

Polymères éco-respectueux pour formulations cosmétiques

Résumé En cosmétique, les polymères sont présents dans une grande majorité de produits de par leurs propriétés physico-chimiques et mécaniques uniques, fruits de leurs structures macromoléculaires pouvant être très variées. Afin d'assurer une innovation durable pour réduire leur empreinte environnementale, il est cependant indispensable de concevoir des polymères toujours plus éco-respectueux, et ceci sans compromis sur les performances cosmétiques et économiques attendues par les consommateurs au niveau planétaire. Dans cet objectif, les leviers d'écoconception devront intégrer toutes les étapes du cycle de vie des polymères, de leur origine jusqu'à leur dégradation, en n'oubliant pas le procédé éco-respectueux de leur fabrication et la réduction de leur impact environnemental. Cet article présente la méthodologie et les outils utilisés par L'Oréal pour l'écoconception de polymères ainsi qu'une sélection des méthodes physico-chimiques nécessaires pour assurer les propriétés adéquates dans les diverses applications cosmétiques. Des exemples concrets de différents polysaccharides capables de protéger le cheveu ou d'améliorer l'apparence de la peau illustrent les trois performances-clés recherchées : la performance cosmétique des ingrédients et des formules, la performance environnementale et la performance économique, rendant ainsi les produits accessibles à tous les consommateurs.

Mots-clés Polymères, innovation durable, écoconception, naturalité, polysaccharides, cosmétique.

Abstract Eco-friendly polymers for cosmetic formulations

In cosmetics, polymers are present in many products due to their unique mechanical and physicochemical properties, a consequence of their diversity in terms of macromolecular structure. In order to assure sustainable innovation and reducing the environmental imprint, it is essential to envision more and more eco-friendly polymers without compromising cosmetic performance and remaining affordable by the consumer worldwide. With this objective, the eco-conception requirements have to be integrated at all stages of the polymer's life cycle, from its origin to its degradation, together with the industrial eco-respectful process required for its fabrication and the reduction of its environmental impact. This paper presents the methodology and the tools used by L'Oréal for the eco-design of polymers, as well as a selection of physicochemical methods necessary to assure the appropriate properties in cosmetic applications. Concrete examples of polysaccharides able to protect hair or improve skin's appearance illustrate the importance of achieving three key performances: that of ingredients and formulas, the environmental one and finally the economic performance, providing affordable products accessible to any consumer.

Keywords Polymers, sustainable development, eco-design, naturalness, polysaccharides, cosmetics.

Importance du développement de polymères à performances cosmétiques et environnementales

Les polymères sont des ingrédients essentiels pour la très grande majorité des formules cosmétiques. À l'encontre d'une molécule à structure définie de faible poids moléculaire, un polymère, par sa grande masse moléculaire et sa variabilité de structures et de conformations, apporte un comportement spécifique dans la formule, visible pour le consommateur, avant et après application sur la peau, le cil, l'ongle et/ou le cheveu.

En formulation par exemple, la texture sensorielle et les propriétés de fluage sont directement impactées par le comportement rhéologique du polymère. De plus, lors de l'usage du produit cosmétique, les phénomènes associés à la coalescence et à l'agrégation des chaînes permettent d'obtenir des propriétés filmogènes à très forte influence sur l'aspect et la protection du cheveu et de la peau.

Ces propriétés sont intrinsèquement de longue durée car inhérentes aux grandes résistances mécaniques et chimiques de ce type de matériaux. Leur utilisation en cosmétique, comme pour tous les autres ingrédients, implique également une responsabilité dans leur impact environnemental, devant rester le plus faible possible.

Leviers d'écoconception pour une innovation durable

L'innovation durable [1] est un objectif-clé du groupe L'Oréal, qui a très vite intégré les principes du développement durable à tous les stades du cycle de vie d'un produit, de sa conception à son utilisation par le consommateur.

L'innovation durable permettra notamment le respect des limites de notre planète comme détaillé en 2009 par une équipe internationale de 25 chercheurs menée par J. Rockström du Stockholm Resilience Center montrant en détail tous les impacts du développement humain sur cette dernière [2] (figure 1). Ce but fondamental est exprimé à travers un engagement clair et ambitieux : d'ici fin 2020, 100 % des produits devront présenter des avantages sur le plan environnemental ou social. Déjà en 2019, 85 % des produits nouveaux ou rénovés du groupe l'ont montré, comme décrit dans le rapport d'avancement 2019 [3]. Cet objectif sera atteint en particulier en intégrant à nos nouvelles formules toujours plus d'ingrédients renouvelables issus de ressources durables et conformes aux principes de la chimie verte. Le respect des principes de la chimie verte, proposés initialement par P.T. Anastas et J.C. Warner [4] et mis en œuvre au sein du groupe L'Oréal depuis quinze ans maintenant [5],

LIMITES DE NOTRE PLANÈTE

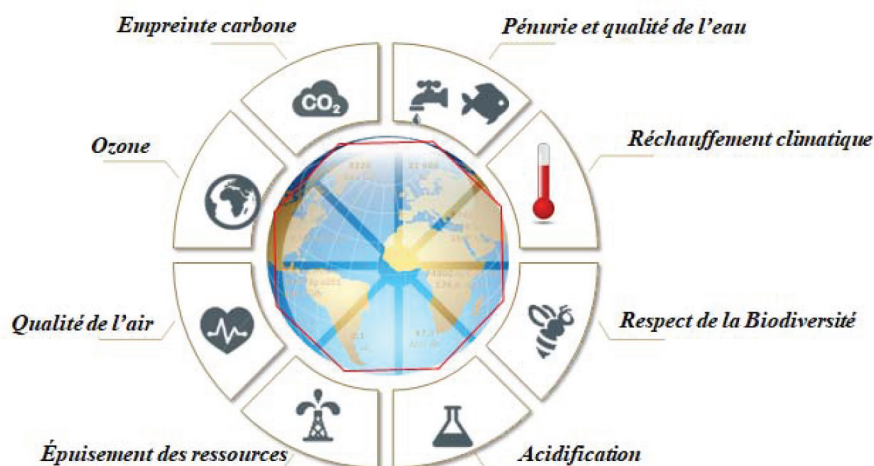


Figure 1 - Importance du respect des limites de notre planète : dans cette illustration sont représentés les principaux impacts liés au développement humain. Grâce au développement de l'écoconception, l'innovation durable doit prendre en compte la réduction de ces impacts le plus en amont possible d'un développement, et dans le respect des limites.

est stratégique pour le développement de polymères éco-respectueux et s'articule autour de trois piliers fondamentaux : **l'utilisation de matières premières renouvelables** [6], **le développement de procédés éco-respectueux** [7], et **l'innovation basée sur des ingrédients à profil environnemental favorable** [8].

