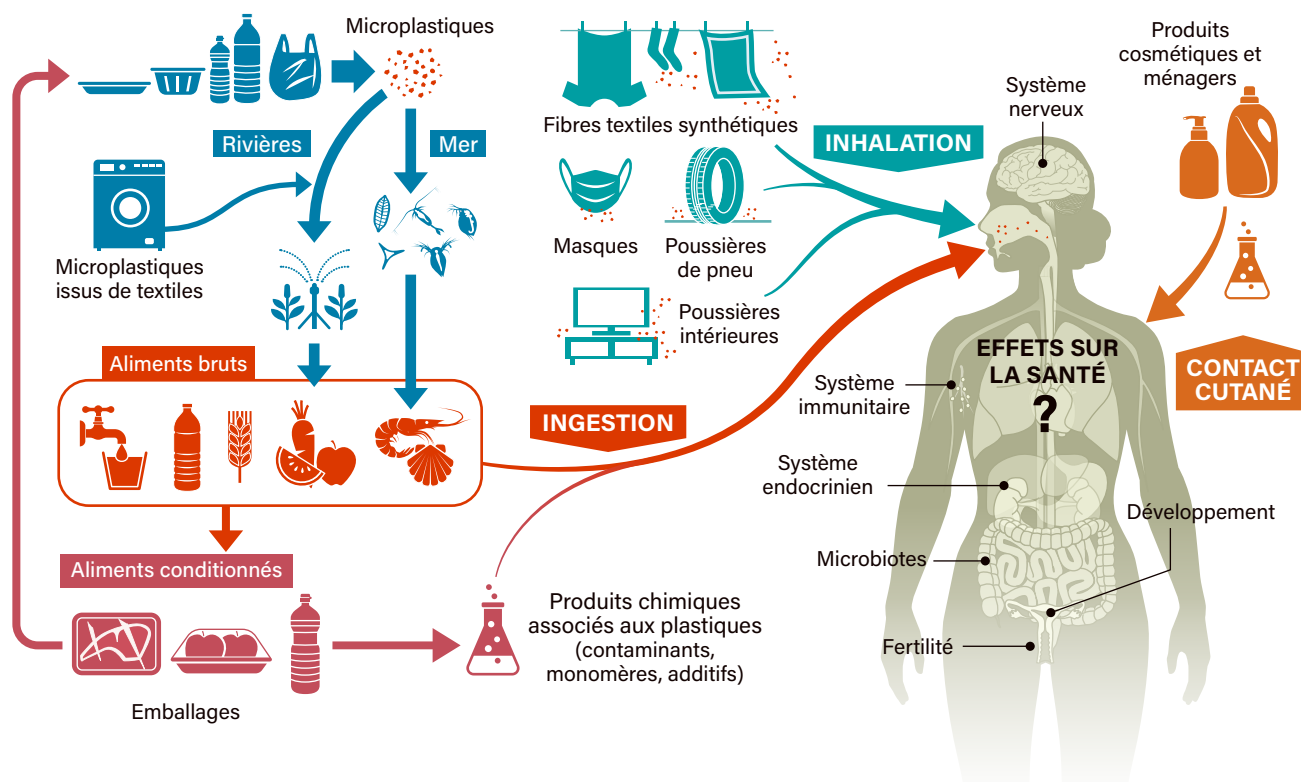




susceptibles d'être ajoutées intentionnellement. Et on estime que dix fois plus de Nias peuvent migrer dans les aliments à partir de divers articles en contact avec eux. Mais la plupart de ces contaminants restent inconnus, faute de méthodes d'analyse chimique appropriées. À titre de comparaison, environ 1000 pesticides sont en usage commercial actuellement, et des méthodes d'analyse chimique sont disponibles pour tous ces pesticides, y compris leurs principaux métabolites.

Cette complexité chimique remet en question les approches actuelles d'évaluation de la sécurité des plastiques, notamment en ce qui concerne les matériaux en contact avec les aliments. Alors que les risques liés aux substances principales et aux additifs sont évalués avant l'autorisation de la mise en contact avec des aliments, cette approche ne tient compte ni des Nias ni des effets synergiques potentiels de mélanges. Pour remédier à ces difficultés, deux pistes sont explorées. La première est la recherche d'autres solutions plus sûres. Les bioplastiques ? À première vue, ils semblent la solution idéale, conciliant l'utilisation d'un matériau bon marché et polyvalent et la conservation d'un environnement sans plastique apparent. Mais la réalité est tout autre.

