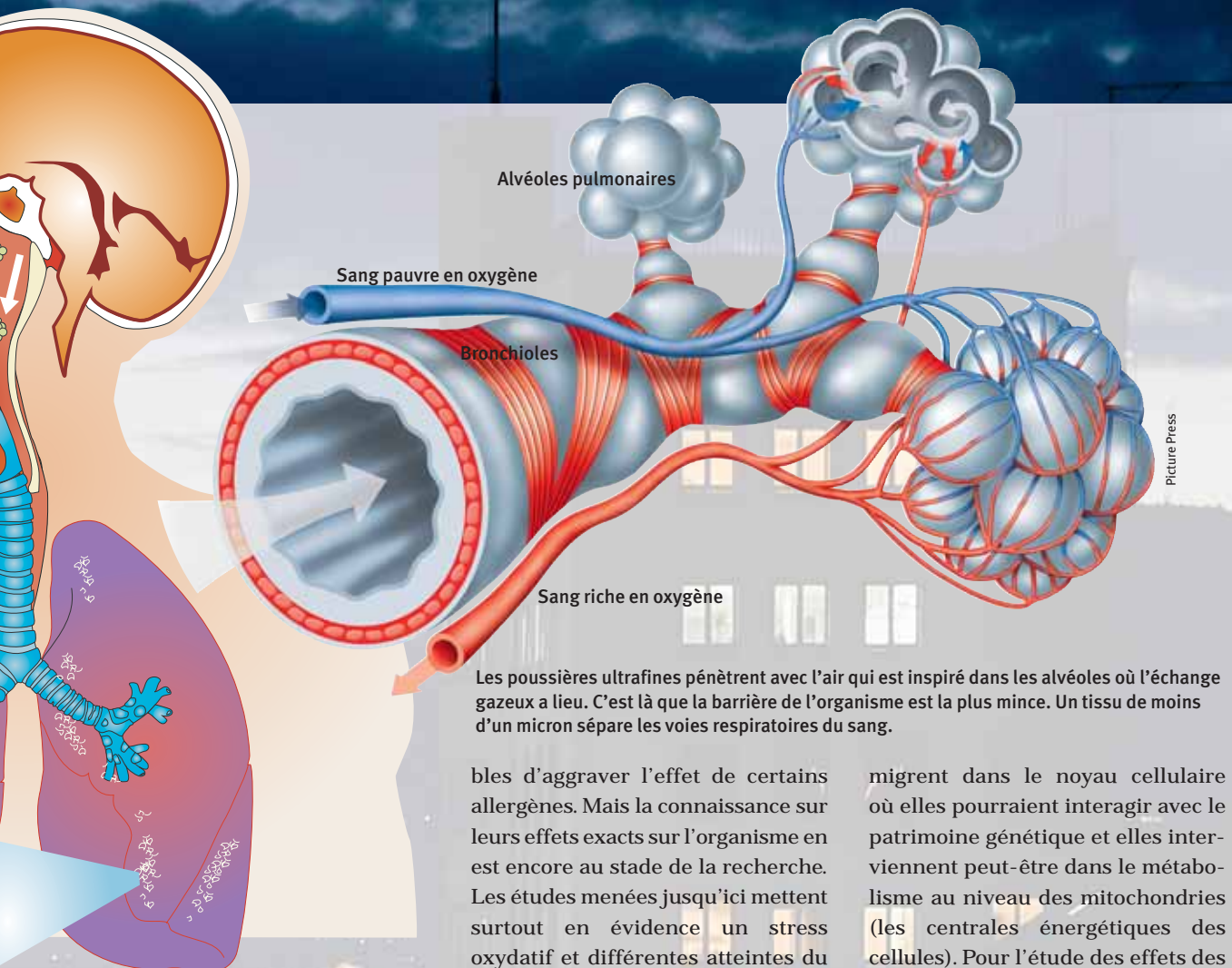
Les spores de champignons d'une grosseur de 3 microns pénètrent dans les alvéoles pulmonaires.



Dans les alvéoles, les spores de champignons sont recouverts d'un film liquide...



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



Picture Press

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.

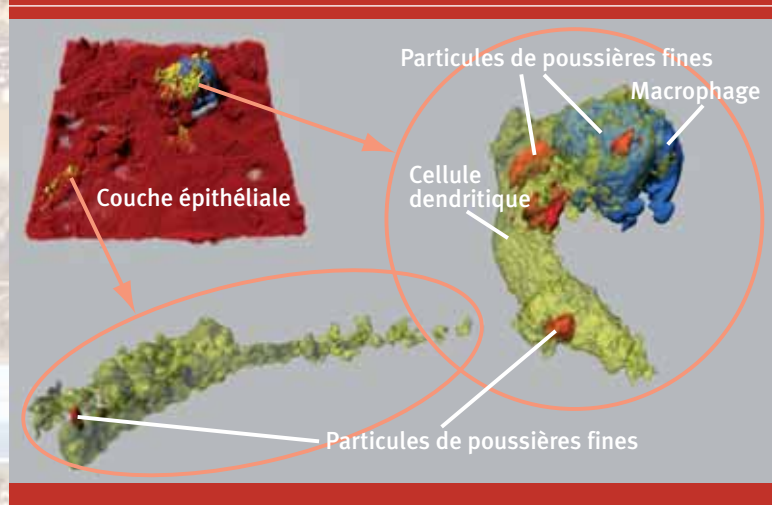
bles d'aggraver l'effet de certains allergènes. Mais la connaissance sur leurs effets exacts sur l'organisme en est encore au stade de la recherche. Les études menées jusqu'ici mettent surtout en évidence un stress oxydatif et différentes atteintes du système immunitaire. Peter Gehr a lui aussi découvert, 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

migrent dans le noyau 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 urbain ont été intentionnellement laissées de côté. ■

Ces minuscules intrus parviennent au cerveau par le nez et les nerfs olfactifs, comme l'ont révélé des expériences menées sur des rongeurs aux Etats-Unis.

On sait déjà que les particules de diesel sont cancérigènes et suscepti-

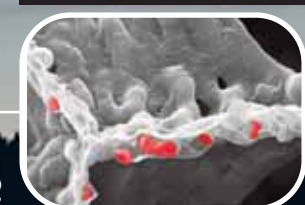
### Comment des particules de poussière fines traversent la paroi pulmonaire



Pour étudier les particules de poussières fines, 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 dendritique (jaune) sur la partie inférieure et un macrophage (bleu) sur la partie supérieure de la couche épithéliale. Les chercheurs ont fait deux découvertes intéressantes (grande illustration en bas à droite). Premièrement, la cellule dendritique forme un prolongement à travers la couche épithéliale et entre en contact avec le macrophage. Deuxièmement, le macrophage transmet des particules de poussières fines (rouge clair) à la cellule dendritique qui les fait passer à travers la couche épithéliale dans la partie inférieure de cette couche. L'organisme pourrait ainsi absorber les particules de poussières fines de manière active.



Alvéoles (A) avec leurs fines parois (P) visibles au microscope à balayage électronique. Au centre, une voie respiratoire périphérique (V).



Paroi sectionnée d'une alvéole avec des globules rouges (en rouge).



Globule rouge avec des particules de poussières fines (in vitro) qui sont trop grandes pour y pénétrer.



Globule rouge (in vitro) dans lequel des particules de poussières ultrafines (vert) ont pénétré.



Globule rouge d'un rat dans lequel une particule ultrafine d'oxyde de titane (entourée en rouge) a pénétré in vivo.

Ce qui se passe dans l'organisme