Ces trois piliers sont selon nous indissociables pour que nos polymères fonctionnels soient conformes aux principes de la chimie verte. Par exemple, ne se soucier que de l'origine végétale ou bien n'adopter que le développement de procédés éco-respectueux, bien que cela soit nécessaire, n'est pas suffisant pour le respect de ces principes.

L'objectif que nous nous sommes fixé est d'accroître constamment dans nos nombreuses formules commercialisées le volume de polymères d'origine renouvelable avec un « indice de naturalité » le plus élevé possible [9] afin de limiter leur dénaturation. Si ces derniers sont transformés, nous nous engageons à promouvoir et à utiliser des procédés de synthèse ayant le plus faible impact environnemental, conformément aux principes de la chimie verte. De plus, nous ciblons le développement et l'intégration de polymères biodégradables et à faible empreinte eau dans nos formules commercialisées, afin de limiter l'impact de nos produits en fin de vie sur le milieu aquatique, après utilisation par le consommateur [8].

Pour le respect du premier pilier, un sourcing durable est important : concrètement, l'écoconception de polymères fonctionnels prend en compte, avant tout développement au laboratoire, l'origine végétale renouvelable et le caractère durable des matières premières utilisées pour la synthèse du polymère, ceci notamment afin de respecter tous les aspects de la biodiversité. Pour cela, toutes les données nécessaires à cette validation, méthodes de culture comprises, sont communiquées par les fournisseurs, et ceci pour toutes les étapes d'extraction et de transformation à partir de la plante. L'utilisation de coproduits issus de filières végétales existantes pourra être privilégiée.

L'utilisation d'outils de mesure tels que par exemple la méthode de dosage du carbone 14 [10] pour valider l'origine renouvelable des matières premières est essentielle en cas de doutes ou lors de mélanges de matières premières.

Le développement de voies de synthèse et procédés durables s'appuie sur des métriques spécifiques aux principes de chimie verte tels par exemple les calculs d'économie d'atomes permettant de maximaliser le nombre d'atomes des produits de départ dans la molécule finale ou encore le facteur environnemental molaire (« E-factor ») [5] évaluant la masse des déchets générés par le procédé. Ce dernier est de grande importance puisqu'il peut être évalué dès la phase amont d'écoconception et réévalué ensuite jusqu'au stade industriel, ceci notamment afin de minimiser les volumes de solvants et de déchets liés aux procédés.

L'évaluation de « l'indice de naturalité » [9] est également un outil-clé car il permet de valider la prise en compte et le respect des deux premiers piliers que sont la filière renouvelable et le développement de procédés pour la synthèse de polymères respectant les principes de chimie verte. Son calcul est basé sur deux indices : « l'indice d'origine », validant le caractère renouvelable de la matière première, et « l'indice de dénaturation », permettant de vérifier que les procédés d'extraction, de polymérisation ou/et de dérivation respectent les principes de chimie verte. La compilation de ces deux indices permet d'accéder à « l'indice de naturalité » dont la méthodologie est détaillée dans la référence [9] et en cohérence avec la norme internationale ISO 16128-1 parue en 2016 sur les définitions techniques et les critères applicables aux ingrédients d'origine naturelle.

Au-delà de l'application des principes de la chimie verte dans le développement de nouveaux polymères pour nos formules cosmétiques, il est essentiel de prendre aussi en compte leur impact sur l'environnement après usage des produits qui les contiennent par le consommateur, au même titre que pour les autres ingrédients. En effet, après utilisation, les produits cosmétiques sont souvent rejetés à l'égout et se retrouvent *in fine* dans le milieu aquatique. Un progrès majeur dans la réduction de l'impact environnemental des produits cosmétiques peut être obtenu en se concentrant sur deux leviers d'écoconception : la biodégradabilité et l'empreinte eau grise [8].

La **biodégradabilité** représente le processus-clé d'élimination de substances organiques de l'environnement. Dans notre approche d'écoconception des formules, un ingrédient est

considéré comme biodégradable s'il est mesuré « facilement biodégradable » dans un test réalisé en accord avec une ligne directrice de l'OCDE (n° 301 [10], n° 310 [11]) ou une ligne directrice équivalente. Ce statut « facilement biodégradable » peut également être obtenu par analogie avec un ingrédient de structure chimique similaire. Un ingrédient « facilement biodégradable » possède intrinsèquement une capacité de dégradation rapide et complète dans l'environnement (figure 2).

En cosmétique et dans bien d'autres secteurs d'activité, allier une forte capacité de biodégradabilité et une efficacité fonctionnelle adéquate est certainement un des grands défis du futur dans le domaine de l'écoconception des polymères de formule.

