



Le plastique partout

Autour de nous et en nous



Produits chimiques dans le plastique
Un problème en médecine?



Le développement urbain à Klybeck
Compromis par des produits chimiques de l'air du sol?

Éditorial	3
Le développement urbain à Klybeck: Nouvelles questions Dr Martin Forter, directeur des MfE	4
Les impacts des emballages alimentaires sur la santé Tomáš Hraško, médecin spécialiste FMH, Zurich	8
Produits chimiques du plastique – un problème en médecine? Dr Helene Wiesinger, EPF de Zurich et Food Packaging Forum, Zurich	12
Quels risques recèlent les micro- et nanoplastiques? Dr Patricia Taladriz-Blanco, Adolphe Merkle Institute, Université de Fribourg	15
Des particules de pneus dans l'agriculture Dr Dominika Kundel et Dr Andreas Fliessbach et al., FiBL, Frick AG	19
Trojan Horse Award 2024 – prix d'encouragement des MfE Oliver F. Bischof, Awards Chair de l'ETH-NPC	22
Cartes de rendez-vous et formulaires d'ordonnances	23
La dernière	24

Photo de couverture:
© iStock/Rawpixel/Shutterstock
Montage: Christoph Heer
Le 1^{er} octobre 2024

Toutes les traductions de ce cahier
ont été réalisées par
Caroline Maréchal Guellec
(sauf article page 19).
www.frallemance.de

Chère lectrice,

Cher lecteur,

Depuis les années 50, le plastique conquiert le monde dans une grande «réunion Tupperware». La production mondiale annuelle de 1,5 million de tonnes à l'époque est passée au vertigineux chiffre de 400 millions.

Il est indéniable que ses propriétés sont géniales, notamment pour emballer les denrées alimentaires. Mais ce sont les additifs chimiques qui rendent cela possible. Il faut être conscient que notre nourriture est emballée dans des produits chimiques. Entre-temps, un consensus scientifique s'est dégagé sur les nombreux effets nocifs pour la santé de ces produits chimiques. En tant que consommateurs bien informés, nous ne disposons, pour le moment, que du pouvoir du renoncement (article de Hraško, p. 8).

Malgré les promesses de recyclage de l'industrie, la production ne cesse de croître. Le recyclage est effectivement souvent problématique. Pour les produits médicaux par ex., – on pense aux tuyaux et poches à infusion – qui, justement, sont tributaires du plastique. C'est pourquoi, certains additifs «perdurent» en médecine alors qu'ils ont déjà été bannis d'autres champs d'application. Que faire? (article de Wiesinger, p. 12)

Non seulement le plastique libère des produits chimiques, mais aussi il se décompose en petites et minuscules particules. Comme les «produits chimiques éternels» PFAS, les micro- et nanoplastiques sont persistants et omniprésents: dans l'environnement et l'être humain, jusque dans ses cellules. Les effets de ces particules sont peu étudiés. Après 75 ans d'«avalanche de plastique», une méthode d'analyse standard fait défaut pour déceler les particules de plastique chez l'être humain (article de Taladriz-Blanco, p. 15).

L'usure des pneus dans le trafic occasionne 90% de la totalité du microplastique dans l'environnement. Les particules parviennent aussi dans les sols agricoles et impactent la santé des sols, et donc, du système sol-plante (article de Kundel, Fliessbach et al., p. 19). Les connaissances actuelles fournissent suffisamment de raisons pour stopper la pollution au plastique des prés et champs.

À propos de la pollution des sols: sur l'ancien site chimique bâlois de Klybeck, de nouvelles questions surgissent après les recherches des MfE. Ici, un nouveau quartier doit voir le jour. Mais des produits chimiques toxiques pourraient remonter de l'air des pores du sol dans les intérieurs des bâtiments existants et futurs. Une puanteur sulfureuse pourrait aussi en émaner (article de Forter, p. 4).

Il est encore question de particules dans le dernier article: les MfE ont remis pour la 7^{ème} fois leur prix «Trojan Horse Award» pour une excellente recherche sur les particules ultrafines issues des processus de combustion (article de Bischof, p. 22): une étude sur l'air à l'aéroport de Thessalonique (GR).



Stephanie Fuchs, rédactrice en chef

P.-S.: Pensez déjà à vos cadeaux de Noël. Notre conseil: un set de gobelets et boîtes en métal contre le plastique jetable dans la vente à emporter. Avec un joli nœud en jute autour.



<https://www.facebook.com/aefu.ch>



https://twitter.com/aefu_ch > @aefu_ch

Des produits chimiques de l'air du sol dans les espaces intérieurs?

Martin Forter, directeur des MfE

Des polluants du sous-sol du site désaffecté de Klybeck menacent de pénétrer dans des bâtiments d'un quartier prévu sur ce même site. Ceci selon les rapports d'analyse, dont dispose l'ECOSCOPE.

L'ancien site chimique de Klybeck à Bâle est pollué par des produits nocifs. Jusqu'ici, l'étendue de la contamination du sol et des eaux souterraines par des substances très problématiques telles que la benzidine – cancérogène – n'a pas été systématiquement établie.¹ C'est pourquoi, les Médecins en faveur de l'Environnement (MfE) et des personnalités politiques soucieuses critiquent depuis des années l'office cantonal de l'environnement et de l'énergie de Bâle-Ville. C'est juste récemment que la contamination des murs et sols des bâtiments de production désaffectés est au centre de l'attention. Car les MfE ont rendu public le fait que Swiss Life, l'une des propriétaires du site, a bloqué l'accès au bâtiment en raison des risques sanitaires. Mais avant cela, des événements regroupant un public nombreux avaient eu lieu.²

La contamination de l'air interstitiel n'avait pas été évoquée
Par contre, la nature et l'étendue de la pollution chimique de l'air dans les pores du sol, sous le site de Klybeck, n'avaient jusqu'ici

Les conduites d'eau potable, un risque

L'air du sol contaminé entraîne un autre danger potentiel pour la qualité de l'eau potable dans les bâtiments du site. Ces polluants peuvent se diffuser dans les conduites en plastique si elles ne sont pas revêtues d'une garniture en métal.³ L'ECOSCOPE ignore comment sont construites les conduites d'eau potable sur ce site et notamment les sites 1 et 3.

pas été discutées en public. Ceci est pourtant très pertinent. Car pour les sites chimiques, il est probable que l'air du sol contienne des polluants volatiles et semi-volatiles, qui, issus du matériau contaminé du sol et en partie de la nappe phréatique polluée, parviennent dans l'air interstitiel. De là, ces polluants peuvent, via le béton, les murs, des fissures et joints et le long des conduites des eaux usées et d'autres conduites, pénétrer dans les bâtiments existants ou à venir. Ainsi, ces polluants peuvent contaminer l'air intérieur et menacer la santé des personnes y travaillant déjà ou – d'après les plans du canton et des propriétaires du site – qui, un jour, travailleront dans les anciens ou nouveaux bâtiments du quartier ou même y habiteront. Ces polluants de l'air du sol pourraient même souiller leur eau potable (cf. encadré).

Des odeurs suspectes

À Klybeck, le risque que des polluants issus du sous-sol contaminé s'infiltrent dans les

bâtiments est réel. L'ECOSCOPE a des rapports non publiés jusqu'ici prouvant qu'en 2009 une forte contamination de l'air interstitiel est apparue dans la zone 3. De plus, en 2014 et 2015, les foreurs ont perçu des odeurs suspectes dans le cas de 58 forages sur 118 (49 %). Malgré cela – à notre connaissance – un examen plus attentif de l'air du sol n'a pas eu lieu. Comme pour la benzidine, l'air interstitiel pollué peut remettre en question le développement urbain du site de Klybeck, si la pollution n'est pas éliminée en profondeur.

Air interstitiel contaminé

Lorsque la société HPC 2009 a analysé la pollution de l'air interstitiel dans le sous-sol de la zone 3, les propriétaires de l'époque, Ciba SC (désormais BASF) et Novartis, ne l'avaient mandatée que pour examiner les chlorobenzènes. Outre les oscillations (peaks) correspondant aux trichlorobenzènes (cf. marquage jaune dans l'illustration), les chro-

¹ Martin Forter: Benzidin: Wie Kantone das Ultragift aus den Augen verlieren, im Auftrag der Aefu, Basel, 22.3.2023, p. 42s www.aefu.ch/Benzidin-Studie; Im Basler Klybeck kommt immer mehr Benzidin zum Vorschein, www.aefu.ch/oekoskop_24_2

² Verseuchte Gebäude, www.aefu.ch/oekoskop_24_2

³ E. C. Glaza et al.: Permeation of Organic Contaminants through gasketed pipe joints, Water Works Assoc. 84 (1992) 92-100; CityChlor/Ineris: State of the art of contaminated site management: Policy framework and human health risk assessment tools, 11.4.2013, p. 3.

⁴ Harress Pickel Consult (HPC): Bodenlufterkundung eines Chlorbenzolschadens mittels Passivsammeln, Werk Klybeck, im Auftrag v. Ciba u. Novartis, Lörrach, 9.2009, Appendix A3.

⁵ Bayerisches Landesamt für Umwelt: Untersuchung und Bewertung von Altlasten und schädlichen Bodenveränderungen. Wirkungspfad Boden-Mensch (direkter Kontakt) und Expositionsszenario Boden-Bodenluft-Innenraumluft. Broschüre n°3.8/8. État 05/2023, p. 17

⁶ Ciba SC/Novartis, Historischer Bericht Klybeck, 2000, annexe 2, p. 1.

⁷ cf. note 14.

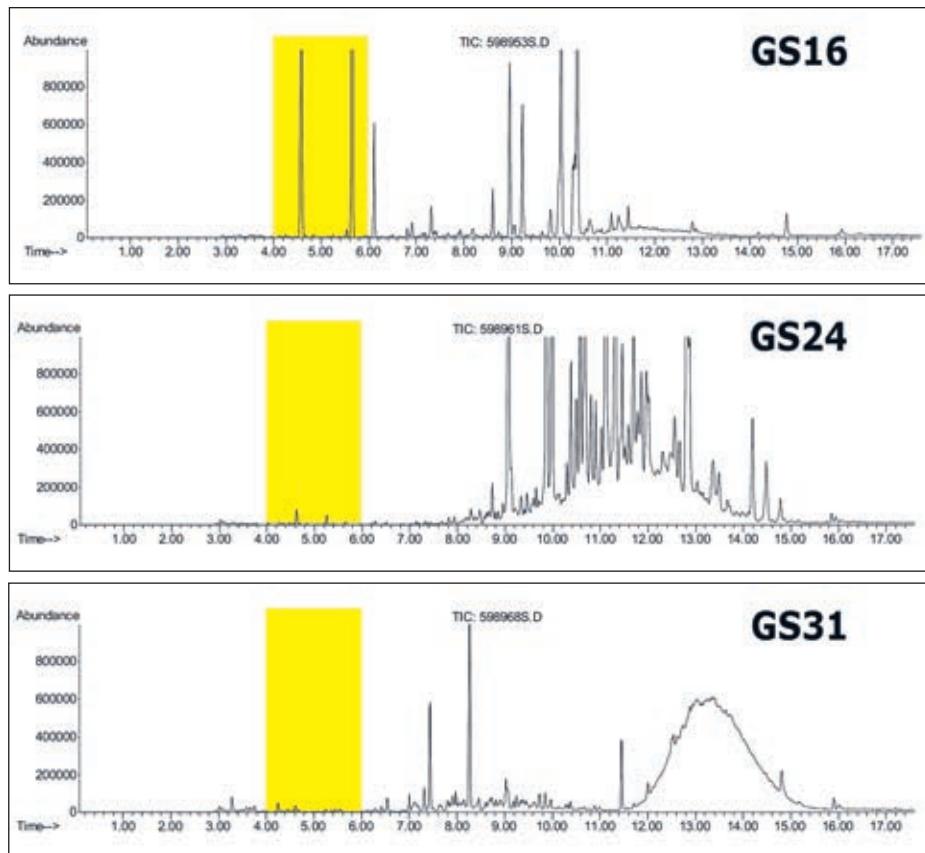
⁸ Viel mehr Benzidin und andere Kanzerogène in Basler Quartier, www.aefu.ch/oekoskop_20_1

⁹ Ceci a lieu dans des conditions pauvres en oxygène, réductrices, qui, entre autres, prédominent dans la nappe phréatique (Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, brochure n° 3.8/3, 05/11/2004, p. 1 et annexe 2, p. 2; brochure 3.8/1, 31/10/2001, p. 43).

