

Les tensioactifs biosourcés pour la cosmétique

Ou comment allier naturalité et performance

Hervé Rolland et Alain Milius

Résumé	Parmi les produits utilisés en cosmétique, les tensioactifs sont très utiles pour accéder à des combinaisons stables d'ingrédients parfois antagonistes en termes de solubilité, et le marché cosmétique n'échappe pas au souhait toujours plus marqué de disposer de solutions naturelles et néanmoins performantes. Cet article développe l'offre actuelle en tensioactifs 100 % biosourcés et constitue une mise au point sur les problématiques limitant encore leur développement.
Mots-clés	Cosmétiques, tensioactifs, biosourcés, alkylpolyglycosides.
Abstract	Biobased surfactants for cosmetic, or how to combine naturalness and performance Cosmetic products are made of complex associations of ingredients which are expected to act efficiently in the final formula. Among those, the role of surfactants is a key step in order to target stable and ready-to-use formulations made with ingredients with an opposite solubility. The cosmetic market is deeply impacted with a demand asking for as much natural as possible while highly performing products. This article discloses the updated offer in 100% biobased surfactants and gives an insight view upon some limits which could slow down the expansion of this range of products.
Keywords	Cosmetics, surfactants, biobased, alkylpolyglycosides.

Les exigences de la formulation cosmétique

Il convient de distinguer les formulations cosmétiques destinées à l'hygiène de celles destinées au soin. Dans le premier cas, il s'agit de constituer des formules valorisées pour leurs propriétés moussantes et nettoyantes, typiquement les shampoings et les gels douches. Dans ce domaine de l'hygiène, les ingrédients impliqués, sauf cas très particuliers, sont tenus de présenter une excellente solubilité dans l'eau. Cette caractéristique est non seulement justifiée par le souhait de favoriser la présentation de plusieurs ingrédients sous la forme d'une solution aqueuse homogène, mais également parce que l'usage réservé à ce type de formulation est précisément d'être rincé.

Dans le second cas, le domaine du soin, la problématique est différente. Il s'agit de permettre l'application sur la peau d'une crème dont la viscosité peut être variable et qui se définit dans la plupart des cas comme une émulsion directe, soit une phase huileuse dispersée dans une phase continue aqueuse. Les formulations de ce type permettent d'atteindre une combinaison harmonieuse, sous une forme homogène et facile d'emploi, d'une phase lipophile et d'une phase hydrophile contenant chacune des constituants de nature antagoniste, tantôt lipophiles, tantôt hydrophiles, auxquels un rôle précis a été attribué. On distingue alors les ingrédients actifs dont la fonction est d'induire une activité, par exemple en termes d'hydratation, d'effet anti-âge, etc., des excipients qui permettent la stabilité de la formule tout en apportant idéalement des bénéfices sensoriels comme la facilité d'étalement ou la douceur. Parmi les excipients,

on peut citer les modificateurs de rhéologie, bien souvent de nature polymère tels que les gommés polysaccharidiques ou les polyacrylates, mais surtout les tensioactifs qui sont les plus représentés et dont on traitera principalement dans cet article.

Le marché

Ses caractéristiques

La valeur du marché mondial des ingrédients cosmétiques est estimée à 20 milliards de dollars. L'Europe, où figurent bon nombre d'acteurs significatifs, revendique environ un quart de ce montant. Si l'on traite désormais du marché des tensioactifs, la demande mondiale s'élève à 12 millions de tonnes, dont 2 millions pour la cosmétique. Cette fois encore, l'Europe représente 25 % du marché [1].

Ses attentes

D'après un récent sondage, la notion de beauté, à laquelle est indéfectiblement lié le marché cosmétique, correspond pour une très large majorité des consommatrices aux notions de nature (72 %) et d'harmonie (70 %), alors que des notions telles que la sensualité (31 %) ou la mode (23 %) passent au second plan [2].