L'**empreinte eau grise** dérive de la méthodologie de calcul du volume de dilution critique, un des critères essentiels permettant d'attribuer l'écolabel européen à des produits cosmétiques rincés [12-13]. Cette empreinte est définie comme le volume théorique d'eau douce naturelle nécessaire pour diluer un ingrédient ou une formule cosmétique, après utilisation du produit par le consommateur, jusqu'à une concentration sans effets toxiques prévisibles sur les espèces aquatiques. Elle s'appuie sur des caractéristiques environnementales primordiales pour établir l'impact des ingrédients rejetés à l'égout : le potentiel de biodégradabilité dans l'environnement et la toxicité vis-à-vis des espèces aquatiques. Pour l'écoconception des produits cosmétiques [8] et en règle générale, une empreinte inférieure à 10^5 par gramme peut être considérée comme favorable.

Performances physico-chimiques et mécaniques recherchées

La substitution des polymères d'origine pétrochimique dans les formulations cosmétiques par des macromolécules d'origine naturelle et biodégradables n'est pas toujours facile. Malgré différentes propositions de structures polymères à faible impact environnemental, le passage à ce type de matériaux implique certaines concessions comme accepter une variabilité structurelle plus importante due en partie à la diversité d'origine, et généralement à des propriétés qui restent à optimiser pour les applications d'intérêt [14].

Par exemple, pour la recherche de polymères biodégradables, la chaîne macromoléculaire doit être capable de se dégrader

dans des conditions environnementales précises et selon des mécanismes très complexes, pas encore tous bien identifiés [15]. L'environnement et l'échelle du temps seront bien évidemment déterminants, mais la structure intrinsèque du polymère va également avoir un fort impact sur le processus de sa dégradation. On peut distinguer des facteurs internes comme la nature des liaisons chimiques, la stabilité des groupes fonctionnels, la réactivité, le caractère hydrophile ou hydrophobe, la porosité, la flexibilité de la chaîne, le niveau de cristallinité, le poids moléculaire, etc. On peut également distinguer des facteurs externes comme la température, le pH, la présence d'oxygène, les UV, etc. Tous ces critères vont avoir une incidence tout au long du processus de dégradation [16]. Dans le cas du chitosan par exemple, la biodégradabilité est déterminée par l'hydrolyse des résidus acétylés, donc inversement proportionnelle à leur nombre. De plus, un niveau élevé de cristallinité peut également empêcher l'accessibilité de ces groupes [17].

Le polymère éco-respectueux doit garantir a minima les propriétés fonctionnelles existantes dans les applications cosmétiques, pour une durée équivalente à la vie du produit et/ou jusqu'à la fin de sa fonction. Jusqu'à présent et en général, l'utilisation de polymères à partir de sources pétrochimiques avait l'avantage d'une bonne prédictibilité de leurs propriétés ainsi que d'une certaine facilité de modification de leur structure [18-19]. Les études physico-chimiques ont démontré leur utilité pour établir des relations précises entre structures homogènes, compositions relativement constantes et propriétés recherchées. Dans le cas de polymères d'origine naturelle, une étude minutieuse des nouvelles relations structures-propriétés des systèmes les contenant sera nécessaire. Cela implique à la fin la revalorisation et l'accompagnement des études de physique et physico-chimie. Quelques exemples de propriétés recherchées sont listés ci-après.

Structure macromoléculaire

Le comportement des polymères est très influencé par la distribution des poids moléculaires ainsi que par la structure moléculaire des unités monomères et la manière dont elles vont s'enchaîner. Une bonne connaissance de la structure des polymères est un préalable à l'établissement d'une bonne relation structures-propriétés. Les polymères d'origine

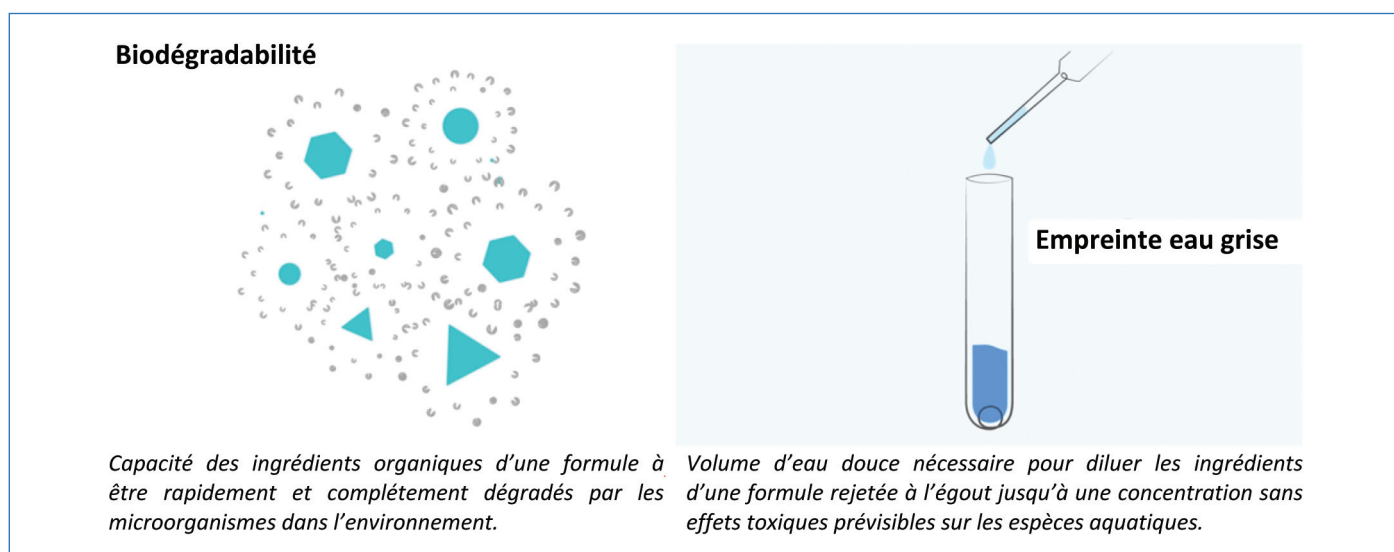


Figure 2 - Leviers d'écoconception des formules cosmétiques liés à l'impact environnemental de leurs ingrédients après usage du produit par le consommateur.

naturelle n'ont pas toujours des structures reproductibles en raison de leur origine, sans négliger un impact saisonnier. En général, une grande polydispersité est observée et des structures complexes, souvent ramifiées (i.e. polysaccharides) ont pu être mises en évidence. Par ailleurs, ces polymères peuvent être dispersés dans un solvant en formant des agrégats nécessitant une caractérisation appropriée. Des méthodes de chromatographie d'exclusion par taille, électrophorèse, diffusion dynamique de la lumière, RMN, etc. ont besoin d'être adaptées. Dans le domaine des polysaccharides, le fractionnement d'écoulement de champ ou fractionnement par couplage flux-force (« field flow fractionation », FFF) est une technique de séparation et de caractérisation très commune pour les polysaccharides.