¹⁰ Geotechnisches Institut (GI): Basel Werk Klybeck, Areal 3 BASF, ergänzende technische Untersuchung, Bâle, 2015, annexe 2a.

¹¹ Ciba SC/Novartis, 2000, annexe 2, p. 4-7.

¹² Wikipedia: Schwefelwasserstoff, <https://de.wikipedia.org/wiki/Schwefelwasserstoff>



matogrammes présentent aussi une myriade de pics supplémentaires provenant d'autres substances polluant l'air interstitiel. Sont aussi visibles des signaux larges indiquant un mélange complexe de nombre de substances isolées similaires, typiques par ex. de l'huile minérale.⁴ Outre des chlorobenzènes, les analyses ont fait ressortir d'autres pollu-

ants dans l'air du sol. D'après les documents dont nous disposons, les mandants n'ont pas cherché à savoir de quelles substances concrètes il s'agissait. On sait donc aujourd'hui seulement que l'air du sol sous la zone 3 est pollué par une pluralité de substances volatiles. Au vu de l'histoire de la production chimique à Klybeck, il pourrait s'y trouver

Dans la zone 3 du site chimique bâlois de Klybeck, beaucoup de polluants souillent l'air du sol. Les nombreux pics dans les chromatogrammes des analyses GC/MS de 2009 le montrent. Toutefois, les substances hors du marquage jaune (= trichlorobenzènes) n'ont jamais été déterminées.

Source : cf. note de bas de page 4

des polluants très toxiques, cancérogènes et autrement nocifs. En général, il est estimé qu'un millième de la concentration en polluants de l'air interstitiel peut pénétrer dans les espaces intérieurs.⁵

Une puanteur chimique douceâtre

Mais ce n'est pas tout: En 2014 et 2015, le Geotechnisches Institut respectivement une société de forage, a réalisé, aussi pour BASF (ex. Ciba SC) et Novartis, des forages dans le sous-sol de la zone 3 du site de Klybeck.

Les foreurs ont alors fait état d'odeurs «chimiques», «aromatiques», «douceâtres», «et de mois» se dégageant du matériau du sous-sol pour au moins 41 des 118 forages (35 %). Les foreurs ont respiré l'odeur des échantillons de sol, sans masque, ce qui, pour une pollution chimique inconnue, est risqué et non admis. Il a aussi été question d'«H₂S» toxique (cf. encadré).

L'odeur était surtout forte lors des forages autour du bâtiment K-322, une usine de colorants en service de 1927 à 1980, où les ouvriers traitaient de grandes quantités de nitrobenzène, une hémotoxine probablement

De l'hydrogène sulfuré puant dans des bâtiments?

Le détecteur à photoionisation (PID) utilisé lors des forages de l'entreprise ERM 2015 saisit les substances organiques volatiles et l'hydrogène sulfuré (H₂S) dans leur totalité. Mais c'est justement ce gaz toxique qui n'a pas été mesuré séparément lors des analyses que nous connaissons. Et en 2015 les foreurs ont perçu dans la zone 3 de l'«H₂S», «une odeur de soufre», «de pourriture» ou «d'œufs pourris» sur 40 des 118 forages (34%).

L'origine de l'H₂S, l'odeur de soufre, est évidente: durant 100 ans, la Ciba, resp. Ciba-Geigy, ont fabriqué, à partir de milliers de tonnes d'acide de soufre, des produits chimiques et colorants.⁶ Ces acides ont fait la réputation de la chimie bâloise. Lors d'accidents, de

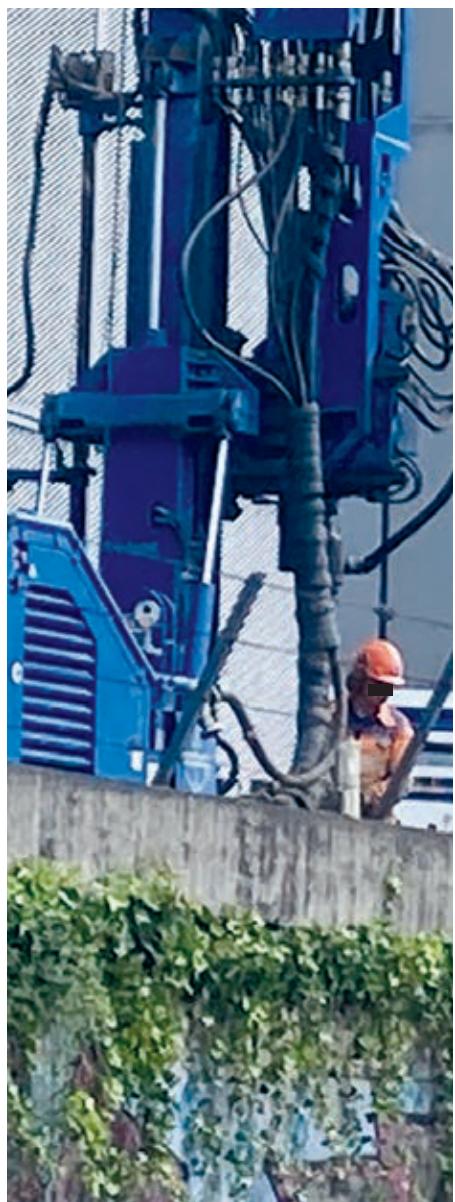
fuites, et surtout, via les tuyaux des eaux usées poreux, ils ont pénétré en grand nombre dans le sous-sol du site⁷ et corrodé dans le sous-sol des cavités si grandes que des bâtiments ont menacé de s'affaisser.⁸ De l'H₂S toxique et en partie puant se forme dans le sol à partir de l'acide de soufre.⁹ Cet H₂S semble être présent dans tout le secteur de la nappe phréatique de la zone 3, lié sous forme de sulfure ou en gaz libre, comme en attestent la couleur foncée des carottes prélevées, ou l'odeur putride.¹⁰

Dans la zone 1, jusqu'à 22 millilitres de substances volatiles par mètre cube d'air du sol (ml/m³) ont été mesurés avec le PID (cf. corps de texte). On ignore la quantité d'H₂S s'y trouvant car, selon les documents dont nous disposons, ce

gaz n'a pas été mesuré dans la zone 1. Pourtant, la Ciba AG a aussi transformé des quantités élevées d'acide de soufre dans la zone 1 et y a fabriqué des colorants au soufre.¹¹

L'ordonnance sur les sites contaminés (OSites) nomme une valeur limite de 10 ml/m³ pour l'H₂S dans l'air interstitiel qui est toutefois trop élevée pour prévenir les odeurs dans les espaces intérieurs d'anciens et nouveaux bâtiments sur le site.

Car l'H₂S sent déjà mauvais à partir de 0,0005 ml/m³ (seuil de perception olfactive)¹², donc à une concentration dans l'air qui est 20 000 fois inférieure à la valeur limite selon l'OSites. Comme l'on peut s'habituer à l'odeur, elle n'est pas un avertissement fiable.



Il n'y a pas qu'en 2024 (photo) que des forages ont été effectués sans masque de protection sur le site de Klybeck. Cela a été aussi le cas en 2014 et 2015. Cela nuit à la santé et n'est pas autorisé.

© MfE

toxique pour la reproduction. En 1954, une explosion violente libérant probablement aussi cette substance toxique y a eu lieu.¹³ En outre, de grandes quantités de nitrobenzène et d'autres polluants issus des conduites poreuses des eaux usées du bâtiment sont passées dans le sous-sol.¹⁴

Des mesures sur place minimisées

Ce sont justement le nitrobenzène moyen-nement volatile et la plupart des autres polluants parvenant dans l'environnement lors de la production qui n'ont pas été recherchés lors des analyses de l'air interstitiel de 2014 et 2015. Surtout des analyses de routine de substances standard ont été effectuées¹⁵, décelées uniquement sous forme de traces. Le Geotechnisches Institut a donc levé l'alerte.¹⁶

Les analyses des carottes évoquées dans un rapport 2015 contredisent cette levée d'alerte. L'entreprise ERM avait recherché sur place la valeur totale des substances volatiles dans les carottes avec un détecteur à photoionisation (PID). Et en effet, il y avait, en partie, des concentrations élevées. Mais cela a été mis sur le compte de l'humidité ou des problèmes de calibrage du PID et l'on a renvoyé

aux résultats de l'analyse de laboratoire qui, en majorité, étaient simplement composés des analyses de routine.¹⁸ Les résultats laboratoires n'étaient donc pas appropriés pour détailler de quels polluants volatiles il s'agissait.

Des valeurs mesurées élevées dans la zone 1

Dans la zone 1 du site de Klybeck de BASF et Novartis, le PID a détecté dans presque tous les forages des substances volatiles à des



Sur le site chimique de Klybeck, des polluants devraient aussi se

Le risque pour les bâtiments existants et les futurs travaux de construction

Le risque d'un air intérieur pollué est notamment délicat dans les espaces intérieurs du site utilisés provisoirement, comme les petites entreprises dans les zones 3 et 6. Là, des personnes y accomplissent leur travail quotidien et y passent de nombreuses heures. À notre connaissance, la présence de polluants n'a pas été entièrement analysée dans le bâti et l'air intérieur de ces locaux.

Une analyse urgente de l'air ambiant est nécessaire pour les bâtiments aux alentours desquels des substances inconnues sont apparues

dans l'air interstitiel. La même chose devrait être faite autour des carottes de forage qui ont dégagé une odeur chimique.

De l'air pollué du sol pourrait aussi concerner les travailleurs réalisant par ex. des travaux de génie civil sur le site. Ils pourraient aussi inhale des substances inconnues, (moyennement) volatiles. Tout autant que les équipes de forage qui, encore récemment, travaillaient sans masque¹⁷ (cf. photo) – et pourraient même respirer l'odeur des carottes de forage contaminées (cf. texte principal).

Actuellement les transports publics bâlois utilisent la zone 3 à Klybeck comme dépôt de bus.

© MfE

concentrations situées entre 10 et 22 millilitres par mètre cube (ml/m³). On ne sait au juste quels polluants ont causé ces valeurs. Mais la concentration globale mesurée est nettement supérieure aux valeurs limites de chaque substance pour l'air interstitiel mentionnée dans l'OSites.¹⁹ L'air interstitiel aurait donc dû être au moins analysée de manière plus détaillée. Ce faisant, si des polluants étaient apparus, pour lesquels il n'existe encore aucune valeur limite, cette dernière



trouver sous les voies ferrées de la zone 3.

© MfE

aurait dû être déduite selon l'OSites et le sol aurait dû, le cas échéant, être assaini. Toutefois, les valeurs PID élevées ont été ignorées.

Nouveau quartier avec des vieux poisons dans les intérieurs?

