

Les silicones

50 ans d'innovation en cosmétique

Jean-Luc Garaud

Résumé

Depuis l'apparition des silicones en cosmétique dans les années 1950, leur utilisation s'est considérablement étendue et touche à présent la grande majorité des segments des produits de beauté. Ce phénomène s'explique dans une large mesure par les caractéristiques physico-chimiques spécifiques de la chaîne polydiméthylsiloxane. Les types de silicones utilisées dans l'industrie cosmétique s'étendent cependant bien au-delà des polymères diméthylsiloxanes linéaires et représentent une gamme large et diversifiée de produits. Silicones volatiles ou fonctionnalisées, polyéthers, cires, élastomères, résines, silicones phénylées ou aminées sont utilisées depuis plusieurs années et les fournisseurs développent constamment de nouvelles technologies qui offrent au formateur des options supplémentaires. Ces polymères sont obtenus *via* des modifications de structure (cyclisation, réticulation) ou le greffage de groupements fonctionnels (polyéthers, alkyles, phényles, aminés, etc.). Les silicones résultantes peuvent avoir des propriétés très éloignées de celles de la chaîne initiale, se traduisant dans les formulations cosmétiques par différents bénéfices. Enfin, les aspects toxicologiques, environnementaux et réglementaires liés à ces polymères seront également abordés dans cet article.

Mots-clés

Silicone, polydiméthylsiloxane, cosmétique, peau, cheveu.

Abstract

Silicones: 50 years of innovation in personal care

Since silicones appeared in beauty products in the 1950s, their use has significantly expanded. Today, formulators do incorporate them in nearly all types of cosmetic products, due to a large extent to the specific physico-chemical properties of the polydimethylsiloxane chain. However, the range of silicones used in personal care extends well beyond linear dimethylsiloxane polymers and represents a large array of materials. Volatile or polyether-functional silicones, waxes, elastomers, resins, phenylated or aminated silicones have been used for years but new technologies keep being developed by suppliers, providing the formulating chemist with an increasing number of options. These products are prepared either through structure modification (cyclicization, cross-linking) or chemical grafting of functional groups (polyether, alkyl, phenyl, amino, etc.). The resulting polymers can have very different properties compared to the starting chain, leading to various benefits in cosmetic formulations. Toxicological, environmental and regulatory aspects associated with the use of these polymers will also be discussed.

Keywords

Silicone, polydimethylsiloxane, cosmetics, personal care, skin, hair.

Historique

L'apparition des silicones dans les applications cosmétiques remonte à la moitié du siècle dernier, lorsqu'elles furent incorporées dans des crèmes pour les mains afin d'apporter des bénéfices de protection. Depuis lors, l'utilisation de ces matières premières en cosmétique n'a cessé de croître, parallèlement à la variété de produits disponibles. Dans les années 70, les silicones volatiles ont permis d'améliorer sensiblement les caractéristiques sensorielles des rolls-ons antitranspirants. Elles ont en effet fourni au formateur un moyen de véhiculer l'actif avec un fluide volatil au toucher non gras et sans effet frais lors de l'évaporation. Vingt ans plus tard, des émulsions de silicone étaient incorporées dans les shampoings 2-en-1, permettant d'apporter un effet conditionneur du cheveu à une formule détergente de shampoing. Aujourd'hui, ces matières touchent pratiquement l'ensemble des segments de l'industrie cosmétique, leur apportant des bénéfices aussi variés qu'un toucher soyeux, de la brillance ou bien des effets de texture dans les formulations.

Toutes applications confondues, la production mondiale de silicones s'élevait en 2002 à 2 millions de tonnes, pour une valeur commerciale de 8 millions d'euros. Une large majorité des ventes se répartissait de façon équilibrée entre les zones géographiques Europe, Asie et Amériques. En ce qui concerne l'industrie cosmétique, la consommation globale se situait entre 21 000 et 23 000 tonnes [1].

Synthèse des polydiméthylsiloxanes

Le terme « silicone » est un nom générique qui regroupe plusieurs catégories de polymères organosiliciés contenant des liaisons siloxane Si-O. Les plus utilisés en cosmétique sont les polydiméthylsiloxanes (PDMS) (figure 1), des polymères obtenus à partir de silice SiO₂. Celle-ci, disponible à l'état naturel sous forme de sable ou de quartz, est

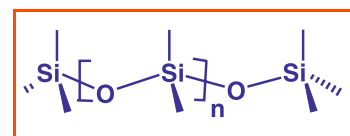


Figure 1 - Structure générique de polydiméthylsiloxane (PDMS).

