



**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche**  
**Scientifique**



**UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID-TLEMCEM**

***Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie***

**Département d'Agro-alimentaire**

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention

Du diplôme de Master en

**Spécialité : Agro-alimentaire et Contrôle de qualité**

**Filière : Science Alimentaire**

**Thème :**

**Valorisation des sous produits de l'industrie d'agrumes**

**Encadré par :**

**Dr ZENASNI Mohamed Amine**

**Présenter par :**

**LABLACK Radja**

**HALLOUCHE Mouna**

**Devant le jury composé de :**

**Présidente : Dr GHANEMI Fatima Zahra**

**Examineur : Dr BENYOUB Nour Eddine**

**Année Universitaire : 2021/2022**

## **Remerciements**

Avant tout nous tenons à remercier le bon Dieu le tout Puissant de nous avoir donnés le courage, la volonté et la patience tout au long de nos études.

Nos remerciements vont tout particulièrement à notre encadrant Dr ZENASNI Mohamed Amine pour leurs grande disponibilité et leurs judicieux conseils durant notre préparation de ce mémoire.

Un grand merci à tous les membres du jury d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer notre travail.

Enfin nous adressons nos vifs remerciements à nos familles, nos amis pour leur soutien et leurs encouragements tout le long de la réalisation de ce travail.

## **Dédicace**

Avec l'expression de ma reconnaissance je dédie ce modeste travail à ceux qui, quel que soit les termes embrassés je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

- ❖ A mes chers parents sans qui je n'aurai jamais pu arriver à ce terme. Pour leur aide, leur soutien et leur encouragement durant mon parcours. Que ce travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulé, le fruit de vos innombrables sacrifices. Puisse Dieu vous accordez santé et bonheur.
    - ❖ A mes chères sœurs et frère source de joie et de bonheur.
  - ❖ A mes chères amies, qui représente pour moi le sens de sincérité et de la fidélité.
    - ❖ A ma chère binôme pour son entente et sa sympathie.
  - ❖ A mon cher mari qui n'a pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mon parcours universitaire.
    - ❖ A tous les membres de familles petits et grands.
- Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la l'élaboration de ce mémoire.

**Radja**

# Dédicace

Je dédie ce modeste travail comme preuve de gratitude, respect et de reconnaissance à mes chers parents qui ont éclairé mon chemin et m'ont encouragé et soutenu pendant mes études.

❖ A Mon Cher frère et chères sœurs

❖ A toute ma famille, mes grandes mères, mes oncles, mes tentes, mes cousins  
et cousines

❖ A ceux qui m'aiment

❖ A mes amis

❖ A tous mes collègues de la même promotion

**Mouna**

## Résumé

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation des sous-produits d'agrumes générés par l'industrie. Ils sont obtenus chaque année en quantités importantes partout dans le monde. Ces déchets (peaux, pulpes et pépins) sont généralement dédiés à l'alimentation animale ou bien éliminés par compostage ou incinération. Les citrus comme d'autres fruits et légumes sont parmi les sources végétales les plus riches en composés bioactifs. Ces composés ont des effets bénéfiques sur la santé humaine, car ils possèdent de nombreuses activités biologiques comme l'activité antioxydante, anti-inflammatoire, antibactérienne,...etc. Les résultats obtenus au cours des travaux de recherches indiquent le fait que ces sources végétales contiennent des composés phénoliques et des composés triterpéniques qui peuvent être valorisés par incorporation dans différentes formulations alimentaires, pharmaceutiques, cosmétiques etc.

**Mots –Clés :** valorisation, agrumes, citrus, composés bioactifs, composés phénoliques, composés triterpéniques.

## ملخص

يعد هذا العمل جزءاً من تجميع المنتجات الثانوية للحمضيات الناتجة عن الصناعة. يتم الحصول عليها كل عام بكميات كبيرة في جميع أنحاء العالم. هذه النفايات (القشور واللب والبذور) مخصصة بشكل عام لتغذية الحيوانات أو يتم التخلص منها عن طريق التسميد أو الحرق.

تعتبر الحمضيات كغيرها من الفواكه والخضروات من أغنى المصادر النباتية للمركبات النشطة بيولوجياً، ولهذه المركبات آثار مفيدة على صحة الإنسان، حيث تمتلك العديد من الأنشطة البيولوجية مثل: مضادات الأكسدة ومضادات الالتهابات والنشاط المضاد للبكتيريا... إلخ. تشير النتائج التي تم الحصول عليها خلال العمل البحثي إلى أن هذه المصادر النباتية تحتوي على مركبات فينولية ومركبات ترايتيربين والتي يمكن تعزيزها من خلال دمجها في تركيبات غذائية وصيدلانية وتجميلية متنوعة، إلخ.

