

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR**  
**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**  
**UNIVERSITE CONSTANTINE 3**



**FACULTE GENIE DES PROCÉDES**  
**DEPARTEMENT GENIE CHIMIQUE**

N° d'ordre :... ..

Série :... ..

**Mémoire de Master**

**Filière : Génie des procédés**

**Spécialité : Génie chimique**

**EXTRACTION DE CARBONAT DE CALCIUM  
A PARTIR DES COQUILLES D'OEUF**

**Dirigé par :**

**MOUDJARI Youcef**

**GRADE: M.C.A**

**Présenté par :**

**- ABDELMOUMEN Rami**

**- AIMAR Sid Ali Arslane**

**- BOUSSALEM Rayane**

**Année Universitaire 2022/2023.**

**Session : juin**

## Sommaire

<b>Liste des Figures .....</b>	<b>II</b>
<b>Liste des Tableaux.....</b>	<b>III</b>
<b>Liste des abréviations.....</b>	<b>IV</b>
<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
<b>I. Chapitre I : Synthèse bibliographique.....</b>	<b>2</b>
I.1 Introduction.....	2
I.2 Définition de l'extraction.....	2
I.3 Types d'extraction .....	2
I.3.1 Extraction liquide-liquide .....	2
I.3.2 Extraction solide-liquide.....	2
I.3.3 Extraction par solvant supercritique .....	2
I.4 Carbonate de calcium.....	3
I.4.1 Polymorphisme du Carbonate de Calcium .....	3
I.4.1.1 Calcite .....	3
I.4.1.2 Aragonite .....	4
I.4.1.3 Vatérite.....	5
I.4.2 Utilisations du Carbonate de Calcium .....	7
I.4.2.1 Dans l'industrie des polymères .....	7
I.4.2.2 Revêtements.....	7
I.4.2.3 Agriculture .....	7
I.4.2.4 Architecture.....	7
I.4.2.5 Biomédecine.....	7
I.4.3 Impact sur l'Environnement .....	7
I.4.4 Propriété physico-chimique .....	8
I.4.5 Les types l'extraction du carbonate de calcium .....	8
I.4.5.1 L'extraction de carbonate de calcium par calcination .....	8
I.4.5.2 L'extraction de carbonate de calcium par l'acide :.....	9
I.5 Les coquilles d'œufs comme source de carbonate de calcium .....	11
I.5.1 Les statistiques sur les coquilles d'œufs.....	11
I.5.2 Composition chimique de la coquille de poulet.....	13
I.6 Technique de caractérisation des matériaux préparés.....	13
I.6.1 Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR).....	13

I.6.1.1	Principe de Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR).....	14
I.6.2	Diffraction des rayons X (DRX) .....	15
I.6.2.1	Nature des rayons X .....	15
I.6.2.2	Classification des rayonnements.....	16
I.6.2.3	Principe de diffraction des rayons X (DRX).....	16
I.6.3	Analyses thermiques : .....	17
I.6.3.1	Analyser la calorimétrie différentielle à balayage (DSC).....	18
I.6.3.1.1	Principe d'analyse de la Calorimétrie Différentielle (DSC).....	18
I.6.3.2	Analyse Thermogravimétrique (ATG).....	18
I.6.3.2.1	Principe Analyse Thermogravimétrique (ATG) .....	18
<b>II.</b>	<b>Chapitre II : Procédures expérimentales.....</b>	<b>19</b>
II.1	Introduction.....	19
II.2	Procédure expérimentale.....	19
II.2.1	Matériels et produits utilisés.....	19
II.2.1.1	Matériels.....	19
II.2.1.2	Produits et réactifs chimiques .....	20
II.2.2	Préparation des coquilles d'œufs .....	20
II.2.3	Préparation des solutions.....	21
II.3	Protocole d'extraction.....	21
II.4	Optimisation du procédé d'extraction de CaCO <sub>3</sub> .....	23
II.4.1	Effet de concentration initiale.....	23
II.4.2	Effet de l'agitation .....	23
II.4.3	Effet de l'agitation sur le pH.....	23
<b>III.</b>	<b>Chapitre III : Résultats et discussions .....</b>	<b>24</b>
III.1	Introduction.....	24
III.2	Technique de caractérisation des matériaux préparés.....	24
III.2.1	Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR).....	24
III.2.2	Diffraction des rayons X (DRX) .....	26
III.2.3	Analyses thermiques : .....	29
III.2.3.1	Analyses thermiques DSC.....	29
III.2.3.2	Analyse Thermogravimétrique (ATG).....	32
III.3	Optimisation de la procédés d'extraction de CaCO <sub>3</sub> .....	34
III.3.1	Effet de concentration initiale de l'HCl .....	34
III.3.2	Effet d'agitation.....	35
III.3.3	Effet de l'agitation sur le pH.....	36

