

(ID Modèle = 2077342)

CYCLOSILOXANES

L'objectif des fiches technico-économiques (FTE) est de décrire les enjeux posés en France par la réduction ou la suppression des émissions dans l'eau, et par la substitution de substances chimiques largement utilisées ou retrouvées dans les milieux aquatiques.

Elles présentent la réglementation de la substance, dressent un bilan de sa présence dans l'environnement, et de ses usages, dont elles situent l'importance économique.

Enfin, elles recensent les moyens de réduction des rejets (substitution, traitement...).

Ces fiches sont établies à partir de recherches bibliographiques et peuvent être complétées par des enquêtes auprès d'institutions techniques professionnelles, d'experts et d'acteurs industriels.

Responsable du programme : BRIGNON JEAN-MARC

Expert ayant participé à la rédaction : PROUST SIMON, MARLIERE MARYSE, ANDRES SANDRINE

Veillez citer ce document de la manière suivante :

Institut national de l'environnement industriel et des risques, CYCLOSILOXANES, Verneuil-en-Halatte : Ineris - 181229 - 2113134 - v1.0, 12/06/2020.

Résumé

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)
Hexaméthylcyclotrisiloxane (D3)	541-05-9	<u>Usages principaux :</u> Production de silicones <u>Autres usages :</u> Impuretés dans les cosmétiques	non	non	non	non
Octaméthylcyclotétrasiloxane (D4)	556-67-2	<u>Usages principaux :</u> Production de silicones <u>Autres usages :</u> Impuretés dans les produits cosmétiques sans rinçage ou à rincer sans eau, nettoyages des œuvres d'art et antiquités	non	non	✓	✓
Decaméthylcyclopentasiloxane (D5)	541-02-6	<u>Usages principaux :</u> Production de silicones, produits cosmétiques sans rinçage ou à rincer sans eau <u>Autres usages :</u> Lavage à sec, produits pharmaceutiques et dispositifs médicaux, nettoyages des œuvres d'art et antiquités, mousses rigide polyuréthane	non	non	✓	✓
Dodecaméthylcyclohexasiloxane (D6)	540-97-6	<u>Usages principaux :</u> Production de silicones, produits cosmétiques <u>Autres usages :</u>	non	non	non	✓
Tétradécaméthylcycloheptasiloxane (D7)	107-50-6	<u>Usages principaux :</u> Pas d'information mais potentiels usages dans les silicones et cosmétiques de manière résiduelle <u>Autres usages :</u> -	non	non	non	non
Cyclométhicone	69430-24-6	<u>Usages principaux :</u> Production de silicones, produits cosmétiques <u>Autres usages :</u> produits pharmaceutiques et dispositifs médicaux, nettoyages des œuvres d'art et antiquités	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 France
	-	t/an (2019)	100 – 10 000	t/an (2019)	-	t/an (2019)	-	t/an (2019)	
D3	-	t/an (2019)	100 – 10 000	t/an (2019)	-	t/an (2019)	-	t/an (2019)	100 % ¹
D4	-	t/an (2019)	200 000	t/an (2019)	-	t/an (2019)	-	t/an (2019)	> 95 %
D5	-	t/an (2019)	50 000	t/an (2019)	-	t/an (2019)	-	t/an (2019)	66 %
D6	-	t/an (2019)	6000	t/an (2019)	-	t/an (2019)	-	t/an (2019)	100 %
D7	-	t/an (2019)	-	t/an (2019)	-	t/an (2019)	-	t/an (2019)	- %
C*	-	t/an (2019)	-	t/an (2019)	-	t/an (2019)	-	t/an (2019)	- %

*Cyclométhicone (mélange de D4, D5 et D6)

Présence dans l'environnement - France	
Eaux de surface	Pas d'informations
Eaux souterraines	Pas d'informations
Air	Pas d'informations
Sols	Pas d'informations

¹ Données incertaines

Découverts par Frederick S. Kipping au début du vingtième siècle, les siloxanes, un sous-groupe des silicones, sont formés de chaînes silicium-oxygène (Si-O) où des groupements organiques viennent se lier aux atomes de silice. Le nom « siloxane » est la contraction de : SiLiCIum, OXYgène, et alCANE. Les cyclosiloxanes sont des composés cycliques, pour lesquels les liaisons Si-O forment un cycle.

Les cyclosiloxanes couvrent une gamme très variée d'usages en tant que tels, en mélange (souvent sous l'appellation cyclométhicone) ou de manière indirecte sous forme d'impuretés au travers des silicones dont ils sont des monomères.

D'après les informations rassemblées, les cyclosiloxanes, majoritairement le D4 (autour de 85%), sont principalement employés dans la production de silicones en Europe ($\approx 228\ 000 - 237\ 000$ t/an).

Le D5 et le D6 sont employés dans la confection de cosmétiques de catégories variées (environ $17\ 838$ t/an) et notamment les déodorants, antitranspirants et soins pour les cheveux, crèmes faciales et crèmes hydratantes. Les autres cyclosiloxanes sembleraient globalement présents seulement en tant qu'impuretés dans les cosmétiques.

Les cyclosiloxanes sont aussi employés dans quelques applications en quantités marginales dans le lavage à sec (D5), produits pharmaceutiques et dispositifs médicaux (D5, D6) le nettoyage des œuvres d'art et antiquités (D5, D4), les mousses rigides en polyuréthane (D5).

Quant aux ventes de produits siliconés, elles auraient atteint les $32\ 000$ tonnes, soit 213 millions € de chiffre d'affaire, en France pour l'année 2013 d'après les industriels de la filière du silicone. Les silicones sont largement utilisés, dans la plus grande partie des secteurs d'activité industrielle.

La majorité des émissions recensées au niveau européen des cyclosiloxanes D4 à D6 ($18\ 000 - 18\ 491$ t/an), seraient principalement rejetées dans l'atmosphère (plus de 90 %) (1) (2) (3). De plus, les émissions de cyclosiloxanes D4 à D6 sont à plus de 90 % associées à leur usage dans les cosmétiques ($17\ 022 - 17\ 350$ t/an). Le D5 est le composé le plus employé dans les cosmétiques, ce qui explique ainsi que les émissions recensées au niveau européen sont en grande partie constituées de D5 ($15\ 216 - 15\ 522$ t soit environ 85%).

On ne dispose que de très peu d'informations sur le cyclosiloxane D7 et le D3, et d'aucune information sur les DX ($X > 7$), ce qui ne nous permet pas de proposer une vision exhaustive des différentes données économiques et environnementales associées aux cyclosiloxanes. De plus l'absence d'informations sur les rejets et la présence de cyclosiloxanes dans l'environnement en France ne nous permet pas non plus de proposer une synthèse des émissions des cyclosiloxanes au niveau national.

Dans le cadre du règlement chimique européen REACH, une interdiction de l'usage de D4 à D6 dans l'ensemble des cosmétiques, et dans d'autres secteurs, est proposée.

Cette restriction pourrait entraîner une réduction des émissions totales de cyclosiloxanes D4, D5 et D6 de $18\ 000 - 18\ 491$ tonnes à $1\ 438 - 1\ 609$ soit environ 90% de moins. Cette réduction semblerait moins radicale sur les rejets dans les eaux estimées de l'ordre de $63 - 153$ tonnes et passant à $38 - 73$ tonnes.

Cette réduction est rendue possible du fait que pour la plupart des usages, des alternatives existent et sont déjà présentes sur le marché. Ainsi une transition vers une absence presque totale de cyclosiloxanes intentionnels semble donc possible dans les prochaines années.

Abstract

Discovered by Frederick S. Kipping in early twentieth century, siloxanes, a subgroup of silicones, are formed of silicon-oxygen chain (Si-O) wherein the organic groups are bind to silicon atoms. The name "siloxane" is a contraction of: silicon, oxygen, and alkane. Cyclosiloxanes are cyclic compounds, for which the Si-O bonds to form a ring.

Cyclosiloxanes cover a very wide range of uses, as such, in mixture (often under the designation cyclomethicone) or are present indirectly as impurities through silicones they are monomers of.

According to information gathered, cyclosiloxanes, mostly D4 (around 85%), are mainly used in the production of silicones in Europe ($\approx 228\ 000$ - $237\ 000$ t / year).

D5 and D6 are employed in the manufacture of cosmetics of various categories (about $17\ 838$ t / year), including deodorants, antiperspirants and hair care, facial creams and moisturizers. Other cyclosiloxanes seem generally present only as impurities in cosmetics.

Cyclosiloxanes are also used in some applications in marginal quantities in dry cleaning (D5), pharmaceuticals and medical devices (D5 D6) restoration of works of art and antiques (D5 D4), polyurethane rigid foams (D5).

Sales of silicone products reach $32\ 000$ tonnes, and 213 million € of turnover in France for 2013 according to the manufacturers in the silicone industry. Silicones are widely used in most of the industrial sectors.

The majority of emissions identified at European level of D4-D6 ($18\ 000$ - $18\ 491$ t / year), would be mainly released into the atmosphere (over 90%) (1) (2) (3). In addition, emissions of cyclic siloxanes D4-D6 are up to more than 90% associated with their use in cosmetics ($17\ 022$ - $17\ 350$ t / year), which by the prevalence of D5, also explains that the emissions identified in European level are largely composed of D5 ($15\ 216$ - $15\ 522$ tons that is about 85%).

There is only very little information on the two cyclosiloxanes D7 and D3, no information on the DX ($X > 7$), which does not allow us to offer a comprehensive view of the various economic and environmental data associated with all cyclosiloxanes. Furthermore, the lack of information on releases and the presence of cyclosiloxanes in the environment in France allows us not to offer a synthesis of cyclosiloxanes emissions nationally.

Under the European REACH chemical regulation, a ban on the use of D4 to D6 in all cosmetics, and other sectors, is proposed.

This restriction could lead to a reduction of total emissions of cyclosiloxanes D4, D5 and D6 from $18\ 000$ - $18\ 491$ tonnes to $1\ 438$ - $1\ 609$ that is of about 90%. This reduction seems less radical on discharges into water (from 63 - 153 tons to 38 to 73 tons).

Indeed, in most uses, alternatives exist and are already on the market, the transition to a virtual absence of intentional cyclosiloxanes seems possible in the coming years.

Table des matières

1	GÉNÉRALITÉS	9
1.1	Définition et caractéristiques chimiques	9
1.2	Réglementations.....	13
1.2.1	Textes généraux.....	13
1.3	Valeurs et normes appliquées en France.....	14
1.3.1	Seuils de rejets pour les installations classées et les stations de traitement des eaux usées	14
1.3.2	Normes de Qualité Environnementale (NQE) et Valeur Guide environnementale (VGE)	15
1.3.3	Valeurs appliquées en milieu professionnel	15
1.3.4	Valeurs appliquées pour la qualité des eaux de consommation.....	15
1.4	Autres textes.....	15
1.4.1	Eaux de rejet (action RSDE).....	15
1.4.2	Eaux souterraines.....	16
1.4.3	Eaux de surface.....	16
1.4.4	Contact alimentaire.....	16
1.4.5	Jouets	16
1.4.6	Dispositifs médicaux.....	16
1.4.7	Cosmétiques.....	17
1.4.8	Réglementation extra Européenne	17
1.5	Classification et étiquetage.....	17
1.6	Sources naturelles de cyclosiloxanes.....	19
1.7	Sources non-intentionnelles de cyclosiloxanes	19
2	PRODUCTION ET UTILISATIONS	20
2.1	Production et vente.....	20
2.1.1	Données économiques.....	20
2.1.2	Procédé de production.....	21
2.1.3	Noms commerciaux des Cyclosiloxanes	21
2.2	Utilisations	24
2.2.1	Aperçu général	24
2.2.2	Production de silicones.....	25
2.2.3	Cosmétiques.....	27
2.2.4	Autres utilisations.....	33
3	REJETS DANS L'ENVIRONNEMENT	35
3.1	Emissions anthropiques totales.....	35
3.2	Emissions vers les eaux	38
3.3	Emissions vers les sols.....	38
3.4	Pollutions historiques et accidentelles.....	38
4	DEVENIR ET PRESENCE DANS L'ENVIRONNEMENT.....	39
4.1	Comportement dans l'environnement.....	39
4.1.1	Dans l'atmosphère.....	39
4.1.2	Dans le milieu aquatique	39

4.1.3	Dans le milieu terrestre	39
4.2	Présence dans l'environnement	39
4.2.1	Dans le milieu Aquatique	39
4.2.2	Dans le milieu Terrestre	39
4.2.3	Dans l'atmosphère	39
5	PERSPECTIVES DE RÉDUCTION DES EMISSIONS	40
5.1	Traitement des rejets	40
5.2	Alternatives aux usages des cyclosiloxanes	40
5.2.1	Production de Silicones	40
5.2.2	Cosmétiques	40
5.2.3	Autres secteurs	58
5.2.4	Coûts de la substitution	59
6	CONCLUSION	66
7	REFERENCES	67
7.1	Sites internet consultés	67
7.2	Bibliographie	67

1 GÉNÉRALITÉS

1.1 Définition et caractéristiques chimiques

Découverts par Frederick S. Kipping au début du vingtième siècle, les siloxanes sont un sous-groupe des silicones. Le nom « siloxane » est la contraction de : **SIL**icium, **OX**ygène, et **alcANE**.

Ces composés sont formés de chaînes silicium-oxygène (Si-O) où des groupements organiques viennent se lier aux atomes de silice. La famille des siloxanes comporte un grand nombre de composés se classant en 2 grands groupes résultant de leurs structures :

- les composés linéaires pour lesquels les liaisons Si-O forment une chaîne plus ou moins longue.
- les composés cycliques, pour lesquels les liaisons Si-O forment un cycle à l'image des cycles aromatiques (mais sans double liaison).

Les cyclosiloxanes sont des éléments fondamentaux de la vaste famille des matériaux à base de silicone. Les principaux composés sont l'Hexaméthylcyclotrisiloxane (D3), l'octaméthylcyclotétrasiloxane (D4), le décaméthylcyclopentasiloxane (D5) et le dodécaméthylcyclohexasiloxane (D6).

Le terme cyclosiloxane provient de la contraction de « cyclic volatile methyl siloxane » dont nous emploierons l'acronyme usuel de cyclosiloxanes.

→ Solubilité

L'Hexaméthylcyclotrisiloxane (D3) est légèrement soluble dans l'eau : 1.6 mg/L à 23°C

L'octaméthylcyclotétrasiloxane (D4) et le décaméthylcyclopentasiloxane (D5) sont pratiquement insolubles dans l'eau (D4 : 0.05 à 0.074 mg/L à 25°C ; D5 : 0.017 à 0.05 mg/L à 25°C), ils sont solubles dans les solvants aliphatiques, aromatiques et les solvants halogénés

→ Réactivité

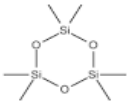
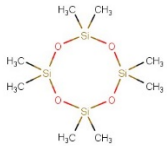
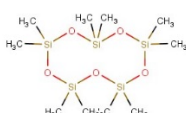
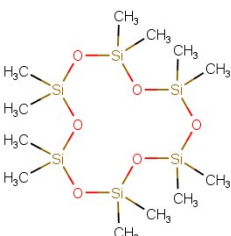
L'Hexaméthylcyclotrisiloxane (D3) est une substance hautement inflammable (point éclair de 35°C en coupelle fermée) qui peut réagir en présence d'oxydant forts.

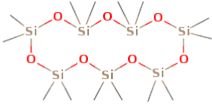
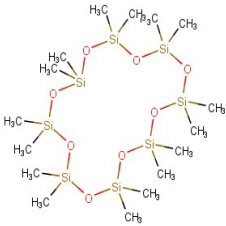
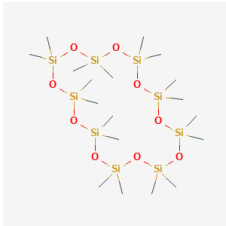
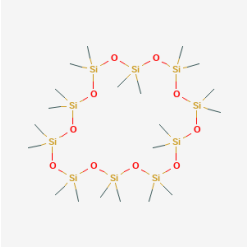
L'octaméthylcyclotétrasiloxane (D4) peut réagir dangereusement avec les agents oxydants forts, les acides et les bases. C'est un liquide inflammable (point d'éclair compris entre 51 °C et 57 °C en coupelle fermée) dont les vapeurs peuvent former des mélanges explosifs avec l'air.

Le décaméthylcyclopentasiloxane (D5) peut réagir dangereusement avec les agents oxydants forts. Il s'hydrolyse rapidement dans des conditions acides (pH = 4) et basiques (pH = 9) pour donner notamment du diméthylsilanediol.

→ Décomposition

Le D4 peut se décomposer au contact de l'eau et de l'humidité de l'air. La décomposition thermique de l'octaméthylcyclotétrasiloxane (D4) et du décaméthylcyclopentasiloxane (D5) génère des oxydes de carbone, des oxydes de silicium et du formaldéhyde.

Substances chimiques	N°CAS	N°EINECS	Synonymes	Formes physiques
Hexaméthylcyclotrisiloxane  $C_6H_{18}O_3Si_3$	541-05-9	208-765-4	D3 ; Cyclotrisiloxane ; 2,2,4,4,6,6-hexaméthyl- 1,3,5,2,4,6-trioxatrisilane	Solide inflammable cristallisé incolore
Octaméthylcyclotétrasiloxane  $C_8H_{24}O_4Si_4$	556-67-2	209-136-7	Cyclométhicone ; Cyclotétrasiloxane ; D4 ; Tétracyclométhicone ; 2,2,2,2,4,4,6,6,8,8-octaméthyl- 1,3,5,7,2,4,6,8-tetraoxatétrasiloxane	Liquide huileux, clair à incolore, sans odeur
Décaméthylcyclopentasiloxane  $C_{10}H_{30}O_5Si_5$	541-02-6	208-764-9	Cyclopentasiloxane ; D5 ; Pentacyclométhicone ; 2,2,4,4,6,6,8,8,10,10- decaméthylcyclopentasiloxane	Liquide huileux, clair à incolore, sans odeur
Dodécaméthylcyclohexasiloxane  $C_{12}H_{36}O_6Si_6$	540-97-6	208-762-8	Dodecaméthylcyclohexasiloxane ; D6 ; cyclohexasiloxane 2,2,4,4,6,6,8,8,10,10,12,12- dodécaméthyl-1,3,5,7,9,11- hexaoxa-2,4,6,8,10,12- hexasilacyclododécane ; Dodecaméthyl cyclohexasiloxane	Liquide incolore
Cyclométhicone	69430-24-6	-	Diméthylcyclosiloxane ; UVCB : mélange D4 D5 et D6 en proportions variables	Liquide

<p>Tétradécaméthylcycloheptasiloxane</p>  <p>$C_{14}H_{42}O_7Si_7$</p>	107-50-6	203-496-9	<p>D7 ; Cycloheptasiloxane ; 2,2,4,4,6,6,8,8,10,10,12,12,14,14-tetradecamethyl-1,3,5,7,9,11,13-hepta-2,4,6,8,10,12,14-heptasilacyclotetradecane</p>	Liquide incolore
<p>Hexadécaméthylcyclooctasiloxane</p>  <p>$C_{16}H_{48}O_8Si_8$</p>	556-68-3	209-137-2	<p>D8 ; hexadécaméthyl-Cyclooctasiloxane ; 2,2,4,4,6,6,8,8,10,10,12,12,14,14,16,16-Hexadécaméthylcyclohexadécane octasiloxane</p>	-
<p>Octadécaméthylcyclononasiloxane</p>  <p>$C_{18}H_{54}O_9Si_9$</p>	556-71-8	-	<p>D9 ; Octadécaméthylcyclooctadécane nonasiloxane ; 2,2,4,4,6,6,8,8,10,10,12,12,14,14,16,16,18,18-Octadécaméthylcyclononasiloxane</p>	-
<p>Eicosaméthylcyclodécasiloxane</p>  <p>$C_{20}H_{60}O_{10}Si_{10}$</p>	18772-36-6	-	<p>D10 ; 2,2,4,4,6,6,8,8,10,10,12,12,14,14,16,16,18,18,20,20-icosaméthyl-1,3,5,7,9,11,13,15,17,19-deca-2,4,6,8,10,12,14,16,18,20-decacyclodécasiloxane</p>	-

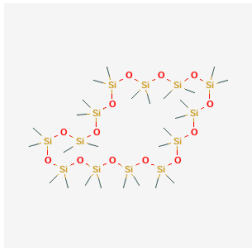
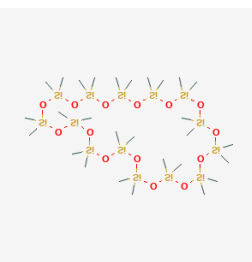
<p>Docosamethylcycloundecasiloxane</p>  <p>$C_{22}H_{66}O_{11}Si_{11}$</p>	18766-38-6	-	<p>D11 ; 2,2,4,4,6,6,8,8,10,10,12,12,14,14, 16,16,18,18,20,20,22,22- docosamethyl- 1,3,5,7,9,11,13,15,17,19,21- undeca-oxa- 2,4,6,8,10,12,14,16,18,20,22- undecasilacyclodocosane</p>	-
<p>Tetracosamethylcyclododecasiloxane</p>  <p>$C_{24}H_{72}O_{12}Si_{12}$</p>	18919-94-3	-	<p>D12 ; 2,2,4,4,6,6,8,8,10,10,12,12,14,14, 16,16,18,18,20,20,22,22,24,24- tetracosamethyl- 1,3,5,7,9,11,13,15,17,19,21,23- dodeca-oxa- 2,4,6,8,10,12,14,16,18,20,22,24- dodecacyclotetracosane</p>	-
<p>Hexacosamethylcyclotridecasiloxane</p>  <p>$C_{26}H_{78}O_{13}Si_{13}$</p>	23732-94-7	-	<p>D13 ; 2,2,4,4,6,6,8,8,10,10,12,12,14,14, 16,16,18,18,20,20,22,22,24,24,2 6,26-hexacosamethyl- 1,3,5,7,9,11,13,15,17,19,21,23,2 5-trideca-oxa- 2,4,6,8,10,12,14,16,18,20,22,24, 26-tridecacyclohexacosane</p>	-
<p>Octacosamethylcyclotetradecasiloxane</p>  <p>$C_{28}H_{84}O_{14}Si_{14}$</p>	149050-40-8	-	<p>D14 ; 2,2,4,4,6,6,8,8,10,10,12,12,14,14, 16,16,18,18,20,20,22,22,24,24,2 6,26,28,28-octacosamethyl- 1,3,5,7,9,11,13,15,17,19,21,23,2 5,27-tetradeca-oxa- 2,4,6,8,10,12,14,16,18,20,22,24, 26,28- tetradecacyclooctacosane</p>	-

Tableau 1 : Caractéristiques générales des principaux cyclosiloxanes, d'après INRS et ECHA. NB : au-delà de X=6, les usages de DX semblent plus confidentiels.

Le tableau n°1, ci-dessus, recense les caractéristiques générales des cyclosiloxanes. D'autres synonymes et noms commerciaux que ceux répertoriés dans ce tableau sont rapportés dans la section 2.1.3.

D'autres cyclosiloxanes avec un nombre de liaisons Si-O supérieurs à 14 (DX>14) auraient été identifiés (Kawamura Y. , Nakajima, Mutsuga, Yamada, & Maitani, 2001). De plus, il est possible de trouver sur le marché de nombreux autres cyclosiloxanes dans lesquels les groupements méthyles sont remplacés afin d'en modifier les propriétés, mais ces cyclosiloxanes modifiés ne seront pas répertoriés ici².

1.2 Réglementations

Les paragraphes ci-après présentent les principaux textes en vigueur à la date de la rédaction de cette fiche encadrant la fabrication, les usages et les émissions des cyclosiloxanes. Cet inventaire n'est pas exhaustif. Ceux-ci évoquent quasi-exclusivement les cyclosiloxanes D4 à D6 ainsi que leur mélange (cyclométhicone) étant donné que les autres cyclosiloxanes ne font pas l'objet d'une attention particulière pour le moment.

À l'heure actuelle, il n'y a pas de législation de l'Union Européenne qui contrôle spécifiquement l'utilisation et/ou les émissions dans l'environnement de l'ensemble des cyclosiloxanes.

