

ENQUÊTE

COCA-COLA, CHAMPION OLYMPIQUE DES MICROPLASTIQUES ?

Août 2024



agir
POUR
L'ENVIRONNEMENT

SOMMAIRE

COMMUNIQUÉ DE PRESSE	p.3
❶ POURQUOI CETTE ENQUÊTE ?	p.4
❷ COMMENT AVONS-NOUS PROCÉDÉ ?	p.4
❸ LES PRINCIPAUX RÉSULTATS	p.5
• Analyses dans les sodas embouteillés avec ouvertures multiples	p.5
• Nature des polymères des microplastiques isolés dans les sodas	p.9
• Quelles sont les conséquences pour l'environnement et la santé ?	p.12
❹ NOS DEMANDES	p.15

COCA-COLA, CHAMPION OLYMPIQUE DES MICROPLASTIQUES ?

Des dizaines de fragments de 6 sortes de plastiques identifiés dans du Coca-Cola et du Schweppes.

« Un goût inimitable », c'est en tout cas ce que promeut un marketing agressif qui fait de Coca-Cola le soda le plus connu au monde. Sponsor officiel des Jeux Olympiques, la boisson pétillante est également connue des associations environnementales pour son impact écologique. Les 120 milliards de bouteilles commercialisées chaque année font de cette entreprise l'un des tous premiers acteurs responsables de la pollution plastique au monde.

Rien qu'en France, ce sont 950 millions de bouteilles de la marque qui sont vendues chaque année, dont à peine 44% sont recyclées. Chaque minute, ce sont donc plus de 1 000 bouteilles qui finissent incinérées ou jetées négligemment dans la nature et finiront dans un sous-bois, au bord d'une route ou au fond d'un océan. Plaisir fugace, pollution durable !

Ce que l'on sait moins, c'est que le contenant, cette petite bouteille constituée de plastique n'est pas inerte. **Dans une enquête coordonnée par Agir pour l'Environnement, l'association a mis en évidence des traces de 6 sortes de plastique dans le breuvage caramélisé.**

Souhaitant mesurer le risque d'ingérer des fragments de plastique en buvant du Coca-Cola ou du Schweppes en s'approchant le plus près possible de l'usage réel des consommateurs, Agir pour l'Environnement a fait appel à deux laboratoires spécialisés mesurant la présence de micro- et nanoplastiques dans des bouteilles ouvertes une, dix et vingt fois.

Six sortes de plastiques différents ont été identifiés dont du polyéthylène, du polyéthylène téréphtalate et du polychlorure de vinyle. On dénombre 46 et 93 microparticules de plastique respectivement dans une bouteille d'un litre de Coca et d'un litre et demi de Schweppes après une vingtaine d'ouvertures. Des nanoparticules de 200 à 600 nanomètres ont également été détectées par un second laboratoire après une seule ouverture des bouteilles.

Pour Stéphen Kerckhove, directeur général d'Agir pour l'Environnement, *les « Coca-cooliques anonymes, adeptes du doux breuvage d'Atlanta doivent être informés de l'instabilité moléculaire de la bouteille en plastique qui semble se fragmenter rapidement sous l'effet d'une ouverture/fermeture du bouchon ».*

Pour Magali Leroy, chargée des enquêtes et analyses au sein de l'association Agir pour l'Environnement, *« la présence de micro- et nanoplastiques et la variété des plastiques identifiés interrogent la compagnie Coca-Cola ainsi que les autorités sanitaires hexagonales qui doivent garantir aux consommateurs un contenant inerte ne les exposant pas à des molécules dont l'impact sanitaire ne peut être écarté. »*

L'association Agir pour l'Environnement interpelle la Direction générale de la Santé, l'ANSES et la DGCCRF afin que ces institutions prennent immédiatement toutes mesures utiles et indispensables afin de mettre un terme à cette contamination « fortuite ».

L'association espère que cette enquête exclusive ne fera pas « pschitt », butant sur le mutisme des institutions hexagonales, comme ce fut le cas de la précédente enquête coordonnée par l'association ayant mis en évidence la présence de microplastiques dans les eaux embouteillées.

1 POURQUOI CETTE ENQUÊTE ?

En juillet 2022, Agir pour l'Environnement rendait publique une enquête mettant en évidence la présence de microplastiques dans 78% des bouteilles d'eau que l'association avait faites analyser. Le rapport d'enquête publié il y a deux ans émettait une réserve de taille sur les résultats observés : « Les conditions très strictes autour de la préparation des échantillons ont certainement conduit à une sous-estimation du nombre de microplastiques par rapport aux conditions réelles de consommation. [...] En outre, le laboratoire n'est pas équipé pour détecter des particules dont la taille est inférieure à 10 micromètres. »

Fort de ce constat, Agir pour l'Environnement a souhaité s'approcher au plus près des conditions réelles d'utilisation en procédant à des analyses de micro- et nanoparticules à la suite de l'ouverture de deux sodas à une, dix et vingt reprises.

À l'approche des Jeux Olympiques de Paris, Agir pour l'Environnement a fait le choix d'analyser du Coca-Cola, partenaire mondial de cet événement sportif. Parallèlement, l'association a également procédé à l'analyse d'un second soda, le Schweppes, ceci permettant de comparer le nombre de particules identifiées ainsi que la nature des plastiques retrouvés.

2 NOTRE ENQUÊTE : COMMENT AVONS-NOUS PROCÉDÉ ?

Nous avons analysé le Coca-Cola Original en bouteille plastique de 1 litre pour investiguer la présence de microplastiques dans ce soda. Afin de reproduire les conditions en usage réel, les bouteilles analysées ont été ouvertes une seule fois, 10 fois et 20 fois pour évaluer l'impact d'ouvertures multiples des bouteilles sur la présence de microplastiques, chaque fois sur une nouvelle bouteille. L'ouverture 10 fois a été répétée deux fois avec une variation de température en amont de l'analyse afin d'évaluer si les conditions de stockage avaient un impact sur la quantité de microplastiques

présents. Et l'analyse après 20 ouvertures consécutives a été répétée deux fois dans les mêmes conditions de stockage. Pour comparaison, nous avons aussi analysé le Schweppes Indian Tonic en bouteille plastique de 1,5 litre en parallèle et dans les mêmes conditions que le Coca-Cola Original, sauf pour l'ouverture 20 fois qui n'a été effectuée qu'une seule fois sur ce soda.

Les particules de plastiques ont été dénombrées, mesurées, et la nature des polymères identifiée à l'échelle micrométrique (10 μ m - 5 mm). Une étude complémentaire des populations de particules a été effectuée à l'échelle nanométrique (0,3 nm - 1 μ m), et une observation directe des particules a été réalisée en microscopie électronique à balayage. Les laboratoires mandatés pour ces analyses sont des spécialistes de l'analyse des micro- et nanoplastiques et travaillent selon des protocoles dépourvus de plastique et avec des blancs de contrôle tout au long du processus d'analyse.