Comme il n'y a pas eu d'analyse systématique, les polluants de l'air du sol contaminé – contenant des éléments toxiques inconnus – pourraient donc pénétrer dans les anciens et nouveaux édifices. Si d'anciens bâtiments de production et entrepôts devaient être reconvertis, il se peut qu'à l'intérieur, des toxines supplémentaires s'échappent des murs, sols²⁰ et/ou plafonds. Mieux vaut ne pas attendre les mauvaises odeurs et/ou

premiers troubles sanitaires des futurs habitants ou des utilisateurs actuels (cf. encadré p. 5). Il convient d'agir. Car: nombreux polluants sont inodores et échappent donc à la perception. Les MfE exigent donc pour le site de Klybeck:

- l'analyse systématique
 - de l'air interstitiel dans le sous-sol, entre autres d'H₂S;
 - de l'air des espaces intérieurs des substances – des édifices actuellement utilisés – issues du sous-sol pollué dans les environs des bâtiments ainsi que des volumes bâtis.
- Une information transparente, pro-active sur les risques potentiels vis-à-vis des personnes actuellement dans les bâtiments.
- L'analyse systématique de benzidine et d'autres substances très problématiques dans la nappe phréatique et le matériau du sol. Car: habitat et la benzidine ne font pas bon ménage.

Dr Martin Forter est expert en sites contaminés et directeur des MfE depuis 2011. info@aefu.ch, www.aefu.ch

¹³ Ciba SC/Novartis, 2000, annexe 2, p. 11 et annexe 4, p. 1.

¹⁴ Martin Forter: Klybeck: Stand der Untersuchungen, pour le compte des MfE, Bâle, 21/05/2019, p. 32-34, www.aefu.ch/klybeck-studie

¹⁵ Généralement, seules des substances standard comme le benzène, l'alkylbenzène (BTEx) et l'hydrocarbure chloré légèrement volatil (LCKW) ont été recherchées.

¹⁶ GI, 2015, p. 29.

¹⁷ cf. www.aefu.ch/oekoskop_24_2

¹⁸ ERM: Basel-Klybeck: Soil & Groundwater Investigation Final Phase II Report, pour le compte de BASF et Huntsman, Sierré, 2015, p. 22, 36 et annexe E.

¹⁹ ERM, 2015, annexe D; Altlastenverordnung, état au 01/05/2017, annexe 2, p. 16.

²⁰ Basel: Wird ein neuer Stadtteil auf Chemie gebaut? www.aefu.ch/oekoskop_17_4

Les impacts des emballages alimentaires sur la santé

Tomáš Hraško,
médecin spécialiste FMH, Zurich

Par habitude, nous buvons notre café dans un gobelet en plastique. Lorsqu'on connaît l'impact des polluants sur la santé et la nature, on peut faire autrement.

Si, avec cet article, je réussis à vous convaincre et, par la suite, votre entourage de vous procurer (quand vous achetez des produits à emporter) des bouteilles, de la vaisselle, des gobelets et boîtes pour repas en acier inoxydable et verre, et dans la mesure de possible, de renoncer aux emballages jetables, alors j'aurai atteint mon but. Et ce, pour votre santé et celle de toute la planète que ce sujet concerne aussi. Car l'usage du plastique est en constante hausse.

Les maladies chroniques augmentent mondialement

Ces 40 dernières années, l'incidence (personnes touchées par an) et donc la prévalence (personnes touchées dans la population) du nombre de ce qu'on appelle «maladies de civilisation» chroniques – ont dramatiquement augmenté. J'en évoque ici certaines qui pourraient avoir un lien de cause à effet avec des produits chimiques contenus dans des emballages alimentaires. Soulignons toutefois que ces corrélations sont insuffisamment explorées et donc ne sont ni réfutées, ni attestées.

En font partie des maladies pouvant être favorisées par des perturbateurs endocriniens (PE) comme p.ex. le syndrome métabolique composé du diabète de type 2 (diabète acquis), de l'adiposité ainsi que la dyslipidémie (taux accru de cholestérol) et

l'hypertension artérielle. En Chine, la prévalence du diabète de type 2 dans les années 80 était d'env. 1%, contre 15% actuellement. En Europe, la situation est similaire (actuelle prévalence d'env. 10%) [1]¹.

Les PE sont aussi pertinents pour la «pan-démie globale silencieuse». Je veux dire l'infertilité. L'humanité a un énorme problème de fertilité. Selon les dernières statistiques de l'OMS de 2023, un couple sur six (env. 16%) est stérile [2,3]. Cette évolution défavorable s'explique par le fait que la concentration du sperme dans l'éjaculat s'est divisée par deux ces 50 dernières années! Les actuelles concentrations moyennes de sperme d'hommes «en bonne santé» seraient

considérées – jugées d'après les références des années 60 – comme inquiétantes. La vitesse actuelle de réduction de la concentration de sperme est de 2,6% par an. Si cette baisse continue linéairement, cette concentration atteindrait dans 44 ans la limite inférieure fixée par l'OMS comme étant tout juste fertile [4,5]. Cette tendance se traduit aussi dans la hausse des chiffres des FIV [6].

La nature dans la tourmente du plastique

La nature souffre aussi de maladies chroniques. Selon le Living Planet Report de 2022 du World Wildlife Fund (WWF), les populations observées de vertébrés (mammifères,



Les tapis de plastique sur les océans descendent en profondeur.

© Rich Carey/Shutterstock

¹ Références sous www.aefu.ch/oekoskop/hraško_referenzen

² <https://ourworldindata.org/plastic-pollution>

³ Ce dernier a des impacts sur le recyclage des emballages plastiques. Le recyclat peut contenir des substances issues des aliments conditionnés à l'origine avec ces emballages, comme des pesticides. <https://www.foodpackaging-forum.org/resources/background-articles/migration>

— Niveau élevé de certitude
---- Niveau faible de certitude

Effets sur le développement de l'enfant à naître

Retard de développement de la glande mammaire

Réponse réduite aux vaccins

Faible poids à la naissance

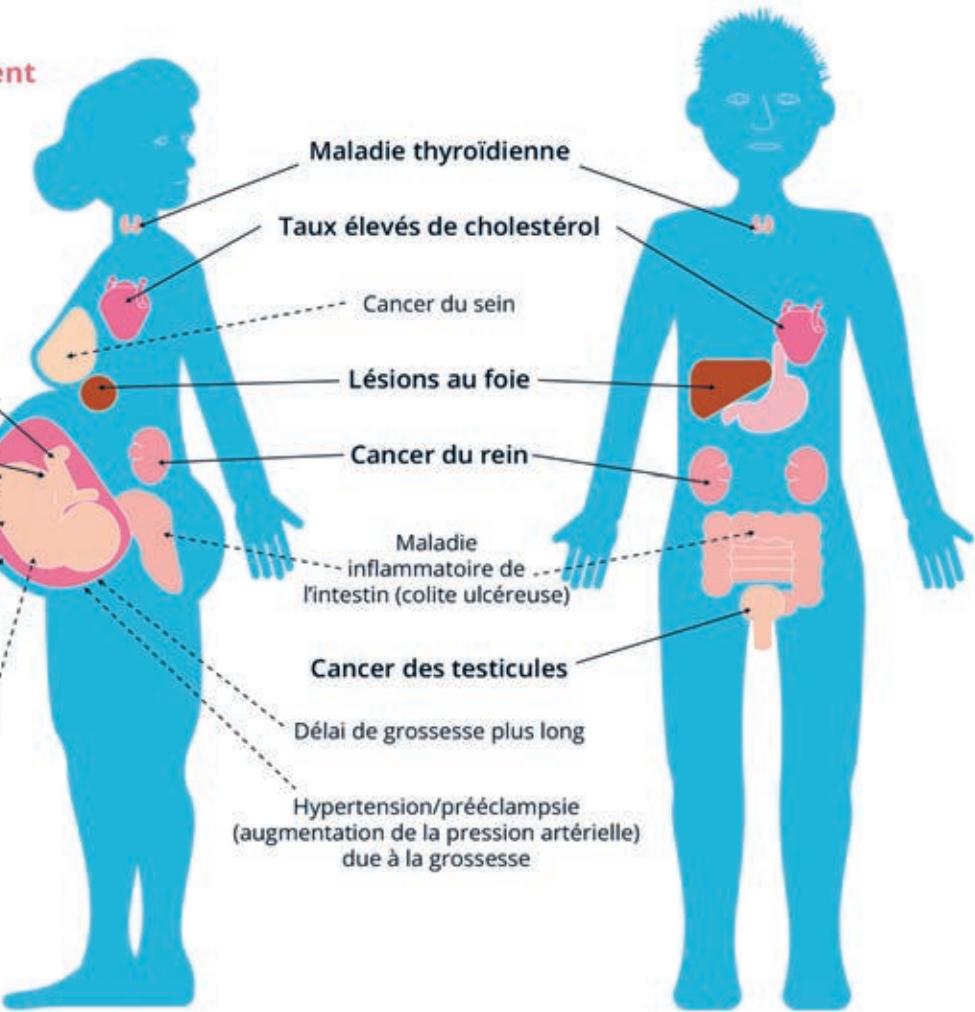
Obésité

Puberté précoce

Risque accru de fausse-couche (par ex. perte de grossesse)

Nombre et mobilité faibles des spermatozoïdes

Effets des PFAS sur la santé



Les substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS) nuisent à la santé humaine de façon multiple. C'est un consensus scientifique.

© European Environment Agency (EEA)

oiseaux, amphibiens, reptiles et poissons) ont reculé en moyenne de 69% depuis 1970. Les populations d'Amérique latine et des Caraïbes sont les plus touchées: le recul est de 94% en moyenne. Les espèces d'eau douce du monde entier sont proportionnellement très affectées avec un recul moyen de 83% [7]. Autrement dit: comme l'humanité, la nature est tombée de plus en plus malade ces dernières décennies.

Les océans ne sont pas épargnés. Six grands vortex de déchets avec d'énormes quantités de plastique flottent dans les mers. Le «vortex de déchets du Pacifique nord», situé entre Hawaï et la Californie depuis 1997, est le plus connu et le plus grand. Son cœur est quatre fois plus grand que l'Allemagne et il s'étend sur une surface qui est quarante

fois celle de la Suisse! Le poids du plastique qui s'y trouve correspond à 500 Boeing 747 (80 000 tonnes). Il existe des zones dans le Pacifique qui contiennent 45 fois plus de microplastique que de plancton [8,9].

Il n'est pas étonnant qu'il y ait autant de plastique dans les océans et les animaux qui les peuplent. Car, à l'échelle mondiale, près de 450 millions de tonnes de (nouveau) plastique sont fabriquées par an,² dont env. deux millions de tonnes inutilisées atterrissent directement dans les océans [10]. La population mondiale occasionne, par habitant, en moyenne 35 kg de déchets plastiques par an. En Suisse, ce sont même 120 kg [11,12]. Il est relativement difficile de se représenter visuellement ces quantités énormes. Si l'on convertit grossièrement cela en charges de

camion, nous renversons chaque minute une charge complète de déchets plastiques dans les océans. Il est manifeste que nous devons agir pour protéger la biodiversité, notre santé et celle des générations à venir. Dans la vie privée, c'est banal et simple: en réduisant la consommation de produits en plastique, on limite les besoins et donc, au final, la production.

Produits chimiques dans les emballages alimentaires

En ingérant des aliments, nous mangeons quasiment directement les emballages alimentaires. Les polluants chimiques migrent de l'emballage dans le contenu et du contenu, des substances migrent dans l'emballage.³ Il y a un échange constant entre l'emballage



alimentaire et le contenu. Une température élevée, une longue durée de stockage, des aliments gras ou acides augmentent l'efficacité de la migration et entraînent une exposition supplémentaire chez les consommateurs.

La chercheuse Dr Jane Muncke du Food Packaging Forum (FPF) a attiré mon attention sur ce vaste sujet [13–18]. La réalité est plus complexe. Évidemment, les emballages alimentaires ont plusieurs aspects positifs qu'il faut reconnaître. En font par ex. partie une tenue en conservation plus longue (éviter le gaspillage), le placement d'informations sur les produits, une meilleure hygiène et transportabilité. Par contre, dans les (dits) «Matériaux en contact avec des aliments», plus de 14 000 substances chimiques ont été décelées (cf. article de Wiesinger p. 12), et seulement environ 30% ont été contrôlées en termes d'impact sanitaire. Nous ne voyons donc que la partie visible de l'iceberg. Des études ont compté 352 diverses substances dans des emballages alimentaires avec une potentielle action cancérogène ou toxique pour la reproduction ainsi que 22 perturbateurs endocriniens. Et la majorité de ces substances parvient dans les aliments emballés [13–18].

