



République Algérienne Démocratique et Populaire

Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة عبد الحميد بن باديس  
مستغانم  
كلية علوم الطبيعة والحياة



DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AQUACULTURE

## MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

**MEHIAOUI AMEL**

**LAZRI KHOULOU**

Pour l'obtention du diplôme de

**Master en hydrobiologie marine et continentale**

**Spécialité : Bioressources marines**

**Thème**

**Valorisation de tilapia *Oreochromis niloticus***

Soutenue le /10/2023

DEVANT LE JURY :

**Présidente : BORSALI Sofia**

**MCA**

**Université de Mostaganem**

**Examinatrice : BILLAMI Malika**

**MAA**

**Université de Mostaganem**

**Encadrant : BELHAKEM Fadela**

**Pr**

**Université de Mostaganem**

*Année universitaire 2022/2023*

# *Dédicace*

## **Je dédie ce mémoire**

**À mon cher père**, que Dieu ait son âme,

Aujourd'hui, je franchis un jalon important de ma vie, un moment que j'aurais aimé partager avec toi de tout cœur. Ton absence est profondément ressentie, et aucune parole ne peut exprimer le poids de cette absence. Mais, malgré cette peine, je ressens ton amour et ta fierté depuis l'au-delà.

**À ma mère**,

Merci pour ton soutien inébranlable.

**À mes chers frères et sœurs**

***Mohamed Kaki, Abdallah, Saadia et Fatima.***

Mes belles sœurs **Imene** et **khadidja** .

Un amour infini à mes neveux, **Ahmed Nour, Nael, et islam** mon bonheur incarné.

Et à toute ma famille sans exception.

À mes chères amies, **Fatima, Kawter**, et mon binôme **Khouloud**.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce travail soit possible, je vous dis merci.

**Amel**

# *Dédicace*

Au nom d'Allah clément et miséricordieux

Je dédie ce travail

Aux deux êtres qui l'auraient espéré plus que moi :

**Ma mère** et **Mon père** je ne peux jamais imaginer une vie sans

Eux Merci pour leur patience, pour leur soutien infini ; pour leurs conseils d'or tout au long de ma vie et l'aide qui m'ont offert tout au long de mes Années d'études.

À ma chère sœur *Bouchra*

À mon petit chère frère *bene*

**Mes grands-parents** et Ceux qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la Réalisation de ce travail.

À tous la famille paternelle *LAZRI* et maternelle *BELHADJI*

À l'accompagnante de mon chemin ma copine *Lydia* et sa famille pour m'avoir soutenu tout au

Long de mes études et de nombreuses périodes de ma vie

À mes cousines *Achoura ; Imene ; Houaria ; Hafsa et khanssa*

&

Mes cousins *Oussama ; Ibrahim ; Mohamed bene*

À mes enseignants et mes amis de promotions master Bioressources marines 2023

*Khouloud*

# *Remerciements*

Une pensée pieuse à dieu qui a éclairé notre chemin et mené vers la réalisation de ce modeste travail.

Je voudrais dans un premier temps remercier une énorme dette de gratitude à **Pr BELHAKAM Fadela** d'avoir accepté de nous encadrer et de nous avoir permis de poursuivre notre recherche et notre travail sans complexe. Merci Madame, pour votre rigueur scientifique et les conseils constants, pour avoir eu la patience de corriger notre mémoire.

Ma gratitude revient à **Dr BORSALI Sofia** Maitre de Conférences A, d'avoir accepté de présider notre jury.

Sensible à l'intérêt que vous avez bien voulu porter à ce travail,  
Je vous prie de croire en mon éternel respect.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à **Mme BILLAMI Malika** Maitre Assistante A, d'avoir accepté d'examiner notre travail de fin d'étude et pour votre disponibilité.

Enfin, un sincère merci à tout le monde qui a aidé et soutenu en toute façon, que ce soit de près ou de loin.

## Résumé

La brûlure est l'une des attaques les plus graves que le corps puisse subir. La méthode varie en fonction de la gravité de brûlure ; certaines études envisagent des options plus viables, comme l'utilisation de la peau de tilapia du Nil sur les brûlures en raison de ses propriétés curatives. Notre recherche vise à développer un patch cutané de tilapia, qui a suscité un grand intérêt dans le domaine du traitement des brûlures pour plusieurs raisons. Nous proposons cette méthode pour extraire la peau du tilapia du Nil *Oreochromis niloticus*, qui est un procédé d'extraction qui extrait efficacement le tilapia du Nil. *Oreochromis niloticus*. Collagène marin hautement pur issu de peau de poisson. Nos résultats sont presque similaires à ceux de certaines revues scientifiques.

---

**Mots clés :** Tilapia du Nil, curatives, patch cutané, Collagène, brûlure.

## **Abstract**

Burning is one of the most serious attacks the body can suffer. The method varies depending on the severity of the burn; some studies are considering more viable options, such as using Nile tilapia skin on burns due to its healing properties. Our research aims to develop a tilapia skin patch, which has attracted great interest in the field of burn treatment for several reasons. We offer this method to extract skin from Nile tilapia *Oreochromis niloticus*, which is an extraction process that effectively extracts Nile tilapia. *Oreochromis niloticus*. Highly pure marine collagen from fish skin. Our results are almost similar to those of some scientific journals.

---

Keywords: Nile Tilapia, curative, skin patch, Collagen, burn.

## الملخص

يعد الحرق من أخطر الهجمات التي يمكن أن يتعرض لها الجسم. وتختلف الطريقة حسب شدة الحرق؛ تدرس بعض الدراسات خيارات أكثر قابلية للتطبيق، مثل استخدام جلد البلطي النيلي على الحروق بسبب خصائصه العلاجية. يهدف بحثنا إلى تطوير رقعة جلدية لسماك البلطي، والتي جذبت اهتمامًا كبيرًا في مجال علاج الحروق لعدة أسباب. نقدم هذه الطريقة لاستخراج الجلد من سمك ، وهي عملية استخلاص تعمل على استخراج جلد البلطي النيلي بشكل فعال. *Oreochromis niloticus* البلطي النيلي ، أوركروميس النيلوتيكوس. كولاجين بحري نقي للغاية من جلد السمك. نتائجنا مشابهة تقريبًا لنتائج بعض المجالات العلمية

---

الكلمات المفتاحية: البلطي النيلي، علاجي، رقعة جلدية، كولاجين، حروق

# Table des matières

<b>LISTE DES ABREVIATIONS .....</b>	<b>i</b>
<b>LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>ii</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX .....</b>	<b>iii</b>
<b>RESUME .....</b>	<b>iv</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>01</b>

## **Chapitre 1 : Généralité sur le poisson *Tilapia o, nilotica***

1. Généralité.....	3
1.1 Caractéristique morphologique .....	3
1.2 Classification et systématique.....	5
1.3 Habitat et distribution.....	5
1.3.1 Habitat.....	6
1.3.2 Répartition géographique.....	6
1.3.3Alimentation des tilapias .....	7
1.3.4 Appareil digestif des poissons.....	7
1.3.5 Reproduction de Tilapia .....	8
1.3.6 Biologie et aquaculture du tilapia.....	9
1.4 Caractéristiques biochimique de la peau de tilapia 0. niloticus.....	10
1.5 Sévérité d'une brûlure cutanée.....	11
1.5.1 C'est quoi une brûlure .....	12
1. La brûlure du deuxième degré.....	13
1. La brûlure du deuxième degré.....	14
2. La brûlure du troisième degré.....	14
1.5.2 Les types des brûlures.....	15
1. Les brûlures thermiques .....	15
2. Les brûlures électriques .....	16
3. Brulure chimiques .....	16
4. Les brulures par irradiations .....	12
1.6 Les étapes de la cicatrisation de la peau.....	22
a) L'inflammation.....	22
b) La prolifération .....	23
c) Le remodelage et l'entrecroisement.....	23
1.7Comment utiliser les pansements à base de tilapia.....	23

## **Chapitre 2 : Matériels et Méthodes**

2. Le protocole suivi.....	24
2.1 Le collagène.....	25
2.2 La stérilisation de la peau de tilapia.....	26
2.3 Protocole d'échantillonnage.....	27

2.4 Traitement au laboratoire.....	28
2.5 Techniques analytiques .....	29
2.5.1 Extraction de la peau.....	29
2.5.1.2 Etape de stockage.....	32
2.5.1.3 Conservation des patches de Tilapia.....	33
<b>Résultats et Discussion</b>	
1. La peau de poisson de tilapia du Nil.....	34
<b>Discussion</b> .....	35
<b>Conclusion</b> .....	36
<b>Références bibliographiques</b> .....	38

## Liste des figures

<b>Fig. 1.</b> Aspect morphologique du Tilapia <i>O. niloticus</i> .....	4
<b>Fig. 2.</b> Répartition géographique d' <i>O. niloticus</i> .....	6
<b>Fig.3.</b> Caractéristiques morphologiques du Tilapia nilotica.....	8
<b>Fig.4.</b> Cycle naturel du tilapia.....	9
<b>Fig.5 :</b> brulures de la peau .....	18
<b>Fig.6 :</b> Brulure thermique par retour de flamme. ....	19
<b>Fig.7 :</b> Brulure électrique.....	21
<b>Fig.8 :</b> Brûlures chimique.....	23
<b>Fig.9 :</b> Brulure par irradiation.....	24
<b>Fig.10 :</b> Photographie de Tilapia .....	25
<b>Fig.11 :</b> Echantillon de poissons <i>Tilapia Oreochromis niloticus</i> .....	27
<b>Fig.12:</b> Mensuration <i>Tilapia Oreochromis niloticus</i> .....	28
<b>Fig 13.</b> Extraction de la peau du Tilapia <i>Oreochromis niloticus</i> .....	30
<b>Fig 14.</b> Rinçage de la peau du Tilapia <i>Oreochromis niloticus</i> à l'aide de l'eau. ....	30
<b>Fig 15.</b> Purification de la peau du Tilapia <i>Oreochromis niloticus</i> à l'aide de glycérole et de chlorure de benzalkonium.....	31
<b>Fig 16.</b> Les deux étapes de Purification de la peau du Tilapia.....	32
<b>Fig 17.</b> L'étapes de séchage de la peau du Tilapia.....	32
<b>Fig 18.</b> L'étape de stockage de la peau du Tilapia.....	33
<b>Fig 19.</b> L'étape de la conservation des patches du tilapia. ....	34
<b>Fig.20.</b> La peau de Tilapia <i>Oreochromis niloticus</i> extraite.....	35

## Liste des tableaux

<b>Tab.1</b> : position systématique <i>Tilapia o.nilotucus</i> .....	5
<b>Tab.2</b> : Utilisation de la peau de tilapia dans les brûlures .....	35

## **Liste des Abréviations**

**FAO** : Food and Agricultural Organization.

**%** : pour cent

**CNRDPA** : Centre National de Recherche et de Développement la Pêche et L'Aquaculture.

**m** : mètre.

**NTFS** : Nile Tilapia Fish Skin.

**T°** : température

**PNL** : polynucléaires neutrophiles.

**pH** : potentiel d'hydrogéné

# **Introduction Générale**

### Introduction

Le tilapia est le poisson le plus consommé au monde, La production mondiale de tilapia représente 143 kilos de poisson par seconde, soit 4,5 millions de tonnes par seconde. (Production-mondiale-de-tilapia).

Ce poisson a pour avantage un faible coût de par son alimentation, sa facilité d'adaptation à l'aquaculture et son côté robuste, Principalement présent en Asie, en Afrique du Sud et en Amérique du Sud, il peut être importé et élevé en Europe. La Belgique importe 4.011 tonnes de tilapia dont les trois quarts provenant de pays asiatiques. Le défaut dans l'élevage de ce poisson dans les pays européens est que le tilapia nécessite des conditions d'élevage particulières comme un bassin d'eau tempéré de minimum 25°C rendant son coût de production plus important **(LAZARD, Jérôme, 2009)**.

C'est aux environs de 2017, en Amérique du Sud et plus particulièrement au Brésil que l'on commence à entendre parler de l'utilisation des peaux de tilapia afin de soigner les patients atteints de brûlures de grade variant entre 1 à 3 **(Ahmed Ibrahim,2020)**.

