

Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur

Et de la recherche scientifique

université de Ghardaïa



Incubateur université de Ghardaïa

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme du  
MASTER en génie chimique dans le cadre de la résolution  
Ministérielle 1275

Mémoire de fin d'étude-startup/brevet

## Récupération d'acide citrique à partir de fruit Bigaradier d'arbre d'ornement à Ghardaïa

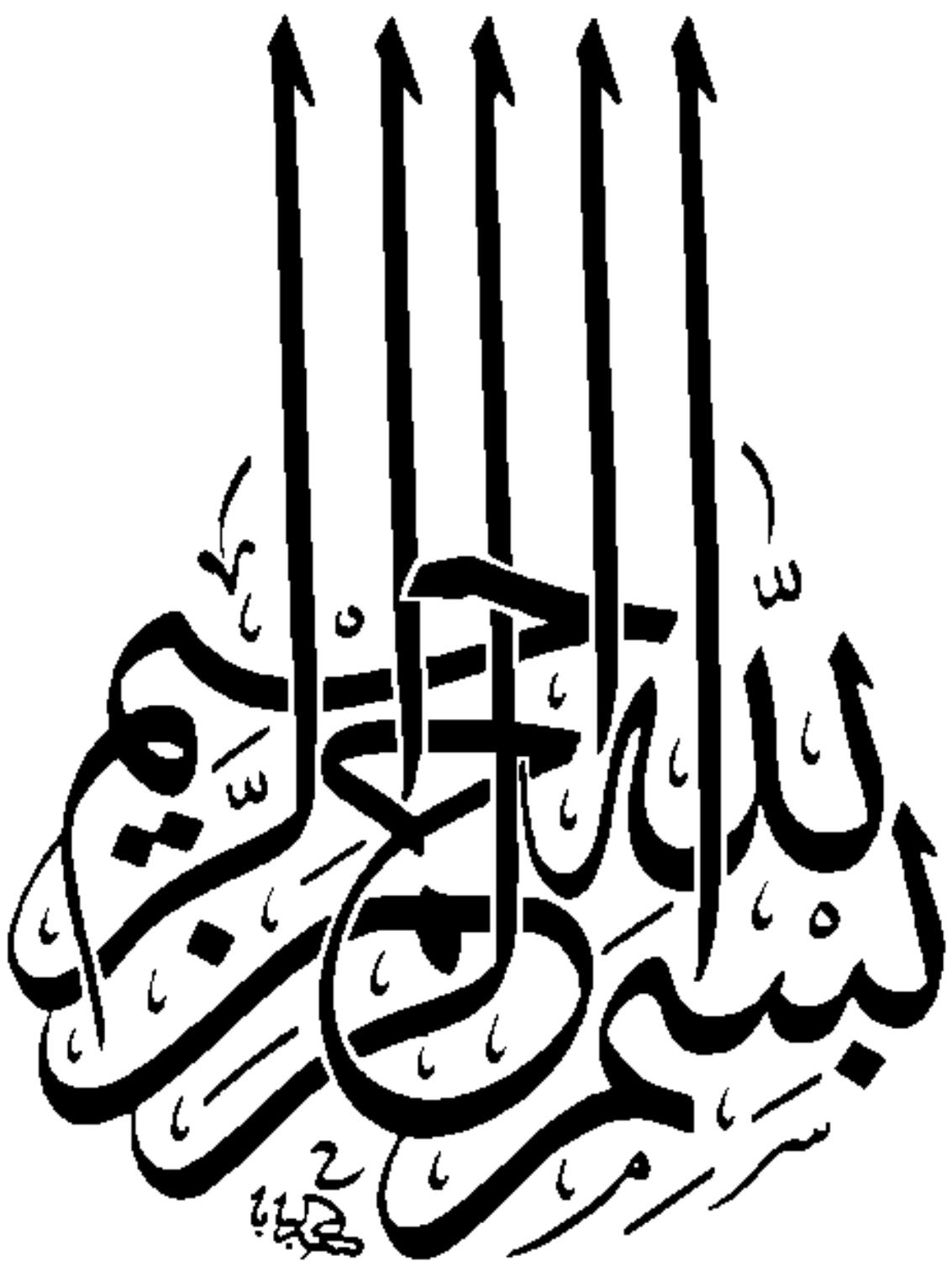
Préparé par les étudiants :

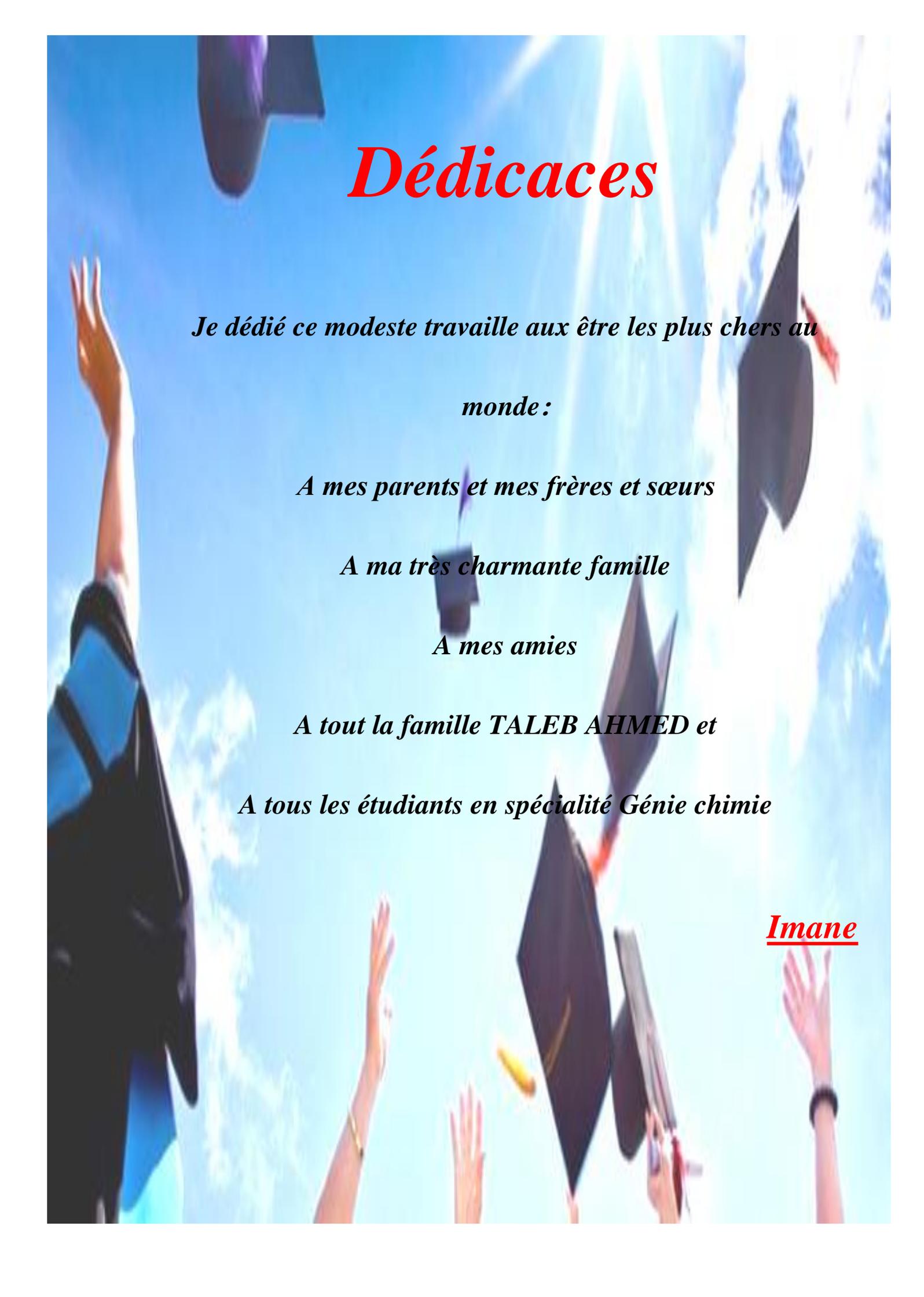
- TALEB AHMED Nadjat
- TALEB AHMED Imane

Membre de jury :

Dr. BOUAMER Kheira	MCA	Université of Ghardaïa	Président
Dr. KHANE Yasmina	MCA	Université of Ghardaïa	examineur
Dr. KADRI Mohamed	MCB	Université of Ghardaïa	encadreur

Année universitaire : 2022/2023



A low-angle photograph of a graduation ceremony. Several graduates in black gowns and caps are visible, with their hands raised in the air against a bright blue sky with wispy white clouds. The perspective is from below, looking up at the graduates.

# *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travaille aux être les plus chers au  
monde :*

*A mes parents et mes frères et sœurs*

*A ma très charmante famille*

*A mes amies*

*A tout la famille TALEB AHMED et*

*A tous les étudiants en spécialité Génie chimie*

*Imane*

# *Dédicaces*

*Je dédie ce travail à:*

*A ma chère maman : Ton affection me couvre, et ta présence  
à mes côtés a toujours été ma force pour affronter les  
différents obstacles.*

*A mon chère père: qui a toujours été à mes côtés pour me  
soutenir et m'encourager.*

*Que Dieu vous bénisse tous les deux et vous accorde bonne  
santé et longue vie.*

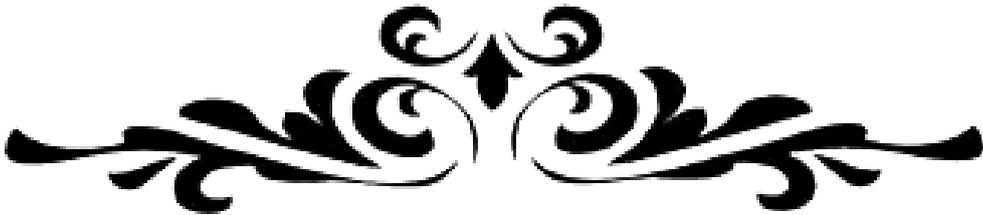
*A mes très chers frères et mes belles sœurs.*

*A tous mes amies*

*À tous ceux que j'ai connus durant ma carrière.*

*A tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail de  
près ou de loin.*

*Nadjat*



# *Remerciements*

*Avant tout, nous remercions Dieu qui nous à accorder la patience, la force ,le courage et les moyens afin de pouvoir accomplir de ce travail.*

*Nous remercions, **Monsieur. KADRI Mohammed** pour son suivi, son patience, conseils avec l'aide, tout au long à la réalisation de ce mémoire et de finaliser cette étude.*

*Nous remerciments s'adressent également à tous les membres de jury.*

*Nous tenons également à remercier : **Mr.FENNICHE Abderrazak** et **Melle. KHANE Yasmine** qui nous accompagner dans cette recherche et nous guider , Sans oublier l'ingénieur **Mr. TALEB AHMED Abdelhak** pour son soutien continu et ses conseils lors de la préparation de ce mémoire.*

*Nous remerciments aussi les membres de jurys de l'incubateur de l'université de Ghardaïa et le partenaire économique.*

*Nous on tient à remercier d'ensemble des enseignants qui ont contribué de près ou de loin à notre formation, et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

### Résumé

L'oranger amer, également connu sous le nom scientifique *Citrus aurantium*, est un arbre appartenant à la famille des *Rutacées*. Ses fruits ont un goût très amer et ne sont pas comestibles tels quels. Cependant, toutes les parties de l'orange amère sont utilisées à diverses fins, notamment pour l'extraction de l'acide citrique. Dans notre étude, nous nous sommes concentrés sur la production d'acide citrique à partir de l'orange amère dans la région de Ghardaïa, dans le but de valoriser ces fruits et de déterminer l'effet de la région de récolte et du séchage sur le rendement en acide citrique. De plus, nous avons étudié les propriétés physiques et chimiques de l'acide extrait.

Les résultats obtenus ont montré que les fruits frais de la région de Sebseb offraient le meilleur rendement en acide citrique par rapport à une autre zone (région non spécifiée). Nous avons obtenu une quantité d'acide citrique produite de 72,5. Afin de confirmer la pureté de l'acide citrique, nous avons réalisé une analyse par fluorescence X (XRF) et diffraction des rayons X (DRX), que nous avons comparée à de l'acide citrique commercial. Ces analyses ont démontré l'efficacité de l'extraction de l'acide citrique.

Cependant, les utilisations de l'orange amère ne se limitent pas à l'industrie alimentaire. En effet, elle est également exploitée dans l'industrie cosmétique, la pharmacie et la fabrication de produits de nettoyage.

**Mots clés:** Orange amère, acide citrique, *Citrus aurantium*, propriétés physiques et chimiques.

### **Abstract:**

Bitter orange, also known by its scientific name *Citrus aurantium*, is a tree belonging to the *Rutaceae* family. Its fruits have a very bitter taste and are not edible as they are. However, all parts of the bitter orange are used for various purposes, including the extraction of citric acid. In our study, we focused on the production of citric acid from bitter orange in the Ghardaïa region, aiming to valorize these fruits and determine the effect of the harvest region and drying on citric acid yield. Additionally, we investigated the physical and chemical properties of the extracted acid.

The results obtained showed that fresh fruits from the Sebseb region provided the highest yield of citric acid compared to another unspecified region. We obtained a quantity of 72.5 units of produced citric acid. To confirm the purity of the citric acid, we conducted X-ray fluorescence (XRF) and X-ray diffraction (DRX) analyses, comparing them with commercial citric acid. These analyses demonstrated the effectiveness of citric acid extraction.

However, the uses of bitter orange are not limited to the food industry alone. It is also utilized in the cosmetic industry, pharmacy, and the manufacturing of cleaning products. These different sectors benefit from the chemical properties and active compounds present in bitter orange to develop a variety of products.

**Keywords:** Bitter orange, citric acid, *Citrus aurantium*, physical and chemical properties.

### الملخص :

البرتقال المر، المعروف أيضاً باسمه العلمي *Citrus aurantium*، هو شجرة تنتمي إلى عائلة السيتروساتية. ثماره تتمتع بطعم مرّ جداً ولا يمكن تناولها كما هي. ومع ذلك، يتم استخدام جميع أجزاء البرتقال المر لأغراض مختلفة، بما في ذلك استخراج حمض الستريك. في دراستنا، ركزنا على إنتاج حمض الستريك من البرتقال المر في منطقة غرداية، بهدف تثمين هذه الثمار وتحديد تأثير منطقة الحصاد وعملية التجفيف على إنتاجية حمض الستريك. بالإضافة إلى ذلك، قمنا بدراسة الخواص الفيزيائية والكيميائية للحمض المستخلص.

أظهرت النتائج المستخلصة أن ثمار الطازجة من منطقة سببب توفر أعلى إنتاجية لحمض الستريك مقارنةً بمنطقة أخرى غير محددة. تم الحصول على كمية تصل إلى 72.5 وحدة من إنتاج حمض الستريك. للتأكد من نقاء حمض الستريك، أجرينا تحليلاً بالتحليل الطيفي بالأشعة السينية (XRF) وتحليلاً بالتفريق الطيفي للأشعة السينية (DRX)، وقارناها بحمض الستريك التجاري. أظهرت هذه التحاليل فعالية استخراج حمض الستريك.

ومع ذلك، لا تقتصر استخدامات البرتقال المر على صناعة الأغذية فحسب، بل يتم استغلاله أيضاً في صناعة الأدوات التجميلية والصيدلة وتصنيع منتجات التنظيف. تستفيد هذه القطاعات المختلفة من الخصائص الكيميائية والمركبات الفعالة الموجودة في البرتقال المر لتطوير مجموعة متنوعة من المنتجات..

**الكلمات المفتاحية :** البرتقال المر، حمض الليمون، *Citrus aurantium*، الخصائص الفيزيائية والكيميائية .

## Liste des tableaux

---

### Liste des tableaux

Titre de tableau	Page
<b>Tableau I.1</b> : Classification botanique de <i>Citrus Aurantium</i>	05
<b>Tableau II.1</b> : Solubilité de l'acide citrique dans l'eau	20
<b>Tableau III.1</b> : Représente les matériels et les produits	30
<b>Tableau IV.1</b> : Rendement en acide citrique extraite.	45
<b>Tableau IV.2:</b> Valeurs des potentiels d'hydrogène de l'acide citrique extraites.	47
<b>Tableau IV.3:</b> Valeurs d'indice de refraction de l'acide citrique extraites.	47
<b>Tableau IV.4:</b> Valeurs des conductivités de l'acide citrique extraites.	48
<b>Tableau IV.5</b> : Valeurs des points des fusions de l'acide citrique extraites.	48
<b>Tableau IV.6</b> : Propriétés organoleptiques des acides citriques extraites	49
<b>Tableau IV.7:</b> Résultats des propriétés organoleptiques d'acide citrique.	50
<b>Tableau IV.8:</b> Résultats des Spectrométrie de fluorescence X de l'acide citrique "commerciale , Fraiche , Sec"	51

## Liste des figures

### Liste des figures

Titre de figure	Page
<b>Figure I.1</b> : Photo du bigaradier.	04
<b>Figure I.2</b> : Répartition géographique de l'oranger amer et l'oranger doux.	05
<b>Figure I.3</b> : Bigaradier ( <i>Citrus aurantium</i> )	06
<b>Figure I.4</b> : Coupe transversale d'une orange.	07
<b>Figure I.5</b> : Fleur d'orange amer.	08
<b>Figure I.6</b> : Caractéristiques morphologique d'orange amer.	09
<b>Figure II.1</b> : Formule semi développée de l'acide citrique	15
<b>Figure II.2</b> : Schéma du procédé de la fabrication de l'acide citrique par la méthode de la fermentation en surface.	18
<b>Figure II.3</b> : Photos d'une usine de la fabrication de l'acide citrique par la fermentation en surface.	18
<b>Figure II.4</b> : Etapes de la fabrication de l'acide citrique.	19
<b>Figure II.5</b> : Formule développée de l'acide citrique	21
<b>Figure II.6</b> : Organigramme de l'utilisation de l'acide citrique	22
<b>Figure III.1</b> : Organigramme du plan général de procès	28
<b>Figure III.2</b> : Arbre de l'orange amer de Sebseb et Metlili	29
<b>Figure III.3</b> : Image satellites montrent les 2 localités des plantes recueillies.	29
<b>Figure III.4</b> : l'orange amer "Fraiche et Sec"	30
<b>Figure III.5</b> : Préparation de la quantités fraiche	31
<b>Figure III.6</b> : Préparation de la quantités sec	31
<b>Figure III.7</b> : Organigramme de la synthèse d'acide citrique	35
<b>Figure III.8</b> : pH mètre.	37
<b>Figure III.9</b> : Un réfractomètre.	38
<b>Figure III.10</b> : Conductimètre	39
<b>Figure III.11</b> : point de fusion	39
<b>Figure III.12</b> : Spectrométrie par fluorescence X (XRF)	40
<b>Figure III.13</b> : Vue générale du diffractomètre de poudre	41
<b>Figure IV.1</b> : Rendement de l'acide citrique de Bigaradier 'Fraiche'	46
<b>Figure IV.2</b> : Rendement de l'acide citrique de Bigaradier 'Sec'	46
<b>Figure IV.3</b> : Résultats de diffraction des rayons X (DRX) de l'acide citrique	52

