

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

**UNIVERSITÉ de BLIDA 1**

**Faculté de Technologie**

**Département de Génie des Procédés**



# **Mémoire**

En vue de l'obtention du diplôme de

**MASTER EN GENIE DES PROCEDES**

**Spécialité : Pharmacie Industrielle**

Intitulé du mémoire

**Formulation d'un Shampoing Antipelliculaire Sans  
Sulfates**

Présenté par :

Encadré par :

Mlle BOUCHEKOUK Badiaa

Mme. REBIHA M.

Mlle CHERIF Nadjia

Année universitaire 2019/2020

## REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous remercions Dieu le tout puissant pour la force et le morale qu'il nous a donné pour conclure ce travail.

Nos affectueux remerciements vont à Madame REBIHA Mounia, Maitre de conférences B à l'université de Blida. Nous la remercions pour sa disponibilité et ses conseils. Nous lui adressons tout notre respect.

Nous exprimons notre profonde reconnaissance à Monsieur A. HADJSADOK, Professeur à l'université de Blida, qui était présent et nous a épaulé depuis le début.

Nous remercions également les membres du jury qui ont eu l'amabilité d'évaluer notre travail de projet de fin d'études.

Nous remercions :

- Mme CHIKH, Maitre-assistant A et Mr BOUTOUMI, Professeur à l'université de Blida, pour leur aide et conseil.

- Nos amis qui ont prêté main forte à l'élaboration de l'analyse sensorielle.

- Nos enseignants de l'université de Blida 1.

## **DEDICACES**

### **À moi-même,**

J'ai attendu pendant cinq ans ce moment. J'en ai rêvé. Quelquefois, je l'ai cru réalisable. Et de très nombreuses fois, avec la situation actuelle, il est redevenu un idéal inaccessible.

Alors c'est avec un grand merci que je me dédie ce travail.

### **À mes Parents,**

Je suis heureuse de conclure enfin ce chapitre, et vous remercie pour votre dévouement tout au long de mes études. Vous m'avez inculqué l'amour du travail, recevez toute mon affection.

### **À mes frères et mes sœurs,**

Des frères toujours à l'écoute.

### **À mes amis et mes cousines,**

Toujours présents pour un moment d'écoute, de réconfort et d'encouragement. À toutes ces belles choses que nous avons vécus ensemble et tout ce qui reste à venir.

### **À mes tantes.**

BADIAA

C'est avec une grande modestie et un immense plaisir que je dédie ce travail :

À une femme qui m'a tout donné... Mon vrai binôme durant cinq années d'études : *Ma Mère*, cette formidable femme qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, ses prières et ses sacrifices. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

À l'homme qui m'a soutenu tout au long de ma vie par son amour et son attention, pour l'aide qu'il m'a apporté pour avancer et finir ce travail, ma force et mon courage : *Mon Père*.

À la personne qui occupe une place toute spéciale dans notre vie : ma chère sœur *Rofaida*, pour sa disponibilité, son aide et son amour.

À Mes chères petits frères *Hicham* et *Aïf*, les meilleurs appuis et soutien.

À ma source d'espoir et d'amour, ma deuxième maman : *khala Farida*, ta gentillesse sans égal, tes conseils et tes encouragements m'ont guidé à percer le chemin du succès.

À *Ma grande mère* exceptionnelle, bien que tu ne sois plus à nos côtés, je sens ta présence dans mon cœur, dans mes souvenirs, j'aurais tant aimé que tu sois présente. Que dieu ait ton âme dans sa sainte miséricorde.

À ma tante *Lamia* et ces enfants.

À toute la famille *Chérif* et *Zitouni*.

À mon binôme et amie *Badiaa* avec laquelle j'ai pris beaucoup de plaisir à travailler, je souhaite que l'amitié qui nous a réunis dure pour toujours, et à toute la famille *Bouhekouk*.

À mes meilleurs amis : *Selma* et *Rima* pour tous les moments inoubliables passés ensemble au cours de ces années et pour votre soutien.

À tous Mes camarades de promotion PhI pour les bons moments passés ensemble. Spécialement *Khawla*, *Safa* et *Amira*.

NADJIA

## Résumé

L'objectif principal de cette étude est de formuler un shampooing antipelliculaire sans sulfate à base de pyrithione de zinc. Nous avons d'abord procédé à une analyse sensorielle de trois shampooings antipelliculaires choisis sur le marché qui a abouti à la sélection du produit de référence. Seulement, avec la pandémie actuelle nous nous sommes arrêtées ici et nous nous sommes contentés d'une synthèse bibliographique des travaux de recherches achevés dans notre thématique.

## Abstract

The main objective of this study is to formulate a sulfate-free anti-dandruff shampoo based on zinc pyrithione. We first conducted a sensory analysis of three anti-dandruff shampoos selected from the market which led to the selection of the reference product. However, with the current pandemic we have stopped here and have contented ourselves with a bibliographical synthesis of the research work completed in our theme.

## ملخص

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو صياغة شامبو مضاد للقشرة خالي من الكبريتات يعتمد على بيريثيون الزنك. اجرينا أولا تحليلا حسيا لثلاثة انواع من الشامبو المضاد للقشرة مختارة في السوق و التي نتج عنها اختيار المنتج المعياري. فقط، مع الوباء الحالي، توقفنا هنا واكتفينا بملخص ببليوغرافي للعمل البحثي المنجز في موضوعنا.

## **LISTES DES SYMBOLES ET ABREVIATIONS**

**DS** : Dermite Séborrhéique.

**ZPT** : Pyrithione de Zinc.

**TA** : Tensioactif.

**pH** : potentiel Hydrogène.

**SLS** : lauryl sulfate de sodium.

**SDS** : dodécyl sulfate de sodium.

**CSA** : acide chlorosulfonique.

**LAS** : Acide alkylbenzène sulfonique linéaire.

**SAS** : Alkylesulfate de sodium.

**AES** : Alkyl éthoxysulfate.

**CI** : Color Index.

**QSP** : Quantité Suffisante Pour.

**PO** : Piroctone Olamine.

**AS** : Acide Salicylique.

**H&S** : Head & Shoulders.

**QDA** : Quantitative Descriptive Analysis.

**SDA** : Spectrum Descriptive Analysis.

## LISTES DES FIGURES

<b>Figure I.1</b> : Implantation du cheveu dans la peau.....	4
<b>Figure I.2</b> : Pellicules sèches.....	5
<b>Figure I.3</b> : Pellicules grasses.....	6
<b>Figure II.1</b> : Représentation schématique d'un tensioactif.....	18
<b>Figure II.2</b> : Exemple de tensioactif anionique : Laureth Sulfate de Sodium.....	18
<b>Figure II.3</b> : Exemple de tensioactif cationique : Chlorure de benzalkonium.....	19
<b>Figure II.4</b> : Exemple de tensioactif non ionique : Alcool stéarylique.....	19
<b>Figure II.5</b> : Formule chimique de la betaine.....	20

## **LISTE DES TABLEAUX**

<b>Tableau II.1</b> : Structure chimique des tensioactifs sulfatés les plus répandus.....	22
<b>Tableau II.2</b> : Liste des composés pouvant remplacer les TA sulfatés.....	24
<b>Tableau II.3</b> : Tensioactifs entrant dans la composition des shampoings.....	26
<b>Tableau II.4</b> : Exemple d'une formule générale d'un shampoing liquide.....	30
<b>Tableau II.5</b> : Exemple d'une formulation d'un shampoing antipelliculaire.....	31
<b>Tableau IV.1</b> : Description sensorielle des consommateurs de trois shampoings.....	42
<b>Tableau IV.2</b> : Résultats de l'élimination des pellicules des trois produits.....	43

## TABLE DES MATIERES

Liste des symboles et abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

**Introduction générale** 1

### **CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE CHEVEU ET LES PELLICULES**

I.1 Cheveu et cuir chevelu .....	3
I.1.1 Le cheveu .....	3
I.1.2 Le cuir chevelu .....	4
I.2 Les pellicules .....	5
I.2.1 Définition des pellicules .....	5
I.2.2 Différentes formes d'états pelliculaires .....	5
I.2.3 Composition des pellicules .....	6
I.2.4 Pellicules et cheveux.....	7
I.2.5 Étiologie des pellicules .....	7
I.2.6 Physiopathologie des pellicules.....	8
I.3 Dermite séborrhéique et pellicules .....	8
I.4 Traitement des pellicules .....	9
I.4.1 Shampoings à base de pyrithione de zinc .....	9
I.4.2 Shampoings kératolytiques .....	10

### **CHAPITRE II : LES SHAMPOOING**

II.1 Introduction .....	11
II.2 Principaux types de shampoing .....	12
II.2.1 Selon les formes galéniques .....	12
II.2.2 Selon la composition et l'efficacité .....	12
II.3 Composition d'un shampoing .....	15
II.3.1 Les tensioactifs .....	15
II.3.2 Les épaississants ou viscosifiants .....	25
II.3.3 Les additifs divers.....	26
II.4 Formule générale d'un shampoing .....	29

### **CHAPITRE III : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE**

III.1 Introduction .....	31
III.2 Principaux travaux .....	31

### **CHAPITRE IV : ANALYSE SENSORIELLE**

IV.1 Introduction .....	37
IV.2 Méthodologies classiques de l'analyse sensorielle .....	38
IV.2.1 Méthodes discriminatives .....	38
IV.2.2 Méthodes descriptives .....	38
IV.2.3 Méthodes hédoniques .....	39
IV.3 Analyse sensorielle de trois différents shampoings .....	39
IV.3.1 Description de l'analyse sensorielle .....	39
IV.3.2 Résultats de l'analyse sensorielle .....	40
<b>Conclusion générale</b> .....	43

### **Références**

## INTRODUCTION GENERALE

Depuis des millénaires, nos cheveux révèlent l'état général de notre santé. Bien plus que ça, ils sont le reflet de notre beauté : notre féminité, notre masculinité, notre atout de séduction...

Toutefois, la moitié de la population, est affectée, à un moment donné par la pathologie des pellicules. Elles sont caractérisées par la présence de paillettes sur le cuir chevelu et les cheveux, accompagnées de démangeaisons entraînant une gêne esthétique aux personnes atteintes. Elles sont principalement attribuées à une colonisation excessive par des levures du genre *Malassezia*. Bien que souvent chroniques, les pellicules peuvent être traitées.

Le traitement le plus courant est l'utilisation de formulations de shampooings qui contiennent des agents antifongiques comme le pyrithione de zinc.

Les shampooings occupent aujourd'hui la première place parmi les produits capillaires d'hygiène et d'entretien, néanmoins le choix est rendu aisé par la grande variété des préparations offertes sur le marché et qui tendent de plus en plus à s'adapter aux attentes des consommateurs.

La majorité des shampooings actuels sont préparés avec des détergents de synthèses, souvent des sulfates, qui ont l'avantage de faire mousser et de donner une impression de propreté une fois rincés. Seulement, ces substances s'avèrent être très irritantes, desséchantes et allergènes mais également nocives pour la planète.