L'ILLUSION DES BIOPLASTIQUES

Le terme « bioplastique » est ambigu, car il désigne à la fois des matériaux fabriqués à partir de matières premières renouvelables biosourcées, comme le biopoléthylène, mais

aussi des matériaux biodégradables (comme le polysuccinate de butylène), ou les deux (par exemple l'acide polylactique ou PLA). Il n'est pas encore clair si ces matériaux et d'autres à base de plantes qui sont souvent mélangés à des matériaux synthétiques (les matériaux à base d'amidon, de cellulose ou de bambou, par exemple) relèvent de la définition des bioplastiques. Une chose est sûre : l'étanchéité ou la résistance des produits est acquise dans la plus grande majorité des cas grâce à un film plastique (*liner*) ou à l'ajout de polymère plastique dans la masse. Dans tous les cas, ils sont produits pour remplir la même fonction que les matières plastiques et apparaissent aux yeux du consommateur, faussement pour la plupart, comme des substituts pertinents, car plus « naturels ».

Souvent, les industriels commercialisant les bioplastiques mettent en avant leur biodégradabilité et leur inertie vis-à-vis de la santé. Cependant, peu de preuves scientifiques soutiennent cette notion. Par exemple, certains plastiques dits « biodégradables » ne se dégradent pas dans des milieux naturels, le cycle de recyclage exigeant un environnement industriel avec des températures supérieures à 70 °C. De plus, lors de l'évaluation et de l'amélioration de la performance environnementale des bioplastiques et des alternatives plastiques, l'accent est mis soit sur la phase de production (l'empreinte carbone, les matières premières renouvelables...), soit sur la fin de vie (la dégradabilité). L'exposition humaine

Notre organisme est en contact avec des microplastiques et des substances chimiques associées aux plastiques (additifs, monomères, contaminants) de multiples façons. Une bouteille d'huile de tournesol, par exemple, contient de l'huile produite à partir de plantes arrosées avec de l'eau contaminée en microparticules issues des déchets plastiques et des lavages de textiles synthétiques. On ingère donc à la fois ces particules, mais aussi les substances associées au plastique de la bouteille et qui ont diffusé dans l'huile. Avec quels effets sur la santé, sachant que plusieurs substances sont déjà connues indépendamment pour perturber certaines fonctions ?

aux produits chimiques est souvent négligée. Aussi sait-on très peu de choses en termes de sécurité chimique des bioplastiques, c'est-à-dire sur l'identité des composés présents dans le matériau et leur toxicité, ainsi que sur l'exposition humaine à ces composés. Ces lacunes sont problématiques, car l'exposition humaine aux substances provenant des bioplastiques et des matériaux d'origine végétale va augmenter avec leur utilisation croissante.

Enfin, comme les plastiques classiques, les plastiques biosourcés ou dits « biodégradables » peuvent contenir des monomères non polymérisés, des additifs et des Nias. Pire, les additifs sont même particulièrement importants pour les polymères extraits de ressources naturelles, comme l'amidon et la cellulose type boîte d'œufs, ou de microorganismes, comme le PLA, car leurs propriétés physiques – résistance thermique, propriétés de barrière... – sont limitées. Et comme la plupart de ces composés ne sont pas liés de manière covalente au polymère, ils peuvent aussi être transférés dans l'air, les solides et les liquides.

En 2020, une équipe autour de Martin Wagner, de l'université norvégienne de Sciences et de Technologie, a évalué la toxicité d'une vingtaine de bioplastiques (dont certains à base de bambou ou de cellulose) selon une méthodologie similaire à celle qu'elle avait utilisée un an plus tôt pour les plastiques

classiques. Après avoir découpé une partie des contenants alimentaires en bioplastique, les chercheurs en ont extrait le maximum de composés à l'aide de solvants, puis ont évalué par spectrométrie de masse le nombre de molécules transférées du plastique vers le solvant. Ils ont ensuite analysé sur des cellules leur toxicité et leurs effets hormonaux.