## Liste des figures

Commerciale.	
<b>Figure IV.4</b> : Résultats de diffraction des rayons X (DRX) de l'acide citrique Fraiche.	53
<b>Figure IV.5</b> : Résultats de diffraction des rayons X (DRX) de l'acide citrique Sec.	53
<b>Figure IV.6</b> : Résultats de détartrage après l'utilisation de l'acide citrique obtenu.	54

## Liste des abréviations

---

### Liste des Abréviation

<b>Symbole</b>	<b>Désignation</b>
<b>pH</b>	Potentiel d'hydrogène
<b>RAC</b>	Rendement en acide citrique
<b>AC</b>	Acide citrique
<b>R</b>	Rendement
<b>IR</b>	Infra rouge
<b>μs</b>	Micro second
<b>%m</b>	Pourcentage de masse
<b>%vol</b>	Pourcentage de volume
<b>DRX</b>	Diffraction des rayons X
<b>XRF</b>	Spectrométrie de fluorescence X

## Table des matières

---

### Table des matières

Dédicaces .....	
Remerciements .....	
Résumé .....	
Liste des tableaux .....	
Liste des figures .....	
Liste des Abréviation .....	
Table des matières .....	
Introduction générale .....	1
Références bibliographiques .....	2
Chapitre I : Étude botanique sur l'espèce végétale .....	3
I.1. Généralité sur le bigaradier .....	4
I.2. Etymologie .....	4
I.3. Répartition géographique .....	5
I.4. Description botanique .....	5
I.4.1. Classification .....	5
I.4.2. Famille des Rutacées .....	6
I.4.3. Bigaradier (Citrus aurantium) .....	6
I.4.3.1. Fruit : .....	6
I.4.3.2. Graine : .....	7
I.4.3.3. Fleur : .....	8
I.5. Morphologie .....	8
I.6. Domaines d'utilisations de l'orange amer .....	9
I.6.1. Domaines de la parfumerie et de la cosmétique .....	9
I.6.2. Domaine agro-alimentaire .....	9
I.6.3. Domaine pharmaceutique .....	9
I.7. Propriétés biologiques de l'orange amer .....	10
I.7.1. Activité antimicrobienne .....	10
I.7.2. Activité veinotonique- vasculoprotectrice .....	10
Références bibliographiques .....	12
Chapitre II : Acide citrique .....	14
II.1. Historique .....	15
II.2. Définition .....	15
II.3. Microorganismes industriels producteurs de l'acide citrique .....	16
II.4. Méthode utilisée dans la production d'acide citrique .....	16
II.4.1. Extrait d'agrumes .....	16
II.4.2. Synthèse chimique .....	16
II.4.3. Fermentation .....	17

## Table des matières

---

II.5. Etapes de la production industrielle de l'acide citrique .....	17
II.5.1. Fermentation .....	17
II.5.2. Précipitation, extraction et purification de l'acide citrique : .....	19
II.6. Propriétés physico-chimiques .....	19
II.7. Applications de l'acide citrique .....	21
II.8. Sources et production mondiale .....	23
Références Bibliographiques .....	24
Chapitre III: Matériels et méthodes.....	27
III.1. Objectif.....	28
III.2. Matériel .....	29
III.2.1 Matière végétale .....	29
III.2.2. Matériels et produits .....	30
III.3.préparation des échantillons .....	31
III.3.1. Bigaradier Fraiche .....	31
III.3.2.Bégaradier sec .....	31
III.4. Protocole d'expérience .....	32
III.5. Schéma de la synthèse d'acide citrique.....	35
III.6. Réactions chimiques de l'expérience .....	36
III.7. Rendement.....	36
III.8. Recristallisation et purification .....	36
III.9. Propriétés physico-chimiques d'acide citrique .....	37
III.9.1. Potentiel d'hydrogène (pH) .....	37
III.9.2. Indice de réfraction.....	38
III.9.3. Le conductivité .....	39
III.9.4. le point de fusion .....	39
III.10. Caractérisation spectroscopique.....	39
III.10.1. Spectrométrie par fluorescence X (XRF).....	39
III.10.2. Diffraction des rayons X (DRX) .....	40
Références bibliographiques .....	42
Chapitre IV : Résultats et discussions .....	43
IV.1. Objectif .....	44
IV.2. Rendement .....	44
IV.2.1. Rappel sur le rendement de l'acide citrique .....	44
IV.2.2. Evaluation du rendement.....	44
IV.3. Propriétés de l'acide citrique .....	46
IV.3.1. Propriétés physico-chimiques .....	46
IV.3.1.1.Potentiel d'hydrogène (pH) : .....	46
IV.3.1.2. Indice de réfraction:.....	47
IV.3.1.3. Conductivité: .....	48
IV.3.1.4. Point de la fusion: .....	48

## Table des matières

---

IV.3.2. Propriétés organoleptiques .....	48
IV.4. Degré de pureté .....	51
IV.5. Caractérisation spectroscopique .....	51
IV.5.1. Spectrométrie de fluorescence X (XRF) .....	51
IV.5.2. Diffraction des rayons X (DRX) .....	52
IV.6. Essai de détartrages : .....	53
Références bibliographiques .....	55
Conclusion générale .....	57

# **Introduction générale**

### Introduction générale

Les ingrédients naturels et artificiels diffèrent d'un support à l'autre, et tout dépend des avantages dont bénéficient ces ingrédients qui les rendent acceptables pour la consommation et les usages utilitaires, et parmi les ingrédients naturels figurent les produits agricoles, qui sont un gain et une source de l'énergie pour tous les êtres vivants, et l'importance des fruits et produits naturels varie, d'un type à l'autre selon la teneur de chaque produit [1]. Les produits agricoles naturels sont également classés en types : y compris les céréales, les légumes, les fruits, les agrumes [2].

Ce dernier présente de nombreux avantages qui en font une destination pour les études scientifiques modernes. Sur cette base, nous avons consacré notre étude à la manière d'extraire l'acide citrique des fruits de bigaradier récoltés sur des arbres d'ornement.

Le but de cette étude est également d'étudier comment exploiter les fruits de bigaradier, comment produire de l'acide citrique et son rendement en fonction de l'époque à laquelle il a été récolté et du lieu de récolte des dattes bigaradier, et de le comparer avec d'autres supports, ainsi que ses avantages et sa faisabilité économique, en plus d'étudier ses sources et ses utilisations et comment exploiter l'acide citrique de ces fruits. dont sont :

**Le premier chapitre porte sur :** Etude botanique sur l'espèce végétale

(Description botanique, Morphologie, Les domaines d'utilisations de l'orange amer, les propriétés biologiques de l'orange amer).

**Le deuxième chapitre porte sur :** Acide citrique

(Méthode utilisée dans la production d'acide citrique, Les étapes de la production industrielle de l'acide citrique., Propriétés physico-chimiques, Applications de l'acide citrique )

**Le troisième chapitre traite :** Matériels et méthodes

(Le procédé d'extraction de l'acide citrique d'orange amère végétale été étudié, Propriétés physico-chimiques d'acide citrique).

**Et le quatrième et dernier :** présente les résultats et la discussion

(Interprétation scientifique des résultats).

Cette étude vise, en général, la manière optimale d'extraire l'acide, et la faisabilité économique, ce qui explique la grande différence entre la valeur financière de l'extraction et la valeur de la vente de cet acide sur le marché. Caractéristiques par rapport au moment où ces fruits sont récoltés.

### Références bibliographiques

- [1] **Sarangbin, S., Krimura, K. and Usami, S. (1993)**. “Citric acid production from cell obiose from 2- deoxyglucose-resistant mutant strains of *Aspergillus niger* in semi-solid culture”. *Appl. Microbiol. Biotech.*, 40: 206-210.
- [2] **Archer, D. B. (2000)**. “Filamentous fungi as microbial cell factories for food use”. *Current Opinions Biotech.*, 11: 478-483.

# **Chapitre I : Étude botanique sur l'espèce végétale**

### I.1. Généralité sur le bigaradier

Le Bigaradier *Citrus aurantium* ou *Narenj* en Arabe est un arbuste épineux très ornemental, de 4 à 5 m de haut, qui produit l'orange amère. Il est largement implanté dans la région méditerranéenne. Son tronc est fortement ramifié et ses feuilles sont vert clair. Ses fleurs, blanches à l'intérieur et violettes à l'extérieur, sont très parfumées, et son fruit est plus petit que l'oranger doux, de forme ovale et de couleur jaune foncé. Le fruit est généralement une baie cloisonnée avec une pulpe juteuse et poreuse formée de poils capillaires internes. [1]

Originaire d'Asie du Sud-Est, le tilleul a été introduit par les Arabes au IXe ou Xe siècle en Perse, en Irak, en Syrie, en Palestine, en Égypte, en Afrique du Nord, puis en Sicile, en Sardaigne et en Espagne. [2]



**Figure I.1 :** Photo du bigaradier.

### I.2. Etymologie

- Nom scientifique : *Citrus aurantium* L. [3]
- Nom arabe: la randj.[4].
- Noms communs : bigaradier; orange amère. [5].

### I.3. Répartition géographique

L'orange amère s'est propagée de la Chine à l'Inde, à l'Arabie et enfin à l'Égypte. Il n'a été introduit en Europe que lorsque les Arabes l'ont introduit en Sicile au XIe siècle. Il est cultivé en Amérique centrale et du Sud et dans le bassin méditerranéen.[6]

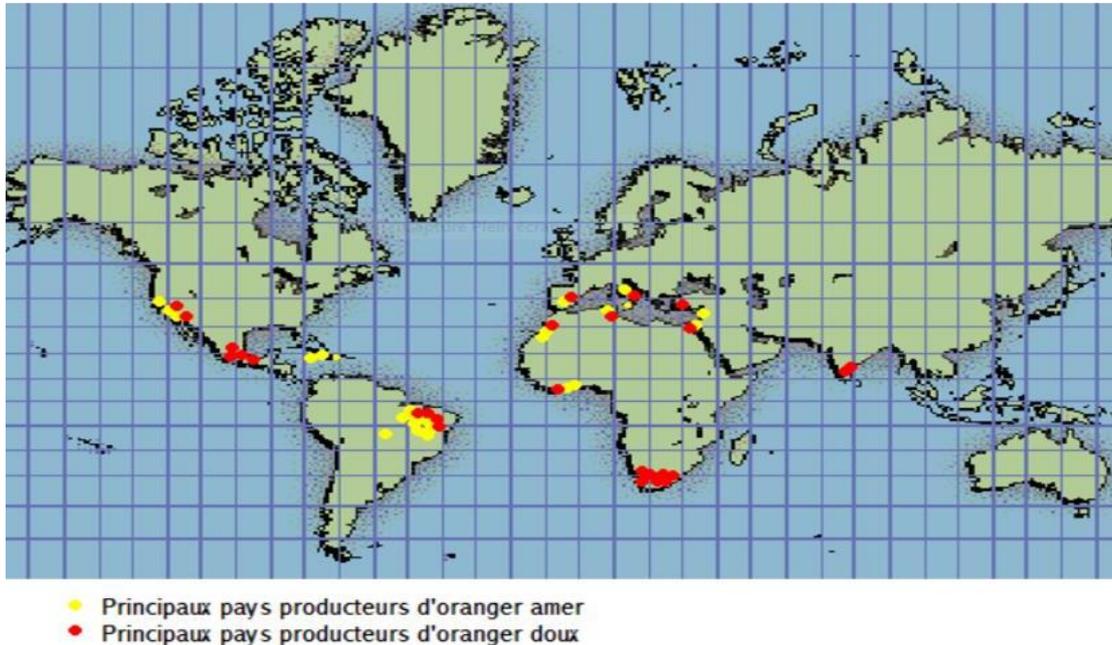


Figure I.2 : Répartition géographique de l'oranger amer et l'oranger doux.[7]

### I.4. Description botanique

#### I.4.1. Classification

Tableau I.1 : Classification botanique de *Citrus Aurantium*[8]

Règne	<i>Plantae</i>
Super division	<i>Embryophyta</i>
Division	<i>Magnoliophyta (Tracheophyta)</i>
Subdivision	<i>Spermatophytina</i>
Classe	<i>Magnoliopsida</i>
Super ordre	<i>Rosanae</i>
Ordre	<i>Sapindales</i>
Famille	<i>Rutaceae</i>
Genre	<i>Citrus</i>
Espèce	<i>Citrus aurantium L.</i>

**I.4.2. Famille des *Rutacées***

La famille des Rutacées appartient à l'ordre des sapindales et comprend environ 900 espèces réparties en 150 genres. Les rutacées ont une distribution assez cosmopolite, mais sont concentrées sous les tropiques et dans les régions tempérées de l'hémisphère sud.

Les agrumes sont cultivés dans les régions tropicales et tempérées chaudes du monde entier, Surtout dans la région méditerranéenne, le sud des États-Unis, l'Afrique du Sud et l'Australie.[9]

**I.4.3. Bigaradier (*Citrus aurantium*)**

Bel arbuste atteignant une hauteur de 15 m, mais dépassant rarement 6 m selon certains auteurs, l'oranger amer a des branches piquantes et des feuilles vertes brillantes et coriaces. L'arbre a subi différentes tailles, nécessaires à son développement futur, lui donnant une forme arrondie, on dit forme arbustive.

Ses fleurs blanches se présentent en groupes de 2 ou 3 et ont un arôme doux et agréable. Quant aux fruits, à la suite des fleurs, ils sont ronds et de belle couleur orangée. [10][11]



**Figure I.3 :** Bigaradier (*Citrus aurantium*)

**I.4.3.1. Fruit :**

Le fruit de l'oranger amer est une baie sphérique cloisonnée avec une écorceridée appelée zeste d'orange ou mandarine. Elle peut aussi être nommée bigarade.

Cette baie est rouge orangé à maturité, 7-8 cm de diamètre, a un arôme fort, un goût amer et acide, et n'est pas propre à la consommation.

Le fruit se compose de trois parties qui composent la peau :

✓ Epicarpe = épiderme externe (flavedo).

Il est coriace et possède de nombreuses poches sécrétoires lytiques contenant des huiles essentielles.

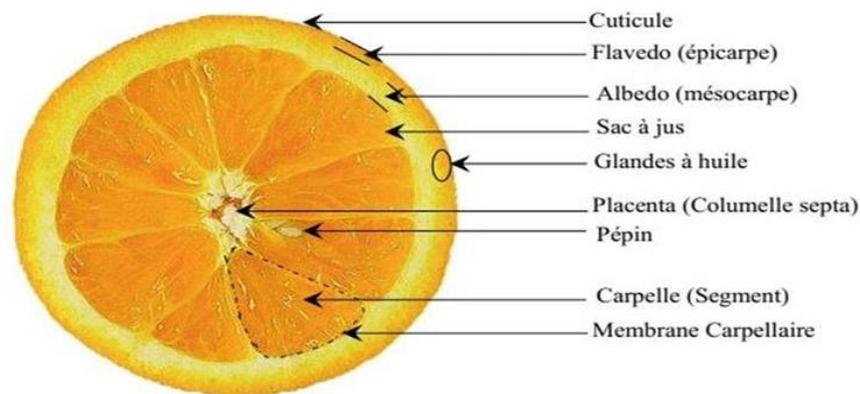
Ces poches sont bien visibles à l'œil nu, colorées en jaune par des caroténoïdes. Ils varient en taille de 0,4 à 0,6 mm et sont irrégulièrement répartis.

✓ Mésocarpe = tissu moyen (albedo).

Il forme une couche spongieuse de mucus blanc. Il renferme de grandes glandes schizolysigènes à essence. Il est constitué de cellules de parenchyme polyédrique dans lesquelles sont présents des cristaux d'oxalate de calcium.

✓ Endocarpe = épiderme interne.

Il est formé à partir du carpelle ("le quartier du fruit"). Il agit en expulsant la pulpe qui constitue le fruit, qui, lorsque le fruit est jeune, est constituée de poils intra carpens gonflés, charnus et kystiques. [10-12]



**Figure I.4 :** Coupe transversale d'une orange. [13]

#### **I.4.3.2. Graine :**

C'est le résultat de modifications de l'œuf après la fécondation. Dans chaque carpelle, une ou plusieurs graines sont attachées au placenta axial. Ce sont des "pépins".

Ces graines sont entourées d'une écorce qui délimite un ou plusieurs embryons contenant deux cotylédons.

Ces graines sont sans protéines, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de protéines déjà digérées

(matériel de réserve), et les produits de dégradation de l'amidon ont migré dans le cotylédon, qui va donc occuper un volume important. [11,12,14]

#### **I.4.3.3. Fleur :**

- Elles se présentent par groupes de 2 ou 3 et prennent naissance à l'aisselle des feuilles, appelée axillaire.
- Elles fleurissent de fin avril à début juin.
- Ils sont blancs et ont une odeur aromatique caractéristique de cette espèce.

Après séchage, les fleurs jaunissent et sont moins parfumées. Les fleurs peuvent mesurer jusqu'à 25 mm de long et jusqu'à 10 mm de diamètre. Il a un pédoncule dur de 5 à 10 mm de long. Ce dernier est couvert d'un calice court et d'une corolle plus haute.