III.3.4 Conclusion .....	37
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>38</b>
<b>Références .....</b>	<b>40</b>

# Liste des Figures

## Chapitre I

Figure I.1 Structure chimique de carbonate de calcium.....	3
Figure I.2 Calcite et leur structure cristalline .....	4
Figure I.3 Aragonite et leur structure cristalline .....	5
Figure I.4 Vatérite et leur structure cristalline .....	6
Figure I.5 Représente les principaux producteurs d'œufs de poulet dans le monde 2021 .....	12
Figure I.6 Représente consommation moyenne d'œufs par habitant de certains pays sélectionnés de 2000 à 2019 .....	12
Figure I.7 Spectromètre infrarouge de Fourier (FTIR) de marque JASCO-4600.....	14
Figure I.8 Spectre électromagnétique .....	16
Figure I.9 Condition de Bragg "principe de Diffraction de rayons X .....	17
Figure I.10 L'analyseur thermique de marque METTLER TOLEDO.....	17

## Chapitre II

Figure II.1 Procédure de préparation des coquilles d'œufs.....	20
Figure II.2 Représente le protocole expérimental. ....	22

## Chapitre III

Figure III.1 Présente le spectre de l'échantillon $\text{CaCO}_3$ de coquilles d'œufs. ....	25
Figure III.2 Le spectre IR de $\text{CaCO}_3$ commerciale. ....	26
Figure III.3 Analyse DRX de l'échantillon de $\text{CaCO}_3$ des coquilles d'œufs à base des données Match.....	27
Figure III.4 DRX de l'échantillon de coquille d'œufs et de $\text{CaCO}_3$ commerciale. ....	28
Figure III.5 DCS de l'échantillon de coquilles d'œufs.....	30
Figure III.6 DCS de $\text{CaCO}_3$ commerciale. ....	31
Figure III.7 ATG de l'échantillon de coquilles d'œufs. ....	32
Figure III.8 ATG de $\text{CaCO}_3$ commerciale.....	33
Figure III.9 Effet de Concentration en fonction du temps ( $T=23^\circ\text{C}$ ; $m=10\text{g}$ ; $r=0\text{rpm}$ ).....	34
Figure III.10 Effet d'agitation en fonction de temps ( $T=23^\circ\text{C}$ ; $m=10\text{g}$ ; $[\text{HCL}]=1\text{M}$ ; $r=300\text{rpm}$ ).....	35
Figure III.11 Effet de l'agitation sur le pH de solution ( $T=23^\circ\text{C}$ ; $m=10\text{g}$ ; $[\text{HCL}]=1\text{M}$ ; $r=300\text{rpm}$ ) .....	36