Quatre produits chimiques de «la partie visible de l'iceberg»

Je présente ci-après quatre substances chimiques fréquentes se trouvant dans les emballages alimentaires: leurs propriétés, là où elles apparaissent et leurs impacts connus sur la santé humaine d'après des études animales et épidémiologiques.

1. Les phtalates

Les phtalates sont fabriqués depuis les années 30. Les plastifiants sont utilisés dans l'industrie plastique en grandes quantités. Ils ont des propriétés très pratiques: ils sont incolores, souples et insipides. Et – malheureusement – lipophiles (liposolubles), c'est-à-dire qu'ils migrent dans des aliments gras comme le lait, le beurre, la viande etc. et s'accumulent ensuite dans le tissu adipeux du consommateur. Les phtalates se trouvent dans le PVC (chlorure de polyvinyle) et les bouteilles en PET (polyéthylène téréphthalate), les bouteilles de lait, sachets de thé et dosettes de café ou le film souple pour emballer la viande. Pour se faire une idée de la quantité de phtalates utilisés: en 2017, on a calculé que, dans le monde, plus d'un million de bouteilles en PET était acheté chaque minute! Et la grande majorité, après la consommation du contenu, était directement jetée. C'est un gaspillage inconcevable des ressources [19].

En Europe, selon des études, des phtalates se trouvent dans env. 95% de la population. Ils peuvent augmenter le risque des maladies suivantes:

- Surpoids, taux accru de cholestérol, diabète et cirrhose graisseuse (stéatose hépatique);
- Chez les femmes: endométriose, puberté précoce et insuffisance ovarienne prématûre, règles irrégulières, ovaires polykystiques, cancer du sein, du col de l'utérus et ovarien;
- Chez les hommes: augmentation mammaire, malformation urétrale (hypospadie);

Il est incontestable que la propriété isolante des polystyrènes est pratique. Mais c'est la santé et l'environnement qui en pâtissent.

© Anna Efetova/Shutterstock

dias), position haute du testicule, trouble de la production du sperme, cancer des testicules, de la prostate et du sein;

- Maladies auto-immunes, asthme et allergies;
- Troubles thyroïdiens;
- Impact toxique direct sur le cœur, les reins et le foie ainsi que le cerveau (baisse du QI, hyperactivité) [20–23].

2. Les styrènes

Les polystyrènes sont produits depuis 1931 par polymérisation radicale du styrène.⁴ C'est une substance lipophile très persistante ayant de formidables propriétés d'isolation. À partir de polystyrène expansé, on fabrique des emballages de denrées alimentaires en mousse (mot-clé polystyrène; pour des plats à emporter – soupes, gobelets et couvercles pour café), des gobelets et pots de yaourts ainsi que des barquettes en plastiques pour la viande.

Le styrène est problématique pour la santé. Les risques suivants sont connus:

- Cancers: le Centre international de Recherche sur le Cancer (CIRC) a classifié cette substance comme étant probablement cancérogène et ce, en raison du risque accru de leucémie et lymphomes, connu depuis les années 80 déjà;
- Neurotoxicité: troubles dépressifs, troubles de la coordination, de la mémoire à court terme et de la concentration;
- Soupçon de toxicité pour la reproduction et le développement [24–29].

3. Le bisphénol A (BPA)

Le bisphénol A (BPA) est un plastifiant lipophile fabriqué depuis 1891. Le BPA est l'un des PE les mieux analysés. Il est utilisé pour la résine époxy garnissant l'intérieur des boîtes de conserves et canettes en alu. Il est aussi utilisé lors de la fabrication du PVC et PC (polycarbonate) servant par ex. à la production de boîtes transparentes pour les aliments ou de bouteilles PC («vaisselle réutilisable») et les couvercles Twist-Off.

Films souples d'emballage
«grâce» aux plastifiants.
© Bernd Jürgens/Alamy



Le BPA est un bon exemple pour évoquer les réglementations légales. L'European Food Safety Authority (EFSA) a nettement réduit la limite TDI (Total Daily Intake) pour le BPA en avril 2023 sous la pression des dernières données scientifiques. Comparée à la valeur limite quotidienne de 2015, elle est désormais 20000 fois inférieure – 0,2 nanogramme par kilo de poids corporel (ng/kg) [30]!

Cependant, en principe: aucune valeur limite ne peut garantir une sécurité sanitaire à long terme au sens du principe de précaution pour la majorité absolue des perturbateurs endocriniens. L'histoire nous l'a montré plusieurs fois. Selon des études, le BPA se retrouve dans l'urine d'env. 95% de la population européenne. La substance peut augmenter le risque de ces maladies:

- Cancers: intestins, seins et ovaires;
- Chez les femmes: ovaires polykystiques, auses couches, endométriose;
- Chez les hommes: trouble de la production de sperme, baisse de la libido et troubles de l'érection;
- Diabète acquis, adiposité et affections cardiovasculaires, hypertension incluse
- Troubles dépressifs et anxiété [21,30–34]

4. Substances perfluoroalkylées et polyfluoroalkylées (PFAS)

Les PFAS sont un groupe de plus de 12 000 substances généralement lipophiles et donc hydrofuges. En raison de leur longue durée de vie et persistance dans l'environnement et les organismes, elles sont aussi connues comme «produits chimiques éternels». Elles sont produites depuis 1938. Les PFAS trouvent tellement d'applications qu'elles sont

déjà ubiquitaires. Concernant les emballages alimentaires, elles sont par ex. utilisées dans les boîtes en papier et carton enduites (destinées aux pizzas, popcorns, burgers, muffins, beurre, frites, salades et autres repas).

Des études montrent qu'elles se retrouvent dans le sang de plus de 90% de la population européenne et peuvent augmenter le risque des maladies suivantes:

- Cancers: seins, testicules, foie et reins;
- Chez les femmes: réduction de la fertilité, risque accru pour une naissance prématuée et avortement spontané, endométriose;
- En cas d'exposition dans l'utérus: poids plus faible à la naissance, puberté précoce, adiposité, trouble de la production de sperme à l'âge adulte, réaction réduite aux vaccins;
- Troubles thyroïdiens;
- Diabète acquis, cirrhose graisseuse et taux accru de cholestérol;
- Impact toxique direct sur le foie et les reins (insuffisance rénale) [21,35–38].

Bilan

Voulons-nous guérir des maladies ou les prévenir? La prévention est le maître-mot pour réduire le nombre de maladies chroniques. Aussi pour les emballages alimentaires. Ils doivent être remplacés par des alternatives sans risque.

Il est grand temps que nous agissions tous. Réduire plusieurs fois les valeurs limites «admissibles» pour certaines de ces substances est insuffisant. Le fait que nombre de ces dernières soient référencées sur la liste des substances candidates REACH⁵ – (depuis des

années déjà) comme étant particulièrement inquiétantes⁶ et qu'elles soient soumises à l'ordonnance POP (Polluants Organiques Persistants) (convention de Stockholm⁷) est insuffisant. Il est temps que nous réduisions toutes les utilisations d'emballages plastiques de denrées alimentaires au minimum nécessaire. Nous pouvons utiliser du verre ou métal dans beaucoup de situations. Ainsi, nous avons une action préventive. Égoïste d'une part pour éviter l'émergence de ces maladies dans notre corps, mais aussi en tant que femme pour la prochaine génération. D'autre part, nous aidons la nature en renonçant à des emballages alimentaires superflus. Nous la libérons de déchets que sont les emballages alimentaires dès qu'ils sont vides.

Références sous www.aefu.ch/oekoskop/hrasko_referenzen

Tomáš Hraško, médecin diplômé, est spécialisé en endocrinologie et diabétologie FMH à la clinique Seegarten de Kilchberg ZH et médecin-chef au centre des urgences de la clinique Hirslanden Linde à Bienne BE. Il dirige la formation continue internationale en médecine environnementale clinique SCOPRO et est guide certifié en sylvothérapie ANFT. Avec sa femme, il est co-fondateur du projet PhoenixHealth⁸ qui traite de la santé environnementale et promotion de la santé.

info@phoenixhealth.ch, www.scopro.de/en/clinical-environmental-medicine-2

⁴ https://de.wikipedia.org/wiki/I.G._Farben

⁵ REACH est l'ordonnance sur les produits chimiques de l'UE.

⁶ Substances of very high concern (SVHC); <https://echa.europa.eu/candidate-list-table>

⁷ https://en.wikipedia.org/wiki/Stockholm_Convention_on_Persistent_Organic_Pollutants

⁸ www.phoenixhealth.ch

Les plastiques avec d'innombrables produits chimiques

– un problème en médecine?

Helene Wiesinger, EPF de Zurich et Food Packaging Forum, Zurich

Les plastiques libèrent nombre de produits chimiques – aussi lors de leur emploi en médecine. Le recyclage ne résout pas le problème. Il faut plutôt de la transparence et réduire leur utilisation.

Les plastiques sont incontournables dans la médecine moderne. Ils se trouvent dans une multitude de produits et d'applications - gants en vinyle, poches de sang, emballages stériles et masques. Leur polyvalence, légèreté, souplesse et résistance les rendent indispensables en médecine. Ils garantissent un travail stérile et simplifient de nombreux processus. Ils permettent aussi la fabrication de formes complexes qui sont nécessaires pour nombre d'appareils médicaux.

Pluralité de plastiques

Pour fabriquer des produits médicaux, divers plastiques sont utilisés, comme:

- le chlorure de polyvinyle (PVC) – gants en vinyle et poches de perfusion;
- le polypropylène (PP) – seringues jetables et masques chirurgicaux;
- le polyamide (PA) – bas de compression;
- le polystyrène (PS) – tubes à essai et boîtes de Petri;
- le polyéthylène téraphthalate (PET) et polyéthylène (PE) – emballages des médicaments [1].¹

En 2017 en Suisse, env. 14 000 tonnes de plastique ont été utilisées en médecine, ce qui correspond à près de 1,7% de toute la consommation de plastique du pays. Il s'agissait surtout de PE, PP, PVC et PS [2].

Le recyclage s'avère difficile

En médecine, l'emploi de plastiques jetables entraîne des défis majeurs puisqu'ils doivent être éliminés après un usage unique. Ces déchets contribuent essentiellement à la pollution environnementale via des macro- et microplastiques (cf. article de Taladriz, p. 15) [3]. De plus, la production requiert de

grandes quantités de ressources non renouvelables et occasionne des émissions élevées de CO₂ [4]. Le recyclage est souvent promu pour solutionner ces problèmes, préserver les ressources, éviter les déchets et réduire les émissions de CO₂. Toutefois, le recyclage,

en médecine notamment, est associé à de considérables difficultés.

Contamination: après leur usage, les plastiques médicaux sont souvent contaminés par du sang, des liquides corporels, bactéries, virus et autres matériaux biologiques ou médicaments. Cette contamination complique ou empêche une manipulation sûre dans les entreprises de recyclage [5].

Pluralité de plastiques et de matériaux composites: en médecine, de nombreux types de plastiques différents sont employés et il n'est, en règle générale, pas possible de les recycler ensemble. En outre, beaucoup de produits médicaux sont constitués de matériaux composites combinant différents composants qu'il est presque impossible de séparer. Ils ne sont donc pas recyclables.

Exigences élevées de qualité: tout nouveau produit médical doit remplir des exigences de qualité strictes que l'on ne peut guère satisfaire avec des matériaux recyclés. En effet, la pureté requise du plastique dans les processus actuels de recyclage ne peut pas être garantie économiquement. Pour concevoir le recyclage en respectant l'environnement, il faut donc trouver d'autres usages pour le recyclat [6].