- Ensemble, ces deux feuilles forment le périanthe de la fleur généralement oblongue. .
- On retrouve la fleur d'oranger dans de nombreux desserts comme le bibassier, la navette ou la pompe à huile et fait partie des treize desserts de Noël.[15]



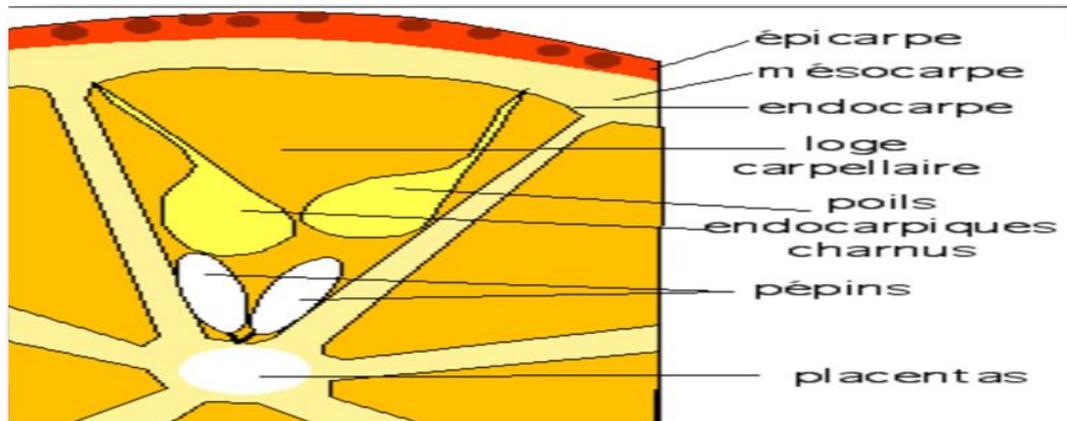
**Figure I.5 :**Fleur d'orange amer.[16]

### **I.5. Morphologie**

Tous les agrumes ont la même structure. Seu les la taille et la forme varient d'une espèce à l'autre. Voici une vue biologique de la baie charnue. Le fruit est composé de deux parties : la peau, également appelée péricarpe, et la pulpe, également appelée endocarpe. Le péricarpe est constitué de l'épicarpe correspondant à la peau jaune et du mésocarpe correspondant à l'albédo. [17]

Le flavédo représente la partie extérieure colorée (vert, jaune, orange...) qui contient les glandes à huile essentielle. L'albédo représente l'intérieur de la peau, constitué

de tissus blancs et spongieux. La partie médiane de l'endocarpe est l'axe central du fruit (columelle), entouré de lobes. Ce dernier est constitué de sacs à jus, également appelés sacs à jus. [17][18]



**Figure I.6 :** Caractéristiques morphologique d'orange amer. [19]

## I.6. Domaines d'utilisations de l'orange amer

### I.6.1. Domaines de la parfumerie et de la cosmétique

Chaque partie du citron vert a un arôme plus fort que l'orange douce. Les huiles d'agrumes sont indispensables dans les eaux de Cologne de luxe. Cette huile est utilisée dans le savon.

Agrumes, frais, floraux, citronnés, doux, sucrés, piquants, légers : la large gamme de senteurs offre ainsi aux parfumeurs un large éventail d'options. [20]

### I.6.2. Domaine agro-alimentaire

Aujourd'hui, les oranges, même les fruits de la variété amère, sont disponibles dans les magasins toute l'année. Certaines oranges sont cultivées de manière biologique et sont vendues dans les magasins d'aliments naturels et dans la section des produits biologiques des grandes épiceries. Les avantages des agrumes dans l'alimentation sont leur saveur agréable, leur richesse en fructose et en vitamines C et P. Ces agrumes se consomment purs sous forme de jus, de boissons rafraîchissantes et de confitures. [21]

### I.6.3. Domaine pharmaceutique

L'oranger amer est inscrit sur la liste des 174 plantes pouvant bénéficier d'une AMM de phytothérapie « réduite » [10]. C'est l'une des 34 plantes médicinales librement commercialisable hors de France.

A la pharmacie, Il existe plusieurs niveaux d'utilisation de l'orange amère dans le

domaine pharmaceutique :

- Dans certaines préparations médicinales traditionnellement utilisées (et désormais gérées).
- En médecine allopathique avec fabrication professionnelle pharmaceutique.
- En usage traditionnel, mais dans le domaine de la phytothérapie.
- Il y a enfin l'aromathérapie, qui est une discipline à part entière ou, pour certains, faisant partie de la phytothérapie.

## **I.7. Propriétés biologiques de l'orange amer**

### **I.7.1. Activité antimicrobienne**

Dès la naissance, l'homme est exposé à des micro-organismes qui colonisent progressivement ses muqueuses. Pour lutter contre ces micro-organismes, de nombreux moyens sont mis en jeu. On peut distinguer schématiquement 3 groupes : les barrières anatomiques, les mécanismes de résistance naturelle (ou innée) et l'immunité acquise. [22]

Le traitement des infections bactériennes repose principalement sur l'utilisation d'antibiotiques. La prescription massive et parfois inappropriée de ces médicaments peut conduire à la sélection de souches multi résistantes, orientant ainsi la recherche vers la découverte de l'importance de nouvelles voies qui constituent une source d'inspiration pour de nouveaux médicaments à base de plantes. [23]

Les polyphénols, en particulier les flavonoïdes et les tanins, sont connus pour leur toxicité vis-à-vis des micro-organismes. Les mécanismes de toxicité peuvent être liés à l'inhibition des enzymes hydrolytiques (protéases et hydrolases glucidiques) ou à d'autres interactions qui inactivent l'adénosine neutre microbienne, les transporteurs et les protéines de l'enveloppe cellulaire. [24]

Cette activité s'exerce au niveau du fruit de l'orange amère par l'intermédiaire de l'huile essentielle d'orange amère, présente en abondance dans l'écorce du fruit. [24]

### **I.7.2. Activité veinotonique- vasculoprotectrice**

Cet effet est dû aux flavonoïdes présents dans les 3 principales variétés d'orange amère : les fleurs, les feuilles et surtout la peau. Ces flavonoïdes, dans ce cas appelés flavonoïdes du citron, sont, comme nous l'avons vu, principalement des hybrides de flavanones :

- ❖ Néohespéridine
- ❖ Naringine
- ❖ Hespéridine
- ❖ Eriocitrine
- ❖ Néoériocitrine

Mais ce sont aussi des glycosides flavonoïdes (rutine), des glycosides flavonoïdes (néodiosmine) et des flavonoïdes polyméthoxylés (sinensétine, nobilétine, tangéretine). Ces molécules sont capables de réduire la perméabilité des capillaires et d'augmenter leur résistance.

Cette notion de protection vasculaire a été historiquement associée au constat que certaines manifestations du scorbut guérissables par la prise de citrons ne peuvent être guéries par la prise de vitamine C seule. Il a donc été émis l'hypothèse que l'acide ascorbique acide doit être associé au facteur C2 ou P (vitamine P-factor) pour être efficace. Ce facteur P a été initialement identifié à l'aide de flavonoïdes.

Même si la FDA (Food and Drug Administration) ne reconnaît aucune activité de ces flavonoïdes et accorde peu d'attention à leur valeur thérapeutique, il est tout de même important de mettre en évidence cet effet vasoprotecteur veineux chez l'orange amère, là où les flavonoïdes sont présents en grande quantité dans les plantes.. [25]

**Références bibliographiques**

- [1] **HADRICH B., DAHAK K., ABDENOURI N. ET KECHAOUL N (2008)**. Etude de séchage des feuilles de bigaradier. Revue des énergies renouvelables. SMSTS 08 Alger. PP 145- 149
- [2] **DIDIER C (1984)**. La culture des agrumes en Irak. Edition IRFA Fruit, 39, PP 189- 205
- [3] **CARVALHO-FREITAS, M.I.R., COSTA, M (2002)**. Anxiolytic and sedative effects of extracts and essential oil from *Citrus aurantium* L. Biological and Pharmaceutical Bulletin 25, PP 1629 – 1633.
- [4] **FARID E(2011)**, Encyclopédie des plantes utiles. 1. Production.alger. P 72.
- [5] **LUCIENNE M (2010)**.Les Plantes Médicinales d'Algérie 2eme Ed. vol 239, P56.
- [6] **FERHAT, M.A., MEKLATI, B.Y., CHEMAT, F (2010)**. Citrus D'Algérie les huiles essentielles et leurs procédés d'extractions Office des publications universitaires ed, P13
- [7] **Audrey ERNOULD (2008)**. Les vertus de l'oranger amer et l'oranger doux , thèse de doctorat en pharmacie, Université de Nantes, P07.
- [8] **GHEDIRA, K., GOETZ, P (2015)**.*Citrus aurantium*L.var. amara Link. Phytothérapie 13, PP 320-327
- [9] **MOHAMED AMINE BEDRANE, 15 janvier (2020)**,«les Agrumes»  
<https://agronomie.info/fr/les-agrumes/>
- [10] **GIRAUD N (1993)**, L'oranger doux, l'oranger amer, Thèse d'exercice en pharmacie, Clermont-Ferrand : Université de Clermont-Ferrand, P 77.
- [11] **LABERCHE J.C (1999)**, Biologie végétale, Paris : Dunod, - (collection abrégés de sciences), P 240.
- [12] **GUIGNARD J.L. BOTANIQUE(1998)**, -(11<sup>ème</sup> édition révisée),Paris :Masson , -278.- (collection abrégés de pharmacie ).
- [13] **HENDRIX, C. M., ANDJ. B(1995)**,Redd."Chemistry and technology of citrus juices and by- products."Production and packaging of non-carbonated fruit juices and fruit beverages. Springer, Boston, MA, PP 53-87.

- [14] **WEIL P (1984)**, Grasse, ville des parfums: l'oranger amer, Thèse d'exercice en pharmacie, Montpellier : Université de Montpellier 1, P 55.
- [15] **ANSEL J.L(2001)**"les arbres à parfums". paris : édition Eyrolles , P 147.
- [16] **BEN SEDDIK K Z & BEN SEDDIK M O (2021)** , L'effet de méthode d'extraction sur la production d'huiles essentielles à partir de citrus aurantium (Région de Ghardaïa) , Mémoire Master en Génie chimique , Faculté des Sciences et de la Technologie , Université de Ghardaïa , P 6.
- [17] **LADANYIA(2008)**, Division of Fruits and Horticultural Technology, Indian Agricultural Research Institute, New Delhi, 110 012India.
- [18] **SALUNKHEET KADAM(1995-1996)**, Spiegel-Roy et Goldschmidt. Biology of citrus /Pinhas Spiegel-Roy, Eliezer E. Goldschmidt., Spiegel-Roy, Pinchas . Cambridge, New York Cambridge University Press.
- [19] **DUANL.,GUOL., LIUU K-, LI E.H.&LI P (2014)**, Characterization and classification of seven citrus herbs by liquid chromatography-quadrupole time-of-flight mass spectrometry and genetic algorithm optimized support vector machines .J chromatogr A :1339 , PP 27-118
- [20] **ISSABELLE CERDAGNIE (2003-2004)**, "loranger amer citrus aurantium",these pour le diplôme de doctorat de docteur en pharmacie, UNIVERSITE DE LIMOGES.
- [21] **GONTIER J(2000)**, "L'oranger, Ar les: actes sud", P 89.
- [22] **HESS, J., AND S. H. E. KAUFMANN(1997)**, "Principles of cell-mediated immunity underlying vaccination strategies against intracellular pathogens."Host Response to Intracellular Pathogens (Kaufmann, SHE, Ed.), P 75-94.
- [23] **BILLING.J.ET SHERMAN(1998)**, "antimicrobial functions of spices: why some like it hot. The Quarterly review of biology, 73(1)", P 3-49.
- [24] **COWANM.M(1999)**, "Plant products as antimicrobial agents. Chemical microbiology reviews,12(4)",P 564-582.
- [25] **BRUNETON, J (1999)**, "Pharmacognosie et phytochimie des plantes médicinales, 3 ème édition,lavoisier."

## **Chapitre II : Acide citrique**

## II.1. Historique

L'acide citrique a été découvert au (XVIII<sup>e</sup> siècle) par l'alchimiste Jabir Ibn Hayyan puis en 1784 par le chimiste suédois Carl Willhem Scheele [1]. Sa structure a été établie par Liebig en 1838 [2]. En 1893, Carl Wehmer découvre des micro-organismes capables de produire de l'acide citrique par fermentation de substrats sucrés [3] [4].

En 1916, Alphonse Cappuyns aux États-Unis et en 1917 James Currie ont commencé à étudier la production biologique d'acide citrique à l'aide du champignon *Aspergillus niger* [5]. La production industrielle a démarré chez Pfizer en 1927 puis chez Alphonse Cappuyns en 1929 [3].

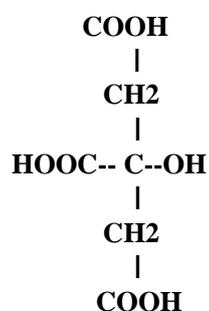
A cette époque, les procédés industriels de fermentation commencent à se développer en Europe et aux États-Unis [2]. La culture d'*Aspergillus niger* a été réalisée dans un milieu contenant du saccharose ou du glucose obtenu par traitement de mélasse ou d'amidon. Aujourd'hui, l'acide citrique est obtenu par différentes techniques de fermentation, dont la fermentation aérobie [2].

## II.2. Définition

L'acide citrique (acide 2-hydroxy-1,2,3-propanetricarboxylique) est largement distribué dans la nature [6].

L'acide citrique est ainsi nommé parce que les citrons contiennent beaucoup d'acide citrique. Il se présente sous deux formes, l'une sous forme de cristaux clairs et l'autre sous forme de fine poudre blanche. Il est inodore et a un goût aigre très prononcé [7].

La formule chimique de ce composé est présentée dans la figure ci-dessous (**Figure II.1**) :



**Figure II.1** : Formule semi développée de l'acide citrique [8]

L'acide citrique est présent dans presque tous les tissus végétaux et animaux. Les agrumes contiennent une grande quantité d'acide citrique, représentant environ 5,0 % dans

les fruits et environ 9,0 % dans le jus. L'acidité du jus de citron est principalement due à la présence d'acide citrique (5,0 à 8,0 %) et en partie à la présence de vitamine C. Autrefois il était obtenu à partir d'agrumes, mais aujourd'hui près de 99% de la production mondiale provient de la fermentation de la moisissure *Aspergillus niger* [7]

### **II.3. Microorganismes industriels producteurs de l'acide citrique**

De nombreux micro-organismes peuvent être utilisés pour produire de l'acide citrique, notamment :

- Bactéries : *Bacillus licheniformis* et *Bacillus subtilis*. [9]
- Moisissures : *Aspergillus niger*, *Aspergillus awamori*, *Aspergillus fuidella* et *Penicillium restrictans*[10]
- Levures : *Candida lipolytica*, *Candida intermedia* et *Saccharomyces cerevisiae*. [11]

### **II.4. Méthode utilisée dans la production d'acide citrique**

La production d'acide citrique peut être réalisée de trois manières principales, à savoir l'extraction des agrumes, la synthèse chimique et la fermentation du substrat [12].

#### **II.4.1. Extrait d'agrumes**

Au cours de ce processus, les agrumes, en particulier les citrons, sont lavés, pelés et broyés entre les centrifugeuses pour obtenir leur jus. Limer le jus filtré contenant 3-4% d'acide citrique pour obtenir du citrate de calcium. Le citrate de calcium forme une solution avec l'acide sulfurique, à partir de laquelle l'acide citrique cristallise. [13]

#### **II.4.2. Synthèse chimique**

Dans cette méthode, un double excès de cyanure d'hydrogène est ajouté rapidement et symétriquement à une bouillie contenant 15 g de dichloroacétone dans 10 mL . De l'éthanol, environ 100 mg de cyanure de sodium ont été ajoutés à 0°C et le mélange a été agité à 0-10°C pendant 2 heures puis à 60°C pendant 2 heures.

Après refroidissement, 250 ml d'acide chlorhydrique concentré froid ont été ajoutés en continu sous agitation. La solution a été maintenue à 0°C pendant une nuit et finalement bouillie au reflux pendant 24 heures. L'acide chlorhydrique a été évaporé et de l'eau a été ajoutée. Le mélange résultant a été extrait avec de l'éther. Pour les quantités de produits chimiques ci-dessus, environ 117 g de produit ont été déclarés. [13]

### II.4.3. Fermentation

Le processus de fermentation est généralement considéré comme une méthode organique de production d'acide citrique. Production d'acide citrique par fermentation immergée avec *Aspergillus niger* comme substrat. Équation de régression de la littérature pour simuler la fermentation a fin de déterminer les conditions optimales de fermentation

Pour le processus de fermentation, placer 250 ml de milieu dans un flacon contenant 50 ml de milieu et 1 ml d'inoculum de spores et incubé sur un agitateur rotatif à 150 tr/min. Acide citrique maximum rapporté dans la littérature. De nombreux chercheurs travaillent sur les procédés de fermentation et recherchent des paramètres optimisés. En utilisant des paramètres optimisés tels que le pH, la température, la concentration en sucre, la concentration en nitrate d'ammonium et la concentration en ferrocyanure de potassium, un maximum d'acide citrique a été obtenu [14]

## II.5. Etapes de la production industrielle de l'acide citrique

La fermentation est le moyen prédominant de produire de l'acide citrique et représente plus de 90% de la production mondiale. [15]

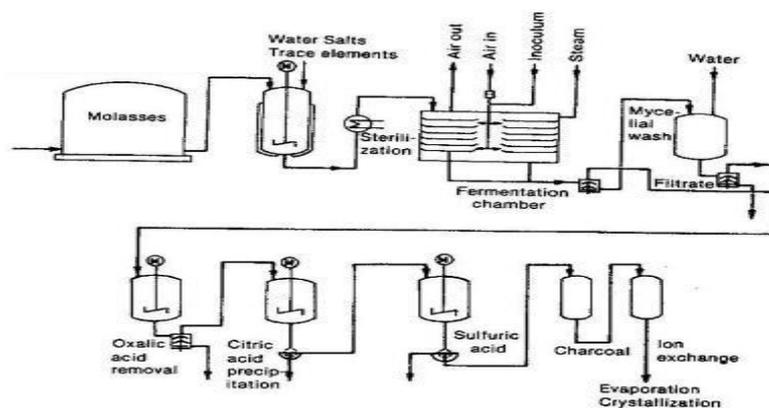
### II.5.1. Fermentation

La production industrielle d'acide citrique peut se faire par fermentation en surface ou immergée :

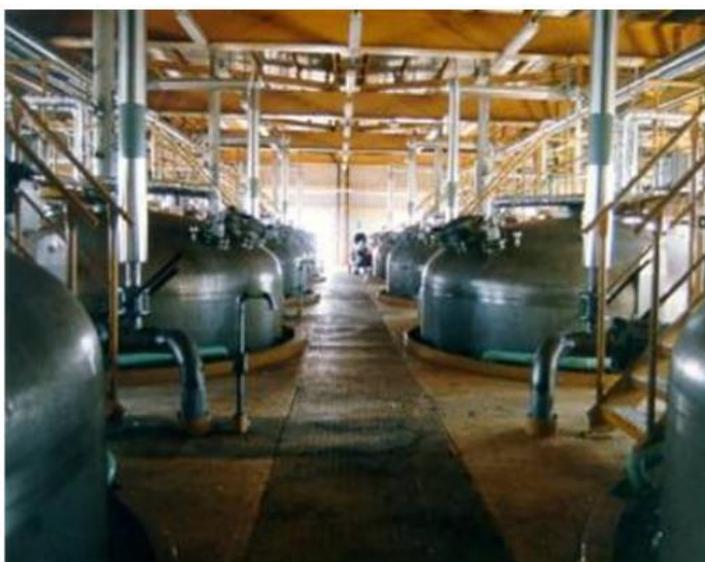
- **Le procédé de la fermentation en surface :**

La méthode consiste à placer un milieu stérile (généralement de la mélasse) dans une boîte peu profonde (5 à 20 cm de profondeur) en aluminium ou en acier inoxydable (**Figure II.2**), qui est en suite placée dans une en ceinte stérile (**Figure II.3**) [16].