Les sites qui fabriquent ou utilisent des cyclosiloxanes en grandes quantités (par exemple du D4 ou D5, pour la production de polymères et de silice amorphe) peuvent être soumis à la législation applicable en matière de qualité de l'air, des sols et des eaux, en particulier la directive sur les émissions industrielles (Directive 2018/75/UE du parlement européen et du conseil relative aux émissions industrielles).

Le D4, D5 et D6 sont concernés par le règlement (CE) N°1223/2009 du parlement européen et du conseil relatif aux produits cosmétiques appelé « règlement cosmétique » applicable à compter du 11 juillet 2013.

L'octaméthylcyclotétrasiloxane (D4) a été ajouté à la liste des substances interdites (annexe II) dans les cosmétiques suite au règlement (UE) 2019/831 de la commission du 22 mai 2019 qui modifie les annexes II, III et IV du règlement (CE) n° 1223/2009 relatif aux produits cosmétiques.

En 2016, l'Union Européenne a proposé l'inscription de l'octaméthylcyclotétrasiloxane (D4) à l'annexe A, B et/ou C de la convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants.

Des dispositions spécifiques au Règlements Européen REACH sur les substances chimiques existent et sont détaillées dans la section suivante.

1.2.1 Textes généraux

1.2.1.1 REACH

Dans le cadre du règlement REACH, l'ECHA a évalué les effets environnementaux potentiels du D4/D5 et D6. Sur la base de cette évaluation, le D4 répond aux critères de l'Annexe XIII pour l'identification en tant que substance persistante, bioaccumulable et toxique (PBT) et très persistante, très bioaccumulable (vPvB), le D5 répond aux critères de substance vPvB, le D6 répond aux critères de substance vPvB. Le D5 et D6 répondent aux critère PBT dès lors que le D5 contient du D4 dans une concentration $\geq 0.1\%$ w/w en poids de chaque substance et que le D6 contient du D4 ou du D5 dans une concentration $\geq 0.1\%$ w/w en poids de chaque substance.

Ainsi, le D4, D5 et D6 ont été inclus en juin 2018 dans la liste des substances extrêmement préoccupantes candidates en vue d'une autorisation (liste SHVC) en tant que substances PBT et vPvB (ECHA, 2018).

Le D4 et le D5 font partie de l'annexe XVII (liste des restrictions, entrée 70) de REACH : après le 31 janvier 2020, la concentration de D4 et/ou D5 dans les produits cosmétiques à rincer après application ("wash-off") mis sur le marché devra être inférieure à 0,1% en poids de l'une ou l'autre des substances (règlement (UE) 2018/35 de la commission du 10 janvier 2018 modifiant l'annexe XVII du règlement (CE) no 1907/2006 du Parlement européen et du Conseil concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances

² Un exemple significatif est celui des siloranes, qui sont des résines basées sur une structure cyclosiloxane, qui sont largement utilisées dans les matériaux de restauration dentaire.

(REACH), en ce qui concerne l'octaméthylcyclotétrasiloxane (D4) et le décaméthylcyclopentasiloxane (D5)).

L'ECHA évalue une proposition de nouvelle restriction dans le cadre du règlement REACH qui étendrait le champ de l'entrée actuelle D4/D5 de l'annexe XVII (ECHA, 2019):

- Une interdiction du placement sur le marché du D4 D5 et D6 en tant que substance, ou en tant que composants d'un mélange dans une concentration égale ou supérieure à 0,1% w/w en poids de chaque substance.

Cette nouvelle restriction entrerait en vigueur :

- 5 ans après l'inscription dans le journal officiel pour les produits cosmétiques sans rinçage « wash-off ».
- 10 ans après l'inscription dans le journal officiel pour l'usage de D5 dans les produits de lavage à sec.
- 2 ans après l'inscription dans le journal officiel pour les usages D4 à D6 restant.

Une dérogation serait prévue pour les usages suivant :

- Usages sur sites industriels (production de silicones) et en tant qu'intermédiaire isolé transporté respectant les points (a) à (f) du paragraphe n°4 de l'article 10 de la réglementation REACH.
- Dispositifs médicaux employés dans le traitement des cicatrices et blessures.
- Les dispositifs médicaux de stomie.
- Entretien et restauration des œuvres d'arts et antiquités (pour D5 et D6 uniquement).
- Usage de D5 dans le lavage à sec, dès lors que le liquide de lavage du système serait recyclé ou incinéré tout en prévenant les rejets dans l'atmosphère et les eaux usées.
- Usages en tant que mélanges dans les mastics employés dans le secteur de la construction ainsi que dans les dispositifs médicaux dans une concentration donnée³ w/w en poids de chaque substance.

1.2.1.2 Directive Cadre Eau (DCE)

- Les cyclosiloxanes ne font pas partie des substances prioritaires citées dans la directive 2000/60/CE du 23/10/2000 modifiée.

1.3 Valeurs et normes appliquées en France

1.3.1 Seuils de rejets pour les installations classées et les stations de traitement des eaux usées

Les installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) soumises aux régimes d'autorisation et d'enregistrement doivent respecter les seuils de rejets de polluants vers les eaux fixés par l'arrêté du 2 février 1998 relatif aux prélèvements et à la consommation d'eau ainsi qu'aux émissions de toute nature des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation. Aucun seuil n'est spécifié pour les cyclosiloxanes.

Quant aux stations de traitement des eaux usées (STEU), l'arrêté du 21 juillet 2015 relatif aux systèmes d'assainissement collectif et aux installations d'assainissement non collectif, à l'exception des installations d'assainissement non collectif recevant une charge brute de pollution organique inférieure ou égale à 1,2 kg/j de DBO5 fixe un cadre de gestion des systèmes d'assainissement. Aucune disposition spécifique aux rejets des cyclosiloxanes n'est présente dans cet arrêté.

³ Les concentrations limites ne sont pas fixées pour le moment.

De plus, l'arrêté du 11/12/14 modifiant l'arrêté du 31 Janvier 2008 relatif au registre et à la déclaration annuelle des émissions polluantes et des déchets s'applique aux établissements mentionnés à l'annexe I dont font partie les installations classées soumises à autorisation ou enregistrement, à l'exclusion des élevages excepté les installations relevant de la rubrique 3660, ainsi que les STEU urbaines d'une capacité nominale supérieure à 6 000 kg/j de DBO5 (100 000 équivalents habitants). Les cyclosiloxanes ne font pas partie de la liste des substances dont les rejets sont soumis à une déclaration auprès de ce registre.

1.3.2 Normes de Qualité Environnementale (NQE) et Valeur Guide environnementale (VGE)

Dans le cadre de la surveillance de la pollution des eaux, des normes de qualité environnementale (NQE) pour les eaux de surfaces ont été établis au niveau communautaire par la directive 2008/105/CE faisant partie d'un contexte plus large sur la gestion durable des eaux fixée par la directive cadre sur l'eau (DCE). Ces dispositions ont été transposées au niveau national dans le cadre de l'arrêté du 25 janvier 2010 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux et de l'arrêté du 8 juillet 2010 établissant la liste des substances prioritaires et fixant les modalités et délais de réduction progressive et d'élimination des déversements, écoulements, rejets directs ou indirects respectivement des substances prioritaires et des substances dangereuses.

Ainsi, pour le moment il n'existe pas de NQE associé aux cyclosiloxanes au niveau communautaire et au niveau national. De plus, l'INERIS n'a pas établis de valeur guide environnementale (VGE) dans l'eau pour les cyclosiloxanes (portail substance INERIS).

1.3.3 Valeurs appliquées en milieu professionnel

Valeurs proposées par l'Anses en 2019 :

D5 : valeur limite d'exposition professionnelle court terme (VCLT-15min) de 2500 mg.m⁻³ (ou 160 ppm).

Compte tenu des données disponibles, l'Anses ne recommande pas la fixation d'une VLEP-8h, ni de mention « peau » et de mention « bruit ».

D4 : Recommandation : VLEP-8h : 130 mg.m⁻³ et VLCT-15min pragmatique : 650 mg.m⁻³

1.3.4 Valeurs appliquées pour la qualité des eaux de consommation

L'Annexe I de l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine ne fixe pas de teneur maximale pour les cyclosiloxanes.

1.4 Autres textes

1.4.1 Eaux de rejet (action RSDE)

Les cyclosiloxanes ne sont pas concernés par l'action nationale de recherche et de réduction des rejets de substances dangereuses dans les eaux (RSDE), dont l'objectif est de mieux connaître les émissions industrielles (installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) et les stations de traitement des eaux usées (STEU)) afin d'identifier et de prioriser le cas échéant les réductions, voire les suppressions des émissions vers le milieu aquatique de certaines substances dangereuses. Cette action est désormais terminée et fait l'objet d'un rapport de l'INERIS⁴.

⁴

https://rsde.ineris.fr/doc/docs%20rsde/Rapport_DRC-15-136871-11867E_RSDE_STEU_V_Publique.pdf

1.4.2 Eaux souterraines

Les cyclosiloxanes ne font pas partie liste des substances dangereuses de l'arrêté du 17 juillet 2009 relatif aux mesures de prévention ou de limitation des introductions de polluants dans les eaux souterraines.

1.4.3 Eaux de surface

Les cyclosiloxanes ne font pas partie des listes des substances à surveiller / substances pertinentes⁵ dans les annexes II et III de l'arrêté du 25 janvier 2018 établissant le programme de surveillance de l'état des eaux en application de l'article R. 212-22 du code de l'environnement.

1.4.4 Contact alimentaire

Les cyclosiloxanes ne font pas partie de la liste des **monomères** autorisés par le RÈGLEMENT (UE) N°10/2011 (Annexe I) concernant les matériaux et objets en matière plastique destinés à entrer en contact avec des denrées alimentaires. Il est à noter que le PDMS, polymère silicone linéaire non volatil pour lequel la fabrication utilise des cyclosiloxanes, est quant à lui autorisé. Ainsi il est possible que des cyclosiloxanes concernent les moules siliconés, comme cela a été montré dans une étude réalisée sur le marché norvégien, conduisant ainsi à une exposition humaine et des rejets dans l'environnement (Cederberg & Jensen, 2017).

1.4.5 Jouets

Les cyclosiloxanes ne font pas l'objet de dispositions réglementaires (interdiction, limite de migration...) issues de la Directive 2009/48/CE relative à la sécurité des jouets.

1.4.6 Dispositifs médicaux

Les dispositifs médicaux (DM) disposent d'un nouveau cadre juridique en vigueur depuis 2017 qui entrera en application en mai 2020, et s'appuyant sur :

- Le règlement 2017/745 pour les DM, incluant les DM implantables actifs désormais, abrogeant les directives 93/42/CEE et 90/385/CEE (DM implantables actifs) et modifiant la directive 2001/83/CE (médicaments à usage humain), le règlement (CE) no 178/2002 (législation alimentaire) et le règlement (CE) no 1223/2009 (produits cosmétiques).
- Le règlement 2017/746 spécifique aux DM de diagnostic in vitro abrogeant la directive 98/79/CE et la décision 2018/227/UE (création d'une base de données des DM).

Les nouveaux règlements en matière de DM s'accompagnent de la création d'une base de données « Eudamed » qui répertoriera diverses informations associées aux DM identifiés par un matricule unique (IUD) et notamment des informations relatives à la sécurité et mise sur le marché des DM, investigations cliniques ou encore les opérateurs économiques identifiés.

Les cyclosiloxanes peuvent entrer dans la composition de DM au travers des divers usages de polymères siliconés directement (ECHA, 2019) ou entrant dans la composition d'un polymère et donc potentiellement présents en tant qu'impuretés (NuSil, 2019) (voir section 2.2).

On relève à ce titre la décision du 30 avril 2013 de l'ANSM portant sur la suspension de la mise sur le marché, de la distribution et de l'utilisation des implants mammaires préremplis de gel de silicone de la marque M-Implants© mis sur le marché par la société ROFIL MEDICAL IMPLANTS (Ltd) et fabriqués par la société HANSBIOMED.

Ce dispositif induisait notamment un risque de diffusion de D4 et D5 dans l'organisme.

Enfin, le projet de restriction des usages du D4, D5 et D6 dans le cadre du règlement REACH en cours d'évaluation (ECHA, 2019) impactera certains usages dans les DM, mais prévoit une dérogation pour les usages de D4, D5 et D6 plusieurs d'entre eux (voir section 1.2.1).

⁵ Contrairement aux substances de l'état chimique et de l'état écologique, les substances pertinentes à surveiller ne sont pas utilisées pour évaluer l'état des eaux de surface. Il s'agit de substances recherchées pour préciser les niveaux de présence et de risque associés à ces substances, en vue d'une possible inclusion dans les listes de polluants spécifiques.

1.4.7 Cosmétiques

Les produits cosmétiques sont régis par le règlement européen (CE) No 1223/2009.

Le Règlement (CE) no 1223/2009 définit les produits cosmétiques à l'article 2, paragraphe 1, point a) et établit une distinction entre :

- Produit cosmétique à rincer, un produit cosmétique destiné à être enlevé après application sur la peau, le système pileux ou les muqueuses (« rinse-off cosmetics »).
- Produit cosmétiques sans rinçage, un produit cosmétique destiné à rester en contact prolongé avec la peau, le système pileux ou les muqueuses (« leave-on cosmetics »).

Or, dans l'état actuel de la réglementation⁶, le D4 et le D5 ne doivent pas être mis sur le marché après le 31 janvier 2020 dans une concentration égale ou supérieure à 0,1 % en poids de chaque substance dans les produits cosmétiques à rincer qui, dans des conditions normales d'utilisation, sont éliminés par rinçage avec de l'eau après application (« wash-off » cosmetics)⁷.

L'octaméthylcyclotétrasiloxane (D4) a été ajouté à la liste des substances interdites (annexe II) dans les cosmétiques suite au règlement (UE) 2019/831 de la commission du 22 mai 2019 qui modifie les annexes II, III et IV du règlement (CE) n°1223/2009 relatif aux produits cosmétiques.

De plus, une nouvelle proposition de restriction des usages du D4, D5 et D6 est en cours d'instruction à l'ECHA (ECHA, 2019), celle-ci prévoirait d'étendre la précédente restriction à l'ensemble des usages cosmétiques (voir section 1.2.1).

1.4.8 Réglementation extra Européenne

1.4.8.1 Convention OSPAR

Les cyclosiloxanes ne sont pas concernés par cette Convention.

1.4.8.2 Convention de Rotterdam

Les cyclosiloxanes ne font pas partie de la liste des substances inscrites à l'annexe III de la convention de Rotterdam.

1.4.8.3 Convention de Stockholm

En 2016, l'Union Européenne a proposé l'inscription de l'octaméthylcyclotétrasiloxane (D4) à l'annexe A, B et/ou C de la convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants.


1.5 Classification et étiquetage

Parmi les principaux cyclosiloxanes seul le D4 a une classification et un étiquetage harmonisés au regard du règlement 1272/2008 dit règlement CLP :

⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0035&from=FR>

⁷ On peut considérer les cosmétiques à rincer à l'eau (« wash-off » cosmetics) comme une sous-catégorie des cosmétiques à rincer (« rinse-off cosmetics »)

Tableau 2 : Classification CLP harmonisée des principaux cyclosiloxanes selon l'ECHA
(<http://echa.europa.eu/> - consulté en Novembre 2019)

	Classification		Etiquetage	
	Classes et catégories de dangers	Codes des mentions de danger	Code des pictogrammes mention d'avertissement	Code des mentions des dangers
D3 541-05-9	-	-	-	-
D4 556-67-2	Repr. 2 Aquatic chronic 4	H361f*** H413	GHS08 	H361f*** H413
D5 541-02-6	-	-	-	-
D6 540-97-6	-	-	-	-
Cyclométhicone 69430-24-6	-	-	-	-

La table ci-après détaille les codes de danger associé aux cyclosiloxanes.

Tableau 3 : Mentions de danger associés au D4, d'après le règlement CLP

Code de danger	
Liste des classifications et des étiquetages harmonisés des substances dangereuses ; annexe VI, Tableau 3.1 du règlement CLP	
H361f***	Susceptible de nuire à la fertilité
H410	Très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme
H413	Peut-être nocif à long terme pour les organismes aquatiques

Cependant, un processus de mise à jour de la classification CLP est en cours (Risk Assessment Committee, 2018) motivé par le progrès des connaissances et pourrait être effectif d'ici 2020. Celui-ci propose de reclasser le D4 en « (H410), très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme » associé à un facteur M (Mobilité) de 10. Cela entraînerait l'ajout du pictogramme d'avertissement GHS09.

Les fabricants et importateurs notifient les dangers associés aux substances qu'elles produisent et importent auprès de l'ECHA. Ces notifications sont répertoriées dans la base de données de l'inventaire C&L⁸ et peuvent contenir des mentions supplémentaires vis-à-vis de la classification harmonisée. Un résumé en est dressé ci-après.

⁸ <https://echa.europa.eu/fr/information-on-chemicals/cl-inventory-database>

Tableau 4 : classification complémentaire notifiée par les importateurs et ou fabricants enregistrés par l'ECHA dans la base de données C&L

Substance	Nombre de notifications	Codes de danger
D3	742	Not classified (55%) Flam liquid 1 H228 (25%) Skin Irrit 2 H315(6%) Eye Irrit 2 H (6%) STOT SE 3 H335 (6%) Flam liquid 2 (>1%)
D4	6843	Flam liquid 3 H226 (61%) Aquatic chronic 2 H411 (1%) Acute Tox.1 H330 (>1%) Acute Tox. 3 H311 (>1%) Acute Tox. 4 H302 (>1%) Acute Tox. 4 H312 (>1%) Aquatic Acute 1 H400 (>1%) Aquatic chronic 1 H410 (>1%)
D5	8749	Not classified (49%) Aquatic chronic 4 H413 (2%) Skin Irrit. 2 H315 (>1%) Eye Irrit. 2 H319 (>1%) Acute Tox. 3 H331 (>1%) STOT SE 3 H335 (>1%)
D6	558	Not Classified Aquatic chronic 4 H413 (9%) Eye Irrit. 2 H319 (3%) Asp. Tox. 1 H304 (>1%)
Cyclométhicone	-	-

Le pourcentage des notifications incluant la mention de danger associé est renseigné entre parenthèses.

1.6 Sources naturelles de cyclosiloxanes

Les cyclosiloxanes sont des composés synthétiques et donc leurs émissions sont entièrement associées à des sources anthropogéniques.⁹

1.7 Sources non-intentionnelles de cyclosiloxanes

Les cyclosiloxanes participent à la fabrication de polymères siliconés tel que le PDMS aux nombreuses utilisations (voir section 2.2.2). La présence en tant qu'impuretés (dégradation ou polymérisation incomplète) et les émissions de cyclosiloxanes qui en résultent constituent des sources non-intentionnelles de cyclosiloxanes (voir section 3.1).

⁹ Cependant un article indique la présence de cyclosiloxanes au sein des feuilles d'une plante (*Thaumatococcus danielli*) endémique au Nigeria (Ojekale, et al., 2013).

2 PRODUCTION ET UTILISATIONS

2.1 Production et vente

2.1.1 Données économiques

Dans les sections suivantes, nous nous concentrons sur les cyclosiloxanes pour lequel il existe de l'information, à savoir les cyclosiloxanes D3 à D7.

Les cyclosiloxanes les plus couramment employés sont dans l'ordre décroissant le D4, le D5 et le D6 que l'on retrouve aussi sous forme de mélange appelée Cyclométhicone.

Tableau 5 : informations sur le marché européen des cyclosiloxanes issues des dossiers d'enregistrement de L'ECHA

Nom	C.A.S.	Production et imports européen (tpa)	Nombre de fournisseurs enregistrés à l'ECHA	Nombre de fournisseurs localisés en France enregistrés à l'ECHA
D3	541-05-9	1000 - 10 000	14	1
D4	556-67-2	10 000 – 100 000	39	2
D5	541-02-6	10 000 – 100 000	28	4
D6	540-97-6	10 000 – 100 000	12	3
D7	107-50-6	-	-	-
Cyclomethicone		-	-	-

Source : ECHA

L'ECHA compile des informations sur les quantités produites/importées en Europe ainsi que les fournisseurs européens. Ainsi les fournisseurs localisés en France suivants ont été identifiés :

- COSMETIQUE ACTIVE INTERNATIONAL 28 rue du Président Wilson 03200 VICHY France (D6)
- Dow France SAS 23 Avenue Jules Rimet 93200 La Plaine Saint Denis France (D3)
- ELKEM SILICONES FRANCE S.A.S. Immeuble DANICA 21, Avenue Georges Pompidou 69003 Lyon France (D3 D4 D5 D6)
- L'OREAL 14 rue Royale 75008 Paris France (D5)
- L'OREAL PRODUITS DE LUXE INTERNATIONAL 106 rue Danton 92300 LEVALLOIS PERRET France (D5 D6)
- SOPROCOS ZI Le Moulin de tous vents GAUCHY - BP294 02106 SAINT QUENTIN Cedex France (D5)

L'ECHA ne dispose pas de ces informations pour le moment pour les cyclosiloxanes DX>6 et le cyclométhicone (seulement pré-enregistrés).

Cependant, les plateformes de commerce de substances chimiques nous permettent d'identifier deux potentiels fournisseurs, en Allemagne¹⁰ et au Royaume-Uni¹¹, pour le D7 ainsi que deux fournisseurs en Allemagne (Waker Chemie AG, Service Chemical Inc.) pour le cyclométhicone¹² parmi les acteurs économiques localisés en Europe. Il est à noter qu'un grand nombre de fournisseurs sont aussi localisés en Chine.

¹⁰ https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB8900269.htm

¹¹ <https://www.lookchem.com/newsell/search.aspx?key=107-50-6&countryId=9&businessType=&manufacturerId=0&enterprise=False&sorts=&p=1>

¹² https://www.chemicalbook.com/ProductList_En.aspx?cbn=CB0500393&a=Germany&left=True#J_Condition

Ces informations ne constituent pas une liste exhaustive des producteurs/importateurs en Europe. En effet, il peut être difficile, du fait du manque de fiabilité des appellations commerciales, de savoir si un produit est bien du cyclométhicone (un mélange de plusieurs cyclosiloxanes aux proportions variables associés à un CAS distinct) ou un cyclosiloxanes précis tel que le D6 vendu sous le nom de « Cyclométhicone 6 »¹³.

Enfin d'après l'ECHA, il existerait 4 sites de production en Europe de D4, D5 et D6 représentant des capacités de production allant jusqu'à 200 000 t/an pour le D4, 50 000t/an pour le D5 et 6000 t/an pour le D6 (ECHA, 2019).

Tableau 6 : Estimation de prix des différents cyclosiloxanes

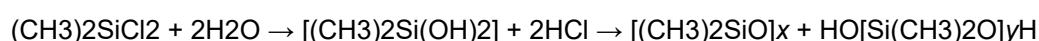
Nom	C.A.S.	Prix
D3	541-05-9	240 - 1500 € / Kg
D4	556-67-2	4000€/t
D5	541-02-6	4000€/t
D6	540-97-6	4000€/t
D7	107-50-6	200 – 297€/ml
CYCLOMÉTHICONE	69430-24-6	0.90 – 62 €/kg

Source : Chembid, lookchem, chemicalbook ECHA

L'ECHA concluait que 4000 €/t représentait une relativement bonne estimation du prix de marché des cyclosiloxanes D4, D5 et D6 au vu des informations collectées dans le dossier de proposition de restriction Annex XV REACH de 2015 à l'initiative du Royaume-Uni (United Kingdom, 2015), information qui semble corroborée par les prix observables sur les sites marchands tels que chembid, lookchem, alibaba... Les substances chimiques sont des biens pour lesquels il est difficile et dangereux de se livrer à un exercice d'extrapolation de prix, c'est pourquoi les prix ci-dessus sont difficilement comparables quand ils portent sur des quantités différentes.