Propriétés thermiques

Plusieurs paramètres peuvent influencer la température de transition vitreuse (T_g) des polymères, comme la structure des unités constitutives du polymère et leur enchaînement, les ramifications, la polydispersité, les interactions avec des solvants, etc.

En cosmétique, la T_g a des implications par exemple dans le comportement de la stabilité thermique de dispersions formulaires, mais aussi dans des phénomènes applicatifs comme l'étalement des produits. En fonction de l'état physique (poudre, dispersion, solide), la méthode (calorimétrie, rhéométrie, etc.) doit être adaptée. Dans le cas de formation de films cosmétiques par évaporation de l'eau, et en fonction de la cinétique de séchage, la T_g finale peut être différente due à la teneur en eau du film ; c'est pour cela que des courbes de séchage par thermogravimétrie doivent être faites dans les mêmes conditions.

Selon la nature du polymère, d'autres propriétés thermiques peuvent aussi être déterminantes, en particulier les températures de cristallisation et fusion.

Propriétés mécaniques

L'état final du polymère (film, particule, etc.) implique une propriété mécanique très optimisée dans les applications cosmétiques. En plus de la forme finale, qui a aussi une influence sur la fragilité ou non d'un matériel, le comportement viscoélastique du polymère sera le facteur fondamental à optimiser. Le module de Young et la dissipation contrôlent non seulement la résistance mécanique mais aussi sa durabilité. En effet, la tenue d'un dépôt cosmétique va être liée à sa résistance à plusieurs sollicitations mécaniques. Selon les applications, des déformabilités plus ou moins importantes seront attendues. La présence d'un peu d'élasticité peut assurer une meilleure tenue dans le temps de l'effet cosmétique. Des tests de propriétés mécaniques sont classiquement réalisés en traction/compression, mais aussi selon des analyses thermodynamiques par analyse mécanique dynamique (DMA).

Un exemple d'impact des propriétés mécaniques sur les propriétés d'un dépôt est illustré *figure 3*. Après application d'une solution d'alginate de sodium, la structure rigide de l'alginate confère des propriétés recourbantes aux cils pour une application dans des mascaras.

Propriétés filmogènes et adhésives

Les dépôts de polymères sont fondamentaux dans les applications cosmétiques. La physico-chimie de la formation d'un film par évaporation d'un solvant classiquement utilisé en

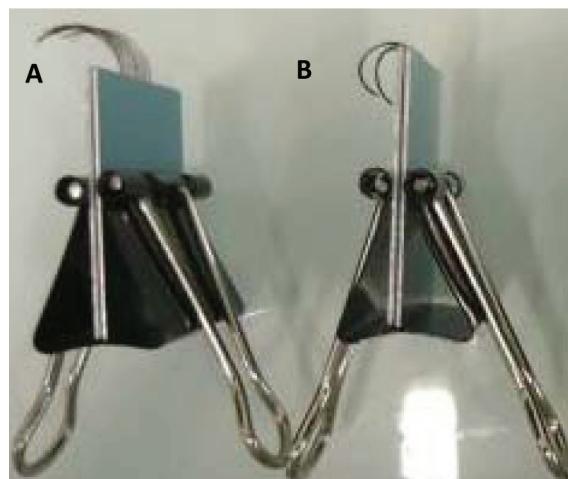


Figure 3 - Épreuve de faux cil (nu) pour une application mascara (A), et pour une application mascara après application d'une solution aqueuse d'alginate de sodium induisant des propriétés recourbantes (B).

cosmétique est loin d'être complètement maîtrisée et reste un sujet complexe, même avec des polymères pétrochimiques. Le film doit remplir certaines fonctions comme protéger, remplir une ride, maintenir stable un pigment, etc. Dans tous les cas, il doit bien adhérer sur le cheveu, la peau, l'ongle... tout en restant facilement retirable (facilité de démaquillage) selon les applications. Un bon contrôle de ces propriétés est très important dans la recherche de performances du produit cosmétique. En général, la structure du polymère est clé et implique d'établir le contrôle de la microstructure (par microscopie) des films, sa rugosité, etc. Des tests de mouillabilité, de pelage, ainsi que des observations par microscopie optique ou électronique sont autant d'outils qui permettent d'appréhender ces propriétés [16, 20] (*figure 4*).

Propriétés tribologiques et sensorielles

Les polymères ont aussi un rôle important dans les propriétés sensorielles associées au toucher, et ceci avant, pendant et après leur application sur la peau ou le cheveu. En effet, ce sont par exemple les propriétés adhésives ou de lubrification qui sont très dépendantes des propriétés rhéologiques des polymères quand ils sont dispersés dans des formulations [21], mais aussi des propriétés filmogènes lors de l'évaporation du solvant et la formation de dépôts plus ou moins lisses ou épais [22-23]. Plusieurs études montrent le lien fort de ces propriétés avec par exemple la perception tactile du consommateur [24].

