

MICROPLASTIQUES

Dernière mise à jour : 03/04/2018

RESPONSABLE DU PROGRAMME

J.-M. BRIGNON : JEAN-MARC.BRIGNON@INERIS.FR

EXPERT(S) AYANT PARTICIPÉ(S) A LA RÉDACTION

P. BOUCARD : PIERRE.BOUCARD@INERIS.FR

Veillez citer ce document de la manière suivante :
INERIS, 2018. Données technico-économiques sur les substances chimiques en France :
Microplastiques, DRC-18-158744-01541A, p.32 (<http://www.ineris.fr/substances/fr/>)

MICROPLASTIQUES

RESUME

Nom	C.A.S.	Usages principaux	Substance prioritaire dans le domaine de l'eau (DCE)	Substance soumise à autorisation dans REACH	Substance soumise à restriction dans REACH	Substance extrêmement préoccupante (SVHC)
Microplastiques intentionnels		<p><u>Usages principaux</u> : Cosmétiques, Peintures et revêtements, Détergents, Agriculture, Abrasion</p> <p><u>Autres usages</u> : Médical, Forage, Mobilier, Flocculation</p>	non	non	✓	non

Volume de production - France		Volume de production - UE		Volume de production - Monde		Volume de consommation - France		Part de la consommation dédiée à l'usage principal en Europe
		Environ 800 à 1500	t/an (2017)					60-70%

Présence dans l'environnement - France	
Eaux de surface	<p>Avérée, ubiquiste</p> <p>De quelques dizaines à quelques centaines de particules observées par m³, dans les eaux continentales et en milieu marin</p>
Eaux souterraines	Non documentée
Air	<p>Avérée.</p> <p>Quelques données quantifiées indiquant des valeurs autour d'une microfibre de plastique par m³ dans l'air extérieur, et quelques dizaines dans l'air intérieur.</p>
Sols	Avérée mais non quantifiée

MICROPLASTIQUES

La société a su tirer un grand bénéfice de l'usage des plastiques qui s'est traduit par un niveau de production mondiale passé de 5 millions de tonnes dans les années 1950, à 335 millions de tonnes en 2016 et qui devrait encore être multiplié par 7 à 10 d'ici 2050. L'une des propriétés à la source de leur essor, leur très grande durabilité, est aussi à l'origine d'une pollution environnementale croissante et visible car les déchets plastiques s'accumulent dans les eaux et sur les sols sans être dégradés.

« Pollution visible » pensait-on ; mais l'émergence récente d'études portant sur les microplastiques, tend à démontrer que ces particules de plastiques de moins de 5 mm – donc peu voire invisibles – sont présentes dans tous les compartiments de l'environnement, particulièrement dans les sols, les sédiments et les eaux, profondes et superficielles, marines (jusqu'à la zone arctique) et continentales.

Les données quantitatives portant sur ces particules, d'autant plus préoccupantes qu'elles peuvent être absorbées par les organismes (INERIS, 2014) et s'accumuler dans la chaîne alimentaire, sont encore rares et incertaines parce que les études sont récentes, et les protocoles de mesure non standardisés.

Leur origine est généralement connue et triple :

- Ils peuvent être le fruit de la dislocation, en fragments de plus en plus petits de déchets plastiques échoués dans l'environnement, notamment en milieu marin ;
- Ils peuvent résulter de l'usure de produits comportant des polymères durant leur phase d'usage, notamment les textiles synthétiques au cours de leurs lavages ou certaines peintures ;
- Ils peuvent enfin avoir une origine intentionnelle, soit comme matériau servant à produire des objets en plastiques de plus grandes dimensions, soit comme composants de produits de consommation : leur usage comme agents exfoliants dans les cosmétiques est le plus connu, mais ils trouvent également un usage dans l'abrasion industrielle, en agriculture pour la vectorisation progressive de fertilisants, etc.

Des contraintes réglementaires apparaissent maintenant, notamment en France, mais aussi en Europe (dossier de restriction REACH en cours) et ailleurs dans le monde pour tenter de réduire les émissions de microplastiques dans l'environnement. Elles portent systématiquement sur les microplastiques « intentionnels », pour des raisons pratiques évidentes – puisqu'il est possible d'en définir précisément la source – mais aussi, vraisemblablement, pour des raisons d'ordre technico-économique, car des solutions de substitution semblent toujours exister à des niveaux de coûts raisonnables et prévisibles.

La réduction des émissions de microplastiques, toutes origines confondues, ne peut quant à elle s'inscrire que dans le cadre d'une réflexion plus globale sur les plastiques qui dépasse le champ de cette fiche technico-économique.

MICROPLASTIQUES

ABSTRACT

The modern society has greatly benefited from the use of plastics, the world production increasing from 5 million tons in 1950 to 335 in 2016. This figure could be tenfold before 2050. The high durability of plastics is certainly an important explanatory factor for this success. But it also leads to a growing and visible pollution of the environment, since plastics which are thrown away remain undegraded and accumulate on lands or into waters.

But this plastic pollution may actually be less visible than expected. A growing number of studies is demonstrating that plastic particles smaller than 5 mm are present in all environmental compartments, especially into lands and waters (deep or surface, marine or continental), but also into biota (INERIS, 2014).

Quantitative data in terms of concentrations are still rare and uncertain, all the more so as measurement protocols are not standardized.

But the sources of the microplastic contamination are generally well known:

- They can be the consequence of the fragmentation of larger plastic pieces which are degraded into the environment, because of marine erosion for example;
- Some polymer products can also be degraded during their use phase. For instance, synthetic textiles during wash cycles ;
- Or they may have been intentionally added into consumer products: their use in some exfoliating cleansing cosmetic products is certainly the most documented usage, but abrasive industry or agriculture are among others.

The regulatory context is changing towards the restriction or ban of the use of intentionally added microplastics. This is the case in France, but more generally in Europe (ECHA is considering restrictions), and around the world.

Two reasons can explain why intentional uses are more specifically targeted: (i) the sources can be strictly defined, (ii) alternative options seem to exist for each application at reasonable and predictable costs.

Reducing emissions of microplastics from all sources would require a wider framework, encompassing all kinds plastic use, which goes beyond the scope of this technico-economic study,

MICROPLASTIQUES

SOMMAIRE

RESUME

ABSTRACT	4
1 GENERALITES.....	6
1.1 DEFINITION ET CARACTERISTIQUES CHIMIQUES	6
1.2 REGLEMENTATIONS	8
1.3 VALEURS ET NORMES APPLIQUEES EN France	10
1.4 AUTRES TEXTES	10
1.5 SOURCES NATURELLES DE microplastiques.....	11
1.6 SOURCES non intentionnelles DE microplastiques.....	12
2 PRODUCTION ET UTILISATIONS	12
2.1 PRODUCTION ET VENTE	12
2.2 UTILISATIONS	13
3 REJETS DANS L'ENVIRONNEMENT	17
3.1 EMISSIONS ANTHROPIQUES TOTALES	19
3.2 EMISSIONS ATMOSPHERIQUES.....	20
3.3 EMISSIONS VERS LES EAUX	20
3.4 EMISSIONS VERS LES SOLS.....	21
3.5 POLLUTIONS HISTORIQUES ET ACCIDENTELLES	21
4 DEVENIR ET PRESENCE DANS L'ENVIRONNEMENT	22
4.1 COMPORTEMENT DANS L'ENVIRONNEMENT.....	22
4.2 PRESENCE DANS L'ENVIRONNEMENT.....	22
5 PERSPECTIVES DE RÉDUCTION DES EMISSIONS.....	25
5.1 REDUCTION DES EMISSIONS DE MICROPLASTIQUES	26
5.2 ALTERNATIVES AUX USAGES DE microplastiques	27
6 CONCLUSION	31
7 REFERENCES.....	32

MICROPLASTIQUES

1 GENERALITES

1.1 DEFINITION ET CARACTERISTIQUES CHIMIQUES

Il n'existe pas de définition standard des microplastiques¹. Néanmoins, lorsqu'ils sont évoqués, ils font toujours référence à des particules de plastique dont les dimensions sont réduites : le plus généralement, la taille de 5 mm est retenue pour la plus grande des dimensions des particules, mais certaines études choisissent 1 mm comme dimension de référence².