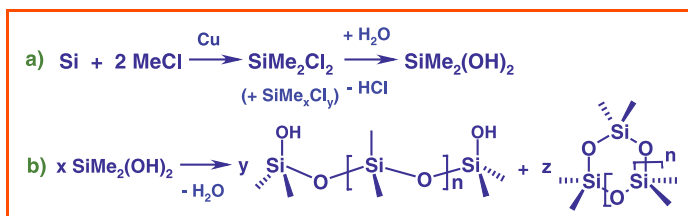


Figure 2 - Schémas réactionnels de : a) formation du diméthylsilanol ; b) formation des oligomères polydiméthylsiloxanes cycliques et linéaires.

tout d'abord réduite en silicium, lui-même transformé en diméthylchlorosilane SiCl_2Me_2 sous l'action du chlorure de méthylène. Ce silane subit alors une hydrolyse, produisant un intermédiaire diméthylsilanol (figure 2a). Ce dernier, peu stable, se condense avec lui-même, générant ainsi un mélange d'oligomères polydiméthylsiloxanes cycliques et linéaires (figure 2b).

Ces derniers ont des masses moléculaires trop faibles pour avoir un intérêt dans la plupart des applications. Leur degré de polymérisation peut cependant être augmenté, sous l'action d'acides ou de bases agissant en tant que catalyseurs. Le mécanisme correspondant est alors différent selon qu'il s'agisse d'oligomères cycliques (polycondensation) ou linéaires (polymérisation). La figure 3 détaille ces réactions, qui mènent dans chaque cas à une distribution de chaînes de différentes masses moléculaires.

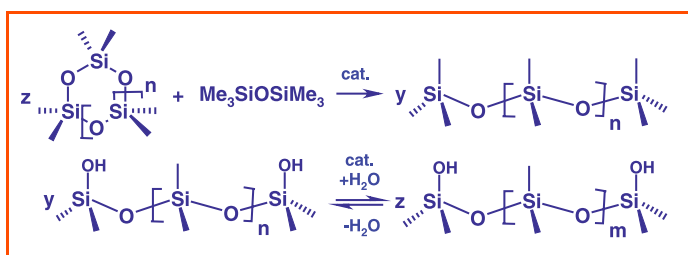


Figure 3 - Polycondensation et polymérisation.

D'autres opérations chimiques peuvent ensuite être réalisées sur les polymères ainsi formés, donnant ainsi accès à une vaste gamme de structures, aux bénéfices variés. La majorité des silicones utilisées en cosmétique partagent cependant un certain nombre de caractéristiques communes, dues aux propriétés spécifiques de la chaîne polysiloxane.

Propriétés physico-chimiques de la chaîne polysiloxane

L'une des raisons du succès des silicones réside dans les propriétés physico-chimiques particulières de la liaison silicium-oxygène en comparaison avec la liaison carbone-carbone. Le tableau 1 résume quelques différences clés [2]. Par rapport à une liaison carbonée C-C, la liaison Si-O se caractérise par une longueur plus importante, un angle plus ouvert ainsi qu'une énergie de rotation plus faible. Cette flexibilité de la chaîne polydiméthylsiloxane est à l'origine de nombreux atouts. La température de transition vitreuse de ces polymères est particulièrement basse, bien inférieure à celle du polyisobutylène, son équivalent carboné. Il est à noter que la longueur de la chaîne a relativement peu d'impact sur l'état physique à température ambiante des PDMS, en comparaison avec leurs analogues carbonés. Ils conservent ainsi une forme liquide malgré des degrés de

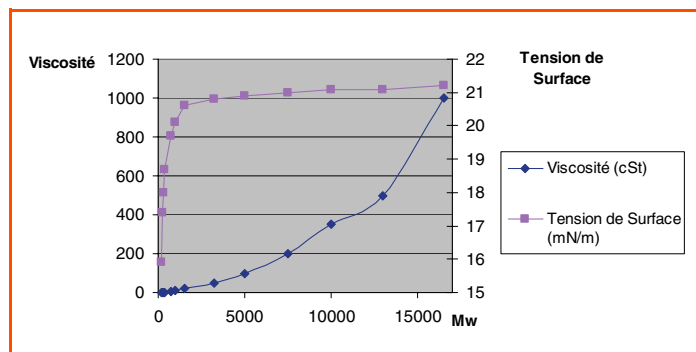


Figure 4 - Évolution de la viscosité et de la tension de surface des polydiméthylsiloxanes en fonction de la masse moléculaire (données générées par simulation).

polymérisation importants (figure 4), alors que les alcanes deviennent solides au-delà de 18 unités.