Pour des applications capillaires, l'écoconception des substitués des ingrédients classiques comme quelques polymères cationiques synthétiques écotoxiques doit s'appuyer sur l'évaluation des propriétés de frottement, plus directement associées aux propriétés sensorielles lors du toucher et démêlage. Plusieurs de nos études ont été dirigées vers la compréhension de la formation de dépôt, sa structure, son épaisseur et en particulier la conformation des chaînes macromoléculaires à la surface du cheveu lors du lavage [17]. Pour cela, nous caractérisons l'adsorption de polymères sur des surfaces chargées négativement par deux techniques : microbalance à cristal de quartz (QCM) et ellipsométrie [25]. Nos études confirment que la quantité relative des monomères chargés positivement est un facteur déterminant avec la concentration et la force ionique. Par exemple, dans le cas d'un polymère d'origine naturelle comme le chitosan, ces

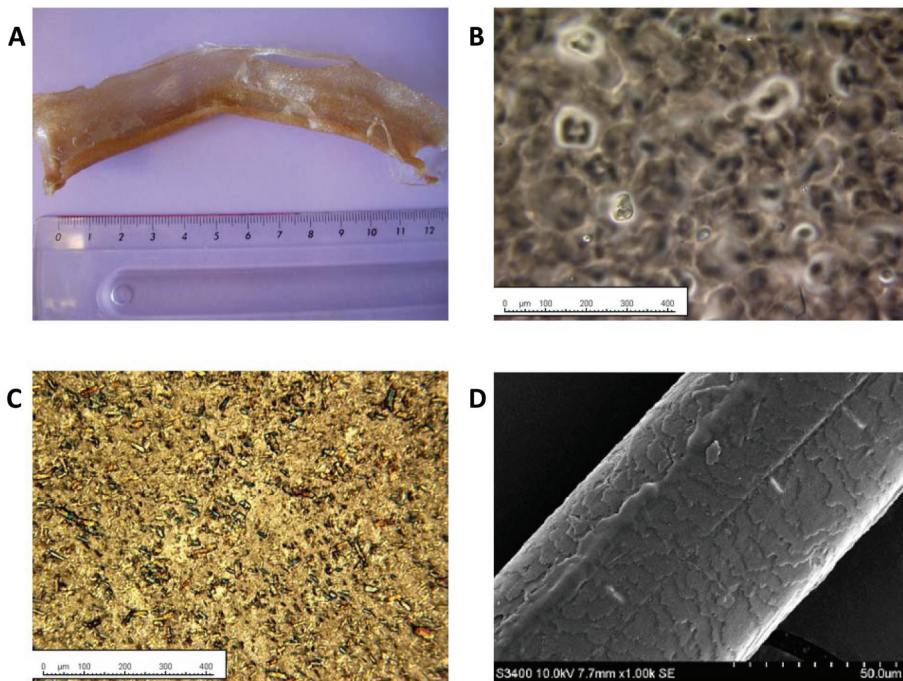


Figure 4 - A) Exemple d'un film sec de polymères naturels de type alginate obtenu par étalement sur une lame de verre à partir de sa dispersion aqueuse : après un séchage trop rapide, le film développe des contraintes internes et « se recroqueville ». B et C) Lors du séchage à partir de dispersions aqueuses, les particules de polymères coalescent et le niveau de coalescence détermine son aspect optique : exemple de l'amidon (B) opaque et de la cellulose (C) translucide. D) Image de microscopie électronique à balayage de la surface d'un film de chitosan appliqué sur de la fibre capillaire : le dépôt est très hétérogène, limitant sa performance cosmétique.

densités de charge sont moins importantes comparées à celles présentées par des polymères cationiques quaternaires d'origine fossile, comme le chlorure de poly(diallyldiméthylammonium) (polyDADMAC). Cette confirmation implique plus de difficultés à neutraliser et à précipiter le chitosan (en présence des tensioactifs anioniques) pour former des dépôts importants, nécessaires à une bonne performance cosmétique [26] (figure 5).

Pour des applications de soin de la peau, les polymères en forme de particules peuvent apporter des propriétés sensorielles très appréciées dans des crèmes. Dans le domaine du maquillage, le polymère peut aussi apporter du collant au toucher, propriété non souhaitée par les consommatrices [18, 27]. Ces caractéristiques sont mesurables par des essais tribologiques *in vitro*.

Quels polymères pour quelles formulations ? L'exemple des polysaccharides

Dans une perspective de développement de matériaux polymères plus respectueux de l'environnement, la grande famille des polysaccharides est un choix extraordinaire pour innover dans le domaine des ingrédients fonctionnels [19]. Aujourd'hui, les polysaccharides sont principalement employés dans nos formules pour leurs propriétés filmogènes et d'agent gélifiant. Le maquillage en est le premier utilisateur, suivi des produits de soin pour la peau et des produits de coiffage et de soin pour le cheveu. Dans la famille des polysaccharides, nous allons nous focaliser sur ceux issus des végétaux comme la cellulose ou des algues comme les alginates.

La cellulose, qui représente 50 % de la biomasse mondiale, est un candidat de choix pour une application cosmétique, d'autant plus que cette matière première est encore

largement sous-exploitée [20, 29]. Malheureusement, ce polymère hydrophile de structure cristalline est difficilement formulable dans un environnement cosmétique. De nombreuses liaisons hydrogène intra- et intermoléculaires sont générées dans le cas de la cellulose, rendant ce polymère insoluble dans l'eau [30] (figure 6). Pour preuve, il existe très peu de formules performantes sur le marché contenant des celluloses natives.

Afin de développer l'intérêt de l'utilisation des celluloses pour la formulation des produits cosmétiques, il est possible soit de jouer sur le procédé de formulation pour modifier la forme de la cellulose, soit d'anticiper en modifiant chimiquement le squelette cellulose. Dans les deux cas, nous voulons dénaturer a minima la matière première, en nous appuyant sur les principes de la chimie verte comme décrit plus haut.