2.1.2 Procédé de production

L'industrie chimique produit les cyclosiloxanes par hydrolyse de Dimethyldichlorosilane (n°CAS 75-78-5) co-produisant des cyclosiloxanes ainsi que des siloxanoles (UK Environment Agency, 2009) :



Le ratio entre produits cyclosiloxanes (x = 3, 4, 5, 6...) et siloxanoles (y = 2, 3, 4...) ainsi que les oligomères produits (valeur de x et y) sont déterminés par les paramètres du procédé tels que la quantité d'eau, l'acidité, l'usage de solvants (Chandra, 1997). Les cyclosiloxanes peuvent ensuite être séparés par distillation (Palaprat & Ganachaud, 2003).

2.1.3 Noms commerciaux des Cyclosiloxanes

Différents sites internet indiquent un grand nombre de noms commerciaux et de synonymes (cf. Tableau 7).

¹³ Site de l'organisme USP consulté en Avril 2020 : <http://store.usp.org>

Tableau 7 : Autres synonymes et noms commerciaux

Synonymes et noms commerciaux
Hexaméthylcyclotrisiloxane (D3)
Cyclotrisiloxane TRIMERE D3 TSL8433
Octaméthylcyclotétrasiloxane (D4)
Cyclotétrasiloxane Dowsil 244 fluid DOW CORNING(R) 244 FLUID F-28 F-42S KF-994 Octame.cy.tetrasil SF 1173 SILBIONE TETRAMERE D4 T-07V T-206 TETRAMERE D4 NUC silicone VS 7207 Cyclomethicone 4 Cyclic dimethylsiloxane tetramer Cyclotétrasiloxane, octaméthyl- OMCTS Silicone SF 1173 UNII-CZ227117JE Union carbide 7207 Tetracyclomethicone
Décaméthylcyclopentasiloxane (D5)
Cyclopentasiloxane Baysilone D5G BRB CM 50 Calsil CV 50 Calsil IV 50 DOW CORNING(R) 245 FLUID EXO T216S KF995 PENTAMERE D5 SILBIONE PENTAMERE D5 SB32 SHTSF405 Silsoft 1202-LT SL25 T-216B TSF405

<p>XE14-B9042C Cyclic dimethylsiloxane pentamer Cyclopentasiloxane, decamethyl- Dow corning 345 NUC silicone VS 7158 Silicon SF 1202 UNII: 0THT5PCI0R Union carbide 7158 silicone fluid</p>
<p>Dodécaméthylcyclohexasiloxane (D6)</p>
<p>Cyclohexasiloxane Baysilone SF 1217 DOW CORNING(R) 246 FLUID Cyclohexasiloxane, dodecamethyl- KF-996S UNII: XHK3U310BA Cyclométhicone 6</p>
<p>Tétradécaméthylcycloheptasiloxane (D7)</p>
<p>Cycloheptasiloxane Tetradecamethyl-cycloheptasiloxane</p>
<p>Cyclométhicone</p>
<p>Cyclopolydimethylsiloxane Dimethylcyclosiloxanes Cyclomethicone Dow corning 344 Dow corning 344 fluid Dow corning X2-1401 HSDB 7827 KF 993 Polydimethyl siloxy cyclics Polydimethylcyclosiloxane Q2-1401 Sentry Cyclomethicone SWS 03314 SWS-F222 UNII-NMQ347994Z VS-7158 VS-7207 VS-7349 X 2-1401</p>

Sources : ECHA, USNLM, Portail substances chimiques INERIS, chembid

2.2 Utilisations

2.2.1 Aperçu général

Les cyclosiloxanes sont principalement employés dans l'industrie chimique en tant que matière première afin de produire des polymères silicones (ECHA, 2019) (Australian Department of Health, 2018) dont le plus courant est le Polydimethylsiloxane (PDMS) et qui rencontrent de nombreuses applications (Biron, 2007) dans des biens de consommations en contact avec le public ou à usages professionnels. En effet, le D4, le D5 et le D6 ont été identifiés dans les usages suivants (Tableau 8) :

Tableau 8 : usages des cyclosiloxanes D4, D5 et D6 identifiés par l'ECHA, autres que pour la production de silicones

Usages	Substances
Produits cosmétiques sans rinçages (« leave-on cosmetics »)	D4 D5 D6
Produits cosmétiques à rincer (« wash-off cosmetics »)	D6
Nettoyage à sec	D5
Détergents et autres produits d'entretien pour le foyer et les véhicules	D5 D6
Dispositifs médicaux	D5 D6
Produits pharmaceutiques	D5 D6
Entretien et restauration des œuvres d'arts et antiquités	D4 D5
Mousse rigide de polyuréthane	D5

Source : (ECHA, 2019)

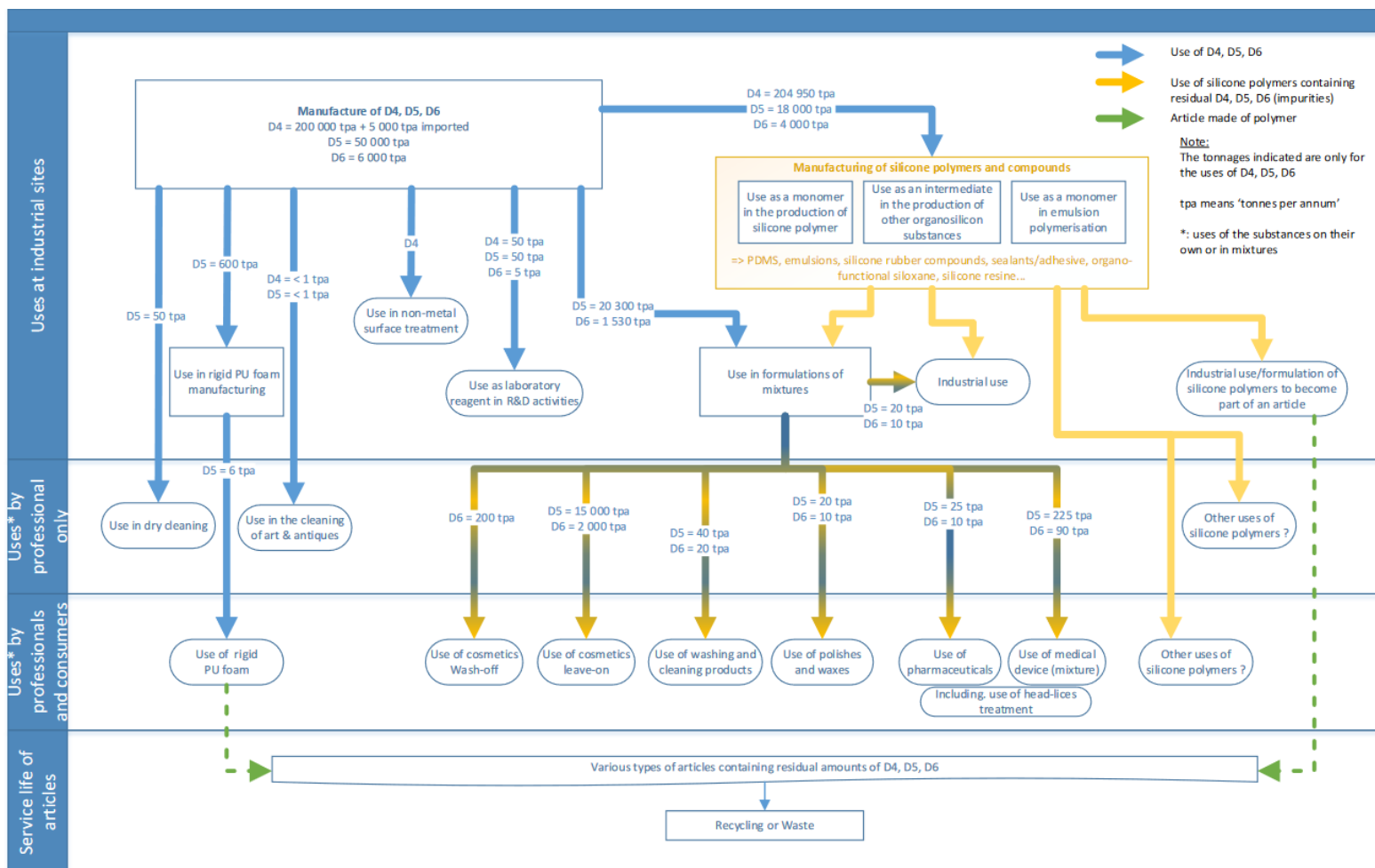
A noter qu'ils peuvent y être présents individuellement ou bien sous forme de mélange (cyclométhicone) aux proportions de cyclosiloxanes variables. De plus, tout comme leurs usages dans les silicones, il ne peut être exclu que les cyclosiloxanes soit présents les uns dans les autres de manière non intentionnelle en tant qu'impuretés dans les produits ou parties d'articles dans lequel on les retrouve.

Il semblerait que le D3 ne soit utilisé qu'en tant qu'intermédiaire de production dans l'industrie chimique pour produire des silicones (OECD, 2008). En effet, aucune source ne mentionne d'usage tel que les cosmétiques. Cependant, comme l'ensemble des cyclosiloxanes, il est possible que celui-ci soit présent en faible concentration en tant qu'impureté dans les silicones mais aussi dans les produits contenant d'autres cyclosiloxanes en tant que tel ou en mélange (Cyclométhicone) (Johnson JR, 2011).

Très peu d'informations sur les usages du D7 sont disponibles (Australian Department of Health, 2018) ce qui est probablement lié à un plus faible marché. Cependant on peut en trouver des traces dans les silicones ainsi que des autres cyclosiloxanes et produits les contenant (Johnson JR, 2011) (Australian Department of Health, 2018).

Dans le cadre de l'analyse d'une restriction des cyclosiloxanes D4, D5 et D6 dans les cosmétiques, l'ECHA évalue leur flux dans l'économie puis vers l'environnement ainsi :

Figure 1 : Analyse des flux des cyclosiloxanes D4 D5 et D6



Source : (ECHA, 2019)

- Le D4, le plus produit des 3 avec 200 000 t/an en Europe, est principalement employé dans la production de silicones qui vont servir à leur tour dans de nombreuses applications
- Le D5, 50 000 t/an produites en Europe, qui semble rencontrer une gamme d'usages en tant que tel plus variée est quant à lui principalement employé dans l'industrie chimique des silicones (18 000 t/an) puis, en tant que tel ou en mélange, dans les cosmétiques (15 000 t/an de produits cosmétiques sans rinçages).
- Le D6, le moins utilisé des 3 avec 6 000 t/an, est principalement employé dans l'industrie des silicones aussi avec 4000 t/an, puis dans les cosmétiques avec ou sans rinçage en tant que tel ou en mélange (2 200 t/an).

Dans les deux sections suivantes, on aborde spécifiquement les deux usages principaux en termes de tonnage : production de silicones et usages dans les cosmétiques. Les autres usages seront traités ensemble dans une troisième section.

2.2.2 Production de silicones

Les cyclosiloxanes, et plus particulièrement le D4, sont principalement employés dans la production de polysiloxanes, notamment le Polydimethylsiloxane (PDMS) (Australian Department of Health, 2018) :

Tableau 9 : Estimation des quantités de cyclosiloxanes employées dans l'industrie des silicones en Europe

Substance	Quantités utilisées dans la fabrication de silicones
D4	204 950 t/an
D5	18 000 t/an
D6	4000 t/an
D3	1 000 - 10 000 t/an ¹⁴
D7	Inconnue

Source : (ECHA, 2019)

Plus communément appelés silicones, les polysiloxanes vont, en fonction des substances polymérisées, pouvoir répondre à divers besoins (Andriot, 2007) et forment une vaste catégorie de gels, fluides, gommes, élastomères, résines dont voici une liste non exhaustive d'usages (Biron, 2007). :

Tableau 10 : exemples d'application des silicones

Listes d'applications des silicones (Non exhaustive)		
<ul style="list-style-type: none"> - Additifs peintures et résines, cires, polish - Adhésifs - Agents de démoulage - Antiadhésifs - Antibuée - Antimousses - Diffusion de la chaleur pour systèmes électroniques - Écrans électromagnétiques et radiofréquences (EMI/RFI) - Écrans thermiques - Élastomères conducteurs - Émulsifiants, cosmétiques - Revêtements de fils et câbles - Ustensiles et accessoires de cuisson 	<ul style="list-style-type: none"> - Ensimage et traitement des textiles - Équipement de protection, masques - Équipement électrique et électronique - Ferrofluides - Fluides caloporteurs - Fluides de frein - Huiles diélectriques - Hydrofugation - Implants - Isolateurs électriques - Jouets - Lubrifiants internes et externes, lubrifiants hydrosolubles - Mastics 	<ul style="list-style-type: none"> - Pièces pour matériel de bureau, claviers souples, revêtements de rouleaux, mousses - Pièces pour matériel industriel, revêtements de rouleaux, tuyaux, mousses, claviers souples - Pièces pour médical, pharmacie et parapharmacie - Polymères intelligents - Produits de soins et beauté - Produits d'ennoblissement des textiles - Produits de traitement des papiers - Profilés extrudés, joints - Prothèses - Retardateurs de corrosion

Source : (Biron, 2007)

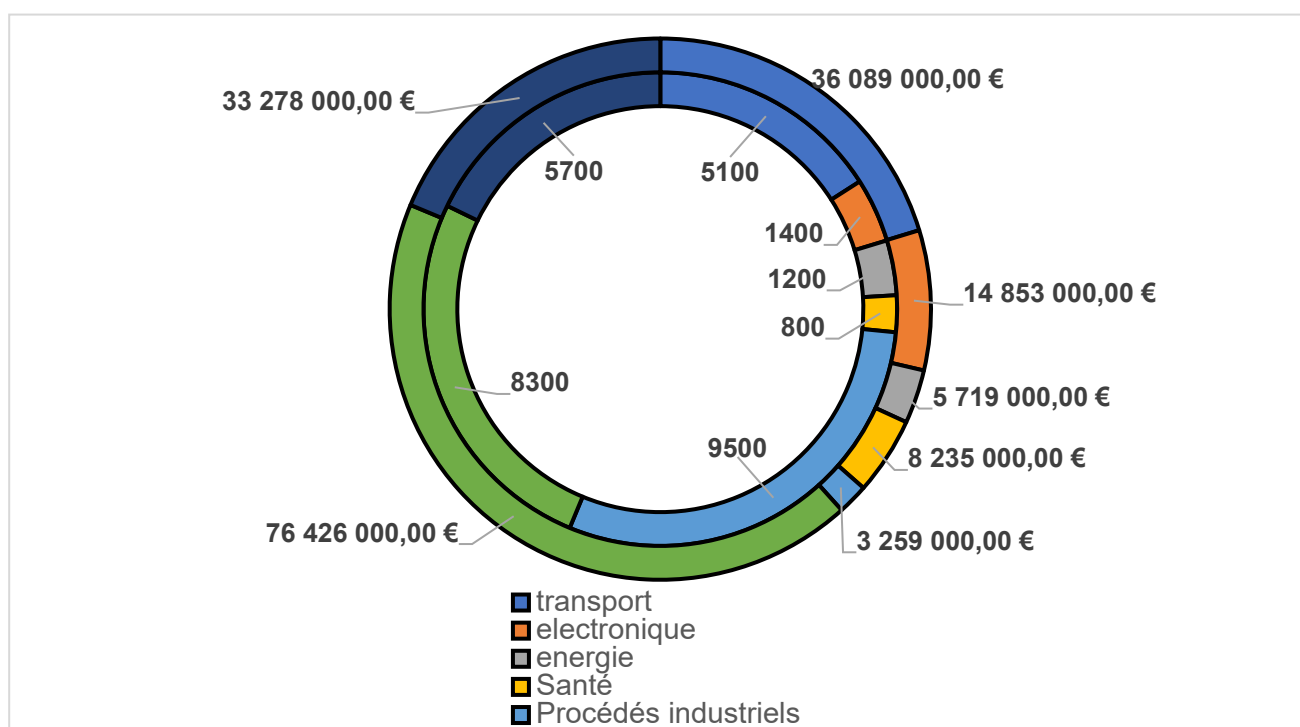
¹⁴ Comme précédemment développée, le D3 semblerait exclusivement employé dans la production de silicones (section 2.2.1), or celui-ci

Les ventes de produits siliconés atteindraient les 32 000 tonnes, soit 213 millions € de chiffre d'affaire, en France pour l'année 2013 d'après les industriels de la filière du silicone (Global Silicones Council, 2016). Le rapport distingue les 8 secteurs d'utilisation pour les silicones suivants :

- Transport
- Construction
- Energie (panneaux solaires, isolation)
- Electronique
- Santé
- Procédés industriels (antimoussant, démoulage, revêtements...)
- Soins personnels et biens de consommation
- « Systèmes spéciaux » (incluant des usages textiles, adhésifs, revêtements, agrochimiques, imprimerie)

Les ventes sont réparties de la manière suivante entre ces secteurs :

Figure 2 : Répartition des ventes de silicones par secteurs en France en 2013



Source : (Global Silicones Council, 2016)

Les cercle intérieur et extérieur renseignent respectivement sur les tonnes vendues et les chiffres d'affaires associés. A noter, que les informations sur le secteur de la construction sont absentes pour la France, et que la répartition réelle est ainsi probablement différente dans des proportions inconnues.

2.2.3 Cosmétiques

Les cosmétiques représentent l'utilisation (hors usages dans les silicones) la plus importante en termes de tonnages en Europe (ECHA, 2019) avec environ 18 000 t/an (en incluant les usages indirects par leur présence dans des silicones qui sont à leur tour utilisés dans les cosmétiques).

Ce sont les cyclosiloxanes D4, D5 et D6 qui sont principalement retrouvés dans les produits cosmétiques, dans lesquels ils remplissent notamment les 3 principales fonctions suivantes (ECHA, 2019) :

- Agent de conditionnement pour la peau
- Agent de conditionnement pour les cheveux (émollient)

- Solvant (émulsif)¹⁵

En effet, étant donné leurs propriétés physiques, ils sont grandement appréciés pour leurs capacités à transporter uniformément les formulations des cosmétiques dans lesquels ils sont contenus.

C'est pourquoi on les retrouve dans une gamme très large de cosmétiques tel que des déodorants, crèmes solaires, sprays pour cheveux, anti transpirants, huiles pour le corps/cheveux, eyeliners, après rasage, masques, fonds de teints, anticernes... d'après les informations rassemblées par l'ECHA (ECHA, 2019).

De plus, l'ECHA à l'aide des informations rassemblées auprès des parties prenantes, associations de consommateurs (CosmEthics, QueChoisir, Danish Consumer Council THINK Chemicals) et industrie des cosmétiques (Cosmetics Europe) permet d'apporter les précisions suivantes :

- Le D5 est le cyclosiloxanes le plus employé dans les cosmétiques sans rinçage et à rincer avec 15 000t/an (>80% des cyclosiloxanes employés) auxquelles s'ajoute une quantité estimée à 255 t/an en tant qu'impureté dans les silicones employés dans les cosmétiques de manière indifférente entre les catégories.
- Le D6 serait quant à lui serait présent en tant que tel principalement dans les produits sans rinçage, également dans les produits à rincer dans une moindre mesure avec 2000 t/an auxquelles il faut ajouter les quantités de D6 présentes comme impuretés dans les silicones employés dans les cosmétiques, estimée à 128 t/an.
- Le D4 serait vraisemblablement présent de manière marginale en tant qu'impureté dans les produits cosmétiques par le biais des cyclosiloxanes D5, D6 ou bien des silicones employés dans les cosmétiques. Les proportions dans lesquelles le D4 est présent peuvent varier grandement et les préciser requerrait des recherches additionnelles (Johnson JR, 2011). Néanmoins l'usage du D4 est globalement estimé à 255 t/an (ECHA, 2019).

A ces observations, on peut ajouter que les cyclosiloxanes sont présents dans des concentrations variables dans les cosmétiques y compris du même type :

Tableau 11 : Concentration reportées par un panel d'industriels des cosmétiques

Types cosmétiques de	Concentration médiane (w/w) ¹⁶ de D5 dans les cosmétiques hors cosmétiques à rincer à l'eau (« wash-off »)	Concentration maximale (w/w) ¹⁶ de D5 dans les cosmétiques hors cosmétiques à rincer à l'eau (« wash-off »)	Concentration maximale (w/w) ¹⁷ de D6 dans les cosmétiques
Soins pour la peau	5 %	90 %	18 %
Maquillage et démaquillant	10 %	90 %	18 %
Déodorants et antiperspirant	10 %	60 %	18
Soins capillaires	20 %	95 %	18 %
Autres ¹⁸	5 %	75 %	50 %
Cosmétiques à rincer à l'eau	-	-	18 %
Lingettes	Pas d'informations	Pas d'informations	8 %

Source : (ECHA, 2019) Cosmetic Europe

¹⁵ Exemple de brevet de shampoing anti-poux présentant une formulation contenant du silicone et des cyclosiloxanes dans l'émulsif :

<https://patentimages.storage.googleapis.com/e7/6d/8d/075deb1a1481c4/US6063771.pdf>

¹⁶ Informations fournies par Cosmetics Europe à partir d'une enquête réalisée en 2017 auprès de 75 entreprises membres du consortium représentant 64 % du marché européen des cosmétiques.

¹⁷ Informations fournies par Cosmetics Europe à partir d'une enquête réalisée en 2016 a

¹⁸ Ceci inclut notamment des produits applicables sur les lèvres, crèmes solaires, autobronzants...

Les Tableaux 12 et 13 présentent respectivement des données détaillées et agrégées sur les proportions de produits cosmétiques qui sont formulées avec un des cyclosiloxanes.