En 2016, pour la première fois, des médecins avaient eu recours à la peau d'un poisson comme traitement contre des brûlures graves. C'est la peau du tilapia qui a été choisie comme pansement biologique.

La peau de tilapia contient une grande quantité de collagène de type 1, très important pour la cicatrisation de la peau. Son haut taux d'humidité et sa résistance aux mouvements la rendent très similaire à la peau humaine **(Chen J et al.,2020)**.

De nouvelles recherches ont récemment démontré les grands avantages de la peau de poisson dans le traitement des brûlures. La peau de poisson s'est révélée supérieure à la gestion de routine avec de la gaze et des crèmes contre les brûlures, ont montré que l'utilisation de peau de poisson pour les brûlures : Accélère le processus de guérison (réépithélialisation) et Réduit la fréquence des changements de pansements, la douleur et le besoin d'analgésiques, réduit considérablement les coûts de traitement **(World Health Organization,2018)**.

D'après ce que nous savons jusqu'à présent, la peau de poisson pourrait ne pas être une solution seulement pour les pays confrontés à une pénurie de greffes de peau. C'est peut-être l'avenir du traitement des brûlures, Avec une guérison plus rapide et une douleur réduite, la peau de poisson pourrait bientôt remplacer complètement les pansements conventionnels **(Chen J et al.,2020)**.

A travers cette étude, nous présentons :

1. En première partie de la synthèse bibliographique des généralités portant sur le poissons Tilapia et ses Caractéristiques morphologiques.
2. La deuxième partie est consacrée à la présentation de la partie matériels et méthodes suivie d'une discussion sur les résultats obtenus.
3. En dernière partie nous décrivons une conclusion avec des perspectives.

# **Chapitre 1**

## **Synthèse Bibliographique**

### Chapitre I : Généralité sur le poisson *Tilapia o, nilotica*

#### 1. Généralité

Un très gros cichlidé pêché et élevé dans tout le monde tropical est un poisson à croissance rapide. Son régime alimentaire est basé sur des phytoplancton et des détruits organiques présent dans l'eau et aussi des zooplanctons, des crustacés et des mollusques (**Henseley et courtenay 1980**).

Les tilapias se caractérisent généralement par une large tolérance à la salinité. Cette capacité D'adaptation aux eaux saumâtres ou marines est modulée par les facteurs environnementaux (**Prunet & Bornancin, 1989**).

L'aptitude des tilapias à développer certains mécanismes physiologiques leur permet de survivre après transfert d'eau douce en eau de mer ou en eau saumâtre. Bien que les tilapias soient des poissons euryhalins qui tolèrent une large gamme de salinité, une telle aptitude varie suivant les espèces (**Prunet & Bornancin, 1989**).

#### 1.1 Caractéristique morphologique

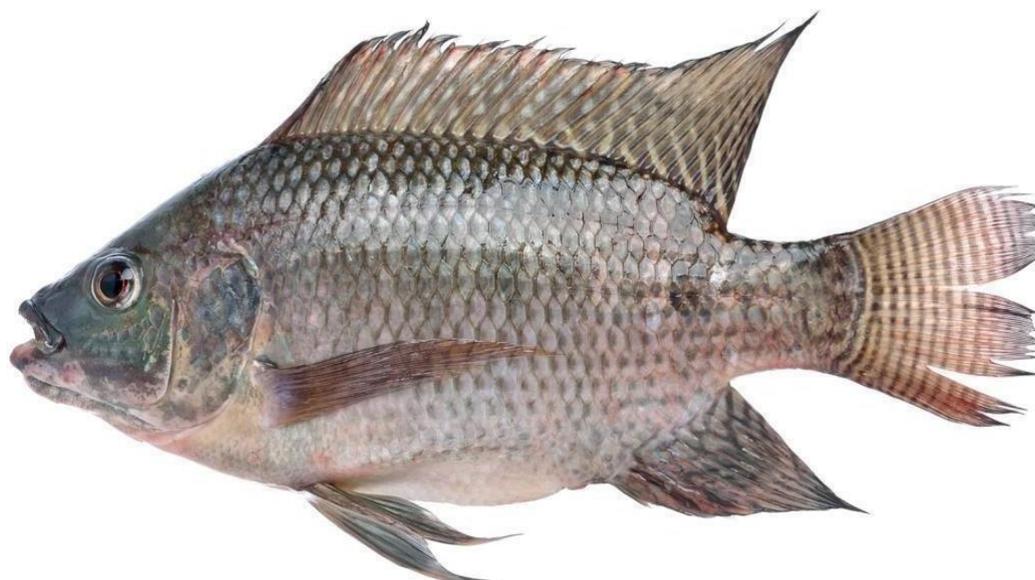
La famille de Cichlidé caractérisée par la présences d'une seule narine de chaque côté de la tête (**l'évêque et al .1990/1992**), le corps de tilapia de Nîle généralement comprimée littéralement et allongé. Ligne latérale interrompue avec 30 à 34 écailles cycloïdes. Bouche terminale. Premier arc branchial avec 20 à 26 branchiospines sur le limbe inférieur. 30 à 32 vertèbres. Nageoire caudale avec 7 à 12 lignes noires bien visibles (**FAO Linnaeus, 1758**).

Les tilapias mâles présentent une pigmentation rouge sur la tête, le bas du corps et la nageoire dorsale pendant les périodes de frai. Papilles génitales courtes et coniques ou nettement bifides au bout chez le mâle. Sur les mâchoires, séries de 3 à 7 dents, dont le nombre dépend de la taille du poisson. Dents bicuspidés à l'extrémité et, chez les adultes, grosses à la base et tronquées obliquement avec des cuspidés plus prononcées. Pharyngal inférieur avec des dents solides dans une aire dentaire approximativement triangulaire (**FAO Linnaeus, 1758**).

Toutes les nageoires (dorsale anale pectorale pelvienne) sont présentes. Les os pharyngiens inférieurs, unis l'un à l'autre forment un triangle denté (**Lévêque et al.,1992**). En se basant sur des caractères morphologiques méristique et comportementaux, ont décompose la famille Cichlidé en 14 genres parmi lesquels on trouve les genres *tilapia o, nilotica* (**paugy et al., 2004**). Le genre *Tilapia* renferme les espèces qui collent leurs œufs sûr un substrat, les surveillent jusqu'à l'éclosion (**Lévêque et al.,1994**) et pratiquent une grande biparentale des œufs.

Ces espèces ont au maximum 17 branchiospines sur la partie inférieure du premier arcbranchial (**paugy et al 2004**).

Elles sont souvent macrophytophages. Le genre *oreochromis* est composé d'espaces à incubation buccale avec garde uniparentale maternelle. Les espèces possèdent 18 à 26 branchiospines longues et fines sur la partie inférieure du premier arc branchial (**paugy et al, .2004**). Elles sont planctonophages, avec un os pharyngien inférieur plus long que large ayant une partie antérieure plus longue que la partie dentée (**paugy et al 2004**), *O. niloticus* est facilement reconnaissable grâce aux rayures verticales régulières noires qui existent sur la nageoire caudale (**paugy et al 2004**).



**Figure 01** : Aspect morphologique du Tilapia *O. niloticus* (**FAO,2022**).

Sa nageoire dorsale, grisâtre et formée d'une seule pièce et comprend une partie épineuse présentant 15 épines et une partie molle comptant 12 à 14 rayons souples (**lévêque et al., 1992 ; Ouedraoge,2000**).

Selon (**lévêque et al.,1992**) :

- ✓ La ligne latérale, qui est un organe sensoriel, est discontinue chez cette espèce,
- ✓ Donnant ainsi une ligne latérale supérieure avec 21 à 24 écailles
- ✓ Une ligne latérales inférieure avec 10 écailles.
- ✓ Ces écailles sont uniquement cycloïdes
- ✓ Les tilapias du Nil ont généralement une teinte grisâtre mais relativement foncée chez l'adulte.
- ✓ Le dos est vert-olive.

- ✓ Les flancs sont plus pâles avec six à neuf bandes transversales peu apparentes ;
- ✓ Le ventre, la lèvre inférieure sont blanchâtres.
- ✓ La lèvre supérieure est vert-pale ou blanche tandis que la lèvre inférieure est blanche (Paugy *et al.*, 2004).
- ✓ Les nageoires dorsales et anales sont grisâtres, parfois avec un liseré rouge très mince.
- ✓ Les nageoires pelviennes sont grises ; les pectorales sont transparentes. *O. niloticus*. 19 à 26 branchiospines sur la partie inférieure du premier arc branchial (Lévêque *et al.* 1992 ;Paugy *et al* 2004).

### 1.2 Classification et systématique

**Tableau 01 :** position systématique *Tilapia o. niloticus* (Paugy *et al* 2004).

Classe	Actinoptérygii
Sous –classe	neopterygii
Division	teleostie
Super ordre	acanthopterygi
Ordre	perciformes
Famille	cichilidae
Genre	oreochormis
Espèce	o.niloticus

### 1.3 Habitat et distribution

#### 1.3.1 Habitat

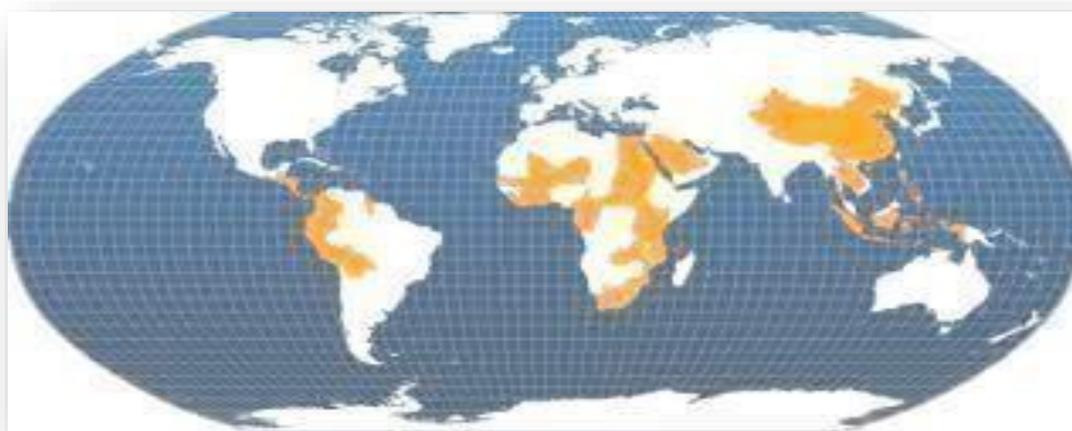
*Tilapia* du Nil est une espèce tropicale d'eau douce et d'estuaire. Elle préfère les eaux peu profondes et tranquilles sur le bord des lacs et les rivières larges avec une végétation suffisante (FAO, 2018), ainsi que les eaux fraîches d'une profondeur de 0 - 6 m (Froese *et Pauly*, 2017).

### 1.3.2 Répartition géographique

*T. nilotica* présente une répartition originelle strictement africaine couvrant (**Fig.2**) les bassins du Nil, du Tchad, du Niger, des Volta, du Sénégal et du Jourdain ainsi que les lacs du graben est-africain jusqu'au lac Tanganika (**PHILIPPART et RUWET, 1982**).

Signalons que l'espèce étudiée est divisée en sept sous-espèces à distribution naturelle bien déterminée (**TREWAVAS, 1983**). Cette espèce a été largement répandue en Afrique hors de sa zone d'origine pour compléter le peuplement des lacs naturels ou de barrages déficients ou pauvres en espèces planctonophages ainsi que pour développer la pisciculture. Ainsi (**WELCOMME, 1988**) signale son introduction au Burundi et au Rwanda en 1951, à Madagascar en 1956, en République Centrafricaine et en Côte d'Ivoire en 1957, au Cameroun en 1958, en Tunisie en 1966, en Afrique du Sud en 1976 et à des dates inconnues au Zaïre et en Tanzanie.