Les plateaux ont été inoculés par pulvérisation avec des spores d'*Aspergillus niger*. Le champignon se développe alors à la surface du milieu. Les conditions aérobies sont maintenues par de l'air stérile insufflé dans la chambre de fermentation. La température a été fixée à 30°C. Le pH descend progressivement en dessous de 2, moment auquel l'acide citrique commence à être produit. La fermentation prend environ 8 à 12 jours pour atteindre un rendement d'environ 1,0 kg/m<sup>3</sup> par jour [17].



**Figure II.2:** Schéma du procédé de la fabrication de l'acide citrique par la méthode de la fermentation en surface. [17].



**Figure II.3:** Photos d'une usine de la fabrication de l'acide citrique par la fermentation en surface. [16].

- **Le procédé de la fermentation immergée :**

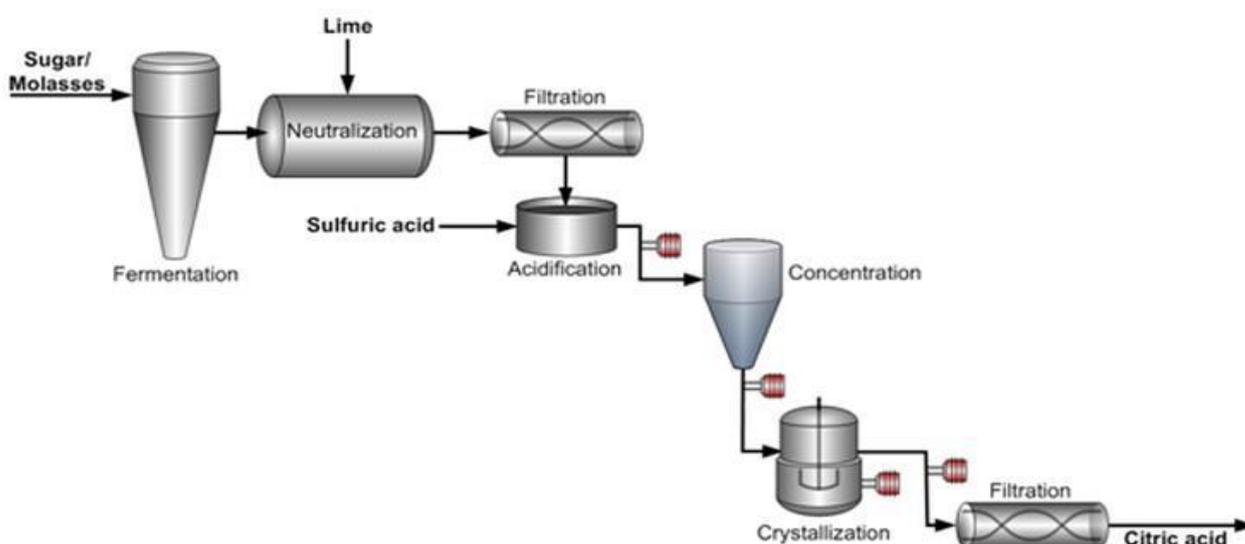
Plus de 80% de la production mondiale d'acide citrique est réalisée par fermentation immergée dans des fermenteurs d'un volume de 200 à 900 m<sup>3</sup>. Les fermenteurs sont résistants à la corrosion et sont généralement en acier inoxydable. [17].

Contrairement à la fermentation de surface, le milieu stérile est inoculé avec des cellules végétatives et n'est plus inoculé avec des spores de moisissure *Aspergillus niger*. La culture a été maintenue sous agitation à une température de 30°C et un pH ne dépassant pas pH=3,5. La fermentation dure de cinq à quatorze jours et les rendements atteignent environ 18,0 kg/m<sup>3</sup> par jour. [18].

### II.5.2. Précipitation, extraction et purification de l'acide citrique :

Après fermentation, la purification de l'acide citrique commence par la séparation du mycélium fongique du milieu de culture par filtration ou centrifugation. La solution obtenue est chauffée puis mélangée à de la chaux (CaO) pour former un précipité de citrate de calcium ( $\text{Ca}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2$ ). Il est séparé par filtration et traité avec de l'acide sulfurique dilué pour précipiter l'acide citrique et le sulfate de calcium (gypse). Ce dernier sera éliminé par filtration. La solution d'acide citrique résultante sera décolorée avec du charbon actif puis évaporée pour produire des cristaux d'acide citrique. Ces cristaux sont récupérés par centrifugation, puis séchés et conditionnés. [19].

Les étapes de la fermentation industrielle de l'acide citrique sont résumées dans la **Figure II.4**



**Figure II.4 :** Etapes de la fabrication de l'acide citrique.[20]

## II.6. Propriétés physico-chimiques

### ↳ Propriétés physiques :

- Masse molaire moléculaire :  $192,1235 \pm 0,0075$  [g/mol].  
Avec une composition centésimale : C 37,51 %,  
H 4,2 %, O 58,29 %,
  - Masse volumique :  $1,66$  [g/cm<sup>3</sup>] à 20 [°C]
  - Température de fusion : 153 [°C]
  - Température d'ébullition : 175 [°C].

Au-dessus de cette température, l'acide citrique se décompose en acides aconitique, citraconique, itaconique, du dioxyde de carbone et de l'eau.

- Température d'auto-inflammation : 1 010 [°C]
- Point d'éclair : 100 [°C]
- Limites d'explosivité dans l'air : 0,28–2,29 [%vol]
- Solubilité : il soluble dans l'eau, dans l'éther et dans l'acétate d'éthyle mais insoluble dans le benzène et dans le chloroforme. Il est aussi soluble dans l'éthanol de concentration 383 [g/l] à une température de 25 [°C].[21]

Sa solubilité dans l'eau est en fonction de la température du milieu, comme le tableau suivant indique :

**Tableau II.1 : Solubilité de l'acide citrique dans l'eau [22]**

Température [°C]	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Solubilité [%m]	54.0	59.2	64.3	68.6	70.9	73.5	76.2	78.8	81.4	84.0

### ↳ Propriétés chimiques :

L'acide citrique est triacide de formule chimique  $(\text{HOOC-CH}_2)_2\text{C}(\text{OH})\text{-COOH}$ . [21]

L'acide citrique est un AHA (Alpha Hydroxy-Acide) dont la particularité est de comporter 3 fonctions carboxyliques. [23]

En fonction du pH environnant, ces fonctions carboxyliques seront soit acides (COOH), soit basiques (COO<sup>-</sup>). A chacune de ces 3 fonctions carboxyliques est attribuée un pKa, qui correspond à la valeur de pH à laquelle la fonction carboxylique à l'état basique devient acide.

Au pH cutané 5,5, l'acide citrique avec un de ses pKa à 6,4 aura une fonction acide, et 2 fonctions basiques (pKa 4,76 et 3,13). [21]

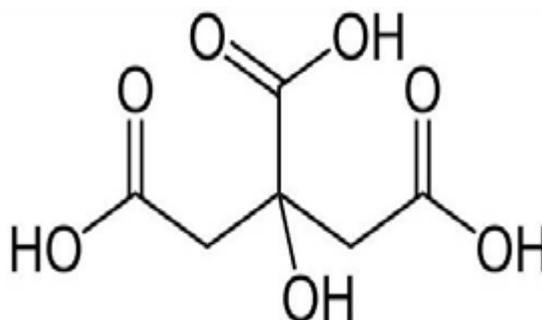


Figure II.5: Formule développée de l'acide citrique [21]

## II.7. Applications de l'acide citrique

L'acide citrique est utilisé en industrie alimentaire et pharmaceutique

### ↪ Industrie alimentaire

- Il est utilisé comme additif (boisson, confiture, etc...) [24] Dans les boissons, il est utilisé en général comme rafraîchissante ou effervescente.
- Dans la fabrication des bonbons, dans la conservation des fruits, de poisson, des glaces, des friandises en général, les sauces, les jus et sirops de fruit....etc.
- Pendant les vendanges, comme acidifiant du moût.
- Dans les vins blancs, rosés et rouges, pour corriger l'acidité pendant les processus d'élaboration.
- Il peut être utilisé comme agent nettoyant de l'acier inoxydable en raison de son pouvoir séquestrant. [25]
- Dans celle des plastiques sous la forme d'esters.
- Dans la purification des métaux grâce à son pouvoir chélatant.[19]

### ↪ Industrie pharmaceutique

- L'acide citrique favorise indirectement la croissance des os en facilitant l'assimilation du calcium et en régulant la taille des cristaux de calcium dans les os.
- Il est utilisé comme composant de solutions d'irrigation vésicale.
- L'acide citrique et ses sels empêchent une coagulation sanguine du sang conservé.

- Il est utilisé comme solution de rinçage lors de traitements du canal radiculaire en médecine dentaire.
- Dans les poudres et comprimés effervescents, l'effet effervescent est obtenu grâce à l'acide citrique et le bicarbonate de sodium. [19]

↪ **Autre industrie**

- Photographie comme composant des émulsions de plaque d'impression dans divers agents de blanchiment.
- L'acide citrique est très utilisé dans l'industrie textile tabac, et du papier et dans le traitement du minerai de fer de qualité inférieure.
- L'acide citrique contribue à résoudre le problème de la rareté de cette précieuse ressource non renouvelable (le fer) et pourrait être utilisé pour la lixiviation chimique des impuretés des minerais naturels pour extraire les métaux d'intérêt.
- Utilisé dans l'agriculture, les polymères, les composantes de lavage de bouteilles, le ciment, le textile, le traitement des résidus et les adhésifs.
- Utiliser l'AC pour l'élimination du potassium du concentré de minerai de fer de qualité inférieure, Williams et Cloete en 2010.[26]

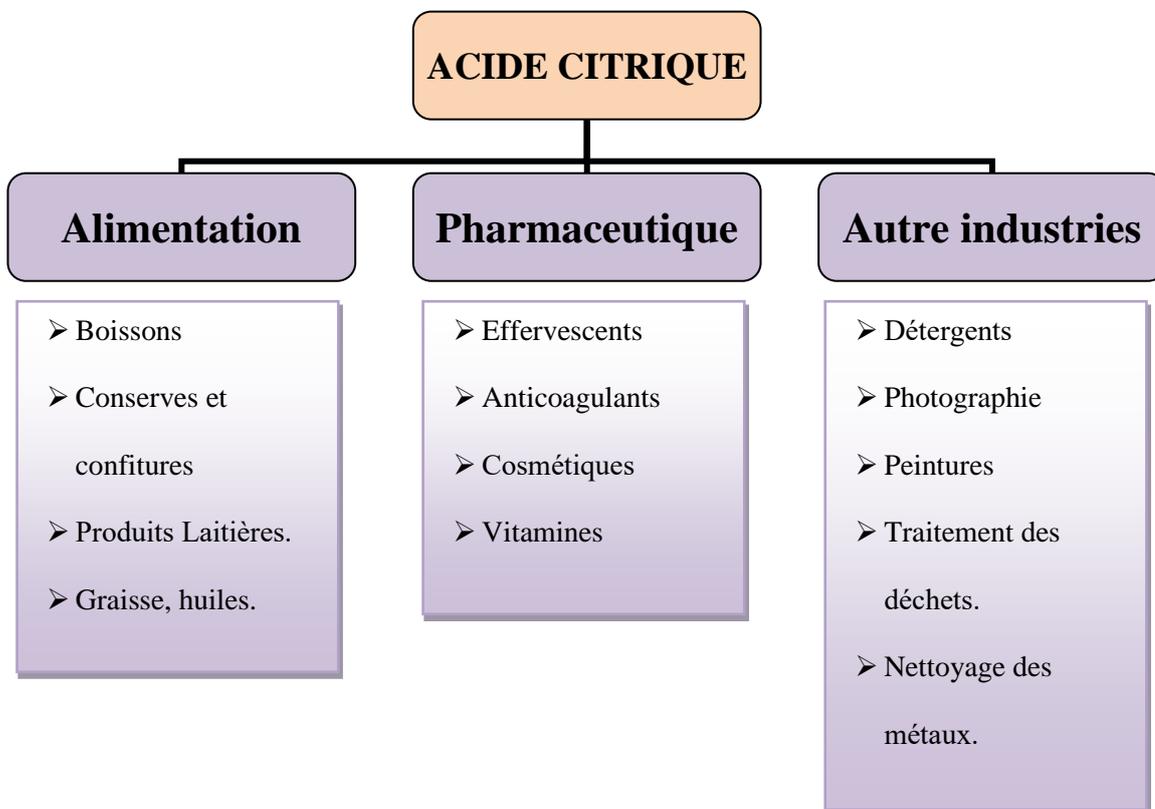


Figure II.6: Organigramme de l'utilisation de l'acide citrique

**II.8. Sources et production mondiale**

Parmi les sources les plus importantes d'acide citrique figurent les agrumes tels que les citrons verts, les citrons et les oranges, qui contiennent la plus grande quantité d'acide citrique naturel.[12][27]

La production d'agrumes est estimée à 120 millions de tonnes par an dans le monde.[5] Environ 50" d'acide citrique sont également produits [15][28]. La production mondiale est maintenant d'environ 1,7 million de tonnes et il y a une croissance annuelle estimée de 3,7 à 4,5 % de la demande d'acide citrique. [15][29]

## Références Bibliographiques

[1] KERTES, A.S, KING, C.J, HARVEY W,BLANCH, I. by(2009),Extraction chemistry of fermentation product carboxylic acids. *Biotechnol. Bioeng.* 103, PP 431–445.

<https://doi.org/10.1002/bit.22375>

[2] MORETTI, E., FILIPPONE, F(1996), Acide citrique par fermentation, in: *Techniques de L'ingénieur.*

[3] KRISTIANSEN, B., LINDEN, J., MATTEY, M(2002),*Citric Acid Biotechnology.* CRC Press.

[4] PAPAGIANNI, M(2007),Advances in citric acid fermentation by *Aspergillus niger*: Biochemical aspects, membrane transport and modeling. *Biotechnol. Adv.* 25, PP 244–263.

<https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2007.01.002>

[5] BEROVIC, M., LEGISA, M( 2007), a.Citric acid production. *Biotechnol. Annu. Rev.* 13, PP 303–343.

[https://doi.org/10.1016/S1387-2656\(07\)13011-8](https://doi.org/10.1016/S1387-2656(07)13011-8)

[6] MORETTI E, FELIPPONE F (2000), Acide citrique par fermentation. *Press industria Sp A - Biassono (MI) Italie.*

[7] GUEBEL, D.V, NESTOR DARIAS, N.V (2001).Optimization of the citric acid production by *Aspergillus niger* through a metabolic flux balance model. *J. Biotechnol.*, 15, PP 60 -70.

[8] JEAN-CLAUD D. (1996). *Biochimie métabolique. Technique et documentation. Edition Médicales Internationales.* P 188.

[9] XU, H., JIANG, M., LI, H., LU, D., &OUYANG, P (2005). Efficient production of poly ( $\gamma$ -glutamic acid) by newly isolated *Bacillus subtilis* NX-2. *Process Biochemistry*, 40(2), PP 519-523.

[10] SHOW, P. L., OLADELE, K. O., SIEW, Q. Y., AZIZ ZAKRY, F. A., LAN, J. C. W., &LING, T. C (2015).Over view of citric acid production from *Aspergillus niger*.

Frontiers in life science, 8(3),PP 271-283.

[11] **YALCIN, S. K., BOZDEMIR, M. T., &OZBAS, Z. Y (2010).**Citric acid production by yeasts: fermentation conditions, process optimization and strain improvement. Current research, technology and education topics in applied microbiology and microbial biotechnology, 9, PP 1374-1382.

[12] **SARANGBIN, S., KRIMURA, K. and USAMI, S. (1993).** “Citric acid production from cellobiose from 2- deoxyglucose-resistant mutant strains of *Aspergillus niger* in semi-solid culture”. Appl. Microbiol. Biotech., 40, PP 206-210.

[13] **SWETA V. LENDE. HEERA Karemore&Milind J. Umeka(2021),** Review on production of citric acid by fermentation technology, GSC Biological and Pharmaceutical Sciences, University Kamptee Rashtrasant Tukadoji Maharaj, Decembre 2021 , PP 86-87

[14] **TARIQ, V-N., LAJ. Stefani, and AC Butcher.** "Citric acid production: a practical introduction to biotechnology for first-year undergraduate students." Biochemical education 1995; 23.3, PP 145-148.

[15] **SOCCOL, C.R.,LUCIANA, P. S., VANDENBERGHE, RODRIGUES, C. AND PANDEY, A (2006).** “Citric Acid Production”. Food Tech. Biotech., 44(2), PP 141–149.

[16] **KILIÇ, M., BAYRAKTAR, E., ATES, S., &MEHMETOGLU, Ü. (2002).** Investigation of extractive citric acid fermentation using response-surface methodology. Process Biochemistry, 37(7), PP 759-767.

[17] **DAROUNEH, E., ALAVI, A., VOSOUGHI, M., ARJM, M., SEIFKORDI, A., &RAJABI, R (2009).** Citric acid production: Surface culture versus submerged culture. African Journal of Microbiology Research, 3(9), PP 541-545.

[18] **KHAN KH, SHAUKAT SS (1990).**Citric acid production with mixed strains of *Aspergillus niger* in submerged culture. Acta Microbiol. Hung 37, PP 9–13.

[19] **VANDENBERGHE, L. P., SOCCOL, C. R., PANDEY, A., &LEBEAULT, J. M (1999).**Microbial production of citric acid. Brazilian Archives of Biology and Technology, 42(3),PP 263-276.

[20] **MESSAOUDI O (2021),** Microbiologie industrielle, Polycopie de cour en biologie,

Faculté des Sciences , Université de AMAR TELIDJI LAGHOUAT , P 31.

[21] **ANDRIAMBOLA S E (2014)** , Valorisation de l'acide citrique en polymeres et en sels de citrate de mono-et dihydrogenocitrate et de citrate d'ammonium, Mémoire de fin d'études en Génie chimique , Ecole supérieure polytechnique , Université d'antananarivo, P 8-9 .

[22] **Teddy Jeannick LIBELLE(2007)** « Modèles de connaissance de la cristallisation de troisième jet en sucrerie de cannes ». Thèse d'obtention du grade de docteur de l'université de La Réunion U.F.R. de science et technologie, P 280 .

[23] **GOUGEROT-SCHWARTZ A (2000)**, « Cosmétologie et dermatologie esthétique », Encycl Méd Chir,P 7.

[24] **MEYER A., DEIANA J., BERNARD A (2004)**. Cours de microbiologie générale avec problèmes et exercices corrigés. 2e Ed, DOIN éditeurs, France, PP204-205.

[25] **AGROVIN(2012)**. ACIDE CITRIQUE Acidifiant et antioxydant de moûts et de vins. Rev. AGROVIN 10, P1.