Diversité chimique: au sein d'un même groupe (de plastique), les plastiques médicaux contiennent une diversité de produits chimiques qui optimisent leurs propriétés pour leur emploi spécifique. Des produits chimiques nocifs pour la santé sont en partie utilisés, ce qui complique également le recyclage. En raison des procédures de certification complexes et chronophages en médecine, cela peut demander beaucoup de temps avant de pouvoir exploiter des alter-



C'est justement dans le secteur de la santé que des produits chimiques nocifs liés au plastique « perdurent » dans les produits médicaux alors que des réglementations plus strictes sont déjà valables pour d'autres utilisations.

Image: poche de perfusion.

© Bob Turner/Alamy



Differentes matières plastiques se retrouvent dans de nombreux produits médicaux.

© Bicanski/Pixnio

natives. Ainsi paradoxalement, des produits chimiques nocifs pour la santé sont utilisés plus longtemps que dans d'autres produits.

Ces facteurs expliquent que le recyclage en médecine n'est pas une solution simple et que des approches alternatives sont nécessaires pour, ici aussi, réduire l'impact environnemental des plastiques.

Des produits chimiques nocifs pour la santé

Les plastiques contiennent des substances chimiques les plus diverses dont certaines sont potentiellement nocives pour la santé.

Pour produire des produits en plastique, des monomères, additifs et supports au processus sont utilisés (cf. graphique). Plus de 10 000 substances différentes sont ainsi employées, dont des plastifiants, produits ignifugeants, antioxydants, colorants, solvants et lubrifiants [7].

Par ailleurs, d'autres produits chimiques peuvent apparaître via la dégradation, les réactions annexes et la contamination, de telle sorte que la palette de produits chimiques liés au plastique est actuellement évaluée à environ 16 000 [8]. Un quart de ces substances est considéré comme nocif

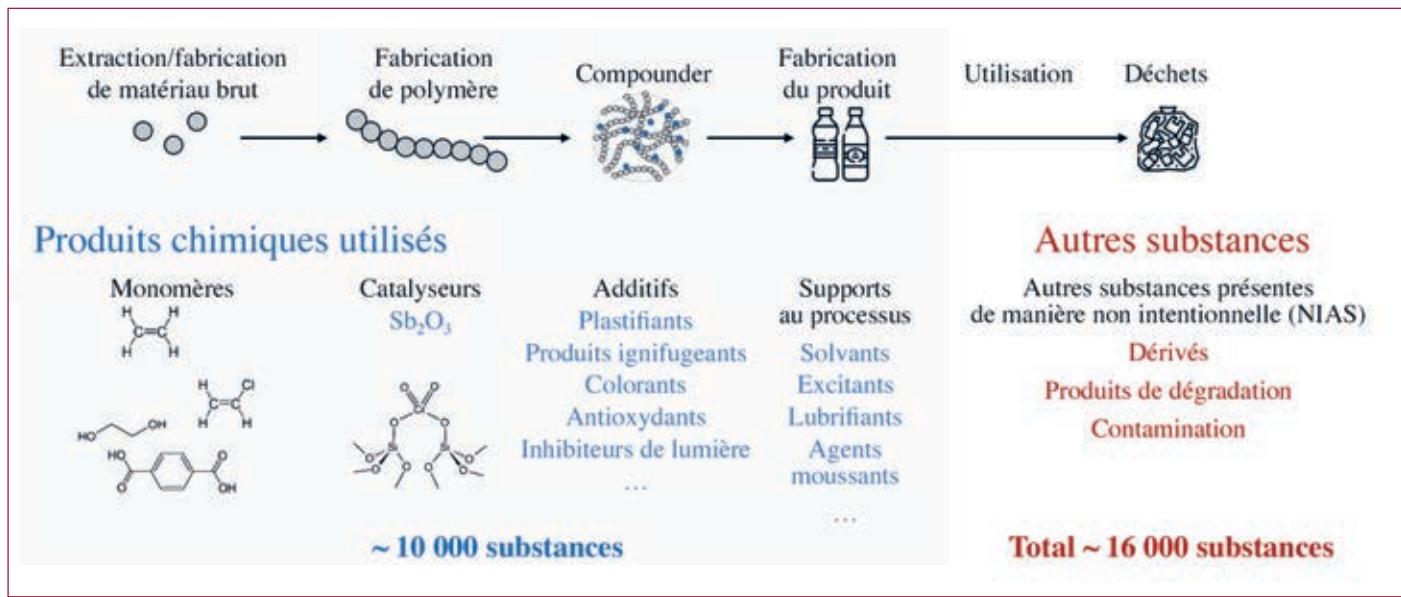
pour l'environnement ou la santé, car elles sont persistantes, cancérogènes ou toxiques pour la reproduction. Pour d'autres produits chimiques, l'absence de données suffisantes ne permet pas d'exclure de manière sûre les risques environnementaux et sanitaires.

Des plastifiants préoccupants

Parmi les substances préoccupantes, on trouve par ex. certains ortho-phtalates, utilisés surtout comme plastifiant dans les

¹ Références sous www.aefu.ch/oekoskop/wiesinger_referenzen

Produits chimiques lors de la fabrication de plastique



Plus de 10 000 substances sont utilisées consciemment pour fabriquer des plastiques [7]. 6000 produits chimiques liés aux plastiques parviennent probablement de manière non intentionnelle dans les produits [8].

© Helene Wiesinger



Malgré l'exposition intense aux produits médicaux, il n'y a guère de données accessibles sur la composition des plastiques utilisés à cet effet.

© Iryna Inshyna/Shutterstock

produits en PVC. Certains, comme le DEHP (diéthylhexylphthalate), sont bien analysés et connus pour être toxiques pour la reproduction et l'équilibre hormonal (perturbateurs endocriniens, cf. article de Hraško, p. 8).

L'usage du DEHP dans nombre de produits médicaux en plastique (poches de perfusion ou tubage) est particulièrement problématique. Alors que le DEHP est interdit depuis quelques années dans des produits non-médicaux en raison de ses propriétés polluantes (en Suisse et dans l'UE depuis 2015), il peut être utilisé en médecine grâce à une autorisation spéciale. Toutefois, l'autorisation est justement critique en médecine en raison d'une exposition intense – pouvant même dépasser les valeurs limites légales [9] – par ex. par le contact direct et le transfert de matières avec les liquides organiques ou muqueuses.

Manque de transparence

Outre le DEHP, les plastiques médicaux peuvent contenir d'autres produits chimiques. Bien qu'en médecine, la réglementation soit plus stricte et que les produits chimiques (dans ces produits) exigent souvent une évaluation de conformité spécifique, resp. certification, les informations détaillées sur la composition chimique du matériel utilisé

ne sont, la plupart du temps, pas accessibles au public. Sans connaître celle-ci, il est impossible d'évaluer suffisamment les risques et l'exposition. Les données disponibles proviennent surtout des analyses chimiques des produits. Dans la base de données LitChemPlast récemment publiée, nous avons réuni des données de mesure d'études précédentes au sein d'une vaste équipe de scientifiques [10]. Actuellement, moins de 50 études – concernant principalement les ortho-phthalates et plastifiants alternatifs – se sont penchées jusqu'ici sur les plastiques en médecine. De nombreuses questions restent donc ouvertes.

Et ensuite?

En médecine, les produits en plastique sont appréciés pour leur polyvalence et efficacité. Mais la dépendance aux produits jetables devrait être réduite d'urgence.

Le recyclage seul ne va pas résoudre le problème des plastiques jetables puisqu'il est confronté à des défis majeurs comme les déchets contaminés, faibles volumes, la diversité des types de plastique et la perpétuation de produits chimiques déjà interdits. Dans un futur proche, ces facteurs rendent un recyclage complet presque impossible. D'autres approches de l'économie circulaire, la réutilisation notamment, offrent plus de potentiel. Mais cette dernière exige souvent

des processus laborieux (nettoyage, stérilisation) qui ralentissent le flux de travail.

En même temps, il faudrait davantage veiller au développement d'alternatives plus sûres et plus écologiques, tant au vu des matériaux que des produits chimiques. Pour certaines substances problématiques comme les ortho-phthalates, il existe déjà des alternatives comme le diéthylhexyl adipate (DEHA) ou le phthalate de diéthylhexyle (DEHT). Mais une évaluation soigneuse, plus de transparence et une surveillance continue de ces succédanés sont impératrices pour garantir qu'ils n'engendrent pas de nouveaux risques à long terme. ■

Références sous: www.aefu.ch/oekoskop/wiesinger_referenzen

Dr Helene Wiesinger a écrit son doctorat sur les produits chimiques nocifs pour la santé dans les plastiques à l'EPF de Zurich. Entre-temps, elle travaille au Food Packaging Forum² comme Scientific Communication Officer, développe et gère des bases de données chimiques et communique les derniers résultats de la recherche sur les emballages et matériaux alimentaires.

helene.wiesinger@fp-forum.org

<https://esd.ifu.ethz.ch/research/research-projects/research-and-theses/clean-cycle.html>

² www.foodpackagingforum.org

Quels risques recèlent les micro- et nanoplastiques pour la santé humaine?

Patricia Taladriz-Blanco,
Adolphe Merkle Institute, Fribourg FR

Le plastique est partout. Des particules semblent pénétrer jusque dans nos cellules. La recherche a besoin de méthodes standardisées pour comparer les données et les études à long terme font défaut.

Les termes de plastique et polymères sont souvent utilisés comme synonymes, même s'ils décrivent des concepts différents de la science et technique des matériaux. Les deux jouent certes, au même titre, un rôle majeur en tant que matériaux quotidiens, mais une différenciation claire est nécessaire pour bien saisir leur portée. Ceci est particulièrement important quand il s'agit des questions environnementales et de santé en rapport avec les micro- et nanoplastiques.

Définition de la différence

Les polymères sont de grandes molécules (macromolécules) composées de sous-unités répétitives, les monomères, pouvant apparaître naturellement ou être fabriqués synthétiquement. Leur taille peut varier de seulement quelques monomères jusqu'à des centaines ou milliers.

Le plastique est une catégorie spécifique de polymères ayant la particularité de se déformer sous l'effet de la chaleur ou la pression. De plus, le plastique se distingue par le fait qu'en incorporant divers additifs, certaines propriétés peuvent être modifiées. Le plastique est donc très polyvalent. Parmi ces additifs, on compte les plastifiants, stabilisateurs, matières de remplissage et colorants qui contribuent à la flexibilité et stabilité du matériau. Aujourd'hui, le plastique est omniprésent dans presque tous les domaines de la vie et est utilisé pour les emballages, objets ménagers, appareils médicaux ainsi que pour les pièces automobiles.¹ Toutefois,

sa large utilisation, surtout ces dernières années, suscite une inquiétude croissante concernant la pollution environnementale, notamment en rapport avec les micro- et nanoplastiques.