Tableau 12 : Proportion de produits cosmétiques contenant du D4, D5 ou D6 reportée par l'ECHA

Cosmétique	Type de cosmétique	Usage	Proportion contenant du D4 ou du D5 ou du D6 [%]
Sérum / huile	Sans rinçage	Soins corporels	60%
Fond de teint / baume de beauté	Sans rinçage	Maquillage et rouges à lèvres	43%
Correcteur	Sans rinçage	Maquillage et rouges à lèvres	35%
Traitement	Sans rinçage	Soins corporels	34%
Crayon/stylo à lèvres	Sans rinçage	Maquillage et rouges à lèvres	31%
Soins/entretien des sourcils (stylo/gel/poudre)	Sans rinçage	Maquillage et rouges à lèvres	29%
Déodorant	Sans rinçage	Déodorants et antiperspirants	25%
Beurre corporel	Sans rinçage	Soins corporels	21%
Crème hydratante après soleil	Sans rinçage	Autobronzants	21%
Crème anti-âge	Sans rinçage	Soins corporels	19%
Crème coiffante	Sans rinçage	Produits coiffant (sans rinçage) et autres	19%
Eyliner (liquide / gel)	Sans rinçage	Maquillage et rouges à lèvres	18%
Crème solaire	Sans rinçage	Autobronzants	18%
Auto-bronzant	Sans rinçage	Autobronzants	18%
Surligneur	Sans rinçage	Maquillage et rouges à lèvres	17%
Sérums et traitements	Sans rinçage	Soins corporels	17%
Hydratants / Crème visage	Sans rinçage	Soins corporels	16%
Lotion pour les pieds	Sans rinçage	Soins corporels	16%
Après-soleil	Sans rinçage	Autobronzants	16%
Crème hydratante pour les yeux	Sans rinçage	Soins corporels	16%
Anti cellulite	Sans rinçage	Soins corporels	16%
Démaquillant	Rincer à l'eau	Cosmétiques rincer à l'eau	15%
Hydratants pour le visage	Sans rinçage	Soins corporels	14%
Conditionneur	Rincer à l'eau	Cosmétiques rincer à l'eau	13%
Lotion pour le corps	Sans rinçage	Soins corporels	12%
Crèmes et lotions	Sans rinçage	Soins corporels	12%

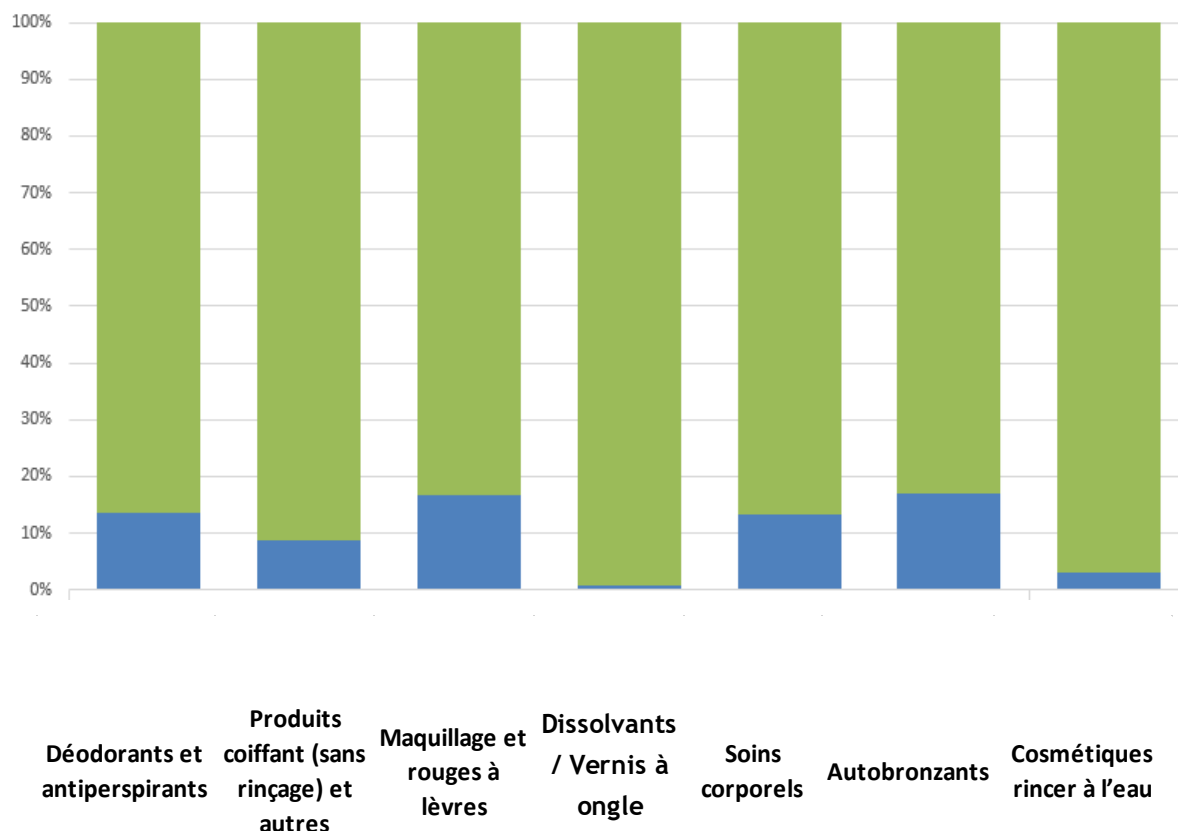
Cosmétique	Type de cosmétique	Usage	Proportion contenant du D4 ou du D5 ou du D6 [%]
Lotion pour le corps / Baume / Crème / Gel	Sans rinçage	Soins corporels	12%
Après rasage	Sans rinçage	Soins corporels	11%
Eyliner (stylo)	Sans rinçage	Maquillage et rouges à lèvres	11%
Laque pour les cheveux	Sans rinçage	Produits coiffant (sans rinçage) et autres	11%
Crème pour les pieds	Sans rinçage	Soins corporels	10%
Gel pour les yeux	Sans rinçage	Soins corporels	10%
Fard à paupières	Sans rinçage	Maquillage et rouges à lèvres	10%
Gel après soleil	Sans rinçage	Autobronzants	9%
Autres produits pour ongles ou cuticules	Sans rinçage	Dissolvants / Vernis à ongle	8%
Masques	Sans rinçage	Soins corporels	7%
Blush / Bronzer / Contour	Sans rinçage	Maquillage et rouges à lèvres	6%
Produit épaississant	Sans rinçage	Produits coiffant (sans rinçage) et autres	6%
Soins du visage	Sans rinçage	Soins corporels	6%
Huile de corps	Sans rinçage	Soins corporels	6%
Rouge à lèvres	Sans rinçage	Maquillage et rouges à lèvres	6%
Mascara	Sans rinçage	Maquillage et rouges à lèvres	6%
Shampooing sec	Sans rinçage	Produits coiffant (sans rinçage) et autres	5%
Autobronzant pour visage	Sans rinçage	Autobronzants	5%
Brillant à lèvres "Gloss"	Sans rinçage	Maquillage et rouges à lèvres	4%
Gel pour les cheveux	Sans rinçage	Produits coiffant (sans rinçage) et autres	4%
Cire capillaire	Sans rinçage	Produits coiffant (sans rinçage) et autres	4%
Mousse coiffante	Sans rinçage	Produits coiffant (sans rinçage) et autres	4%
Poudre pressée	Sans rinçage	Maquillage et rouges à lèvres	4%
Produit coiffant "Hair styling"	Sans rinçage	Produits coiffant (sans rinçage) et autres	3%
Poudre	Sans rinçage	Maquillage et rouges à lèvres	3%
Colorants pour cheveux	Rincer à l'eau	Cosmétiques rincer à l'eau	3%
Lingettes	Sans rinçage	Soins corporels	3%
Crème	Sans rinçage	Soins corporels	3%

Cosmétique	Type de cosmétique	Usage	Proportion contenant du D4 ou du D5 ou du D6 [%]
Nettoyants	Rincer à l'eau	Cosmétiques rincer à l'eau	3%
Hygiène intime	Rincer à l'eau	Cosmétiques rincer à l'eau	3%
Bain de pieds	Rincer à l'eau	Cosmétiques rincer à l'eau	3%
Soins du cuir chevelu	Sans rinçage	Produits coiffant (sans rinçage) et autres	3%
Épilation	Rincer à l'eau	Cosmétiques rincer à l'eau	2%
Autres produits pour bébé	Sans rinçage	Produits coiffant (sans rinçage) et autres	2%
Huile de massage	Sans rinçage	Soins corporels	2%
Exfoliants / Gommage corporel	Rincer à l'eau	Cosmétiques rincer à l'eau	2%
Poudre libre	Sans rinçage	Maquillage et rouges à lèvres	2%
Exfoliants	Rincer à l'eau	Cosmétiques rincer à l'eau	2%
Antiseptique	Sans rinçage	Soins corporels	2%
Lotion	Sans rinçage	Soins corporels	2%
Lotion tonique "Toner" et brumes hydratantes "Mists"	Sans rinçage	Soins corporels	2%
Mousse à raser	Rincer à l'eau	Cosmétiques rincer à l'eau	1%
Gommages pour les pieds	Rincer à l'eau	Cosmétiques rincer à l'eau	1%
Baume à lèvres	Sans rinçage	Maquillage et rouges à lèvres	1%
Shampooing	Rincer à l'eau	Cosmétiques rincer à l'eau	1%
Désinfectant pour les mains	Sans rinçage	Soins corporels	1%
Huile pour bébé	Sans rinçage	Soins corporels	1%
Parfum / Parfum / Eau de Parfum	Sans rinçage	Déodorants et antiperspirants	1%
Nettoyants / gommages	Rincer à l'eau	Cosmétiques rincer à l'eau	1%
Gel à raser	Rincer à l'eau	Cosmétiques rincer à l'eau	0%
Savons	Rincer à l'eau	Cosmétiques rincer à l'eau	0%
Gel douche	Rincer à l'eau	Cosmétiques rincer à l'eau	0%
Lavage des mains	Rincer à l'eau	Cosmétiques rincer à l'eau	0%
Vernis à ongle	Sans rinçage	Dissolvants / Vernis à ongle	0%
Lavage bébé	Rincer à l'eau	Cosmétiques rincer à l'eau	0%
Mousse / huile / sel pour bain	Rincer à l'eau	Cosmétiques rincer à l'eau	0%
Beurre	Sans rinçage	Soins corporels	0%

Cosmétique	Type de cosmétique	Usage	Proportion contenant du D4 ou du D5 ou du D6 [%]
Onguent pour couches	Sans rinçage	Soins corporels	0%
Eau de parfum	Sans rinçage	Déodorants et antiperspirants	0%
Eau de toilette	Sans rinçage	Déodorants et antiperspirants	0%
Mains et ongles	Sans rinçage	Soins corporels	0%
Bain de bouche	Rincer à l'eau	Cosmétiques rincer à l'eau	0%
Dissolvant	Sans rinçage	Dissolvants / Vernis à ongle	0%
Gel douche	Rincer à l'eau	Cosmétiques rincer à l'eau	0%
Savon	Rincer à l'eau	Cosmétiques rincer à l'eau	0%
Baume à lèvres teinté	Sans rinçage	Maquillage et rouges à lèvres	0%
Dentifrice	Rincer à l'eau	Cosmétiques rincer à l'eau	0%
TOTAL			11%

Source : (ECHA, 2019) étude de marché de l'ECHA à l'aide de la base de données CosmEthics

Tableau 13 : Proportion de cosmétiques contenant du D4, du D5 ou du D6 par catégorie de cosmétiques reportée par l'ECHA (ce pourcentage est représenté par la barre bleue)



Source : (ECHA, 2019) étude de marché de l'ECHA à l'aide de la base de données CosmEthics

Ces résultats semblent globalement confirmés par la littérature notamment en ce qui concerne la prédominance du D5 et l'utilisation seulement résiduelle du D4 (Dudzina, Von Goetz, Bogdal, Biesterbos, & Hungerbühler, 2014) (Johnson JR, 2011) (Lu, Yuan, Wang, & Kannan, 2011) (Capela, Alves, Homem, & Santos, 2016). Une étude plus récente (Capela, Alves, Homem, & Santos, 2016) pointait la présence importante de D3 dans les cosmétiques qui pourrait illustrer une tendance nouvelle en réponse aux évolutions de la réglementation et en anticipation de celles à venir sur le D4, D5 et D6 dans les cosmétiques. Cependant nous ne disposons pas d'éléments supplémentaires nous permettant de confirmer ou non cette observation.

A noter que le D7 a été identifié dans un nombre limité de produit cosmétiques¹⁹ dans lesquels il remplit des fonctions d'agent anti-agglomérant, conditionnement pour la peau et solvant (Johnson JR, 2011). Cependant on ne dispose pas d'estimation sur les quantités de D7 employées dans les cosmétiques.

2.2.4 Autres utilisations

Au-delà de l'utilisation des cyclosiloxanes dans la production de silicones, qui entraîne de facto une présence en tant qu'impureté dans des usages vastes, et dans la formulation des cosmétiques, les cyclosiloxanes rencontrent d'autres applications dans des marchés comparativement marginaux.

Tout d'abord, nous rappelons qu'on dispose de peu d'information sur la production et l'utilisation du D7 et encore moins des cyclosiloxanes DX où X>7.

Il semblerait que le D3 soit quasi-exclusivement utilisé de manière intentionnelle dans la production de silicone (OECD, 2008).

Ainsi, on s'appuie à nouveau sur les estimations d'utilisations pour les cyclosiloxanes, D4, D5 et D6 rassemblées par l'ECHA pour dresser une vision synthétique des autres usages de cyclosiloxanes :

Tableau 14 : Estimation des usages de cyclosiloxanes hors production de silicones et cosmétiques

Usages	Estimation des Quantités Utilisées (t/an)		
	D4	D5	D6
Produits pharmaceutiques et dispositifs médicaux	-	250	100
Détergents, produits d'entretien ménager et de véhicules	-	60	30
Lavage à sec ²⁰	-	50	-
Mousse rigide de polyuréthane	-	6	-
Entretien et restauration des œuvres d'art et antiquités	0.1	0.2	-

Source : (ECHA, 2019)

¹⁹ Quelques produits cosmétiques contenant du D7 : <https://incibeauty.com/ingredients/14832-cycloheptasiloxane>

²⁰ Exemple de produit commercialisé par GreenEarth® [https://fr.kreussler-chemie.com/produits/produit.html?tx_krproducts_products\[product\]=309&tx_krproducts_products\[cont_roller\]=product&cHash=8a26af0afbd3c99ad5ee6f5259363984](https://fr.kreussler-chemie.com/produits/produit.html?tx_krproducts_products[product]=309&tx_krproducts_products[cont_roller]=product&cHash=8a26af0afbd3c99ad5ee6f5259363984)

Quelques précisions :

- Les cyclosiloxanes D5 et D6 sont employés dans les dispositifs médicaux et produits pharmaceutiques²¹ dans quelques applications bien identifiées (ECHA, 2019)
 - Occlusif dans les shampoings anti-poux²² (Berho, 2014)
 - Emollient/solvant dans des lubrifiants/gels de massages.
 - Gel ou pansement pour cicatrice²³ qui sont préconisés notamment pour soigner les cicatrices hypertrophiques et chéloïdes (Monstrey, et al., 2014).
 - Agent antiadhésif et formation de barrière protectrice dans les matériaux employée pour les stomies.

On relève aussi l'utilisation de cyclosiloxanes dans des gels pour implants mammaires (Johnson JR, 2011). Par ailleurs les CYCLOSILOXANES peuvent être présents en tant qu'impuretés par leur utilisation en tant qu'intermédiaire de production de silicones qui sont à leur tour employés dans les dispositifs médicaux tel que le revêtement d'aiguilles (Perry & Kayatin, 2017), les pansements gastriques (Siméthicone) ou encore des pompes à insulines²⁴.

- Concernant l'entretien et la restauration des œuvres d'arts et antiquités²⁵, les cyclosiloxanes D4 et D5 sont utilisés pour leur faculté de créer une barrière protectrice qui permet l'entretien et la restauration de textures fragiles en assurant l'évaporation/le nettoyage des produits utilisés, là ou des produits à base d'eau pourraient les endommager. (ECHA, 2019).
- L'usage de cyclosiloxanes D5 et D6 dans les détergents et produits d'entretiens ménager et d'entretien de véhicules semble se limiter à un nombre restreint de produits sur le marché. En effet, seulement deux entreprises produisant l'une des assainisseurs d'air et l'autre produisant des produits d'entretien de véhicule ont été identifiées par l'ECHA comme utilisant du D5. L'association des constructeurs automobiles européens (ACEA) confirme que l'on peut trouver du D5 en proportions variables dans certains produits d'entretiens de véhicules (cire, polishes, shampoing pour voiture) pour sa faculté à accélérer la phase de séchage (ECHA, 2019). Peu d'informations sur l'usage du D6 ont pu être rassemblées ce qui génère de l'incertitude sur son utilisation réelle dans les détergents et produits d'entretiens.
- Le D5 interviendrait dans la production de mousses rigides polyuréthane servant à l'isolation dans le secteur du bâtiment mais il existe un doute sur la présence réelle de D5 dans cet usage (ECHA, 2019).

Enfin, réunis ensemble, les usages abordés ci-dessus de D4, D5 et D6, seuls ou en mélange, représenteraient moins de 0.001 % de leur utilisation globale au vu des informations rassemblées par l'ECHA. L'absence de données ou d'études comparables en France ne nous permet pas d'affiner ces constats ni d'améliorer l'information vis-à-vis des cyclosiloxanes D3 et D7.

²¹ A priori majoritairement dans les dispositifs médicaux (90%) (ECHA, 2019) bien que la classification entre les deux comporte encore de l'inconstance en attendant une refonte de la réglementation des dispositifs médicaux (voir section 1.4.6)

²² Des produits de la marque Pouxit par exemple®

²³ Exemple de produit de la marque Rejuvaskin® : <https://www.amazon.com/Rejuvaskin-RejuvaSil-Silicone-Scar-Gel/dp/B00KJS4DCY>

²⁴ <https://www.elkem.com/sustainability/sustainability-reports/qa---silicones-and-the-issue-of-d4d5/>

²⁵ Exemple de produit à base de cyclosiloxanes : <https://www.kremer-pigmente.com/fr/dissolvants-produits-chimiques-und-additifs/produits-de-nettoyage-und-humectants/3730/velvesil-plus>

3 REJETS DANS L'ENVIRONNEMENT

3.1 Emissions anthropiques totales

Tout comme pour leurs usages, le niveau d'information varie entre les différents cyclosiloxanes. Ceux qui sont les plus utilisés et ont été classés PBT ou vPvB dont l'utilisation est plus large (D4, D5 et le D6) sont les seuls à être significativement documentés. Ainsi peu d'informations ont pu être collectées sur les rejets de D3 et D7 et DX supérieur à 7.

L'ECHA se livre à un exercice de synthèse des rejets dans l'environnement des D4, D5 et D6²⁶ (ECHA, 2019) en proposant des estimations par compartiment incluant une fourchette haute et basse de rejet associée à un usage donné :

Tableau 15 : Estimation des rejets de D4, D5 et D6 dans l'Union Européenne

Somme des cyclosiloxanes D4, D5 et D6	Usage (t/an)	Rejets Compartiment eau (t/an)	Rejets Tous Compartiments (eau + atmosphère) (t/an)
Cosmétiques sans rinçage « leave-on cosmetics »	17 000	7 – 50	16 399 - 16 641
Impuretés issues des silicones hors usages dans les cosmétiques	1613	26 - 50	597 - 707
Impuretés issues des silicones employés dans les cosmétiques	638	6 - 12	567 - 595
Produits pharmaceutiques et dispositifs médicaux	350	6 - 11	273 - 305
Cosmétiques à rincer à l'eau « Wash-off »	200	12 – 20	55 - 114
Détergents, produits d'entretiens ménager et d'entretiens de véhicules	90	3 – 6	50 - 66
Nettoyage à sec	50	0 – 0	46 - 46
Mousse rigide de polyuréthane	6	0 – 0	6 - 6
Entretien et restauration des œuvres d'art et antiquités	>1	0 – 0	0 – 0
Formulation de mélanges (rejets enregistrés à l'étape industrielle intermédiaire)	-	0 - 1	5 – 8
Total D4 + D5 + D6	19 946	63 - 153	18 000 – 18 491
D5	Usage (t/an)	Compartiment eau (t/an)	Rejets Tout Compartiment (eau + atmosphère) (t/an)
Cosmétiques sans rinçage « leave-on cosmetics »	15 000	6 – 44	14 476 - 14 684
Impuretés issues des silicones hors usages dans les cosmétiques	645	10 – 19	225 – 276

²⁶ Celle-ci n'incluent pas les rejets liés à l'étape de fabrication des cyclosiloxanes concernés qui est considérée comme négligeable de par les conditions d'opération en circuit fermé sur site industriel (ECHA, 2019).

Impuretés issues des silicones employés dans les cosmétiques	255	2 - 4	223 – 236
Produits pharmaceutiques et dispositifs médicaux	250	4 – 8	198 - 219
Détergents, produits d'entretiens ménager et d'entretiens de véhicules	60	2 – 4	35 - 45
Lavage à sec ²⁷	50	0 – 0	46 – 46
Mousse rigide de polyuréthane	6	0 – 0	6 - 6
Entretiens des œuvres d'art et antiquités	>1	0 – 0	0 - 0
Formulation de mixtures (rejets enregistrés à l'étape industriel intermédiaire)	-	0 – 1	4 - 8
Total D5	16 266	28 – 82	15 216 – 15 522
D6	Usage (t/an)	Compartment eau (t/an)	Rejets Compartment (eau + atmosphère) (t/an)
Cosmétiques sans rinçage « leave-on cosmetics »	2 000	0 – 5	1 922 – 1 956
Impuretés issues des silicones hors usages dans les cosmétiques	323	5 – 9	101 – 131
Impuretés issues des silicones employés dans les cosmétiques	128	1 – 2	15 – 21
Cosmétiques à rincer à l'eau « Wash-off »	200	12 – 20	55 - 114
Produits pharmaceutiques et dispositifs médicaux	100	1 - 3	75 - 85
Détergents, produits d'entretiens ménager et d'entretiens de véhicules	30	1 – 2	15 - 21
Formulation de mixtures (rejets enregistrés à l'étape industriel intermédiaire)	-	0 – 0	0 - 0
Total D6	2780	22 – 44	2 279 – 2 427
D4	Usage (t/an)	Compartment eau (t/an)	Rejets Compartment (eau + atmosphère) (t/an)
Impuretés issues des silicones hors usages dans les cosmétiques	645	11 – 20	269 – 299
Impuretés issues des silicones employés dans les cosmétiques	255	2 – 5	234 - 242
Entretiens des œuvres d'art et antiquités	>1	0 – 0	0 - 0
Total D4	900	13 – 26	504 - 541

Source : (ECHA, 2019)

²⁷ Exemple de produit commercialisé par GreenEarth® [https://fr.kreussler-chemie.com/produits/produit.html?tx_krproducts_products\[product\]=309&tx_krproducts_products\[cont roller\]=product&cHash=8a26af0afbd3c99ad5ee6f5259363984](https://fr.kreussler-chemie.com/produits/produit.html?tx_krproducts_products[product]=309&tx_krproducts_products[cont roller]=product&cHash=8a26af0afbd3c99ad5ee6f5259363984)

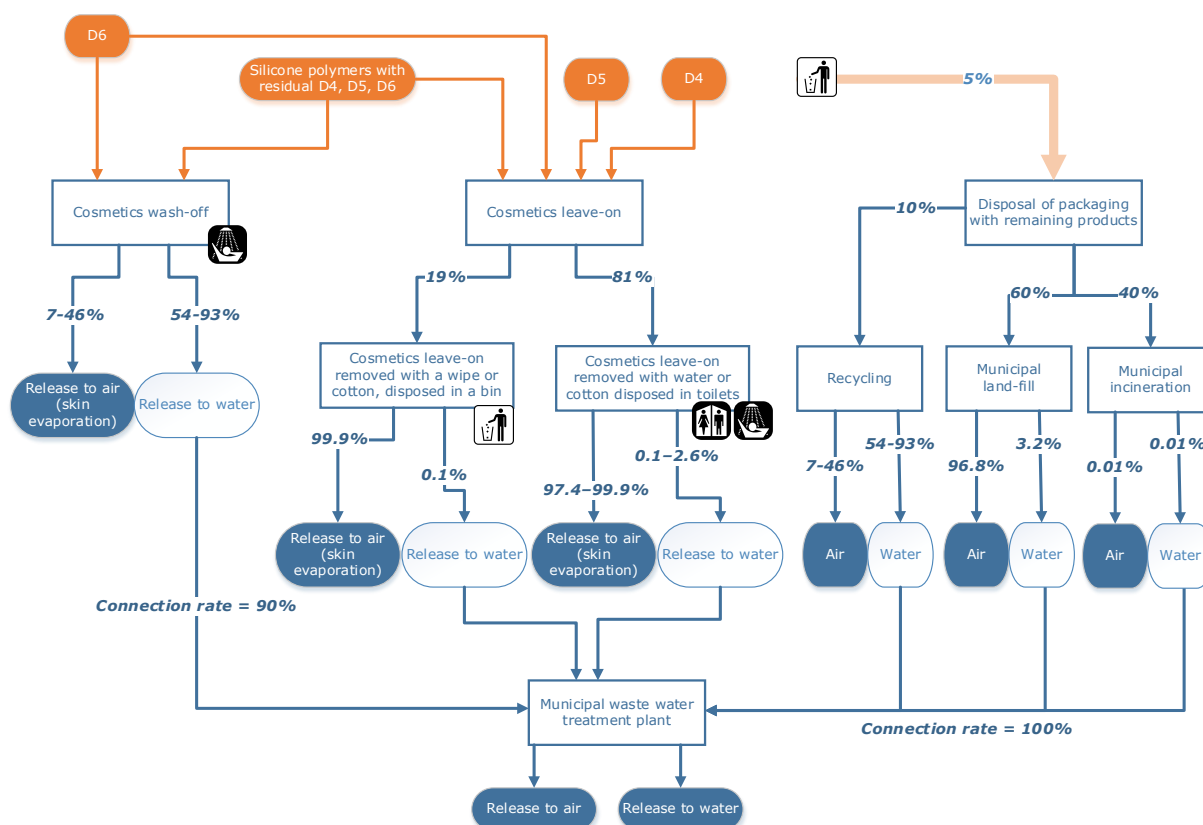
Ainsi, à la lumière des informations dont on dispose, il semblerait que le D5 soit le cyclosiloxanes le plus rejeté dans l'environnement (15 216 – 15 522 t/an soit environ 85% des rejets totaux). De plus les cosmétiques représenteraient de loin la source de rejet principale de cyclosiloxanes (17 022 – 17 350 t/an).