[26] **ALLAG A & SAUDI I (2020-2021)**La bio production d'acide citrique par valorisation biotechnologique des sous-produits de dattes , Mémoire Master en Biochimie Appliquée , Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie , Université LARBI BEN MHIDI OUM EL BOUAGHI , P 19.

[27] **ARCHER, D. B. (2000)**.“Filamentous fungi as microbial cell factories for food use”. Current Opinions Biotech., 11 , PP 478-483.

[28] **CIRIMINNA, ROSARIA, ET AL (2017)**,"Citric acid: emerging applications of key biotechnology industrial product." Chemistry Central Journal 2017; 11 , PP 1-22.

[29] **SOCCOL, C. R. AND VANDENBERGHE, L. P. S (2003)**. “Over view of solid-state fermentation”. Brazil. Biochem. Eng. J., 13, PP 205-219.

## **Chapitre III: Matériels et méthodes**

III.1. Objectif

Ce chapitre traite la récupération de l'acide citrique provenant de la plante *Citrus aurantium*, ainsi qu'à la caractérisation physique et chimique de l'acide citrique.

De ce chapitre, nous examinerons les différentes phases de préparation des matériaux végétaux étudiés, la méthodologie mise en œuvre pour les expériences et les spécimens qui ont été traités. Cette étude s'est déroulée sur une période d'environ deux mois, de mars à mai.

Il a été mené au niveau détective, le génie des procédés à la Faculté des Sciences et Techniques, Université de Ghardaïa et réalisant des analyses au niveau du plancher technologique de l'analyse physique - chimique - Laghouat

Le plan général approuvé pour la réalisation de ces travaux est résumé dans l'organigramme suivant:

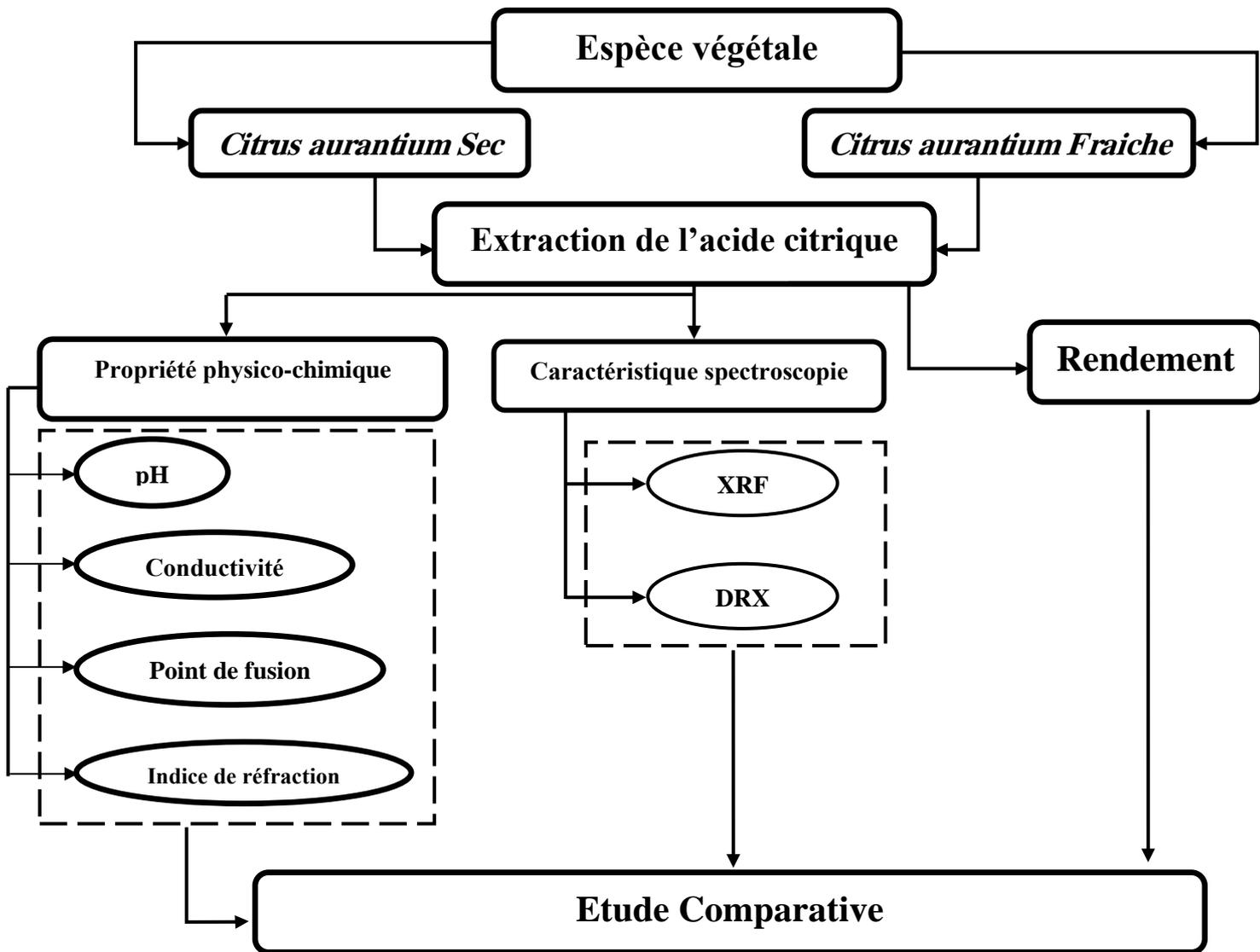


Figure III.1 : Organigramme du plan général de processus

## III.2. Matériel

### III.2.1 Matière végétale

Le matériel végétal est l'orange amère, un arbre vert pouvant atteindre dix mètres de haut. Ses feuilles coriaces foncées et ses fleurs blanches dégagent un parfum aromatique. Les fruits sont gros, sphériques, de couleur rouge orangé, de texture rugueuse et de goût amer. (Figure III.2)



Figure III.2 : Arbre de l'orange amère de Sebseb et Metlili

Notre étude a été menée sur les fruits de l'orange amère dans les régions suivantes, Sebseb et Metlili, situées dans la ville de Ghardaïa (nord du désert algérien).

L'échantillons ont été prélevés à quatre moments différents (Metlili 24 janvier et 20 février / Sebseb 29 janvier et 25 février) dans le but d'extraire l'acide citrique. (Figure III.3 )



Figure III.3 : Image satellites montrent les 2 localités des plantes recueillies (Google earth).

*Citrus aurantium* a été nettoyé de la poussière et des impuretés et lavé à l'eau du robinet, puis le matériel végétal (fruits) a été coupé en deux moitiés avec un couteau.

Nous avons pressé une quantité et l'avons conservée au réfrigérateur, et avons coupé l'autre quantité en tranches et l'avons séchée (température ambiante) et à l'abri de l'humidité.



**Figure III.4 :** l'orange amer "Fraîche et Sec"

**III.2.2. Matériels et produits**

**Tableau III.1 :** Représente les matériels et les produits

Matériels	Produits
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Balance électrique</li> <li>✓ Pipettes (10mL )</li> <li>✓ Bécher.</li> <li>✓ Barreau magnétique.</li> <li>✓ Un agitateur magnétique.</li> <li>✓ flacons en verre</li> <li>✓ presse-agrumes</li> <li>✓ pH mètre.</li> <li>✓ Plaque chauffante.</li> <li>✓ Entonnoir.</li> <li>✓ Baguette de verre.</li> <li>✓ Epruvette graduée</li> <li>✓ Papier filtre</li> <li>✓ Pompe sous vide</li> <li>✓ Spatule</li> <li>✓ Verre de montre</li> <li>✓ Pissette</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Chlorure de calcium CaCl<sub>2</sub></li> <li>✓ L'acide Sulfurique H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98%</li> <li>✓ Hydroxyde de sodium NaOH</li> <li>✓ L'eau distillée.</li> <li>✓ Toluène</li> <li>✓ Acétone</li> </ul>

### III.3.préparation des échantillons

*Citrus aurantium* a été nettoyé de la poussière et des impuretés et lavé à l'eau du robinet, puis la matière végétale (bigaradier).

#### III.3.1. Bigaradier Fraiche

- Couper la matière végétale (fruits) en deux avec un couteau.
- Nous avons pressé quatre portions et les avons conservées au réfrigérateur.

#### Région de Metlili :

- ✓ Quantité 1 (24 janvier) : 12 kg de Bigaradier →3L de jus
- ✓ Quantité 2 (20 février) : 10 kg de Bigaradier →3L de jus

#### Règion de Sebseb :

- ✓ Quantité 1(29 janvier) :9 kg de Bigaradier →3L de jus
- ✓ Quantité 2(25 février) :13 kg de Bigaradier →3L de jus



Figure III.5: Préparation de la quantité fraîche

#### III.3.2.Bégaradier sec

Pelez l'autre quantité et coupez-la en tranches d'une épaisseur de 1 cm et séchez-la (température ambiante) et gardez-la à l'abri de l'humidité Retirez la pulpe et conservez la pulpe et écrasez-la jusqu'à obtenir une poudre sèche.



Figure III.6: Préparation de la quantité sèche

La quantité d'eau ajoutée est calculée comme suit [1]:

$$W = \frac{pa-ps}{pa} \times 100$$

$$R = P_a - P_s$$

- Avec :
- W → Teneur d'humidité (%)
  - R → Quantité d'eau ajoutée(ml)
  - P<sub>a</sub> → Poids de l'orange amère avant séchage (g)
  - P<sub>s</sub> → Poids de l'orange amère après séchage (g)

**Région de Metlili**

- ✓ Quantité 1 (24 janvier) :  $W_1 = \frac{566-95}{566} \times 100 = 83.21\%$   
 $R_1 = 566-95 = 470 \text{ ml}$
- ✓ Quantité 2 (20 février) :  $W_2 = \frac{745-125}{745} \times 100 = 83.22 \%$   
 $R_2 = 745-125 = 620 \text{ ml}$

**Règion de Sebseb**

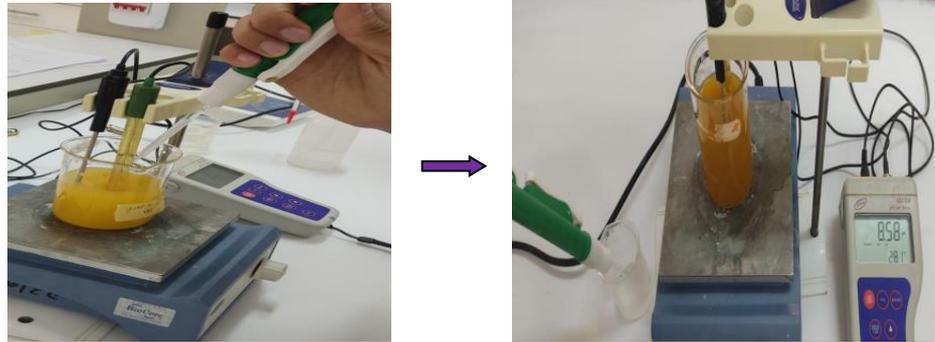
- ✓ Quantité 1(29 janvier) :  $W_3 = \frac{566-95}{566} \times 100 = 83.21 \%$   
 $R_3 = 566-95 = 470 \text{ ml}$
- ✓ Quantité 2(25 février) :  $W_4 = \frac{477-80}{477} \times 100 = 83.22 \%$   
 $R_4 = 477-80 = 397 \text{ ml}$

**III.4. Protocole d'expérience**

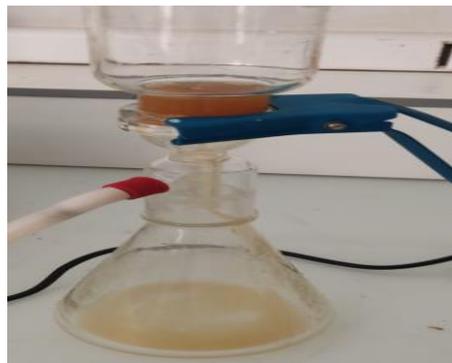
On met 150 ml de jus dans un bécher et on mesure l'acidité, on constate qu'elle fluctue entre 2 ou 3.



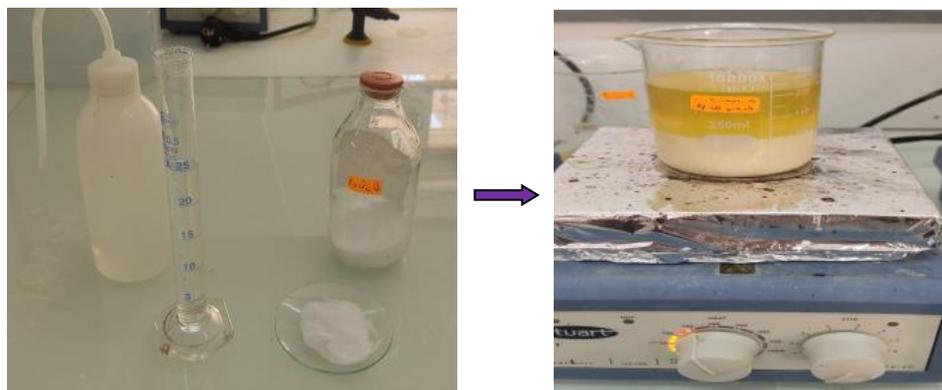
Pour préparer une solution de citrate de sodium, on prépare une solution d'hydroxyde de sodium en mélangeant (7g de NaOH avec 45 ml d'eau distillée). On ajoute ensuite progressivement cette solution au bicarbonate de soude tout en mesurant le pH. Nous continuons à ajouter la solution jusqu'à atteindre un pH compris entre 8,5 et 9, afin d'obtenir la solution finale de citrate de sodium..



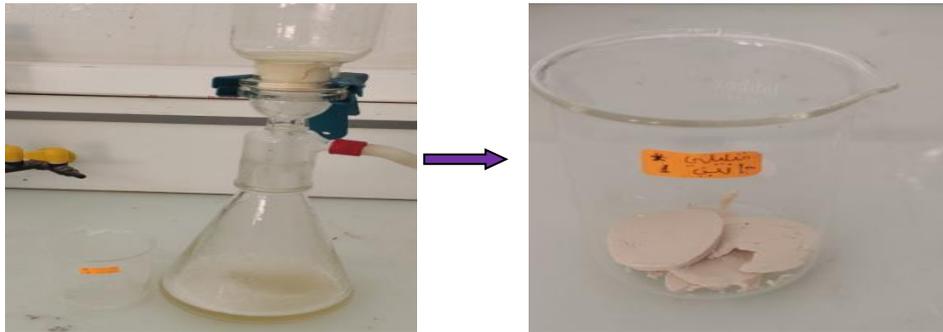
Nous filtrons le jus à l'aide d'un appareil de filtration sous vide.



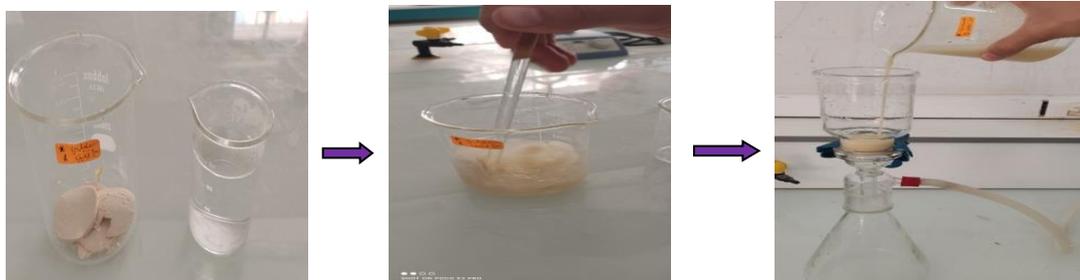
Nous procédons à la préparation d'une solution de chlorure de calcium en combinant (9,5 g de  $\text{CaCl}_2$  avec 23,3 ml d'eau distillée). Ensuite, nous ajoutons cette solution à la solution de citrate de sodium en mélangeant et en chauffant le mélange à une température de 150 °C. Nous maintenons cette température jusqu'à ce que la couche de citrate de calcium se dépose entièrement au fond du récipient.



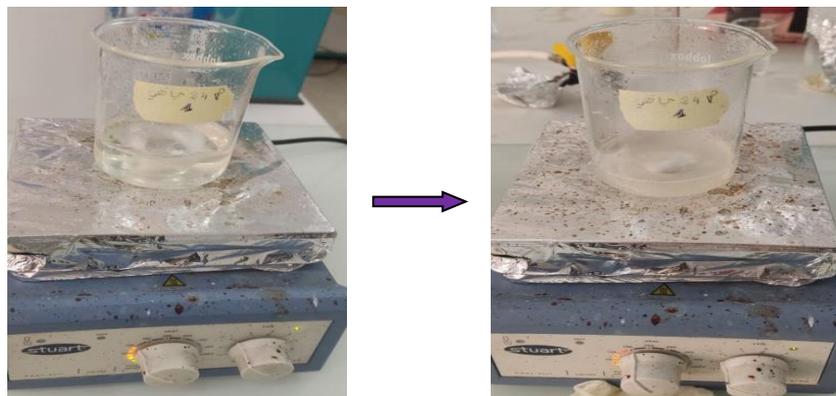
Nous filtrons directement la solution pour que le liquide descende et que le citrate de calcium reste.



Nous préparons une solution d'acide sulfurique (6,7 ml de  $H_2SO_4$  et 66,6 ml d'eau distillée) et l'ajoutons au citrate de calcium en mélangeant et en filtrant à nouveau pour séparer le sulfate de calcium.



On chauffe le liquide (acide citrique + eau + impuretés) à  $125\text{ }^{\circ}\text{C}$  jusqu'à ce que son volume diminue.



Nous filtrons le liquide et obtenons de l'acide citrique et le laissons cristalliser.