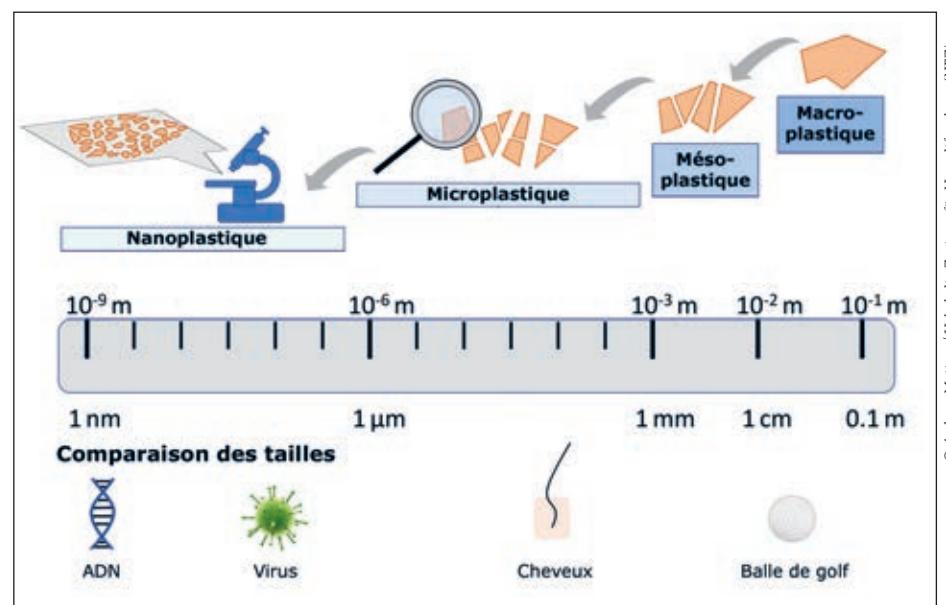
Une classification en fonction de la taille

La classification des particules de plastique sur la base de leur taille est un aspect décisif pour bien comprendre leur impact environnemental et sanitaire. Malgré un discours persistant au sein de la communauté scientifique, un consensus général s'est dégagé sur les définitions des micro- et nanoplastiques. Généralement, le microplastique est défini

comme une particule (de plastique) inférieure à 5 millimètres (mm) et supérieure à 1 micromètre (μm). Dans cette catégorie, il est subdivisé en grand microplastique, c'est-à-dire en particules d'une taille de 5 mm à 100 μm et petit microplastique dont la taille de particule est comprise entre 100 et 1 μm . Le nanoplastique est défini comme particule de plastique inférieure à 1 μm .

Ces très petites particules sont au centre de l'attention puisqu'on les suspecte de pouvoir traverser les barrières biologiques et donc, de pouvoir pénétrer dans les cellules. Les sources des micro- et nanoplastiques sont plurielles. Elles peuvent être primaires, à savoir elles peuvent être fabriquées

Classement des particules de plastique



¹ ISO/TR 21960:2020. Plastics – Environmental aspects – State of knowledge and methodologies; IUPAC. Compendium of Chemical Terminology, 2nd ed. (the «Gold Book»); Science for Environment Policy (2023) Nanoplastics.

intentionnellement à cette taille (par ex. microperles dans les produits cosmétiques) ou secondaires, lorsqu'elles se forment lors de la décomposition de plus grands éléments (en plastique) par le biais d'influences environnementales comme les rayons UV ou de processus comme l'abrasion mécanique et la décomposition biologique.²

L'exposition des personnes

L'exposition des personnes aux micro- et nanoplastiques est un problème complexe. Ces particules peuvent parvenir dans le corps de différentes manières. Elles peuvent contaminer les denrées alimentaires et sources d'eau, et peuvent donc être facilement absorbées. Diverses études ont prouvé la présence de microplastiques dans une série de denrées alimentaires, dont les fruits de mer, le sel, le miel et l'eau potable. De plus, certains éléments indiquent que les micro- et nanoplastiques se trouvant dans l'air peuvent être inhalés. Et malgré l'efficace barrière cutanée, ils semblent pouvoir traverser la peau dans certaines conditions. Jusqu'ici, ces voies d'exposition potentielles ont été très

peu explorées et d'autres études sont encore nécessaires. Pour, par ex., constater, dans quelle mesure l'absorption par la peau contribue à l'exposition totale aux particules.³

L'évaluation de la toxicité potentielle est un défi

L'évaluation exacte des risques sanitaires liés aux micro- et nanoplastiques est une tâche complexe. Elle est influencée par plusieurs défis scientifiques et techniques. Ainsi, la détection et la quantification des micro- et nanoplastiques dans des échantillons environnementaux et biologiques est difficile en raison de leur faible taille et grande diversité. En outre, distinguer les micro- et nanoplastiques d'autres matières organiques naturelles est compliqué à cause de leur composition chimique et leurs propriétés physiques similaires. De plus, ils sont très polydispersés, c'est-à-dire qu'ils varient fortement en taille, forme et structure chimique. Cette hétérogénéité complique leur caractérisation et l'interprétation des données de toxicité. Le développement de méthodes standardisées pour prélever des échantillons de micro- et



nanoplastiques de divers environnements – eau, air, sol et échantillons biologiques inclus – est donc une lourde tâche. Parmi ces environnements, il y a l'eau douce, l'eau de mer, l'atmosphère et les systèmes terrestres. Les méthodes actuelles pâtissent fréquemment des problèmes de contamination et ne saisissent probablement pas toute la distribution granulométrique de la particule existante. Les concentrations susceptibles d'être obtenues dans l'environnement vont du milligramme par litre (mg/l) jusqu'au nanogramme par litre (ng/l). Toutefois, on manque de méthodes dotées de la sensibilité requise pour déterminer exactement ces basses concentrations. Par ailleurs, les matières plastiques contiennent une multitude d'additifs, dont les plastifiants, produits ignifugeants et pigments, qui, au fil du temps, s'échappent et contribuent à la toxicité du matériau. L'évaluation des impacts sanitaires de ces additifs est un autre aspect complexe. Les processus de vieillissement dans l'environnement également peuvent – comme la décomposition par les rayons UV et l'oxydation – altérer la composition chimique des matières plastiques, ce qui peut aussi influer sur leur toxicité.⁴



Des micro- et nanoplastiques issus de textiles, ici fibres de laine polaire.

© Fraunhofer UMSICHT



Les particules de microplastique:
le monde en est rempli.

© press609/iStock

long terme sont nécessaires. Il s'agit tout d'abord d'établir des méthodes standardisées et facilement accessibles pour détecter et quantifier les micro- et nanoplastiques. Cela comprend la prise d'échantillons, des méthodes d'analyse améliorées et la fabrication d'échantillons de référence. Les études pourront être plus facilement comparées et, en même temps, l'exposition aux micro- et nanoplastiques des personnes pourra être déterminée de manière plus exacte. De plus, les directives devraient se concentrer sur la réduction des déchets plastiques, l'amélioration du recyclage du plastique et le développement de techniques pour éliminer les déchets plastiques de l'environnement – micro- et nanoplastiques inclus.⁵

Doutes actuels et recherche future

La très large présence de micro- et nanoplastiques dans l'environnement et le corps humain est un problème croissant avec des répercussions potentielles sur les écosystèmes, la santé publique et la sécurité alimentaire. Toutefois, de considérables efforts sont encore nécessaires pour perfectionner les méthodes de détection, comprendre les potentiels effets sanitaires et clarifier les nombreuses incertitudes scientifiques dans ce domaine. Pour améliorer l'identification et la quantification des micro- et nanoplastiques, les analyses techniques doivent, entre autres, progresser. En font partie le développement de méthodes plus sensibles et spécifiques ainsi que le perfectionnement d'instruments existants pour pouvoir mieux caractériser la taille, forme et composition chimique de ces particules.

Poursuivre la recherche est nécessaire pour élucider les mécanismes toxiques qui sont à

Le discours actuel sur les micro- et nanoplastiques

La communauté scientifique discute toujours des impacts sanitaires possibles des micro- et nanoplastiques. L'une des questions les plus urgentes est de savoir si les micro- et nanoplastiques peuvent passer du tractus gastro-intestinal ou des poumons à d'autres organes et, donc, s'accumuler dans le corps. Les répercussions sanitaires à long terme d'une exposition chronique aux micro- et nanoplastiques sont encore largement inconnues. Les études sur la toxicité aiguë fournissent certes un aperçu, mais saisissent rarement les effets invisibles à long terme qui pourraient résulter d'une faible exposition chronique.

De plus, on craint de plus en plus que les micro- et nanoplastiques puissent avoir un effet toxique au niveau cellulaire. Certains éléments indiquent qu'ils pourraient déclencher des réactions immunitaires, des inflammations et probablement même des réactions allergiques. Les mécanismes spécifiques sous-jacents ne sont cependant pas suffisamment connus. Il faut intensifier la recherche pour comprendre

en détail les processus métaboliques concernés. Le manque de données à ce sujet et l'insuffisance d'études épidémiologiques à long terme compliquent la détermination de valeurs d'exposition sûres pour les micro- et nanoplastiques. Ceci est également la raison pour laquelle les conditions-cadres légales actuelles ne comprennent pas encore de valeurs limites spécifiques pour l'exposition aux micro- et nanoplastiques. Ceci souligne le besoin de poursuivre la recherche pour la prise de décision politique.

Un besoin de méthodes standardisées

Les voies d'exposition primaires des micro- et nanoplastiques pour les personnes, soit via la prise alimentaire, l'inhalation ou l'absorption dermique, ne sont pas encore saisies en détail. Il serait aussi capital de déterminer les contributions relatives des diverses voies d'exposition dans l'exposition totale. Il convient également d'analyser dans quelle mesure les micro- et nanoplastiques ont le potentiel de causer des mutations génétiques ou le cancer. Pour répondre à ces questions, des études surtout à

² Science for Environment Policy (2023) Nanoplastics.

³ Environmental Science and Technology, 2019, 53, 1748; NanoImpact, 2023, 29, 100441.

⁴ Chemosphere, 2022, 293, 133514; Chemical Reviews, 2021, 121, 11886; Analytical and Bioanalytical Chemistry, 2023, 415, 3007.

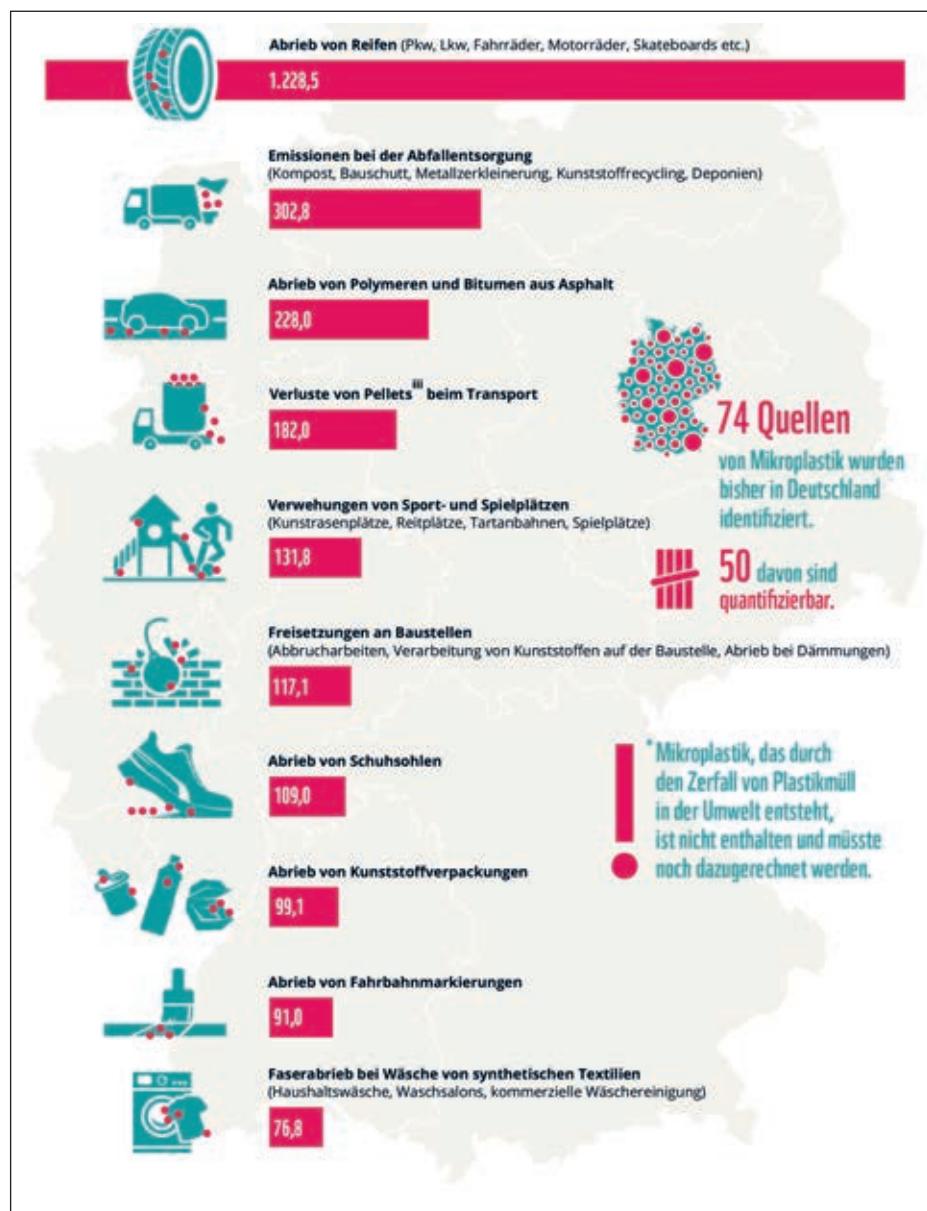
⁵ NanoImpact, 2023, 29, 100441.

la base des potentiels effets sanitaires des micro- et nanoplastiques. Il s'agit d'analyser comment ces particules interagissent avec les

systèmes biologiques au niveau moléculaire et cellulaire et d'étudier le potentiel de bio-accumulation et les effets à long terme lors

d'exposition chronique. Il est aussi capital de souligner que, concernant les sources, le cycle de vie et les effets des micro- et nanoplastiques, les lacunes sont encore considérables. La recherche future devrait se concentrer sur la compréhension des voies environnementales de ces particules, la détermination des sources d'exposition majeures et la quantification de leur concentration dans divers domaines environnementaux.

