

Faculté de Pharmacie

Année 2023

Thèse N°

Thèse pour le diplôme d'État de docteur en Pharmacie

Présentée et soutenue publiquement

le 8 décembre 2023

Par

BOURTHOUMIEU Sarah

Hygiène : comment prendre soin de soi tout en respectant l'environnement

Thèse dirigée par Marylène VIANA

Examineurs :

Mme. Marylène VIANA, professeur des universités, faculté de pharmacie de Limoges

Mme. Lengo Angèle MAMBU, professeur des universités, faculté de pharmacie de Limoges

Mme. Betty LAVERDET, maître de conférences, faculté de pharmacie de Limoges

Mme. Isabelle NOUGIER RATEAU, docteur en pharmacie





Faculté de Pharmacie

Année 2023

Thèse N°

Thèse pour le diplôme d'État de docteur en Pharmacie

Présentée et soutenue publiquement

le 8 décembre 2023

Par BOURTHOUMIEU Sarah

Hygiène : comment prendre soin de soi tout en respectant l'environnement

Thèse dirigée par Marylène VIANA

Examineurs :

Mme. Marylène VIANA, professeur des universités, faculté de pharmacie de Limoges

Mme. Lengo Angèle MAMBU, professeur des universités, faculté de pharmacie de Limoges

Mme. Betty LAVERDET, maître de conférences, faculté de pharmacie de Limoges

Mme. Isabelle NOUGIER RATEAU, docteur en pharmacie



Personnel enseignant de la Faculté de Pharmacie de Limoges

Le 1^{er} octobre 2023

Doyen de la Faculté

Monsieur le Professeur COURTIOUX Bertrand

Vice-doyen de la Faculté

Monsieur LÉGER David, Maître de conférences

Assesseurs de la Faculté

Monsieur le Professeur BATTU Serge, Assesseur pour la Formation Continue

Monsieur le Professeur PICARD Nicolas, Assesseur pour l'Innovation Pédagogique

Professeurs des Universités – Hospitalo-Universitaires

M. BARRAUD Olivier	Microbiologie, parasitologie, immunologie et hématologie
M. PICARD Nicolas	Pharmacologie
Mme ROGEZ Sylvie	Microbiologie, parasitologie, immunologie et hématologie
M. SAINT-MARCOUX Franck	Toxicologie

Professeurs des Universités – Universitaires

M. BATTU Serge	Chimie analytique et bromatologie
M. COURTIOUX Bertrand	Microbiologie, parasitologie, immunologie et hématologie
M. DESMOULIÈRE Alexis	Physiologie
M. DUROUX Jean-Luc	Biophysique et mathématiques
Mme FAGNÈRE Catherine	Chimie organique, thérapeutique et pharmacie clinique
M. LIAGRE Bertrand	Biochimie et biologie moléculaire
Mme MAMBU Lengo	Pharmacognosie

Mme POUGET Christelle Chimie organique, thérapeutique et pharmacie clinique

M. TROUILLAS Patrick Biophysique et mathématiques

Mme VIANA Marylène Pharmacie galénique

Maitres de Conférences des Universités – Hospitalo-Universitaires

Mme. CHAUZEIX Jasmine Microbiologie, parasitologie, immunologie et hématologie

Mme DEMIOT Claire-Élise (*) Pharmacologie

M. JOST Jérémie Chimie organique, thérapeutique et pharmacie clinique

Maitres de Conférences des Universités – Universitaires

Mme AUDITEAU Émilie Chimie organique, thérapeutique et pharmacie clinique

Mme BEAUBRUN-GIRY Karine Pharmacie galénique

Mme BÉGAUD Gaëlle Chimie analytique et bromatologie

M. BILLET Fabrice Physiologie

Mme BONAUD Amélie Microbiologie, parasitologie, immunologie et hématologie

M. CALLISTE Claude Biophysique et mathématiques

M. CHEMIN Guillaume Biochimie et biologie moléculaire

Mme CLÉDAT Dominique Chimie analytique et bromatologie

M. COMBY Francis Chimie organique, thérapeutique et pharmacie clinique

Mme DELEBASSÉE Sylvie Microbiologie, parasitologie, immunologie et hématologie

M. FABRE Gabin Biophysique et mathématiques

M. LABROUSSE Pascal (*) Botanique et cryptogamie

Mme LAVERDET Betty Pharmacie galénique

M. LAWSON Roland Pharmacologie

M. LÉGER David	Biochimie et biologie moléculaire
Mme MARRE-FOURNIER Françoise	Biochimie et biologie moléculaire
M. MERCIER Aurélien	Microbiologie, parasitologie, immunologie et hématologie
Mme MILLOT Marion (*)	Pharmacognosie
Mme PASCAUD-MATHIEU Patricia	Pharmacie galénique
M. TOUBLET François-Xavier	Chimie organique, thérapeutique et pharmacie clinique
M. VIGNOLES Philippe (*)	Biophysique et mathématiques

(*) Titulaire de l'Habilitation à Diriger des Recherches (HDR)

Professeur associé en service temporaire

M. FOGÈRE Édouard	Chimie organique, thérapeutique et pharmacie clinique
--------------------------	---

Assistant Hospitalo-Universitaire des disciplines pharmaceutiques

Mme MARCELLAUD Élodie	Chimie organique, thérapeutique et pharmacie clinique
------------------------------	---

Attachés Temporaires d'Enseignement et de Recherche

M. HAMION Guillaume	Pharmacognosie, Botanique et Mycologie
Mme SONDA Amar	Chimie analytique et bromatologie

Enseignants d'anglais

M. HEGARTY Andrew	Chargé de cours
Mme VERCELLIN Karen	Professeur certifié

Remerciements

J'adresse mes plus sincères remerciements à ma directrice de thèse Mme VIANA Marylène, professeur des universités, en pharmacie galénique, qui m'a transmis la rigueur et la détermination nécessaire pour envisager une carrière dans ce domaine. Je tiens à exprimer ma gratitude pour son soutien dans la rédaction et la correction de ma thèse.

Je remercie Mme MAMBU Lengo Angèle, professeur des universités, en pharmacognosie, de m'avoir accueillie en stage de master 1. Cette expérience m'a permis de développer des compétences à la fois en pharmacognosie et en microbiologie, et je suis reconnaissante qu'elle ait accepté de présider le jury.

Je tiens à exprimer ma gratitude à Mme LAVERDET Betty, maître de conférences, en pharmacie galénique, pour les travaux dirigés que vous nous avez donnés et pour avoir accepté de faire partie du jury.

Je remercie également, Mme NOUGIER RATEAU Isabelle, pharmacienne, pour son accueil chaleureux tout au long de mes stages en officine, de ma seconde à ma quatrième année d'études et pour avoir accepté de faire partie du jury.

Je tiens à remercier mes collègues de chez Vétoquinol, pour m'avoir si bien intégrée et supportée lors de mes moments de doutes et plus particulièrement Mathilde qui a eu la gentillesse de corriger ma thèse, Céline J. pour tous ses conseils et Céline K. pour son intégration.

Je remercie, mes amies de la faculté de pharmacie de Limoges pour les merveilleuses années que nous avons passées ensemble. Un remerciement spécial à Charlène et Manon qui ont été mes piliers et avec qui j'ai partagé des moments inoubliables.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance envers ma famille et mes amies d'enfance d'avoir été présentes tout au long de ces années. Mais je remercie particulièrement mes parents, qui m'ont soutenue sans relâche au cours de ces années de travail intense.

Un immense merci à mon compagnon pour son encouragement et son soutien indéfectible tout au long de cette aventure.

Je suis profondément reconnaissante envers chacune de ces personnes qui ont contribué à mon parcours académique et ma réussite personnelle.

Droits d'auteurs

Cette création est mise à disposition selon le Contrat :

« **Attribution-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de modification 3.0 France** »

disponible en ligne : <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>



Liste des abréviations

AB : Agriculture Biologique

BPF : Bonnes Pratiques de Fabrication

CE₅₀ : Concentration Efficace pour 50% de la population testée

CI₅₀ : Concentration Inhibitrice pour 50% de la population testée

CIRC : Centre International de Recherche sur le Cancer

CITES : Convention sur le commerce international des espèces de faune et flore sauvages menacées d'extinction

CL₅₀ : Concentration Létale pour 50 % de la population testée

CMC : Concentration Micellaire Critique

CMR : Cancérogènes, Mutagènes, Reprotoxiques

CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique

COMAC : COMmission Mixte d'Agrément et de Contrôle

CSPO : Certified Sustainable Palm Oil = Certifié huile de palme durable

ECHA : European CHEmicals Agency = Agence européenne des produits chimiques

FILLAGGRINE : FILAment AGGregation protEIN

HLB : Hydrophilic-Lipophilic Balance = Balance Hydrophile Lipophile

HPH : High Pressure Homogenisation = Homogénéisation Haute Pression

IH : Indice d'Hydroxyle

II : Indice d'Iode

INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques

IS : Indice de Saponification

J.C. : Jésus Christ

MP : Matière(s) Première(s)

NMF : Natural Moisturising Factor

N&P : Nature & Progrès

OGM : Organisme Génétiquement Modifié

PEGs : PolyEthylènes GlycolS

pH : potentiel Hydrogène

PI : Point Isoélectrique

PIE : Perte Insensible en Eau

PME : Petite et Moyenne Entreprise

SAC : Saponification A Chaud

SAF : Saponification A Froid

SC : *Stratum Corneum*

UFC : Unité Formant Colonie = unité formatrice de colonie

UPSM : Union des Professionnels du Savon de Marseille

UV : UltraViolet

Table des matières

Introduction	18
I. Physiologie de la peau	19
I.1. La peau.....	19
I.1.1. Fonctions principales de la peau	19
I.1.2. Les différentes structures de la peau	20
I.1.2.1. Epiderme	20
I.1.2.2. Le derme.....	21
I.1.2.3. L'hypoderme	21
I.1.2.4. Les annexes de la peau	22
I.1.3. Les affections de la peau.....	22
I.2. Les cheveux et le cuir chevelu	22
I.2.1. Structure et propriétés du cheveu.....	23
I.2.2. Le cuir chevelu sain.....	24
I.2.3. Les affections du cuir chevelu	25
I.3. Les muqueuses.....	25
I.4. Flore cutanée.....	25
II. Histoire de l'hygiène et du savon	27
II.1. L'antiquité	27
II.2. Le Moyen Âge et la Renaissance.....	28
II.3. Les temps modernes	28
II.4. Au XXI ^e siècle	29
III. Composition des produits lavants pour corps et cheveux	31
III.1. Composition des produits d'hygiène liquides.....	31
III.1.1. Phase aqueuse	32
III.1.1.1. Les humectants.....	33
III.1.1.2. Les agents texturants hydrophiles.....	34
III.1.1.3. Les actifs hydrophiles.....	34
III.1.2. Phase grasse	37
III.1.2.1. Les actifs lipophiles	37
III.1.2.1.1. Huiles et produits dérivés	37
III.1.2.1.2. Les Huiles essentielles	38
III.1.2.1.3. Beurres.....	39
III.1.2.2. Les agents texturants.....	40
III.1.2.2.1. Esters	40
III.1.2.2.2. Les cires.....	41
III.1.2.3. Antioxydants	42
III.1.2.4. Les silicones	43
III.1.3. Les tensioactifs.....	43
III.1.3.1. Les propriétés	45
III.1.3.1.1. Adsorption	45
III.1.3.1.1.1. Tension superficielle	46
III.1.3.1.1.2. Pouvoir mouillant.....	46
III.1.3.1.1.3. Pouvoir moussant	47
III.1.3.1.2. Micelles	48
III.1.3.2. Leurs rôles.....	50

III.1.3.2.1. Détergent.....	50
III.1.3.2.1.1. La solubilisation.....	50
III.1.3.2.1.2. Le roll-up.....	51
III.1.3.2.2. Emulsification.....	52
III.1.4. Les conservateurs.....	52
III.1.4.1. Conservateurs « listés » dans l'annexe V du Règlement Cosmétique Européen.....	53
III.1.4.2. Les conservateurs « non listés ».....	54
III.1.5. Les régulateurs de pH.....	54
III.1.6. Composition de trois types de produits lavants liquides.....	54
III.1.6.1. Shampoing nourrissant de la marque Typology (émulsion).....	54
III.1.6.2. Gel douche Sanex purifiant Zéro %.....	56
III.1.6.3. Huile de douche relipidante Typology.....	57
III.2. Composition de différents savons solides.....	58
III.2.1. Les savons.....	58
III.2.1.1. Savon d'Alep.....	58
III.2.1.2. Savon de Marseille.....	60
III.2.1.3. Savons surgras.....	62
III.2.2. Les syndets solides – « savon sans savon ».....	63
III.2.2.1. Les ingrédients.....	64
III.2.2.2. Composition d'un syndet de chez AMI ingrédient.....	65
IV. Les divers procédés de fabrication des produits d'hygiène.....	66
IV.1. Procédés de fabrication pour les produits liquides.....	66
IV.1.1. Les émulsions.....	66
IV.1.1.1. Principe de fabrication.....	66
IV.1.1.2. Matériels industriels.....	66
IV.1.1.3. Procédé de fabrication.....	70
IV.1.2. Gel douche et huile de douche.....	71
IV.1.2.1. Principe.....	71
IV.1.2.2. Matériels industriels.....	71
IV.1.2.3. Procédé de fabrication.....	71
IV.2. Saponification à chaud.....	73
IV.2.1. Principe.....	73
IV.2.2. Matériels industriels et artisanaux.....	74
IV.2.2.1. Matériels pour procédés discontinus.....	74
IV.2.2.1.1. Outils pour réaliser la saponification.....	74
IV.2.2.1.2. Outils pour sécher.....	76
IV.2.2.1.3. Outils de finition pour réaliser des bondillons ou des barres de savons.....	78
IV.2.2.1.4. Outils pour estampiller.....	80
IV.2.2.2. Matériels pour procédés continus.....	81
IV.2.3. Procédés de fabrication.....	82
IV.2.3.1. Procédé discontinu.....	83
IV.2.3.1.1. Artisanal, procédé discontinu du savon d'Alep.....	84
IV.2.3.1.2. Industriel.....	86
IV.2.3.2. Procédé continu.....	87
IV.3. Saponification à froid.....	88
IV.3.1. Principe.....	88
IV.3.2. Matériels artisanaux.....	88

IV.3.2.1. Outil pour mélanger	89
IV.3.2.2. Outil pour mouler, couper et estampiller les pains.....	89
IV.3.3. Procédé	91
IV.4. Nouveau procédé sans saponification - SYNDET	93
IV.4.1. Principe	93
IV.4.2. Matériels industriels	93
IV.4.2.1. Mélangeur malaxeur	93
IV.4.2.2. Boudineuse, outils de coupe et estampillage	93
IV.4.3. Procédé de fabrication	94
V. Propriétés des produits d'hygiènes corps et cheveux.....	95
V.1. Propriétés communes aux produits solides et liquides : méthodes de caractérisation	95
V.1.1. Mesure du pouvoir détergent	95
V.1.2. Mesure du pouvoir moussant	95
V.1.3. Tests d'irritations	96
V.1.3.1. Le test d'irritation cutanée.....	96
V.1.3.2. Le test d'irritation oculaire	97
V.2. Propriété spécifique des produits liquides : viscosité et seuil d'écoulement	97
V.3. Propriété spécifique des produits solides : dureté.....	97
VI. Les enjeux environnementaux des produits d'hygiènes	98
VI.1. Consommation en eau totale	99
VI.2. Consommation énergétique lors de la production	99
VI.3. Consommation de plastique	100
VI.4. Production des ingrédients, biodégradabilité et sécurité	101
VI.5. Rôle des labels et certifications	102
VI.5.1. Label Cosmébio	103
VI.5.1.1. Les exigences qualitatives des ingrédients	103
VI.5.1.1.1. Généralités.....	103
VI.5.1.1.2. Les produits lavants	104
VI.5.1.2. Les exigences quantitatives des ingrédients	105
VI.5.1.3. Les emballages	105
VI.5.2. Label nature et progrès	106
VI.5.2.1. Exigence qualitative des ingrédients	106
VI.5.2.2. Les emballages	107
VI.5.3. Conclusion	107
VII. Les avantages et inconvénients des différentes formes galéniques	109
VII.1. Les produits liquides	109
VII.2. Les savons	110
VII.2.1. Savons obtenus par saponification à chaud	110
VII.2.2. Savons obtenus par saponification à froid	110
VII.3. Les syndets	111
Conclusion	112
Références bibliographiques	113
Serment De Galien.....	127

Table des illustrations

Figure 1 : Physiologie de la peau saine (7).....	20
Figure 2 : Anatomie du cheveu (13).....	23
Figure 3 : Les trois phases de la croissance d'un cheveu (16).....	24
Figure 4 : Diagramme représentant le pourcentage de cosmétiques solides selon le secteur en 2020 (1).....	29
Figure 5 : proportions des ingrédients présents dans une émulsion en cosmétique (40)	32
Figure 6 : formule semi développée générale d'un PEG (40).....	33
Figure 7 : composition de glycérides (77)	40
Figure 8 : phénomène d'oxydation (78)	42
Figure 9 : Les différentes formes de tocophérols (78).....	42
Figure 10 : composition chimique des diméthicones (18)	43
Figure 11 : exemple d'une molécule de tensioactif, sodium lauryl sulfate (81)	43
Figure 12 : Echelle HLB avec la fonction des tensioactifs selon leur HLB (81)	44
Figure 13 : critères de compatibilité des tensioactifs (84)	45
Figure 14 : représentation schématique de l'adsorption des tensioactifs à l'interface air/liquide et des tensioactifs désordonnés dans le milieu, à différentes concentrations de tensioactifs (81).....	45
Figure 15: schéma expliquant la tension superficielle (81).....	46
Figure 16 : la mouillabilité selon les supports (87)	46
Figure 17 : Formation de la mousse (88).....	48
Figure 18 : formation de micelles en fonction de la concentration de tensioactif (90).....	49
Figure 19 : formation des micelles en fonction des concentrations de tensioactifs (81)	49
Figure 20 : micro-émulsion entre des molécules d'huiles et une micelle (81).....	51
Figure 21 : Mécanisme roll-up (enroulement) (81)	51
Figure 22 : Sceau du savon d'Alep (108).....	58
Figure 23 : Logo savon d'Alep (109).....	58
Figure 24 : Label UPSM (114).....	60
Figure 25 : les trois types de mouvements de cisaillement(41).....	67
Figure 26 : moulin colloïdal(95)	68
Figure 27 : schéma d'un HPH (133)	68
Figure 28 : homogénéisation par ultrasons (135).....	69
Figure 29 : mélangeur-homogénéisateur sous vide à recirculation externe (136)	69
Figure 30 : Etapes de fabrication d'une émulsion (131)	70

Figure 31 : Etapes de fabrication d'un gel ou d'une huile de douche et contrôles (131).....	72
Figure 32 : Réaction de saponification (139)	73
Figure 33 : Courbe de la cinétique de réaction de saponification (144).....	74
Figure 34 : Béquille à savon pour saponification (147)	75
Figure 35 : Chaudron à vapeur utilisé dans la saponification artisanale (149), (150)	75
Figure 36 : atomiseur pour séchage (153).....	76
Figure 37 : Rouleaux de refroidissement (156).....	77
Figure 38 : Séchage de savons de Marseille Le sérail (157)	77
Figure 39 : Les différents éléments de l'extrudeur ou boudineuse à savon (158).....	78
Figure 40 : filière pour faire des pains de savons et pour faire des bondillons (149).....	78
Figure 41 : découpeuse à savon(160)	79
Figure 42 : appareil artisanal pour découper les pains de savons (161)	79
Figure 43 : Système de découpe attachant à la boudineuse pour la fabrication de bondillons (162).....	80
Figure 44 : estampillage industriel et artisanal (161), (163), (164), identifiez A, B et C	80
Figure 45 : JET phase huileuse en jaune, phase alcali en bleu et la vapeur en rouge (166).....	81
Figure 46 : Réacteur continu de saponification (140).....	81
Figure 47 : Organigramme de la fabrication artisanale par saponification discontinue, (149), (167).....	83
Figure 48 : Chaudron utilisé pour la saponification (167)	84
Figure 49 : Bassin pour couler le savon d'Alep	85
Figure 50 : Découpe des savons d'Alep	85
Figure 51 : % de conversion de l'émulsion en savon, en fonction du temps et selon les étapes dans le réacteur (165).....	87
Figure 52 : cuves en inox, à gauche avec possibilité de chauffage sur une plaque chauffante et à droite avec un chauffage électrique avec thermostat numérique (175), (176)	89
Figure 53 : mixeur plongeur (177)	89
Figure 54 : Moule à savon en PEHD (Polyéthylène Haute Densité) (178)	89
Figure 55 : Découpeur musical pour savon individuel (gauche) et découpeur savon multibarres (droite) en bois et PEHD (178).....	90
Figure 56 : Tampons personnalisés pour estamper savon (179), (180)	90
Figure 57 : Organigramme de fabrication par saponification à froid.....	91
Figure 58 : les différents aspects visuels des « traces » (173).....	92
Figure 59 : Mélangeur (184)	93
Figure 60 : Le pourcentage des sources d'énergies en 2021(199)	99

Figure 61 : La répartition des tensioactifs selon leur moyen de production (207).....	101
Figure 62 : signification des différents logos Cosmébio (218).....	105

Table des tableaux

Tableau 1 : Molécules et fonctions des polyols (18)	33
Tableau 2 : exemples d'actifs pour des gels douches.....	35
Tableau 3 : exemples d'actifs pour des shampoings ou après shampoings.....	36
Tableau 4 : exemples d'huiles utilisées pour les crèmes de douche ou les shampoings.....	38
Tableau 5 : exemples de beurres utilisés pour les crèmes de douche ou les shampoings....	39
Tableau 6 : Propriétés de quelques cires utilisées dans des crèmes douche et shampoings	41
Tableau 7 : résumé des classes chimiques des conservateurs et leur activité (40), (98)	53
Tableau 8 : composition du shampoing nourrissant Typology et fonctions des ingrédients (100),(101)	55
Tableau 9 : composition du gel douche Sanex et fonctions des ingrédients (102)	56
Tableau 10 : composition de l'huile de douche relipidante Typology et fonctions des ingrédients (103)	57
Tableau 11 : Propriétés des ingrédients du savon d'Alep	59
Tableau 12 : Propriétés des ingrédients du savon de Marseille	61
Tableau 13 : Propriétés des ingrédients du savon surgras GAIIA (120).....	62
Tableau 14 : composition d'une crème douche solide sans sulfate de chez AMI ingrédient (127).....	65
Tableau 15 : Présentation des types d'agitateurs à cisaillement (41).....	67
Tableau 16 : Résumé des différents aspects des labels Cosmebio et Nature & Progres	108

Introduction

L'hygiène corporelle et capillaire est une préoccupation universelle de nos jours. De l'Antiquité jusqu'à maintenant, les rituels de nettoyage et du soin du corps n'ont cessé d'évoluer avec l'apport de nouvelles connaissances scientifiques, culturelles et environnementales. Les produits d'hygiène représentaient 69% des ventes en cosmétique en 2020 (1). Les produits cosmétiques sont régis par le Règlement (CE) 1223/2009, visant à assurer la protection des consommateurs en renforçant le cadre réglementaire et les contrôles sur le marché (2).

Selon le Règlement (CE) 1223/2009, un produit cosmétique se définit comme «*toute substance ou mélange destiné à être mis en contact avec les parties superficielles du corps humain ou avec les dents et les muqueuses buccales en vue, exclusivement ou principalement, de les nettoyer, de les parfumer, d'en modifier l'aspect, de les protéger, de les maintenir en bon état ou de corriger les odeurs corporelles* » (2).

De nos jours, beaucoup de choix s'offrent aux consommateurs, allant du savon traditionnel aux produits contenant des ingrédients brevetés. Cependant, derrière cette diversité se cachent des questions essentielles concernant la composition, la fabrication, l'utilisation, et l'impact environnemental de ces produits.

Au cours de cette thèse, ces questions sont abordées sous un angle scientifique et environnemental. Au fil des chapitres, les aspects physiologiques, historiques, scientifiques axés sur la formulation et les procédés de fabrication et enfin environnementaux sont abordés pour apporter des réponses à la question centrale : quelle forme galénique constitue la meilleure alternative pour prendre soin de notre corps tout en préservant l'environnement, pour un avenir plus durable.

I. Physiologie de la peau

Le système tégumentaire regroupe la peau et les annexes telles que les ongles, les poils, les glandes sébacées et sudoripares. La peau est composée de trois couches avec la partie superficielle qui est une barrière physiologique appelée épiderme. Cette barrière possède un rôle de protection. Les cheveux sont des annexes du système tégumentaire, également nommés phanères. Ils jouent également un rôle de protection du cuir chevelu. L'utilisation de produits d'hygiène doit respecter le système tégumentaire (3), (4), (5), (6).

I.1. La peau

La peau est une membrane souple, résistante, imperméable à certaines substances, qui se situe à l'interface entre le milieu extérieur et l'intérieur d'un organisme. Elle tapisse le corps dans son intégralité (3), (4).

I.1.1. Fonctions principales de la peau

Elle possède plusieurs fonctions principales.

Tout d'abord, la peau est un réservoir d'eau, de sang et de lymphe. En effet, la peau contient 20 % de l'eau totale du corps, répartis respectivement dans le *Stratum Corneum* (SC) à hauteur de 10%, le derme pour 70% et l'hypoderme pour 20% (3), (5).

Ensuite, la régulation thermique est également assurée par la peau. La température corporelle est maintenue entre 36,1 et 37,8°C par les mécanismes suivants : la vasodilatation, en cas de thermolyse, qui correspond aux mécanismes mis en jeu pour réduire la température de l'organisme, et la vasoconstriction en cas de thermogenèse, qui est le phénomène de production de chaleur par l'organisme (3), (5).

Puis, elle protège contre les agressions modérées physiques (UV), mécaniques, microbiennes ou chimiques (3), (5).

De plus, la peau possède également une fonction endocrine en produisant de la vitamine D (3), (5).

Elle a un rôle dans l'immunité, car elle détruit des microorganismes par l'intervention des cellules immunitaires telles que les cellules de Langerhans ou phagocytaires (5).

Enfin, la peau permet également de percevoir les sensations comme le chaud, le froid, le tact, la douleur ou encore le prurit (5).

I.1.2. Les différentes structures de la peau

La peau se décompose en trois couches, comme le montre la *figure 1*.

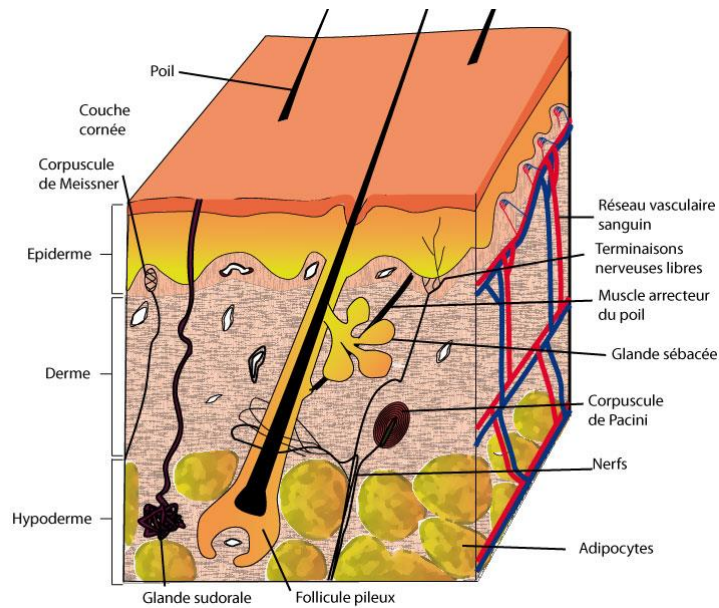


Figure 1 : Physiologie de la peau saine (7)

En effet, la couche la plus profonde se nomme l'hypoderme, la partie intermédiaire s'appelle le derme et la couche en contact avec l'extérieur se dénomme l'épiderme. Ces trois compartiments possèdent une composition histologique différente, qui est décrite dans les parties suivantes (5).

I.1.2.1. Epiderme

L'épiderme est un épithélium formé de plusieurs couches de cellules superposées, c'est donc un revêtement stratifié. La couche la plus externe est composée de cellules aplaties aux contours irréguliers, appelées cellules pavimenteuses. L'épiderme est squameux, les cellules superficielles sont éliminées en se détachant sous forme de petites écailles. Ces cellules superficielles aplaties sont mortes et remplies de kératine, qui est une protéine composée d'acides aminés. L'épiderme n'est pas vascularisé mais contient les terminaisons nerveuses qui sont responsables de la perception de sensation de température, de pression ou de douleur (3), (4).

Les Kératinocytes sont les cellules majoritaires de l'épiderme, présentes à plus de 80%. Elles migrent de la profondeur des couches basales vers la surface de la peau. Elles possèdent une morphologie de stratification en plusieurs couches. Les cellules superficielles étant pavimenteuses et anucléées, ce sont des cellules mortes, qui se desquament ; elles sont appelées cornéocytes. Ces cellules possèdent trois grandes fonctions (3), (5).

Tout d'abord elles permettent la cohésion de l'épiderme par leur cytosquelette et les systèmes de jonction d'adhésion intracellulaire (desmosomes) (3), (5).

La seconde fonction est de former une barrière entre le milieu extérieur et le milieu intérieur particulièrement au niveau de la couche cornée, appelée également *Stratum Corneum* (3), (5). Au niveau de la couche cornée, une diffusion passive en eau se fait de l'intérieur vers l'extérieur du corps. Ce phénomène est nommé la Perte Insensible en eau (PIE). Lorsque la

teneur en eau dans cette couche est inférieure à 10%, la peau est sèche et les cornéocytes perdent leurs propriétés mécaniques, ce qui induit une baisse de l'élasticité. Afin d'éviter la PIE, le SC est recouvert d'une émulsion contenant de la sueur, du sébum, des phospholipides et des agrégats cellulaires. Cette émulsion est appelée « film hydrolipidique ». Les cornéocytes contiennent également des « Natural Moisturising Factor » (NMF) qui se composent d'acides aminés, de l'acide pyrrolidone carboxylique, des lactates, des citrates, des ions (Na^+ , K^+ , Cl^- , PO_4^{3-}), d'urée et de lipides. La FILAGGRINE (FILament AGGregation protelN) s'associe aux fibres de kératine pour former la matrice cytoplasmique des cornéocytes. La FILLAGGRINE fournit la majorité des acides aminés par hydrolyse, elle est donc importante dans la formation de NMF (5).

Enfin, les kératinocytes protègent l'organisme des radiations lumineuses grâce aux mélanosomes qu'ils phagocytent à partir des mélanocytes (3), (5).

L'épiderme est également constitué de mélanocytes qui synthétisent la mélanine responsable de la pigmentation de la peau mais également de la protection contre les rayons UV. Les cellules dendritiques qui sont des cellules du système immunitaire telles que les cellules de Langerhans, font partie de l'épiderme (3), (5).

L'épiderme possède un pH moyen de 5,5, pour permettre au film hydrolipidique une défense naturelle contre les agents microbiens (5), (8). Le pH de la peau doit être respecté par les produits d'hygiène. Un produit lavant corporel doit avoir un pH avoisinant celui de la peau, donc légèrement acide, afin de limiter son impact.

Les autres couches de la peau sont présentées de manière succincte, car les produits à usage cosmétique ne doivent pas traverser l'épiderme.

I.1.2.2. Le derme

Le derme est un tissu conjonctif, richement vascularisé et innervé, qui contient des fibres musculaires lisses, de collagène et de l'élastine qui confère les propriétés d'élasticité du derme (4), (5). Le derme est divisé en deux :

- Le derme papillaire, riche en cellules et fibres collagéniques qui sont fines et verticales (4), (5).
- Le derme réticulé possédant peu de cellules et fibres collagéniques. Ces cellules et fibres sont horizontales et mêlées à des fibres d'élastines. Il contient également les glandes sudoripares, sébacées, les follicules pileux et présente la plus forte teneur en eau (4), (5).

I.1.2.3. L'hypoderme

L'hypoderme est un tissu conjonctif très vascularisé et innervé qui comprend majoritairement un tissu graisseux, avec les adipocytes (4), (5). Les adipocytes sont des cellules qui sont constituées de 85% de triglycérides, 10% d'eau et 5% de protéines (5). Ces cellules permettent de stocker les graisses pour pallier les besoins énergétiques de l'organisme (4). L'hypoderme permet d'avoir une réserve énergétique, une isolation thermique et une protection des organes et des os contre les chocs (5).

I.1.2.4. Les annexes de la peau

Tout d'abord, il y a les ongles, qui sont composés de kératine.

Ensuite, il y a la présence de glandes sudoripares qui sont essentiellement positionnées au niveau des pieds, des mains, des aisselles et du front. Elles sont composées de glandes eccrines qui évacuent la sueur, constituée principalement d'eau, et de glandes apocrines, aussi connues sous le nom de glandes sébacées, qui sécrètent des substances riches en lipides. Ces dernières sont alors responsables de la mauvaise odeur. En effet, lorsque les acides gras insaturés vont être oxydés et dégradés par des microorganismes, ils génèrent des acides gras volatils aux odeurs désagréables (5).

Enfin, les poils couvrent l'intégralité du corps à l'exception des zones glabres (lèvres, paume des mains, plante des pieds...). Il existe deux types de poils. Les poils duvets qui sont courts, fins et généralement de couleur claire. Les poils terminaux qui sont plus durs, longs et de couleur plus foncée. Parmi les poils terminaux, on distingue deux catégories :

- Les primaires qui regroupent cheveux, cils et sourcils.
- Les secondaires qui sont les poils duvets qui se transforment en poils terminaux lors de la puberté, par l'effet des hormones (6).

I.1.3. Les affections de la peau

Les peaux à problèmes sont généralement nommées « peaux à tendance atopique ». Les carences génétiques ou épigénétiques en NMF induisent des dermatoses telles que la xérose cutanée, caractérisée par une peau très sèche, qui provoque une perte d'élasticité de la peau et un manque de film hydrolipidique, ou encore des prurits. L'eczéma est souvent désigné lorsqu'on parle de dermatite. C'est une dermatose inflammatoire, qui se manifeste par des plaques rouges suintantes puis croûteuses (9), (10). Le psoriasis est également lié à un phénomène inflammatoire chronique, induisant le renouvellement très rapide des kératinocytes. Cette affection se caractérise par des plaques de peau sèche ou rouge et recouvertes de squames blanches (9), (10).

Pour ne pas aggraver les affections, il est préférable d'utiliser des produits lavants doux et qui possèdent des humectants pour réduire la PIE, mais également des émollients pour nourrir la peau. Le pH neutre par rapport à la peau est également un paramètre important (11).

I.2. Les cheveux et le cuir chevelu

Chaque individu possède en moyenne entre 100 000 et 170 000 cheveux (12).

Les cheveux sont des phanères kératinisés produits par un follicule pileux. Le follicule pileux est une cavité épidermique qui se trouve dans le cuir chevelu. Le cuir chevelu est constitué comme la peau de trois parties. L'épiderme, le derme et l'hypoderme, qui possèdent exactement les mêmes caractéristiques qui ont été décrites précédemment (5), (6).

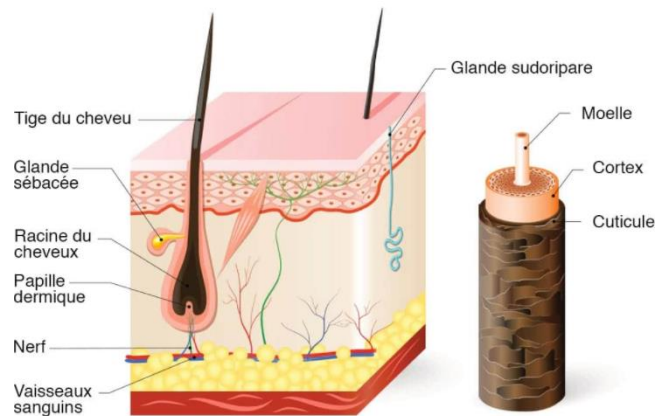


Figure 2 : Anatomie du cheveu (13)

I.2.1. Structure et propriétés du cheveu

Le cheveu est composé à 90 % de protéine (kératine) et de pigment (mélanine) et les 10% restants sont l'eau, les lipides et les oligoéléments (12). Il est constitué de deux parties.

Tout d'abord, il y a la tige pileuse qui comprend au centre la médulla, autour le cortex et à la périphérie la cuticule, comme le montre la *figure 2*. La médulla contient des cellules anucléées peu pigmentées et des lipides. Le cortex est composé de plusieurs couches de cellules kératinisées. Ces cellules sont riches en pigments et forment la majeure partie du cheveu. La cuticule est constituée de 4 à 5 couches de cellules kératinisées aplaties qui se superposent (5), (12).

Ensuite, le bulbe dermique siège dans l'hypoderme, comme le montre la *figure 2*. Le bulbe repose sur une base papillaire très vascularisée, qui apporte les nutriments et l'oxygène nécessaire aux cellules du bulbe. Dans la zone matricielle, les cellules corticales se chargent progressivement en kératine et mélanine. Cette partie est donc appelée le follicule pileux, qui est la partie vivante du cheveu. Le bulbe est entouré par deux gaines et une substance amorphe, la membrane vitrée, nommée zone matricielle à l'extrémité inférieure du bulbe. Dans l'hypoderme, la glande sébacée permet la lubrification du cheveu (5), (12), (14).

Les cheveux jouent un rôle de protection de la tête. La cuticule du cheveu est une barrière contre de nombreuses substances chimiques qui peut être altérée lors du lavage par des tensioactifs trop détergents et alcalins (12). De plus, elle maintient un taux d'hydratation suffisant (5), (12).

Le cortex confère aux cheveux la majorité de leurs propriétés physiques et mécaniques (5), (12). L'élasticité du cheveu peut être diminuée par les traitements chimiques comme le défrisage, la teinture ou la peroxydation (5).

La kératine du cheveu est une protéine composée de dix-huit acides aminés, dont la cystéine riche en soufre qui contribue à renforcer le cheveu. La mélanine est un pigment qui détermine la couleur du cheveu et qui les protège contre les UV. Elle se différencie en eumélanine responsable des teintes brunes à noires et en phéomélanine qui donne les teintes blondes à rousses. L'apparition des cheveux blancs s'explique par la diminution du taux de mélanocytes. Le bulbe dermique permet la synthèse de ces deux molécules, dans sa zone matricielle (5), (12), (15).

Le cycle de vie du cheveu se produit dans le cuir chevelu.

I.2.2. Le cuir chevelu sain

Le cuir chevelu comprend l'épiderme, le derme et l'hypoderme. Le bulbe du cheveu est situé dans l'hypoderme, pour lui apporter des nutriments et de l'oxygène. La croissance du cheveu est variable selon les saisons, le sexe, l'âge et l'origine ethnique. Elle comporte trois phases, la croissance (anagène), la régression (catagène) et la mort du cheveu avec repousse (télogène). La pousse est de 0,7 à 2 cm/mois. Chaque follicule pileux engendrer quinze cheveux et subit une vingtaine de cycles (5), (12), (15).

La phase anagène est longue : elle peut prendre 2 à 5 ans. Elle concerne 85% à 95% des cheveux. Tout d'abord, elle débute par la régénération du follicule pileux, à partir des cellules souches situées dans le bulbe. La régénération se produit entre la phase télogène tardive et la phase anagène suivante. Ensuite, la papille dermique est enveloppée par les nouvelles cellules matricielles. Le follicule pénètre alors dans le derme en se glissant dans les gaines conjonctives de l'ancien poil. Le poil et les gaines épithéliales débutent leur différenciation, marquant le début de l'activité des mélanocytes. Puis, vient la phase de croissance du cheveu qui atteint le niveau de la glande sébacée, comme le montre la *figure 3*. L'angiogénèse accélère la croissance du cheveu et s'accompagne de sa mélanisation. Enfin, le cheveu émerge à la surface de l'épiderme et devient visible, puis les cellules matricielles se divisent moins vite jusqu'à épuisement (5), (12), (15).

La phase catagène dure deux à trois semaines. Le follicule se raccourcit et diminue de volume, les cellules matricielles ne se divisent plus (apoptose) et laissent la place à un nouveau follicule (5), (12), (15). Cette phase concerne de 1 à 3% des cheveux.

La phase télogène dure environ 2 mois. Le cheveu se kératinise complètement et il est expulsé du cuir chevelu (5), (12), (15). Cette phase concerne 4 à 12% des cheveux.