Grace aux avancées de la recherche scientifique, des shampooings sans sulfates ont vu le jour et à l'heure du bio et des préoccupations environnementales, les consommateurs privilégient des shampooings naturels et respectueux de leur cuir chevelu.

Des produits regroupant à la fois l'activité antipelliculaire et la propriété sans sulfates sont disponibles sur le marché algérien, ils sont néanmoins tous fabriqués par des marques

étrangères et aucune marque nationale ne peut les fournir. Pour cette raison, nous avons envisagé d'essayer de formuler un shampoing antipelliculaire sans sulfates.

Le travail qui a fait l'objectif de ce mémoire n'a malheureusement pas été réalisé à cause de la fermeture des laboratoires due à la crise sanitaire actuelle.

Le présent manuscrit est organisé en deux parties : la première est une étude bibliographique sur le sujet, une présentation des pellicules y sera abordée, leur traitement et une description des shampoings.

La seconde partie est dédiée à une synthèse bibliographique regroupant l'essentiel des travaux qui ont été achevés dans notre thématique suivie d'une analyse sensorielle de trois shampoings antipelliculaires commerciaux comme étude préliminaire. On termine par une conclusion.

## **CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE CHEVEU ET LES PELLICULES**

### **1 Cheveu et cuir chevelu**

#### **1.1 Le cheveu**

Les poils sont une particularité que l'on retrouve chez les mammifères.

Élément de séduction chez l'homme, c'est une caractéristique singulière et privilégiée, encore leur rôle ne se limite pas pour autant à l'esthétique. En effet, leurs fonctions capitales sont de protéger des agressions mécaniques et de faciliter l'homéothermie. Les sourcils et les cils, par exemple, préservent les yeux des poussières et des agressions potentielles, tandis que les cheveux du cuir chevelu le protègent des rayons du soleil, du froid et des dommages physiques [1].

##### **1.1.1 Anatomie du cheveu**

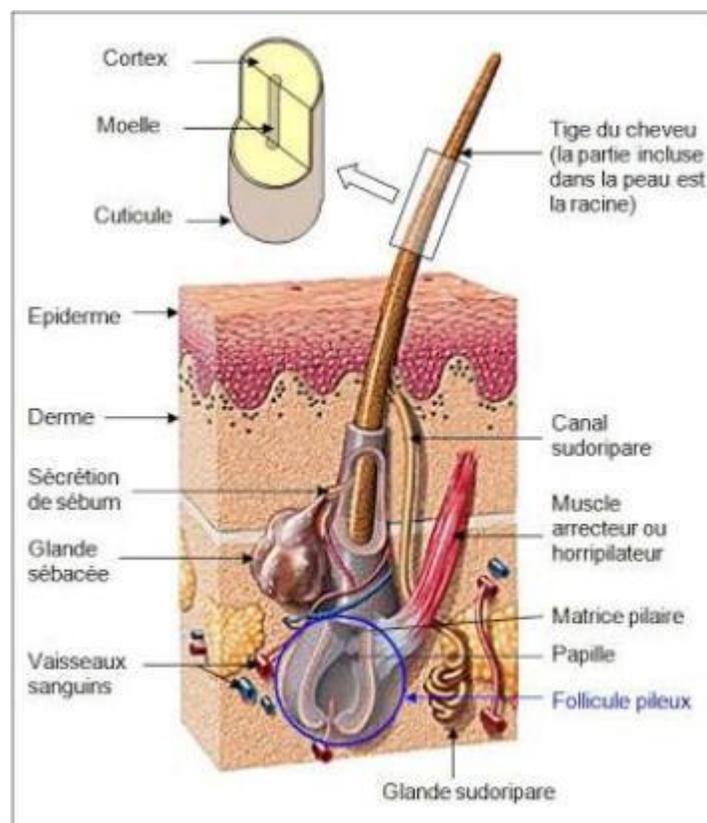
Extérieurement, le cheveu est mince, un tube flexible de cellules mortes, entièrement kératinisées, il s'enfonce dans le cuir chevelu dans une cavité appelée follicule pileux. Au fondement de ce follicule se trouve la racine du cheveu, dans laquelle opèrent les transformations biochimiques. La racine du cheveu comporte la papille dermique, des glandes sébacées, des vaisseaux sanguins capillaires, des muscles et est entourée d'un réseau de nerfs.

La kératinisation du cheveu se produit dans le dernier tiers de la racine, où il acquiert ses caractéristiques structurales [1,2].

## 1.2 Le cuir chevelu

Comme la peau qui recouvre l'ensemble du corps humain, le cuir chevelu est constitué de la superposition de trois couches : l'épiderme, le derme et l'hypoderme. Mais il comporte quelques particularités sur le plan histologique et en diffère notamment par le nombre plus élevé de follicules pileux, par la richesse de sa vascularisation et de son innervation [3].

La **figure I.1** représente la structure du cheveu et son implantation dans le cuir chevelu.



**Figure I.1** : Implantation du cheveu dans la peau [3].

## 2 Les pellicules

### 2.1 Définition des pellicules

Les pellicules sont une infection du cuir chevelu caractérisée par une desquamation excessive sous forme d'écailles visibles, souvent classées dans la littérature dans la catégorie «Troubles Séborrhéiques», sous plusieurs rubriques, telles que Seborrhea Sicca, Seborrhea Oleosa, Pityriasis Capitis, Pityriasis Simplex.

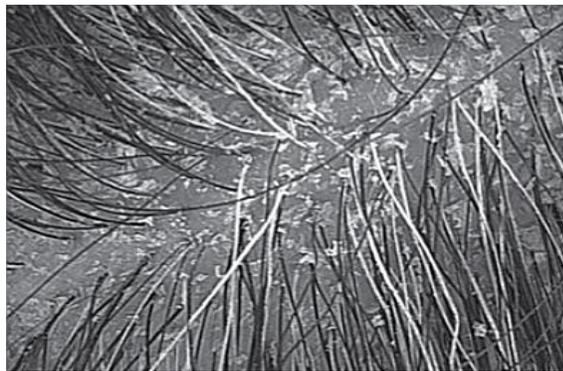
Seulement, les preuves d'une activité sébacée désordonnée en tant que précurseur ou conséquence des pellicules font défaut. Le seul rapport évident est qu'elles sont souvent confinées aux régions du cuir chevelu où l'activité sébacée est maximale[4].

### 2.2 Différentes formes d'états pelliculaires

Les squames apparaissent sous plusieurs aspects, on peut donc distinguer entre deux formes de pellicules.

#### 2.2.1 Pellicules sèches

Egalement appelées pityriasis simplex, pityriasis capitis ou pityriasis sec, les pellicules sèches apparaissent sous la forme de fines squames blanches ou grisâtres, rarement associées à des démangeaisons et réparties sur l'ensemble du cuir chevelu[6]. Elles sont représentées dans la **figure I.2**.

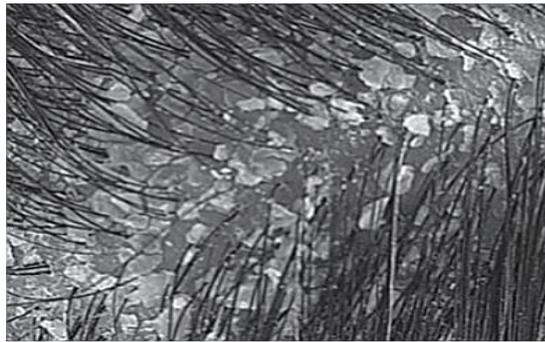


**Figure I.2** : Pellicules sèches [5].

### 2.2.2 Pellicule grasses

Ou pityriasis stéatoïde, est une forme moins fréquente qui se caractérise par des squames de plus grande taille, jaunâtres, grasses, épaisses et collantes, comme décrites dans la **figure 1.3**.

Ces signes inesthétiques peuvent atteindre le front et l'arrière des oreilles pour former une "couronne séborrhéique" [6].



**Figure 1.3** : Pellicules grasses [5].

Il faut noter que la distinction entre les formes «sèches» et «grasses» de la pathologie est purement empirique [4].

### 2.3 Composition des pellicules

Les pellicules sont une accumulation de cornéocytes, qui présentent une haute cohésion entre eux et qui se détachent de la surface de la couche cornée. L'amas peut être centré par un follicule pilo-sébacé.

La taille et l'abondance des écailles sont hétérogènes d'une région du cuir chevelu à une autre et à travers le temps [7].

## 2.4 Pellicules et cheveux

La sévérité des pellicules varie de discrète à très sévère chez les patients. Les écailles sont piégées dans le maillage des cheveux terminaux leur interdisant d'être perdues. Cette relation peut, en partie, expliquer l'absence de pellicules dans les pattes chauves et les sites glabres.

La présence de pellicules peut aussi intensifier l'alopecie androgénétique. En effet, sur une enquête de deux jours, il a été observé qu'environ 100-300 cheveux ont été perdus chez les sujets souffrant de pellicules au lieu de 50-100 chez les individus sains [8].

Aussi une corrélation entre la longueur des cheveux et la densité pelliculaire fut retrouvée chez 11 sujets lors d'une étude menée sur 25 patients [9].

## 2.5 Étiologie des pellicules

### 2.5.1 Étiologie microbienne

Le cuir chevelu est un biotope pour un large éventail de microorganismes, comme les Staphylocoques, les bactéries propioniques et les levures *Malassezia*. La densité de ces microorganismes varie entre  $10^3$  à  $10^5$  microorganisme/mm<sup>2</sup>.

Les levures lipophiles du genre *Malassezia* sont en grande partie responsables de la présence des pellicules.

Pour un patient atteint de pellicules, le nombre des levures *Malassezia* accroît de 1.5 à 2 fois la normale [8].

Dans ce sens, des chercheurs ont fait l'expérience de supprimer la flore normale du cuir chevelu en utilisant de la tétracycline et de la nystatine, un antibiotique bactériostatique et un antifongique respectivement. Ils ont noté une diminution de la densité de plus de 60%.

En revanche, lors de la réintroduction d'une souche résistante à la nystatine de *Malassezia*, la production de pellicules augmente de 88% [10].

On peut donc déduire que les pellicules ont un lien direct avec les levures *Malassezia* et pas avec le reste des microorganismes.

### 2.5.2 Étiologie non microbienne

Les déclencheurs non microbiens des pellicules sont bien définis. Une exposition excessive au soleil est connue pour causer une desquamation du cuir chevelu. Cela peut également être due à un peignage fréquent, à l'utilisation de certains produits cosmétiques, notamment des shampooings irritants mais aussi aux poussières et à la saleté.

Cependant, ces hypothèses non jamais été prouvées expérimentalement[8].

## 2.6 Physiopathologie des pellicules

Le débat sur la question de savoir si les pellicules doivent être traitées comme une maladie ou un trouble se poursuit jusqu'à aujourd'hui.