Concomitamment et en dépassant un paradoxe apparent, la confiance dans le progrès scientifique et technique s'accroît puisqu'elle a progressé dans l'opinion française entre 2008 et 2014, passant de 46 à 56 %, augmentant notamment de cinq points entre 2013 et 2014 [3]. En d'autres

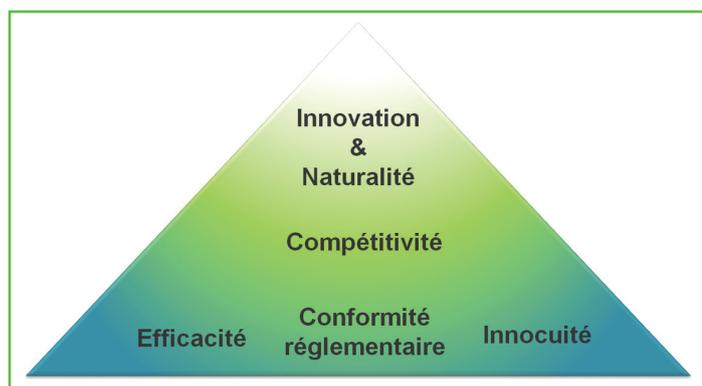


Figure 1 - La pyramide de Maslow des ingrédients cosmétiques.

termes, appliqués aux domaines des ingrédients cosmétiques, il faut disposer de produits toujours plus innovants, marquant un net progrès par rapport à l'existant, tout en veillant à renforcer leur origine naturelle, perçue comme une source de bienfaits. La *figure 1*, librement inspirée de la représentation sous forme de triangle popularisée par le célèbre psychologue américain Abraham Maslow pour hiérarchiser les besoins d'un individu dans un contexte professionnel, recense les attentes qui pèsent aujourd'hui sur un ingrédient cosmétique. Le défi s'annonce donc relevé pour les producteurs d'ingrédients cosmétiques, et notamment de tensioactifs où les composés d'origine 100 % végétale représentent aujourd'hui moins de 10 % de la consommation.

Le cas des tensioactifs

Les produits cosmétiques font nécessairement appel à des tensioactifs [4]. Ces derniers se caractérisent par une structure amphiphile où coexistent au sein d'une même molécule une partie hydrophile présentant une grande affinité avec l'eau et une partie lipophile manifestant une affinité préférentielle pour les phases grasses. Ces deux enchaînements sont reliés par une fonction chimique dont la maîtrise est fondamentale dans la construction de cet édifice moléculaire. Cette architecture modélisée dans la *figure 2* leur permet de se placer naturellement aux interfaces (liquide/gaz, liquide/liquide, liquide/solide ou gaz/liquide), en adoptant une orientation induite par leur polarité et en abaissant significativement les énergies (ou « tensions ») de surface. Cette faculté permet la formation de mousses, de dispersions et surtout d'émulsions.

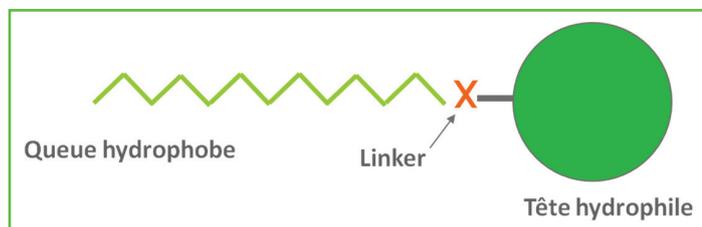


Figure 2 - Architecture d'un tensioactif.

Les tensioactifs se prêtent à différents types de classement qui permettent de mieux cerner leur nature et leur usage. Les principaux sont brièvement rappelés ci-après :

• Par nature ionique

Si les structures chimiques concernées ne portent pas de charge, elles sont qualifiées de non ioniques ; s'il leur est

attachée une charge négative contrebalancée par un ion simple (contre-ion), elles sont identifiées comme anioniques ; si des charges de nature différente coexistent dans l'enchaînement carboné, ce sont des amphotères ; et enfin, la présence d'une charge positive sur la structure principale leur confère le statut de cationique.

