



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique
Université de Tissemsilt
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme
de Master académique en

Filière : **Biologie**

Spécialité : **Biochimie appliquée**

Présenté par : **GRABIS Sarra & HALAI Naima**

Thème

**Formulation et caractérisation d'un shampoing à base d'un
extrait des cladodes d'*Opuntia ficus indica* de la région de
Tissemsilt**

Soutenu le,

Devant le Jury :

M. BOUNACEUR Farid	Président	Prof.	Univ-Tissemsilt
M. MOUSSAOUI Badreddine	Encadreur	M.C.A.	Univ-Tissemsilt
M. HANAFI Tahar	Co-Encadrant		Univ-Blida
Mme. BENZAADI Nawal	Examinatrice	M.A.A.	Univ-Tissemsilt

Année universitaire : 2021-2022

Remerciements

Avant tout, nous adressons nos remerciements à "ALLAH" le tout puissant qui nous a donné la force, la santé, la volonté et le courage pour terminer ce présent travail, ainsi que nos parents qui nous ont toujours encouragé et soutenu durant nos études.

*Nous tenons à présenter nos chaleureux remerciements à notre honorable encadrant de mémoire **M. MOUSSAOUI Badr Eddine**, pour la qualité de son encadrement exceptionnelle, pour tous ses conseils, ses encouragements, sa rigueur et sa patience tout au long de la réalisation de ce travail.*

*Nos remerciements vont également aux honorables membres du jury ; **M. Bounaceur Farid** et **Mme. Bensaadi Nawal**, d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce modeste travail.*

*On tient aussi à témoigner notre plus profond respect à **M. AFFER Mohamed** ; l'ingénieur des laboratoires qui n'a pas cessé de nous aider pour réaliser ce mémoire.*

Nos remerciements s'adressent aussi à tous nos enseignants qui ont participé à notre formation durant notre parcours universitaire.

Enfin, Nos profonds remerciement vont également à toutes les personnes qui nous ont aidé et soutenu de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

À la lumière de ma vie, ma chère et adorable mère "CHAHIH Fatma"

Tu représentes pour moi la source de tendresse et l'exemple du dévouement. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur

À mon très cher père "GRABIS Mhamed"

Aucun mot, ne saurait remercier à sa juste valeur l'être qui a consacré sa vie à parfaire mon éducation avec beaucoup de sacrifice. Merveilleux *papa*, j'espère que j'ai été à la hauteur de tes espérances. Que Dieu le tout puissant puisse te bénir et t'accorder une longue vie pleine de bonheur et de satisfaction.

À notre professeur monsieur *MOUSSAOUI. B*

À Mon adorable sœur *Karima*, mes chers frères *Abd el Kader* et sa femme *Lamia*, *Amine* et sa femme *Amina*, *Hamza*, *Toufik* et *Bilal*

Puisse Dieu combler votre vie de bonheur santé et de succès.

À ma jolie consœur *Soulef*. À mon chère binôme dans ce travail *Naima*,

À mes copines *Houda*, *Ilham*, *Zozo*, *Sarra*, *Dodo*, *Ouahiba* et *Zahia*.

Un merci spécial à *Fares Boukhatem*, Merci d'être toujours là pour moi

Sarra

Dédicace

Avec joie, fierté et respect, je dédie ce mémoire :

À mes chers parents

Qui ont toujours cru en moi et qui m'ont appris à ne jamais baisser les bras

À notre professeur Monsieur ***Moussaoui.B***

De m'avoir suivie tout au long de ce projet, en m'apportant documentations et conseils

Soyez assuré de ma profonde reconnaissance et de ma respectueuse considération.

À mon très cher binôme ***Sara*** ainsi que toute sa famille

À mes sœurs ***Fatima Zahra*** et ***Samira*** et leurs deux fils ***Anas*** et ***Israa***

À mes frères ***Nasredine***, ***Abdelahak*** et sa femme ***Fatima***

À mes cousins et cousines, oncles et tantes

À tous mes chers amis : ***Sara***, ***Zozo***, ***Ilham***, ***Ouahiba***, ***Zahia***, ***Hani Fatima***,

Dilmi Fatima, ***ben Chiko Abdelmalek***, ***Ouled amour***, ***Massinissa***,

Moussaoui.A, ***Sadat.A***

À Tous ceux qui me sont chers. Tous mes professeurs tout au long de mes études. Tous ceux qui ont participé à la réalisation de ce travail.

Naima

Résumé

L'objectif de cette étude est de contribuer à la valorisation cosmétologique de mucilage des cladodes du figuier de barbarie de Tissemsilt via son utilisation comme principe actif dans un shampoing. Le rendement d'extraction de mucilage était $0.43 \pm 0.09\%$. Comparés à la formule sans mucilage (témoin T), les shampoings C1, C2.5 et C5 préparés avec différentes concentrations de mucilage (1, 2.5 et 5%) ont démontré des caractéristiques organoleptiques très satisfaisantes et un pH légèrement acide (entre 4 et 5) très adéquat au cheveu et au cuir chevelu. La formulation C2.5 en particulier, a pris la meilleure évaluation sensorielle des juges en raison de sa couleur beige, son odeur de caramel sucré et son apparence homogène et attractive. Le pouvoir détergent, la capacité moussante et l'effet mouillant de cette formule a été $48 \pm 0.07\%$, $170 \pm 0.57\text{mL}$ et $150 \pm 0.70\text{s}$, respectivement. L'exposition des formules au stress thermique et à la congélation, ou même à une période de stockage d'un mois a révélé leur bonne stabilité. Un penchement vers l'invention d'un shampoing 100% naturel à base de mucilage paraît comme l'étape suivante à prévoir et exécuter prochainement.

Mots clés : Cladode, mucilage, shampoing, cheveux, organoleptique

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو المساهمة في تثمين صمغ التين الشوكي لمنطقة تيسمسيلت في ميدان صناعة مستحضرات التجميل من خلال استخدامه كعنصر فعال في الشامبو. كان مردود استخلاص الصمغ $0.43 \pm 0.09\%$. أظهرت صيغ الشامبو C1 و C2.5 و C5 المحضرة بتراكيز مختلفة من الصمغ (1، 2.5 و 5%) خصائص حسية مُرضية للغاية، مع درجة حموضة قليلة نسبيا (بين 4 و 5) مما جعلها مناسبة تماما للشعر وفروة الرأس. حصلت تركيبة C2.5 على وجه الخصوص على أعلى تقييم حسي من لجنة التحكيم بسبب لونها البيج ورائحة الكراميل اللطيفة ومظهرها المتجانس والجذاب. كانت النتائج المسجلة لكل من قوة التنظيف وقدرة تكوين الرغوة والتأثير المرطب لهذه الصيغة هي $48 \pm 0.07\%$ ، 0.57 ± 170 مل و 150 ± 0.70 ثانية، تواليا. أظهرت الصيغ ثباتا جيدا بعد تعرضها للإجهاد الحراري والتجميد، وحتى التخزين لمدة شهر. يبدو ابتكار شامبو طبيعي 100% بالاعتماد على هذا الصمغ وكأنه الخطوة التالية اللازمة للتجسيد في أقرب الآجال.

الكلمات الأساسية : الفروع، الصمغ، الشامبو، الشعر، الخصائص الحسية

Abstract

The objective of this study is to contribute to the cosmetological valorization of mucilage extracted from cladodes of prickly pear from Tissemsilt region, via its use as a shampoo active ingredient. The yield of mucilage extraction was $0.43\pm 0.09\%$. Compared to the formula without mucilage (control T), shampoos C1, C2.5 and C5 prepared with different concentrations of mucilage (1, 2.5 and 5%) demonstrated a very satisfying organoleptic properties, with a pH slightly acidic (between 4 and 5), which make them very suitable for hair and scalp. The formulation C2.5 in particular, got the highest sensory ranking from the juries due to its beige color, sweet caramel smell beside its homogeneous and attractive appearance. The detergent power, foaming capacity and wetting effect of this formula were $48\pm 0.07\%$, 170 ± 0.57 mL and 150 ± 0.70 s, respectively. Exposing the formulas to heat stress and freezing, or even a month-long storage period revealed their good stability. A lean towards the invention of a 100% natural shampoo based on mucilage seems like the next step to plan and execute at the near future.

Key words: Cladode, mucilage, shampoo, hair, organoleptic

Liste des abréviations

°C	Degré Celsius
C1	Shampooing contenant le mucilage à 1%
C2.5	Shampooing contenant le mucilage à 2.5%
C5	Shampooing contenant le mucilage à 5%
cm	centimètre
cP	centpoise
Dyn	Dyne
FCEV	Facteur de croissance de l'endothélium vasculaire
g	gram
h	heure
Km	kilomètre
Min	Minute
ml	millilitre
Nacl	Chlorure de sodium
OFI	<i>Opuntia ficus indica</i>
pH	Potentiel Hydrogène
p/v	Poids/ Volume
qsp	Quantité suffisante pour
s	Seconde
SLS	Sodium lauryl sulfate
T	Shampooing Témoin
TA	Tensioactif
TEA	Triéthanolamine
tr	Tour
W	Watt

Liste des tableaux

Tableau 1. Les parties végétatives d'*Opuntia ficus indica* (Habibi, 2004) 03

Tableau 2. Domaines d'applications du figuier de barbarie (Ben idir et Babour, 2016) 04

Tableau 3. Teneurs des principaux composants des cladodes du figuier de barbarie (Stintzing et al., 2001)..... 05

Tableau 4. Appareillages, verreries et réactifs chimiques utilisés..... 25

Tableau 5. Ingrédients utilisés dans la formulation du shampoing 28

Tableau 6. Résultats des analyses physicochimiques des formulations de shampoing..... 37

Tableau 7. Résultats des tests de stabilité préliminaires après 24h de conservation à 4, 25 et 45°C..... 46

Tableau 8. Résultats des tests de stabilité accélérée après 4, 15 et 30 jours de conservation à 25°C..... 47

Liste des figures

Figure 1. Structure partielle du mucilage d' <i>Opuntia ficus-indica</i> (Saenz et al., 2004)	06
Figure 2. Les différentes couches du cuir chevelu (Malki et Zemmour 2015)	09
Figure 3. Anatomie du cheveu (Bédard, 2019)	09
Figure 4. Les différentes phases du cycle capillaire (Lavocat, 2022)	11
Figure 5. Molécule de TA anionique (sodium lauryl sulfate) « SLS » (Liliya, 2019).....	14
Figure 6. Structure chimique d'imidazolium, de pyridinium et d'ammonium quaternaire (Docherty et Hebbeler, 2006)	15
Figure 7. Molécule de TA amphotère (Cocamidopropyl betaïne) (Clendennen et Boaz, 2019)	16
Figure 8. Molécule de TA non anionique (méthyl glucoside) Ouellette et Rawn (2018)	16
Figure 9. Structure de saponine (Kamerling et Gerwig, 2007)	17
Figure 10. Zone d'échantillonnage des Cladodes du Figuier de barbarie (Google, s.d)	24
Figure 11. Diagramme du protocole expérimental de l'étude (shampooing sans mucilage T, shampooing avec 1, 2.5 et 5% de mucilage : C1%, C2.5%, C5%)	26
Figure 12. Les étapes d'extractions de mucilage.....	27
Figure 13. Image des cladodes, de mucilage sec et en poudre	34
Figure 14. Radars représentant l'évaluation organoleptiques des formules.....	35
Figure 15. Les quatre formulations de shampooing	36
Figure 16. Un histogramme représente les valeurs de viscosité du shampooing	39
Figure 17. Résultats du test de dispersion de saleté.....	40
Figure 18. Courbe de stabilité de la mousse des Formulation de shampooing avec ou sans mucilage des cladodes d' <i>Opuntia</i>	43

Table des matières

Remerciements	
Dédicace	
Résumé	
ملخص	
Abstract	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction	01

Etude bibliographique

Chapitre I : Le figuier de barbarie, le cladode et le mucilage

I. Le figuier de barbarie, le cladode et le mucilage	02
I.1. <i>L'Opuntia ficus indica</i>	02
I.1.1. Aspects Botanique	02
I.1.2. Description de la plante	03
I.1.3. Utilisation du figuier de barbarie	04
I.1.4. Composition chimique des cladodes du figuier de Barbarie	05
I.2. Mucilage	05
I.2.1. La nature biochimique de mucilage	06
I.2.2. Applications de mucilage	06
I.2.2.1. En cosmétologie	06
I.2.2.2. En thérapeutique	06
I.2.2.3. En thchnologie	07

Chapitre II : Les cheveux et le shampooing

II. Les cheveux et le shampooing	08
II.1. Les cheveux et le cuir chevelu	08
II.1.1. Le cuir chevelu	08
II.1.1.1. Les différentes couches du cuir chevelu	08
II.1.1.1.1. L'épiderme	08
II.1.1.1.2. Le derme	08
II.1.1.1.3. L'hypoderme	08

II.1.2. Anatomie et physiologie du cheveu	09
II.1.2.1. La cuticule	10
II.1.2.2. Le cortex	10
II.1.2.3. La médulla	10
II.1.3. Cycle capillaire	11
II.1.3.1. La phase anagène ou phase de croissance du cheveu	11
II.1.3.2. La phase catagène ou phase d'involution	11
II.1.3.3. La phase télogène ou phase d'élimination	12
II.1.4. Rôles des cheveux	12
II.2. Les shampooings	12
II.2.1. Définition de shampooing	12
II.2.2 La Composition	13
II.2.2.1. Les détergents	13
II.2.2.1.1. Les tensioactifs anioniques	13
II.2.2.1.2. Les tensioactifs cationiques	15
II.2.2.1.3. Les tensioactifs amphotères	15
II.2.2.1.4. Les tensioactifs non ioniques	16
II.2.2.2. Les agents lavants naturels	17
II.2.2.3. Les viscosants ou épaississants	17
II.2.2.4. Les adoucissants	18
II.2.2.5. Les stabilisateurs et adoucisseurs de mousse	18
II.2.2.6. Les conservateurs et séquestrant	18
II.2.2.7. Les colorants	19
II.2.2.8. Les parfums	19
II.2.3. Les différentes catégories de shampooing	19
II.2.3.1. Shampooings classiques	19
II.2.3.2. Shampooings doux pour usage fréquent	19
II.2.3.3. Shampooings cosmétiques ou de soin	20
II.2.3.4. Shampooings traitants spécifiques	20
II.2.3.5. Shampooings spécifiques au type de cheveux	21
II.2.3.6. Shampooings spécifiques à l'état du cuir chevelu	21
II.2.3.6.1. Shampooings pour cheveux secs	21
II.2.3.6.2. Shampooings pour cheveux gras	21
II.2.3.7. Shampooings antipelliculaires.....	22

II.2.3.8. Shampoings et lotions anti-chutes	22
II.2.3.9. Shampoings secs	23

Partie Expérimentale

Chapitre III : Matériels et méthodes

III.1. Objectif	24
III.2. Matériels	24
III.2.1. Matériel végétal	24
III.2.2. Matériels du laboratoire	25
III.3. Protocole expérimental	25
III.3.1. Extraction de mucilage	27
III.3.1.1. Rendement d'extraction	27
III.3.2. Préparation de shampoing.....	28
III.3.2.1. Formulation	28
III.3.2.2. Ajout de mucilage et conservation de formulations	29
III.3.3. Caractérisation des shampoings.....	29
III.3.3.1. Analyses organoleptiques	29
III.3.3.2. Analyses physico-chimiques et fonctionnelles	30
III.3.3.2.1. Détermination du pH	30
III.3.3.2.2. Détermination du contenu solide	30
III.3.3.2.3. Évaluation rhéologique (Viscosité)	30
III.3.3.2.4. Dispersion de la saleté	30
III.3.3.2.5. Temps de mouillage.....	31
III.3.3.2.6. Pouvoir détergent.....	31
III.3.3.2.7. Mesure de la tension superficielle	31
III.3.3.2.8. Pouvoir moussant et stabilité de la mousse	31
III.3.3.2.9. Évaluation de la performance des formules	32
III.3.3.3. Tests de stabilité	32
III.3.3.3.1. Tests de stabilité préliminaires	32
III.3.3.3.2. Tests de stabilité accélérés	33

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1. Rendement d'extraction	34
------------------------------------	----

IV.2. Analyses organoleptiques	34
IV.3. Analyses physico-chimiques et fonctionnelles des shampoings	36
IV.3.1. pH	37
IV.3.2. Détermination du contenu solide	38
IV.3.3. Évaluation rhéologique (Viscosité)	38
IV.3.4. Dispersion de la saleté	39
IV.3.5. Temps de mouillage	40
IV.3.6. Pouvoir détergent	41
IV.3.7. Mesure de tension superficielle	41
IV.3.8. Pouvoir moussant et stabilité de la mousse	42
IV.3.9. Évaluation des performances de conditionnement	43
IV.4. Tests de stabilité	44
IV.4.1. Tests de stabilité préliminaires (stabilité au stress thermique et à la congélation) 44	
IV.4.2. Tests de stabilité accélérés	44
Conclusion générale	48
Références bibliographiques	49

Introduction

Introduction

La richesse végétale naturelle de notre planète a émerveillé l'homme depuis toujours par la complexation de ses phénomènes adaptatifs, aussi morphologique que structurel ou métabolique, en réponse aux hostilités biotiques et abiotiques de son environnement de croissance.

Un exemple typique de ce système évolutif est l'*Opuntia ficus indica* ou le figuier de barbarie, un cactus disposant de tous les moyens nécessaires pour surmonter les obstacles exigés par l'ambiance, souvent rude, de son habitat. Il a développé un parenchyme aquifère rempli d'une substance visqueuse nommée mucilage, conférant à ses raquettes le rôle d'emmagasinage d'eau préservant la vie de la plante entière (**Inglese, 2018**).

L'exploitation des vertus enfouillées dans les biomolécules d'origine végétale reste un acte antique qui touche tous les volets de la vie quotidienne, y compris le désir humain de bien-être et de beauté qui l'ont amené à modifier et à soigner son apparence. Le développement de ces activités portant le nom de cosmétologie et existante depuis la nuit des temps, a connu ces dernières décades un lancement sans précédent, notamment par le nombre de nouvelles substances et formulations innovantes qui apparaissent incessamment, ainsi que par la pression croissante imposée par leur réglementation. Elle endosse actuellement le concept de science ayant des fonds précis d'ordre biologique et physicochimique qui s'impose absolument (**Elkassouani, 2013**).

Dans cette étude, on vise à insérer le mucilage des cladodes de l'*Opuntia* inermis de la Wilaya de Tissemsilt comme substance active lors de la formulation d'un shampooing.