À la différence d'une liaison apolaire C-C, l'écart d'électronégativité entre le silicium (1,8) et l'oxygène (3,5) conduit à une liaison siloxane Si-O fortement polarisée et résistante à la dégradation homolytique. Cela fait des silicones des matières premières généralement robustes vis-à-vis des phénomènes de dégradation par oxydation [3].

Paradoxalement, les PDMS sont cependant hydrophobes, car la chaîne prend une configuration telle que les substituants méthyles forment un écran apolaire autour du squelette polysiloxane, résultant ainsi en de très faibles interactions intermoléculaires.

Les PDMS possèdent par ailleurs un grand volume libre, qui leur confère une perméabilité importante vis-à-vis de gaz comme l'oxygène, l'azote ou la vapeur d'eau. Cela se traduit dans les applications cosmétiques par une aptitude à former des films non occlusifs sur la peau, c'est-à-dire ne modifiant pas significativement le flux de vapeur d'eau (aussi appelé perte insensible en eau) existant naturellement à travers de la barrière cutanée. Ils n'entravent ainsi aucunement les fonctions d'échanges de la peau, paramètre qui a son importance dans les utilisations longue tenue comme les fonds de teint.

Une autre caractéristique importante de ces polymères est leur basse tension de surface. Même si celle-ci augmente avec le degré de polymérisation, elle tend rapidement vers une valeur avoisinant 21 mN/m pour de hautes masses moléculaires (figure 4). Cela permet de favoriser le mouillage d'un grand nombre de substrats, tels que la peau ou le cheveu. Les propriétés d'étalement de ces silicones sont d'autant plus favorisées que leur tension de surface critique

Tableau 1 - Comparaison des caractéristiques des liaisons Si-O/C-C [2].

	Silicone	Équivalent carboné
Longueur de liaison (Å)	1,63 (Si-O)	1,54 (C-C)
Angle de liaison (°)	130 (Si-O-Si)	112 (C-C-C)
Énergie de rotation de liaison (kJ/mole)	3,3 (Me ₂ Si-O)	13,8 (CH ₂ -CH ₂)
Température de transition vitreuse (K)	146 (polydiméthylsiloxane)	200 (polyisobutylène)
Caractère ionique (%)	50 (Si-O)	0 (C-C)

de mouillage (24 mN/m) est supérieure à leur tension de surface, le polymère se mouillant donc lui-même.

Les familles de silicones

À partir du squelette polydiméthylsiloxane, il est possible de générer une grande variété de nouvelles structures qui présentent des caractéristiques parfois très différentes les unes des autres et apportent en conséquence aux produits de beauté des bénéfices distincts. Le changement de degré de polymérisation, l'ajout de groupements organiques ou la création d'un réseau tridimensionnel donnent ainsi naissance à de nouvelles catégories de silicones telles que les gommages, les fluides volatiles, les silicones polyéthers, les élastomères, les cires, les résines, ainsi que les silicones phénylés ou aminés.

Fluides et gommages

Les polydiméthylsiloxanes représentent la classe de silicones la plus utilisée en cosmétique. Leurs utilisations varient en fonction de leur degré de polymérisation. L'une des raisons de leur succès est leur profil sensoriel, critère particulièrement important dans le développement de produits de beauté. Leur toucher est généralement caractérisé comme non gras et doux. Leurs propriétés d'étalement et leur faible tension de surface aident à favoriser l'application des formulations auxquelles elles sont intégrées. En comparaison avec de nombreuses matières organiques, par exemple l'huile minérale, ces polymères permettent d'obtenir des crèmes qui sont perçues comme étant moins brillantes, moins grasses et absorbées plus rapidement [4]. Ils peuvent également diminuer l'effet collant apporté par des matières premières comme certains actifs et filtres solaires ou bien la glycérine.