• Par affinité

Chaque tensioactif peut également être indexé sur une échelle de 1 à 20 qui renvoie à son affinité pour l'eau et pour les phases grasses. On évoque ainsi sa balance hydrophile/lipophile consacrée par l'acronyme anglo-saxon HLB (« hydrophilic lipophilic balance »). Cette notion a été introduite par Griffin [5] en s'appliquant tout d'abord aux tensioactifs non ioniques éthoxylés. Le modèle a ensuite été sophistiqué par Davies [6] pour le rendre plus universel en introduisant une notion de contribution de groupe. Ce classement présente un caractère prédictif à l'usage du produit considéré (*tableau I*).

Tableau I - Classification des tensioactifs selon leur balance hydrophile/lipophile (HLB).

HLB	Fonctions
18-20	Solubilisant
13-18	Dispersant, solubilisant, agent moussant
10-13	Émulsionnant E/H
8-10	Agents mouillants, détergents
6-8	Agents mouillants, émulsionnant H/E
1-4	Solubilisant

• Selon l'origine des matières premières

Les matières premières constitutives des tensioactifs, tant pour la partie hydrophile que pour la partie lipophile, peuvent avoir une origine pétrochimique ou naturelle. Dans ce dernier cas, il est fait préférentiellement appel à la filière végétale. Le *tableau II* décrit l'ensemble des cas de figure pouvant se rencontrer, des tensioactifs éminemment synthétiques à ceux pouvant revendiquer une origine intégralement biosourcée (nous verrons comment soutenir cette affirmation). Cette dernière catégorie est celle qui est privilégiée dans l'industrie cosmétique.

Tableau II - Classification des tensioactifs selon l'origine des matières premières.

Type	Tête hydrophile	Queue hydrophobe
100 % synthétique	Pétrochimique	Pétrochimique
Mixte ou semi-naturel	Pétrochimique	Végétal
Mixte ou semi-naturel	Végétal	Pétrochimique
100 % végétal	Végétal	Végétal

Zoom sur les tensioactifs 100 % biosourcés

Perspective historique

Replacé dans un contexte historique, il apparaît que le développement de tensioactifs biosourcés ne constitue pas une tendance récente, comme une vision linéaire de l'histoire pourrait le laisser à penser. L'observation d'une période suffisamment longue nous enseigne en réalité que, d'abord par nécessité, les premiers usages des tensioactifs ont fait appel

à des produits naturels, généralement sous forme d'infusions ou de décoctions aqueuses. Ainsi, l'utilisation des saponines pour la désinfection de plaies superficielles se serait pratiquée en des temps préhistoriques. Plus près de nous, le savon a été le tensioactif par excellence pendant des siècles et la première trace écrite de son usage date de 2500 av. J.-C., sur une tablette retrouvée en Mésopotamie [7]. Dans ce cas, sa synthèse reposait sur le traitement de graisses animales ou d'huiles végétales avec des cendres, naturellement riches en potasse. Il faut ensuite attendre la révolution industrielle au XIX^e siècle pour observer des évolutions significatives et assister au remplacement progressif du savon par des tensioactifs anioniques tels que les paraffines sulfonates puis les sulfates, encore aujourd'hui présents dans bon nombre de formules moussantes. Le XX^e siècle voit l'avènement de la pétrochimie dont les grands intermédiaires constituent une source importante de matières premières dans le domaine des tensioactifs, tant pour la partie lipophile (avec les alcools supportés par la technologie Ziegler ou les alkyl phénols) que pour la partie hydrophile (essentiellement avec l'oxyde d'éthylène).

Dès la fin du XX^e siècle, en réaction aux chocs pétroliers de 1973 et 1979, le concept même de développement durable fait sa première apparition lors de la commission mondiale sur l'environnement. Le développement qui eut lieu en 1987 donna lieu à la rédaction d'un rapport, popularisé sous le nom de rapport Brundtland et intitulé *Our common Future*. Cette tendance n'épargne pas l'activité industrielle en général et trouve un écho particulièrement favorable dans le secteur de la cosmétique. Cela induit un regain d'intérêt marqué pour les ingrédients d'origine végétale, notamment les tensioactifs, au détriment des produits synthétiques, essentiellement d'origine pétrochimique.