## III.5. Schéma de la synthèse d'acide citrique

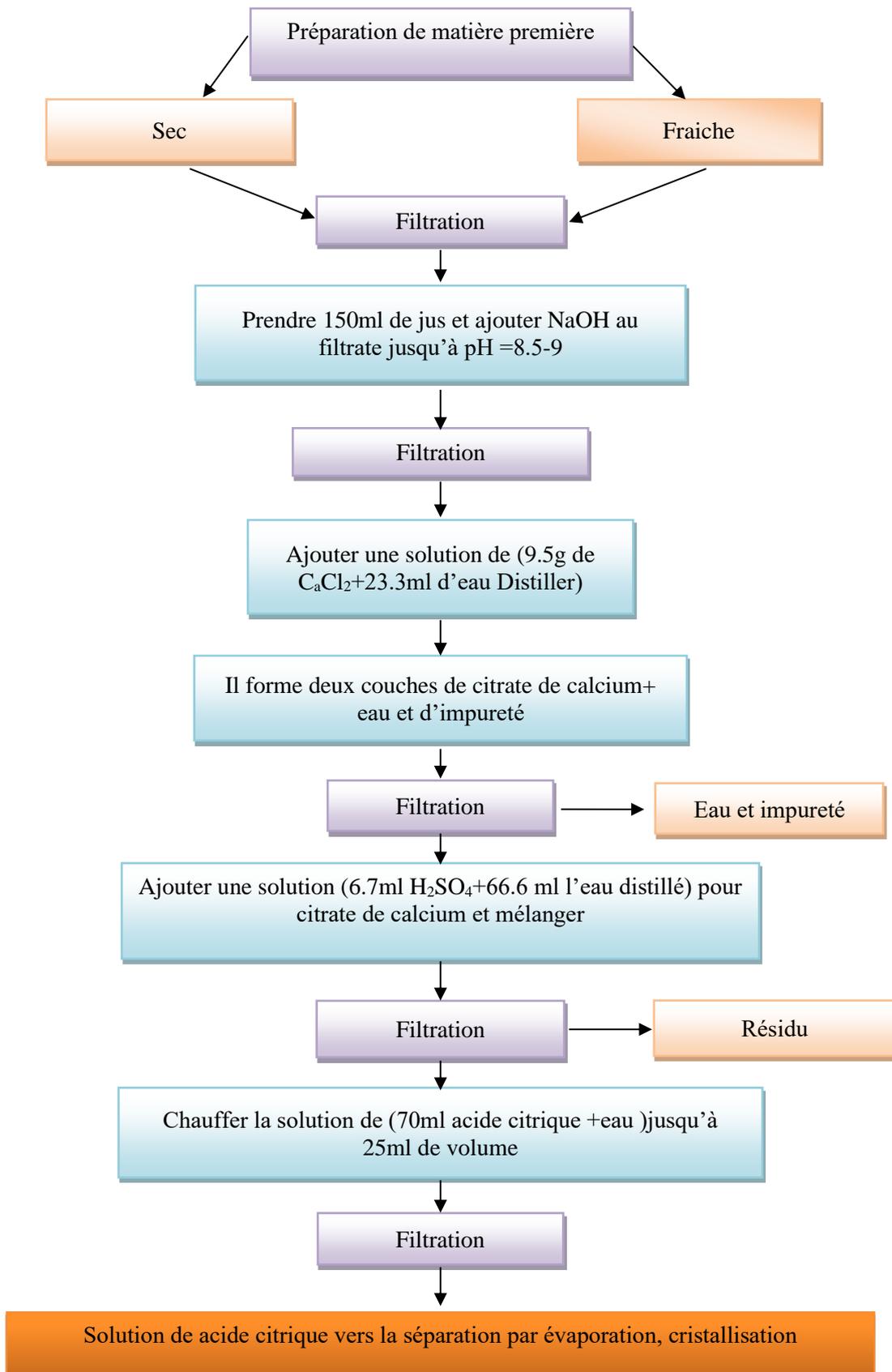
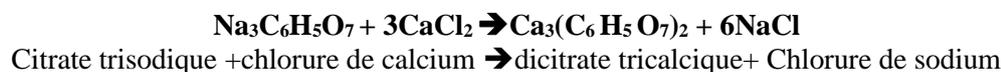
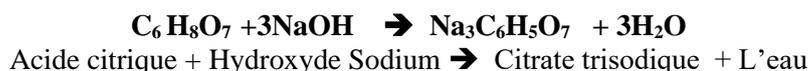


Figure III.7: Organigramme de la synthèse d'acide citrique

### III.6. Réactions chimiques de l'expérience



### III.7. Rendement

Le rendement en acide citrique (RAC) est défini comme le rapport entre la masse d'acide citrique obtenue après extraction ( $m_1$ ) et la masse de la matière végétale utilisée ( $m_2$ ). Le calcul du rendement de l'acide citrique extrait s'effectue en utilisant l'équation suivante :

$$R(\%) = \frac{\text{masse de produit obtenue}}{\text{la masse de la matière végétale}} \cdot 100 = \frac{m_1}{m_2} \cdot 100$$

Étant donné que :

- **R** : représente le rendement d'acide citrique en pourcentage. (%) .
- **$m_1$**  : correspond à la masse d'acide citrique obtenue en grammes. (g) .
- **$m_2$**  : désigne la masse de la matière végétale utilisée en grammes. (g).

### III.8. Recristallisation et purification

Lorsqu'il s'agit de préparer des composés organiques solides en laboratoire, tels que l'acide citrique, le produit obtenu est généralement impur et contient d'autres sous-produits ou impuretés dans des proportions variables en fonction des conditions expérimentales. Afin de purifier ces composés, la cristallisation et la recristallisation sont considérées comme l'une des meilleures méthodes utilisées..

Le but de la recristallisation est de séparer ou d'éliminer les impuretés dans un composé solide (acide citrique) qui est dissous dans un solvant pour obtenir un composé pur.

#### - Méthode de précipitation:

Cette méthode dépend du choix correct du solvant. Pour rendre le composé soluble dans le solvant et insoluble dans les solvants à des fins de recristallisation, l'une des conditions de base importantes dans ce procédé est de choisir le solvant approprié, qui doit répondre aux conditions suivantes :

- Le solide doit être plus soluble
  - Les impuretés doivent y être solubles
  - Il ne doit pas réagir chimiquement avec le composé à purifier
- ✓ **Technique :**
- Mettre 0,1g d'acide citrique dans 10ml d'acétone et mélanger jusqu'à dissolution
  - Ensuite on verse la solution dans un autre biberon contenant 10ml de toluène sous agitation jusqu'à la formation d'un précipité blanc
  - Enfin, on fait la filtration pour récupérer les cristaux blancs



### III.9. Propriétés physico-chimiques d'acide citrique

L'acide citrique est caractérisé par ses propriétés physico-chimiques suivantes : pH, indice de réfraction, conductivité, point de fusion

On prépare une solution de (25g d'acide citrique et 25 ml eau distillée) pour mesurer les propriétés suivantes :

#### III.9.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

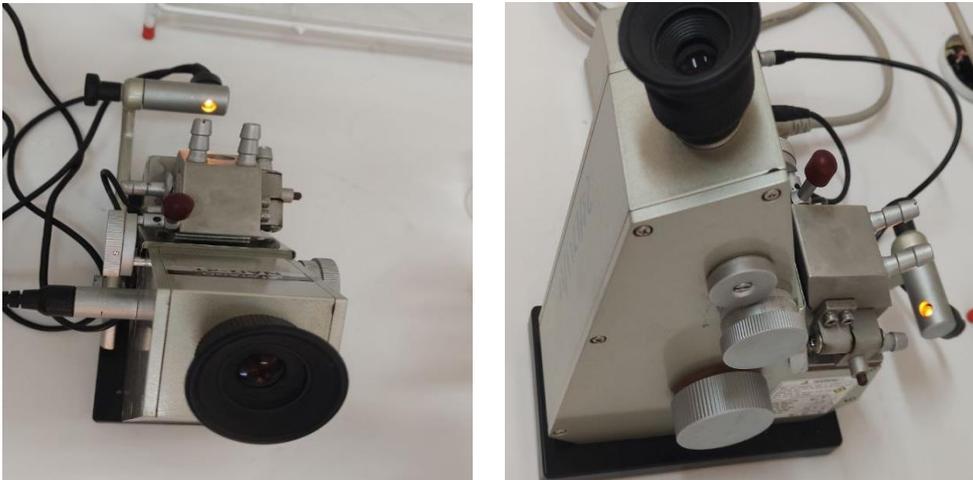
Cette mesure est effectuée par un pH-mètre (Figure III.8)



Figure III.8: pH mètre.

### III.9.2. Indice de réfraction

Pour déterminer l'indice de réfraction de l'acide citrique, on a utilisé un réfractomètre (Figure III.9).



**Figure III.9:** Un réfractomètre.

Une fois l'appareil nettoyé, quelques gouttes de solution sont déposées au centre du prisme. Ensuite, en regardant à travers l'oculaire, on ajuste les boutons de réglage de l'indice de réfraction afin de centrer les zones sombres et éclairées sur le réticule. Enfin, on enregistre la valeur de l'indice de réfraction ainsi que la température de mesure.

La formule empirique permet d'estimer l'indice de réfraction d'un liquide à une température de 20°C à partir de sa mesure effectuée à une température légèrement différente :

$$I_{20} = 0,00045(T - 20 \text{ °C}) + I_T$$

En utilisant les notations suivantes :

$I_T$ : indice à la température ambiante ou de mesure.

$I_{20}$ : indice à 20°C;

T: température ambiante où de mesure.

0,00045: constante de variation de l'indice de l'acide lorsque la température varie de 1°C,

Nous pouvons établir une relation pour estimer l'indice de réfraction à 20°C en fonction de l'indice mesuré à une autre température.

Le produit étalon de qualité pour réfractométrie servant à ajuster le réfractomètre sont les suivantes (le indice de réfraction à 20°C sont donné dans la parenthèse) :

- Eau distillée (1,333).

### III.9.3. La conductivité

Cette mesure est effectuée par un conductimètre (Figure III.10).



**Figure III.10:** Conductimètre

### III.9.4. le point de fusion

Cette mesure est effectuée par un appareil point de fusion (Figure III.11).



**Figure III.11:** point de fusion

Pour déterminer le point de fusion, nous utilisons un tube capillaire précis qui est ouvert à une extrémité et fermé à l'autre. Ce tube est rempli d'acide citrique afin de mesurer son point de fusion. Ensuite, le tube capillaire est inséré dans l'appareil de mesure du point de fusion.

## III.10. Caractérisation spectroscopique

### III.10.1. Spectrométrie par fluorescence X (XRF)

La spectrométrie de fluorescence X est une méthode d'analyse chimique complète qui permet d'identifier et de mesurer la plupart des éléments présents dans un échantillon.

Cette technique peut être utilisée pour divers matériaux tels que les minéraux, les céramiques, les ciments, les métaux, les huiles, l'eau et les verres, qu'ils soient solides ou liquides. Elle offre la possibilité d'analyser tous les éléments chimiques, allant du béryllium (Be) à l'uranium (U), sur une plage de concentration allant de quelques parties par million (ppm) jusqu'à 100%. Les résultats obtenus sont précis et, surtout, reproductibles. [2]



**Figure III.12 :** Spectrométrie par fluorescence X (XRF)  
(Marque de ZSX Primus II Rigaku)

### III.10.2. Diffraction des rayons X (DRX)

L'analyse des rayons X sur des échantillons en poudre comprend plusieurs éléments, tels que l'identification des phases, l'analyse quantitative des mélanges de phases, le raffinement et la mesure de la taille des structures cristallines, ainsi que l'analyse de la texture. Cette méthode est utilisée pour déterminer la structure cristalline des composés qui présentent des distributions périodiques de densité électronique.

Lorsque les rayons X traversent un cristal, ils provoquent une accélération des électrons en raison de la composante électrique de leurs champs électromagnétiques. Cette interaction entre le faisceau de rayons X et la matière se traduit par l'émission d'un rayonnement dans toutes les directions, qui a la même longueur d'onde et une phase cohérente.

Ce processus de diffusion se manifeste par de petites amplitudes d'ondes lorsque les électrons ou les atomes sont impliqués dans la diffusion.

L'analyse des cartes radiographiques permet de recueillir des informations sur les aspects suivants :

- La présence de phase(s) cristalline(s) (déterminée par la position des pics).
- La taille des cristallites et/ou la pression interne (évaluée par la largeur des pics à mi-hauteur).
- Les défauts d'empilement (observés à travers la forme des pics).
- L'orientation cristalline (liée à la structure du matériau). [3]



**Figure III.13:** Vue générale du diffractomètre de poudre  
(Marque BRUKER D8, ENP de Laghouate ).

**Références bibliographiques**

[1] **Leo NOLLET . Fidel TOLDRA (2023)** , Handbook of processed meats and poultry Analysis, CRC Press enligne , 15 juin 2023 , London , P53.

[2] **Valérie V. Thirion-Merle (2016)** , Spectrométrie de fluorescence X , Archéométrie et archéologie, UMR5138, Maison de l’Orient et de la Méditerranée, CNRS, Université de Lyon, France , P 1.

[3] **REZAI S & BENSAADA N (2022)** , Elaboration et caractérisation d’oxydes à structure pérovskite lacunaire, Mémoire master en Génie Des procédés des matériaux , Faculté Des Sciences et de la Technologie, Université MOHAMMED SEDDIK BENYAHYA- JUEL , PP36-37.

## **Chapitre IV : Résultats et discussions**

## IV.1. Objectif

Ce chapitre est consacré à l'étude de l'évaluation du rendement en acide citrique dans différentes régions.

Des analyses ont été faites pour étudier les propriétés physiques et chimiques et la caractérisation spectroscopique de l'acide citrique, qui sont les suivantes :

- ✓ Potentiel d'hydrogène (pH)
- ✓ Point de fusion
- ✓ Conductivité
- ✓ Indice de réfraction
- ✓ Spectrométrie de fluorescence X (XRF)
- ✓ Diffraction des rayons X (DRX)

## IV.2. Rendement

### IV.2.1. Rappel sur le rendement de l'acide citrique

Le rendement en acide citrique (RAC), est définie comme étant le rapport entre la masse de l'acide citrique après extraction ( $m_1$ ) et la masse de la matière végétale utilisée ( $m_2$ ). Le rendement de l'acide citrique extraite été calculé à l'aide de l'équation suivant:

$$R(\%) = \frac{\text{masse de produit obtenue}}{\text{la masse de la matière végétale}} \cdot 100 = \frac{m_1}{m_2} \cdot 100$$

Sachant que :

- ✓ **R** : Le rendement de l'acide citrique (%) .
- ✓  $m_1$  : La masse de l'acide citrique obtenue (g) .
- ✓  $m_2$  : La masse de la matière végétale utilisé (g) .

### IV.2.2. Evaluation du rendement

#### ➤ Région de Metlili :

L'extraction d'acide citrique à partir d'orange amère fraîche a révélé une valeur de rendement de janvier et février respectivement de 2,54 % et 3,61 %. Le rendement d'acide citrique pour février était supérieur à celui de janvier 3,61% > 2,54 %.

En ce qui concerne les récoltes sec d'orange amère, de janvier et de février 1.50 % et 2.40% respectivement, la récolte d'acide citrique de janvier est inférieure à celle de février 1.50 % < 2.40 %

➤ Région Sebseb :

L'extraction d'acide citrique à partir d'orange amère fraîche a révélé une valeur de rendement de 3.26 % et 3.22% pour janvier et février, respectivement le rendement en acide citrique pour janvier était supérieur à celui de février, 3,26 % > 3.22%.

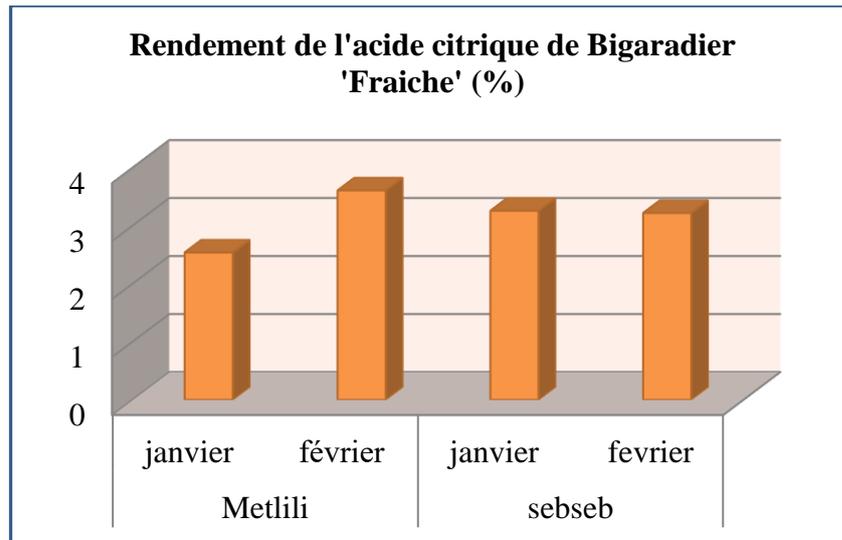
En ce qui concerne les récoltes sec d'orange amère, de janvier et de février 2.05% et 2 % respectivement, la récolte d'acide citrique de février est inférieure à celle de janvier 2% < 2.05% .

Les résultats obtenus à partir de l'extraction de l'acide citrique de l'orange amère ont montré que le rendement en acide citrique obtenu dans la région de Sebseb était supérieur au rendement dans la région de Metlili.

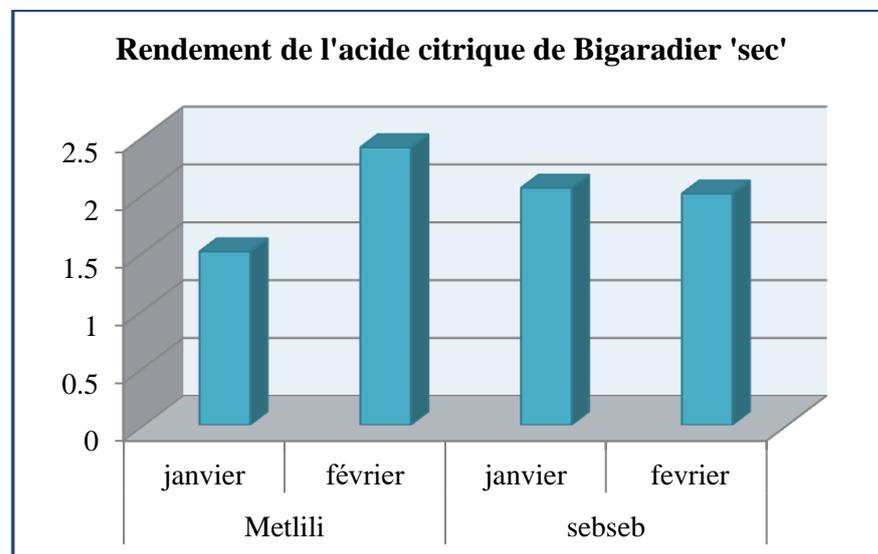
**Tableau IV.1** représente la masse et le rendement de l'acide citrique selon des différentes régions pour l'espèce orange amer (sec et fraîche).

**Tableau IV.1 :** Rendement en acide citrique extraite.

		Rendement en acide citrique							
Espèce	Orange amer fraîche				Orange amer sec				
Région	Mettili		Sebseb		Mettili		Sebseb		
Mois	Janvier	Février	Janvier	Février	Janvier	Février	Janvier	Février	
<b>La masse de l'acide citrique (g)</b>	3.95	5.61	5.07	5	2.26	3.63	3.10	3.02	
<b>Rendement (%)</b>	2.54	3.61	3.26	3.22	1.50	2.40	2.05	2	



**Figure IV.1:** Rendement de l'acide citrique de Bigaradier 'Fraiche'



**Figure IV.2:** Rendement de l'acide citrique de Bigaradier 'Sec'

### IV.3. Propriétés de l'acide citrique

Les paramètres physico-chimiques et organoleptiques constituent un moyen de vérification et de contrôle de la qualité de l'acide citrique

#### IV.3.1. Propriétés physico-chimiques

##### IV.3.1.1. Potentiel d'hydrogène (pH) :

Les valeurs obtenues à partir du pH de l'acide citrique sont données dans un tableau (Tableau IV.2).