## Abstract

This work is part of the recovery of citrus by-products generated by the industry. They are obtained every year in significant quantities all over the world. This waste (skins, pulp and seeds) is generally dedicated to animal feed or eliminated by composting or incineration.

Citrus like other fruits and vegetables are among the richest plant sources of bioactive compounds. These compounds have beneficial effects on human health, as they possess many biological activities like antioxidant, anti-inflammatory, antibacterial activity. ,...etc. The results obtained during the research work indicate that these plant sources contain phenolic

compounds and triterpene compounds which can be enhanced by incorporation into various food, pharmaceutical, cosmetic formulations, etc

## Liste de figures

Figure 1. 1: Coupe transversale d'une orange.....	17
Figure 1. 2 citronnier.....	19
Figure 1. 3: Oranger.....	19
Figure 1. 4: bigaradier.....	20
Figure 1. 5: pamplemoussier.....	21
Figure 1. 6: cédratier.....	21
Figure 1. 7 : combava.....	22
Figure 1. 8 : mandarinier .....	23
Figure 1. 9: pomélo.....	23
Figure 1. 10: limettier .....	24
Figure 1. 11: : kumouat .....	25
Figure 2.1:transformation des agrumes .....	27
Figure 2.2:triage.....	29
Figure2. 3:lavage .....	29
Figure 3. 1: Dispostion d'extraction assistée par micro-ondes.....	48
Figure 3. 2: Structure de base de Flavonoïdes.....	57
Figure 3. 3: Structure de base de flavanone.....	57
Figure 3. 4: Structure de base de flavone.....	58
Figure 3. 5: Structure des acides hydroxybenzoiques et hydroxycinnamiques.....	59
Figure 3.6:extraction conventionelle par solvant.....	61
Figure 3.7 : Champs électrique pulsé.....	63
Figure 3.8 : le nombre de population selon le sexe.....	66
Figure 3.9 : le nombre de population selon les tranches d'âges.....	66
Figure 3.10 : La situation de la population.....	67
Figure 3.11 : Le nombre des personnes qui connaitre les types d'agrumes.....	67
Figure 3.12 : Le nombre des personnes qui connaît que le kiwi est un agrume.....	68
Figure 3.13 : Le nombre des personnes qui connaît que les déchets d'agrumes sont utilisée dans la fabrication de divers produits.....	68
Figure 3.14 : Le nombre des personnes qui connaît que les agrumes garde la peau brillante.....	69
Figure 3.15 : Le nombre des personnes qui connaît que le pamplemousse abaisse le taux de cholestérol.....	69
Figure 3.16 : Le nombre des personnes qui connaît que la clémentine se digère facilement.....	70

<b>Figure 3.17 : Le nombre des personnes qui connaît que l'orange réduit la durée et les symptômes du rhume.....</b>	<b>70</b>
<b>Figure 3.18 : Le nombre des personnes qui connaît que les agrumes apportent des fibres 1,3 g et 2 g pour 100 g qu'ils sont utiles pour réguler le transit et lutter contre la constipation.....</b>	<b>71</b>
<b>Figure 3.19: Le nombre des personnes qui connaît le meilleur agrume pour la santé.....</b>	<b>71</b>
<b>Figure 3.20 : le nombre des personnes qui connaît l'agrume qui doit être évité lorsqu'on prend des médicaments.....</b>	<b>72</b>
<b>Figure 3.21 : Le nombre de personne qui connaît l'agrume qui a une pelure comestible.....</b>	<b>72</b>
<b>Figure 3.22: Le nombre de personne qui connaît l'élément qui explique la présence de la couleur caractéristique dans l'orange sanguine.....</b>	<b>73</b>
<b>Figure 3.23 : Le nombre de personnes qui connaît que la conservation des agrumes à la température ambiante les aidera à fournir plus de jus.....</b>	<b>74</b>
<b>Figure 3.24 : Le nombre des personnes qui connaît que les agrumes utilisés dans l'agroalimentaire ont des déchets.....</b>	<b>75</b>
<b>Figure 3.25 : Le nombre des personnes qui connaît que ces déchets sont utilisés comme matière première dans la fabrication d'autres produits.....</b>	<b>75</b>
<b>Figure 3.26 : Le nombre des personnes qui sont pour l'industrialisation de la fabrication des aliments par ces déchets.....</b>	<b>75</b>
<b>Figure 3.27 : Le nombre des personnes qui utilisent les sous produits d'agrumes souvent comme un aliment.....</b>	<b>76</b>