Il convient donc de considérer ici une version cyclique de l'histoire (telle que reproduite sur la figure 3) et non une version linéaire.

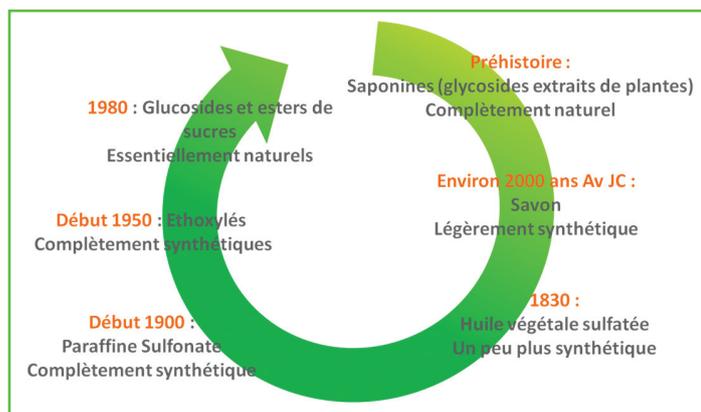


Figure 3 - Historique des tensioactifs biosourcés.

L'offre actuelle

On évoque ici les produits constitués de matières premières pouvant clairement revendiquer une origine naturelle. Sans prétendre à l'exhaustivité, on peut dans ce contexte citer trois principales classes de tensioactifs :

• Les acylats de protéines

Ces produits (figure 4) sont synthétisés par réaction entre un chlorure d'acide gras et des acides aminés ou des peptides, d'après un mode opératoire originel décrit par Schotten-Baumann [8-9]. L'étape réactionnelle se déroule

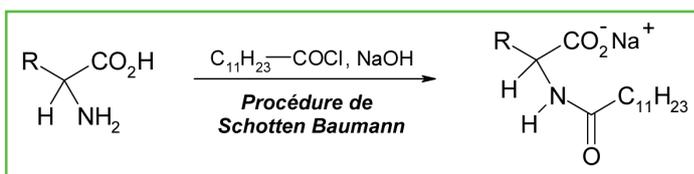


Figure 4 - Tensioactifs dérivés de protéines.

généralement dans l'eau à des températures modérées et en veillant à une excellente maîtrise du pH. Ils revendiquent généralement de bonnes propriétés moussantes ainsi qu'une excellente tolérance. Sur ce segment de marché – celui des agents moussants –, ils apparaissent néanmoins difficilement compétitifs vis-à-vis de l'offre de produits synthétiques tels que les alkyl éther sulfates.

• Les esters de polyols et de sucres non réducteurs (figure 5)

- Les esters de polyols : les produits les plus représentatifs de cette catégorie sont les esters de sorbitan. Il s'agit de tensioactifs qui ont une importance significative depuis plus de soixante ans. Leur fabrication requiert le contrôle d'une réaction impliquant d'une part des acides gras, d'autre part du sorbitol, soit le produit de réduction du glucose.

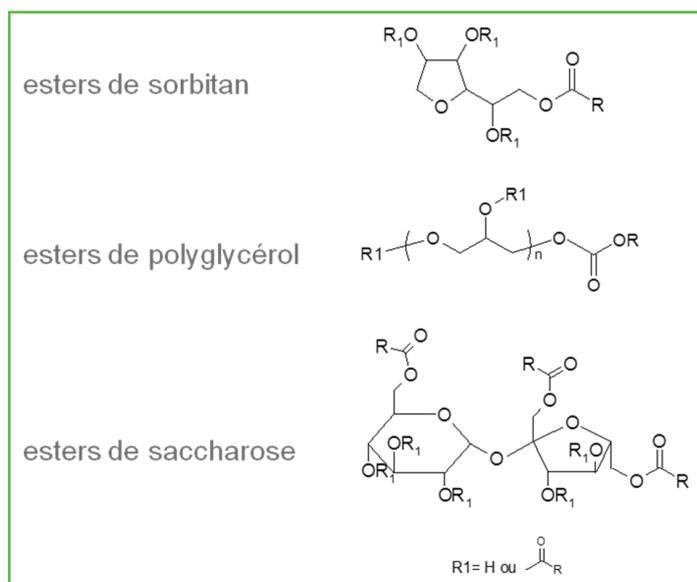


Figure 5 - Tensioactifs dérivés de polyols et de sucres non réducteurs.