Le terme « Plastique » fait quant à lui référence, selon la norme ISO 472 à « toute matière contenant comme ingrédient essentiel un haut polymère ». Et tacitement, il est généralement fait référence aux polymères produits par l'homme et dérivés du pétrole. Les plus communément rencontrés dans les microplastiques sont référencés dans le Tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1 : Principaux polymères rencontrés dans les microplastiques³ (Source : à partir de AFWE, 2017)

POLYMERE	ABBREVIATION	N ° CAS
Polethylene	PE	9002-88-4
Polypropylene	PP	9003-07-0
Polystyrene Expansé	PS-E	9003-53-6
Polyethylene Therephthlate	PET	25038-59-9
Polymethylmethacrylate	PMMA	9011-14-7
Polyetrafluoroethylene	PTFE	9002-84-0
Polyamide (nylon)	PA	63428-84-2
Polyurethane	PU	9009-54-5

Notons à ce stade qu'il existe une ambiguïté quant à l'intégration des élastomères, notamment des caoutchoucs synthétique et naturel inclus dans les pneus, parmi les

¹ Un groupe de travail « microplastiques » du comité technique ISO TC61/SC 5/AHG 112 travaille actuellement à la standardisation des termes ainsi qu'à celle des méthodologies de quantification.

² Une limite basse, permettant de distinguer micro- et nanoplastiques est également évoquée : la taille de 100 nm à 1 µm est généralement retenue.

³ Cette liste n'est pas exhaustive. Certains polymères courants tels que le PVC ou le polystyrène seraient de potentiels candidats, mais leur usage dans des microplastiques intentionnels n'est pas documenté.

MICROPLASTIQUES

microplastiques. La majeure partie des études ne les intègre pas, mais ce n'est pas le cas de toutes (voir notamment UNICN (2017)). Nous avons fait le choix de ne pas les inclure dans cette fiche technico-économique, car ils pourraient être le sujet d'une fiche à eux seuls.

Il faut également noter, qu'en plus des polymères, des additifs peuvent entrer dans la composition des plastiques. Quelques catégories d'additifs sont référencées dans le Tableau 2, et eux aussi font ou pourraient faire l'objet d'une fiche.

Tableau 2 : Exemples de catégories d'additifs présents dans les plastiques (Lambert & Wagner, 2018)

CATEGORIE	FONCTION
Plastifiant	Rend le matériau souple
Retardateur de flamme	Réduit l'inflammabilité
Antioxydants et autres stabilisateurs	Accroît la durée de vie
Pigments	Couleur
Additif liant (<i>cross-linking</i>)	Permet de lier des chaînes polymères
<i>Sensitisers</i>	Permet d'accélérer la dégradation du matériau

Une distinction est communément opérée entre deux catégories de microplastiques⁴ :

- Les **microplastiques primaires**, qui se présentent sous forme de microparticules
 - o Soit, dès leur **phase de production** (comme les microbilles intégrées aux cosmétiques pour leur usage exfoliant, ou les granulés de pré-production (*pellets*) utilisés pour la fabrication de produits en plastiques (Figure 1)), on parle alors de microplastiques « intentionnels »
 - o Soit du fait de l'**usage** de produits en plastique de plus grande dimension (ex : fragments de produits textiles usés au cours de leur lavage, morceaux de filets de pêche dégradés...).

⁴ Voir Lassen *et al.* (2015) ou Sundt *et al.* (2014)

MICROPLASTIQUES



Figure 1 : granulés de pré-production d'objets en plastiques

- Les **microplastiques secondaires** qui résultent de la désagrégation, dans l'environnement, d'objets en plastique de dimension plus importante en fragments de plus en plus réduits, notamment sous l'action de l'érosion marine ou de la photodégradation.

Dans le cadre de cette Fiche Technico-Economique, les microplastiques « intentionnels » feront l'objet d'une étude plus approfondie.

1.2 REGLEMENTATIONS

D'une manière générale, les microplastiques sont encore peu concernés par la réglementation Française ou Européenne.

Ceci provient en particulier :

- De leur définition composite, puisqu'ils peuvent eux-même inclure plusieurs substances parmi lesquelles un ou plusieurs polymères et potentiellement un ou plusieurs additifs
- De l'absence de démarche unifiée de mesure de la présence de microplastiques dans l'eau.

Néanmoins on observe actuellement un nombre croissant d'initiatives réglementaires visant à encadrer, voire à interdire, les microplastiques introduits intentionnellement dans les produits de consommation.

MICROPLASTIQUES

1.2.1 TEXTES GENERAUX

1.2.1.1 REACH

Les microplastiques en général ne rentrent pas dans les classifications en lien avec REACH. Ainsi, ils ne sont pas, en particulier, classés SVHC⁵ en tant que tels.

De plus, les polymères sont exemptés des démarches d'Enregistrement et d'Evaluation propres au règlement REACH.

Néanmoins, sur demande de la Commission Européenne, l'ECHA prépare actuellement un dossier de restriction lié à tous les microplastiques ajoutés **intentionnellement** aux produits à usage des consommateurs et des professionnels. Cette mesure entre dans le cadre de la stratégie "Plastiques" de la Commission, publiée le 16 janvier 2018.

1.2.1.2 DIRECTIVE CADRE EAU (DCE)

La Directive Cadre sur l'Eau, ou DCE (2000/60/EC) qui établit une politique communautaire pour la gestion des eaux intérieures de surface, des eaux souterraines, des eaux de transition (eaux estuariennes) et des eaux côtières, ne porte pas d'attention particulière aux microplastiques.

Néanmoins, plusieurs études suggèrent qu'il devrait en être différemment. Etant donné l'impact des microplastiques sur la qualité chimique et écologique des eaux de surface, un critère quantitatif pourrait être intégré pour évaluer l'état des eaux (voir en particulier Steensgaard et al. (2017)).

Par ailleurs, il faut noter que les microplastiques peuvent être des vecteurs de substances chimiques concernées par la DCE, notamment des additifs susceptibles d'être relargués : des plastifiants tels que le DEHP, le C10-13-chloroalcane, l'hexachlorobenzène, des composés ignifuges tels que l'HBCDD, ou encore des métaux (utilisés comme pigments) tels que le cadmium sont des « substances prioritaires dangereuses » susceptibles d'être présentes dans les plastiques.

⁵ Ce qui ne signifie pas qu'aucune substance présente dans les microplastiques ne pourrait l'être. Cette Fiche Technico-Economique ne fait en particulier pas la synthèse des classifications REACH ou CLP des additifs utilisés dans les plastiques.

MICROPLASTIQUES

1.3 VALEURS ET NORMES APPLIQUEES EN FRANCE

1.3.1 SEUILS DE REJETS POUR LES INSTALLATIONS CLASSEES ET LES STATIONS DE TRAITEMENT DES EAUX USEES

Il est notable que les plastiques sont inscrits dans l'Annexe I de la Directive IED (Industrial Emissions Directive) qui vise à prévenir et réduire les émissions de contaminants vers l'air, les eaux et les sols de la part des activités industrielles. A ce titre, les Etats membres doivent prendre les mesures nécessaires pour que les industriels agissent dans une logique de prévention d'une pollution environnementale par les plastiques. Néanmoins, les plastiques ne sont pas associés à des valeurs limites d'émission.

1.3.2 NORMES DE QUALITE ENVIRONNEMENTALE (NQE) ET VALEUR GUIDE ENVIRONNEMENTALE (VGE)

Les microplastiques en général ne sont pas concernés par les normes de qualité environnementales et valeurs guide environnementales.

Les principaux polymères constitutifs des microplastiques ne font pas partie des éléments recherchés dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau.

Toutefois, il faut noter que les additifs inclus dans les plastiques, tels que le DEHP ou le Cadmium (voir 1.2.1.2) peuvent être associés à des valeurs de référence.

1.4 AUTRES TEXTES

1.4.1 CODE DE L'ENVIRONNEMENT

L'article L.541-10-5 du Code de l'Environnement prévoit que « Au plus tard le 1er janvier 2018, il est mis fin à la mise sur le marché de produits cosmétiques rincés à usage d'exfoliation ou de nettoyage comportant des particules plastiques solides, à l'exception des particules d'origine naturelle non susceptibles de subsister dans les milieux, d'y propager des principes actifs chimiques ou biologiques ou d'affecter les chaînes trophiques animales. »

MICROPLASTIQUES

1.4.2 AUTRES REGLEMENTATIONS EUROPEENNES

Si la France, fait figure de précurseur européen en interdisant définitivement les microbilles dans les cosmétiques dès le 1er janvier 2018, d'autres pays sont impliqués dans des initiatives similaires depuis plusieurs années.