A cela on peut ajouter que cette espèce est également cultivée, hors de sa zone originelle dans de petits bassins versants, au Gabon (OYEM), au Ghana, au Kenya (Baobab farm près de Mombassa), au Nigeria (ARAC, PORT - HARCOURT), etc... Mais ces introductions ne se sont pas limitées à l'Afrique puisqu'on la trouve (**WELCOMME, 1988**) dans les lacs, les fleuves et les piscicultures aussi bien d'Amérique Centrale (Guatemala, Mexique, Nicaragua, Honduras, Costa Rica, Panama), d'Amérique du Sud (Brésil), d'Amérique du Nord (Auburn, etc...) et d'Asie (Sri Lanka, Thaïlande, Bengladesh, Vietnam, Chine, Hong Kong, Indonésie, Japon, Philippines), ce qui lui vaut une distribution actuelle pan-tropicale. Enfin cette espèce commence également à être cultivée dans les eaux chaudes industrielles en régions tempérées. C'est le cas en Europe (**Allemagne, 1977 et Belgique, 1980**).



**Figure 02 :** Répartition géographique *d'o.nilotucus* (F.A.O., 2006).

### 1.3.3 Alimentation des tilapias

Dans le milieu naturel, les juvéniles et les jeunes poissons de tilapia sont omnivores. Ils se nourrissent principalement de zooplancton et de faune benthique mais ingèrent aussi des détritiques et s'alimentent de phytoplancton. Lorsqu'ils atteignent environ 6 cm de longueur totale, les tilapias deviennent essentiellement herbivores (**Moriarty et Moriarty, 1973**). Une récente étude, concernant le développement de la filière à des moindres coûts en Benin, a été réalisée en systèmes intégrés volaille-poisson, pourrait être une stratégie prometteuse (**Diogo et al., 2018**).

### 1.3.4 Appareil digestif des poissons

**1. La bouche** : Elle est fonctionnelle suçoir chez la lamproie, entonnoir chez esturgeon, télescopique et fouilleuse chez la carpe (protractile) pour aspirer les larves et les vers.

A l'intérieur de la bouche se trouve les dents plus ou moins développées et parfois virtuelles. On distingue d'après leur situation : Les dents maxillaires, les dents palatines et les dents vomériennes dont le nombre et la disposition sont précieuses pour l'identification des espèces, notamment chez les salmonidés.

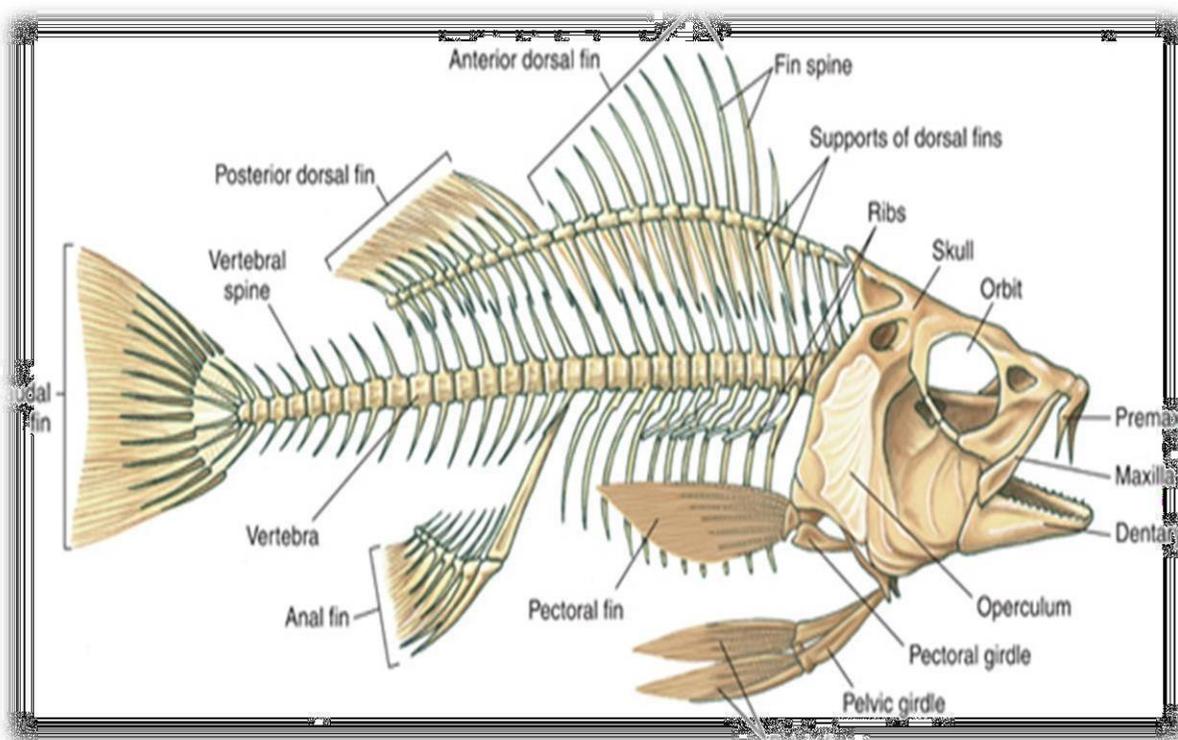
Les dents pharyngiennes qui servent également à l'identification, notamment des Cyprinidés. Les dents linguales que l'on trouve chez la truite et le brochet. Et enfin des dents disposées sur les arcs branchiaux de certains poissons tels que la perche et le brochet. La denture, comme chez les mammifères, laisse prévoir le régime alimentaire. Piscivore. Brochet, perche, sandre, aux mâchoires bien armées, herbivore, granivore, vermivore. Les cyprinidés, chez lesquels manquent les dents maxillaires, insectivores : truite

**2. Le pharynx** : Carrefour où s'ouvrent les bronchis puis l'œsophage.

**3. L'estomac** : Dont la forme générale affecte celle d'un U. Les parois de l'estomac sont plus ou moins épaisses suivant les espèces et suivant, bien sûr la nature de l'alimentation des espèces entre l'estomac et l'intestin, les pylores et des caecums pyloriques. A la partie intérieure de l'intestin, on trouve le canal cholédoque, venant du foie et celui du pancréas plus ou moins long : plus chez les herbivores et moins chez les carnassiers. Son rôle essentiel est le passage des éléments nutritifs dans le sang.

**4. Le foie** : Est une grosse glande brune placée en arrière du cœur est souvent accompagnée d'une vésicule biliaire.

**5. L'anus** : Débouche en avant des orifices génito-urinaires et du premier rayon de la nageoire anale (**Maisonneuve et Larose, 1993**).



**Figure 03 :** Caractéristiques morphologiques du *Tilapia nilotica* (PLISNIER et al, 1988).

### 1.3.5 Reproduction de *Tilapia*

Les tilapias sont très proliférants. Les couveuses à bouche et les géniteurs de souche frayent fréquemment et dépensent beaucoup d'énergie pour allaiter et protéger leurs progénitures jusqu'à ce qu'ils soient assez grands pour nager et se nourrir seuls. Dans une étude des problèmes de production de masse d'alevins de tilapia (Mires, 1982), toutes les femelles ont présenté un modèle de frai similaire dans lequel une série de fraies était toujours suivie d'une période de repos.

La grande variabilité de la fécondité des femelles individuelles était également rencontrée. Certains ont engendré jusqu'à six fois consécutives à un intervalle moyen de 30 jours, tandis que d'autres ont engendré moins ou pas du tout. La fécondité des poissons a également changé avec les changements d'environnement ; ainsi, des espèces identiques se reproduisent plus fréquemment en culture qu'en nature (Mires, 1995).

Le *Tilapia* hybride est un Cichlidé fertile ; territorial ; incubateur buccal et est très agressif pendant la saison de reproduction. (Medeiros et al. 2007) ont pu démontrer que les comportements de la reproduction du tilapia hybride *Oreochromis sp* sont identiques à ceux décrits chez l'espèce parentale *O. niloticus*.

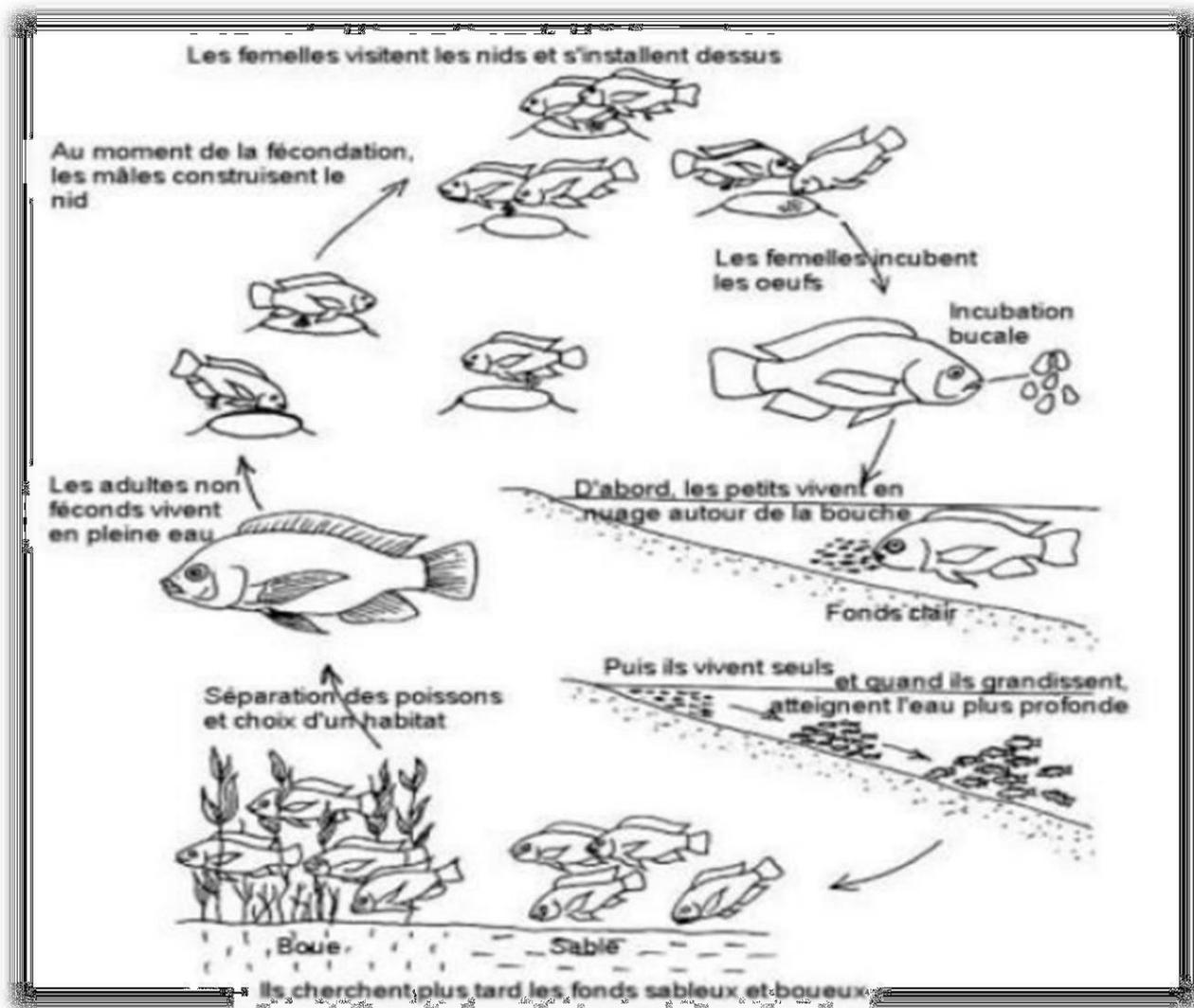


Figure 04 : Le cycle naturel du tilapia (Lacroix, 2004).

### 1.3.6 Biologie et aquaculture du tilapia

Les tilapias s'adaptent à des environnements variés et peuvent vivre à des températures comprises entre 9°C et 40°C. Les espèces comme *O. niloticus* et *O. mossambicus* supportent jusqu'à un maximum de 41°C (Allanson et Noble, 1984 ; Denzer, 1968). Néanmoins, beaucoup cessent de s'alimenter dès que la température descend en dessous de 16°C, ou ne peuvent se reproduire qu'à des températures supérieures à 22°C. Toutes les espèces pourraient survivre à un taux d'oxygène dissout de 1 mg/L mais cesseraient de s'alimenter quand ce taux descend en dessous de 1,5 mg/L (Allison et al., 1976).