En passant de la cellulose native à des formes particulières sous forme micro, la société Evonik (Essen, Allemagne) a démontré que nous avons la possibilité d'utiliser des particules rivalisant avec la performance de particules issues de la pétrochimie sur l'effet matifiant notamment [21]. Les particules de cellulose présentent de meilleures propriétés

d'adsorption du sébum, par comparaison notamment avec des particules de nylon ou de poly(méthacrylate de méthyle)

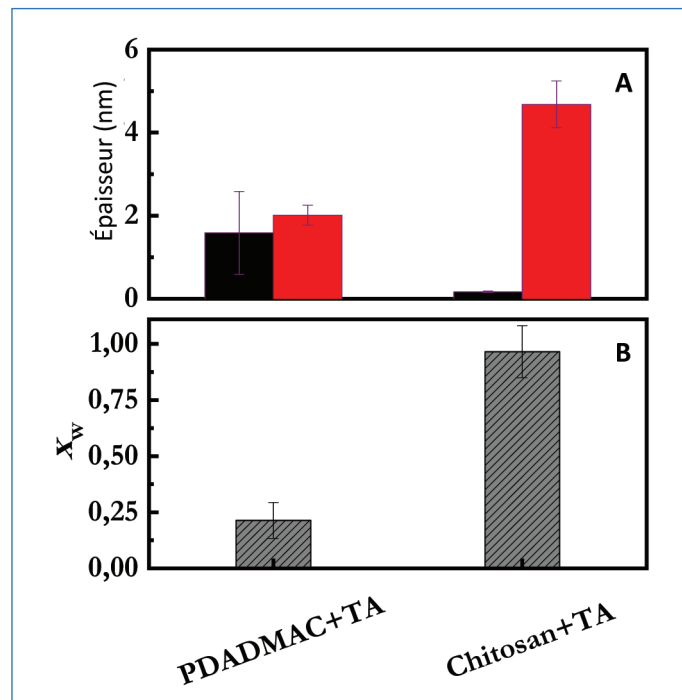


Figure 5 - Caractérisation de deux dépôts obtenus par adsorption et rinçage à l'eau d'une solution d'un polymère d'origine naturelle (chitosan) et d'un polymère cationique quaternaire d'origine fossile (polyDADMAC) en présence d'un tensioactif anionique (TA) (lauryl éther sulfate de sodium). A) Épaisseur hydratée mesurée par QCM (en rouge) et épaisseur non hydratée (en noir) mesurée par ellipsométrie. B) Fraction massique d'eau des deux dépôts calculée par comparaison relative des épaisseurs de dépôts mesurées par QCM (polymère + eau) et ellipsométrie (polymère seul). La caractérisation de ces paramètres permet une corrélation avec la performance cosmétique, mesurée *in vivo* par le niveau du toucher et démêlage de la fibre capillaire (voir [26]).

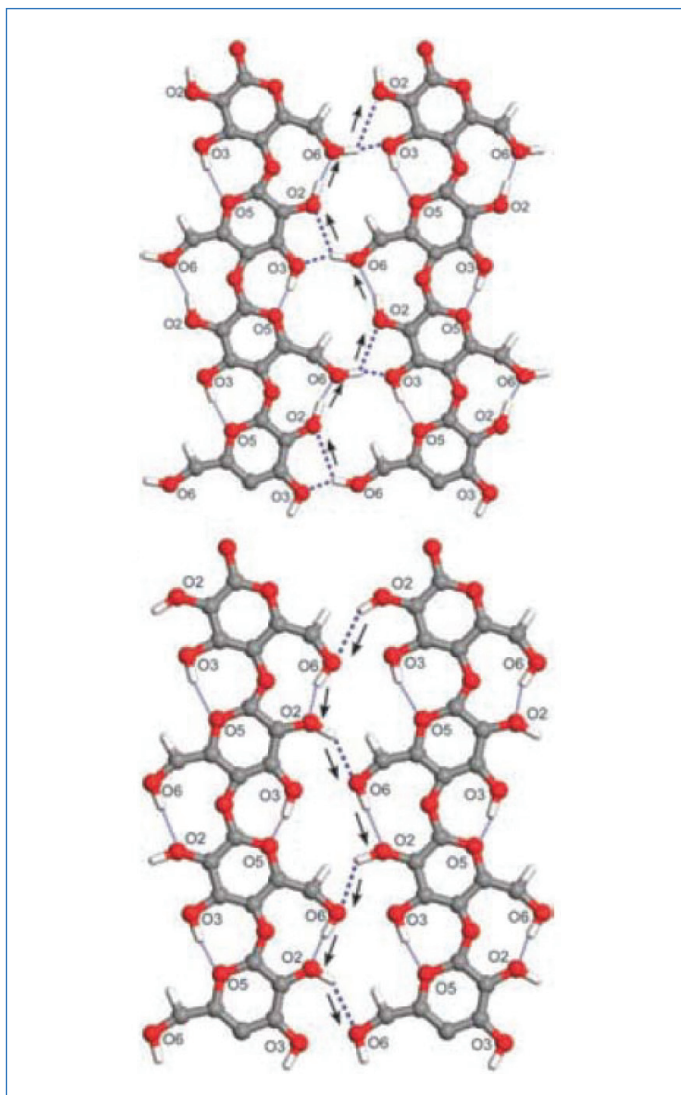


Figure 6 - Représentation schématique de la cellulose mettant en évidence les liaisons intermoléculaires (lignes en pointillés) et intramoléculaires (lignes fines) (issu des travaux de Moon *et coll.*, reproduit avec permission).

(PMMA) classiquement utilisées dans des fonds de teint [31]. L'Oréal a su transformer cette innovation en mettant sur le marché en cette année 2020 la nouvelle gamme de fond de teint *Infaillible 24H-Mat* de L'ORÉAL Paris™.

Toujours par l'amélioration des procédés de dérivés cellulose, nous avons obtenu des polymères oxydés avec des performances gagnantes dans la protection de la coloration capillaire et la réparation de la fibre [22, 32]. L'introduction de nouvelles fonctions chimiques sur le squelette polysaccharidique induit une meilleure affinité du polymère avec la fibre capillaire endommagée. L'addition de dérivés cellulose oxydés dans des formules de shampoings a induit un meilleur démêlage des cheveux traités, comme décrit par Mathonneau *et coll.* [33].

