

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche

Scientifique

UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA 1

Faculté de technologie

Département de génies des procédés



MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de.

MASTER EN GENIE DES PROCEDES

Spécialité : génie de l'environnement.

THEME :

Valorisation d'une biomasse marine « plume de calamar »
Extraction du chitosane et son incorporation dans la
formulation d'un shampoing solide

Présenté par :

- Dhorbane Aicha Meriem.
- Mokhtar Imene.

Encadrée par : Pr. Laribi Hassiba.

2022-2023

Remerciements

Nous exprimons notre profonde gratitude tout d'abord à **ALLAH** de nous avoir donné le courage, la volonté et la force pour réaliser ce travail.

Nous tenons à remercier profondément notre encadreur Pr. **LARIBI Hassiba**, d'avoir accepté de diriger ce travail, pour la confiance qu'elle nous a accordé, merci pour avoir toujours été Disponible pour être à notre écoute, pour nous avoir guidée tout en nous laissant libre dans notre choix.

Nous tenons également à remercier le chef service Mme **S. AZINE** ainsi que les membres du laboratoire de Toxicologie du **Groupe Soidal** de Gué de Constantine pour la réalisation du test toxicologique.

Dédicaces

Avec joie, fierté et respect nous dédions ce travail :

A nos chers parents qui ont toujours cru en nous.

A notre professeure madame LARIBI.

A tous ceux qu'on aime et tous ceux qui ont une place particulière dans nos cœurs.

Merci.

Résumé :

Le chitosane, ²est un polysaccharide naturel, qui possède des propriétés antibactériennes qui peuvent être intéressantes dans de nombreux domaines comme le domaine pharmaceutique. L'objectif de ce travail est d'extraire le chitosane de source « plume de calamar » et le Valoriser en tant que principe actif dans un shampoing solide destiné au traitement du Psoriasis.

D'abord, la préparation de chitosane par désacétylation de la chitine extraite après déminéralisation et déprotéinisation. Le produit obtenu a été caractérisé par la spectroscopie infra rouge (FTIR) avec un DDA de 82%. Ensuite, l'incorporer dans un shampoing solide qui est 100% BIO.

Mots clés : plumes de calamar, chitine, chitosane, déminéralisation, déprotéinisation, déacétylisation shampoing solide, psoriasis .

Abstract :

Chitosan, which is a natural polysaccharide, which has antibacterial properties that can be of interest in many fields such as the pharmaceutical field. The objective of this work is to extract chitosan from a "squid feather" source and use it as an active ingredient in a solid shampoo intended for the treatment of Psoriasis.

First, the preparation of chitosan by deacetylation of the chitin extracted after demineralization and deproteinization. The product obtained characterized by spectroscopy (FTIR) with a DDA of 82%. Then incorporate it into a solid shampoo that is 100% ORGANIC.

Keywords: chitin, chitosne, squid feathers, deacetylating, deproteinization, psoriasis, hard shampoo.

ملخص:

الشيتوسان، وهو عبارة عن عديد السكاريد الطبيعي، الذي يمتلك خصائص مضادة للجراثيم والتي يمكن أن تكون ذات فائدة في العديد من المجالات مثل المجال الصيدلاني. الهدف من هذا العمل هو استخلاص الشيتوسان من مصدر "ريش الحبار" واستخدامه كعنصر نشط في شامبو صلب مخصص لعلاج الصدفية.

أولاً تحضير الشيتوزان عن طريق نزع الأسيتيل من الكيتين المستخرج بعد نزع المعادن ونزع البروتين. تم تشخيص المنتج الذي تم الحصول عليه بواسطة التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء بنسبة 82%. ثم دمجه في شامبو صلب طبيعي 100%.

الكلمات الأساسية شيتوسان، شيتين، شامبو صلب، نزع المعدن، نزع البروتينات، نزع جزيئات الأسيتيل، الصدفية.

Sommaire :

Listes des figures

Listes des tableaux

Introduction :	1
1.2 Système « osseux » du calmar :	4
2. Chitine et chitosane :	5
2.1. Chitine :	6
2.1.1. La structure cristalline de la chitine:	6
2.1.2. Source de la chitine :	8
2.1.3. Procédé d'extraction de la chitine :	8
2.2. Chitosane :	9
2.2.1. La structure chimique du Chitosane :	9
2.2.2. La différence entre la structure chitine - chitosane:	10
2.2.3. Propriétés du chitosane :	11
2.2.3.1. Propriétés physico-chimiques :	11
II.2.3.2. Propriétés biologiques :	12
2.2.4. Les domaines d'applications du Chitosane:	12
3. Les cheveux le shampoing et le psoriasis :	13
3.1. Les cheveux et le cuir chevelu	13
3.1.1. Le cuir chevelu	13
3.1.1.1. Les différentes couches de cuir chevelu	13
3.1.2. Rôles des cheveux :	14
3.2. Les shampoings :	14
3.2.2. La composition d'un shampoing :	15
3.2.2.1. Les tensioactifs :	15
3.2.2.2. Les adoucissants :	17
3.2.2.3. Les conservateurs :	17
3.2.2.4. Les colorants :	18
3.2.2.5. Les parfums :	18
3.2.3. Les différentes catégories de shampoing :	18
3.3. La maladie du psoriasis :	21
3.3.1. Les différentes formes de psoriasis :	22
3.3.2. Forme commune de psoriasis :	22
3.3.3. Les facteurs qui peuvent déclencher une poussé :	24
3.3.4. Les traitements possibles du psoriasis localisé :	24
3.3.5. Les traitements possibles pour un psoriasis sévère :	25

Chapitre II : Matériels et méthodes :	28
1.1. Matériels :	28
1.2 Méthodes :	28
2.1. Extraction de la chitine et du chitosane :	28
2.1.1 Le prétraitement :	28
2.1.2. Extraction de la chitine :	29
2.1.3 : Extraction du chitosane :	31
2.2. Caractérisation du chitosane :	32
2.3. L'incorporation du chitosane dans un shampoing :	35
2.4. Caractérisation du shampoing :	36
Chapitre III: Résultats et discussions :	41
1. Caractérisation du chitosane :	41
1.1 Rendements des récitons :	41
1.2. Teste de solubilité :	41
1.3. Le DDA :	42
1.4. Le poids moléculaire :	43
2. Caractérisations du shampoing solide :	43
2.1. Le pH:	43
2.2. Pouvoir détergent :	43
2.3. Dispersion de la saleté :	44
2.4. Test d'irritation cutanée (IN VIVO) :	44
Conclusion :	49
Les références :	50

Listes des figures :

Figure I-1 : Morphologie d'un calmar.	5
Figure I-2 : Structure moléculaire de la chitine	6
Figure I-3 : : Structure moléculaire et représentation conventionnelle de α -chitine (A) et β -chitine (B)	7
Figure I-4 : Schéma simplifié des trois formes cristallines de la chitine.....	7
Figure I-5 : Structure chimique du chitosane	10
Figure I-6 : la différence entre la structure chimique de la chitine et du chitosane.....	10
Figure I-7 : les couches du cuir chevelu.....	14
Figure I-8. Molécule de TA anionique (sodium lauryl sulfate) « SLS »	16
Figure I-9 : Structure chimique d'imidazolium, de pyridinium et d'ammonium quaternaire.	16
Figure I-10 Molécule de TA non anionique (méthyl glucoside)	17
Figure I-11: La couche de peau humaine touchée par le psoriasis	21
Figure I-12 : Les différents types de psoriasis.....	22
Figure I-13 : Psoriasis pustuleux palmaire	25
Figure II-1 : les étapes de l'extraction de la chitine.....	29
Figure II-2 : l'étape de déminéralisation.	29
Figure II-3 : étape de déprotéinisation.....	30
Figure II-4: chitine obtenue après séchage.....	30
Figure II-5 : étape de blanchiment.....	30
Figure II-6 : étape de désacétylation.....	31

Figure II-7 : chitosane obtenu après séchage.....	31
Figure II-8 : l'échantillon avant et après séchage.	36
Figure II-8 : lapin après rasage.....	37
Figure III-1 : Spectre IR du chitosane.....	42
Figure II-2 : le pH.....	43
Figure III-3 : résultat du teste de dispersion de la saleté.....	44
Figure III-4: flanc droit essai (scarifié).....	44
Figure III-5 : flanc gauche témoin (non scarifié)	44
Figure III-6 : flanc scarifié (24h) du 1 ^{er} lapin.....	45
Figure III-7 : flanc non scarifié (24h) du 1 ^{er} lapin.....	45
Figure III-8: flanc scarifié (24h) du 2 ^{ème} lapin.....	45
Figure III-9: flanc non scarifié (24h) du 2 ^{ème} lapin.....	45
Figure III-10: flanc scarifié (24h) du 3 ^{ème} lapin.....	45
Figure III-11: flanc non scarifié (24h) du 3 ^{ème} lapin.....	45
Figure III-12: flanc scarifié (48h)	46
Figure III-13: flanc non scarifié (48h)	46
Figure III-14: flanc scarifié (72h)	46
Figure III-15: flanc non scarifié (72h)	46
Figure III-16 : candidat avant l'utilisation du shampoing.....	48
Figure III-17 : candidat après l'utilisation du shampoing.....	48

Liste des tableaux :

Tableau I-1 : principales sources de chitine.....	8
Tableau I-2 : les domaines d'applications du chitosane.....	13
Tableau II-1 : matériels et produits utilisés.....	28
Tableau II-2 : différentes formulations pour un shampoing solide de 100g.....	35
Tableau II-2 : Grille d'évaluation du test d'irritation cutané de Draize.....	36
Tableau III-1 : Rendements des différentes étapes d'extraction et de transformation de la chitine en chitosane.....	41
Tableau III-2 : résultats de solubilité du chitosane dans différents solvant	41
Tableau III-3 : résultats de DDA du chitosane	42
Tableau III-4: Cotation des manifestations cutanées.....	47
Tableau III-5 : : Classification des produits selon l'I.P.....	47

Introduction

Introduction :

L'environnement et le développement durable sont devenus actuellement une préoccupation majeure pour l'homme et l'opinion publique mondiale, qui sont amenés à agir pour faire face aux challenges du siècle présent, en occurrence, la dégradation de la qualité de vie qui menace les générations futures, l'épuisement des richesses naturelles et la pollution du globe.

Réduire. Réutiliser. Recycler. Les trois R, répétés depuis un demi-siècle, résument les enjeux du traitement des matières résiduelles. Les pêches composent, elles aussi, avec cette réalité. Plusieurs des coproduits qu'elles génèrent recèlent des éléments de grande valeur pour les industries pharmaceutique, cosméceutique, de l'alimentation humaine et animale.

Les coproduits marins représentent en moyenne 50 % du poids de la matière première. Constitués des parties de l'animal non consommées par l'humain directement (têtes, arêtes, peaux, coquilles...), ils sont riches en protéines, lipides, minéraux et autres molécules d'intérêt et peuvent être transformés en différents [1]. Au niveau réglementaire, les coproduits marins font partie des sous-produits animaux. Le règlement européen (CE) n° 1069/2009 définit de manière précise les modalités de collecte et de traitement des différentes catégories de sous-produits animaux non destinés à la consommation humaine.

Parmi ces coproduits la chitine et ses dérivés qui font partie de la grande famille des biopolymères à côté de la cellulose, l'amidon et le collagène. Le chitosane et la chitine sont des polysaccharides contenant plus de 5 000 unités de glucosamine et d'acétylglucosamine, Le chitosane est le dérivé le plus important de la chitine qui est le polysaccharide le plus abondant sur terre après la cellulose [2].

Plusieurs voies de valorisation sont possibles : alimentation animale, alimentation humaine, industries cosmétiques et pharmaceutiques, valorisation énergétique (méthanisation).

Le psoriasis est une maladie inflammatoire cutanée chronique. C'est une maladie complexe impliquant des facteurs génétiques et de nombreux facteurs environnementaux qui révèlent la maladie et favorisent les poussées, Il ne peut pas être guéri [3].

Le présent travail s'inscrit dans cette approche en essayant de formuler modifier et valoriser une biomasse marine en vue de son utilisation comme un hydrolat pour un shampoing solide contre la maladie psoriasis.

L'objectif de ce travaille et d'extraire le chitosane de source « plume de calamar », les trois grandes étapes du procèdes de transformation sont une déminéralisation par un acide suivi d'une déprotéinisation basique et enfin une élimination du groupement acétyle de la chitine(désacétylation) cette dernière étape permet le passage de chitine à chitosane. Elle est conditionnée par un paramètre (le degré de désacétylation) ce dernier va influencer sur les autres paramètres physico-chimiques.

Le 2éme objectif est d'incorporer le chitosane comme hydrolat dans la formulation d'un shampoing solide.

Par conséquent, le manuscrit est présenté en trois chapitres :

- 1^{er} chapitre : étude bibliographique.
- 2^{ème} chapitre : matériels et méthodes.
- 3^{ème} chapitre : résultats et discussion.

A la fin une conclusion générale où seront rassemblés les résultats pertinents de cette contribution avec une proposition de quelques perspectives.

Chapitre I : Etude bibliographique.