Environ 487 000 cellules/cm<sup>2</sup> sont libérées habituellement après un rinçage au shampooing et ce nombre accroit jusqu'à 800 000 cellules/cm<sup>2</sup> durant les pellicules et la dermite séborrhéique. Néanmoins, les pellicules sont de nature non inflammatoire[8].

## 3 Dermite séborrhéique et pellicules

La relation entre la dermite séborrhéique et les pellicules a pendant longtemps été un sujet de controverse. Certains auteurs pensent que les deux pathologies sont distinctes cliniquement, alors que d'autres estiment que les pellicules sont une forme non inflammatoire de la dermite séborrhéique.

La DS est une dermatose inflammatoire chronique évoluant par poussées. Elle se caractérise par des plaques érythémateuses recouvertes par des squames grasses non adhérentes, souvent localisées sur les zones du corps riches en glandes sébacées, tel que le visage au niveau des sillons nasogéniens, des sourcils, de la lisière du cuir chevelu et du conduit auditif externe. Sur le tronc, les lésions sont le plus fréquemment au niveau de la gouttière sternale et dorsale. Tandis que les pellicules se limitent au cuir chevelu [11].

Les auteurs ont également débattu la présence des levures *Malassezia* dans les deux conditions.

Nombreuses sont les études qui ont été menées dans le but de résoudre ce problème, en se fiant à la microbiologie de l'infection ou bien à l'efficacité thérapeutique de plusieurs préparations antifongiques[12].

#### **4 Traitement des pellicules**

Les infections cutanées induites par les levures *Malassezia* représentent une énigme thérapeutique en raison du taux élevé de récurrence [13].

La première étape de la prise en charge des états pelliculaires consiste à utiliser un shampoing traitant, mettant en jeu des actifs antifongiques, apaisant et limitant la multiplication des kératinocytes [5].

##### **4.1 Shampoings à base de pyrithione de zinc**

Une étude menée afin de comparer l'efficacité thérapeutique d'un shampoing antifongique à base de pyrithione de zinc et un autre à base de ce dernier associé à un actif secondaire, a montré qu'un traitement avec la formule du ZPT a fourni une efficacité meilleure que celle du produit aux deux actifs.

Effectivement, la formule du shampoing avec le pyrithione de zinc offrait une biodisponibilité supérieure que le shampoing «Actif Double».

Le choix d'une bonne formulation de shampoing est donc crucial dans la réalisation de la pleine activité des matières actives [14].

## **4.2 Shampoings kératolytiques**

La pathogénie des pellicules implique une hyper prolifération, entraînant une déréglementation de kératinisation. Les cornéocytes s'agglomèrent pour former des amas de peau.

Bien que leur mécanisme d'action ne soit pas parfaitement compris, les kératolytiques attendrissent, désagrègent et décèlent les cornéocytes observés dans les pellicules.

Des agents comme l'acide salicylique et le soufre sont utilisés dans les formulations de shampoings antipelliculaires pour leur pouvoir à desserrer les liens entre les flocons de peau et faciliter le lavage [15].

## CHAPITRE II : LES SHAMPOOINGS

### 1 Introduction

Les shampooings sont aujourd'hui le pivot des soins capillaires, représentant près de 50% du total des ventes dans le secteur de ces derniers.

Le shampooing est le traitement le plus classique des cheveux. Seulement, qu'espère-t-on d'un shampooing ?

Cela paraît certain de dire que les shampooings sont des produits de nettoyage des cheveux et du cuir chevelu. Cependant, cette définition est circonscrite en prenant en considération l'hétérogénéité des qualités escomptées d'un bon shampooing.

Si la première fonction est en effet d'assurer une hygiène élémentaire, les attentes des consommateurs vont au-delà. Effectivement, un avantage cosmétique est désiré, c'est-à-dire le rétablissement de l'apparence des cheveux, qui doivent être non seulement propres mais aussi soyeux : brillants, doux, aérés, volumineux, facile à coiffer...

Les attentes sont nombreuses et les formulateurs doivent prendre en considération toutes les variations possibles associées aux cheveux (secs, abîmés, gras, colorés...), les états du cuir chevelu (pellicules, séborrhée...), les habitudes de soins (fréquence des shampooings, utilisation d'après shampooing...) et les caprices des consommateurs.

L'énorme amas des variables à couvrir, certaines contradictoires et difficiles à réunir, rend la tâche de formulation acrobatique. Un investissement continu dans la recherche est donc imposé.

## **2 Principaux types de shampooing**

### **2.1 Selon les formes galéniques**

Les shampooings disponibles sur le marché peuvent prendre différentes formes, liquides claires ou opaques, crèmes liquides, gels, mousses et solides.

La majorité des shampooings sont présentés sous forme liquide conférant un étalement facile sur un cuir chevelu humide tout en procurant une mousse abondante.

Les shampooings crèmes, sont plus consistants et nacrés, souvent conditionnés en pots ou en tubes.

Les shampooings en mousse, eux, sont une forme plus élaborée du shampooing liquide, présentés en aérosols qui délivrent une mousse onctueuse.

Les shampooings secs sont totalement différents. Ils ne comprennent pas de tensioactifs et ne nécessitent pas de rinçage. Ce sont des produits qui contiennent des matériaux absorbants (riz ou amidon de maïs) afin d'absorber le sébum [16].

Les shampooings solides ne contiennent pas d'eau et n'ont pas d'emballage. Ils sont à base de tensioactifs doux dérivés de coco et de quelques huiles végétales ou essentielles très souvent. Ils sont la solution idéale pour se laver les cheveux de façon écologique.

### **2.2 Selon la composition et l'efficacité**

S'il est facile de classer les shampooings en fonction de leur forme galénique, la tâche s'avère plus complexe lorsqu'il s'agit de faire un classement compte tenu de la composition et de l'efficacité. Néanmoins, voici une classification par rapport aux attentes et exigences cosmétiques [16].

#### **2.2.1 Shampooings ordinaires**

Ces shampooings, sans caractéristiques spécifiques, doivent être flexibles, conférant aux cheveux souplesse et brillance à un coût relativement faible. Il est commode de les ajuster à différents types de cheveux (secs, gras) en jouant sur la quantité des tensioactifs, la nature du mélange des TA ou même parfois les additifs.

Ils sont généralement à base de tensioactifs anioniques tels que les alkyl sulfatés et les alkyl éther sulfates [16].

### **2.2.2 Shampoings doux**

Suite aux changements des habitudes d'hygiène, l'utilisation des shampoings accroît de plus en plus. Il faut cependant bannir une détergence excessive.

Une association de tensioactifs anioniques et amphotères est privilégiée afin d'assurer la douceur des cheveux et du cuir chevelu.

Les shampoings pour bébés sont la projection ultime des shampoings doux. Leur exigence maîtresse est une tolérance par le cuir chevelu tendre et la muqueuse oculaire des nourrissons [16].

### **2.2.3 Shampoings revitalisants**

Dans cette catégorie, les shampoings ont des avantages cosmétiques accentués. Ils confèrent, par exemple, volume, légèreté et réduisent le poids de regrainage pour les cheveux gras. Aux cheveux abîmés, ils redonnent douceur et brillance.

L'effet revitalisant est assuré par un nettoyage suivi d'une microdéposition d'agents améliorants appropriés sur les cheveux. Ceci peut être obtenu par une combinaison de tensioactifs non ioniques tels que les alcanolamides et de tensioactifs détersifs anioniques ou amphotères.

Un processus plus élaboré est donc exigé comparant aux autres types [16,17].

### **2.2.4 Shampoings pour soins spéciaux**

Les shampoings pour cheveux teints ou permanentés illustrent cette catégorie. Ils ne doivent pas altérer la couleur ou la permanence. Ils sont supposés redonner de l'éclat et de la nuance et créer des ondulations ou des boucles de cheveux.

A cette fin, une combinaison anionique/amphotère ou une base tensioactive cationique est employée [16].

### **2.2.5 Shampoings traitants (médicamenteux)**

Les shampoings traitants comptent des formulations pointues qui incluent un ou des agents actifs qui améliorent la condition du cuir chevelu.

#### **2.2.5.1 Shampoings antipelliculaires**

Il a été démontré pas des chercheurs et expliqué plus en détail dans le chapitre précédent que les pellicules sont dues aux levures du genre *Malassezia* et donc des actifs antifongiques et antimicrobiens sont mis en œuvre pour cette catégorie de shampoings.

##### **a. Le kétoconazole**

Sur plus d'une douzaine d'amidazolés, le kétoconazole a démontré des propriétés antifongiques traitant la dermatite séborrhéique.

L'emploi du kétoconazole à 2% dans un shampoing s'est avéré sûr et efficace. Des études ont même affirmé qu'il était plus efficace que le pyrithione de zinc ou le sulfure de sélénium en termes de réduction des levures *Malassezia* [18].

##### **b. Le pyrithione de zinc**

Le pyrithione de zinc est apparu dans les années 1960. Des études indiquent que le mécanisme d'action du ZPT est beaucoup plus antibactérien que cytostatique.

Le comité de la dermatologie des États-Unis a classé cet agent dans la catégorie des traitements des pellicules et de la dermatite séborrhéique [18].

##### **c. Le sélénium**

Il est généralement livré en concentration de 2.5%. Le comité d'examen de la dermatologie a classé le sélénium dans la catégorie des traitements des pellicules seulement [18].

##### **d. La piroctone olamine**

Plusieurs études démontrent que la piroctone olamine est très efficace contre les pellicules et les démangeaisons associées aux pellicules.

Son mécanisme d'action est décerné à la fois à son action antimicrobienne et à son action antioxydante. La concentration utilisée doit être comprise entre 0,5% et 1,0% [18].

### **2.2.5.2 Shampooings médicamenteux pour combattre des infections bactériennes**

Le cuir chevelu est riche en bactéries, qui font partie de sa flore normale. Pourtant, dans certaines conditions, certaines d'entre elles s'avèrent pathogènes. Les staphylococcies, par exemple, affectent le follicule pileux causant une folliculite staphylococcique.

Les shampooings contenant des agents antibactériens sont d'un avantage limité dans la gestion de la folliculite du cuir chevelu [18].

## **3 Composition d'un shampooing**

Les shampooings sont des produits cosmétiques utilisés pour le nettoyage des cheveux et du cuir chevelu, devant répondre à plusieurs exigences et soigner différents problèmes (pellicules, sécheresse...). Ils contiennent une riche panoplie de composants, faisant d'eux des produits de haute technologie. Ces ingrédients, allant de 10, pouvant arriver jusqu'à 30, sont classés en trois catégories : les agents nettoyants, les agents de viscosité et divers additifs.

La capacité moussante n'étant pas forcément une exigence technique d'une bonne détergence et une éradication de bactéries, est souvent assimilée par les consommateurs à la capacité d'un nettoyage. C'est pour cela qu'une quantité accrue de détergent et de boosters de mousse est utilisée. Cette concentration de détergents crée le besoin de revitalisants et d'autres additifs dans la formulation pour améliorer leur acceptabilité cosmétique [19,20,21].