## Liste de tableaux

<b>Tableau 3. 1 Composition en fibres des écorces d'agrumes.....</b>	<b>52</b>
<b>Tableau 3.2 composition en caroténoïdes des écorces d'agrumes (µg/g bs) .....</b>	<b>53</b>

## **Liste des abréviations**

**UE:** Union européenne

**DE:**Degré d'estérification méthylique

**MS:** Matière sèche

**MAT:** Matière azotée totale

**pH:** Potentiel hydrogène

**HE:** Huile essentiel

**Bs:** base séchée

**P:** Pression

**T:** Température

**KHz:** kilohertz

**%:** Pourcentage

**G:** gramme

**µg:** Microgramme

**FAO:** Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

**CEP:** Extraction par champs électrique pulsé

**UAE:** Extraction assistée par ultrasons

## Table de matière

<b>Remerciements</b> .....	2
<b>Dédicace</b> .....	3
Résumé.....	4
Liste de figures.....	6
Liste de tableaux.....	8
Liste des abréviations.....	9
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	13
CHAPITRE 01 : AGRUMES.....	16
1.Introduction.....	17
2. Généralités sur les agrumes.....	17
3. Différents composants des agrumes.....	17
3.1. Écorce.....	18
3.2. Endocarpe.....	18
3.3. Pépins.....	18
4. Composition physicochimique des agrumes.....	18
5. Production et consommation agrumicoles.....	19
6. Variété des agrumes.....	19
6.1. Citronnier ( <i>Citrus limon L.</i> ).....	19
6.2. Oranger ( <i>Citrus sinensis L.</i> ).....	20
6.3. Bigaradier ( <i>Citrus aurantium L.</i> ).....	21
6.4. Pamplemoussier ( <i>Citrus maximaBurm</i> ).....	21
6.5. Cédratier ( <i>Citrus medicaL.</i> ).....	22
6.6. Combava ( <i>Citrus hystrixDC</i> ).....	23
6.7.Mandarinier ( <i>Citrus reticulata Blanco</i> ).....	23
6.8. Pomélo ( <i>Citrus paradis</i> ).....	24
6.9. Limettier ( <i>Citrus aurantiifolia Swingle</i> ).....	25
7. Conclusion.....	26
CHAPITRE 02 : INDUSTRIE ET TRANSFORMATION DES AGRUMES .....	28
1.Introduction .....	29
2.1. Définition des jus.....	29
2.2. Classification des jus .....	29
2.2.1. Jus naturels .....	30

2.2.2. Nectars .....	30
2.2.3. Boissons fruitées .....	30
2.2.4. Jus gazéifiés .....	30
2.2.5. Jus fermentés .....	30
2.2.6. Jus de fruit à base de concentré .....	30
<b>2.3. Procèdes de fabrication de jus de fruits .....</b>	<b>30</b>
2.3.1. Préparation des fruits pour la transformation .....	30
2.3.2. Traitements préalables de la matière première avant l'extraction .....	32
2.3.3. l'extraction du jus:.....	32
2.3.4.Pressurage.....	33
2.3.5. Raffinage.....	33
2.3.6. Traitements des jus.....	33
<b>3. Industrie de confiture,marmalade,gelée,sirop.....</b>	<b>34</b>
<b>3.1. Confiture.....</b>	<b>34</b>
3.1.1. Définition des confitures .....	34
3.1.2. Valeur nutritionnelle des confitures: .....	35
3.1.3. Types de confitures :.....	35
3.1.4. Constituants .....	36
3.1.5. Les étapes de fabrication de la confiture.....	37
<b>3.2.Marmelade.....</b>	<b>39</b>
<b>3.3.Gelée .....</b>	<b>39</b>
<b>3.4. Sirop.....</b>	<b>39</b>
<b>4. Conclusion :.....</b>	<b>40</b>
<b>CHAPITRE 03 : VALORISATION DES SOUS-PRODUITS DE L'INDUSTRIE DES AGRUMES .....</b>	<b>41</b>
<b>1. Introduction .....</b>	<b>42</b>
<b>2. Cadre réglementaire lié à l'utilisation de sous-produits de fruits.....</b>	<b>42</b>
<b>3. Directions de valorisation de résidus des agrumes.....</b>	<b>43</b>
3.1. Valorisation dans l'alimentation animale.....	43
3.2. Valorisation par épandage et compostage.....	44
3.3. Valorisation sous forme de biomasse et d'agro carburants.....	45
3.3.1. Obtention de la biomasse.....	45
3.3.2. Obtention des agro carburants.....	45
3.3.3.Obtention du bioéthanol :.....	46
3.4. Valorisation dans l'industrie alimentaire.....	46
3.4.1. Obtention d'une huile essentielle.....	46