Le contenu de ce mémoire est partagé en deux parties ; bibliographique et expérimentale. La bibliographie est divisée en deux chapitres dont le premier est destiné à décrire le Fiquier de Barbarie, la cladode et le mucilage, alors que le second est l'état de l'art concernant les cheveux et les shampooings. L'expérimentation résume quant à elle, l'ensemble des tests et analyses réalisés, ainsi que les principaux résultats obtenus et discutés. Ce travail se fini par une conclusion générale et suggère des propositions à réaliser en perspective.

*Etude
bibliographique*

Chapitre I

*Le figuier de barbarie, le
cladode et le mucilage*

I. Le figuier de barbarie, le cladode et le mucilage

I.1. *L'Opuntia ficus indica*

L'appellation scientifique *Opuntia* vient du latin « *Opuntius* », d'*Oponte* ; nom de la ville grecque, alors que le nom commun cactus vient du mot grec « *kaktos* » qui signifie la plante épineuse (Schweizer, 1999 ; Defelice, 2004).

Le figuier de barbarie est une plante originaire du Mexique qui s'est arrivé en Europe vers 1552 par les Espagnols. Au début du seizième siècle, le Figuier de barbarie s'étend sur le bassin méditerranéen suite au retour des arabes à leur pays dans le nord-africain en implantant des raquettes autour de leurs villages (Le Houérou, 2000).

Le Figuier de Barbarie a évolué et s'est adapté presque à toutes sortes de biotopes, allant des zones désertiques sous le niveau de la mer aux zones de haute altitude telles que les Andes péruviennes et des régions tropicales du Mexique, où les températures sont toujours supérieures à 5 °C, aux régions glaciales du Canada qui peuvent tomber à - 40 °C en hiver (Nobel, 1999).

En Algérie, à l'exception des montagnes et des zones sahariennes, la culture algérienne du cactus est largement représentée dans le paysage rural en plantation plus au moins régulières, autour des villages, en haies limitant les parcelles de culture ou de vergers (Arba et al., 2000). Du centre à l'ouest, on le trouve sur les wilayas de Boumerdès, Blida, Tipaza, Tissemsilt, Chlef, Relizane, Mostaganem, Ain-Témouchent, Oran, Mascara, Sidi-bel Abbès et Tlemcen (Benattia, 2017).

I.1.1. Aspects Botanique

L'Opuntia ficus-indica appartient à la famille des Cactacées (Osuna-Martínez et al., 2014). Sa classification botanique est la suivante (Neffar, 2012) :

Règne : <i>Plantae</i>	Famille : <i>Cactaceae</i>
Sous règne : <i>Trachéobionta</i>	Sous famille : <i>Opuntioideae</i>
Embranchement : <i>Phanérogames</i>	Tribu : <i>opuntieae</i>
Sous embranchement : <i>Magnoliophyta</i>	Genre : <i>Opuntia</i>
Classe : <i>Magnoliopsida</i>	Sous genre : <i>Platyopuntia</i>
Sous classe : <i>Caryophyllidae</i>	Espèce : <i>Opuntia ficus-indica</i>
Ordre : <i>Caryophyllales</i>	Sous espèce : <i>Opuntia spp</i>

I.1.2. Description de la plante

Le figuier de barbarie est une plante arborescente robuste de 3 à 5 m de hauteur, possédant un tronc épais et ligneux et une organisation en articles aplatis, de forme elliptique ou ovoïdale de couleur vert-mat, ayant une longueur de 30 à 50 cm, une largeur de 15 à 30 cm et une épaisseur de 1.5 à 3 cm appelés cladodes ou raquettes (**Tableau 1**). Ces cladodes assurent la fonction chlorophyllienne et sont recouvertes d'une cuticule cireuse (la cutine) qui limite la transpiration et les protège contre les prédateurs (**Nobel, 2002; Schweizer, 1997**).

Tableau 1. Les parties végétatives d'*Opuntia ficus indica* (**Habibi, 2004**)

Partie	Photo
Taille	
Cladodes	
Fleurs	
Fruits	

Les feuilles sont de forme conique et ont quelques millimètres de long, éphémères, apparaissant à la base des cladodes jeunes. Les épines longues de 1 à 2 cm sont blanchâtres, sclérifiées et solidement implantées. A leur absence, on parle de raquettes inermes. Les fines épines brunâtres de quelques millimètres facilement décrochantes sont appelées glochides (**Angulo-Bederjarano et al., 2014**).

L'*Opuntia* porte des fleurs et des fruits en abondance. Les fleurs sont hermaphrodites de couleur jaune à rouge avec toutes les nuances intermédiaires et deviennent rougeâtres à l'approche de la sénescence de la plante. Les fruits composés d'écorce, de jus pulpeux et de graines sont ovoïdes, rondes, elliptiques ou allongées, et ont une couleur variable (vert, jaune, rouge, violet...) (**Schweizer, 1999 ; Feugang et al., 2006**).

I.1.3. Utilisation du figuier de barbarie

Les utilisations multiples du figuier de Barbarie sont très utiles pour les régions arides :

Tableau 2. Domaines d'applications du figuier de barbarie (**Ben idir et Babour, 2016**)

Domaine	Applications
Alimentation animale	Fruits, raquettes (à usage de fourrage)
Alimentation humaine	Produits dérivés des huiles ou macérats, les fruits sont gorgés de vitamine C, colorants alimentaires naturels.
Environnement	Lutte contre l'érosion, conquête des sols
Usage industriel	Colorants naturels extraits des fruits, production d'un colorant rouge par l'élevage d'une cochenille, production de mucilages (notamment pour les adhésifs)
Usage thérapeutique et cosmétique	un puissant anti-diarrhéique et un constipant, crème de jour, après-soleil, antirides, anti-vergetures, anti-âge
Utilisation agricole	Formation de haies défensives, sert de barrière coupe feux.

I.1.4. Composition chimique des cladodes du figuier de Barbarie

Les cladodes d'*Opuntia ficus indica* contiennent des valeurs élevées d'éléments nutritifs importants. Ils sont riches en minéraux, en acides aminés, en vitamines et en stérols (Aragona et al., 2018). Les cladodes sont aussi une source de composés phénoliques, de fibres et d'acides gras polyinsaturés (Filannino et al., 2016).

Les teneurs en eau des raquettes fraîches varient de 80 à 90%. Les raquettes sont réputées être riches essentiellement en calcium, en oxalates et en mucilage. Les teneurs des principaux composants des cladodes de l'*Opuntia ficus indica* sont mentionnés dans le tableau 3.

Tableau 3. Teneurs des principaux composants des cladodes du figuier de barbarie (Stintzing et al., 2001).

Composants	Taux	
	(g/100 g Matière sèche)	(g/100g Poids frais)
Eau	-	88-95
Glucides	64-71	3-7
Cendres	19-23	1-2
Fibres	18	1-2
Protéines	4-10	0,5-1
Lipides	1-4	0,2

I.2. Le mucilage

Ce polysaccharide contenant une structure moléculaire de 30 000 monosaccharides, fait partie des fibres alimentaires et a la capacité d'absorber de grandes quantités d'eau, comme il se dissout et se disperse pour former des colloïdes visqueux ou gélatineux (Mcgarvie et Parolis, 1981; Saenz et al., 2000).

Le genre *Opuntia* se caractérise par la production d'un hydrocolloïde communément appelé le mucilage qui aide à retenir l'eau dans des conditions climatiques défavorables vu sa capacité de liaison avec l'eau (Cárdenas et al., 1997 ; Sepulveda et al., 2007).

La biosynthèse de mucilage a lieu dans des cellules spécialisées et elle se fait probablement dans l'appareil de Golgi (Cárdenas et al., 1997 ; Sepulveda et al., 2007).

I.2.1. La nature biochimique de mucilage

La fraction majoritaire du mucilage du figuier de Barbarie est constituée d'un polysaccharide neutre de 55 résidus de sucre (Saenz et al., 2004). Ce polymère complexe glucidique à structure très ramifiée, contient des proportions variables de L-arabinose, D-galactose, L-rhamnose et D-xylose, ainsi que l'acide D-galacturonique en différentes proportions (Figure 1). Il est retrouvé dans des proportions de 17.6 à 24.7 %, selon qu'il provient à partir de fruits ou de cladodes (Saenz et al., 2000).

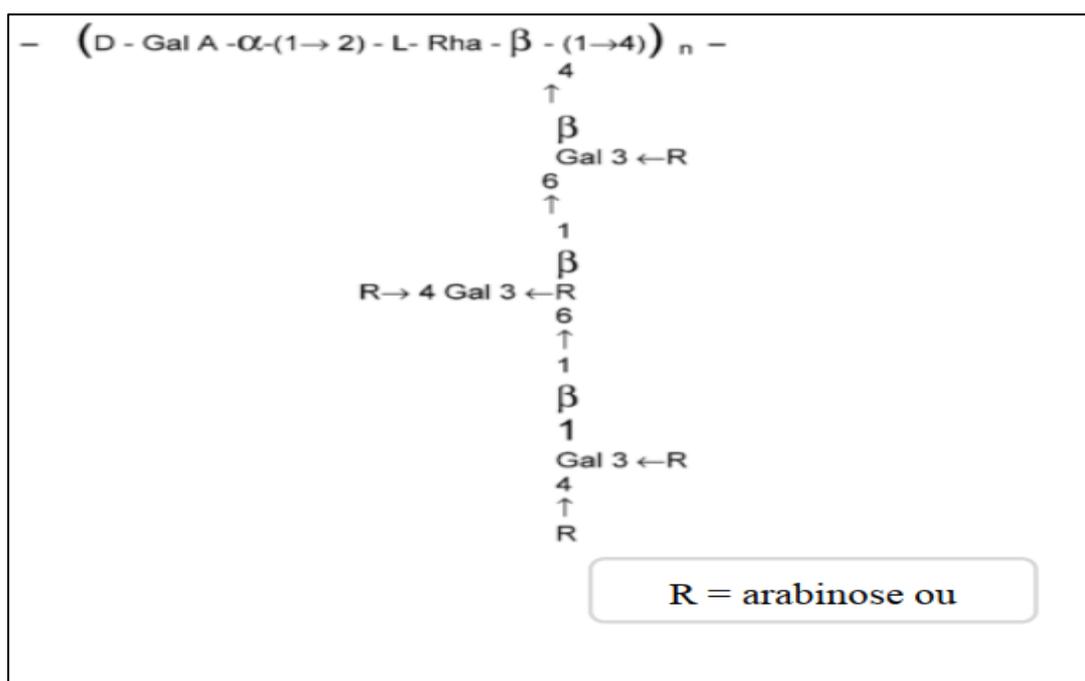


Figure 1. Structure partielle du mucilage d'*Opuntia ficus-indica* (Saenz et al., 2004).

I.2.2. Applications de mucilage

I.2.2.1. En cosmétologie

Le mucilage des cladodes est utilisé dans la fabrication des shampoings, des assouplissants des cheveux, des crèmes dermiques et des laits hydratants. Il est également utilisé depuis longtemps par les femmes rurales au Maroc pour assouplir leurs cheveux (Deore et Skhadabadi, 2008).

I.2.2.2. En thérapeutique

Les propriétés thérapeutiques des mucilages sont reliées à leur pouvoir hydratant, leurs capacité de gonflement en présence d'eau et de donner des solutions visqueuses et des gels (Rabie et Berkani, 2015).

On les utilise pour camé les douleurs et les inflammations en douches vaginales, uréthrales...etc. Autrement, ils sont très fréquemment employés sous forme de cataplasmes dans un but de produire une accumulation de chaleur et d'humidité sur les inflammations d'origine infectieuse ou d'origine rhumatismale **(Rabie et Berkani, 2015)**.

Une action laxative des mucilages est attribuée aux propriétés de retenir et se gonfler en présence l'eau et de créer ainsi un gonflement qui augmente le volume du bol intestinal et exerce une pression sur la paroi intestinale, ceci excite les mouvements péristaltiques et facilite l'élimination des selles **(Rabie et Berkani, 2015)**.

I.2.2.3. En technologie

Les mucilages peuvent être des agents épaississants, liants, désintégrant, de suspension, émulsifiants, stabilisants et gélifiants **(Deore et Skhadabadi, 2008)**. Les solutions mucilagineuse ont également la propriété de diminuer dans une assez forte mesure la sensation du goût acide **(Rabie et Berkani, 2015)**.

Chapitre II

*Les cheveux et le
shampooing*

II. Les cheveux et le shampooing

II.1. Les cheveux et le cuir chevelu

II.1.1. Le cuir chevelu

Le cuir chevelu correspond à une région particulière de la peau qui se distingue par sa richesse en follicules pileux donnant naissance aux cheveux. Ce support capillaire d'une surface de 600 à 800 cm² et d'une épaisseur moyenne de 6 mm, possède une structure générale analogue à celle de la peau. Il est aussi soumis au phénomène de desquamation ou d'élimination des couches superficielles de l'épiderme sous forme de petites lamelles ou de squames du cuir chevelu (**Bouhanna et Reygagne, 1999 ; Canal et al., 2013**).

Le cuir chevelu a en fait plusieurs rôles : une barrière de protection physique, immunitaire, isolation thermique... (**Irene, 2014 ; Malki et Zemmour, 2015**).

II.1.1.1. Les différentes couches du cuir chevelu

Il n'y a pas de différences majeures entre la structure de la peau et celle du cuir chevelu. Ainsi comme la peau, le cuir chevelu est constitué de l'épiderme, du derme et de l'hypoderme (Figure 2) (**Marieb, 2010**).

II.1.1.1.1. L'épiderme

C'est est la couche externe de la peau ; elle ne possède aucun vaisseau sanguin, et se renouvelle tous les 21 jours. Il se divise lui-même en différentes épaisseurs, dont la plus superficielle est la couche cornée. Cette épaisseur protectrice composée de cellules mortes, est renforcée par un film invisible fait de sueur et de sébum qui rend la peau imperméable à l'eau.

II.1.1.1.2. Le derme

Le derme est une structure de soutien d'une épaisseur de 1 à 5 mm. Il est composé principalement de collagène, de fibres élastiques et de fibroblastes. Il est parcouru par des vaisseaux sanguins et lymphatiques qui assurent les échanges métaboliques par diffusion dans le liquide interstitiel.

II.1.1.1.3. L'hypoderme

L'hypoderme est à la fois la couche la plus épaisse et la plus profonde de la peau. Il est situé sous le derme. C'est le tissu sous-cutané constitué de tissu conjonctif lâche et élastique et de lobules adipeux (**Marieb, 2010**).

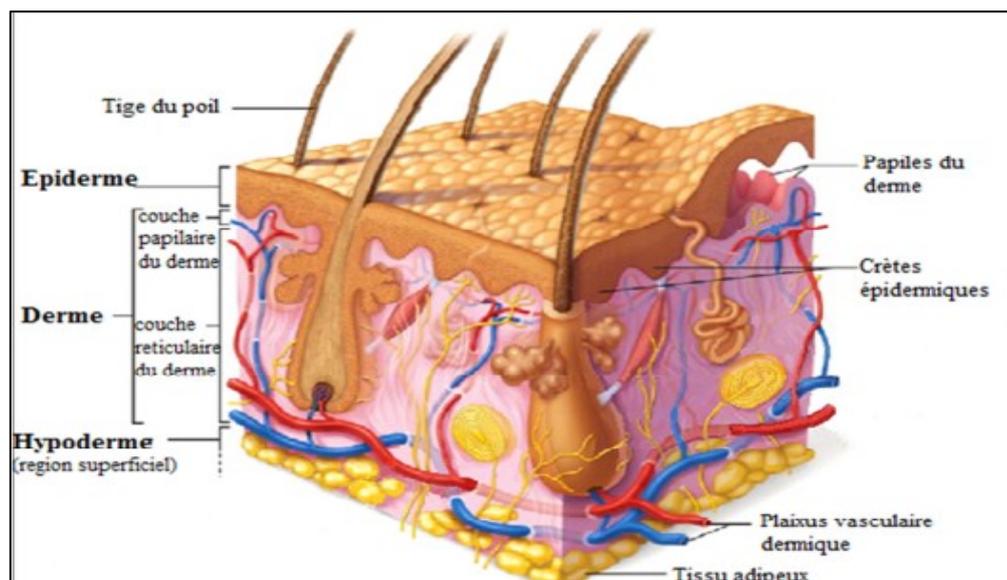


Figure 2. Les différentes couches du cuir chevelu (Malki et Zemmour 2015).

II.1.2. Anatomie et physiologie du cheveu

Le terme cheveux vient du latin « *capillus* » ayant le même sens. C'est un système complexe et intégré au cuir chevelu, composée de plusieurs éléments morphologiques qui agissent comme une unité, et doté d'un comportement chimique et physique particulier (Bouhanna, 1994 ; Canal 2013).

Le nombre total de cheveux est compris entre 100 000 à 150 000 et varie en fonction de la couleur ; ainsi ; les bruns possèdent moins de cheveux, en moyenne, que les blonds qui ont cependant des cheveux de plus petit diamètre (Bounjoua, 2014).

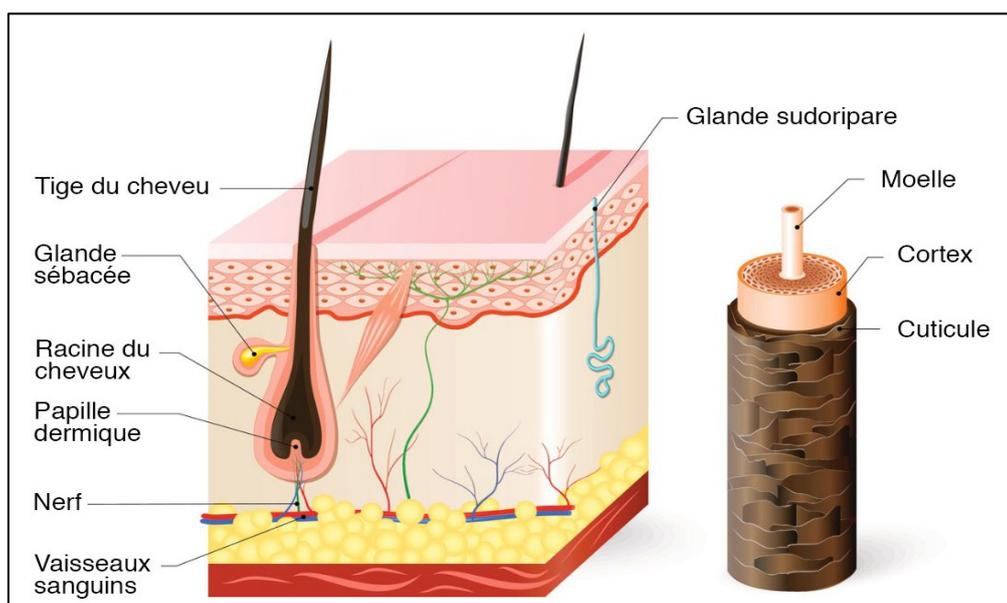


Figure 3. Anatomie du cheveu (Bédard, 2019)

La tige du poil des mammifères est divisée en trois régions principales :

II.1.2.1. La cuticule

C'est la couche externe la plus superficielle de la tige pileaire (**Franbourg et al., 2003**). Elle est constituée de 6 à 10 couches de kératinocytes, aplatis et empilées les unes sur les autres, en forme d'écailles. Ce sont des cellules dégénérées qui ne possèdent pas de noyau apparent et ne contiennent plus d'acide nucléique (**Bouhanna, 2021 ; Laudereau, 1995**).