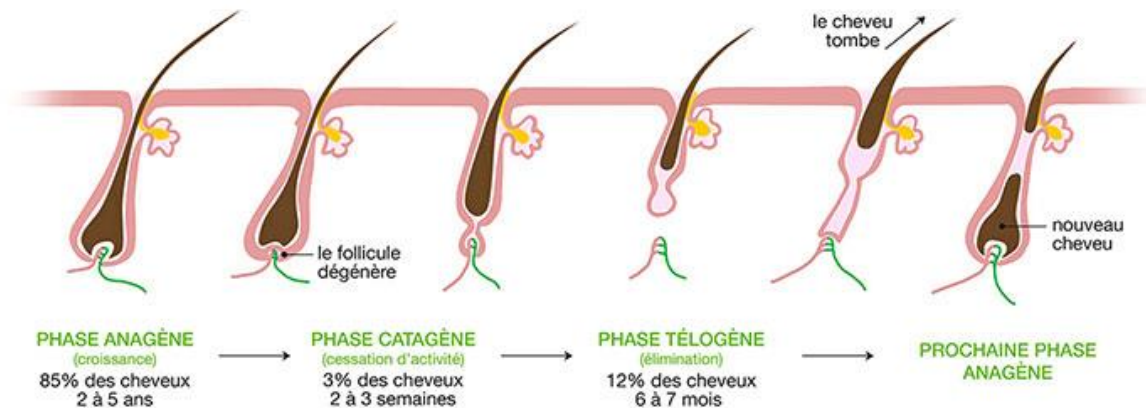


Figure 3 : Les trois phases de la croissance d'un cheveu (16)

L'épiderme du cuir chevelu, comme celui de la peau va desquamer de manière physiologique, cependant certaines pathologies peuvent amener une desquamation excessive.

Des anomalies du cuir chevelu et de la sécrétion des glandes sébacées peuvent être à l'origine de squames très importants, d'érythèmes, de prurits, de dermatoses et de séborrhées excessives (17).

I.2.3. Les affections du cuir chevelu

Il existe un grand nombre d'affections du cuir chevelu qui peuvent être causées par des troubles hormonaux, des champignons, ou un dysfonctionnement du renouvellement de l'épiderme comme le psoriasis. Seules les affections pouvant être soulagées par des shampoings sont décrites ici (17).

La séborrhée se manifeste par des cheveux gras et lourds, avec un prurit associé. Elle est causée par une sécrétion excessive de sébum par les glandes sébacées, qui peut être diminuée avec des produits qui purifient et assainissent le cuir chevelu (17).

Les états pelliculaires se manifestent par l'apparition de squames blanchâtres sur le cuir chevelu et sur les cheveux. Cette affection est le résultat d'une dermatose desquamante, qui peut être améliorée par des agents antipelliculaires ou antifongiques (17).

Afin d'améliorer ces problèmes, les shampoings peuvent contenir des actifs pour hydrater le cuir chevelu, limiter les pellicules ou lutter contre le cuir chevelu gras.

I.3. Les muqueuses

La muqueuse est l'ensemble des tissus qui tapissent la face interne des organes creux du corps qui communiquent avec l'extérieur. Les orifices de l'organisme sont donc recouverts de muqueuses (18).

L'épithélium des muqueuses des organes génitaux externes est de type stratifié pavimenteux ou malpighiens. Il repose sur le chorion, équivalent du derme sans les annexes épidermiques. La couche cornée apparaît sur la partie en contact avec l'extérieur, elle est plus sèche. Cette dernière est nommée demi-muqueuse (18).

Le pH de la vulve est d'environ 5,5 comme la peau alors que le pH du vagin est plus acide pour lutter contre les microorganismes. Les produits lavants à pH neutre pour la vulve sont à privilégier.

I.4. Flore cutanée

La flore cutanée est constituée par une flore résidente et une flore transitoire.

La flore résidente est dite commensale. Elle comporte des agents microbiens normalement présents sur la peau et les muqueuses chez des sujets sains. Cette flore est en équilibre avec l'organisme, elle est dite symbiotique. Elle possède plusieurs rôles, comme le contrôle des infections, la régulation de l'immunité, la protection contre les allergènes, les rayons UV, les antiradicalaires et le maintien de l'homéostasie cutanée (5), (19).

Les bactéries les plus communes de la flore cutanée résidente sont les *staphylococcus*, les *streptococcus*, les *propionibacterium acnes*, les *entérobactéries*, les *corynebacterium* et les *lactobacillus* (5). Les champignons cutanés les plus fréquents sont le *Candida albicans* et le *Malassezia furfur* (5).

La stabilité du microbiome dépend de paramètres physico-chimiques comme le pH, l'hygrométrie, les méthodes d'hygiène et des paramètres physiologiques tels que les hormones, les oligoéléments (5)...

La flore transitoire dite contaminante est très variée, mais les souches les plus retrouvées sont des Gram + tels que les *S.aureus*, et des streptocoques, des Gram - comme les entérobactéries et des levures *Candida albicans*. Cette flore est acquise par le contact avec

des personnes, des animaux ou des plantes. Elle peut être responsable d'auto-infection lorsque la barrière cutanée est abîmée (5).

La flore transitoire entre en compétition avec la flore résidente, qui a des stratégies pour limiter l'invasion de la flore contaminante. La flore résidente va couvrir de manière plus importante la surface épidermique, avec une forte adhésion à la surface des kératinocytes. La production de défensine par les kératinocytes et des peptides antimicrobiens par les bactéries permet également l'élimination de la flore transitoire. Enfin la flore résidente utilise de manière compétitive les nutriments disponibles (5).

II. Histoire de l'hygiène et du savon

Le mot « hygiène » vient du nom de la déesse de la santé et de la propreté grecque, Hygie. L'étymologie d'Hygie trouve son origine du grec ancien, *hugieinos*, qui signifie bon pour la santé (20). L'hygiène selon une des définitions du Larousse se traduit par l' « Ensemble des principes, des pratiques individuelles ou collectives visant à la conservation de la santé, au fonctionnement normal de l'organisme : » (21). Cependant, l'hygiène possède un autre sens, la propreté, comme le montre la seconde définition du Larousse « Ensemble des soins apportés au corps pour le maintenir en état de propreté. » (21). Le savon, qui existe depuis l'antiquité, est un détergent qui permet de garantir l'état de propreté en dégraissant et lavant le linge ou la peau (22). Afin de ne pas abimer la peau, le savon doit respecter le pH physiologique et maintenir son état d'hydratation. Le savon est défini comme un sel alcalin d'un acide gras à longue chaîne, obtenu par saponification. Il nettoie en modifiant la tension superficielle de l'eau et en émulsionnant les salissures (23).

La notion d'hygiène corporelle va évoluer au cours du temps. Elle apparait dans l'antiquité alors que l'histoire du savon commence dans le Néolithique. En effet, le savon aurait été inventé 4 500 ans avant Jésus-Christ, par les sumériens en Mésopotamie (24), (25). Cependant, les seules preuves de son existence n'apparaissent que dans l'antiquité avec le papyrus Ebers, écrit en 1 550 avant Jésus-Christ (24), (26), (27).

II.1. L'antiquité

Dans l'antiquité l'hygiène a une place importante : avec les bains, l'eau est sacralisée. En effet les grecs, adeptes du sport, avaient des bains proches des gymnases. Les romains possédaient les thermes publics où se mêlaient toutes les classes sociales (20), (24). Les femmes allaient aux Thermes le matin, tandis que les hommes s'y retrouvaient l'après-midi. La consommation quotidienne d'eau par habitant s'élevait approximativement à 1 000 litres dans la Rome antique. Cette consommation d'eau est 5 fois plus importante que la consommation en France de nos jours. Les bains s'étendaient jusqu'en Orient, avec les bains turcs ou les hammams (28).

Les romains, les grecs ou les égyptiens n'utilisaient pas le savon pour leur toilette mais pour laver le linge et préparer la laine pour le tissage. (24), (25), (26), (27). La pâte, semblable au savon, décrite dans le papyrus Ebers se nomme Trona. Elle est à base de graisses animales ou végétales, avec du sulfate de plomb ou du carbonate de sodium (26), (27). En Egypte Antique, ils utilisaient du natron, qui est du bicarbonate de soude, mélangé avec une pâte de cendres et d'argile (24), (27), (29). Les Gaulois utilisaient du Sapo, *Cepo galliarum*, qui est un mélange de suif, de saindoux (graisse de sanglier), d'huiles et de cendres (26),(29). Le Sapo était utilisé pour blanchir ou rougir les cheveux (26),(29).

II.2. Le Moyen Âge et la Renaissance

Les Hommes, durant le Moyen Âge, allaient dans les bains publics mixtes, mais aussi aux étuves (20), (28) ; les étuves étant des salles pour bains de vapeur. C'est également au Moyen Âge, entre le VII^e et le VIII^e siècle, que les savonneries se développent à Alep. Ce savon est importé en Occident lors des croisades (29), (30), (31). Le commerce se déroulant autour des ports, ce fût dans la cité phocéenne que le transit de savon était majoritaire. Des manufactures de savon se sont créées au XII^e siècle, (25), (31), (32). En 1371, Crescas Davin a été le premier savonnier marseillais à utiliser la soude, (27), (32). Les savons étaient utilisés pour les fibres textiles ou pour le ménage. Les bains publics ont été fermés au XV^e siècle, car ils étaient perçus comme le foyer de transmissions de maladies (20), (26), (28). Seules les personnes riches ont continué à prendre des bains personnels et individuels.

Lors de la renaissance, la toilette se fait sans eau pour toutes les classes sociales. En effet, l'eau est perçue comme vecteur de maladie. L'abandon de bains pour l'hygiène corporelle a duré jusqu'à la fin du XVII^e siècle. Pour masquer les mauvaises odeurs, des parfums, poudres ou pommades étaient appliqués (28), (29), (33).

Au XVII^e siècle, la formulation du savon de Marseille a été réglementée par l'édit de Colbert, le 5 octobre 1688. Dans cet édit, des règles de fabrication y sont définies, comme la cuisson dans une grande chaudière. De plus, dans ce savon les huiles végétales sont utilisées et les graisses animales sont proscrites. Cet édit permet de protéger les matières premières locales, en utilisant de l'huile d'olive, du sel et de la soude du sud de la France, (31), (34), (35).

II.3. Les temps modernes

Durant le XVIII^e siècle, l'eau réintègre le rituel de l'hygiène, les bains sont de nouveau utilisés (26). Les savons sont à la mode et ils vont avoir différents usages. Le savon blanc est pour les bonnetiers, blanchisseurs, tandis que le savon marbré est utilisé pour dégraisser les laines et pour les ménages (24), (29).

Au XIX^e siècle, les scientifiques ont fait des progrès et recommandent le lavage des mains et la toilette quotidienne à l'eau et au savon (20), (28). Le XIX^e siècle est l'âge d'or de la savonnerie et de nombreuses industries ont prospéré. Le savon de Marseille est exporté dans le monde entier (31). L'hygiène est donc un symbole de prévention contre les infections tout comme la vaccination (28).

Lors du XX^e siècle, l'hygiène est toujours importante et les habitations évoluent. Elles sont équipées de salle de bain (25). L'âge d'or du savon de Marseille continue jusqu'au milieu du XX^e siècle. Afin d'éviter les fraudes concernant le savon de Marseille, la mention « Extra pur 72% d'huiles » y est apposée pour un gage de qualité (31). Mais, après la seconde guerre mondiale, le lavage à la main est en déclin avec l'arrivée de la machine à laver et des poudres. Ces nouveautés engendrent un déclin des savonneries de Marseille, à cause de la concurrence des détergents de synthèse (32), (34). Dans les années 1950 la production du savon est industrialisée et les tensioactifs deviennent les leaders du marché. Des campagnes d'hygiène et de santé publique sont effectuées dans les écoles. Par exemple, en 1955, les commandements de la santé sont réalisés, par le comité national de défense contre la tuberculose, pour les écoles (20), (28).

Depuis le XX^e siècle, le terme « hygiène » n'inclut pas seulement l'hygiène corporelle, mais également, l'hygiène pour préserver la santé (20), (28).

II.4. Au XXI^e siècle

Depuis le XX^e siècle l'hygiène englobe des pratiques de vies collectives ou individuelles afin d'améliorer la santé.

De nos jours, toutes les maisons sont équipées d'une salle de bain avec l'eau courante, sauf dans les cas de précarité.

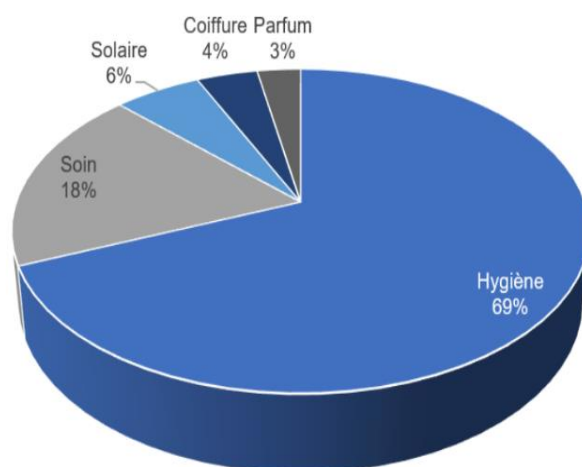
Dans des contrats de travail, l'hygiène du personnel y est stipulée. Selon l'INSEE, « en 2015, les ménages ont consacré 7,3% de leur budget à leur apparence (20) ». En effet, la part du budget pour les soins et biens personnels n'a pas cessé de croître depuis 1960 (36).

La connaissance des tensioactifs permet d'élaborer une autre forme galénique du savon. En effet, des bouteilles avec du savon liquide sont favorisées. Ils sont nommés les « savon sans savons » (26). Dans la gamme « produits d'hygiène liquides », on retrouve différentes formes galéniques, dont les plus utilisées sont le gel douche, le shampoing, et la crème de douche. Les nouvelles formes galéniques sont perçues comme étant irritantes et de plus en plus polluantes. En 1991, l'organisme certificateur ECOCERT est créé afin d'évaluer la conformité d'un produit ou d'un ingrédient à une norme ou un cahier des charges (37). Le cahier des charges d'Ecocert « valorise des pratiques à impact positif sur l'environnement et la société. » (37). Cet organisme possède plusieurs certifications, dont l'Agriculture biologique Europe et COSMOS. Avec ces organismes, il y a un éveil de la société concernant l'impact de notre consommation sur l'environnement. Le consommateur demande des produits cosmétiques naturels (38). Les produits cosmétiques dont les gels douche et shampoings sont de plus en plus labélisés en naturel ou BIO, et des rayons BIO apparaissent.

La crise de la COVID-19 a également eu un impact sur la consommation de produits d'hygiène. En effet, les consommateurs utilisent plus de savons. La vente de savon solide a augmenté de 33% par rapport au 1^{er} semestre 2020 (39).

La revue STAREVIEW a réalisé une étude sur les produits cosmétiques solides en 2020 et a publié quelques chiffres, *figure 4*.

Les cosmétiques solides, dans quels secteurs ?



LEGENDE :

L'hygiène : regroupe les produits de nettoyage du corps et des cheveux (shampoings et après-shampoings), les déodorants et produits d'hygiène dentaire.

Le soin : regroupe les produits visage (et lèvres) et corps. Incluant notamment les hydratants, produits de gommage.

La coiffure : regroupe les produits techniques tels que la coloration ou les produits volumateurs.

Figure 4 : Diagramme représentant le pourcentage de cosmétiques solides selon le secteur en 2020

(1)

Le secteur de l'hygiène est donc le leader dans l'industrie cosmétique solide. En effet, une majorité de marques veulent évoluer vers le zéro déchet. Les produits utilisés pour l'hygiène contiennent beaucoup d'eau et leurs emballages sont en plastique. De plus, ce sont des produits à usage quotidien. C'est pour cela que de nouveaux procédés de fabrication de produits d'hygiène sont apparus, permettant de compléter le marché des formes galéniques solides issues de la saponification. (1)

III. Composition des produits lavants pour corps et cheveux

La plupart des gels douches et shampoings liquides sont constitués principalement d'eau (40 à 80%), d'humectant ou d'ingrédients nourrissant (10 à 30%), de tensioactifs (1 à 10%) et d'actifs (1 à 10%). De plus, ils contiennent des additifs comme des conservateurs et des antioxydants pour protéger la formule (40). Les crèmes de douche sont des émulsions d'aspect laiteux, comportant une phase grasse et une phase aqueuse, avec des tensioactifs pour stabiliser le système et des additifs. Les huiles de douche quant à elles se composent seulement d'une phase grasse avec des actifs, additifs et des tensioactifs.

L'eau est finalement le composant majoritaire des produits d'hygiène liquides. Avec la prise de conscience écologique, les consommateurs cherchent à privilégier les produits « écoresponsables ». Les industriels sont donc amenés à revoir la formulation galénique de leurs produits afin de diminuer la proportion d'eau notamment.

Les savons solides qui existent depuis plusieurs siècles, sont obtenus par saponification ou neutralisation. La saponification est une réaction chimique entre un triglycéride et une base forte. La neutralisation est une réaction chimique entre des acides gras et une base forte. Après ces réactions chimiques, des sels d'acides gras, appelés ions carboxylates, sont obtenus. Les savons solides sont donc composés d'acides gras ou de triglycérides (40 à 80%), d'eau (15 à 40%), et d'une base forte (NaOH) (5 à 15%) (41). L'arrivée des tensioactifs a fait diminuer la production de savon et les syndet solides ont fait leur apparition. Ils se composent de tensioactifs synthétiques (20 à 80%), de plastifiants ou liants (10 à 30 %), de facteurs de consistance ou agent de charge (10 à 30%), d'additifs (0 à 20%) et d'eau (3 à 10%).

III.1. Composition des produits d'hygiène liquides

Les savons liquides comme le savon d'Alep et de Marseille sont produits à partir de la saponification à chaud (SAC). L'unique différence entre les savons dur et liquide c'est la base forte utilisée. En effet, pour un savon liquide, la potasse est employée à la place de la soude.

Les nouveaux produits liquides sont sans savon car ils possèdent des tensioactifs qui leur confèrent des propriétés détergentes. Le gel, la crème douche et l'huile de douche nettoient la peau alors que le shampoing lave les cheveux et le cuir chevelu (42).

Le shampoing élimine le sébum, les cellules mortes et la saleté. L'action détergente du shampoing peut avoir des effets néfastes, comme la sécheresse du cuir chevelu et des cheveux. Les conditionneurs lissent les cuticules et restaurent leur disposition naturelle, le cheveu est alors brillant et galbé. Les après shampoing améliorent aussi la maniabilité des cheveux en modifiant la cuticule, la couche superficielle du cheveu (42). Le shampoing peut être sous forme de gel ou de crème et les actifs sont adaptés pour un type de cheveux et de cuir chevelu.

Les produits d'hygiène pour le corps éliminent également le sébum et les impuretés sur la peau. L'huile de douche est composée de tensioactifs, d'actifs hydratants et relipidants et d'une phase grasse. Ce type de produit lavant est souvent adapté pour des peaux à tendance atopiques et aux épidermes très secs (43). Le gel douche quant à lui ne possède qu'une phase aqueuse, avec les tensioactifs, les actifs et additifs hydrosolubles. La crème de douche contient une phase supplémentaire par rapport au gel douche, la phase grasse, qui donne

l'opacité et permet une hydratation supplémentaire (44). Les produits pour le corps peuvent avoir des propriétés bénéfiques pour les peaux sèches.

La *figure 5* donne une idée du pourcentage des ingrédients contenus dans un produit cosmétique.

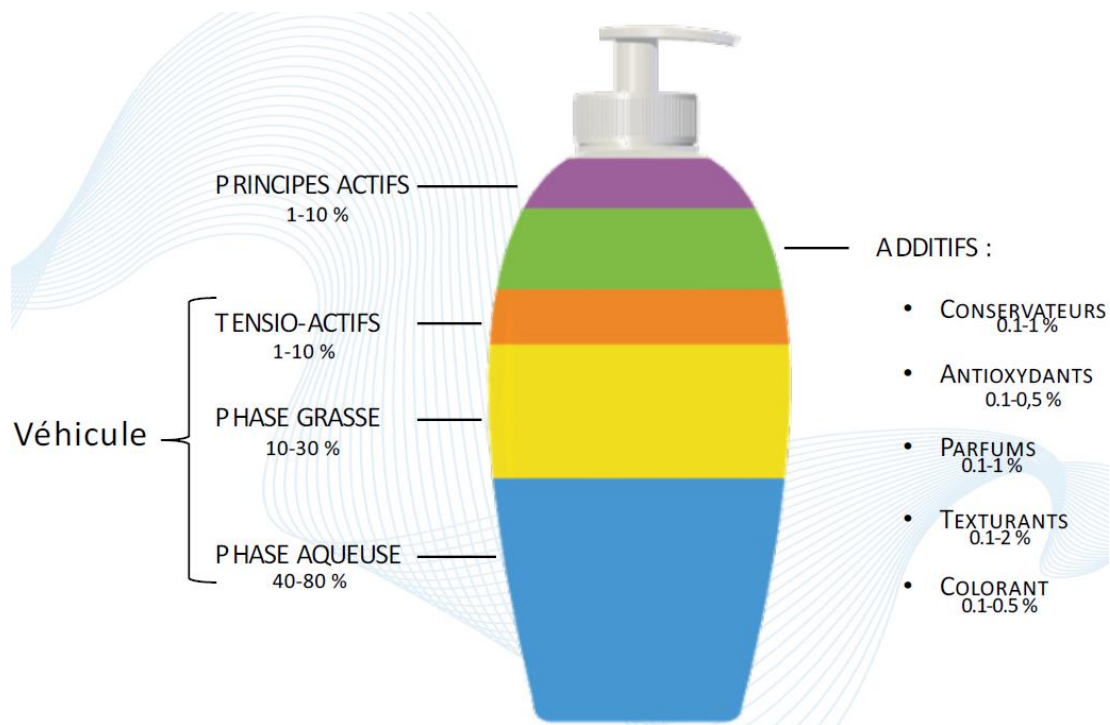


Figure 5 : proportions des ingrédients présents dans une émulsion en cosmétique (40)

III.1.1. Phase aqueuse

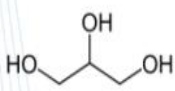
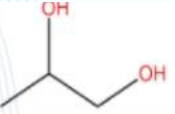

L'eau contenue dans la phase aqueuse d'un produit d'hygiène liquide n'a pas pour obligation d'être de qualité pharmaceutique ; elle peut provenir diverses sources, y compris de l'eau potable, de source ou de l'eau de mer (45). Des eaux traitées peuvent également être utilisées, comme l'eau déminéralisée, distillée, ou encore osmosée. L'eau déminéralisée ne contient pas d'ions, tandis que les eaux distillée et osmosée sont à la fois exemptes d'ions et de germes pathogènes ou pyrogènes. Pour assurer la stabilité des formules, les eaux sans ions sont privilégiées. De plus, les Bonnes Pratiques de Fabrication (BPF) précisent que la qualité de l'eau doit être définie par le fabricant en fonction de son application (46). Un rapport de sécurité sur la qualité microbiologique d'une substance, d'un mélange ou d'un produit cosmétique, doit être réalisé selon le Règlement (CE) 1223/2009, donc l'eau distillée est privilégiée (2). Des agents humectants sont ajoutés pour empêcher la déshydratation de la peau, ainsi que divers additifs, actifs et agents texturants hydrophiles (40).

III.1.1.1. Les humectants

Un ingrédient est dit humectant quand il adsorbe l'eau pour retenir l'humidité au niveau cutané et ainsi diminuer la perte insensible en eau. Les humectants les plus utilisés proviennent de la famille des polyols (tableau 1). Ils sont présents à une concentration de 3 à 10% de la formule totale.

Le polyol le plus utilisé est le glycérol (ou glycérine). C'est un triglycéride dont les fonctions alcool et le caractère hygroscopique permettent de fixer des molécules d'eau. Cependant, il ne peut être utilisé à plus de 10% en raison de son action kératolytique. Les deux polyols les plus utilisés après la glycérine, sont le propylène glycol et le propanediol (40).

Tableau 1 : Molécules et fonctions des polyols (18)

NOM	FORMULE	FONCTION
GLYCÉROL GLYCÉRINE <i>INCI : Glycerin</i>		AGENT HUMECTANT
1,2 PROPANEDIOL <i>INCI : Propylene Glycol</i>		HUMECTANT - SOLVANT
1,3 PROPANEDIOL <i>INCI : Propanediol</i>		HUMECTANT - SOLVANT

Le propanediol est issu de la fermentation des sucres. Le sucre est un nutriment pour les microorganismes. Un système conservateur est important pour limiter ou inhiber le développement microbien (40).

Les polyéthylènes glycols (PEGs) et leurs dérivés peuvent également être utilisés. Les PEGs sont des polyéthers linéaires de masse moléculaire inférieure à 20 000 g.mol⁻¹, synthétisés à partir de monomère d'oxydes d'éthylène. Le motif répétitif est représenté entre crochet dans la figure 6. La lettre n représente le nombre moyen de groupes oxyéthyléniques (n ≥ 4), (40), (47).

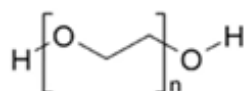


Figure 6 : formule semi développée générale d'un PEG (40)

Ils sont nommés par l'acronyme PEG suivi du nombre moyen n, ou leur masse molaire moyenne M_w. Il existe deux familles de PEGs : les polyéthylènes glycols et les dérivés des PEGs. Les PEGs possèdent plusieurs fonctions, ils peuvent être des solvants, des agents humectants ou solubilisants. Les dérivés sont un ensemble de polymères contenant le groupement PEG, et formés par addition d'unité d'oxyde d'éthylène, qui est une éthoxylation. Les dérivés sont pour la plupart utilisés en tant que tensioactifs non ioniques (40), (47).

III.1.1.2. Les agents texturants hydrophiles

Les agents texturants dans tous les gels lavants et les shampoings sont importants pour l'application. En effet, la préhension et l'application sont difficiles si ces produits sont aussi fluides que l'eau, par exemple. Il faut donc augmenter la consistance du produit, par l'incorporation d'agents texturants à une concentration comprise classiquement entre 0,1 et 2%.

Les agents texturants hydrophiles sont des macromolécules, comme les polymères, qui permettent d'augmenter la viscosité (40) selon deux mécanismes : les agents épaississants gonflent dans le milieu d'incorporation alors que les agents gélifiants forment un réseau tridimensionnel dans lequel le liquide de dispersion s'immobilise.

La viscosité donnée par le polymère est fonction de son poids moléculaire, de la structure chimique du groupe hydrophile, de la longueur de la chaîne alkyl et de la quantité (48). Selon la définition dans le cours de Mme Sintès, « *Les polymères sont un ensemble de chaînes macromoléculaires de différentes longueurs. Une chaîne macromoléculaire est une molécule de masse molaire très élevée, composée d'un grand nombre de motifs répétitifs reliés entre eux par des liaisons covalentes.* » (49) .

Il existe une multitude d'agents texturants hydrophiles comme les polymères vinyliques, les polyammonium quaternaires ou les composés polysaccharidiques, qui peuvent être d'origine naturelles ou biotechnologiques (40). Les alginates, d'origine naturelle ou biotechnologique, sont issus d'algues brunes, tandis que l'agar-agar et la carraghénane sont tous deux issus de l'algue rouge (40). La gomme de xanthane, quant à elle, est obtenue de la fermentation aérobie de sucres selon un procédé biotechnologique (40).

La gamme des agents texturants hydrophiles s'agrandit avec les polymères d'origines synthétiques. Les carbomères sont des copolymères ou des homopolymères, qui sont obtenus par réticulation de l'acide carboxypolyvinylique. Ce sont des homopolymères si les motifs répétitifs sont identiques alors que les copolymères possèdent plusieurs motifs différents. Les carbomères sont également des agents suspenseurs qui sont capables de disperser des particules solides insolubles dans l'eau pour les maintenir en suspension comme des nacres ou des pigments(40).

III.1.1.3. Les actifs hydrophiles

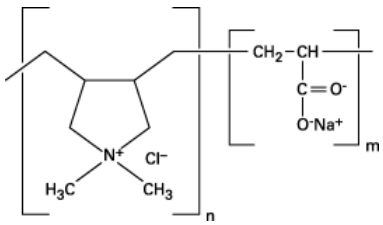
Les actifs sont des substances qui assurent l'efficacité du produit. Ils sont souvent présents à faible concentration (1 à 10%) et peuvent être d'origines biologiques, chimiques ou végétales (40).

Concernant les gels douches, les substances actives sont des agents d'entretien de la peau avec des hydratants ou des humectants (voir tableau 2). Pour les shampoings, il existe de nombreux actifs pour traiter certains déséquilibres du cuir chevelu (aider à éliminer les pellicules, à nourrir les cheveux, lutter contre les frisottis...) alors que les après shampoings sont utilisés comme démêlant ou soin. Le tableau 3, montre différents actifs pour cette gamme.

Tableau 2 : exemples d'actifs pour des gels douches

INCI	N°CAS	Nom	Structure chimique	Propriétés
<i>Aloe barbadensis leaf powder</i>	85507-69-3 94349-62-9	Poudre d'aloé vera	Protéines, lipides, acides aminés, vitamines, enzymes, composés inorganiques et de petits composés organiques et différents glucides (50)	La poudre d'aloé vera est efficace pour améliorer l'hydratation de la peau, éventuellement par un mécanisme humectant. (51), (52)
<i>Hydrolyzed collagen</i>	92113-31-0 73049-73-7	Collagène hydrolysé	Glycoprotéines riches en glycine, proline, alanine, hydroxyproline (5)	Hydrate la peau et forme un film continu sur la peau. (53)
<i>Ficus Carica Fruit Extract</i>	84775-96-2	Extrait du fruit de la figue	Acides phénoliques et flavonoïdes (54)	Possède des propriétés hydratantes et une action protectrice contre les radicaux libres (54) sur la mélanine cutanée, la perte trans-épidermique, les valeurs d'hydratation et la teneur en sébum. Il pourrait éventuellement être utilisé contre l'hyperpigmentation, l'acné, les taches de rousseur et les rides. C'est un humectant (55)

Tableau 3 : exemples d'actifs pour des shampoings ou après shampoings

INCI	N°CAS	Nom	Structure chimique	Propriétés
ERYTHRITOL	7541-59-5 149-32-6	Erythritol	Polyol	Shampooing : hydratation du cuir chevelu et anti frisottis (42) Après shampooing : il facilite le coiffage (42)
SALIX ALBA BARK EXTRACT	84082-82-6	Extrait de saule blanc	Tanins, flavonoïdes et des composés salicylés (56)	Shampooing : antipelliculaire (57)
PORPHYRA UMBILICALIS EXTRACT	223751-76-6	Algue rouge	Eau, sucres (agar-agar, carraghenane), minéraux, protéines, acides aminés, vitamines, lipides, pigments (58)	Les protéines et acides aminés, donnent des actions fortifiantes et anti frisottis aux cheveux (59)
POLYQUATERNIUM-22	53694-17-0	Ammonium quaternaire	 <p>(60)</p>	Il possède une action démêlante car il réduit l'électricité statique (61)

III.1.2. Phase grasse

La phase grasse permet de nourrir et assouplir la peau par sa fonction émollissante. De plus, certains produits contiennent des triglycérides qui possèdent une excellente affinité avec la structure lipidique de l'épiderme. Dans les crèmes de douche et shampoings les ingrédients les plus utilisés sont les huiles, les beurres, les esters.

III.1.2.1. Les actifs lipophiles

Les huiles et les beurres, en plus de leurs fonctions émollissante, nourrissante et relipidante, possèdent pour certains des vitamines qui apportent des propriétés antioxydantes.

III.1.2.1.1. Huiles et produits dérivés

Les huiles animales ne sont plus utilisées pour de multiples raisons. En effet, ces huiles sont composées de triglycérides mais également d'acides gras insaturés qui possèdent une ou plusieurs doubles liaisons carbone-carbone ce qui les rend sensible à l'oxydation. De plus, elles ne possèdent pas d'antioxydant naturel, elles subissent donc une oxydation importante. De plus, les désirs de la société ont changé et les consommateurs souhaitent de plus en plus des ingrédients végans, issus de l'agriculture biologique et naturelle. (40)

Les huiles végétales sont obtenues par divers procédés d'extraction.

L'extraction peut se faire de manière mécanique par première pression à froid. Ce procédé est privilégié pour les produits alimentaires et pour les produits cosmétiques BIO car il conserve toutes les propriétés nutritionnelles de l'huile ainsi que la qualité de ses constituants dont les acides gras. Ce procédé est plus coûteux car le rendement est plus faible(62).

L'extraction mécanique peut également être réalisée par une pression à chaud, ce qui peut oxyder les acides gras et donc changer les propriétés de l'huile (62). Cette extraction permet un meilleur rendement qu'à froid, mais la qualité de l'huile est légèrement dégradée par rapport à l'extraction à froid.

Enfin, l'extraction par voie chimique, effectuée à l'aide de solvants comme l'hexane, est plus avantageuse pour un rendement plus élevé. Elle est donc moins coûteuse, mais elle soulève des préoccupations environnementales à cause des solvants chimiques (62).

Les huiles peuvent être raffinées pour devenir incolores et inodores (63). Ce processus élimine les phospholipides, les pigments, les acides gras libres et autres impuretés. Le raffinage peut être réalisé par voie physique ou chimique (64).

Les principaux constituants des huiles végétales sont les triglycérides qui sont des triesters de glycérine avec trois acides gras saturés ou insaturés. Elles sont également composées d'éléments insaponifiables comme les vitamines mais aussi d'hydrocarbures, de stéroïdes de terpènes, d'acides gras libres, de monoglycérides ou de diglycérides (40), (63).

Les huiles qui présentent un rapport acide linoléique / acide oléique élevé ont un meilleur potentiel de réparation de la barrière cutanée, tandis que les huiles avec des quantités élevées d'acide oléique, irritant, peuvent nuire à cette fonction barrière (65).

Plus l'huile possède des acides gras insaturés, plus elle a un potentiel oxydatif élevé. L'altération thermique, l'oxydation et l'hydrolyse chimique ou enzymatique sont les causes du rancissement des huiles. De plus, le rancissement peut engendrer des molécules toxiques pour l'organisme (66),(40). Ce phénomène peut créer des acides gras volatiles et mal odorant comme l'acide butyrique (66). L'indice de potentiel oxydatif de l'huile de noix de coco et de

prune est inférieur à 10 meqO₂/kg alors que celui de l'huile de noix de macadamia est inférieur à 15 meqO₂/kg. L'huile de noix de coco ou de prune s'oxyde moins que l'huile de macadamia.

Des produits issus d'huiles par réaction chimique sont également utilisés, comme le squalène qui est extrait de l'huile d'olive puis hydrogéné en squalane, pour avoir une bonne stabilité chimique. Le squalène est un triterpène qui est naturellement présent dans le sébum, mais il est fortement oxydable. L'hydrogénation du squalène limite ce risque et il possède des propriétés émoullientes et prévient la déshydratation en participant à la formation du film hydrolipidique (40).

Dans le tableau 4 suivant, la composition ainsi que les propriétés de certaines huiles sont présentées.

Tableau 4 : exemples d'huiles utilisées pour les crèmes de douche ou les shampoings

INCI	N°CAS	Nom	Structure chimique	Propriétés
PRUNUS AMYGDALUS DULCIS SEED (67)	8007- 69-0	Huile d'amande douce	Des acides gras dont : - Majoritaires : acide oléique (C18:1) et linoléique (C18:2) - Minoritaires : acide palmitoléique (C16:1), acide stéarique (C18:0) Des vitamines : E, A et D	Assouplissant, apaisant et protecteur de la peau (68)
COCOS NUCIFERA OIL (69)	8001- 31-8	Huile de noix de coco	Des acides gras dont : - Majoritaires : acide laurique (C12:0) et myristique (C14:0) - Minoritaires : acide palmitoléique (C16:1), acide oléique (C18:1) Des vitamines : E, A Des polyphénols	Nourrit et renforce la barrière cutanée et fortifiant capillaire (70)

III.1.2.1.2. Les Huiles essentielles

Selon la Ph.Eur.11.2, monographie 2098, l'huile essentielle est un « produit odorant, généralement de composition complexe, obtenu à partir d'une drogue végétale, botaniquement définie, par entraînement à la vapeur d'eau, par distillation sèche ou par un procédé mécanique approprié sans chauffage. Les huiles essentielles sont séparées de la phase aqueuse, le cas échéant, par un procédé physique n'en modifiant pas significativement la composition. » (71)

Les huiles essentielles sont composées de molécules volatiles qui sont majoritairement des terpènes. Elles possèdent également de nombreuses molécules aromatiques, qui leur confèrent leur pouvoir olfactif (72).

Elles sont utilisées dans le domaine de la parfumerie, mais également dans celui de la cosmétique pour leurs propriétés anti microbienne, antioxydante, ou encore pour la phytothérapie et l'aromathérapie (72).

Selon la molécule majoritairement présente dans l'huile essentielle, son action est différente. Les huiles essentielles à phénol d'origine terpénique possèdent de fortes propriétés antiseptiques et ne conviennent pas pour les muqueuses, alors que les huiles essentielles avec des alcools monoterpéniques ne sont pas agressives pour la peau et les muqueuses, et possèdent une activité bactéricide. Les huiles avec des esters monoterpéniques ne présentent pas d'activités antibactériennes et antifongiques intéressantes. Les huiles possédant majoritairement des cétones ont une activité bactéricide et fongicide limitée, mais elles favorisent la cicatrisation (72).

L'huile essentielle de l'arbre à thé est riche en terpinène-4-ol, un alcool monoterpénique. Cette huile possède une activité antifongique qui est utilisée dans les shampoings antipelliculaires par exemple. L'huile essentielle de carotte quant à elle est riche en carotol, un alcool sesquiterpénique possédant des activités réparatrices et hydratantes (72).

III.1.2.1.3. Beurres

Les beurres utilisés, majoritairement d'origine végétale, vont renforcer la barrière lipidique de la peau. En effet, ils sont également composés majoritairement de triglycérides et d'acides gras, ainsi que de molécules insaponifiables comme les tocophérols, les stérols et alcool terpéniques. Ils ont des propriétés hydratantes, émoullientes et apportent de la douceur à la peau. Le tableau 5 montre les propriétés qu'apportent les beurres de karité et de cacao (40).

Tableau 5 : exemples de beurres utilisés pour les crèmes de douche ou les shampoings

INCI	N°CAS	Nom	Structure chimique	Propriétés
BUTYROSPERMUM PARKII BUTTER (73)	194043-92-0 91080-23-8	Beurre de karité	Des acides gras dont : - Majoritaires : acide stéarique (C18:0) et acide oléique (C18:1) - Minoritaires : acide palmitique (C16:0) et acide linoléique (C18:2) Insaponifiables : 5 à 15 %	Nourrissant pour la peau, les cheveux et renforce la barrière cutanée (40)
THEOBROMA CACAO SEED BUTTER (74)	84649-99-0 8002-31-1	Beurre de cacao	Des acides gras dont : - Majoritaires : acide stéarique (C18:0), acide oléique (C18:1) et acide palmitique (C16:0) - Minoritaires : acide linoléique (C18:2)	Nourrissant et prévient le dessèchement (75)

III.1.2.2. Les agents texturants

III.1.2.2.1. Esters

Les esters gras sont formés après une estérification d'un acide gras sur un alcool gras. Leur solubilité dépend de la longueur des chaînes carbonées et des groupements polaires (40). La chaîne carbonée peut être longue, courte, linéaire, ramifiée, saturée ou insaturée. Les groupements polaires peuvent être des chaînes d'acides à plusieurs fonctions, des chaînes d'alcool de type polyol ou de type saccharose (76).

Leur affinité avec les milieux lipophiles dépend de la longueur de la chaîne carbonée : plus celle-ci est longue, plus les esters ont une affinité avec les milieux lipophiles (40), (76) .

Les esters sont peu sensibles à l'oxydation et ils sont émulsionnables. Il existe plusieurs types d'esters avec des fonctions différentes (40), (76).

Les esters possèdent de nombreuses propriétés et peuvent être introduits dans les formules en tant qu'agent humectant, émollissant, émulsifiant ou encore comme viscosant (40), (76).

Les esters utilisés en tant qu'émollissant sont l'association entre un acide gras et un mono-alcool. Les plus utilisés sont le caprylate/caprato de glycérol, le palmitate ou le myristate d'isopropyle ou encore l'isononanoate de cétéaryle (40), (76) .

Ils peuvent également avoir une fonction émulsifiante ou coémulsifiante. Leur solubilité dans les milieux lipophiles ou hydrophiles est dépendante de leur HLB (balance hydrophile lipophile). Les esters ayant un HLB allant de 0 à 10 sont lipophiles alors que les HLB allant de 10 à 20 caractérisent les émulsifiants hydrophiles. Les esters les plus utilisés sont une combinaison d'acides gras et de polyols comme les Mono-, di- et triesters de glycérol, les mono- et distéarate de glycérol ou encore les oléates de glycérol (40), (76).

Les esters de sucres sont des produits d'origine naturelle, obtenus par trans-estérification d'esters méthyliques et de saccharose. Ce sont des émulsifiants non ioniques avec une gamme d'HLB de 3 à 16. Les plus intéressants pour les produits cosmétiques sont les mono-, di- et triesters de saccharose pour leur caractère amphiphile (40), (76).

Les glycérides sont des esters de glycérol, qui associent les acides gras entre eux en présence de glycérol (*figure 7*). Ils ont une excellente affinité avec les lipides épidermiques (40).

