

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SALAH BOUBNIDER CONSTANTINE 3



**FACULTE DE GENIE DES PROCÉDES  
DEPARTEMENT DE GENIE PHARMACEUTIQUE**

N° d'ordre : .....

Série : .....

**Mémoire de Master/ Projet Start-Up dans le cadre de l'arrêté 1275**

**Filière** : Génie des Procédés

**Spécialité** : Génie Pharmaceutique

**Optimisation du procédé de production  
d'Hydroxyapatite à partir de sous-produit de la pêche  
destiné à plusieurs applications Médicale et Agricoles**

Présenté par :

DJERAFI Malek Ibtihel

TABASH Raghad

BOULAININE Aridj Dounia

BOUNEFIKHA Nardjess

Dirigé par :

Mme TALOUB NADIA

Année universitaire : 2022/2023

Session : juin

## Table des matières

Introduction Générale .....	1
<b>Chapitre I : Valorisation des co-produits et les biomatériaux</b>	
I.1. Généralités .....	4
I.2. Valorisation des co-produits de poisson .....	4
I.2.1 Définition des co-produits .....	4
I.2.2. Différentes voies de valorisations possibles .....	5
I.2.3. Choix de la voie de valorisation .....	5
I.2.4. Comparaison entre un déchet et un co-produit .....	5
I.2.5. Valorisation des co-produits et réglementation .....	6
I.3. Les Co-produits de la pêche (déchet à haute valeur ajoutée) .....	7
I.3.1 Composition de co-produit de pêche .....	8
I.3.2 Comment sont-ils générés? .....	9
I.4. Les biomatériaux .....	9
I.4.1. Définition des Biomatériaux .....	9
I.4.2. Différents types de biomatériaux .....	10
I.4.2.a. Biomatériaux céramiques .....	10
I.4.2.b. Biomatériaux métalliques .....	10
I.4.2.c. Biomatériaux polymériques .....	11
I.4.2.d. Matériaux d'origine naturelle .....	11
I.4.3. Propriétés des biomatériaux .....	11
I.4.3.a. Propriétés mécaniques .....	11
I.4.3.b. Propriétés physiques .....	12
I.4.3.c. Propriétés chimiques .....	12
I.4.4. Critères de qualité d'un biomatériau .....	13
I.4.5. Utilisation d'hydroxyapatite dans les applications médicales .....	13
<b>Chapitre II: Définition et application de l'hydroxyapatite</b>	
II.1. Apatites .....	16
II.2. Définition générale de l'hydroxyapatite .....	16
II.3. Structure cristallographique de l'hydroxyapatite .....	17
II.4. Différentes hydroxyapatites .....	18
II.4.1 Hydroxyapatite d'origine animale .....	18
II.4.2 Hydroxyapatite synthétisée .....	19
II.4.3 Sono-synthèse de nano-hydroxyapatite .....	19
<i>Sono-Synthèse</i> .....	19
II.5. Propriétés de l'hydroxyapatite .....	20

II.5.1 Stabilité thermique .....	20
II.5.2 Stabilité chimique.....	20
II.5.3 Solubilité de l'hydroxyapatite .....	20
II.5.4 Biocompatibilité.....	21
II.5.5 Dureté.....	21
II.5.6 Porosité.....	22
II.6. Les domaines d'application de l'HAP .....	22
II.6.1 Applications dans le domaine biomédical.....	22
II.6.1.1 Domaine dentaire.....	22
II.6.1.2 Domaine orthopédique .....	23
II.6.2 Application dans le domaine industriel.....	23
II.6.3 Application dans le domaine environnemental .....	24
<b>Chapitre III : Matériels et Méthodes</b>	
III.1. Introduction .....	27
III.2. Matériels .....	27
III.2.1. Matière animale .....	27
III.2.2. Acide chlorhydrique.....	28
III.2.3. L'hydroxyde de sodium .....	29
III.2.4. Eau Dé-ionisée / eau déminéralisée .....	29
III.2.5. Verreries utilisées .....	30
III.3 Méthodes .....	32
III.3.1 Synthèse de l'hydroxyapatite HAP.....	32
A) Formulation de l'HAP à partir des arêtes.....	32
B) Formulation de l'HAP à partir des écailles .....	36
III.3.2 Techniques d'analyse et de caractérisation.....	39
III.3.2.1 Microscopie électronique à balayage (MEB).....	39
III.3.2.2 Spectrométrie d'absorption Infrarouge à Transformée de Fourier (FTIR)...	40
III.3.2.3 Analyse thermogravimétrique (TGA) et la DSC.....	41
<b>Chapitre IV : Résultats et discussions</b>	
IV.1 Introduction .....	44
IV.2 Conditions de calcination avec et sans traitement chimiques .....	44
IV.3. Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier (FTIR).....	45
IV.3 Analyse Thermogravimétrique (TGA) Couplée avec DSC .....	48
IV.4 Microscopie électronique à balayage (MEB) .....	51
<b>Conclusion générale</b> .....	57
Résumé .....	59
ملخص .....	60
Summary.....	61