### **3.1 Les tensioactifs**

Les tensioactifs représentent l'ingrédient principal de la majorité des shampooings. Ils doivent remplir différentes fonctions et répondre à de nombreux critères.

Avant de les détailler, il convient d'énoncer leurs propriétés. Leur rôle majeur étant de retirer la saleté, le sébum ainsi que les particules solides (pellicules...) des cheveux, ils sont

aussi employés pour leur aptitude à mousser, à contrôler la rhéologie des produits, à maintenir les matières actives en suspension et à solubiliser des parfums [22].

### **3.1.1 Propriétés des TA**

#### **3.1.1.1 Propriétés nettoyantes des TA**

L'effet de détergence repose sur l'affaiblissement des forces d'adhésion qui lient la salissure grasse aux cheveux, puis la véhiculer vers le milieu aqueux. Pour cela, plusieurs mécanismes rentrent en jeu :

- Mouillage de la fibre ;
- Solubilisation micellaire (les TA se dressent en micelles pour enrober la graisse) ;
- Prise en charge de la salissure qui se trouve enfermée dans la partie lipophile de la micelle, alors que la partie hydrophile est en contact avec l'eau ;
- Élimination du complexe micelle/salissure avec l'eau de rinçage [23].

#### **3.1.1.2 Capacité à mousser**

Les tensioactifs sont capables de produire de la mousse étant donné qu'ils réduisent la tension superficielle et se concentrent à l'interface eau/air. Lors du lavage des cheveux, de petites bulles d'air, chacune entourée de liquide, se forment. Sans TA présent, stabilisateurs du système, la forte tension superficielle de l'eau ferait rapidement disparaître les bulles [22].

#### **3.1.1.3 Rôle des tensioactifs dans le contrôle de la rhéologie**

Indépendamment aux caractères nettoyants et moussants, un bon shampooing doit avoir un comportement rhéologique qui lui confère simplicité et commodité lors de l'utilisation.

La plus part des shampooings présentent des caractéristiques d'écoulement non newtonien et ont des viscosités plus élevées à de faibles taux de cisaillement. Ceci est habituellement favorable, car des viscosités plus élevées à de faibles taux de cisaillement (par exemple, distribution du produit dans la main) sont un indicateur de la qualité du produit.

Toujours est-il, de faibles viscosités à des taux de cisaillement élevés (par exemple, en répartissant le produit sur la chevelure) facilitent l'application du produit.

Au cœur de cette rhéologie, se trouve le comportement en phase des TA compris dans la formulation. C'est-à-dire, la manière dont les TA s'assemblent et forment des structures tridimensionnelles dans le produit.

#### **3.1.1.4 Rôle des tensioactifs dans le dépôt de polymères**

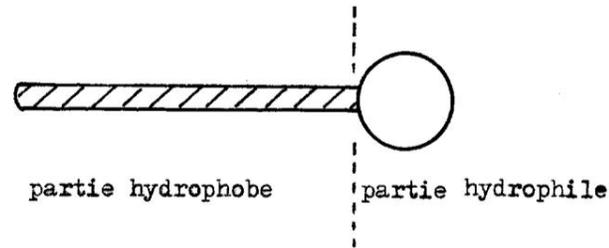
Les formulations de shampoings modernes offrent non seulement une empreinte rhéologique agréable et de bons avantages pour le nettoyage, la mousse et la douceur de la peau, mais elles offrent également des avantages pour le conditionnement des cheveux tels que le démêlage humide, la facilité de peignage humide et la douceur à sec.

Ces avantages sont généralement fournis par des polymères de conditionnement cationiques et des silicones. Les tensioactifs jouent un rôle clé dans la fourniture de ces avantages car ils sont profondément impliqués dans les mécanismes par lesquels les polymères cationiques sont capables de se déposer sur les cheveux, et facilitent également le dépôt d'autres agents bénéfiques, tels que les émulsions de silicones et les actifs antipelliculaires [22].

#### **3.1.2 Types des TA**

Selon leur polarité, les TA sont répartis en quatre catégories : anionique, cationique, non ionique et amphotère.

Le tensioactif est composé de deux parties : une partie lipophile appelée aussi hydrophobe (insoluble dans l'eau) ; une partie lipophile appelée aussi hydrophile (grande affinité avec l'eau), comme représenté dans la **figure II.1**.



**Figure II.1 :** Représentation schématique d'un tensioactif [24].

### 3.1.2.1 Tensioactifs anioniques

Les TA anioniques sont définis par leur groupement hydrophile chargé négativement en solution aqueuse. Ce sont des détergents avec un pouvoir moussant accru, efficaces pour dissiper le sébum et la saleté.

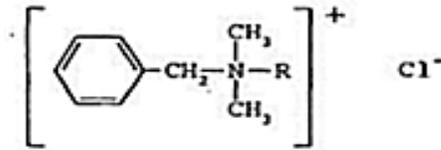
Toutefois, ils peuvent provoquer une amplification des charges négatives sur la surface des cheveux et donc une augmentation de frisottis. Afin d'y remédier, d'autres TA appelés tensioactifs secondaires sont ajoutés à la formulation [25,26].



**Figure II.2 :** Exemple de tensioactif anionique : Laureth Sulfate de Sodium [23].

### 3.1.2.2 Tensioactifs cationiques

Lorsqu'ils disposent d'une charge positive, ces agents de surface ont un pouvoir détergent faible. Ils sont couramment utilisés comme adoucissants pour shampoings [25].

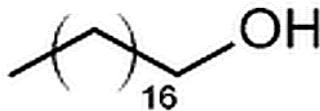


**Figure II.3 :** Exemple de tensioactif cationique : Chlorure de benzalkonium [27].

### 3.1.2.3 Tensioactifs non ioniques

Sans charge, ils ont une faible aptitude à mousser, sont peu irritants et sont compatibles avec tous les TA.

Cependant, ils peuvent détruire la mousse formées par les anioniques [26].



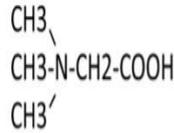
**Figure II.4 :** Exemple de tensioactif non ionique : Alcool stéarylique [28].

### 3.1.2.4 Tensioactif amphotères (Zwiterioniques)

La charge de la partie hydrophile des tensioactifs amphotères est régie par le pH de la solution. Ils peuvent ainsi agir comme TA anioniques dans une solution alcaline ou comme TA cationiques dans une solution acide.

Les tensioactifs zwiterioniques sont très doux et ont de très bonnes propriétés dermatologiques [25].

Ce sont des dérivés bétainiques [23].



**Figure II.5** : Formule chimique de la bétaine [23].

### 3.1.3 Tensioactifs sulfatés

Avec l'avènement de la technologie, le LaurylSulfate de Sodium en particulier et les tensioactifs anioniques en général ont envahi plusieurs secteurs différents dont l'industrie cosmétique. On les retrouve dans les formulations des shampooings, des gels douches mais aussi dans les produits de soin personnel tel que les lotions et les crèmes. On les retrouve dans les produits que nous attendons à voir «mousser».

Les tensioactifs sulfatés sont des détergents peu coûteux connus pour leur importante aptitude à mousser. Seulement, ils sont très nocifs. Ce sont des produits chimiques hautement irritants. Bien loin de procurer «brillance aux cheveux» et «douceur pour la peau», ils peuvent engendrer des dommages directs au follicule pileux, des lésions cutanées et même des lésions oculaires irréversibles chez les enfants. Ajouter à cela, ils ne sont pas sans impact sur l'environnement.

Beaucoup de consommateurs soucieux de leur santé, se préoccupent de plus en plus quant à l'utilisation des produits de soin personnel contenant des sulfates [29].

### 3.1.3.1 Définition et structure des sulfates

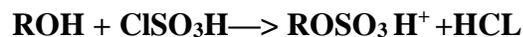
Les tensioactifs sulfatés sont caractérisés par une partie hydrophile constituée d'un groupement sulfaté (-O-SO<sub>3</sub>) et d'une chaîne alkyle lipophile, le plus souvent en C12 et généralement saturée (C12 :0).

Ce sont d'excellents agents moussants et détergents. Toutefois, ils peuvent éliminer les huiles saines produites naturellement des cheveux et du cuir chevelu laissant le cheveu sec et dépourvu d'humidité [29,30]. Parmi eux, on peut compter (voir leurs structures chimiques sur le **tableau II.1**) :

- Les alkylsulfates : le Lauryl sulfate de sodium (SLS) ou SDS (dodécylsulfate de sodium).
- Les alkyléthersulfates, (ex : Sodium Lauryl Ether Sulfate) [31].

### 3.1.3.2 Synthèse des tensioactifs sulfatés

Les sulfates d'alcools gras prédominent clairement la catégorie des tensioactifs anioniques. Ils peuvent être préparés en faisant réagir un alcool gras avec de l'acide chlorosulfonique (CSA). L'équation de cette réaction chimique peut se présenter comme suit :



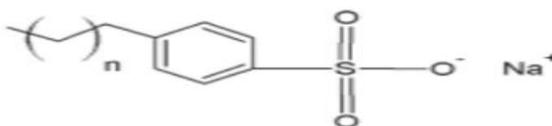
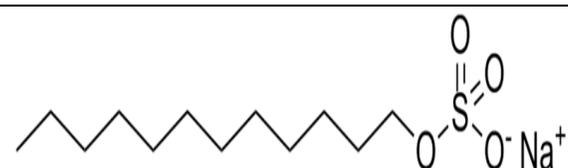
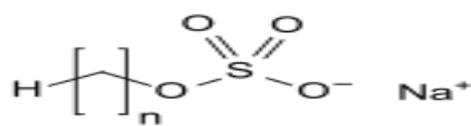
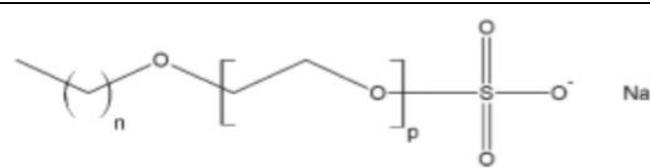
La neutralisation du produit se fait avec une base appropriée (hydroxyde d'ammonium, hydroxyde de sodium, hydroxyde de magnésium ou triéthanolamine) pour former le sulfate d'alcool gras.

Un autre procédé utilise du trioxyde de soufre à la place du CSA [32].

### 3.1.3.3 Les surfactants sulfatés courants

Connus pour être peu onéreux et pour avoir une bonne activité détergente et moussante mais aussi réputés pour être desséchants, les tensioactifs sulfatés sont les tensioactifs primaires privilégiés des formulateurs. Le **tableau II.1** regroupe les plus répandus dans l'industrie cosmétique.