L'adaptation à la salinité diffère selon les espèces. Ainsi, certaines espèces comme *Tilapia.guineensis* ou *O. mossambicus* sont euryhalines (Wokoma et Marioghae, 1996).

De même la tolérance au pH est fonction des espèces. Le pH optimal est compris entre 7 et 8, mais les tilapias s'adaptent aux pH très acides des forêts tropicales (**Varadaraj et al., 1994**). Le mode alimentaire est caractéristique du genre. Ainsi, les poissons du genre *Tilapia* sont d'abord zooplanctonophages puis deviennent omnivores (**Bard et al., 1974**). Les poissons des genres *Sarotherodon* et *Oreochromis* consomment essentiellement du phytoplancton et des macrodétritus divers (**Bardet et al., 1974**). Les tilapias sont extrêmement résistants aux maladies. Ils sont d'ailleurs le plus souvent porteurs sains de plusieurs virus.

### **1.4 Caractéristiques biochimique de la peau de *Tilapia 0. Niloticus***

Le collagène est la protéine la plus abondante dans La peau de *Tilapia* représentent environ 30 % du total protéine. Le collagène est un composant majeur de Tissu conjonctif, muscle, dents, os et peau. Il existe 19 types de collagène, étiquetés I-XIX (**Whitford, 2005**).

Le collagène est composé de trois triples de taille similaire chaînes polypeptidiques en hélice. Chaque chaîne contient environ 1000 résidus d'acides aminés et a une longueur moyenne de 300 nm et diamètre de 1,4 n.m. Le collagène a une séquence primaire répétitive dont un résidu sur trois est de la glycine. la séquence de la chaîne polypeptidique peut être décrite comme Gly-X-Y, dans lequel X et Y se retrouvent souvent être de la proline et de l'hydroxyproline formant une main gauche super hélice avec les deux autres chaînes (**Whitford, 2005**).

La peau de *Tilapia* n'est formée que de deux tissus :

- Un épiderme et un derme.
- Epiderme et derme décrivent des replis qui se recouvrent partiellement : ce sont les écailles.
- L'épiderme sur la face supérieure de l'écaille est stratifié non kératinisé. Il est caractérisé par la présence parmi les kératinocytes de cellules muqueuses ouvertes et de bourgeons gustatifs. Sur la face inférieure de l'écaille, l'épiderme est généralement moins épais. L'axe de toute écaille de poisson ostéichthyen contient un os dermique (**ALVES et al., 2015**).
- Le tissu conjonctif qui l'entoure (derme) est relativement lâche. Il n'ya ni glandes ni hypoderme au niveau de la peau de *Tilapia*.
- Elle présente des caractéristiques microscopiques similaires à celles de la peau humaine, telles qu'une résistance élevée à la traction et une extension de la rupture, réduisant le temps de réépithélialisation et l'intensité de la douleur.

- La peau du tilapia du Nil montre un épiderme recouvert d'un épithélium stratifié, suivi de vastes couches de collagène.
- Grâce à sa caractéristique de guidage et de définition de la plupart des tissus, il est configuré comme un excellent composant des biomatériaux, en plus de permettre la biodégradabilité et la biocompatibilité (**LIMA JUNIOR, 2017**).

### 1.4 Sévérité d'une brûlure cutanée

La peau est un organe essentiel et complexe, constituant le plus grand et le plus lourd du corps humain, avec une superficie de plus de 2 m<sup>2</sup> chez l'adulte. Malgré cela, la peau est souvent négligée et oubliée, que ce soit par les médias, le grand public ou même les professionnels de santé. Cependant, la peau ne remplit pas seulement un rôle de protection contre le monde extérieur ou d'apparence visuelle, elle joue également un rôle crucial en tant que barrière contre les infections et l'évaporation, en maintenant notre température corporelle et en ayant une activité métabolique importante, notamment dans la production de vitamines. De plus, notre peau a une dimension émotionnelle importante (**Franchesca D, 2009**).

Face à cette complexité, nous devons être humbles, en particulier dans la prise en charge des patients brûlés, qui sont touchés et blessés au niveau de cet organe, et qui subissent également des atteintes à leur image de soi. Les patients brûlés représentent un exemple remarquable de la nécessité d'une prise en charge multidisciplinaire et d'une approche communautaire.

Les brûlures font partie des problèmes majeurs de santé publique dans notre pays, partageant les caractéristiques classiques de fréquence élevée, de morbidité importante, d'infrastructures spécialisées insuffisantes et de coûts élevés de prise en charge. Pourtant, il est possible de prévenir bon nombre de ces cas (**Malakhova M et al., 2010**).

L'expression "Si ça continue, je vais finir par m'immoler par le feu" est souvent utilisée par les désespérés qui ne voient pas d'issue à leur situation. Cela fait écho aux pratiques de l'auto-immolation, notamment dans certaines sociétés orientales, où le suicide était considéré comme un moyen ultime de se faire entendre. Les immolations ont malheureusement connu une recrudescence lors du Printemps arabe (**Krishnan P et al., 2013**).

Avant d'aborder les aspects thérapeutiques, il est nécessaire et important de rappeler brièvement l'anatomie, l'histologie et la physiologie de la peau, ainsi que la physiopathologie des brûlures.

### 1.4.1 C'est quoi une brûlure

Une brûlure est définie comme une destruction partielle ou totale de la peau, voire des structures sous-jacentes, causée par un agent thermique, chimique, électrique ou des radiations ionisantes. Peu importe son origine, une brûlure devient potentiellement mortelle lorsque sa surface dépasse 20% du corps chez les adultes et 8 à 10% du corps chez les enfants, mettant ainsi en jeu le pronostic vital (**Montrey S et al.,2008**).

#### 1) La brûlure du premier degré

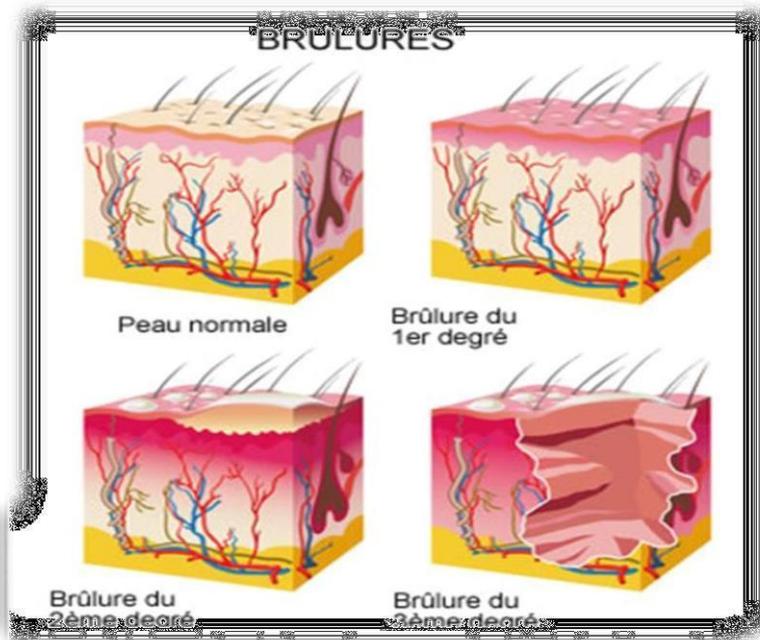
Elle atteint uniquement la couche superficielle de l'épiderme sans affecter sa couche germinative. Cliniquement, elle se manifeste par un érythème douloureux, non accompagné de cloques. La guérison complète survient en quelques jours sans laisser de séquelles (**Montrey S et al.,2008**).

#### 2) La brûlure du deuxième degré

La brûlure du deuxième degré est divisée en deux sous-catégories. Le deuxième degré superficiel atteint le derme papillaire, cicatrise en moins de deux semaines sans laisser de cicatrices, mais peut entraîner une différence de pigmentation. Le deuxième degré profond détruit toute l'épaisseur de l'épiderme et peut atteindre le derme réticulaire. La cicatrisation est retardée, prenant plus de 2 à 3 semaines, (**Krishnan P et al.,2013**) et laisse des séquelles cicatricielles permanentes. La distinction clinique entre les deux degrés de brûlure est difficile, et souvent seul le temps permet de confirmer le diagnostic. Par conséquent, le terme "deuxième degré intermédiaire" est utilisé temporairement pour les brûlures récentes de deuxième degré en attendant une évaluation plus précise.

#### 3) La brûlure du troisième degré

La brûlure du troisième degré entraîne la destruction complète de l'épiderme, du derme et atteint parfois l'hypoderme. La lésion clinique observée est une escarre cutanée. La présence d'un réseau veineux sous-jacent coagulé, lorsque cela se produit, est un signe caractéristique. La cicatrisation ne peut être obtenue qu'après une période de détersion (soit de manière spontanée après 2 à 3 semaines d'évolution, soit par une intervention chirurgicale) suivie d'une greffe de peau dermo-épidermique (**Krishnan P et al.,2013**).



**Figure 05 : Brulures de la peau (creapharma,2019).**

On mentionne de manière moins établie la brûlure du quatrième degré lorsque des structures profondes nobles sont exposées ou touchées, telles que les vaisseaux sanguins, les nerfs, les tendons, les os et les articulations (Montrey S et al.,2008).

### 1.4.2 Les types des brûlures

#### 1. Les brûlures thermiques

Les brûlures thermiques sont les types de brûlures les plus courants, représentant environ 90 % de toutes les brûlures. Elles sont caractérisées par la combinaison de trois facteurs : la nature de l'agent brûlant, sa température et la durée du contact avec la peau. Par exemple chez un enfant, le contact avec une source de chaleur :

- ✓ À 70°C provoque une brûlure immédiate ;
- ✓ À 60°C provoque une brûlure en une seconde
- ✓ À 50°C provoque une brûlure en 5 minutes.

C'est pourquoi la réglementation exige que les chauffe-eaux soient réglés à une température maximale de 55°C pour éviter les brûlures.

Les brûlures thermiques peuvent avoir différentes causes :

- Les ébouillancements par des liquides ou des vapeurs chaudes sont la principale cause de brûlures thermiques. Ces accidents se produisent souvent dans la cuisine ou la salle de bain. La profondeur des lésions cutanées varie et il est difficile de les estimer.
- Le contact avec des flammes : cela peut se produire lors d'accidents de barbecue (souvent causés par l'utilisation d'essence ou d'alcool), d'incendies domestiques, de feux de broussailles, ainsi que lors d'immolations ou d'agressions directes. Les lésions cutanées sont généralement profondes et étendues. Des lésions des voies respiratoires sont souvent associées en raison de l'inhalation de fumées (**Fondation des brules,2014**).
- Les explosions : elles provoquent des brûlures par déflagration. La victime n'est pas en contact direct avec la flamme, mais est exposée à une chaleur intense. Dans un espace clos, l'onde de choc se réfléchit sur les murs et rebondit sur la victime, provoquant des brûlures intermédiaires ou profondes, ainsi que des lésions par criblage, écrasement ou souffle. En cas d'explosion, il est important de considérer systématiquement une lésion pulmonaire due à l'effet de souffle (**Baux S,2009**).
- Le contact avec des objets brûlants : les jeunes enfants (brûlures palmaires), les Ouvriers et les travailleurs manuels sont les plus exposés à ce type de brûlures. Parmi les exemples courants, citons les fers à repasser, les portes de four et les appareils de chauffage. Les brûlures sont souvent localisées mais profondes. La gravité de la brûlure dépend de la température de l'objet et de la durée du contact. (**HUE V et HAPIETTE L.,2013**)
- Les gelures : elles surviennent lorsque la peau et les tissus sous-jacents sont exposés à des températures inférieures au point de congélation de la peau saine. Elles peuvent se produire en montagne, suite à un contact avec de l'azote liquide ou dans des situations de précarité, comme chez les personnes sans domicile fixe en hiver. Le traitement des gelures diffère des autres brûlures thermiques. Il consiste à réchauffer progressivement La zone affectée jusqu'à ce que la sensation de froid disparaisse, tout en associant un traitement anti-inflammatoire et antiagrégant.
- Le flash électrique : il ne s'agit pas d'une électrisation car la personne n'est pas traversée par un courant électrique. Il se produit lorsque deux bornes à haute et basse tension génèrent une flamme, entraînant ainsi des brûlures thermiques (**Baux S,2014**).