Plus récemment, les esters de polyglycérol sont apparus comme une alternative crédible dans le domaine des tensioactifs non ioniques.

Dans ces deux cas de figure cependant, deux limitations apparaissent distinctement. La grosseur de la tête polaire ne peut être aisément modulée et la gamme de HLB est difficilement couverte dans une famille homologue de composés. Dans le cas des esters de sorbitan, il faut alors avoir recours au greffage d'oxyde d'éthylène (ce qui donne naissance à une famille de produits dont le nom consacré est celui de *polysorbates*) avec pour conséquence la perte du caractère 100 % biosourcé. Dans celui des esters de polyglycérol, la polymérisation du glycérol préalablement à son estérification ne permet pas d'atteindre des degrés de polymérisation excédant au maximum dix unités. L'autre limitation vient de la fragilité intrinsèque de la fonction ester qui s'expose à

des réactions d'hydrolyse en milieux aqueux, d'autant plus prononcées que le pH desdites solutions s'éloigne de la neutralité.

- **Les esters de sucres non réducteurs** : les esters de saccharose sont les plus représentatifs de cette famille si l'on prend en considération les volumes fabriqués. Si leur origine biosourcée est attestée, leur méthode de synthèse fait appel à des solvants organiques (diméthyl sulfoxyde ou acétate d'éthyle) dont il faut ensuite se débarrasser et qui impactent négativement la qualité des eaux de lavage. Les esters de saccharose peuvent donc difficilement prétendre satisfaire pleinement les principes de chimie verte. La fonctionnalité ester prévaut encore ici pour relier la partie lipophile et la partie hydrophile (le saccharose, sucre disponible en abondance et plus connu pour ses usages alimentaires).

• Les dérivés de sucres réducteurs (alkylpolyglycosides)

Les alkylpolyglycosides constituent la classe de tensioactifs biosourcés la plus importante. La production mondiale est de 120 à 150 000 tonnes environ, dont on estime que les deux tiers sont destinées à l'industrie cosmétique. Ces dérivés sont obtenus par voie chimique à travers une réaction mise au point par Emil Fisher [10]. Elle est basée sur la condensation d'un alcool gras en position anomérique d'un sucre réducteur tel que le glucose, hexose disponible industriellement en abondance (figure 6), ou, plus rarement, d'un pentose tel que le xylose. Leur synthèse est réalisée en l'absence de solvant, supportée par un catalyseur et la dépense d'atomes limitée à la perte d'une molécule d'eau puisqu'il s'agit d'une réaction de condensation. À l'issue de la réaction, l'alcool gras systématiquement introduit en excès vis-à-vis du sucre peut être recyclé, dans le cas où une présentation en milieux aqueux des alkylpolyglycosides est envisagée (cas des applications moussantes), ou laissée dans le mélange réactionnel (cas des applications émulsionnantes) où il contribue positivement à la structuration des émulsions. Ces caractéristiques révèlent une excellente adéquation avec les principes de chimie verte.

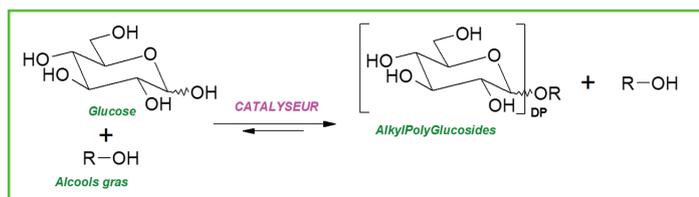


Figure 6 - Tensioactifs dérivés de sucres réducteurs.