ANALYSES DES PARTICULES À L'ÉCHELLE MICROMÉTRIQUE

Les microplastiques des échantillons ont d'abord été isolés par filtration (5 μ m) de la totalité du volume de soda contenu dans une bouteille, puis analysés par Infra-rouge à Transformée de Fourier (IRTF) afin de déterminer le nombre, la taille et la nature des polymères retrouvés. Les polymères constituant les particules sont identifiés grâce à une bibliothèque de spectres spécifiques à chaque polymère.



ANALYSES DES PARTICULES À L'ÉCHELLE NANOMÉTRIQUE

Le diamètre hydrodynamique des particules ainsi que la distribution de taille des particules en suspension ont été déterminés dans le Coca-Cola Original et le Schweppes Indian Tonic à partir de 2 gouttes ($\approx$ 200 μ L) de chaque soda, préalablement dégazées, et diluées au 10e (2 mL total) puis analysées par diffusion dynamique de la lumière, une technique d'analyse non

destructive en solution. Trois mesures des tailles des particules en suspension entre 0,3 nm et 1 µm ont été réalisées sur chaque dilution de soda. Les particules présentes ont aussi été analysées par observation directe en microscopie électronique à balayage à partir de 2 mL de chaque soda (dégazé, sans dilution) filtrés sur des membranes polycarbonate (pore 0,1 µm). Les membranes ont ensuite été observées dans leur totalité par microscopie électronique à balayage avec les paramètres suivants : pression partielle 550 Pa, tension d'accélération 5 kV, distance de travail 10 mm. Des clichés d'observation ont été réalisés sur un set représentatif des particules identifiées.

3 LES PRINCIPAUX RÉSULTATS

Les polymères composant les microparticules détectées étaient majoritairement du polyéthylène (PE), du polytéréphtalate d'éthylène (PET), et du polychlorure de vinyle (PVC). Ont aussi été identifiées, en moindre quantité, des microparticules de polyamide (PA), de polypropylène (PP), et de polyuréthane (PU). Il nous a paru étonnant d'identifier 6 polymères différents alors que les fabricants ne déclarent que 2 polymères en contact avec la boisson : du PE pour le bouchon et du PET pour la bouteille.

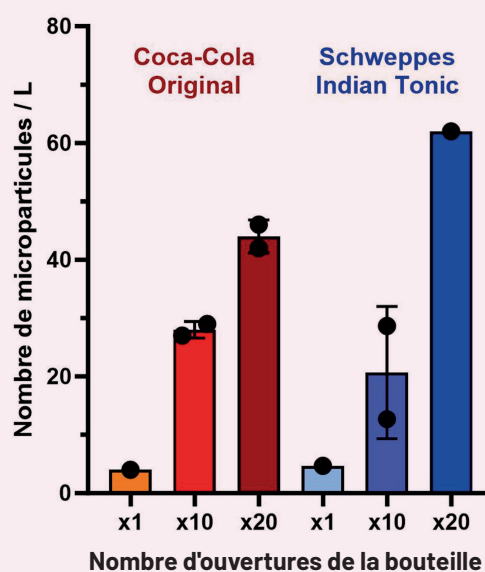
Après vingt ouvertures, 46 microparticules (dont 25 de PVC) ont été identifiées dans un litre de Coca-Cola. Rapporté à un litre, ce sont 62 microparticules (dont 57 de PE) qui ont été identifiés dans le Schweppes Indian Tonic. Le nombre de microparticules augmente sensiblement à mesure que le nombre d'ouvertures croît, permettant d'émettre l'hypothèse d'une responsabilité de la dégradation du bouchon dans l'origine des microplastiques identifiés.

Des nanoplastiques ont également été identifiés. Après 20 ouvertures de la bouteille de Coca-Cola Original, les nanoparticules observées dans le soda ont une taille moyenne de 518 nm. L'ouverture multiple des bouteilles a généré une plus grande gamme de tailles de nanoparticules dont la taille moyenne est légèrement supérieure à celle de la population de nanoparticules présentes initialement après une ouverture unique.



ANALYSES DANS LES SODAS EMBOUTEILLÉS AVEC OUVERTURES MULTIPLES

La quantité totale de microparticules entre 10 µm et 5 mm présentes dans le Coca-Cola Original a été déterminée après une ouverture unique et des ouvertures répétées 10 et 20 fois sur la totalité du volume contenu dans chaque bouteille.



↑ **Figure 1.** Concentrations moyennes de microparticules de plastiques identifiées dans le Coca-Cola Original et le Schweppes Indian Tonic après une ouverture unique, 10 et 20 ouvertures consécutives. Le nombre de particules a été ramené au litre afin de pouvoir comparer des concentrations de particules entre les deux sodas analysés qui sont conditionnés en différents volumes. Les points représentent les mesures réelles, les colonnes la moyenne, et les barres d'erreur représentent l'écart type lorsque plusieurs mesures ont été faites.

On identifie des microplastiques dans le Coca-Cola Original dès la première ouverture du bouchon. Suite à l'ouverture unique de la bouteille on dénombre 4 microparticules dans le litre de Coca-Cola Original. Parallèlement, on dénombre 7 microparticules dans les 1,5L de Schweppes Indian Tonic, ce qui correspond à une concentration de 4,6 particules par litre de

soda. L'ouverture du bouchon étant indispensable à la consommation de la boisson, c'est donc la quantité minimum de microplastiques qui sera ingérée avec le soda.

Cependant, de tels volumes ne sont pas consommés en une seule fois. À domicile, 1 litre de soda peut être bu en 4 à 5 fois s'il est consommé pur, plus s'il est mélangé avec beaucoup de glaçons ou à une autre boisson. À l'extérieur du domicile, la consommation d'un litre de soda peut se faire en plus petits volumes, parfois une gorgée à la fois directement au goulot, et donc implique un grand nombre d'ouvertures et fermetures du bouchon. Pour reproduire une situation plus proche du réel où une bouteille de soda de 1 litre à 1,5 litre est ouverte à de multiples reprises, les bouteilles ont été ouvertes 10 et 20 fois avant l'analyse des microparticules présentes dans le soda qu'elles contiennent. On observe une nette augmentation de la quantité de microparticules de plastiques dans les sodas après 10 ouvertures avec une moyenne 28 particules par litre dans le Coca-Cola Original et 21 particules/L dans le Schweppes Indian Tonic. Après 20 ouvertures consécutives la quantité totale de microplastiques atteint une moyenne de 44 particules/L dans le Coca-Cola Original et on dénombre 62 particules/L dans le Schweppes Indian Tonic.