3.4.1.1. Méthodes d'extraction.....	47
3.4.2. Pâte d'orange.....	49
<b>3.5. Autres utilisations de sous-produits de l'industrie de fruits.....</b>	<b>49</b>
3.5.1. pectines.....	50
3.5.2. Extraction.....	50
3.5.3. Application de pectine.....	51
<b>4. Sous-produits issus de la valorisation des agrumes.....</b>	<b>51</b>
4.1. fibres.....	51
4.2. Enzyme.....	52
4.3. Colorant.....	52
4.4. Acide organique.....	54
4.5. Aromatisants.....	54
4.6. Métabolites secondaires.....	55
4.6.1 Composés phénoliques.....	56
4.6.2. Principaux composés phénoliques dans les écorces d'agrumes.....	56
4.6.3. Composés terpéniques.....	59
4.6.4. Extraction et analyse des métabolites secondaires.....	60
4.6.4.1. Extraction.....	60
4.6.4.2. Analyse.....	64
<b>5. Enquête sur le terrain.....</b>	<b>65</b>
5.1 Un questionnaire.....	65
5.2 Résultats.....	65
5.3 interprétation.....	76
5.4 Discussion.....	77
<b>6. Conclusion.....</b>	<b>79</b>
CONCLUSION GENERALE.....	80
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	81
ANNEXE.....	96

# INTRODUCTION GÉNÉRALE

La production mondiale en agrume est considérée comme l'une des plus importantes dans le domaine agricole, elle est en constante augmentation et la moitié de la production mondiale est destinée à l'autoconsommation. Selon Aouane et Ghezli, à l'instar de l'arboriculture fruitière, l'agrumiculture occupe une place primordiale et constitue l'une des préoccupations majeures des décideurs au niveau du ministère de l'agriculture algérien (**Aouane et al, 2001**). L'INRAA en 2006 a rapporté que l'Algérie détient une collection variétale composée de 277 variétés d'agrumes Cette richesse arboricole constitue un patrimoine génétique inestimable (**Karboa, 2001**).

Il convient de noter que l'industrie de transformation des agrumes génère une grande quantité de déchets, principalement les écorces, des pépins et de la pulpe. La quantité de sous-produits obtenue est de 50% de la quantité initiale du fruit entier.

La production de sous-produits d'agrumes en tonnes par jour est un problème de gestion, c'est-à-dire une pollution de l'environnement, due à la dégradation microbienne. Par conséquent, de nouveaux aspects de valorisation de ces sous-produits par l'extraction de produits nobles (composés phénoliques, huiles essentielles, pectine, etc.) suscitent un intérêt croissant. Ils sont utilisés non seulement dans l'industrie agro-alimentaire pour la fabrication d'aliments à haute valeur nutritionnelle, mais également dans les industries médicales et cosmétiques (**Sahraoui et al., 2011 ; Kim et al., 2004 ; Bicu et al., 2011**).

Ces déchets pourraient être transformés en capitaux, Si des produits biologiques potentiellement commercialisables tels que la pectine peuvent être extraits à partir d'écorces et de fruits à faible valeur marchandes, les déchets extraits peuvent être vendus comme aliments secs enrichis en protéines pour le bétail. Ces activités auxiliaires réduiront également la charge de pollution environnementale.

le concept de «la valorisation des produits agricoles» est un sujet de recherche très populaire dans de nombreux pays. De nombreuses études ont montré que les déchets de l'industrie agroalimentaire sont considérés comme une source de produits nobles et de nouvelles matières premières pour de nombreux pays et de nombreuses industries.

L'objectif de notre travail est l'étude de l'intérêt la valorisation des sous-produits d'agrumes. Le présent mémoire est composé de deux parties : la première partie , c'est la partie bibliographique dont la quel nous avons consacré trois chapitres :

## **Introduction générale**

---

Le premier chapitre présente des généralités sur les agrumes (orange ; citron ; mandarine, Kumouat ; Limettier ; Pomélo ; Combava ; Cédratier et Pamplemoussier)

Le second a été consacré à l'industrie et transformation d'agrumes (le procédé de fabrication de leur jus, confiture ; marmelade ; gelée et le sirop)

Le troisième chapitre renferme la valorisation de sous-produits d'agrumes

Enfin, nous terminons la présente étude par une conclusion générale et les références bibliographiques constituent la dernière partie de manuscrit.