**Figure 06 :** Brûlure thermique par retour de flamme.

**Source :** Damien Wilson Carter ,2022.

### 2. Les brûlures électriques

Les brûlures électriques représentent environ 5 à 7 % de toutes les causes de brûlures. Lorsqu'une électrisation se produit, le courant électrique traverse le corps, passant d'un point d'entrée à un point de sortie. Cela entraîne les effets suivants (Opara K.O et al.,2006) :

- Dépolarisation des cellules, entraînant leur rupture.
- Tétanisation des muscles.
- Échauffement en profondeur dû à la résistance électrique des tissus, ce qui peut provoquer des brûlures musculaires, nerveuses et des nécroses viscérales. Les lésions sont graves et entraînent des dommages aux tissus nobles tels que les tendons, les nerfs, les vaisseaux sanguins, voire une exposition osseuse. La peau peut rester intacte.
- Risque de troubles du rythme cardiaque.

Les conséquences de l'électrisation varient en fonction de la tension électrique impliquée. On distingue les brûlures à basse tension (moins de 1000 volts) et les brûlures à haute tension (plus de 1000 volts) (Zhu,2002).

Les accidents à basse tension sont principalement d'origine domestique. Par exemple, un enfant qui met ses doigts dans une prise de courant ou qui met à la bouche une rallonge électrique branchée. Dans ces Les accidents à haute tension surviennent généralement sur le lieu de travail, impliquant des ouvriers du bâtiment, des électriciens ou des travailleurs intervenant sur les voies ferrées. On peut également mentionner les personnes touchées par la foudre lors d'orages. En général, le courant électrique traverse tout le corps, partant d'un membre supérieur ou du crâne jusqu'aux pieds (Rimdeika R et al.,2002). Il est essentiel de ne pas se fier uniquement à la surface cutanée brûlée, mais d'analyser le trajet du courant électrique.

De plus, ces brûlures évoluent, car leur étendue peut s'aggraver en fonction des lésions vasculaires provoquées par le passage du courant, même jusqu'au cinquième jour, les points d'entrée et de sortie du courant sont proches. Ainsi, les lésions concernent les extrémités des doigts dans le premier cas, ou la muqueuse buccale dans le second cas (**PRADIER J-P,2008**) ; **THELOT,2009**).



**Figure 07 : Brulure électrique**  
**Source : Damien Wilson Carter ,2022.**

### 3. Brûlures chimiques

Environ 2% des brûlures sont causées par des acides, des bases et des chélateurs qui entrent en contact avec la peau lors d'accidents au travail en laboratoire, d'accidents domestiques ou d'agressions impliquant des substances telles que l'acide sulfurique. Ces brûlures sont généralement profondes, graves et sérieuses (*RIGOU A & THELOT B ;2009*).

Lorsqu'un produit chimique entre en contact avec la peau, des réactions chimiques se produisent, notamment la saponification des graisses, la chélation du calcium et la dénaturation des protéines, ce qui entraîne la destruction des protéines (protéolyse) et des lipides des tissus. Ces réactions modifient le pH de la peau, ce qui provoque la rupture des cellules. De plus, ces réactions consomment de l'eau, ce qui entraîne une déshydratation (*COSTAGLIOLA M & MANSAT C ;2014*).

De plus, une réaction exothermique se produit, dégageant de la chaleur, ce qui altère les processus métaboliques cellulaires. (*CASANOVA,2014*).

Il est essentiel d'identifier l'agent responsable de la brûlure. En plus de causer des lésions cutanées, certains produits chimiques peuvent également avoir une toxicité systémique, affectant divers organes tels que le métabolisme, les reins, le foie, le système nerveux, et le système sanguin, entre autres. (*PRADIER J-P,2008*).

Pour évaluer la gravité d'une brûlure chimique, il est nécessaire de prendre en compte le pH, la concentration, la durée du contact et la capacité de pénétration du produit chimique. Les bases ont généralement un pouvoir de pénétration plus fort et prolongé que les acides.

Une brûlure chimique, également appelée brûlure caustique, peut se produire lorsqu'un irritant chimique entre en contact avec la peau ou les tissus. Cet irritant peut provoquer une réaction cutanée ou, s'il est ingéré, causer des brûlures au niveau de la langue, de la bouche, de l'œsophage et des tissus de l'estomac. Parmi les produits les plus courants susceptibles de provoquer des brûlures chimiques, on trouve :

- L'acide de batterie pour voiture
- L'eau de Javel
- L'ammoniaque
- Les nettoyeurs pour prothèses dentaires
- Les produits de blanchiment dentaire
- Les produits de chloration pour piscine

- Les nettoyants pour fours
- Les produits de lessive.

Ces substances peuvent entraîner des brûlures chimiques et nécessitent une attention particulière en cas de contact avec la peau ou d'ingestion (**LAKHEL A,2008**).



**Figure 08 : brûlures chimiques (BREDEN A & LAGUERRE J ;2008).**

#### 4. Les brûlures par irradiations

Les brûlures par irradiations désignent les dommages causés à la peau ou aux tissus suite à une exposition au soleil, à une radiothérapie utilisée dans le traitement du cancer, ainsi que, dans des cas plus rares, à des émissions ou des explosions nucléaires. Les effets néfastes des rayonnements dépendent de différents facteurs tels que le type de rayonnement, son énergie, son pouvoir de pénétration et d'ionisation, la dose totale reçue, le nombre d'expositions et la durée globale d'exposition. Les lésions cutanées résultant de l'exposition aux rayonnements peuvent se manifester par des symptômes tels que rougeur, perte ou desquamation de la peau, ainsi que par la formation d'ulcères profonds (**Orsted Sue Rosenthal,2021**).



**Figure 09 : Brûlure par irradiation (Orsted Sue Rosenthal,2021).**

### 1.5 Les étapes de la cicatrisation de la peau

La cicatrisation peut être subdivisée en trois phases distinctes : une phase inflammatoire, une phase de prolifération/réparation et une phase de remodelage/maturation. Il est important de noter que ces phases ne sont pas rigoureusement séparées dans le temps, mais elles se chevauchent. Par conséquent, au sein d'une même plaie, il est possible de trouver simultanément plusieurs phases en cours (**Mureebe et Kerstein, 1998 ; Davis et al., 1993 ; Kunimoto, 1999**).

#### A) L'inflammation

Après une phase initiale de vasoconstriction, des substances vasodilatatrices et des molécules chimiotactiques attirent les cellules inflammatoires vers la zone de la plaie. Parmi celles-ci, on retrouve les neutrophiles (leucocytes polynucléaires LPN) et les macrophages. Leur rôle essentiel est d'initier la phagocytose pour éliminer les bactéries, les corps étrangers et les débris cellulaires présents dans la plaie (**Ennis et Menses, 1995 ; Calvin, 1998**).

Par la suite, les leucocytes polynucléaires (LPN) sont soit expulsés de la plaie en même temps que l'écharde, soit phagocytée par les macrophages (**Singer et Clark, 1999**).

En plus de produire des facteurs chimiotactiques qui recrutent d'autres cellules inflammatoires, les macrophages libèrent également des facteurs de croissance qui attirent les fibroblastes et les cellules endothéliales vers la zone de la plaie (**Françoise et al., 2020**).

Ces facteurs de croissance jouent un rôle essentiel dans la coordination de la formation du tissu de granulation, qui est crucial pour la cicatrisation (**calvin, 1998**).

Les macrophages jouent un rôle essentiel dans la transition de la phase inflammatoire à la phase proliférative du processus de réparation tissulaire (**Singer et Clark, 1999**). L'inflammation débute généralement dès l'agression initiale et se maintient jusqu'au quatrième jour environ du processus de cicatrisation. Les caractéristiques classiques de l'inflammation aiguë, telles que chaleur, rougeur, œdème et douleur, sont bien connues. De plus, la perte de fonction est un autre signe distinctif de cette phase (**Calvin, 1998**).

La phase de prolifération comprend trois processus facilement observables : la formation du tissu de granulation, la contraction de la plaie et le rétablissement de l'épithélium (**Davis et al., 1993**).

### ▪ **La granulation**

Pendant la phase de granulation, qui se chevauche avec la phase inflammatoire, on observe la prolifération et la migration des cellules vers le lit de la plaie, jouant un rôle essentiel dans le processus de réparation. La durée de cette phase peut varier de 8 à 14 jours, voire 21 jours, en fonction de la taille de la plaie. Le tissu de granulation, une population cellulaire dense, présente un aspect granulaire similaire à celui d'une jeune framboise, principalement en raison des bourgeons des nouveaux capillaires présents (**Ennis et Meneses, 1995 ; Boykin, 1996**).

Le tissu de granulation est composé de différents éléments, notamment des macrophages, des fibroblastes et des cellules endothéliales, qui se trouvent dans une matrice lâche composée de collagène, de fibrine, de fibronectine et d'acide hyaluronique (**Calvin, 1998**). Les macrophages, comme mentionné précédemment, libèrent continuellement des facteurs chimiotactiques et des facteurs de croissance. Les fibroblastes jouent un rôle dans la construction d'une nouvelle matrice cellulaire nécessaire à la croissance des cellules au fond de la plaie, fournissant ainsi une structure de soutien pour la migration cellulaire.

Les cellules endothéliales initient la formation de bourgeons vasculaires, qui donneront naissance à de nouveaux capillaires, rétablissant ainsi la perfusion sanguine et assurant l'apport en oxygène et en nutriments essentiels à l'activité métabolique des cellules dans la plaie. Ce processus de formation de nouveaux capillaires pour alimenter le tissu de granulation est appelé angiogenèse (**Meghan et al., 2017**).

### ▪ **La contraction**

La contraction de la plaie est un processus qui réduit la taille de la plaie grâce au mouvement centripète du tissu cutané environnant. Elle commence environ sept jours après la blessure et atteint son pic d'activité après deux semaines. Les fibroblastes jouent un rôle essentiel dans ce processus de contraction de la plaie (**Calvin, 1998**).

### ▪ **La réépithélialisation**

La réépithélialisation est le processus de régénération de l'épiderme pour restaurer les fonctions protectrices de la peau. Après une blessure, les kératinocytes intacts migrent des bords de la plaie ou des follicules ; Pileux pour former une couche épithéliale pavimenteuse stratifiée et kératinisée. Une fois la plaie refermée, les cellules de l'épiderme retrouvent leur forme et leur fonction d'origine (**Calvin, 1998**). Les cellules épithéliales argentées entourent les bords du tissu de granulation. Dans les lésions peu profondes,

des groupes de cellules épithéliales peuvent être observés dispersés dans la plaie. Ces groupes proviennent de la migration ascendante des kératinocytes à partir des follicules pileux intacts. La réépithélialisation se termine par la migration des cellules des bords de la plaie vers l'intérieur, créant un effet similaire à une fermeture éclair (**Ennis et Meneses, 1995 ; Singer et Clark, 1999**).

### D) Le remodelage et l'entrecroisement

Le remodelage et l'entrecroisement des fibres de collagène débutent avec la formation du tissu de granulation et se prolongent pendant des mois voire des années après la cicatrisation de la plaie. Les métalloprotéinases matricielles, des enzymes protéolytiques sécrétées par différentes cellules, régulent la synthèse et la dégradation constantes du collagène dans ce processus de remodelage. Cependant, le tissu cicatriciel ne parvient jamais à retrouver totalement l'élasticité et la résistance du tissu d'origine. Après un mois, sa résistance maximale n'est que de 40% et la récupération ultérieure est limitée, atteignant seulement 70% à 80% de la valeur initiale. Par conséquent, une cicatrice apparemment guérie peut présenter une fragilité cutanée dans les mois suivant l'épithélialisation (**Keast et Orsted, 1998**).