Les PDMS de haute masse moléculaire, aussi appelés gommages silicones, confèrent aux produits cosmétiques un toucher velouté, non gras et des propriétés de résilience (substantivité). Ils sont en conséquence souvent utilisés dans des crèmes et lotions pour la peau, mais également des shampoings 2-en-1 ou bien des démêlants dans lesquels ils apportent au cheveu un toucher doux et soyeux ainsi qu'une aide au démêlage.

Afin de faciliter leur incorporation dans les formulations aqueuses, ce type de silicone est aussi proposé sous forme d'émulsion silicone-dans-eau. Dans certains cas, le procédé même de mise en émulsion peut être à l'origine de nouveaux bénéfices. Une voie de préparation impliquant une polymérisation en émulsion donne ainsi accès à des silicones de très haute masse moléculaire, correspondant à des viscosités théoriques de phase interne supérieures à 100 millions de centistokes. Celles-ci peuvent apporter un toucher doux sur la peau en formulation à partir de produits rincés tels que les gels douches. Dans le domaine de la coloration capillaire, certains de ces polymères faciliteraient le contact entre le colorant et le cheveu, expliquant les bénéfices de rétention de couleur observés [5-6].

Silicones volatiles

Les silicones dites volatiles sont des PDMS cycliques ou linéaires caractérisées par un faible degré de polymérisation (Figure 5). Ces dernières sont parmi les plus compatibles avec les matières premières organiques, procurant ainsi au formulateur une flexibilité d'utilisation. Par ailleurs, grâce à

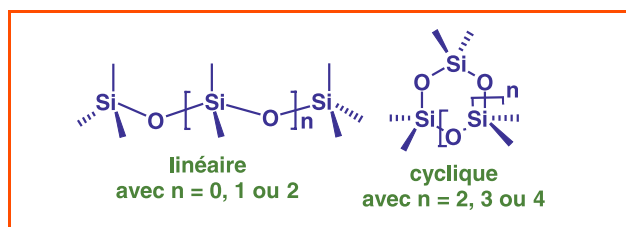


Figure 5 - Structures génériques de polydiméthylsiloxanes linéaires et cycliques.

leur faible chaleur latente de vaporisation, elles s'évaporent sans provoquer d'effet frais, contrairement à des molécules comme l'éthanol ou l'eau. Leur caractère volatile se traduit par un toucher léger, lequel peut toutefois varier en fonction de la masse moléculaire et de la structure de la silicone considérée. Par exemple, une augmentation de la masse moléculaire entraînera une diminution de la volatilité, impliquant une perception prolongée lors de l'application. L'ensemble de ces caractéristiques favorise l'utilisation de ces produits en tant que véhicules dans un grand nombre d'applications (antitranspirants, solaires, soins, etc.).

Ces silicones présentent par ailleurs d'excellentes propriétés d'étalement. Leur tension de surface se situe typiquement dans une gamme allant de 18 à 21 mN/m [7] et peut descendre jusqu'à 15,9 mN/m dans le cas de l'hexaméthylsiloxane. Les silicones volatiles sont en conséquence très appréciées dans un grand ensemble de formules où l'étalement joue un rôle prépondérant, telles que lotions pour le corps, produits solaires, rouges à lèvres, crèmes de soin ou lotions démaquillantes.

Silicones polyéthers

Les silicones polyéthers sont obtenus par ajout de motifs polyéthoxylés ou polypropoxylés à la chaîne de polydiméthylsiloxane. Cet ajout peut s'opérer soit par copolymérisation, soit par greffage comme illustré dans la Figure 6a.

La présence de tels groupements augmente la polarité globale du polymère et impacte ses propriétés de solubilité. Il est ainsi possible d'obtenir des silicones dispersibles, voire solubles dans les milieux aqueux, facilitant ainsi leur utilisation en tant qu'émollients⁽¹⁾ dans des applications d'hygiène. D'autres silicones polyéthers possèdent des propriétés émulsifiantes eau-dans-huile et permettent ainsi de disperser des phases aqueuses dans une variété d'huiles ou de silicones hydrophobes. Par rapport à une émulsion silicone-dans-eau, ce type de système met en valeur les bénéfices sensoriels des silicones et permet d'offrir une meilleure résistance à l'eau dans les applications solaires ou le maquillage. Les émulsifiants siliconés se présentant généralement sous forme liquide, il est possible de formuler des émulsions à température ambiante, en l'absence de composés à haut point de fusion dans la formulation [7]. Certains de ces polymères permettent en outre de formuler des systèmes anhydres polyol-dans-silicone ou bien des émulsions multiples, pouvant ainsi répondre à des besoins spécifiques, par exemple en cas de formulation avec des actifs à la stabilité limitée.