**Tableau II.1** : Structure chimique des tensioactifs sulfatés les plus répandus [33].

Nom commun	Abréviation	Structure
Acide alkylbenzène sulfonique linéaire	<b>LAS</b>	
Laurylsulfate de sodium ou dodécylsulfate de sodium	<b>SLS ou SDS</b>	
Alkylesulfate de sodium	<b>SAS</b>	
Alkyl éthoxysulfate	<b>AES</b>	

### **3.1.3.4 Toxicité des tensioactifs sulfatés**

#### **a. Impact sur la peau**

Les tensioactifs anioniques sont la catégorie de surfactants la plus fréquente dans les nettoyants personnels, ménagers et industriels actuellement commercialisés en vertu de leur aptitude relative à solubiliser les graisses et les huiles, à abaisser la tension superficielle des solutions aqueuses ou à former des microémulsions. Cependant, de nombreux tensioactifs provoquent des réactions irritantes quand ils sont appliqués sur la peau du fait de leur capacité à solubiliser les membranes lipidiques. De tels effets dépendent à la fois de la concentration absolue et des rapports molaires surfactant-lipide. À de faibles concentrations de tensioactifs, les membranes perdent leur capacité de barrière, augmentant considérablement la perméabilité tandis qu'à des concentrations plus élevées, habituellement supérieures à la concentration micellaire critique, la lyse des cellules se produit.

Par conséquent, ils sont devenus des outils importants dans les enquêtes sur l'irritation cutanée. Les tensioactifs sulfatés sont amplement acceptés comme de puissants irritants pour la peau humaine et animale [34].

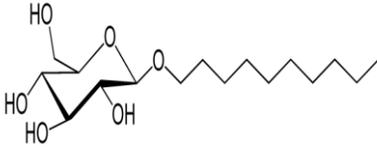
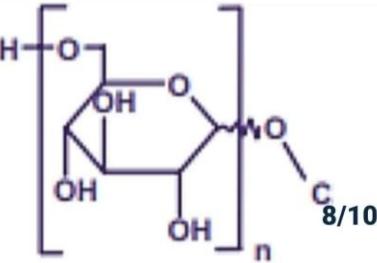
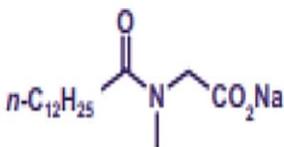
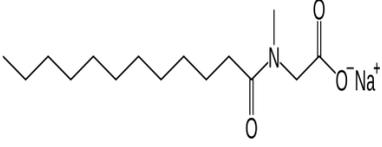
#### **b. Impact sur les cheveux**

Comme pour la peau, les tensioactifs sulfatés sont aussi nuisibles pour les cheveux. Adoptés comme tensioactifs primaires, starter de mousse dans les shampooings, ils accomplissent deux fonctions fondamentales : moussage et nettoyage. Ils altèrent la barrière lipidique du cuir chevelu, endommageant ainsi le cheveu depuis la racine, notamment le follicule pileux. Ils peuvent également déséquilibrer le cycle des glandes sébacées [35].

### 3.1.3.5 Alternatives aux sulfates

Il existe différents tensioactifs aux propriétés beaucoup moins irritantes que les tensioactifs sulfatés et souvent d'origine biologiques. Ils sont plus doux et restent une bonne alternative à ces derniers. Ils sont regroupés dans le **tableau II.2**.

**Tableau II.2** : Liste des composés pouvant remplacer les TA sulfatés [35].

INCI	Nature	Propriétés	Origine	Structure chimique
Décyl Glucoside	Tensioactif nonionique	Co-tensioactif booster de mousse	Origine végétale (huiles de coco, mais)	
Caprylic/Capric Glucoside	Tensioactif non ionique	Agent nettoyant et moussant	Origine naturelle	
Sodium Methyl Cocoyl Taurate	Tensioactif anionique sans sulfates	Nettoyant	Origine synthétique	
Sodium Lauroyl Sarcosinate	Tensioactif anionique sans sulfates	Mousse douce, légère et abondante	Origine naturelle	

Le **tableau II.3** récapitule des tensioactifs pouvant entrer dans la composition des shampooings.

**Tableau II.3** : Tensioactifs entrant dans la composition des shampooings [25].

<b>Classe</b>	<b>Exemple</b>	<b>Caractéristique</b>
<b>Anionique</b>	Laurylsulfate d'ammonium, laurethsulfate de sodium, sarcosinate de sodium, lauroyle, sulfate de myrethe de sodium, stéarate de sodium, sulfate de pareth de sodium, laurylsulfate de sodium, sulfonate d'oléfine alpha.	Nettoyage en profondeur.
<b>Cationique</b>	Chlorure/ Bromure de benzalkonium.	Adoucissant, Nettoyage doux.
<b>Non ionique</b>	Alcools gras, alcool cétéarylique, alcool stéarylique, alcool oléylique.	Nettoyage doux, Respectueux de l'environnement.
<b>Amphotère (zwiterionique)</b>	Alkyl iminopropionates et (amido) bétaines.	Nettoyage modéré, Doux pour les yeux.

### 3.2 Les épaississants ou viscosifiants

L'onctuosité, la consistance de la formule nécessite l'ajout d'agents viscosifiants.

Le chlorure de sodium permet d'accroître la taille des micelles formées par des TA anioniques, ce qui entraîne l'augmentation de la viscosité. Il ne donne de bons résultats qu'avec les alkyls et les alkyl éther sulfate.

Les alcanolamides sont des épaississants possédant également la propriété d'augmenter et de stabiliser la mousse formée par des TA anioniques.

Des gommes naturelles et des polymères de synthèses peuvent aussi être utilisés pour leurs propriétés viscosifiantes [23].

### **3.3 Les additifs divers**

#### **3.3.1 Les adoucissants**

Les adoucissants sont indispensables dans les shampooings destinés aux cheveux secs. En effet, ils ont pour rôle de conférer aux cheveux douceur, souplesse et brillance tout en améliorant le démêlage de la chevelure. Ces agents possèdent également des propriétés antistatiques.

On peut citer des :

- Alcools gras : alcool cétylique, alcool stéarilique ;
- Huiles végétales : huile de ricin, de soja, de sésame ;
- Polymères cationiques ;
- TA amphotères ;
- Humectants : glycérol, sorbitol, propylène glycol.

#### **3.3.2 Les conservateurs**

Afin de lutter contre d'éventuelles contaminations microbiennes, et malgré la forte proportion de TA, les formulateurs doivent impérativement mettre en œuvre des conservateurs. Ces derniers doivent être choisis intelligemment. Effectivement, certains sont peu stables, et d'autres s'avèrent irritants et même parfois cancérigènes.

Les conservateurs employés sont :

- le formol, à des concentrations inférieures à 0.2% ;

- les donneurs de formol ;
- les parabènes (ils sont de moins en moins utilisés car ils sont allergisants et soupçonnés d'être cancérigènes pour l'homme) [36].
- l'extrait de pépins de pamplemousse est employé comme conservateur naturel.

### **3.3.3 Les parfums**

Le parfum est l'une des singularités les plus importantes dans la formulation d'un shampoing. Il constitue en effet l'identité du produit pour le consommateur.

Néanmoins, son utilisation doit répondre à plusieurs exigences, à compter, une bonne compatibilité avec le reste des ingrédients, une facilité d'incorporation, une stabilité et une performance durable avec un excellent profil olfactif.

Des huiles essentielles naturelles ou synthétiques peuvent être utilisées [37].

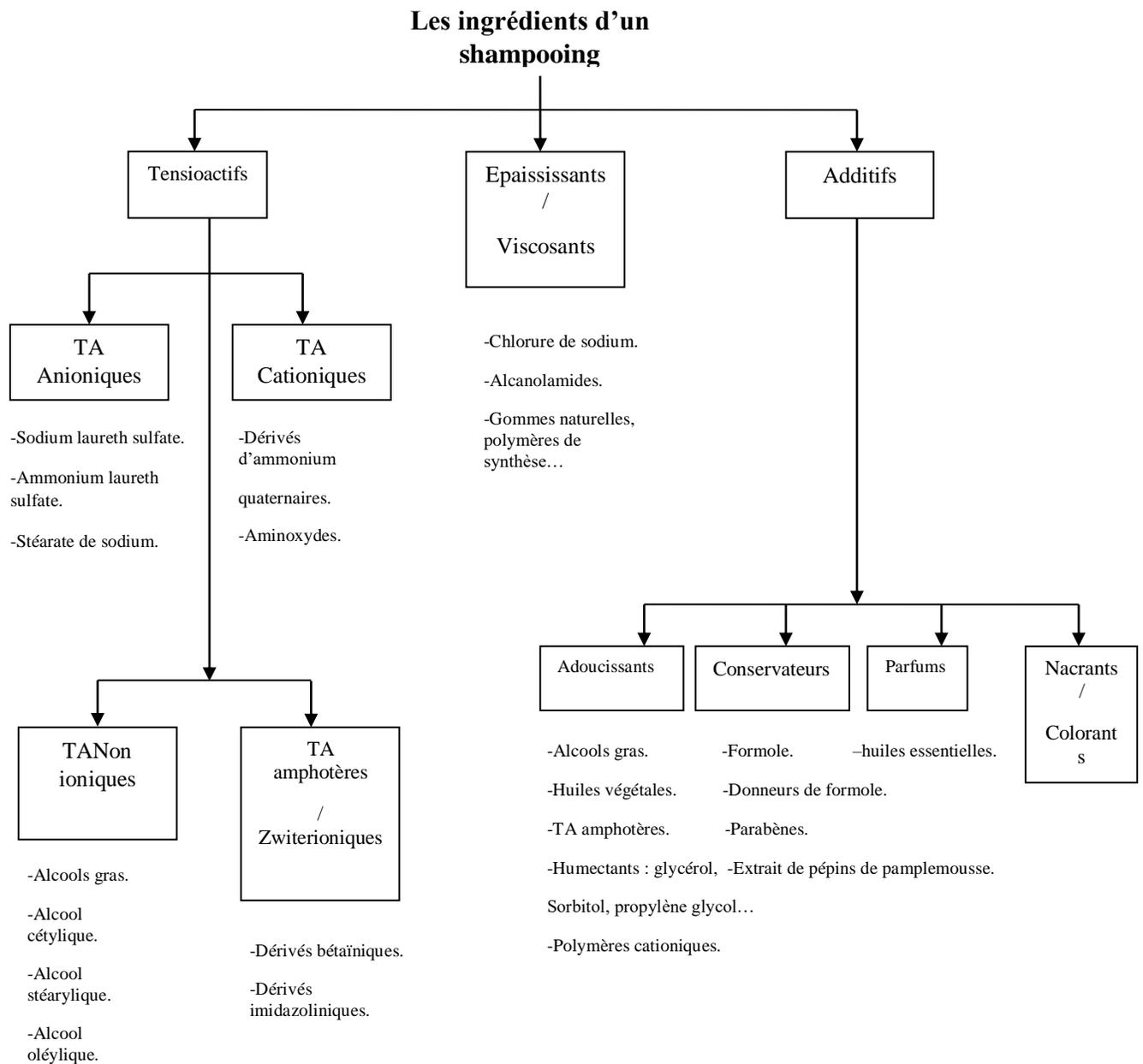
### **3.3.4 Les nacrants et colorants**

Les nacrants sont ajoutés aux formulations pour masquer une poudre insoluble et même parfois pour leur potentiel adoucissant.