Le spectre d'utilisation des alkylpolyglycosides est particulièrement large dans le domaine cosmétique puisque, en fonction de la longueur de la chaîne grasse, ils peuvent se révéler performants en tant que solubilisants (C7 à C10), moussants (C8 à C12) ou émulsionnants (C14 à C22).

Parmi les tensioactifs 100 % biosourcés, on peut également citer les dérivés d'inuline, les rhamnosités et les sophorolipides, dont le développement demeure encore restreint.

Pourquoi une offre aussi limitée en tensioactifs 100% biosourcés pour la cosmétique ?

Il serait vain de prétendre que l'offre en tensioactifs biosourcés satisfait aujourd'hui toutes les attentes du marché et ne se confronte à aucun verrou technologique. Les développements ci-après vont permettre d'illustrer ce constat.

On peut dans un premier temps regretter que les parties hydrophobes constitutives des tensioactifs, notamment lorsqu'on évoque les alcools gras, ne présentent pas une aussi grande variété de choix que celle qu'autorise la filière pétrochimique. À travers cette dernière, en faisant par exemple appel au procédé « oxo », il est possible de disposer de nombreuses chaînes grasses dont on peut contrôler la nature et le degré de ramification et que l'on ne rencontre pas dans la filière oléochimique. À peine peut-on citer dans cette dernière les alcools de Guerbet qui, à partir d'alcools gras linéaires, permettent d'accéder à des acides ou des alcools ramifiés. Néanmoins, cette technologie majeure significativement le coût des chaînes grasses disponibles et impose par essence, du fait de la nature même de la réaction, un type de ramification univoque, en l'occurrence le greffage en β de la fonction alcool ou acide d'une chaîne dont la longueur est inférieure de deux carbones à la chaîne principale.

Dans un deuxième temps, il faut aussi concéder que l'architecture moléculaire des tensioactifs biosourcés laisse apparaître certaines limitations, notamment s'agissant du design de la partie hydrophile. On a évoqué ci-dessus l'ambivalence de l'architecture moléculaire d'un tensioactif où le domaine de performance est conditionné par les pondérations respectives des parties lipophile et hydrophile. C'est précisément la construction de cette partie hydrophile qui peut poser problème dans la construction d'agents de surface d'origine exclusivement naturelle, lorsque l'on fait intervenir notamment des sucres dont l'hydrophilie est limitée et qui sont intrinsèquement peu ou pas polymérisables. Dans le domaine des produits synthétiques, l'oxyde d'éthylène est de très loin le synthon moléculaire le plus utilisé. Son mode de greffage par polymérisation anionique vivante sur des chaînes grasses présentant des hydrogènes actifs – comme les alcools gras ou les acides gras – accorde toute latitude pour ajuster la partie hydrophile. L'émergence d'une filière biosourcée de l'oxyde d'éthylène, basée sur la déshydratation d'éthanol obtenu par fermentation de biomasse pour obtenir l'éthylène qui subit ensuite une oxydation ménagée – à l'instar des procédés industriels traditionnels mis en œuvre sur l'éthylène issu des vapocraqueurs – n'apporte pas une réponse définitive aux attentes du marché des excipients cosmétiques. En effet, si la stricte équivalence des structures est incontestable et le caractère biosourcé parfaitement soutenable, ces dérivés ne peuvent se départir de l'image de dangerosité et de toxicité liée à l'oxyde d'éthylène.

Pour ces raisons, le développement de tensioactifs biosourcés fait préférentiellement intervenir des sucres pour constituer la partie hydrophile du tensioactif et les gammes esters de sorbitol, de polyglycérol, de saccharose ou les alkylpolyglycosides relèvent de cette démarche. Si seuls les alkylpolyglycosides peuvent revendiquer une certaine stabilité à l'hydrolyse, s'appuyant sur la stabilité intrinsèque d'une liaison acétal par opposition aux liaisons esters, dans ces différents cas, la tête hydrophile dérivée du sucre possède une capacité de polymérisation limitée et quoiqu'il en soit bien inférieure à celle caractérisant l'oxyde d'éthylène (tableau III).