Les usages dans la production de polymères siliconés donnent lieu à des rejets indirects (597 – 707 t/an) dus aux cyclosiloxanes contenus en tant qu'impuretés par dégradation ou polymérisation, et qui ne contribuent que plus modestement aux rejets identifiés de cyclosiloxanes (ECHA, 2019).

Enfin, Il semblerait que les cyclosiloxanes ont tendance à se partitionner majoritairement dans l'air et dans une moindre mesure dans les sédiments (Tansel & Surita, 2014) (Mackay, et al., 2015) (Xu, Kozerski, & Donald, 2014) (Shihe & Wania, 2013). Ainsi, la tendance des cyclosiloxanes à s'évaporer et notamment dans les cosmétiques pourrait expliquer la faible part des rejets de D4, D5 et D6 dans les eaux (Xu, Kozerski, & Donald, 2014).

Dans le cadre de l'évaluation d'une restriction des usages de D4, D5 et D6 dans l'ensemble des cosmétiques, l'ECHA se livre à un exercice de synthèse des flux du D4 D5 et D6 ainsi que des sources d'émission associées :

Figure 3 : Flux et rejets dans l'environnements des cyclosiloxanes D4, D5 et D6 issus de leur usage dans les cosmétiques (>90% des rejets)



Source : (ECHA, 2019)

L'ECHA attire notre attention sur la forte contribution des déodorants/antitranspirants et soins pour cheveux aux rejets de D5 et D6 qui représenteraient à eux deux 70% des rejets issus des cosmétiques (ECHA, 2019).

3.2 Emissions vers les eaux

La quantité de D4, D5 et D6 rejetée dans les eaux en Europe serait de l'ordre de 63 à 153 t/an (voir section 3.1), la principale source étant les cosmétiques (27 – 53 % des rejets totaux soit 26 – 83 t/an), suivie de près par les impuretés de cyclosiloxanes contenues dans les silicones (33 – 42% soit 26 – 50 t/an).

Bien que la voie de transfert majoritaire des cyclosiloxanes dans l'environnement semble principalement être l'évaporation, une partie (environ 10% en moyenne) des cyclosiloxanes employée dans les cosmétiques termine dans les eaux usées qui sont par la suite traitées dans les Stations de Traitements des Eaux Usées (STEU). La fraction moyenne de 10% des quantités de cyclosiloxanes utilisées qui est émise dans les eaux usées varie entre les différentes catégories de cosmétiques. Cette proportion est plus élevée dans pour les produits à rincer tel que les shampoings, gel douches ou encore conditionneurs pour cheveux (Capela, Alves, Homem, & Santos, 2016), ou encore dans les démaquillants (Mackay, et al., 2015).

Selon la littérature le D5 serait le cyclosiloxanes principalement émis dans les eaux usées en lien avec les cosmétiques. Toutefois les facteurs d'émission évalués dans la littérature sont très variables, allant de 500 à 71,500 $\mu\text{g personne}^{-1} \text{ jour}^{-1}$ (Capela, Alves, Homem, & Santos, 2016), (Lu, Yuan, Wang, & Kannan, 2011) (Johnson JR, 2011) (Dudzina, Von Goetz, Bogdal, Biesterbos, & Hungerbühler, 2014).

Malgré ces quelques informations, à l'heure actuelle on ne dispose pas d'information suffisante pour estimer de façon fiable les rejets des cyclosiloxanes dans les eaux en France.

3.3 Emissions vers les sols

La littérature met en avant, du fait des propriétés des cyclosiloxanes, une tendance pour certains d'entre eux à se transporter des eaux de rejets et déchets municipaux vers la matière organique dans les boues/sédiments.

En effet, (Tansel & Surita, 2014) indique que les cyclosiloxanes D5 et D4 seraient respectivement associés à des coefficients de partitionnement de 2% et 3.74 % dans les sols et 33 % et 38.4% dans les sédiments depuis les flux de déchets. En considérant des flux de déchets municipaux de l'ordre de 3 Kg/habitant/jour (moyenne Etats-Unis) et un flux d'eaux usées (STEU) de l'ordre de 378 litres/habitant/jour les auteurs estiment des rejets de D4 et D5 par les eaux usées et les décharges vers les sols (via des transports de biogaz pour certaines décharges), et qui sont reportés dans Tableau 16.

Tableau 16 : Estimation des rejets de D4 et D5 issus des eaux usées et déchets municipaux vers les sols par jour par habitant aux Etats-Unis

	D4	D5
Déchets municipaux (sols)	1,2 – 9,5 mg	0,13 – 1,02 g
STEU (sols)	0,28 – 1,13 g	2,27 – 4,55 g
STEU (biosolides)	0,08 – 0,35 g	1,14 – 2,27 g

Source : (Tansel & Surita, 2014)

A l'heure actuelle, on ne dispose pas d'informations suffisantes nous permettant d'estimer les rejets de cyclosiloxanes dans les sols au niveau national ou même au niveau européen.

3.4 Pollutions historiques et accidentelles

A partir des informations rassemblées jusqu'ici, il nous est pour le moment impossible de proposer une synthèse de la pollution historique constatée associée aux cyclosiloxanes (D3 – D7) dans l'environnement. Cependant, L'ECHA s'est livrée à un exercice d'estimation de l'accroissement annuel du stock environnemental théorique total à l'échelle de l'Europe de D4, D5 et D6 à l'aide d'une modélisation rudimentaire du devenir dans l'environnement. Ainsi le stock environnemental de D4, D5 et D6 serait augmenté chaque année de l'ordre de 493 - 509 tonnes dont 463 – 474 tonnes seraient attribuées aux seuls usages de D4, D5 et D6 dans les cosmétiques (ECHA, 2019).

4 DEVENIR ET PRESENCE DANS L'ENVIRONNEMENT

4.1 Comportement dans l'environnement

4.1.1 Dans l'atmosphère

Le D4 et D5 réagissent avec les radicaux hydroxyles atmosphériques. Les réactions avec d'autres photo-oxydants atmosphériques seront probablement négligeables, mais pourraient être renforcées en présence d'aérosols minéraux et d'ozone.

4.1.2 Dans le milieu aquatique

Les substances D4 et D5 sont peu solubles dans l'eau et l'hydrolyse pourrait être atténuée par adsorption sur la matière organique dissoute et les particules. Aucune des deux substances n'est facilement biodégradable.

4.1.3 Dans le milieu terrestre

Le D4 et le D5 ne sont pas rapidement dégradés et ont une longue demi-vie environnementale dans les sédiments en particulier.

Les produits de réaction dans tous les compartiments devraient être des silanols (par exemple, le diméthylsilanediol). Ceux-ci sont plus hydrophiles que les substances mères et seront donc éliminés de l'atmosphère par dépôt humide (adsorbé sur des particules ou dissoutes) et subiront une dégradation supplémentaire dans l'environnement pour former à terme un dioxyde de carbone et de l'acide silicique et / ou de la silice.

4.2 Présence dans l'environnement

4.2.1 Dans le milieu Aquatique

Il n'existe actuellement pas de code Sandre pour les cyclosiloxanes, et ceux ne font partie d'aucune liste de substances surveillées dans les eaux françaises.

4.2.2 Dans le milieu Terrestre

Il semblerait qu'il n'existe actuellement pas de données sur la présence de cyclosiloxanes dans les sols et eaux souterraines en France. (Base de données ADES²⁸, campagne de mesure CAMPEX²⁹).

4.2.3 Dans l'atmosphère

Il n'existe pas d'informations sur la concentration des différents cyclosiloxanes dans l'atmosphère en France.

Cependant, il a été démontré que l'atmosphère serait le compartiment dans lequel une très grande partie des cyclosiloxanes serait rejetée, aussi on trouve quelques éléments de mesures de cyclosiloxanes dans la littérature.

On relève une étude dans la région de Chicago et l'Iowa aux Etats-Unis incluant des mesures de l'air intérieur et de l'air extérieur dans l'atmosphère en zones urbaines et rurales (Yucuis, Stanier, & Hornbuckle, 2013). Ainsi il a été relevé des concentrations de D4, D5 et D6 dans l'air intérieur allant respectivement de 23 à 500 ng/m³, de 970 à 56 000 ng/m³ et de non détectée à 2800 ng/m³ associées à une concentration médiane d'une somme de cyclosiloxanes D4 à D6 de l'ordre de 2 200 ng/m³. Les auteurs mettent en avant la prédominance du D5 dans la concentration de cyclosiloxanes mesurée vis-à-vis des D4 et D6, l'atmosphère urbaine étant plus polluée en cyclosiloxanes que les zones rurales.

²⁸ <http://www.adeseaufrance.fr/>

²⁹ <https://www.data.gouv.fr/fr/datasets/donnees-issues-des-campagnes-exceptionnelles-campex-2011-2013-substances-eaux-souterraines-fichiers-bruts-producteur/>

5 PERSPECTIVES DE RÉDUCTION DES EMISSIONS

5.1 Traitement des rejets

Concernant le traitement des cyclosiloxanes dans les STEU, une étude menée en Grèce à Athènes (Bletsou, Asimakopoulos, Stasinakis, Thomaidis, & Kannan, 2013) suggère que certains cyclosiloxanes et notamment le D5 seraient moins bien éliminés des effluents que d'autres siloxanes linéaires.

5.2 Alternatives aux usages des cyclosiloxanes

5.2.1 Production de Silicones

Au regard des informations rassemblées par l'ECHA auprès des acteurs de la filière (ECHA, 2019), considérant leur fonction essentielle dans les procédés de fabrication des polymères siliconés, il semblerait difficile de produire des silicones sans traces de cyclosiloxanes avec les procédés actuels. De plus, une valeur cible proposée à hauteur de moins de 0,1 % de D4, D5 et D6 pour les produits/articles fabriqués à partir de silicones semblerait difficile à atteindre sans altérer les propriétés de ces articles notamment pour les gommés et les mastics.

5.2.2 Cosmétiques

D'après les informations obtenues par l'ECHA auprès de Cosmetics Europe, on pourrait estimer à 430 000, le nombre de formulations différentes de cosmétiques en Europe. La proportion contenant des cyclosiloxanes en tant que tel ou en mélange reste difficile à établir.

L'ECHA a rassemblé des informations sur des substances qui pourraient potentiellement servir d'alternatives à l'usage de cyclosiloxanes dans les cosmétiques seuls ou en mélange. Celles-ci sont répertoriées dans le Tableau suivant ainsi que pour chaque substance des informations sur sa situation dans la réglementation REACH et CLP, sur son évaluation dans le cadre de REACH (CoRAP) et ses usages répertoriés. De plus leurs fonctions dans la formulation de cosmétiques récupérées dans la base de données Cosing ont été ajoutées³⁰. Il a été mis en évidence dans ce rapport que la mise au point d'alternatives reproduisant la performance des cyclosiloxanes nécessiterait de les remplacer par plusieurs substances et ou une reformulation dès lors qu'il n'existerait pas d'alternatives pouvant les remplacer directement dans les cosmétiques tels qu'ils sont formulés, sans en modifier les propriétés (ECHA, 2019).

³⁰ Les sites internet de l'ECHA et de la base de données Cosing ont été consultées (par l'ECHA) entre le 15 avril 2019 et le 7 juin 2019, et le 10 Octobre 2019.

Tableau 17 : Alternatives potentielles aux cyclosiloxanes dans les cosmétiques identifiées par l'ECHA

Nom de la substance / IUPAC	Nom INCI	EC#	CAS#	*Enregistrements sous REACH	*Notification CLP	Classification notifiée ³¹ (la plus courante)	Evaluation de la substance dans REACH	Fonction technique (base de données Cosing)	Usages
Octamethyltrisiloxane / L3 / Trisiloxane	TRISILOXANE	203-497-4	107-51-7	oui (8)	oui (234)	Flam liq 3, Aquatic Chronic 1	CoRAP ³² : suspecté PBT/vPvB ; utilisation par les consommateurs ; applications fortement dispersives	antimoussant, conditionneur pour la peau	Produits d'entretien et de nettoyage, cosmétiques et soins personnels.
Hexamethyldisiloxane	DISILOXANE	203-492-7	107-46-0	Oui (40)	oui (2515)	Flam liq 2, Aquatic acute	CoRAP: suspecté CMR ; utilisation par les consommateurs ; quantités importantes	antimoussant, conditionneur pour la peau	Produits d'entretien et de nettoyage, cosmétiques, soins personnels, revêtements, encres, toners et cirage ("polish")
Silwax D02 / Alkyl Polydimethylsiloxane	ETHYL METHICONE	NA	63148-54-9	non	non		non, cependant "Les informations sont insuffisantes pour établir s'il existe un risque environnemental associé à l'éthylméthicone, bien que par analogie avec le diméthicone, il puisse potentiellement y avoir des préoccupations liées à des propriétés PBT." Voir les autres commentaires	émollient	Cosmétiques
Propane, 2-methyl-, homopolymer	HYDROGENATED POLYISOBUTENE	609-879-0	40921-86-6	non	non		non	émollient, conditionneur pour la peau, agent de contrôle de la viscosité	Le polyisobutène hydrogéné fonctionne comme un agent revitalisant pour la peau, émollient et agent non-aqueux augmentant la viscosité avec un large éventail d'utilisations dans les formulations de cosmétiques.
Dec-1-Ene, Homopolymer, Hydrogenated Dec-1-Ene, Oligomers, Hydrogenated	HYDROGENATED POLYDECENE	500-183-1	68037-01-4	Oui (18)	Oui (287)	Asp Tox 1, Aquatic chronic 3	non	émollient, conditionneur pour les cheveux, agent masquant, agent parfumant, conditionneur pour la peau, solvant	Lubrifiants, graisses, adhésifs, mastics, cirages (polish) et cires.

³¹ Classements des types de risques notifiés par les industriels dans le cadre du Règlement Européen CLP.

³² Le CoRAP est le « Community Rolling Action Plan », qui, dans le cadre du Règlement Européen REACH, établit la liste des substances devant prioritairement faire l'objet d'une évaluation de leurs risques pour la santé et l'environnement sur une période de trois ans.

Nom de la substance / IUPAC	Nom INCI	EC#	CAS#	*Enregistrements sous REACH	*Notification CLP	Classification notifiée ³¹ (la plus courante)	Evaluation de la substance dans REACH	Fonction technique (base de données Cosing)	Usages
Hydrocarbons, C6-20, Polymers, Hydrogenated	HYDROGENATED POLY(C6-20 OLEFIN)	614-968-2	69430-35-9	non	oui (137)	Non classifié	non	Abrasive, agent de contrôle de la viscosité	inconnus
2,2,4,6,6-Pentamethylheptane; Hydrocarbons, C4, 1,3-Butadiene-Free, Polymd., Triisobutylene Fraction, Hydrogenated	ISODODECANE	250-816-8	31807-55-3	non	Oui (1113)	Asp. Tox 1, Flam. Liq 3,	non	émollient, agent parfumant, solvant	inconnue
Heptanoic Acid, Ester With 2,2-Dimethyl-1,3-Propanediol	NEOPENTYL GLYCOL DIHEPTANOATE	272-469-1	68855-18-5	Oui (2)	Oui (69)	Non classifié	non	émollient, conditionneur pour la peau	Produits d'entretien et de nettoyage, produits phytopharmaceutiques, lubrifiants, graisses, adhésifs, mastics, cirages ("polish"), cires, engrais et produits de revêtement
Fatty Acids, C8-10, C12-18-Alkyl Esters	COCO-CAPRYLATE	306-082-7	95912-86-0	Oui (7)	Oui (86)	Non classifié	non	émollient	Produits d'entretien et de nettoyage, produits phytopharmaceutiques, lubrifiants, graisses, adhésifs, mastics, cirages ("polish"), cires, engrais et produits de revêtement
Coconut alkanes	COCONUT ALKANES	NA	NA	non	non		non	émollient, solvant	inconnue
Undecane	UNDECANE	214-300-6	1120-21-4	Oui (5)	Oui (313)	Asp tox 1.	non	émollient, conditionneur pour la peau	Carburants, parfums, cosmétiques et produits de soins personnels
Tridecane	TRIDECANE	211-093-4	629-50-5	Oui (6)	Oui (351)	asp tox 1, eye irrit 2, skin irrit 2, STOT SE 3, aquatic chronic 4	non	agent parfumant	Carburants, parfums, cosmétiques et produits de soins personnels
Diocetyl Ether	DICAPRYLYL ETHER	211-112-6	629-82-3	Oui (7)	Oui (113)	Non classifié	non	émollient, conditionneur pour la peau, solvant	Cosmétiques et produits de soins personnels, produits d'entretien et de nettoyage, produits antigel, biocides (par exemple, désinfectants, pesticides), produits de revêtement, charges, mastics, enduits, pâte à modeler, peintures pour doigts, lubrifiants, graisses, cirages ("polish"), cires, parfums.

Nom de la substance / IUPAC	Nom INCI	EC#	CAS#	*Enregistrements sous REACH	*Notification CLP	Classification notifiée ³¹ (la plus courante)	Evaluation de la substance dans REACH	Fonction technique (base de données Cosing)	Usages
Carbonic Acid, Dicaprylyl Ester	DICAPRYLYL CARBONATE	434-850-2	1680-31-5	Oui (8)	oui (74)	Non classifié	non	émollient, conditionneur pour la peau	Cosmétiques et produits de soins personnels, lubrifiants, graisses, produits d'entretien et de nettoyage et parfums.
3-(Octanoyloxy) Propyl Octanoate	PROPANEDIOL DICAPRYLATE	700-003-3	56519-71-2	oui (1)	oui (1)	Non classifié	non	émollient, solvant	Cosmétiques et produits de soins personnels
Quaternary ammonium compounds, benzyl(hydrogenated tallow alkyl)dimethyl, chlorides, compds. with hectorite	STEARALKONIUM HECTORITE	275-126-4	71011-26-2	non	oui (1)	Non classifié	non	agent gélifiant, agent de contrôle de la viscosité	inconnue
Benzenemethanaminium, N,N-dimethyl-N-octadecyl-, chloride, reaction products with hectorite	STEARALKONIUM HECTORITE	305-633-9	94891-33-5	non	oui (1)	Non classifié	non	agent gélifiant, agent de contrôle de la viscosité	inconnue
Propylene Carbonate	PROPYLENE CARBONATE	203-572-1	108-32-7	oui (27)	oui (2930)	Harmonised, eye irrit 2.	non	solvant, agent de contrôle de la viscosité	Produits de revêtement, produits phytopharmaceutiques, cosmétiques et produits de soins personnels et parfums.
D-Glucoside, Decyl	DECYL GLUCOSIDE	259-218-1	54549-25-6; 58846-77-8; 141464-42-8; 68515-73-1	non	oui (189)	Non classifié	non	nettoyant, stabilisant d'émulsion, surfactant	Produits agricoles (non pesticides), produits d'entretien et de nettoyage, industrie textiles, tissus et cuirs, produits de lessive et de vaisselle, usage non-TSCA, produits de soins personnels
Oleic Acid, Monoester With Glycerol	GLYCERYL OLEATE	247-038-6	25496-72-4 / 111-03-5	non	oui (388)	Non classifié	non	émollient, émulsifiant, agent parfumant	Agent tensioactif dans les aliments, produits pharmaceutiques, cosmétiques, peintures inodores, huiles antirouille, apprêt des textiles, stabilisants de luminosité en vinyle et aromatisants
Fatty acids, macadamia nut-oil, Et esters	ETHYL MACADAMIATE	606-769-4	214495-31-5	non	non		non	conditionneur pour la peau	inconnue
Olive oil fatty acids, 2-octyldodecyl esters	OCTYLDODECYL OLIVATE	NA	223706-58-9	non	non		non	conditionneur pour la peau	inconnue

Nom de la substance / IUPAC	Nom INCI	EC#	CAS#	*Enregistrements sous REACH	*Notification CLP	Classification notifiée ³¹ (la plus courante)	Evaluation de la substance dans REACH	Fonction technique (base de données Cosing)	Usages
Isoodecyl isononoate (isodecyl isononanoate, ethylhexyl isononoate)									inconnue
2-Ethylhexyl Isononanoate	ETHYLHEXYL ISONONANOATE	275-637-2	71566-49-9	non	oui (399)	Non classifié	non	émollient	inconnue
Isoodecyl Pivalate	ISODECYL NEOPENTANOATE	262-108-6	60209-82-7	oui (3)	oui (45)	Aquatic chronic 1, aquatic chronic 3	non	émollient, conditionneur pour la peau	Lubrifiants, graisses, cosmétiques, produits de soins personnels, produits de revêtement et polymères.
Bis-Behenyl/Isostearyl/Phytosteryl Dimer Dilinoleyl Dimer Dilinoleate	BIS-BEHENYL/ISOSTEARYL/PHYTOSTERYL DIMER DILINOLEYL DIMER DILINOLEATE	NA	654651-30-6	non	non		non	émollient, conditionneur pour les cheveux, conditionneur pour la peau, agent de contrôle de la viscosité	inconnue
Carboxylic Acids, C6-8-Neo-, Esters With Polypropylene Glycol Monomyristyl Ether	PPG-3 MYRISTYL ETHER NEOHEPTANOATE	NA	325726-83-8	non	non		non	émollient, conditionneur pour la peau	inconnue
Isooctadecyl Pivalate, Propanoic acid, 2,2-dimethyl-, isooctadecyl ester	ISOSTEARYL NEOPENTANOATE	261-521-9	58958-60-4	oui (6)	oui (102)	Non classifié	non	liant, émollient, conditionneur pour la peau	Produits d'entretien et de nettoyage, produits d'assainissement de l'air, lubrifiants, graisses, cirages ("polish") et cires.
Hydrocarbons, C11 - C13, Isoalkanes, <2% Aromatics	C11-13 ISOPARAFFIN	807-714-9	246538-78-3	non	oui (341)	Asp tox 1	non	solvant	inconnue
Hydrocarbons, C4, 1,3-Butadiene-Free, Polymd., Tetraisobutylene Fraction, Hydrogenated	ISOHEXADECANE	297-628-2	93685-80-4	oui (3)	oui (107)	Asp tox 1, acute tox. 4	non	émollient, conditionneur pour la peau, solvant	produits antigels, biocides (par exemple, désinfectants, pesticides), produits de revêtement, charges, mastics, enduits, pâte à modeler, peintures pour doigts, lubrifiants et graisses.
Poly(Dimethyl siloxane)	DIMETHICONOL	615-070-3	70131-67-8	non	oui (535)	Non classifié	non	antimoussant, émollient, hydratant	inconnue
Dimethiconol	DIMETHICONOL	608-658-6	31692-79-2	non	oui (27)	Aquatic chronic 2	non	antimoussant, émollient, hydratant	inconnue