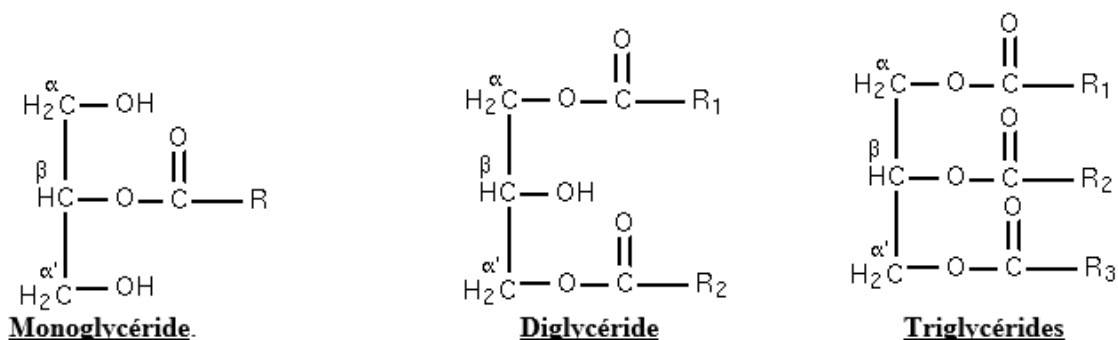


Figure 7 : composition de glycérides (77)

III.1.2.2.2. Les cires

Les cires sont des substances solides qui ont un point de fusion très élevé entre 50 et 90°C. Il existe des cires hydrocarbonées issues du pétrole, des cires à esters gras végétales ou animales et des cires synthétiques. Les cires sont des agents de consistance pour les phases grasses, mais elles permettent également de limiter les Pertes Insensibles en Eau (PIE) avec leurs propriétés filmogènes et occlusives. Le tableau 6 décrit les cires les plus utilisées.

Tableau 6 : Propriétés de quelques cires utilisées dans des crèmes douche et shampoings

INCI	N°CAS	Nom	Structure chimique	Propriétés
SIMMONDSIA CHINENSIS SEED CERA (40)	90045-98-0	Cire de graine de jojoba	Des acides gras dont : <ul style="list-style-type: none"> - Acide eicosanoïque (C20 :0) - Acide érucique (C22 :1) - Acide oléique (C18:1) 	Epaississant Reconstitution du film hydrolipidique, surgraissant (40)
CERA ALAB (40)	8012-89-3	Cire d'abeille	Riche en esters d'acides et d'alcools gras de haut poids moléculaire, en hydrocarbures et en acides gras libres	Epaississant Filmogène (40)

III.1.2.3. Antioxydants

Les antioxydants vont éviter le phénomène de rancissement des huiles. Le mécanisme de rancissement commence par l'arrachement d'un atome d'hydrogène par un phénomène oxydatif. Par la suite, un radical libre se forme et peut alors donner un peroxyde comme le montre la *figure 8*. Suite à une perte d'électrons, les radicaux deviennent très instables ce qui engendre une réaction en chaîne, leur permettant d'acquérir leurs doublets manquants.

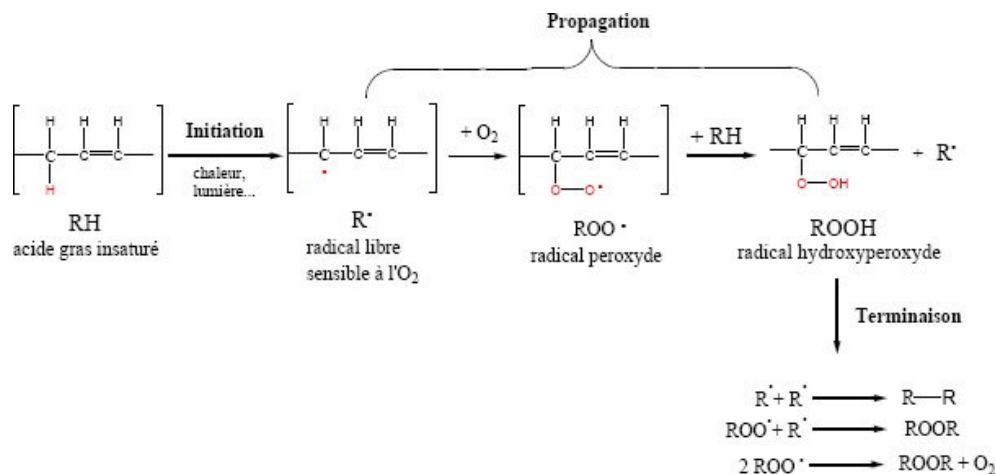


Figure 8 : phénomène d'oxydation (78)

Pour pallier ce phénomène, deux catégories d'antioxydants peuvent être utilisées dans les produits contenant des corps gras, en cosmétique : les piègeurs de radicaux libres qui sont les primaires phénoliques, et les préventifs appelés également les secondaires (40), (66).

Concernant les piègeurs de radicaux libres, ils vont donner des hydrogènes à un radical hydro peroxyde afin d'interrompre la cascade radicalaire, comme le montre la *figure 8*. Ces molécules doivent posséder une fonction X-H, dont l'hydrogène est labile (66). La vitamine E piège les radicaux libres ; elle est naturellement présente dans certaines huiles végétales (40). Elle possède quatre formes de tocophérols comme le montre la *figure 9* : le γ et le δ tocophérols sont plus efficaces que l' α et le β tocophérols. L'hydrogène labile est celui de la fonction alcool (66), (78).

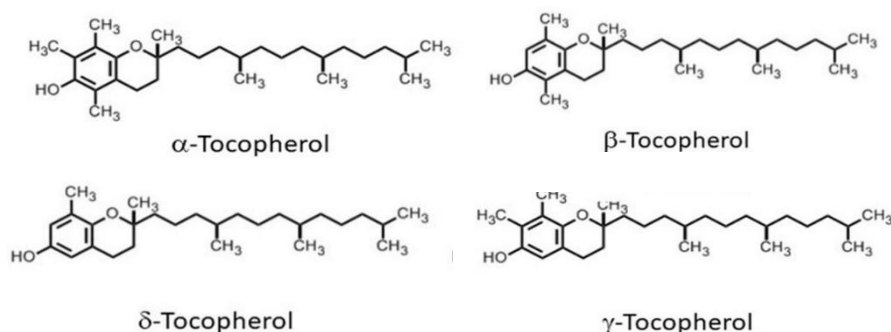


Figure 9 : Les différentes formes de tocophérols (78)

Concernant les antioxydants préventifs, ils inhibent la production des radicaux selon plusieurs modes d'action (40). Ils peuvent agir en synergie avec les piègeurs de radicaux libre en prolongeant leur durée de vie, comme l'acide ascorbique pour l' α tocophérol. Il existe aussi les antioxydants secondaires chélateurs de métaux qui piègent les métaux pro-oxydants. D'autres enfin possèdent un rôle spécifique en piégeant l'oxygène sous sa forme singulet (66).

III.1.2.4. Les silicones

Les silicones sont des dérivés organiques de silicium ou silane possédant une lipophilie variable selon le greffage. Ils sont parfaitement tolérés par la peau et possèdent un aspect sensoriel recherché pour les cheveux. Il existe diverses classes de silicones : des huiles de silicones volatiles, non volatiles, modifiées, des cires et des gommages de silicones (40).

Les silicones ont mauvaise presse et certains silicones voient leur utilisation contrôlée par le Règlement (CE) n°1223/2009 (2). En effet, les silicones volatiles D4 (cyclotetrasiloxane) et D5 (cyclopentasiloxane) sont interdits à une concentration supérieure à 0,1%. L'organisme European Chemicals Agency (ECHA) a également publié une restriction pour les siloxanes D4, D5 et D6 (dodécaméthylcyclohexasiloxane) (79), (80). Les silicones volatiles ne sont plus présents dans la majorité des cosmétiques. Cependant, les non volatiles, tels que les diméthicones (figure 10), sont utilisés car ils sont de bons conditionneurs pour les cheveux. Ils possèdent également des propriétés émoullientes.

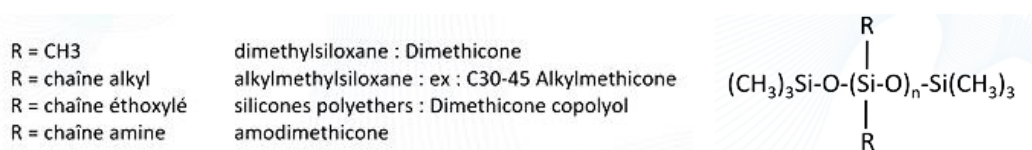


Figure 10 : composition chimique des diméthicones (18)

Les dérivés des diméthicones peuvent avoir des propriétés tensioactives, émulsifiantes et viscosantes.

III.1.3. Les tensioactifs

Les tensioactifs sont des molécules amphiphiles, (figure 11) avec une tête hydrophile, qui peut contenir des charges ioniques, et une queue lipophile qui est une chaîne d'hydrocarbure. Leur affinité pour les molécules polaires et apolaires permet de diminuer la tension superficielle (81), (82).

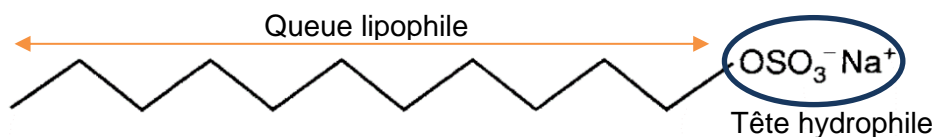


Figure 11 : exemple d'une molécule de tensioactif, sodium lauryl sulfate (81)

La solubilité des tensioactifs dans l'eau ou dans les huiles varie en fonction des groupes hydrophiles présents et de leur balance hydrophile lipophile qui détermine à la fois la lipophilie et l'hydrophilie du tensioactif, ainsi que ses fonctions de détergence, d'émulsification, ou encore de suspension (*figure 12*).

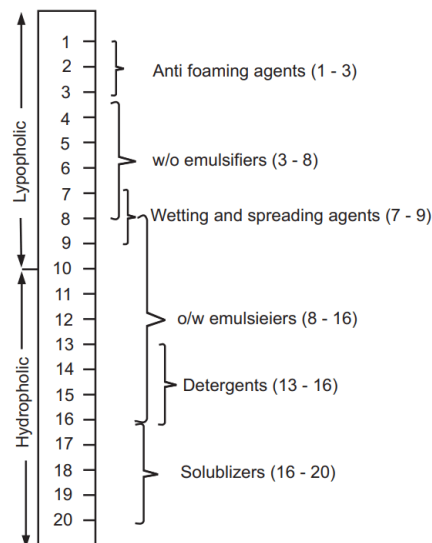


Figure 12 : Echelle HLB avec la fonction des tensioactifs selon leur HLB (81)

Les tensioactifs sont classés en quatre catégories selon la nature de la tête hydrophile : les tensioactifs anioniques, cationiques, non ioniques et amphotères (81), (82).

Les tensioactifs anioniques ont une tête hydrophile chargée négativement, comme les tensioactifs sulfatés. Ils ont pour propriétés d'être de bons détergents, de bons agents moussants, mais ils sont également irritants pour les muqueuses. De plus, ils ne possèdent pas les meilleures propriétés pour émulsionner (40), (81), (82).

Les tensioactifs cationiques possèdent une tête hydrophile chargée positivement, souvent par des amines protonées ou des ammoniums quaternaires. Ils sont de bons agents mouillants et dispersants mais de mauvais détergents. Cependant, ils possèdent des propriétés désinfectantes intéressantes pour les shampoings antipelliculaires (40), (81), (82), (83).

Les tensioactifs non ioniques ont une tête hydrophile non chargée, et ils ne s'ionisent pas. Ce sont des tensioactifs et des agents émulsifiants (81), (82), (83). Ils sont bien tolérés par la peau (40).

Les tensioactifs amphotères ont une structure zwitterioniques avec des charges à la fois positives et négatives. Leur comportement est fonction du pH et de leur point isoélectrique (PI). Ils possèdent un comportement anionique quand le pH est supérieur au PI et un comportement cationique dans un milieu avec un pH inférieur au PI (82), (83). Les tensioactifs amphotères possèdent des propriétés détergentes et bactéricides. Ils ont une bonne affinité avec la peau et les cheveux avec des propriétés adoucissantes et anti-électrostatiques (40).

Les tensioactifs ont des propriétés communes mais leur efficacité dépend de leur classe.

Le pH, le potentiel isoélectrique et les charges ioniques sont les paramètres qui conduisent à la compatibilité ou l'incompatibilités entre des tensioactifs de différentes classes (*figure 13*).

Nature du tensioactif	Compatibilité	Incompatibilité
■ Anionique <ul style="list-style-type: none"> • sulfonate • sulfate • carboxylate (savon) 	Tensioactifs non ioniques ou zwitterioniques	Tensioactifs cationiques
	Tout pH	pH acide < 3,5 (hydrolyse)
	5 < pH < 9,5	
	pH basique	pH acide Alcalino-terreux Eau dure
■ Cationique <ul style="list-style-type: none"> • ammonium non quaternaire • ammonium quaternaire 	Tensioactifs non ioniques ou zwitterioniques	Tensioactifs anioniques
	pH acide	pH basique
	Tout pH	pH fortement basique à chaud
■ Non ionique sauf : <ul style="list-style-type: none"> • ester d'acide gras • ester de sorbitane • polysorbate 	Tous les tensioactifs Tout pH	Milieu oxydant pH fortement basique : pH > 13 } pH basique (hydrolyse) : pH ≥ 8
■ Zwitterionique	Tous les tensioactifs Tout pH	

Figure 13 : critères de compatibilité des tensioactifs (84)

III.1.3.1. Les propriétés

Les tensioactifs possèdent des propriétés qui leurs sont propres comme l'adsorption et la formation de micelles. L'adsorption donne aux tensioactifs leurs propriétés mouillantes et moussantes. Les micelles confèrent les propriétés de viscosité et solubilité.

III.1.3.1.1. Adsorption

Les molécules de tensioactifs dans l'eau ont la particularité de se placer à l'intérieur, mais également à la surface, *figure 14*. Concernant les molécules à la surface, il est dit qu'elles sont adsorbées. La partie hydrophile du tensioactif se trouve dans l'eau alors que sa partie lipophile s'oriente loin de l'eau et entre en contact avec l'air. Quelle que soit la quantité de tensioactifs incorporée, il y aura toujours la présence de tensioactifs à la surface et à l'intérieur de l'eau. L'équilibre entre les molécules adsorbées et en vrac est constant (81), (83).

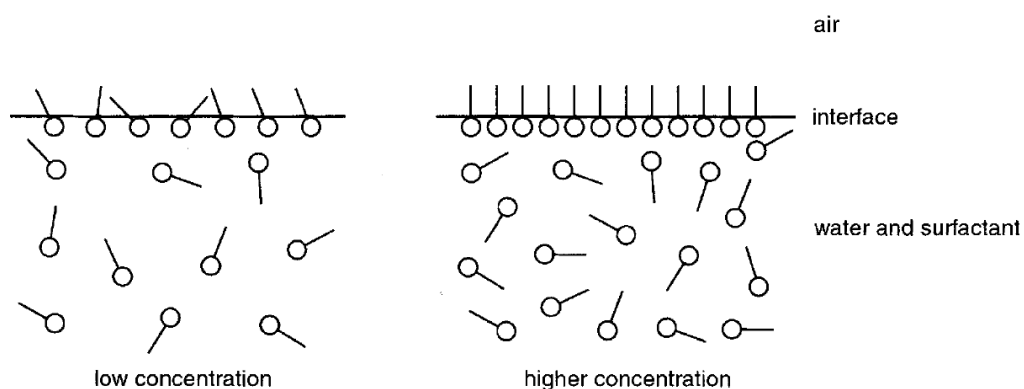


Figure 14 : représentation schématique de l'adsorption des tensioactifs à l'interface air/liquide et des tensioactifs désordonnés dans le milieu, à différentes concentrations de tensioactifs (81)

L'adsorption d'un tensioactif peut se faire à plusieurs interfaces comme, solide/gaz, solide/liquide, liquide A/liquide B (81).

La mesure de l'adsorption est effectuée par la mesure de la tension superficielle (83).

III.1.3.1.1. Tension superficielle

La tension superficielle se définit comme étant la force à la surface de la séparation de deux milieux, due à l'attraction entre les molécules (liaison hydrogène) qui s'opposent à la rupture de surface. Dans le liquide la somme des énergies est nulle, alors qu'à la surface la résultante des forces est dirigée vers le liquide. Les molécules à la surface ont tendance à aller dans le liquide ce qui produit une diminution de la surface, comme le montre la *figure 15*. L'état stable correspond donc à la surface minimale. La tension superficielle de l'eau est de 72 mN/m (81), (85).

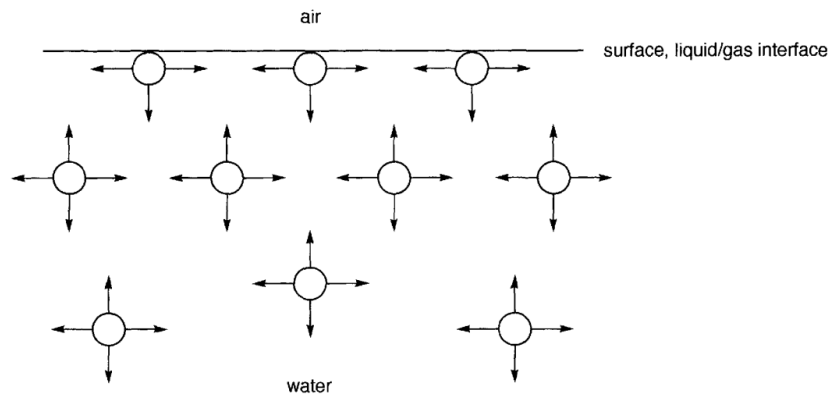


Figure 15: schéma expliquant la tension superficielle (81)

La réduction de la tension superficielle, permet une meilleure homogénéisation entre un liquide aqueux et huileux. Les tensioactifs amènent des molécules apolaires dans le milieu. Les molécules apolaires sont attirées vers la surface, l'énergie de surface est donc diminuée, ce qui induit une baisse de la tension superficielle (81).

Par ailleurs, la diminution de la tension superficielle solide/liquide induit une augmentation du mouillage (86).

III.1.3.1.1.2. Pouvoir mouillant

Le pouvoir mouillant traduit la capacité d'une goutte à s'étendre sur une surface solide. L'abaissement de la tension superficielle de l'eau par un tensioactif peut augmenter son pouvoir mouillant sur certaines surfaces. La capacité de mouillage dépend alors de la tension superficielle et de la tension critique du solide (83).

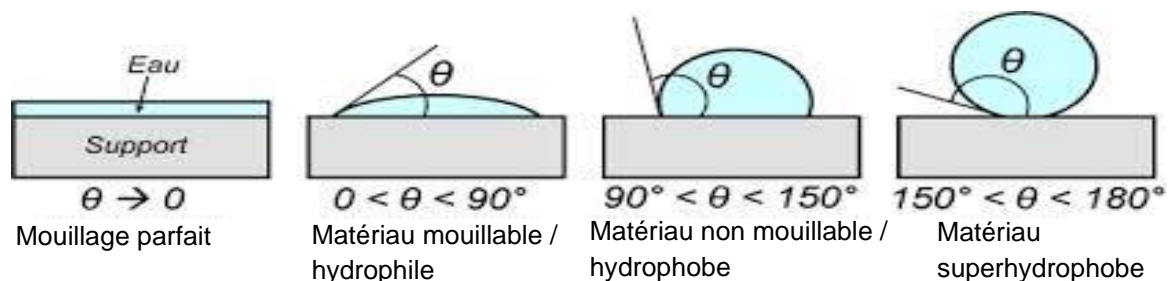


Figure 16 : la mouillabilité selon les supports (87)

La *figure 16* montre la mouillabilité de l'eau selon le type de support. Un angle supérieur à 90° selon le modèle de YOUNG signifie que le liquide ne mouille pas le support (83),(85).

L'ajout de tensioactif dans un liquide permet d'abaisser la valeur de l'angle de mouillabilité, pour tendre vers un mouillage parfait.

Il existe une relation entre la structure des tensioactifs et le pouvoir mouillant. En effet, les surfactants avec un HLB compris entre 7 et 9 sont des agents mouillants. Le nombre optimum d'atomes de carbones est de 12. Pour les tensioactifs qui possèdent un groupement interne polaire symétriquement et/ou ortho substitué sont de meilleurs agents mouillant que ceux qui possèdent une chaîne linéaire ou para substituée. Les surfactants anioniques qui possèdent un second groupement polaire (ester, amide ou éthoxylé) vont voir leur pouvoir mouillant diminué. Les tensioactifs non ioniques polyéthoxylés ont une efficacité optimale pour un nombre de motif éthoxy entre 6 et 8 (83), (86).

Des éléments extérieurs peuvent également impacter la mouillabilité. En effet, la température, les électrolytes, l'ajout de groupements polaires et le pH impactent cette propriété. L'augmentation de la température diminue le pouvoir mouillant de la majorité des tensioactifs ioniques. Afin d'améliorer cette propriété au niveau des tensioactifs anioniques, l'ajout d'alcool à longue chaîne et de co-tensioactifs est possible. Pour des tensioactifs qui se composent de groupes acides faibles ou bases faibles les propriétés mouillantes sont fonction du pH. Par exemple les acides sulfocarboxyliques présentent une meilleure mouillabilité à pH faible (83), (86).

Les tensioactifs possèdent une autre caractéristique. En effet, ils induisent de la mousse par le phénomène de diminution de la tension superficielle, ce qui permet d'étendre la surface (81).

III.1.3.1.1.3. Pouvoir moussant

La mousse est produite généralement en solution aqueuse par le gaz qui est dispersé dans le liquide. Le maintien de la mousse se fait grâce aux tensioactifs qui s'adsorbent à l'interface liquide/gaz pour produire une mousse en solution aqueuse. La paroi des bulles forme des structures tridimensionnelles, avec un film liquide appelé lamelle qui stabilise la mousse, comme le montre la *figure 17* (81), (83).

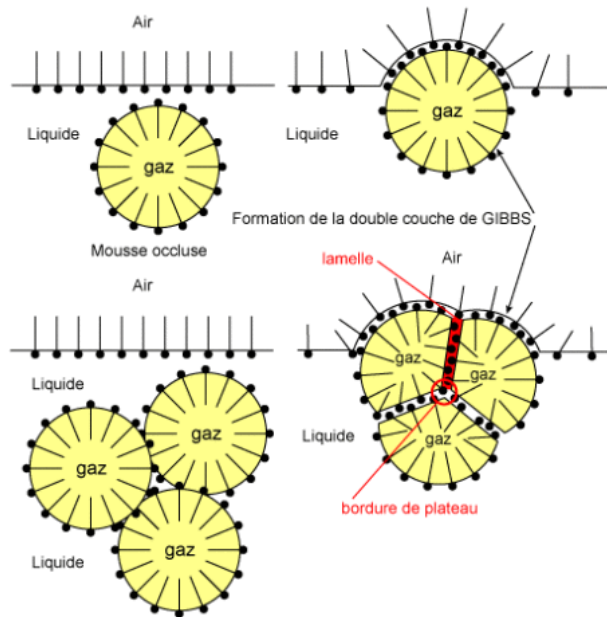


Figure 17 : Formation de la mousse (88)

Selon l'effet d'élasticité nommé Gibbs-Marangoni, la structure tridimensionnelle rend la mousse stable si les films sont suffisamment rigides et résistants. En effet, les films sont soumis à un effort d'étirement qui augmente l'aire superficielle gaz/liquide autrement dit la tension superficielle. Le tensioactif quant à lui diminue cette tension et évite l'amincissement du film. Les tensioactifs/savons évitent la rupture de la mousse, ce qui la stabilise (81), (83), (89).

La mousse a son importance dans les produits d'hygiène car les consommateurs pensent qu'un produit moussant lave mieux. Bien qu'il n'y ait aucune relation directe entre la capacité à produire de la mousse et l'aptitude à la stabiliser, plusieurs paramètres impactent la qualité de la mousse :

- Les tensioactifs ioniques permettent l'obtention d'une mousse stable grâce à une répulsion statique qui permet le drainage du film inter bulle et évite le rapprochement des surfaces.
- Les tensioactifs linaires sont de meilleurs agents moussant que les ramifiés.
- La concentration en tensioactif doit être au-delà de la concentration micellaire critique (CMC) pour que le volume de mousse augmente.
- La température influe sur la capacité de réaliser de la mousse. Pour les tensioactifs ioniques l'augmentation de la température se traduit par l'accroissement de la mousse contrairement aux non ioniques.
- Les additifs organiques polaires, tels que les amides hydroxylés et les oxydes d'amines, qui abaissent la CMC d'un tensioactif, peuvent améliorer la stabilité de la mousse (81), (86), (89).

III.1.3.1.2. Micelles

Les micelles sont des regroupements sous forme sphérique de molécules de tensioactifs lorsque la concentration en tensioactif est suffisamment élevée. En effet, si la concentration

en surfactant est au-delà de la concentration micellaire critique, l'interface eau/air est saturée en molécules de tensioactifs qui s'assemblent alors sous forme de micelles. Les parties hydrophobes se rassemblent entre elles grâce à l'attraction des forces de Van der Waals tandis que les parties ioniques vont subir la répulsion, la forme sphérique apparaît comme le montre la *figure 18* (81), (83).

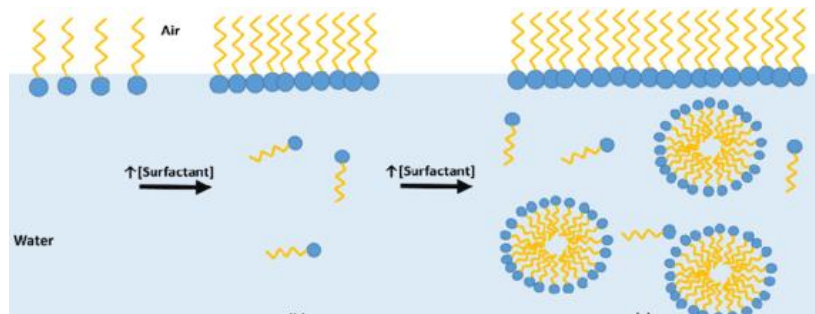


Figure 18 : formation de micelles en fonction de la concentration de tensioactif (90)

Les micelles vont avoir un impact sur la solubilité des hydrocarbures organiques et des huiles dans une solution aqueuse. Elles vont également impacter la viscosité du mélange. En effet, les micelles peuvent s'arranger de diverses manières comme le montre la *figure 19* (81), (83).

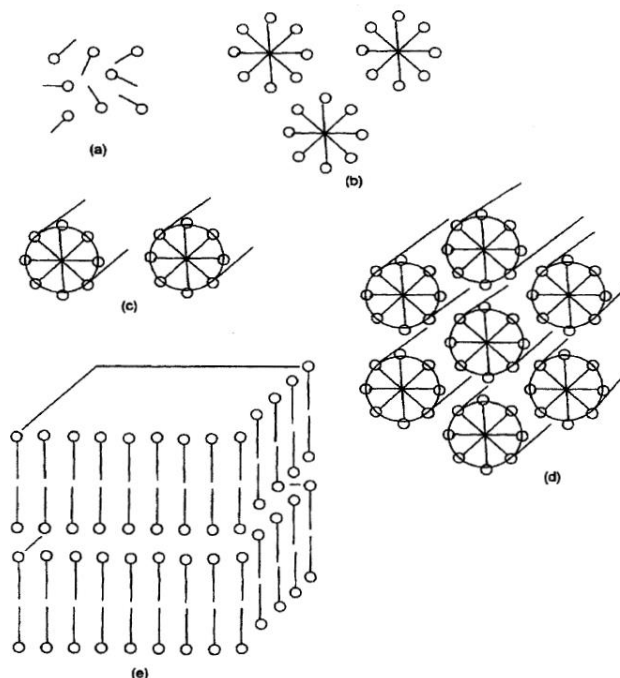


Figure 19 : formation des micelles en fonction des concentrations de tensioactifs (81)

Dans la *figure 19*, les tensioactifs (a) sont en faible concentration dans le milieu, la viscosité est alors égale à celle du milieu de dispersion. Dans l'image (b), la concentration de surfactant est plus élevée et ils s'associent en micelles sphériques, la viscosité est alors environ 100 fois plus élevée que celle du milieu. L'augmentation de la viscosité s'explique par le contact ponctuel entre les sphères. L'image (c) montre le passage des micelles sphériques à cylindriques lorsque la concentration de tensioactif devient encore plus élevée ce qui induit une diminution des molécules d'eau. La viscosité sera alors environ 1 000 fois plus élevée que celle du milieu, car la ligne de contact est plus importante encore. De même, pour les

arrangements (c) et (d) qui forment alors des cylindres avec un arrangement hexagonal, ce qui rend la viscosité plus élevée, d'environ 10 000 fois celle de la solution. Les tensioactifs sont disposés en couche lamellaire dans l'image (e), cette configuration a lieu lorsque les surfactants sont purs ou si la concentration en eau est presque nulle. En effet, le peu de molécules d'eau disponible ne participe pas à la structure, d'où la présence de micelles lamellaires. Dans ce cas la viscosité est faible à cause des répulsions entre les têtes pour les tensioactifs ioniques (81), (83).

Il est important de noter que la présence d'électrolytes dans la phase aqueuse peut avoir un effet sur la structure des micelles pour les tensioactifs ioniques. En effet, un surfactant anionique dilué dans une solution aqueuse sera présent sous forme de micelles sphériques. Cependant, une forme de cylindre peut être atteinte par l'ajout de chlorure de sodium, qui force le rapprochement des têtes hydrophiles. La viscosité est donc augmentée alors que la CMC s'abaisse. Dans ce cas il ne faut pas ajouter trop de sels car l'arrangement tendra vers une couche lamellaire et la viscosité sera diminuée (81), (83).

La viscosité est une propriété importante pour les produits d'hygiène liquides. La grande majorité des formules avec des tensioactifs en utilisent plusieurs pour avoir une synergie et avoir une CMC du mélange plus basse que celle du tensioactif seul (86).

Les tensioactifs vont donc modifier la viscosité d'un mélange, mais ils vont être surtout utilisés pour leurs pouvoirs détergents, d'émulsification ou de solubilisation.

III.1.3.2. Leurs rôles

Les tensioactifs sont utilisés dans diverses industries et divers produits. Leurs applications sont très variées car ils ont plusieurs rôles, dont la détergence, l'aide à la solubilisation et l'émulsification.

III.1.3.2.1. Détergent

Selon le Règlement (CE) n° 648/2004 est appelé « *détergent* » : *toute substance ou mélange contenant des savons et/ou d'autres agents de surface destinés à des processus de lavage et de nettoyage. Les détergents peuvent être présentés sous n'importe quelle forme (liquide, poudre, pâte, barre, pain, pièce moulée, brique, etc.) et être commercialisés ou utilisés à des fins domestiques, institutionnelles ou industrielles.* »(91)

Les tensioactifs possèdent une action détergente par plusieurs mécanismes. Tout d'abord, comme présenté précédemment, ils abaissent la tension superficielle et permettent le mouillage des surfaces. Ensuite, l'émulsification par solubilisation des salissures qui permet le nettoyage. Enfin par le mécanisme de roll-up qui élimine la salissure par décollement (92).

III.1.3.2.1.1. La solubilisation

La microémulsification des produits gras par les tensioactifs dans une solution aqueuse se traduit par la solubilisation de ces produits. Le mécanisme de solubilisation est basé sur la répartition des molécules de gras à l'intérieur des micelles comme le montre la *figure 20*, lorsque la concentration en tensioactif dépasse la CMC. Ces microémulsions sont translucides

car les micelles ont une taille entre 0,01 et 0,1 μm . Les macro émulsions sont opalescentes car les micelles ont une taille entre 0,1 et 10 μm (81), (93).

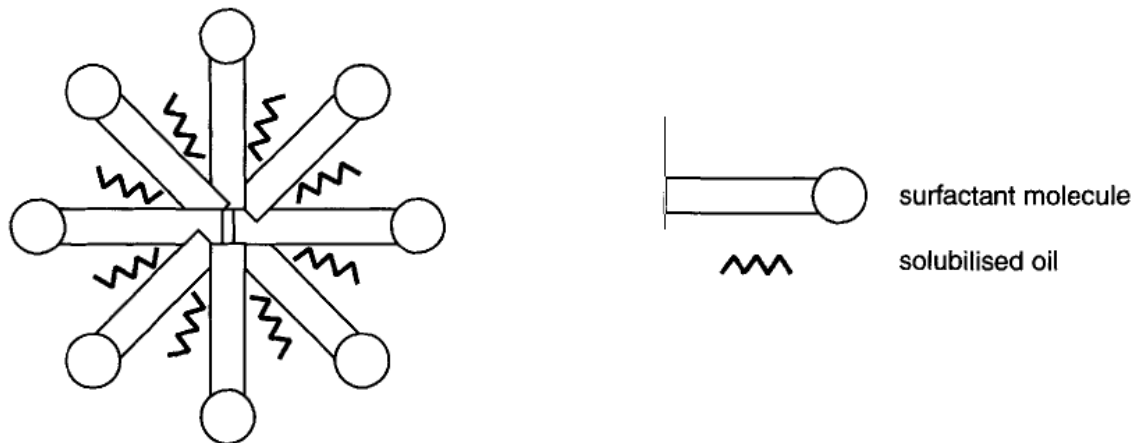


Figure 20 : micro-émulsion entre des molécules d'huiles et une micelle (81)

Les tensioactifs non ioniques, en particulier ceux avec des valeurs de HLB élevées, sont plus efficaces que les tensioactifs ioniques à la solubilisation. De plus, les tensioactifs capables de produire des micelles de grandes dimensions sont meilleurs pour la solubilisation (81).

Concernant les gels douches ou les shampoings, les tensioactifs vont solubiliser le sébum qui contient des triglycérides, des esters de cire et des acides gras (94).

III.1.3.2.1.2. Le roll-up

Le mécanisme de roll-up est basé sur la mouillabilité. Le roll-up peut être défini comme le détachement d'une gouttelette d'huile d'un substrat en raison de l'augmentation de l'angle de contact entre la gouttelette d'huile et le substrat grâce au tensioactif (93), (94).

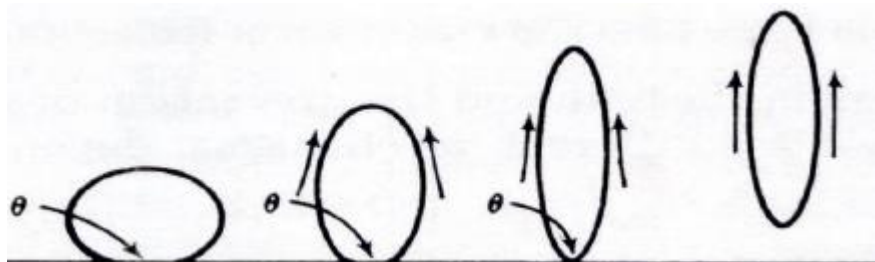


Figure 21 : Mécanisme roll-up (enroulement) (81)

La force motrice provoquant la séparation de l'huile de la surface du substrat et son enroulement résulte de la tension aux interfaces entre l'huile, l'eau et le substrat. En d'autres termes, si la tension interfaciale substrat/eau est faible, la tension interfaciale huile/substrat est élevée et l'interface huile/eau est faible, les conditions sont favorables au mécanisme de roll-up. Cependant, si la viscosité est élevée, les forces interfaciales peuvent ne pas être suffisantes pour enrouler l'huile et une force externe peut être nécessaire pour la déloger. Le tensioactif aide une huile à s'enrouler en abaissant les tensions interfaciales eau/substrat et eau/huile (93).

Dans le cas d'un gel douche ou d'un shampoing ce mécanisme s'applique car la température de lavage est supérieure à 35°C, le sébum est donc sous forme liquide (94).

III.1.3.2.2. Emulsification

Une émulsion est une dispersion entre deux liquides non miscibles, avec une phase dispersée, discontinue, et une phase dispersante continue. Une émulsion est de type aqueuse, si la phase dispersante est hydrophile (H) et la phase dispersée est lipophile (L), elle est nommée L/H. La dispersion de type huileuse est donc l'inverse et elle est nommée H/L. Il existe également des émulsions multiples, H/L/H ou L/H/L par exemples (85), (95).

L'émulsion doit être dispersée de manière homogène pour être stable. Cependant diverses instabilités, réversibles ou irréversibles (95), peuvent se produire :

- L'inversion de phases correspond à une instabilité irréversible : la phase dispersante devient la dispersée et vice versa.
- La coalescence désigne la fusion des globules pour réduire leur surface de contact avec la phase continue, ce phénomène est irréversible (85), (96).
- Le mûrissement d'Oswald est irréversible et se caractérise par l'augmentation des tailles des petites gouttelettes, causée par la disparité de taille des globules. Il s'établit lorsque la solubilité entre les deux phases est faible (96).
- Le crémage ou la sédimentation fait référence au rassemblement des globules à la surface ou au fond du liquide, selon la densité des globules par rapport au liquide dispersant, ces instabilités sont réversibles (95),(96).
- La floculation, également réversible, correspond à l'agrégation des globules sans qu'il y ait rupture du film interfacial (85), (96).

Lors de la réalisation de l'émulsion de nombreuses gouttelettes très fines sont dispersées ce qui augmente la surface de contact et l'énergie libre du système. Afin de réduire l'énergie libre, le tensioactif est intégré dans la formulation pour réduire la tension interfaciale et stabiliser le système dans le but d'éviter ces instabilités (85), (95), (96).

III.1.4. Les conservateurs

La famille des conservateurs est très controversée. Le Règlement (CE) n°1223/2009 définit les agents conservateurs comme « *les substances qui sont exclusivement ou principalement destinées à empêcher le développement de micro-organismes dans le produit cosmétique* ».

Les produits d'hygiène sont majoritairement composés d'eau qui est un support de choix pour la croissance de microorganismes. Les agents conservateurs dans ces produits permettent de garantir la stabilité des matières premières (MP), des qualités organoleptiques et le maintien de l'innocuité du produit. Le conservateur doit réduire le nombre de micro-organisme présents dans les MP et ceux introduits pendant la fabrication. Il doit protéger la formule lors de l'emploi sans agir sur la flore cutanée résidente, jusqu'à la date de péremption du produit (40), (97).

Le conservateur doit avoir une activité à large spectre pour agir sur les bactéries Gram +, Gram -, les levures et les moisissures. Il existe quatre catégories de conservateurs

antimicrobiens : les bactériostatiques et les fongistatiques qui empêchent le développement des bactéries et des champignons, les bactéricides et les fongicides qui tuent bactéries et champignons. Ils agissent selon deux mécanismes : par action chimique qui dénature les protéines cytoplasmiques ou les acides nucléiques, et par action physique qui détruit les membranes cellulaires en altérant les systèmes enzymatiques de la cellule bactérienne. L'usage de deux modes d'actions permet une synergie (40), (97), (98).

Le conservateur doit être compatible avec les autres constituants ainsi qu'avec l'emballage ; il doit être stable et avoir une activité indépendante du pH et de la température. Il faut également qu'il possède une faible toxicité et un pouvoir irritant négligeable, être biodégradable et non accumule dans l'environnement (40), (98).

Dans le tableau 7, la classe chimique des conservateurs et leur spectre d'activité sont résumés (40), (98).

Tableau 7 : résumé des classes chimiques des conservateurs et leur activité (40), (98)

Classe chimique	Activité générale	Mode d'action
ACIDE CARBOXYLIQUE	Levures ++ Moisissures ++	Chimique
ALCOOL ET PHENOLS	Dépend de la molécule : Bactéries gram + Levures moisissures bactéries Spectre large	Physique
ALDEHYDES	Spectre très large	Chimique
AMONIUMS QUATERNAIRES	Bactéries gram + Levures – moisissures	
AMINES	Large spectre	
AMINDES	Large spectre	
HETEROCYCLES	Spectre très large	Physique
SELS	Spectre très large	Chimique

III.1.4.1. Conservateurs « listés » dans l'annexe V du Règlement Cosmétique Européen

L'annexe V du Règlement (CE) n°1223/2009 est une liste des agents conservateurs qui sont admis dans les produits cosmétiques en Europe, sous certaines conditions. Cette réglementation fixe des concentrations maximales, des restrictions d'emploi selon le type de produit ou encore des avertissements à apposer sur le conditionnement (97), (2). Par exemple, les produits qui contiennent plus de 0,05% dans le produit final, de formaldéhyde ou des

substances qui en libèrent doivent contenir la mention « Contient : formaldéhyde » sur l'étiquette (2).

D'autres substances peuvent avoir une action antimicrobienne mais n'étant pas présentes dans l'annexe V, elles ne sont pas considérées comme « conservateurs ».

III.1.4.2. Les conservateurs « non listés »

L'alcool et certains produits naturels possèdent un pouvoir antimicrobien, sans être classés comme conservateurs (97), (98).

Les alcools possèdent des propriétés conservatrices à forte dose. Ainsi l'éthanol doit être présent à plus de 20% dans la formule pour être considéré comme conservateur (97), (98).