L'ouverture 10 fois consécutives des bouteilles a été répétée deux fois pour chaque soda avec des variations de température afin de reproduire les conditions de stockage réelles :

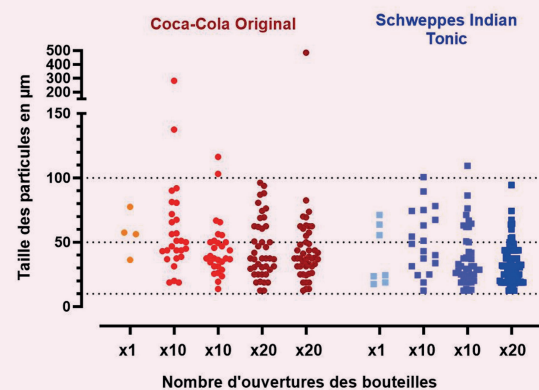
- **stockage à température ambiante puis stockage à 4°C** (stockage en magasin) ;
- **stockage à 30°C pendant 3h puis stockage à 4°C** (transport dans un coffre de véhicule l'été).

Ceci afin d'évaluer si la variation de température pendant le stockage a un impact sur la stabilité du contenant plastique. Dans ces deux conditions de conservation suivies de 10 ouvertures de la bouteille, la quantité de microparticules identifiées dans le Coca-Cola Original est de 29 et 27 particules. La variation de température de stockage n'a donc apparemment pas d'impact sur la quantité de plastiques dans le Coca-Cola Original après 20 ouvertures consécutives. Pour le Schweppes Indian Tonic on observe une variation dans le nombre de particules en fonction de la température de stockage avant refroidissement entre 12,6 et 28,6 particules par litre. Comme décrit plus loin dans cette étude, les populations de microparticules générées bien que différentes en nombre total de particules, sont assez similaires dans leur tailles, distributions et compositions.

Cette étude révèle donc la présence de particules de plastiques à l'échelle micrométrique dans le Coca-Cola Original et dans le Schweppes Indian Tonic avec une augmentation de la quantité de particules en fonction du nombre d'ouvertures des bouteilles, avec un effet cumulatif.

➤ Taille des microparticules isolées dans les sodas

La méthode d'analyse utilisée pour mesurer la taille des particules de plastiques présentes dans les sodas permet une résolution entre 10 µm et 5 mm (5000 µm). Dans les trois conditions d'ouverture testées, la totalité des microparticules identifiées faisait moins de 500 µm et une large majorité (de 93% à 100%) était inférieure à 100 µm. La taille des microparticules identifiées après une, 10 et 20 ouvertures consécutives indique une augmentation des microparticules de faibles tailles avec une augmentation de la proportion de particules inférieures à 50 µm en fonction du nombre d'ouvertures du bouchon.



↑ **Figure 2.** Distribution des microparticules par tailles, identifiées dans le Coca-Cola Original et le Schweppes Indian Tonic après 1 ouverture, 10 ouvertures et 20 ouvertures.

Les données présentées dans la figure ci-dessus montrent bien une augmentation globale du nombre de microparticules dans les sodas en fonction du nombre d'ouvertures, et que la majorité de ces microparticules sont de taille inférieure à 50 µm. L'ouverture à de multiples reprises des bouteilles de sodas génère donc une augmentation du nombre de microparticules totales et ces particules sont de petites tailles puisque

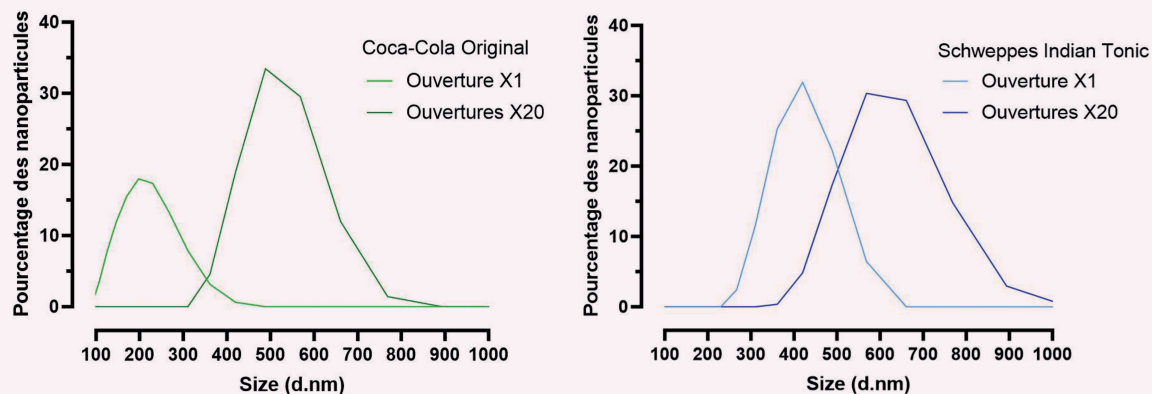
majoritairement inférieures à 50 µm.

Ces premières analyses nous permettent donc de mettre en évidence la présence d'une population conséquente, et croissante, de microparticules jusqu'à 10 µm avec une ouverture répétée du bouchon des bouteilles de sodas.

➤ **Particules nanométriques dans les sodas**

La littérature scientifique actuellement disponible, bien que limitée à l'échelle nanométrique de par les contraintes techniques qu'elle représente, indique que la population de particules nanométriques (soit 1000 fois plus petites que les particules micrométriques) est bien plus importante que la population de particules à l'échelle micrométrique [Qian et al., PNAS,

2024]. Les particules nanométriques sont moins bien dénombrées alors même qu'elles posent un risque de santé bien plus important puisque leur taille les rend plus facilement assimilables par les organismes vivants et permet même leur diffusion passive dans certains tissus. C'est pourquoi nous avons aussi analysé les particules présentes dans les sodas à l'échelle nanométrique après une ouverture unique et après 20 ouvertures consécutives du bouchon des bouteilles.



Résultats en volume (moyenne*)	Coca-Cola Original		Schweppes Indian Tonic	
	Ouverture x1	Ouvertures x20	Ouverture x1	Ouvertures x20
Taille (diam. en nm)	207,8	518,0	413,7	613,0
Indice de polydispersité	0,44	0,86	0,67	0,75

* La moyenne des 3 mesures calculées par le logiciel est issue d'une moyenne réalisée au niveau des intensités diffusées et non une moyenne arithmétique sur les valeurs des résultats individuels.

↑ **Figure 3.** Distribution des tailles des nanoparticules en proportion de la population totale de nanoparticules entre 0,3 nm et 1 µm dans le Coca-Cola Original (vert) et le Schweppes Indian Tonic (bleu), après une ouverture unique (clair) et 20 ouvertures (foncé). Les valeurs de tailles moyennes des nanoparticules et de l'indice de polydispersité sont présentés dans le tableau.

Les particules nanométriques présentes dans les sodas ont été analysées sans filtration sur une petite fraction (0,2 mL) diluée au 10e. On observe dès la première ouverture de la bouteille une population de nanoparticules de diamètre moyen d'environ 208 nm dans le Coca-Cola Original avec un indice de polydispersité de 0,44.