1. Généralités sur les calmars :

Les calmars, aussi appelés calamars, ou teuthides constituent un groupe morphologique, apparu au début du Jurassique, de céphalopodes décapodes marins regroupant près de 300 espèces. La plupart des espèces n'ont pas de nom vernaculaire spécifique et sont donc désignées en français sous le nom générique de « calmar » ou « calamar ». Il en est de même pour le terme encornet, autre nom vernaculaire plus particulièrement utilisé lorsque ces animaux sont considérés en tant que comestibles ou appâts de pêche. L'ordre des Teuthida, qui regroupait tous les calmars, est désormais considéré comme obsolète parce que paraphylétique. Il est maintenant séparé en Myopsida et Oegopsida.

Ce sont des espèces pélagiques vivant parfois de façon isolée mais plus souvent en banc. Comme les autres céphalopodes, les calmars ont une tête distincte, une symétrie bilatérale, un manteau, une couronne péribuccale de bras musclés et protractiles munis de ventouses et/ou de crochets. Leur taille varie de quelques centimètres à une dizaine de mètres.

Les calmars forment un important maillon de la chaîne alimentaire océanique et certaines espèces sont comestibles pour l'homme ; ils ont donc une importance commerciale considérable et font partie des espèces qui ont une croissance rapide, une prolificité élevée et dont les populations mondiales croissent globalement depuis les années 1950. Avec les méduses, les seiches et les poulpes, les calmars semblent faire partie des quelques taxons qui s'adaptent bien à la dégradation du milieu marin, au détriment d'autres espèces, et tant que leur optimum de conditions de vie ne sera pas dépassé¹. Le calmar commun (*Loligo vulgaris*) est l'espèce la plus consommée par l'homme. Les appellations gastronomiques locales ne distinguent parfois pas les seiches des calmars.

1.2 Système « osseux » du calmar :

Les mollusques ne disposent pas d'os comme les vertébrés mais ils disposent d'une coquille, excepté chez les coléoïdes chez qui celle-ci semble avoir évolué vers une structure interne analogue à la coquille des mollusques, elle aussi composée de chitine, un matériau dur essentiellement constitué d'un polysaccharide⁵. Cet organe rigide, lové dans le manteau, dispose d'une forme différente pour chaque espèce de coléoïde, c'est même la forme de cette structure qui permet de déterminer l'espèce d'un spécimen. Ainsi celle des calmars, appelée plume ou gladius, est plutôt allongée et semi-transparente, elle a l'aspect d'une règle de section circulaire en plastique, elle passe au milieu du corps côté dorsal, entre les nageoires caudales, très différentes des os de seiche des Sepiida par exemple.

L'intérieur de cette coquille est poreux et l'animal règle sa flottabilité en y comprimant plus ou moins les gaz qu'elle renferme.

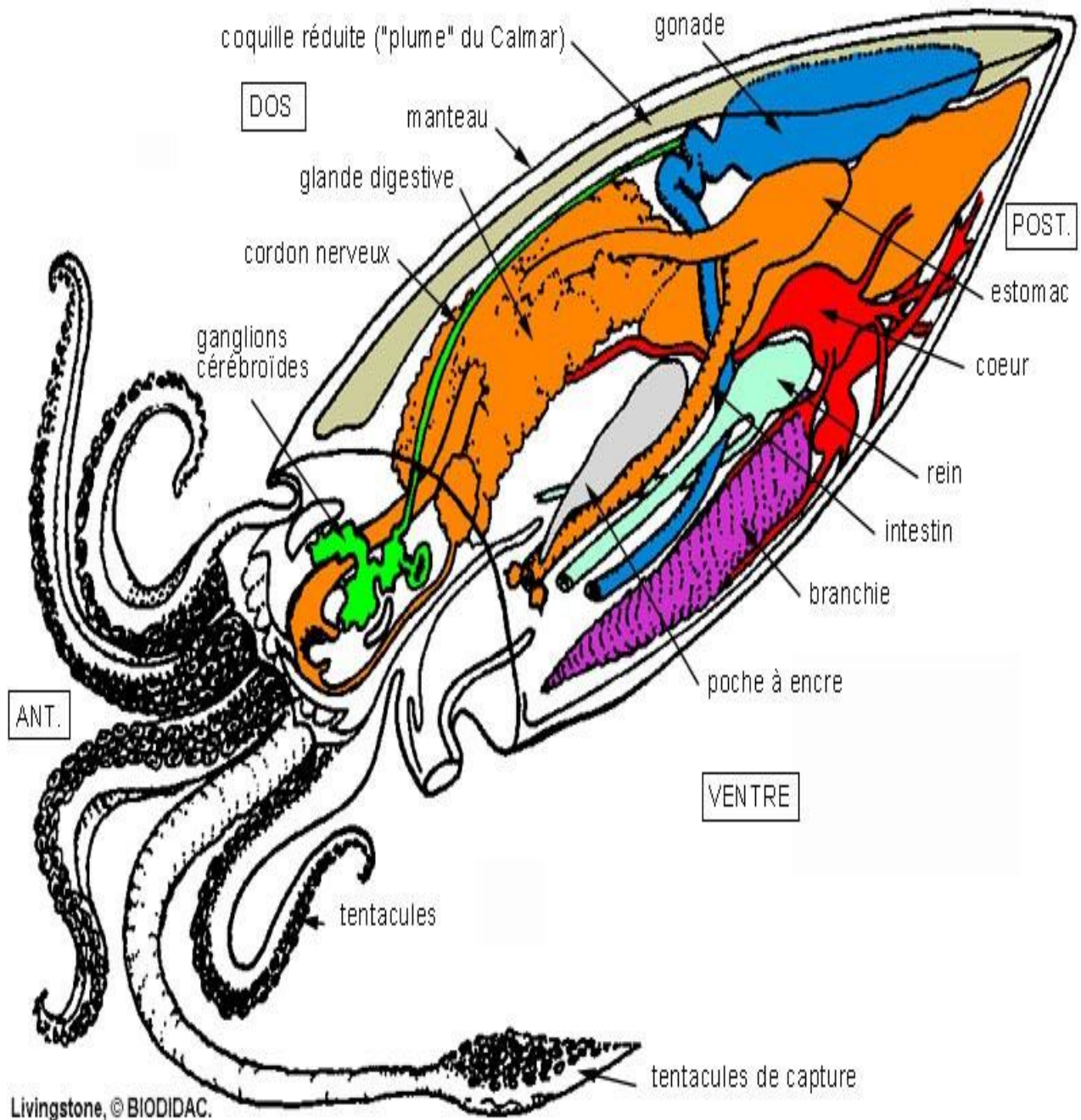


Figure I-1. Morphologie d'un calmar.

2. Chitine et chitosane :

Les polysaccharides sont des bio polymères d'origine naturelle jouant un rôle structural chez les plantes et les animaux. Parmi ces polysaccharides, la chitine et son principal dérivé le chitosane sont ceux qui suscitent le plus d'intérêt chez l'homme. Après la cellulose, c'est le polysaccharide le plus abondant. La chitine et le chitosane sont, en effet, extrait commercialement des carapaces des crustacés telles que le crabe et la crevette. Cette valorisation des déchets contribue à la sauvegarde de L'environnement dans des régions où les

crustacés constituent l'approvisionnement principal de diverses conservations. En effet, il faut noter que les déchets des industries de la pêche, s'ils ne sont pas utilisés, sont rejetés en mer et posent d'importantes problèmes de pollution car les carapaces des crustacés sont biodégradables très lentement. Il est donc important de valoriser ces coproduits [4].

2.1. Chitine :

La chitine est le polysaccharide aminé le plus répandu dans la nature. On le trouve principalement dans les parois cellulaires des champignons et dans l'exosquelette des arthropodes et des insectes [5]. La structure chimique de la chitine est semblable à celle de la cellulose, à la différence près qu'il s'agit d'un homopolymère d'unités de N'acétyl-β-D-glucosamine (NAG) et non de glucose. L'unité structurale de base est le chitobiose, constitué de 2 résidus de NAG reliés entre eux par des liaisons glycosidiques de type β-1,4. Selon Austin et al, la fonction acétyl-amine de la chitine lui conférerait une résistance accrue par rapport à la cellulose. (Figure 1).

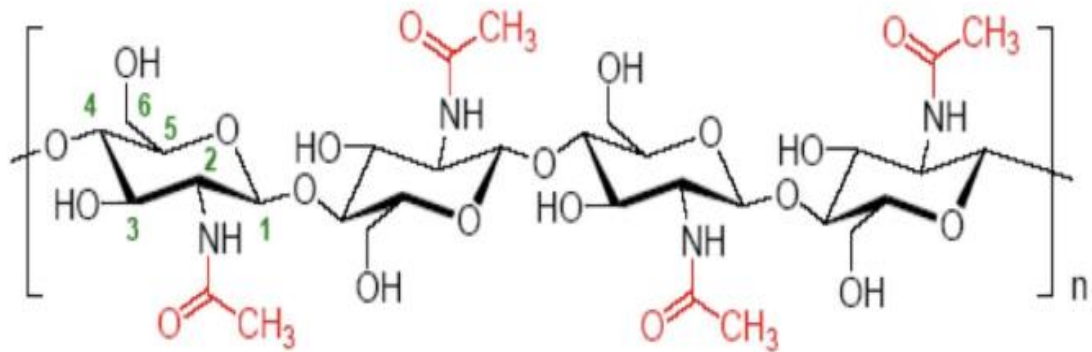


Figure II-2 : Structure moléculaire de la chitine [6].

2.1.1. La structure cristalline de la chitine:

La chitine est un produit renouvelable, non toxique, hypoallergique et surtout biodégradable et par conséquent non polluante [6]. Cependant, la chitine possède une structure cristalline polymorphe. Il existe trois sortes de chitine [7] :

- α-chitine : chaînes antiparallèles.
- β-chitine : chaînes parallèles.
- γ-chitine : deux chaînes parallèles et une chaîne antiparallèle.

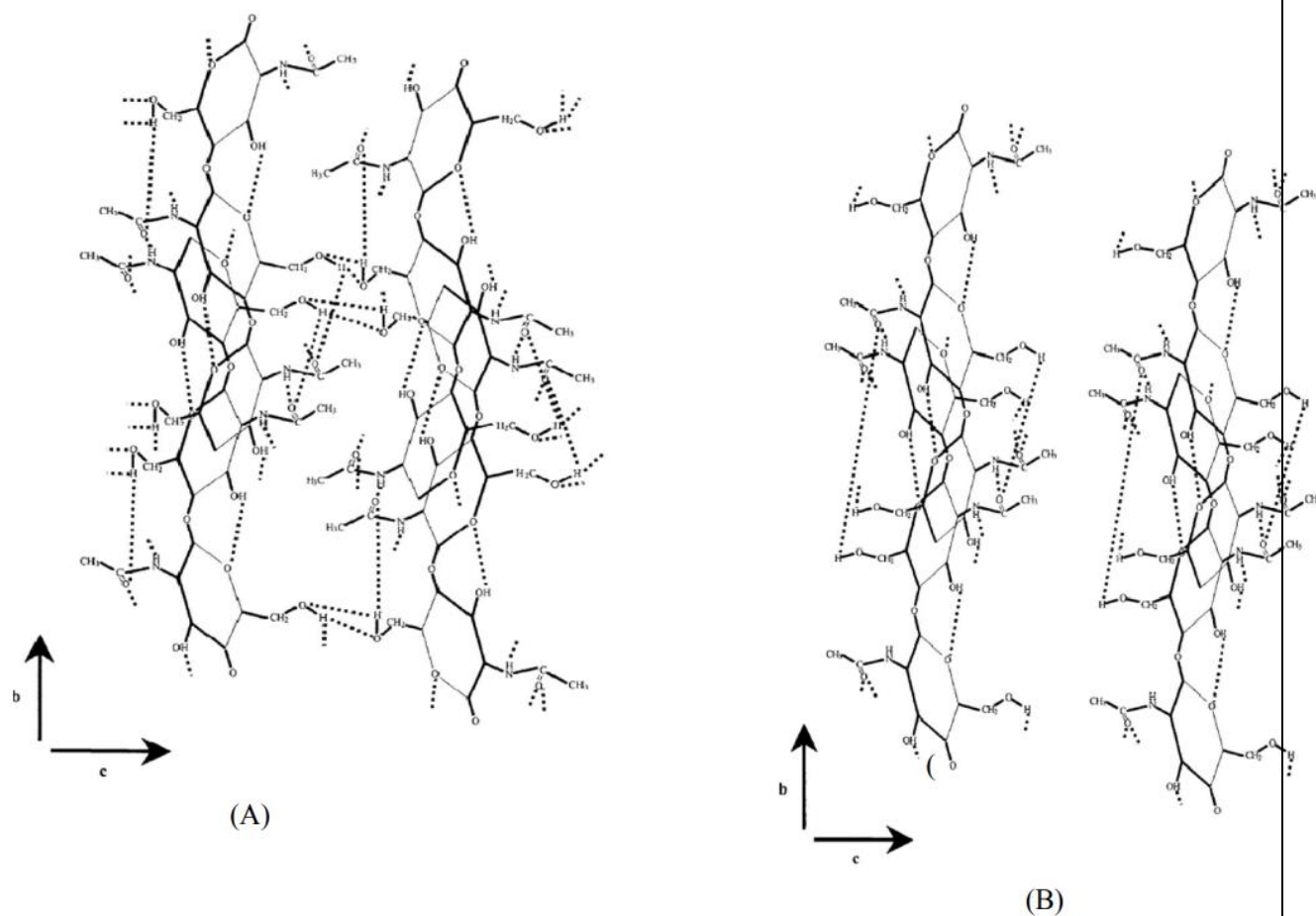


Figure I-3 : Structure moléculaire et représentation conventionnelle de α chitine (A) et β -chitine (B) [7].