Dans les conservateurs naturels, on distingue les huiles essentielles et les extraits naturels. Concernant les huiles essentielles, leur propriété antimicrobienne est liée à leur composition. En effet, elles contiennent des terpènes, des alcools dont des phénols, des acides, des aldéhydes ou encore des cétones. Les phénols, comme le thymol ou le carvacrol, possèdent un spectre large. L'utilisation d'une huile essentielle pour sa propriété antimicrobienne peut poser des problèmes car certaines de ces huiles possèdent des molécules allergisantes, mais également très odorantes. Ensuite, des extraits naturels sont également utilisés, comme l'extrait de pépin qui contient des flavonoïdes polyphénoliques qui lui confèrent une activité antimicrobienne et antifongique (97).

III.1.5. Les régulateurs de pH

La peau ayant un pH moyen de 5,5, les produits d'hygiène doivent avoisiner cette valeur pour ne pas détériorer le film hydrolipidique (8).

Afin de diminuer le pH dans les produits, des acides peuvent être incorporés dans la formule. Les acides les plus utilisés sont les acide acétiques, citrique, borique, glycolique ou encore lactique (99). L'acide lactique permet d'abaisser le pH, mais il est également humectant, c'est un composant du Natural Moisturising Factor (NMF) (5).

Afin d'augmenter le pH les hydroxydes et les alcalonamines peuvent être employés. L'hydroxyde de sodium, de magnésium ou encore de potassium et la triéthanolamine avec l'éthanolamine et la trométhamine sont les molécules les plus utilisées (99).

III.1.6. Composition de trois types de produits lavants liquides

Afin d'avoir une visibilité sur les différentes compositions possibles, un shampoing nourrissant, un gel douche et une huile de douche relipidante sont présentés.

III.1.6.1. Shampoing nourrissant de la marque Typology (émulsion)

Le shampoing nourrissant décrit dans le tableau 8 est une émulsion de type huile dans eau, principalement composée d'eau et de glycérine.

Tableau 8 : composition du shampoing nourrissant Typology et fonctions des ingrédients (100),(101)

INCI	N°CAS	Classification	Fonctions
AQUA	7732-18-5		Solvant
LAURYL GLUCOSIDE	110615-47-9	Tensioactif non ionique	Agent nettoyant
GLYCERIN	56-81-5	Polyol	Humectant
SODIUM LAUROYL SARCOSINATE	137-16-6	Tensioactif anionique	Agent nettoyant et antistatique
SODIUM COCOYL GLUTAMATE	68187-32-6	Tensioactif anionique	Agent nettoyant
COCO-BETAINE	68424-94-2	Tensioactif amphotère	Agent nettoyant et antistatique
GLYCERYL STEARATE SE	11099-07-3	Ester	Agent émulsifiant
SQUALANE	111-01-3	Huile hydrogénée	Emollient, conditionneur capillaire, restaure film hydrolipidique
CAMELLIA OLEIFERA SEED OIL	225233-97-6	Huile végétale	Emollient, riche en omégas-9
ALOE BARBADENSIS LEAF JUICE	85507-69-3 / 94349-62-9	Actif naturel	Actif hydratant
CITRUS RETICULATA PEEL OIL	8008-31-9 / 84929-38-4	Huile essentielle	Agent parfumant et vertus apaisante
PHOSPHOLIPIDS	123465-35-0	Lipides	Actifs pour nourrir les membranes cellulaires
GLYCOLIPIDS			
CINNAMOMUM CAMPHORA LINALOOLIFERUM WOOD OIL	91745-89-0	Huile essentielle	Agent parfumant et propriété anti-inflammatoire
TOCOPHEROL	7616-22-0	Vitamine E	Antioxydant
GUAR HYDROXYPROPYLTRIMONIUM CHLORIDE	65497-29-2	Amonium quaternaire	Antistatique et agent viscosant
LAUROYL LYSINE	52315-75-0	Actif dérivé d'acides aminés	Conditionneur capillaire
DECYL GLUCOSIDE	54549-25-6 / 58846-77-8 / 141464-42-8 / 68515-73-1	Tensioactif non ionique	Agent nettoyant
GLYCINE SOJA OIL	8001-22-7	Huile végétale	Emollient
GLYCINE SOJA STEROLS		Phytosterol	Emollient
CITRIC ACID	77-92-9 / 5949-29-1	Régulateur de pH	
LINALOOL / LIMONENE	78-70-6 / 138-86-3	Allergènes issus des huiles essentielles	
LACTIC ACID	50-21-5	Régulateur de pH	
SODIUM HYDROXIDE	1310-73-2		
LEVULINIC ACID	123-76-2	Actif	Agent d'entretien de la peau
SODIUM LEVULINATE	19856-23-6		
SODIUM BENZOATE	532-32-1	Conservateur	Antimicrobien
POTASSIUM SORBATE	24634-61-5 / 590-00-1		

Dans le tableau 8, la phase aqueuse se constitue des ingrédients indiqués par un fond bleu. Elle possède de l'eau qui représente le solvant principal, ainsi qu'un agent humectant et des actifs hydrophiles. Les régulateurs de pH et les agents conservateurs sont signalés par des cases sans fond coloré.

La phase huileuse se compose des ingrédients mis en évidence par un fond jaune. Elle comprend diverses huiles végétales, ainsi que d'autres actifs tels que des huiles essentielles, des lipides. Pour éviter le phénomène de rancissement des huiles, le tocophérol est essentiel.

Les tensioactifs sont indiqués par un fond vert. Comme il s'agit d'un shampoing, les tensioactifs sodium lauroyl sarcosinate (anionique) et coco-bétaïne (amphotère) ont une fonction importante pour faciliter le démêlage avec leur action antistatique. Le lauryl glucoside est un

tensioactif doux, qui a un faible pouvoir moussant, il est donc combiné avec d'autres tensioactifs tels qu'un anionique et le decyl glucoside, qui est un non ionique mais avec un bon pouvoir moussant. De plus l'association d'un amphotère avec l'anionique permet d'abaisser le potentiel irritant du shampooing.

III.1.6.2. Gel douche Sanex purifiant Zéro %

La composition du gel douche Sanex purifiant Zéro % est décrite dans le tableau 9.

Tableau 9 : composition du gel douche Sanex et fonctions des ingrédients (102)

INCI	N°CAS	Classification	Fonctions
AQUA	7732-18-5	Solvant	
COCAMIDOPROPYL BETAINE	97862-59-4	Tensioactif amphotère	Agent nettoyant
GLYCERIN	56-81-5	Polyol	Humectant
SODIUM C14-16 OLEFIN SULFONATE	68439-57-6	Tensioactif anionique	Agent nettoyant
SODIUM LACTATE	72-17-3 / 867-56-1	Régulateur de pH	Régulateur pH et agent humectant
LACTIC ACID	50-21-5	Régulateur de pH	Régulateur pH et agent humectant
SODIUM BENZOATE	532-32-1	Conservateur	Agent anti microbien
PARFUM			
POLOXAMER 124	9003-11-6	Polymère de synthèse	Agent émulsifiant et agent nettoyant
CAPRYLYL GLYCOL	1117-86-8	Glycols	Emollient, humectant

Dans le tableau 9, la phase aqueuse est constituée des ingrédients signalés par un fond bleu. Elle est majoritairement composée d'eau en tant que solvant principal, une caractéristique courante dans les produits d'hygiène. Cette phase comprend également deux agents humectants. Les régulateurs de pH et les agents conservateurs sont signalés par des cases sans fond coloré. Les agents nettoyants sont indiqués par un fond vert. Le cocamidopropyl bétaine est utilisé en tant que tensioactif primaire, le sodium c14-16 oléfine sulfonate en tant que tensioactif secondaire et le poloxamer 124 comme agent émulsifiant.

III.1.6.3. Huile de douche relipidante Typology

L'huile de douche relipidante Typology est décrite dans le tableau 10, elle contient une phase grasse avec un anti oxydant et un tensioactif.

Tableau 10 : composition de l'huile de douche relipidante Typology et fonctions des ingrédients (103)

INCI	N°CAS	Classification	Fonctions
HELIANTHUS ANNUUS SEED OIL	8001-21-6	Huile végétale	Emolliente
SODIUM LACTYLATE LAUROYL	13557-75-0	Acide estérifié	Emulsifiant
LINOLEIC ACID	60-33-3	Acide polyinsaturé ω 6 gras	Emollient
SQUALANE	111-01-3	Huile hydrogénée	Emollient et agent de restauration lipidique
TOCOPHEROL	7616-22-0	Antioxydant	Antioxydant
PRUNUS ARMENIACA KERNEL OIL	68650-44-2 / 72869-69-3	Huile végétale	Emollient
GLYCINE SOJA OIL	8001-22-7	Huile végétale	Emollient
LINOLENIC ACID	463-40-1	Acide polyinsaturé ω 3 gras	Emollient

L'huile de douche n'ayant pas de phase aqueuse, aucun conservateur, ni régulateur de pH n'est nécessaire. La phase grasse est mise en évidence par un fond jaune et le tensioactif par un fond vert. Le tocophérol piège les radicaux libres qui peuvent se former à cause de l'oxydation des acides gras insaturés, ainsi sa présence est utile pour éviter que l'huile de douche devienne rancie. En outre, l'huile d'amande apporte de la vitamine F qui répare et préserve la barrière cutanée. Le squalane possède une bonne affinité avec la peau, du fait de sa similitude structurelle avec le sébum. Les huiles et les acides gras fournissent l'aspect relipidant de cette huile de douche. Le lauroyl lactylate de sodium possède un caractère hautement moussant ce qui explique son utilisation en tant qu'unique tensioactif primaire (104).

III.2. Composition de différents savons solides

Il n'existe pas encore de définition universelle de la cosmétique solide. Selon le webinaire de SEPPIC sur la cosmétique solide (22 juin 2021), la définition serait la suivante : « *La cosmétique solide regroupe tous les produits cosmétiques sous forme de poudre, de stick, de pain, non déformables, contenant peu ou pas d'eau, avec une diminution voire suppression des emballages. L'usage doit être simple et nomade.* » (105).

Il existe plusieurs types de savons solides et les ingrédients sont variables. En effet, on y retrouve les savons issus de la saponification ou encore les syndets qui sont des savons « sans savons ». Le terme syndet désigne « synthetic detergent » (23). La conscience écologique du consommateur pousse les industries à utiliser moins d'eau dans leur formule. La revue de stareview de décembre 2020 à janvier 2021, dédiée à la cosmétique solide, présente une étude du marché Européen des shampoings- sous forme solide. En majorité, les barres de syndets sont présentes avec 65% des parts du marché, puis avec 23% viennent les pains de savons. Les barres ou pain représentaient donc 88% du marché en 2020, les 12% restant étaient des poudres libres (8%) ou comprimées (4%) (106).

Les savons les plus connus issus de la saponification seront décrits en premier puis les nouvelles formules avec les syndets.

III.2.1. Les savons

Les ingrédients qui composent les savons issus de saponification sont simples. Une phase grasse avec des huiles végétales ou animales, des beurres (40 à 80%), de l'eau (15 à 40%), et une base forte (5 à 15%). L'eau mélangée à la base est nommée l'alcali.

III.2.1.1. Savon d'Alep

Le savon d'Alep est le plus ancien savon solide. Son appellation est d'origine protégée depuis 2016. En effet, le savon d'Alep ne peut être fabriqué que dans l'agglomération d'Alep. Seules Alep, Edleb, Lattaquié et Kessab sont les régions qui peuvent fabriquer du savon de Ghar (savon au laurier), selon le gouvernement Syrien (107). Afin d'identifier les contrefaçons, un sceau rond ou ovale avec une écriture en arabe est déposé sur le savon (*figure 22*). De plus, un logo peut être apposé sur le packaging (*figure 23*).



Figure 22 : Sceau du savon d'Alep (108)



Figure 23 : Logo savon d'Alep (109)

Le savon d'Alep est composé d'huile d'olive non alimentaire, d'huile de baies de laurier, d'eau et d'hydroxyde de sodium, selon le cahier des charges en vigueur sur cette appellation. Il est

fabriqué par saponification à chaud dans un chaudron (107), (110). Le tableau 11 regroupe les propriétés de chaque composant du savon d'Alep.

Tableau 11 : Propriétés des ingrédients du savon d'Alep

INCI	N°CAS	Structure chimique	Fonctions
OLEA EUROPAEA FRUIT OIL	8001-25-0	Majoritaire : acide oléique (C18 :1) monoinsaturé Minoritaires : acide palmitique (C16 :0) saturé, acide linoléique (C18 :2) polyinsaturé Vitamine E	Emollient
LAURUS NOBILIS OIL	8002-41-3 8007-48-5 84603-73-6	Majoritaires : acide oléique (C18 :1) monoinsaturé, acide laurique (C12 :0) saturé Minoritaires : acide palmitique (C16 :0) saturé, acide linoléique (C18 :2) polyinsaturé	Assainissant
AQUA	7732-18-5	H ₂ O	Solvant
SODIUM HYDROXIDE	1310-73-2	NaOH	Base forte

La variation du prix du savon d'Alep est fonction de la proportion d'huile de baies de laurier, qui est plus chère.

Sur l'étiquette de ce produit, les huiles ne sont plus notées comme dans le tableau, car elles sont devenues des sels. En effet la liste INCI est la suivante : Sodium olivate, Sodium laurate, Aqua, Sodium hydroxide.

Le pH du savon d'Alep aux environs de 9, entraîne une augmentation transitoire du pH de la peau, ce qui peut altérer la barrière cutanée avec l'addition de l'effet détergent (107), (110),(111).

III.2.1.2. Savon de Marseille

La fabrication et la composition du savon de Marseille sont protégées par l'édit de Colbert en 1688. Ce savon a connu son âge d'or au XIXe siècle puis la vente a décliné. Cependant, avec la prise de conscience écologique, la demande de savon de Marseille augmente de nouveau (34).

L'appellation « Savon de Marseille » n'est pas protégée ; il existe de nombreux savons qui utilisent des graisses animales, ce qui va à l'encontre de l'édit de Colbert. De plus, de nombreux savons sont fabriqués dans d'autres villes que Marseille, voire dans d'autres pays (34), (112). Afin de défendre le savon, quatre savonneries ont créé l'association l'Union des Professionnels du Savon de Marseille (UPSM), en 2011. Cette association a déposé une marque collective, avec un label, *figure 24* (34),(113)



Figure 24 : Label UPSM (114)

Le cahier des charges pour ce label comprend les obligations suivantes. Le savon de Marseille doit être fabriqué dans son bassin historique phocéén. La saponification doit se faire à chaud, dans un chaudron pendant 7 à 10 jours et en cinq étapes. Enfin, le savon de Marseille ne doit contenir que des huiles végétales, il ne doit pas y avoir de parfum, colorants, conservateurs, ou additifs (34), (112), (113).

L'authentique savon de Marseille est donc composé d'huiles végétales, d'eau, de sel marin et de soude. Parmi les huiles végétales les plus utilisées, l'huile d'olive, de palme et de coco, sont retrouvées (115). Pour un gage de qualité, les savons doivent comporter sur une face, la mention « 72% d'huiles végétales » (31), (116).

Le tableau 12 regroupe tous les ingrédients qui peuvent entrer dans la fabrication du savon de Marseille.

Tableau 12 : Propriétés des ingrédients du savon de Marseille

INCI	N°CAS	Structure chimique	Propriétés
OLEA EUROPAEA FRUIT OIL	8001-25-0	Des acides gras dont : - Majoritaire : acide oléique (C18 :1) - Minoritaires : acide palmitique (C16 :0), acide linoléique (C18 :2) Vitamine E	Emollient, nourrissant
COCOS NUCIFERA OIL	8001-31-8	Des acides gras dont : - Majoritaires : acide laurique (C12 :0) et myristique (C14 :0) - Minoritaires : acide palmitoléique (C16 :1), acide oléique (C18 :1)	Nourrissant
PALM OIL	8002-75-3	Des acides gras dont : - Majoritaires : acide palmitique (C16 :0), acide oléique (C18 :1) - Minoritaire : acide linoléique (C18 :2)	Nourrissant
AQUA	7732-18-5	H ₂ O	Solvant
CHLORURE DE SODIUM	7647-14-5	NaCl	Elimine les excès de soude
SODIUM HYDROXIDE	1310-73-2	NaOH	Base forte

La liste INCI du savon de Marseille de la maison de Marseille est la suivante : Sodium Oliviate, Sodium palmate, Sodium cocoate, aqua, Chlorure de sodium, Hydroxyde de sodium (117).

Comme pour le savon d'Alep, le pH du savon de Marseille aux environs de 10, ce qui peut altérer la barrière cutanée en entraînant une brève hausse du pH cutané (34), (111), (112), (113).

III.2.1.3. Savons surgras

Les savons surgras sont plus nourrissants et plus doux par l'action de surgraissage. Le surgraissage consiste à avoir une partie du corps gras non transformé dans le produit final (118), (119). Les savons surgras sont issus de la saponification à froid. Ils possèdent des corps gras, comme les huiles et les beurres, mais également de l'eau et de la soude. Par exemple, le savon surgras de GAIIA est composé des ingrédients présentés dans le tableau 13.

Tableau 13 : Propriétés des ingrédients du savon surgras GAIIA (120)

INCI	N°CAS	Structure chimique	Propriétés
OLEA EUROPAEA FRUIT OIL	8001-25-0	Des acides gras dont : <ul style="list-style-type: none"> - Majoritaire : acide oléique (C18:1) - Minoritaires : acide palmitique (C16:0), acide linoléique (C18:2) Vitamine E	Nourrissant
BUTYROSPERMUM PARKII BUTTER	194043-92-0 91080-23-8	Des acides gras dont : <ul style="list-style-type: none"> - Majoritaires : acide stéarique (C18:0) et acide oléique (C18:1) - Minoritaires : acide palmitique (C16:0) et acide linoléique (C18:2) 	Nourrissant
HELIANTHUS ANNUUS SEED OIL	8001-21-6	Des acides gras dont : <ul style="list-style-type: none"> - Majoritaires : acide linoléique (C18:2) et acide oléique (C18:1) - Minoritaires : acide palmitique (C16:0) et acide stéarique (C18 :0) 	Nourrissant
COCOS NUCIFERA OIL (69)	8001-31-8	Des acides gras dont : <ul style="list-style-type: none"> - Majoritaires : acide laurique (C12:0) et myristique (C14:0) - Minoritaires : acide palmitoléique (C16:1), acide oléique (C18:1) 	Nourrissant
AQUA	7732-18-5	H ₂ O	Solvant
GLYCERIN	56-81-5	Glycérol : triglycéride	Humectant
RICINUS COMMUNIS OIL	8001-79-4	Des acides gras dont : <ul style="list-style-type: none"> - Majoritaires : acide ricinoléique (C18:1 OH) - Minoritaires : acide linoléique (C18:2) et acide oléique (C18:1) 	Nourrissant
SODIUM HYDROXIDE	1310-73-2	NaOH	Base forte

La liste INCI est la suivante : Sodium olivate, Sodium shea butterate, Sodium sunflowerseedate, Sodium cocoate, Aqua, Glycerin, Sodium castorate, Olea europaea oil, Butyrospermum parkii butter, Helianthus Annuus Seed Oil, Cocos nucifera oil, Ricinus communis oil (120).

Le pH du savon surgras GAIIA se trouve entre 9 et 10. Il provoque une élévation temporaire du pH cutané, pouvant ainsi compromettre la fonction protectrice de la peau. Cependant, le surgras permet d'émollier la peau pour la nourrir (111), (120).

Contrairement aux savons issus de la saponification, les syndets ont une composition différente, à base de tensioactifs, avec plus d'ingrédients et leur pH est plus proche de celui de la peau (5,5), ce qui permet une meilleure tolérance de la peau.

III.2.2. Les syndets solides – « savon sans savon »

Afin de diminuer le pourcentage d'eau dans les formules, de nouveaux procédés et de nouvelles compositions ont vu le jour, les syndets, qui sont des barres solides sans savon mais contenant des tensioactifs, pour le corps et les cheveux (1).

Contrairement au savon qui existerait depuis 4500 ans avant J.C, les syndets sont apparus il y a un siècle avec la découverte des tensioactifs (24), (25), (111). Ces barres possèdent l'avantage d'avoir un pH plus proche de celui de la peau (5,5). La conscience écologique collective et la crise du Covid-19 ont donné l'idée aux industriels de fabriquer plus de syndets pour le corps et les cheveux (39), (111).

Un des premiers syndets, et le plus connu est la barre Dove®. Elle a été développée en 1957, par l'entreprise Lever brothers Co qui est une filiale de Unilevers basé aux Etats-Unis (121), (122), (123). Avant le syndet de la marque Dove, les marques Vel Beauty Bar et Zest Beauty Bar ont été introduites sur le marché respectivement par la compagnie Colgate Palmolive en 1948 et par l'industrie Procter & Gamble en 1952 (122). Dans la dermo-cosmétique, A-DERMA créait son premier syndet au lait d'avoine en 1982 (124). De nombreuses marques de dermo-cosmétique comme Avène ou La roche-posay, ont également développé des syndets qui sont des pains surgras pour prévenir la sécheresse de la peau et aider les peaux atopiques (125), (126).

En 2020, des marques comme Garnier et DOP, des filiales de L'Oréal, sortent des shampoings solides sous forme de syndets, ce qui démocratise ces formes galéniques (1). Les syndets tirent bénéfice d'un effet marketing pour le « Zéro déchet ». Yves Rocher sort des shampoings solides en 2021. Des industries de matières premières comme AMI ingrédients font de nombreux webinaires sur la cosmétique solide et sur la formulation de syndets afin d'élargir la fabrication vers les petites et moyennes entreprises (PME).

Les syndets se composent de 20 à 80% de tensioactifs synthétiques, de 10 à 30 % de plastifiants, liants, de 10 à 30% de facteurs de consistance ou agents de charge, de 0 à 20% d'additifs et de 3 à 10% d'eau.

III.2.2.1. Les ingrédients

La sélection du tensioactif synthétique est essentielle pour la performance du produit final. Les tensioactifs les plus couramment utilisés sont le sodium cocoyl iséthionate, l'alkyl éther sulfonate et les sulfates de cocomonoglycéride.

Les plastifiants et les liants sont des substances qui abaissent la viscosité du mélange pour améliorer l'incorporation des ingrédients et faciliter l'écoulement dans les canaux d'injection pour l'extrusion. Ils permettent également de lier les ingrédients, mais ils jouent un rôle influant sur le moussage et l'usure de la barre de syndet. Les molécules les plus utilisées sont les acides gras et leurs dérivés, les alcools gras. L'utilisation d'alkylcétones grasses et de triglycérides hydrogénés avec des acides gras ou alcool en combinaison, augmente de manière significative la plasticité. Les plastifiants et liants servent également d'agent émoullissant et humectant (23), (127), (128), (129).

Les agents de charges ou facteurs de consistance, améliorent la structure interne et la dureté, mais ils permettent également de réduire le coût de production. Les molécules qui rentrent dans cette classe sont la poudre de talc, les dérivés de la cellulose, le mannitol, ou encore l'amidon. La proportion de cette classe ne doit pas être trop importante car elle peut conférer une rugosité à la surface au pain et une perte de glissement avec un aspect moins attrayant (23), (127), (128), (129).

Les additifs sont des ingrédients ajoutés en petite quantité, qui permettent d'améliorer certaines propriétés comme l'odeur avec le parfum ou la neutralité pour la peau avec des régulateurs de pH. Les conservateurs comme le phenoxyethanol et l'éthylhexylglycerine et les anti-oxydants comme les tocophérols, sont utiles pour assurer la qualité microbiologique et empêcher les oxydations. Les agents conservateurs peuvent être nécessaires car le pH du syndet se trouve généralement entre 5,5 et 7,5, ce qui n'empêche pas les contaminations, contrairement aux savons issus de saponification. Des additifs ou actifs hydratants (glycérine, polyéthylènes glycols) permettent de garder la peau hydratée après le lavage (23), (127), (128), (129) .

III.2.2.2. Composition d'un syndet de chez AMI ingrédient

Le tableau 14 montre la composition d'un syndet proposé par AMI ingrédient, avec la fonction de chaque ingrédient.

Tableau 14 : composition d'une crème douche solide sans sulfate de chez AMI ingrédient (127)

INCI	N°CAS	Classification	Fonctions
SODIUM COCOYL ISETHIONATE	61789-32-0 / 58969-27-0	Tensioactif anionique	Agent nettoyant
CETEARYL ALCOHOL	67762-27-0 / 8005-44-5	Alcool gras	Plastifiant, liant
STEARIC ACID (and) PALMITIC ACID	57-11-4 / 57-10-3	Acide gras	Plastifiant, liant
BUTYROSPERMUM PARKII (SHEA) BUTTER	194043-92-0 - 91080-23-8	Beurre	Emollient cireux
CELLULOSE	9004-34-6	Polymère naturel ou d'hémisynthèse	Agent de charge
TRIBUTYL CITRATE	77-94-1	Ester d'acide citrique	Plastifiant
GLYCERIN	56-81-5	Polyols	Humectant
ERYTHRITOL	7541-59-5 / 149-32-6	Polyols	Humectant
CAPRYLYL/CAPRYL GLUCOSIDE (AND) WATER	68515-73-1	Tensioactif non ionique	Agent nettoyant
POLYGLYCERYL-3 DIISOSTEARATE	66082-42-6 / 85666-92-8	Polymère de synthèse	Emulsionnant
PARFUM			
TOCOPHEROL	10191-41-0	Vitamine E	Anti oxydant

D'après le tableau 14, le syndet ne comporte pas d'eau mais il possède des polyols (en fond bleu) qui sont des humectants hydrophiles. Les composants lipophiles sont indiqués par un fond jaune, tels que le beurre de karité pour le côté émoulliant et cireux et le tocophérol qui protège les acides gras insaturés de l'oxydation. Les tensioactifs et émulsionnants sont identifiés par fond vert, parmi lesquels le sodium cocoyl isethionate est un tensioactif anionique couramment utilisé dans la fabrication de syndet en raison de son coût abordable et son excellente propriété moussante. Les agents plastifiants, liants (en fond rouge) sont importants pour le procédé d'extrusion : en abaissant la viscosité du mélange, ils permettent une étape de chauffage moins importante lors du procédé de fabrication. La cellulose (en fond brun), agit comme agent de charge permettant d'ajuster la consistance du syndet. La prise de conscience écologique a mené à l'augmentation de production de syndets mais également à d'autres formes galéniques, dites plus écologiques par l'absence de l'eau dans leur formule.

IV. Les divers procédés de fabrication des produits d'hygiène

IV.1. Procédés de fabrication pour les produits liquides

Les produits d'hygiène liquides peuvent posséder deux phases comme les crèmes de douche, ou les shampoings nourrissants. Ils peuvent également ne posséder qu'une phase comme le gel ou l'huile de douche. Ces produits ont un procédé de fabrication différent.

IV.1.1. Les émulsions

Certain produits lavants sont composés d'une phase grasse et d'une phase aqueuse, mais également de tensioactifs et d'émulsifiants. Ces produits se présentent sous forme d'émulsions ayant un aspect laiteux. En quantité moindre on y trouve généralement, des actifs, des conservateurs et des antioxydants.

IV.1.1.1. Principe de fabrication

Afin d'obtenir une émulsion, la première étape correspond à la dispersion d'une phase liquide dans la seconde phase liquide. Les deux phases sont non miscibles et cette étape conduit à une pré-émulsification. Afin d'obtenir une émulsion stable, les tensioactifs et les agents émulsifiants jouent un rôle crucial ; ils sont incorporés par agitation après la préparation de la phase dans laquelle ils ont la meilleure compatibilité (48), (130), (131). Certains tensioactifs, agents émulsifiants ont un point de fusion élevé, ce qui nécessite le chauffage de la phase les contenant, afin de le solubiliser. De plus, il est essentiel de maintenir la seconde phase à la même température pendant l'incorporation et l'homogénéisation afin d'éviter la séparation des phases. Ensuite, vient l'étape d'homogénéisation qui consiste à réduire la taille des gouttelettes pour améliorer la stabilité. La vitesse d'agitation lors de cette étape est également un point critique, car elle doit être suffisante pour réduire la taille des gouttelettes. Cependant, une agitation excessive peut provoquer une coalescence, tandis qu'une agitation insuffisante peut induire une instabilité telle que l'inversion de phase, la sédimentation ou le crémage (131). La vitesse d'agitation et la température de fabrication sont donc des paramètres clés pour la stabilité de l'émulsion (48), (95), (130).

IV.1.1.2. Matériels industriels

L'émulsion doit subir un cisaillement ou une cavitation pour se former puis une homogénéisation afin d'augmenter sa stabilité.

Pour l'agitation le matériel peut être classé en fonction de la consistance de l'émulsion ou en fonction du système qui génère le cisaillement, la cavitation, avec l'obtention de globules de 0,1 à 50 μm (95), (132), (131).

Une émulsion fluide est réalisée avec des agitateurs à hélice, à palette ou à turbine et des agitateurs électromagnétiques ou à ultrasons ou homogénéisateur haute pression (HPH), tandis que pour une émulsion épaisse, comme une crème, l'emploi de mélangeurs malaxeurs, comme les mélangeurs planétaires à pales, est nécessaire (95), (132).

L'agitation permet de cisailier le liquide que l'on cherche à répartir dans l'autre et d'obtenir des globules de petite taille lorsque le cisaillement est intense (95), (132).

Les systèmes de cisaillement sont les agitateurs à turbines, à hélice ou à pales. Alors que les systèmes de cavitation sont les techniques ultrasonores et les HPH (132).

Pour les systèmes de cisaillement, il existe trois types de mouvements : axial, radial et tangential, comme le montre la *figure 25*.

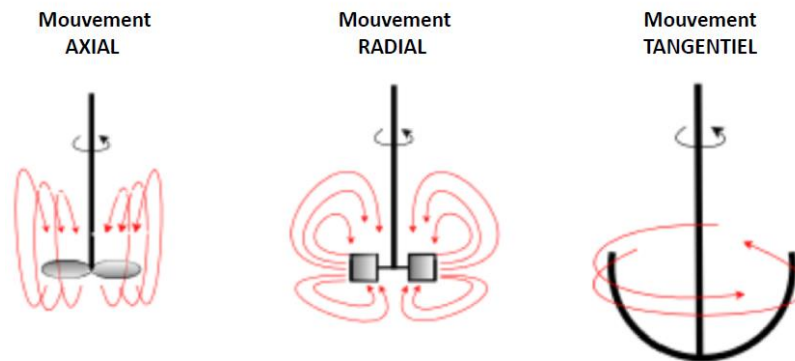






Figure 25 : les trois types de mouvements de cisaillement(41)

En plus des mouvements, le choix des agitateurs est important selon la forme galénique à réaliser. Le tableau 15 présente les types d'agitateurs avec leurs caractéristiques.

Tableau 15 : Présentation des types d'agitateurs à cisaillement (41)

Type d'agitateur	Photo	Caractéristiques
Défloculeuse		Mouvement radial, avec un fort taux de cisaillement
Rotor stator		Mouvement axial, avec un fort taux de cisaillement
Hélice		Mouvement axial, avec un taux moyen de cisaillement
Hélices type ancre planétaire avec racleur		Mouvement radial, avec un faible taux de cisaillement

Le choix du système d'agitation se fait en fonction de la finesse désirée, du rapport de viscosité des phases dispersée et continue, du bilan énergétique souhaité et de la facilité à extrapoler vers les outils industriels. Par exemple, pour les émulsions liquides, les systèmes à turbine avec défloculeuse ou rotor-stator, sont les plus performants pour obtenir des globules de petite

taille, grâce à leur géométrie et leur vitesse de rotation qui peut aller jusqu'à 40 000tr/min (95),(132),(130).

Pour L'homogénéisation, il existe deux types d'appareils :

- les broyeurs ou moulins colloïdaux, encore appelés homogénéisateurs rotatifs. Ces systèmes comprennent un rotor qui est fixé sur un axe pour amener une rotation à grande vitesse et un stator qui est la partie fixe de chaque côté du rotor. La *figure 26* présente un schéma d'un moulin colloïdal qui indique que l'émulsion grossière est contrainte à passer entre le rotor et le stator avec l'écartement défini. Les globules sont alors étirés et leur taille devient plus petite et homogène. Afin d'éviter les échauffements un système de refroidissement peut être mis en place (95), (132).

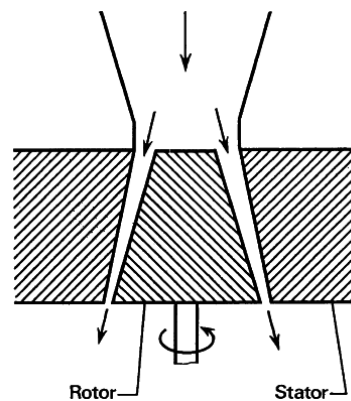


Figure 26 : moulin colloïdal(95)

- les homogénéisateurs à haute pression également désignés homogénéisateurs à filières ou à ultrasons (95),(132),(130).

Les HPH, comme le montre la *figure 27*, sont des systèmes dans lesquels l'émulsion est forcée à passer un certain nombre de fois à travers un espace réduit avec une forte pression, définie selon le besoin. Ce système est intéressant car il permet de réaliser des émulsions dont la taille des globules est inférieure à celle obtenue par d'autres moyens d'agitation ou d'homogénéisation. La taille des globules est inférieure à 10µm (95),(132),(130).

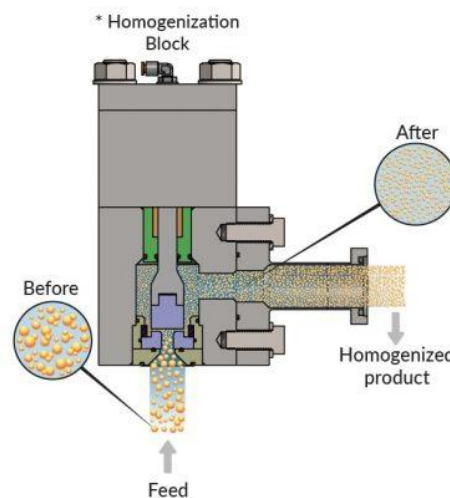


Figure 27 : schéma d'un HPH (133)

L'homogénéisateur à ultrasons fonctionne selon le phénomène de cavitation. Comme le montre la *figure 28*, la cavitation est la production de bulles dans le liquide. Lors de l'implosion

de celles-ci l'onde de choc entraîne des déplacements à vitesse élevée qui induisent la réduction de taille des globules en les séparant (134).

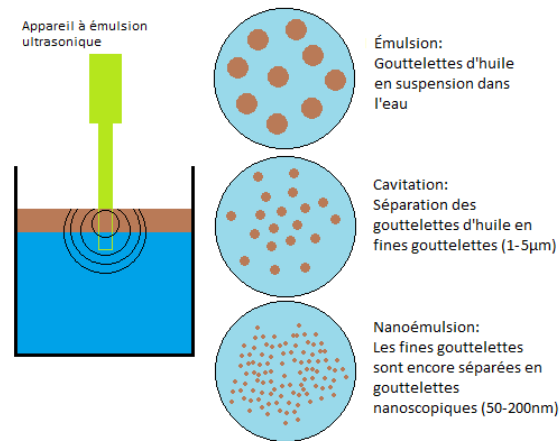


Figure 28 : homogénéisation par ultrasons (135)

Les appareils industriels les plus utilisés sont les mélangeurs homogénéisateurs sous vide, *figure 29*. La cuve est équipée d'un agitateur et d'un homogénéisateur ainsi que d'un système d'incorporation des matières premières avec leur mise en température et leur vidange (41), (136). Dans ce type d'équipement, seuls les agitateurs à cisaillement sont présents et ils peuvent être positionnés en central, en excentré, en incliné ou en tangentiel. La cuve comporte une double enveloppe dans laquelle circule de l'eau en vapeur ou liquide selon la phase du procédé afin d'atteindre les températures souhaitées. Le vide est utilisé pour aspirer les constituants sans émettre de poudre et en désaérant le produit. D'autres appareils annexes, comme les fondoirs, les broyeurs ou les homogénéisateurs à filière peuvent être employés (136).

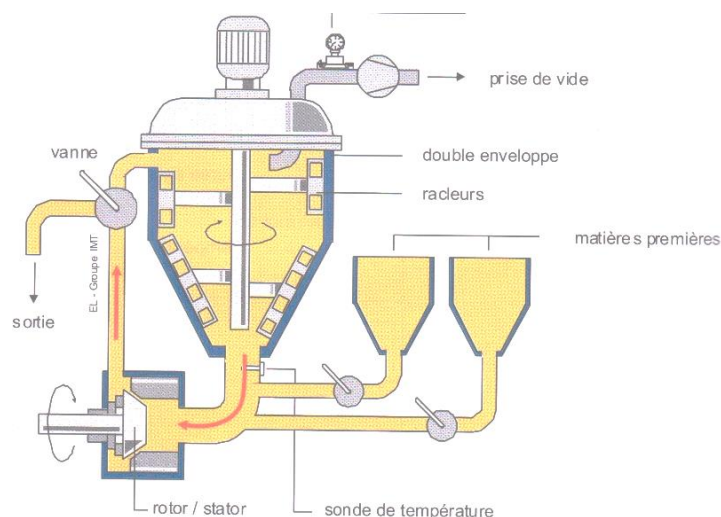


Figure 29 : mélangeur-homogénéisateur sous vide à recirculation externe (136)

IV.1.1.3. Procédé de fabrication

Les émulsions vont avoir plusieurs étapes dans leur procédé de fabrication, dont certaines peuvent avoir des consignes de températures ou de vitesse d'agitation pour optimiser la stabilité de l'émulsion (85), (95). L'étape la plus importante est la dispersion d'une phase dans l'autre : les paramètres doivent être contrôlés. La *figure 30* montre les étapes de fabrication et de contrôle d'une émulsion lorsque celle-ci nécessite de chauffer ses deux phases.

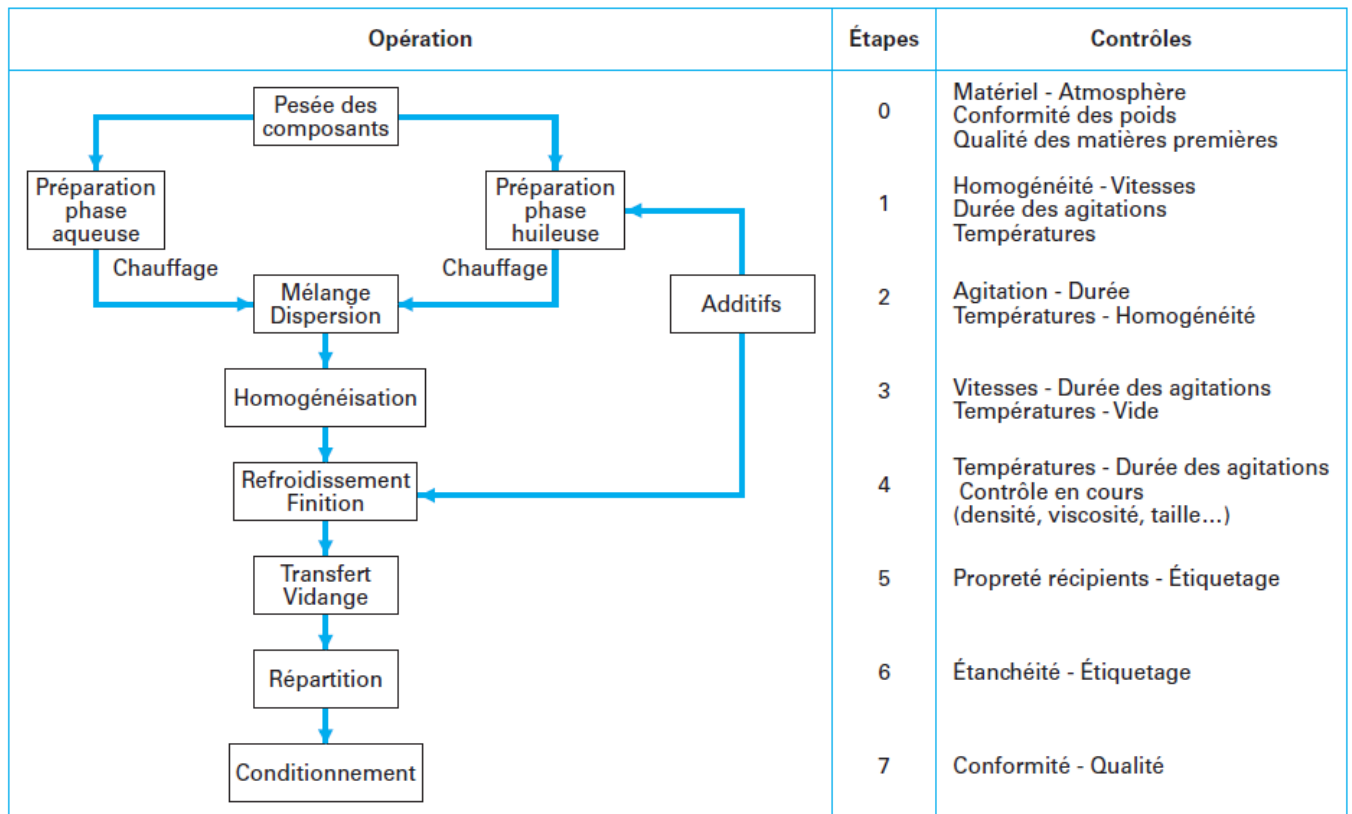


Figure 30 : Etapes de fabrication d'une émulsion (131)

Il est toujours nécessaire de préparer une phase aqueuse et une phase huileuse avec leurs tensioactifs respectifs. L'ordre d'ajout de la phase grasse ou aqueuse dépend du type d'émulsion souhaitée ou de la technique. En effet, si la phase dispersée est la phase grasse et la dispersante est la phase aqueuse, il y a deux possibilités pour obtenir une émulsion H/E. La première méthode consiste à verser la phase dispersée (huileuse) dans la dispersante (aqueuse) sous une agitation à fort cisaillement. La seconde méthode est appelée l'inversion de phase, car c'est la phase dispersante qui est versée dans la dispersée et à un certain stade une inversion de phase se produit. Cette technique permet d'obtenir des globules plus petits. Parfois, l'émulsion se faisant très facilement, les deux phases peuvent être introduites ensemble dans le mélangeur. Les additifs comme les parfums, les régulateurs de pH ou encore les conservateurs sont souvent ajoutés lors de la phase de refroidissement (95), (132), (131).