La Belgique, les Etats-Unis ou encore le Canada devraient prendre des mesures identiques au cours de l'été 2018. L'Italie, le Royaume-Uni ou encore la Suède (dont l'autorité en charge de la réglementation des produits chimiques (Kemi) avait proposé l'interdiction des produits contenant des microbilles dès 2016) devraient suivre.

1.4.3 REGLEMENTATION EXTRA EUROPEENNE

Aux Etats-Unis, le « Microbead-Free Water Act » prévoit depuis décembre 2015 l'interdiction de la production et de la distribution de produits cosmétiques « à rincer » contenant des microbilles de plastique.

En termes de calendrier, ces produits sont interdits à la fabrication depuis le 1^{er} juillet 2017 et le seront à la commercialisation à partir du 1^{er} juillet 2018.

Les mêmes interdictions s'appliqueront un an plus tard aux produits cosmétiques à usage sanitaire tels que les dentifrices.

1.4.4 CONVENTION OSPAR

Les microplastiques ne sont pas à ce jour inclus dans la liste de produits chimiques devant faire l'objet de mesures prioritaires⁶ ou dans la liste des produits chimiques soumis à la « procédure de consentement préalable en connaissance de cause »⁷.

Néanmoins, il peut être utile de souligner qu'un travail est en cours dans le cadre de la Convention pour quantifier les quantités de microplastiques rejetées par les parties contractantes.

1.5 SOURCES NATURELLES DE MICROPLASTIQUES

Par définition, les microplastiques sont produits par l'homme ou issus de la dégradation de plastiques produits par l'homme. Il n'existe donc pas de source naturelle de microplastiques.

⁶ <https://www.ospar.org/work-areas/hasec/chemicals/priority-action>

⁷ <http://www.pic.int/Portals/5/download.aspx?d=UNEP-FAO-RC-CONVTEXT-2015.French.pdf>

MICROPLASTIQUES

1.6 SOURCES NON INTENTIONNELLES DE MICROPLASTIQUES

Comme indiqué en 1.1, les microplastiques peuvent être pour une part ajoutés intentionnellement à certains produits. Mais ils peuvent aussi être le résultat non intentionnel de l'usure de plastiques de plus grandes dimensions.

Cette usure peut intervenir en fin de vie, dans l'environnement, notamment du fait de l'érosion en milieu marin. Les microplastiques ainsi produits sont nommés microplastiques secondaires, et tous les déchets en plastique mal pris en charge sont potentiellement sources non intentionnelles de microplastiques (sacs plastiques, emballages divers, etc.)

L'usure peut également intervenir durant la phase d'usage de produits incluant du plastique. Les sources les plus souvent citées sont les textiles synthétiques (source largement majoritaire dans cette catégorie), les filets de pêche, et certaines peintures utilisées sur les navires.

A cet inventaire, il est possible d'ajouter les microparticules de pneus issus de leur usure si l'on inclut les élastomères dans la définition des microplastiques. En termes de tonnages, ils constituent une source d'émission d'un ordre de grandeur équivalent à celui des fibres textiles⁸ (voir IUCN, 2017).

Une présentation plus détaillée des sources de rejets de microplastiques dans l'environnement est faite dans la partie 3.

2 PRODUCTION ET UTILISATIONS

2.1 PRODUCTION ET VENTE

Nous n'avons obtenu que peu de données sur la production et la vente de microplastiques à usage intentionnel en général.

Les parties suivantes (voir 2.2) présentent des informations détaillées par type d'usage. Dans un premier temps, il peut également être utile d'indiquer quelques informations sur le marché des plastiques en général :

- La production mondiale annuelle de plastique est estimée à 335 Mt en 2016, dont environ 20% (60 Mt) en Europe (28 Etats + Suisse + Norvège) (PlasticsEurope, 2017), et 50% en Asie.

⁸ La comparaison est toutefois très variable selon les régions du monde. En Europe IUCN (2017) indique des apports deux fois supérieurs de la part des pneus.

MICROPLASTIQUES

- En 1950, la même production s'élevait à 1,5 Mt ; et à 227 Mt (Horton *et al.*, 2017) en 2004, ce qui indique une croissance de 47,5% au cours des seules 12 dernières années.
- Certaines études estiment que le niveau de production pourrait atteindre 33 000 Mt en 2050 (Horton *et al.*, 2017).

Le polyéthylène, qui peut présenter différentes formes/densités et qui est principalement utilisé dans les emballages, les jouets et le bâtiment, représente environ 30% de la production. Les polymères les plus utilisés sont ensuite le polypropylène (packaging, automobile, billets de banque, etc.), le PVC (bâtiment,...) et le polystyrène (emballages, montures de lunettes, et isolant thermique dans le bâtiment dans sa forme expansée). Ensemble, les quatre polymères cités représentent 66% de la production (PlasticsEurope, 2017).

Pour compléter cet inventaire - et même si pour des raisons déjà évoquées les pneumatiques ont été tenus en dehors du champ de cette fiche technico-économique - il faut indiquer que la production mondiale de caoutchouc destiné à la production de pneus est de l'ordre de 14 millions de tonnes, dont la moitié environ (6,5 millions de tonnes annuelles) est constituée de caoutchouc synthétique (chiffres de 2010, d'après ETRma (2011)).

2.2 UTILISATIONS

Les microplastiques dans leur ensemble sont directement ou indirectement le produit de toutes les utilisations qui peuvent être faites des plastiques, et qui sont très nombreuses. Ils sont principalement utilisés pour les emballages (40%), dans le bâtiment (20%), dans l'automobile (10%), dans l'électronique et pour les installations électriques (6%), et en agriculture (3%) ; le reste des usages concerne notamment les objets de sports et loisirs, les objets d'usage quotidien au foyer, etc. (PlasticsEurope, 2017).

Les parties suivantes détaillent les principales utilisations de microplastiques primaires, et parmi ces derniers, des microplastiques à usage intentionnel.

2.2.1 VARIÉTÉ DE FONCTIONS ET D'UTILISATIONS

Les microplastiques à usage intentionnel peuvent être utilisés dans plusieurs domaines (voir parties 2.2.2 et suivantes), notamment parce qu'ils peuvent répondre à plusieurs fonctions dont une partie est exposée dans le Tableau 3 ci-dessous (extrait de AFWE, 2017).

MICROPLASTIQUES

Tableau 3 : Exemples de fonctions permises par les microplastiques intentionnels et exemples d'utilisation associée

FONCTION	EXEMPLES de DOMAINES d'UTILISATION
Abrasif / Exfoliant	Cosmétiques, Détergents, Abrasion industrielle
Emulsifiant	Cosmétiques, Détergents, Peintures
Remplissage	Bâtiment (enduits, joints, etc.)
Vectorisation d'ingrédients	Pharmaceutique, Agriculture
Revêtement	Papèterie, Polissage
Résistance chimique et mécanique	Peinture, Revêtements de sols
Agent épaississant	Cosmétiques, Bâtiment (ciments), Peinture
Etanchéité	Agriculture
Floculant	Traitement des eaux, papèterie
Agent opacifiant	Cosmétiques
Esthétique	Maquillages colorés, paillettes

2.2.2 SECTEUR 1 : COSMETIQUES

Les microplastiques peuvent remplir de nombreuses fonctions susceptibles de trouver un usage dans les cosmétiques : la plus communément admise est celle d'agent exfoliant dans les produits à rincer, mais ils peuvent également intervenir comme émulsifiants, comme agents opacifiants, pour des raisons esthétiques, etc. (voir Tableau 3, et Leslie (2014))

Sur la base d'enquêtes menées auprès des industriels du secteur, AFWE (2017)⁹ estime à environ 750 tonnes la quantité de microbilles utilisées pour un usage cosmétique dans les produits à rincer en Europe. Ce nombre est destiné à décroître du fait de contraintes réglementaires émergentes (voir partie 1.2) et de démarches volontaires entreprises par les grands industriels du secteur.