Dès ces résultats, on note que le pH le plus élevé de l'acide citrique extrait des oranges amères fraîches dans la zone Sebseb pour le mois de janvier est supérieur au pH de l'acide

citrique extrait des oranges sèches dans la zone Sebseb en février.

pH → 2.06 > 2

Il est à noter que le pH de l'acide citrique commercial est de pH = 1,70 et nous en concluons que l'acide citrique est une acide.

**Tableau IV.2:** Valeurs des potentiels d'hydrogène de l'acide citrique extraites.

Espèce	PH en acide citrique								Commerciale
	Orange amer fraiche				Orange amer sec				
	Metlili		Sebseb		Metlili		Sebseb		
	Janvier	Février	Janvier	Février	Janvier	Février	Janvier	Février	
Potentield' hydrogène (PH)	1.98	1.99	2	1.93	1.90	2.01	1.96	2.06	1.70

**IV.3.1.2. Indice de réfraction:**

Chaque matériau a son propre indice de réfraction. Plus l'indice de réfraction d'un produit est proche de la valeur attendue, plus sa pureté est élevée. On note que les résultats de l'indice de réfraction de l'acide citrique pour le citrus aurantium sont proches de la valeur de l'indice de réfraction de l'acide citrique commercial.

Dans notre étude, l'indice de réfraction de l'orange amère est conforme aux normes internationales.

**Tableau IV.3:** Valeurs d'indice de réfraction de l'acide citrique extraites.

Espèce	Indice de refraction en acide citrique								Commerciale
	Orange amer fraiche				Orange amer sec				
	Metlili		Sebseb		Metlili		Sebseb		
	Janvier	Février	Janvier	Février	Janvier	Février	Janvier	Février	
Indice de réfraction	1.310	1.335	1.304	1.314	1.318	1.343	1.310	1.314	1.401

**IV.3.1.3. Conductivité:**

D'après ces résultats, on note que la conductivité la plus élevée de l'acide citrique extrait des oranges amères fraîches a été trouvée dans la zone Sebseb, ce qui sont des résultats acceptables par rapport à la conductivité de l'acide citrique commercial.

**Tableau IV.4:** Valeurs des conductivités de l'acide citrique extraites.

Espèce	Conductivité en acide citrique								Commerciale
	Orange amer fraiche				Orange amer sec				
	Metlili		Sebseb		Metlili		Sebseb		
Mois	Janvier	Février	Janvier	Février	Janvier	Février	Janvier	Février	
Conductivité (µs)	2.63	2.40	2.64	3.60	2.43	2.20	2.75	2.35	2.69

**IV.3.1.4. Point de la fusion:**

Dans le processus de fusion, l'acide citrique solide se transforme en une substance liquide, lorsque le processus de lui fournir de la chaleur a lieu, et de cette façon il commence à fondre à la suite de la dissolution des liaisons entre ses molécules

D'après (Tableau IV.5) , on note que les résultats de la mesure du point de fusion de l'acide citrique extrait d'oranges amères fraîches et sèches sont similaires au point de fusion de l'acide citrique commercial.

**Tableau IV.5 :** Valeurs des points des fusions de l'acide citrique extraites.

Espèce	Point du fusion en acide citrique								Commerciale
	Orange amer fraiche				Orange amer sec				
	Metlili		Sebseb		Metlili		Sebseb		
Mois	Janvier	Février	Janvier	Février	Janvier	Février	Janvier	Fivrier	
Point du fusion (°C)	151	145	150	148	150	146	153	149	153-157

**IV.3.2. Propriétés organoleptiques**

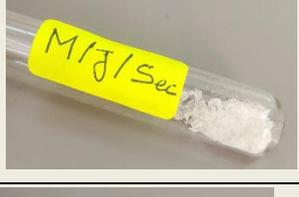
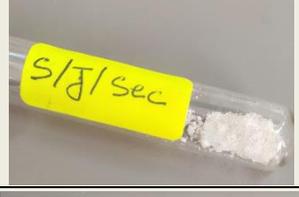
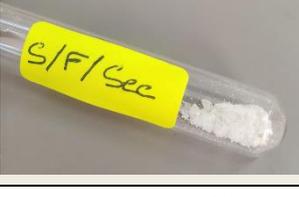
Les propriétés organoleptiques de l'acide citrique sont résumées dans le (Tableau IV.6). Après avoir enregistré les résultats des caractéristiques sensorielles, nous constatons

que les caractéristiques d'aspect et d'odeur de l'acide citrique extrait des oranges amères n'ont pas changé avec le changement de la région et la nature des oranges fraîches et la déshydratation. L'apparence de l'acide citrique est solide et n'a pas d'odeur.

**Tableau IV.6:** Propriétés organoleptiques des acides citriques extraites

<b>Propriétés organoleptiques</b>				
<b>Odeur</b>	<b>Nature</b>	<b>Mois</b>	<b>Région</b>	<b>Espèce</b>
Inodore	Cristaux	Janvier	Methili	<b>Orange amer Fraiche</b>
Inodore	Cristaux	Février	Sebseb	
Inodore	Cristaux	Janvier	Methili	
Inodore	Cristaux	Février	Sebseb	
Inodore	Cristaux	Janvier	Methili	<b>Orange amer Sec</b>
Inodore	Cristaux	Février	Sebseb	
Inodore	Cristaux	Janvier	Methili	
Inodore	Cristaux	Février	Sebseb	

Tableau IV.7: Résultats des propriétés organoleptiques d'acide citrique.

Résultats Obtenus		Mois	Région	Espèce
Après la purification	Avant la purification			
		Janvier	Metlili	Orange amer Fraiche
		Février		
		Janvier	Sebseb	
		Février		
		Janvier	Metlili	Orange amer Sec
		Février		
		Janvier	Sebseb	
		Février		

M:Metlili , J: Janvier , S: Sebseb , F: Février

#### IV.4. Degré de pureté

Le degré de pureté des produits chimiques est mesuré par la relation suivante :

$$P (\%) = \frac{S_1}{S_2} \times 100$$

Avec:

$S_1 \rightarrow$  masse d'échantillon pur (g)

$S_2 \rightarrow$  masse de l'échantillon impur (g)

Alors :

$$P = \frac{0.06}{0.1} \times 100 = 60\%$$

#### IV.5. Caractérisation spectroscopique

##### IV.5.1. Spectrométrie de fluorescence X (XRF)

**Tableau IV.8:** Résultats des Spectrométrie de fluorescence X de l'acide citrique "commerciale , Fraiche , Sec"

Formule	La concentration d'acide citrique (%)		
	Commerciale	Fraiche	Sec
SO <sub>3</sub>	99.93	92.3	93.2
CaO	0.04	0.62	0.93
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02	0.01	0.01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	2.25	1.41
Na	-	2.72	3.40

L'acide citrique commercial elle contient un pourcentage très élevés de SO<sub>3</sub>(99.93%) et on a aussi CaO (0.04%), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0.02%) et on a trouvé les même produit dans l'acide citrique fraiche et sec avec pourcentage différent et éléments de base :

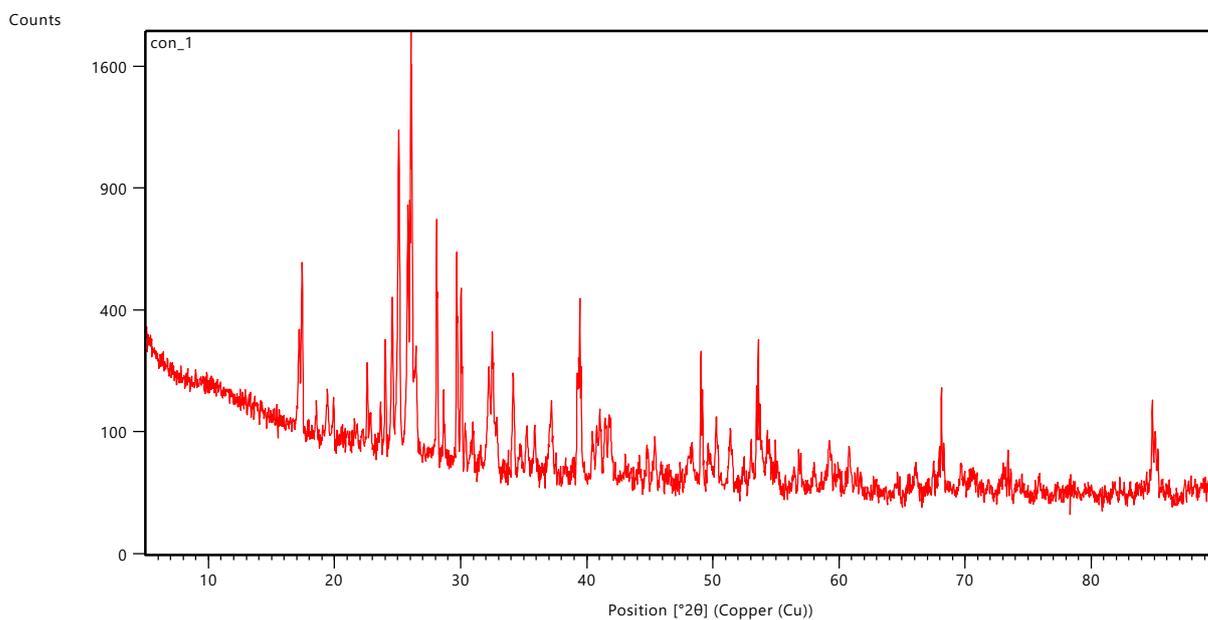
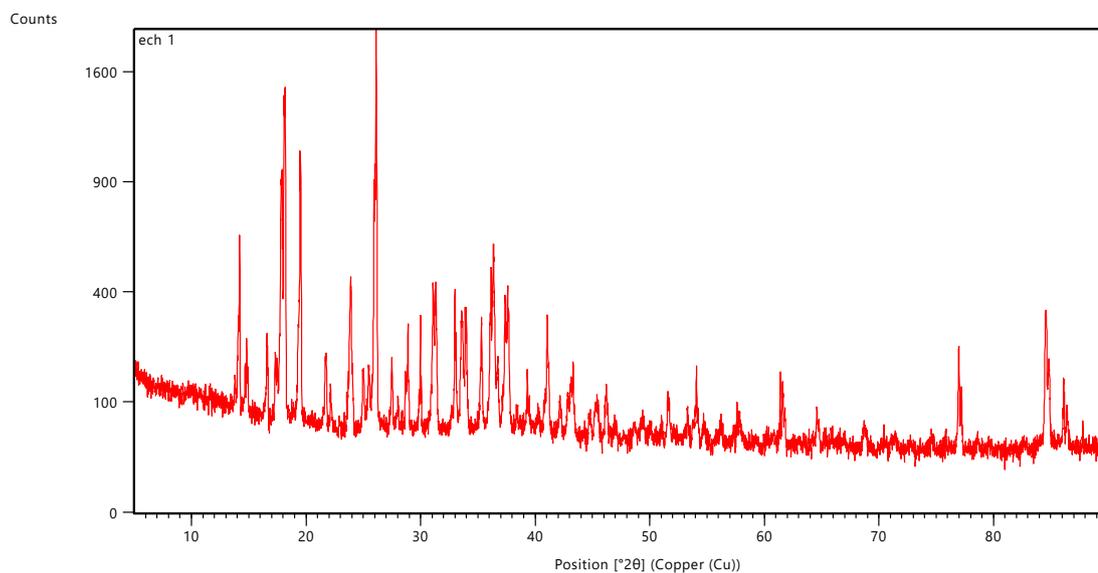
↪ **Fraiche :** SO<sub>3</sub> (92.3%) , CaO (0.62%) , Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (0.01%)

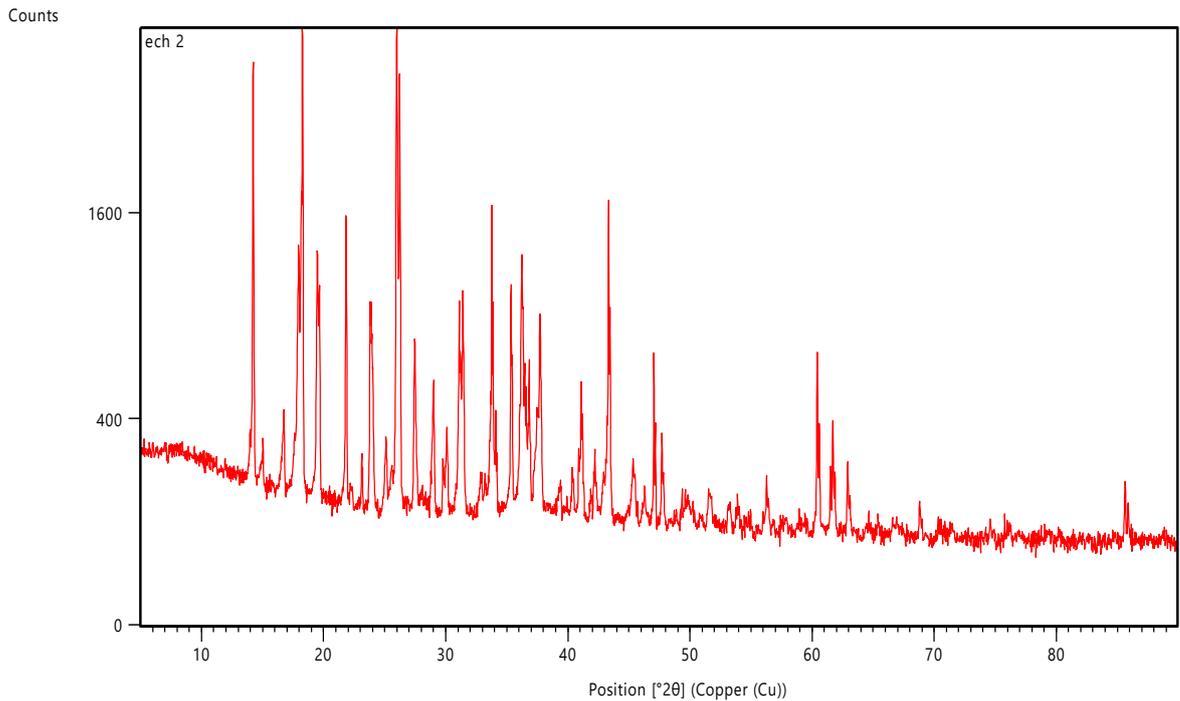
↪ **Sec :** SO<sub>3</sub> (93.2%) , CaO (0.93%) , Fe<sub>2</sub> O<sub>3</sub> (0.01%)

Et on observe la présence d'autres composés (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> , Na ) c'est des impureté parce que on a fait les caractérisation avant la purification.

**Remarque :** on n'a pas faire la caractérisation après recristallisation à cause de la disponibilité de l'appareille.

## IV.5.2. Diffraction des rayons X (DRX)

↪ Commerciale :**Figure IV.3** : Résultats de diffraction des rayons X (DRX) de l'acide citrique Commerciale.↪ Fraiche :**Figure IV.4** : Résultats de diffraction des rayons X (DRX) de l'acide citrique Fraiche.↪ Sec :



**Figure IV.5** : Résultats de diffraction des rayons X (DRX) de l'acide citrique Sec.

On remarque que il y a un pic intense dans l'intervalle [20-30] apparaitre dans les trois spectres.

On voit que les spectres de l'acide citrique préparé (Fraiche, sec) avant la purification identique (assimilable) que les spectres de l'acide citrique commerciale.

On peut conclure que le produit préparé est un acide citrique avec les impuretés.

#### **IV.6. Essai de détartrages :**

L'acide citrique aide à faciliter la capacité à se débarrasser du calcaire qui s'accumule à la surface des matériaux métalliques.

Sur cette base, son efficacité a été testée en préparant une solution (1 g d'acide citrique+ 5 ml d'eau distillée). Nous versons cette solution dans le récipient contenant les dépôts calcaires. Nous laissons le mélange réagir pendant un quart d'heure ou plus. Ensuite, nous rinçons le récipient à l'eau. [1]



**Figure IV.6 :** Résultats de détartrage après l'utilisation de l'acide citrique obtenu.

**Références bibliographiques**

[1] Marie-France HOURDUSSE . Françoise TRONCHON , Désinfection des générateurs d'hémodialyse , Expérience de Rennes , France , P10.

[https://www.afidtn.com/medias/annuaire\\_bibliographie/609-revue-27-page-10-11-12-13.pdf](https://www.afidtn.com/medias/annuaire_bibliographie/609-revue-27-page-10-11-12-13.pdf)

# **Conclusion générale**

### Conclusion générale

L'acide citrique se trouve en abondance dans de nombreuses sources naturelles, représentées dans les agrumes de toutes sortes, comme les oranges amères.

Il est utilisé dans de nombreux domaines, par exemple dans les produits alimentaires, les produits de nettoyage, les compléments alimentaires, les cosmétiques.

Notre travail a porté sur une espèce de la famille des Rutacées, l'une des plus importantes familles d'agrumes en Algérie.

Afin de valoriser cette plante de la famille des Rutacées, originaire de deux régions de Ghardaïa (Metlili et Sebseb), en l'occurrence *Citrus aurantium*, nous avons réalisé des analyses pour étudier les propriétés physiques et chimiques de l'acide citrique.

Certaines des expériences menées sur la plante étudiée, notamment:

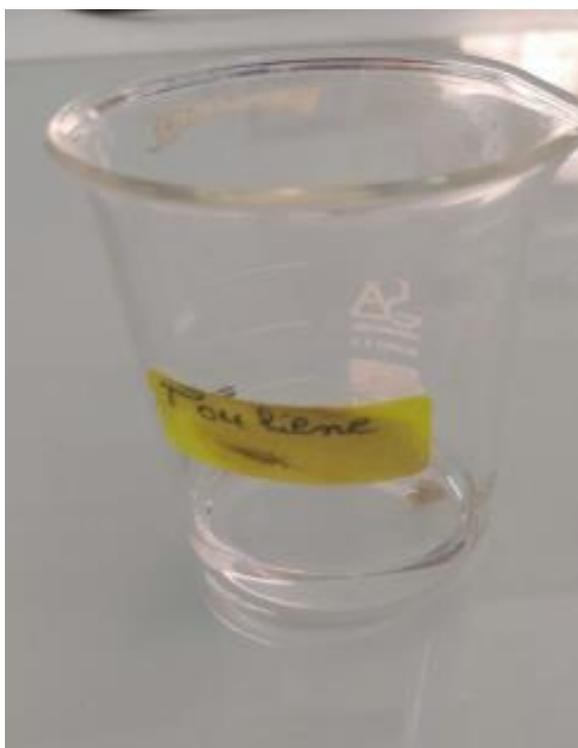
- Extraire l'acide citrique des oranges amères fraîches.
- Extraction d'acide citrique à partir d'orange amère sec.
- Propriétés physiques et chimiques de l'acide citrique (PH, conductivité, point de fusion, indice de réfraction).
- Caractérisation spectroscopique (XRF, DRX)

Les résultats obtenus à partir de l'extraction et de la caractérisation de l'acide citrique de l'orange amère ont montré que le rendement en acide citrique obtenu dans la région de Sebseb était supérieur au rendement dans la région de Metlili.