La température est un paramètre très important. Les deux phases doivent être à la même température au moment de leur introduction dans le mélangeur (étape 2 dans la *figure 30*). La plupart du temps, le mélange se fait à une température entre 50 et 80 °C pour une meilleure dispersion (95), (132), (131).

Souvent les agitateurs ou mélangeurs suffisent pour avoir une émulsion avec une dispersion de petite taille de gouttelettes homogènes, mais dans certains cas, l'homogénéisateur est nécessaire pour réduire et homogénéiser la taille des globules (étape 3 dans la *figure 30*) (95), (132), (131).

Lorsque l'émulsion est terminée, il faut maintenir l'agitation jusqu'au retour à la température ambiante, afin d'éviter toute instabilité. Pour maîtriser la température, les mélangeurs sont à doubles parois, comme vu précédemment (95).

IV.1.2. Gel douche et huile de douche

Le gel douche possède, généralement, une phase aqueuse avec des tensioactifs, des régulateurs de pH et des conservateurs, alors que l'huile de douche se compose d'une phase grasse, de tensioactifs et d'antioxydants. Leur fabrication est plus simple que celle des émulsions.

IV.1.2.1. Principe

Pour la fabrication de gel ou d'huile de douche, une étape d'homogénéisation par agitation est nécessaire. Il est possible que des ingrédients doivent être chauffés afin d'activer des agents texturant ou afin de fondre des ingrédients. Pour un gel douche, la vitesse d'agitation est également un point de vigilance pour l'incorporation d'ingrédients gélifiants, et pour garantir l'homogénéité du produit sans former trop de bulles d'air et de mousse (41).

IV.1.2.2. Matériels industriels

Concernant l'agitation, le mélangeur planétaire est à utiliser si le produit est visqueux, sinon une hélice est à privilégier (41).

Un mélangeur homogénéisateur comme vu précédemment, peut être utilisé ou un simple mélangeur avec circulation externe pour contrôler la température si besoin (41),(136).

Si les systèmes d'alimentation du mélangeur ou de l'homogénéisateur ne sont pas équipés d'une circulation externe, des fondoirs peuvent être utilisés. Le fondoir est constitué d'une cuve à double paroi et possède un système d'agitation unique, à ancre ou à turbine. Il permet de chauffer une partie de la formule si besoin (136).

IV.1.2.3. Procédé de fabrication

Le procédé de fabrication d'un gel ou d'une huile de douche est plus simple car le produit final est monophasé, il n'y a pas de risque d'instabilités.

Concernant les gels, il faut être vigilant au niveau de l'étape d'ajout de l'agent de texture : l'agitation ne doit pas être trop vigoureuse afin d'éviter l'incorporation de bulles d'air, mais suffisante pour bien homogénéiser la préparation. Pour les agents texturants comme les gommes de xanthane, il est possible de chauffer le mélange ou de réaliser une pré dispersion dans la glycérine. Après l'ajout des tensioactifs, l'incorporation des conservateurs, d'ajusteurs de pH, du parfum ou d'autres additifs est réalisée par une faible agitation afin de ne pas former de mousse. De plus, les tensioactifs sont souvent mélangés entre eux avant d'être intégrés au reste de la formule afin d'éviter le phénomène de mousse. Les tensioactifs anioniques ayant un pouvoir moussant important, il est conseillé de les ajouter en dernier (85).

Concernant les Huiles de douches il n'y a pas de gélifiant, la production est plus simple. Un fondoir peut être utile si la formule contient certains corps gras avec un point de fusion

supérieur à la température ambiante, comme l'huile de noix de coco, ou des agents de texture comme le beurre de cacao, par exemple (85).

La *figure 31* montre les principales étapes de fabrication et de contrôle d'un gel ou d'une huile de douche.

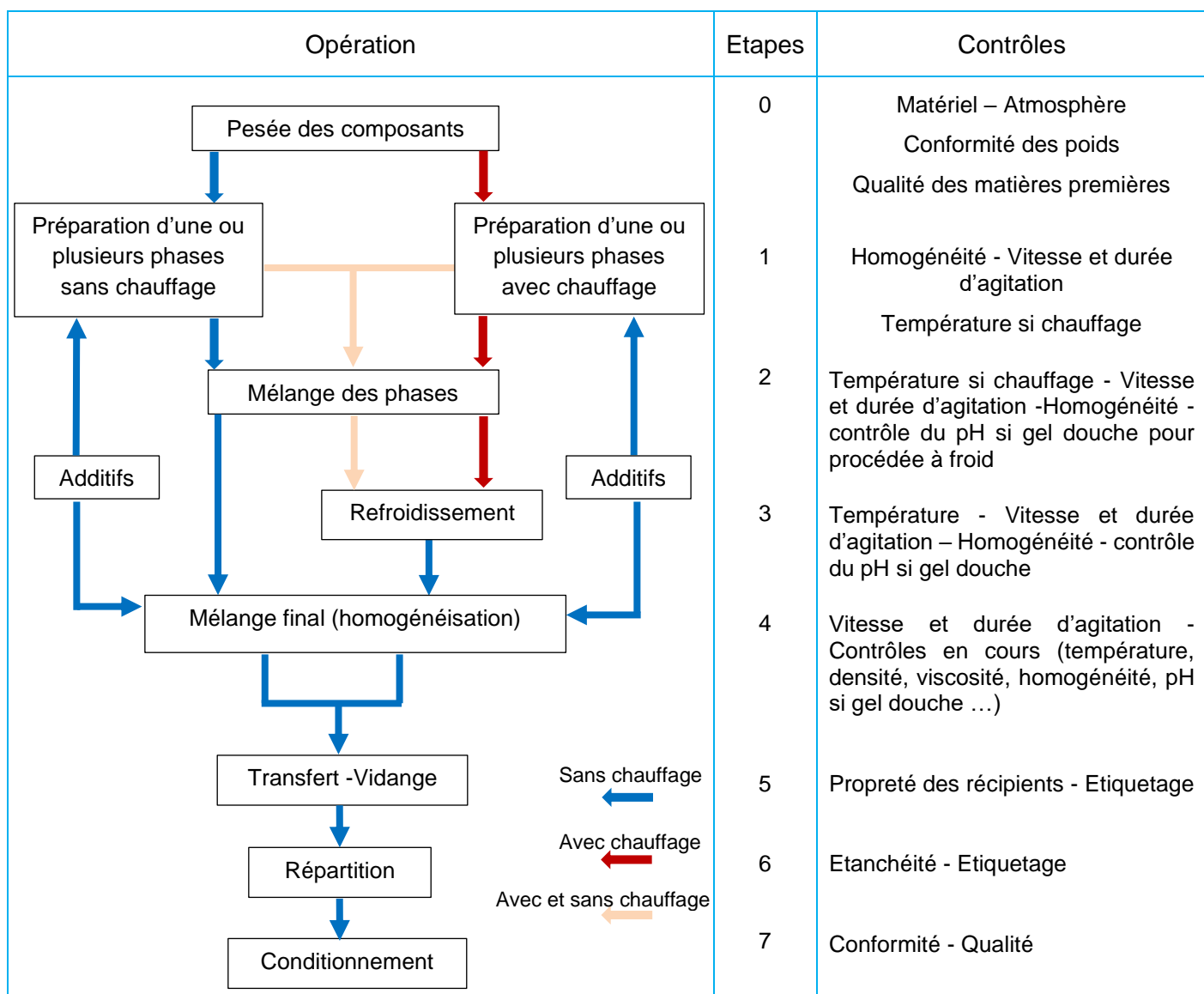


Figure 31 : Etapes de fabrication d'un gel ou d'une huile de douche et contrôles (131)

La fabrication de gel douche se fait en plusieurs étapes même si tous les éléments sont solubles en milieu aqueux. En effet, les ingrédients vont être répartis dans des phases qui seront mélangées entre elles avant d'être ajoutées les unes aux autres. De plus, certaines phases peuvent être chauffées afin d'améliorer la solubilisation. Les additifs comme les régulateurs de pH, les conservateurs, ou encore les parfums sont généralement ajoutés à l'étape 3 de la *figure 31*. Un contrôle du pH à l'étape 2 permet de connaître la quantité nécessaire d'ajusteur de pH à rajouter pour atteindre le pH souhaité.

La fabrication d'huile de douche est encore moins complexe du fait de l'absence de conservateur et de régulateur de pH.

Les procédés de fabrication pour les savons solides sont différents. Ils utilisent la saponification ou des techniques plus récentes pour les syndets. Concernant la saponification, on distingue celle réalisée à chaud et à froid.

IV.2. Saponification à chaud

La saponification à chaud est la méthode la plus ancestrale avec la fabrication du savon de Marseille et du savon d'Alep, par exemple. La saponification peut se faire de manière continue ou discontinue. La saponification peut être réalisée en semi-ébullition avec la béquille ou à ébullition totale avec la chaudière (137).

IV.2.1. Principe

La saponification est une réaction entre un corps gras et un alcali le plus souvent la potasse ou la soude. La réaction donne des ions carboxylates et de la glycérine, comme le montre la figure 32 (138).

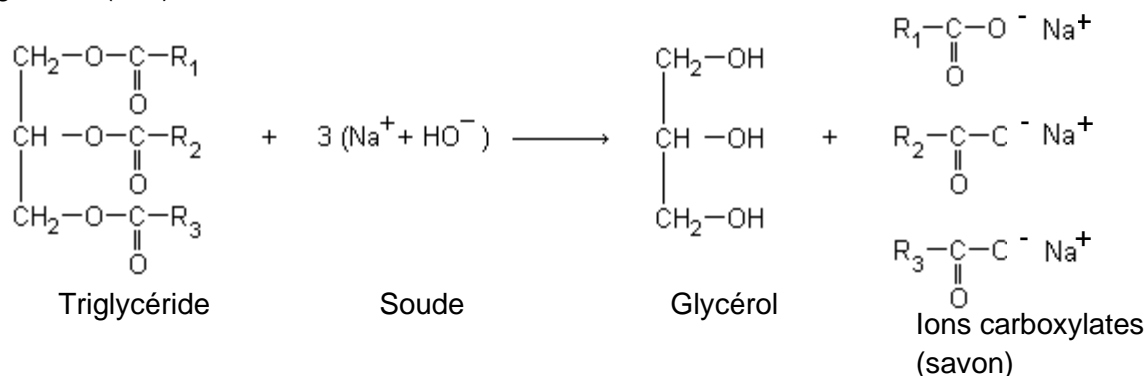


Figure 32 : Réaction de saponification (139)

Afin d'obtenir des savons durs, l'alcali utilisé est la soude. La glycérine qui est créée lors de ce processus peut être extraite partiellement ou non extraite (138), (140). Afin d'accélérer la saponification, les ingrédients sont chauffés.

Les huiles possèdent divers indices chimiques et poids moléculaires qui caractérisent leurs propriétés dans la fabrication du savon. L'indice de saponification (IS) définit la quantité d'hydroxyde de potassium nécessaire pour saponifier 1 gramme de corps gras, tandis que l'indice d'iode (II) détermine l'insaturation des chaînes carbonées(141). L'IS est déterminé selon la norme NF EN ISO 3657 et la Ph.Eur.11.2, 2.5.6, tandis que l'II est déterminé selon la norme NF EN ISO 3961 et la Ph.Eur.11.2, 2.5.4 (138), (142), (143). Afin d'évaluer la qualité du savon en fonction des corps gras choisis, on utilise le facteur Iodine Number Saponification value (INS) en soustrayant l'II de l'IS. Un INS autour de 146 est idéal pour obtenir un savon avec les caractéristiques suivantes : une consistance moyennement dure, une production de mousse stable et importante ainsi qu'une bonne couleur sans mauvaise odeur (138).

Lorsque le corps gras a un poids moléculaire élevé, la solubilité du savon et la stabilité de la mousse sont augmentées, alors que le pouvoir détergeant et la capacité de fixer des charges sont diminuées. Les corps gras qui possèdent un nombre de chaînes carbonées jusqu'à l'acide laurique améliorent le pouvoir moussant alors qu'au-delà de douze carbones, une diminution de ce pouvoir est constatée (138), (142).

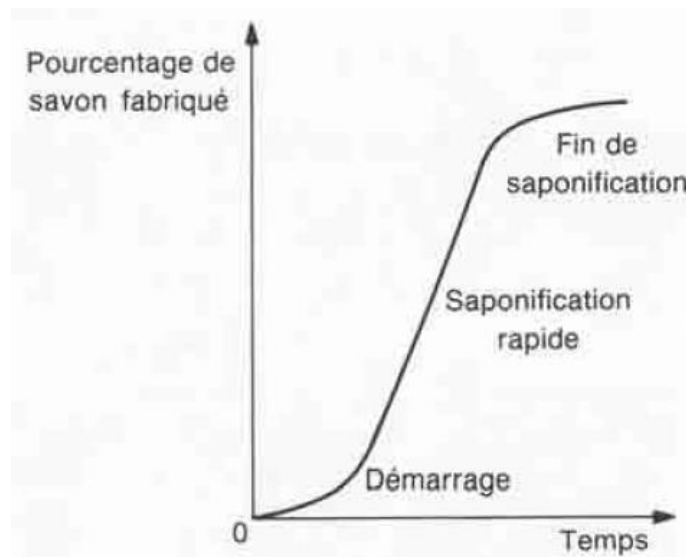


Figure 33 : Courbe de la cinétique de réaction de saponification (144)

La réaction de saponification suit une courbe de cinétique décrite dans la *figure 33*. Tout d'abord, lors du démarrage la qualité et la finesse de l'émulsion influencent la vitesse de réaction. Cette phase est terminée lorsqu'environ 20% de la masse mise en œuvre est saponifiée. Ensuite, vient la phase linéaire où la réaction de saponification se fait plus rapidement et devient proportionnelle au temps. Le savon formé au cours de la première phase permet la dissolution des graisses dans les micelles de savon pour accélérer la réaction. Lors des procédés de fabrication industriels, des réactants d'une fabrication précédente sont envoyés sur le savon pour les procédés de fabrication discontinus. Cependant, pour les procédés de fabrication en continu c'est une masse de savon recyclé qui est utilisée. Enfin, vient le plateau qui correspond à la fin de la saponification. Dans cette phase, la quantité de micelles est suffisante pour dissoudre toute la graisse et la concentration des réactifs diminue ce qui ralentit la réaction. Lors de la production, un excès d'alcali conduit à un savon sans huiles insaponifiées, ce qui garantit une bonne conservation du savon (144).

Les procédés de fabrication ont évolué dans le temps (développement de procédés continus) mais les procédés de fabrication discontinus restent encore les plus largement employés pour les fabrications artisanales.

IV.2.2. Matériels industriels et artisanaux

Les savons de type savon d'Alep ou de Marseille sont pour la plupart produits de manière artisanale, mais d'autres savons ou des copies sont réalisés par méthode industrielle.

IV.2.2.1. Matériels pour procédés discontinus

Le procédé de fabrication discontinu est également appelé procédé en « batch », car ce procédé s'arrête une fois que la réaction entre les quantités de produits introduits dans l'appareil est totale.

IV.2.2.1.1. Outils pour réaliser la saponification

Afin de réaliser la première étape de saponification, les outils utilisés sont une béquille, ou une chaudière à vapeur (137), (145).

La béquille est équipée d'une vis de mélange verticale et d'une lame d'ancrage rotative afin d'empêcher les produits de se déposer dans le fond, comme le montre la *figure 34*. La vis de mélange verticale contraint les matières à s'écouler vers le haut lorsqu'elles sont contenues dans le tube alors qu'à l'extérieur elles s'écoulent vers le bas. Au fond de la cuve un système de purge est présent afin d'éliminer l'excès de soude. L'alimentation se fait par le haut à partir des différentes buses d'alimentations. Ce type de matériel permet de ne plus travailler à ébullition mais à 90°C (137), (145), (144), (146) .

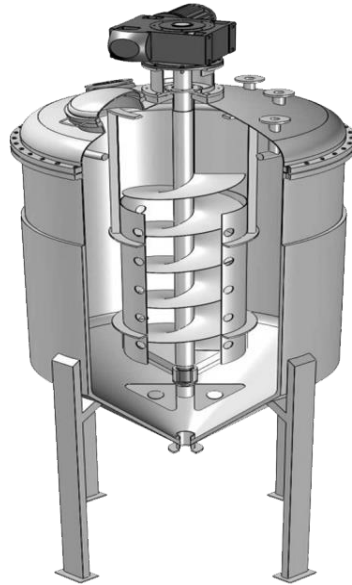


Figure 34 : Béquille à savon pour saponification (147)

Le chaudron à vapeur est plus souvent utilisé pour la fabrication artisanale des savons de Marseille ou d'Alep, *figure 35*. La cuve est remplie par le haut par des tuyaux qui conduisent la soude, l'huile, l'eau salée. Le chauffage se fait grâce au serpentin vapeur en fond de cuve. Les serpentins à vapeur participent à l'action de mélange. L'évacuation du savon se fait par le sol(148).



Figure 35 : Chaudron à vapeur utilisé dans la saponification artisanale (149), (150)

IV.2.2.1.2. Outils pour sécher

Le séchage sous vide permet la production de bondillons ou de barres de savon en obtenant une pâte sèche et froide. Les bondillons sont sous forme de petits cylindres ou de paillettes et sont constitués d'une base de savon pure issue d'huiles pour le savon ou une base de tensioactifs pour les syndets. Les industriels peuvent rajouter des additifs comme des parfums. L'atomiseur est la partie centrale du séchoir, comme le montre la *figure 36*. La pâte de savon entre dans l'atomiseur de manière tangentielle afin de diminuer la formation de poussière et pour séparer les fines particules de la pâte à savon. Ces fines peuvent être récupérées à l'aide d'un séparateur de fines pour être extrudées. Le savon va sécher en laissant échapper la vapeur, qui est recyclée en étant transportée dans l'échangeur de chaleur. Dès son entrée la pâte à savon sèche et refroidit immédiatement. L'atomiseur est donc composé de grattoir rotatif afin d'éviter l'accumulation de savon sur la paroi. Dans la partie inférieure, le bras brise-pont enlève le produit qui s'accumule sur les vis pour éviter la formation d'un pont qui boucherait l'alimentation de la boudineuse qui met en forme des bondillons ou des barres. La pression d'entrée du savon est modulable. (151), (152), (149)



Figure 36 : atomiseur pour séchage (153)

Les refroidisseurs cylindriques permettent une solidification uniforme et évitent la formation de grains trop secs. Ils sont composés de deux cylindres réfrigérés contrarotatifs de même diamètre, comme le montre la *figure 37*. La pâte à savon est versée dans la trémie, et entre en contact avec les cylindres. Les cylindres sont refroidis grâce à un système à spirale qui englobe toute la surface des cylindres. Le savon une fois refroidi peut être réduit en flocons qui peuvent alimenter une boudineuse (154), (155).

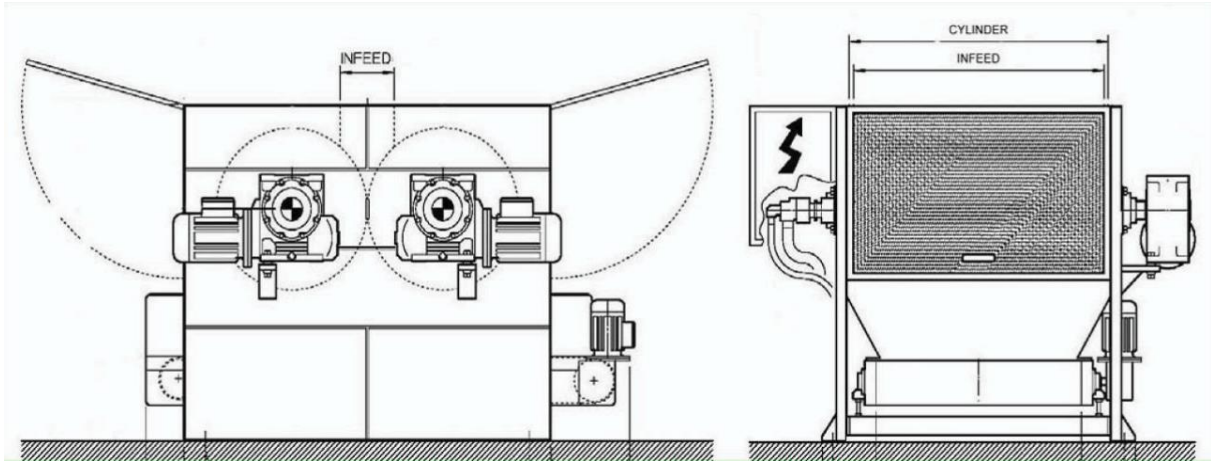


Figure 37 : Rouleaux de refroidissement (156)

Le séchage artisanal dure plus longtemps, environ 9 mois, et se fait dans une pièce à l'abri de la lumière, avec une température entre 18 et 20°C et un taux d'humidité compris entre 40 et 60% (*figure 38*).



Figure 38 : Séchage de savons de Marseille Le sérail (157)

IV.2.2.1.3. Outils de finition pour réaliser des bondillons ou des barres de savons

La boudineuse permet de réaliser des bondillons qui peuvent être vendus à d'autres entreprises pour faire des savons sans avoir à réaliser les étapes pour la saponification. Cet appareil permet également d'effectuer des barres de savons avec une taille et forme choisies en fonction de la filière, *figure 39*. La boudineuse est un extrudeur composé d'une vis sans fin qui est alimentée par une trémie. Dans la trémie, des bondillons, ou pâte à savon sèche, alimentent en continu le fourreau dont la température dans différentes parties peut être choisie et contrôlée. Par ailleurs, il est possible de mettre deux vis sans fin pour améliorer le malaxage et le convoyage(151), (152),(149).

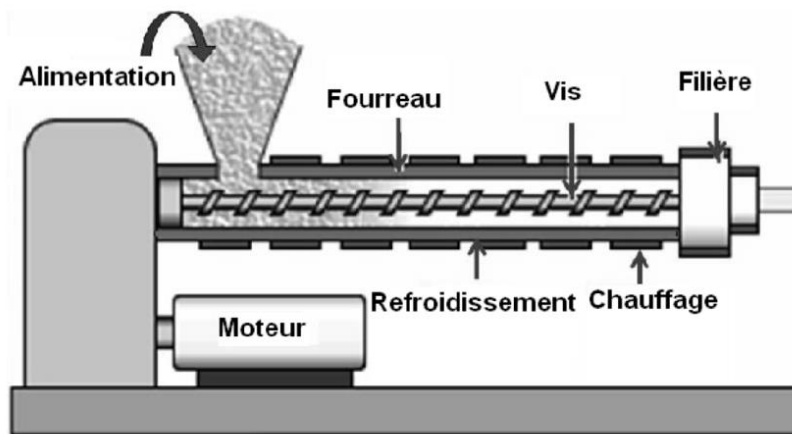


Figure 39 : Les différents éléments de l'extrudeur ou boudineuse à savon (158)

Selon la filière choisie, les pains de savons ou les bondillons sont formés, comme le montre la *figure 40*.

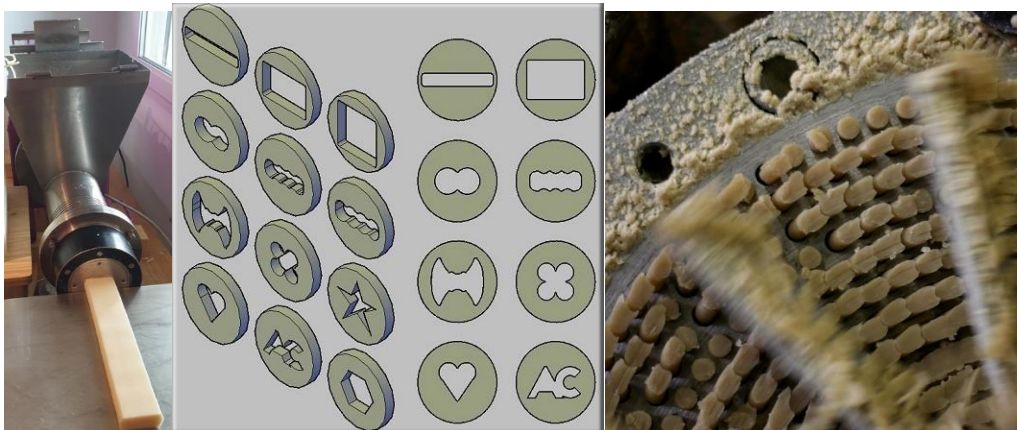


Figure 40 : filière pour faire des pains de savons et pour faire des bondillons (149)

La découpe des pains de savon peut se faire à l'aide de découpeurs à savon automatiques munis d'une lame, qui peuvent être placés juste après l'extrudeur, comme le montre la *figure 41*. (159).

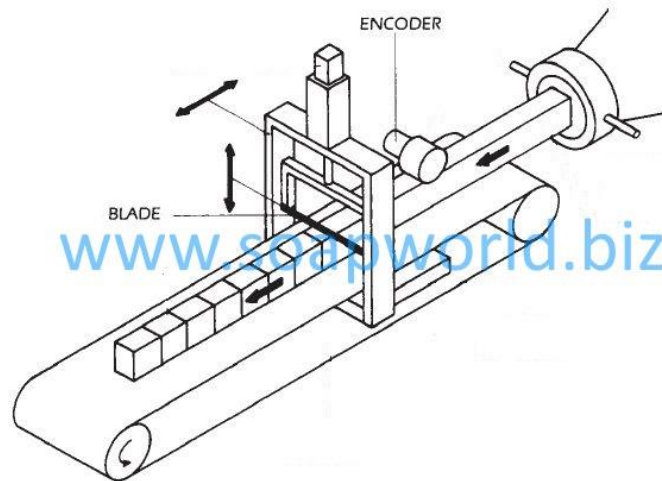


Figure 41 : découpeuse à savon(160)

De manière artisanale les pains de savons sont coupés à l'aide de fils en acier inoxydable, d'après la *figure 42*. Il existe d'autres systèmes, fonctionnant comme un râteau, qui permettent une découpe en pains utilisés par exemple pour le savon d'Alep qui est coulé sur le sol.



Figure 42 : appareil artisanal pour découper les pains de savons (161)

Pour former les bondillons, le système de découpe appelé granulater ou pelletizer peut également être utilisé, *figure 43*. Le choix du diamètre des trous de la grille permet d'obtenir des bondillons de taille et de poids souhaités. Le système de découpe se fait grâce à une hélice.

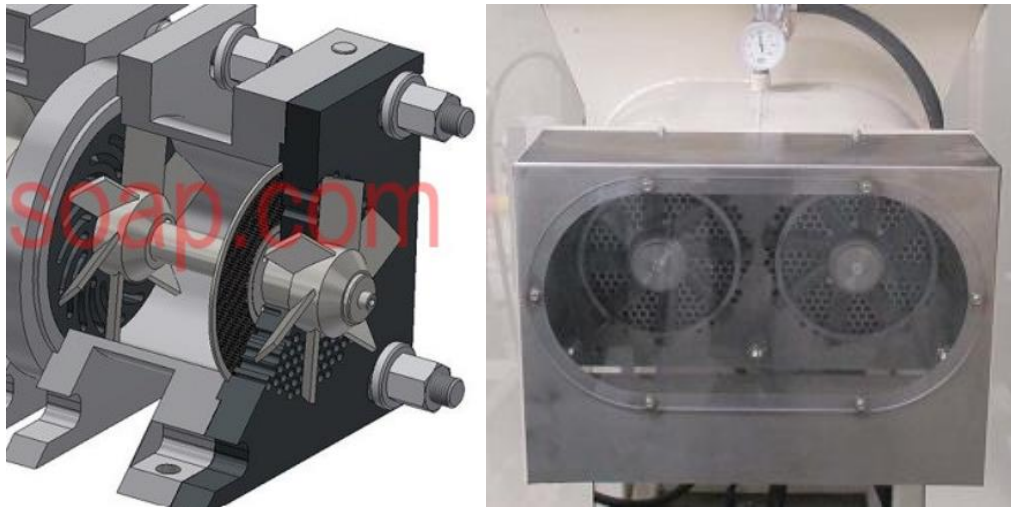


Figure 43 : Système de découpe attenant à la boudineuse pour la fabrication de bondillons (162)

IV.2.2.1.4. Outils pour estampiller

L'estampillage permet d'apposer le nom du fabricant sur le savon, ou comme pour les savons d'Alep et de Marseille, de limiter la contrefaçon. La *figure 44* montre une machine automatisée récente (A), une machine à actionner avec la poulie (force manuelle) (B) et l'estampillage totalement manuel avec le maillet et le tampon (C). Les machines automatisées, de chez SAS, peuvent estampiller 120 à 500 barres par minutes. Selon les machines, l'estampillage de pains peut se faire sur 2, 4, ou 6 côtés (163).



Figure 44 : estampillage industriel et artisanal (161), (163), (164), identifiez A, B et C

IV.2.2.2. Matériels pour procédés continus

La méthode de procédé continu est une méthode industrielle où les réactifs entrent en continu dans le processus de saponification et le produit se forme de manière ininterrompue.

Le procédé continu démarre par le dispositif « JET emulsifieur » où le mélange d'huile et d'alcali commence par l'introduction d'un faible débit de vapeur, comme illustré dans la figure 45 (151), (165).

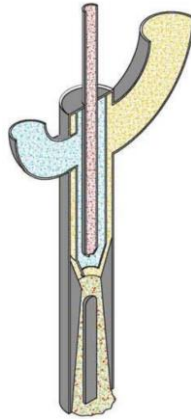


Figure 45 : JET phase huileuse en jaune, phase alcali en bleu et la vapeur en rouge (166)

Ensuite l'émulsion tombe dans le réacteur JET saponification pour une fabrication de manière continue. Comme le montre la figure 46, le réacteur est composé de trois étages.

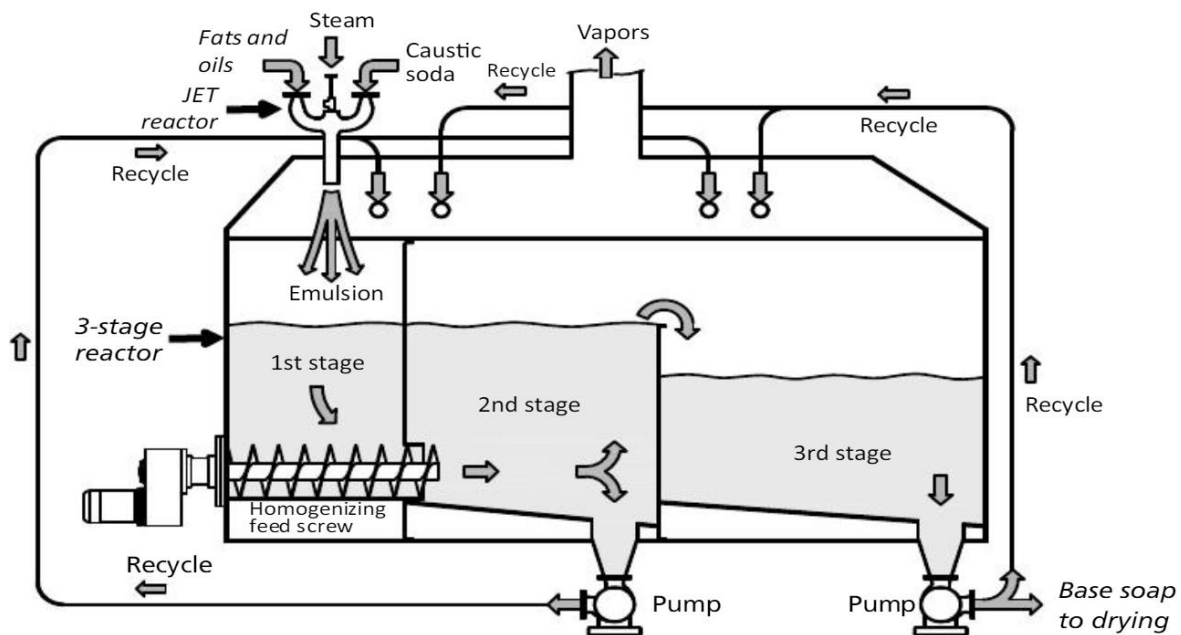


Figure 46 : Réacteur continu de saponification (140)

L'étape de mélange est effectuée par une vis rotative dans un premier compartiment, figure 46, lorsque le JET libère l'émulsion, figure 45 (144), (151), (165).

Ensuite, l'émulsion est convoyée vers la zone de réaction également grâce à cette même vis (144), (151), (165).

L'émulsion déborde de l'étage de réaction vers l'étage de finition et en bas de ce second étage, une pompe permet d'amener la pâte à savon dans le dernier étage. Cependant, la pompe au

bas du second étage possède deux fonctions, soit elle achemine l'émulsion dans le troisième étage, soit elle la recycle pour l'amener dans le premier étage (144), (151), (165).

Enfin, vient l'étape de finition qui permet la saponification complète du savon. La pâte se déplace dans un flux laminaire pendant une vingtaine de minutes pour libérer le savon. Afin d'assurer une saponification complète, une quantité initiale de pâte à savon purgé est recyclée pour être réintroduite à l'étape de finition (troisième étage). Sinon pour accélérer la saponification, le savon peut être ajouté à l'étape de réaction (second étage) (144), (151), (165).

IV.2.3. Procédés de fabrication

Le procédé de fabrication le plus courant est le procédé de fabrication discontinu. Il est également nommé « batch » ou en cuve, car le procédé se fait par lot à partir de réactif en quantité déterminées dans une cuve de contenance déterminée. Ce procédé est en opposition au continu qui est basé sur un système de pompes doseuses qui alimentent en continu le réacteur de saponification. L'arrivée de nouveaux équipements, comme les réacteurs continus de saponification en JET, permettent d'avoir des procédés continus qui sont plus simples.

IV.2.3.1. Procédé discontinu

Le procédé de saponification à chaud artisanal est réalisé de manière discontinue, tandis que le procédé industriel peut être discontinu ou continu. Le procédé de fabrication discontinu comprend toutes les étapes et les contrôles qui sont décrits dans l'organigramme présenté dans la *figure 47*. Le savon d'Alep ou le savon de Marseille qui sont les plus anciens savons possèdent les mêmes étapes, même si l'appareillage peut être différent, ainsi que les étapes après la liquidation. En effet, après l'étape de liquidation, certaines entreprises Marseillaises ne sèchent plus dans une salle à température et atmosphère contrôlées, mais à l'aide d'un atomiseur. De plus, leur mise en forme se fait par boudineuse. Alors que les entreprises non équipées, vont faire couler la pâte à savon dans une mise pour qu'elle se solidifie afin de réaliser la découpe en pain puis les mettre à sécher pendant plusieurs mois (149), (167).

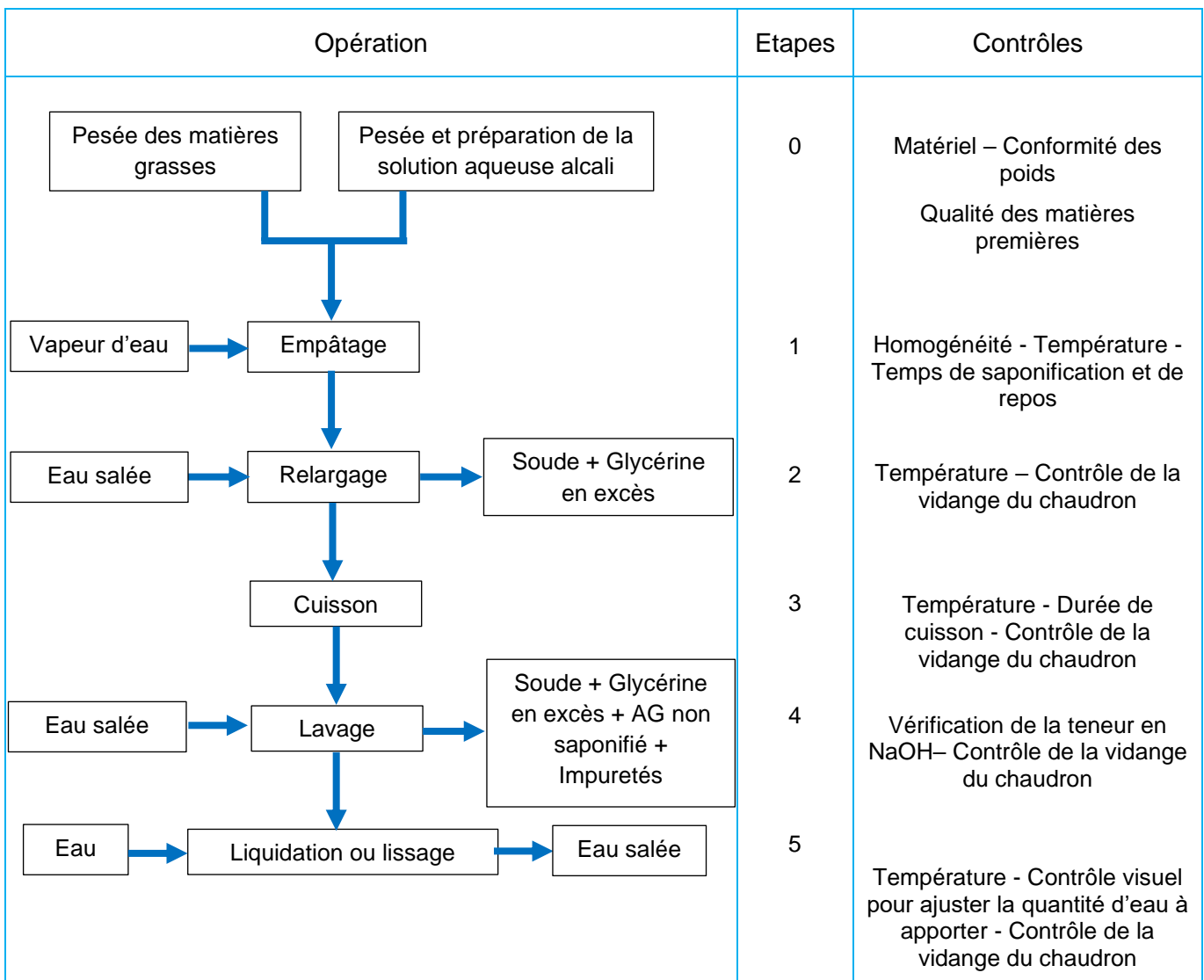


Figure 47 : Organigramme de la fabrication artisanale par saponification discontinue, (149), (167)

Toutes les étapes sont détaillées dans les parties suivantes.

IV.2.3.1.1. Artisanal, procédé discontinu du savon d'Alep

Tout d'abord, l'empâtage est réalisé. L'huile d'olive est ajoutée dans la cuve avec la solution d'alcali, *figure 48*. Le tout est porté à ébullition à une température de 120°C pendant 8h approximativement, afin d'amorcer la réaction de saponification plus rapidement. D'ailleurs, il est usuel d'ajouter un fond de savon provenant d'une précédente fabrication afin de faciliter la formation d'une émulsion entre la solution alcali et les huiles. La pâte à savon obtenue est laissée au repos 12h. Certaines cuves sont équipées d'une pale à hélices pour bien homogénéiser, alors que pour d'autres le chauffage en fond de cuve par un réseau en serpentin permet l'homogénéisation (146), (167), (168), (169), (170).



Figure 48 : Chaudron utilisé pour la saponification (167)

Ensuite, vient l'étape du relargage. Il est nécessaire de relarguer l'excès de glycérine qui impacte le séchage du savon. L'eau salée étant soluble dans la soude et la glycérine, elle produit une séparation des phases. Le savon reste sur la partie supérieure du chaudron tandis que dans la partie inférieure l'eau, la glycérine et les impuretés sont présentes. La partie inférieure est retirée partiellement, après 6h de repos (146), (167), (169), (170).

L'étape de cuisson suit le relargage, et possède une cinétique plus lente permettant d'obtenir la saponification complète. La pâte de savon est portée à ébullition pendant de nombreuses heures. Afin de garantir la saponification complète, la soude est apportée en excès dans cette partie du protocole. La pâte est alors laissée au repos pendant 12h, pour retirer l'eau située dans la partie inférieure du chaudron (146), (167), (169), (170), (171).