L'indice de polydispersité exprime la variation de taille de la population de nanoparticules. Il est le rapport entre l'écart type et la taille moyenne des particules, et est une mesure de la largeur de la distribution des tailles. Un indice faible indique une distribution de taille étroite (PI < 0,1 indique une population de particules de tailles presque identiques), tandis qu'un indice élevé suggère une large distribution avec une large gamme de tailles (PI > 0,7 indique que l'échantillon a une distribution de tailles très large).

Après 20 ouvertures de la bouteille de Coca-Cola Original, les nanoparticules observées dans le soda ont une taille moyenne légèrement plus importante de 518 nm. La variation de taille des nanoparticules est beaucoup plus importante comme indiqué par l'indice de polydispersité qui est plus élevé à 0,86 dans le Coca-Cola Original, et donc supérieur à 0,7 ce qui indique une distribution de tailles très large. L'ouverture multiple des bouteilles a donc généré une plus grande gamme de tailles de nanoparticules dont la taille moyenne est légèrement supérieure à celle de la population de nanoparticules présentes initialement après une ouverture unique.

Dans le Schweppes Indian Tonic on observe aussi une population de nanoparticules dès la première ouverture de la bouteille avec des nanoparticules de 414 nm en moyenne et un indice de polydispersité de 0,67. Après 20 ouvertures consécutives de la bouteille, la population de nanoparticules dans le Schweppes Indian Tonic a une taille moyenne de 613 nm et un indice de polydispersité plus élevé à 0,75 représentatif ici encore d'une population de nanoparticules de tailles très variables.

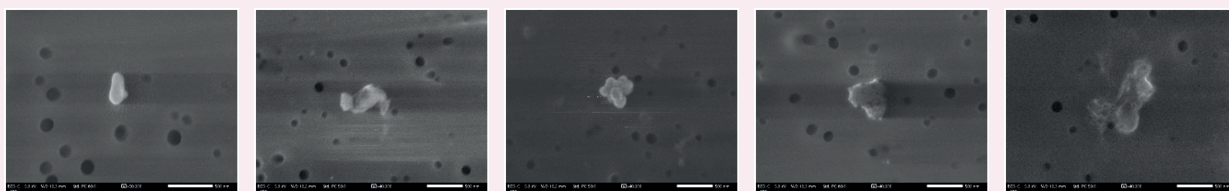
Il est remarquable que sur un volume aussi faible (0,02% et 0,013% du volume de la bouteille pour le Coca-Cola Original et le Schweppes Indian Tonic, respectivement), des populations de nanoparticules puissent être identifiées. Bien que l'analyse à cette échelle permette une description de la distribution de tailles au sein de la population de nanoparticules, elle ne permet pas un dénombrement exact. Cependant, comme l'indique la littérature scientifique sur les populations de micro- et nanoparticules dans les boissons [Qian et al., PNAS,

2024], la quantité de nanoparticules, mille fois plus petites que les microparticules (1 nm = 0,001 µm), est bien plus importante. Là où 4 à 4,6 microparticules par litre étaient dénombrées dans la totalité du volume du Coca-Cola Original et du Schweppes Indian Tonic, la population de nanoparticules peut être analysée dans seulement 0,2 mL de boisson ce qui révèle une large quantité de nanoparticules dans le volume total de chaque soda.

➤ Observation directe des particules nanométriques présentes dans les sodas

Nous avons aussi procédé à une observation directe des nanoparticules présentes dans les deux sodas après 20 ouvertures consécutives des bouteilles. Un volume de 2 mL non dilué de chaque soda a été filtré sur un support d'observation puis analysé en microscopie électronique à balayage. Dans les deux sodas, des particules ont été directement observées et des particules représentatives des différentes tailles et morphologies identifiées ont été photographiées. On observe dans les deux sodas des particules de tailles nanométriques jusqu'à micrométriques, et de formes et de surfaces irrégulières. Les plus petites particules observées ont un diamètre minimum (le plus étroit) supérieur à 100 nm, ce qui correspond à la taille des pores des filtres, visibles en arrière-plan des photographies d'observations. Les particules ayant un diamètre minimal inférieur à 100 nm peuvent être perdues au cours de la filtration et sont difficilement observables dans nos conditions d'analyses. La taille sur les deux axes des particules photographiées est détaillée dans le tableau ci-dessous. On note aussi que les particules ont des contours très irréguliers et ont donc une très grande surface totale, ce qui favorise leur interaction soit avec d'autres particules, combinant les effets de plusieurs polymères, ou, plus grave, en facilitant leur contact et leur internalisation par les cellules dans les muqueuses humaines après leur ingestion comme le décrit la littérature scientifique.

Coca-Cola Original



A1

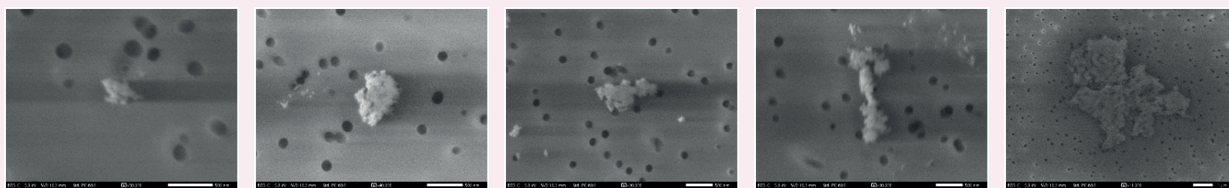
A2

A3

A4

A5

Schweppes Indian Tonic



B1

B2

B3

B4

B5

Coca-Cola Original		Schweppes Indian Tonic	
Photo N°	Taille en nm (x/y)	Photo N°	Taille en nm (x/y)
A1	188,2 / 352,2	B1	434,6 / 263,6
A2	675,6 / 373,9	B2	585,1 / 765,9
A3	491,6 / 443,2	B3	1082 / 510,6
A4	558,1 / 572,9	B4	715,8 / 1745
A5	419,5 / 1048	B5	6394 / 5603

↑ **Figure 4.** Échantillon des particules observées en microscopie électronique à balayage dans le Coca-Cola Original (A1-A5) et dans le Schweppes Indian Tonic (B1-B5) avec un grossissement de 50 000X à 11 000X (barre de référence de taille = 500 nm). Et description des tailles déterminées des particules observées en nm (x : horizontal, y : vertical).



NATURE DES POLYMÈRES DES MICROPLASTIQUES ISOLÉS DANS LES SODAS

La nature des plastiques composant les microparticules identifiées a été déterminée. Après une ouverture unique, 2 à 3 polymères composent les microparticules identifiées dans les sodas, après 10 ouvertures,

les microparticules proviennent de 4 à 5 plastiques différents, et après 20 ouvertures on retrouve jusqu'à 6 polymères différents dans la boisson.