Lorsqu'ils sont associés à des tensioactifs, certains silicones polyéthers permettent une augmentation de la quantité ou de la stabilité de mousse qu'ils forment, grâce à leur structure amphiphile. Ils peuvent en conséquence

être formulés dans les applications de rasage ou d'hygiène, dans lesquelles ce paramètre est important. Certains de ces polymères ont montré des propriétés de diminution de l'irritation oculaire causée par de nombreux tensioactifs anioniques, ce qui a également participé à favoriser leur utilisation dans les shampoings. Formulés en mousses capillaires, ils permettent d'améliorer l'étalement et de diminuer l'aspect collant de certaines résines coiffantes [8].

Cires silicones

L'incorporation de motifs alkyles au sein d'une chaîne polydiméthylsiloxane (*figure 6b*) peut modifier de manière significative certaines propriétés comme le point de fusion ou la compatibilité avec des produits organiques. Il est ainsi possible d'obtenir des silicones se présentant sous forme de cires, de points de fusion pouvant se situer aux environs de 70 °C. Ces produits peuvent en conséquence être utilisés en tant qu'agent de consistance dans différentes formes stick ou crème, notamment les rouges à lèvres.

Les cires silicones présentent également des propriétés de substantivité et de résistance à l'eau [9], bénéfiques souvent recherchés dans la formulation de produits solaires dans lesquels leur meilleure compatibilité avec les filtres organiques par rapport aux PDMS est un atout supplémentaire.

Par ailleurs, l'inclusion de motifs alkyles diminue la perméabilité aux gaz qui caractérise la chaîne PDMS. On retrouve ainsi le comportement de produits organiques tels que la vaseline, qui forme des films particulièrement occlusifs. L'utilisation de ces cires silicones peut donc réduire la perte insensible en eau au travers de la peau. Certains produits possédant des chaînes alkyles importantes (30 à 45 atomes de carbone) permettent d'obtenir une occlusivité similaire à la vaseline, avec le bénéfice supplémentaire d'un profil sensoriel non gras [10]. Cela confère à ces produits des propriétés hydratantes, souhaitées dans de nombreuses applications soins ou solaires [9].

Élastomères silicones

Les polymères silicones peuvent être transformés en élastomères⁽²⁾, réseaux tridimensionnels, par l'intermédiaire d'agents de réticulation qui vont établir des liaisons

chimiques entre des chaînes linéaires voisines [3]. En fonction des applications finales considérées, différentes réactions peuvent être envisagées afin d'obtenir ce réseau, correspondant à des mécanismes radicalaires, par condensation ou par addition.

Lors de leur introduction sur le marché des matières premières cosmétiques, les élastomères silicones ont connu un succès important, principalement en raison de leurs bénéfices sensoriels. Ces produits peuvent en effet apporter aux formulations cosmétiques un toucher particulièrement agréable, caractérisé comme étant doux, soyeux ou poudré. Disponibles sous forme de poudre, pâte hydrophobe ou suspension aqueuse, ils peuvent être incorporés dans des schémas de formulation très variés. Les poudres ou pâtes hydrophobes seront ainsi privilégiées dans des formules anhydres alors que l'utilisation de la forme suspension facilitera l'incorporation des élastomères silicones dans des formules de base aqueuse.

Les élastomères permettent par ailleurs de conférer un aspect matifiant à la peau, ce qui explique leur utilisation dans de nombreux produits de maquillage ou de soins. Les propriétés épaississantes de phase grasse des élastomères présentent l'avantage de pouvoir facilement augmenter la viscosité de certaines formules anhydres ou émulsions eau-dans-huile tout en améliorant leur profil sensoriel. Dans les applications solaires, il a également été montré que certains élastomères pouvaient contribuer à l'augmentation de l'indice de protection solaire (*études in vitro*) [11].

Résines silicones

Les PDMS sont obtenus par hydrolyse de silanes difonctionnels. L'utilisation de silanes tri- ou tétrafonctionnels pendant l'hydrolyse permet d'aboutir à des réseaux tridimensionnels plus ou moins denses qui caractérisent les résines silicones (*figure 6c*).