Afin d'éliminer l'excès de soude il faut réaliser 4 à 6 lavages successifs, en faisant bouillir la pâte avec de l'eau salée. Cette étape permet d'ajuster le pH du savon vers une plage de 9 à 10 en neutralisant la soude par l'action du sel, tout en éliminant les impuretés qui vont sédimenter en fond de la cuve. Cette étape dure 4h. L'huile de baies de laurier est ajoutée après sa filtration à la fin du procédé. A ce stade le pH est testé. Pour cela les anciens maîtres savonniers goutaient le savon, qui ne devait pas piquer. Maintenant, pour connaître la teneur en soude de la pâte à savon, un dosage colorimétrique est utilisé. La pâte est mise en contact avec de la phénolphtaléine, un indicateur coloré qui possède une couleur rose à rose foncé en milieu alcalin. L'acide chlorhydrique est ajouté petit à petit à l'aide d'une burette pour neutraliser la soude, le mélange devient transparent et donne la quantité de soude dans le savon, grâce au volume équivalent. Une autre méthode pour contrôler le pH peut être utilisée, bien que moins précise ; elle consiste à déposer un peu de pâte à savon sur du papier pH. La coloration du papier indique la valeur du pH de l'échantillon. Si la quantité de soude est trop

importante, il faut rajouter de l'eau salée. Un repos de 12h est nécessaire afin de pouvoir séparer l'eau qui constitue la lessive sous-jacente (146), (167), (169), (170), (171).

Après l'étape de lavage, vient la liquidation ou le lissage. Cette étape a pour but d'améliorer l'aspect si lors du rinçage l'eau salée a induit une texture granuleuse. Cette texture peut entraîner des problèmes d'obstruction des machines de coulage et affecter l'esthétique du produit, le rendant moins attrayant et moins doux. Afin d'obtenir une pâte à savon lisse, de l'eau pure est ajoutée en chauffant à ébullition, pour amener l'excès de sel au fond du chaudron et attendre la décantation pour soustraire l'eau salée (146), (167), (169), (170), (171).

La pâte chaude de savon est coulée dans un bassin prévu pour cette étape également appelée « mise », comme le montre la *figure 49*. Elle est laissée au repos pendant une journée (167), (169), (170), (171).



Figure 49 : Bassin pour couler le savon d'Alep

Après la journée de repos, la pâte à savon s'est légèrement solidifiée et peut donc être découpée. Un traçage des savons est réalisé, avant la découpe au couteau, comme le montre la *figure 50*. A la fin de la découpe les savons sont estampillés pour assurer l'authenticité (167), (169), (170), (171).



Figure 50 : Découpe des savons d'Alep

Enfin, les pains de savons sont séchés dans des caves aérées à l'abri du soleil. La période de séchage dure 9 mois. L'extérieur des savons devient marron lors de l'oxydation, mais l'intérieur garde la couleur verte. Une autre méthode pour contrôler le pH peut être utilisée une fois le savon séché. Une quantité de savon est râpée et dissoute dans 100mL d'eau distillée et le pH est mesuré à l'aide d'un pH mètre calibré (167), (169), (170), (171).

IV.2.3.1.2. Industriel

Le procédé de fabrication industriel contrairement à la fabrication artisanale se fait dans une béquille et non pas dans un chaudron. Les premières étapes sont identiques à celles décrites dans la *figure 47*, présentées dans la partie sur le procédé discontinu artisanal. La béquille a pour avantage l'homogénéité du milieu dans des conditions douces de température et une perte de matière par évaporation moindre.

Lors de l'étape d'empâtage, la béquille est équipée d'un système d'agitation mécanique qui combine un mouvement de cisaillement et de haut en bas pour imiter un effet de pompage. Ce système d'agitation évite la prise en masse et le risque d'emballement de la réaction, et favorise l'homogénéité de la pâte. Il n'est plus utile de mettre un fond de savon pour faciliter l'émulsion grâce à ce système d'agitation (146).

L'étape de relargage est réduite grâce au système d'agitation mécanique qui assure un mélange plus homogène et favorise une meilleure interaction entre le savon et la solution salée de lavage. Les températures sont plus basses que celles en chaudron, elles sont comprises entre 70 et 99°C et le temps peut varier entre 30 min et 2 jours. L'excès de soude et de glycérine est relargué par le système de vidange (146).

La cuisson qui suit permet de finaliser la réaction de saponification (146).

Le lavage est lui aussi diminué et le nombre de cycles est déterminé pour garder entre 1 et 8% en poids de glycérine. La quantité d'eau pour le relargage et le lavage est moindre que lors du procédé artisanal. Par ailleurs, la solution salée de lavage peut être optimisée grâce à sa quantité et sa concentration en électrolytes, en calculant le nombre de molécules de soude devant être neutralisées (146).

Le lissage peut également se faire par liquidation en utilisant de l'eau pure, mais il peut également être effectué avec l'utilisation d'acides, d'acide gras ou d'un ester d'acide gras afin de neutraliser la soude. Au cours de cette étape, le mélange est chauffé entre 70 et 99°C pendant 10min à 5h. Comme pour les étapes précédentes, l'utilisation de l'agitation mécanique permet de réduire la durée de cette étape (146).

Après la liquidation, la pâte à savon est séchée soit par l'atomiseur soit par les refroidisseurs cylindriques. Cependant, l'atomiseur sous vide est préférentiellement utilisé (146).

Une fois la pâte séchée, les industriels utilisent la boudineuse pour produire soit des pains de savon, soit des bondillons. La forme est dépendante de la filière choisie et le système de découpe sera également différent. En effet, pour les pains de savon la filière choisie est fonction de la forme du pain (ovale, rectangle, carré) et le système de découpe automatisé se fait à l'aide d'une lame. Tandis que pour les bondillons, une grille avec une hélice qui tourne est utilisée afin de former puis couper les bondillons. Ceux-ci peuvent être vendus directement dans le commerce pour fabriquer des lessives « faites maison » par exemple (146), (151), (152), (149).

Enfin, les pains sont estampillés à l'aide d'une machine sur 2, 4 à 6 faces du savon (146), (163).

IV.2.3.2. Procédé continu

Le procédé continu permet l'obtention plus rapide de savon et la cinétique de réaction est fonction des étages dans le réacteur, comme le montre la *figure 51*.

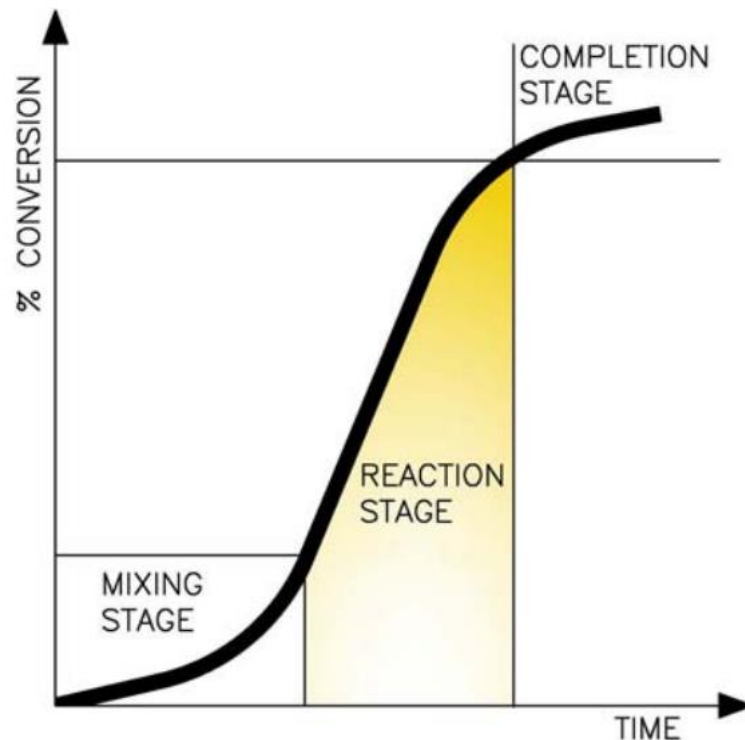


Figure 51 : % de conversion de l'émulsion en savon, en fonction du temps et selon les étapes dans le réacteur (165)

Le procédé commence par le dispositif « JET émulsifieur » dans lequel le mélange de l'huile et de l'alcali débute avec un petit flux de vapeur, comme le montre la *figure 46* décrite dans la partie IV.2.2.2 Matériels pour procédés continus. La vapeur fournit la puissance cinétique nécessaire pour générer une grande interface émulsionnée. Elle active la réaction de saponification et augmente le pourcentage d'électrolytes afin de générer la quantité suffisante de savon pour maintenir une émulsion stable quelle que soit la quantité d'acides gras libres (151), (165).

L'étape de mélange est effectuée dans un premier compartiment lorsque le JET libère l'émulsion. L'action de mélange est réalisée par une vis rotative. A la sortie de cette étape l'émulsion contient de 35 à 40% de molécules de savon ; c'est le démarrage de la saponification, comme le montre la courbe de vitesse de réaction *figure 51* (144), (151), (165).

Ensuite, l'émulsion est convoyée vers la zone de réaction également grâce à la vis. Lors de l'étape de réaction, le pourcentage de conversion commence et termine sa phase linéaire, qui est la phase de saponification rapide ou autocatalytique, comme le montre la *figure 51*. La réaction exothermique permet d'amener l'émulsion à température d'ébullition. L'ébullition participe au mélange de la pâte sans appareil mécanique. L'humidité perdue par évaporation est compensée par l'injection de vapeur par le bas. Cette étape prend environ 30 min. A la fin de cette étape, le taux d'acide gras libre est inférieur à 0,1%. En bas de ce second étage, une pompe permet d'amener la pâte à savon dans le dernier étage pour l'étape de finition (144), (151), (165).

Enfin, vient l'étape de finition qui permet la saponification complète du savon. La pâte se déplace dans un flux laminaire pendant une vingtaine de minutes pour libérer le savon. Tout au long de cette étape, les acides gras non saponifiés sont éliminés, la pâte refroidie jusqu'à sa température optimale et l'opérateur peut avoir un contrôle visuel. (144), (151), (165).

A la fin de ce procédé continu, le séchage et la mise en forme sont effectués comme dans le procédé industriel discontinu détaillé précédemment.

IV.3. Saponification à froid

La saponification à froid est un procédé artisanal, qui prend plus de temps que celui à chaud.

IV.3.1. Principe

La saponification à froid (SAF) se produit selon la même réaction chimique que lors d'une saponification à chaud, comme vu précédemment, *figure 32*, mais plus lentement du fait de l'absence de chaleur comme catalyseur. La soude ne peut être mise en excès dans ce type de saponification, car il n'y a pas d'étape de lavage, et aucune trace de soude ne doit être trouvée à la fin de la réaction chimique. Pour garantir l'absence de soude en fin de réaction, la plupart du temps, les corps gras sont mis en excès, le savon est dit « surgras » car il reste des corps gras insaponifiés. Le taux de surgraissage recommandé se trouve entre 8% et 10%, afin d'éviter que le savon suinte et qu'il soit trop mou. Le taux de surgraissage correspond à la somme de la réduction de soude et du surgraissage additionnel. La réduction de soude correspond à une utilisation de soude inférieure à la quantité nécessaire pour saponifier l'ensemble des corps gras du mélange. Le surgraissage additionnel consiste à ajouter de l'huile ou du beurre végétal en fin de préparation (172), (173).

Les savons issus de la saponification à froid sont plus riches en glycérine que ceux à chaud, avec l'absence des étapes de lavage. De plus, les parties insaponifiables des corps gras, comme les tocophérols, les terpènes, les phytostérols ne sont pas dénaturées ou éliminées et elles apportent des propriétés intéressantes, comme des effets antioxydant, nourrissant, émollient (173)...

IV.3.2. Matériels artisanaux

La réaction étant plus longue, ce procédé de fabrication n'est réalisé qu'en procédé artisanal. Selon les huiles utilisées, il est possible qu'un apport de chaleur d'environ 40°C soit nécessaire pour les faire fondre.

IV.3.2.1. Outil pour mélanger

La saponification commence par le mélange dans une cuve en inox avec un mixeur qui permet d'amener un fort taux de cisaillement pour forcer l'émulsion, comme le montrent les figures 52 et 53 (174).



Figure 52 : cuves en inox, à gauche avec possibilité de chauffage sur une plaque chauffante et à droite avec un chauffage électrique avec thermostat numérique (175), (176)



Figure 53 : mixeur plongeur (177)

IV.3.2.2. Outil pour mouler, couper et estampiller les pains

Les moules peuvent être en plastique, comme le montre la figure 54 ou en bois. La pâte à savon est coulée à l'intérieur afin qu'elle prenne la forme souhaitée. Il est possible d'enlever les cloisons du moule et d'utiliser un appareil à découpe pour obtenir la largeur souhaitée du pain, c'est un découpeur « barre à savon » qui est employé, figure 55. Ensuite, les pains sont découpés, avec un découpeur musical à savons individuels, figure 55. Cet appareil en bois et plastique est composé de vingt et une cordes en acier plein de diamètre 0,48 mm (178).



Figure 54 : Moule à savon en PEHD (Polyéthylène Haute Densité) (178)



Figure 55 : Découpeur musical pour savon individuel (gauche) et découpeur savon multibarres (droite) en bois et PEHD (178)

L'estampillage manuel peut finalement être effectué grâce à un tampon avec un sceau personnalisé et un maillet.



Figure 56 : Tampons personnalisés pour estamper savon (179), (180)

IV.3.3. Procédé

Le procédé de saponification à froid permet une amélioration esthétique du produit fini, car il est possible d'ajouter des ingrédients frais comme des fruits. Ensuite, ce procédé artisanal possède un autre avantage, celui de ne pas dégrader les antioxydants et les parfums des huiles végétales, avec l'absence de chauffage.

Pour commencer le procédé de fabrication, il est nécessaire d'utiliser un calculateur de lessive afin de connaître la quantité exacte de soude nécessaire en fonction des corps gras utilisés.

Le procédé de saponification à froid possède moins d'étapes que celui à chaud, mais il prend plus de temps, comme le montre la *figure 57*.

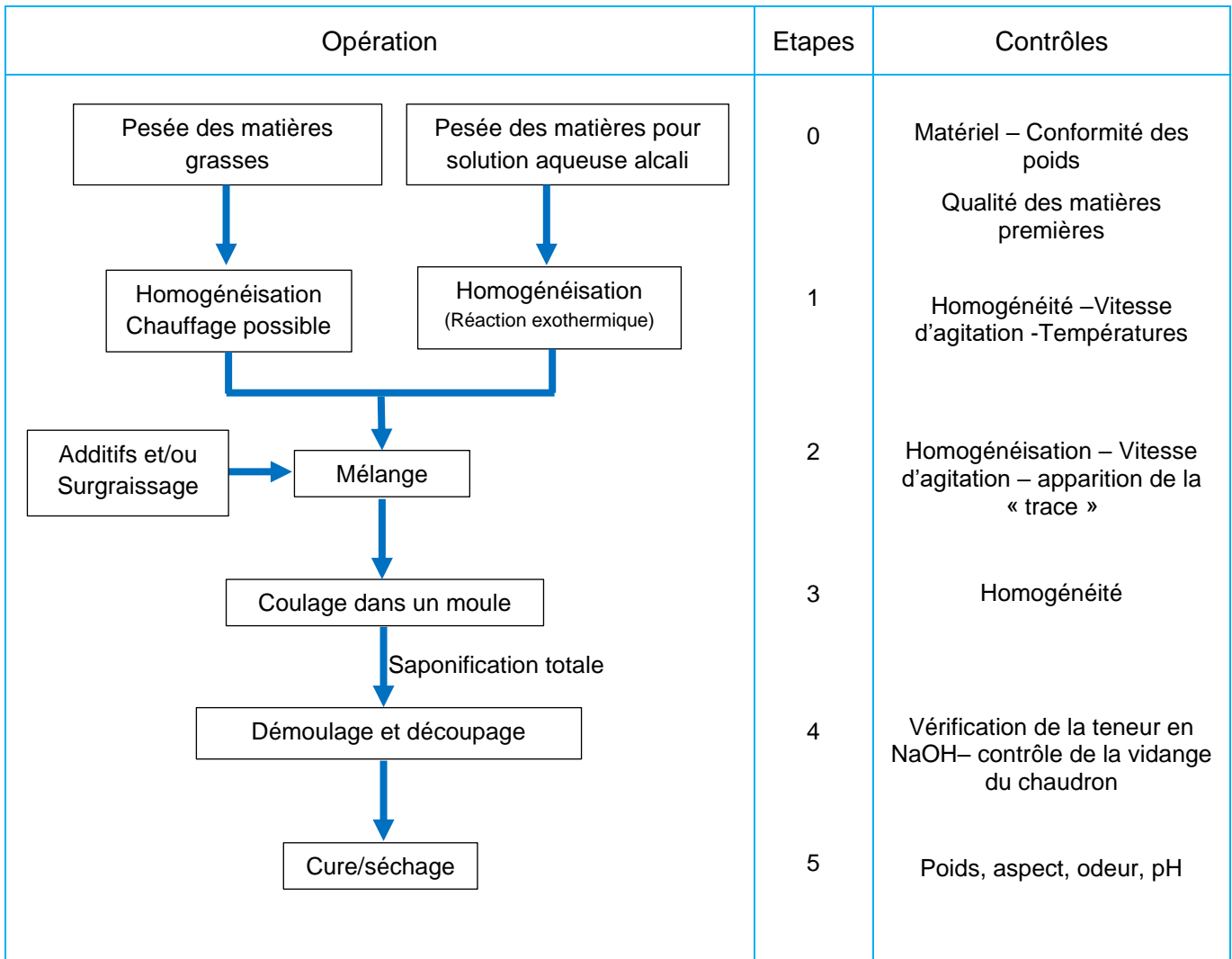


Figure 57 : Organigramme de fabrication par saponification à froid

Tout d'abord, les matières grasses sont pesées et mélangées entre elles. Un apport de chaleur peut être nécessaire dans le cas d'utilisation d'huile de noix de coco qui possède une température de fusion de 24°C, elle est donc solide en dessous de cette température. Il est possible d'utiliser également du beurre de karité ou de cacao qui possèdent respectivement un point de fusion de 28°C et 37°C. La température du mélange des corps gras ne doit pas dépasser 50°C, sauf si le mélange contient des cires, et dans ce cas un chauffage à 55°C peut être nécessaire. La préparation de l'alcali est également réalisée en amont, car elle n'est utilisée que lorsque la température atteint 35 à 50°C (173), (181), (182).

Une fois que les mélanges sont effectués et qu'ils ont atteint la température souhaitée, ils sont rassemblés. Un fort taux de cisaillement est apporté, pour commencer la saponification, à l'aide d'un mixeur. La saponification commence lors de l'apparition de la « trace », c'est l'instant où la pâte commence à épaissir, où quand le mixeur est relevé, il reste une trace pendant un instant à la surface de l'émulsion, *figure 58* (173), (181), (182).



Figure 58 : les différents aspects visuels des « traces » (173)

Lorsque la trace est fine, ou que la pâte à savon possède une consistance de crème anglaise, il est préférable d'attendre qu'elle soit plus épaisse avant de couler le savon, car l'émulsion pourrait encore déphaser. Dès l'apparition de cette trace légère, il est possible d'introduire les additifs tels que les colorants, les parfums, ou des huiles pour le surgraissage additionnel (173).

Une trace classique, correspond à une pâte plus épaisse que précédemment mais toujours assez fluide pour ajouter des additifs et couler le savon facilement, avec une surface lisse (173).

Une trace franche, signifie que la pâte a encore épaissi comparé à la trace classique. Cette consistance permet la réalisation de marbrages et des effets de couleurs (173).

Lorsque la trace est épaisse, le mixage devient délicat et le savon est trop difficile à couler après cette étape. Cette consistance est utile pour la création d'effets artistiques, les marbrages, les effets de vagues ou de chantilly sur le dessus du savon (173).

Une fois que la trace est obtenue, vient l'étape de moulage, en coulant la pâte à savon dans des moules en bois ou en plastiques. La pâte à savon est laissée dans le moule pendant 24h afin que la saponification complète se réalise (173), (181), (182).

Après ces 24 heures, le savon est démoulé et coupé à l'aide d'un découpeur à cordes.

Enfin, les pains à savon subissent la cure pendant quatre semaines, pour qu'ils durcissent et que l'excès d'eau s'évapore. La pièce du séchage doit avoir une humidité contrôlée pour que l'air soit sec, et doit protéger les savons de la lumière. C'est lors de cette étape que le pH du savon se stabilise. A la fin de cette étape des contrôles d'aspect, de pH, d'odeur et de masse sont effectués (173), (181), (182).

Les nouveaux procédés décrits dans la partie suivante n'utilisent pas la saponification, car les syndets sont composés de détergents.

IV.4. Nouveau procédé sans saponification - SYNDET

La production de syndet est généralement effectuée par extrusion. Ce procédé est plus complexe car le produit à extruder doit être suffisamment plastique ce qui implique de garantir un intervalle de température très étroit (140).

IV.4.1. Principe

L'extrusion est un procédé thermomécanique en continu, qui se finit par une étape de mise en forme. Les matières premières sont alimentées en continu grâce à une trémie et des vis de convoyages et des liquides peuvent être ajoutés dans le fourreau, pour ressortir au travers d'une filière (183).

IV.4.2. Matériels industriels

IV.4.2.1. Mélangeur malaxeur

Les mélangeurs sont conçus pour mélanger les bondillons et les ingrédients qui sont ajoutés par l'industriel (129), (183).

La *figure 59*, montre un malaxeur avec des pales tangentielles contrarotatives en forme de « Z », pour assurer un mélange extensif de tous les ingrédients. La cuve de mélange peut être chauffée ou refroidie (184).



Figure 59 : Mélangeur (184)

IV.4.2.2. Boudineuse, outils de coupe et estampillage

Le principe de fonctionnement de la boudineuse a été décrit dans la partie « outils de finition pour réaliser des bondillons ou des barres de savons ».

Le mélange est amené dans une boudineuse qui homogénéise tous les ingrédients du syndet, avec une température optimale, entre 60 et 90 °C (129).

Les outils de coupe et d'estampillage sont également décrits dans la partie « outils de finition pour réaliser des bondillons ou des barres de savons ».

IV.4.3. Procédé de fabrication

Les syndets sont généralement formés de bondillons ou de nouilles qui sont achetés auprès de fournisseurs comme Stephenson ou Laboratoires plantaurel. Les bases de syndet en bondillons sont composées d'huiles, d'acides gras, de tensioactifs et de lubrifiants et sont spécifiques pour passer sur la ligne d'extrusion. Le pH de ces bondillons est souvent compris entre 5 et 7, pour assurer la neutralité avec la peau ou être à pH neutre (183), (185), (186).

Les bondillons qui représentent plus de 50% de la formule sont pré-affinés grâce au malaxeur avec les autres matières premières, comme le principe actif, les humectants, le plastifiant, le colorant, le parfum... Les bondillons sont écrasés lors de cette étape pour maximiser l'homogénéité, puis le mélange est versé dans un extrudeur, aussi appelé boudineuse, pour attaquer l'affinage. L'affinage correspond à l'homogénéisation pour confectionner un produit avec des caractéristiques physiques et chimiques optimales. La boudineuse grâce à sa vis de convoyage, malaxage et les différentes températures du fourreau, monte en pression et en température pour former avec la filière une barre homogène régulière et sans air. La barre est alors découpée et estampée pour être enfin conditionnée. Une quantité de savon est râpée et dissoute dans 100mL d'eau distillée et le pH est mesuré à l'aide d'un pH mètre calibré (129), (183).

V. Propriétés des produits d'hygiène corps et cheveux

Les produits d'hygiène doivent répondre à certains critères pour satisfaire les consommateurs. En effet, les clients veulent un produit qui lave sans assécher la peau ou sans graisser, ni alourdir les cheveux, et qui produise une mousse durable. Pour les savons solides, la texture attendue est celle d'un pain dur qui ne fonde pas trop vite.

Concernant les produits résultant de la saponification le choix des huiles et des corps gras est crucial pour apporter la meilleure qualité aux savons. Concernant les autres formes galéniques, ce sont les détergents et l'ensemble des autres constituants tels que les agents humectants, les substances actives et les agents texturants qui influencent les caractéristiques du produit final.

V.1. Propriétés communes aux produits solides et liquides : méthodes de caractérisation

V.1.1. Mesure du pouvoir détergent

Afin d'évaluer le pouvoir détergent d'un produit, plusieurs essais peuvent être réalisés à l'échelle laboratoire (92).

Pour le premier test, une solution de 10% de produit lavant dans l'eau est fabriquée. Sur la moitié d'une lame en verre de masse connue, une masse déterminée de beurre est étalée homogènement. La lame est alors immergée dans une quantité déterminée de la solution à 10% précédemment préparée sous agitation pendant un temps déterminé. La lame est alors mise à sécher et la quantité restante de beurre est mesurée (85).

Dans le second test, un volume déterminé d'une solution de produit lavant et d'eau est placé dans un tube à essai. Ensuite, une quantité d'huile est ajoutée. Le tensioactif a pour rôle de solubiliser l'huile, tandis que dans le tube qui ne contient que de l'eau, l'huile forme deux phases distinctes (187).

Pour apporter le pouvoir détergent souhaité, il faut ajuster le pourcentage de tensioactif dans les produits liquides et dans les syndets.

V.1.2. Mesure du pouvoir moussant

Pour évaluer la quantité et la tenue de la mousse d'un produit lavant il existe diverses méthodes.

Tout d'abord, il est possible de faire une évaluation approximative en prenant toujours la même quantité de produit et en le diluant dans la main avec une quantité d'eau définie et en frottant. Cette méthode permet de donner une indication sensorielle et qualitative de la mousse.

Ensuite, il y a des méthodes quantitatives avec de la verrerie, plus précise que la précédente et des méthodes quantitatives avec des instrument de mesure encore plus précis.

- Dans la première méthode, un volume d'une solution diluée de produit lavant est introduit dans l'éprouvette graduée, la burette se trouve à une hauteur déterminée et contient également la solution diluée. Le produit de la burette est déversé dans l'éprouvette rapidement et la hauteur de mousse peut être évaluée dans le temps (85).

- Pour la seconde méthode, un volume de solution diluée de produit lavant est introduit dans un tube à essais qui est agité par retournement pour évaluer la hauteur de mousse (85).
- Enfin, des instruments comme FOAMSCAN™ ou FOAMSPIN™ permettent d'évaluer quantitativement et qualitativement, de manière plus précise la mousse. En effet, ils mesurent le volume, la texture et la stabilité de la mousse ainsi que la taille des bulles. Ces appareils permettent de contrôler de manière précise les paramètres de l'expérience pour une meilleure reproductibilité des mesures. FOAMSCAN™ génère la mousse par injection de gaz dans le liquide tandis que FOAMSPIN™ la génère par agitation mécanique. Les deux appareils possèdent le même logiciel pour contrôler les paramètres de mesure, tels que le débit de gaz ou la vitesse d'agitation et la température. Le volume de mousse est mesuré en temps réel. L'appareil détermine la fraction liquide et la distribution de taille des bulles dans le temps (188).

Les ingrédients qui impactent le pouvoir moussant, sont les tensioactifs dans les syndets, les gels, crèmes de douche, ou les shampoings. Les tensioactifs anioniques sulfatés produisent une mousse abondante et dense. Les amphotères comme les bétaines, ou les non ioniques comme les glucosides sont souvent associés aux anioniques pour améliorer la formation de la mousse et diminuer le pouvoir irritant des anioniques. Les tensioactifs cationiques moussent peu et possèdent une mauvaise compatibilité avec la peau mais ils permettent de gagner le cheveu.

Pour les savons issus de la saponification, les corps gras jouent un rôle essentiel dans la production de mousse. L'huile de coco apporte au savon de la mousse abondante avec de grosses bulles mais qui ne durent pas longtemps. L'huile de palme sert souvent de substitut au suif, et fournit une mousse crémeuse qui persiste sur une longue durée. L'huile d'amande douce produit également une bonne mousse alors que les huiles d'olive, de noyau d'abricot ou encore d'arachide produisent peu de mousse (23), (189).

Il est à noter que la qualité de l'eau lors de la douche impacte également très fortement le pouvoir moussant des savons fabriqués par saponification. L'eau dure est une eau qui contient des sels dissous et majoritairement des sels de calcium et de magnésium, qui inhibent fortement la production de la mousse des savons issus de la saponification. De plus, ces sels se substituent aux sels sodiques d'acides gras et forment un dépôt de sels alcalino-terreux non solubles dans l'eau (140), (190).

V.1.3. Tests d'irritations

V.1.3.1. Le test d'irritation cutanée

Le patch test a pour objectif d'évaluer la tolérance du produit cosmétique après une seule application sur la peau, et sous patch occlusif pendant 48h, chez des sujets adultes sains (191). Ce test clinique se fait sur un panel de 10 à 30 volontaires qui sont âgés de 18 à 70 ans, en bonne santé et sans antécédent d'allergies. Les volontaires ne doivent pas présenter de lésions sur la zone d'application qui est la partie supérieure du dos. Cet essai est supervisé par un dermatologue et un patch témoin sans produit est également appliqué. Les observations cliniques sont faites par le dermatologue 15 à 30 min après le retrait du patch et une vérification a lieu 48h plus tard (191).

Le pH et les tensioactifs sont les éléments qui peuvent rendre la formule irritante.

V.1.3.2. Le test d'irritation oculaire

Pour les shampoings il est important de s'assurer qu'au contact des yeux le produit ne soit pas trop irritant.

La méthode la plus utilisée est l'HET-CAM. C'est un test in vitro qui est controversé car c'est la membrane chorioallantoïque d'œuf de poule fécondé qui est utilisé pour mimer la cornée de l'œil. Un contrôle négatif est effectué en appliquant une solution de NaCl à 0,9% sur la membrane ainsi qu'un contrôle positif avec une substance capable de produire une réaction sévère. Le produit à tester est appliqué sur la membrane puis une évaluation au microscope de la membrane est effectuée après 5 min de contact Le produit à analyser obtient un score d'irritation qui le classe en fonction de l'échelle suivante (192), (193) :

- 0 à 0,9 point classé comme non irritant
- 1 à 4,9 points classé comme légèrement irritant
- 5 à 8,9 points classé comme irritant modéré
- 9-21 points classé très irritant

Le pH et les tensioactifs sont les éléments qui peuvent rendre la formule irritante.

V.2. Propriété spécifique des produits liquides : viscosité et seuil d'écoulement

Pour les shampoings, gels ou crèmes de douche la viscosité et le seuil d'écoulement sont les deux paramètres à connaître. Ils peuvent être évalués grâce à un rhéomètre. Les produits d'hygiène liquides doivent présenter une viscosité entre 1000 et 5000 mPa.s pour tenir dans la main sans s'écouler et le seuil d'écoulement ne doit pas être trop important, pour que le produit soit facile à sortir de son conditionnement.

Les agents de textures et les tensioactifs permettent d'ajuster la consistance.

V.3. Propriété spécifique des produits solides : dureté

Les syndets et les barres de savons doivent être durs pour éviter qu'ils fondent trop rapidement.

Pour les barres, la dureté est évaluée par un analyseur de texture ou un pénétromètre. Dans les deux cas c'est la résistance à la pénétration du mobile dans le savon qui est mesurée pour une force donnée. Pour le pénétromètre, un mobile conique à la masse connue est lâché à une hauteur définie sur la barre de savon ; la profondeur de pénétration est mesurée en mm.

Des calculateurs permettent de prédire la dureté du savon, par saponification, en fonction de l'INS des huiles choisies. Pour obtenir un savon dur l'INS doit être supérieur ou égal à 146. Les huiles de palme, d'olive, le beurre de cacao, de karités apportent de la dureté, tandis que l'huile de ricin, de noyau d'abricot, ou de sésame diminuent la dureté. L'ajout d'acide stéarique permet de durcir le savon (23).

Pour les syndets, ce sont la quantité d'eau, les facteurs de consistance et les tensioactifs qui sont responsables de leur dureté.

VI. Les enjeux environnementaux des produits d'hygiène

Le mot environnement a été défini pour la première fois en 1970, comme étant un « ensemble, à un moment donné, des agents physiques, chimiques, biologiques et des facteurs sociaux, susceptibles d'avoir un effet direct ou indirect, immédiat ou à terme, sur les êtres vivants et les activités humaines » (194). Ensuite, une définition plus longue et nuancée est proposée en 2000 : « l'environnement est ce qui entoure l'homme, les sociétés humaines, de l'environnement local d'un individu ou d'un groupe d'individus à l'environnement planétaire, celui des sociétés humaines. Il se compose : – d'éléments naturels non vivants (eau, air, roches), – d'êtres vivants (animaux, végétaux, micro-organismes), – des dérivés de l'activité humaine (énergie, transports, constructions diverses, aménagements). Ces ensembles sont en interaction. Ils sont structurés et organisés, soit spontanément par leurs propres dynamismes, soit par l'activité de l'homme et des sociétés humaines et par les interactions entre processus naturels et anthropiques. ». Cette définition permet de mettre un lien entre l'environnement naturel et les activités de l'homme qui l'impactent (194).

Depuis le XXe siècle, l'apparition des tensioactifs synthétiques a changé le mode de consommation des produits d'hygiène. Les savons issus de la saponification sont en déclin et les produits liquides avec leur bouteille en plastique sont majoritaires dans les foyers (26). Depuis quelques années, les nouvelles formes galéniques avec les tensioactifs synthétiques sont perçues comme étant irritantes et de plus en plus polluantes, du fait de leur consommation en eau, leur emballage plastique et la faible biodégradabilité de certains tensioactifs. En 1991, l'organisme certificateur ECOCERT est créé afin d'évaluer la conformité d'un produit ou d'ingrédients selon une norme ou un cahier des charges avec des exigences environnementales et sociales. Les principes fondamentaux de la démarche ECOCERT, sont la protection de la planète et de ses ressources, la protection et l'information des consommateurs et la réduction des déchets et des rejets (37). Dans les années 2000, l'émergence des labels a introduit sur le marché des produits cosmétiques labélisés respectant un cahier des charges, dans le but de réduire leur impact environnemental. En 2010, les produits cosmétiques naturels, les magasins BIO et les rayons BIO aux supermarchés se sont largement répandus en réponse à la demande croissante des consommateurs (38), (195), (196). En 2019, les ventes de produits cosmétiques BIO ou naturels ont explosé de 66%, tout comme la cosmétique solide, qui a enregistré une progression de plus de 17% (196), (197). L'augmentation de la consommation de produits d'hygiène due à la crise de la COVID-19 a accéléré la demande de produits solides et renforcé la volonté d'évoluer vers le zéro déchet (1).

Pour savoir si les cosmétiques solides possèdent un impact sur l'environnement moins important que les cosmétiques liquides, il faut comparer la consommation en eau et en énergie pour fabriquer les produits, mais également la biodégradabilité des ingrédients et la consommation de plastiques pour l'emballage.

VI.1. Consommation en eau totale

L'accès à l'eau est un enjeu environnemental majeur, avec une dimension géopolitique qui est très convoitée et menacée. En France, la gestion de l'eau fait débat ; les méga-bassines en sont un exemple dans le domaine agricole qui est le plus grand consommateur d'eau. L'agriculture subit l'assèchement des nappes phréatiques et l'accès limité en eau lors des sécheresses (194),(198). Face à la montée de la conscience écologique des consommateurs, les gels douche, crèmes de douche ou encore les shampoings qui nécessitent beaucoup d'eau pour leur production sont moins appréciés et la volonté de retourner vers du solide se fait ressentir. L'industrie cosmétique s'est alors orientée vers les produits solides qui seraient moins gourmands en eau selon le consommateur.

En effet, les produits d'hygiène liquides sont composés de 40% à 80% d'eau, sauf les huiles de douche qui en sont dépourvues ou qui en contiennent très peu (40), alors que les savons issus de saponification et les syndets en contiennent respectivement 25 à 40 % et moins de 15% (140). Cependant, pour les savons fabriqués par saponification à chaud, le pourcentage d'eau présent dans la formule n'est pas représentatif du pourcentage d'eau consommé pour sa fabrication. En effet, la pâte nécessite une succession de lavages pour éliminer l'excès de soude, qui ne sont pas pris en considération dans la formule finale.

Les produits qui présentent une plus faible consommation d'eau à la fois dans leur formulation et lors du processus de fabrication sont les huiles de douches, les syndets et enfin les savons issus de la saponification à froid. En revanche, ceux qui en consomment le plus sont les gels douches, les crèmes de douche et les savons issus de la saponification à chaud.

VI.2. Consommation énergétique lors de la production

L'utilisation d'énergie électrique a également un impact sur l'environnement, car sa production engendre des déchets nucléaires pour la majorité de sa fabrication en France, ou du dioxyde de carbone avec les centrales à charbon en Allemagne par exemple. La *figure 60*, montre qu'en France, les électricités dites renouvelables restent minoritaires face au nucléaire.

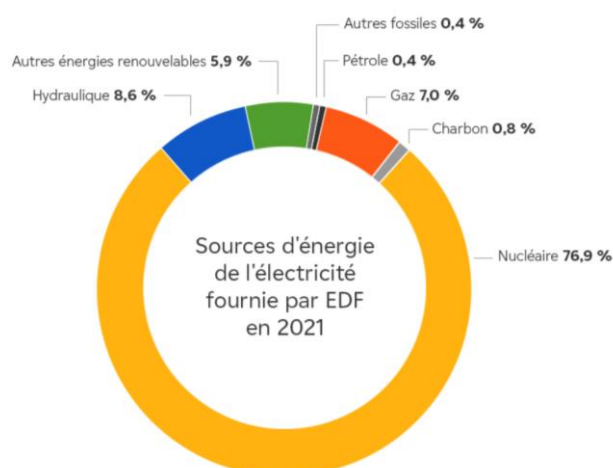


Figure 60 : Le pourcentage des sources d'énergies en 2021(199)

Tous les matériels nécessaires à la fabrication des produits utilisent de l'électricité pour leur fonctionnement mais la phase de chauffage est celle qui en consomme le plus. La majorité des produits liquides, à l'exception des émulsions, ne nécessitent pas de chauffage, ce qui diminue leur besoin en électricité. La saponification à froid qui est artisanale ne nécessite pas beaucoup de matériel consommateur d'énergie. De plus, l'étape de chauffage n'est présente qu'avec des corps gras qui possèdent une température de fusion généralement inférieure à 55°C ; ce procédé ne consomme donc que très peu d'énergie. Cependant, lors de la saponification à chaud artisanale, l'étape de chauffage dans les chaudrons dure plusieurs jours ce qui consomme beaucoup d'électricité. La méthode industrielle comprend aussi du chauffage mais comme le procédé de fabrication est continu, il minimise les besoins énergétiques et le temps de chauffe ne dure qu'une heure (165). L'extrusion pour la fabrication des syndets est aussi un bon moyen pour réduire la consommation d'électricité. Cela s'explique par la présence d'appareils récents qui intègrent des moteurs et des systèmes de chauffage innovants visant à réduire la consommation d'énergie. De plus, ces équipements sont souvent équipés de systèmes de suivi de la consommation, permettant de surveiller les paramètres qui influent sur la consommation d'énergie et d'ajuster en conséquence pour la réduire (200).

Ainsi les produits peuvent être classés selon leur besoin croissant en électricité de la manière suivante : les savons issus de la saponification à froid, les huiles et les gels douche, les syndets et les savons fabriqués selon un procédé en continu à chaud. Les savons fabriqués par saponification à chaud de manière discontinue sont les plus consommateurs d'énergie.

VI.3. Consommation de plastique

Les plastiques mal gérés ont également un grand impact environnemental car ils contaminent les sols, les eaux et fragilisent l'écosystème. Les emballages ménagers représentent 26% de l'ensemble des déchets plastiques (201). Or, en 2019, selon Citéo seulement 51% des français trient les emballages (202). Les industries cosmétiques ont pour objectif d'avoir des emballages 100% recyclés d'ici 2025 (203).

Tous les produits d'hygiène liquides sont emballés dans des bouteilles en plastiques qui sont recyclables jusqu'à cinq fois par recyclage mécanique et indéfiniment par recyclage chimique ou enzymatique (204).

Les cosmétiques solides sont une solution pour réduire les emballages plastiques. En effet, les savons issus de la saponification ont un pH qui avoisine les 9 et ne possèdent pas beaucoup d'eau. Ces caractéristiques contribuent à minimiser la prolifération microbienne et à permettre leur vente en vrac sans emballage (201), (204). Cependant, les savons et les syndets sont généralement vendus avec un emballage carton qui est recyclable et compostable mais il faut s'assurer que l'exploitation de la forêt soit durable. Ces emballages sont rendus obligatoires par le Règlement (CE) N°1223/2009 qui stipule que le produit doit être accompagné de son contenu nominal, de précautions d'emploi, de sa date de durabilité, la liste des ingrédients, de son numéro de lot... (204).

La cosmétique solide est un vrai avantage pour lutter contre la consommation de plastique.