Elles sont fortement adhérentes entre elles et à la tige. Ces couches sont elles-mêmes composées de trois parties (**Bouhanna, 2021 ; Laudereau, 1995**) :

- l'endocuticule à l'intérieur, très résistante ;
- l'exocuticule, fragile ;
- l'épicuticule, fine membrane qui entoure les écailles. Elle est semi-perméable et laisse donc passer les molécules de bas poids moléculaire.

La cuticule est cependant très fine et transparente de telle sorte qu'elle laisse apparaître le pigment de teinte de la corticale. Elle protège le cheveu et lui donne sa brillance et sa douceur. La kératine de cette couche est dure et riche en soufre (**Bouhanna, 2021 ; Laudereau, 1995**).

II.1.2.2. Le cortex

Le cortex représente la partie la plus importante du poil (environ 90 %). Elle se remplit de filaments de kératine après différenciation totale des kératinocytes. Par opposition à la kératine souple de la peau, la kératine du cheveu est une fibre dure. Sa structure est celle d'un hétérodimère composé de fibres protéiques de type 2, basophiles, et de type 1, acidophiles, particulièrement riches en dimères de cystine (**Langbein, 2001 ; Wolfram, 2003**). La rupture et la reconstitution des ponts disulfures de kératine forment les bases mêmes de la permanence des cheveux.

Le cortex détermine la fermeté et l'élasticité du cheveu et contient des mélanosomes responsables de la couleur du cheveu. Les grains ovalaires d'eumélanine et les grains lamellaires de phéomélanine constituent le large spectre de couleur de cheveux allant du brun foncé au blond (**Bouhanna, 2021**).

II.1.2.3. La médulla

La couche interne également appelée moelle, forme le cœur de la tige pileaire. Ses cellules subissent une kératinisation modérée contenant beaucoup moins de ponts soufrés,

c'est pourquoi on parle de kératine « molle » par opposition à celle du cortex et de la cuticule. Elle contient des vacuoles qui sont peu à peu remplacées par des espaces remplis d'air. On y observe aussi la présence de mélanosomes (**Bounjoua, 2014**).

II.1.3. Cycle capillaire

Contrairement au renouvellement continu des cellules épidermiques, la croissance des follicules pileux a lieu cycliquement. Pendant la première année de la vie, tous les cheveux poussent au même rythme et selon le même schéma. Mais après cette première Année, chaque cheveu suit un cycle de croissance qui lui est propre (**Bernard, 2006**). Il est possible de préciser le stade du cycle grâce à un examen microscopique du bulbe pileux, arraché en même temps que la tige (**Bounjoua, 2014**).

La durée des différentes phases du cycle pileux dépend principalement du type et de la localisation du follicule pileux. Normalement, 85% des cheveux sont en phase anagène et environ 15% sont en phase télogène (**Bernard, 2006**).

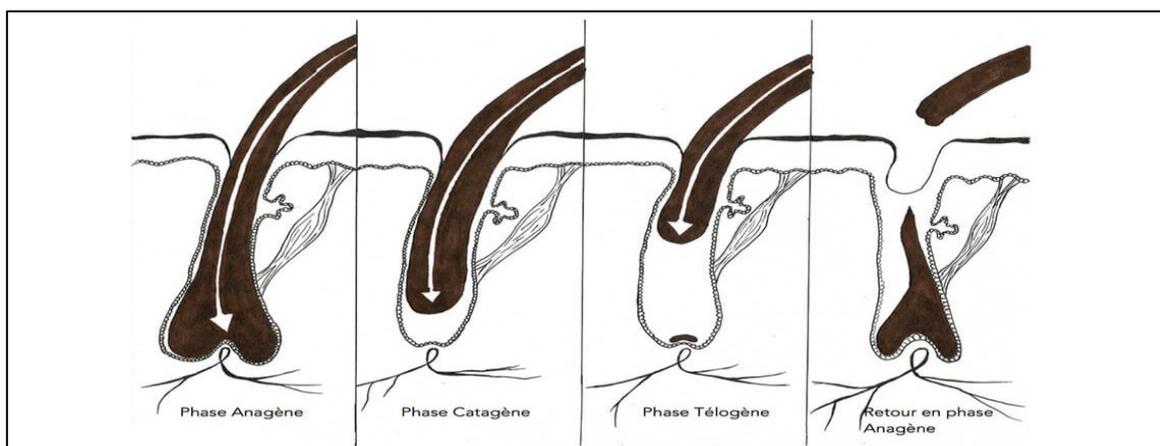


Figure 4. Les différentes phases du cycle capillaire (**Lavocat, 2022**)

II.1.3.1. La phase anagène ou phase de croissance du cheveu

La croissance de nos cheveux est en moyenne de 0.4 mm par jour, c'est 1.2 cm par mois et 15 cm par année. Elle dure 4 à 6 ans chez la femme et 2 à 4 ans chez l'homme (**Bouhanna et Reygagne, 1999**).

II.1.3.2. La phase catagène ou phase d'involution

Elle correspond à un arrêt de la croissance et à un début d'involution du bulbe pileux. Représente 25 à 60 cheveux/jour. Cette phase catagène dure trois semaines (**Bouhanna et Reygagne, 1999**).

II.1.3.3. La phase télogène ou phase d'élimination

Elle correspond à la phase de chute du cheveu. Le bulbe est à la surface du cuir chevelu, le cheveu tombe progressivement en 2 à 4 mois, poussé par le cheveu suivant en formation (**Bouhanna et Reygagne, 1999**).

II.1.4. Rôles des cheveux

Le cheveu a une double fonction ; esthétique et protectrice du crâne et du cerveau contre des agressions climatiques (vent, soleil, pluie, froid, etc.) ou des traumatismes extérieures. Il évite aussi la déperdition de chaleur au niveau du crâne (**Bouhanna, 1994 ; Canal, 2013**).

D'autres pistes s'orientent également vers une possible participation à la diffusion d'hormones, mais également à la participation à la détoxification de l'organisme. En effet, les cheveux ont tendance à accumuler certains xénobiotiques entrés dans le corps via l'alimentation ou encore la respiration (mercure, plomb, arsenic, drogues...) (**Goullé et Kintz, 1997**).

Cette caractéristique est d'ailleurs utilisée en médecine pour identifier une intoxication à certains éléments ou encore lors d'enquêtes de police ou de contrôles anti-dopage. C'est la mémoire toxicologique du cheveu qui permet de mesurer une exposition sur une longue durée, contrairement aux mesures classiques dans le sang et les urines (**Goullé et Kintz, 1997**).

II.2. Les shampooings

II.2.1. Définition de shampooing

Le nom shampooing vient du mot hindousani « shampoo » qui signifie « masser, pétrir ». Le shampooing a pour fonction première d'assurer l'hygiène de la chevelure et du cuir chevelu en les débarrassant du sébum et des résidus divers. Mais l'attente va bien au-delà. Dans l'esprit de l'utilisateur, le shampooing ne doit pas seulement donner des cheveux propres, il doit « métamorphoser », redonner vie à la chevelure en ayant des cheveux brillants, doux au toucher, légers, souples, faciles à coiffer, avec du volume, du ressort... bref, toute une diversité d'exigences qui fluctuent et incitent à alterner, essayer, changer, chercher d'autres performances. Des exigences souvent contradictoires et difficiles à concilier qui font de la formulation d'un shampooing de qualité une tâche délicate et complexe, et qui appellent un large éventail de propositions et de sophistication (**Rees, 2003**).

II.2.2 La Composition

Généralement un shampooing est un mélange complexe constitué d'une base lavante et d'additifs cosmétiques et éventuellement d'agents actifs spécifiques (**Bounjoua, 2014**).

II.2.2.1. Les détergents

D'après **Bouillon (2000)**, les détergents également appelés tensioactifs (TA) ou agents de surface sont l'élément essentiel de la composition des shampooings. Leur pouvoir lavant consiste à affaiblir les forces d'adhésion physicochimique qui lient cette salissure grasse au cheveu, puis à la transférer et la disperser dans le milieu aqueux tout en évitant sa redéposition sur la fibre. Il entre dans tout ce processus un ensemble de mécanismes complexes :

- Mouillantes : augmentent l'interface liquide/solide.
- Moussantes : stabilisent la formation d'une mousse.
- Emulsionnantes : stabilisent la formation d'une émulsion.
- Détergentes : éliminent les salissures.

Selon leurs structures chimiques, les TA sont répartis en quatre grandes classes chimiques :

II.2.2.1.1. Les tensioactifs anioniques

Le premier détergent utilisé a été le savon, sels d'acides gras obtenus par saponification des triglycérides, des huiles ou graisses végétales ou animales (huile de coco-coprah, palme, olive...). Quoique, les savons ne sont plus utilisés comme détergents dans les shampooings puisqu'ils libèrent une base minérale qui augmente l'alcalinité de la solution et la rend néfaste pour la peau et le cheveu. En plus, si l'eau est dure, ils forment des sels de calcium insolubles qui s'incrustent dans les cheveux pour les rendre ternes, rêches, difficiles à démêler et à mettre en forme (**Bouillon, 2000**).

On s'adresse aujourd'hui à des TA de synthèse à partie hydrophile chargée négativement, dont la polarité a permis de supprimer les défauts inhérents aux savons. Ces agents lavants anioniques possèdent en général de remarquables propriétés détergentes, mouillantes, moussantes et rarement émulsifiantes (**Martini et Seiller, 2006 ; Martini, 2011**). Parmi ce groupe, on distingue :

Les dérivés sulfatés composés d'une partie hydrophile (dérivé sulfaté O-SO₃) et d'une partie lipophile (chaîne alkyle plus ou moins longue) (**Figure 5**). Les premiers TA anioniques utilisés sont les Laury sulfates de sodium « SLS », d'ammonium ou de tri éthanolamine (TEA). Ils ont pour caractéristiques d'être très mouillants, détergents, moussants mais trop décapants et irritants pour les cheveux et le cuir chevelu, ils tendent actuellement à être abandonnés et remplacés (**Martini, 2011**).

C'est alors que sont apparus les alkyl éther sulfates ou les dérivés sulfonés (R-SO₃H), les tensioactifs les plus représentés dans les formulations de shampooings courants. Ils sont composés d'un radical sulfoné salifié comme partie hydrophile et d'une chaîne grasse plus ou moins longue, linéaire ou ramifiée, saturée ou insaturée comme partie lipophile (**Martini, 2011**).

On trouve les acylsulfoacétates qui sont des détergents doux que l'on rencontre dans les formulations de shampooings à usage fréquent. On a également les alkylsufosuccinates qui sont considérés comme les tensioactifs les mieux tolérés utilisés de ce fait dans la formulation de shampooings pour bébés (ex : disodium laureth sulfosuccinate) (**Martini et Seiller, 2006 ; Martini, 2011**).

Les TA anioniques sont soumis systématiquement par le fabricant des matières premières et par les fabricants de produits finis aux divers tests de tolérance : test de cytotoxicité sur culture cellulaire et test de sensibilisation sur l'homme (**Martini et Seiller, 2006**).

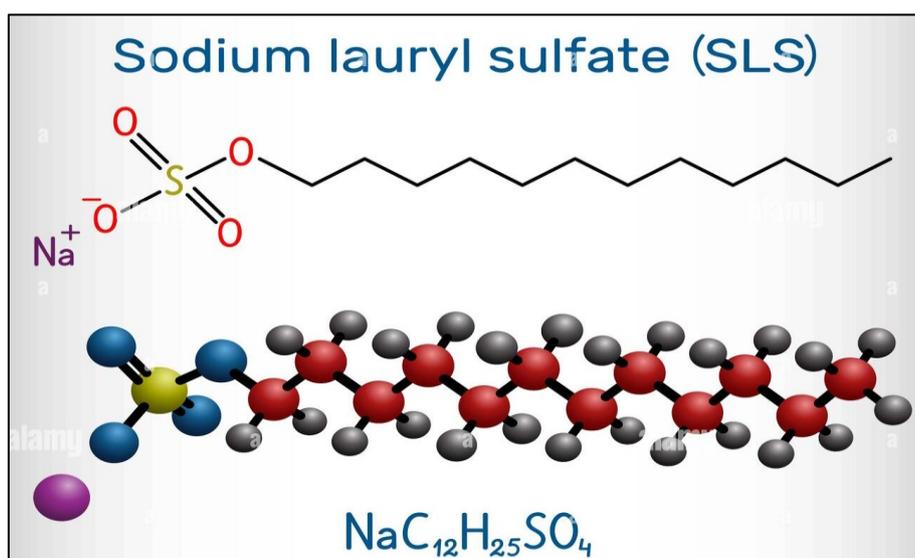


Figure 5. Molécule de TA anionique (sodium lauryl sulfate) « SLS » (**Liliya, 2019**)

II.2.2.1.2. Les tensioactifs cationiques

La partie hydrophile est ici chargée positivement. A la différence des tensioactifs anioniques, les cationiques sont peu détergents, pas moussants mais ils sont mouillant. Cette dernière caractéristique leur donne deux propriétés : la capacité de détruire les microorganismes lorsque la chaîne grasse est courte et la possibilité de s'étaler à la surface de la kératine lorsque la chaîne grasse est longue. **(Bouillon, 2000 ; Martini et Seiller, 2006).**

La présence de la charge positive leur confère une grande affinité pour la fibre capillaire ce qui leur vaut la qualité de « conditionneurs ». Ils neutralisent les charges négatives de la kératine ce qui permet le lissage des écailles de la cuticule, facilitant ainsi le démêlage des cheveux. Cependant, cette affinité pour la kératine présente aussi l'inconvénient de ne pas éliminer suffisamment les salissures **(Bouillon, 2000 ; Martini et Seiller, 2006).**

De ce fait, les TA cationiques sont rarement retrouvés dans la formulation de shampooing pour leur rôle de détergent mais plutôt pour leurs rôles de conservateur ou de conditionneur, surtout dans les shampooings pour les cheveux abîmés **(Bouillon, 2000 ; Martini et Seiller, 2006).**

Cette classe contient les dérivés d'ammonium quaternaire et Aminoxydes. Ils fournissent une mousse fine et stable et peuvent être aussi utilisés comme stabilisateurs dans les shampooings, en plus de l'avantage d'être totalement biodégradables **(Bouillon, 2000 ; Martini et Seiller, 2006).**

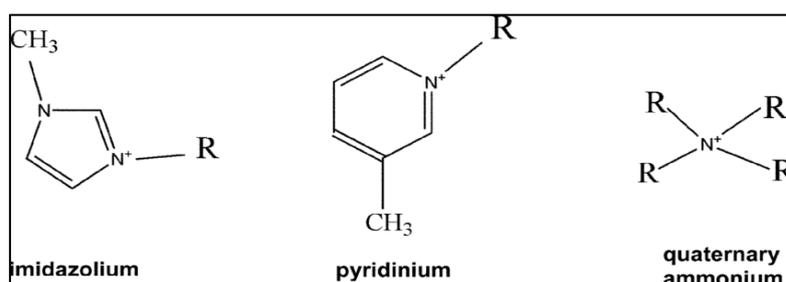


Figure 6. Structure chimique d'imidazolium, de pyridinium et d'ammonium quaternaire **(Docherty et Hebbeler, 2006).**

II.2.2.1.3. Les tensioactifs amphotères

Ces TA possèdent à la fois un pôle cationique et anionique sur la même chaîne. A bas pH, ils se comportent comme des cationiques, et à pH plus élevé comme des anioniques. Ils ont donc les propriétés des anioniques et cationiques simultanément ;

mouillants, moussants, détergents grâce à leur part anionique (dérivé carboxyle) et bactériostatiques, conditionneurs grâce à leur part cationique (azote quaternaire). Ils ont l'avantage d'être plus doux et mieux tolérés que les précédents et on les retrouve généralement associés aux TA anioniques (**Bouillon, 2000**).

Les dérivés bétaïniques sont les plus utilisés car ce sont de bons agents moussants et ils ont un pouvoir détergent modéré (**Wenniger et Canterbury, 2000 ; Eric et Abrutyn, 2011**).

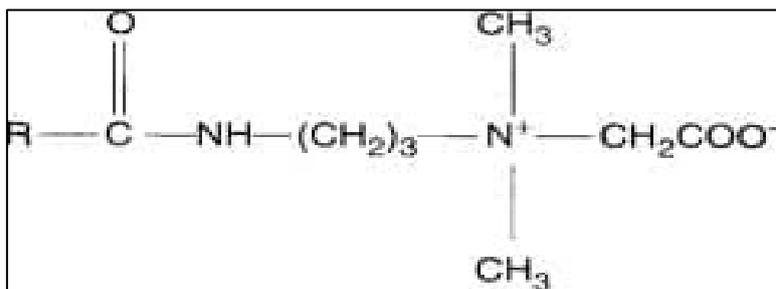


Figure 7. Molécule de TA amphotère (Cocamidopropyl betaine) (**Clendennen et Boaz, 2019**)

II.2.2.1.4. Les tensioactifs non ioniques

N'ayant pas de charge électrique, les TA non ioniques sont compatibles avec tous les TA. Ils ont les avantages de posséder une excellente tolérance cutanée, de résister aux variations de pH, d'être de bons dispersants, émulsionnants et mouillants. Ils sont généralement considérés comme étant les plus doux (**Martini, 2011**).

Cependant, ils ont un inconvénient majeur représenté par le fait qu'ils ne moussent pas et détruisent même la mousse formée par les TA anioniques. C'est pourquoi ils sont peu utilisés dans la formulation de shampooings, à l'exception des esters de glucose (dérivés du méthyl glucoside) qui moussent suffisamment et apportent au shampooing de la douceur et une bonne tolérance (**Martini, 2011**).