La figure représente la structure cristalline de de α -chitine et β -chitine et figure un schéma simplifié de la structure cristalline des trois chitine.

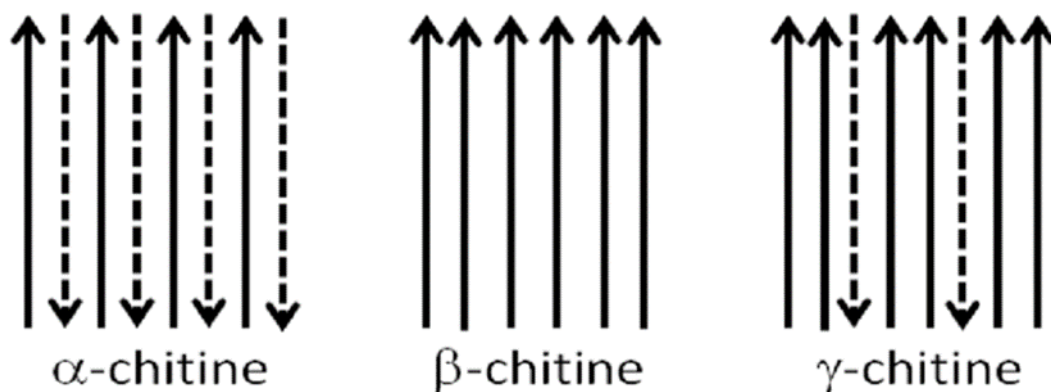


Figure I-4: Schéma simplifié des trois formes cristallines de la chitine.

2.1.2. Source de la chitine :

Le tableau I présente les. Principales sources de chitine et son site de présence.

Tableau I-1 : principales sources de chitine:

Sources	Site de présence	Teneur en chitine %
CHAMPIGNONS (Ascomycètes- Basidiomycètes- Phycomycètes)	<ul style="list-style-type: none">- Paroi cellulaire.- Mycélium.- Tige.- Spore.	2.9 -20
ALGUES (Chlorophycées-Diatomées marines)	<ul style="list-style-type: none">- Paroi cellulaire.	Faible
MOLLUSQUES (Polyplacophores- Gastéropodes- Céphalopodes)	<ul style="list-style-type: none">- Coquille de dents- Coquille.- Plumes.	6-40
ARTHROPODES (Crustacés-Insectes- Arachnides)	<ul style="list-style-type: none">- Exosquelette.- Membrane entre les segments.- Cuticule .	2-72

La chitine est essentiellement produite aujourd'hui à partir des carapaces de crevettes. Pendant longtemps, ces déchets n'étaient pas récupérés et étaient simplement rejetés à la mer après décorticage. La production de chitine permet de valoriser les déchets de l'industrie agroalimentaire en évitant qu'ils soient rejetés à la mer, ce qui engendre des problèmes de pollution car les carcasses des arthropodes (crustacés, céphalopodes...) sont très résistantes à la biodégradation.

2.1.3. Procédé d'extraction de la chitine :

Les déchets de l'industrie des crustacés sont une source très importante de chitine. De nombreuses méthodes ont été développées afin de préparer la chitine à partir des exosquelettes. De manière générale, ces méthodes consistent à éliminer les protéines (déprotéinisation), les éléments minéraux (déméralisation), la couleur (blanchiment).

a) **Déminéralisation :**

Cette étape consiste à éliminer par un traitement acide sous agitation les 30 à 50 % de carbonate de calcium présentes dans les carapaces des crustacés. Elle se fait à température ambiante à des temps de réactions compris entre 1 à 48h, en milieu acide en utilisant: HNO₃, H₂SO₄, CH₃COOH, HCOOH et HCl à des concentrations de 1 à 10 M. le HCl est le plus couramment employé (11,13) [4], suivant la réaction ci-dessous:



b) **Déprotéinisation :**

Cette étape consiste à éliminer les 30 à 40 % des protéines présents dans la chitine sous forme de chitino-protéines liées par des liaisons covalentes à la chitine dans une solution aqueuse. Cette étape peut se faire par deux façons: une méthode chimique sévère ou une méthode biologique douce [4].

c) **Blanchiment :**

Cette étape optionnelle est souvent réalisée par un traitement avec des agents oxydants (KMnO₄, ou H₂O₂) pour éliminer les traces de pigments que peuvent contenir les carapaces comme les caroténoïdes. Ce traitement qui ne doit pas avoir un effet sur les propriétés physico-chimiques de la chitine et par la suite du chitosane doit être effectué pendant plus d'une heure pour aboutir à un produit blanc commercialement acceptable. En utilisant l'acétone, on peut aboutir à une chitine quasiment blanche [8].

2.2. Chitosane :

Charles ROUGET a découvert le « chitosane », dérivé de la chitine en 1859, alors qu'il chauffait la chitine avec du KOH concentré à température élevée, il a pu donc démontrer que certains traitements chimiques sur la chitine, pouvaient la modifier. En 1894 Hoppe-Seyler a nommé le chitosane, la « chitine modifiée ». Le chitosane, dérivé désacétylé de la chitine, est un polysaccharide non ramifié du type poly-, β (1-4)-D-glucosamines partiellement acétylé. Tandis que la chitine est produite largement par un grand nombre d'organismes vivants [9].

2.2.1. La structure chimique du Chitosane :

La désacétylation de la chitine en milieu basique permet la formation du Chitosane qui est décrit comme un copolymère linéaire composé par deux unités :

N-Acétyle-D-glucosamine (unité acétylée) et une autre D-glucosamine (désacétylé) reliées par les liaisons β-(1-4) .sa nomenclature est comme suite : poly (β -(1→4) -2-amino-2-deoxy-D-gluco-pyranose. La structure du Chitosane se caractérise par la présence d'un groupement

amine au niveau de carbone 2(C2) et la présence de deux groupements hydroxyle au niveau de carbone 3 et 6 (C3 et C6). Ce polymère se diffère aux autres polysaccharides et à l'autre polymère naturel par ses caractéristiques poly-cationiques. Qui donnera un fort potentiel pour le Chitosane [4].

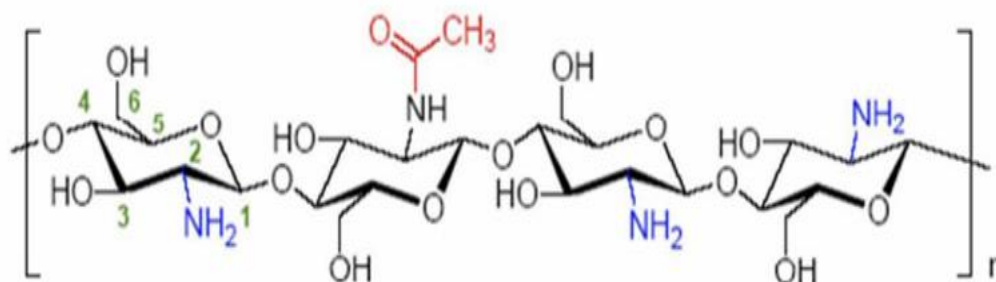


Figure I-5 : Structure chimique du chitosane.

2.2.2. La différence entre la structure chitine - chitosane:

La structure de la chitine et de Chitosane se diffère au niveau de la position C2 ou on trouve l'acétamide pour la chitine et l'amine pour le Chitosane dont cette différence donnera la nature cationique en milieu acide. Et aussi la différence entre ces deux polysaccharides essentiellement associés à la possibilité de solubiliser le polymère en milieu acide dont la chitine est insoluble en milieu acide par contre le Chitosane est soluble dans l'acide diluée. Les deux polymères sont caractérisés par leurs chaîne macromoléculaire longue. [10]

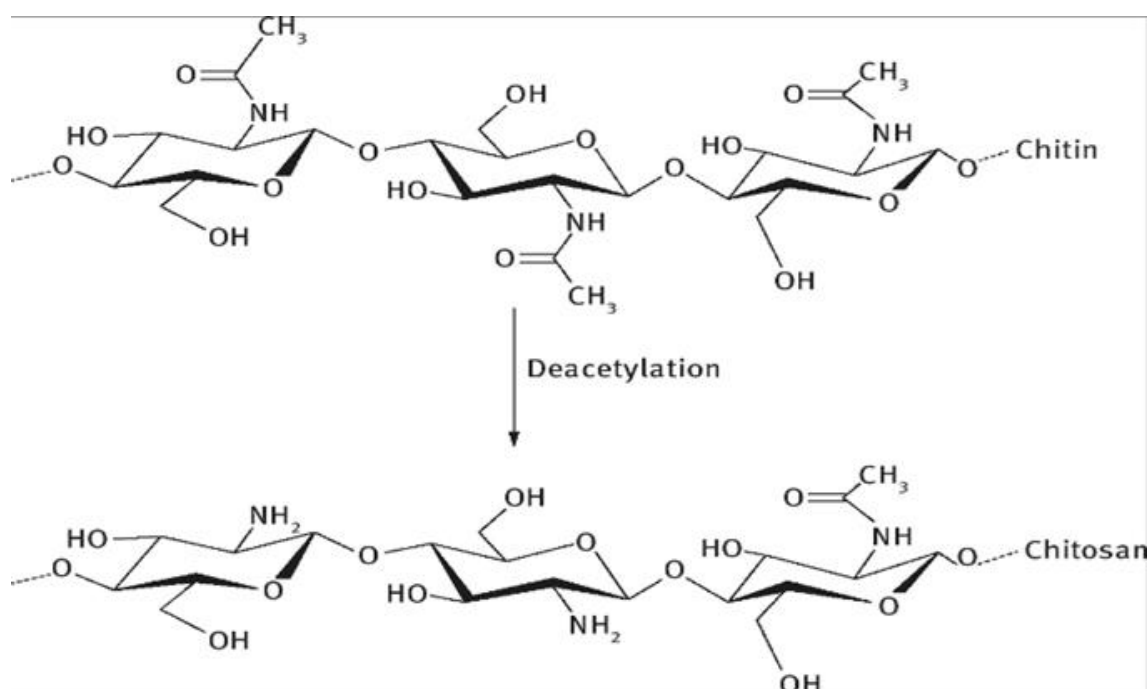


Figure I-6 : différence entre la structure chimique de la chitine et du chitosane.

2.2.3. Propriétés du chitosane :

2.2.3.1. Propriétés physico-chimiques :

Le chitosane est caractérisé physico chimiquement par le degré de désacétylation, la masse moléculaire, la viscosité et la solubilité [4].

a) Le degré de désacétylation (DDA) :

Le degré de désacétylation de la chitine influe sur toutes les caractéristiques physicochimiques du chitosane. Le DDA est la plus importante caractéristique du chitosane. Il existe quatre techniques d'analyse pour déterminer le DDA:

- Balayage par spectrophotomètre UV.
- Dosage FTIR.
- Dosage conductimétrique.
- Dosage pH-métrique.

En général, une seule méthode, analytique ou spectrométrique, n'est pas suffisante pour caractériser les biopolymères, chitine et chitosane.

- Le DDA de la chitine varie de 60% à 100% selon les conditions de désacétylation utilisées.

b) La viscosité :

Seul ici le chitosane est concerné par la viscosité en solution, la chitine étant insoluble. La viscosité du chitosane dans une solution diluée d'acide acétique demeure très variable. Elle dépend notamment de quatre paramètres :

- ✓ Degré de désacétylation : plus il est désacétylé, plus le nombre de groupement amine libre augmente entraînant ainsi une augmentation de sa solubilité et une grande viscosité.
- ✓ Concentration : la viscosité croît en fonction de la concentration.
- ✓ Température : la viscosité diminue lorsque la température augmente, comme pour tous les autres polysaccharides.
- ✓ PH : la viscosité est forte dans les domaines de pH acide.
- ✓ Masse molaire.

Il existe différentes méthodes pour déterminer la viscosité. La plus employée est «la viscosimètre ».

c) Masse molaire :

Le chitosane obtenus industriellement ont une masse molaire de l'ordre de 200 000 g.mol⁻¹ et un DA allant de 2 à 25% Pour le chitosane, la masse molaire et la répartition des motifs N-acétylés le long de la chaîne sont dépendantes de la méthode de désacétylation utilisée.

d) Solubilité :

Le chitosane sous forme d'amine libre reste insoluble dans l'eau, dans les acides concentrés, dans les bases et dans les solvants organiques. Mais il est soluble dans les acides dilués dans des mélanges d'eau-alcool. Sa solubilité varie en fonction du degré de désacétylation et de la méthode de Désacétylation mise en œuvre.

II.2.3.2. Propriétés biologiques :

Le chitosane est biocompatible, biodégradable, renouvelable, filmogène, agent hydratant, non toxique, bonne tolérance biologique, hydrolysé par le lysozyme donc bio résorbable, cicatrisant, agent bactéricide et fongicide.

a) Biocompatibilité :

Le chitosane est un copolymère normal, parfaitement compatible avec le tissu vivant [10].

b) Biodégradabilité :

Les enzymes chitinase et chitosanase font dégrader la chitine et le chitosane en oligo-polymères facilement assimilables par l'organisme des êtres vivants [11].

c) Cicatrisant :

Les films formés par le chitosane sont perméables à l'air. Cet avantage lui facilite essentiellement la régénération cellulaire tout en protégeant les tissus cellulaires contre l'attaque des microbes. En plus, le chitosane dispose d'un effet biostimulant sur la régénération de ces tissus [12].