Il est moins aisé d'estimer la quantité de microplastiques utilisés pour les autres types d'applications cosmétiques (maquillages notamment). AFWE (2017) propose une estimation allant de 540 à 1120 tonnes par an, sans évoquer de tendance pour l'avenir.

⁹ Rapport commandé par la Commission Européenne, réalisé par Amec Foster Wheeler - Environnement et des cabinets partenaires.

MICROPLASTIQUES

Le Tableau ci-dessous, extrait de AFWE (2017) propose un descriptif plus détaillé.

Tableau 4 : Présentation détaillée de quelques types de cosmétiques contenant des microplastiques et tonnages associés en Europe (PE : polyéthylène, PU : polyuréthane, PA : polyamide)

Type de Produit	Quantité de microplastiques associée (tonnes)	Caractéristiques des polymères les plus courants
Lavage des mains professionnel	440	PU, 200-1250 µm
Gommage des pieds	126	PE, < 1mm
Gommage du visage	73	PE, < 1mm
Masque pour visage	42	PE, < 1mm
Gels douches	12	PE, < 450µm
Savons pour visage	9	PE, < 1mm
	1	PA, 150 µm
Shampoings	7	PE, < 315 µm

2.2.3 SECTEUR 2 : PEINTURES ET REVETEMENTS

Les microbilles de plastiques peuvent être utilisées parce qu'elles permettent d'accroître les propriétés d'élasticité, de résistance et le pouvoir couvrant des peintures. Elles peuvent également être associées à des propriétés esthétiques (effet brillant des paillettes).

Dans ce secteur, elles semblent avant tout être employées dans les peintures acryliques utilisées dans le bâtiment et dans les peintures destinées à la marine. Pour autant il est difficile d'évaluer quelle proportion de ces deux types de peintures contiennent des microplastiques. AFWE (2017) avance le chiffre de 0,10 à 0,20% du marché pour les premières et ne propose pas d'estimation pour le second.

En termes quantitatifs, et après enquête auprès du CEPE (Conseil Européen de l'Industrie des Peintures, des Encres d'Imprimerie et des Couleurs d'Art), AFWE (2017) a estimé à 220 tonnes la quantité de microplastiques intentionnellement utilisés dans les peintures acryliques pour le bâtiment en Europe.

MICROPLASTIQUES

2.2.4 SECTEUR 3 : DETERGENTS

Des microparticules de polyuréthane peuvent être employées dans les détergents, plus particulièrement dans ceux destinés à nettoyer sans les rayer certaines surfaces dures (céramiques, verres, aciers inoxydables).

AFWE (2017) a réalisé une enquête auprès de l'AISE (Association Internationale de l'Industrie du Savon, des Détergents et des Produits d'Entretien) leur permettant d'estimer à au moins 190-200 tonnes les quantités de microplastiques introduites intentionnellement dans de tels produits en Europe. La majeure partie concerne les détergents pour verres et céramiques (environ 130 tonnes), et en second lieu les nettoyeurs pour blocs WC (12 tonnes) et les nettoyeurs pour aciers inoxydables (environ 4 tonnes).

2.2.5 SECTEUR 4 : AGRICULTURE

Certains engrais et autres nutriments peuvent être intégrés dans des capsules à base de polymères destinées à se dégrader au fur et à mesure du temps et à permettre ainsi une diffusion progressive.

AFWE (2017) estime à 8000 tonnes, la quantité de polymères ainsi utilisés en Europe, sans néanmoins que les parts respectives de plastiques et microplastiques puissent être précisées.

Dans le secteur agricole, l'usage intentionnel de microplastiques est également évoqué pour la rétention des eaux et pour la remédiation des sols (Ekebafé *et al.*, 2011) mais aucune information quantitative ne nous a permis de mesurer la réalité de ces applications.

2.2.6 SECTEUR 5 : ABRASIFS INDUSTRIELS

Des microbilles de plastiques peuvent être utilisées en substituts ou en compléments de sables pour l'abrasion industrielle.

Les données quantitatives sont rares et très incertaines.

2.2.7 AUTRES UTILISATIONS

L'usage intentionnel de microplastiques est de manière plus marginale évoqué pour les utilisations suivantes :

- Vectorisation de médicaments dans le domaine pharmaceutique
- Intégration dans les fluides de forage pour l'exploration pétrolière et gazière

MICROPLASTIQUES

- Utilisations diverses de polystyrène expansé conservé sous forme de billes et non moulé en blocs (oreillers, poufs)
- Flocculation pour le traitement de l'eau

3 REJETS DANS L'ENVIRONNEMENT

Cette partie précise des informations déjà présentées en 1.1 et 1.6.

Les microplastiques présents dans l'environnement sont pour une part importante des microplastiques secondaires, c'est-à-dire issus de la dégradation dans l'environnement de déchets plastiques de plus grande dimension et indirectement fruits d'une gestion inadaptée des déchets plastiques.

Mais il existe également un nombre important de sources de microplastiques primaires potentielles¹⁰. Parmi celles-ci :

- **Cosmétiques contenant des microbilles de plastique** : Des microbilles de plastique sont contenues dans certains cosmétiques notamment utilisés comme agents exfoliants. Certains cosmétiques contiennent jusqu'à 10% en masse de telles microbilles (Lassen *et al.*, 2015 ; IUCN¹¹, 2017). Napper *et al.* (2015) ont estimé, en se basant sur l'étude de six produits exfoliants pour le visage vendus au Royaume Uni, que des rejets de 4 600 à 94 500 microbilles d'environ 200 µm peuvent être observés à chaque rinçage¹², cela correspondant à des émissions comprises entre 450 et 215 mg/jour/personne. Ces rejets sont destinés à échoir dans les eaux usées et directement ou indirectement dans les eaux de surface (ou les sols *via* les boues d'épuration).

¹⁰ Pour rappel, les microplastiques primaires incluent les ceux inclus intentionnellement dans des produits de consommation, et ceux issus de l'usure de produits de consommation contenant du plastique durant leur phase d'usage (et non en fin de vie).

¹¹ International Union for Conservation of Nature

¹² Ces produits, vendus par flacons de 125 à 150 mL contiennent de 137 000 à 2 800 000 microbilles de polyéthylène par flacon. En masse, ces flacons contiennent entre 1 et 8 g de polyéthylène pour 100 mL de produit.

MICROPLASTIQUES

- **Abrasion des textiles synthétiques au cours des lavages** : Le lavage des textiles synthétiques dans les blanchisseries industrielles ou dans les foyers est susceptible d'entraîner la perte de microfibrilles de plastiques transportées dans les eaux usées et pouvant être rejetées dans les eaux de surface ou se retrouver dans les sédiments et les sols (Browne *et al.* 2011 ; IUCN, 2017). A titre informatif, IUCN (2017) estime que les pertes de microplastiques s'élèvent à environ 900 mg/kg de textile synthétique à chaque cycle de lavage, ou encore à 2% la perte de masse d'un textile synthétique au long de son cycle de vie.
- **Plus généralement, les stations de traitement des eaux usées (STEU)** : Environ 3 à 6% des particules de microplastiques arrivant en entrée de STEU ne seraient pas retenues au cours du traitement. Auxquelles s'ajoutent les émissions liées aux déversoirs d'orage. Au final, plusieurs études retiennent des efficacités de l'ordre de 85% (IUCN, 2015).

Les boues de STEU sont également susceptibles de contenir des microplastiques et d'être épandues sur les terres agricoles.
- **Dispersion des granules de pré-production de plastiques** : Les objets en plastique sont couramment fabriqués à partir de granules, typiquement de 2 à 5 mm, qui peuvent être dispersés tout au long de la chaîne de valorisation : incidents sur les lieux de fabrication, dispersion au cours des transports, etc.
- **Abrasion des traçages routiers** : Les traçages routiers sont réalisés le plus communément à partir de thermoplastiques qui sont susceptibles de s'éroder sous l'effet des contraintes climatiques et du passage des véhicules. Les microplastiques ainsi créés sont susceptibles ensuite de se disperser dans l'environnement sous l'action du vent, ou via le lessivage des sols par les eaux de pluie.
- **Peinture et revêtement des navires** : Divers revêtements sont utilisés sur la coque comme sur le pont des navires pour les protéger aussi bien contre la corrosion que contre l'encrassement. Divers polymères, notamment le polyuréthane, sont utilisés à cet effet et susceptibles d'être émis dans l'environnement au moment de leur mise en place, au cours de phases d'entretiens ultérieures (lavage, etc.), ou sous l'effet de l'usure (IUCN, 2017)
- **Agriculture** : Des microcapsules à base de plastiques dégradables contenant des agents fertilisants sont épandus dans les champs afin de permettre une diffusion progressive au cours de leur dégradation. Des films en PE sont également utilisés pour recouvrir des terres agricoles ou des récoltes : en se détériorant ils peuvent devenir émetteurs de microplastiques.