### 1.6 Comment utiliser les pansements à base de tilapia

1. La peau de tilapia est appliquée directement sur la zone brûlée et recouverte d'un bandage, sans aucune crème. Après environ 10 jours, les médecins retirent le bandage. La peau de tilapia, qui s'est desséchée et s'est détachée de la brûlure, peut être pelée.
2. Le principe de cette nouvelle approche médicale innovante est simple : la peau brûlée est enveloppée de peau de poisson tilapia stérilisée.
3. Normalement, chez les grands brûlés, les médecins utilisent de la sulfadiazine, une substance qui guérit les plaies généralement en deux semaines. Mais ce traitement présente 2 inconvénients : Les pansements et les bandages doivent être changés quotidiennement pour garder les plaies propres.
4. Le patient doit prendre des douches anesthésiantes en utilisant un savon antibactérien afin d'éviter que les plaies ne dégagent une mauvaise odeur. La peau de tilapia est appliquée directement sur la zone brûlée et recouverte d'un pansement, sans qu'aucune crème ne soit nécessaire.
5. Après une dizaine de jours, les médecins retirent le bandage. La peau de tilapia, qui s'est desséchée et détachée de la brûlure, peut décoller.



**Figure 10 :** Utilisation des pansements à base de tilapia. (Google scholar).

# **Partie Expérimentale**

# **Chapitre 2**

## **Matériels et Méthodes**

## 2.1 Le protocole suivi

L'utilisation de la peau de tilapia suscite un intérêt considérable dans le domaine du traitement des brûlures pour plusieurs raisons importantes. En effet, les chercheurs ont découvert que la peau de poisson, en particulier celle du tilapia, renferme une quantité significative de collagène. Cette composante est essentielle pour favoriser une cicatrisation plus rapide des lésions cutanées causées par des brûlures, en améliorant la résilience de la peau et en lui conférant une plus grande élasticité (ALVES et al., 2015).

L'utilisation de ces peaux de poisson s'est avérée particulièrement bénéfique dans le traitement des brûlures au 2ème et 3ème degré chez les patients humains. Les résultats obtenus montrent que l'application de ce type de pansement offre plusieurs avantages significatifs. Tout d'abord, elle réduit la douleur associée au changement de pansement, ainsi que le stress qui en découle, en raison de la nécessité d'un renouvellement moins fréquent. De plus, la peau de tilapia présente des propriétés antibactériennes et antioxydantes, ce qui contribue à prévenir les infections et à favoriser une guérison plus efficace (Cécile Thibert, 2017).

Sur le plan économique, l'utilisation de la peau de tilapia est également très attrayante. Actuellement considérées comme des déchets, ces peaux de poisson sont largement disponibles et peuvent être obtenues à un coût relativement faible. Il convient de noter que la préparation de la peau de tilapia nécessite uniquement un traitement stérile, et il existe plusieurs méthodes de traitement possibles pour garantir sa sécurité et son efficacité.

Enfin, il est important de souligner que la teneur en collagène de la peau de tilapia varie en fonction de divers facteurs tels que le type de poisson, les méthodes d'extraction du collagène et les techniques d'extraction utilisées. Cette variabilité peut entraîner des rendements en collagène allant de 11 % à 63 %, ce qui offre une flexibilité considérable dans l'utilisation de ce matériau dans le domaine médical (ALVES et al., 2015).

En résumé, l'utilisation de la peau de tilapia dans le traitement des brûlures présente un intérêt significatif en raison de ses propriétés cicatrisantes, antibactériennes et antioxydantes, de son accessibilité économique et de sa variabilité en termes de teneur en collagène (Camille Janssens, 2022).

## 2.1 Le collagène

Le collagène, une protéine abondante dans le corps humain, joue un rôle essentiel en assurant la cohésion des tissus et en conférant à la peau son élasticité et sa souplesse. Il revêt une importance cruciale dans le processus de cicatrisation, en contribuant à la réparation des lésions

Cutanées. Le collagène est produit à partir de fibroblastes, qui sont également responsables de la formation d'une autre protéine, l'élastine.

Contrairement à l'élastine aussi présente dans les tissus conjonctifs, le collagène est inextensible et résiste bien à la traction. Il existe différents types de collagène selon l'organe considéré. Il est notamment indispensable à la cicatrisation (**Andrzej Fertala et al.,2020**).

Traditionnellement, le collagène est extrait à partir de sources telles que la peau de vache, de porc ou de poulet. Cependant, son utilisation comporte des risques liés à des considérations religieuses, notamment l'interdiction du porc dans l'islam, ainsi qu'à la possibilité de contamination biologique par des maladies telles que la maladie de la vache folle (MCD), les encéphalopathies spongiformes transmissibles (TSE) ou la fièvre aphteuse (FMD).

C'est pourquoi la recherche s'intéresse de plus en plus à l'extraction de collagène à partir de la peau de poisson. Ce collagène peut être obtenu par trois méthodes principales : l'hydrolyse chimique, l'hydrolyse enzymatique ou l'hydro-extraction. L'hydrolyse chimique est couramment utilisée, mais la méthode d'hydrolyse enzymatique présente l'avantage de préserver davantage les caractéristiques fonctionnelles du collagène tout en générant moins de déchets et en réduisant le temps de traitement. Cependant, il est important de noter que les enzymes utilisées dans ce processus peuvent être coûteuses (**Andrzej Fertala et al.,2020**).

Avant d'extraire le collagène, un prétraitement est nécessaire, généralement effectué avec du NaOH. Ce prétraitement vise à éliminer les substances non collagènes, garantissant ainsi un taux élevé de collagène pur (**Camille Janssens ,2022**).

En résumé, le collagène, essentiel à la santé de la peau et à la cicatrisation, suscite un intérêt croissant pour son extraction à partir de la peau de poisson, en raison des avantages potentiels liés à la réduction des risques religieux et de contamination, ainsi qu'à l'efficacité des méthodes d'extraction, en particulier l'hydrolyse enzymatique (**Canan Dagdeviren et al.,2014**).

L'extraction de collagène à partir de la peau de poisson actuellement se fait en combinant différentes méthodes. Cette approche mixte intègre l'hydrolyse chimique, l'hydrolyse enzymatique et l'hydro-extraction pour maximiser le rendement en collagène tout en préservant la qualité. Cette méthode hybride permet d'obtenir un collagène hautement purifié et fonctionnel, tout en réduisant les déchets et en maîtrisant les coûts de production. Elle répond à la demande croissante en collagène de haute qualité pour diverses applications, notamment dans les domaines médicaux, cosmétiques et alimentaires (**Tianyi Wang et al.,2017**).

## 2.2 La stérilisation de la peau de tilapia

Les peaux de tilapia nécessitent un traitement permettant de diminuer la charge bactérienne et de réduire, ainsi, le risque d'inflammation local et d'accélérer la cicatrisation. Pour cela deux procédés de stérilisation sont utilisés (**Edmar Maciel et al.,2019**).

**A.** Le premier est chimique et consiste en deux bains de chlorure de Benzalkonium 2% de 30 minutes chacun suivis de bains de glycérols d'environ 5 minutes avant de chauffer la peau à 37° pendant 3h. Le glycérol est intéressant pour son action antivirale et antibactérienne et permet une meilleure conservation du tissu.

Le chlorure, quant à elle, est active contre les bactéries Gram positives, Gram négatives comme *Pseudomonas aeruginosa* et certains champignons, comme *Candida albicans*. Selon certaines études (**Allomar et al., 2012**), la Chlorhexidine n'altérerait pas la qualité du collagène contenu dans les peaux dans des dosages allant de 0,5 à 2%.

**B.** La deuxième méthode d'extraction utilise un rayonnement gamma à des doses comprises entre 20 et 25 kGy, ce qui s'avère suffisant pour éliminer les micro- organismes tels que *S. epidermis* et *B. pulimilis* sans endommager la peau elle-même. Cette technique présente plusieurs avantages, notamment une grande capacité de pénétration, une faible augmentation de la température et une efficacité élevée dans l'élimination des agents pathogènes. De plus, elle peut être appliquée à des matériaux déjà emballés. Cependant, il est important de noter qu'une altération de la peau peut se produire si les doses de rayonnement sont excessives (**Allomar et al., 2012**).

### 2.2.1 Le développement des pansements au collagène

Les brûlures présentent des défis considérables, notamment en termes de morbidité et d'invalidité à long terme. Le processus de cicatrisation des brûlures comprend plusieurs phases, telles que la coagulation, l'inflammation, la granulation, la prolifération cellulaire, la synthèse et le dépôt de la matrice, la formation de tissu cicatriciel, l'angiogenèse, la contraction de la plaie et la réépithélialisation. Les brûlures sont connues pour cicatriser lentement, augmentant ainsi le risque d'infections. En réponse à ces défis, de nombreux chercheurs se sont penchés sur la recherche de matériaux pouvant accélérer la cicatrisation des brûlures (**Edmar Maciel et al.,2019**).

L'une des premières avancées dans ce domaine a été la création de pansements au collagène, initialement développés à partir du collagène provenant des intestins de mouton par une étude dirigée par (**Shettigar et al.,2019**).

Ces pansements ont été testés sur des rats présentant des brûlures au 2ème et 3ème degré, et les résultats ont montré que l'application de collagène accélérerait la cicatrisation.

Toutefois, cette étude n'a pas examiné la capacité du collagène à recouvrir plus rapidement la plaie car elle ne réalisait pas d'examen quotidien de la plaie (**Shettigar et al.,2019**).

Une autre étude menée par **Yang et al.** Qui a utilisé du collagène extrait de la peau de porc pour créer des feuilles de pansement au collagène, qui ont été appliquées sur des brûlures. Ces pansements, sous forme de feuilles, contenaient du collagène de type I et II et présentaient la particularité de rester humides, mais de sécher lorsqu'ils étaient appliqués sur les plaies. Ils étaient bien tolérés, économiques et stériles, mais n'étaient pas adaptés aux plaies peu profondes et non infectées, nécessitant des plaies sèches et propres (**Yang et al.,2018**).

Une autre approche, développée par **Duraipandy et al.**, a combiné le collagène avec la plumbagine, un composé de naphthoquinone aux propriétés pharmacologiques variées, notamment anticoagulantes, anti-cancéreuses, anti-inflammatoires et antifongiques. Cette combinaison a également inclus des nanoparticules d'argent, connues pour leurs propriétés antimicrobiennes. Les tests ont montré que ce pansement était capable d'inhiber les bactéries *Escherichia coli* et *Bacillus subtilis*, démontrant une activité antibactérienne efficace avec une concentration minimale de 1,25  $\mu\text{M}$ . Ce type de pansement a présenté des capacités de cicatrisation plus efficaces que le collagène pur (**Duraipandy et al.,2022**).

En résumé, les recherches dans le domaine des pansements au collagène visent à accélérer la cicatrisation des brûlures en exploitant les propriétés du collagène ainsi que d'autres substances bénéfiques, tout en veillant à maintenir des conditions optimales pour la guérison des plaies.

### 2.3 Protocole d'échantillonnage

Des individus du Tilapia *Oreochromis niloticus* dont la taille confondue sont utilisés durant notre travail, le prélèvement de notre échantillonnage s'effectue à huit heures du matin de la station d'élevage de Tounin –Mostaganem.



**Figure 11 :** Echantillon de poissons *Tilapia Oreochromis niloticus*.

### 2.4 Traitement au laboratoire

Le traitement des échantillons du Tilapia est réalisé au laboratoire du département des sciences de la mer et des ressources halieutiques de l'université de Mostaganem, en passant par plusieurs étapes.

#### 1. Mensurations

Les mensurations ont été effectuées sur chaque individu à l'aide d'une règle millimétrée dont La longueur totale (Lt).