Les résines peuvent former sur la peau des films substantifs, ce qui en fait des silicones appréciées dans le domaine du maquillage pour des formules lèvres, teint ou yeux. Cette caractéristique est également d'intérêt dans des formulations solaires pour lesquelles une bonne résistance à l'eau est un critère important. En ce qui concerne les applications capillaires, il a été montré que les résines pouvaient apporter aux formulations des propriétés de facilité de coiffage et de volume [12].

Silicones phénylées

Cette classe de silicone se caractérise par la présence de substituants phényles au sein de leur structure (*figure 6d*). Ces groupements confèrent à ces silicones des indices de réfraction plus élevés (1,46 à 1,58 en fonction du nombre de groupes phényles) qui apportent des bénéfices de brillance à des formulations capillaires ou bien de maquillage. Elles sont ainsi appréciées dans les gloss, mais aussi les rouges à lèvres dans lesquels leur compatibilité accrue avec des produits organiques et certains pigments est un atout supplémentaire. Dans les produits antitranspirants, elles permettent de masquer les effets blanchissant ou collant pouvant être provoqués par certains sels utilisés.

Silicones aminées

Les silicones aminées sont obtenues par insertion de motifs aminés au sein d'un polysiloxane. De façon similaire

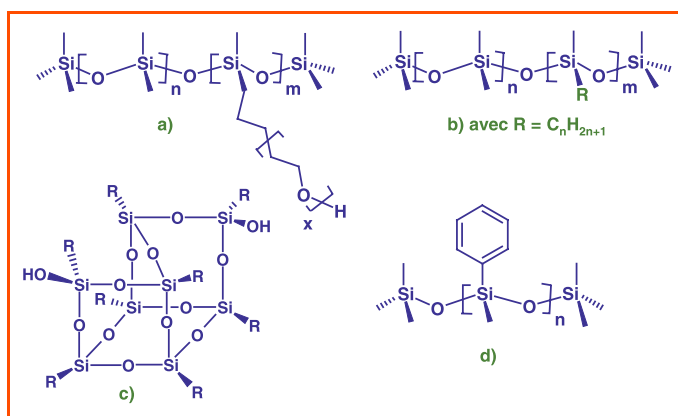


Figure 6 - a) Exemple de structure générique de silicone polyéther ; b) Exemple de structure générique d'une cire silicone ; c) Exemple de structure cage d'une résine silicone ; d) Exemple de structure générique d'une silicone phénylée.

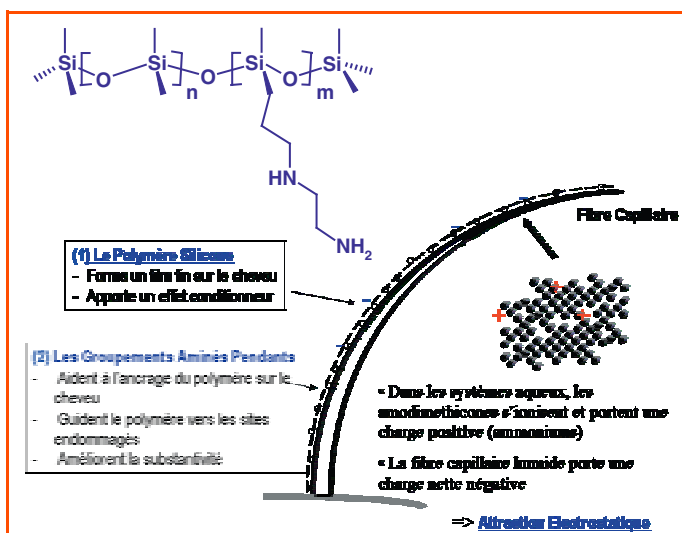


Figure 7 - Exemple de structure générique d'une silicone amino-fonctionnelle et représentation schématique de l'interaction entre la silicone aminée et la fibre capillaire.

aux silicones polyéthers, ils peuvent être incorporés par copolymérisation, mais aussi par greffage en râteau comme l'illustre la structure de la figure 7.