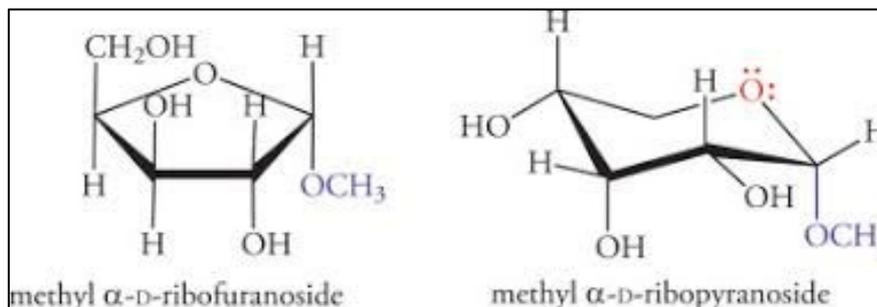


Figure 8. Molécule de TA non anionique (méthyl glucoside) (**Ouellette et Rawn, 2018**)

II.2.2.2. Les agents lavants naturels

Ce panorama des principaux agents de surface à fonction lavant ne saurait être complet sans mentionner les détergents naturels : la saponine, que l'on trouve dans diverses espèces végétales (bois de Panama, saponaire, salsepareille, lierre, agave...). Leur partie hydrophile est un sucre, ce qui les apparente à des non-ioniques, mais leur partie lipophile stéroïdique, ou triterpénique, porte souvent un groupe acide ou basique (**Bouillon, 2000**).

Ces saponines ont des propriétés émulsionnantes et moussantes, mais ce sont des médiocres agents lavants. Il faut donc faire appel à des concentrations relativement élevées pour réaliser un shampooing acceptable sur le plan de la détergence. A de telles concentrations, la plupart des saponines ne sont pas dénuées d'agressivité et les qualités cosmétiques sur les cheveux sont franchement négatives, de sorte que les formules de shampooings aux détergents naturels contiennent en général des tensioactifs de synthèse pour assurer un lavage et des propriétés cosmétiques convenables (**Bouillon, 2000**).

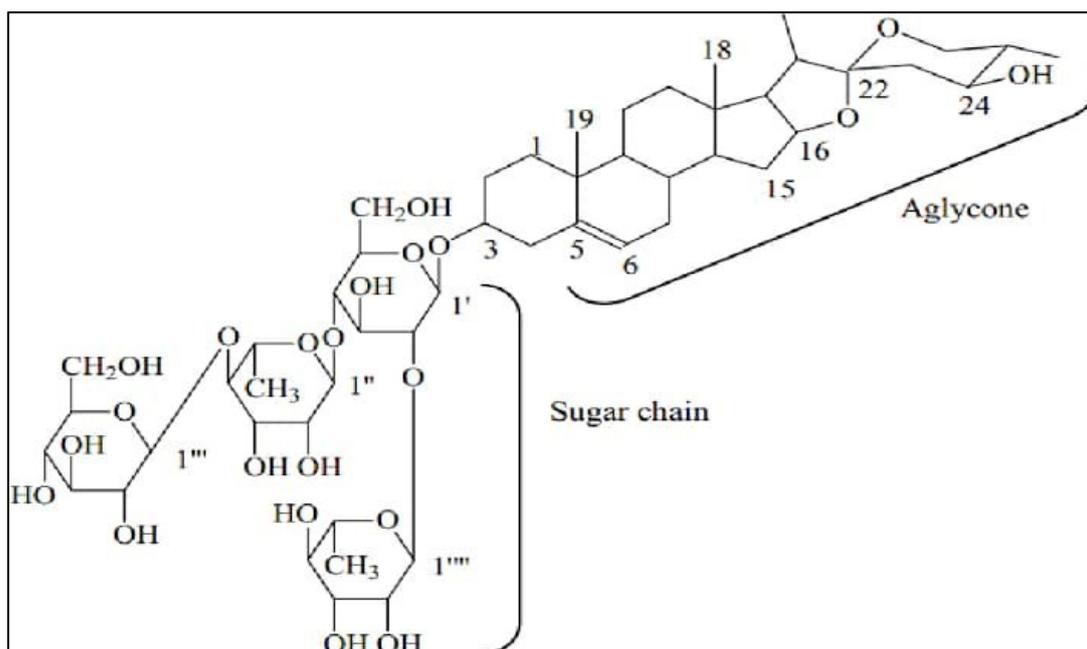


Figure 9. Structure de saponine (**Kamerling et Gerwig, 2007**)

II.2.2.3. Les viscosants ou épaississants

Selon **Bouillon (2000)**, ces agents permettent d'augmenter la viscosité et d'éviter ainsi que le shampooing ne soit trop liquide, et d'assurer également son adhérence sur les cheveux. Les viscosants les plus courants sont :

- Les sels : tels le chlorure de sodium ou le chlorure d'ammonium.

- Les gommés naturelles : adragante, karaya.
- Les polymères de synthèse : alcools polyvinyliques, polymères carboxyliques comme le carbopol.
- Les hydrocolloïdes dérivés de la cellulose.

II.2.2.4. Les adoucissants

Ils ont pour fonction d'apporter aux cheveux de la douceur, de la brillance, de diminuer l'électricité statique et de favoriser le démêlage. Ils sont particulièrement importants dans la formulation des shampooings pour cheveux secs, fragiles ou altérés. Ils compensent la dilapidation, aident à corriger les altérations de la surface du cheveu et à renforcer l'adhésion des écailles le long de la fibre **(Bouillon, 2000)**.

II.2.2.5. Les stabilisateurs et adoucisseurs de mousse

La mousse est une caractéristique importante dans l'appréciation d'un shampooing par les utilisateurs. Le pouvoir moussant est psychologiquement associé à l'efficacité lavante. La mousse est aussi un point de repère dans le processus shampooing, elle permet de savoir à quel moment la fonction de lavage a été remplie (signal de propreté), elle permet de doser le shampooing et d'ajuster la quantité au besoin **(Bouillon, 2000)**.

Les qualités moussantes font intervenir la vitesse de production de la mousse, son volume, sa douceur, sa consistance, sa stabilité et son élimination au rinçage. Ces propriétés sont apportées essentiellement par l'adjonction d'alcanolamides d'acides gras, qui donnent un toucher crémeux, une mousse plus douce et plus stable **(Bouillon, 2000)**.

II.2.2.6. Les conservateurs et séquestrant

Les conservateurs antimicrobiens doivent assurer la stabilité biologique et empêcher toute prolifération de germes qui pourraient contaminer le produit et le dégrader. Leur sélection doit être soigneusement étudiée pour éviter que leur activité ne soit inhibée par les tensioactifs de la composition et qu'ils ne puissent altérer l'aspect du produit (couleur, parfum...) **(Bouillon, 2000)**.

Les principaux conservateurs utilisés sont **(ANSM, 2017)** :

- Les esters de l'acide parahydroxybenzoïque (parabènes).
- Les donneurs de formol.
- Le phénoxyéthanol

II.2.2.7. Les colorants

Les solutions de détergents sont naturellement colorées en jaune plus ou moins pâle, ce qui n'est pas très attractif. L'industriel choisit alors de colorer les shampooings avec des colorants hydrosolubles de type azoïque ou triphénylméthane. Ils représentent un pourcentage très faible de la composition finale mais peuvent tout de même être responsables de réactions allergiques (**Bouillon, 2000**).

II.2.2.8. Les parfums

Les parfums varient selon les attentes du consommateur. Malgré leur présence en infime quantité, et le rinçage, ils peuvent générer des réactions de sensibilisation, d'où le recours à des compositions parfumées hypoallergéniques (**Bouillon, 2000 ; Martini, 2011**).

II.2.3. Les différentes catégories de shampooing

Les shampooings peuvent se présenter sous forme de liquide transparent ou opaque, crème liquide, gel, mousse ou poudre (shampooings secs). Nous distinguons ici les principales catégories de shampooings en fonction des objectifs visés (**Bounjoua, 2014**) :

II.2.3.1. Shampooings classiques

Shampooings les plus courants, simples, généralistes, familiaux et économiques, permettant de bien mousser et de bien nettoyer la chevelure, sans excès de détergence, en assurant des qualités correctes de démêlage et de brillance avec un bon rapport qualité/prix. Ils trouvent souvent une originalité autour d'un ingrédient naturel, végétal ou biologique (**Bouillon, 2012**).

II.2.3.2. Shampooings doux pour usage fréquent

L'évolution des habitudes d'hygiène, l'augmentation de la pratique sportive et de l'utilisation de divers produits de coiffage se sont traduites par une augmentation de la fréquence des shampooings. Lorsque les cheveux sont lavés fréquemment (plus de trois fois par semaine), il est important d'éviter que le shampooing soit trop détergent. C'est pourquoi leur formule de base repose sur l'association de tensioactifs anioniques ou amphotères sélectionnés pour leur douceur et leur excellente tolérance pour le cuir chevelu (**Bouillon, 2000 ; Martini, 2011**).

Dans l'idéal, ils devraient être uniquement à base de tensioactifs amphotères de type imidazolinique ou bétainiques. Le challenge de ce type de shampooings est de bien nettoyer les cheveux sans trop les abîmer et de les adoucir mais sans trop les alourdir.

Les shampooings pour bébés représentent la tendance extrême de cette catégorie de shampooings. L'exigence primordiale d'un shampooing pour bébés est la tolérance parfaite, pour un cuir chevelu fragile et pour la muqueuse oculaire. Un mélange à trois composants anionique-amphotère-non ionique très doux est utilisé comme base lavante pour son excellence tolérance cutanée. De plus, pour éviter les picotements au contact de l'œil, un pH proche de celui des yeux est choisi (**Martini, 2011**).

II.2.3.3. Shampooings cosmétiques ou de soin

Outre leurs propriétés lavantes et moussantes, ces shampooings sont conçus pour apporter des propriétés cosmétiques particulières et pour corriger les inconvénients inhérents à certaines natures de cheveux :

- Cheveux secs : ils ont pour mission d'apporter du démêlage, de la douceur et de la brillance.
- Cheveux gras : ils visent à apporter du volume, de la légèreté et à retarder les effets d'alourdissement liés au regrainage.
- Cheveux fins : ils sont construits pour donner du corps, du ressort, du volume et du maintien.
- Cheveux colorés ou décolorés : pour apporter de la souplesse, de la brillance et de la discipline.

La formulation de ces shampooings embellisseurs est très élaborée, elle exige une subtile modulation de l'action détergente et de l'action soin, pour assurer une extraction et une dispersion efficaces de la salissure suivie d'un micro dépôt d'agent adoucisseur et embellisseur à travers toute la chevelure. La base lavante associe souvent des tensioactifs anioniques et amphotères. Le soin est apporté en priorité par des polymères cationiques et/ou des silicones (**Bouillon, 2000**).

II.2.3.4. Shampooings traitants spécifiques

Ce sont des shampooings qui renferment des actifs permettant de corriger un état anormal du cheveu ou du cuir chevelu. Leur formulation est très élaborée et exige une subtile modulation entre l'action détergente et l'action de soin (**Bounjoua, 2014**).

II.2.3.5. Shampoings spécifiques au type de cheveux

Cette catégorie est illustrée par les shampoings pour cheveux permanentés ou cheveux colorés. Ils sont destinés à redonner de l'éclat à la couleur et du ressort aux boucles ou ondulations tout en apportant de la douceur, de la souplesse et une grande facilité de coiffage (**Bouillon, 2000**).

II.2.3.6. Shampoings spécifiques à l'état du cuir chevelu

II.2.3.6.1. Shampoings pour cheveux secs

L'objectif de ces shampoings est de nettoyer en douceur les cheveux et le cuir chevelu pour ne pas compromettre la production de sébum déjà faible et d'apporter des éléments relipidants, hydratants qui protègent et réparent la fibre capillaire souvent altérée. Ils doivent aussi gagner les cheveux afin de réduire l'électricité statique et faciliter le démêlage (**Bouillon, 1996 ; Martini, 2002 ; Martini, 2011 ; Bouillon, 2012**).

Les shampoings pour cheveux secs contiennent des TA cationiques qui ont l'avantage de jouer un double rôle de tensioactifs et de conditionneurs. Certains constituants sont incontournables dans les shampoings pour cheveux secs :

- Les agents relipidants : huile d'amande douce, d'avocat, de carthame, de ricin, de macadamia, de jojoba, céramides, phospholipides, vitamine A, beurre de mangue, de karité.
- Les agents réparateurs et fortifiants : panthénol ou provitamine B5, hydrolysate de kératine, vitamine E.
- Les agents filmogènes ou conditionneurs permettent de faciliter le démêlage de la chevelure : chitosane, silicones, squalènes, polyquaterniums.

II.2.3.6.2. Shampoings pour cheveux gras

Le shampooing pour cheveux gras doit nettoyer le cuir chevelu sans pour autant irriter la glande sébacée pour ne pas aggraver le phénomène d'hyperproduction de sébum. On utilise des détergents anioniques décapants tels que les Laury sulfates ou lauryléthersulfates associés à des ingrédients actifs comme (**Sauvage et Belin, 2011 ; Martini, 2011**) :

- Des substances séborégulatrices : S-carboxyméthylcystéine ou des extraits végétaux soufrés comme l'ortie dioïque et le curcuma, de la vitamine B6 et du zinc.

- Des polymères cationiques qui freinent la migration du sébum le long des cheveux et donnent du volume.
- Des substances qui absorbent les corps gras : kaolin, ghassoul (une argile saponifiée d'origine africaine), bois de panama.
- Des substances assainissantes : huile essentielle d'eucalyptus, de lavande, de romarin, de sauge, de girofle, du cuivre et du zinc.

Ces shampooings pour cheveux gras doivent être utilisés en alternance avec un shampooing doux pour ne pas irriter le cuir chevelu (**Martini, 2011 ; Sauvage, 2011**).

II.2.3.7. Shampooings antipelliculaires

Les objectifs de ces shampooings sont de nettoyer le cuir chevelu, d'éliminer les squames, de lutter contre la prolifération bactérienne et fongique, de normaliser la division cellulaire, de calmer les démangeaisons et de réduire l'hyperséborrhée. L'enjeu est d'avoir un shampooing de bonne qualité cosmétique qui ne dessèche pas les cheveux et qui est efficace sur les pellicules. Pour cela, certains principes actifs à l'image des actifs kératolytiques qui agissent en éliminant le surplus de couche cornée sont incontournables, on les retrouve donc dans la composition des shampooings antipelliculaires (**Bounjoua, 2014**).

II.2.3.8. Shampooings et lotions anti-chutes

Les soins dermo-cosmétiques peuvent être proposés en première intention si la chute de cheveux est peu importante, occasionnelle et quand il n'y a pas encore de dégarnissement visible. Les lotions sont à privilégier car elles sont plus actives que les shampooings et permettent de mieux nettoyer, assainir et fortifier le cheveu et remédier certains troubles capillaires tels que les cheveux secs, la chute des cheveux... (**Matard et Reygagne, 2002**).

Une lotion antichute est généralement composée d'une association d'actifs ayant des propriétés complémentaires :

- Des actifs permettant l'induction et le maintien de la vascularisation au niveau de la papille dermique du follicule pileux à l'exemple de la Nicotinate de tocophérol qui combine les propriétés vasodilatatrices de l'acide nicotinique et l'effet protecteur de la vitamine E (**Martini et Seiller, 2006**) ;

- Des actifs diminuant la chute de cheveux, en l'occurrence l'aminexil qui inhibe l'activité de la lysyl-hydroxylase, une enzyme amplifiant la formation de collagène et simultanément sa réticulation, ce qui conduit à une rigidification de la gaine conjonctive et une fibrose périfolliculaire s'opposant à la formation de néo cheveux **(Matard et Reygagne, 2002) ;**
- Des actifs régulant l'hyperséborrhée comme l'extrait de sabale, l'extrait de curbicia ou la vitamine B8 dont application topique sur le cuir chevelu permet de diminuer la sécrétion de sébum et d'améliorer la qualité du cheveu **(Martini et Seiller, 2006).**

II.2.3.9. Shampoings secs

Il nous paraît difficile de parler des shampoings sans mentionner ce type de produits. Ils se démarquent tout à fait des précédents, non seulement par leur aspect physique, mais également par leur composition puisqu'ils ne contiennent pas de TA. Ce sont des poudres que l'on saupoudre sur la chevelure, on laisse agir quelques minutes puis on l'élimine par brossage énergique. L'intérêt du shampooing sec réside dans le fait qu'il évite de mouiller la chevelure et de procéder à une mise en plis **(Bouillon, 2012).**

Partie

expérimentale

Chapitre III

Matériels et méthodes

III.1. Objectif

L'objectif de cette étude est de :

- Extraire de mucilage des cladodes de Figuier de Barbarie (*Opuntia ficus indica*) de la région de Tissemsilt.
- Mettre au point un shampooing standard, avec un minimum d'ingrédients chimiques, à base du mucilage extrait.
- Evaluer les propriétés physico-chimiques, organoleptiques et fonctionnelles des shampooings formulés.

III.2. Matériels

III.2.1. Matériel végétal

En Février 2022, les cladodes intacts matures du Figuier de barbarie inerme d'une longueur de 30 à 50 cm et d'une largeur de 15 à 30 cm, ont été prélevées au hasard à partir de plusieurs sujets de la région de Maasam (35° 39' 35" nord, 1° 33' 12" est), située à 30 km de la Wilaya de Tissemsilt (**Figure 10**).

Les échantillons ont été immédiatement débarrassés de leurs épines, stérilisés à l'hypochlorite de sodium 10%, rincés à l'eau distillée et séchés, puis conservés au réfrigérateur jusqu'à utilisation.