Ils ont ainsi montré que des milliers de substances (connues et non connues) composaient ces bioplastiques et que les trois quarts de ces bioplastiques étaient toxiques ou perturbaient les gènes impliqués dans la réponse aux hormones (leur étude sur les plastiques conventionnels avait montré des résultats similaires). Cette étude offre donc l'avantage de montrer que la plupart des bioplastiques sont à considérer comme des plastiques classiques, mais le fait d'avoir utilisé des solvants est discutable, car d'un usage peu réaliste. Mais de nouvelles approches devraient bientôt permettre d'évaluer les effets biologiques de molécules migrant réellement dans les aliments (voir l'encadré page 58).

Ainsi, comme les plastiques, la plupart des bioplastiques sont une source majeure d'exposition humaine à de multiples composés entrant dans leur fabrication. Et les écosystèmes terrestres et aquatiques ne sont pas mieux préservés



TRIBUNES DU MUSÉUM

JEAN-BAPTISTE FINI interviendra le samedi 3 juillet après-midi lors de la Tribune **Plastiques : l'overdose ?** du Muséum national d'histoire naturelle, à Paris.

Événement gratuit, informations sur mnhn.fr/tribunes-plastiques

MICROPLASTIQUES, NANOPLASTIQUES ET SANTÉ

Omniprésents dans l'environnement, les microplastiques et nanoplastiques proviennent principalement de la dégradation des plastiques à usage unique, des engins de pêche, des vêtements et des cosmétiques, des peintures, des pneus et de la poussière urbaine. En raison de leur faible densité, une part importante se retrouve dans les rivières et la mer. Leur présence dans la nature entraîne une accumulation au sein des organismes et, par conséquent, dans les chaînes trophiques, dont la chaîne alimentaire humaine. C'est un sujet de préoccupation majeur en raison des effets possibles sur la santé et l'environnement.

La problématique est double. D'une part, quels sont les effets sur les organismes ? Si au-delà de 10 micromètres, le risque que les particules de plastique pénètrent dans les cellules est faible, celles de taille inférieure à 10 micromètres sont susceptibles d'y entrer par divers mécanismes (phagocytose, endocytose...). D'autre part, ces particules aggravent-elles l'exposition aux substances qui composent les plastiques ? Rien ne permet d'éliminer cette possibilité. Le dioxyde de titane, par exemple, est très utilisé dans la fabrication

de plastiques pour sa pigmentation blanche et sa résistance. Or il se présente lui-même sous la forme de particules de quelques dizaines à plusieurs centaines de nanomètres dont diverses études suggèrent qu'elles pourraient perturber le fonctionnement des cellules. Quel effet a-t-il lorsqu'il est encore associé aux microplastiques ?

Ces questions sont largement débattues actuellement, à commencer par leur prérequis : quelle est notre exposition ? La réponse est loin d'être claire. Une abondante littérature existe sur la présence des microplastiques dans les aliments, s'appuyant sur un large éventail de méthodes pour isoler, compter et analyser ces particules dans les différents aliments, ce qui complique l'estimation. En 2020, en compilant les données de telles études, Juan Conesa et Maria Iñiguez, de l'université d'Alicante, en Espagne, ont ainsi évalué qu'un humain ingère en se nourrissant 22 à 37 milligrammes de microplastiques par an. Mais de leur côté, Kala Senathirajah, de l'université de Newcastle, en Australie, et ses collègues ont estimé, à partir de 59 publications mesurant la quantité de microplastiques



présents dans la nourriture, les boissons, l'eau et l'atmosphère, qu'une personne en ingère entre 0,1 et 5 grammes (l'équivalent d'une carte bancaire) par semaine. Et encore tout récemment, l'équipe d'Albert Koelmans, à l'université de Wageningen, aux Pays-Bas, a estimé par modélisation qu'en moyenne, via l'air ou la nourriture, un adulte est exposé à 0,2 milligramme de microplastiques par an, soit bien moins que dans les deux autres études.

Quant aux nanoplastiques, encore peu d'études ont évalué leur présence dans la chaîne alimentaire humaine, probablement du fait de l'absence de méthodologies validées et standardisées.

J.-B. F.