Nom de la substance / IUPAC	Nom INCI	EC#	CAS#	*Enregistrements sous REACH	*Notification CLP	Classification notifiée ³¹ (la plus courante)	Evaluation de la substance dans REACH	Fonction technique (base de données Cosing)	Usages
Dimethicone, Dimeticone, Dimeticonum	DIMETHICONE	618-433-4	9006-65-9	non	oui (163)	Non classifié	non	antimoussant, émoullient, conditionneur pour la peau, skin protecting	inconnue
Dimethyl Siloxane	DIMETHICONE	613-156-5	63148-62-9	non	oui (1298)	Non classifié	non	antimoussant, émoullient, conditionneur pour la peau, skin protecting	inconnue
2,2-Dimethylpropane-1,3-Diyl 2-Ethylhexanoate	NEOPENTYL GLYCOL DIETHYLHEXANOATE	249-060-1	28510-23-8	oui (9)	oui (23)	Non classifié	non	émoullient conditionneur pour la peau	Lubrifiants, graisses, cosmétiques et produits de soins personnels.
Ethanaminium, N,N,N-Trimethyl-2-[(2-Methyl-1-Oxo-2-Propen-1-Yl)Oxy]-, Chloride (1:1), Homopolymer	POLYQUATERNIUM-37	607-876-9	26161-33-1	non	oui (126)	Aquatic chronic 2	non	antistatique, agent filmogène	inconnue
Alkylpolyglycoside C10-16, D-Glucose homopolymer, dodecyl ether	LAURYL GLUCOSIDE	600-975-8	110615-47-9	oui (18)	oui (773)	Skin irrit 2, eye dam 1	non	nettoyant, surfactant	Produits d'entretien et de nettoyage, produits de revêtement, enduits, mastics, enduits, pâte à modeler, lubrifiants, graisses, adhésifs, produits scellants, engrais, carburants, produits d'assainissement de l'air, cirages ("polish"), cires et peintures pour doigts.
1-Phenylmethoxypropan-2-Yl 2-Ethylhexanoate	PPG-3 BENZYL ETHER ETHYLHEXANOATE	NA	NA	non	non		non	émoullient, conditionneur pour les cheveux, plastifiant	inconnue
Poly[Oxy(Methyl-1,2-Ethanediy)],Alpha-(1-Oxotetradecyl)-Theta-Phenoxy	PPG-3 BENZYL ETHER MYRISTATE	NA	642443-86-5	non	non		non	émoullient, plastifiant, solvant, agent d'absorption d'UV	inconnue
2-Propylheptyl Octanoate	PROPYLHEPTYL CAPRYLATE	485-390-4	868839-23-0	oui (1)	oui (1)	Non classifié	non	émoullient	Produits d'entretien et de nettoyage, cosmétiques et produits de soins personnels.
Speciality alkanes									inconnue

Nom de la substance / IUPAC	Nom INCI	EC#	CAS#	*Enregistrements sous REACH	*Notification CLP	Classification notifiée ³¹ (la plus courante)	Evaluation de la substance dans REACH	Fonction technique (base de données Cosing)	Usages
Poly(oxy-1,2-ethanediyl), .alpha.-octadecyl-omega-octadecyloxy- (4 mol EO average molar ratio)	PEG-4 DISTEARYL ETHER	NA	NA	non	non		non	conditionneur pour les cheveux, opacifiant, plastifiant, conditionneur pour la peau	inconnue
2-Dodecoxyethyl Hydrogen Sulfate	SODIUM LAURETH SULFATE	221-416-0	3088-31-1	oui (1)	oui (143)	Skin irrit 2, eye dam 1, Skin sens 1	non	nettoyant, émulsifiant, moussant, surfactant	inconnue
Alcohols, C12-14, ethoxylated, sulfates, sodium salts	SODIUM LAURETH SULFATE	500-234-8	68891-38-3	oui (73)	oui (1355)	Skin irrit 2, Eye Dam 1, Aquatic Chronic 3	non	nettoyant, émulsifiant, moussant, surfactant	Produits d'entretien et de nettoyage, adhésifs, mastics, charges, mastics, enduits, pâte à modeler.
Alcohols, C10-16, ethoxylated, sulfates, sodium salts	SODIUM LAURETH SULFATE	500-223-8	68585-34-2	non	oui (1206)	Skin irrit 2, eye Irrit 2, Eye Dam 1, Aquatic chronic 3	non	nettoyant, émulsifiant, moussant, surfactant	inconnue
Ethanol, 2-(2-ethoxyethoxy) -, 2"-[(C12-15-branched and linear alkyl)oxy] derivs., hydrogen sulfates, sodium salts	SODIUM LAURETH SULFATE	293-918-8	91648-56-5	non	oui (33)	Skin irrit 2, Eye Dam 1, Aquatic chronic 3	non	nettoyant, émulsifiant, moussant, surfactant	inconnue
Diocetadecyl Ether	DISTEARYL ETHER	228-567-1	06/03/6297	oui (2)	oui (68)	Non classifié	non	conditionneur pour la peau	Cosmétiques et soins personnels, produits de revêtement, encres et toners, lubrifiants, parfums, graisses, produits pharmaceutiques, cirages ("polish") et cires.
2-Ethylhexyl Palmitate; Hexadecanoic acid, 2-ethylhexyl ester; Octyl palmitate	ETHYLHEXYL PALMITATE	249-862-1	29806-73-3	oui (42)	oui (415)	Non classifié	non	émollient, agent parfumant	Produits d'entretien et de nettoyage, adhésifs, mastics, lubrifiants, graisses, polymères, produits de traitement textile, teintures, produits phytosanitaires, cirages ("polish") et cires.
2-Ethylhexyl Stearate	ETHYLHEXYL STEARATE	244-754-0	22047-49-0	oui (7)	oui (569)	Non classifié	non	émollient	Produits d'entretien et de nettoyage, polymères, adhésifs, mastics, produits de traitement et colorants textiles, lubrifiants, graisses, produits phytosanitaires, régulateurs de pH et produits de traitement de l'eau.

Nom de la substance / IUPAC	Nom INCI	EC#	CAS#	*Enregistrements sous REACH	*Notification CLP	Classification notifiée ³¹ (la plus courante)	Evaluation de la substance dans REACH	Fonction technique (base de données Cosing)	Usages
Hydrogenated olive oil unsaponifiables	HYDROGENATED OLIVE OIL UNSAPONIFIABLES	NA	NA	non	non		non	émollient, conditionneur pour les cheveux, conditionneur pour la peau	inconnue
Glycerides, Mixed Decanoyl And Octanoyl	CAPRYLIC/CAPRIC TRIGLYCERIDE	277-452-2	73398-61-5	oui (62)	oui (538)	Non classifié	non	agent masquant, agent parfumant, conditionneur pour la peau	Produits d'entretien et de nettoyage, lubrifiants, graisses, adhésifs, mastics, cirages ("polish"), engrais, produits de revêtement et produits d'assainissement de l'air.
Hydrogenated Ethylhexyl Oliviate	HYDROGENATED ETHYLHEXYL OLIVATE	NA	NA	non	non		non	émollient, conditionneur pour la peau	inconnue
Refined broccoli seed oil	BRASSICA OLERACEA ITALICA SEED OIL	NA	223749-36-8	non	non		non	émollient, conditionneur pour les cheveux, conditionneur pour la peau	Cosmétiques (produits coiffants, produits pour la peau et maquillage)
Sibrid Tm-031; Trisiloxane, 1,1,1,3,5,5,5-heptamethyl3-propyl	PROPYL TRISILOXANE	NA	29054-80-6	non	non		non	émollient, conditionneur pour les cheveux, agent masquant, agent parfumant, conditionneur pour la peau, solvant	inconnue
Stearyl/Octyldecyl Citrate Crosspolymer	STEARYL/OCTYLDODECYL CITRATE CROSSPOLYMER	NA	NA	non	non		non	humectant	inconnue
Tetraglyceryl Monooleate	POLYGLYCERYL-4 OLEATE	618-437-6	9007-48-1 / 71012-10-7	non	oui (58)	Skin irrit 2, eye irrit 2	non	émulsifiant	inconnue
Glyceryl Monoolive	GLYCERYL OLIVATE	NA	NA	non	non		non	émollient, émulsifiant, conditionneur pour la peau, surfactant	inconnue
Hydrogenated Rapeseed Alcohol	HYDROGENATED RAPESEED ALCOHOL	NA	NA	non	non		non	émollient, conditionneur pour les cheveux, conditionneur pour la peau, agent de contrôle de la viscosité	inconnue
Isoamyl Cocoate	ISOAMYL COCOATE	NA	NA	non	non		non	NA	inconnue
Hydrogenated Olive Oil	HYDROGENATED OLIVE OIL	NA	226993-75-5	non	non		non	conditionneur pour la peau, agent de contrôle de la viscosité	inconnue

Nom de la substance / IUPAC	Nom INCI	EC#	CAS#	*Enregistrements sous REACH	*Notification CLP	Classification notifiée ³¹ (la plus courante)	Evaluation de la substance dans REACH	Fonction technique (base de données Cosing)	Usages
Squalane (2,6,10,15,19,23-Hexamethyltetracosane)	SQUALANE	203-825-6	111-01-3	oui (13)	oui (230)	Non classifié	non	émollient, conditionneur pour les cheveux, agent de restauration lipidique, conditionneur pour la peau	inconnue
Castor Oil, Hydrogenated	HYDROGENATED CASTOR OIL	232-292-2	8001-78-3	oui (47)	oui (559)	Non classifié	non	émollient, émulsifiant, conditionneur pour la peau, surfactant, agent de contrôle de la viscosité	Produits d'entretien et de nettoyage, lubrifiants, graisses, adhésifs, mastics, cirages ("polish"), cires, engrais et produits de revêtement.
Siloxanes And Silicones, Di-Me, Me 3- [(2,2,6,6-Tetramethyl-4-Piperidinyloxy)Propyl]	PROPOXYTETRAMETHYL PIPERIDINYL DIMETHICONE	NA	171543-65-0	non	non		non	conditionneur pour les cheveux	inconnue
2-Ethylhexan-1-ol	HYDROGENATED ETHYLHEXYL OLIVATE	203-234-3	104-76-7	oui (38)	oui (2509)	Not harmonised, eye irrit 2, skin irrit 2, acute tox 4, STOT SE 3	Conclusion CoRAP: https://echa.europa.eu/fi/information-on-chemicals/evaluation/community-rolling-action-plan/corap-table/-/dislist/details/0b0236e18070be27	émollient, conditionneur pour la peau	Carburants, biocides (par exemple, désinfectants, pesticides), lubrifiants et graisses.
2,6,10-Trimethyldodecane	HYDROGENATED FARNESENE	622-542-2	3891-98-3	oui (2)	oui (40)	Asp tox 1, aquatic chronic 4	CoRAP suspecté mutagène; suspecté PBT/vPvB; suspecté sensibilisant; utilisation des consommateurs; travailleurs exposés; Environnement exposé	émollient, conditionneur pour la peau, solvant	Cosmétiques et produits de soins personnels, carburants et parfums.
Bis(2-Propylheptyl) Carbonate	DIPROPYLHEPTYL CARBONATE	627-085-2	1238449-42-7	oui (1)	oui (1)	Non classifié	non	émollient, conditionneur pour la peau	Produits d'entretien et de nettoyage, cosmétiques et produits de soins personnels.
Alcohol, Ethanol	ALCOHOL	200-578-6	64-17-5	oui (629)	oui (9763)	Harmonised for Flam Liq 2	non	antimoussant, antimicrobien, astringent, agent masquant, solvant, agent de contrôle de la viscosité	Carburants, produits de revêtement, encres et toners, produits antigel, produits d'entretien et de nettoyage, biocides (par exemple, désinfectants, pesticides), adhésifs, mastics et produits de traitement du cuir.

Nom de la substance / IUPAC	Nom INCI	EC#	CAS#	*Enregistrements sous REACH	*Notification CLP	Classification notifiée ³¹ (la plus courante)	Evaluation de la substance dans REACH	Fonction technique (base de données Cosing)	Usages
Canola oil	CANOLA OIL	601-748-6	120962-03-0	non	oui (429)	Non classifié	non	émollient, conditionneur pour la peau	inconnue
Sodium Ethanolate	Not found	205-487-5	141-52-6	oui (4)	oui (271)	Harmonised: Self heat 1, Skin corr 1b	non	NA	inconnue
Polysilicone-22	POLYSILICONE-22	See "Other comments"	NA	non	non		non	Not reported, agent de contrôle de la viscosité	inconnue
Polymethyl Silsesquioxane	POLYMETHYLSILSESQUIOXANE	614-610-5	68554-70-1	non	oui (37)	Non classifié	non	opacifiant	inconnue
Dimethicone/vinyl dimethicone crosspolymer	DIMETHICONE/VINYL DIMETHICONE CROSSPOLYMER	NA	243137-53-3	non	non		non	agent de contrôle de la viscosité	Cosmétiques
POLYSILICONE-34	POLYSILICONE-34	NA	NA	non	non		non	conditionneur pour les cheveux, conditionneur pour la peau	inconnue
3,5,5-Trimethylhexyl 3,5,5-Trimethylhexanoate	ISONONYL ISONONANOATE	261-665-2	59219-71-5	oui (13)	oui (118)	Non classifié	non	antistatique, émollient, conditionneur pour la peau	Produits d'entretien et de nettoyage, lubrifiants, graisses, produits d'assainissement de l'air, produits de revêtement, cirages ("polish"), cires et polymères.
Xanthan Gum, gummi xanthanum	XANTHAN GUM	234-394-2	11138-66-2	non	oui (1391)	Non classifié	non	liant, émulsifiant, stabilisant d'émulsion, agent gélifiant, conditionneur pour la peau, surfactant, agent de contrôle de la viscosité	inconnue
Lecithin	LECITHIN	232-307-2	8002-43-5	non	oui (1268)	Non classifié	non	antistatique, émollient, émulsifiant, conditionneur pour la peau	inconnue
Lecithin	LECITHIN	310-129-7	8030-76-0	non	oui (398)	Non classifié	non	antistatique, émollient, émulsifiant, conditionneur pour la peau	inconnue
Scleroglucan	SCLEROTIUM GUM	254-464-6	39464-87-4	non	oui (32)	Non classifié	non	stabilisant d'émulsion, conditionneur pour la peau, agent de contrôle de la viscosité	inconnue
Pullulan	PULLULAN	232-945-1	9057 02 7	non	oui (11)	Non classifié	non	liant, agent filmogène	inconnue

Nom de la substance / IUPAC	Nom INCI	EC#	CAS#	*Enregistrements sous REACH	*Notification CLP	Classification notifiée ³¹ (la plus courante)	Evaluation de la substance dans REACH	Fonction technique (base de données Cosing)	Usages
Lactobacillus/ Arundinaria Gigantea Ferment Filtrate	LACTOBACILLUS/ARUNDINARIA GIGANTEA FERMENT FILTRATE	NA	NA	non	non		non	agent filmogène, conditionneur pour les cheveux, conditionneur pour la peau	inconnue
Leuconostoc/ Radish Root Ferment Filtrate	LEUCONOSTOC/RADISH ROOT FERMENT FILTRATE	NA	NA	non	non		non	antipelliculaire, antimicrobien	inconnue
Sunflower Oil	Helianthus Annuus Seed Oil is the oil expressed from the seeds of the Sunflower, Helianthus annuus L., Compositae	232-273-9	8001-21-6	non	oui (958)	Non classifié	non	émollient, conditionneur pour la peau, agent masquant	inconnue
Safflower Oil	CARTHAMUS TINCTORIUS SEED OIL	232-276-5	8001-23-8	non	oui (884)	Non classifié	non	agent masquant, conditionneur pour la peau	inconnue
1,3 Butadiene/Styrene Copolymers	STYRENE/BUTADIENE COPOLYMER	NA	9003-55-8	non	oui (270)	Non classifié	non	opacifiant	inconnue
Orbignya Speciosa Kernel Oil	ORBIGNYA SPECIOSA KERNEL OIL	NA	NA	non	non		non	émollient	inconnue
Fats And Glyceridic Oils, Astrocarium Murumuru	ASTROCARYUM MURUMURU SEED BUTTER	609-150-7	356065-49-1;906350-19-4	non	oui (29)	Non classifié	non	émollient, conditionneur pour la peau	inconnue
3-Methylbutan-1-ol	ISOAMYL ALCOHOL	204-633-5	123-51-3	oui (10)	oui (1675)	Flam liq 3, STOT SE 3, Acute tox 4	CoRAP suspecté carcinogène; suspecté reprotoxique; suspecté sensibilisant; utilisation par les consommateurs; travailleurs exposés	aromatisant, agent parfumant	Lubrifiants, graisses, adhésifs, mastics, cirages ("polish"), cires, produits antigel, produits de revêtement, peintures pour doigts, parfums, produits d'entretien et de nettoyage, cosmétiques et produits de soins personnels.
Lauric/cocoic acid(isoamyl alcohol, lauric/cocoic acid, end-product isoamyl cocoate)	Not found								inconnue
2-Propylheptyl Octanoate	PROPYLHEPTYL CAPRYLATE	485-390-4	868839-23-0	oui (1)	oui (1)	Non classifié	non	émollient	Produits d'entretien et de nettoyage, cosmétiques et produits de soins personnels.
octyl octanoate, Caprylyl Caprylate/Caprate, Octanoic acid, octyl ester	CAPRYLYL CAPRYLATE/CAPRATE	218-980-5	2306-88-9	oui (1)	oui (138)	Non classifié	non	émollient, conditionnement de la peau	Cosmétiques

Nom de la substance / IUPAC	Nom INCI	EC#	CAS#	*Enregistrements sous REACH	*Notification CLP	Classification notifiée ³¹ (la plus courante)	Evaluation de la substance dans REACH	Fonction technique (base de données Cosing)	Usages
Dodecane, 2,6,10-triméthyl-, Farnesane, Triméthyl-dodecane	Hydrogenated Farnesene	622-542-2	3891-98-3	oui (2)	oui (39)	Asp tox 1	Présent dans la liste CoRAP: des substances dont l'évaluation doit commencer en 2020 (sujet de préoccupation: mutagène suspecté, PBT / vPvB et sensibilisant)	émollient, conditionnement de la peau, solvant	Cosmétiques
Hydrocarbures, C13-C16, n-alkanes, isoalkanes, cyclics, < 0,03% aromatics	C13-15 ALKANE	934-954-2	64742-46-7	oui (1)	oui (3)	Asp tox 1	non	solvant	Cosmétiques (cosmétique décorative, soin des cheveux, soin pour la peau, protection solaire)
Hydrocarbures, C15-C20, n-alkanes, isoalkanes, cyclics, < 0,03% aromatics	C15-19 ALKANE	934-956-3	64742-46-7	oui (1)	oui (2)	Asp tox 1	non	solvant	Cosmétiques
Pentadecane	PENTADECANE	211-098-1	629-62-9	oui (1)	oui (307)	Asp tox 1	non	agent parfumant, émollient	
-	TRIDECANE AND PENTADECANE	-	-	-	-	Asp tox 1	non	agent parfumant, émollient	Lotion pour le corps, crème pour le visage, crème solaire, fond de teint liquide, rouge à lèvres, soin des cheveux, antitranspirants et déodorants
Dodecane	DODECANE	203-967-9	112-40-3	oui (7)	oui (927)	Asp tox 1			Parfums, soin des cheveux, déodorant (stick, à bille), carburants, adhésifs, mastics, produits de revêtement, produits de traitement de surface des métaux, fluides caloporteurs, fluides hydrauliques, produits chimiques de laboratoire, liquide de coupe, produits d'entretien et de nettoyage

Pour ces substances identifiées par l'ECHA, les risques pour l'environnement et la santé ont été évalués. Certaines substances présentent un risque potentiel pour l'environnement tout comme les cyclosiloxanes D4 à D6. De plus, d'autres substances pourraient entraîner un risque pour les professionnels de l'industrie étant donné leur haute inflammabilité. Cependant, L'ECHA conclut que dans l'ensemble la plupart des substances identifiées ne présentent pas de risques pour la santé et un moindre risque pour l'environnement. Toutefois, on note que certaines doivent encore faire l'objet d'une évaluation pour certaines propriétés de danger.

Enfin, bien que certaines substances identifiées semblent plus chères, l'ECHA conclut que des alternatives aux cyclosiloxanes dans les cosmétiques sont techniquement et économiquement viables pour être employées dans la plupart des cosmétiques concernés (ECHA, 2019).

Ces informations semblent confirmées par d'autres sources. Poussées par l'évolution de la réglementation en cours sur les cyclosiloxanes (D4 à D6) dans les cosmétiques (voir section 1.4.7), des recherches sur les alternatives aux cyclosiloxanes ont été conduites. Un article mentionne notamment l'utilisation de silicones modifiés et d'esters. Les premiers se caractérisent par l'ajout de composés organiques sur les silicones pour obtenir des propriétés souhaitées. Cependant, l'article met en avant la tendance à promouvoir les produits libres de tous silicones donnant lieu au développement d'alternatives aux cyclosiloxanes tels que des esters (Montiel, et al., 2019) :

Tableau 18 : Silicones modifiés commercialisés comme alternatives potentielles aux cyclosiloxanes D4 et D5 dans la formulation de cosmétiques

Fournisseur	Produit	Nom INCI
Jeen International	JEELUX® VHIPIS*	Isopropyl isostearate, isododecane, bis-vinyl dimethicone/dimethicone copolymer
	JEELUX® DMIPIS*	Isopropyl isostearate, dimethicone, bis-vinyl dimethicone/dimethicone copolymer
Siltech	Silwax DO2 *	Ethyl methicone
Dow	DC CB 1502 Gum Organic Blend *	C11-13 isoparaffin/isohehexadecane/dimethiconol/dimethicone
	DC ES-5226 DM	Dimethicone (and) PEG/PPG-18/18 dimethicone
	DOWSIL™ MQ-1640 FLAKE RESIN	PEG-7 Dimethicone (and) laureth-7 (and) polysorbate 20
	DOWSIL™ CE-8411 Smooth Plus Emulsion	Dimethicone/bis isobutyl PEG-14 copolymer (and) polysorbate 20 (and) butyloctanol
Exsymol	Capillisil®	Silanediol salicylate
	D.S.H. C N® and D.S.H. C®	Dimethylsilanol hyaluronate
	G.P.S.®	Silanetriol trehalose ether
	Methiosil C+	Polysilicone 3
Biosil Technologies	Biosil Basics® Amino DL-30 CE	Dimethiconol panthenol
	Biosil Basics® A-30	Dimethiconol arginine
	Biosil Basics® DL-Methionine-30	Dimethiconol methionine
	Biosil Basics® L-Cysteine CE	Dimethiconol cysteine
	Biosil Basics® I-90	Cetyl PEG/PPG-10/1 dimethicone
Momentive Performance Materials	Silsoft* Tone	Polysilicone-18 cetyl phosphate
Clariant	SilCare® Silicone WSI	Amodimethicone glicerocarbamate
	SilCare® Silicone SEA	Trideceth-9 PG-amodimethicone, trideceth-12
Grant Industries	Gransurf 67	PEG-10 dimethicone
	Gransurf 90	Cetyl PEG/PPG-10/1 dimethicone

Fournisseur	Produit	Nom INCI
Evonik	Abil® UV Quat 50	Polysilicone-19
	Abil® WE 09	Polyglyceryl-4 isostearate, cetyl PEG/PPG-10/1 dimethicone, hexyl laurate
	Abil® T Quat 60	Silicone Quaternium-22
Chemsil	Emulsil® S-391	PEG-3 dimethicone
	Microsil HAF-HV	Propoxytetramethyl piperidiny dimethicone (and) C11-15 pareth-7 (and) trideceth-6

Source : (Montiel, et al., 2019)

Tableau 19 : Esters à chaîne ramifiée commercialisés comme alternatives potentielles aux cyclosiloxanes D4 et D5 pour la formulation de cosmétiques

Nom INCI n° CAS - EC	Fournisseur	Nom commercial	Fournisseur	Nom commercial
Cetyl ethylhexanoate 59130-69-7 261-619-1	A&A Fratelli Parodi	PARYOL COT	Jeen International	Jeechem CO
	Alzo International	Bernel Ester CO	KCI	CEH 100KC
		Dermol 168	Kokyu Alcohol Kogyo	CEH
		Trivent OC-16	Lonza	Lonzest® CO
	Berg & Schmidt	Bergacare EM-CO	Lubrizol	ScherzemoI™ CO ester
	Bionest	NeSol HO	Miwon	Mipearl CO
	Blue Sun International	Cetyl Ethylhexanoate	Natura Tec	Natura-tec Ultrafeel CEH
	Dow	DOWSIL™ CE8401 emulsion	Nikkol	Nikkol CIO
	Evonik	TEGOSOFT® CO	SMA Collaboratives	SILK CO
		The Nisshin OilIIO Group	SALACOS 8161	
Diisopropyl adipate 6938-94-9 230-072-0	AQIA	Polymol® ADI	Lubrizol	Fixate™ Keratin Activator
	Asko	AakoEmo DIIPA		ScherzemoI™ DIA ester
	Alzo International	Dermol DIA	Mamta Polycoats	Diisopropyl Adipate (DIPA)
	Ashland Specialty Chemical	Ceraphyl™ 230 ester	Momentive Performance Materials	SilForm® 60-A Emulsifier (D)
	Cosmetochem	Spread Oil 146-B	Nikkol	Nikkol DID
	Croda	Crodamol™ DA	Phoenix Chemical	Pelemol® DIA
	Georges Walther	DIISOPROPYL ADIPATE	Protameen Chemicals	Protachem™ DIPA
	Hallstar	Hallstar® DIPA		Protamide™ DIPA
	Jeen International	JeeChem DIA	Sino Lion	Sunzerse™ ZN
	Lipotec	Pollushield™ functional ingredient	Southern Chemical Textiles	Techmide 470
		Stearinerie Dubois	DUB DOPA	
		Tivent	Trivent DIA	
Diisopropyl sebacate 7491-02-3 231-306-4	AE Chemie	AE Sunboost 1033B	Nikkol	Nikkol DIS
	Alzo International	Dermol DIPS	Phoenix Chemical	Pelemol® DIPS
	Jeen International	JeeChem DIS	Stearinerie Dubois	DUB DIS
	Lubrizol	SherzemoI™ DIS ester		DUB SYNERSOL
Ethylhexyl ethylhexanoate 7425-14-1 231-057-1	Berg & Schmidt	BergaCare 88		
	Sabo	Saboderm OO		
	Uniproma Chemical	Sunsafe® Complex A9		
Ethylhexyl isononanoate	Hallstar	Halstar® Octyl Isononanoate	KCI	EHIN 100KC