## Liste des Tableaux

<b>Tableau I.1 Les propriétés physico-chimiques de calcite. ....</b>	<b>4</b>
<b>Tableau I.2 Propriétés physico-chimique d'aragonite. ....</b>	<b>5</b>
<b>Tableau I.3 Propriétés physico-chimiques de la vaterite. ....</b>	<b>6</b>
<b>Tableau I.4 Propriétés physico-chimiques de carbonate de calcium. ....</b>	<b>8</b>
<b>Tableau I.5 Représente la composition des coquilles d'œufs. ....</b>	<b>13</b>
<b>Tableau II.1 Produits utilisées. ....</b>	<b>20</b>
<b>Tableau III.1 Attribution des bandes IR existants. ....</b>	<b>25</b>

## Résumé

Notre projet de fin d'études avait pour objectif d'explorer les méthodes d'extraction du carbonate de calcium à partir de coquilles d'œufs et d'optimiser le procédé d'extraction. Nous avons réalisé des analyses approfondies et comparatives entre nos échantillons extraits et un échantillon commercial de carbonate de calcium afin d'évaluer la qualité et les propriétés du produit obtenu.

Dans la première partie de notre projet, nous avons effectué une synthèse bibliographique pour comprendre les différentes techniques d'extraction et les applications du carbonate de calcium. Les coquilles d'œufs se sont révélées être une source prometteuse de carbonate de calcium, offrant des avantages en termes de durabilité et de disponibilité.

Dans le chapitre consacré procédures expérimentales, nous avons décrit en détail les équipements et produits utilisés, ainsi que les étapes de préparation des coquilles d'œufs et des solutions. Nous avons également présenté le protocole d'extraction et les paramètres que nous avons choisis pour optimiser le procédé, tels que la concentration initiale, l'agitation et le pH.

Les analyses spectroscopiques par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) ont démontré la présence de bandes caractéristiques du carbonate de calcium dans nos échantillons, similaires à celles de l'échantillon commercial. De plus, l'analyse de diffraction des rayons X (DRX) a révélé une structure cristalline similaire entre nos échantillons et l'échantillon commercial. Les analyses thermiques DSC et ATG ont également montré des propriétés thermiques comparables entre les échantillons.

Ces résultats prometteurs confirment la qualité et l'efficacité de notre procédé d'extraction du carbonate de calcium à partir de coquilles d'œufs. Cette approche offre une alternative durable et économique aux sources traditionnelles de carbonate de calcium, tout en contribuant à la valorisation des déchets de coquilles d'œufs et en réduisant leur impact environnemental.

En conclusion, notre projet de fin d'études a abouti à la mise au point d'un procédé d'extraction efficace du carbonate de calcium à partir de coquilles d'œufs. Les analyses approfondies ont démontré la similitude entre nos échantillons extraits et l'échantillon commercial, confirmant ainsi la qualité et les propriétés du carbonate de calcium obtenu. Ces résultats ouvrent des perspectives intéressantes pour son utilisation dans divers secteurs industriels. Il est recommandé de poursuivre les recherches dans ce domaine afin d'optimiser davantage le procédé d'extraction et d'explorer de nouvelles applications potentielles du carbonate de calcium extrait des coquilles d'œufs.

**Mots clés** : Carbonate de calcium,  $\text{CaCO}_3$ , les coquilles d'œufs, extraction

## **Abstract:**

Our final-year project aimed to explore methods for extracting calcium carbonate from eggshells and optimize the extraction process. We conducted comprehensive and comparative analyses between our extracted samples and a commercial calcium carbonate sample to assess the quality and properties of the obtained product.

In the initial part of our project, we conducted a literature review to understand different extraction techniques and applications of calcium carbonate. Eggshells proved to be a promising source of calcium carbonate, offering advantages in terms of sustainability and availability.

In the experimental procedures chapter, we provided detailed descriptions of the equipment and materials used, as well as the steps involved in preparing the eggshells and solutions. We also presented the extraction protocol and the parameters we selected to optimize the process, such as initial concentration, agitation, and pH.