II.5.1 Stabilité thermique .....	20
II.5.2 Stabilité chimique.....	20
II.5.3 Solubilité de l'hydroxyapatite .....	20
II.5.4 Biocompatibilité.....	21
II.5.5 Dureté.....	21
II.5.6 Porosité.....	22
II.6. Les domaines d'application de l'HAP .....	22
II.6.1 Applications dans le domaine biomédical.....	22
II.6.1.1 Domaine dentaire.....	22
II.6.1.2 Domaine orthopédique .....	23
II.6.2 Application dans le domaine industriel.....	23
II.6.3 Application dans le domaine environnemental .....	24
<b>Chapitre III : Matériels et Méthodes</b>	
III.1. Introduction .....	27
III.2. Matériels .....	27
III.2.1. Matière animale .....	27
III.2.2. Acide chlorhydrique.....	28
III.2.3. L'hydroxyde de sodium .....	29
III.2.4. Eau Dé-ionisée / eau déminéralisée .....	29
III.2.5. Verreries utilisées .....	30
III.3 Méthodes .....	32
III.3.1 Synthèse de l'hydroxyapatite HAP.....	32
A) Formulation de l'HAP à partir des arêtes.....	32
B) Formulation de l'HAP à partir des écailles .....	36
III.3.2 Techniques d'analyse et de caractérisation.....	39
III.3.2.1 Microscopie électronique à balayage (MEB).....	39
III.3.2.2 Spectrométrie d'absorption Infrarouge à Transformée de Fourier (FTIR)...	40
III.3.2.3 Analyse thermogravimétrique (TGA) et la DSC.....	41
<b>Chapitre IV : Résultats et discussions</b>	
IV.1 Introduction .....	44
IV.2 Conditions de calcination avec et sans traitement chimiques .....	44
IV.3. Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier (FTIR).....	45
IV.3 Analyse Thermogravimétrique (TGA) Couplée avec DSC .....	48
IV.4 Microscopie électronique à balayage (MEB) .....	51
<b>Conclusion générale</b> .....	57
Résumé .....	59
ملخص .....	60
Summary.....	61

## Résumé

L'hydroxyapatite est un phosphate de calcium similaire aux composants minéraux inorganiques de l'os et des dents humains, elle présente un immense intérêt en raison de sa large utilisation dans les applications biomédicales, principalement en orthopédie, elle peut être obtenue à partir de sous-produits de la pêche. En Algérie les modèles proposés de substitut osseux à base de l'HAp, tous d'importation, sont très coûteux et pèsent lourd sur la facture de l'importation.

L'objectif de ce projet est l'optimisation des conditions de production d'hydroxyapatite utilisable dans plusieurs applications médicales et agroalimentaires, au niveau local à travers la valorisation de coproduits très abondants, peu coûteux et disponibles sur le territoire algérien. La question de la valorisation de ces coproduits ne se pose pas seulement en termes d'accroissement de la valeur ajoutée mais également dans une optique de réduction des effets polluants.

L'étude a montré que la synthèse de HAp (hydroxyapatite) naturelle à partir des arêtes et des écailles de poisson est un succès en utilisant des méthodes de traitement chimique et de calcination. Les analyses FTIR (spectroscopie infrarouge à transformé de Fourier), ATG (analyse thermogravimétrique), DSC (calorimétrie à balayage différentiel) et MEB (microscopie électronique à balayage) ont confirmé la présence de HAp dans les sous-produits de la pêche après calcination à 1000°C pendant 2 heures..

## ملخص

هيدروكسيباتيت عبارة عن فوسفات كالسيوم مشابه للمكونات المعدنية غير العضوية لعظام وأسنان الإنسان ، وهو ذو أهمية كبيرة بسبب استخدامه الواسع في التطبيقات الطبية الحيوية ، وخاصة في جراحة العظام ، ويمكن الحصول عليه ، وكلها مستوردة ، HA من المنتجات الفرعية للأسماك. في الجزائر ، النماذج المقترحة لبدائل العظام القائمة على باهظة الثمن وتؤثر بشكل كبير على فاتورة الاستيراد

الهدف من هذا المشروع هو تحسين الظروف لإنتاج هيدروكسيباتيت الذي يمكن استخدامه في العديد من التطبيقات الطبية والزراعية الغذائية ، على المستوى المحلي من خلال تئمين المنتجات المشتركة الوفيرة ، وغير المكلفة والمتاحة على الأراضي الجزائرية. إن مسألة تئمين هذه المنتجات المشتركة لا تنشأ فقط من حيث زيادة القيمة المضافة ولكن أيضاً بهدف تقليل التأثيرات الملوثة

الطبيعي (هيدروكسيباتيت) من عظام وقشور الأسماك كان ناجحاً باستخدام طرق HAp أوضحت الدراسة أن تخليق DTA (التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء لتحويل فورييه) و FTIR المعالجة الكيميائية والتكلس. أكدت تحليلات HAp (المسح المجهر الإلكتروني) وجود SEM (قياس المسعر التفاضلي) و DSC (التحليل الحراري الوزني) و في المنتجات الثانوية لمصايد الأسماك بعد التكليس عند 1000 درجة مئوية لمدة ساعتين

## Summary

Hydroxyapatite is a calcium phosphate similar to the inorganic mineral components of human bone and teeth, it is of immense interest due to its wide use in biomedical applications, mainly in orthopedics, it can be obtained from sub - fish products. In Algeria, the proposed models of bone substitute based on HA, all imported, are very expensive and weigh heavily on the import bill.

The objective of this project is to optimize the conditions for the production of hydroxyapatite that can be used in several medical and agri-food applications, at the local level through the valorization of very abundant co-products, inexpensive and available on the Algerian territory. The question of the valorization of these co-products does not only arise in terms of increasing the added value but also with a view to reducing the polluting effects.

The study showed that the synthesis of natural HAp (hydroxyapatite) from fish bones and scales is successful using chemical treatment and calcination methods. FTIR (Fourier transform infrared spectroscopy), DTA (thermogravimetric analysis), DSC (differential scanning calorimetry) and SEM (scanning electron microscopy) analyzes confirmed the presence of HAp in fishery by-products after calcination at 1000°C for 2 hours.