Nom INCI n° CAS - EC	Fournisseur	Nom commercial	Fournisseur	Nom commercial
71566-49-9 275-637-2	Alzo International	Dermol 334	Kokyu Alcohol Kogyo	ES 108109
		Dermol 866	Lubrizol	Schercemol™ OISN
		Dermol 89	Phoenix Chemical	Pelemol® 89
	Berg & Schmidt	BergaCare 89		Pelemol® 899
	Blue Sun International	Ethylhexyl Isononanoate		PhoenoMulse™ 100
	Domus Chemicals	DomusCare EEIS	Stearinerie Dubous	DUB INO
Italmarch Chemicals	Dapracare® EHN	Symrise	Dragoxat® 89	
Ethylhexyl palmitate 29806-73-3 249-862-1	A&A Fratelli Parodi	PARYOL EMOLL	Granula	GranLux® OP1-50
		PARYOL NEODERM OP	Hallstar	Hallstar® OP
	AQIA	Polymol® OP	INOLEX	Lexol® EHP
	Akott	Biogenico UVSperser T40/OS	Italmatch Chemicals	Dapracare® OP
	Alzo International	Dermol 816	KLK Oleo	PALMASTER® 1543
		Wickenol 155	KahlWax	Khalbase 6397-Lipstick base
		Wikenol 161	Kalichem	KEMIDERM MICROSONIC KMF
		Wikenol 163	Kobo Products	OPP60ZSI
	Ashland Specialty Chemical	Ceraphyl™ 368 M ester	Kokyu Alcohol Kogyo	IOP
	BASF	Cegosoft® C 24 Cetiol® EHP	Lakeland Chemicals	LAKLAS EHP
			Lonza	Gel Base 2 (D)
	Berg & Schmidt	BergaCare EM-OP	McKinley Resources	McKinley Octyl Palmitate
		BergaCare FG5	Natura-Tec	Natura-tec Ultrafeel OP
	Borica	Hylube™ A2616C	Nikkol	Nikkol IOP
	CISME Italy	OLOROL OP	Norfox	Norfox 163
	CREMER OLEO	CremerCOOR® EHP	Oleon (Avril Group)	Radia® 7779
	Chemir	Labial CH	Pilot Chemical	Macare® OP
	Comercial Química Massó	MASSOCARE EMO SUN1	Protameen Chemicals	Protachem™ OP
		MASSOCARE EP		RITA
	Croda	Tioveil™ TGOP (D)	Res Pharma	Emulpharma® CM Emulpharma® CM Preservative Free Emulpharma® PGF E
		Crodamol™ OP		
		Maxi-lip™		
		Spectraveil™ OP		
		Tioveil™ 50 OP		
	Domus Chemicals	DomusCare® OP	Sabo	Saboderm OP
	Eastman Chemical Company	Eastman GEM™ 2-Ethylhexyl palmitate	Stearinerie Dubois	DUB PO

Nom INCI n° CAS - EC	Fournisseur	Nom commercial	Fournisseur	Nom commercial
	Elementis	Bentone Gel® OPV	The Nisshin Oil&O Group	SALACOS P-8
	ErcaWilmar	ERCAREL OP V	Thornley Company	Thorcoest OP
	Evonik	Tegosoft® OP	Vantage Specialty Ingredients	Liponate® EHP
	Exsymol	PRO-D.S.B.		Liponate® GC
	Fine Organics	Octyl Palmitate	Zschimmer Schwartz &	HelioPro OP 50H
	Georges Walther	ETHYLHEXYL PALMITATE		
Ethylhexyl stearate 22047-49-0 244-754-0	A&A Fratelli Parodi	PARYOL EMOLL PARYOL NEODERM OS	ErcaWilmar	ERCAQUAT HRC V/FD ERCAREL OS V
	AQIA	Polymol® OS	Evonik	ABIL® Filler CL HyaCare® Filler C TEGO® Wipe Flex TEGO® Wipe Lux TEGOSOFT® OS
	Alzo International	Dermol 818 Wickenol 156 Wickenol 161 Wickenol 163		
	B.C. Cosmetic and Food s.r.l	Beautyderm WW		Fine Organics
	BASF	Cetiol® 868 Cosmedia® ATH Rheocare® ATH	GfN-Selco	Natursol A100
			INOLEX	Lexol® EHS
			Kolb	Synpatens ES
	BK Giuliani	Gilugel® OS	Lakeland Chemicals	LAKLAS EHS
	Berg & Schmidt	Bergacare EM-OS Bergacare FG 5	NAYAKEM ORGANICS	NAYAKEM-Octyl Stearate
			Natura-Tec	Natura-tec Ultrafeel OS
	Bionest	NeSol OS	Nikkol	Nikkol STO
	Blue Sun International	Bluevisc AH	Norfox	Norfox 161
	Borica	Hilube™ A2618C		Norfox 163
	CISME Italy	DERMAROL OST	Oleon (Avril Group)	Radia® 7770
	CREMER OLEO	CremerCOOR® EHS		Radia® 7772
	Chongqing Star-Tech Specialty Products	PVP K90 20% solution	Protameen Chemicals	Protachem™ OS
	Clariant	Hostacerin® EWO	Rheolab	NATURSOL HYDRA A
	Comercial Química Massó	MASSOCARE EMO SUN2 MASSOCARE ES		NATURSOL ION A NATURSOL AVH
		Croda		Estol 1545 (D) Crodamol™ OS
	Domus Chemicals	DomusCare® OS	Stearinerie Dubois	DUB SO
Ecogreen Oleochemicals	Rofetan® 188	Thornley Company	Thorcoest EHS	

Nom INCI n° CAS - EC	Fournisseur	Nom commercial	Fournisseur	Nom commercial	
Isodecyl ethylhexanoate 34962-91-9 ; 252-302-9	Alzo International	Dermol 108 Dermol 334			
Isodecyl isononanoate 59231-35-5 / 41395-89-5 261-674-1	Stearinerie Dubois	DUB INID			
	Kokyu Alcohol Kogyo	Kak 109			
	Alzo International	Dermol 109 Wickenol 152			
Isononyl isononanoate 59219-71-5 / 42131-25-9 261-665-2	A&A Fratelli Parodi	PARYOL BIOS 99	Kobo Products	IN45R7C (D)	
	AE Chemie	AE Ester 99		IN50R6B (D)	
	Alzo International	Dermol 99		IN50TZ (D)	
		Wickenol 151		IN50Y5A (D)	
	Berg & Schmidt	BergaCare IN 2		IN50Y6A (D)	
	Bionest	NeSol ININ		IN70UB (D)	
	Blue Sun International	Isononyl Isononanoate		INH80LZ (D)	
	Calumet Lubricants	Versagel® MN1600 Versagel® MN750		INX55EY (D) INX70EB (D)	
	Comercial Química Massó	MASSOCARE ININ	INX70ER (D)		
	Domus Chemicals	DomusCare® ISIS	Kokyu Alcohol Kogyo	Kak 99	
	Georges Walther	Georges Walther ISONONYL ISONONANOATE	Natura-Tec	Natura-tec Ultrafeel ININ	
	Grant Industries	Gransil ININ	Phoenix Chemical	Pelemol® 899	
	Granula	GranLux® GAI-45 GranLux® GAI-45 TC			Pelemol® IN-2 PhoenoMulse™ 100
		GranLux® GAI-50TMBBT		RITA	Ritamollient ININ
		GranLux® GAI2-45TZ		SEIWA KASEI	Promois EK-118(IN)
		GranLux® GTI-45TMBBT		Sabo	Saboderm ISN
GranLux® GTI2-45 GranLux® GTI2-45TZ		Sensient Cosmetic Technologies		COVAMER® LIPSHINE	
GranLux® LECISUN-45		Seppic		LANOL™ 99	
KCI	ININ 100KC ISIS 100KC	Stearinerie Dubois		Dub Heliocrystal Dub ININ	
	ITIN 100KC	The Innovation Company	Creagel® EZ IN		
		The Nisshin OilliO Group	SALACOS 99		
Neopentyl glycol diethylhexanoate 28510-23-8 250-575-9	Alzo International	Dermol NGDO Minno 21 Minno 41			

Nom INCI n° CAS - EC	Fournisseur	Nom commercial	Fournisseur	Nom commercial
	Blue Sun International	Neopentyl Glycol Diethylhexanoate		
	ExxonMobil	Puresyn™ 2E7		
	Kokyo Alcohol Kogyo	KAK NDO		
	Lubrizol	Fixate™ Activator		Keratin

Source : (Montiel, et al., 2019)

Des alternatives sans cyclosiloxanes ont été identifiées par l'ECHA pour toutes les catégories de cosmétiques identifiées.

Bien que les alternatives citées ci-dessus remplissent le même objectif on ne dispose pas d'assez d'éléments pour exclure une altération de la performance éventuelle pour le consommateur.

Enfin, le label Nordic Swan Ecolabel³³ garantit l'absence de cyclosiloxanes dans la formulation des cosmétiques. D'après les informations de l'ECHA ce label contrôle l'absence de cyclosiloxanes et répertorie 3469 produits cosmétiques couvrant une large gamme dans l'ensemble des types de produits, tout en garantissant également le niveau de performance ³⁴. Ce label tend à conforter l'existence d'alternatives en général pour les cosmétiques, et atténue les craintes relatives à la perte de performance pour le consommateur.

5.2.3 Autres secteurs

Concernant l'usage de D5 dans le **nettoyage à sec** (pressings), il semblerait qu'il existe des alternatives aux produits à base de D5 qui a lui-même été introduit pour substituer des substances soulevant des problèmes tels que le perchloroéthylène³⁵, classé comme carcinogène et dangereux pour la vie aquatique. En effet, le perchloroéthylène est interdit en France dans les nouveaux systèmes de lavage à sec depuis le 1^{er} Mars 2013³⁶, interdiction accompagnée d'un calendrier de substitution progressive pour les anciens systèmes. Ainsi, la volonté de ne plus avoir recours au perchloroéthylène mais aussi aux cyclosiloxanes, conduit à envisager d'autres solutions à base d'hydrocarbures, composés hydrocarbures aliphatiques consistant en des mélanges de C9 à C13 formant des solvants isoparaffiniques et ou cycloparaffiniques. Cependant ils soulèvent eux aussi des problèmes vis-à-de leur inflammabilité, de leur toxicité pour l'homme et pour l'environnement. La meilleure alternative identifiée serait le l'aquanettoyage ("wet cleaning") qui consiste en l'utilisation conjointe d'eau et de détergents plus sûrs pour l'environnement et la santé (ECHA, 2019) (Toxic Use Reduction Institute, 2012). Cette solution est déjà introduite sur le marché du lavage à sec en France d'après les informations du Cofreet (Comité français de l'étiquetage pour l'entretien des textiles) et de la FFPB (Fédération française des pressings et blanchisseries) qui estime que le « wet cleaning » a été adopté par 46 % des systèmes de lavage (Entretiens Textile, 2018). L'ECHA cite également des alternatives potentielles moins courantes telles que le CO2 supercritique ainsi que des éthers de glycols (mais eux aussi sont sujets à caution vis-à-vis des dangers pour la santé) (i.e. Rynex® Cleaning)³⁷.

³³ <https://www.nordic-ecolabel.org/product-groups/group/?productGroupCode=090>

³⁴ Conditionneurs 184, déodorant 39, nettoyant pour le visage 199, soin des cheveux (mousse, cire, sérum, etc.) 195, soin des lèvres 24, maquillage 23, bain de bouche 3, dissolvant pour vernis à ongles 19, autobronzant 20, shampoing 394, crème pour la peau 732, savon 1058, écran solaire 310, dentifrice 28, lingette humide 222

³⁵ <https://www.echa.europa.eu/web/guest/brief-profile/-/briefprofile/100.004.388>

³⁶ Arrêté du 05/12/12 modifiant l'arrêté du 31 août 2009 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations classées pour la protection de l'environnement soumises à déclaration sous la rubrique n° 2345 relative à l'utilisation de solvants pour le nettoyage à sec et le traitement des textiles ou des vêtements

https://aida.ineris.fr/consultation_document/26960

³⁷ http://www.berbey.fr/Annexes/Pressings_Rynex-fiche-securite.pdf

Concernant **les produits d'entretien et de restauration d'œuvres d'art et d'antiquités**, les alternatives consistent en l'utilisation des hydrocarbures aliphatiques ou dans la tolérance d'une dégradation plus grande des œuvres conservées (ECHA, 2019). L'ECHA a donc considéré qu'il n'y avait pas à l'heure actuelle d'alternatives au D5 dans ce domaine (cependant le D5 semble pouvoir être considéré comme une alternative au D4, plus toxique).

Concernant l'usage de D5 et D6 dans **les dispositifs médicaux** :

Trouver des alternatives sans perte de performance semble difficile dans le cas des gels pour pansements à application sur les cicatrices et blessures.

Pour le **traitement anti-poux**, des alternatives existent. Les solutions contenant des cyclosiloxanes sont basées sur un effet mécanique visant à étouffer les poux et les lentes à l'aide de substances telles que le diméthicone (PDMS). Une alternative est d'abord de recourir à des traitements similaires mais basés sur d'autres substances : silicones, huiles minérales, lipid esters lipidiques, surfactants, Les solutions basées sur des insecticides présentent des risques pour la santé et ne sont de ce fait plus disponibles en France : le dernier produit commercialisé en France contenant du malathion (Prioderm®) fait l'objet d'un arrêt de commercialisation de l'ANSM³⁸. De plus, le malathion et la pyréthrine ne seraient plus employées en France notamment en raison de la résistance accrue des poux à ces substances au fil du temps³⁹. Enfin un peignage humide peut constituer une alternative bien que la performance serait à priori moindre

L'ECHA suggère que le remplacement de cyclosiloxanes dans les gels de massages et lubrifiants ne représenterait pas de difficulté technique et les alternatives seraient déjà présentes sur le marché.

Concernant l'emploi de D5 et D6 dans les **détergents**, produits d'entretiens automobile et domestique, l'ECHA insiste sur la faible part du marché réellement lié à ces usages enregistrés (ECHA, 2019). En effet, L'ECHA n'identifie que deux produits sur le marché, pour le D5, un dans les produits d'entretien automobile (shampoings, cires pour voitures) et un autre dans les désodorisants. Le premier concerne une gamme limitée de produits qui serait substituable sur le marché actuel par des produits ne contenant pas de cyclosiloxanes. Le second concerne un produit désodorisant qui lui aussi serait substituable par des désodorisants ne contenant pas de cyclosiloxanes. En guise d'exemple l'ECHA suggère les produits d'entretien automobile et les désodorisants labélisés par le Nordic Swan Ecolabel.

Concernant l'usage de D5 dans la **production de mousses rigides en polyuréthane**, d'après les informations rassemblées par l'ECHA auprès des industriels qu'environ 1 % de D5 serait contenu dans le produit final. Ces mousses sont principalement employées dans la construction pour des travaux d'isolation. Il n'existe pour le moment pas d'information mettant en évidence l'existence d'alternatives à cet usage.

5.2.4 Coûts de la substitution

Cette section contient en premier lieu des informations sur le coût de la substitution dans les biens de consommation dans lesquels des cyclosiloxanes sont directement employés dès lors que des éléments de réponses sont disponibles.

En second lieu, elle comporte un exercice d'évaluation du coût associé à la proposition de restriction de l'ECHA (voir section 1.2.1) sur les cosmétiques qui représente la source de rejets majoritaires de cyclosiloxanes dans l'environnement (voir section 3).

³⁸<https://www.anism.sante.fr/S-informer/Points-d-information-Points-d-information/Arret-de-commercialisation-de-la-lotion-anti-poux-Prioderm-a-la-suite-du-renforcement-de-ses-conditions-de-prescription-Point-d-information>

³⁹ <https://www.quechoisir.org/guide-d-achat-produits-antipoux-n56837/>

Le Tableau 20 fournit quelques exemples de produits avec ou sans cyclosiloxanes par catégorie de **cosmétiques**. Etant donnée la vaste gamme de produits cosmétiques aux fonctions différentes, l'analyse s'est limitée aux catégories dans lesquelles les cyclosiloxanes seraient les plus présents d'après les informations rassemblées par l'ECHA auprès des associations de consommateurs (voir section 2.2.3).

Ainsi il ne s'agit pas tant d'un outil de comparaison exhaustif que d'une revue à un instant donné du marché afin de vérifier la disponibilité d'alternatives sans cyclosiloxanes indiquées dans les documents ECHA, et de mettre en lumière d'éventuelles différences de prix entre cosmétiques avec et sans cyclosiloxanes pour les segments dans lesquelles les cyclosiloxanes sont les plus présents.

L'ECHA a bien mis en évidence qu'il était difficile de comparer les performances associées aux produits avec ou sans cyclosiloxanes qui s'expriment à travers différents attributs pour le consommateur (facilité d'application, durée d'effet, efficacité, sensation, odeurs, usages multiples, packaging, image de marque...) et d'en tirer une analyse monétaire par des techniques d'évaluation des consentements à payer/recevoir par exemple afin d'en déduire les coûts et bénéfices non monétaires associés (ECHA, 2019).

C'est pourquoi les alternatives présentes dans le tableau 20 ci-dessous ne constituent pas des biens parfaitement substituables aux produits contenant des cyclosiloxanes. Certains produits comme les huiles, soins corporels et ou soins capillaires, ou encore les crèmes, soins corps et ou visages, peuvent avoir des fonctions multiples rendant les comparaisons encore plus difficiles.

Tableau 20 : Comparaison de produits cosmétiques avec et sans cyclosiloxanes

Type de cosmétiques	Exemples de produits contenant des cyclosiloxanes	Exemples de produits sans cyclosiloxanes
Autobronzant	Beurre de cacao en spray de la marque Ziaja ® (5€/100ml) L'Oréal Sublime Bronze Lait fondant autobronzant ® (7€/100ml) Sun shimmer - Gradual tan & Tone lotion 4 in 1 Rimmel ® (7€/100ml)	Sérum fabuleux autobronzant Sublime bronze - L'Oréal Paris ® (11€/100ml) Photoderm Autobronzant Bioderma ® (6€/100ml) Lait Autobronzant Tropical Summer – Cien ® (11€/100ml)
Crème/lait solaire	Crème Minérale SPF 50+ Avène ® (22 €/100ml) Crème Solaire Visage Anti-âge SPF 50+ Ecran ® (21€/100ml) Sun Protection spray solaire SPF30 EUCERIN ® (6€/100ml)	Crème très haute protection spf 50+ hypoallergénique Avène ® (24€/100ml) Sun Spray Protecteur Protect et Sensitive FPS50 Nivea ® (7,5€/100ml) Sun protection solaire fluid SPF50 Eucerin ® (6€/100ml)
Déodorants antitranspirants et	Tacto puro classic 24h Palmolive ® (3€/100ml) Sanex Dermo Sensitive Zero% Deodorant Roll-On ® (8€/100ml)	Sanex Déodorant Dermo Protector Sticks 24h ® (14€/100ml) Déodorant Anti-Transpirant 48h Tolérance Optimale Mixa ® (5€/100ml)
BB crème	BB Crème Au Ginseng Clair ERBORIAN ® (78 €/100ml) M Perfect Cover BB Cream SPF42/PA + + + No. 27 Missha ® (18 €/100ml)	BB crème skinactive soin végétal perfecteur 5 en 1 Garnier ® (19 €/100ml) BB Cream - Perfecteur de teint 5 en 1 SPF 10 So'Bio étic ® (35 €/100ml)

Type de cosmétiques	Exemples de produits contenant des cyclosiloxanes	Exemples de produits sans cyclosiloxanes
Fonds de teint	Fond de Teint Fluide Accord Parfait – Peaux Sèches à Normales – Teinte : Ivoire Rosé (1.R) L'Oréal Paris ® (32 €/100ml) Couvance Fond de Teint Correcteur Fluide Naturel 2.0 Avène ® (52,5 €/100ml) Studio Fix – Fond de Teint Fluide SPF 15 MAC ® (113 €/100ml)	Pure light – Fond de teint effet peau nue hydratant Yves Rocher ® (77€/100ml) Fond de Teint Fluide « Soie de teint » Zao ® (80€/100ml) Nude de teint hydratant Yves Rocher ® (46€/100ml)
Stylo/crayon à lèvres⁴⁰	Crayon à lèvres satin Nars ® (25€/unité) Dessin des Lèvres Lip Styler Stylo à Lèvres Multi Usage Yves Saint Laurent ® (28€ unité) Crayon à Lèvres 09 Ivresse T-LeClerc ® (14€/unité)	Crayon Lèvres Vieux Rose Avril ® (3€/unité) Crayon lèvres éclat Yves Rocher ® (11€/unité) Crayon contour des lèvres Chanel ® (26/unité)
Soins capillaires	Huile Extraordinaire Universelle – Elseve L'Oréal Paris ® (13 €/100 ml) Essential Haircare OI All in One Milk – Traitement de Beauté Multi-Bénéfices Davines ® (31€/100ml)	Crème de soin Cheveux Hydratés Coco SO'BiO étic ® (6 €/100ml) Soin Renaissance – Sublime Absolue Kératine René Furterer ® (22 €/100ml)
Crème coiffante	Elseve Dream Long Crème Sauveuse de Pointes L'Oréal Paris ® (3€/100ml) Crème Après-Shampooing sans Rinçage Karité Cantu ® (3€/100g) Crème coiffante Got2b Schwarzkopf ® (4€/100ml)	Crème coiffante fixation moyenne Horace ® (26€/100ml) Crème coiffante maintien naturel K Pour Karité ® (13€/100g) Crème coiffante et stylisante bio Styling emulsion Rodolphe & Co ® (10€/100g)
Conditionneur / Après shampoing	professional Oil care - Après-shampooing à l'huile de macadamia Cien ® (1€/100ml) Olive Oil Girls Leave-In Conditioning Detangler Après-Shampooing ORS ® (2€/100ml) Huile Réparatrice Aromachologie 5 Huiles essentielles - L'Occitane ® (24€/100ml)	Après-shampooing nourrissant au beurre de cacao Ziaja ® (€/100ml) Volume & Matière - Après-Shampooing Gelée Démêlante Yves Rocher ® (3€/100ml) Après-shampooing cheveux secs beurre mangue & huile de riz Monoprix ® (1€/100ml)
Sérum/Huile	Huile corps et massage The Botanical Mylène ® (23€/100ml) AHAVA Dead Sea Plants Huile Sèche Mandarine Cèdre AHAVA ® (20€/100ml) Huile sèche pour le corps Moroccanoil ® (48€/100ml) Huile divine pailletée - Huile de fleur de la passion Sephora ® (9 €/100ml)	Huile de Soins pour le Corps Avène ® (13€/100ml) Huile sèche corps fleur Hibiscus Klorane ® (13€/100ml) Huile nourrissante qui fait tout - Huile de baobab - Sephora ® (9€/100ml) Huile de Soins Fleur d'Argan Bio Tadé ® (7€/100ml)

⁴⁰ Attention les stylos/crayons à lèvres vendus à l'unité ne sont pas dimensionnés de manière égale, autrement dit le poids en gramme du cosmétique peut être différent et donc expliquer en partie les différences de prix.