La modification chimique du squelette cellulosique permet la solubilisation de ces dérivés dans les milieux cosmétiques. Par exemple, l'hydroxypropylation des groupements hydroxyle par l'oxyde de propylène sous haute pression et température, permet d'obtenir un dérivé de cellulose soluble en milieu hydroalcoolique. La réaction des fonctions hydroxyle sur l'époxyde permet avec un bras plus long d'interdire les liaisons hydrogène inter- et intramoléculaires, et ainsi de rendre le polymère plus soluble dans un milieu contenant un pourcentage élevé d'eau. Ce polymère présente un caractère

filmogène avec des propriétés mécaniques adaptées pour avoir le bon niveau de fixation sans trop de poudrage, contrairement à des polysaccharides natifs. Ce procédé d'obtention permet également d'obtenir un indice de naturalité élevé du polymère, lui conférant une origine naturelle.

Force est de constater que nous sommes convaincus de l'intérêt de travailler avec les polymères biosourcés comme la cellulose, modifiés en respectant les principes de chimie verte, pour des formules cosmétiques plus performantes et un impact minimal sur l'environnement. Pour rappel, les polysaccharides sont déjà utilisés en cosmétique dans les axes textures et propriétés filmogènes.

Le défi des trois performances

La communauté des chimistes est aujourd'hui face à un réel challenge devant stimuler fortement l'innovation durable composée de trois performances-clés indissociables :

- la performance cosmétique de nos ingrédients et de nos formules ;
- la performance environnementale, réduisant l'impact environnemental de ces dernières tout en augmentant leur naturalité ;
- et la performance économique, afin d'offrir à tous les consommateurs la possibilité d'acheter des produits cosmétiques durables.

[1] J.-F. Campion, R. Barré, L. Gilbert, Innovating to reduce the environmental footprint, the L'Oréal example, in *Sustainability: How the Cosmetics Industry is Greening Up*, A. Sahota (ed.), Wiley, 2014, p. 31.

[2] J. Rockström *et al.*, Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity, *Ecology and Society*, 2009, 14, 32, www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32

[3] Sharing beauty with all. L'engagement de L'Oréal en matière de développement durable, Rapport d'avancement 2019, www.loreal.com/-/media/project/loreal/brand-sites/corp/master/lcorp/documents-media/publications/sbwa/2019-rapport-avancement.pdf

[4] P.T. Anastas, J.C. Warner, *Green Chemistry, Theory and Practice*, Oxford University Press, 1998, p. 30.

[5] M. Philippe, B. Didillon, L. Gilbert, Industrial commitment to green and sustainable chemistry: using renewable materials & developing eco-friendly processes and ingredients in cosmetics, *Green Chem.*, 2012, 14, p. 952-956.

[6] Q. Zhang, M. Benoit, K. de Oliveira Vigier, J. Barrault, G. Jegou, M. Philippe, F. Jérôme, Pretreatment of microcrystalline cellulose by ultrasounds: effect of particle size in the heterogeneously-catalyzed hydrolysis of cellulose to glucose, *Green Chem.*, 2013, 15, p. 963-969.

[7] L. Lesueur, C. Merea, S. Duprat de Paule, A. Pinchart, Eco-footprint: a new tool for the "Made in Chimex" considered approach, *Green Chem.*, 2014, 16, p. 1139-48.

[8] J. L'Haridon, P. Martz, J.-C. Chenèble, J.-F. Campion, L. Colombe, Ecodesign of cosmetic formulae: methodology and application, *Int. J. Cosmet. Sci.*, 2018, 40, p. 165-177.

[9] M. Philippe, B. Didillon, L. Gilbert, *Annales des falsifications, de l'expertise chimique & toxicologique*, 2016, 985, p. 36.

[10] Test No. 301: Ready biodegradability, *OECD Guidelines for the Testing of Chemicals*, 1992, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264070349-en>

[11] Test No. 310: Ready biodegradability - CO₂ in sealed vessels (headspace test), *OECD Guidelines for the Testing of Chemicals*, 2006, <https://doi.org/10.1787/9789264224506-en>

[12] Commission decision of 9 December 2014 establishing the ecological criteria for the award of the EU Ecolabel for rinse-off cosmetic products, *Official Journal of the European Union*, 2014, <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014D0893&from=EN>

[13] Commission decision of 21 June 2007 establishing the ecological criteria for the award of the Community eco-label to soaps, shampoos and hair conditioners, *Official Journal of the European Union*, 2007, <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/6c7820d1-2abc-41e8-801e-e400f85b5845/language-en>

[14] F.R. Wurm, C.K. Weiss, Nanoparticles from renewable polymers, *Front. Chem.*, 2014, p. 1-13, <https://doi.org/10.3389/fchem.2014.00049>.

[15] R.K. Dhall, M.S. Alam, Biodegradable packaging, In *Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials*, vol. 3, Elsevier, 2020, p. 26-43.

[16] F.M. Michael, M. Khalid, R. Walvekar, H. Siddiqui, A.B. Balaji, Surface modification techniques of biodegradable and biocompatible polymers, In *Biodegradable and Biocompatible Polymer Composites*, Elsevier, **2018**, p. 33-54.

[17] L.S. Nair, C.T. Laurencin, Biodegradable polymers as biomaterials, *Prog. Polym. Sci.*, **2007**, *32*, p. 762-798, <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2007.05.017>

[18] R.Y. Lochhead, The role of polymers in cosmetics: recent trends, in *Cosmetic Nanotechnology. Polymers and Colloids in Cosmetics*, S.E. Morgan, K.O. Havelka, R.Y. Lochhead (eds), ACS Symp. Ser., vol. 961, **2007**, p. 3-56.