Top ten des sources de microplastique



Sources des quantités annuelles libérées de microplastiques en gramme et par personne à l'exemple de l'Allemagne, en tout env. 4 kilogrammes (sans produits de décomposition des déchets plastiques dans l'environnement). © WWF Deutschland

Connaître les voies environnementales et les interactions

De plus, d'autres recherches sont nécessaires pour évaluer l'efficacité des stratégies d'évitement du plastique et développer de nouvelles approches pour réduire la pollution aux micro- et nanoplastiques. Enfin, de nombreuses incertitudes scientifiques restent en suspens malgré la recherche accrue sur les micro- et nanoplastiques. D'importants investissements dans la recherche sont donc nécessaires pour comprendre les sources, la localisation et les effets des micro- et nanoplastiques. En font partie l'analyse des voies environnementales via lesquelles ces particules apparaissent, sont transportées et stockées ainsi que l'étude de leurs interactions avec d'autres polluants comme les métaux lourds et les polluants organiques. Enfin, la recherche devrait se concentrer sur la compréhension des mécanismes toxicologiques pouvant être causés par les micro- et nanoplastiques ainsi que l'identification des biomarqueurs spécifiquement pour l'exposition aux plastiques.

Dr Patricia Taladriz-Blanco est chimiste et directrice de groupe à l'Adolphe Merkle Institute de l'Université de Fribourg. Ses travaux se concentrent sur le développement de stratégies d'analyse pour détecter les micro- et nanoplastiques.
patricia.taladrizblanco@unifr.ch
www.ami.swiss

Des microplastiques issus de l'usure des pneus le long des routes de Soleure

Dominika Kundel, Andreas Fliessbach et al.¹, Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL), Frick AG

Les sols agricoles sont pollués par des particules de pneus usés. Cela est connu, mais à peine analysé. Des expériences montrent: il suffit de le savoir pour protéger le sol dès à présent.

Les microplastiques sont actuellement sur toutes les lèvres: ces minuscules particules de plastique d'un diamètre inférieur à 5 millimètres sont de plus en plus considérées comme une cause importante de pollution des sols. On trouve désormais des microplastiques dans tous les sols de Suisse, même ceux de réserves naturelles isolées [1]². Outre des sources telles que les cosmétiques, les déchets plastiques et la décomposition de gros morceaux de plastique, l'abrasion des pneus due au trafic routier constitue l'une des principales voies d'entrée des microplastiques dans l'environnement.

Les pneus sont composés de plastiques synthétiques tels que le polybutadiène et le caoutchouc styrène-butadiène. Les pneus contiennent également une variété de métaux lourds tels que le zinc, le cuivre, le plomb et le cadmium utilisés comme additifs, ainsi qu'un certain nombre de composés organiques, notamment des hydrocarbures, des plastifiants et des stabilisants. Au cours de leur utilisation, les pneus s'usent au contact de la route, libérant ainsi de minuscules particules de plastique. Des facteurs tels que le type et l'âge du revêtement de la chaussée, la vitesse de conduite, les freinages et accélérations fréquents, ainsi que le type de pneu et de véhicule, influencent l'intensité de l'abrasion des pneus générée par la conduite.

On estime que chaque personne dans le monde produit entre 0,23 et 4,5 kg de résidus d'abrasion de pneus par an [2]. Wag-

ner et al. [3] ont estimé l'abrasion annuelle des pneus par habitant en Allemagne à 1,7 kg. En Suisse, l'apport annuel de résidus d'abrasion de pneus a été estimé à environ 8900 tonnes, soit plus de 60 % de la quantité totale de microplastiques produite en Suisse. Cela correspond à environ 1 kg d'abrasion de pneus par habitant en 2020.

Une maigre base de données

L'abrasion des pneus générée par le trafic peut être transportée par le vent ou par les eaux usées des routes dans les sols avoisinants, ce qui peut entraîner des apports considérables, en particulier le long des routes qui ne sont pas reliées à un système d'évacuation des eaux usées approprié, et les sols peuvent ainsi devenir un réceptacle central pour les résidus d'abrasion des pneus. Cependant, il n'existe actuellement que très peu de mesures directes de l'impact de l'abrasion des pneus sur les sols. Ce manque de données est en partie dû à la disponibilité limitée de méthodes

d'extraction et d'analyse accessibles et peu coûteuses, ainsi qu'à l'absence d'une méthode standard généralement reconnue. Par conséquent, la communauté scientifique ne dispose pas encore de valeurs précises sur la pollution des sols par l'abrasion des pneus.

De plus, il manque également des études sur les effets de l'abrasion des pneus sur le système plante-sol et la production alimentaire dans les zones agricoles voisines. Une des rares études publiées montre que l'ajout d'abrasifs de pneus affecte plusieurs paramètres biogéochimiques du sol et peut avoir un effet négatif sur la croissance des plantes [4]. Le zinc, en particulier, qui est libéré des particules de pneus [5-7], ici avoir un impact. Mais d'autres produits chimiques, tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques, par exemple, peuvent également influencer l'activité enzymatique des microbes des sols, et ainsi perturber les cycles des nutriments dans les écosystèmes [8].

Plastiques et santé des sols

Le projet de recherche MINAGRIS (MIcro- and Nanoplastics in AGRicultural Soils), financé par l'UE, analyse les effets des micro et nanoplastiques dans le contexte agricole. Vingt institutions européennes de douze pays européens examinent, dans le cadre de onze études de cas, dont deux en Autriche et une en Suisse, l'utilisation de plastiques (films de paillage et autres plastiques agricoles) dans différents systèmes agricoles et leurs effets sur la santé des

sols. Chaque étude de cas implique un réseau régional d'exploitations agricoles. L'objectif du projet est de fournir aux agriculteurs et à leurs parties prenantes des outils et des instructions pour évaluer la pollution de leurs sols. Il vise également à aider les professionnels à réduire leur utilisation de plastiques afin d'en diminuer l'apport dans l'environnement.

Plus d'informations: www.minagris.eu

¹ cf. Informations à la fin de l'article.

² Références sous www.aefu.ch/oekoskop/kundel_referenzen

Des mesures directes sont impératives et urgentes

Afin de réaliser une évaluation scientifique complète des risques, il est absolument nécessaire et crucial d'élargir les données relatives à la contamination des sols par l'abrasion de pneus et d'évaluer l'impact de cette contamination sur les fonctions du sol. Il est urgent de lancer de nouveaux projets de recherche. Dans ce contexte, un projet financé par l'Office fédéral de l'agriculture (OFG) et réalisé conjointement par l'Institut de recherche de l'agriculture biologique, l'Université de Berne et l'Université technique de Darmstadt, vise à élargir la base de données sur la contamination des sols par l'abrasion de pneus à l'aide de données de mesure réelles et à identifier les effets potentiels sur le système sol-plante.

Projet partiel 1: expérience sur le terrain et «sur la chaussée»

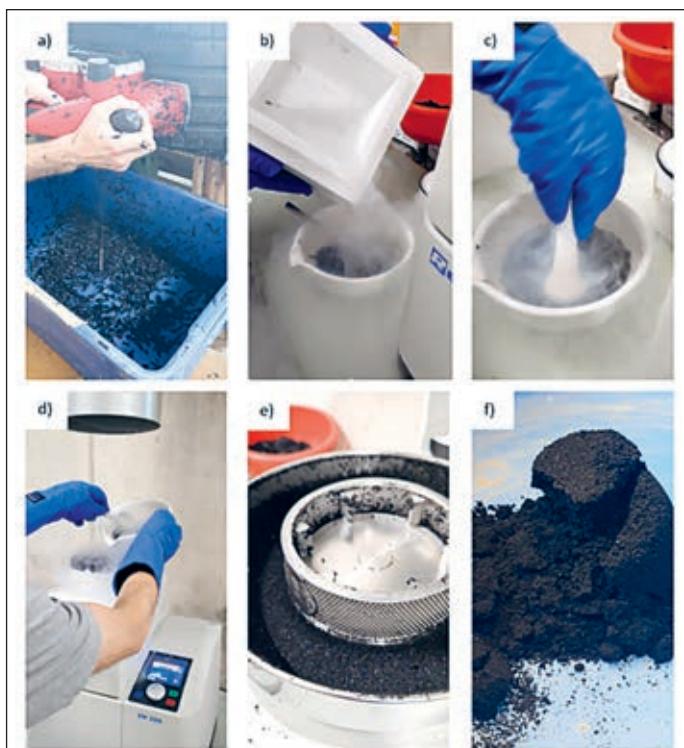
En collaboration avec l'Office de l'environnement du canton de Soleure, des chercheurs et chercheuses du FiBL, de l'Université de Berne et de l'Université technique (TU) de Darmstadt ont sélectionné 15 routes avec des herbages adjacents pour un échantillonnage et une analyse de la pollution par l'abrasion de pneus (ill. 1). Des échantillons de sol ont été prélevés à des distances de 1, 2, 5 et 10 m de la route. Les sections de route sélectionnées ne présentaient pas de séparation structurelle avec les prairies, et ne comportaient pas de virages ou de pentes.

Dans le cadre du projet européen MINAGRIS (cf. encadré), une méthode d'extraction et de quantification des microplastiques et de l'abrasion des pneus a été développée sur la base des travaux scientifiques [1,9,10].



Cette méthode comprend des étapes successives de fractionnement par densité et de filtration, l'oxydation spécifique de la matière organique ainsi que l'analyse des particules

extraites au stéréomicroscope. Les particules sont photographiées avec un agrandissement et quantifiées à l'aide d'un algorithme de segmentation des pixels.



Production de particules issues de l'usure de pneus pour l'étude en serre.

Les premiers résultats confirment la pollution

L'extraction et la quantification de l'abrasion des pneus à partir du total de 60 échantillons sont achevées. Les données déjà disponibles de cette étude proviennent de quatre des 15 sites. Il a été constaté que tous les sites présentent des quantités élevées de résidus d'abrasion de pneus jusqu'à une distance de 5 mètres du bord de la route, le nombre de particules diminuant nettement dans les deux premiers mètres. Des différences dans la quantité d'abrasion des pneus ont également été constatées entre les différents sites, mais il ne s'agit jusqu'à présent que de tendances statistiquement non significatives. La quantification précise de ces différences et la possibilité de tirer des conclusions à partir de données anne-



Des particules issues de l'usure des pneus ont été mélangées à la terre. L'expérience en serre a examiné leurs impacts sur le système sol-plante.