2.2.4. Les domaines d'applications du Chitosane:

Les applications du Chitosane sont variées et les nouvelles études pour en développer ne cessent de se multiplier grâce à ces propriétés physico-chimiques et biologiques intéressantes (non-toxique, biodégradable et versatile ...) qui en fait de lui un matériau de choix pour son utilisation dans de nombreux domaines industriels comme les secteurs biomédical, pharmaceutique, cosmétique, agroalimentaire et agricole.

Tableau I-2 : les domaines d'applications du chitosane [13].

Champ d'application	Application	propriétés
Pharmacie	- Encapsulation de médicaments.	- Matériel absorbable avec possibilité de contrôle de libération de principes actifs (enzyme, médicament).
Cosmétique	- Crème, shampooing, savon.	- Conservateur , antibactérien, surfacturant, antifongique , cicatrisant ,
Industrie agroalimentaire	- Restructuration des purées de fruits , de légumes ou de viande	

3. Les cheveux le shampooing et le psoriasis :

3.1. Les cheveux et le cuir chevelu

3.1.1. 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 [14].

Le cuir chevelu a en fait plusieurs rôles : une barrière de protection physique, immunitaire, isolation thermique... [15].

3.1.1.1. Les différentes couches de 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) [16].

- a) **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 a l'eau.

- b) **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.
- c) **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 [16].

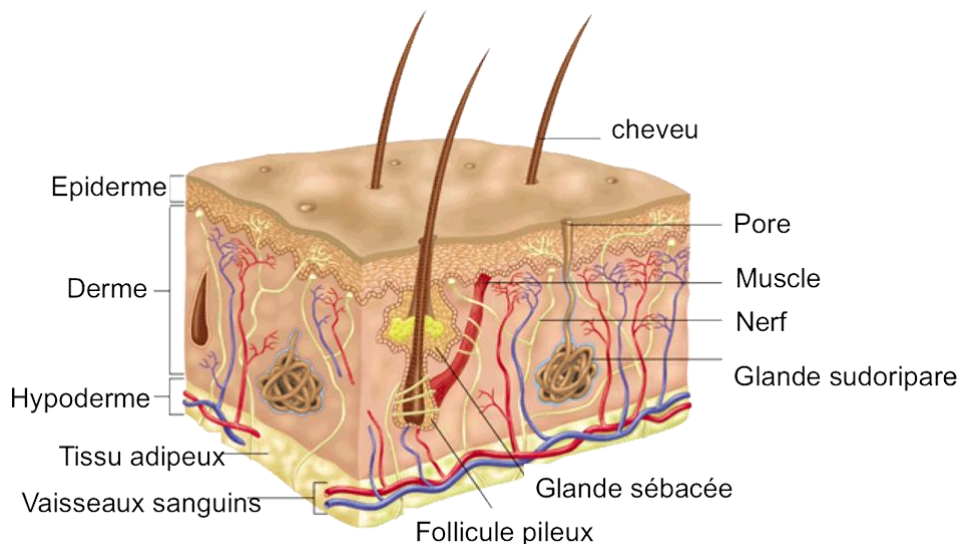


Figure I-7 : les couches du cuir chevelu.

3.1.2. 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 extérieurs. Il évite aussi la déperdition de chaleur au niveau du crâne [14].

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...) ;

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 [17].

3.2. Les shampoings :

3.2.1. Définition de shampoing :

Le nom shampoing vient du mot hindousani « shampoo » qui signifie « masser, pétrir ». Le shampoing 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 shampoing 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 shampoing de qualité une tâche délicate et complexe, et qui appellent un large éventail de propositions et de sophistication [18].

3.2.2. La composition d'un shampoing :

Généralement, un shampoing est un mélange complexe constitué d'une base lavant, associant souvent deux ou plusieurs tensioactifs, et d'additifs cosmétiques, éventuellement des agents actifs spécifiques (antipelliculaires).

Pour l'aspect et la présentation du produit, on utilise des agents navrants ou opacifiants, des épaississants ou gélifiants, des colorants et des parfums.

Pour la conservation du shampoing, on ajoute aussi des agents séquestrant (couleur) et des conservateurs (protection microbiologique).

Enfin, on peut stabiliser le pH et la viscosité si nécessaire.

3.2.2.1. Les tensioactifs :

Ce sont les éléments essentiels de la composition des shampoings. 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 :

➤ Les tensioactifs anioniques

Leur pôle hydrophile est chargé négativement. Ce sont les agents lavant les plus utilisés dans les Shampoings et, parmi eux, les alcoyl sulfates et les alcoyléthersulfates sous forme de sels de sodium et d'ammonium principalement. Ils présentent un excellent pouvoir moussant et lavant, mais peu cosmétiques.

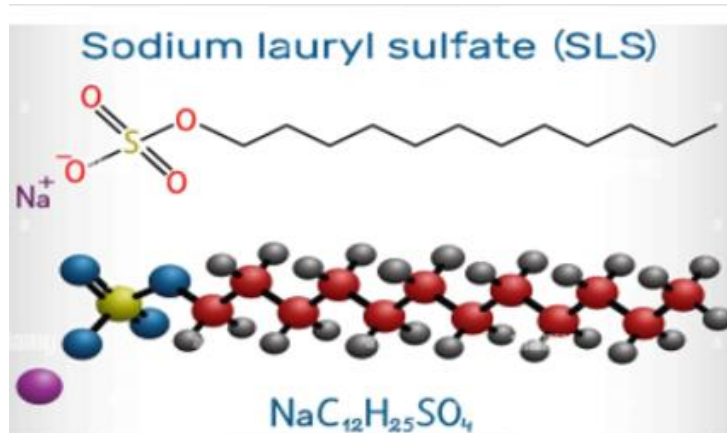


Figure I-8. : Molécule de TA anionique (sodium lauryl sulfate) « SLS » [19].

➤ Les tensioactifs cationiques

Pour mémoire, leur partie hydrophile est chargée positivement. Ils sont de moins en moins utilisés dans les Shampoings car il y aurait nécessité de les associer à des non ioniques compatibles, les anioniques ne l'étant pas. Par contre, ce sont les tensioactifs des après shampoings ou produits de soin capillaire

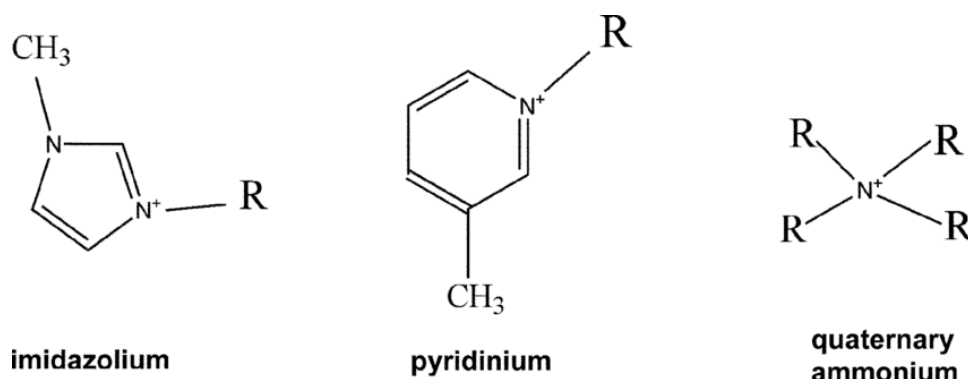


Figure I-9 : Structure chimique d'imidazolium, de pyridinium et d'ammonium quaternaire [20].

➤ 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 [21].

➤ 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 [22].

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 [22].

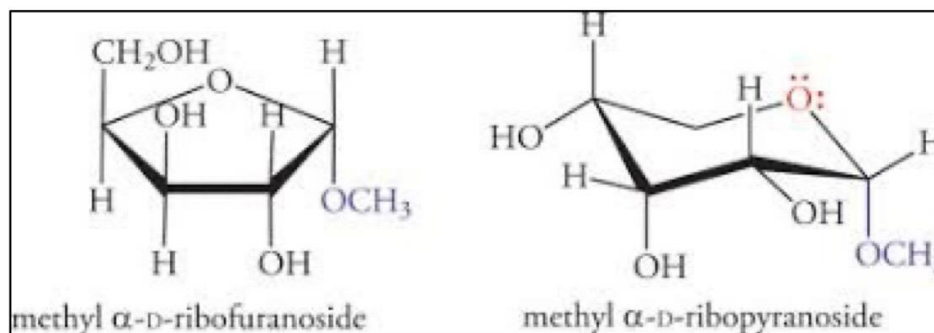


Figure I-10. : Molécule de TA non anionique (méthyl glucoside)

3.2.2.2. 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 altercations de la surface du cheveu et à renforcer l'adhésion des écailles le long de la fibre [21].

3.2.2.3. Les conservateurs :

- 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...)[21].

Les principaux conservateurs utilisés sont :

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

3.2.2.4. Les colorants :

Les solutions de détergents sont naturellement colorées en jaune plus ou moins pale, 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 [21].

3.2.2.5. 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 [21] [22].

3.2.3. 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 [23]

➤ 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 démêlages de brillance avec un bon rapport qualité/prix. Ils trouvent souvent une originalité autour d'un ingrédient naturel, végétal ou biologique [24].

➤ 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 [21] [22].

Dans l'idéal, ils devraient être uniquement à base de tensioactifs amphotères de type imidazolinique ou bétaïniques. Le challenge de ce type de shampooings est de bien nettoyer les cheveux sans trop les abimer 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 lavant 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 [22].

➤ Shampooings cosmétiques ou de soin :

Outre leurs propriétés lavant 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 re-graissage.
- - 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 [22].

➤ **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 [23].

➤ **Shampooings spécifiques au type de cheveux :**

Cette catégorie est illustrée par les shampooings 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).

➤ **Shampooings spécifiques à l'état du cuir chevelu**

Shampooings pour cheveux secs : L'objectif de ces shampooings 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 gainer les cheveux afin de réduire l'électricité statique et faciliter le démêlage [20] [22].

Les shampooings 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 shampooings 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, hydrolysats de kératine, vitamine E.
- - Les agents filmogènes ou conditionneurs permettent de faciliter le démêlage de la chevelure : chitosane, silicones, squalènes, polyquaterniums.

➤ **Shampooings 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 [23] [25] :

- Des substances sébo régulatrices : 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 [25].

➤ **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'hyper séborrhée. 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 [23].

➤ **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

shampoings et permettent de mieux nettoyer, assainir et fortifier le cheveu et remédier certains troubles capillaires tels que les cheveux secs, la chute des cheveux. [26].

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 Nicotine de tocophérol qui combine les propriétés vasodilatatrices de l'acide nicotinique et l'effet protecteur de la vitamine E [27] ;
- 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 [26] ;
- Des actifs régulant l'hyper séborrhée comme l'extrait de sabale, l'extrait de curcubita 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 [27].

➤ **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 brosse énergique. L'intérêt du shampoing sec réside dans le fait qu'il évite de mouiller la chevelure et de procéder à une mise en plis [24].

3.3. La maladie du psoriasis :

Il s'agit d'une inflammation cutanée chronique, non contagieuse, se caractérisant par des plaques, des éruptions rouges. La plupart du temps bénin, dans 1 cas sur 5, il peut prendre des formes graves ; plus étendues au niveau de la peau ou pouvant atteindre les articulations, on parle alors de rhumatisme psoriasique [28].

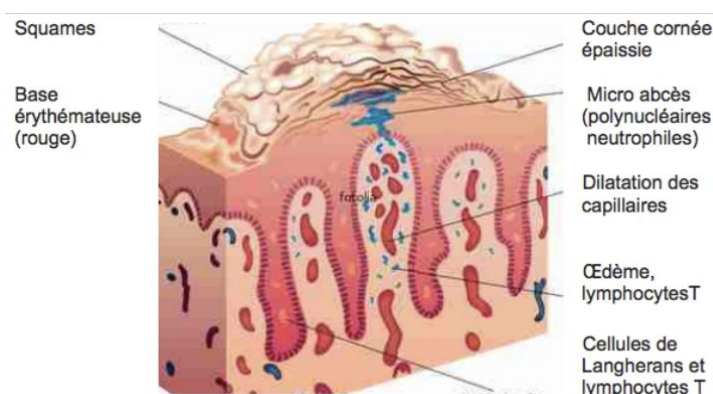


Figure I-11 : La couche de peau humaine touchée par le psoriasis.

3.3.1. Les différentes formes de psoriasis :

Il n'existe pas un mais « des » psoriasis. Le psoriasis peut en effet s'exprimer sous plusieurs formes d'un patient à l'autre ou s'exprimer différemment pour un même patient tout au long de sa vie.