[19] R.Y. Lochhead, The use of polymers in cosmetic products, in *Cosmetic Science and Technology: Theoretical Principles and Applications*, K. Sakamoto, R. Lochhead, H. Maibach, Y. Yamashita (eds), Elsevier, **2017**, p. 171-221.

[20] R.Y. Lochhead, M. Lochhead, Two decades of transfer resistant lipstick, *Cosmetics & Toiletries*, **2015**, *130*, p. 18-30.

[21] K. Timm, C. Myant, H.A. Spikes, M. Grunze, Particulate lubricants in cosmetic applications, *Tribol. Int.*, **2011**, *44*, p. 1695-1703.

[22] A.-S. Bouchet, C. Cazeneuve, N. Baghdadli, G.S. Luengo, C. Drummond, Experimental study and modeling of boundary lubricant polyelectrolyte films, *Macromolecules*, **2015**, *48*, p. 2244-53.

[23] G.S. Luengo, A. Galliano, C. Dubief, Aqueous lubrication in cosmetics, In *Aqueous Lubrication. Natural and Biometric Approaches*, IISc Research Monographs Series, **2014**, p. 103-144.

[24] A. Galliano *et al.*, Comparing touch senses of naïve and expert panels through treated hair swatches: which associated wordings correlate with hair physical properties?, *Int. J. Cosmet. Sci.*, **2017**, *39*, p. 653-663.

[25] S. Llamas, E. Guzmán, F. Ortega, N. Baghdadli, C. Cazeneuve, R.G. Rubio, G.S. Luengo, Adsorption of polyelectrolytes and polyelectrolytes-surfactant mixtures at surfaces: a physico-chemical approach to a cosmetic challenge, *Adv. Colloid Interface Sci.*, **2015**, *222*, p. 461-487.

[26] M. Hernández-Rivas *et al.*, Deposition of synthetic and bio-based polycations onto negatively charged solid surfaces: effect of the polymer cationicity, ionic strength, and the addition of an anionic surfactant, *Colloids Interfaces*, **2020**, *4*, 33.

[27] K. Timm, C. Myant, H. Nuguid, H.A. Spikes, M. Grunze, Investigation of friction and perceived skin feel after application of suspensions of various cosmetic powders, *Int. J. Cosmet. Sci.*, **2012**, *34*, p. 458-465.

[28] H. Lautenschläger, (Poly)saccharides in cosmetic products - From alginate to xanthan gum, *Kosmetische Praxis*, **2009**, *4*, p. 12-15.

[29] D. Lavanya *et al.*, Source of cellulose and their applications: a review, *IJDFR*, **2011**, *2*, p. 19-38.

[30] R.J. Moon, A. Martini, J. Nairn, J. Simonsen, J. Youngblood, Cellulose nanomaterials review: structure, properties and nanocomposites, *Chem. Soc. Rev.*, **2011**, *40*, p. 3941-94.

[31] Evonik Nutrition & Care GmbH, TEGO Feel C10, mars **2019**.

[32] G. Jegou, M. Philippe, Use of one or more oxidized polysaccharides, preferably anionic or non-ionic, as an agent for protecting the color against washing the artificially dyed keratin fibers such as human keratin fibers, preferably hair, Brevet W02013132062, L'Oréal.

[33] E. Mathonneau, L. Paul, M. Philippe, G. Jegou, Composition for washing and conditioning of keratinous materials comprising a particular oxidized polysaccharide, utilization and procedure, Brevet W009150198A1, L'Oréal.

Michel PHILIPPE,

Consultant privé en chimie verte et naturalité.

Jacques L'HARIDON, Julien PORTAL, Sandrine CHODOROWSKI, et Gustavo S. LUENGO*, ingénieurs de recherche, L'Oréal Research and Innovation, Aulnay-sous-Bois.

*gluengo@rd.loreal.com

Le RJ-SCF

Le Réseau des Jeunes chimistes de la Société Chimique de France c'est :

- Participer au rayonnement de la chimie française
- Appartenir à un réseau d'envergure nationale de professionnels pour supporter le développement et la construction de sa carrière
- Accéder à des offres d'emplois et de thèse, rendre son C.V accessible au réseau
- Remporter des prix de thèse et recevoir des bourses pour participer à des congrès
- S'informer de l'actualité et des avancés de la chimie
- Bénéficier de tarifs préférentiels pour la revue *L'Actualité Chimique* et les journaux de Chemistry Europe

Le RJ-SCF s'adresse à tous les chimistes de **moins de 35 ans**, étudiants comme professionnels.

À l'international



EYCN (European Young Chemists' Network)

Le but de l'EYCN est de promouvoir la chimie en Europe, développer le réseau et les opportunités pour les étudiants et professionnels.

IYCN (International Young Chemists' Network)

Le but de l'IYCN est de créer un réseau mondial de jeunes chimistes en ouvrant la voie à une communication, éducation, collaboration et mentorat internationaux.



Nos actions

Organiser des événements scientifiques pour promouvoir et transmettre la chimie au plus grand nombre

Publier dans la revue *L'Actualité Chimique*

S'impliquer dans l'organisation du congrès national de la Société Chimique de France

Animer la communauté du Réseau des Jeunes sur les réseaux sociaux

Créer des passerelles avec l'industrie et le secteur privé

Développer le kit du chimiste (ensemble blouse + lunettes + mini tableau périodique...)

Lancer des concours photos



Adhérer

Tarifs :

| | |
|---|-----------|
| Étudiants | 20 € / an |
| Doctorants (thèse en cours)..... | 40 € / an |
| Jeunes professionnels | 70 € / an |
| Demandeurs d'emploi (sur justificatif)... | 20 € / an |

Abonnement à *L'Actualité Chimique* :

| | |
|----------------------------------|------|
| Version papier + numérique | 30 € |
| Version numérique | 20 € |



Adhérer dès maintenant en ligne sur www.societechimiquedefrance.fr