VI.4. Production des ingrédients, biodégradabilité et sécurité

Le Règlement (CE) N°1223/2009 ne stipule pas l'interdiction de certains procédés de production d'ingrédients cosmétiques, ce qui signifie qu'il est possible d'utiliser des tensioactifs issus de la pétrochimie par exemple (2), (83) (205). En 2019, la majorité des tensioactifs étaient dérivés de matières fossiles et partiellement biosourcés, avec une minorité de tensioactifs totalement biosourcés (figure 61). Les tensioactifs issus de la pétrochimie restent très utilisés en raison de leur intérêt technique mais les préférences des consommateurs évoluent vers les tensioactifs issus de matières premières naturelles, comme le sodium coco sulfate extrait de la noix de coco (83), (205), (206).

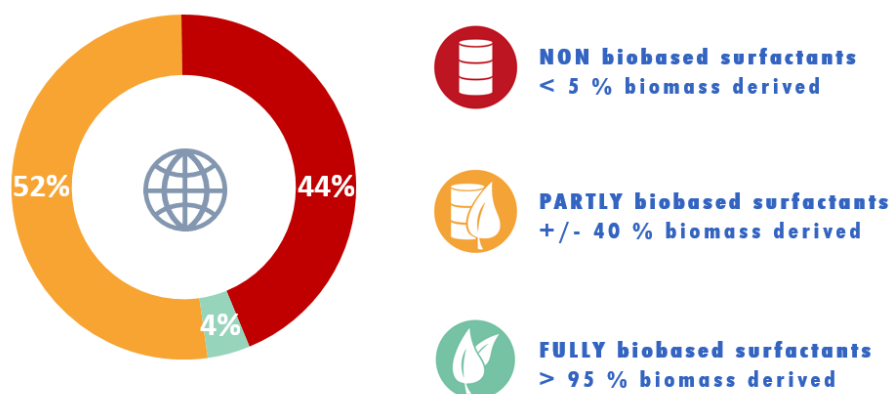


Figure 61 : La répartition des tensioactifs selon leur moyen de production (207)

Il existe différents moyens d'obtention des tensioactifs biosourcés : par la production chimique ou biologique. La voie biologique étant très coûteuse et avec une rentabilité limitée, la production chimique est donc la voie privilégiée de production des tensioactifs biosourcés (206).

Les biotensioactifs sont principalement utilisés dans la fabrication de détergents (45%) et de cosmétiques (11%). Les plus courants sont le sulfonate d'ester méthylique, les alkyl polyglycosides, les esters de sorbitan et les esters de sucre. Les esters de sorbitan sont également connus sous le nom commercial de Span, ce sont des tensioactifs non ioniques, biodégradables. La réaction entre les esters de sorbitan et l'oxyde d'éthylène donne les polymères connus sous le nom de polysorbates (nom commercial Tween). Cependant, l'oxyde d'éthylène est un gaz toxique et mutagène, la production de polysorbates est donc dangereuse pour les fabricants et polluante pour l'environnement (208), (209).

La biodégradabilité des produits d'hygiène est essentielle, bien qu'elle ne soit pas réglementée par le Règlement (CE) N°1223/2009. Un produit biodégradable se décompose rapidement grâce à une action bactérienne naturelle ou induite, le transformant en molécules utilisables par d'autres organismes, dioxyde de carbone par exemple, ce qui conduit à sa disparition de l'environnement (83), (210). Les ingrédients qui posent le plus de problème dans les produits d'hygiène sont les tensioactifs. En effet, leur temps de décomposition est très variable, de quelques heures à plusieurs semaines, en fonction leur composition. Les tensioactifs ramifiés se dégradent lentement ce qui peut entraîner leur accumulation dans l'environnement. En effet, en 1950, aux Etats Unis et en Europe, de la mousse persistante s'est accumulée sur de nombreuses rivières à cause des alkylbenzènes sulfonate ramifiés (83), (211). Les tensioactifs anioniques, non biosourcé, issus de la pétrochimie contenant une fraction éthoxylée, ainsi que les amphotères contenant de la diméthylaminopropylaine, tels

que la Cocoamidopropyl Bétaïne et la Coco Bétaïne présentent un potentiel écotoxique (205), (212). Les bio tensioactifs possèdent l'avantage d'être faiblement écotoxiques et d'avoir une bonne biodégradabilité, ils sont à favoriser dans les produits liquides et les syndets (213). Le savon issu de la saponification est oléochimique ; il est donc considéré comme naturel et biodégradable. De plus, il possède un pH supérieur à 9 et n'a pas l'obligation de contenir un agent conservateur. Mais lors de sa fabrication les industries rejettent de l'eau contenant l'excès de NaOH qui doit être retraitée (214).

Le Règlement (CE) N° 1223/2009 visant la protection de la santé humaine, certains ingrédients sont interdits, d'autres soumis à des restrictions (2). Certains ingrédients comme les antioxydants de synthèse, le butylhydroxytoluène (BHT) et le butyl hydroxyanisole (BHA) suscitent des préoccupations en raison de leur potentiel effet perturbateur endocriniens, leur potentiel cancérigène et leur aqua toxicité. Le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC) considère le BHA comme possiblement cancérigène et le BHT comme une substance potentiellement cancérigène (214). Leur utilisation est limitée dans le cadre du Règlement (CE) n°1223/2009, tandis que certains labels de cosmétique les interdisent au profit d'antioxydants naturels comme l'α-tocophérol (2).

En fin de compte, les savons sont les produits les plus biodégradables avec le moins d'impact environnemental et sur la santé humaine. Les syndets et les produits liquides peuvent contenir des ingrédients qui peuvent être néfastes pour l'environnement et la santé.

Pour minimiser son impact, le consommateur doit s'informer sur les ingrédients et vérifier la liste INCI.

VI.5. Rôle des labels et certifications

Le Règlement (CE) n°1223/2009 vise à interdire des produits nocifs pour les consommateurs et l'environnement. Il encadre également l'usage de certains ingrédients, comme mentionné précédemment pour les conservateurs. Cependant, pour les industries qui souhaitent adopter des pratiques de fabrication plus respectueuses de l'environnement, et mettre en avant des stratégies de marketing axées sur la durabilité, la certification et l'obtention de labels écologiques sont pertinentes. Ces démarches démontrent l'engagement en faveur de pratiques respectueuses de l'environnement et de l'Homme.

Les organismes certificateurs jouent un rôle crucial dans les enjeux environnementaux de l'industrie cosmétique. Leur principale mission est d'évaluer et de certifier les produits cosmétiques en fonction de critères comme l'impact environnemental de la production d'un ingrédient ou sa biodégradabilité. Ces organismes ont des chartes que les entreprises doivent respecter, concernant la formulation, la fabrication mais également la gestion des déchets. Les entreprises sont auditées par ces organismes pour s'assurer du respect de leur charte.

Les labels sont attribués par des organismes certificateurs comme, Ecocert, Bureau Veritas et Cosmécert. Les organismes Bureau Veritas et Cosmécert n'imposent pas à leur client d'ajouter leur propre logo sur les produits en plus du logo du label, contrairement à Ecocert. Ils ont pour rôle de contrôler le respect par les entreprises du cahier des charges pour obtenir leur label ou leur certification (215).

Concernant le label Français Nature et Progrès, c'est la Commission Mixte d'Agrément et de Contrôle (COMAC) locale qui contrôle l'application du cahier des charges, et des études de dossier et la COMAC Fédérale s'occupe de la validation (216).

VI.5.1. Label Cosmébio

Cosmébio est une association créée en 2002 afin d'encadrer et d'accompagner les professionnels sur le marché de la cosmétique bio. Le logo de ce label apposé sur les produits cosmétiques est un gage de sourcing éthique, d'emballage écologique, de marketing responsable, de cosmétiques bio et naturels respectueux de l'environnement. La charte Cosmébio a été pendant 15 ans un cahier des charges national rédigé par un groupe de travail de 15 structures dont Ecocert. De nos jours, Cosmébio utilise le référentiel COSMOS qui est plus exigeant et qui est utilisable à l'international. Depuis janvier 2023 le référentiel COSMOS version 4.0 doit être suivi (215).

Les utilisateurs du présent Référentiel sont tenus de se conformer à toutes les législations en vigueur, y compris le règlement relatif aux produits cosmétiques (CE) n°1223/2009. Ils doivent respecter les restrictions applicables à ces substances (REACH). Il est également nécessaire de suivre le règlement (CE) n°655/2013 de la Commission qui établit les critères communs auxquels les allégations relatives aux produits cosmétiques doivent répondre, pour pouvoir être utilisées et/ou les autres réglementations locales ou nationales applicables aux produits cosmétiques, le cas échéant(217).

VI.5.1.1. Les exigences qualitatives des ingrédients

Les produits qui sont labélisés COSMOS sont contraints de ne contenir que des ingrédients qui sont certifiés ou approuvés par cette charte.

VI.5.1.1.1. Généralités

Tous les ingrédients qui sont issus d'une technologie ou d'un procédé susceptible de provoquer un risque pour la santé ou l'environnement ne sont pas autorisés, ce qui implique des restrictions sur les ingrédients (217).

Les ingrédients sont classés en cinq catégories : l'eau, les minéraux et ingrédients d'origines minérale, les agro-ingrédients physiquement transformés, les agro ingrédients chimiquement transformés et les autres ingrédients. Chaque catégorie possède ses propres exigences (217).

L'eau doit être conforme aux normes d'hygiène¹ et peut subir des traitements physiques supplémentaires, si le procédé est spécifié dans l'annexe I du référentiel (217).

Les minéraux qui sont issus de procédés d'extraction respectueux de l'environnement et sans modification chimique intentionnelle sont autorisés. Une liste des minéraux ou ingrédients d'origine minérale qui ont subi un traitement au moyen de procédés physiques autorisés par la charte sont listés (217).

Les agro-ingrédients physiquement transformés doivent utiliser des procédés listés dans le référentiel, et respecter les exigences de la Convention sur le commerce international des espèces de faune et flore sauvages menacées d'extinction (CITES). Ces ingrédients sont d'origine végétale, animale ou microbienne. Il est interdit d'utiliser des matières génétiquement modifiées et des matières primaires extraites d'animaux vivants ou abattus. Il est possible d'utiliser des ingrédients d'origine animale si ils sont produits par eux sans entraîner leur mort et que seuls les procédés autorisés soient utilisés (217).

¹ Unité Formant Colonie (UFC) < 100/mL

Les agro-ingrédients chimiquement transformés possèdent les mêmes obligations que ceux qui sont physiquement modifiés. Les fabricants doivent utiliser des procédés chimiques autorisés par ce référentiel. L'alcool et les autres sous-produits issus de la fermentation font partie de cette classe (217).

Les autres ingrédients sont autorisés lorsqu'il n'existe aucune autre alternative naturelle efficace. Dans cette classe on retrouve les conservateurs et agents de dénaturation d'origine pétrochimique, les solvants d'extractions pétrochimiques, les ingrédients d'origine naturelle avec des greffons pétrochimiques et d'autres ingrédients (217).

VI.5.1.1.2. Les produits lavants

Les produits nettoyants peuvent contenir des tensioactifs d'origine végétale qui sont conformes en termes de biodégradabilité et de toxicité aquatique², selon le Règlement (CE) n°648/2004. Ils peuvent également inclure des agents nettoyants à base de plantes certifiés selon des référentiels équivalents, mais aussi des ingrédients ou dérivés de palmes non certifiés CSPO. Les tensioactifs sulfatés sont issus de la pétrochimie et du procédé de sulfatation, ce qui augmente leur potentiel toxicologique et peut provoquer des irritations. Afin de trouver une alternative, le référentiel les autorise jusqu'au 1^{er} janvier 2029 (217). Certains tensioactifs sulfatés mais non éthoxylés qui sont sur une base végétale donc biosourcés par production chimique, sont autorisés dans le référentiel COSMOS (205). Selon la base de données COSMOS, les tensioactifs tels que l'ammonium coco-sulfate, l'ammonium Lauryl Sulfate, le Sodium Coco Sulfate ou encore le Sulfated Castor Oil sont autorisés comme ils sont issus d'une réaction chimique acide-base relativement propre. Le produit issu de l'éthoxylation est toxique pour l'environnement et notamment pour les organismes aquatiques, c'est pour cette raison que cette transformation chimique n'est pas autorisée. De plus, l'éthoxylation peut former des impuretés de type CMR, les dioxanes qui sont interdits selon le Règlement cosmétique (CE) N°1223/2009. Les tensioactifs amphotères comme le coco bétaïne et le cocamidopropyl bétaïne sont temporairement autorisés mais le but est de les remplacer par des alternatives qui possèdent un meilleur profil écologique (217).

Les conservateurs, « non listés », comme les huiles essentielles sont autorisés par le référentiel, tout comme certains conservateurs « listés » dans le Règlement (CE) N°1223/2009. En effet, l'acide benzoïque et ses sels, l'alcool benzylique, l'acide déhydroacétique et ses sels ou encore l'acide sorbique et ses sels sont autorisés dans le référentiel COSMOS (217).

Les exigences ne portent pas seulement sur la qualité des ingrédients mais également sur leur quantité (217).

² CL50, CE50 et CI50 > 1mg/l

VI.5.1.2. Les exigences quantitatives des ingrédients

En fonction de la labélisation choisie par l'industriel, il faut une quantité d'ingrédients dans le produit fini déterminé. Les conditions d'apposition des logos sont décrites dans la *figure 62*.



Logo indiquant que le cosmétique est naturel selon le cahier des charges actuel COSMOS :

Sur le total du produit, limitation de l'origine pétrochimique (liste d'ingrédients autorisés avec dosage maximal), ce qui revient *in fine* à environ **95% minimum d'ingrédients d'origine naturelle**



Logo indiquant que le cosmétique est bio selon le cahier des charges actuel COSMOS :

Sur le total du produit, limitation de l'origine pétrochimique (liste d'ingrédients autorisés avec dosage maximal), ce qui revient *in fine* à environ **95% minimum d'ingrédients d'origine naturelle**

95% minimum d'ingrédients bio sur l'ensemble des ingrédients pouvant être bio (tels que les végétaux, la cire d'abeille, le lait...)

20% minimum d'ingrédients bio sur le total du produit (10% pour les produits à rincer et minéraux - eau et minéraux considérés comme non bio car on ne les cultive pas)

Figure 62 : signification des différents logos Cosmébio (218)

La différence entre les logos COSMOS NATURAL et ORGANIC, c'est que dans le Natural les ingrédients d'origine naturelle ne sont pas obligatoirement d'origine biologique alors que l'organic impose 20% minimum d'ingrédients bio sur le total du produit et 95% d'ingrédients bio sur l'ensemble des ingrédients qui peuvent être bio (217).

En plus d'imposer une quantité de matière naturelle et/ou bio, le cahier des charges contrôle la quantité des ingrédients issus de la pétrochimie en n'autorisant que des matières dont la somme des greffons pétrochimiques ne soit pas supérieure à 2 % en masse du total du produit fini (217).

VI.5.1.3. Les emballages

Le référentiel Cosmos oblige les industriels à réduire, réutiliser, renouveler ou recycler les emballages. Chacun de ces critères regroupe différents indicateurs cités dans le référentiel. Pour se conformer à la charte, l'emballage doit respecter au moins deux des critères et trois indicateurs. Un emballage est considéré comme réutilisable s'il peut être rechargeable ou encore si le matériau est consigné. Pour que l'emballage soit recyclable, il doit utiliser au moins 20% de contenu recyclé dans l'emballage primaire, ou utiliser des monomatériaux, ou encore organiser la collecte et le dépôt des emballages vides par l'entreprise ou par un tiers externe (217).

Les matériaux d'emballage autorisés sont le bois, le verre, l'acétate de cellulose, le caoutchouc d'origine naturelle, la cellulose, le polyéthylène, le polyéthylène téréphtalate, le polyéthylène téréphtalate glycol, l'acide polylactique, le propylène glycol ou encore tout autre matériau d'origine 100% naturelle (217).

VI.5.2. Label nature et progrès

Nature & Progrès, association à but non lucratif, regroupant producteurs, transformateurs et consommateurs s'est pendant longtemps occupée spécifiquement de l'agriculture. Elle a été fondée en 1964 en réaction à l'industrialisation de l'agriculture. Aujourd'hui l'association milite pour le développement de l'agriculture biologique en tant que véritable alternative sociale. Le premier cahier des charges a été créé en 1972. Dès 1998, Nature et Progrès a fixé le premier référentiel biologique sur le marché français des cosmétiques naturels. Les adhérents doivent respecter le cahier des charges et s'aligner à la charte de l'association (216).

VI.5.2.1. Exigence qualitative des ingrédients

Les produits cosmétiques labellisés Nature & Progrès (N&P) sont composés de matières premières et substances obtenues en ayant recours à des procédés physiques ou chimiques simples qui ne modifient pas la structure de la chaîne carbonée. Ils sont formulés sans utilisation de molécules de synthèse d'origine pétrochimique, et toutes les étapes de la fabrication doivent répondre à des normes et à des critères précis de respect de l'environnement (216).

Tous les ingrédients qui subissent des procédés mécaniques, physiques ou chimiques doivent répondre cahier des charges N&P, comme pour COSMOS. Les procédés de sulfatation et sulfonation ne sont pas autorisés chez N&P (216).

L'eau doit présenter une quantité minimale de polluants tels que le chlore, les pesticides ou les métaux lourds. Différents types de filtration ou un traitement aux ultraviolets sont conseillés pour répondre à ce critère (216).

Les ingrédients végétaux à prioriser sont ceux qui sont sous mention Nature & Progrès, comme elle privilégie les circuits courts, sinon des ingrédients certifiés Agriculture biologique selon le Règlement européen (CE) n°834/2007. Contrairement au cahier des charges COSMOS, l'huile de palme et tous ses dérivés sont interdits. Les matières premières issues d'espèces en voie de disparition ne sont pas autorisées (216).

Les ingrédients d'origine animale sont interdits, seuls les produits issus de la ruche, lactés frais ou lyophilisés, les ovo produits ou la lanoline exempte de nickel et d'origine d'agriculture biologique sont autorisés (216).

Les ingrédients d'origine marine sont autorisés s'ils sont inoffensifs pour la santé du consommateur. Ils ne doivent pas provenir d'espèces en voie de disparition. Le ramassage d'algues dans des eaux polluées est interdit (216).

Les matières minérales autorisées sont celles dont l'extraction n'engendre pas de pollution ni de dégradation du paysage (216).

Tout ingrédient obtenu par synthèse pure ou issu de la pétrochimie est interdit, à l'exception de trois conservateurs : l'acide benzoïque, l'acide déhydroacétique et l'acide sorbique ainsi

que leurs sels, ce qui n'est pas encore le cas dans le référentiel COSMOS. Les conservateurs à privilégier sont ceux d'origine naturelle, extraits sans solvants synthétiques et substances toxiques, comme les eaux florales, les extraits de plantes, d'huiles essentielles ou de propolis certifiés N&P ou AB, ou encore l'alcool, l'acide acétique, citrique ou lactique. Les antioxydants autorisés sont les vitamines E et C naturelles. Les polymères de synthèse étant interdits, seuls les gélifiants d'origine naturelle comme la gomme arabique ou encore l'agar agar peuvent être employés. L'utilisation de silicone est interdite (216).

Les parfums aussi doivent être d'origine naturelle et obtenus par des moyens d'extraction autorisés par N&P (216).

Les ingrédients issus de productions néo-naturelles sont autorisés s'ils sont produits par fermentation avec microorganisme et garantis sans OGM (216).

Les solvants tels que l'acétone, les huiles minérales et dérivés issus de la pétrochimie ou alcool non certifié sont interdits (216).

Les tensioactifs et émulsifiants doivent être d'origine végétale issue de culture biologique, ou produits à partir de procédés non dangereux et non polluants pour l'environnement. Ils doivent être biodégradables comme le décyl glucoside, le sodium cocopolyglucose tartrate ou encore le coco-glucoside. Contrairement au cahier des charges COSMOS il est interdit d'utiliser des émulsifiants ou tensioactifs de synthèse (216).

VI.5.2.2. Les emballages

Les emballages doivent répondre à des critères écologiques. Dans la mesure du possible, le double emballage est à éviter. Les matériaux autorisés pour le conditionnement sont le verre, le papier, le carton biodégradable à 100%, les plastiques polyéthylènes téréphtalate et polyéthylènes haute densité et l'aluminium. La liste des plastiques autorisés chez N&P est plus restrictive que celle de la charte COSMOS (216).

VI.5.3. Conclusion

Les cosmétiques qui possèdent le label Nature & Progrès répondent à des restrictions plus rigoureuses que le label Cosmebio en ce qui concerne les ingrédients, les procédés de fabrication des ingrédients et de l'emballage, comme le montre le tableau 16. Nature & Progrès est le seul label imposant de nombreuses interdictions et qui requiert 100% d'ingrédients biologiques pour les ingrédients végétaux. Cependant, le label Cosmebio exige de ses adhérents l'utilisation de produits conformes à leur référentiel. En somme, ces labels constituent une avancée vers des cosmétiques plus respectueux de l'environnement.

Tableau 16 : Résumé des différents aspects des labels Cosmebio et Nature & Progrès

Aspect		Cosmébio	Nature et Progrès
Cahier des Charges		Référentiel COSMOS	Nature et Progrès
Labels disponible		COSMOS Natural COSMOS Organic	Nature et Progrès
Exigences quantitatives des ingrédients	Naturel et biologique	≥ 95% d'ingrédients naturels ≥20% de Bio pour COSMOS Organic	100% d'ingrédient Biologique pour les ingrédients végétaux
	Produit obtenu par synthèse ou par pétrochimie	≤ 2% de greffons pétrochimiques	Interdit
Exigence qualitative des ingrédients	Huile de palme	Autorisé	Interdit
	Emulsifiant/ tensioactif de synthèse		
	Silicone		
Procédé de fabrication des ingrédients	Sulfatation	Autorisé	Interdit
	Ingrédients issus de la pétrochimie		
Emballage	Plastique	5 types de plastiques autorisé et d'autres possible selon la documentation	2 types de plastiques autorisés
	Bois, verre, papier carton	Autorisé	Autorisé Papier et carton autorisé si 100% biodégradable
	Métaux	Aluminium, fer, acier inoxydable...	Aluminium

VII. Les avantages et inconvénients des différentes formes galéniques

VII.1. Les produits liquides

Les produits liquides comme les gels et huiles de douche offrent plusieurs avantages en matière de composition et de production. En effet ces produits utilisent moins d'électricité que les émulsions. Les crèmes de douche nécessitent le chauffage de deux phases à la même température pour former l'émulsion, ce qui engendre une plus forte consommation d'énergie.

En outre, l'huile de douche se distingue par son absence ou sa teneur très faible en eau, éliminant ainsi l'ajout d'agents conservateurs, contrairement aux gels et crèmes qui possèdent une forte fraction aqueuse et nécessitent des agents conservateurs. L'huile et la crème de douche sont formulées avec des antioxydants pour protéger les acides gras insaturés de l'oxydation. Certains antioxydants étant suspectés d'avoir un potentiel cancérigène et d'être écotoxiques, l'utilisation d'antioxydant naturel tel que le tocophérol est privilégié par le label N&P.

De plus, un large choix de tensioactif est utilisé pour garantir un bon pouvoir détergent, une bonne moussabilité, sauf dans le cas des tensioactifs autorisés dans les cahiers des charges des labels, le choix est plus restrictif. Ces derniers sont parfois critiqués par les consommateurs pour leur faible capacité moussante sauf pour les produits qui possèdent un label. Les consommateurs dénoncent un faible moussabilité pour les produits certifiés naturel ou Bio.

En somme, les cosmétiques liquides présentent divers avantages. Cette forme consomme peu d'énergie pour sa production. En effet même si l'émulsion nécessite une phase de chauffage, cette étape est de courte durée, avec une température qui est généralement inférieure à 80°C. Ensuite, le coût de production est économique en raison de la simplicité du procédé de fabrication, et des ingrédients qui sont généralement abordables et facile à obtenir en grande quantité. Enfin, ces produits ont un pH similaire à de celui de la peau autour de 5,5, ce qui contribue à leur tolérance.

Cependant, ils présentent également des inconvénients. En effet, leurs formules sont composées majoritairement d'eau, à l'exception des huiles de douche. Ces produits nécessitent donc l'ajout d'agents conservateurs et/ou d'antioxydants qui peuvent avoir un impact écotoxique. Les tensioactifs utilisés peuvent être irritants pour la peau et non biodégradables. Enfin, le packaging en particulier l'utilisation de bouteilles en plastique et pour certains de pompes également, pose des problèmes de recyclage, ce qui constitue le dernier point négatif de cette forme galénique.

VII.2. Les savons

Les savons sont considérés comme naturels et oléo chimiques.

VII.2.1. Savons obtenus par saponification à chaud

Concernant le procédé artisanal en discontinu, les savons issus de la saponification à chaud, sont souvent limités au savon de Marseille, en raison de sa formule naturelle. Sa composition est simple avec des corps gras et une solution d'alkali.

Ces produits présentent de multiples avantages tels que l'absence de tensioactifs, d'antioxydants et de conservateur grâce à leur pH supérieur à 9. De plus, la réaction chimique est bien contrôlée dans le temps. Les savons sont biodégradables, ce qui est important lors de l'utilisation et les matières premières sont peu coûteuses. Enfin, le packaging est minimal avec des emballages en carton qui sont recyclables (219).

Cependant, les inconvénients sont multiples également. Tout d'abord, il y a la consommation d'énergie importante, à cause des chaudrons qui chauffent à plus de 100°C pendant plusieurs heures voire plusieurs jours. Le procédé de fabrication consomme beaucoup d'eau pour les rinçages lors des étapes de lavages et lissages. L'eau rejetée lors de ces étapes contient l'excédent de soude, il faut donc qu'elle soit retraitée car elle est trop basique, ce qui présente un risque pour l'environnement. Ces savons contiennent moins de glycérine à cause des lavages successifs et possèdent un pH alcalin supérieur à 9. Certaines personnes peuvent alors ressentir une irritation et une sécheresse excessive après utilisation. Enfin, les savons ne moussent pas en eau dure et forment un dépôt appelé « écumes de savons » (23).

Concernant le procédé industriel en continu, il possède les mêmes avantages que la méthode artisanale, mais il consomme considérablement moins d'énergie et moins d'eau.

VII.2.2. Savons obtenus par saponification à froid

Les savons résultant de la saponification à froid ont bonne presse, car ils sont souvent surgras, et sont d'aspect variable, ce qui les rend attractifs. En effet, certains vont présenter un effet fouetté, d'autres sont marbrés. Comme les savons issus de la saponification à chaud, ils sont également appréciés pour leur biodégradabilité et leur composition simple.

Ces savons offrent l'avantage de nécessiter peu d'eau pour leur fabrication et dans leur formule. La consommation d'électricité est également limitée, comme l'étape de chauffage n'est qu'optionnelle et utilisée pour faire fondre une matière grasse. Ensuite, ces produits sont biodégradables, ce qui minimise l'impact environnemental. De plus, les huiles subissent moins de dégradation, car le procédé ne génère que la chaleur issue de la réaction exothermique. Ils peuvent être surgras et renfermer plus de glycérine, un bon agent humectant, qui nourrit et hydrate la peau malgré un pH supérieur à 9. Ils sont exempts de conservateurs et d'antioxydants. Le choix des bonnes huiles permet d'obtenir une bonne propriété moussante pour satisfaire le consommateur. Le coût est plus faible que celui des syndets (23). Enfin, il possède comme le savon de saponification à chaud un emballage minimal.

Néanmoins, ils présentent quelques inconvénients, tels que la complexité de la phase finale de réaction de saponification, le pH qui est supérieur à 9 et comme pour les savons issus de la saponification à chaud la qualité du savon dépend également de la qualité de l'eau.

VII.3. Les syndets

Les syndets connaissent une croissance, avec des marques telles qu'Yves Rocher ou le Petit Marseillais qui ont lancé des gammes de shampoings et pain solide pour le corps. Ils sont composés de 20 à 80 % de tensioactifs ainsi que de concentrations élevées d'émollients, mais également de conditionneurs pour les shampoings, ainsi que des charges et des liants. Ils possèdent une faible teneur en eau ne dépassant pas les 10%. Ils ont pour avantage de ne pas consommer d'eau lors de leur procédé de fabrication. La production de ces produits n'est pas très énergivore car les extrudeurs sont plus performants. Ces produits sont efficaces pour nettoyer et produire de la mousse, selon les tensioactifs utilisés, aussi bien dans l'eau douce que dure. Ils offrent également de bonnes propriétés de rinçage de la peau et des surfaces. Généralement, les syndets laissent la peau plus douce et plus hydratée, lorsque le tensioactif choisi est doux. Les tensioactifs peuvent être associés pour produire rapidement une mousse abondante et durable. Le pH peut être modulé pour qu'il avoisine celui de la peau. Enfin, ils possèdent comme le savon obtenu par saponification à chaud un emballage minimal.

Cette forme présente également des inconvénients. Les tensioactifs synthétiques anioniques sont couramment utilisés dans les syndets pour générer la mousse attendue par le consommateur. Cependant, ces tensioactifs sont mal perçus pour des raisons écologiques et leur pouvoir irritant (23). De plus, cette forme nécessite des agents conservateurs et des antioxydants qui peuvent ne pas être biodégradables.

Conclusion

L'histoire du savon est ancienne, ayant ses origines en Mésopotamie, mais l'hygiène n'a pas toujours eu la même importance au fil du siècles. Les tensioactifs ont apporté une avancée majeure pour le secteur de l'hygiène, conduisant à l'introduction de produits liquides. Cependant, la pandémie de COVID-19 et la prise de conscience environnementale ont entraîné un mouvement en faveur de la cosmétique solide. Ce mouvement a réintroduit la saponification, ainsi que de nouveaux procédés. Après avoir détaillé les différentes formes galéniques des produits d'hygiène disponibles sur le marché et leur impact sur notre corps et l'environnement, ce travail fait ressortir quelques conclusions.

Tout d'abord, il est évident que chaque forme présente des avantages et des inconvénients concernant les aspects composition, consommation énergétique lors de la fabrication, emballages et impacts sur la flore cutanée et l'environnement. Par conséquent, il est essentiel de tout prendre en considération pour déterminer le ou les meilleurs compromis.

Les produits solides sont appréciés pour leur réduction des déchets d'emballage. Parmi eux, le savon obtenu par saponification à froid semble être le meilleur compromis en raison de sa composition, de sa faible consommation en énergie et en eau et de sa bonne biodégradabilité. Bien que son pH alcalin puisse être irritant, cet aspect est contrebalancé par ses propriétés surgrasses.

Dans la catégorie des produits liquides, le meilleur compromis est l'huile de lavage, car son procédé de fabrication consomme peu d'énergie et la formule est exempte d'eau et d'agent conservateur. Cependant, ce produit contient des agents antioxydants qui, selon leur composition, pourraient poser des préoccupations environnementales et de santé. De plus, certains des tensioactifs utilisés peuvent ne pas être biodégradables. Enfin, les bouteilles en plastiques sont un conditionnement très décrié en raison de problèmes de recyclage.

Ensuite, il est important de noter que le Règlement (CE) 1223/2009 vise à protéger les consommateurs et possède un axe environnemental qui reste à améliorer. Des organismes certificateurs ont alors créé des labels pour améliorer l'impact environnemental des produits et la sécurité du consommateur. Ces labels contribuent à réduire l'impact des produits contenant des tensioactifs, des antioxydants et des agents conservateurs. Cependant, il reste des variations entre les labels. Par exemple, Cosmebio est plus indulgent que N&P.

De plus, en réponse à ces problèmes, des innovations émergent, notamment sous la forme de comprimés effervescents. Par exemple, la marque allemande Ben&Anna, a développé des comprimés effervescents conçus pour laver le corps et les cheveux. Cette technologie offre l'avantage de réduire au maximum l'utilisation d'eau dans la formule. L'emballage plastique est également minimisé.

En fin de compte, la forme galénique considérée comme « idéale » pour le soin du corps, l'environnement et la durabilité peut varier en fonction des préférences et des convictions individuelles.

Références bibliographiques

1. Reymond S, Pithon G. STAREVIEW- Ingrédients, formulation, procédé & packaging - Le bimestriel dédié à la cosmétique solide. STAREVIEW. oct 2020;#1.
2. Règlement (CE) no 1223/2009 du Parlement européen et du Conseil du 30 novembre 2009 relatif aux produits cosmétiques. :151.
3. Pr Alexis Desmoulière, UE4.1 M1-Les épithéliums-faculté de pharmacie limoges-2015.pdf.
4. MOD 2 la peau 2016-17 ID/GB. Anatomie et physiologie de la peau CHU NICE.pdf [Internet]. [cité 23 nov 2021]. Disponible sur: https://extranet.chu-nice.fr/Formation-Aide-Soignant-Nice/uploads/Extranet/smartsection/Anat_physiologie_La_Peau.pdf
5. Grascha P. Physiologie de la peau saine et de ses anexes-Université Claude Bernard Lyon 1- 2020. :118.
6. Biologie-CAP-BP-BTS-Coiffure-Repartition-de-la-pilosite.pdf [Internet]. [cité 30 nov 2021]. Disponible sur: <https://admin.fortrainjobs.com/uploads/EC/Biologie-CAP-BP-BTS-Coiffure-Repartition-de-la-pilosite.pdf>
7. ResearchGate [Internet]. [cité 8 oct 2023]. Figure 1. Organisation histologique de la peau. Disponible sur: https://www.researchgate.net/figure/Organisation-histologique-de-la-peau_fig1_323471416
8. pH - L'Observatoire des Cosmétiques - Lexique cosmétique [Internet]. [cité 8 janv 2023]. Disponible sur: <https://cosmeticobs.com/fr/articles/lexique-cosmetique-5/ph-863>
9. les affections de la peau - Recherche Google [Internet]. [cité 4 déc 2022]. Disponible sur: https://www.google.com/search?q=les+affections+de+la+peau&rlz=1C1JZAP_frFR922FR922&oq=les+affections+de+la+peau+&aqs=chrome..69i57j0i512j0i22i30l8.8827j0j4&sourceid=chrome&ie=UTF-8
10. dermato-info.fr [Internet]. [cité 4 déc 2022]. Maladies de la peau. Disponible sur: <https://dermato-info.fr/fr/sommaire/les-maladies-de-la-peau>
11. Se laver avec un eczéma, psoriasis : conseils, quel gel douche ? [Internet]. [cité 4 déc 2022]. Disponible sur: <https://www.eau-thermale-avene.fr/votre-peau/eczema-eczema-atopique-psoriasis/vivre-avec-l-eczema-et-le-psoriasis/psoriasis-eczema-de-l-adulte-une-hygiene-adaptee>
12. Corpus 2014 [Internet]. [cité 25 sept 2022]. les-cheveux-99.html. Disponible sur: <https://www.reseau-canope.fr/corpus/video/les-cheveux-99.html>
13. Anatomie du cheveu [Internet]. Clinique de greffe de cheveux Bédard Montréal. [cité 8 oct 2023]. Disponible sur: <https://www.cliniquebedard.com/wp-content/uploads/2019/09/anatomie-du-cheveu.jpg>
14. Biologie-CAP-BP-BTS-Coiffure-Follicule-pileux.pdf [Internet]. [cité 30 nov 2021]. Disponible sur: <https://admin.fortrainjobs.com/uploads/EC/Biologie-CAP-BP-BTS-Coiffure-Follicule-pileux.pdf>
15. Le cheveu | Le Corps Humain [Internet]. [cité 25 sept 2022]. Disponible sur: <https://lecorpshumain.fr/categories/anatomie/le-cheveu>

16. Les cycles pilaires | Clinique du Cheveu France [Internet]. [cité 8 oct 2023]. Disponible sur: <https://www.cliniqueducheveu.fr/blog/les-cycles-pilaires/>
17. Biologie-CAP-BP-BTS-Coiffure-Anomalies-et-les-affections-du-cuir-chevelu.pdf [Internet]. [cité 25 sept 2022]. Disponible sur: <https://admin.fortrainjobs.com/uploads/EC/Biologie-CAP-BP-BTS-Coiffure-Anomalies-et-les-affections-du-cuir-chevelu.pdf>
18. Anat_physiologie_La_Peau.pdf [Internet]. [cité 8 janv 2023]. Disponible sur: https://extranet.chu-nice.fr/Formation-Aide-Soignant-Nice/uploads/Extranet/smartsection/Anat_physiologie_La_Peau.pdf
19. Pestourie N. Ecologie microbienne. UE7-3 M1 Santé publique et hygiène; 2017.
20. Bourban A, Cicchini M, Cicco L, Debons D, Gasser B, Nicod M, et al. Histoire 10e - Livre de l'élève- Thème 11 : l'hygiène, de l'Antiquité à nos jours. CIIP. 2020. 176 p.
21. Larousse É. Définitions : hygiène - Dictionnaire de français Larousse [Internet]. [cité 13 déc 2021]. Disponible sur: <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/hygi%C3%A8ne/40927>
22. Larousse É. Définitions : savon - Dictionnaire de français Larousse [Internet]. [cité 4 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/savon/71239>
23. Barel AO, Paye M, Maibach HI, éditeurs. Handbook of cosmetic science and technology. New York: Marcel Dekker; 2001. 886 p.
24. Le SÉCHOIR à BULLES [Internet]. [cité 14 déc 2021]. Découvrez l'Histoire du savon. Disponible sur: <https://www.lesechoirabulles.com/histoire-de-savon/>
25. Les origines du savon [Internet]. Savonnerie Cru. 2018 [cité 14 déc 2021]. Disponible sur: <https://www.savonnerie-cru.fr/les-origines-du-savon/>
26. L'histoire du savon, une histoire des propretés [Internet]. Les âmes sauvages. 2020 [cité 16 déc 2021]. Disponible sur: <https://lesamessauvages.fr/lhistoire-du-savon-une-histoire-des-propretes/>
27. Légion VIII Augusta [Internet]. 2020 [cité 16 déc 2021]. Le savon connu dès la Haute Antiquité. Disponible sur: <https://leg8.fr/empire-romain/le-savon-connu-des-la-haute-antiquite/>
28. Université Médicale Virtuelle Francophone. UE Santé Publique : Hygiène individuelle et collective [Internet]. [cité 13 déc 2021]. Disponible sur: http://campus.cerimes.fr/maieutique/UE-sante-publique/hygiene_ind/site/html/1.html
29. Histoire du savon [Internet]. [cité 16 déc 2021]. Disponible sur: <https://terralova.fr/savon-et-moi/histoire-du-savon/>
30. L'Authentique savon d'Alep Saryane [Internet]. Saryane. [cité 17 déc 2021]. Disponible sur: <https://saryane.com/savon-saryane/>
31. Savonnerie Fer à Cheval [Internet]. [cité 4 janv 2022]. Histoire de l'authentique savon de Marseille - Fer à Cheval. Disponible sur: <https://www.savon-de-marseille.com/fr/content/20-histoire-savon-de-marseille>

32. Histoire | La Corvette [Internet]. 2017 [cité 4 janv 2022]. Disponible sur: <https://www.la-corvette.com/histoire/>
33. L 'hygiène au fil du temps - Anamnèses [Internet]. [cité 17 déc 2021]. Disponible sur: <https://sites.google.com/site/lesvesphaziens/home/l-hygiene-au-fil-du-temps>
34. Un procédé traditionnel - La Savonnerie Marius Fabre [Internet]. [cité 5 janv 2022]. Disponible sur: <https://www.marius-fabre.com/fr/content/18-un-procede-traditionnel>
35. L'histoire | AFSM [Internet]. [cité 5 janv 2022]. Disponible sur: <http://www.savondemarseille-afsm.fr/le-savon-de-marseille/lhistoire/>
36. Les dépenses des Français pour leur apparence physique - Insee Première - 1628 [Internet]. [cité 7 janv 2022]. Disponible sur: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2550287>
37. Ecocert | Agir pour un monde durable. [Internet]. [cité 10 janv 2022]. Disponible sur: <https://www.ecocert.com/fr-FR/home>
38. Cosmétiques : à la recherche du « naturel » [Internet]. [cité 10 janv 2022]. Disponible sur: <https://www.economie.gouv.fr/dgccrf/cosmetiques-la-recherche-du-naturel>
39. Actualités LLS. Isa-conso.fr. [cité 10 janv 2022]. La beauté au temps du Covid. Disponible sur: <https://www.isa-conso.fr/la-beaute-au-temps-du-covid,359348>
40. Ripoll L. - Formulation - Matière premières cosmétique - Université Claude Bernard, Lyon 1 - 2020.pdf.
41. Grascha P. Equipements et méthodes de production- Université Claude Bernard, Lyon 1 -2020. :95.
42. JBL_AR_ERYLITE_Erythritol_-_boosts_hair_conditioner_performance_2017-065.pdf [Internet]. [cité 18 févr 2022]. Disponible sur: https://www.jungbunzlauer.com/fileadmin/content/_PDF/PRINT_PROJECTS/Article_facts/JBL_AR_ERYLITE_Erythritol_-_boosts_hair_conditioner_performance_2017-065.pdf
43. Typology. Typology Paris. 2021 [cité 3 déc 2022]. Comment faut-il utiliser une huile de douche pour le corps ? Disponible sur: <https://www.typology.comhttps://www.typology.com/carnet/comment-utiliser-une-huile-de-douche>
44. Typology. Typology Paris. 2021 [cité 3 déc 2022]. Crème de douche et gel douche : quelle différence ? Disponible sur: <https://www.typology.comhttps://www.typology.com/carnet/creme-de-douche-et-gel-douche-quelle-difference>
45. Les BPF pratiques : le traitement de l'eau [Internet]. [cité 21 oct 2023]. Disponible sur: <https://cosmeticobs.com/,articles,congres-48,les-bpf-pratiques-le-traitement-de-leau-3884>
46. bpf_de_ansm.pdf [Internet]. [cité 21 oct 2023]. Disponible sur: https://sante.gouv.fr/IMG/pdf/bpf_de_ansm.pdf
47. Balès N. LES PEGS [Internet]. Québec; 2014 déc [cité 3 févr 2022] p. 42. Disponible sur: <http://www.uqac.ca/cosmetologie/wp-content/uploads/2015/09/Les-PEG-Nina-2014.pdf>

48. IWATA H, SHIMADA K. *Formulas, Ingredients and Production of Cosmetics*. SPRINGER. 2013. 230 p.
49. SINTES N. - synthèse polymères- Université Claude Bernard Lyon 1-2021.pdf.
50. Hamman JH. Composition and Applications of Aloe vera Leaf Gel. *Molecules*. août 2008;13(8):1599-616.
51. Dal'Belo SE, Gaspar LR, Maia Campos PMBG. Moisturizing effect of cosmetic formulations containing Aloe vera extract in different concentrations assessed by skin bioengineering techniques. *Skin Res Technol*. nov 2006;12(4):241-6.
52. Casetti F, Wölfle U, Gehring W, Schempp CM. Dermocosmetics for dry skin: a new role for botanical extracts. *Skin Pharmacol Physiol*. 2011;24(6):289-93.
53. HYDROLYZED COLLAGEN | FEBEA [Internet]. [cité 14 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.febea.fr/fr/baseingredient/hydrolyzed-collagen>
54. Khan H, Akhtar N, Ali A. Effects of Cream Containing Ficus carica L. Fruit Extract on Skin Parameters: In vivo Evaluation. *Indian J Pharm Sci*. 2014;76(6):560-4.
55. FICUS CARICA FRUIT EXTRACT | FEBEA [Internet]. [cité 14 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.febea.fr/fr/baseingredient/ficus-carica-fruit-extract>
56. VIDAL [Internet]. [cité 21 févr 2022]. Saule blanc - Phytothérapie. Disponible sur: <https://www.vidal.fr/parapharmacie/phytotherapie-plantes/saule-blanc-salix-alba.html>
57. Willow Bark Herbasec® de Lipoid Kosmetik AG - Produits cosmétiques & de soins [Internet]. [cité 21 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.ulprospector.com/fr/eu/PersonalCare/Detail/31162/743784/Willow-Bark-Herbasec>
58. Faller H. Les applications et la toxicité des algues marines = Applications and toxicity of marine algae [Internet]. Limoges; 2011 [cité 21 févr 2022]. Disponible sur: <http://aurore.unilim.fr/ori-oai-search/notice/view/unilim-ori-41783>
59. Nori Complex™ | Centerchem [Internet]. [cité 21 févr 2022]. Disponible sur: <https://www.centerchem.com/products/nori-complex/>
60. polyquaternium-22 – Recherche Google [Internet]. [cité 22 févr 2022]. Disponible sur: https://www.google.com/search?q=polyquaternium-22&rlz=1C1JZAP_frFR922FR922&sxsrf=APq-WBu4PqNr4KjIRKpeJRxXz3lbeZvTXA:1645527495604&source=lnms&tbm=isch&sa=X&sqi=2&ved=2ahUKEwiSp9_Ok5P2AhVchHIEHbFIAJAQ_AUoAnoECAEQBA&biw=1280&bih=569&dpr=1.5#imgrc=SkTLUAI63VpUNM
61. POLYQUATERNIUM-22 - Ingrédient INCI Beauty [Internet]. [cité 22 févr 2022]. Disponible sur: <https://incibeauty.com/ingredients/15269-polyquaternium-22>
62. Les modes d'extractions des huiles végétales [Internet]. [cité 24 févr 2022]. Disponible sur: <https://naturafro.fr/blog/les-modes-d-extractions-des-huiles-vegetales-n71>
63. Burnett CL, Fiume MM, Bergfeld WF, Belsito DV, Hill RA, Klaassen CD, et al. Évaluation de la sécurité des huiles d'acides gras d'origine végétale. *Int J Toxicol*. 1 nov 2017;36(3_suppl):51S-129S.