Type de cosmétiques	Exemples de produits contenant des cyclosiloxanes	Exemples de produits sans cyclosiloxanes
Crème/lait hydratantes corps	Body lotion hydro nourishment Dove ® (1,5€/100ml) Crème ultra-nourrissante atoderm Bioderma ® (2€/100ml)	Crème Visage & Corps Hypoallergénique Aloe Vera & Calendula Tube Le Petit Marseillais ® (8€/100ml) Lait corps hydratant Aderma ® (3€/100ml)
Crème anti-âge	Skin Care Lift Crème Eric Favre ® (136€/100ml) Crème de Nuit Anti-Âge - Cien gold de Lidl ® (11€/100ml) Crème Nuit Total-Lift Régénérante Ella Baché Nutridermatologie ® (177€/100ml) Caspari novagen intense age-repair - Soins de jour Diadermine ® (25€/100ml)	Crème nuit peeling multi-actions URIAGE AGE PROTECT ® (40 – 60 €/100ml) Crème Neutre Jeunesse Aroma-Zone ® (9€/100ml) Soin Récupérateur Nuit - Elixir Jeunesse de Yves Rocher ® (44 – 72€/100ml) Crème Lissante Physiolift Jour Avène ® (85€/100ml) Crème de visage Aloé Vahona Homoeopharma ® (40€/100ml)
Crèmes mains	Crème régénérante mains Vitry ® (12€ /100ml) Crème Mains - Laino Prointense ® (6€ /100ml) Crème mains nourrissante peaux très sèches - Le petit marseillais ® (3€ /100ml)	Crème mains au karité - Les Officines Actifs beauté ® (7€/100ml) Crème mains réparation immédiate Neutrogena ® (6,5€/100ml) Cold Cream Crème Mains Concentrée Avène ® (8,5€/100ml)
Démaquillant	Eau infusée Biphase Micellaire Tout en 1 SkinActive – Garnier ® (2€/100ml) Démaquillant Bi-phasé Visage, Yeux et Lèvres Esthetic Center ® (7€/100ml) Eau Micellaire Nettoyante pour les Peaux et les Yeux Sensibles Garnier ® (2€/100ml)	Gel Lavant Visage Micellaire Garnier SkinActive – Garnier ® (2€/100ml) Eau Micellaire - Eau thermale peaux sensibles La Roche Posay (4€/100ml) Eau Micellaire Purifiante pour peaux mixtes à grasses hydra aloe vera bio So'Bio étic ® (1,5€/100ml)

Source : QueChoisir, Amazon, EasyParapharmacie, LookFantastic, Santediscount

Certains produits sans cyclosiloxanes contiennent des silicones comme le diméthicone, nom INCI pour le PDMS, pour lesquels les cyclosiloxanes sont employés dans le procédé de production, et dans lequel ils peuvent être présents en tant qu'impuretés.

Concernant le **lavage à sec**, on rappelle que les solutions basées sur le perchloréthylène sont interdites depuis 2013 (voir section 5.2.3). Pour ce qui est des autres alternatives à base d'hydrocarbures et de l'aqua-nettoyage (« wet cleaning »), il est difficile d'obtenir des données récentes mais des données historiques sembleraient indiquer que ces alternatives présentent un coût équivalent voir moindre pour les professionnels du nettoyage d'après les résultats d'un groupe de travail en 2010 impliquant professionnels de la filière (FFPB, FNET, CTTN-IREN) ainsi que des acteurs publics (Agence de l'eau Seine-Normandie, INRS, Assurance Maladie)⁴¹. Cette tendance semble être confirmée par des données outre-Atlantique (Toxic Use Reduction Institute, 2012).

⁴¹<https://www.actu-environnement.com/media/pdf/procedes-nettoyage-pressing.pdf>

Tableau 21 : Comparaison de coût des différentes technologies de lavage à sec (1)

	Perchloroéthylène	Hydrocarbures (KWL)	Solvant Siloxanes (D5)	Aqua-nettoyage
Coût Équipement (machine 14 à 16 Kg)	Entre 29 et 36 000 €	Sans distillateur, entre 28 000 € et 32 000 € entre 35 000 € et 45 000€ pour les machines en plein bain	Entre 35 000 € et 45 000 € plus licence au tambour en moyenne de 2000 € par an	Laveuse, plus séchoir, plus pompe doseuse entre 22 000 € et 32 000 € Matériel de finition automatisé indispensable au-delà d'un certain seuil de production (environ 100 pièces/jour) : jusqu'à + 80 000 € au total (process + finition)
Coût d'exploitation (électricité pour 12kg)	6 à 8 KWh par cycle	7 à 9 kWh avec distillateur, avec nébulisation entre 5 et 6kw	7 à 9 KWh	5 à 8 KWh
Eau pour 12kg et par cycle en distillation continue	140 l	300 à 350 l	350 à 400 l	100 à 200 l
Solvant par Kg de linge traité	9 g	4 g	4 g	Aucun
Coût de production à la pièce traité (hors infrastructure)	Nettoyage : 0,41 à 0,43 € Avec finition : 1,40 €	0,70€ 1,60€	0,80€ 1,80€	0,65€ 1,80 € (en manuel) 2,30 € (en mécanisé)
Maintenance	Maintenance régulière (raclage, réglages)	Maintenance accrue pour les machines utilisant le procédé sous vide ou inertage	Maintenance accrue pour les machines utilisant le procédé sous vide ou inertage	Maintenance annuelle, réduite

Source : groupe de travail FFPB / FNET / CTTN-IREN / Agence de l'eau Seine Normandie / INRS / Assurance maladie (2010)

Tableau 22 : Comparaison de coût des différentes technologies de lavage à sec (2)

	Coûts des équipements (\$)	Coût des Solvants (\$/gallon)	Coût par livre de vêtement lavé (Intervalle et moyenne en \$)
Perchloroéthylène	40 000 – 65 000	17	0,63 – 1,94 1,02
Aqua nettoyage	36 000 – 61 000	0,007/gal (eau) + 25 – 31/gal (détergeant)	0,57 – 1,32 1,10
Dioxyde de carbone	100 000 – >150 000	0.18/livre CO2 + 40/gal detergent	1,40
Hydrocarbures à haut point éclair	38 000 – 75 000	14 - 17	0,73 – 1,02 0,88
Acetal (Solvon K4)	50 000 – 100 000	28 – 34	-
Ether de propylène glycol	56 000	25 -30	1,14
Siloxane (D5)	30 500 – 55 000	22 - 28	1,08 – 2,03 1,71
1-bromopropane (nPB)	40 000 – 60 000	40 - 64	-

Source : (Toxic Use Reduction Institute, 2012)

Concernant les **produits antipoux**, comme expliqué dans la section 5.2.3, les produits insecticides (Malathion, Pyréthrine) ne soit plus commercialisés en France. On retrouve désormais principalement des produits à action mécanique basés sur des silicones comme le diméthicone (PDMS) et des « insecticides naturels » employant des huiles essentielles dont l'efficacité reste à démontrer.

Tableau 23 : Comparaison de produits anti poux avec et sans cyclosiloxanes

Exemples de produits antipoux contenant des cyclosiloxanes	Exemples de produits antipoux sans cyclosiloxanes
Traitement anti poux Pidox Hairmed® (9€/100ml)	Lotion Anti-Poux Ecoprioderm® (11€/100ml)
Expert 123 anti poux spray Novodex® (6€/100ml)	Lotion radicale anti poux lavande P'TIT DOP® (9,5 €/100ml)
Lotion anti poux Full Marks® (18€/100ml)	Anti-Poux et Lentes Pouxit XF® (6,5€/100ml)
Lotion Anti-Poux Pouxit classic® (5 €/100ml)	Lotion Anti Poux et Lentes Pharmaprix® (7€/100ml)

Source : QueChoisir, Amazon, EasyParapharmacie, LookFantastic, Santediscount

Concernant les peintures au siloxanes, incluant des traces potentielles de cyclosiloxanes, une revue de sites spécialisés nous permet de constater que les peintures siloxanes soient un peu plus onéreuses en moyenne (mais cela pourrait correspondre à un niveau de performance supérieur).

Tableau 24 : Comparaison de prix de peintures pour façade extérieurs avec et sans siloxanes (au m² hors pose)

Types de peintures	Expert-ravalement.fr	Travaux.com	Tarifartisan.fr	MonEquerre.fr ⁴²
Peinture acrylique	0,5 – 4 €	4 €	1 – 4 €	2,8 – 4* € 3,2 – 7,2** €
Peinture pliolite	1 – 2 €	0,5 – 2 €	1 – 3 €	4 – 8 €
Peinture Hydropliolite⁴³	1,5 – 4 €	1 – 4 €	3 – 4 €	8 – 16 €
Peinture siloxane	2 – 5 €	1 – 5 €	3 – 5 €	5,6 – 14,4 €

Source : Expert-ravalement.fr, Travaux.com, Tarifartisan.fr, MonEquerre.fr

* Pure Acrylique

** Acrylique épaisse

Pour les usages restants on ne dispose pas de suffisamment d'informations.

Dans une approche « macro », plus globale du marché, L'ECHA propose d'évaluer les conséquences d'une restriction du D4, D5 et D6 (voir section 1.2.1) sur le marché des cosmétiques européens.

L'ECHA distingue les coûts suivants pour lesquels seules les deux premières catégories ont été évaluées :

- Coûts de reformulation des cosmétiques
- Coûts des matières premières
- Coûts associés aux pertes de performances pour le consommateur.

En faisant l'hypothèse d'une période de transition de 5 ans, cette restriction entrainerait un coût net actualisé de l'ordre de 703 millions € (2017), un coût moyen de l'ordre de 63 millions € / année, dont 85 % sont associés aux coûts de reformulation et le reste aux coûts des substances alternatives. Aussi, le coût d'une telle restriction semblerait se concentrer à 80% sur le maquillage, les rouges à lèvres et les produits de soin pour le corps. En effet le maquillage et les rouges à lèvres représenteraient les 2/3 des reformulations attendues.

La restriction proposée par l'ECHA pourrait entrainer une réduction des émissions totales de cyclosiloxanes D4, D5 et D6 de 18 000 – 18 491 tonnes à 1 438 – 1 609 soit environ 90% de réduction. Cette réduction serait moins radicale sur les rejets totaux de cyclosiloxanes dans les eaux, qui passeraient de 63 – 153 tonnes estimées à 38 – 73 tonnes.

En termes de coût efficacité une telle mesure entrainerait un coût d'abattement des cyclosiloxanes D4 à D6 de l'ordre de 4€/kg/année de rejet (total des émissions dans l'air et dans l'eau) et de 1 400 €/kg/année de rejet en ne tenant compte que du compartiment eau. En se plaçant dans une logique stock environnemental⁴⁴ de cyclosiloxanes D4 à D6 comme introduit en section 3.5, cela conduirait à un coût d'abattement du stock de cyclosiloxanes D4 à D6 de l'ordre de 85€/kg.

⁴² Prix exprimés en €/l sur MonEquerre.fr convertis en €/m² à l'aide d'un ratio 80l/100m².

⁴³ Contrairement à la peinture pliolite à base de solvant, celle-ci emploie une base aqueuse.

⁴⁴ L'ECHA considérant que toute émission, dans l'air comme dans l'eau, participant à la formation du stock environnemental

6 CONCLUSION

Les cyclosiloxanes couvrent une gamme très variée d'usages en tant que tels, en mélange (souvent sous l'appellation cyclométhicone) ou de manière indirecte sous forme d'impuretés au travers des silicones dont ils sont des monomères.

D'après les informations rassemblées, les cyclosiloxanes, majoritairement le D4 (autour de 85%), sont principalement employés dans la production de silicones en Europe ($\approx 228\ 000 - 237\ 000\ \text{t/an}^{45}$).

Le D5 et le D6 seraient employés dans la confection de cosmétiques de catégories variées (environ $17\ 838\ \text{t/an}$) et notamment les déodorants, antitranspirants et soins pour les cheveux, crèmes faciales et crèmes hydratantes. Les autres cyclosiloxanes peuvent être présents en tant qu'impuretés dans les cosmétiques.

Les cyclosiloxanes sont aussi employés dans quelques applications en quantités marginales dans le lavage à sec (D5), produits pharmaceutiques et dispositifs médicaux (D5 D6) le nettoyage des œuvres d'art et antiquités (D5 D4), les mousses rigides en polyuréthane (D5).

Quant aux ventes de produits siliconés, elles atteindraient les 32 000 tonnes, soit 213 millions € de chiffre d'affaire, en France pour l'année 2013 d'après les industriels de la filière du silicone. Les silicones sont largement utilisés, dans la plus grande partie des secteurs d'activité industrielle.

La majorité des émissions recensées au niveau européen de cyclosiloxane D4 à D6 ($18\ 000 - 18\ 491\ \text{t/an}$), concernerait principalement l'atmosphère (plus de 90 %) (ECHA, 2019) (Shihe & Wania, 2013) (Mackay, et al., 2015). De plus, Les émissions de cyclosiloxanes D4 à D6 sont à plus de 90 % associées à leur usage dans les cosmétiques ($17\ 022 - 17\ 350\ \text{t/an}$), avec une prévalence du D5, qui explique que les émissions recensées au niveau européen sont en grande partie constituées de D5 ($15\ 216 - 15\ 522\ \text{t}$ soit environ 85%).

On ne dispose que de très peu d'informations sur le cyclosiloxane D7 et le D3, d'aucune information sur les DX ($X > 7$), ce qui ne nous permet pas de proposer une vision exhaustive des différentes données économiques et environnementales associées aux cyclosiloxanes. De plus l'absence d'informations sur les rejets et la présence de cyclosiloxanes dans l'environnement en France ne nous permet pas non plus de proposer une synthèse des émissions des cyclosiloxanes au niveau national.

Dans le cadre du règlement chimique européen REACH, une interdiction de l'usage de D4 à D6 dans l'ensemble des cosmétiques, et dans d'autres secteurs, est proposée.

Cette restriction pourrait entraîner une réduction des émissions totales de cyclosiloxanes D4, D5 et D6 de $18\ 000 - 18\ 491$ tonnes à $1\ 438 - 1\ 609$ soit environ 90% de moins. Cette réduction semblerait moins radicale sur les rejets dans les eaux estimées de l'ordre de $63 - 153$ tonnes et passant à $38 - 73$ tonnes.

En effet, dans la plupart des usages, des alternatives existent et sont déjà présentes sur le marché, une transition vers une absence presque totale de cyclosiloxanes intentionnels semble donc possible dans les prochaines années.

⁴⁵ Estimations à partir des informations de l'ECHA. On admet une utilisation totale du D3 dans la production de silicones. Enfin, compte tenu de l'absence d'information sur le D7, cette valeur sous-estime probablement la quantité réelle (voir section 2.2).

7 REFERENCES

7.1 Sites internet consultés

<https://www.actu-environnement.com/>
<https://ansm.sante.fr/>
<https://www.amazon.fr/>
<https://www.ameli.fr/>
<https://www.chembid.com/en/>
<https://www.easyparapharmacie.com/>
<https://echa.europa.eu/fr/home>
<https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/cosing/>
<https://eur-lex.europa.eu/homepage.html?locale=fr>
<https://ephy.anses.fr/>
<https://www.expert-ravalement.fr/>
<https://www.lookfantastic.fr/>
<https://www.nocibe.fr/>
<https://www.quechoisir.org/>
<https://www.santediscount.com/>
<https://simmbad.fr/servlet/accueilMinistere.html>
<https://substances.ineris.fr/fr/>
<https://www.lookchem.com/>

7.2 Bibliographie

- Xu, S., Kozerski, G., & Donald, M. (2014). Critical Review and Interpretation of Environmental Data for Volatile Methylsiloxanes: Partition Properties. *Environmental science & technology*, 48(20), 11748 - 11 759.
- Andriot, M. C. (2007). Silicones in industrial applications. *Inorganic polymers*, , pp.61-161.
- Australian Department of Health. (2018). *Cyclic volatile methyl siloxanes: Environment tier II assessment*.
- Berho, C. (2014). *Les produits anti-poux : intérêt des nouveaux traitements à base de diméthicone*. CNRS. DUMAS. Récupéré sur <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01108785/document>
- Biron, M. (2007). Silicones ou siloxanes-Applications. *Techniques de l'ingénieur*.
- Bletsou, A. A., Asimakopoulos, A. G., Stasinakis, A. S., Thomaidis, N. S., & Kannan, K. (2013). Mass loading and fate of linear and cyclic siloxanes in a wastewater treatment plant in Greece. *Environmental Science & Technology*, 47, 1824-1832.
- Capela, D., Alves, A., Homem, V., & Santos, L. (2016). From the shop to the drain — Volatile methylsiloxanes in cosmetics and personal care products. *Environment International*, 92-93, 50-62.
- Cederberg, T. L., & Jensen, L. K. (2017). *2016, Siloxanes in silicone products intended for food contact: Selected samples from the Norwegian market in*. National Danish Food Institute, Technical University of Denmark. Récupéré sur https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/134951177/Report_Siloxanes_2016_Mattilsyn et.pdf
- Chandra, G. (1997). Organosilicon Materials. Dans *The Handbook of Environmental Chemistry : Antropogenic Compounds part H* (Vol. 3). Springer-Verlag.

- CosmEthics. (2018). Confidential data extract [extracted on 28 September 2018]. Statistics retrieved from the mobile application database CosmEthics owned by CosmEthics Oy <http://cosmethics.com/>.
- Dudzina, T., Von Goetz, N., Bogdal, C., Biesterbos, J. W., & Hungerbühler, K. (2014). Concentrations of cyclic volatile methylsiloxanes in European cosmetics and personal care products: Prerequisite for human and environmental exposure assessment. *Environment international*, 62, 86-94.
- ECHA. (2018). *Inclusion of substances of very high concern in the Candidate List for eventual inclusion in Annex XIV (ED/61/2018)*. Récupéré sur <https://echa.europa.eu/documents/10162/b11de9bc-6e60-01f9-cdeb-20fa3b7e864e>
- ECHA. (2019). *Annex XV Restriction Report : proposal for a restriction*.
- Entretiens Textile. (2018, Juillet 10). *Nettoyage à sec : Substitution du perchlo dans les pressings : où en est-on ?* Récupéré sur <http://www.entretien-textile.fr/actualite/nettoyage-a-sec-substitution-du-perchlo-dans-les-pressings+ou-en-est-on>
- Fairbrother, A., & Kent, W. B. (2015, septembre). Assessing the Aquatic Risks of the Cyclic Volatile Methylsiloxane D4. *Environmental Science & Technology*, 49(19).
- Fromme, H. (2018). Cyclic Volatile Methylsiloxanes: Occurrence and Exposure. Dans J. Nriagu, *Encyclopedia of Environmental Health* (pp. 805-812).
- Genualdi, S., Harner, T., Cheng, Y., MacLeod, M., Hansen, K. M., Van Egmond, R., . . . Chi Lee, S. (2011). Global Distribution of Linear and Cyclic Volatile Methyl Siloxanes in Air. *Environmental Science & Technology*, 45(8), 3349-3354.
- Global Silicones Council. (2016). *Socio-economic evaluation of the global silicones industry*.
- Johnson JR, W. B. (2011). Safety Assessment of Cyclomethicone, Cyclotetrasiloxane, Cyclopentasiloxane, Cyclohexasiloxane, and Cycloheptasiloxane. *International journal of toxicology*, 30(6_suppl), 149S-227S.
- Kawamura, Y., Nakajima, A., Mutsuga, M., Yamada, T., & Maitani, T. (2001). Residual Chemicals in Silicone Rubber Products for Food Contact Use. *Shokuhin eiseigaku zasshi. Journal of the Food Hygienic Society of Japan*, 42(5), 316-321.
- Lu, Y., Yuan, T., Wang, W., & Kannan, K. (2011). Concentrations and assessment of exposure to siloxanes and synthetic musks in personal care products from China. *Environmental Pollution*, 159(12), 3522-3528.
- Mackay, D., Cowan-Ellsberry, C. E., Powell, D. E., Woodburn, K. B., Xu, S., Kozerski, G. E., & Kim, J. (2015). Decamethylcyclopentasiloxane (D5) environmental sources, fate, transport, and routes of exposure. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 34(12), 2689-2702.
- Monstrey, S., Middelkoop, E., Vranckx, J., Bassetto, F., Ziegler, U. E., Meaume, S., & Téot, L. (2014). Updated Scar Management Practical Guidelines: Non-invasive and invasive measures. *Journal of Plastic, Reconstructive & Aesthetic Surgery*, 67(8), 1017-1025.
- Montiel, M., Máximo, F., Serrano-Arnaldos, M., Ortega-Requena, S., Murcia, M., & Bastida, J. (2019). Biocatalytic solutions to cyclomethicones problem in cosmetics. *Engineering in Life Sciences*, 19(5), 370-388.
- NuSil. (2019). *Medical Implants Product Guide*. Récupéré sur <https://nusil.com/~media/Files/Product%20Guides/Biomaterials/NuSil%20-%20Medical%20Implants%20Product%20Guide.pdf>
- OECD. (2008). *SIAR for SIAM 26: Hexamethylcyclotrisiloxane*.
- Ojekale, A., Lawal, O., Segun, A., Samuel, F., Ismaila, A., & Andy R. Opoku. (2013). Volatile constituents, antioxidant and insecticidal activities of essential oil from the leaves of *Thaumatococcus danielli* (Benn.) Benth. From Nigeria. *Iosr Journal of Pharmacy*, 3(3), 1-5.
- Palaprat, G., & Ganachaud, F. (2003). Synthesis of polydimethylsiloxane microemulsions by self-catalyzed hydrolysis/condensation of dichlorodimethylsilane. *Comptes Rendus Chimie*, 6(11-12), 1385-1392.
- Perry, J. L., & Kayatin, M. J. (2017). 47th International Conference on Environmental Systems. *The Incidence and Fate of Volatile Methyl Siloxanes in a Crewed Spacecraft Cabin*. Charleston. Récupéré sur <https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/20170010355.pdf>

- Pieri, F., Katsoyiannis, A., Martellini, T., Hughes, D., Jones, K. C., & Cincinelli, A. (2013). Occurrence of linear and cyclic volatile methyl siloxanes in indoor air samples (UK and Italy) and their isotopic characterization. *Environment International*, 59, 363-371.
- Risk Assessment Committee. (2018). *Opinion proposing harmonised classification and labelling at EU level of Octamethylcyclotetrasiloxane (D4)*. ECHA. Récupéré sur <https://echa.europa.eu/documents/10162/2af6a9de-216c-dc41-859d-95aa8c9c14a7>
- Shihe, X., & Wania, F. (2013). Chemical fate, latitudinal distribution and long-range transport of cyclic volatile methylsiloxanes in the global environment: A modeling assessment. *Chemosphere*, 93(5), 835-843.
- Tansel, B., & Surita, S. C. (2014). Emergence and fate of cyclic volatile polydimethylsiloxanes (D4, D5) in municipal waste streams: Release mechanisms, partitioning and persistence in air, water, soil and sediments. *Science of The Total Environment*, 468-469, 46-52.
- Toxic Use Reduction Institute. (2012). *Assessment of Alternatives to Perchloroethylene for the Dry Cleaning Industry*.
- UK Environment Agency. (2009). *Environmental Risk Assessment Report: Octamethylcyclotetrasiloxane*. Récupéré sur https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/290565/scho0309bpqz-e-e.pdf
- United Kingdom. (2015). *Adopted opinions on restriction proposals on D4, D5 in wash-off cosmetic products*. Récupéré sur <https://echa.europa.eu/documents/10162/8d1fa738-ab82-2793-afd3-2cde40fa08e5>
- Yucuis, R. A., Stanier, C. O., & Hornbuckle, K. C. (2013). Cyclic siloxanes in air, including identification of high levels in Chicago and distinct diurnal variation. *Chemosphere*, 92(8), 905-910.