# CHAPITRE 01 : AGRUMES

### 1. Introduction

Le mot Citrus vient du latin *acrumen* qui dans l'antiquité désignait les arbres à agrumes (**Bendiste et Baches, 2002**). Les agrumes se distinguent par leurs longue diversité de à elles familles et de leur ordres. La culture des agrumes varie dans les pays du bassin méditerranéen, tant au niveau des variétés cultivées (oranges, mandarines, Thompson, clémentines, pomelos, citrons, limes, pamplemousses pour n'en citer que quelques-unes des plus courantes) reflète en quelque sorte la richesse et la variabilité de ces arbres, Du fait de l'extension de cette culture (**Virbel- Alonso, 2011**).

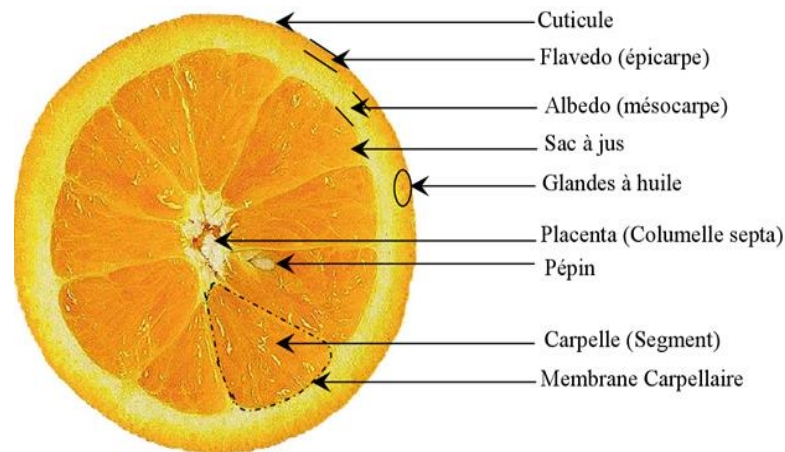
### 2. Généralités sur les agrumes

Citrus est une espèce de trois genres principaux du groupe Citrinae dans la famille des Rutacées: Citrus, Fortunella (les kumquats) et Poncirus. Chaque genre se décline en espèces (**Benediste et Baches 2002**) Ils se répartissent en plusieurs genres Poncirus, Fortunella, Citrus sont les trois genres cultivés dans le monde. Le genre Poncirus ne renferme qu'une seule espèce le Poncirus trifoliata, Cette espèce était principalement utilisée dans la culture des agrumes comme porte-greffe car ses fruits ne sont pas comestibles. Le genre fortunella comprend six espèces dont deux seulement font l'objet d'une culture dans le monde. Il s'agit de Fortunella japonica et Fortunella margarita. Le genre Citrus est le plus important. C'est au sein de ce genre que se rencontrent les principales espèces cultivées : les oranges (*Citrus sinensis*) ,les mandarines (*Citrus reticulata*) ,les clémentines (*Citrus clémentina*) ,les citronniers (*Citrus limon*) ,les pomelos (*Citrus paradisi*) (**Praloran, 1971**).

### 3. Différents composants des agrumes

Les fruits des principales espèces et variétés cultivées d'agrumes diffèrent par la couleur, la forme, la taille, la composition de leur jus et le temps de maturation. Cependant, tous les agrumes cultivés ont la même structure anatomique, bien que les éléments constitutifs de cette structure diffèrent selon les espèces et les variétés.

La composition physique d'un agrume est donnée par la figure 1.



**Figure 1. 1: Coupe transversale d'une orange**

Source : (Hendrix et Redd, 1995 ; Guimaraes et al, 2010).

### 3.1. Écorce

C'est la partie non comestible du fruit. Il est composé d'un épicarpe et d'un mésocarpe externe et interne. Lorsque le fruit mûrit, c'est l'épicarpe (ou épiderme) devient orange ou jaune. L'épicarpe et le mésocarpe externe forment le flavedo dans lequel se trouvent les glandes sébacées riches en huiles essentielles. Le mésocarpe interne constitue l'albêdo, plus ou moins épais, de couleur blanchâtre et de textures pongieuse (Loussert, 1989).

### 3.2. Endocarpe

Il forme la partie médiane divisée en loges (quartiers) par de fines membranes. À l'intérieur d'une loge et rouvent des cellules (la pulpe du fruit) remplies d'une solution aqueuse de sucre et d'acide pouvant constituer jusqu'à 50% du poids du fruit (Colombo, 2004).

### 3.3. Pépins

Comme toutes les graines, elles proviennent de la fécondation ou de la fusion de deux cellules sexuelles. Leur nombre est variable, non seulement selon les espèces et les variétés, mais aussi selon les conditions de pollinisation (Loussert, 1989).