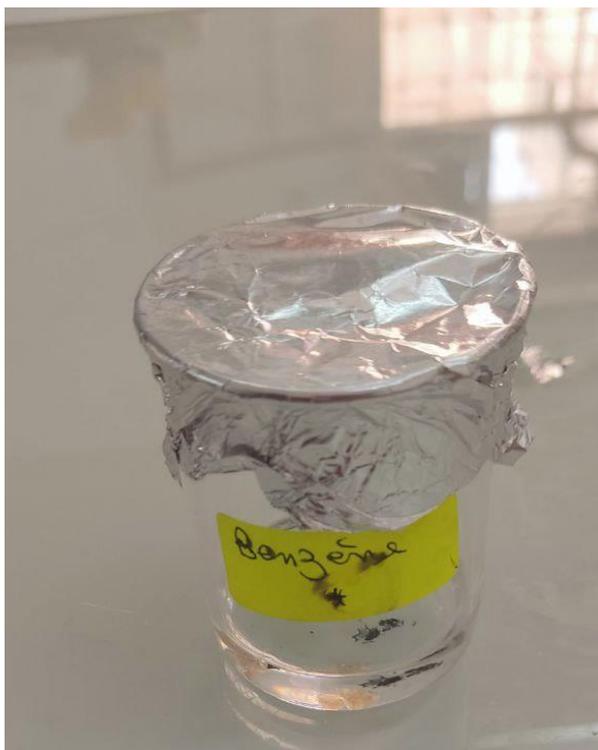
Les valeurs des propriétés physiques et chimiques obtenues à partir de la caractérisation de l'acide citrique ont montré qu'il peut être remplacé par l'acide citrique commercial en raison de la convergence des valeurs et qu'il est également utilisé dans plusieurs industries pour produire d'autres produits de valeur.

# **Annexes**

**Annexe N°01 : Expérience de dissolution d'acide citrique dans le toluène (négative)**



**Annexe N°02 : Expérience de dissolution d'acide citrique dans le benzène (négative)**



**Annexe N°03** : Expérience de dissolution d'acide citrique dans l'Acétone (positive)



**Annexe N°04** : Expérience de dissolution d'acide citrique dans l'Ethanol (positive)



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة غرداية

عنوان المشروع:

انتاج حمض الليمون من البرتقال المر

{Smrt-Pros.fab-Cetric acid}

مشروع لنيل شهادة مؤسسة ناشئة في إطار القرار الوزاري 1275

صورة العلامة التجارية



الاسم التجاري  
**Citri Chem**

بطاقة معلومات:

حول فريق الاشراف وفريق العمل

1- فريق الاشراف:

فريق الاشراف	
المشرف الرئيسي:	التخصص:
قادري محمد	كيمياء

2- فريق العمل:

فريق المشروع	التخصص	الكلية
الطالبة: طالب احمد ايمان	هندسة كيميائية	العلوم والتكنولوجيا
الطالبة: طالب احمد نجاه	هندسة كيميائية	العلوم والتكنولوجيا

فهرس

المحتويات

---

## المحور الأول: تقديم المشروع

---

1. فكرة المشروع (الحل المقترح)
2. القيم المقترحة
3. فريق العمل
4. أهداف المشروع
5. جدول زمني لتحقيق المشروع

## المحور الثاني: الجوانب الابتكارية

---

1. الجوانب الابتكارية

## المحور الثالث: التحليل الاستراتيجي للسوق

---

1. عرض القطاع السوق
2. قياس شدة المنافسة
3. الاستراتيجية التسويقية

## المحور الرابع: خطة الإنتاج والتنظيم

---

1. عملية الإنتاج
2. التمويل
3. اليد العاملة
4. الشراكات الرئيسية

## المحور الخامس: الخطة المالية

---

## المحور النموذج الأولي

---

المحور الأول

تقديم المشروع

---

## المحور الأول: تقديم المشروع

العنوان الرئيسي: انتاج حمض الليمون من البرتقال المر

{Smrt-Pros.fab-Cetric acid}

### فكرة المشروع (الحل المقترح)

يُعد مشروع صناعة حمض الليمون من المشاريع الصغيرة المُربحة ويهدف هذا المشروع إلى إنتاج حمض الليمون من خلال استخدام التكنولوجيا المُتاحة للصناعات الغذائية والدوائية والكيميائية وصناعات أخرى مع استخدام أحدث معايير عدم التلوث وسرعة الإنتاج وانخفاض التكاليف مع مراعاة الطرق العلمية السليمة في التصنيع والتخزين.

بدأت فكرة المشروع في إجراء دراسة فنية واقتصادية لإنتاج حامض الستريك من البرتقال المر . إذ يقدر الاستهلاك العالمي من هذه المادة بحدود ( 250 ) إلف طن عام 2003 مقارنة بـ ( 50 ) إلف طن عام 1957 . إذ تعكس هذه الأرقام الزيادة المضطردة في الطلب على هذه المادة لأهميتها في استخدامهما في عدة صناعات في هذا المشروع سنقوم بإنتاج حمض الليمون انطلاقاً من البرتقال المر يتم انجاز ذلك من خلال انجاز وحدة إنتاجية تعتمد على أحدث التكنولوجيا في المجال، حيث تم اختيار منطقة بسبب لقرتها من الغابات لاحتوائها على المادة الأولية (البرتقال المر).

### 1. القيم المقترحة:

القيمة الإضافية التي سيقدمها المشروع:

✚ انتاج حمض الليمون بمواصفات تنافسية عالية من خلال سعر تنافسي

✚ استغلال البرتقال المر

✚ استخراج حمض من حمضيات أخرى مخالفة للليمون .

### 2. فريق العمل

يتكون فريق المشروع من الآتي:

✓ الطالبة 01: طالب احمد ايمان ، تخصص: هندسة كيميائية. دورها مراقبة الجودة والبحث والتطوير

لاكتسابها ليسانس اكاديمي في هندسة الطرائق.

✓ الطالبة 02: طالب احمد نجاه , تخصص: هندسة كيميائية. دورها تسيير المشروع والبحث على الأسواق

### 3. أهداف المشروع:

### 1-3\_ اهداف اجتماعية و اقتصادية:

- زيادة الإيرادات: من خلال استخراج وتسويق حمض الليمون من البرتقال المر، يتوقع تحقيق إيرادات مالية مستدامة للمشروع.
- تحقيق الربحية: بواسطة ضبط تكاليف الإنتاج وتحقيق الاقتصاديات في عملية الاستخراج، يهدف المشروع إلى تحقيق أرباح ملموسة وتحسين هامش الربح.
- خلق فرص عمل: يعتبر المشروع فرصة لتوفير فرص عمل جديدة ، مما يساهم في تعزيز التوظيف وتحسين الظروف المعيشية.

### 2-3\_اهداف شخصية لأصحاب الشركة :

- تحقيق الاستدامة المالية: يهدف المشروع إلى تحقيق استدامة مالية لأصحابه، من خلال تحقيق الربحية والتوسع في نطاق العمل والتنمية المستدامة للمشروع.
- تطوير القدرات والمهارات: من خلال إدارة المشروع وتنفيذه، يمكن لأصحاب المشروع تطوير مهاراتهم الإدارية والتجارية والتقنية، مما يعزز قدراتهم ويساهم في نموهم الشخصي والمهني.

### 3-3\_ اهداف تخص السوق والشركة :

- زيادة عدد العملاء وتوسيع قاعدة العملاء.
- تقليل التكاليف العامة وتحسين الكفاءة المالية للشركة.
- زيادة حصة السوق والتفوق على المنافسين فيما يتعلق بالأرباح والمبيعات
- تلبية احتياجات السوق: يهدف المشروع إلى تلبية احتياجات السوق في مجال استخدام حمض الليمون
- بناء سمعة المؤسسة: من خلال تقديم منتجات عالية الجودة وتلبية احتياجات العملاء،
- ✓ من نسعى خلال هذا المشروع الى ان نصبح المنتج رقم 1 على المستوى المحلي في السنوات الأولى وفي الجزائر خلال السنوات 5 الأولى.
- ✓ والوصول الى تحقيق حصة سوقية تغطي 50 بالمئة من اجمالي الإنتاج الوطني.

### 4. جدول زمني لتحقيق المشروع:

الهدف	1	2	3	4	5	6	7
الشهر							

						✓	الدراسات الاولية:اختيار مقر الوحدة الاتاجية , تجهيز الوثائق المطلوبة
				✓	✓		طلب التجهيزات من الخارج
		✓	✓	✓			بناء مقر للانتاج(المصنع)
		✓	✓				تركيب المعدات
	✓	✓					اقتناء المواد الاولية
✓							بداية

المحور الثاني

الجوانب الابتكارية

---

## المحور الثاني: الجوانب الابتكارية

تتمثل الجوانب الابتكارية في مشروعنا في كونه:

✓ اول مشروع في الجزائر ينتج حمض الليمون

✓ تثمين ثمار البرتقال المر واستخدامها في انتاج حمض الليمون

# المحور الثالث

## التحليل الاستراتيجي

---

## المحور الثالث: التحليل الاستراتيجي للسوق

### 1. عرض القطاع السوقي:

✓ السوق المحتمل: أصحاب الشركات الخاصة، المزارعون.

✓ السوق المستهدف: الشركات الصناعية

✓ عقد اتفاقية مع العملاء لضمان بيع المنتج ولضمان ولاء العميل.

### 2. قياس شدة المنافسة:

اهم المنافسين في السوق الجزائرية اغلبهم ينتجون منتج بمواد كيميائية خطيرة :

✓ شركات مواد التطهير، شركات تصنيع مواد منظفة.

✓ نقاط القوة: الاقدمية في السوق، قوة وسمعة العلامة

✓ نقاط الضعف: استخدام مواد كيميائية سامة .

### 3. الاستراتيجيات التسويقية:

نعتمد في تسويق منتجاتنا على استراتيجيات تسويقية بأسعار تنافسية من خلال تحكمنا في خطة تخفيض تكاليف الإنتاج باستعمالنا لتكنولوجيا جد متطورة، بالإضافة الى اعتمادنا على متجر الكتروني لتوزيع المنتجات وإدارة وتنظيم الطلبات.

المحور الرابع

خطة الإنتاج والتنظيم

---

## المحور الرابع: خطة الإنتاج والتنظيم

تمر صناعة انتاج حمض الليمون بعدة مراحل من اجل الحصول وضمان منتج نهائي وذات كفاءة عالية

### 1. عملية الإنتاج:

صناعة حمض الليمون : تمر عملية الإنتاج بعدة مراحل من اجل الحصول وضمان منتج نهائي بكفاءة

كبيرة ذو أداء عالي، المراحل الرئيسية في عملية الإنتاج:

✓ اقتناء المواد الأولية: توفير كل المواد الأساسية وهي :

○ البرتقال المر

○ كلوريد الكالسيوم  $CaCl_2$

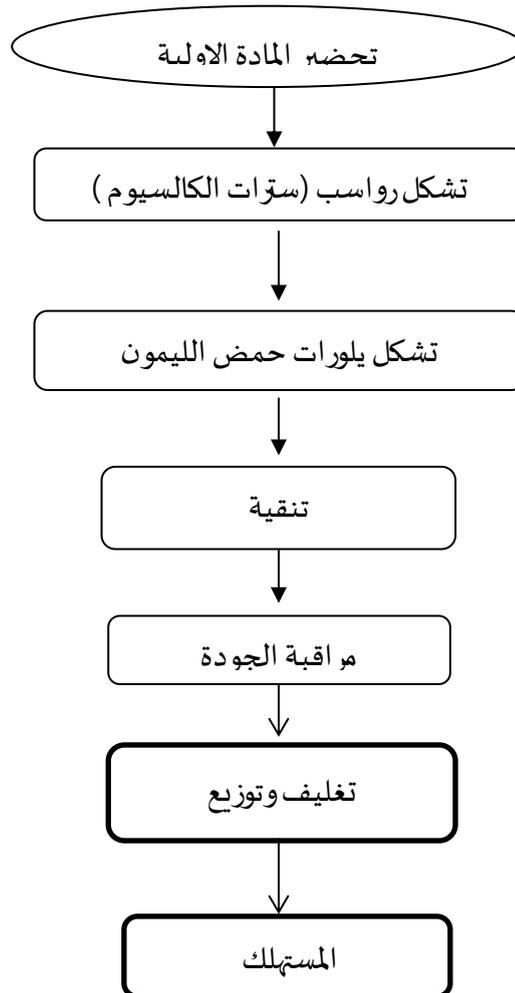
○ حمض الكبريتيك  $H_2SO_4$

○ هيدروكسيد الصوديوم  $NaOH$

○ الماء المقطر

✓ مرحلة التصنيع : بعد اقتناء المواد الأولية وبعد تجهيز المحل بكل المعدات نبدأ مرحلة تصنيع حمض الليمون عبر

المخطط التالي:



2. التموين :

نتعامل في عملية الشراء مع اصحاب المزارع مباشرة (الموردين) وهو ما يعتبر ميزة تنافسية بالنسبة لمشروعنا  
الدفء يكون اثناء الشراء لكسب ثقة المورد

3. اليد العاملة :

في بداية مشروعنا يخلق حوالي منصبين عمل

4. الشراكات الرئيسية :

اهم الشراكات في مشروعنا كانت مع الموردين ومسؤولين مخابر البحث العلمي على المستوى الوطني  
والمحلي وخبراء التسويق لأهميتهم في انجاح المشروع بالإضافة الى كل من حاضنة الاعمال لجامعة  
غرداية وكذا المديرية العامة للبحث العلمي والتطوير التكنولوجي للمحافظة على جودة المنتج ,  
كما نملك التزامات قوية من المؤسسة الممولة بالتجهيزات المتطورة فيما يخص التكوين والصيانة .

المحور الخامس

الخطة المالية

---

## المحور الخامس: الخطة المالية PLAN FINANCIER

1. التكاليف والاعباء:

✓ تكاليف المشروع:

تكلفة إنتاج 36 غ من حمض الليمون في غضون ثلاثة أيام

1456.30396 DA	المواد الاولية
90 DA	فاتورة الماء والغاز والكهرباء
1000 DA	الكراء ومستلزمات العمل
5000 DA	اجور العمال
7546.30396 DA	اجمالي التكاليف

طرق ومصادر التمويل:

○ التعامل المباشر مع شركات تصنيع المواد الأولية

○ أصحاب المزارع

✓ طريقة استرداد الأموال:

○ بيع المنتج نهائي

○ تقديم تراخيص

○ الاعلانات

○ دعم او قرض من الدولة

○ الدخل الناتج عن اجراء تحاليل لمن يظلمها من الخواص والصناعيين (بعد توسع

المشروع)

## نموذج العمل التجاري

 <p>الشركاء الرئيسيون</p> <p>*الموردون ( مواد خام )</p> <p>* مصدرين للخارج</p> <p>*خبراء التسويق</p> <p>*مخابر البحث العلمية على المستوى المحلي</p> <p>*شركات التوصيل</p>	<p>الأنشطة الرئيسية</p>  <p>*توفير المادة الخام</p> <p>*استخلاص المادة الأولية</p> <p>*تصنيع المنتج</p> <p>*تعبئة وتغليف المنتج</p> <p>توزيع المنتج</p>	<p>القيمة الأساسية</p>  <p>*انتاج حمض الليمون بمواصفات تنافسية عالية من خلال سعر تنافسي</p> <p>*استغلال البرتقال المر</p> <p>*استخراج حمض من حمضيات اخرى مخالفة للليمون</p>	<p>العلاقة مع العملاء</p>  <p>*انشاء فضاءات دردشة بين الزبائن والعملاء للتكفل بمختلف انشغالاتهم والرد على استفساراتهم</p> <p>*تخفيضات موسمية</p> <p>عروض خاصة</p> <p>*تخصيص منصة لرفع استفسارات العملاء</p> <p>*موقع الكتروني خاص بالشركة</p> <p>*برمجة متجر الكتروني</p>	<p>شريحة العملاء</p> <p>شركة الصناعات الغذائية</p> <p>شركات الصناعات الدوائية</p> <p>شركات صناعة مواد التنظيف</p> <p>شركات صناعة مواد التجميل</p> <p>شركات الكيماوية</p> <p>التجار</p>
	<p>الموارد الاساسية</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ موارد بشرية :موظفين (الانتاج , مراقبة الجودة , مخبرين و كيميائيين)</li> <li>▪ موارد مالية : دعم مالي</li> <li>▪ موارد مادية :الهيكل والاجهزة والمعدات.</li> </ul>		<p>القنوات</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• البيع عبر الانترنت و الدفع عن طريق بطاقات الائتمان</li> <li>• الإعلانات و الإشهارات عبر مواقع التواصل الاجتماعي</li> <li>• المشاركة وفي المعارض الوطنية و الدولية</li> <li>• التوصيل</li> </ul>	
 <p>التكاليف</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• اجور المستخدمين</li> <li>• مصاريف التشغيل</li> <li>• مصاريف الراس المالية</li> </ul>	<p>الارادات</p> <p>بيع المنتج</p> <p>الإعلانات -ترخيص</p> <p>دعم او قرض من الدولة</p> <p>مختلف أساليب تنشيط المبيعات</p>			



### Autorisation d'impression finale d'un mémoire de master

	Nom et prénom	Signature
Examineur 1	KHANE Yasmina	
Examineur 2	/	/
Encadreur	KADRI Mohammed	
Co-encadreur	/	/

Soussigné **MEBOUAMER KHEIRA**

Président de jury des étudiant (s): **TALEB AHMED Nadjet**

**TALEB AHMED Imane**

Filière : Génie des procédés. Spécialité : Génie chimique

Thème : Récupération d'acide citrique à partir de fruits Bigaradier d'arbre d'ornement à Ghardaïa

Autorise le (s) étudiant (s) mentionné (s) ci-dessus à imprimer et déposer leur (s) manuscrit final au niveau du département.

Ghardaïa le: 13, 06, 2023

Le président de jury

Le chef de Filière

A. Trabelti  
Trabelti

Le chef de département