Dans le Coca-Cola Original, après une ouverture unique, on identifie des microparticules provenant de deux polymères : du PET (polytéréphtalate d'éthylène) et du PVC (polychlorure de vinyle). Après 10 ouvertures, 4 à 5 polymères différents sont identifiés avec, en plus

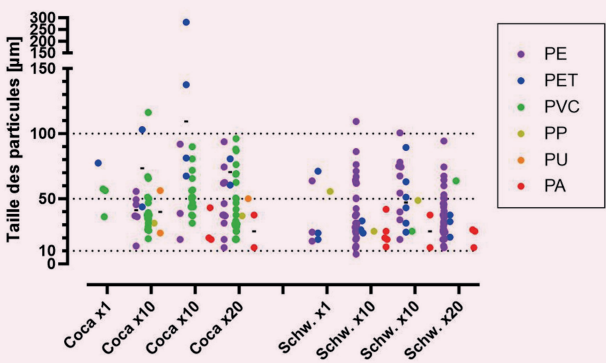
du PET et du PVC, des microparticules de PE (polyéthylène), et en moindre quantité du PA (polyamide), ou du PP (polypropylène) et PU (polyuréthane). Après 20 ouvertures consécutives on retrouve jusqu'à 6 polymères différents dans la boisson : principalement du PVC, puis du PE et PET, et enfin en moindre quantité du PA, PP, et du PU.

L'ouverture à de multiples reprises, comme en usage normal, de ces bouteilles dites « à usage unique », génère donc non seulement une quantité croissante de microparticules de plastique, mais multiplie aussi le nombre de polymères différents présents et donc leurs potentiels effets néfastes sur la santé.

Nature des particules	Coca-Cola Original 1L					Schweppes Indian Tonic 1,5L			
	Ouverture x1	Ouvertures x10	Ouvertures x10	Ouvertures x20	Ouvertures x20	Ouverture x1	Ouvertures x10	Ouvertures x10	Ouvertures x20
PE	-	3	6	11	7	3	9	35	86
PET	1	4	2	2	5	3	6	3	3
PVC	3	17	18	25	29	-	1	-	1
PA	-	3	-	2	3	-	2	5	3
PP	-	-	1	1	2	1	1	1	-
PU	-	-	2	1	-	-	-	-	-
Total	4	27	29	42	46	7	19	44	93

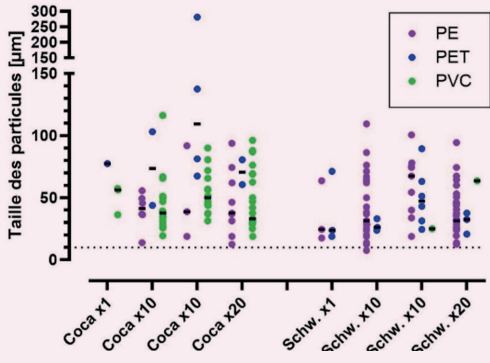
A.

Identification des polymères des microparticules



B1.

Identification des polymères des microparticules



B2.

↑ **Figure 5.** Nature des microparticules dans les sodas. A. Nombres de microparticules identifiées et la nature de leurs polymères en fonction du nombre d'ouverture de la bouteille. B. Distribution de tailles des microparticules en fonction de leur nature et des conditions d'ouvertures (B1), avec un focus sur les 3 polymères les plus fréquemment identifiés (B2). Polyéthylène (PE - violet), Polytéréphtalate d'éthylène (PET - bleu), Polychlorure de vinyle (PVC - vert), Polypropylène (PP - jaune), Polyuréthane (PU - orange), Polyamide (PA - rouge).



➤ PE : POLYÉTHYLÈNE (NON RECYCLABLE)

Le polyéthylène désigne les polymères d'éthylène. Les bouchons des bouteilles testées sont composés de PE et portent tous le sigle 2 placé dans le cercle de Möbius. Le laboratoire n'a pu déterminer quels types de PE ont été détectés car il en existe plusieurs types : le LDPE (polyéthylène basse densité), le HDPE (polyéthylène haute densité). Très légers et peu coûteux, les PE sont des thermoplastiques communs, largement utilisés dans l'emballage : bouteilles, bouchons, flacons de cosmétique.



➤ PET : POLYÉTHYLÈNE TÉRÉPHTALATE

Les bouteilles testées sont composées de PET (Polyéthylène Téréphtalate). Elles portent toutes le sigle 1 placé dans le cercle de Möbius. Il s'agit du type de plastique le plus utilisé dans la conception des bouteilles à usage unique. De la famille des thermoplastiques, ce plastique transparent et léger, est techniquement plus aisé à recycler. Il est utilisé dans la fabrication de bouteilles, flacons, pots, films, fibres...

On suppose qu'au PET composant la bouteille sont ajoutés un ou plusieurs additifs visant à conférer des propriétés au plastique (couleur, souplesse...). Soumis au secret industriel, la nature des additifs entrant dans la composition n'est pas connue. Chaque fabricant a une composition qui lui est propre ; il peut utiliser des dizaines de substances différentes comme additifs.



➤ PVC : POLYCHLORURE DE VINYLE

Le polychlorure de vinyle ou chlorure de polyvinyle est un polymère thermoplastique de grande consommation. Il est préparé à partir de deux matières premières : le chlore gazeux à 57 % et le pétrole à 43 %.

Il existe de nombreuses utilisations du PVC dans l'industrie. On trouve principalement quatre types de PVC : le PVC rigide qui représente plus de 40 % de la consommation de PVC (tuyaux de canalisation, cartes « format carte de crédit »), le PVC souple (manches d'outils, revêtements de sols et murs), les films de PVC (lamination, film étirable d'emballage), et le PVC expansé (pancartes, enseignes).



➤ PA : POLYAMIDE (NON RECYCLABLE)

Apprécié pour sa résistance, le polyamide le plus répandu est le polyamide 6, aussi appelé nylon 6. Il est majoritairement utilisé pour la fabrication de fibres, des pièces d'ingénierie et de films. Dans le textile, il sert à fabriquer des collants, de la lingerie, des vêtements de sport, des coupe-vents...



➤ PP : POLYPROPYLENE

C'est un polymère thermoplastique, recherché pour ses qualités de dureté, de flexibilité, de poids et de tenue thermique. C'est l'emballage privilégié pour les plats à réchauffer au micro-ondes et le conditionnement des aliments gras (margarine, sauces, pots de yaourt...). On l'utilise aussi pour les bouchons et les articles réutilisables comme les gourdes, biberons... Il est aussi largement utilisé dans l'industrie automobile.