## 4. Composition physicochimique des agrumes

Pour les oranges, les mandarines et les clémentines, la teneur en sucre dissous augmente, lorsque la teneur en acide diminue, cette acidité est principalement due à l'acide citrique.

Les protéines ne se trouvent qu'en quantités très faibles dans les fruits (+1g/100g), la vitamine C est présente dans le jus (30 à 40mg/100g) mais surtout au niveau de l'écorce (130mg/100g), les sels minéraux ne représentent guère plus de 0,4% du poids total du fruit (surtout le calcium et le phosphore) (Loussert, 1989).

Le flavédo représente 9 à 7% du poids du fruit, donc environs 30% du poids de la peau et contient de 2 à 5 % d'huiles essentielles selon l'état de fraîcheur du fruit. L'alébedo a les caractéristiques physicochimiques suivantes:

- Extrait sec total 20 à 22 % dont Protéines 2,15% , Lipides 0,35% , Cellulose 6,10% , Sucres réducteurs 7,08%, Sucres non réducteurs 2,32%, Pectine 1,30%, Acides (en acide citrique) 0,35%; Hespéridine 0,15%.
- Les peaux déshuilées, séchées contiennent 75% de glucides totaux, dont la moitié en cellulose. Les glucides sont les composants les plus importants du jus, ils représentent les 3/4 des éléments dissous dans les jus d'oranges et moins des 2/5 dans ceux des citrons et des limes (**Espiard, 2002**).

### 5. Production et consommation agrumicoles

La production et la consommation mondiales d'agrumes ont connu une période de forte croissance depuis le milieu des années 80 (**Thomas, 2010**). En Algérie, le verger agrumicole occupe 62902 hectares. Ce potentiel est concentré sur 03 wilayas (Mascara, Chlef et Blida). Le problème clé du verger agrumicole est le vieillissement. Il est caractérisé par un faible taux de renouvellement des plantations. Plus de 60% des plantations dépasse les 30 ans (**FAO, 2006**). La production d'oranges, de clémentines, de tangerines, de citrons et de limes s'est développée rapidement (**Thomas, 2010**).

En 2013, la production d'agrumes en Algérie est de 1205401 tonnes, celle de l'orange est de 890674 tonnes. La superficie récoltée est estimée à 57929 hectares pour les agrumes, dont 41382 hectares pour l'orange (**FAOSTAT**).

### 6. Variété des agrumes

#### 6.1. Citronnier (*Citrus limon L.*)

le citronnier est un arbuste vigoureux aux branches épaisses et épineuses. Les feuilles coriaces alternées sont grandes et parfumées. Les fleurs sont blanches, peu parfumées, regroupées à l'aisselle des feuilles. Le fruit est une baie ovale jaune vif avec une papille au sommet. La peau est épaisse et contient de nombreux sachets d'huiles essentielles. Enfin, une pulpe très acide et juteuse entoure certaines des graines. L'origine de cet arbre est inconnue, mais on pense qu'il est originaire d'Asie Mineure (ou d'Afrique du Nord) (**Esabelle, 2011**).



**Figure 1. 2 citronnier**

Source : <https://www.jardiner-malin.fr/fiche/citronnier.html>(15/04/2022)

#### **✚ Usages**

Le citron est principalement utilisé pour l'alimentation, il rehausse le goût de certains aliments. Préparer et assaisonner pâtisseries, sorbets. Le jus de citron est utilisé pour faire une boisson rafraîchissante. L'huile de citron et la pectine (agent gélifiant) ont généralement de multiples usages dans l'industrie alimentaire. Comme les oranges, il est également utilisé dans les parfums. Sa passion est utilisée pour produire de l'eau de Cologne. Enfin, du fait de sa richesse en vitamine C, le citron possède des vertus médicinales intéressantes, notamment un antiscorbutique fameux (**Esabelle, 2011**).

#### **6.2. Oranger (*Citrus sinensis* L.)**

L'oranger est un arbre au port harmonieux et à la croissance rapide. Il a un aspect plutôt arrondi et parfois colonnaire. Les branches ont des feuilles vert foncé, ovales, coriaces et dentelées. Pétiole légèrement ailé. la fleur est Très parfumé, très parfumé, avec 5 pétales blancs recourbés. Les fruits sont généralement des baies rondes. Sa couleur et sa taille varient selon la race. La pulpe est divisée en quatre parties constituées de vésicules juteuses et de graines blanches dures. L'oranger est l'un des agrumes les plus répandus et les plus connus au monde. Il est d'origine sud-asiatique (**Esabelle, 2011**).