Le cas des alkylpolyglycosides, la classe la plus répandue de tensioactifs biosourcés non ioniques, mérite d'être souligné puisque, si des séquences polyglucoses existent naturellement dans bon nombre de polysaccharides naturels tels que la cellulose ou l'amidon, la réaction de condensation d'un alcool gras sur le glucose se déroule dans des conditions analogues à celle qui prévaut pour dépolymériser un enchaînement polyglucose. C'est la raison pour laquelle l'utilisation d'un excès de glucose ou d'un polysaccharide

Tableau III - Hydrophilie et stabilité des tensioactifs biosourcés en fonction de la tête hydrophile.

Tête hydrophile	Stabilité	Hydrophilie
Saccharose	--- (ester et acétal)	--
Sorbitol	-- (ester)	---
Polyglycérol	-- (ester)	--
Glucose (xylose)	+ (acétal)	-
Oxyde d'éthylène	+++ (éther)	+++

caractérisé par la répétition d'unités glucosidiques ne permet pas d'atteindre des tensioactifs dont la tête hydrophile dépasse significativement l'unité. Ainsi, les produits actuellement disponibles sur le marché, tous atteints à travers une réaction de Fischer, se caractérisent par un degré de polymérisation du glucose situé entre 1 et 2.

Le défi proposé aux chimistes consiste à développer des technologies capables d'atteindre des degrés de polymérisation d'au moins 4 de façon à étendre suffisamment les propriétés d'usage des alkylpolyglycosides et leur conférer ainsi une chance significative de substituer les tensioactifs mixtes et pétrochimiques.

Il faudra être capable de contrôler deux réactions compétitives : acétalisation (de l'alcool et/ou du glucose) et dépolymérisation. Différentes approches sont proposées dans la figure 7. L'approche 1, dite de maturation, a été largement étudiée dans les années 1990, sans pouvoir prétendre à un degré de polymérisation supérieur à 2,5 et sans concrétisation commerciale [11].

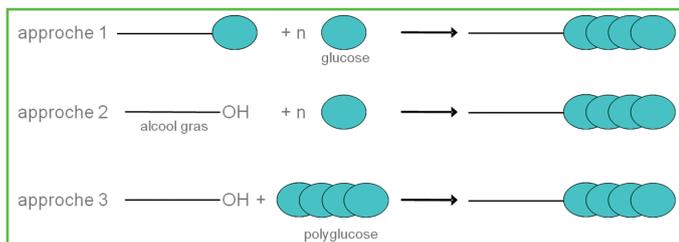


Figure 7 - Approches de synthèse d'alkylpolyglycosides à hydrophilie augmentée.

Enfin, la circonspection est souvent de mise lorsqu'il faut évaluer la qualité biosourcée de l'ingrédient considéré. On peut en effet considérer que les allégations de naturalité et la multitude de labels dont se parent de nombreux ingrédients cosmétiques peuvent au mieux plonger le consommateur dans une grande perplexité, au pire le conduire à considérer avec défiance le qualificatif de « naturel » ou « d'origine naturelle ».

Grâce à l'analyse isotopique, on peut distinguer les produits biosourcés, contenant du ^{14}C , des produits d'origine pétrochimique qui en sont dépourvus. On saluera ici l'initiative de l'Association Chimie du Végétal (ACDV) qui a permis la délivrance de certifications. Une norme européenne visant à qualifier les tensioactifs de la façon suivante, en rapport avec leur teneur en carbone biosourcé, est également en préparation [12]. La terminologie consacrée par ce texte est la suivante :

- bio-surfactants : > 95 % ;
- bio-based surfactants : 50-95 % ;
- bio-derived surfactants : 25-49 % ;
- other surfactants : < 25 %.

On relèvera également une démarche complémentaire, plus systémique et intégratrice, comme celle qui a trait à la réalisation récente de ce qui constitue à notre connaissance

le premier exemple de l'analyse de cycle de vie d'un émulsionnant cosmétique [13].