Figure 10. Zone d'échantillonnage des Cladodes du Figuier de barbarie (Google, s.d)

III.2.2. Matériels du laboratoire

Les réactifs chimiques, la verrerie et l'appareillage utilisés durant la réalisation de la partie pratique de ce travail sont résumés dans le **tableau 4** :

Tableau 4. Appareillages, verreries et réactifs chimiques utilisés

Verreries	Appareils	Réactifs chimiques
- Ballons	- Agitateur magnétique	- Acide
- Barreaux magnétiques	- Balance électrique	éthylènediaminetétraacétique (EDTA)
- Bêchers	- Centrifugeuse	- Benzoate de sodium
- Entonnoir	(HeTTich)	- Chlorure de sodium (NaCl)
- Eprouvettes	- Dessiccateur	- Eau distillée
- Erlenmeyers	- Etuve	- Glycérine
- Micropipette réglable	- Mixeur	- Lauryl sulfate de sodium (SLS)
- Papier filtre	- pH mètre (HANNA)	
- Spatule	- Plaque chauffante	
- Tissu de mousseline	- Pompe à vide	
- Tubes à essai	- Réfrigérateur	
- Velours, coton	- Tensiomètre à anneau	
- Verre de montre	- Thermomètre	
	- Viscosimètre	
	(Fungilab)	

III.3. Protocole expérimental

Le schéma de la **figure 11** démontre l'hierarchie des différentes phases de l'expérimentation de notre étude. Chaque analyse a été répétée au moins trois fois :

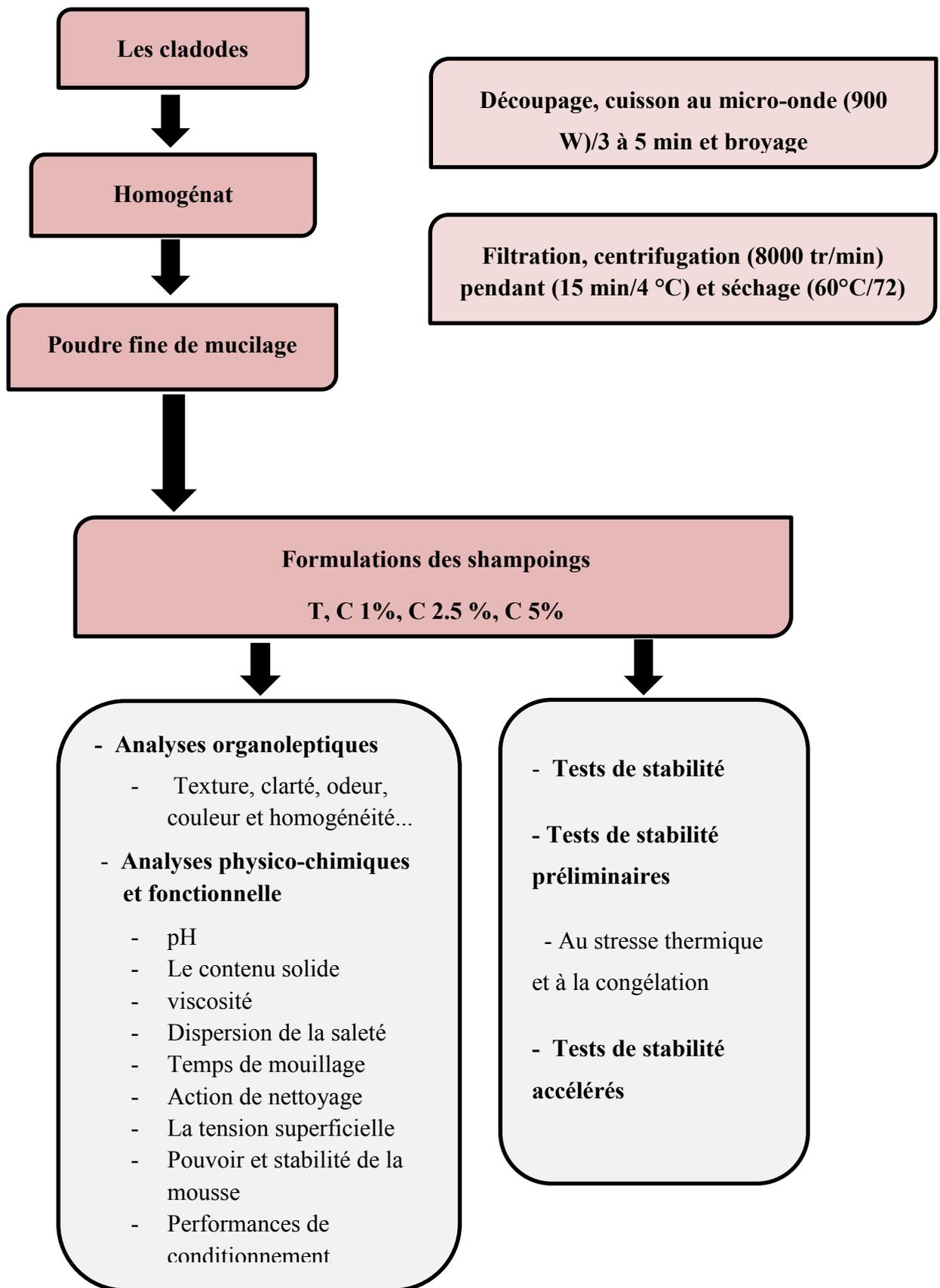


Figure 11. Diagramme du protocole expérimental de l'étude (shampooing sans mucilage T, shampooing avec 1, 2.5 et 5% de mucilage : C1%, C2.5%, C5%).

III.3.1. Extraction de mucilage

Les cladodes épluchés de chlorenchyme ont été découpés en cubes de 1cm³ pour être cuits pendant 3 à 5 min au four à micro-ondes (900 W) jusqu'à ce qu'ils soient tendres. Les morceaux de cladode ramollis ont ensuite été broyés par un homogénéisateur « Omni Mixer » pour extraire le mucilage. L'homogénat obtenue a ensuite été centrifugée à 8000 tr/min pendant 15 min à 4 °C, pour séparer le mucilage liquide des débris solides. Le mucilage ainsi récupéré a été versé dans des moules de silicone puis séché dans un four à 60°C pendant 72 h (Du Toit et De Wit, 2011).

Une étape finale de broyage/tamissage du mucilage pur sec a permis d'obtenir une poudre fine qui a été conservé dans un récipient hermétique à l'abri de la lumière et de l'humidité jusqu'à son utilisation (Gheribi et al., 2018 ; Gonz et al., 2019).

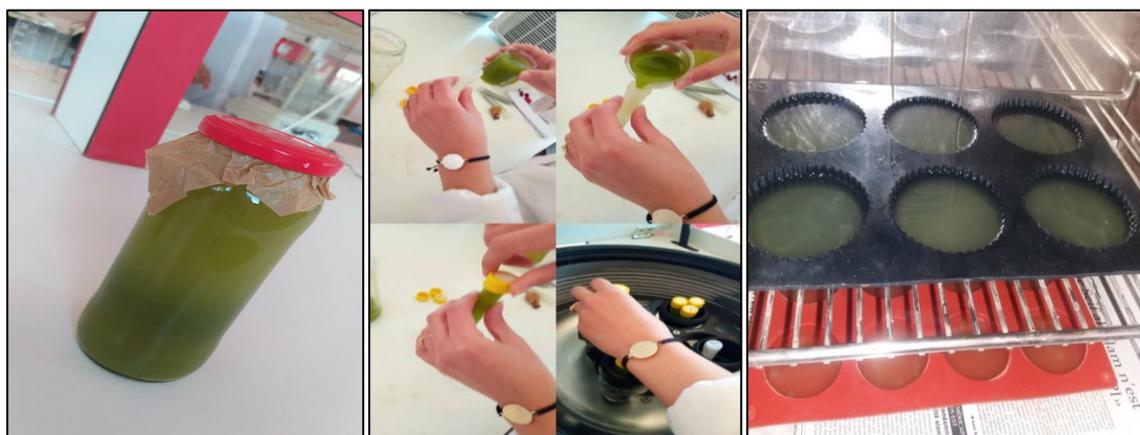


Figure 12. Les étapes d'extractions de mucilage

III.3.1.1. Rendement d'extraction

La détermination du rendement d'extraction donne une appréciation sur l'efficacité du procédé d'extraction (Zhang et al., 2007) :

$$R\% = \frac{M}{M_0} \times 100$$

Avec :

R% : rendement exprimé en pourcentage ;

M : masse de l'extrait sec de mucilage (g) ;

M₀: masse du cladode frais (g).

III.3.2. Préparation de shampooing

III.3.2.1. Formulation

Le shampooing est formulé à partir des ingrédients ci-dessous selon la composition décrite au tableau 4 :

- Lauryl Sulfate de Sodium
- Glycérine
- EDTA (Acide éthylènediaminetétraacétique)
- NaCl (Chlorure de sodium)
- Conservateur (benzoate de sodium)
- Mucilage des cladodes *d'Opuntia*
- Eau distillée

Les rapports des ingrédients cités dans ce tableau sont le résultat de nombreuses tentatives d'optimisation de formulation jusqu'à l'obtention des propriétés organoleptiques les plus satisfaisantes.

Tableau 5. Ingrédients utilisés dans la formulation du shampooing

Shampooing				
Ingrédients	Témoin	F1 (C1%)	F2 (C2.5%)	F3 (C5%)
SLS	12%	12%	12%	12%
Glycérine	3.5%	3.5%	3.5%	3.5%
EDTA	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%
Nacl	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%
Benzoate de sodium	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%
Poudre de mucilage	/	1%	2.5%	5%
Eau distillée (qsp)	100%	100%	100%	100%

Le lauryl sulfate de sodium (SLS) a été dissous dans un bécher de 250ml contenant de l'eau distillée chauffée à 70°C et le mélange a été agité jusqu'à l'obtention d'une dispersion lisse et homogène. Les autres composants hydrosolubles (NaCl, EDTA, Glycérine, benzoate de sodium) subissaient une préparation séparée, chacun dans un récipient à part, puis une addition progressive au mélange réactionnel afin d'éviter leur agrégation. Cette formule sans mucilage représente le témoin (T) de l'expérience.

III.3.2.2. Ajout de mucilage et conservation de formulations

On procède à la préparation de trois formules de shampooing (C1, C2.5 et C5) avec des concentrations croissantes en mucilage ; 1, 2.5 et 5%. La poudre de mucilage a été dissoute dans l'eau distillée à température ambiante sous agitation pendant 30 min. Le mélange a été filtré à travers un tissu de mousseline à l'aide d'une pompe à vide, et les filtrats ont été ajoutés aux formules de shampooings pré-préparées pour subir une dernière agitation d'homogénéisation.

Enfin, les formulations préparées, avec et sans mucilage, ont été transférées dans des flacons étiquetés, puis divisées en trois lots en fonction de la série d'analyses à entreprendre. Le premier groupe de flacons a été destiné à l'analyse de l'évaluation physico-chimique et sensorielle immédiate, le deuxième groupe est gardé pour les tests de stabilité préliminaire, tandis que le troisième groupe est subdivisé en trois sous-groupes conservés à trois températures différentes (4, 25 et 45°C), pour servir d'échantillons à l'analyse de stabilité accélérée.

III.3.3. Caractérisation des shampooings

III.3.3.1. Analyses organoleptiques

Le contrôle de chaque formulation a été effectué dans une chambre calme à température ambiante 25°C, par un panel de dix personnes bénévoles consentantes (5 femmes et 5 hommes) sélectionnés au hasard et qui font l'appréciation individuellement.

L'analyse sensorielle de toutes les formulations a été effectuée selon le protocole d'AlQuadeib et al. (2018). Les formulations ont été évaluées après leur fabrication en fonction de plusieurs caractéristiques : selon leur clarté (turbide, limpide), leur couleur, leur odeur, leur texture (liquide, visqueux, lisse...) et leur homogénéité (oui ou non). En ce qui concerne les caractéristiques moussantes des quatre formules, le test stipulait à

frotter une petite quantité de shampooing entre les doigts tout en lavant concomitamment avec de l'eau de robinet (AlQuadeib et al., 2018).

III.3.3.2. Analyses physico-chimiques et fonctionnelles

III.3.3.2.1. Détermination du pH

Le pH des différentes formules a été testé dans des solutions aqueuses de 10% à l'aide d'un pH-mètre à température ambiante (AlQuadeib et al 2018).

III.3.3.2.2. Détermination du contenu solide

4 grammes de shampooing ont été placés dans une coupelle d'évaporation préalablement propre, sèche et pesée. La coupelle et le shampooing ont été pesés à nouveau pour confirmer le poids exact du shampooing. La partie liquide du shampooing a été évaporée en plaçant la coupelle d'évaporation sur la plaque chauffante. Le poids et donc le pourcentage du contenu solide des formules restant après séchage complet a été calculé comme suit (Al badi et Khan, 2014) :

$$\text{Contenu solide (\%)} = \frac{W1-W2}{W1} \times 100$$

Avec :

W1 : le poids total

W2 : le poids de plat contenant le contenu solide

III.3.3.2.3. Évaluation rhéologique (Viscosité)

La viscosité de formulations a été déterminée à l'aide d'un viscosimètre rotationnel réglé à différentes vitesses de broche de 20, 30 et 60 tr/min. La température et la taille des échantillons ont été maintenues constantes au cours de cette étude (Sharma et al., 2011 ; Halligudi et Al-khudori, 2013 ; Fazlolahzadeh et Masoudi, 2015).

III.3.3.2.4. Dispersion de la saleté

Une solution de 1% de chaque formule a été ajoutée d'une goutte d'encre de Chine dans des tubes à essai; chaque tube a été ensuite bouché et secoué 10 fois. La quantité d'encre dans la mousse a été estimée comme nulle, légère, modérée ou lourde (AlQuadeib et al., 2018).

III.3.3.2.5. Temps de mouillage

Le temps de mouillage a été mesuré à l'aide du test de Drave, dans lequel une sorte de disque de velours d'un diamètre de 2.54cm (1 inch), ayant un poids moyen de 0.30g, a été déposé sur la surface d'une solution de shampooing à 1 % (p/v). Le temps mis par le disque pour commencer à couler a été mesuré avec précision par un chronomètre et noté comme temps de mouillage. Plus le temps nécessaire au fonçage est faible, plus l'efficacité de mouillage est grande (**Krunali et al., 2013 ; Fazlolahzadeh et Masoudi, 2015 ; AlQuadeib et al., 2018**).

III.3.3.2.6. Pouvoir détergent

Ce paramètre a été réalisé selon le protocole de **Patel et al. (2016)**. 5 g de coton (ou de laine) ont été ajoutés avec de la graisse, repesés et placés dans 200 ml d'une solution de shampooing à 0.5 % (p/v). La température de l'eau a été maintenue à 35°C. Le flacon a été secoué pendant 4 min à raison de 50 secousses/min. La solution a été retirée et le coton a été prélevé, séché et pesé. La quantité de graisse retirée a été calculée à l'aide de l'équation suivante :

$$\text{Pouvoir détergent (DP)} = 100 \left(\frac{1-T}{C} \right)$$

Avec :

DP : pourcentage du pouvoir détergent.

C : le poids de la graisse dans l'échantillon de contrôle

T : le poids de la graisse dans l'échantillon d'essai

III.3.3.2.7. Mesure de la tension superficielle

La tension superficielle d'une solution de shampooing à 10 % (p/v) dans de l'eau distillée a été mesurée à l'aide d'un tensiomètre de type anneau à température ambiante 25°C (**Nasrin et al., 2007**).

III.3.3.2.8. Pouvoir moussant et stabilité de la mousse

La méthode d'agitation du cylindre est la méthode largement utilisée pour déterminer la capacité de moussage. À température ambiante, un volume de 50 ml de la

solution de shampooing 1% a été placée dans un cylindre gradué de 250 ml, qui a ensuite été recouvert à la main et secoué 10 fois (AlQuadeib et al., 2018).

Le volume total de la mousse formée après 1 min d'agitation a été mesuré immédiatement par enregistrement de la hauteur de la mousse générée. Pour évaluer la stabilité de la mousse, la même procédure a été effectuée et le volume de mousse a été mesuré après 10 et 20 minutes (AlQuadeib et al., 2018).

III.3.3.2.9. Évaluation de la performance des formules

Une tresse de cheveux d'une femme a été coupée en quatre mèches d'environ 10 cm de longueur et de 5 g de poids. La mèche lavée avec la formule témoin (T) a servi de contrôle. Les trois autres mèches ont été lavées avec les formules respectives C1, C2.5 et C5. Chaque cycle de lavage comprend deux étapes ; le secouement de la mèche avec un mélange de 10 g de chaque formule et 15 g d'eau dans une fiole conique pendant 2 min suivi d'un rinçage avec 50 ml d'eau, et le séchage de la mèche lavée à l'air libre à température ambiante (Boonme et al., 2011).

Chaque mèche a fait l'objet d'un maximum de dix cycles. Les performances de conditionnement des shampooings, c'est-à-dire la douceur et l'onctuosité, ont été évaluées par un test de toucher à l'aveugle, administré à vingt étudiants volontaires sélectionnés au hasard (Boonme et al., 2011).

Tous les étudiants avaient les yeux bandés et on leur a demandé de toucher et d'évaluer les quatre mèches sur un score de 1 à 4 (1 médiocre ; 2 satisfaisant ; 3 bon ; 4 excellent) (Al badi et Khan, 2014).

III.3.3.3. Tests de stabilité

III.3.3.3.1. Tests de stabilité préliminaires

Ces tests permettent de choisir la formule idéale. La stabilité thermique des shampooings a été étudiée en les plaçant dans des tubes de verre à 45°C, ainsi que dans un réfrigérateur à 4°C, et en les comparant aux mêmes shampooings conservés à température ambiante (25°C). Les caractéristiques organoleptiques, l'homogénéité et le pH ont été évalués avant et après les tests de stabilité préliminaires qui durent 24h (Deshmukh et al., 2012).

III.3.3.3.2. Tests de stabilité accélérés

Les changements des paramètres macroscopiques (couleur, odeur, texture, homogénéité) et du pH, ont été enregistrés après des périodes de stockage de quatre jours, deux semaines et quatre semaines de conservation à température ambiante (25°C) (Deshmukh et al., 2012).

Chapitre IV

Résultats et discussion

IV.1. Rendement d'extraction

Le rendement d'extraction de mucilage des cladodes d'*Opuntia ficus indica* de la région Maasam-Tissemsilt a été égal à 0.43%. Ce rendement est inférieur à celui de 0.68% noté par **Espino-Diaz et al. (2010)**, mais dépasse le pourcentage 0.07% enregistré par **Càrdenas et al. (1997)**. Nos résultats sont légèrement supérieurs à ceux de 0.35 % rapportés par **Ghanes et Mekid (2021)** sur les cladodes de Tissemsilt de la région de Bordj Bounaama.

Le rendement d'extraction de mucilage est régit par le type de cactus, le stade de croissance des cladodes, les conditions de croissance et de stockage et les paramètres d'extraction (**Goldstein, 1991 ; Petera et al., 2009**).

La production de mucilage est stimulée par les conditions climatiques défavorables comme la sécheresse dans le but de retenir l'eau par le cactus (**Càrdenas et al., 1997 ; Sáenz et al., 2004 ; Sepulveda et al., 2007**).



Figure 13. Image des cladodes, de mucilage sec et en poudre.

IV.2. Analyses organoleptiques

Les propriétés organoleptiques d'un produit jouent un rôle primordial dans sa perception avant usage et dans son appréciation lorsqu'il est consommé ou utilisé (**Jacquemain, 1961**). Les bons shampooings ont une apparence sensorielle attrayante pour l'observateur, comme c'est le cas avec tous les produits cosmétiques. D'après la **figure 13**, l'observation sensorielle a montré que les quatre formulations étaient homogènes et limpides, avec une texture visqueuse et très lisse.