**Figure 1. 3: Oranger**

Source : (<https://www.journaldesfemmes.fr/jardin/encyclopedie-des-plantes/2406366-oranger/>)  
(15/04/2022)

### ✚ Usages

Les oranges peuvent être consommées telles quelles ou transformées en jus ou en confiture. Il est riche en vitamines (surtout en vitamine C) et en minéraux, et son jus est diurétique et laxatif. Les orangers sont utilisés dans les parfums car nous produisons à partir des Fleurs, l'essence de Néroli et à partir des feuilles et des jeunes pousses, l'essence de petit-grain (Esabelle, 2011).

### 6.3. Bigaradier (*Citrus aurantium L.*)

L'oranger amer est un bel arbuste épineux. Ses feuilles vert brillant ont une légère odeur et un goût amer. Ils sont ovales, subacuminés au sommet, ont des pétioles articulés et sont plus ou moins ailés. Ils mesurent environ 8 cm de longueur et 4 cm de large. Les Fleurs atteignent jusqu'à 25 mm, blanches, très parfumées. Le fruit, appelé Bigarade, est une baie jaune verdâtre ou rouge orangé avec des ponctuations bien distinctes à maturité. Le goût est acide et très amer, ce qui le rend impropre à la consommation. Origine Nord de l'Inde (Esabelle, 2011).



**Figure 1. 4: bigaradier**

Source : (<https://jaminex.com/oranger-amer-bigaradier/>)(15/04/2022)

### ✚ Usages

En phytothérapie, le fruit est utilisé pour faciliter la digestion et réduire les flatulences. En infusion, il devrait éliminer les maux de tête et faire baisser la fièvre.

Son jus stimule les défenses du système immunitaire. En occident, son huile essentielle est utilisée pour réguler le rythme cardiaque, calmer les palpitations, et favoriser le sommeil. Vous pouvez également utiliser de l'huile essentielle de néroli diluée pour un massage relaxant. Enfin, les huiles essentielles de néroli et de petit grain sont très utilisées en parfumerie (Esabelle, 2011).

#### 6.4. Pamplemoussier (*Citrus maxima* Burm)

Les pamplemoussiers sont généralement des arbustes épineux (ou des petits arbres). Ses feuilles sont grandes, alternant avec des pétioles très ailés en forme de cœur. Les fleurs qui apparaissent en avril sont blanc jaunâtre et parfumées. Le fruit du pamplemousse est une baie qui peut peser jusqu'à 8 kg sous les climats chauds et humides. La Peau très épaisse, lisse ou granuleuse, allant du jaune pâle au vert pâle. À l'intérieur du fruit se trouvent une pulpe en quartiers avec des vésicules juteuses jaune pâle, roses ou rouges. Il avait un goût de pamplemousse aigre-doux. Le pamplemousse est le plus gros agrume. Originaire d'Asie du Sud-Est (Esabelle, 2011).



Figure 1. 5: pamplemoussier.

Source : ([www.jardinet.fr/blog/tout-savoir-sur-le-pamplemoussier](http://www.jardinet.fr/blog/tout-savoir-sur-le-pamplemoussier)) (15/04/2022)

#### ✚ Usages

La pulpe du fruit est consommée dans le jus mais peut également intervenir dans l'élaboration de salades de fruits, confitures ou autres desserts. Parfois, l'écorce est consommée comme confite et les fleurs sont utilisées en parfumerie (Esabelle, 2011).

#### 6.5. Cédratier (*Citrus medica* L.)

C'est un arbre qui n'atteint jamais une grande taille (5 m max) et qui a environ 13 ans. Ils fleurissent au printemps. Les fleurs du cédratier sont simples, grandes, parfumées et visibles longtemps. Il a 5 pétales blancs à l'intérieur et contrastant avec le rose à l'extérieur. Le fruit, le cédrat, est une grosse "baie cortiquée", ovoïde, jaune-vert, aromatique, mamelonnée, à la surface très rugueuse. IL est d'origine nord-indienne (Esabelle, 2011).



**Figure 1. 6: cédratier.**

source : (<https://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/cedratier.php>)(15/4/2022)

#### **+ Usages**

D'un point de vue alimentaire, c'est la peau la plus épaisse du fruit qui est utilisée en confiture ou dans le système digestif (Cedratine). Le jus de citron a les propriétés les plus médicinales, dont la plus célèbre est son effet anti-absorption. Ce jus peut également être pris comme boisson diurétique et stimulante de la transpiration et serait recommandé pour soulager les rhumatismes. Dans les produits capillaires, le cédrat est utilisé pour redonner énergie, protection et brillance aux cheveux (**Esabelle, 2011**).