Cette classe de produit est utilisée dans les applications capillaires dans le but d'apporter des propriétés de démêlage supérieur du cheveu, ce qui englobe des notions de douceur, brillance, volume ainsi que de réduction des effets électrostatiques entre les fibres capillaires. La présence d'atomes d'azote permet en effet d'améliorer la déposition de ces polymères sur la fibre capillaire, en particulier lorsque cette dernière est abîmée. Cela s'explique par l'interaction électrostatique entre d'une part les charges positives portées par les groupements aminés qui se quaternisent en milieu aqueux, et d'autre part la charge négative globalement portée par la fibre capillaire, de nature kératinique (figure 7). Afin de maximiser cette interaction et d'apporter un effet conditionneur plus intense, des silicones quaternisées sont disponibles sur le marché depuis quelques années.

Dans le but de faciliter leur incorporation dans les formules capillaires, souvent de base aqueuse, cette catégorie de silicones est souvent proposée soit sous forme dispersible dans l'eau, soit plus couramment sous forme d'émulsion. Dans ce dernier cas, outre la masse moléculaire et la densité de groupements aminés du polymère en phase interne, la taille de particules et le système émulsifiant utilisé sont des paramètres clés qui influent sur la déposition sur le cheveu et donc l'effet cosmétique obtenu. Les silicones aminées sont ainsi intégrées dans de nombreux systèmes après-shampooing et shampooing 2-en-1 ainsi que dans des formulations de coloration capillaire.

Derniers développements

La gamme de silicones disponibles ne cesse de s'étoffer, fournissant au formateur toujours davantage de solutions pour répondre à ses besoins. Les technologies récentes incluent un copolymère silicone-polyamide (agent de consistance dans les milieux silicone-organique), un polymère acrylate substitué par des groupements silicones dendrimériques (formation de film, non-transfert et résistance

à l'eau [13]), ainsi qu'un fluide polydiméthylsiloxane fonctionnalisé carbinol (aide à la dispersion/suspension de particules, hydratation). Par ailleurs, l'utilisation des silicones en association avec d'autres technologies permet de créer des synergies et d'étendre ainsi leur champ d'applications. Quelques exemples sont la libération d'actifs ou de parfums (élastomères silicones), l'obtention de silicone sous formes émulsionnées concentrées ou bien encore des produits « prêt à l'emploi » permettant une émulsification rapide.

Aspects réglementaires, toxicologiques et environnementaux

De nombreux tests ont été effectués afin de mieux comprendre l'impact toxicologique des silicones [14-16]. Ces études approfondies ont porté sur des PDMS linéaires ainsi que cycliques (cycles contenant 4, 5 ou 6 unités diméthylsiloxanes, souvent repris sous les appellations abrégées D4, D5, D6, respectivement). Le profil toxicologique de ces silicones a été et continue ainsi d'être établi de manière très détaillée et confirme l'innocuité de ces fluides dans les domaines d'utilisation et les niveaux d'exposition préconisés par les fabricants.

Les études environnementales réalisées ont mené à des conclusions similaires. Si les PDMS ne sont pas biodégradables, des travaux ont cependant montré qu'ils subissent une dépolymérisation lorsqu'ils rentrent en contact avec l'environnement [17-18]. Le chemin réactionnel correspondant varie selon le compartiment considéré (air, eau, boues) mais génère dans chaque cas les mêmes produits finaux de dégradation : dioxyde de carbone, eau et acide silicique.

Afin de mieux répondre aux nouvelles exigences réglementaires qui s'annoncent, les fabricants continuent d'étudier les aspects toxicologiques et environnementaux des silicones [19-20]. De par leurs caractéristiques physico-chimiques particulières, les modèles prédictifs standards ne sont en effet pas directement applicables et ne permettent pas une évaluation correcte des plus petits polymères. Quoiqu'il en soit, l'importance des données toxicologiques et environnementales d'ores et déjà disponibles sur ces produits permet de mieux les positionner face à la réglementation REACH.

Conclusion

Le succès rencontré par les silicones dans les applications cosmétiques s'explique certainement autant par la spécificité de leurs propriétés physico-chimiques que par la variété croissante des produits disponibles et des bénéfices associés apportés aux produits de beauté. Combinées à l'effort d'innovation des fabricants pour anticiper et répondre aux besoins en évolution permanente des formateurs, ces caractéristiques font des silicones une catégorie de matières premières unique et particulièrement utilisée en cosmétique.

Remerciements

L'auteur souhaite remercier pour leur contribution à cet article : Sylvie THEVENET, Affaires Réglementaires, Dow Corning et Sami BELKHIRIA, Expert en environnement, sécurité des produits et conformité réglementaire, Dow Corning.