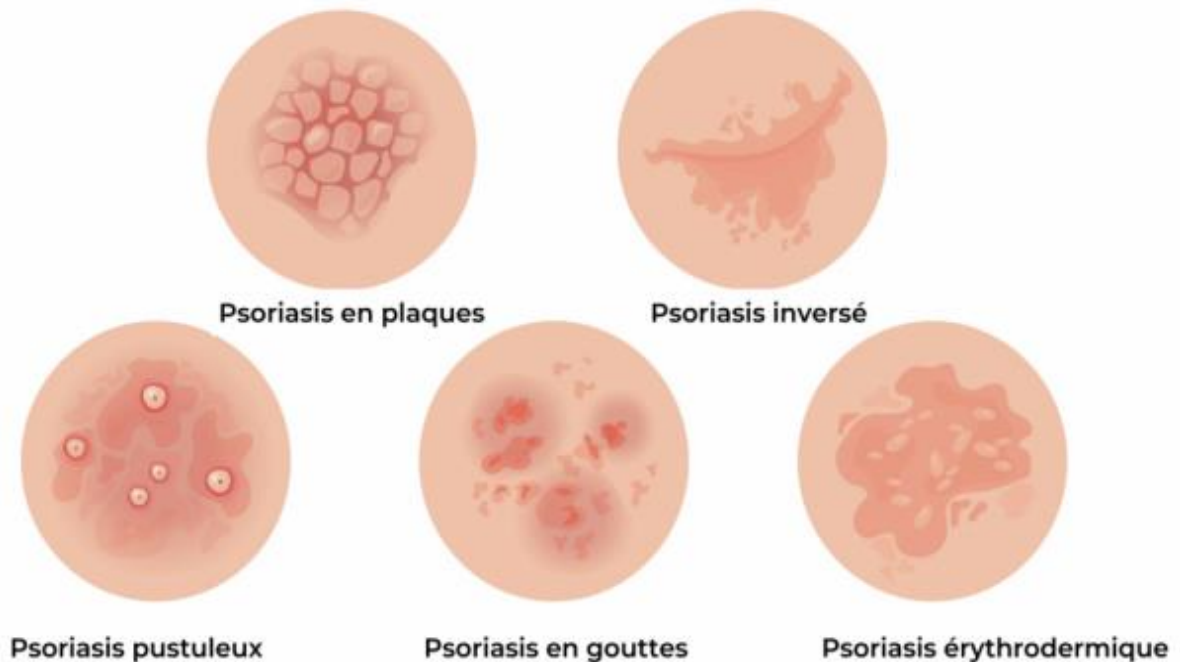


Figure I-12 : Les différents types de psoriasis.

3.3.2. Forme commune de psoriasis :

- **Psoriasis en plaque** : C'est la forme la plus fréquente de psoriasis. Il touche près de 80% des patients. Il est aussi appelé « psoriasis classique » ou « psoriasis vulgaire ». Il se caractérise par des plaques rouges, bien limitées, épaisses, recouvertes de squames blanchâtres, qui se situent préférentiellement sur les coudes, les genoux et la région lombaire mais les plaques peuvent aussi se localiser sur d'autres parties du corps.
- **Psoriasis en goutte** : Le psoriasis en goutte est caractérisé par de très petites plaques qui apparaissent sur la surface de la peau, comme des gouttes d'eau. Leur apparition est vraiment brutale, cette forme de psoriasis se déclenche souvent juste après une maladie telle que le rhume ou une angine. Les sujets atteints sont souvent des enfants et adolescents. On peut parfois la confondre à la varicelle.
- **Psoriasis pustuleux** : Il peut se développer chez un psoriasique connu ou de manière plus exceptionnelle inaugurer la maladie psoriasique. Il peut être déclenché par des médicaments, notamment avec la corticothérapie générale. On distingue deux formes de psoriasis pustuleux :
 - a) **Le psoriasis pustuleux localisé palmo-plantaire** : Il se caractérise par des pustules de couleur jaunâtre évoluant par poussées qui se succèdent de façon

chronique. Le handicap fonctionnel est souvent important avec par exemple des difficultés de la marche.



Figure I-13 : Psoriasis pustuleux palmo-plantaire.

- b) **Le psoriasis pustuleux généralisé :** Il est moins fréquent. Il débute brutalement avec altération de l'état général, fièvre et placards rouge vif de grande taille qui se couvre de pustules superficielles. L'évolution peut être grave mais le pronostic a été très amélioré par l'effet thérapeutique des rétinoïdes.
- **Psoriasis érythrodermique :** Le psoriasis érythrodermique est une forme sévère et grave de psoriasis. Elle est heureusement peu répandue, elle ne concerne que 1% des personnes atteintes... Les lésions érythrosquameuses sont présentes sur l'intégralité du corps du patient ou sur au moins 75%. Seules les muqueuses sont un peu près épargnées. Ces psoriasis peuvent se compliquer de surinfections, de troubles de la thermorégulation, d'anomalies hydro électrolytiques qui peuvent entraîner l'hospitalisation du malade.
 - **Psoriasis inversé :** Dans cette forme de psoriasis, également appelée psoriasis des plis, les zones affectées sont celles où des surfaces de peau se frottent l'une contre l'autre : les aisselles, la peau sous les seins, l'espace entre les orteils ou entre les doigts, le nombril, le sillon inter-fessier. Contrairement au psoriasis en plaques, les lésions ne se recouvrent pas de squames épaisses à cause de l'humidité des plis. Elles entraînent des démangeaisons et l'apparition de sécrétions aqueuses au niveau de la plaie. La macération de la peau favorise la multiplication des bactéries et des champignons et peut donner lieu à une infection.

3.3.3. Les facteurs qui peuvent déclencher une poussée :

Certains facteurs environnementaux peuvent favoriser l'apparition d'une poussée de psoriasis ou l'aggraver :

- Facteurs psychologiques : le stress, un choc émotionnel ou un traumatisme affectif.
- Les traumatismes : les lésions de psoriasis surviennent souvent à l'endroit même de traumatismes chroniques ou ponctuels, y compris minimes (coups de soleil, tatouage, vaccination, griffures, frottements répétés). Ce phénomène, appelé phénomène de Koebner, explique leur localisation fréquente en regard des reliefs osseux (coudes, genoux...).
- Certains médicaments comme les bêtabloquants, le lithium, ou certains antihypertenseurs.
- Le statut hormonal : certaines femmes ont une recrudescence de leurs lésions au moment des règles.
- Certains facteurs infectieux : le psoriasis peut être déclenché par un épisode infectieux, rhinopharyngé par exemple, ou au décours d'angines à streptocoque notamment chez l'enfant, provoquant un psoriasis en gouttes.
- L'alcool et le tabac sont des facteurs aggravants et des facteurs de mauvaise réponse aux traitements. [28].

3.3.4. Les traitements possibles du psoriasis localisé :

- **LES DERMOCORTICOÏDES** : L'utilisation de corticoïdes par voie locale, permet de lutter contre l'inflammation. Ils sont en général utilisés en une application quotidienne le soir et leur durée d'utilisation est limitée dans le temps. On utilise des corticoïdes d'activité forte sur les zones très épaisses du corps et des corticoïdes d'activité plus faible sur le visage. Les pommades sont surtout utilisées sur les lésions sèches, les crèmes sont réservées aux plis et aux muqueuses, et les lotions ou les shampoings contenant un dermocorticoïde fort sont indiqués pour les lésions du cuir chevelu.
- **LES ANALOGUES DE LA VITAMINE D3** : Ils agissent sur la multiplication et la maturation des kératinocytes. Le calcipotriol et le calcitriol sont appliqués deux fois par jour et le tacalcitol une fois par jour. Cependant depuis quelques années, leur utilisation en monothérapie c'est à dire seul, est supplantée par l'association du calcipotriol aux dermocorticoïdes.
- **L'ASSOCIATION DES ANALOGUES DE LA VITAMINE D3 (CALCIPOTRIOL) ET DES dermocorticoïdes (Daivobet™gel)** : Elle est très efficace utilisée en une application quotidienne pendant le premier mois, puis sous la forme d'un traitement d'entretien à raison d'une application le week-end chaque semaine afin d'éviter les récurrences. Sa forme en gel est mieux acceptée par les patients car elle est moins grasse et facilite les applications, notamment sur le cuir chevelu. C'est actuellement le traitement de choix du psoriasis en plaques atteignant moins de 30% de la surface corporelle.
- **BAINS ET PRODUITS HYDRATANTS** : Les bains à base d'amidon de blé ou d'huile et les produits hydratants ont la propriété de décaper les lésions, de calmer

l'inflammation, d'assouplir et d'adoucir la peau et de calmer les démangeaisons. C'est le traitement de base du psoriasis permettant de diminuer l'utilisation des autres traitements locaux.

- **ACIDE SALICYLIQUE** : L'acide salicylique est doté d'un effet kératolytiques, c'est-à-dire capable de dissoudre la couche superficielle (la couche cornée) de l'épiderme. Il est associé à un excipient gras (de la vaseline) pour décaper les lésions épaisses très squameuses, avant l'application des autres traitements locaux, pour augmenter leur efficacité.
- **TAZAROTÈNE** : Il s'agit d'un rétinoïde local (dérivé de la vitamine A acide), qui peut être irritant. Il est contre-indiqué en cas de grossesse et il est peu utilisé en pratique.

3.3.5. Les traitements possibles pour un psoriasis sévère :

- a) **LA PHOTOTHÉRAPIE** : La photothérapie en cabine UV médicale est utilisée dans des formes étendues atteignant plus de 30% de la surface corporelle, et la photothérapie locale peut être utilisée quand l'atteinte se limite aux mains et/ou aux pieds. La photothérapie est efficace et souvent envisagée en première intention. Elle est contre-indiquée aux enfants de moins de 8 ans, aux patients ayant un risque accru de cancer cutané (antécédents de mélanome ou de carcinomes, traitements immunosuppresseurs) ou une réactivité anormale aux ultraviolets. Son utilisation est souvent limitée car elle augmente le risque de cancers cutanés après un trop grand nombre de séances et, tous les cabinets de dermatologie de ville n'en sont pas équipés. Enfin les protocoles de traitement sont contraignants puisqu'ils impliquent la réalisation de 3 séances hebdomadaires pendant 2 mois en phase d'attaque pour faire disparaître (ou "blanchir") les lésions, ce qui n'est pas toujours compatible avec une activité sociale. Il en existe deux types :
 - La puvathérapie : c'est une exposition contrôlée aux UVA en cabine médicale. Elle nécessite la prise d'un médicament photo sensibilisant (qui augmente la sensibilité aux UV) deux heures avant la séance, appelé psoralène, qui va augmenter l'efficacité du traitement. Le port de lunettes noires protectrices est indispensable pendant la séance et durant les 8 heures qui suivent, et il ne faut pas s'exposer au soleil au décours de la séance.
 - La photothérapie par UVB : aucune prise médicamenteuse préalable n'est nécessaire. L'efficacité est comparable à celle de la puvathérapie. On utilise soit la photothérapie UVB à spectre étroit (TL01 311 nm) en cabine pour des psoriasis étendus, soit des lasers ou des lampes excimer délivrant un rayonnement à 308 nm et plus indiqués pour des plaques localisées de psoriasis.
- b) **LES RÉTINOÏDES (ACITRÉTINE – DÉRIVÉS DE SYNTHÈSE DE LA VITAMINE A)** : Apparentés à ceux administrés au cours de l'acné sévère, ils sont formellement contre-indiqués chez la femme en âge de procréer sans contraception efficace, en raison de risques de malformations graves chez le fœtus. La contraception doit être poursuivie deux ans après l'arrêt du traitement par rétinoïdes. L'acitrétine est prescrite seule dans certaines formes de psoriasis (psoriasis pustuleux, psoriasis épais des paumes et des plantes, psoriasis des ongles). Dans les formes classiques de psoriasis, l'acitrétine est plus souvent associée à la photothérapie (Puvathérapie, ou UVB), à des traitements locaux

(calcipotriol, dermocorticoïdes), ou généraux. C'est le traitement de première intention chez les enfants atteints de psoriasis sévère, avec une très bonne tolérance.

- c) **LE MÉTHOTREXATE** : Il s'agit d'un médicament antiprolifératif, c'est-à-dire qu'il empêche la multiplication des cellules. Il est utilisé dans le traitement de certains cancers depuis plus de 40 ans (notamment les lymphomes), ou pour la polyarthrite rhumatoïde. Dans le psoriasis, il est plus utilisé pour ses propriétés anti-inflammatoires qu'antiprolifératives et est administré à des doses 10 fois moins fortes que dans les cancers. Ses effets secondaires potentiels sont très bien connus et bien surveillés, ils ne constituent en général aucun danger pour le patient. Il nécessite cependant une surveillance régulière des enzymes du foie et des globules blancs par une prise de sang. Il se prend une fois par semaine soit sous forme de comprimés, soit sous forme d'injections intramusculaires (dans la fesse) ou sous-cutanées. Ils sont associés à la prise d'acide folique (vitamine B9), 48 h après pour limiter les effets secondaires.
- d) **LA CICLOSPORINE** : C'est un médicament immunosuppresseur utilisé au cours des greffes d'organe afin d'éviter le phénomène de rejet. Il a aussi fait la preuve de son efficacité dans le psoriasis, diminuant les phénomènes d'auto-immunité (cf question 2). C'est un médicament qui se prend tous les jours par voie orale, mais son administration ne peut s'envisager au-delà d'un an ou deux maximum, en raison des risques d'atteinte rénale. Sa prescription nécessite la surveillance mensuelle de la pression artérielle et de la fonction des reins par une prise de sang (créatininémie).
- e) **LES BIOTHÉRAPIES** : Cette nouvelle famille de médicaments a révolutionné la prise en charge des psoriasis sévères, du rhumatisme psoriasique, mais aussi d'autres localisations difficiles à traiter comme l'atteinte des ongles... Elles interviennent sur des étapes très spécifiques de l'inflammation, en inhibant la sécrétion de certaines substances inflammatoires responsables de la plaque de psoriasis. Elles dépriment le système immunitaire et peuvent théoriquement favoriser des infections graves ou des cancers. Elles nécessitent donc la réalisation d'un certain nombre d'exams avant leur mise en route, afin de dépister une éventuelle infection latente dentaire (panoramique dentaire), sinusienne (radiographies des sinus), tuberculeuse (radiographie des poumons et intradermo-réaction à la tuberculine), virale (sérologies des hépatites B, C, HIV), ainsi qu'une prise de sang afin d'éliminer une insuffisance rénale, une insuffisance hépatique (mauvais fonctionnement des reins et du foie). Leur utilisation dans le psoriasis est réservée aux formes sévères n'ayant pas répondu ou ayant une contre-indication à au moins deux autres traitements préalables, dont la photothérapie, le méthotrexate et la ciclosporine. Il s'agit de traitements onéreux (1200 à 3000 € le mois de traitement), pris en charge par l'Assurance maladie sous certaines conditions.