Par exception, la formule témoin a été blanche et inodore, avec une texture peu visqueuse et hétérogène présentant des particules solides. La formule C1 a été négativement jugée en ce qui concerne sa texture très liquide par rapport au seuil de viscosité habituelle des shampoings commerciaux standards. Quoique, cette formule a développé une couleur et une odeur mielleuse avec un aspect physique homogène, limpide et très lisse.

La formulation C2.5 a été favorablement appréciée par les panélistes par son odeur de caramel sucré couplé à sa couleur beige attractive. En outre, sa texture visqueuse lisse et très homogène et son caractère moussant vraiment adoré, l'ont permis d'acquérir le privilège des jurys par rapport aux autres formulations.

Quant à la formule C5, l'appréciation a exhibé une couleur marron claire et une odeur désagréable en comparaison aux autres formulations qui renferment moins de mucilage. Son point fort restait sans doute sa texture lisse et assez consistante. Cette formulation a globalement une appréciation moyenne pour la totalité des propriétés testées.

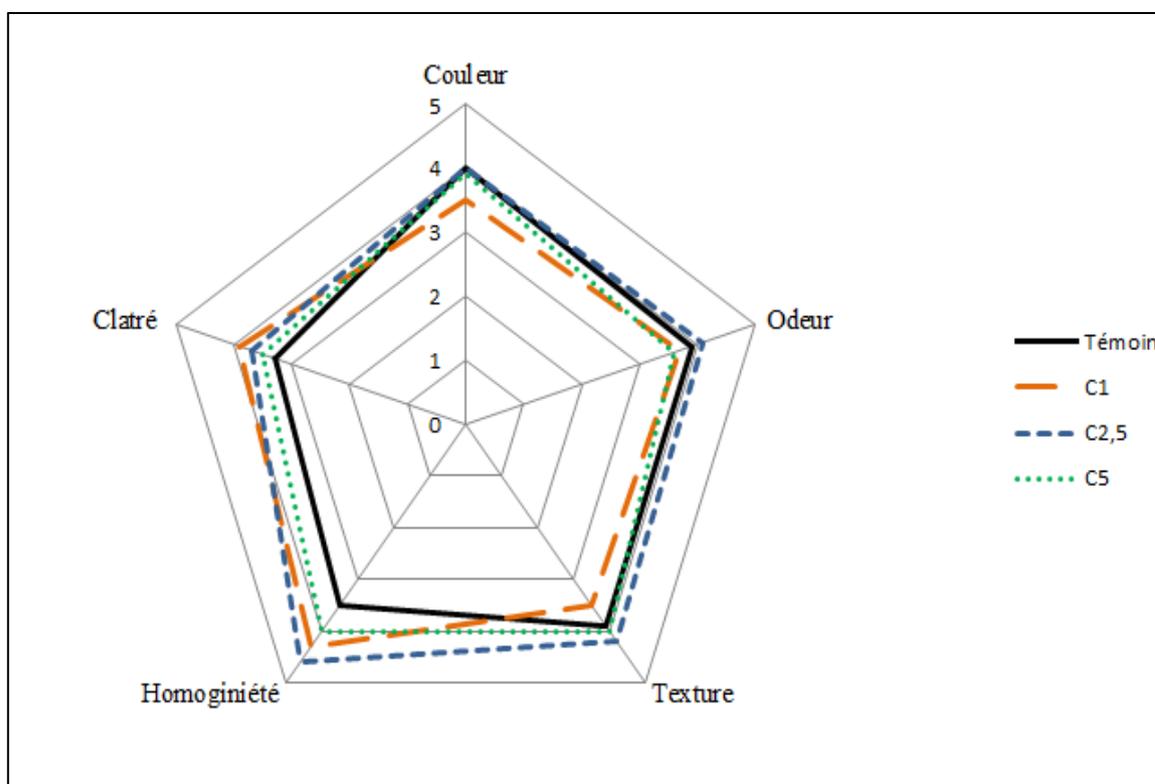


Figure 14. Radar représentant l'évaluation organoleptique des quatre formules.



Figure 15. Les quatre formulations de shampooing

D'après les résultats obtenus, les odeurs caractéristiques des formulations avec mucilage, totalement absentes chez le témoin et font rappel à celles de sucre brûlé, de caramel ou de miel peuvent s'expliquer par l'effet caramélisant du séchage sur la nature polysaccharidique du mucilage.

Selon **Kroh (1994)**, la décomposition des sucres conduit à la formation de composés volatils (arôme caramel) et de couleur brune (couleurs caramel). La réaction peut être effectuée par la chaleur et est catalysée par des acides et des bases. Les couleurs et les arômes dépendent de la nature du sucre utilisé (mono-, oligo- ou polysaccharide). Les arômes typiques de caramel sont attribués à la cyclopentanone (cyclotène) et à l'hydroxyméthylfuranone (furanol) (**Kroh, 1994**).

En plus, l'ajout de mucilage hausse proportionnellement la viscosité des formulations et peut affecter positivement leur texture. Le mucilage est un gélifiant qui absorbe l'eau pour former un gel visqueux utilisé pour protéger les tissus (**Fortier, 2007**)

On peut proposer à l'avenir l'utilisation de mucilage brûlé à lui seul, dans des proportions adéquates, comme un colorant/fragrance naturelle de caramel pour des formulations cosmétiques. Globalement, l'ajout judicieux de mucilage peut apporter des bienfaits organoleptiques remarquables pour les shampooings par son action polyvalente touchant différents aspects telle la texture, la couleur et même l'odeur.

IV.3. Analyses physico-chimiques et fonctionnelles des shampooings

Le **tableau 6** rassemble les résultats notés pour la caractérisation physico-chimiques des formulations de shampooing, avec ou sans mucilage :

Tableau 6. Résultats des analyses physicochimiques des formulations de shampooing

Shampooing	Témoin	C1	C2.5	C5
pH	4.43±0.14	4.64±0.10	4.95±0.29	4.78±0.12
Contenu solide (%)	16.50±0.47	16.25±0.46	17.98±0.51	13.98±0.38
Temps de mouillage (s)	139±1.06	135±0.91	150±0.70	157±0.28
Pouvoir détergent (%)	67.5±1.06	73±0.35	48±0.07	51±0.28
Tension superficielle (dyn/cm)	47.15±0.03	49.22±0.08	45.13±0.01	42.54±0.07
Performances de conditionnement	Satisfaisante	Bonne	Excellente	Médiocre

IV.3.1. pH

Le pH joue un rôle important lors de la formulation des shampooings car il aide à minimiser l'irritation des yeux, améliorer et renforcer les qualités des cheveux et stabiliser l'équilibre écologique du cuir chevelu (**Khaloud et Shah, 2004**).

Comme le montre le **tableau 6**, toutes les formulations testées avaient un pH acide situé dans une étendue de 4.43 et 4.95, ce qui est proche du pH de la peau qui varie normalement entre 4 à 6 (**Dreno, 2009**). En plus, toutes les formulations avaient une acidité proche de la barre standard pour les shampooings commerciaux pH=5 (**AlQuadeib et al., 2018 ; Abu-Jdayil et Mohameed, 2004 ; Krunali et al., 2013**).

Le mucilage des cladodes *d'Opuntia* entre dans la catégorie des mucilages peu acides (pH >4.6) (**Boutakiout, 2015**). Le mucilage des cladodes a contribué à l'allègement de l'acidité des autres ingrédients en élevant le pH=4.43±0.14 du témoin vers un 4.95±0.29 pour la formule C2.5. Cette dernière est la meilleure formulation en termes d'acidité.

La favorisation des shampooings à pH légèrement bas est une tendance moderne justifiée par son action de minimisation des dommages des cheveux. Une légère acidité prévient le gonflement et favorise le resserrement des écailles, en y induisant de la brillance (Ashok et Mali, 2011). Nos formulations sont compatibles alors avec les cheveux et le cuir chevelu et peuvent être appliquées sans courir le risque d'irriter les yeux. Il est très important pour un produit cosmétique, qu'il a pour but de nourrir ou de nettoyer, d'approcher un pH le plus compatible avec celui de la peau (Georgel, 2008).

IV.3.2. Détermination du contenu solide

Le contenu solide est l'un des paramètres physiques utilisés pour établir la qualité des shampooings. Une teneur en solides plus faible rend les shampooings aqueux et s'écoule rapidement des cheveux, tandis qu'une teneur en solides plus élevée les rend difficiles à travailler et à rincer les cheveux. Donc, la teneur préférée en solides des shampooings de bonne qualité est entre 20% et 30% (Al badi et Khan, 2014 ; AlQuadeib et al., 2018 ; Vijayalakshmi et al., 2018 ; Bakr et al., 2019).

Le contenu solide de nos formulations variait de 13.98 ± 0.38 pour la formule C5 à 17.98 ± 0.51 pour la formule C2.5 qui est encore une fois supérieure aux formules restantes. Les quatre formules étaient par conséquent faciles à appliquer sur les cheveux et à rincer. Le taux faible du contenu solide dans nos formulations est dû probablement à la quantité faible des ingrédients incorporés lors de la fabrication, ne dépassant pas les 23% dans le meilleur des cas.

IV.3.3. Évaluation rhéologique (Viscosité)

La viscosité est l'épaisseur ou le caractère collant d'un liquide. La viscosité d'un shampooing est liée au moins en partie à la quantité de solides présents. La viscosité du produit joue un rôle important dans la définition et le contrôle de nombreux attributs tels que la consistance du produit dans l'emballage, sa stabilité durant la conservation, son esthétique (comme la clarté) et la facilité de son écoulement de l'emballage, en plus de sa capacité d'étalement sur les cheveux (AlQuadeib et al., 2018).

La viscosité dynamique des formulations de shampooing a été déterminée à l'aide de la broche N° 2 du viscosimètre rotationnel (Fungilab). Les résultats obtenus d'après notre étude sont (de 57.1 ± 6.97 à 620.8 ± 151.24 cP), ils sont inférieurs aux résultats étudié par AlQuadeib et al. (2018) qui étaient de 938.80 ± 185.04 à 1245.33 ± 113.77 cP.

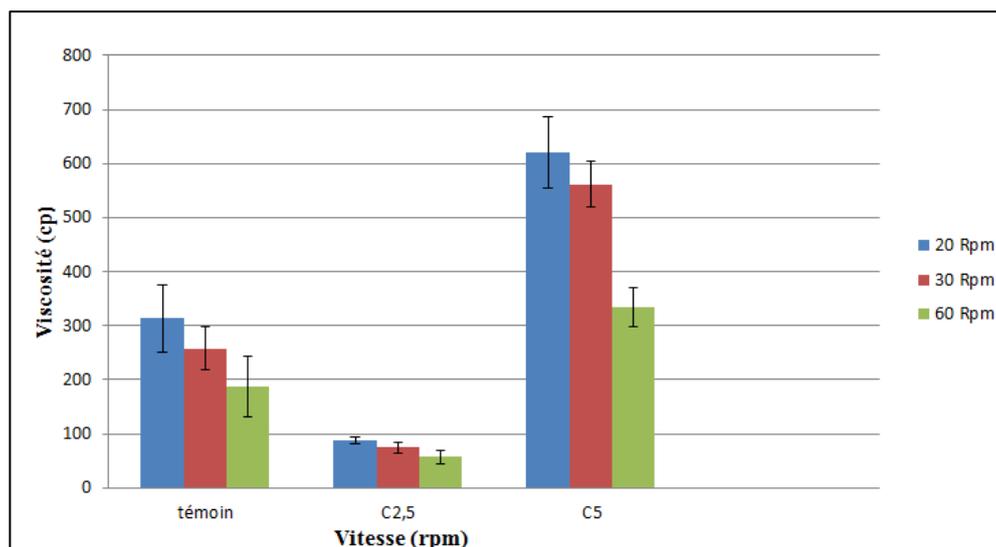


Figure 16. Un histogramme représente les valeurs de viscosité du shampooing

La **figure 16** exprime une viscosité supérieure pour la formulation C5 ($620.8 \pm 151.24 \text{ cP}$), suivie par le témoin T ($313.1 \pm 63.21 \text{ cP}$) et la formule C2.5 ($87.9 \pm 6.97 \text{ cP}$), respectivement. La viscosité de la formule C1 n'a pas été déterminée vu que sa valeur très faible se situe hors des intervalles des quatre broches disponibles au laboratoire. Lorsque le certain pourcentage de l'échelle de base est inférieur à 15 % ou atteint 100 %, la mesure ne peut pas être considérée comme valide et l'équipement émettra un bip d'avertissement à chaque rotation effectuée dans ces circonstances.

On peut voir aussi que l'ajout de mucilage en petites doses diminue la viscosité des formulations, mais elle l'augmente par la suite parallèlement à l'augmentation de la concentration de ce polysaccharide. Par ailleurs, on a constaté que la viscosité des échantillons diminue proportionnellement à l'augmentation du nombre de tours par minute ; ce qui mène à dire que les formulations de shampooing étaient de nature pseudo-plastique. Le comportement pseudo-plastique est une qualité souhaitable dans les shampooings. A bas régime, les shampooings présentent une viscosité élevée et une augmentation du taux de cisaillement entraîne une chute de la viscosité des shampooings. Cette propriété favorable facilite l'étalement des shampooings sur les cheveux (AlQuadeib et al., 2018).

IV.3.4. Dispersion de la saleté

La dispersion des salissures est un autre paramètre clé pour évaluer l'action nettoyante des shampooings, alors que les shampooings de qualité concentrent les salissures

dans l'eau, ceux de mauvaise qualité concentrent les salissures dans leurs mousses. Toute saleté ou tâche qui se concentre dans la mousse est difficile à rincer et peut se redéposer sur les cheveux. Les shampooings qui concentrent la saleté ou la tâche dans l'eau ont une bonne capacité de nettoyage (Saad et Kadhim, 2011 ; AlQuadeib et al., 2018).



Figure 17. Résultats du test de dispersion de saleté

Toutes les formules testées (**figure 17**) ont montré de bons résultats dans le test de dispersion des salissures, car il n'y avait pas de distribution d'encre dans leur mousse mais plutôt sa dissolution dans l'eau.

IV.3.5. Temps de mouillage

Les phénomènes de mouillage sont complexes et dépendent de plusieurs processus et facteurs tels que la diffusion, la tension superficielle, la concentration et la nature de la surface mouillée. Chaque agent mouillant doit réduire la tension superficielle (AlQuadeib et al., 2018).

Les capacités mouillantes des shampooings dépendent de la concentration de leurs tensioactifs. Des concentrations plus élevées de tensioactifs conduisent à une meilleure capacité de mouillage. La méthode du disque en velours est un test rapide, efficace et fiable pour évaluer les capacités de mouillage des shampooings en fonction du temps de mouillage (Al Badi et Khan, 2014 ; Pounikar et al., 2012).

Le temps de mouillage des formulations de shampooing analysées dans cette étude s'étale de 135 à 157 s, avec son allongement avec l'augmentation de la concentration de mucilage (**tableau 6**). Comparés à celui du shampooing commercial testé par **Sbhatu et al., (2020)** et son temps de 185 s, nos formulations ont nécessité un temps de mouillage plus inférieur. Les shampooings les plus préférés sont ceux qui ont un temps de mouillage plus court (**Pounikar et al., 2012**). On peut dire alors que nos

formulations ont une bonne capacité mouillante et peuvent être très pratiques en ce qui concerne cette propriété.

IV.3.6. Pouvoir détergent

Les capacités de nettoyage et de détergence sont deux aspects importants pour formulation de shampoing. Les résultats trouvés ont démontré que l'aptitude détergente se fluctue dans la fourche ($48\pm 0.07\%$ - $73\pm 0.35\%$), avec la plus haute valeur pour la formule C1, suivi de la formule T, puis C5 et finalement C2.5 (**tableau 6**). La gamme trouvée par **Fazloahzadeh et Masoudi, (2015)** a été entre 62 et 80%.

Le pouvoir nettoyant d'un shampoing dépend de sa capacité à dégraisser ainsi que du type et de la quantité de tensioactifs utilisés (**Bouillon, 1996**). Certains chimistes cosmétiques pensent que le shampoing ne doit pas être un détergent assez puissant pour éliminer toutes les sécrétions naturelles des cheveux et du cuir chevelu. Bien que le nettoyage ou l'élimination des salissures / sébum soit l'objectif principal d'un shampoing, l'évaluation expérimentale de la détergence reste difficile à standardiser, car il n'y a pas de véritable accord sur une salissure standard, un processus de salissure reproductible ou la quantité de salissures qu'un shampoing devrait idéalement éliminer (**Fazloahzadeh et Masoudi, 2015**).

On peut supposer que nos formules avec une capacité nettoyante moyenne sont plus convenables pour les cheveux normaux. Ceci est en accord avec les travaux de **Fazloahzadeh et Masoudi, (2015)** qui assurent que la capacité de détergence des shampooings pour cheveux normaux n'est pas trop élevée ou très faible, où elle doit être supérieure à celle des shampooings pour cheveux secs et inférieure à celle des shampooings pour cheveux gras ; en d'autres termes, les cheveux normaux ont besoin d'une détergence normale.

IV.3.7. Mesure de tension superficielle

Ce test indique la quantité de tensioactif présente dans le shampoing pour réduire la tension superficielle (**Al badi et Khan, 2014**). La capacité de nettoyage du shampoing est plus forte autant que la tension superficielle est faible (**Fazloahzadeh et Masoudi, 2015**).

Le **tableau 6** reflète que la tension superficielle est légèrement plus élevée en présence des formulations de cette étude (de 42.54 ± 0.07 à 49.22 ± 0.08 dyn/cm)

comparablement aux shampoings commerciaux testés par **AlQuadeib et al. (2018)** qui ont exposé des réductions de la tension superficielle de l'ordre de 31.68 à 38.72 dyn/cm.

Les shampoings préférés sont ceux qui réduisent la tension superficielle de l'eau pure de 72 dyn/cm aux alentours de 40 dyn/cm à 25°C (**Ireland et al., 2007**). D'autres chercheurs ont également formulé des shampoings à base de plantes avec une tension superficielle comprise entre 30 et 40 dyn/cm (**Vijayalakshmi et al., 2018 ; Deeksha et al., 2014**).

Or, la tension superficielle est inversement proportionnelle aux concentrations de mucilage, ce qui traduit son influence positive sur l'abaissement de cette tension et l'amélioration subséquente de la capacité de nettoyage. La réduction de la tension superficielle est l'un des mécanismes impliqués dans la détergence (**Kumar et Mali, 2010**).