Conclusion

L'expression sociétale d'un retour à la nature n'épargne pas le domaine des ingrédients cosmétiques en général et celui des tensioactifs en particulier. Cette aspiration s'exprime sans se départir d'une exigence de performance envers les produits considérés. Les gammes actuelles répondent partiellement à cette attente. Néanmoins, pour la satisfaire pleinement, certains verrous technologiques doivent être pris en considération :

- la disponibilité plus faible des briques moléculaires issues du monde végétal ;
- la difficulté à élaborer, par le biais de procédés éco-compatibles et à partir de synthons biosourcés, des séquences hydrophiles modulables ;
- la responsabilité qui incombe aux acteurs de la filière de déployer des méthodes indiscutables et partagées pour quantifier la naturalité, en dépit des efforts avérés déjà réalisés.

Afin de lever ces verrous technologiques, différentes approches ont été envisagées. Les solutions proposées ne sont cependant pas exhaustives et des démarches innovantes, qu'elles émanent d'acteurs industriels ou de démarches collaboratives entre ces derniers et des partenaires académiques, sont encore attendues. Dans ce contexte, les ingrédients cosmétiques appelés à connaître le succès seront ceux qui sauront relever le défi d'offrir une combinaison optimale d'efficacité technologique tout en revendiquant une origine exclusivement naturelle allié à des procédés d'obtention respectueux de l'environnement.

Il faudra beaucoup de motivation car il n'y a eu que peu d'avancées significatives depuis vingt ans. Mais les enjeux sont considérables car les tensioactifs 100 % biosourcés utilisés en cosmétique ne représentent que 10 % des deux millions de tonnes consommés.

Références

- [1] www.cosmetic-valley.com/page/presentation/chiffres-cles/
- [2] Étude CSA pour *Madame Figaro*, oct. 2014, Interrogation d'un échantillon représentatif de la population nationale de 1 003 femmes de 18 ans et plus.
- [3] Oudghiri R., Science fascinante, nature bienfaisante, *emarketing.fr*, oct. 2015.
- [4] Lukic M., Pantelic I., Savic S., An overview of novel surfactants for formulation of cosmetics with certain emphasis on acidic active substances, *Tenside Surf. Det.*, 2016, 53(1), p. 7.
- [5] Griffin W.C., Classification of surface-active agents by HLB, *J. Soc. Cosmet. Chem.*, 1949, 1, p. 311.
- [6] Davies J.T., A quantitative kinetic theory of emulsion type. I. Physical chemistry of the emulsifying agent, gas/liquid and liquid/liquid interface, *Proceedings of the International Congress of Surface Activity*, 1957, p. 426.
- [7] Levey M., *The Oldest Soap History*, Temple University, Philadelphie, 1957.
- [8] Schotten C., Über die Oxydation des Piperidins, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, 1884, 17, p. 2544.
- [9] Baumann E., Über eine einfache Methode der Darstellung von Benzoësäureäthern, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, 1886, 19, p. 3218.
- [10] Fischer E., Über die Glucoside der Alkohole, *Ber. Dtsch. Chem. Ges.*, 1893, 26, p. 2400.
- [11] Beck R.H.F., Elseviers M., Van Havere M.M.R., Alkylpolyglycosides with a high degree of polymerisation and a process for the preparation thereof, Patent EP 0729970, 1996.
- [12] Séné C., 10th World Surfactants Congress (CESIO), Istanbul, 2015.
- [13] Guilbot J., Kerverdo S., Milius A., Escola R., Pomrehn F., Life cycle assessment of surfactants: the case of an alkyl polyglucoside used as a self emulsifier in cosmetics, *Green. Chem.*, 2013, 15, p. 3337.



H. Rolland

Hervé Rolland est coordinateur scientifique et **Alain Milius**, directeur des affaires scientifiques et réglementaires chez SEPPIC*.

* SEPPIC - Air Liquide Healthcare Specialty Ingredients, 22 Terrasse Bellini - Paris La Défense, F-92806 Puteaux. Courriels : herve.rolland@airliquide.com ; alain.milius@airliquide.com



A. Milius