MICROPLASTIQUES

- **Bâtiment** : Des matériaux contenant des microplastiques (bétons, isolants thermiques et phoniques) sont utilisés dans la construction et susceptibles d'être émis vers l'environnement, notamment au début et à la fin du cycle de vie des édifices. Il est probable que comme pour les navires, certaines peintures utilisées dans le bâtiment utilisent des polymères susceptibles d'être émis dans l'environnement après usure.
- **Pêche** : La dégradation des filets de pêche est fréquemment citée comme une source de microplastiques dans les mers et les océans (Macfadyen *et al.*, 2009).

Si les élastomères (tels que le caoutchouc naturel ou synthétique) devaient être inclus dans la définition des microplastiques (voir 1.1), il conviendrait de compter l'usure des pneus comme importante source d'émission vers l'environnement (voir IUCN (2017)).

3.1 EMISSIONS ANTHROPIQUES TOTALES

Pour fournir quelques ordres de grandeur, Jambeck (2015) estime que la quantité de plastiques échouant chaque année dans les océans du fait d'une mauvaise gestion des déchets est comprise entre 4,8 et 12,7 millions de tonnes (voir également Sundt *et al.*, 2014).

La quantité de microplastiques **primaires** rejetés dans l'environnement est estimée par l'IUCN (2017) entre 1,8 et 5,0 millions de tonnes par an, dont environ 50% échoueraient dans les océans¹³.

Il faut néanmoins noter qu'ils prennent en compte dans leur étude les caoutchoucs synthétiques (rejetés notamment du fait de l'usure des pneus) que nous n'avons pas intégrés dans le champ de cette fiche technico-économique. Ces derniers représentent selon IUCN (2017), 28% des rejets. Hors caoutchoucs synthétiques, les rejets vers l'environnements de microplastiques primaires peuvent donc être estimés entre 1,3 et 3,6 millions de tonnes par an.

¹³ IUCN (2017) propose alors le parallèle suivant : en prenant une valeur centrale de 1,5 millions de tonnes, ces rejets sont équivalents au fait que chaque humain sur terre jetterait chaque semaine un sac plastique directement dans l'océan.

MICROPLASTIQUES

3.2 EMISSIONS ATMOSPHERIQUES

Des microplastiques peuvent être émis dans l'atmosphère, portés par des mouvements d'air après s'être trouvés sur les sols. IUCN (2015) estime que 7% des rejets de microplastiques rejoindraient les océans par les airs, soit entre 126 et 335 kt par an. Ce chiffre prend cependant en compte les caoutchoucs synthétiques qui ne sont pas intégrés dans cette fiche technico-économique.

Dans les zones urbaines, les microplastiques observés dans l'air sont très majoritairement des fibres, provenant vraisemblablement de l'usure de textiles synthétiques (voir Dris *et al.* (2016b) et partie 4.2.3).

Il n'existe pas d'autres estimation des émissions atmosphériques à notre connaissance.

3.3 EMISSIONS VERS LES EAUX

Si l'on évoque les plastiques en général, certaines études avancent le chiffre de 33 millions de tonnes, soit l'équivalent de 10% de la production mondiale, qui se déverseraient annuellement dans les océans (Centre Suisse d'Ecotoxicologie Appliquée, 2015).

Dans le même temps, IUCN (2017) estime de 5,6 à 15,2 millions de tonnes la quantité de microplastiques primaires + secondaires qui rejoindraient les océans chaque année, les microplastiques primaires comptant pour 1,8 à 5,0 Mt (cf. 3.1).

Ces chiffres sont à interpréter comme des ordres de grandeur, tant les définitions des microplastiques peuvent varier d'une source bibliographique réquisitionnée à une autre (prise en compte des caoutchoucs synthétiques ou naturels, dimensions inférieures à 1 ou à 5 mm, etc.).

Une partie importante des études qui ont tâché de quantifier les émissions de microplastiques vers les eaux s'intéresse en premier lieu aux quantités observées dans les océans, puis formulent des hypothèses pour en déduire la part passée par les rivières. Le chiffre de 70 à 80% est généralement retenu (Andrady, 2011 ; GESAMP, 2010) ; les 20 à 30% restants, constitués de rejets directs vers les océans, proviennent de l'industrie maritime, de la pêche et du tourisme côtier.

Il existe néanmoins quelques données de flux de microplastiques dans quelques rivières : Dris *et al.* (2016) ont ainsi estimé à 0,34 tonnes la quantité de microplastiques transitant par la Seine chaque année. Ce nombre est faible au regard :

- (i) du flux annuel en Seine de plastiques en général estimé à 750t/an ;
- (ii) des flux de microplastiques estimés du fait des rejets de STEP de la région parisienne et pouvant atteindre 45 tonnes/an ;

MICROPLASTIQUES

- (iii) de données similaires mesurées dans d'autres fleuves : le Rhône transporterait 10 kg de microplastiques vers la France chaque jour (Centre Suisse d'Ecotoxicologie Appliquée, 2015).

La confrontation de ces informations semble indiquer que des études plus approfondies sont encore nécessaires pour caractériser le devenir des microplastiques dans les rivières.

3.4 EMISSIONS VERS LES SOLS

Les microplastiques peuvent être émis vers les sols par plusieurs biais (Rillig, 2012) :

- L'usage de fertilisants encapsulés dans des granules en plastique
- La dégradation de films plastiques en PE employés pour recouvrir certaines cultures ou certaines terres agricoles (paillis plastiques)
- L'épandage de boues de stations d'épuration elles-mêmes contaminées par des microplastiques
- L'irrigation de terres agricoles par des eaux chargées en microplastiques
- Dépôt atmosphérique

3.5 POLLUTIONS HISTORIQUES ET ACCIDENTELLES

Etant donné la grande durée de vie des plastiques et leur usage généralisé, il est probable que la notion de pollution historique par des plastiques ou des microplastiques est appelée à prendre sens. Toutefois, à ce jour, de tels phénomènes ne sont pas référencés.

MICROPLASTIQUES

4 DEVENIR ET PRESENCE DANS L'ENVIRONNEMENT

4.1 COMPORTEMENT DANS L'ENVIRONNEMENT

Les plastiques et les microplastiques les plus utilisés (PE, PS) sont très résistants, ce qui constitue une vertu pour les applications industrielles, mais en fait une source de pollution de long terme lorsqu'ils rejoignent l'environnement. Plusieurs études estiment ainsi qu'en dehors de la part incinérée, la majeure partie des plastiques qui ont été produits dans l'histoire sont encore présents dans l'environnement sous une forme ou une autre (Horton *et al.*, 2017). Ceci est notamment dû au fait que des polymères très utilisés tels que le PE ne se dé-polymérisent pas avec le temps, mais, par le jeu de facteurs biotiques et abiotiques, se disloquent simplement, formant des fragments de plus petites tailles (et libérant alors les additifs).

L'analyse plus approfondie des mécanismes réels ou potentiels de dégradation dans l'environnement est un champ d'étude encore mal exploré car il est difficile de reproduire expérimentalement la complexité des phénomènes en jeu : érosion lors de transferts entre compartiments environnementaux ; interactions entre photo-, thermo- et bio-dégradation ; formation de biofilms sur les particules de plastiques pouvant influencer sur la dégradation ; influence de la dimension initiale des particules, etc. (Lambert & Wagner, 2018)

Inversement, la dégradation artificielle des polymères sous l'effet de certains organismes tels que des bactéries, des champignons ou des vers est un domaine de recherche en développement (Horton *et al.*, 2017).