Les colorants utilisés dans les préparations cosmétiques destinées à usage capillaire sont des colorants hydrosolubles de type azoïque ou triphénylméthane et sont désignés sur les emballages par les lettres CI (Color Index) suivies d'un nombre de cinq chiffres qui lui est propre [23].

On peut noter cependant l'existence de shampoings transparents et incolores.

Nous avons opté pour un résumé des ingrédients entrant dans la composition d'un shampooing dans le diagramme ci-dessous :



#### 4 Formule générale d'un shampoing

Les shampoings sont des produits de haute technologie de par leurs formules très complexes qui comprennent une dizaine d'ingrédients.

Le **tableau II.4** compte un exemple d'une formule générale adoptée dans la formulation des shampoings liquides.

**Tableau II.4** : Exemple d'une formule générale d'un shampoing liquide [38].

<b>Ingrédients</b>	<b>Proportion (%)</b>
TA (agents lavants)	15 à 25
Stabilisateur de mousse	1 à 4
Epaississants	2 à 5
Opacifiants	1 à 2
Conservateurs	0.1 à 0.5
Traitants spéciaux	Quantité selon le besoin
Colorants et parfums	Quantité suffisante
Eau	40 à 60

Le **tableau II.5** présente un exemple d'une formulation d'un shampooing antipelliculaire.

**Tableau II.5** : Exemple d'une formulation d'un shampooing antipelliculaire [23].

<b>Ingrédients</b>	<b>Proportions (%)</b>	<b>Rôle</b>
Sodium Laureth Sulfate	4.0	Agent nettoyant.
Cocamidopropyl Betaïne	2.0	TA secondaire, synergiste de mousse, conditionneur capillaire.
Acide stéarique	2.0	Agent émulsifiants.
Sodium cocoylglycinate	3.0	Conditionneur capillaire.
Sodium cocoylmethylisethionate	4.0	TA secondaire.
Acrylates/Steareth-20 Methacrylatecopolymer	1.0	Agent de contrôle de la viscosité.
Emulsion de silicones	3.0	Conditionneurs capillaires.
GuarHydroxypropyltrimoniumChlor ide	0.25	Agent antistatique.
Pyrithione de zinc	1.0	Agent actif antipelliculaire.
Parfum	0.75	Parfum.
Eau	QSP 100	Solvant.

## CHAPITRE III : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

### 1 Introduction

Bien que les produits cosmétiques utilisés à des fins d'embellissement, de parfumage ou de nettoyage existent depuis l'origine de la civilisation, ce n'est qu'au XX<sup>e</sup> siècle que de grands progrès ont été accomplis dans la diversification des produits et de leurs fonctions. De même, les shampooings ont commencé à envahir les étagères des officines devenant des traitements à différentes pathologies (pellicules, dermite séborrhéique...).

Nous avons effectué une synthèse bibliographique dans le but de cerner les différents travaux de recherche qui ont été exécutés dans la thématique de notre travail. On s'est intéressé essentiellement à l'action antipelliculaire des shampooings.

### 2 Principaux travaux

Les scientifiques ont commencé à s'intéresser à l'action du pyrithione de zinc contre les levures du genre *Malassezia*.

R. MARKS et ces collaborateurs [39], en 1985, ont étudié les effets du pyrithione de zinc dans le traitement des pellicules afin de tenter de fournir un aperçu du mécanisme d'action de ce dernier.

Les expériences en demi-tête ont été menées sur des personnes atteintes de pellicules, en utilisant un shampooing à base de ZPT et un autre placebo.

Les résultats soulignent que les shampooings contenant du pyrithione de zinc sont des agents efficaces pour le traitement des pellicules. Il a également été suggéré que ce principe actif peut être un agent cytostatique lorsqu'il est utilisé dans le traitement des pellicules.

Des années plus tard, M. PARK et ces collaborateurs [40], s'intéressent toujours au mode d'action des agents antipelliculaires contre les levures *Malassezia*. Ils ont analysé le contenu métallique cellulaire et le profil du transcriptome des cellules de ces levures.

Les résultats suggèrent qu'au moins trois mécanismes inhibiteurs sont associés à l'action du pyrithione de zinc contre les *Malassezia* : une augmentation des niveaux de zinc cellulaire, l'inhibition de la fonction mitochondriale et une diminution de la lipase.

Les savants, se sont intéressés après à l'impact du taux de dépôt des agents actifs antipelliculaires sur l'efficacité des shampooings traitants.

En 1997, T. W. COFFINDAFFER et ces collaborateurs [41], ont composé un shampooing antipelliculaire en utilisant un agent actif particulaire et un polymère cationique. L'objectif étant de maintenir l'agent actif en suspension et de fournir un dépôt optimal sur les cheveux et le cuir chevelu sans avoir recours aux agents de suspension cristallins.

Ensuite, P. BAILEY et ces collaborateurs [42], en 2003, ont mené des études afin de déterminer les types de relation entre le taux du pyrithione de zinc déposé sur le cuir chevelu et l'état qui en résulte. Ils ont comparé trois shampooings, une base véhicule non traitante, un shampooing à faible déposition de pyrithione de zinc et un shampooing à fort taux de dépôt de ZPT.

Les deux shampooings contenant le pyrithione de zinc ont fourni une activité antipelliculaire significativement supérieure à celle du véhicule. Aussi, le shampooing à fort dépôt était plus efficace que celui à faible dépôt.

Un choix judicieux des paramètres de formulations d'un shampooing antipelliculaire peut amener à élever les taux de délivrance de l'actif sans avoir à augmenter celui-ci au sein de la formule.

M.LODENE et ces collaborateurs [43], ont comparé l'activité d'un agent actif seul avec la combinaison de deux autres différents.

En 2000, ils ont, dans un test en double aveugle, fait la comparaison de deux shampoings aux actifs différents, à savoir le pyrithione de zinc et la piroctone olamine associée avec de l'acide salicylique.

Les résultats ont montré que les shampooings ont réduits de façon significative l'état pelliculaire. Toutefois, la combinaison PO/AS semble être plus efficace que le pyrithione de zinc dans la réduction de la gravité et la zone affectée.

Dans la même perspective, en 2013, J. R. SCHWARTZ et ces collaborateurs [14], ont comparé l'efficacité thérapeutique de l'optimisation de la biodisponibilité de l'actif pyrithione de zinc ou la combinaison de cet agent actif avec un actif secondaire, à savoir le climbazole.

L'efficacité a été évaluée dans des essais en double aveugle en mesurant la desquamation du cuir chevelu et du niveau d'histamine épidermique.

La formule du shampooing avec le ZPT potentialisé a dévoilé un plus grand pouvoir antifongique que le shampooing 'Actif Double' contenant à la fois du pyrithione de zinc et du climbazole.

Les résultats soulignent le rôle crucial que la formule d'un shampooing joue dans la réalisation de la pleine activité des matières actives.

Dernièrement, les scientifiques se préoccupent de l'efficacité des antifongiques contre les levures *Malassezia* dans la pathologie des pellicules.

En effet, C. LEONG et ces collaborateurs [44], en 2019, ont évalué l'efficacité d'un traitement antipelliculaire en déterminant l'efficacité d'agents actifs seuls ou dans des formulations de shampooings commerciaux.

Pour se faire, ils ont dans un premier temps comparé trois principes actifs synthétiques à savoir : le pyrithione de zinc, le kétoconazole et le ciclopirox et un principe actif naturel qui est l'hamamélan dans des expériences simulant l'exposition au shampooing et les conditions de lavage sur le cuir chevelu. Ensuite, ils ont également comparé la performance des agents cités ci-dessus dans des formulations de shampooings (Head and Shoulders, Ketomed,

Sebiprox et Erol Healthcare HairShampoo, respectivement) avec un produit générique trouvé dans le commerce.

H&S et Ketomed ont été les traitements les plus efficaces dans l'inhibition de la croissance des levures *Malassezia* alors que le générique était le moins efficace.

Les interprétations des résultats proposent que l'efficacité des traitements varie selon les espèces microbiennes, la durée du contact et les composants entrant dans la formulation du shampooing.

Puis, tout récemment, en 2020, les mêmes auteurs se sont également intéressés à l'effet d'un shampooing à base de pyrithione de zinc sur *Malassezia*, commensal de la peau [45]. Ils ont évalué l'efficacité des traitements antifongiques sur le cuir chevelu via une combinaison de méthodes de détection culturomique et génomique.

Les résultats valident l'efficacité antifongique du pyrithione de zinc comme un traitement antipelliculaire contre les levures *Malassezia*.

Avec l'avènement des produits biologiques et les dernières tendances, des chercheuses ont porté leur attention sur l'activité des plantes dans l'inhibition des levures *Malassezia*.

M. ZOYA et ces collaborateurs [46], en 2016, ont mesuré l'efficacité de shampooings antipelliculaires à base d'actifs synthétiques et à base de plantes dans l'inhibition de ces levures.

Les résultats démontrent que tous les shampooings sélectionnés sont efficaces contre les *Malassezia*. Cependant, ceux à base d'actifs synthétiques ont fournis une meilleure efficacité.

D'autre scientifique, se sont cette fois soucié de l'impact que pourraient avoir les sulfates sur les cheveux et ont commencé à tenter de formuler des shampooings sans sulfates.

En 2004, R. WAGNER et ces collaborateurs [47], ont étudié l'effet du dodécyl sulfate de sodium (SDS) sur la suppression des protéines capillaires.

Pour se faire, ils ont testé trois types de cheveux humains par immersion dans de l'eau et dans une solution de SDS.

Les résultats indiquent que les cheveux traités avec la solution sulfatée perdent sept fois plus de protéines que dans l'eau, affirmant que le SDS peut être très destructeur pour la chevelure.

Aussi, K. SATHIRACHAWAN et ces collaborateurs [48], en 2016, ont étudié l'efficacité d'un shampooing sans sulfates dans la réduction de la décoloration de cheveux teints. Ils ont comparé quatre shampooings dont un sans sulfates.

Les résultats proposent que le shampooing non sulfaté puisse ralentir le processus de décoloration; de plus, ce dernier apporte douceur, propreté et étalement facile.

Les shampooings sans sulfates conviennent à toutes les chevelures car la plupart des ingrédients sont très doux.

Dans la même thématique, B. XIAOQING SONG et ces collaborateurs [49], en 2019, ont élaboré une formulation d'un shampooing solide contenant des tensioactifs non sulfatés. La formulation comprend un polymère cationique et un système tensioactif. Elle est dépourvue de tensioactifs à base de sulfates.

Le tensioactif non sulfaté choisis a une faible solubilité dans l'eau le rendant difficile à incorporer dans des compositions aqueuses d'où le choix de la forme solide.

Finalement, certains chercheurs ont essayé d'associer l'activité antipelliculaire des shampooings traitants à des propriétés sensorielles meilleures.