Chapitre II : matériel et méthodes.

Chapitre II : Matériels et méthodes :

1.1. Matériels :

Tableau II-1 : produits utilisé.

Les produits	Le matériel	Produits biologique
<ul style="list-style-type: none">- Acide chlorhydrique : HCl .- Hydroxyde de sodium : $NaOH$.- Peroxyde d'hydrogène : H_2O_2 .- Acétone.- Acide acétique.- Tensioactif SCI.- L'huile de l'amande douce.- Poudre de shikakai.	<ul style="list-style-type: none">- Un tamis de laboratoire ayant une ouverture de maille inférieure à 200μm.- Une balance analytique.- Plaque chauffante agitatrice.- pH mètre.- Rhéomètre.- Spectrophotomètre infrarouge.- Etuve.- Boîtes de pétries.- Bêchers.- Eprouvette- Pipette gradué.	<ul style="list-style-type: none">- Plume de calamar.- 3lapins albinos de 3kg.

1.2 Méthodes :

2.1. Extraction de la chitine et du chitosane :

2.1.1 Le prétraitement :

Avant de commencer l'extraction les plumes de calamar récupérés sont d'abord :

- Nettoyés à l'eau de robinet pour éliminer les résidus organiques.
- Séché à température ambiante pendant 24 à 48h.

- Après séchage les plumes sont broyées à l'aide d'un broyeur pour obtenir des fines particules.
- Le produit obtenu peut être conservé dans un flacon en verre hermétiquement fermé même pour une longue durée de stockage.

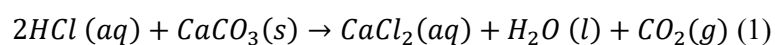
2.1.2. Extraction de la chitine :



Figure II-1 : les étapes de l'extraction de la chitine (Laribi et al, 2022).

a) Déminéralisation :

Ce traitement consiste à éliminer les éléments minéraux CaCO_3 . On remarque un dégagement de CO_2 , c'est une signature de l'action de l'acide sur le CaCO_3 .



Les échantillons ont été soigneusement immergés dans une solution aqueuse d'HCl 5N avec rapport de masse du 1/10 (masse/ volume), l'ensemble a été soumis à une agitation modérée pendant 1h à température ambiante. Le filtrat obtenu a ensuite été lavé à l'eau distillée jusqu'à pH neutre puis séché.

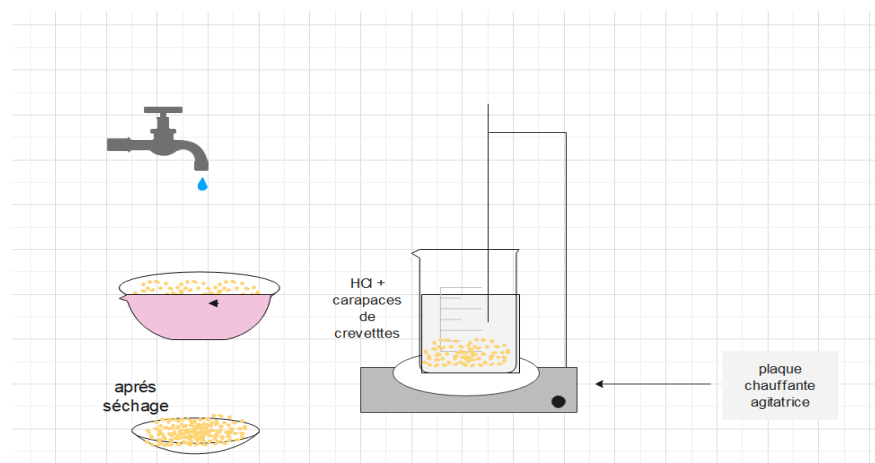


Figure II-2 : l'étape de déminéralisation.

b) Déprotéinisation :

La chitine se trouve associée à des protéines (30-40%), et l'élimination de ces substances nécessite un traitement basique en utilisant en général la solution d'hydroxyde de sodium NaOH. Les plumes déminéralisées ont été mélangées dans des solutions de soude (NaOH 40%) en proportion 1/10 m/v sous agitation pendant 30 min à 100°C.

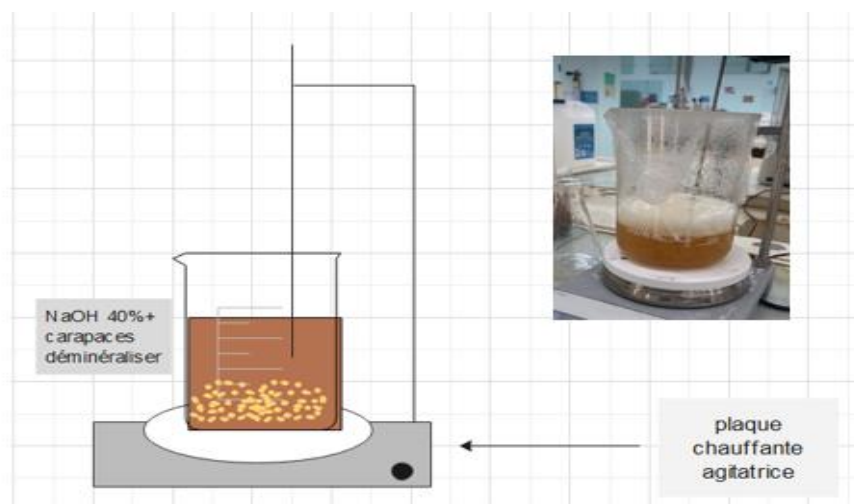


Figure II-3 : étape de déprotéinisation.



Figure II-4: chitine obtenue après séchage.

c) Blanchiment :

Également, une étape de décoloration des plumes permet d'en retirer les pigments et de blanchir la chitine obtenue. Après lavage jusqu'au pH neutre ,nous mettons notre chitine dans l' H_2O_2 pendant 30 min .

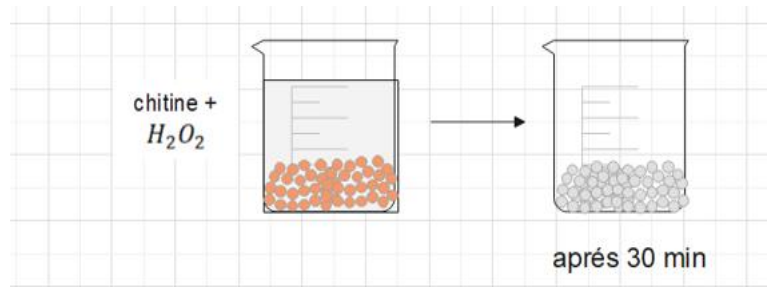


Figure II-5 : étape de blanchiment.

2.1.3 : Extraction du chitosane :

Le chitosane résulte par la désacétylation de la chitine. Cette étape s'effectue par un traitement avec NaOH dont elle nécessite une réduction dans la longueur de chaîne de la chitine par la substitution de groupement acétyle pour obtenir le chitosane, et le rendement de la désacétylation peut être influencée par certains facteurs comme la température, la durée de traitement aussi par la quantité de la chitine par rapport à la solution d'alcaline.

Désacétylation:

Nous avons traité la chitine avec la solution de NaOH 50% sous une agitation et chauffage à 125°C pendant 1h.

- Le chitosane obtenu sera ensuite filtré puis lavé à l'eau distillée afin d'éliminer la soude résiduelle et ce jusqu'à ce que le pH de l'eau de lavage atteigne la neutralité.

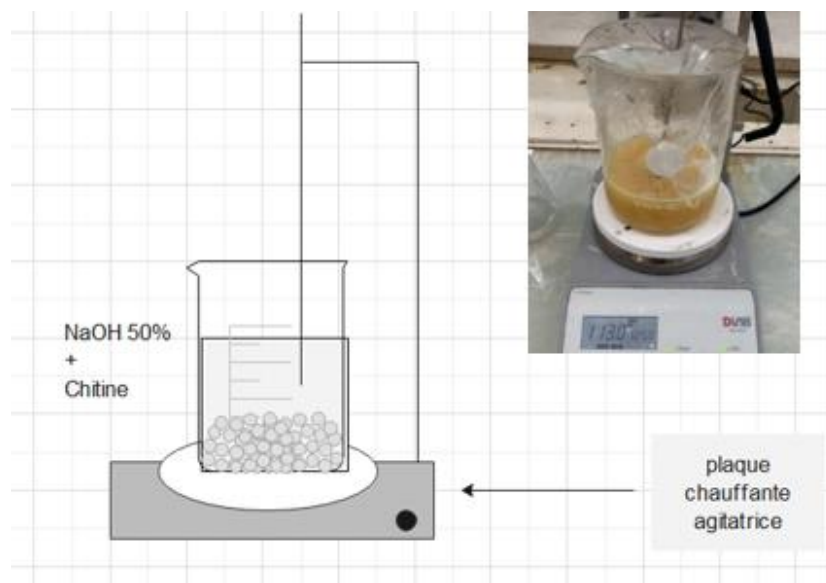


Figure II-6 : étape de désacétylation.

-Après séchage la poudre de chitosane acquise sera prête à être utilisée suivant l'objectif assigné.



Figure II-7 : chitosane obtenu après séchage.

- Si l'étape de désacétylation est répétée plus d'une fois, le DDA peut atteindre les 95-96 %. Si une désacétylation complète est obtenue après plusieurs étapes du processus, la longueur des chaînes devient relativement petite à la fin du traitement.
- La qualité du chitosane varie selon l'origine de la matière utilisée (crevettes, crabes, calamars...) et la procédure expérimentale d'extraction de la chitine ainsi que l'étape de désacétylation. Pour cela, il est nécessaire de bien choisir le traitement pour désacétyler la chitine, pour minimiser au maximum la dégradation de la chaîne du polysaccharide tout en obtenant une désacétylation régulière le long des chaînes du polymère, afin de préparer un chitosane qui est non dégradé et parfaitement soluble dans l'acide dilué (acide acétique, acide lactique, acide critique,).

2.2. Caractérisation du chitosane :

a) Solubilité :

Pour tester la solubilité dans quelque solvant (l'eau distillée, l'acide acétique, la soude, l'acétone) .0.25g d'échantillon ont été introduite séparément et sous agitation magnétique dans 25ml de chaque solvant pendant 1h.

b) Le degré de désacétylation(DDA) du chitosane:

La méthode choisie pour déterminer le DDA est la spectrométrie infrarouge (IR) proposée par Khan et al.

La spectrométrie infrarouge (IR):

La spectroscopie infrarouge (IR) permet d'identifier la présence de groupements chimiques spécifiques.

Préparation pour l'analyse IR:

- réduire en poudre 3mg d'un échantillon avec 20mg de KBr dans un mortier en Agathe.
- mettre le mélange dans le moule pour obtenir une pastille translucide.
- mettre le moule dans le presse à pastille et presser l'échantillon jusqu'à 5 tonnes maximum.
- démouler la pastille de KBr avec l'échantillon puis placer la pastille dans le support et analyser dans l'appareil IR.

Détermination du DDA du chitosane par la spectrométrie infrarouge IR:

Cette analyse permet d'obtenir les empreintes spectrales vibrationnelle des groupements constituant une molécule. Il est possible par cette méthode de déterminer le degré de désacétylation par la formule suivante (Brugnerotto et al., 2001) :

$$DDA = 100 - \left[\frac{(A_{1325}/A_{1425}) - 0.3822}{0.03233} \right] \quad (1)$$

A_{1325} : absorbance à 1325cm^{-1} correspondant à l'amide III.

A_{1425} : absorbance à 1425cm^{-1} correspondant à la déformation symétrique de CH_3 et CH_2 .