Spectroscopic analyses using Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) demonstrated the presence of characteristic bands of calcium carbonate in our samples, similar to those of the commercial sample. Furthermore, X-ray diffraction (XRD) analysis revealed a similar crystalline structure between our samples and the commercial sample. Differential scanning calorimetry (DSC) and thermogravimetric analysis (TGA) also indicated comparable thermal properties between the samples.

These promising results confirm the quality and efficiency of our calcium carbonate extraction process from eggshells. This approach provides a sustainable and cost-effective alternative to traditional sources of calcium carbonate, while contributing to the valorization of eggshell waste and reducing its environmental impact.

In conclusion, our final-year project has successfully developed an effective extraction process for calcium carbonate from eggshells. The in-depth analyses have demonstrated the similarity between our extracted samples and the commercial sample, confirming the quality and properties of the obtained calcium carbonate. These findings open up exciting prospects for its use in various industrial sectors. Further research is recommended to further optimize the extraction process and explore new potential applications of calcium carbonate extracted from eggshells.

**Keywords:** Calcium carbonate, CaCO<sub>3</sub>, eggshells, extraction.



## ملخص

يهدف مشروع نهاية الدراسات إلى استكشاف طرق استخلاص كربونات الكالسيوم من قشر البيض وتحسين عملية الاستخلاص. لقد أجرينا تحليلات متعمقة ومقارنة بين عيناتنا المستخرجة وعينة تجارية من كربونات الكالسيوم من أجل تقييم جودة وخصائص المنتج الذي تم الحصول عليه.

في الجزء الأول من مشروعنا ، أجرينا توليفاً بيليوغرافياً لفهم تقنيات الاستخراج المختلفة وتطبيقات كربونات الكالسيوم. أثبتت قشور البيض أنها مصدر واعد لكربونات الكالسيوم ، حيث تقدم فوائد من حيث المتانة والتوافر.

في الفصل المخصص للإجراءات التجريبية ، وصفنا بالتفصيل المعدات والمنتجات المستخدمة ، بالإضافة إلى خطوات تحضير قشر البيض والمحاليل. قدمنا أيضاً بروتوكول الاستخراج والمعلومات التي اخترناها لتحسين العملية ، مثل التركيز الأولي والتحريض ودرجة الحموضة.

أظهرت التحليلات الطيفية التي أجراها التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء لتحويل فورييه وجود نطاقات مميزة لكربونات الكالسيوم في عيناتنا ، مماثلة لتلك الخاصة بالعينة التجارية. بالإضافة إلى ذلك ، كشف تحليل حيود الأشعة السينية عن بنية بلورية مماثلة بين عيناتنا والعينة التجارية. أظهرت التحليلات الحرارية أيضاً خصائص حرارية قابلة للمقارنة بين العينات.

تؤكد هذه النتائج الواعدة جودة وكفاءة عمليتنا لاستخراج كربونات الكالسيوم من قشر البيض. يوفر هذا النهج بديلاً مستداماً واقتصادياً للمصادر التقليدية لكربونات الكالسيوم ، مع المساهمة في استعادة نفايات قشر البيض وتقليل تأثيرها البيئي.

في الختام ، نتج عن مشروع نهاية الدراسات لدينا تطوير عملية لاستخراج كربونات الكالسيوم من قشر البيض بكفاءة.

أظهرت التحليلات المتعمقة التشابه بين العينات المستخرجة والعينة التجارية ، مما يؤكد جودة وخصائص كربونات الكالسيوم التي تم الحصول عليها. تفتح هذه النتائج آفاقاً مثيرة للاهتمام لاستخدامها في مختلف القطاعات الصناعية. يوصى بإجراء مزيد من البحث في هذا المجال لزيادة تحسين عملية الاستخراج واستكشاف التطبيقات المحتملة الجديدة لكربونات الكالسيوم المستخرجة من قشر البيض.

**الكلمات المفتاحية:** كربونات الكالسيوم , استخلاص , قشر البيض.