**Figure 12 :** Mensuration *Tilapia Oreochromis niloticus* .  
**Photos prise Le : 25/09/2023**

## 2.5 Techniques analytiques

### 2.5.1 Extraction de la peau

L'innovation présente concerne en un procédé d'extraction de la peau de Tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* qui est un procédé d'extraction capable d'extraire de manière efficace du collagène marin de grande pureté à partir de la peau de poisson, qui est un sous-produit de poisson. Cette partie, comprend :

- A. Une étape de prétraitement consistant à éliminer les écailles et les matières étrangères de la Peau du poisson.**



**Figure 13 :** Extraction de la peau du Tilapia *Oreochromis niloticus* .

**Photos prise Le :** 25/09/2023

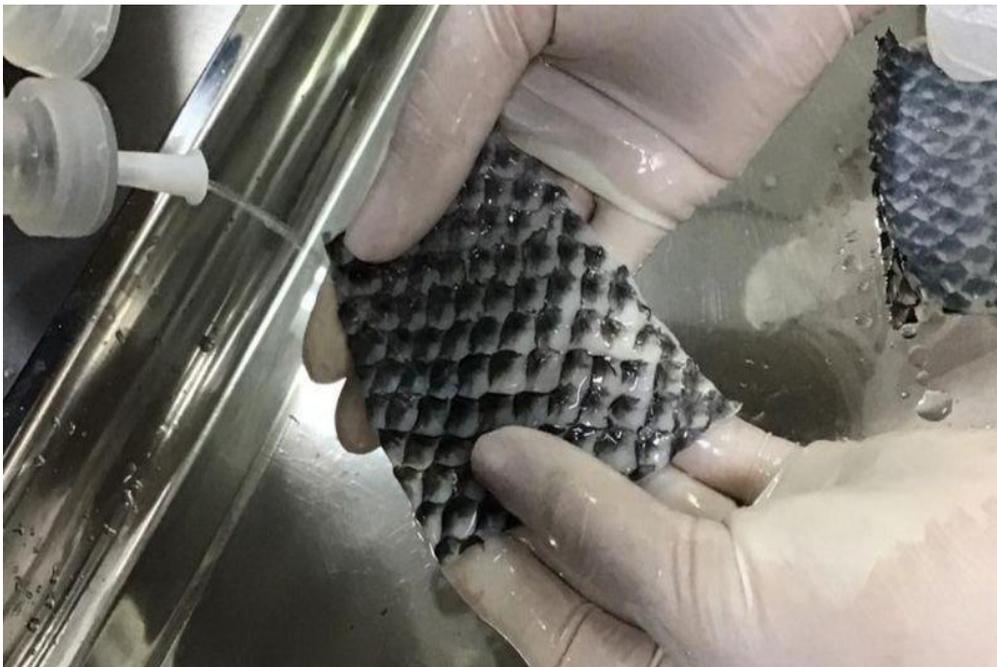
- B. Rinçage la peau de Tilapia avec de l'eau (H<sub>2</sub>O)**



**Figure 14 :** Rinçage de la peau du Tilapia *Oreochromis niloticus* à l'aide de l'eau.

### **C. Rinçage la peau de Tilapia avec de l'eau distillée**

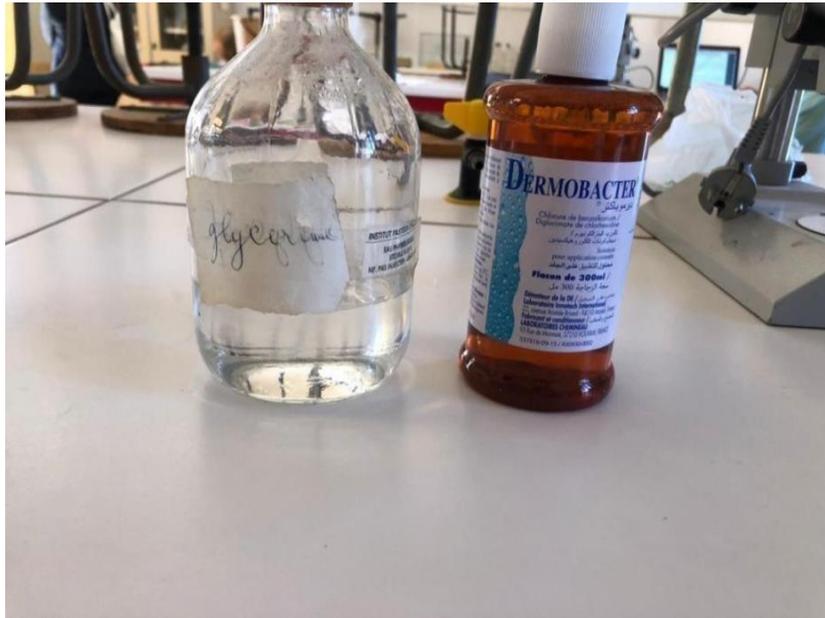
Elimination de la flore contaminant des viscères, de la peau ainsi que des écailles restantes.



**Figure 15 :** Rinçage de la peau du Tilapia *Oreochromis niloticus* avec de l'eau distillée.

### **D. Un traitement alcalin pour éliminer les protéines non collagéniques**

C'est une étape de purification /stérilisation consistant à purifier la peau de Tilapia à l'aide de Deux produits : la peau a été lavée dans une solution de chlorure de benzalkonium stérile à 0,5 % Pendant 30 minutes, ce processus étant répété deux fois de suite avec de glycérol pendant 5min.



**Figure 16 :** Purification de la peau du *Tilapia Oreochromis niloticus* à l'aide de chlorure de Benzalkonium et de glycérine



**Figure 17 :** les deux étapes de Purification/Stérilisation de la peau du Tilapia.

**Photos prise Le : 25/09/2023**

Remarque :

Après immersion dans un bain de glycérine, la peau du Tilapia subit un changement, devenant ainsi plus ferme et rigide.

### 2.5.2L'étape de séchage

La peau est délicatement roulée à la main, puis séchée à l'étuve pendant 3 heures. Cette phase a pour but d'éliminer par évaporation l'eau qui imprègne notre produit afin de le transformer en produit solide sec dont l'humidité résiduelle est très faible.



**Figure 21 :** L'étape de séchage de la peau du Tilapia.

**Photos prise Le :** 25/09/2023.

### 2.5.3 Etape d'emballage et de stockage

Les patches de Tilapia emballés dans le sac Zipper sont stockés dans des conditions appropriés pour garantir leur qualité et leur efficacité, cela peut inclure un stockage réfrigérer ,congelé ou à température ambiante .



**Figure 22 :** l'étape de stockage de patch à base de peau du tilapia.

### 2.5.4 Conservation des patches de Tilapia

Il est nécessaire de stocker les patches de Tilapia dans un milieu froid bien évidemment dans un réfrigérateur pour éviter toutes contaminations locales. Une fois nettoyé et traité il peut durer jusqu'au deux ans (**José frotta ,2017**).



**Figure 23 :** l'étape de la conservation des patches du tilapia.

# Résultats et Discussion

### 1. La peau de poisson de tilapia du Nil

A été suggérée comme option de matériel biologique pour la gestion des brûlures. En 2016, pour la première fois, des médecins avaient eu recours à la peau d'un poisson comme traitement contre des brûlures graves. C'est la peau du tilapia qui a été choisie comme pansement biologique.



**Figure 24 :** La peau de *Tilapia Oreochromis niloticus* extraite au niveau de laboratoire du département des sciences de la mer et des ressources halieutiques de l'université de Mostaganem (photos prises : Le 25/09/2023).

Puisque les allogreffes et les xéno-greffes semblent être tout aussi efficaces, les xéno-greffes pourraient constituer un choix supérieur en raison de leur sécurité accrue et de leur prix réduit. NTFS peut devenir la première peau du poisson étudiée au niveau national pour une utilisation dans le traitement des brûlures (**Hermans MHE,2014**).

Lorsqu'il est utilisé comme xéno-greffe pour le traitement de brûlures expérimentales chez le rat, le NTFS a conduit à des améliorations du processus de guérison et n'a aucun changement significatif dans les paramètres hématologiques et biochimiques (**Lima Junior et al.,2017**). Il a également été démontré que les nanofibres de collagène de tilapia améliorent la vitesse de

Cicatrisation des plaies cutanées chez le rat en favorisant l'adhésion, la prolifération et la différenciation cellulaires (**Wang N et al.,2016**).

Une étude récente a montré que le collagène du tilapia induit de manière significative l'expression du facteur de croissance épidermique et du facteur de croissance des fibroblastes, ce qui peut favoriser la prolifération et la différenciation des fibroblastes et des kératinocytes (**Chen J et al.,2019**).

Dans cette perspective, un tableau a été élaboré montrant les principales informations des bibliographies utilisées, présentant les données se référant au titre, aux auteurs, à l'année de publication, au pays et aux principaux résultats de chacune.

**Tableau 2 :** Utilisation de la peau de tilapia dans les brûlures : fondement théorique et implications pratiques.

	<b>Titre</b>	<b>Auteurs, année de publication.</b>	<b>pays</b>	<b>Principaux résultats</b>
<b>ARTICLE n°01</b>	Utilisation de la peau de Tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> ), comme traitement biologique occlusif, dans le traitement des Brulures .	<b>Lima Júnior et al., 2017</b>	<b>Brésil</b>	L'étude a montré que la peau de tilapia a une adhérence considérable aux plaies brûlées chez les rats d'essai, avec des résultats positifs pendant la cicatrisation, sans mutations significatives dans les domaines biochimique et hématologique de la fonction hépatique et rénale, constituant une possibilité de pansement biologique.
<b>ARTICLE n°02</b>	Xenoenxerto (peau da Tilápia-) et hydrofibre achetés pour le traitement	<b>De Miranda e Brandt, 2019,</b>	<b>Brésil</b>	La recherche a montré que le tilapia du Nil est efficace dans la fonction de pansement biologique occlusif dans le traitement des brûlures au deuxième degré chez l'adulte, avec

	des brûlures de degré II chez les adultes.			des moyens similaires en ce qui concerne le temps de traitement, la référence de la douleur et le besoin de remplacement, en ce qui concerne la prise en charge des patients atteints d'Aquacel
<b>ARTICLE n°03</b>	Peptides de collagène marin de la peau du tilapia du Nil ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) : caractérisation et évaluation de la cicatrisation des plaies	<b>Zhang Hu et al., 2017,</b>	<b>China</b>	Le test de grattage <i>in vitro</i> et <i>in vivo</i> a révélé des conséquences significatives dans la fermeture du grattage avec la peau de tilapia, avec une évolution du processus de guérison par échouure d'épaisseur partielle profonde chez les lapins testés, se présentant comme un traitement prometteur.
<b>ARTICLE n°04</b>	Utilisation de la peau de tilapia comme xéno greffe pour le traitement des brûlures pédiatriques : un rapport de cas	<b>Lima Júnior et al., 2019,</b>	<b>Angleterre</b>	Le rapport de cas décrit un patient de 23 ans présentant des brûlures superficielles et profondes sur le membre supérieur droit et gauche, respectivement. Avec l'utilisation de la peau de tilapia, la réépithélialisation a été effectuée en peu de temps, sans effets secondaires et nécessitant un changement de pansement.
<b>ARTICLE n°05</b>	traitement innovant utilisant la peau de tilapia comme xéno greffe pour les brûlures d'épaisseur partielle après une explosion de poudre à canon	<b>Costa et al., 2019,</b>	<b>United States</b>	La xéno greffe de peau de tilapia dans le rapport de cas d'une victime de brûlures de 3 ans a montré des résultats positifs avec un impact social et financier significatif sur le système de santé.

L'étude des propriétés cutanées du tilapia est un bon point de départ pour comprendre son potentiel d'utilisation dans les brûlures. En outre, d'autres études ont été réalisées pour évaluer les propriétés de la peau de l'animal. Selon Alves et al. (2015), la peau de tilapia présente des faisceaux de fibres de collagène denses, avec des caractéristiques microscopiques similaires à celles de la peau humaine, ainsi qu'une résistance à la traction et une extension élevée, ce qui la rend prometteuse en tant que biomatériau en

Médecine régénérative. L'étude d'Ouyang et al. (2018) corrobore ces résultats, ainsi que ceux de Hu et al. (2017), qui aborde également l'activité antibactérienne du matériau et compromet son efficacité de durcissement avec d'autres solutions disponibles sur le marché, obtenant une efficacité élevée, en plus de fournir la migration et la prolifération cellulaire.

# **Conclusion**

### Conclusion

Sur la base des dossiers de recherche, les avantages de l'utilisation de Peau de tilapia dans le traitement des brûlures sont renforcés, étant donné qu'il offre une réduction de la douleur du patient en raison de la plus longue période d'adhésion à la peau du patient. En plus du pouvoir réduit d'infection et de contamination, une résistance élevée en raison de la grande quantité de collagène présente dans la peau de poisson, ce qui entraîne une bonne esthétique et un faible coût, par rapport à d'autres formes de traitement.