En 2007, J. SCHWARTZ et al [50], ont voulu améliorer l'efficacité d'un shampooing antipelliculaire ainsi que ses propriétés de conditionnement en incluant une phase de réseau de gel cristallin à la formulation d'un shampooing à base de pyrithione de zinc. Ce gel cristallin formé à partir d'un amphiphile gras permettra de maintenir en suspension l'agent actif et par la même occasion corriger la biodisponibilité du ZPT. En effet, les vésicules multilamellaires et les feuilles lamellaires de gel fournissent un meilleur dépôt sur les cheveux et le cuir chevelu ce qui induit un meilleur traitement.

G. A. TURNER et al [51], ont également, en 2012, étudié l'impact de l'utilisation d'une combinaison de principes actifs antipelliculaires et de silicones sur l'élimination des pellicules afin de fournir de meilleures propriétés sensorielles pour les cheveux.

La combinaison d'agents antipelliculaires et de silicones de conditionnement apporte une efficacité antipelliculaire supérieure et les avantages sensoriels finaux souhaités.

En 2013, E. JOHNSON et al [52], ont essayé d'introduire un réseau de gel à base d'alcool gras dans la formulation d'un shampoing dans le but d'améliorer les propriétés de conditionnement de ce dernier.

L'alcool gras composant le réseau de gel, est disposé en vésicule multilamellaires et en feuilles lamellaires dans la phase dispersante ce qui facilite sa déposition sur le cheveu entraînant ainsi le conditionnement souhaité.

On constate finalement que les shampoings suscitent beaucoup d'intérêt et constituent un sujet de recherche très vaste.

## CHAPITRE IV : ANALYSE SENSORIELLE

### 1 Introduction

L'analyse sensorielle est définie comme étant «l'examen des propriétés organoleptiques d'un produit par les organes des sens» [53]. Considération de ces cinq sens (odorat, goût, vue, ouïe, toucher) l'opérateur devient l'instrument de mesure des méthodes d'analyse sensorielle.

C'est dans les années cinquante, que cette analyse a commencé à asseoir sa position, couvrant ainsi les besoins des industries agro-alimentaires [54]. Elle a pour but une meilleure perception des préférences des consommateurs.

Étape clé dans la mise sur le marché d'un nouveau produit, l'analyse sensorielle, se voit intégrer, quelques années plus tard, le secteur cosmétique mais également pharmaceutique et automobile. En effet, avec l'essor que connaît l'industrie cosmétique et l'émergence de la concurrence sur le marché, les industriels accordent davantage l'importance aux performances sensorielles de leurs produits ce qui leur permettra de se distinguer. Elle opère lors de la conception d'un nouveau produit (reformulation des produits jusqu'à obtenir la satisfaction des consommateurs), elle peut aussi être un outil de contrôle de qualité par l'évaluation de la conformité des produits fabriqués avec le cahier des charges, mais également parce qu'elle permet de vérifier la stabilité des propriétés organoleptiques au cours du temps. Enfin, elle peut pareillement habilité de positionner un produit par rapport à ses principaux concurrents [55].

Dans ce présent chapitre, nous allons présenter l'analyse sensorielle faite sur 3 profils de produits appartenant au même univers. Notamment, des shampoings antipelliculaires de différentes marques présentes sur le marché, à savoir Head & Shoulders, Venus et Swalis et en sélectionner un en guise de référence.

Avant d'entamer notre étude, un bref aspect théorique sur la méthodologie de l'analyse sensorielle est présenté.

## **2 Méthodologies classiques de l'analyse sensorielle**

Conventionnellement, l'analyse sensorielle regroupe trois familles de méthodes d'analyse [56].

### **2.1 Méthodes discriminatives**

Les tests discriminatifs permettent de mettre en évidence une/des différences ou une/des similitudes entre deux ou plusieurs produits.

Même si les techniques diffèrent (test triangulaire, test «A»-«non A», épreuve duo-trio ou les épreuves p sur n), le principe reste le même : après l'évaluation des échantillons à comparer, les participants doivent indiquer les échantillons identiques ou bien différents en fonction de la variante utilisée [57].

Ces méthodes se limitent à détecter les éventuelles différences mais ne permettent ni d'identifier ni de qualifier ces dernières.

### **2.2 Méthodes descriptives**

Si la finalité des tests discriminatifs est de désigner l'existence ou pas de différences entre les produits, les méthodes descriptives permettent de qualifier cette dernière en élaborant un «**profil sensoriel**» pour chaque produit. Les méthodes utilisées à cet effet sont : la méthode «QDA» (Quantitative Descriptive Analysis) et la méthode «SDA» (Spectrum Descriptive Analysis) [58].

Les tests se déroulent en quatre phases :

- une phase cruciale de génération de descripteurs (la recherche des caractéristiques sensorielles des produits). Dans la pratique, l'utilisation d'une liste préexistante issue de la littérature est relativement courante ;
- des tris successifs permettant de ne garder que les descripteurs les plus pertinents ;
- une phase d'entraînement du panel sur la liste de descripteurs définitifs ;
- la phase finale d'élaboration des profils descriptifs.

### **2.3 Méthodes hédoniques**

Contrairement aux tests discriminatifs et descriptifs qui sont des approches analytiques visant une évaluation objective du produit testé, les tests hédoniques s'attachent à la dimension «plaisir» et aux ressentis personnels des testeurs. Ces tests font appel à des individus non spécialisés qui donneront leur avis d'une manière non objective [57].

## **3 Analyse sensorielle de trois différents shampooings**

### **3.1 Description de l'analyse sensorielle**

L'innovation est un investissement de taille pour le développement de produits cosmétiques, son objectif étant de déterminer en amont de celui-ci les caractères distinctifs des produits qui vont attirer et fidéliser les consommateurs. Cependant, la préférence de ces derniers est étroitement liée aux caractéristiques sensorielles propres des produits. Il est donc devenu essentiel d'instaurer une démarche d'évaluation sensorielle permettant de se prémunir d'un outil performant pour aider au développement de produits innovants et de qualité.

Dans ce sens, nous avons fait appel à un panel de consommateurs constitué de personnes de différentes tranches d'âge et différents sexes, afin d'estimer les différents shampooings antipelliculaires choisis en terme d'efficacité et de perception sensorielle selon une liste préétablie de descripteurs prise dans la littérature [55].

Afin de cadrer notre analyse, nous avons présenté un questionnaire au panel pour évaluer les produits proposés, ce qui nous a permis par la suite d'analyser et de synthétiser les résultats obtenus suite aux réponses des consommateurs. Le panel est constitué de deux hommes et quatre femmes dont l'âge varie entre 18 et 30 ans souffrant tous de la pathologie des pellicules.

Nous avons proposé à chacune de ses personnes un shampoing parmi les trois et nous leurs avons demandé de se laver les cheveux à une fréquence de deux lavages par semaine pendant un mois.

Le questionnaire proposé est divisé en quatre parties.

1. Prise en main : l'utilisateur devait décrire le produit une fois prélevé de son contenant.
2. Application : pendant son étalement, il devait décrire cette étape en termes de facilité ou pas d'application, de moussage, de mouillage, de rinçage etc.
3. Propriétés des cheveux rincés : décrire la qualité des cheveux après rinçage.
4. Propriétés des cheveux secs : décrire la qualité des cheveux après séchage.

Après la durée du traitement, l'utilisateur devait estimer le taux de récurrence, ce qui nous permettra de définir le shampoing le plus efficace en termes d'élimination de pellicules et qui nous servira de référence pour la formulation notre produit.

### **3.2 Résultats de L'analyse sensorielle**

Le **tableau IV.1** résume les résultats de la caractérisation sensorielle réalisée :

**Tableau IV.1** : Description sensorielle des consommateurs de trois shampoings.

	<b>Descriptions</b>	<b>Head&amp;Shoulders</b>	<b>Venus</b>	<b>Swalis</b>
<b>Prise en main</b>	<b>Fluidité</b>	S'écoule facilement	S'écoule facilement	S'écoule facilement
	<b>Consistance</b>	Crémeux	Liquide	Liquide
<b>Application</b>	<b>Étalement</b>	Bon	Bon	Bon
	<b>Vitesse de moussage</b>	Rapide	Rapide	Rapide
	<b>Quantité de mousse</b>	Moyenne	Généreuse	Généreuse
<b>Propriétés des cheveux rincés</b>	<b>Facilité de rinçage</b>	Facile	Assez difficile	Facile
	<b>Douceur</b>	Pas du tout	Bon	Très bon
	<b>Démêlage</b>	Difficile	Facile	Peu difficile
<b>Propriétés des cheveux secs</b>	<b>Volume</b>	Bon volume	Volume moyen	Cheveux plats
	<b>Souplesse</b>	Bonne	Moyenne	Bonne
	<b>Sécheresse</b>	Assez secs	Pointes sèches	Hydratés
	<b>Brillance</b>	Cheveux ternes	Bonne	Cheveux ternes

**Remarque :**

\* Le produit Head &Shoulders a été testé par 3 différentes personnes dont deux hommes et une femme âgées respectivement de 26, 18 et 28 ans. Les trois individus ont présenté les mêmes appréciations sur le produit.

\* Le produit Venus a été testé par une femme âgée de 30 ans.

\* Le produit Swalis a été testé par deux femmes âgées de 22 et 24 ans. Elles ont exprimé les mêmes appréciations.

Du point de vue thérapeutique, l'efficacité des produits testés est différente et est présentée sur le **tableau IV.2**.

**Tableau IV.2** : Résultat de l'élimination des pellicules des trois produits.

	<b>Head &amp; Shoulders</b>	<b>Venus</b>	<b>Swalis</b>
<b>Élimination des pellicules</b>	Très bonne	Aucune élimination	Élimination moyenne

Un mois après l'arrêt du traitement on avait recontacté le panel pour évaluer l'efficacité des shampooings.

Head &Shoulders est le produit que nous avons retenu pour servir de référence à la formulation de notre produit. Nous avons prévu de faire une caractérisation physicochimique plus détaillée. En effet nous devons étudier le produit du point de vue rhéologie mais aussi composition. Seulement, avec la pandémie mondiale du COVID-19 et les restrictions par rapport à la situation sanitaire actuelle, l'accès au laboratoire nousa malheureusement été interdit et la réalisation de la partie expérimentale de notre travail (caractérisations, formulations et différentes analyses) est impossible. Nous sommes alors obligées de nous arrêter à ce stade.

## CONCLUSION GENERALE

Des shampoings sans sulfates et respectueux de l'environnement séduisent de plus en plus les consommateurs et envahissent le secteur cosmétique.

Dans ce travail, nous allons tenter de bannir les sulfates d'une formulation d'un shampoing antipelliculaire et d'améliorer ses performances.

Nous avons commencé par sélectionner trois shampoings traitants de la pathologie présents sur le marché algérien afin de cerner le plus efficace d'entre eux pour servir de référence à la formulation de notre produit. Nous avons procédé à une analyse sensorielle de ces shampoings et les résultats mettent en évidence que H&S est le meilleur profil dans l'élimination définitive des pellicules et c'est celui que nous avons retenu.