© FiBL

les principales fonctions du sol ont ensuite été étudiées pendant plusieurs semaines. La priorité de l'étude était d'étudier l'activité des micro-organismes et de déterminer si la qualité et la quantité des récoltes étaient modifiées.

L'étude a montré que l'abrasion des pneus peut avoir un effet négatif sur la croissance aérienne et souterraine des plantes, et il a surtout été observé une augmentation des teneurs en zinc et en cuivre dans la plante, qui ne se situaient toutefois pas dans une plage毒ique pour celle-ci. En outre, des concentrations élevées de résidus d'abrasion de pneus ont également entraîné des changements dans la communauté microbienne, qui se sont traduits par une modification de l'utilisation du substrat par les microbes lorsqu'ils étaient exposés à des concentrations élevées de résidus.

Enfin, une modification de l'activité de différentes enzymes du sol a été observée. Alors que l'activité des enzymes impliquées dans le cycle du carbone avait tendance à diminuer, un schéma inverse a été observé pour les enzymes impliquées dans le cycle de l'azote. De plus amples détails devraient être publiés d'ici la fin de l'année dans une revue spécialisée.

On en sait assez pour passer à l'action

Il ne fait désormais plus aucun doute que les sols doivent être au centre des questions relatives aux effets potentiels des microplastiques et des résidus d'abrasion de pneus sur l'environnement. Cependant, il existe des lacunes considérables dans les connaissances sur les concentrations de résidus de pneus dans le sol, sur les stratégies possibles pour éviter d'autres apports et sur les effets de ces apports. Bien que des études supplémentaires soient nécessaires pour comprendre en détail comment et où l'abrasion des pneus intervient dans le système du sol, les premières données mettent en évidence qu'il est urgent de prendre des mesures pour réduire les apports de résidus d'abrasion de pneus provenant du trafic routier. Ces mesures sont essentielles pour protéger la qualité des sols.

Références sous www.aefu.ch/oekoskop/kundel_referenzen

Cet article est paru pour la première fois dans le Bulletin BioSA 21 / 2024 du groupe de travail Biologie du sol - application (BioSA). Ce groupe s'est constitué en 1995 à l'initiative de l'Office fédéral de l'environnement OFEV et des services de protection des sols des cantons (Cercle Sol).



© OEKOSKOP

Dr Dominika Kundel est la principale auteure de cet article. **Dr Andreas Fliessbach** a tenu une conférence sur ce sujet lors du congrès des MFE «Plastique – Particules et substances chimiques en plein cœur» et est co-auteur de cet article. Tous deux travaillent à l'Institut de recherche de l'agriculture biologique (FiBL) à Frick AG dans le département des sciences du sol. Autres auteurs de cet article: M. Bigalke (TU Darmstadt), A. Grunder (Université de Berne), G. von Rohr (Office de l'environnement, canton Soleure) et A. Wiget (FiBL). dominika.kundel@frib.org www.frib.org/de/themen/boden

L'usure de ces vieux pneus est restée quelque part dans l'environnement. Par exemple dans les sols agricoles.

Remise du 7ème «Trojan Horse Award» – prix d'encouragement des MfE de 2024

Oliver F. Bischof, Dr ingénieur,
Awards Chair de l'ETH-NPC

Cette année, les MfE récompensent les travaux de Georgios Tsakonas pour sa contribution à l'essentielle recherche environnementale sur les particules ultrafines dans l'air et le félicitent.

C'est lors de la 27^{ème} ETH Nanoparticles Conference 2024 (NPC-24)¹, ayant eu lieu cette année avec la Workplace and Indoor Aerosols Conference, que le «Trojan Horse Award» des Médecins en faveur de l'Environnement (MfE) a été remis le 14 juin 2024.² Ce prix distingue un travail de recherche exceptionnel faisant avancer la compréhension scientifique des processus complexes du dit phénomène du cheval de Troie. La science entend par là les mécanismes de transport et les altérations (photo)chimiques, notamment pour les particules générées dans l'atmosphère lors des processus de combustion. Les substances cancérogènes adsorbées à la surface de ces particules peuvent par translocation via les poumons, parvenir dans l'organisme humain



Georgios Tsakonas avec son «Trojan Horse Award» 2024.

et impacter nos cellules et l'ensemble de l'organisme.

Georgios Tsakonas a reçu le Trojan Horse Award 2024 pour son travail de recherche «Nanoparticle profiling: a comprehensive assessment of physical, chemical, and toxicological characteristics at Thessaloniki airport.» Monsieur Tsakonas est doctorant au laboratoire de thermodynamique appliquée de l'Université Aristote de Thessalonique (Grèce) et étudie les particules ultrafines à proximité de la piste de décollage de l'aéroport de Thessalonique et leurs impacts négatifs sur la santé du personnel aéroportuaire, des voyageurs et riverains. Il a réalisé une analyse physique de la taille et du nombre de particules présentes, une analyse chimique des HAP, ainsi qu'une analyse toxicologique. Dans le cadre de cette dernière, il a observé des effets tels qu'une viabilité réduite des cellules pulmonaires exposées jusqu'à leur mort cellulaire. ■

«Trojan Horse Award» – le prix d'encouragement des MfE depuis 2017

Le «Trojan Horse Award» des Médecins en faveur de l'Environnement (MfE) est un prix d'encouragement récompensant des études particulièrement significatives sur la toxicité des émissions au niveau cellulaire. Les particules ultrafines (PUF) véhiculent des toxines issues des processus de combustion qui pénètrent alors dans l'organisme comme des chevaux de Troie, d'où le nom du prix. Son attribution a toujours lieu dans le cadre de l'«ETH Nanoparticles Conference» et fête cette

année sa septième édition. La récompense se chiffre à 2000 francs suisses et est offerte par le membre des MfE, Jacques Schiltknecht de Lucerne, Dr. en médecine. Au terme de la conférence de cette année, il a déclaré à l'ECOSCOPE: «Le travail exemplaire de Georgios Tsakonas tient compte des aspects physiques et chimiques de la pollution de l'air dans un contexte clair. Puisse ceci devenir un standard pour la recherche dans ce secteur! Les corrélations peu différencierées et liées aux masses sont dépassées. Nous

savons, depuis des décennies, que les particules en suspension/aérosols à l'échelle nanométrique peuvent pénétrer dans les organismes animaux et humains jusque dans les cellules. Plus elles sont petites, plus le pourcentage d'atomes de surface hautement réactifs avec des liaisons libres est élevé. Pour saisir leur potentiel de nuisance, il faut donc mesurer leur nombre, resp. surface, ainsi que leur composition chimique, notamment celle de la surface des particules.»

Cartes de rendez-vous et formulaires d'ordonnance à commander sans tarder!



Chères/Chers membres

Commandez vos cartes de rendez-vous et formulaires d'ordonnance en français. Nous procédons à des commandes globales quatre fois par année.

Passez-nous votre commande maintenant ou jusqu'au 31 octobre au plus tard pour une livraison à la mi-novembre (ou fin janvier / livraison mi-février – fin avril / livraison mi-mai – fin juillet / livraison mi-août)!

Commande minimale par version: 1000 ex.

Nom/ Cabinet Spécialisation		MEDICO'S EN FAVEUR DE L'ENVIRONNEMENT MÉDECINS EN FAVEUR DE L'ENVIRONNEMENT	
Rue et n° NPA / Localité Téléphone		Rue et n° NPA / Localité Téléphone	
Votre prochain rendez-vous En cas d'expédition, rendez le bon sous 24 h à l'adresse		Votre prochain rendez-vous En cas d'expédition, rendez le bon sous 24 h à l'adresse	
Lundi	date	Lundi	date
Mardi	date	Mardi	date
Mercredi	date	Mercredi	date
Jeudi	date	Jeudi	date
Vendredi	date	Vendredi	date
Samedi	date	Samedi	date
La vie en mouvement Lire au verso!			

Nom/ Cabinet Spécialisation		MEDICO'S EN FAVEUR DE L'ENVIRONNEMENT MÉDECINS EN FAVEUR DE L'ENVIRONNEMENT	
Rue et n° NPA / Localité Téléphone		Rue et n° NPA / Localité Téléphone	
Votre prochain rendez-vous En cas d'expédition, rendez le bon sous 24 h à l'adresse		Votre prochain rendez-vous En cas d'expédition, rendez le bon sous 24 h à l'adresse	
Lundi	date	Lundi	date
Mardi	date	Mardi	date
Mercredi	date	Mercredi	date
Jeudi	date	Jeudi	date
Vendredi	date	Vendredi	date
Samedi	date	Samedi	date
L'air, c'est la vie! Lire au verso!			

Nom/ Cabinet Spécialisation		MEDICO'S EN FAVEUR DE L'ENVIRONNEMENT MÉDECINS EN FAVEUR DE L'ENVIRONNEMENT	
Rue et n° NPA / Localité Téléphone		Rue et n° NPA / Localité Téléphone	
Votre prochain rendez-vous En cas d'expédition, rendez le bon sous 24 h à l'adresse		Votre prochain rendez-vous En cas d'expédition, rendez le bon sous 24 h à l'adresse	
Lundi	date	Lundi	date
Mardi	date	Mardi	date
Mercredi	date	Mercredi	date
Jeudi	date	Jeudi	date
Vendredi	date	Vendredi	date
Samedi	date	Samedi	date
Moins d'électrosmog! Lire au verso!			

Nom/ Cabinet Spécialisation		MEDICO'S EN FAVEUR DE L'ENVIRONNEMENT MÉDECINS EN FAVEUR DE L'ENVIRONNEMENT	
Rue et n° NPA / Localité Téléphone		Rue et n° NPA / Localité Téléphone	
Votre prochain rendez-vous En cas d'expédition, rendez le bon sous 24 h à l'adresse		Votre prochain rendez-vous En cas d'expédition, rendez le bon sous 24 h à l'adresse	
Rgs:			

Prix

Cartes de rendez-vous: 1000 ex. CHF 200.– (+500 ex. CHF 50.–)
Formulaires d'ordonnance: 1000 ex. CHF 110.– (+500 ex. CHF 30.–)
Port et emballage en sus, échantillons: www.aefu.ch/shop

Coupon de commande

Envoyer à: Médecins en faveur de l'Environnement (MfE),
case postale 620, 4019 Bâle, Télécax 061 383 80 49

Je commande:

- cartes de rendez-vous «La vie en mouvement»
 cartes de rendez-vous «L'air, c'est la vie!»
 cartes de rendez-vous «Moins d'électrosmog»
 formulaires d'ordonnance avec logo des MfE

Coordonnées sur 5 lignes (max. 6 lignes) pour les en-têtes
des cartes et ordonnances:

Nom / Cabinet	
Spécialisation (formulation exacte)	
Rue et n°	
NPA / Localité	
Téléphone	
Nom:	
Adresse:	
KSK.Nº.:	
EAN-Nº.:	
Lieu / Date:	
Signature:	



écoscope



Bulletin d'information des Médecins en faveur de l'Environnement (MfE)

Case postale 620, 4019 Bâle, CCP 40-19771-2
Téléphone 061 322 49 49
E-mail info@aefu.ch
Homepage www.aefu.ch

Impressum

Rédaction/mise en page:

- Stephanie Fuchs, rédactrice en chef,
Heidenhubelstrasse 14, 4500 Soleure, 032 623 83 85
- Dr. Martin Forter, rédacteur et directeur MfE, Case Postale 620, 4019 Bâle

Papier: 100% recyclé

Artwork: CHE, christoph-heer.ch

Impression/Spédition: Gremper SA, Basel/Pratteln

Prix de vente de ce numéro: CHF 10.- (parution annuelle)

Les contributions publiées reflètent l'opinion de l'auteur et ne recouvrent pas nécessairement les vues des Médecins en faveur de l'Environnement (MfE).

La rédaction se réserve le droit de raccourcir les manuscrits. © MfE

Numéros de l'ECOSCOPE à partir de l'édition 2012:
disponibles en ligne sous www.aefu.ch/ecoscope