64. Deux types de raffinage sont de raffinage physique et de raffinage chimique [Internet]. [cité 3 mars 2022]. Disponible sur: <http://www.materielhuilerie.com/raffinage-huile/>
65. Vaughn AR, Clark AK, Sivamani RK, Shi VY. Natural Oils for Skin-Barrier Repair: Ancient Compounds Now Backed by Modern Science. *Am J Clin Dermatol*. 1 févr 2018;19(1):103-17.
66. Judde A. Prévention de l'oxydation des acides gras dans un produit cosmétique : mécanismes, conséquences, moyens de mesure, quels antioxydants pour quelles applications ? *OCL*. nov 2004;11(6):414-8.
67. FLORIHANA- Fiche technique de l'huile d'amande douce BIO -2013 .pdf.
68. Huile végétale d'Amande Douce : bienfaits et utilisations en cosmétique et santé [Internet]. [cité 4 déc 2022]. Disponible sur: <https://www.compagnie-des-sens.fr/huile-vegetale-amande-douce/>
69. HUILERIE EMILE NOEL -Fiche technique de l'huile vierge de coco bio-2012.pdf.
70. Kim S, Jang JE, Kim J, Lee YI, Lee DW, Song SY, et al. Enhanced barrier functions and anti-inflammatory effect of cultured coconut extract on human skin. *Food and Chemical Toxicology*. 1 août 2017;106:367-75.
71. Pharmacopée Européenne 11.2 - Huiles essentielles -monographie 2098.
72. Fernandez X, Chemat F, Do T. Les huiles essentielles : Vertus et applications [Internet]. Vuibert; 2017 [cité 7 janv 2023]. Disponible sur: <https://univ-scholarvox-com.ezproxy.unilim.fr/book/88841206>
73. INTERCHIMIE - Fiche technique du beurre de karité-2015.pdf.
74. EXAFLOR- fiche technique du beurre de cacao vierge BIO-2019.pdf [Internet]. [cité 3 mars 2022]. Disponible sur: https://exaflor.co/images/HV_-_Docs_r%C3%A9glementaires_Fran%C3%A7ais/HV_BIO/BEURRE_DE_CACAO_VIERGE_BIOLOGIQUE_84649-99-0_FT_V1.2.pdf
75. MAKING COSMETICS - fiche technique du beurre de cacao désodorisé, certifié biologique -2021 [Internet]. [cité 3 mars 2022]. Disponible sur: <https://cosmetics.specialchem.com/product/i-makingcosmetics-cocoa-butter-deodorized-usda-certified-organic>
76. Loubat-Bouleuc N. Les esters en cosmétologie : généralités et fonctionnalités. *Oléagineux, Corps gras, Lipides*. 1 nov 2004;11:454-6.
77. mono1.png (682x217) [Internet]. [cité 8 oct 2023]. Disponible sur: <https://halal-reunion.com/wp-content/uploads/2020/12/mono1.png>
78. Evident Ingredients. EVIDENT EVICARE- Fiche technique du tocopherol mix-2021.pdf.
79. D4, D5, D6 : les Comités de l'ECHA soutiennent la proposition de restriction dans les produits sans rinçage - Actus [Internet]. [cité 4 mars 2022]. Disponible sur: <https://cosmeticobs.com/fr/articles/actus-59/d4-d5-d6-les-comites-de-lecha-soutiennent-la-proposition-de-restriction-dans-les-produits-sans-rincage-5072>
80. INERIS. Institut national de l'environnement industriel et des risques, CYCLOSILOXANES, Verneuil-en-Halatte. 181229 - 2113134 - v1.0; 2020.

81. Hargreaves AE. Chemical Formulation - An Overview of Surfactant-Based Preparations Used in Everyday [Internet]. 2003 [cité 31 janv 2022]. Disponible sur: <https://pubs-rsc-org.ezproxy.unilim.fr/en/content/ebook/978-0-85404-635-5>
82. Hutin A. 2. Les Tensioactifs. 2019. (DOI: 10.13140/RG.2.2.34205.97763).
83. Porter MR. Handbook of Surfactants. Springer; 2013. 237 p.
84. Techniques de l'Ingénieur [Internet]. [cité 23 avr 2023]. Tensioactifs. Disponible sur: <https://www.techniques.ingenieur.fr/base-documentaire/42337210-constantes-chimiques-des-solvants-et-produits/download/k342/tensioactifs.html>
85. BRESSUEILLE F, BORDES C, DUGAS V, GUILLIERE F, MAROTE P. ATELIER DE FORMULATION - Master Professionnel Formulation et Chimie Industrielle. Université Claude Bernard, Lyon 1;
86. Tensioactifs.pdf [Internet]. [cité 23 oct 2022]. Disponible sur: <https://www-techniques-ingenieur-fr.ezproxy.unilim.fr/res/pdf/encyclopedia/42337210-k342.pdf>
87. Propriétés physiques et chimiques [Internet]. [cité 8 oct 2023]. Disponible sur: <https://lotuus-95.websself.net/a-propos>
88. 21_mp.gif (473x630) [Internet]. [cité 8 oct 2023]. Disponible sur: https://biochim-agro.univ-lille.fr/proteines/res/21_mp.gif
89. Salager JL, Anderz J, Forgiarini A. Influence of formulation on foams. L'Actualité chimique. 1 avr 1999;10-21.
90. ResearchGate [Internet]. [cité 8 oct 2023]. Figure 2. Process of micelle formation in aqueous phase. Disponible sur: https://www.researchgate.net/figure/Process-of-micelle-formation-in-aqueous-phase_fig2_330301859
91. Règlement (CE) no 648/2004 du Parlement européen et du Conseil du 31 mars 2004 relatif aux détergents.pdf [Internet]. [cité 6 nov 2023]. Disponible sur: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:02004R0648-20150601>
92. Poizat O. LA FORMULATION EN DETERGENCE- Société ORAPI. 2020. :90.
93. Muherei M, Junin R. POTENTIAL OF SURFACTANT WASHING TO SOLVE DRILLING WASTE ENVIRONMENTAL PROBLEMS OFFSHORE. 6 nov 2022;
94. KUMAR DUTTA A. Surfactants and Detergents [Internet]. IntechOpen. Disponible sur: https://mts.intechopen.com/storage/books/7735/authors_book/authors_book.pdf
95. Le Hir A, Chaumeil JC, Brossard D. Pharmacie galénique - Bonnes pratiques de fabrication des médicaments. 9ème. Paris: Elsevier Masson; 2009. 394 p.
96. Id H. Stabilisation et caractérisation des émulsions eau dans eau stabilisées par des polysaccharides linéaires. :167.
97. Fernandez X, Merck F, Kerdudo A. Conservateurs pour cosmétiques - Généralités et conservateurs antimicrobiens. Formulation [Internet]. sept 2012 [cité 11 déc 2022]; Disponible sur: <https://www.techniques-ingenieur.fr/doi/10.51257/a/v1/j2284>
98. Grascha P. Les conservateurs-Université Claude Bernard, Lyon 1. 2020.

99. null. Régulateur de pH [Internet]. [cité 8 janv 2023]. Disponible sur: <https://cosmeticobs.com/,articles,lexique-cosmetique-5,regulateur-de-ph-864>
100. Typology Paris [Internet]. [cité 11 déc 2022]. Shampoing traitant nourrissant sans sulfates | Typology. Disponible sur: <https://www.typology.com/products/shampoing-nutrition>
101. INCI Beauty - Analysez la composition de vos cosmétiques [Internet]. [cité 11 déc 2022]. Disponible sur: <https://incibeauty.com/>
102. Sanex Purifiant Zero% Gel douche | Sanex Vegan [Internet]. [cité 7 janv 2023]. Disponible sur: <https://www.sanex.fr/products/bath-and-shower/zero-purifiant-shower-gel>
103. Typology Paris [Internet]. [cité 26 févr 2023]. Huile de douche relipidante | Typology. Disponible sur: <https://www.typology.com/products/huile-de-douche-vitamine-e-f>
104. Capmul® S12L de ABITEC Corporation - Produits cosmétiques & de soins [Internet]. [cité 26 févr 2023]. Disponible sur: <https://www.ulprospector.com/fr/na/PersonalCare/Detail/601/24663/Capmul-S12L>
105. SEPPIC. La Cosmétique Solide | Seppic [Internet]. 2021 [cité 1 févr 2022]. Disponible sur: <https://app.livestorm.co/seppic/la-cosmetique-solide/live?s=029a096d-d019-4791-b1f2-6d0091c10773#/>
106. Reymond S, Pithon G. STAREVIEW- Ingrédients, formulation, procédé & packaging -Le bimestriel dédié à la cosmétique solide. STAREVIEW. déc 2020;#2.
107. Appellation savon d'Alep fabriqué à Alep en Syrie [Internet]. [cité 11 janv 2022]. Disponible sur: <https://www.najel.net/fr/blog/post/appellation-savon-alep-traditionnel.html>
108. Naturalforme [Internet]. [cité 8 oct 2023]. Savon d'Alep 12% - Sceau rond. Disponible sur: <https://www.naturalforme.fr/savon-d-alep-12-sceau-rond-sultan-dalep.html>
109. Le logo Savon d'Alep® - Savon d'Alep [Internet]. 2021 [cité 8 oct 2023]. Disponible sur: <http://savondalep.com/the-aleppo-soaps-logo/>
110. La véritable Composition du Savon d'Alep à découvrir ici [Internet]. [cité 11 janv 2022]. Disponible sur: <https://savondalep.com/composition-du-savon-dalep/>
111. Coiffard L, Couteau C. Soap and syndets: differences and analogies, sources of great confusion.
112. La Maison du Savon de Marseille [Internet]. [cité 14 janv 2022]. Le véritable Savon de Marseille - Label UPSM. Disponible sur: <https://www.maison-du-savon-de-marseille.fr/fr/content/15-le-vrai-savon-de-marseille>
113. Authenticité garantie | La Corvette [Internet]. 2018 [cité 14 janv 2022]. Disponible sur: <https://www.la-corvette.com/authenticite/>
114. La Savonnerie Marius Fabre [Internet]. [cité 8 oct 2023]. Union des Professionnels du Savon de Marseille. Disponible sur: <https://www.marius-fabre.com/fr/content/14-union-des-professionnels-du-savon-de-marseille>
115. Savonnerie Fer à Cheval [Internet]. [cité 14 janv 2022]. Composition du savon de Marseille. Disponible sur: <https://www.savon-de-marseille.com/fr/content/22-composition-savon-de-marseille>

116. Comment reconnaître un véritable savon de Marseille ? [Internet]. [cité 14 janv 2022]. Disponible sur: <https://www.marius-fabre.com/fr/blog/comment-reconnaitre-un-veritable-savon-de-marseille-n162>
117. La Maison du Savon de Marseille [Internet]. [cité 17 janv 2022]. Savon de Marseille - Barre de 2Kg 72% Huile d'Olive. Disponible sur: <https://www.maison-du-savon-de-marseille.fr/fr/savon-de-marseille-veritable/778-savon-de-marseille-barre-de-2kg-72-d-huile-vegetale-olive-coprah-3700601504095.html>
118. Savon surgras qu'est-ce que le surgraissage ? [Internet]. Flow académie. 2020 [cité 17 janv 2022]. Disponible sur: <https://www.flow-savonnerie.com/dossier/savon-surgras-surgraissage/>
119. Avantages du surgraissage [Internet]. Savon solide. 2020 [cité 17 janv 2022]. Disponible sur: <https://www.savon-solide.com/savon-surgras/>
120. SAVON TRÈS DOUX, SURGRAS, NATUREL, CERTIFIÉ BIO* [Internet]. Gaiia. [cité 17 janv 2022]. Disponible sur: <https://www.gaiia-shop.com/boutique/savon-tres-doux-surgras-naturel-bio/>
121. Unilever [Internet]. [cité 22 janv 2023]. Dove. Disponible sur: <https://www.unilever.com/brands/beauty-wellbeing/dove/>
122. Ng KM, Gani R, Dam-Johansen K. Chemical Product Design: Towards a Perspective through Case Studies. Elsevier; 2006. 513 p.
123. Johnson AW, Ananthapadmanabhan K p., Hawkins S, Nole G. Bar Cleansers. In: Cosmetic Dermatology [Internet]. John Wiley & Sons, Ltd; 2015 [cité 22 janv 2023]. p. 81-95. Disponible sur: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781118655566.ch9>
124. print PF digital finger. L'histoire de la marque | A-DERMA [Internet]. [cité 22 janv 2023]. Disponible sur: <https://www.aderma.fr/fr-fr/la-marque/notre-histoire>
125. print PF digital finger. Soins douche | Eau Thermale Avène [Internet]. [cité 22 janv 2023]. Disponible sur: <https://www.eau-thermale-avene.fr/toutes-les-familles/soins-corps/soins-douche>
126. Savons Peaux Sensibles | La Roche-Posay [Internet]. [cité 22 janv 2023]. Disponible sur: <https://www.laroche-posay.fr/article/savons/a39762.aspx>
127. AMI Ingrédients [Internet]. [cité 22 janv 2023]. CREME DE DOUCHE SOLIDE SANS SULFATE. Disponible sur: <https://ami-ingredients.fr/formule/creme-de-douche-solide-sans-sulfate/>
128. AMI Ingrédients [Internet]. [cité 22 janv 2023]. SHAMPOOING 2 EN 1 SOLIDE SANS SULFATE. Disponible sur: <https://ami-ingredients.fr/formule/shampooing-2-en-1-solide-sans-sulfate/>
129. Hollstein M, Spitz L. Manufacture and properties of synthetic toilet soaps. J Am Oil Chem Soc. oct 1982;59(10):442-8.
130. Brochette P. Émulsification - Élaboration et étude des émulsions. 2013;

131. Poux M, Canselier JP. Procédés d'émulsification - Techniques et appareillage. Formulation [Internet]. juin 2004 [cité 12 févr 2023]; Disponible sur: <https://www.techniques-ingenieur.fr/doi/10.51257/a/v1/j2153>
132. Viana M. Sciences pharmaceutiques- Pharmacie galénique: développement du médicament-Faculté de pharmacie de Limoges. 2015.
133. Homogénéisateur Haute Pression [Internet]. Hommak. [cité 8 oct 2023]. Disponible sur: <https://www.hommak.com/fr/produits/homogeneisateur-haute-pression/>
134. Homogénéisateur ultrason - sonificateur- homogénéiser par ultrasons [Internet]. Microfluidics. [cité 12 févr 2023]. Disponible sur: <http://www.microfluidics.fr/homogeneisateur-ultrason/>
135. Fichier:Émulsion par techniques ultrasoniques.png — Wikipédia [Internet]. 2017 [cité 8 oct 2023]. Disponible sur: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%C3%89mulsion_par_techniques_ultrasoniques.png
136. LEVACHER E. PHI 41 Pharmacotechnie industrielle 3e édition. 3ème. IMT Editions; 2016.
137. Saponification plants for the production of solid soap [Internet]. Soaptec. [cité 12 mars 2023]. Disponible sur: <https://www.soaptec.biz/en/saponification/>
138. Caubergs L. LA FABRICATION DU SAVON - Aspects techniques, économiques et sociaux. ATOL;
139. Chapitre 12 : Saponification :: PC-Fourmond [Internet]. [cité 8 oct 2023]. Disponible sur: <https://pc-fourmond.webnode.fr/t-st2s/theme-4-reactions-acide-base/chapitre-12-saponification/>
140. Spitz L. Soap Manufacturing Technology Ed. 2 [Internet]. Elsevier Science; 2016 [cité 8 déc 2021]. Disponible sur: <https://univ-scholarvox-com.ezproxy.unilim.fr/book/88836460>
141. 2.5.4. Indice d'iode - European Pharmacopoeia 11.2 [Internet]. [cité 18 oct 2023]. Disponible sur: <https://pheur.edqm.eu/app/11-2/content/11-2/20504F.htm>
142. OLLIVIER D, LACOSTE F, ARTAUD J. Techniques de l'Ingénieur. [cité 6 mars 2023]. Lipides alimentaires. Disponible sur: <https://www.techniques.ingenieur.fr/base-documentaire/42380210-analyse-des-macromolecules-biologiques/download/p3325/lipides-alimentaires.html>
143. 2.5.6. Indice de saponificatio... - European Pharmacopoeia 11.2 [Internet]. [cité 18 oct 2023]. Disponible sur: <https://pheur.edqm.eu/app/11-2/content/11-2/20506F.htm>
144. BANCOURT H. Techniques de l'Ingénieur. [cité 6 mars 2023]. Saponification. Disponible sur: <https://www.techniques.ingenieur.fr/base-documentaire/tiajb-archives-operations-unitaires-genie-de-la-reaction-chimique/download/j5810/1/saponification.html>
145. Distributeur de savon - Machines de fabrication de savon révisées - IMJ [Internet]. [cité 12 mars 2023]. Disponible sur: <https://soap-machinery.com/crutcher/>
146. Augier F, Coupard V, Julien E, Plot JL. Utilisation d'un reacteur dans un procede de fabrication de savon et reacteur specialement adapte pour une telle utilisation [Internet].

- FR3047996A1, 2017 [cité 7 mars 2023]. Disponible sur: <https://patents.google.com/patent/FR3047996A1/fr>
147. Crutcher for solid soap production plants [Internet]. Soaptec. [cité 8 oct 2023]. Disponible sur: <https://www.soaptec.biz/en/saponification/crutcher/>
 148. ensemble de 8 machines à transformer chimiquement (chaudrons) - Inventaire Général du Patrimoine Culturel [Internet]. [cité 12 mars 2023]. Disponible sur: <https://dossiersinventaire.maregionsud.fr/dossier/ensemble-de-8-machines-a-transformer-chimiquement-chaudrons/03dfd99e-db1f-40bc-8910-cbbcb4baf9d4>
 149. Savonnerie Fer à Cheval [Internet]. [cité 19 mars 2023]. Fabrication de l'authentique savon de Marseille. Disponible sur: <https://www.savon-de-marseille.com/fr/content/17-fabrication-du-savon-de-marseille>
 150. Chaudron Marius Fabre [Internet]. [cité 14 oct 2023]. Disponible sur: <https://www.groupe-moscatelli.com/chaudron-saponification-entreprise-chaudronnerie>
 151. www.sasoap.com SM. Machines pour Savon. [cité 7 mars 2023]. INSTALLATION DE SAPONIFICATION. Disponible sur: <https://www.sasoap.com/FR/saponification.html>
 152. Atomizers for solid soap dryer plants [Internet]. Soaptec. [cité 12 mars 2023]. Disponible sur: <https://www.soaptec.biz/en/dryer/atomizers/>
 153. www.sasoap.com SM. SAS Machines pour Savon. [cité 14 oct 2023]. SECHOIR SOUS VIDE SAVON. Disponible sur: <https://www.sasoap.com/sechage-savon.html>
 154. Cylinder cooler for soap production plants [Internet]. Soaptec. [cité 19 mars 2023]. Disponible sur: <https://www.soaptec.biz/en/dryer/cylinder-coolers/>
 155. www.sasoap.com SM. SAS Machines pour Savon. [cité 19 mars 2023]. ROULEAUX DE REFROIDISSEMENT SAVON. Disponible sur: <https://www.sasoap.com/refroidissement-savon.html>
 156. www.sasoap.com SM. SAS Machines pour Savon. [cité 14 oct 2023]. ROULEAUX DE REFROIDISSEMENT SAVON. Disponible sur: <https://www.sasoap.com/refroidissement-savon.html>
 157. Visitez la savonnerie Le Retail | Découvrez notre savoir-faire - Savonnerie Le Sérail [Internet]. [cité 14 oct 2023]. Disponible sur: <https://www.savon-leserail.com/notre-savoir-faire-w1.html>
 158. ResearchGate [Internet]. [cité 14 oct 2023]. Figure 1. Description schématique d'une extrudeuse. Disponible sur: https://www.researchgate.net/figure/Description-schematique-dune-extrudeuse_fig1_330751063
 159. www.sasoap.com SM. SAS Soap Machines. [cité 19 mars 2023]. AUTOMATIC SOAP CUTTING MACHINES. Disponible sur: <https://www.sasoap.com/automatic-soap-cutter.html>
 160. Calculator S. Soap Calculator - Soap Manufacturing. [cité 14 oct 2023]. 8f. Soap Cutting Machines. Disponible sur: <http://www.soapworld.biz/soap-cutting-machine.html>
 161. Savonnerie «Marius Fabre» [Internet]. [cité 14 oct 2023]. Disponible sur: <http://www.e-magdeco.com/2010/02/savonnerie-marius-fabre.html>

162. BOUDINEUSES SAVON - SAS Machines pour Savon [Internet]. [cité 14 oct 2023]. Disponible sur: <https://www.sasoap.com/FR/boudineuses.html>
163. www.sasoap.com SM. SAS Soap Machines. [cité 25 mars 2023]. SOAP PRESSES and SOAP STAMPERS. Disponible sur: <https://www.sasoap.com/soap-press.html>
164. Tout savoir sur la fabrication du savon de Marseille de la Savonnerie Marius Fabre [Internet]. [cité 14 oct 2023]. Disponible sur: <https://www.marius-fabre.com/fr/content/32-la-fabrication-du-savon-de-marseille>
165. JET_Saponification_eng.pdf [Internet]. [cité 25 mars 2023]. Disponible sur: https://www.soapmachinery.net/files/JET_Saponification_eng.pdf
166. www.sasoap.com SM. SAS Machines pour Savon. [cité 14 oct 2023]. INSTALLATION DE SAPONIFICATION JET. Disponible sur: <https://www.sasoap.com/saponification-plant.html>
167. Fabrication du Savon d'Alep [Internet]. 2021 [cité 12 janv 2022]. Disponible sur: <https://savondalep.com/fabrication-du-savon-dalep/>
168. Catalogue Najel édition 2019 by Najel - Issuu [Internet]. [cité 12 janv 2022]. Disponible sur: <https://issuu.com/najel/docs/catalogue-najel-2019-issuu>
169. Slow Cosmétique [Internet]. 2016 [cité 12 janv 2022]. Qu'est ce que le savon d'Alep ? Disponible sur: <https://www.slow-cosmetique.com/le-mag/quest-ce-que-le-savon-d-alep/>
170. alepeo.com [Internet]. [cité 13 janv 2022]. Fabrication du Savon d'Alep Authentique ALEPEO certifié BIO. Disponible sur: <https://alepeo.com/fr/content/14-fabrication-de-notre-savon-d-alep>
171. Un savoir-faire ancestral et une fabrication authentique inchangée depuis l'Antiquité [Internet]. [cité 13 janv 2022]. Disponible sur: https://www.tade.fr/tade/25_savoir-faire
172. La saponification à froid dans la cosmétique bio [Internet]. [cité 2 avr 2023]. Disponible sur: <https://www.cosmebio.org/fr/nos-dossiers/la-saponification-a-froid/>
173. La saponification à froid - Aroma-Zone [Internet]. [cité 3 avr 2023]. Disponible sur: <https://www.aroma-zone.com/info/fiche-savoir-faire/la-saponification-a-froid>
174. Savons Arthur [Internet]. [cité 3 avr 2023]. Le savon artisanal. Disponible sur: <https://savons-arthur.bio/blogs/monde-bio/le-savon-artisanal>
175. Cuve inox adaptée à la chauffe des liquides chimiques ou alimentaires [Internet]. [cité 14 oct 2023]. Disponible sur: <https://www.initio-shop.fr/evier-bac-cuve-lavabo-inox/1861-cuve-de-stockage-en-inox-35-litres.html>
176. FONDOIR INOX COSMÉTIQUES - 50 Litres - 90/95°C max [Internet]. Cuves INOX agroalimentaire. [cité 14 oct 2023]. Disponible sur: <https://cuve-inox.eu/categorie-produit/cuves-inox-alimentaires/cuves-inox-fondoir-cosmetiques/cuves-chauffage-electrique-cosmetiques-90-95c-maxi/fondoir-inox-cosmetiques-50-litres-90-95c-max/>
177. CHRShop.fr [Internet]. [cité 14 oct 2023]. Mixeur plongeant Dynamic Heavy Duty SMX 800 Turbo| XXLHoreca.com. Disponible sur: <https://www.chrshop.fr/mixeur-plongeant-dynamic-heavy-duty-smx-800-turbo/1112883>

178. Bulle & maille [Internet]. [cité 9 avr 2023]. Savons et cosmétiques bio, matériel de fabrication. Disponible sur: <https://bulleetmaille.com/>
179. TAMPON BOIS POUR IMPRESSION SUR SAVON - Tampons du Mail [Internet]. [cité 14 oct 2023]. Disponible sur: <https://tampons-du-mail.com/accueil/604-tampon-bois-pour-impression-sur-savon.html>
180. Ecriture et tampon [Internet]. [cité 14 oct 2023]. Tampon métal pour marquage savon. Disponible sur: <https://www.ecriture-et-tampon.com/tampon-pour-marquage-du-savon/1113-tampon-a-savon.html>
181. Prieto Vidal N, Adeseun Adigun O, Pham TH, Mumtaz A, Manful C, Callahan G, et al. The Effects of Cold Saponification on the Unsaponified Fatty Acid Composition and Sensory Perception of Commercial Natural Herbal Soaps. *Molecules*. 14 sept 2018;23(9):2356.
182. APO France [Internet]. [cité 15 avr 2023]. Tout savoir sur la saponification à froid. Disponible sur: <https://apofrance.com/fr/blog/engagement/tout-savoir-sur-la-saponification-a-froid>
183. Reymond S, Pithon G. STAREVIEW- Ingrédients, formulation, procédé & packaging - Le bimestriel dédié à la cosmétique solide. août 2021;#6.
184. www.sasoap.com SM. SAS Machines pour Savon. [cité 28 juin 2023]. MELANGEURS SAVON. Disponible sur: <https://www.sasoap.com/soap-mixer.html>
185. Stephenson [Internet]. [cité 28 juin 2023]. Create more than just a bar. Only with Syndopal syndet range. Disponible sur: <https://www.stephensonpersonalcare.com/syndopal-range>
186. BASE SYNDET [Internet]. [cité 28 juin 2023]. Disponible sur: <https://laboratoires-plantaurel.com/fr/base-syndet>
187. TS-chimie-TP12.pdf [Internet]. [cité 23 avr 2023]. Disponible sur: https://www4.ac-nancy-metz.fr/physique/ancien_site/Tp-chim/Term/pa/TS-chimie-TP12.pdf
188. teclis-scientific [Internet]. [cité 26 juin 2023]. FOAMSCAN foam analyzers. Disponible sur: <https://www.teclis-scientific.com/fr/foam-analyzers>
189. 30 huiles et 3 beurres pour fabriquer son savon | Flow - La savonnerie [Internet]. Flow académie. 2020 [cité 26 juin 2023]. Disponible sur: <https://www.flow-savonnerie.com/dossier/huiles-fabrication-savon-a-froid/>
190. Eau potable: eau dure eau douce [Internet]. [cité 26 juin 2023]. Disponible sur: <https://www.cnrs.fr/cw/dossiers/doseau/decouv/potable/dureDouc.html>
191. eurolab. Test de patch [Internet]. [cité 26 juin 2023]. Disponible sur: <https://www.eurolab.net/fr>
192. eurolab. Test HET-CAM in vitro [Internet]. [cité 18 oct 2023]. Disponible sur: <https://www.eurolab.net/fr>
193. Test HET-CAM - Formulation CD [Internet]. [cité 18 oct 2023]. Disponible sur: <https://www.formulationbio.com/het-cam-test.html>
194. Arnould P, Hotyat M, éditeurs. Eau et environnement : Tunisie et milieux méditerranéens [Internet]. Eau et environnement : Tunisie et milieux méditerranéens. Lyon: ENS Éditions;

- 2014 [cité 27 juin 2023]. 208 p. (Sociétés, Espaces, Temps). Disponible sur: <http://books.openedition.org/enseditions/847>
195. Renaud K. L'essentiel. 2020 [cité 7 nov 2023]. Quand le bio s'invite dans nos salles de bain. Disponible sur: <https://www.essentiel-media.fr/quand-le-bio-sinvite-dans-nos-salles-de-bain/>
196. Les Echos [Internet]. 2020 [cité 7 nov 2023]. « Le marché de la cosmétique est dans une phase de transition ». Disponible sur: <https://www.lesechos.fr/industrie-services/immobilier-btp/le-marche-de-la-cosmetique-est-dans-une-phase-de-transition-1170623>
197. Premium Beauty News [Internet]. [cité 7 nov 2023]. France : comment la cosmétique solide s'impose dans le rayon hygiène beauté. Disponible sur: <https://www.premiumbeautynews.com/fr/france-comment-la-cosmetique,21319>
198. Grimonprez B. `` Méga-bassines ' ' : aux sources d'un conflit pour l'eau.
199. Information sur l'origine de l'électricité fournie par EDF | EDF FR [Internet]. 2022 [cité 14 oct 2023]. Disponible sur: <https://www.edf.fr/origine-de-l-electricite-fournie-par-edf>
200. Bausano & Figli [Internet]. [cité 27 juin 2023]. Consommation d'énergie et innovations | Bausano. Disponible sur: <https://www.bausano.com/fr/innovations/consommation-energetique>
201. Sauvons la nature de la pollution plastique | WWF France [Internet]. [cité 27 juin 2023]. Disponible sur: <https://www.wwf.fr/sengager-ensemble/relayer-campagnes/pollution-plastique>
202. CITEO [Internet]. [cité 27 juin 2023]. Observatoire du Geste de Tri : comment les Français perçoivent le tri des emballages ? Disponible sur: <https://www.citeo.com/le-mag/observatoire-du-geste-de-tri-comment-les-francais-percoivent-le-tri-des-emballages>
203. LE RECYCLAGE DES EMBALLAGES : UN ENJEU DE TAILLE POUR LES ENTREPRISES COSMÉTIQUES | FEBEA [Internet]. [cité 27 juin 2023]. Disponible sur: <https://www.febea.fr/fr/vos-produits-cosmetiques/actualites/le-recyclage-emballages-enjeu-taille-entreprises-cosmetiques>
204. Reymond S, Pithon G. STAREVIEW- Ingrédients, formulation, procédé & packaging - Le bimestriel dédié à la cosmétique solide. STAREVIEW. févr 2021;#3.
205. Grascha P. Webinar - Tensioactifs sulfatés, avantages, inconvénients et alternatives. 2021.
206. ValBran [Internet]. [cité 29 juin 2023]. Des tensioactifs biosourcés pour répondre aux attentes des marchés. Disponible sur: <https://www.valbran.eu/fr/actualites/des-tensioactifs-biosources-pour-repondre-aux-attentes-des-marches/>
207. Des tensioactifs biosourcés pour répondre aux attentes des marchés | Valbiom - Valorisation de la biomasse [Internet]. [cité 14 oct 2023]. Disponible sur: <https://www.valbiom.be/actualites/des-tensioactifs-biosources-pour-repondre-aux-attentes-des-marches>

208. Oxyde d'éthylène (FT 70). Généralités - Fiche toxicologique - INRS [Internet]. [cité 30 juin 2023]. Disponible sur: https://www.inrs.fr/publications/bdd/fichetox/fiche.html?refINRS=FICHETOX_70
209. Polysorbate 20 [Internet]. [cité 13 nov 2023]. Disponible sur: <https://www.mon-droguiste.com/tween-20.html>
210. Larousse É. Définitions : biodégradable - Dictionnaire de français Larousse [Internet]. [cité 27 juin 2023]. Disponible sur: <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/biod%C3%A9gradable/9402>
211. Kehoe T. Merchants of Pollution?: The Soap and Detergent Industry and the Fight to Restore Great Lakes Water Quality, 1965-1972. *Environmental History Review*. 1 oct 1992;16(3):21-46.
212. wendy.mury@nuwen.fr. Panorama des tensioactifs dans les produits d'hygiène naturels [Internet]. Nuwen. 2023 [cité 29 juin 2023]. Disponible sur: <https://www.nuwen.com/fr/cosmetique/panorama-des-tensioactifs-dans-les-produits-dhygiene-naturels/>
213. Valbran [Internet]. [cité 29 juin 2023]. L'intérêt croissant des consommateurs pour des tensioactifs durables. Disponible sur: <https://www.wheatbransurfactants.eu/fr/chapitre/1-linteret-croissant-des-consommateurs-pour-des-tensioactifs-durables>
214. FERNANDEZ X, MERCK F, KERDUDO A. Techniques de l'Ingénieur. [cité 30 juin 2023]. Conservateurs pour cosmétiques. Disponible sur: <https://www.techniques.ingenieur.fr/base-documentaire/procedes-chimie-bio-agro-th2/cosmetiques-ingredients-42664210/conservateurs-pour-cosmetiques-j2285/>
215. Cosmébio, Ecocert, COSMOS... C'est quoi la différence ? [Internet]. [cité 6 juill 2023]. Disponible sur: <https://www.cosmebio.org/fr/nos-dossiers/2018-02-cosmebio-ecocert-cosmos-cosmetiques-bio/>
216. Charte et Cahiers des charges [Internet]. [cité 11 juill 2023]. Disponible sur: <https://www.nptarn.org/la-mention-nature-and-progres/article-chartes-et-cahiers-des-charges>
217. cosmos-standard_v4_fr.pdf [Internet]. [cité 6 juill 2023]. Disponible sur: https://media.cosmos-standard.org/filer_public/34/86/34860626-b2ab-4bde-ba8a-519c9cbea399/cosmos-standard_v4_fr.pdf
218. Cosmébio, le label des cosmétiques bio et naturels [Internet]. 2017 [cité 14 oct 2023]. Disponible sur: <https://www.cosmebio.org/fr/le-label/>
219. JULIEN E, Coupard V, AUGIER F, PLOT JL. Procédé de fabrication de savon [Internet]. WO2017140999A1, 2017 [cité 30 juin 2023]. Disponible sur: <https://patents.google.com/patent/WO2017140999A1/fr>

Serment De Galien

Je jure en présence de mes Maîtres de la Faculté et de mes condisciples :

- d'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement ;
- d'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur, mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement ;
- de ne jamais oublier ma responsabilité, mes devoirs envers le malade et sa dignité humaine, de respecter le secret professionnel.

En aucun cas, je ne consentirai à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser les actes criminels.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses.

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères, si j'y manque.

Attention, ne supprimez pas le saut de section suivant (page suivante non numérotée)

Hygiène : comment prendre soin de soi tout en respectant l'environnement

L'hygiène corporelle et capillaire est une préoccupation universelle.

Les produits d'hygiène, régis par le Règlement (CE) 1223/2009, sont disponibles sous différentes formes galéniques, notamment solides (savons, shampoings solides, syndet) et liquides (gels, huiles et crèmes de douche, shampoings). Les produits solides présentent des avantages en termes d'impact environnemental, car ils réduisent les déchets d'emballage. Parmi eux, le savon obtenu par saponification à froid est le meilleur compromis en raison de sa composition, de sa faible consommation en énergie et en eau pour sa production, ainsi que de sa bonne biodégradabilité. Les produits liquides présentent des avantages en termes de facilité d'utilisation et de sensorialité. Parmi eux, l'huile de lavage est le meilleur compromis en termes d'impact environnemental, car son procédé de fabrication consomme peu d'énergie et la formule est exempte d'eau et d'agent conservateur.

Le Règlement (CE) 1223/2009 vise à protéger les consommateurs, mais il pourrait être amélioré en termes d'impact environnemental. Des organismes certificateurs ont créé des labels afin d'aider à identifier les produits répondant à des critères limitant l'impact environnemental et améliorant la sécurité du consommateur.

En réponse aux problèmes environnementaux, des innovations galéniques émergent.

Mots-clés : produit d'hygiène, formes galéniques, saponification, syndet, impact environnemental, Règlement (CE) N°1223/2009, labels

Hygiene: How to Take Care of Yourself While Caring for the Environment

Body and hair hygiene is a global concern.

Cosmetic products, governed by Regulation (EC) 1223/2009, are available in different galenic forms, including solids (soaps, solid shampoos, syndets) and liquids (shower gels, oils and creams, shampoos). Solid products have environmental advantages, as they reduce packaging waste. Of these, soap obtained by cold saponification is the best compromise due to its composition, low energy and water consumption for its production, as well as its good biodegradability. Liquid products have advantages in terms of ease of use and sensoriality. Among them, washing oil is the best compromise in terms of environmental impact, as its manufacturing process consumes little energy, and the formula is free of water and preservatives.

The Regulation (EC) N°1223/2009 aims to protect consumers, but it could be improved in terms of environmental impact. Certification bodies have created labels to help identify products meeting criteria limiting environmental impact and improving consumer safety.

In response to environmental problems, galenic innovations are emerging.

Keywords : hygiene products, galenic forms, saponification, syndet, environmental impact, Regulation (EC) N°1223/2009, labels