IV.3.8. Pouvoir moussant et stabilité de la mousse

Bien que la génération de mousse n'ait aucune corrélation avec la capacité nettoyante des shampoings, le volume et la stabilité des mousses sont des paramètres principaux pour évaluer la qualité et l'acceptation des shampoings par les consommateurs (**Deeksha et al., 2014 ; AlQuadeib et al., 2018**). Les shampoings avec des mousses grosses exprimées en termes de volume, et stables exprimées en durée pendant lesquelles ils maintiennent leurs volumes, sont considérés comme les plus appréciés (**Al Badi et Khan, 2014**).

La capacité de rétention de la mousse des quatre formulations est donnée par la **figure 18**. Les quatre shampoings ont montré des propriétés moussantes rapprochées allant de 150 à 190 ml, avec un avantage clair pour la formule C1 par rapport aux autres (relation dose-effet inversement proportionnelle). Les formules C1 et C2.5 ont maintenu le même volume pendant 20 minutes, alors que les formules T et C5 ont connu une légère perte de leurs mousses durant la même durée.

Nos résultats dépassent ceux d'**AlQuadeib et al. (2018)**, pour lesquels tous les shampoings commerciaux testés avaient le même volume de mousse (de 80 à 111 ml), et ces chercheurs considéraient une bonne stabilité de mousse pour des taux de 100 ml ou plus.

Les formules de shampooing élaborées dans ce travail sont dotées d'un bon pouvoir moussant et d'une excellente stabilité de mousse ; une faculté très recherchée et appréciée par le consommateur.

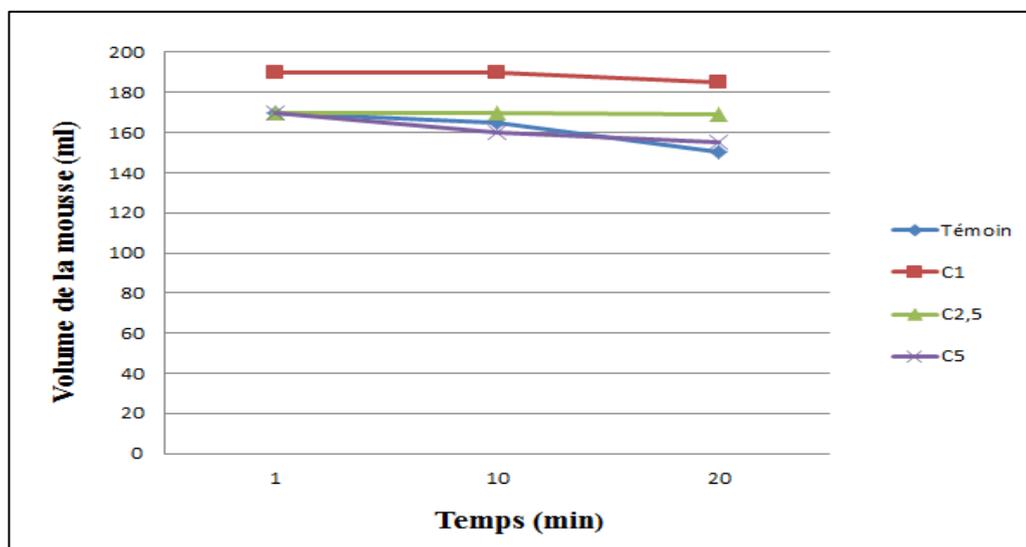


Figure 18. Courbe de stabilité de la mousse des formulations de shampooing avec ou sans mucilage des cladodes *d'Opuntia*.

IV.3.9. Évaluation des performances de conditionnement

Les performances conditionnements des shampooings sont largement affectées par leurs propriétés chimiques. Ils sont donc formulés en les enrichissant d'agents conditionneurs. Les agents déposent, adhèrent ou s'adsorbent sur les protéines du cheveu et améliorent sa maniabilité. Ils réduisent également l'électricité statique du cheveu et le rendent doux et lisse (AlQuadeib et al., 2018).

Les résultats mentionnés dans le tableau 5 confirment que les formules C1 et C2.5 ont démontré une bonne performance de conditionnement dès le dixième cycle de lavage. Elles rendaient les cheveux brillants, doux, soyeux et faciles à coiffer. En contrepartie, la mèche lavée avec le témoin et plus particulièrement la troisième formulation C5, ont obtenu une mauvaise critique.

Grosso modo, la formulation C2.5, hautement préférée par les jurys, a prédominé les autres formules et a été très positivement notée. Elle était choisie comme la meilleure formulation.

L'ensemble des résultats saisis autour des propriétés physicochimiques et des qualités fonctionnelles des formules avec ou sans mucilage, pointe clairement vers la

formule C2.5 contenant 2.5% de mucilage comme la plus satisfaisante pour répondre aux attentes des consommateurs et la mieux placée pour accomplir les normes et directives des industriels et spécialistes en formulation des cosmétiques.

IV.4. Tests de stabilité

Les tests de stabilité sont nécessaires en raison de leur capacité prédictive. Pour cela, les formulations sont soumises à des situations visant à accélérer les changements qui peuvent survenir dans les conditions de marché. Les résultats des tests de stabilité ne sont pas absolus, mais ont une bonne probabilité de succès et permettent de choisir la formule idéale (Agência et al., 2005 ; Casteli et al., 2008).

IV.4.1. Tests de stabilité préliminaires (stabilité au stress thermique et à la congélation)

Comme signalé dans le **tableau 7**, la texture des formulations de shampooings testées était instable au stress thermique, où on avait noté un changement de l'état visqueux vers l'état liquide, contrairement aux autres caractéristiques sensorielles (couleur et odeur), à l'homogénéité et au pH. Larrouy, (2015) explique ce phénomène par la thermosensibilité des tensioactifs anioniques utilisés dans la fabrication de nos formules, ce qui se rebondit par une perte de leur viscosité et conduit vers leur liquéfaction. Cependant, le pH reste presque inchangé pour les quatre formules.

Dans l'autre côté, la congélation n'a pas d'effet observable sur les qualités organoleptiques des formules avec ou sans mucilage, mais le pH a été varié légèrement dans ces conditions de conservations. A l'exception de la formule C2.5, le pH de toutes les formules s'est abaissé.

IV.4.2. Tests de stabilité accélérés

Dans le développement d'un produit cosmétique, il est important de prendre en considération la stabilité de l'apparence de la formulation et de ses propriétés physiques (Lima, 2008). L'acceptabilité des propriétés organoleptiques et la stabilité des shampooings sélectionnés à température ambiante pour des durées de stockage de 4, 15 et 30 jours sont également répertoriées dans le tableau 8.

L'échantillon témoin et le shampooing C1 ont gardé les mêmes caractéristiques organoleptiques pendant la période de stockage, dans un temps où la couleur des

formules C2.5 et C5 s'était plus ou moins intensifiée (**Tableau 8**). En contrepartie, il y avait une diminution très faible de la valeur du pH de toutes les formules durant les 30 jours de conservation.

Le changement mineur des propriétés sensorielles et du pH durant la période de 30 jours, ou même sous différentes conditions d'entreposage de chaleur ou de froid, laisse à dire que les formulations de shampoing au mucilage des cladodes d'*Opuntia* sont stables.

Tableau 7. Résultats des tests de stabilité préliminaires après 24h de conservation à 4, 25 et 45°C.

Conditions de conservation	Paramètre	T		C1		C2.5		C5	
		Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
Stress thermique	Couleur	Blanche	Stable	Miel translucide	Stable	Beige	Stable	marron	Stable sauf la texture
	Texture	Visqueux lisse Hétérogène	Liquide	Liquide lisse Homogène	Stable	Visqueux lisse homogène	Liquide	Visqueux lisse homogène	Liquide
	Odeur	Inodore	Stable	Miel	Stable	caramel sucré	Stable	caramel brûlé	Stable
	pH	4.94±0.03	4.95±0.04	4.76±0.05	4.75±0.28	4.74±0.03	4.77±0.02	4.70±0.07	4.68±0.05
Congélation	Couleur	Blanche	Stable	Miel translucide	Stable	Beige	Stable	marron	Stable
	Texture	Visqueux lisse Hétérogène	Stable	Liquide lisse Homogène	Stable	Visqueux lisse homogène	Stable	Visqueux lisse homogène	Stable
	Odeur	Inodore	Stable	Miel	Stable	caramel sucré	Stable	caramel brûlé	Stable
	pH	4.68±0.04	4.55±0.17	4.50±0.12	4.45±0.12	4.60±0.24	4.64±0.28	5.30±0.11	5.12±0.18
Température ambiante	Couleur	Blanche	Stable	Miel translucide	Stable	Beige	Stable	marron	Stable
	Texture	Visqueux lisse Hétérogène	Stable	Liquide lisse Homogène	Stable	Visqueux lisse homogène	Stable	Visqueux lisse homogène	Stable
	Odeur	Inodore	Stable	Miel	Stable	caramel sucré	Stable	caramel brûlé	Stable
	pH	4.22±0.04	4.30±0.11	4.49±0.12	4.47±0.09	4.43±0.17	4.40±0.11	4.61±0.06	4.58±0.04

Tableau 8. Résultats des tests de stabilité accélérée après 4, 15 et 30 jours de conservation à 25°C.

Temps de Conservation	Texture	Homogénéité	Odeur	Couleur	pH
Témoin					
04j	Visqueuse	Hétérogène	Sans odeur	Blanche opaque	4.43±0.03
15j	Visqueuse	Hétérogène	Sans odeur	Blanche opaque	4.38±0.19
30j	Visqueuse	Hétérogène	Sans odeur	Blanche opaque	4.10±0.23
C1					
04j	Liquide	Homogène	Miel	Miel translucide	4.64±0.06
15j	Liquide	Homogène	Miel	Miel translucide	4.55±0.13
30j	Liquide	Homogène	Miel	Miel translucide	4.36±0.19
C2.5					
04j	Visqueuse	Homogène	Caramel sucré	Beige	4.95±0.09
15j	Visqueuse	Homogène	Caramel sucré	Beige foncé	4.81±0.12
30j	Visqueuse	Homogène	Caramel sucré	Beige foncé	4.63±0.22
C5					
04j	Visqueuse	Homogène	Caramel brûlé	Marron	4.79±0.007
15j	Visqueuse	Homogène	Caramel brûlé	Marron foncé	4.78±0.13
30j	Visqueuse	Homogène	Caramel brûlé	Marron foncé	4.59±0.14

Conclusion

générale

Conclusion générale

Les produits cosmétiques bios sont essentiellement élaborés à partir des matières premières végétales riches en acide gras essentiels, vitamines et différents actifs naturels. Ces composants aussi présents naturellement dans le corps, conviennent parfaitement à la peau et les cheveux (**Ramiaramanana, 2016**).

Cette étude a ciblé l'investissement en matière première naturelle issu d'un produit de terroir ; le mucilage des cladodes de Figuiers de Barbarie de Tissemsilt. Ce dernier a représenté, à différentes doses, le principe actif d'une multitude de formulations de shampooing à usage routinier.

Les résultats notés sur l'évaluation des propriétés organoleptiques, physicochimiques et fonctionnelles des formules avec ou sans mucilage ont montré un avantage concret de la formule avec 2.5% de mucilage par rapport à ses homologues et même en comparaison avec le témoin. Avec sa couleur beige attirante, son odeur attrayante de caramel sucré, l'onctuosité et l'homogénéité de sa texture et son toucher lisse et visqueux plaisant ; elle a favorablement attiré l'attention des panélistes.

A côté de ceci, ses facultés moussante, nettoyante et mouillante comparables aux seuils des shampooings commerciaux, ou même dépassant parfois les normes imposées par les experts de « manufacturing », ainsi que la stabilité de la formule en sa présence, augmentent la chance d'acceptabilité de cet colloïde comme ingrédient cosmétique localement, à condition de combler ses lacunes technologiques.

L'innovation d'un shampooing « Herbal » confectionné exceptionnellement par des ingrédients naturels locaux à base de mucilage des cladodes, semble un projet très prometteur à réaliser en perspective.

Références
bibliographiques

Références bibliographiques

1. **Abu-Jdayil, B., & Mohameed, H. A. (2004).** Rheology of Dead Sea shampoo containing the antidandruff climbazole. *International journal of cosmetic science*, 26(6), 281-289.
2. **Agência, Anvisa: Brasília, DF (2005).** Nacional de Vigilância Sanitária—Anvisa. Guia de Estabilidade de Produtos Cosméticos ; Brazil ; Volume 1. 39.
3. **Al Badi, K., & Khan, S. A. (2014).** Formulation, evaluation and comparison of the herbal shampoo with the commercial shampoos. Beni-Suef University *Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(4), 301-305.
4. **Al Badi, K., & Khan, S. A. (2014).** Formulation, evaluation and comparison of the herbal shampoo with the commercial shampoos. Beni-Suef University *Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(4), 301-305.
5. **AlQuadeib, B. T., Eltahir, E. K., Banafa, R. A., & Al-Hadhairi, L. A. (2018).** Pharmaceutical evaluation of different shampoo brands in local Saudi market. *Saudi pharmaceutical journal*, 26(1), 98-106.
6. **Angulo-Bejarano, P. I., Martínez-Cruz, O., & Paredes-López, O. (2014).** Phytochemical content, nutraceutical potential and biotechnological applications of an ancient Mexican plant: nopal (*Opuntia ficus-indica*). *Current Nutrition & Food Science*, 10(3), 196-217.
7. **ANSM. (2017).** Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé. Comité scientifique spécialisé temporaire. Utilisation du phénoxyéthanol dans les produits cosmétiques.
8. **Aragona, M., Lauriano, E. R., Pergolizzi, S., & Faggio, C. J. N. P. R. (2018).** *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller as a source of bioactivity compounds for health and nutrition. *Natural product research*, 32(17), 2037-2049.
9. **Arba, M., Aich, E. L., Sarti, A., Belbahri, B., Boubkraoui, L. L., Ait Hammou, A., ... & Sbaa, A. H. (2000).** Valorisation du figuier de barbarie en élevage. *Bull Mens Inf Liaison PNTTA*, 68, 1-4.
10. **Ashok, K et Mali, R. R, (2011).** Évaluation des formulations de shampooing préparées et comparaison shampooing formulé avec des shampooings commercialisés. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*. Volume 3, numéro 1, <https://www.researchgate.net/publication/263278741>.

11. **Bernard, B. A. (2006).** La vie révélée du follicule de cheveu humain. *médecine/sciences*, 22(2), 138-143.
12. **Ben Idir, I., & Babour, B. (2016).** Les caractéristiques morphologiques du figuier de barbarie et la valorisation des raquettes. (Mémoire de master, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem).
13. **Benattia, F. K. (2017).** Analyse et applications des extraits de pépins de figes de barbarie (Doctoral dissertation, Université de Tlemcen-Abou Bekr Belkaid).
14. **Bédard, (2019).** Anatomie du cheveu. *Clinique de greffe de cheveux Bédard*.
<https://www.cliniquebedar.com/>
15. **Blume, U., Ferracin, J., Verschoore, M., Czernielewski, J. M., & Schaefer, H. (1991).** Physiology of the vellus hair follicle: hair growth and sebum excretion. *British journal of dermatology*, 124(1), 21-28.
16. **Blume, U., Verschoore, M., Poncet, M., Czernielewski, J., Orfanos, C. E., & Schaefer, H. (1993).** The vellus hair follicle in acne: hair growth and sebum excretion. *British Journal of Dermatology*, 129(1), 23-27.
17. **Boonme-Heinonen, J., Gordon-Larsen, P., Kiefe, C. I., Shikany, J. M., Lewis, C. E., & Popkin, B. M. (2011).** Fast food restaurants and food stores: longitudinal associations with diet in young to middle-aged adults: the CARDIA study. *Archives of internal medicine*, 171(13), 1162-1170.
18. **Bouhanna P., Reygagne P (1999).** Pathologie du cheveu et du cuir chevelu. Paris : *Masson*. 1 vol. (XIV-336 p.).
19. **Bouhanna, P (1994).** Cheveux et calvitie : les nouveautés médicales et chirurgicales chez la femme et chez l'homme. Paris : SIMEP. 1 vol. 121 p
20. **Bouhanna, P. (2004).** Les alopecies de la clinique au traitement. France : Edition MED'COM
21. **Bouhanna, P. (2021).** L'alopecie après certains traitements anticancéreux.
22. **Bouillon, C. (2000).** Shampoings et soins embellisseurs. *Encycl Méd Chir, Cosmétologie et dermatologie esthétique*. 50-190-A-10, 6p.
23. **Bouillon, C. (2012).** Hygiène et cosmétique des cheveux; techniques esthétiques. *EMC-Cosmétologie et Dermatologie esthétique* ; 7(1) :1-10 [Article 50-190-1-10].
24. **Bouillon, C. (1996).** Shampoos. *Clinics in dermatology*, 14(1), 113-121.
25. **Bounjoua, S. (2014).** Cosmétologie capillaire Enquête sur les préparations cosmétiques traditionnelles au Maroc rabat-Salé (Doctoral dissertation).