➤ PU : POLYURÉTHANE (NON RECYCLABLE)

Le polyuréthane fait partie de la grande famille des plastiques alvéolaires et peut se présenter sous forme solide ou de mousse. Il est utilisé dans de nombreux produits de consommation courante ou à usage industriel (en particulier comme isolant dans le bâtiment) : matelas, canapés, semelles de chaussures...



QUELLES SONT LES CONSÉQUENCES POUR L'ENVIRONNEMENT ET LA SANTÉ ?

Les microplastiques sont issus d'une production soit directe par l'industrie pour des applications variées, soit sont issus de la dégradation de plastiques macroscopiques.

Les microplastiques sont maintenant présents dans tous les environnements : dans l'eau, dans l'air et dans les sols. Leur persistance et leur bioaccumulation favorisent leur présence dans les écosystèmes et les chaînes alimentaires marines et terrestres et sont particulièrement inquiétants de par leur potentiel toxique et leur capacité à être vecteur de pathogènes et de polluants [da Silva Brito *et al.*, 2022 ; Wang *et al.*, 2020 ; Wright & Kelly, 2017]. Les principales routes de contamination chez l'être humain sont par ingestion, avec une quantité de microplastiques ingérée estimée entre 39 000 et 52 000 microparticules de plastiques par an et par personne, par inhalation avec une moyenne de 272 microparticules par jour par personne, et dans une moindre mesure par contact épidermique uniquement pour les microparticules inférieures à 100 nm et donc uniquement pour les particules nanométriques [Ragusa *et al.*, 2022 ; Gautam *et al.*, 2022]. Une fois ingérées, les microparticules passent la muqueuse intestinale où elles peuvent être internalisées par les cellules ou entrer dans le système circulatoire sanguin et lymphatique et être déposées dans d'autres organes. **L'internalisation et l'accumulation de microparticules dans le corps humain posent donc des risques significatifs pour la santé qui sont encore mal connus.** Cependant, un certain nombre d'études scientifiques montrent un impact négatif des microparticules de plastiques chez des animaux marins [Wang *et al.*, 2020], chez des mammifères [da Silva Brito *et al.*, 2022] et dans des lignées cellulaires humaines [Barteló *et al.*, 2023 ; Gautam *et al.*, 2022 ; Young *et al.*, 2020].

Ces dernières années, des études ont mis en évidence la présence de microplastiques dans le corps humain et notamment dans le placenta, le lait maternel, les tissus pénis, les fèces, le système digestif (intestin, colon, foie), et dans les liquides corporels (salive, sang, liquide broncho-alvéolaire, urine, sperme) [Barcelo *et al.*, 2023 ; Enyoh *et al.*, 2023].

Une première étude avait mis en évidence en 2021 la présence de microparticules de plastique dans le placenta à l'intérieur (coté fœtus), à l'extérieur (coté

mère) et dans la membrane chorioamniotique [Ragusa *et al.*, 2021]. Plus récemment, une étude sur 17 femmes enceintes démontre la présence de microplastiques dans tous les placentas analysés avec une concentration de 0,28 à 9,55 particules/g. Les microparticules identifiées étaient principalement du PVC (43%), PP (15%), et du PBS (polybutylène succinate - 11%) et mesuraient de 20 à 307 µm avec une majorité de particules (80%) inférieures à 100 µm [Zhu *et al.*, 2023]. Le lait maternel est aussi contaminé par des microparticules de plastiques en plus de résidus de pesticides, bisphénols et métaux [Lehmann *et al.*, 2018] : des microparticules de PE, PVC et PP de 2 à 12 µm ont été identifiées par Ragusa *et al.* (2022) et le PU était le principal polymère détecté sous forme de microplastiques dans le lait maternel et dans le lait infantile (Liu *et al.*, 2023). Des microplastiques de PP, PE, PET, PS (polystyrène), PVC, PC (polycarbonate) et POM (polyoxyméthylène) ont aussi été identifiés dans le sperme [Montano *et al.*, 2023]. Dans le sang, qui irrigue les organes en oxygène et nutriments, du PET, PS, PE, PMMA (Polyméthacrylate de méthyle) ont été détectés avec des concentrations maximum de 2,4 µg/mL, 4,8 µg/mL et 7,1 µg/mL, respectivement, pour les trois premiers polymères [Leslie *et al.*, 2022]. La présence de microplastiques a aussi été évaluée dans le liquide bronchoalvéolaire (entre 20 et 500 µm) et dans des tissus pulmonaires prélevés lors d'autopsies. Les microparticules identifiées étaient principalement du PU, mais aussi du PES (polyester), CPE (polyéthylène chloré) et du vernis alkyl pour le liquide bronchoalvéolaire, et du PP et PE dans les tissus pulmonaires [Baeza-Martinez *et al.*, 2022 ; Amato-Lourenço *et al.*, 2022]. Jenner *et al.* (2022) ont confirmé la présence de microplastiques dans toutes les régions pulmonaires avec 12 polymères identifiés, le PP et PET étant les plus abondants. Cependant, dans le cas des poumons les microparticules peuvent provenir de l'air par inhalation, ou avoir été relarguées par le système sanguin après ingestion et internalisation dans le système digestif. Dans l'urine, Pironti *et al.* (2023) ont identifié des microparticules de plastiques de 4 à 15 µm de PVA (polyéthylène-acétate de vinyl), PVC, PP et PE. Plusieurs études de fèces mettent en évidence la présence de microparticules de PP, PET, PS et PE à une concentration maximale de 14 µg/g de fèces [Schwabl *et al.*, 2019 ; Zhang *et al.*, 2021 ; Luqman *et al.*, 2021].

Des études cliniques ont aussi mis en évidence la présence de microplastiques dans des échantillons de colectomies chez des patients atteints de cancer colorectaux et chez des patients sains à hauteur de 28 particules/g de colon en moyenne [Ibrahim *et al.*, 2021],