Notes et références

- (1) **Émoullient** : terme utilisé en cosmétique pour décrire une substance qui apporte de la douceur à la peau.
 (2) **Élastomère** : peut s'utiliser pour décrire une structure polymère possédant une composante rhéologique élastique.
- [1] Centre Européen des Silicones : www.silicones.eu/ab_facts.html
 [2] Owen M.J., Why silicones behave funny, *Chemtech*, **1981**, 11, p. 288.
 [3] Colas A., Les silicones : préparation et performance, *Chimie Nouvelle*, juin **1990**, 8(30).
 [4] Blakely J., Van Reeth I., Vagts A., The silicone difference in skin care, *Inside Cosmetics*, oct.-nov. **1998**.
 [5] Moss B., Ungvary V., Marchioretto S., Silicones as a color-lock aid in rinse-off hair care products, Paper, form 27-1152-01, **2004**.
 [6] Gomes A., Dias T., Donolato C., The use of silicones in hair colorants formulations, *Dow Corning Publication*, #27-055-01, **2000**.
 [7] Ghirardi D., De Backer G., *Goodbye to Grease, Soap, Perfumes & Cosmetics*, juin **1993**.
 [8] DiSapio A., Fridd P., Dimethicone copolyols for cosmetic and toiletries applications, *IFSCC Presentation*, Londres, **1988**.
 [9] LeGrow G., Wilson A., Harashima A., Alkylmethylsiloxanes: a novel family of silicone organic hybrid polymers for the cosmetic industry, *17th IFSCC Presentation*, Yokohama, 13-16 oct. **1992**.
 [10] Van Reeth I. et al., *Silicones: Enhanced Protection Across Personal Care Applications*.
 [11] Van Reeth I., Postiaux S., Vandort H., Silicone bring multifunctional performance in sun care, *Cosmetic & Toiletries*, oct. **2006**, 121(10), p. 41.

- [12] Thompson B., Halloran D., Vincent J., Use of aqueous silsesquioxanes for providing body and volume effects from hair conditioners, *IFSCC Presentation*, Yokohama, 13-16 oct. **1992**.
 [13] Dias T., Van Reeth I. et al., High performance silicones offer new solutions for color cosmetics, *Eurocosmetics*, juil.-août **2003**, p. 18.
 [14] www.silicones-science.com/responsible_sresearch.html.html
 [15] www.sehsc.com/srp.asp
 [16] www.sehsc.com/science.asp
 [17] www.silicones-science.com/responsible_environment.html
 [18] Stevens C., Environmental fate and effects of dimethicone and cyclotetrasiloxane from personal care applications, *Intern. Journ. of Cosmetic Science*, **1998**, 20(5), p. 296.
 [19] reach.silicones.eu
 [20] www.cyclosiloxanes.eu



Jean-Luc Garaud

est Ingénieur Support Technique chez Dow Corning*.

* Support Technique Applications Cosmétiques, Dow Corning, Rue Jules Bordet, Zone Industrielle C, B-7180 Seneffe (Belgique).
 Courriel : jean.luc.garaud@dowcorning.com

Chimie & Beauté

Un dossier Sagascience du CNRS



Ce dossier multimédia montre l'implication de la chimie dans le bien-être de l'Homme et dans son apparence. Il dévoile les secrets de la chimie des parfums, révèle les constituants des cheveux, des ongles et de la peau, ou l'origine des couleurs.

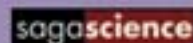


Quelles grandes familles de colorants ? Quels codes couleur pour les fards contemporains ou dans l'Égypte ancienne ?
 Quelles méthodes pour mesurer la douceur de la peau, le lissage et la brillance des cheveux ?
 Comment mettre au point un shampoing ?
 Comment se forme la mousse ? Quel pouvoir protecteur pour les vernis ? Comment perçoit-on les odeurs ?
 Quelles sont l'origine et l'histoire des parfums ?
 Quelle réglementation européenne pour les cosmétiques ?

Lycéens, étudiants, enseignants, chercheurs, industriels, médiateurs scientifiques, chacun peut y assouvir sa curiosité...



<http://www.cnrs.fr/chimiebeaute>
 Une visite incontournable !



La collection Sagascience du CNRS met à la disposition de tous des dossiers scientifiques multimédias pour faire connaître les recherches menées par le CNRS et ses partenaires (universités, écoles, organismes de recherche, industrie).

<http://www.cnrs.fr/saga>