Brugneroto et al. 2001 ont signalé que le DDA déterminé à partir du ratio A_{1320}/A_{1420} se rapproche avec le DDA déterminé à partir de la RMN (1H) et les spectres RMN (13C) pour toute la gamme des DDA. L'explication donnée est que les intensités et les positions des bandes apparues à 1320cm^{-1} et 1420cm^{-1} n'ont pas changé avec l'humidité et les liaisons hydrogène.

c) Mesure du poids moléculaire du chitosane par le rhéomètre:

▪ Préparation des échantillons

Gélifier et dissoudre une quantité de chitosane dans l'acide acétique à 1%, (0,5 gr de Chitosane dans 50 ml d'acide acétique à 1%), préparer ensuite 6 à 8 dilutions comme suit prendre 1 ml de ce chitosane et le diluer dans 9 ml d'acide acétique à 1%, puis de cette dernière solution prendre 1 ml et le mettre dans 9ml d'acide acétique à 1% et ainsi de suite 6 à 8 fois en tout.

Ensuite il faut passer chacune de ces solutions dans le Rhéomètre en commençant par la plus concentré (1ere dilution) à la moins concentrée 6eme ou 8eme dilution, et faire aussi passer le solvant à savoir l'acide acétique à 1%.

Pour les différentes concentrations de chitosane (dilutions) on obtiendra différentes valeurs de la viscosité et de là on pourra tracer une droite d'équation $y = ax + b$ de laquelle on déduira la valeur de la viscosité à utiliser dans la formule pour obtenir le poids moléculaire.

II-Mode opératoire d'utilisation du Rhéomètre pour la mesure de la viscosité d'un échantillon de fluides Newtonien (Dilutions de Chitosane) par le Rhéomètre:

-D'abord il faut éviter de secouer les échantillons avant l'analyse ceux-ci sont laissés au repos pendant environ 1heure.

Verser très doucement l'échantillon de liquide sur la partie centrale du disque de mesure, la quantité versée doit permettre à ce que l'échantillon soit en contact avec toute la surface du disque situé sur la partie supérieure.

-pour actionner le disque supérieur (descente et montée) il y a une icône en haut de l'écran (dessin de flèche).

Quand le disque se stabilise il faut essuyer très légèrement avec un mouchoir en papier le liquide qui déborde hors du disque ne pas essuyer brutalement il faut juste appliquer le mouchoir comme un buvard.

-au début de l'analyse les fenêtres suivantes apparaissent :

-Rhéomètre.

-Edit profile (Edit Measuring profile).

-Start test.

-Nommer l'échantillon.

-sur l'écran (Shear rate) out taux de cisaillement, en ordonnée nous avons deux grandeurs d'abord la contrainte de pression (qui augmente régulièrement), et la viscosité dynamique, qui baisse régulièrement, jusqu'à se stabiliser, droite à peu près horizontale, on note alors les deux dernières valeurs proches l'une de l'autre qui s'affichent également sur un tableau donnant les valeurs numériques mesurées.

Ensuite cette viscosité dynamique va nous permettre de calculer la viscosité réduite avec une formule.

▪ **Méthode de calcul du poids moléculaire :**

Le Rhéomètre permet de mesurer la viscosité dynamique.

On doit calculer la viscosité réduite avec la formule suivante :

$$\eta_{oréduite} = [(\eta_{o\text{ dynamique}} - \eta_{o\text{ solvant}}) / \eta_{o\text{ solvant}}] \times C \quad (2)$$

donc pour chaque dilution on calcule la $\eta_{oréduite}$ en fonction de la $\eta_{o\text{ dynamique}}$ mesurée.

Ensuite, pour chaque série de dilution d'un même Chitosane donc d'un même échantillon on doit tracer avec les valeurs obtenues une droite qui exprime une relation entre la valeur de la viscosité réduite et la concentration (dilution).

cette droite sera de formule $y=a + b$, une fois qu'on obtient l'expression avec (on peut utiliser par exemple l'Excel), ont déterminé la valeur de la viscosité intrinsèque en posant $x = 0$, donc $y=b$, b est la valeur de $\eta_{o\text{ intrinsèque}}$ qu'on va remplacer dans la formule suivante:

$$\eta_{o\text{ intrinsèque}} = K \times M^\alpha = K.M^\circ \quad (3)$$

Avec K et a sont des constantes où :

- $K= 1,83 \times 10^{-3}$ et $\alpha = 0.93$
- $M=$ poids moléculaire.

2.3. L'incorporation du chitosane dans un shampoing :

1ère étape : préparation de l'hydrolat :

Une masse de 1g de notre chitosane est introduite dans 100ml d'acide acétique 1%. Le mélange obtenu est maintenu sous agitation jusqu'à l'obtention d'un gel.

2ème étape : préparation du shampoing solide :

✓ Nous avons essayé plusieurs formulations :

Tableau II-2 : différentes formulations pour un shampoing solide de 100g.

<ul style="list-style-type: none">- 20g Tensionactif.- 10g d'hydrolat.- 15g de poudre lavant.- 10g de l'huile végétale.- 30 gouttes de fragrances.- 15gouttes d'huile essentielle.	<ul style="list-style-type: none">- 35g de tension actif.- 10g d'huile végétale.- 30g de poudre lavant.- 25g d'hydrolat.
<ul style="list-style-type: none">- 50g de tensioactif.- 20g d'hydrolat.- 10g d'huile végétale.- 19g de poudre lavant.- 1g d'huile essentielle.	<ul style="list-style-type: none">- 50g de tensioactif.- 20g de poudre lavant.- 10g d'hydrolat.- 10g d'huile végétale.- 10 gouttes d'huile essentielle.

- Dans un récipient allant au bain-marie, on place le tensioactif SCI, la phase aqueuse (notre hydrolat) et l'huile végétale.
- On chauffe doucement les ingrédients au bain-marie, pour ne pas altérer les actifs.

- Quand on commence à avoir pâte homogène, on retire-la du bain-marie et on malaxe-la bien avec une spatule.
- On ajoute notre huile essentielle.
- Nous remplissons notre moule en silicone avec la pâte, avant qu'elle ne se refroidisse trop.
- On laisse notre mélange refroidir à température ambiante pendant 24h puis on démoule et on le laisse sécher à l'aire libre.

2.4. Caractérisation du shampoing :

a) Le pH :

Nous avons utilisé des bandelettes de pH.

- Nous avons dilué 2g de notre shampoing solide dans 20ml d'eau chaude on mélange jusqu'à dissolution complète.
- On mouille la bandelette de mesure du pH et on observe la couleur obtenue.

b) Pouvoir détergent :

Ce paramètre a été réalisé selon le protocole de Patel et al. (2016). 5 g de coton) ont été ajoutés avec 0.5g de la graisse, repesés et placé dans 200 ml d'une solution de shampoing 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 retiré et le coton a été prélevé, séché et pesé.



Figure II-8 : l'échantillon avant et après séchage.

La quantité de graisse retirée a été calculée à l'aide de l'équation suivante:

$$DP = 100(1 - T/C) \quad (4)$$

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.

c) 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).

d) Test d'irritation cutanée (IN VIVO) :

• **Principe :**

Ce test consiste à appliquer une dose unique de produit sur la peau de lapin et d'observer toutes manifestations pouvant survenir, à la suite de quoi un score sera établi.

• **Protocole :**

- Cet essai regroupera deux séries de tests qui seront conduits sur trois lapins albinos (male de 3kg). Les lapins prévus pour le test seront tendus au niveau des deux flancs, sur une surface d'environ 7×7cm, à l'aide d'une tendeuse électrique puis rasés, 24h avant l'application du produit. Seuls les lapins dont la peau est parfaitement saine et glabre seront sélectionnés pour la suite de l'essai.



Figure II-9: lapin après rasage.

- Le jour de l'essai, on procédera à trois scarifications au niveau du flanc droit de chaque animal à l'aide d'un vaccinostyle stérile. Celles-ci seront espacées de 0.5cm et longues de 2cm. Elles doivent abraser la couche cornée sans provoquer de saignement. Le flanc gauche, quant à lui, restera tel quel.
- 0.5 g du shampoing est appliquer de manière uniforme sur les deux flancs.

e) **Observation et interprétation des résultats :**

- La première observation se fera 24 heures après l'application du produit à tester, suivie par deux autres lectures qui se feront à un intervalle de 24 heures (à 48 et 72 heures).
- Les lapins seront par la suite examinés à la recherche de signes d'érythème ou d'œdème attribuant une cotation en accord avec chaque observation
- Pour chaque animal, un indice cutané individuel (I.C.I) sera calculé en fonction des chiffres obtenus à l'issue des observations, faites sur les zones scarifiées et non scarifiées, comprenant les deux variantes citées ci-dessus. Les résultats obtenus seront ensuite utilisés pour le calcul de l'indice d'irritation cutané primaire (I.P), permettant la classification du produit selon son degré d'irritation en quatre types de réponses.

Tableau II-2 : Grille d'évaluation du test d'irritation cutané de Draize

Erythème	Pas d'érythème	0
	Léger érythème (à peine visible)	1
	Erythème bien visible	2
	Erythème important	3
	Erythème grave (rouge pourpre) avec ou sans escarres (lésions profondes)	4
Œdème	Pas d'œdème	0
	Très léger œdème (à peine visible)	1
	Léger œdème (contours bien définis, gonflement apparent)	2
	Œdème moyen (épaisseur d'environ 1 mm)	3
	Œdème grave (épaisseur supérieure à 1 mm et surface supérieure à la zone d'application)	4

f) Formules de calcul des indices :

• **Calcul de l'I.P. :**

La somme des notes attribuées aux réactions cutanées, à savoir l'érythème et l'œdème, observées sur les zones scarifiées et non scarifiées est calculée pour chaque période de lecture. Le résultat divisé sur le nombre d'examen réalisés pour chaque temps de lecture définit l'I.C. La moyenne de ces scores représente l'I.P.

Formules de calcul :

$$I.C_{(t)} = \sum RC_{(t)} / N_{(t)} \quad (5)$$

$I.C_{(t)}$: indice d'irritation cutané moyen à un temps t.

$RC_{(t)}$: : somme des scores attribués aux réactions cutanées du côté scarifié et non scarifié à un temps t.

$N_{(t)}$: nombre d'examen effectué à un temps t.

$$I.P = \sum I.C /n (6)$$

I.P: indice d'irritation primaire cutané.

$\sum I.C$: somme des indices d'irritation cutanée moyens obtenus à chaque période.

n : nombre de périodes de lecture.

Chapitre III: Résultats et discussions :

1. Caractérisation du chitosane :

1.1 Rendements des récitons :

Pour l'extraction de la chitine à partir des déchets de calamars, nous avons utilisé une masse de 62g de poudre sèche des plumes, qui a été traitée avec une solution d'acide chlorhydrique HCL (5N) pour éliminer les composés minéraux qu'elle contient. Ensuite, on a continué l'extraction avec une solution basique d'hydroxyde de sodium (40%), pour dissocier le complexe chitine-protéines. Par la suite, on a poursuivi le traitement par un blanchiment avec l' H_2O_2 . Cette étape sert à éliminer les substances colorantes. On obtient à la fin du traitement une poudre de couleur blanche qui est la chitine. Cette dernière a été traitée par une solution basique concentrée d'hydroxyde de sodium NaOH (50%), au profil d'une réaction de désacétylation qui conduit à l'obtention du polymère recherché, le chitosane.

Dans chaque étape nous avons calculé le rendement avec la formule suivante :

$$\text{Rendement \%} = \frac{\text{la masse de l'échantillon après réaction}}{\text{la masse de l'échantillon anant la réaction}} \times 100$$

Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau III -1 : Rendements des différentes étapes d'extraction et de transformation de la chitine en chitosane :

Etape	déminéralisation	déprotéinisation	désacétylation
Rendement %	67%	57%	66%

1.2. Teste de solubilité :

Les résultats du test de solubilité du chitosane dans différentes solutions sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau III -2 : résultats de solubilité du chitosane dans différentes solvant :

Solvant	Eau distillée	Acide acétique 1%	Acide acétique 5%	H_2O_2	Acétone
Chitosane	insoluble	soluble	soluble	Insoluble	insoluble

- Le chitosane est soluble dans la plupart des solutions acide telles que les solutions diluées.

- Le chitosane est insoluble dans les solvants purs et les acides concentrés, en raison de l'impossibilité d'hydrater le matériau. Il est donc relativement stable en milieu acide concentré, même s'il se dégrade après une longue exposition.

1.3. Le DDA :

Les Résultats et Discussion des Spectre IR obtenue.