mais aussi dans les selles de patients atteints d'inflammation chronique de l'intestin à une concentration plus élevée que des patients sains avec 41,8 particules/g de matière sèche (ms) en moyenne chez les malades contre 28 particules/g ms chez les patients sains. Au total, 15 polymères différents ont été identifiés, les microparticules de PET et PA étant les plus abondantes [Yan *et al.*, 2022]. Cependant, la causalité ne peut pas être déterminée : la plus forte concentration de microplastiques chez les patients atteints de pathologie du système digestif aggrave-t-elle leur diagnostic ou est-ce que la pathologie intestinale des patients engendre une plus forte rétention des microplastiques dans leur système digestif reste à identifier. Horvatits *et al.* (2022) identifient des microparticules de 4 à 30 µm dans le foie de patients cirrhotiques provenant de six polymères différents : PS, PVC, PET, PP, PMMA (polyméthylméthacrylate) et POM (polyoxyméthylène aussi appelé polyacétal). Marfella *et al.* (2024) identifient eux du PE et PVC dans les plaques d'athérome (plaques dans l'artère carotide) et une corrélation entre la présence de microplastiques dans ces plaques et une augmentation des risques d'accidents cardio-vasculaires. Tout récemment, Codrington *et al.* (2024) ont détecté des microplastiques dans les tissus pénis prélevés lors de la pause de prothèses péniennes chez des patients souffrant de troubles érectiles : 7 polymères ont été identifiés, le PET et le PP étant les plus abondants. Là encore, les liens de causalité ou de conséquence entre cirrhose, plaques d'athérome ou troubles érectiles, et microparticules de plastiques restent à déterminer. Cependant, des études chez les invertébrés marins ou les poissons, la souris, ou encore dans des lignées cellulaires humaines *in vitro* indiquent des effets variables, mais inquiétants, de type reprotoxiques, cytotoxiques, génotoxiques, inflammatoires, voire apoptotiques dans certaines conditions d'expositions aux microplastiques [Barteló *et al.*, 2023 ; Grote *et al.*, 2023 ; Ma *et al.*, 2022 ; Qin *et al.*, 2022 ; Tamargo *et al.*, 2022 ; Zhang *et al.*, 2022 ; D'Angelo & Meccariello, 2021 ; Hu *et al.*, 2021 ; Han *et al.*, 2020 ; Tan *et al.*, 2020 ; Wang *et al.*, 2020 ; Yong *et al.*, 2020 ; Wu *et al.*, 2019 ; Crawford & Quinn, 2017 ; Jabeen *et al.*, 2017].

L'ensemble des études citées limitent souvent leurs observations aux particules micrométriques, or les particules nanométriques bien plus nombreuses [Qian *et al.*, 2024], ont une capacité de diffusion à travers les membranes bien plus importante et donc potentiellement un impact bien plus prononcé sur la santé et l'environnement. De plus, les microparticules altérées, qui ont traversées le système digestif ou traitées au chlore, présentent des surfaces plus réactives et

biocompatibles favorisant leur interaction et leur internalisation, et donc leur potentiel impact sur la santé. Enfin, les particules de plastiques, au-delà du potentiel toxique des polymères qui les composent et de leurs additifs, peuvent s'agréger et combiner les effets de différents polymères en plus d'être de potentiels « chevaux de Troie » vecteurs de bactéries et susceptibles de relarguer d'autres polluants qu'elles ont pu adsorber dans l'environnement [Ma *et al.*, 2022 ; Menéndez-Pedriz *et al.*, 2022 ; Qin *et al.*, 2022 ; Shi *et al.*, 2021].

Les microplastiques sont donc présents dans différents tissus et fluides du corps humain mais leur impact réel sur la santé est encore mal connu. Beaucoup d'études menées sur des cohortes humaines ont un nombre de participants limités, sont géographiquement localisées, n'ont pas de protocoles harmonisés pour la collecte des échantillons et l'analyse des microplastiques qu'ils contiennent et se limitent à l'analyse des particules micrométriques. **Une meilleure prise en compte du potentiel toxique des micro-, et plus encore des nanoparticules de plastiques, est donc nécessaire afin de mieux appréhender leur impact sur la santé humaine mais aussi sur les chaînes alimentaires et les écosystèmes terrestres et marins plus globalement.**

➤ Références :

- ➔ Amato-Lourenço *et al.* 2021. Presence of airborne microplastics in human lung tissue. *J. Hazard. Mater.*
- ➔ Baeza-Martínez *et al.* 2022. First evidence of microplastics isolated in European citizens' lower airway. *J. Hazard. Mater.*
- ➔ Barceló *et al.* 2023. Microplastics: Detection in human samples, cell line studies, and health impacts. *Environ. Toxicol. Pharmacol.*
- ➔ Codrington *et al.* 2024. Detection of microplastics in the human penis. *Int. J. Impot. Res.*
- ➔ Crawford & Quinn. 2017. The biological impacts and effects of contaminated microplastics. *Micro Pollut.*
- ➔ D'Angelo & Meccariello. 2021. Microplastics : A threat to male fertility. *Int. J. Environ. Res. Public Health*
- ➔ da Silva Brito *et al.* 2022. Consequences of nano and microplastic exposure in rodent models: the known and unknown. Part. *Fibre Toxicol.*
- ➔ Enyoh *et al.* 2023. The Plastic Within: Microplastics Invading Human Organs and Bodily Fluids Systems. *Environ.*
- ➔ Gautam *et al.* 2022. Evaluation of potential toxicity of polyethylene microplastics on human derived cell lines. *Sci. Total Environ.*
- ➔ Grote *et al.* 2023. Cellular and systemic effects of micro- and nanoplastics in mammals — What we know so far. *Materials*
- ➔ Han *et al.* 2020. Surface pattern analysis of microplastics and

- their impact on human-derived cells. ACS Appl. Polym. Mater.
- Horvatits *et al.* 2022. Microplastics detected in cirrhotic liver tissue. EBioMedicine
 - Hu *et al.* 2021. Polystyrene microplastics disturb maternal-fetal immune balance and cause reproductive toxicity in pregnant mice. Reprod. Toxicol.
 - Ibrahim *et al.* 2020. Detection of microplastics in human colectomy specimens. J. Gastroenterol. Hepatol.
 - Jabeen *et al.* 2017. Microplastics and mesoplastics in fish from coastal and fresh waters of China. Environ. Pollut.
 - Jenner *et al.* 2022. Detection of microplastics in human lung tissue using μ FTIR spectroscopy. Sci. Total Environ.
 - Leslie *et al.* 2022. Discovery and quantification of plastic particle pollution in human blood. Environ. Int.
 - Liu *et al.* 2023. Detection of various microplastics in placentas, meconium, infant feces, breastmilk and infant formula: a pilot prospective study. Sci. Total Environ.
 - Luqman *et al.* 2021. Microplastic contamination in human stools, foods, and drinking water associated with Indonesian coastal population. Environments
 - Ma *et al.* 2022. Elucidating the size-dependency of *in vitro* digested polystyrene microplastics on human intestinal cells health and function. Macromol. Chem. Phys.
 - Marfella *et al.* 2024. Microplastics and Nanoplastics in Atheromas and Cardiovascular Events. N. Engl. J. Med.
 - Menéndez-Pedriz *et al.* 2022. Lipidomic analysis of single and combined effects of polyethylene microplastics and polychlorinated biphenyls on human hepatoma cells. J. Hazard. Mater.
 - Montano *et al.* 2023. Raman Microspectroscopy evidence of microplastics in human semen. Sci. Total Environ.
 - Pironti *et al.* 2023. First evidence of microplastics in human urine, a preliminary study of intake in the human body. Toxics
 - Qian *et al.* 2024. Rapid single particle chemical imaging of nanoplastics by SRS microscopy. Proc. Natl. Acad. Sci. USA
 - Qin *et al.* 2022. Chlorine disinfection elevates the toxicity of polystyrene microplastics to human cells by inducing mitochondria-dependent apoptosis. J. Hazard. Mater.
 - Ragusa *et al.* 2021. Plasticenta: first evidence of microplastics in human placenta. Environ. Int.
 - Ragusa *et al.* 2022. Raman microspectroscopy detection and characterisation of microplastics in human breastmilk. Polymers
 - Schwabl *et al.* 2019. Detection of various microplastics in human stool. Ann. Intern. Med.
 - Shi *et al.* 2021. Toxicity *in vitro* reveals potential impacts of microplastics and nanoplastics on human health: A review. Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.
 - Tamargo *et al.* 2022. PET microplastics affect human gut microbiota communities during simulated gastrointestinal digestion, first evidence of plausible polymer biodegradation during human digestion. Sci. Rep.
 - Tan *et al.* 2020. Microplastics reduce lipid digestion in simulated human gastrointestinal system. Environ. Sci. Technol.
 - Wang *et al.* 2020. Bioavailability and toxicity of microplastics to fish species: a review. Ecotoxicol. Environ. Saf.
 - Wright & Kelly. 2017. Plastic and human health: a micro issue? Environ. Sci. Technol.
 - Wu *et al.* 2019. Size-dependent effects of polystyrene microplastics on cytotoxicity and efflux pump inhibition in human Caco-2 cells. Chemosphere
 - Yan *et al.* 2022. Analysis of microplastics in human feces reveals a correlation between fecal microplastics and inflammatory bowel disease status. Environ. Sci. Technol.
 - Yong *et al.* 2020. Toxicity of microplastics and nanoplastics in mammalian systems. Int. J. Environ. Res. Public Health
 - Zhang *et al.* 2021. You are what you eat: Microplastics in the feces of young men living in Beijing. Sci. Total Environ.
 - Zhang *et al.* 2022. The potential effects of microplastic pollution on human digestive tract cells. Chemosphere
 - Zhu *et al.* 2023. Identification of microplastics in human placenta using laser direct infrared spectroscopy. Sci. Total Environ.