Uniquement, avec la crise sanitaire à laquelle fait face l'humanité en ce moment et les restrictions qui en résultent, nous sommes contraintes à annuler notre expérimentation qui consistait à caractériser le produit sélectionné, à formuler notre produit et à procéder à une série d'analyses de ce dernier. Nous nous sommes contentées de faire une synthèse des travaux de recherche effectués dans la thématique des shampoings antipelliculaires et de ceux sans sulfates.

Notre travail constitue une base d'un travail à poursuivre pour des résultats plus concluants. Ainsi, les perspectives futures sont de continuer ce que nous avons commencé à faire.

## Références

- [1] Buffoli B, Rinaldi F, Labanca M, Sorbellini E, Trink A, Guanziroli E, Rezzani R, Rodella L.F, «The human hair : from anatomy to physiology», International journal of dermatology, volume 53, issue 3, 331-341, (2014).
- [2] Mathis A, «Les produits tensioactifs», Bulletin de l'union des physiciens, volume 86, décembre (1992).
- [3] Deffaugt-Sanchez C, «Le conseil capillaire à l'officine: des conseils cosmétologiques aux traitements médicamenteux», Sciences pharmaceutiques, (2011).
- [4] Van Abbe N.J, «The investigation of dandruff», Cosmetic chemists, (1964).
- [5] Schwartz J.R, De Angelis Y. M, and Dawson T.L, «Dandruff and seborrheic dermatitis: a head scratcher», chapitre 12, 2, (2012).
- [6] Beylot G, «Le soin des états pelliculaires», Actualités pharmaceutiques, volume 51, issue 513, 53-56, février (2012).
- [7] Piérard-Franchimont C, Xhauflaire-Uhoda E, Piérard G.E, «Revisiting dandruff», International journal of cosmetic science / volume 28, issue 8, septembre (2006).
- [8] Ranganathan S, Mukhopadhyay T, «Dandruff : the most commercially exploited skin disease », Indian journal of dermatology, volume 55, issue 2, 130-134, (2010).
- [9] Piérard-Franchimont C, Uhoda E, Piérard G.E, «Quantification of dandruff adherence to hair», International journal of cosmetic science, volume 27, issue 5, 279-282, octobre (2005).
- [10] Cohen Y, Gleitz C, «Les conservateurs dans les produits cosmétiques : cas des parabènes et du phénoxyéthanol. Et que penser des produits cosmétiques "biologiques" ?», Sciences pharmaceutiques, (2009).
- [11] Annales de dermatologie et de vénéréologie, volume 134, issue 4, Partie 1, 347-351, avril (2007).
- [12] Ashbee H.R, Evans E.G.V, «Immunology of diseases associated with *Malassezia* species», clin microbiol review, volume 15, issue 1, 21-57, janvier (2002).

- [13] Ovalis Baroni A, De Rosa R, De Rosa A, Donnarumma G, Catalanotti P, «New strategies in dandruff treatments : growth control of *Malassezia*», journal of dermatology, volume 201, 332-336, (2000).
- [14] Schwartz J.R, Bacon R.A, Shah R, Mizoguchi H, Tosti A, «Efficacy of anti-dandruff shampoos: A randomized clinical trial comparing products based on potentiated zinc pyrithione and zinc pyrithione/climbazole», International journal of cosmetic science therapeutic, volume 35, issue 4, aout (2013).
- [15] sanfilippo A, Joseph C, «An over view of medicated shampoos used in dandruff treatment», review Article, volume 31, issue 7, 396, (2006).
- [16] Bouillon C, «Shampoos», Clinics in dermatology, volume 14, Issue 1, 113-121, janvier-fevrier (1996).
- [17] Chandra G, Kohl G.S, Tasso J.A, «Conditioning shampoo containing amine functional polydiorganosiloxane», US Patent: 4, 559, 227, (1985).
- [18] Shapiro J, Maddin S, «Medicated Shampoos», Clinics in dermatology, volume 14, issue 1, 123-128, janvier-fevrier (1996).
- [19] Diana Z, «The biology of hair care», Dermatologic clinics, volume 18, issue 4, 651-658, octobre (2000).
- [20] Trueb R.M, «Shampoos: ingredients, efficacy and adverse effects», Journal of the German society of dermatology, volume 5, issue 5, 356-365, mai (2007).
- [21] Mahieu V, Moucheron C, «La chimie des produits cosmétiques», (2003).
- [22] Cornwell P.A, «A review of shampoo surfactant technology: consumer benefits, raw materials and recent developments», International journal of cosmetic science, volume 40, 16–30, (2018).
- [23] Kerverdo S, Brancq B, «Tensioactifs basés sur des sucres – Synthèses et exemples d'utilisation en cosmétique », p. 35 à 41, l'Actualité Chimique n°323-324, octobre-novembre (2008).

- [24] Mathis A, «Les produits tensioactifs», Bulletin de l'union des physiciens, volume 86, décembre (1992).
- [25] Trichology J, Fernanda M, «Scalp condition impacts hair growth and retention via oxidative stress», International journal of trichology, volume 7, issue 1, 2–15, janvier-mars (2015).
- [26] Brika N, «Synthèse et formation d'un tensioactif anionique», Mémoire pour l'obtention du diplôme de magister en chimie, USTHB, (2013).
- [27] inrs, «Chlorure d'alkyldiméthylbenzylammonium», Fiche technologique n°253, avril (2019).
- [28] Interchimie, « Alcool stéarylique », Fiche technique, mai (2015).
- [29] Cline A, Uwakwe L.N, McMichael A.J, «No Sulfates, no parabens, and the “no-poo” method : A new patient perspective on common shampoo ingredients», volume 101, issue 1, janvier (2018).
- [30] Fernandez A, Salager J, Corzza C.S, «Surfactantes IV .surfactantesnoiónicos», (2004).
- [31] Lemery E, «Structure et physicochimie des tensioactifs, leurs impacts sur la toxicité cutanée et la fonction barrière», Dermatologie, (2015).
- [32] Kenklein, Irwinpalefsky, «Shampoo formulation», (googlescholar).
- [33] Ivankoić T, Hrenović J, «Surfactants in the environnement», volume 61, issue 1, 95-110, (2010).
- [34] Effendy I, Maibach H.I, «Surfactants and experimental irritant contact dermatitis», contact dermatitis cutaneous alergy environmental and occupational dermatitis, volume 33, issue 4, 217-225, octobre (1995).
- [35] Malaury L, «Le Sodium Lauryl sulfate», décembre (2015).
- [36] Canal E, «Les shampoings et les principales pathologies capillaires a l'officine», Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie, Université de limoges, (2013).
- [37] Alonso P.A.L, C. E. M. Huertas, «Effet du parfum sur la performance sensorielle des shampoings cosmétiques», Journal colombien de chimie, volume 42, issue 2, Juin-décembre (2013).

- [38] HO Tan Tai L, Lier J, «Détergents et Produits de Soins corporels», livre, (1999).
- [39] Marks R, Pearse A.D, WALKER A.P, «The effects of a shampoo containing zinc pyrithione on the control of dandruff», British journal of dermatology, issue 12, 415-422, avril (1985).
- [40] Park M, Cho Y, Lee Y, Jung W, «Understanding the mechanism of action of the anti-dandruff agent zinc pyrithione against *Malassezia restricta*», Scientific reports, Aout (2018).
- [41] Coffindaffer et al, «Anti-dandruff shampoos with particulate active agent and cationic polymer», Patent 5, 624, 666, avril (1997).
- [42] Bailey P, Arrowsmith C, Darling K, Dexter J, Eklund J, Aane A, Murray B, Scott A, Williams A, «A double-blind randomized vehicle-controlled clinical trial investigation the effect of ZnPTO dose on the scalp vs. anti-dandruff efficacy and anti-mycotic activity», volume 25, 183-188, juillet (2003).
- [43] Loden M, Wessman C, «The anti-dandruff efficacy of a shampoo containing piroctone olamine and salicylic acid in comparison to that of a zinc pyrithione shampoo», International journal of science, volume 22, 285-289, (2000).
- [44] Leong C, Schmid B, Buttafuoco A, Glatz M, Bosshard P.P, «In vitro efficacy of antifungal agents alone and in shampoo formulation against dandruff-associated *Malassezia* spp. and *Staphylococcus* spp.», International journal of cosmetic science, volume 41, 221-227, mars (2019).
- [45] Leong C, Wang J, Min Jet Toi, Yuen In Lam, Joleen PZ Goh, Shi Mun Lee, Thomas L Dawson, «Effect of zinc pyrithione shampoo treatment on skin commensal *Malassezia*», Medical mycology, 1-4, juillet (2020).
- [46] Zoya M, Bhikhu M, Gaurav S, «Anti-dandruff activity of synthetic and herbal shampoos on dandruff causing isolate : *Malassezia*», International journal of applied research, volume 2, issue 7, 80-85, juin (2016).
- [47] Wagner R, Joekes I, «Hair protein removal by sodium dodecyl sulfate », Colloids and surfaces B, volume 41, 7-14, octobre (2004).

- [48] Sathirachawan K, Sripattanakul W, Thapakorn, Rujirakornkul T, Konganun P, «Effectiveness of sulfate free shampoo for hair color fade reduction», School of cosmetic science, (2016).
- [49] Song et al, «Compact shampoo composition containing sulfate - free surfactants», US Patent : 0105243 A1, 2019.
- [50] Schwartz J et al, «Composition comprising a particulate zinc material, a pyrithione or a polyvalent metal salt of a pyrithione and a gel network», US patent : 0128147 A1(12), 2007.
- [51]Turner G.A, Matheson J.R, Li G.Z, Baines F.L, «Enhanced efficacy and sensory properties of an anti-dandruff shampoo containing zinc pyrithione and climbazole» International journal of cosmetic science, volume 35 ,78-83, septembre (2012).
- [52] Johnson et al, «Shampoo containing a gel network», US Patent : 8, 361, 448 B2, janvier (2013).
- [53] ISO 5492, «Analyse sensorielle», Vocabulaire : (2008).
- [54] Giboureau, Agnés, Garell, Claire, Nicod, Huguette, «Le profil sensoriel : un outil au service du marketing», Revue française du marketing, issue 196, 5-17, février (2004).
- [55] Gilbert L, «Caractérisation physico-chimique et sensorielle d'ingrédients cosmétiques : une approche méthodologique», Université du Havre, (2012).
- [56]Depledt F, Lavoisier, «Evaluation sensorielle : manuel méthodologique», (3e édition), collection sciences & techniques agroalimentaires , (2009).
- [57]Furtuna N, Musteață G, «L'analyse sensorielle du vin : approches méthodologiques», Université technique de Moldavie, (2012).
- [58]Gilbert L, «Caractérisation physico-chimique et sensorielle d'ingrédients cosmétiques : une approche méthodologique», Université du Havre, (2012).