4.2 PRESENCE DANS L'ENVIRONNEMENT

4.2.1 DANS LE MILIEU AQUATIQUE

La présence de microplastiques dans le milieu aquatique est avérée, et même ubiquiste : des microplastiques sont ainsi observés dans les régions polaires (Waller *et al.*, 2017) aussi bien qu'au fond des océans pour les plus denses, comme le PVC, et le nylon (Woodall, 2014).

Concernant les eaux marines, le PNUE estimait dès 2005 que 13 000 particules de plastique flottaient en moyenne sur chaque km² d'océan. Plus récemment, Dubaish & Liebezeit (2013) ont par exemple mesuré 150 particules de microplastique par litre d'eau en Mer du Nord.

MICROPLASTIQUES

Les données sur les concentrations environnementales typiquement rencontrées dans le milieu naturel, et plus particulièrement dans les eaux continentales restent rares (Centre Suisse d'Ecotoxicologie Appliquée, 2015). De plus lorsqu'elles sont disponibles, elles ne sont pas toujours exprimées dans la même unité et pas directement comparables. Voici quelques résultats rencontrés :

- Dris et al. (2016) ont réalisé des mesures dans la Seine, autour de Paris. Des microplastiques sous forme de fibres (25 μm de diamètre moyen et longueur comprise entre 50 et 4000 μm environ) ont été retrouvés à des niveaux de concentrations compris entre 5,7 et 398 particules/ m^3 , soit environ 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Les microplastiques sous forme de fragments (d'épaisseur comprise entre 10 et 100 μm , et dont la surface est généralement comprise entre 500 et 200 000 μm^2) ont également été étudiés, et observés à des niveaux de concentration de l'ordre de 1,57 fragments/ m^3 , équivalents à environ 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Dans le Rhin, des concentrations moyennes de 890 000 particules/ km^2 , et maximales de 3 900 000 particules/ km^2 ont été observées dans les eaux de surface (Mani et al., 2015). Dans les sédiments, des niveaux de plusieurs centaines à plusieurs milliers de particules/kg ont été mesurés (Klein et al., 2015). Des données du même ordre ont été reportés pour la Tamise (Horton et al., 2016).
- Des microparticules de plastique ont été observées dans plusieurs lacs suisses (Léman, les lacs de Constance, de Neuchâtel, de Brienz et de Zurich et le lac Majeur) à un niveau moyen de 91 000 particules/ km^2 de superficie lacustre (Centre Suisse d'Ecotoxicologie Appliquée, 2015).

En étudiant systématiquement les protocoles expérimentaux (notamment, la profondeur de l'échantillonnage), Horton et al. (2017) ont cherché à convertir les résultats de ces études dans une unité homogène. Avec les limites méthodologiques que cela implique, ils parviennent néanmoins à montrer que les niveaux de concentrations observés dans le monde, dans les lacs et les rivières, sont hétérogènes, de l'ordre de 10 à 300 particules par m^3 .

4.2.2 DANS LE MILIEU TERRESTRE

Comme indiqué plus haut (3.4), la présence dans les sols de microplastiques est certaine, notamment sur les terres agricoles, mais aucune donnée quantitative portant sur des concentrations observées n'a été trouvée au cours de l'étude.

La différence de maturité des études entre milieu aquatique (marin) et milieu terrestre s'explique en partie par la difficulté à définir des protocoles expérimentaux fiables (Rillig, 2012).

MICROPLASTIQUES

4.2.3 DANS L'ATMOSPHERE

Comme indiqué plus haut (3.2), la présence dans l'atmosphère de microplastiques est probable, les vents étant généralement considérés comme une source importante d'émissions vers les terres et les eaux, mais peu de données quantitatives sont disponibles¹⁴.

Dris et al. (2016b) ont pu mesurer dès 2016 les retombées atmosphériques de fibres microplastiques en deux sites de la région parisienne, et estiment que de 2 à 355 fibres se déposent par m²/jour.

Dris et al. (2017) proposent des mesures de concentrations dans l'air extérieur comprises entre 0,3 et 1,5 fibres¹⁵ par m³, dont un tiers seraient d'origine pétrochimique. Des mesures ont également été faites en air intérieur, conduisant à des concentrations bien supérieures, de 1 à 60 fibres par m³.

¹⁴ Voir synthèse dans Gasperi *et al.*, (2018)

¹⁵ Dans cette étude, les fibres de moins de 50µm n'ont pas été étudiées. Les fibres observées les plus longues mesuraient environ 1,5mm en air extérieur et 3 mm en air intérieur.

MICROPLASTIQUES

5 PERSPECTIVES DE RÉDUCTION DES EMISSIONS

La nécessité d'étudier les moyens de réduire les émissions de microplastiques dans l'environnement est motivée par la conjugaison d'au moins trois facteurs :

- Leur très importante persistance dans l'environnement (cf. 4.1)
- La croissance continue de la production de plastiques dans le monde dont le niveau pourrait être encore décuplé d'ici 2050 (cf. 2.1)
- Leur impact sur les écosystèmes, lié au fait que les microplastiques peuvent être ingérés par des organismes vivants alors exposés à des risques « mécaniques » (blessures, ulcères, sentiment erroné de satiété) aussi bien qu'à des risques toxicologiques (les plastiques contiennent des additifs dont certains sont perturbateurs endocriniens ; de plus les microplastiques constituent une source importante d'adsorption pour de nombreux contaminants métalliques ou organiques persistants tels que les PCB et les HAP.

Dans l'ensemble, cette réflexion ne saurait être isolée d'un questionnement plus large portant sur la réduction des émissions de l'ensemble des plastiques puisque tous les microplastiques secondaires et une partie des primaires en sont le produit de dégradation. Mais l'ambition d'un tel exercice dépasse le champ de cette fiche technico-économique.

Dans les paragraphes suivants, seules les sources de microplastiques à usage intentionnel seront étudiées ; les solutions de réduction à plus large échelle des émissions de plastiques qui incluent une meilleure gestion des déchets, un meilleur taux de recyclage, ou encore de vastes opérations de sensibilisation du public sont en dehors du cadre de cette fiche technico-économique.

De plus, lorsque seront évoqués les coûts de traitement ou de substitution, il ne sera fait référence qu'aux coûts pour les industriels ou les acteurs privés à qui incomberait la mise en place d'alternatives à l'usage des microplastiques. Les éléments économiques présentés n'ont donc pas la portée d'une analyse socio-économique qui, en regard des coûts, devrait présenter les bénéfices de la réduction de l'usage des microplastiques (ou les coûts de l'inaction)¹⁶.

¹⁶ Même s'il n'est pas possible d'évaluer la part liée aux seuls microplastiques, il est par exemple intéressant de noter que le Programme des Nations Unies pour l'Environnement évaluait en 2014 à 13 milliards de dollars le coût de la pollution marine par les plastiques (PNUE, 2014).

MICROPLASTIQUES

5.1 REDUCTION DES EMISSIONS DE MICROPLASTIQUES

La réduction des émissions de microplastiques utilisés intentionnellement par les industriels peut s'opérer à la source (voir 5.2), ou *via* un traitement plus efficace des eaux usées.

Selon Anderson *et al.* (2016), la plupart des stations de traitement des eaux usées (STEU) ne seraient pas conçues pour retirer complètement les microplastiques des eaux usées. Ainsi une STEU à Paris présenterait une efficacité de l'ordre de 80 à 95 % (Dris *et al.*, 2015).

L'usage d'autres technologies permettrait d'augmenter significativement ce niveau d'efficacité.

Le traitement secondaire par bioréacteur à membrane permettrait par exemple de réduire les émissions de 99,9 %, et parmi les traitements tertiaires, les filtre à sable auraient une efficacité de l'ordre de 97 % (voir Figure 2).