CONSIDÉRATIONS À PRENDRE EN COMPTE DANS L'INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Il aurait été préférable de répliquer plusieurs fois l'analyse sur chaque soda analysé afin de corroborer les résultats et évaluer la variabilité de la contamination. Cela n'a pas été réalisé pour des raisons financières. Si elle s'appuie sur des méthodes d'analyses rigoureuses et reconnues, cette enquête n'a pas de visée scien-

tifique. Elle vise avant tout à donner un aperçu de la réalité de la présence de micro- et nanoparticules dans quelques sodas fortement consommés en France.

La présence de particules de PVC dans le Coca-Cola, pour étonnante qu'elle soit eu égard à la composition inscrite sur la bouteille (PET) et le bouchon (PE), a été confirmée par une réplique des analyses. Le fait que l'augmentation du nombre de microparticules de PVC soit étroitement corrélée au nombre d'ouvertures pourrait laisser supposer que l'origine de ces particules soit liée à la composition du bouchon.

4 NOS DEMANDES

→ TENDRE VERS LE ZÉRO MICROPLASTIQUES DANS LA CHAÎNE ALIMENTAIRE

Il est inacceptable que les consommateurs boivent sans le savoir des microplastiques. Le phénomène n'étant pas réglementé, même s'il est avéré scientifiquement, les autorités françaises doivent se saisir du sujet et en faire une priorité de santé publique et de protection de l'environnement. Elles doivent lancer des campagnes de prélèvements afin de faire la lumière sur la présence de microplastiques dans les sodas embouteillés et pour exiger des fabricants l'absence de microplastiques dans les boissons.

→ ÉVALUER LES EFFETS SANITAIRES DES MICRO- ET NANOPLASTIQUES

Depuis 2020, l'Agence de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail s'inquiète de la présence de microplastiques dans l'environnement. Même si l'ANSES participe à de nombreux programmes de recherche, l'Agence semble centrer son attention sur la caractérisation « des particules plastiques dans certains aliments, ainsi que le niveau d'exposition et le risque pour la santé de l'Homme ». L'Agence s'intéresse également, avec des scientifiques d'autres pays, à harmoniser les méthodes, c'est-à-dire convenir de protocoles communs permettant de comparer les résultats obtenus dans les différents pays. Des recommandations de l'ANSES visant à limiter l'exposition du grand public aux micro- et nanoplastiques doivent être publiées sur le sujet.

→ DILIGENTER UNE ENQUÊTE SUR LA PRÉSENCE DES MICRO- ET NANOPLASTIQUES

dans les sodas et obtenir une explication sur la présence importante de particules de PVC dans le Coca-Cola.

Pour la seconde fois en quelques années, une enquête d'Agir pour l'Environnement met en évidence la présence de micro- et nanoplastiques dans les boissons embouteillées et commercialisées en France. Le nombre important de particules de toutes tailles et la variété des plastiques identifiés doit conduire la Direction de la Répression des Fraudes (DGCCRF) à diligenter une enquête afin d'obliger l'industrie agro-alimentaire à revoir les processus d'embouteillage et limiter l'exposition du grand public aux micro- et nanoplastiques.

→ DÉFINIR UNE NORME MAXIMALE DE PRÉSENCE DE MICRO- ET NANOPLASTIQUES DANS LES EAUX ET SODAS

→ FAIRE LA TRANSPARENCE SUR LA PRÉSENCE DE MICRO- ET NANOPLASTIQUES

via une étiquette lisible et compréhensible identifiant la liste des plastiques et additifs entrant dans la composition des bouteilles, bouchons et toute partie du contenant en contact direct avec la boisson.

→ INTERDIRE LA MISE À DISPOSITION À TITRE GRACIEUX

et la commercialisation des eaux et sodas embouteillés dans des emballages plastiques dans les maternités et dans les crèches afin de réduire l'exposition aux micro- et nanoplastiques des populations qui y sont le plus vulnérables.



AGIR POUR L'ENVIRONNEMENT, ASSOCIATION DE MOBILISATION CITOYENNE

Agir pour l'Environnement est une association de **mobilisation citoyenne pour une planète vivable** de plus de 20 000 adhérents. L'association fait pression sur les responsables politiques et décideurs économiques en menant des campagnes de mobilisation citoyenne réunissant un réseau d'associations et de citoyens le plus large possible.

Agir pour l'Environnement est une association financièrement indépendante, elle n'accepte aucune subvention ni publique ni privée et aucun don des entreprises.

CONTACTS PRESSE

Stéphen Kerckhove

*Directeur général
d'Agir pour l'Environnement*

Tél. 06 06 88 52 66

Magali Leroy

*Chargée des Enquêtes,
Analyses et Investigations*

mleeroy@agirpourenvironnement.org



11 rue du Cher - 75020 Paris



+ 33 1 40 31 02 37



contact@agirpourenvironnement.org



agirpourenvironnement.org