26. **Boutakiout, A. (2015).** Etude physico-chimique, biochimique et stabilité d'un nouveau produit: jus de cladode du figuier de Barbarie marocain (*Opuntia ficus-indica* et *Opuntia megacantha*) (Doctoral dissertation, Université d'Angers).
27. **Canal, E. (2013).** Les shampooings et les principales pathologies capillaires à l'officine (Doctoral dissertation).
28. **Cardenas, A., Higuera-Ciapara, I., & Goycoolea, F. M. (1997).** Rheology and aggregation of cactus (*Opuntia ficus-indica*) mucilage in solution. *Journal of the Professional Association for cactus development*, 2, 152-159.
29. **Cárdenas, A., Higuera-Ciapara, I., & Goycoolea, F. M. (1997).** Rheology and aggregation of cactus (*Opuntia ficus-indica*) mucilage in solution. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 2, 152-159.
30. **Casas, A., & Barbera, G. (2002).** Mesoamerican domestication and diffusion. *Cacti: biology and uses*, 143, 62.
31. **Casteli, V. C., Mendonça, C. C., de Campos, M. A. L., Ferrari, M., & Machado, S.R. P. (2008).** Desenvolvimento e estudos d'estabilida de preliminares d'emulsões O/A contendo Cetoconazol 2, 0%. *Acta Scientiarum. Health Sciences*, 30(2), 121-128.
32. **Clendennen, S. K., & Boaz, N. W. (2019).** Betaine amphoteric surfactants—Synthesis, properties, and applications. In *Biobased surfactants* (pp. 447-469). AOCS Press.
33. **Dawber, R. (1996).** Hair: its structure and response to cosmetic preparations. *Clinics in dermatology*, 14(1), 105-112.
34. **Deeksha, R., Malviya, P., & Kumar, S. (2014).** Evaluation of marketed shampoo (synthetic and natural) for their hair cleansing, dirt dispersion, wetting time, solid content and foaming capacity properties. *Global Journal of Pharmacology*, 8(4), 490-493.
35. **Defelice, M. S. (2004).** Prickly pear cactus, *Opuntia* spp. a spine-tingling tale. *Weed technology*, 18(3), 869-877.
36. **Deore S.L., Skhadabadi S. (2008).** L'évaluation de la normalisation pharmaceutique de chlorophytum borivilianum mucilage. *Rasayan journal de chimie*, 1,887-892.
37. **Deshmukh, S., Kaushal, B., & Ghode, S. (2012).** Formulations and evaluation of herbal shampoo and comparative studies with herbal marketed shampoo. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 3(3), 638-645.
38. **Docherty, K. M., & Hebbeler, S. Z. (2006).** Chemical structures of imidazolium, pyridinium and quaternary ammonium ionic liquids. *Researchgate*.
<https://www.researchgate.net/>

39. **Dreno, B., Monia, K., & Stephane, B. (2009).** Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Nantes, Pole de Biologie, Service de Génétique Medicale, Nantes, France; 2 Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Nantes, Pole de Médecine, Service de Dermatologie, Nantes, France; 3 Hôpital Charles Nicolle, Service de Dermatologie, Tunis, Tunisia.
40. **Du Toit, A., De Wit, M., Seroto, K. D., Fouche, H. J., Hugo, A., & Venter, S. L. (2017, March).** Rheological characterization of cactus pear mucilage for application in nutraceutical food products. In IX International Congress on Cactus Pear *and* Cochineal: *CAM Crops for a Hotter and Drier World* 1247 (pp. 63-72).
41. **DVipul, P., KGirish, J., GNaresh, M., & PNarayan, R. (2012).** *carbohydrate polymers* 92 (2013) p 1685-1699.
42. **El Hachimi, F., Alfaiz, C., Bendriss, A., Cherrah, Y., & Alaoui, K. (2017).** Activité anti-inflammatoire de l'huile des graines de *Zizyphus lotus* (L.) Desf. *Phytothérapie*, 15(3), 147-154.
43. **El-kassouani, N. (2013).** Les produits cosmétiques pour les soins du visage.
44. **Eric S., & Abrutyn. (2011).** Shampoos. *Cosmetics and Toiletries*. 126 (12) 850-55.
45. **Espino-Diaz, M., Ornelas-Paz, J. J., Martinez-Tellez, M. A., Santillan, C., BarbosaCanovas, G. V., Zamudio-Flores, P. B., et al. (2010).** Development and characterization of edible films based on mucilage of *Opuntia ficus-indica* (L.). *Journal of Food Science*, 75(6), E347–E352
46. **Fazlolahzadeh, O., & Masoudi, A. (2015).** Cosmetic evaluation of some Iranian commercial normal hair shampoos and comparison with new developed formulation. *International Journal of Pharmacognosy*, 2(5), 259-265.
47. **Fernandez, M. L., Trejo, A., & McNamara, D. J. (1990).** Pectin isolated from prickly pear (*Opuntia sp.*) modifies low density lipoprotein metabolism in cholesterol-fed guinea pigs. *The Journal of nutrition*, 120(11), 1283-1290.
48. **Feugang, J. M., Konarski, P., Zou, D., Stintzing, F. C., & Zou, C. (2006).** Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia spp.*) cladodes and fruits. *Frontiers in Bioscience*, 11(1), 2574-2589.
49. **Filannino, P., Cavoski, I., Thlien, N., Vincentini, O., D'Angelis, M., Silano, M., ... & Di Cagno, R. (2016).** Lactic acid fermentation of cactus cladodes (*Opuntia ficus-indica* L.) generates flavonoid derivatives with antioxidant and anti-inflammatory properties. *PLoS One*, 11(3), e0152575.

- a. Formulation d'un shampoing à base de plantes utilisant des saponines totales d'*Acanthophyllum squarrosum*. *Journal iranien de la recherche pharmaceutique*, 6 (3): 167-172.
- 50. Fortier, J. F. (2007).** Definition mucilage. Dans Aquaportail. <https://www.aquaportail.com/definition-1370-mucilage.html>.
- 51. Franbourg, A., Hallegot, P., Baltenneck, F., Toutaina, C., & Leroy, F. (2003).** Current research on ethnic hair. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 48(6), S115-S119.
- 52. Frati-Munari, A. C., Gordillo, B. E., Altamirano, P., & Ariza, C. R. (1988).** Hypoglycemic effect of *Opuntia streptacantha* Lemaire in NIDDM. *Diabetes Care*, 11(1), 63-66.
- 53. Georgel, A. (2008).** Pénétration transcutanée des substances actives: application en dermocosmétologie (Doctoral dissertation, UHP-Université Henri Poincaré).
- 54. Ghanes, I., & Mekid, R. (2021).** Formulation et caractérisation d'un produit cosmétique à base d'un extrait des cladodes d'*Opuntia ficus indica* de la région de Tissemsilt. [Mémoire de master, Université de Tissemsilt].
- 55. Gheribi, R., Puchot, L., Verge, p. J., Grayaa, N., Mezni, M., Habibi, Y., & kwaldia, K. (2018).** Developement of plasticiezed edible films from opuntia Ficus-indica mucilage : A comparative study of various polyol plasticizers carbohydrate polymers, 190(February2018).
- 56. Ginestra, G., Parker, M. L., Bennett, R. N., Robertson, J., Mandalari, G., Narbad, A., & Waldron, K. W. (2009).** Anatomical, chemical, and biochemical characterization of cladodes from prickly pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.]. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(21), 10323-10330.
- 57. Goldstein, G., Andrade, J. L., & Nobel, P. S. (1991).** Differences in water relations parameters for the chlorenchyma and the parenchyma of *Opuntia ficus-indica* under wet versus dry conditions. *Functional Plant Biology*, 18(2), 95-107.
- 58. González Sandoval, D. C., Luna Sosa, B., Martínez-Ávila, G. C. G., Rodríguez Fuentes, H., AvendañoAbarca, V. H., & Rojas, R. (2019).** Formulation and characterization of edible films based on organic mucilage from Mexican *Opuntia ficus-indica*. *Coatings*, 9(8), 506.
- 59. Google, (s.d).** [Google Maps : la commune de Maasam, wilaya de Tissemsilt _ Algérie] Récupérée le 02 mai 2022, de <https://maps.google.com>

60. **Goullé, J. P., & Kintz, P. (1997, September).** Le cheveu: un efficace marqueur biologique d'exposition aux xénobiotiques. *In Annales de Biologie Clinique* (Vol. 55, No. 5, pp. 435-42).
61. **Habibi, Y. (2004).** Contribution à l'étude morphologique, ultrastructurale et chimique de la figue de barbarie. Les polysaccharides pariétaux: caractérisation et modification chimique (Doctoral dissertation, Université Joseph-Fourier-Grenoble I).
62. **Halligudi, N., & Al-khudori, M. S. (2013).** Evaluation of cosmetic properties of different brands of shampoos from multinational brands in Oman.
63. **Hernández-Urbiola, M. I., Pérez-Torrero, E., & Rodríguez-García, M. E. (2011).** Chemical analysis of nutritional content of prickly pads (*Opuntia ficus indica*) at varied ages in an organic harvest. *International journal of environmental research and public health*, 8(5), 1287-1295.
64. **Inglese, P. (2018).** Ecologie, Culture Et utilisations du Figuier De Barbarie. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. ISBN: 9789251303443-9251303444-250 pages.
65. **Ireland, S., Carlino, K., Gould, L., Frazier, F., Haycock, P., Ilton, S., & Reddy, K. (2007).** Shampoo after craniotomy: a pilot study. *Canadian journal of neuroscience nursing*, 29(1), 14-19.
66. **Irene D., (2014).** Cap coiffure : *savoir associés*. Ed Delagrave, Paris, 5 :426p
67. **JACQUEMAIN. (1961).** Examens organoleptiques. *Rev. Belg. Ferm. Ind. Alim.*, 6, 147-168
68. **Kamath, Y. K., & Weigmann, H. D. (1982).** Fractography of human hair. *Journal of Applied Polymer Science*, 27(10), 3809-3833.
69. **Kroh, L. W. (1994).** Caramelisation in food and beverages. *Food chemistry*, 51(4), 373-379.
70. **Krunali, T., Dhara, P., Meshram, D. B., & Mitesh, P. (2013).** Evaluation of standards of some selected shampoo preparation. *World J Pharm Pharm Sci*, 2(5), 3622-30.
71. **Kumar, A., & Mali, R. R. (2010).** Evaluation of prepared shampoo formulations and to compare formulated shampoo with marketed shampoos. *Evaluation*, 3(1), 025.
72. **Langbein, L., Rogers, M. A., Winter, H., Praetzel, S., & Schweizer, J. (2001).** The catalog of human hair keratins: II. Expression of the six type II members in the hair follicle and the combined catalog of human type I and II keratins. *Journal of Biological Chemistry*, 276(37), 35123-35132.

73. **Larrouy .M, (2015).** *Le sodium lauryl sulfate*. Université de Québec à Chicoutimi, 12_29.
74. **Laudereau, J. (1995).** *Pour une meilleure connaissance du cheveu*. Esav/Estetica.
75. **Lavocat, R. (2022).** Le cheveu/ cycle capillaire. *Chirurgieesthétique*.
<https://chirurgieesthetiquelavocat.com/cycle-capillaire.html>
76. **Le Houérou, H. N. (2000, October).** Cacti (*Opuntia spp.*) as a fodder crop for marginal lands in the Mediterranean basin. *In IV International Congress on Cactus Pear and Cochineal 581 (pp. 21-46)*.
77. **Liliya, (2019).** Sodium dodecyl sulfate SDS, sodium lauryl sulfate SLS molecule. It is an anionic surfactant used in cleaning and hygiene products. Structural chemical formula and molecule model. Vector illustration, [En ligne]. <https://www.alamy.com/sodium-dodecyl-sulfate-sds-sodium-lauryl-sulfate-sls-molecule-it-is-an-anionic-surfactant-used-in-cleaning-and-hygiene-products-structural-chemical-image249282388.html> [consulté le 07 mai 2022].
78. **Lima, C.G., Vilela, A.F.G., Silva, A.A.S., Piannovski, A.R., Silva, K.K., Carvalho, V.F.M., de Muis, C.R., Machado, S.R.P., & Ferrari, M. (2008).** Desenvolvimento e avaliação da estabilidade física de emulsões O/A contendo óleo de babaçu (*Orbignya oleifera*). *Rev. Bras. Farm.* 2008.
79. **Louis Ho Tan Tai (2001).** *Formulating Detergents and Personal Care Products*. Lambersart, France : American Oil Chemists' Society.
80. **Malki, L., & Zemmour, M. (2015).** Pédiculose du cuir chevelu en milieu scolaire dans la Wilaya de Tizi-Ouzou (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
81. **Marieb, E. (2010).** *Anatomie et physiologie humaines*. Edition du Renouveau pédagogique, 8 :172.
82. **Martini, M. C., & Seiller, M. (2006).** Actifs et additifs en cosmétologie. 3^{ème} éd. France: Tec & Doc. Van Scott EJ, Yu RG. *Control of keratinization with a-hydroxy acids and related compounds. Topical treatment of ichthyotic disorders*. *Arch Dermatol* 1974 oct; 110: 586590.
83. **Martini, M. C. (2002).** Esthétique-cosmétique: CAP, BP, BTS *esthétique-cosmétique*. *Cosmétologie* (Vol. 2). (DEPRECIATED).
84. **Martini, M. C. (2011).** Introduction à la dermopharmacie et à la cosmétologie, 3^{ème} édition. *Editions Médicales internationales*, Cachan.
85. **Matard, B., & Reygagne, P. (2002).** Traitements antichutes. *Encycl Méd Chir, Cosmétologie et dermatologie esthétique*. 50-190-E-10, 7p.

86. **McGarvie, D., & Parolis, H. (1981).** Methylation analysis of the mucilage of *Opuntia ficus-indica*. *Carbohydrate Research*, 88(2), 305-314.
87. **Millar, S. E. (2002).** Molecular mechanisms regulating hair follicle development. *Journal of Investigative Dermatology*, 118(2), 216-225.
88. **Moghimipour, E., & Handali, S. (2015).** Biology, chemistry annual research and review in biology.
89. **Mondragon, J. C. (2000).** Cactus pear domestication and breeding. *Plant breeding reviews*, 20, 135-166.
90. **Nasrin, A. a., Eskandar, M. b., & Azadeh, R. D. b. (2007).**
91. **Neffar, S. (2012).** Etude de l'effet de l'âge des plantations de figuier de Barbarie (*Opuntia ficus indica* L. Miller) sur la variation des ressources naturelles (sol et végétation) des steppes algériennes de l'Est. Cas de Souk-ahras et Tébessa (Doctoral dissertation, Annaba).
92. **Nobel, P. S. (1999).** *Physicochemical & environmental plant physiology*. Academic press.
93. **Nobel, P. S. (Ed.). (2002).** *Cacti: biology and uses*. Univ of California Press.
94. **Ouellette, R. J., & Rawn, J. D. (2018).** *Organic chemistry: structure, mechanism, synthesis*. Academic Press.
95. **Osuna-Martínez, U., Reyes-Esparza, J., & Rodríguez-Fragoso, L. (2014).** Cactus (*Opuntia ficus-indica*): A Review on its Antioxidants Properties and Potential Pharmacological Use in Chronic Diseases. *Nat Prod Chem Res* 2: 153.
96. **Patel, I. M. R. A. N., & Talathi, A. D. N. Y. A. (2016).** Use of traditional Indian herbs for the formulation of shampoo and their comparative analysis. *Int. J. Pharm. Pharm. Sci*, 8(3), 28-32.
97. **Petera, B., Delattre, C., Pierre, G., Wadouachi, A., Elboutachfai, R., Engel, E., ... & Fenoradosoa, T. A. (2015).** Characterization of arabinogalactan-rich mucilage from *Cereustriangularis cladodes*. *Carbohydrate Polymers*, 127, 372-380
98. **Pounikar, Y. O. G. E. S. H., Jain, P. U. S. H. P. E. N. D. R. A., Khurana, N. A. V. N. E. E. T., Omray, L. K., Patil, S., & Gajbhiye, A. S. M. I. T. A. (2012).** Formulation and characterization of Aloe vera cosmetic herbal hydrogel. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 4(4), 85-86.
99. **Rabie, S., & Berkani, A. (2015).** Contribution à l'étude de propriétés émulsifiantes du mucilage extrait à partir des graines de « *Trigonella foenum-graucum* ». (mémoire de master, université Saad DAGLAB-Blida1) p 12-13.

- 100. Ramiaramananana, L. J. (2016).** Amélioration des produits cosmétiques à base de bois de Santal, [mémoire de licence, université d'Antananarivo].
- 101. Rees, J. L. (2003).** Genetics of hair and skin color. *Annual review of genetics*, 37(1), 67-90.
- 102. Reynolds, S. G., & Arias, R. E. (2003).** El nopal (*Opuntia spp.*) como forraje. Rome: FAO.
- 103. Saad, A. H., & bazigha Kadhim, R. (2011).** Formulation and development of herbal shampoo from Ziziphus spina leaves extract. *International Journal of Research in Ayurveda & Pharmacy*, 2(6), 1802.
- 104. Saenz, C. (2000).** Processing technologies: an alternative for cactus pear (*Opuntia spp.*) fruits and cladodes. *Journal of Arid Environments*, 46(3), 209-225.
- 105. Sáenz, C., Berger, H., Rodríguez-Félix, A., Galleti, L., Corrales García, J., & Sepúlveda, E. (2013).** Agro-industrial utilization of cactus pear. Food and Agriculture Organization, Rome. Available at.
- 106. Sáenz, C., Sepúlveda, E., & Matsuhira, B. (2004).** *Opuntia spp* mucilage's: a functional component with industrial perspectives. *Journal of arid environments*, 57(3), 275-290.
- 107. Salem, H. B., Nefzaoui, A., & Salem, L. B. (2002).** Supplementation of *Acacia cyanophylla* Lindl. Foliage-based diets with barley or shrubs from arid areas (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis* and *Atriplex nummularia* L.) on growth and digestibility in lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 96(1-2), 15-30.
- 108. Sauvage M, Belin. (2011)** Les problèmes capillaires. *Le moniteur des pharmacies ; cahier II du n°2906.*
- 109. Sbhatu, D. B., Berhe, G. G., Hndeya, A. G., Abraha, H. B., Abdu, A., Gebru, H. A., ... & Kidanemariam, H. G. (2020).** Formulation and physicochemical evaluation of lab-based *Aloe adigratana* Reynolds shampoos. *International Journal of Analytical Chemistry*, 2020.
- 110. Schweizer, M. (1999).** Docteur Nopal: *médecin du bon Dieu*. APB, *Aloe plantes et beauté*.
- 111. Sepúlveda, E. S. C. A. E., Sáenz, C., Aliaga, E., & Aceituno, C. (2007).** Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia spp.* *Journal of arid environments*, 68(4), 534-545.
- 112. Sharma, R. M., Shah, K., & Patel, J. (2011).** Evaluation of prepared herbal shampoo formulations and to compare formulated shampoo with marketed shampoos. *Int J Pharm Pharm Sci*, 3(4), 402-5.

- 113. Sauvage, M. B. (2011).** Les problèmes capillaires. *Le moniteur des pharmacies* 2011 ; cahier II du n°2906.
- 114. Stintzing, F. C., Schieber, A., & Carle, R. (2001).** Phytochemical and nutritional significance of cactus pear. *European Food Research and Technology*, 212(4), 396-407.
- 115. Vijayalakshmi, A., Sangeetha, S., & Ranjith, N. (2018).** Formulation and evaluation of herbal shampoo. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 11(4), 121-124.
- 116. Wenniger, J. A., Canterbury, R. C. (2000).** International cosmetic ingredient dictionary and handbook, *eighth edition*, vol 2.
- 117. Wolfram, L. J. (2003).** Human hair: a unique physicochemical composite. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 48(6), S106-S114.
- 118. Zhang, S. Q., Bi, H. M., & Liu, C. J. (2007).** Extraction of bio-active components from *Rhodiasachalinensis* under ultrahigh hydrostatic pressure. *Separation and Purification Technology*, 57(2), 277-282.