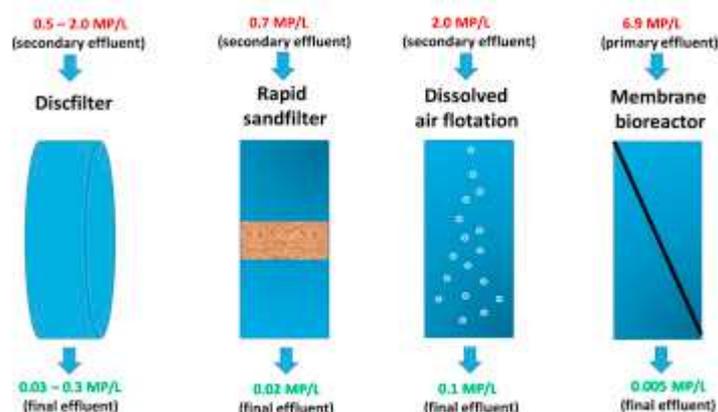


Figure 2 : Efficacité de traitements potentiellement mis en place en STEU (Source : Talvitie *et al.*, 2017)

Reste que ces solutions sont très coûteuses (leur mise en place pourrait coûter plusieurs dizaines de milliards d'euros à l'échelle UE selon AFWE (2017)) et que les microplastiques se retrouveraient dans les boues, potentiellement destinées à être épandues sur les sols agricoles.

MICROPLASTIQUES

5.2 ALTERNATIVES AUX USAGES DE MICROPLASTIQUES

Concernant les microplastiques primaires inclus intentionnellement dans les produits, la solution la plus communément citée pour en réduire les émissions est la substitution.

5.2.1 COSMETIQUES

L'usage de microbilles de plastique dans le domaine des cosmétiques est destiné à décroître de manière importante dans les prochaines années du fait (i) de la contrainte réglementaire (cf. 1.2) ; (ii) de l'existence admise par les industriels de nombreuses alternatives (cf. notamment l'enquête de AFWE (2017), Greenpeace (2016) ou Eunomia (2016)).

Parmi celles-ci, nous pouvons citer :

- Des alternatives organiques, déjà utilisées depuis plusieurs dizaines d'années telles que des fruits à coques ou des noyaux d'abricots broyés (cité par exemple par Unilever)
- La silice qui présente par rapport aux alternatives organiques l'avantage d'une plus grande durée de vie et de ne pas entraîner d'éventuelles réactions allergiques (cité par exemple par Henkel)
- Diverses cires
- Les microbilles de cellulose (cité par exemple par Belersdorf) souvent utilisées à la base d'alternatives récentes

D'une manière générale, en dehors des coûts d'investissement liés à la reformulation de produits déjà existants (qui implique nécessairement des phases coûteuses de test, d'étude des réactions du consommateur, de marketing, et éventuellement de mise en conformité réglementaire), peu d'éléments semblent faire obstacle à la substitution des microbilles de plastiques utilisées comme agents exfoliants par les alternatives citées. Ces dernières :

- Sont généralement disponibles en quantités importantes sur le marché : elles sont d'ailleurs déjà utilisées et proviennent de ressources naturelles abondantes.

MICROPLASTIQUES

- Présentent des prix sensiblement équivalents à ceux des microbilles, voire inférieurs. Les éclats de fruits à coques sont disponibles sur les sites marchands courants aux alentours de 200 à 450 €/t tandis que les microplastiques ont un prix de marché aux alentours de 1 100 €/t^{17, 18}.
- Ne présentent pas de risques sanitaires notables (en dehors des allergies aux fruits à coque).

Toutefois, l'engagement actuel des industriels qui laisse entendre que l'usage des microplastiques dans les cosmétiques devrait cesser, est souvent ambigu : lorsque Unilever ou Colgate-Palmolive annoncent avoir cessé de les utiliser, ou L'Oréal ou Johnson & Johnson prévoir de les ôter de leurs formulations avant 2017¹⁹, il s'agit le plus souvent uniquement du PE utilisé dans les produits à rincer.

Nous n'avons pas identifié d'étude recensant les alternatives aux microplastiques dans les cosmétiques lorsqu'ils sont utilisés comme agents épaississants par exemple, ou pour des raisons esthétiques.

5.2.2 PEINTURES ET REVETEMENTS

Les industriels du secteur de la peinture indiquent que les microplastiques utilisés (voir propriétés attendues de leur usage en 2.2.3) pourraient être substitués, pour partie au moins, par des microbilles de verre ou de cellulose.

Comme pour les cosmétiques, les microbilles de celluloses constituent une alternative émergente, présentant des résultats encourageants et des perspectives de fabrication à grande échelle réelle. Mais leur adoption par le marché reste encore hypothétique et nous ne disposons pas d'éléments économiques tangibles, notamment concernant le prix de vente.

Les microbilles de verre sont déjà largement utilisées notamment pour le marquage au sol réfléchissant. AFWE (2016) estime que les capacités de production existantes seraient sans doute suffisantes pour assurer la substitution des microbilles de plastiques. Le coût de la matière première ne semblerait pas faire obstacle à la substitution non plus puisque les microbilles de verre ont un prix de marché compris entre 300 et 1 000 \$/t, inférieur au prix des microplastiques, de l'ordre de 1 100 €/t.

¹⁷ Nous reprenons ici le résultat d'une synthèse de prix de marché présentée dans AFWE (2017, pp 79-80).

¹⁸ Nous n'avons pas trouvé d'information sur le prix des microbilles de cellulose.

¹⁹ <https://blog.euromonitor.com/2016/10/plastic-not-fantastic-industry-responds-to-us-microbeads-ban.html> (accès en janvier 2018)

MICROPLASTIQUES

Cependant, l'impact économique de la substitution serait sans doute plus important du côté des coûts d'investissement liés aux reformulations. Et il convient de noter que, de par leurs propriétés physiques, il est peu probable que les microbilles de verres soient capables de remplacer les microbilles de plastiques pour toutes leurs applications, notamment celles faisant intervenir leur élasticité.

5.2.3 DETERGENTS

Dans le secteur des détergents, les microplastiques à usage intentionnel peuvent être utilisés dans des produits destinés à nettoyer des surfaces dures mais rayables telles que le verre ou la céramique (voir 2.2.4).

La silice semble être le substitut le plus naturel (AFWE, 2017). Matériau très répandu (fabriqué et/ou importé en Europe à plus d'1 000 000 de tonnes/an selon l'ECHA),

D'un point de vue économique, comme pour les autres secteurs évoqués, c'est sans doute moins le coût de la substitution de la matière première qui pourrait représenter un obstacle, que les éventuels coûts d'investissement et de reformulation des produits.

5.2.4 ABRASIFS INDUSTRIELS

Des alternatives possibles aux microbilles de plastique comme abrasifs industriels semblent être les microbilles de verre, les éclats de fruits à coques, ainsi que le carbure de silicium.

L'usage de ce dernier pour l'abrasion, lorsqu'il est sous forme de poudre, est connu depuis le XIX^{ème} siècle²⁰. Ses propriétés de dureté exceptionnelle et ses possibilités d'usage en conditions thermiques contraignantes en font un candidat naturel pour l'abrasion de métaux divers (fonte, aluminium, carbure de tungstène, etc.). Mais la possibilité réelle que le carbure de silicium puisse être utilisé dans les domaines où les microbilles de plastiques le sont - applications d'abrasion « douce » - reste à éprouver réellement.

Une étude approfondie de la filière industrielle pourrait être envisagée.

²⁰ <https://www.digikey.com/en/articles/techzone/2016/dec/silicon-carbide-history-and-applications> (accès en janvier 2018)

MICROPLASTIQUES

5.2.5 AGRICULTURE

Comme évoqué en 2.2.5, les microplastiques sont, dans leur usage intentionnel, principalement utilisés comme vecteurs de diffusion progressive de nutriments vers les sols.

En remplacement de l'usage de microplastiques, celui de microbilles de cellulose imprégnées des nutriments semble envisagé. Nous n'avons toutefois pas trouvé d'éléments très concrets permettant d'apprécier la réalité de cette voie de substitution.

Selon AFWE (2017), c'est du côté des inhibiteurs de nitrification qu'il est plus probable de trouver des fonctions équivalentes de diffusion progressive des nutriments. Ces agents, tels que le dicycandiamide (DCD, CAS 461-58-5), ou le 3,4-diméthylpyrazole phosphate (DMPP, Cas 202842-98-6) permettent de contrôler le taux de transformation de l'ammonium en azote. Leur usage serait déjà répandu dans le monde et leur efficacité pour la diffusion progressive d'intrants reconnue.

MICROPLASTIQUES

6 CONCLUSION

L'émergence de préoccupations sociétales liées à la présence de microplastiques dans l'environnement est aussi récente qu'importante.