Par conséquent, les chercheurs sont arrivés à la conclusion, en répondant à la question guide, que la nouvelle méthode est, oui, une avancée importante dans le traitement des brûlures, car son employabilité est confirmée, en plus de démontrer un avantage sur certaines des principales alternatives préexistantes.

Si l'essai clinique aboutit à des résultats positifs, les médecins espèrent qu'une firme sera intéressée pour produire des peaux de tilapia à grande échelle qui pourront ensuite être vendues au système de santé public

#### **Perspective et Recommandation :**

L'utilisation de la peau de tilapia a suscité un intérêt considérable dans le domaine du traitement des brûlures pour plusieurs raisons importantes. En fait, les chercheurs ont découvert que la peau des poissons, en particulier celle du tilapia, contient de grandes quantités de collagène.

Nos résultats obtenus dans ce document, peuvent répondre favorablement aux besoins de la peau brûlée. Dans un premier temps, nous recommandons aux gestionnaires d'OMS (L'Organisation mondiale de la Santé) de mettre en œuvre en urgence un plan d'actions énumérées comme suit :

- ✓ Bien que les résultats ne soient pas encore publiés les médecins indiquent, dans plusieurs interviews, que ces peaux de poisson procurent un effet apaisant et curatif sur les lésions causées par des brûlures et que l'application de peau de Tilapia sous forme de patchs est efficace pour la cicatrisation des lésions de peau consécutives à une brûlure.
- ✓ Si tous les moyens étaient mis en place pour évaluer et approuver nos résultats sur les tissus des patients en application directe, cela aurait prouvé et indiqué les effets bénéfiques sur les douleurs et le temps de cicatrisation.

## Conclusion

---

- ✓ D'autant plus que le tilapia est désormais abondant dans les piscicultures algériennes, si nos résultats sont approuvés et testés sur des victimes de brûlures au deuxième degré, nous pourrions ouvrir la voie vers une production piscicole durable qui nécessite le contrôle des espèces apparentées élevées afin de produire des effectifs suffisants pour produire des patchs destinés aux brûlés du second degré ce qui réduirait leur souffrance et le temps de guérison .

RÉFÉRENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES

### Références bibliographiques

- **ALVES, Ana ; VERDE, Maria ; FERREIRA FILHO, Antônio; SILVA, Paulo; FEITOSA, Victor; LIMA JUNIOR, Edmar; MIRANDA, Marcelo; MORAES FILHO, Manoel.** Avaliação microscópica, estudo histoquímico e análise de propriedades tensiométricas da pele de tilápia do Nilo. *Revista Brasileira de Queimaduras*, v. 14, n. 3, p. 203–210, 2015.
- **BOYKIN, J.V. JR.** «Hyperbaric Oxygen Therapy: A Physiological Approach to Selected Problem Wound Healing» *Wounds*, vol. 8, no 16, 1996, p. 183-198.
- **BAUX S. Pied et brûlures.** EMC [Internet]. 2009 [cité 10 sept 2014]. Disponible sur : <http://www.em-premium.com.docelec.ubordeaux.fr/article/227327/resultatrecherche/1>
- **BENOLIEL.** Que sais-je ? : Le laser en dermatologie et esthétique. Presses Universitaires de France, 1998.
- **CALVIN, M.** «Cutaneous Wound Repair» *Wounds*, vol. 10, no 1, 1998, p. 12-32.
- **CLARK, R.A.F.** « Wound Repair Overview and General Considerations », dans *The Molecular and Cellular Biology of Wound Repair* New York, Plenum Press, 1995, p. 3-35.
- **CASANOVA D., VOINCHET V., BERRET M., MAGALON G.** Brûlures : prise en charge et indications thérapeutiques. EMC [Internet]. 1999 [cité 10 sept 2014]. Disponible sur : [http://www.em-premium.com.docelec.u-bordeaux.fr/showarticlefile/834\\_7/15-18864.pdf](http://www.em-premium.com.docelec.u-bordeaux.fr/showarticlefile/834_7/15-18864.pdf)
- **COSTAGLIOLA M., MANSAT C., LEVY B., LAGUERRE J., CHAPUT B., GUERRERO D.** Brûlologie 2014. Les progrès thérapeutiques : traitement immédiat et séquelles [Internet]. 2014 [cité 9 sept 2014]. Disponible sur : <http://www.observatoire-dumouvement.com/upload/contenu/odm53-brulure-b.pdf>
- **COSTA, Bruno; LIMA JÚNIOR, Edmar; MORAES FILHO, Manoel; FECHINE, Francisco; MORAES, Maria; SILVA JUNIOR, Francisco; SOARES, Maria; ROCHA, Marina.** Use of Tilapia Skin as a Xenograft for Pediatric Burn Treatment: A Case Report. *Journal of Burn Care & Research*, v. 40, n. 5, p. 714–717, 2019.
- **Chen J, Gao K, Liu S, Wang S, Elango J, Bao B, et al..** Fish collagen surgical compress repairing characteristics on wound healing process in vivo. *Mar Drugs* 2019;17:1–12. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- **DAVIS, M.H., R.M. HARDEN, J.M. LAIDLAW, D. ROMNEY-ALEXANDER ET AL.** *The Wound Handbook*, Dundee/London, Singapore, Centre for Medical Education/Perspective, 1993, p. 69
- **Djamel REMACH,** « Contribution à l'étude expérimentale et numérique du comportement hyperélastique et anisotrope de la peau humaine ». Thèse pour obtenir le titre de docteur de l'université de Franche-Comté, 13 décembre 2013.
- **FONDATION DES BRULES.** Traitement des brûlures [Internet]. [cité 10 sept 2014]. Disponible sur : <http://www.brulures.be/index.php/introduction-traitementbrulures/fr/>

## Références bibliographiques

---

- **FRANCHESCA D. CHOI, CALVIN T. SUNG, MARGIT L.W. JUHASZ, NATASHA ATANASKOVA MESINKOVSK.** Oral Collagen Supplementation: A Systematic Review of Dermatological Applications, , 2019 Jan 1;18(1):9-16.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30681787>
- **Groupe d'unification des techniques de soins Hôpitaux de stages**, SMI de l'I.C.H.V. HESSO Valais, Filière soins infirmiers, septembre 2011, Mis en ligne le 23.09.2011 (date de consultation février).  
[http://blog.univ-angers.fr/sante/files/2013/05/medecine\\_anatomie\\_et\\_physiologie.pdf](http://blog.univ-angers.fr/sante/files/2013/05/medecine_anatomie_et_physiologie.pdf)
- **HUE V., HAPIETTE L.** Accidents de la vie courante de l'enfant - EM|consulte [Internet]. 2013 [cité 9 sept 2014]. Disponible sur:  
<http://www.emconsulte.com/article/857819/accidents-de-la-vie-courante-de-l-enfant>
- **Krishnan P, Frew Q, Green A, Martin R, Dziewulski P,** « Cause of death and correlation with autopsy findings in burns patients », Burns, vol. 39, no 4, 2013, p. 583-8. (PMID 23137628, DOI 10.1016/j.burns.2012.09.017).
- **LAKHEL A., PRADIER J-P., BRACHET M., DUHOUX A., DUHAMEL P., FOSSAT S. et al.** Chirurgie des brûlures graves au stade aigu. EMC - Techniques chirurgicales - Chirurgie plastique reconstructrice et esthétique. 2008 Jan ; 3(3) : 1–36.
- **LIMA JUNIOR, Edmar; PICOLLO, Nelson; MIRANDA, Marcelo; RIBEIRO, Wesley; ALVES, Ana; FERREIRA, Guilherme; PARENTE, Ezequiel, MORAES FILHO, Manoel.** Uso da pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*), como curativo biológico oclusivo, no tratamento de queimaduras. Revista Brasileira de Queimaduras, v. 16, n. 1, p. 10–17, 2017.
- **LIMA JÚNIOR, Edmar.** Tecnologias inovadoras: uso da pele da tilápia do Nilo no tratamento de queimaduras e feridas. Revista Brasileira de Queimaduras, v. 16, n. 1, p. 1–2, 2017.
- **Lima Junior EM, Picollo NS, Miranda MJB, Ribeiro WLC, Alves APNN, Ferreira GE, et al.** Uso da pele de tilápia (*Oreochromis niloticus*), como curativo biológico oclusivo, no tratamento de queimaduras. Rev Bras Queimaduras 2017;16:10–7. [[Google Scholar](#)]
- **LASSAGNE.** **La peau : une frontière bien vivante.** In **Science et Vie.** 2004.
- **Marina SIMON,** « Analyse par microfaisceau d'ions. Application à l'étude de la fonction barrière cutanée et à la nanotoxicologie in vitro », Thèse pour obtenir le titre de docteur de l'université de Bordeaux, décembre 2009.
- **Martincorena, I., Roshan, A., Gerstung, M., Ellis, P., Van Loo, P., McLaren, S., ... & Stebbings, L. (2015).** High burden and pervasive positive selection of somatic mutations in normal human skin. Science, 348(6237), 880-886.
- **Meghan R. Bernier et Laura N. Vandenberg,** « Handling of thermal paper: Implications for dermal exposure to bisphenol A and its alternatives », PLOS ONE, vol. 12, no 6, 1<sup>er</sup> juin 2017, e0178449  
([ISSN 19326203](#), [PMID 28570582](#), [PMCID PMC5453537](#), [DOI](#))
- **Montrey S, Hoeksema H, Verbelen J, Pirayesh A, and Blondeel P,** Assessment of burn depth and burn wound healing potential. Burns, 2008. 34(6): p. 761-

## Références bibliographiques

---

- **NNIS, J.E. et P. MENESES.** «LegUlcers: A Practical Approach to the LegUlcer Patient», *Ostomy/Wound Management*, vol. 41, no 8 (suppl.7A), 1995, p. 52S-62S.
- **Opara K.O., Chukwuanukwu T.O., Ogbonnaya I.S., Nwadinigwe C.U.** Pattern of severe electrical injuries in a Nigerian regional burn centre. *Niger. J. Clin. Pract.* 2006;9:124–127. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- **Peter RU, Gottlober P (2002)**, Management of cutaneous radiation injuries: diagnostic and therapeutic principles of the cutaneous radiation syndrome ; *Military Medicine* 2002, 167,110-112.
- **Pan S.** Burn blister fluids in the neovascularization stage of burn wound healing: a comparison between superficial and deep partial-thickness burn wounds. *Burn Trauma* 2013;1:27–31. [PMC free article] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- **RIGOU A., THELOT B.,** Institut de veille sanitaire. Hospitalisations pour brûlures à partir des données du programme de médicalisation des systèmes d'information, France métropolitaine, 2009 / 2011 / Maladies chroniques et traumatismes / Rapports et synthèses / Publications et outils / Accueil [Internet]. 2011 [cité 10 sept 2014]. Disponible sur : <http://www.invs.sante.fr/Publications-et-outils/Rapports-et-syntheses/Maladies-chroniques-et-traumatismes/2011/Hospitalisations-pour-brulures-a-partir-des-donnees-du-Programme-de-medicalisation-des-systemes-d-information-France-metropolitaine-2009>
- **SINGER, A.J. et R.A.F. CLARK.** «Cutaneous Wound Healing» *The New England Journal of Medicine*, vol. 341, no 10, 1999, p. 738-746.
- **Wang N, Ding T, Zhou T, Liu X, Sun J, Xue Y, et al.** Electrospun tilapia collagen nanofibers accelerating wound healing via inducing keratinocytes proliferation and differentiation. *Colloids Surf B: Biointerfaces* 2016;143:415–22. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- **World Health Organization Burns.** Available at: <http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/burns> Accessed 2 October, 2018.
- **Zhou C, Hong P, Li S, Hu Z, Yang P.** Marine collagen peptides from the skin of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*): characterization and wound healing evaluation. *Mar Drugs* 2017;15:102. [[PMC free article](#)] [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]
- **Zhu Z.X., Xu X.G., Li W.P.** Experience of 14 years of emergency reconstruction of electrical injuries. *Burns*. 2003;29:65–72. [[PubMed](#)] [[Google Scholar](#)]