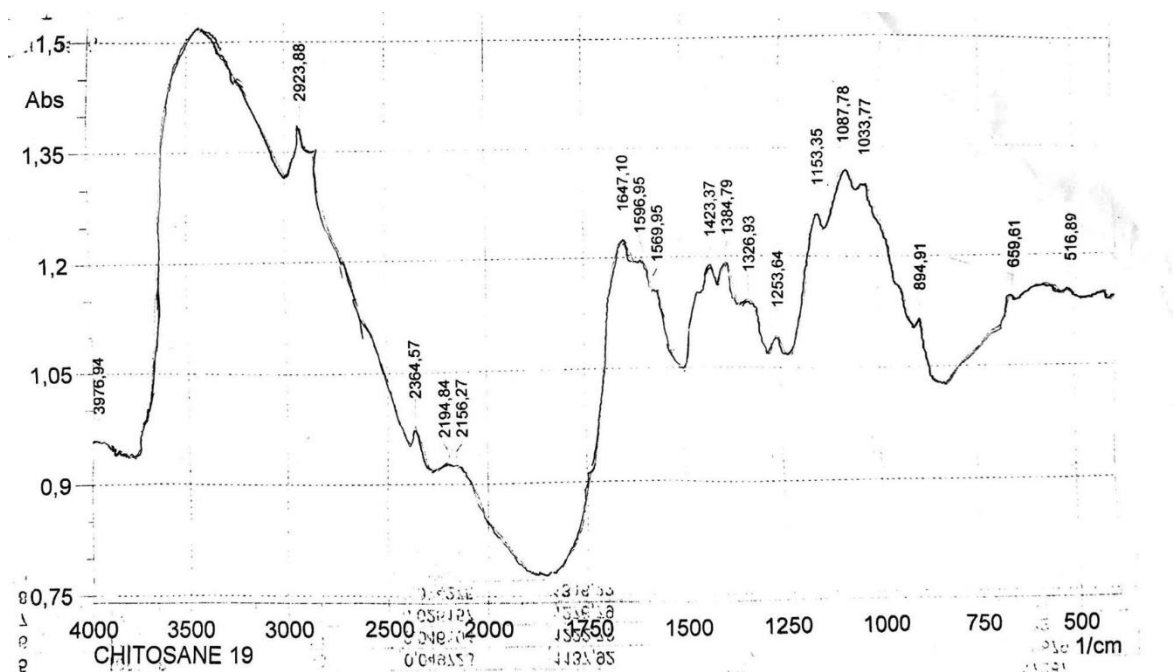


Figure III -1 : Spectre IR du chitosane.

Nous avons déterminé le degré de désacétylation par la formule suivante :

$$DDA = 100 - \left[\frac{\left(\frac{A_{1325}}{A_{1425}} \right) - 0.3822}{0.03233} \right]$$

Tableau III -3 : résultats de DDA du chitosane :

absorbance à 1325cm^{-1}	1,1407
absorbance à 1425cm^{-1}	1,1892
DDA%	82,15

- Le DDA est supérieur à 50 donc on a un bon chitosane.

1.4. Le poids moléculaire :

Le poids moléculaire des échantillons préparés est calculé à partir de sa viscosité intrinsèque en appliquant la relation suivante :

$$\eta_{\text{intrinsèque}} = K \times M^{\alpha} = K.M^{\alpha}$$

Avec K et α sont des constantes où :

- $K = 1,83 \times 10^{-3}$ et $\alpha = 0.93$
- M = poids moléculaire.
- Le PM de notre chitosane est de 1119 KDa.

2. Caractérisations du shampoing solide :

2.1. Le pH:

D'après la couleur obtenue le $pH = 6$.

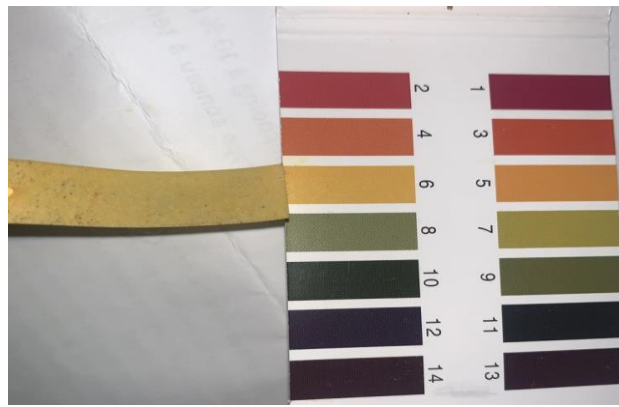


Figure III-2 : le pH.

2.2. Pouvoir détergent :

Nous avons calculé la quantité de graisse retirée à l'aide de l'équation suivante:

$$DP = 100(1 - T/C)$$

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.

Les capacités de nettoyage et de détergence sont deux aspects importants pour formulation de shampoing. $DP = 62\%$.

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 éliminer (Fazloahzadeh et Masoudi, 2015).

2.3. Dispersion de la saleté :

- La dispersion des salissures est un autre paramètre clé pour évaluer l'action nettoyante des shampoings.
- Les shampoings de qualité concentrent les salissures dans l'eau, ceux de mauvaise qualité concentrent les salissures dans leur mousse.



Figure III-3 : résultat du teste de dispersion de la saleté.

- Nous avons des bons résultats car il n'y avait pas de distribution d'encre dans la mousse.

2.4. Test d'irritation cutanée (IN VIVO) :

Voici les flancs après application du shampoing.



Figure III-4 : flanc droit essai (scarifié).



Figure III-5 : flanc gauche témoin (non scarifié).

- Les différentes observations relatives à l'apparition de signes d'irritation cutanée faites à des intervalles réguliers de 24 heures sont représentées dans les figures suivantes :



Figure III-6 : flanc scarifié (24h) du 1^{er} lapin.



Figure III-7 : flanc non scarifié (24h) du 1^{er} lapin.



Figure III-8: flanc scarifié (24h) du 2^{ème} lapin.



Figure III-9: flanc non scarifié (24h) du 2^{ème} lapin.



Figure III-10: flanc scarifié (24h) du 3^{ème} lapin.



Figure III-11: flanc non scarifié (24h) du 3^{ème} lapin.



Figure III-12: flanc scarifié (48h).



Figure III-13: flanc non scarifié(48h)



Figure III-14: flanc scarifié (72h).



Figure III-15: flanc non scarifié (72h)

- Aucune réaction n'a été notée suite à l'usage du shampoing solide. La peau reste parfaitement saine.

- Nous avons calculé l'indice d'irritation primaire cutané avec cette formule :

$$I.P = \sum I.C / n$$

I.P : indice d'irritation primaire cutané.

$\sum I.C$: somme des indices d'irritation cutanée moyens obtenus à chaque période.

n : nombre de périodes de lecture.

- Aucune réaction n'a été notée suite à l'usage du shampoing solide. La peau reste parfaitement saine (tableau V-5).

Le Tableau V-6 est représentatif des notations obtenues à l'issue du test d'irritation cutanée.

La totalité des valeurs, en l'occurrence l'IP, étant égal à zéro.

Tableau III-4 : Cotation des manifestations cutanées.

Période	Lapin	Observation				I.C	I.P
		Erythème		Œdème			
		Flan essai	Flanc témoin	Flanc essai	Flanc témoin		
24h	1	0	0	0	0	0	
	2	0	0	0	0		
	3	0	0	0	0		
48h	1	0	0	0	0		
	2	0	0	0	0		
	3	0	0	0	0		
72h	1	0	0	0	0		
	2	0	0	0	0		
	3	0	0	0	0		

Tableau III-5 : Classification des produits selon l'IP.

Catégorie	I.P
Non irritant	$I.P \leq 0.5$
Légèrement irritant	$0.5 < I.P \leq 2$
irritant	$2 < I.P \leq 5$
Très irritant	$5 < I.P \leq 8$

totalité des valeurs, en l'occurrence l'IP, étant égal à zéro donc notre shampoing solide est classé comme étant non irritant.

Nous avons essayé notre shampoing solide sur un malade qui a le psoriasis

- Le candidat a utilisé le shampoing 2 fois par semaine les résultats c'est au bout de 2 semaines



Figure III -16 : candidat avant l'utilisation du shampoing.



Figure III-17 : candidat après l'utilisation du shampoing

.-tous les symptômes (rougeur, pellicules, ont disparu au bout de 2 semaines.

Conclusion :

L'extraction du chitine nous a permis d'obtenir un produit extra pure avec une pureté de 82% . ce qui permet son utilisation dans plusieurs domaines (biomédicale, pharmaceutique ...) comme un conservateur, c'est un agent d'accélération de la cicatrisation , antibactérienne et antifongique.

Cette étude consiste à valoriser une biomasse marine « plume de calamar » par l'extraction du chitosane à partir de la chitine par voie chimique (désacétylation par NaOH 50%) et l'incorporer dans une formulation d'un shampoing solide.

L'étude de la caractérisation a montré que tous les résidus de la désacétylation sont bien solubles dans l'acide acétique à 1% et qu'il possède un degré de désacétylation (DDA) supérieur à 50% de 82% calculer par la méthode de l'infrarouge.

Grâce à la propriété de solubilité, dans l'acide dilué, de notre chitosane préparés, nous avons pu déterminer le poids moléculaire (PM) par méthode de rhéologie (rhéomètre)PM=1119KDa.

Aussi grâce à la dilution de notre chitosane dans l'acide acétique nous avons préparé un shampoing solide dont l'hydrolat est notre chitosane dilué dans l'acide acétique 1%.

Voici les résultats de la caractérisation de notre shampoing :

- Le pH = 6.
- D'après le teste d'irritation cutanée (INVIVO) sur lapin notre shampoing n'est pas irritant I.P=0.
- Nous avons aussi testé notre shampoing sur un candidat qui a le psoriasis toutes les symptômes ont disparu au bout de 2 semaine.

Les références :

- [1] : Ch. DELANNOY, Ma. COQUELLE « Valorisation des coproduits marins », technique de l'ingénieur le 10mai 2017.
- [2] : BENSALD et HAROUN « extraction de chitosane à partir des carapaces de crevettes : mise en œuvre et caractérisation infrarouge » thèse de MASTER2 université de Bejaia 2021.
- [3] : É Seuve, A Eyraud, A Desmoulière - *Actualités Pharmaceutiques*, [Volume 62, Issue 622](#), January 2023, Pages 43-48.
- [4] : BOUDOUAIA. N, « modification, caractérisation et valorisation d'un matériau d'origine naturelle le chitosane pour la dépollution des eaux. » THESE DE DOCTORATUNIVERSITE DJILLALI LIABES FACULTE DES SCIENCES EXACTES SIDI BEL ABBES 2020 .
- [5] Merzendorfer H., Zimoch L. Chitin metabolism in insects: structure, function and regulation of chitin synthases and chitinases. *J.Exp.Biol.* 206, 4393-4412.
- [6] Ravi Kumar;chitin and chitosane application *M.N.V.React.Function polymer.*46.200.1-27.
- [7] : Arbia L., 2010, Contribution à l'étude de la demineralisation et la déprotéinisation de la carapace de crabe de la crevette par voie fermentaire, memoire de magister, ENP, p 3-12.
- [8] : No H.K., Meyers S.P. 1995. Preparation and characterization of chitin and chitosan (A review). *J Aquatic Food Product Technol.* 4, 27-52.
- [9] : Assaad E., 2006, Etude du processus de coagulation-floculation du système montmorillonite-chitosane dans l'élimination de métaux de transition, mémoire de master, Université du Quebec,
- [10] : Durand V. Et Vergini T., 2010, Le chitosane-un biopolymère d'avenir pour les papiers antimicrobiens? Cas des emballages alimentaires, CERIG, Grenoble Pagora INP
- [11] : Gréorio Crini, pierre-Marie Badot Application of chitosan, a natural aminopolysaccharide, for dye removal from aqueous solutions by adsorption processes using batch studies, *prog.polym.Sci.* (2007).
- [12] : Zemmouri H. (2008). Utilisation du chitosane comme agent flocculant dans le traitement des eaux. Mémoire de Magister, Laboratoire de Biotechnologie Environnementale et Génie des procédés, Ecole Nationale polytechnique, Alger, Algérie
- [13] : (revuelta et al, 2021) Heparanized chitosane: toward the third generation of chitinous biomaterials.
- [14] . Canal, E. (2013). Les shampooings et les principales pathologies capillaires à l'officine (Doctoral dissertation).
- [15]: Malki, L., & Zemmour, M. (2015). Pédiculose du cuir chevelu en milieu scolaire dans la Wilaya de Tizi-Ouzou (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- [16] : . Marieb, E. (2010). Anatomie et physiologie humaines. Edition du Renouveau pédagogique, 8 :172.
- [17] : 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) .
- [18] : .Rees, J. L. (2003). Genetics of hair and skin color. *Annual review of genetics*, 37(1), 67- 90.

- [19] : 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].
- [20] : . Docherty, K. M., & Hebbeler, S. Z. (2006). Chemical structures of imidazolium, pyridinium and quaternary ammonium ionic liquids. Researchgate.
- [21] : Bouillon, C. (2000). Shampoings et soins embellisseurs. *Encycl Méd Chir, Cosmétologie et dermatologie esthétique*. 50-190-A-10, 6p ;
- [22] : Martini, M. C. (2011). Introduction à la dermopharmacie et à la cosmétologie, 3^{ème} édition. Editions Médicales internationales, Cachan ;
- [23] Bounjoua, S. (2014). *Cosmétologie capillaire Enquête sur les préparations cosmétiques traditionnelles au Maroc rabat-Salé (Doctoral dissertation)*.
- [24] : Bouillon, C. (2012). Hygiène et cosmétique des cheveux; techniques esthétiques. *EMCCosmétologie et Dermatologie esthétique ; 7(1) :1-10 [Article 50-190-1-10]*.
- [25]. Sauvage M, Belin. (2011) Les problèmes capillaires. *Le moniteur des pharmacies ; cahier II du n°2906*.
- [26] : Matard, B., & Reygagne, P. (2002). Traitements antichutes. *Encycl Méd Chir, Cosmétologie et dermatologie esthétique*. 50-190-E-10, 7p.
- [27] : 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 α -hydroxy acids and related compounds. *Topical treatment of ichthyotic disorders. Arch Dermatol* 1974 oct; 110: 586590.
- [28] : **Turmel, Nathalie (1999)**. Relation entre les stratégies d'adaptation, le lieu de contrôle et le niveau de sévérité du psoriasis chez les personnes atteintes. *Mémoire*.