Les études sur lesquelles nous nous sommes appuyés, qui constituent bien souvent de premières évaluations et ont pour la plupart été publiées après 2015, semblent faire le diagnostic d'une présence ubiquiste des microplastiques dans l'environnement : dans l'air, dans les sols et les sédiments, mais surtout dans les eaux, superficielles comme abyssales, marines comme continentales. Il faut également souligner (même si c'est ordinairement hors du champ des Fiches Technico-Economiques) que le biote est également touché : dans les cours d'eau français, 10% des goujons seraient contaminés (INERIS, 2014).

Les sources d'émissions principales sont liées au cycle de vie d'objets en plastique - usure pendant l'usage, et dégradation dans l'environnement lorsque la fin de vie n'a pas été encadrée -, mais aussi à l'utilisation intentionnelle de microplastiques dans le domaine des cosmétiques, en agriculture, dans le bâtiment, etc.

Les études disponibles permettent d'estimer à plusieurs millions de tonnes la quantité de microplastiques rejoignant les océans chaque année, constituant une part non négligeable de l'ensemble des plastiques qui y échouent également.

La réaction réglementaire semble prompte - interdiction en France et ailleurs dans les cosmétiques, dossier de restriction REACH - même si elle ne porte que sur la part la plus contrôlable de la problématique, celle dont les sources sont clairement identifiées et pour lesquelles des alternatives viables d'un point de vue technico-économique semblent déjà disponibles.

MICROPLASTIQUES

7 REFERENCES

- AFWE (2017) "Intentionnaly Added Microplastics in Products", Amec Forster Wheeler Environment and Infrastructure UK Limited, Final Report, 220pp.
- Betts K. (2008) « Why small plastic particles may pose a big problem in the oceans » *Mar. Pollut. Bull.* 62, 1596-1605.
- Browne M.A. *et al.* (2011) « Accumulation of Microplastics on Shorelines Worldwide : Sources and Sinks » *Envir. Sci. Technol.* 45, 9175-9179.
- Centre Suisse d'Ecotoxicologie Appliquée (2015) « Les microplastiques dans l'environnement - fiche d'information », disponible suivant le lien : http://www.ecotoxcentre.ch/media/25544/2015_mikroplastik_fr.pdf
- Cole M. *et al.* (2011) « Microplastics as contaminants in the marine environment : A review » *Mar. Pollut. Bull.* 62, 2588-2597.
- Dris R. *et al.* (2015) « Beyond the Ocean : Contamination of freshwater ecosystems with (micro-) plastic particles » *Environ. Chem.* 12, 539-550.
- Dris R. *et al.* (2015) "Microplastic contamination in urban area : a case study in Greater Paris" *Environ. Chem.* 12, 592-599.
- Dris R. *et al.* (2016) « Premières investigations sur les microplastiques en Seine » - Rapport 2016 - PIREN Seine - Phase VII
- Dris R. *et al.* (2016b) « Synthetic fibers in atmospheric fallout : a source of microplastics in the environment ? » *Mar. Pollut. Bull.* 104, 290-293.
- Dris R. *et al.* (2017) « a first overview of textile fibers, including microplastics in indoor and outdoor environments » *Environ. Pollut.* 221, 453-458.
- Dubaish F. (2013) « Suspended microplastics and black carbon particles in the Jade System, Southern North Sea » *Water Air Soil Pollut.* 224, 1352-1360.
- Ekebafe L.O. *et al.* (2011) « Polymer Applications in Agriculture » *Biokemistri* 23, 81-89.
- ETRma (2011) *European Tyre and Rubber Industry. Statistics. Edition 2011.* No3.
- Eunomia (2016) "Study to support the development of measures to combat a range of marine litter sources." Report for the European Commission DG Environment.
- Gasperi J. *et al.* (2018) "Microplastics in air : Are we breathing it in" *Envir. Sci. Health* 1, 1-5.
- GESAMP (IMO/FAO/UNESCO - IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection) (2010) "Proceedings of the GESAMP international workshop on micro-plastic particles as a vector in transporting persistent, bio-accumulating and toxic substances in the oceans" in *GESAMP Reports & Studies*, Bowner T. & Kershaw P. (eds), Paris, UNESCO-IOC, 68 pp.
- Greenpeace (2016) "Global Cosmetics and Personal Care companies' Microbead commitment ranking", disponible suivant le lien :

MICROPLASTIQUES

https://storage.googleapis.com/gpubk-static/legacy/GPEA_Corporate%20Microbead%20Commitment%20Ranking.pdf

Horton A.A. *et al.* (2017) "Microplastics in freshwater and terrestrial environments : Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities" *Sci. of the Total Environ.*, 127-141.

INERIS (2014) « Surveillance environnementale : la contamination des poissons d'eau douce aux microplastiques », *Rapport Scientifique 2013-2014 de l'INERIS*.

ISO (2016) "Working draft "Plastics - Recommendations for the development of standards for investigations of plastics in the environment and biota" clean version, 2016-04.

Jambeck J.R. (2015) "Plastic waste inputs from land into the ocean", *Science* 347, 768-771.

Klein S. *et al.* (2015) « Occurrence and spatial distribution of microplastics in river shore sediments of the Rhine-main area in Germany », *Environ. Sci. Technol.* 49, 6070-6076.

Lambert S. *et al.* (2014) « Occurrence, degradation, and effect of polymer-based materials in the environment », *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 227, 1-53.

Lambert S. & Wagner M. (2018) "Microplastics Are Contaminants of Emerging Concern in Freshwater Environments: An Overview" In: Wagner M. & Lambert S. (eds) *Freshwater Microplastics. The Handbook of Environmental Chemistry*, vol 58. Springer.

Lassen C. *et al.* (2015) "Microplastics: Occurrence, effects and sources of releases to the environment in Denmark", Danish Environmental Agency.

Leslie H.A. (2014) « Review of microplastics in Cosmetics - Scientific background on a potential source of plastic particulate marine litter to support decision-making », IVM Institute for Environmental Studies, disponible suivant le lien :

https://science.vu.nl/en/Images/Plastic_ingredients_in_Cosmetics_07-2014_FINAL_tcm296-409859.pdf

Macfayden G. *et al.* (2009) « Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear », FAO Fisheries and Aquaculture Technical paper 523, UNEP Regional Seas Reports and Studies 185, 115pp.

Mani T. *et al.* (2015) "Microplastics profile along the Rhine River" *Sci. Rep.* 5, Article number : 17988.

Moore C.J. (2008) "Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing long-term threat", *Environ. Research* 108, 131-139.

Napper I.E., *et al.* (2015) « Characterisation, quantity and sorptive properties of microplastics extracted from cosmetics », *Mar. Pollut. Bull.* 99(1-2), 178-185.

Nizetto L. *et al.* (2016) "A theoretical assessment of microplastic transport in river catchments and their retention by soils and river sediments", *Environ. Sci. Process. Impact* 18, 1050-1059.

PlasticsEurope (2017) "Plastics - the facts 2017, "An analysis of European plastics production, demand and waste data" *Plast. Eur. Assoc. Plast. Manuf. Bruss.*, 44 pp.

PNUE (2014) "Valuing Plastics : The Business Case for Measuring, Managing and Disclosing Plastic Use in the Consumer Goods Industry", disponible suivant le lien : <http://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/9238>

MICROPLASTIQUES

Rillig M.C. (2012) “Micro plastic in terrestrial ecosystem and the soil”, *Envir. Sci. Technol.* 46, 6453-6454.

Steensgaard I.M. *et al.* (2017) « From macro- to microplastics - Analysis of EU regulation along the life cycle of plastic bags », *Environ. Poll.* 224, 289-299.

Sundt P. *et al.* (2016) “Primary microplastic-pollution : Measures and reduction potentials in Norway”, disponible suivant le lien :
<http://www.miljodirektoratet.no/Documents/publikasjoner/M545/M545.pdf>

Talvitie J. *et al.* (2017) “Solutions to microplastic pollution - Removal of microplastics from wastewater effluent with advanced wastewater treatment technologies”, *Water Res.* 123, 401-407.

Waller C.L. *et al.* (2017) « Microplastics in the Antarctic marine system : An emerging area of research », *Sci. of the Total Environ.*, 598, 220-227.