#### **6.6. Combava (*Citrus hystrix*DC)**

C'est un petit arbre souvent épineux aux feuilles vert-foncé à pétiole largement ailé. Les fleurs sont petites blanches, le fruit est une baie ronde, ont une écorce très grumelleuse à circonvolutions. La pulpe est légèrement succulente avec un goût acide et amer. Le fruit devient jaune à maturité. Ils sont cueillis verts, lorsque leur concentration en huiles essentielles est à son maximum. Il est d'origine de l'Indonésie (**Esabelle, 2011**).



**Figure 1. 7 : combava.**

Source : (<https://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/combava,1493.html>)(15/4/2022)



### ✚ Usages

Les écorces râpées sont mélangées avec des feuilles fraîches hachées pour accompagner les plats exotiques. A la Réunion, la sauce dite « Rougail » est parfumée au combava. Au Vietnam, de manière traditionnelle, l'eau de riz est mélangée avec combava pour un shampoing anti-poux. Enfin, dans les parfums, comme pour beaucoup d'agrumes, c'est le zeste du fruit qui est recyclée car Riche en huiles essentielles (**Esabelle, 2011**).

### 6.7.Mandarinier (*Citrus reticulata Blanco*)

C'est un arbre de tailles variables, mais qui se caractérise par son port dressé. la fleur est Petite et blanche en groupes.. Le fruit est une baie globuleuse et aplatie sur ses deux pôles. Le fruit est une baie sphérique à surface plane bipolaire. La peau est fine avec une couleur orange intense à maturité. A noter que Clémentine est parfois confondue avec Mandarine, un mélange de cette dernière et d'une orange. Origine d'Asie du Sud-Est (**Esabelle, 2011**).



**Figure 1. 8 : mandarinier.**

Source :(<https://naturealpha.skyrock.com/3266351762-Le-Mandarinier.html>) (15/04/2022)

### ✚ Usages

C'est un agrume très consommé en saison et peut être utilisé frais car il est facile à éplucher. En Floride, diverses mandarine sont congelées dans du concentré de jus. Il est particulièrement riche en vitamines C (40%) et A (10%) (**Esabelle, 2011**).

### 6.8. Pomélo (*Citrus paradisi*)

C'est un grand arbre aux feuilles ovales, larges et luisantes. les fleurs blanches apparaissent à l'aisselle des feuilles, porte des fruits en grappes. Quant aux fruits, appelés improprement pamplemousses, ils sont gros, avec une peau un peu épaisse et lisse, jaune ou rose à maturité. La pulpe est blanche ou rose, même Selon les variétés, le rouge est légèrement amer et acide (**Esabelle, 2011**).



**Figure 1. 9: pomélo.**

Source : (<https://chefsimon.com/articles/produits-le-pomelo>)(15/04/2022)

#### **✚ Usages**

Les fruits riches en vitamines peuvent être consommés frais en entrée ou en dessert. Il peut être pressé pour en extraire le jus Les croûtes amères sont utilisées pour aromatiser les sorbets, le chocolat amer et d'autres boissons.

En Australie, il est transformé en confiture. Enfin, l'industrie alimentaire extrait de la peau un édulcorant 1 500 fois plus sucré que le sucre blanc (**Esabelle, 2011**).

#### **6.9. Limettier (*Citrus aurantiifolia* Swingle)**

Cet arbuste mesure environ 6 mètres de haut. Chaque aisselle des feuilles porte 3 épines de 6 cm de long. Ceux-ci sont verts et coriaces, denté. Une fois broyées, elles dégagent une agréable odeur aromatique.

Les fleurs sont blanches ou rose pâle avec un arôme parfumé. Ils peuvent être seuls ou en groupes de 3 à 10. Le fruit, appelé citron vert est Baie, rond, à écorce lisse ou légèrement rugueuse .D'origine Sud Est Asiatique (**Esabelle, 2011**).



**Figure 1. 10: limettier.**

Source : (<https://www.aujardin.info/plantes/citrus-aurantifolia.php>) (15/04/2022)

### ✚ Usages

Les citrons verts non mûrs sont consommés pour aromatiser des plats ou des boissons. Ils peuvent également être utilisés dans les confitures, gelées ou autres desserts. Riche en vitamine C, Ce jus est un remède traditionnel Ou combattre la diarrhée. Essence de citron vert obtenue par distillation dans l'industrie alimentaire L'écorce est surtout utilisée pour aromatiser les aliments ou les desserts (**Esabelle, 2011**).

#### **6.10. Kumouat (*Fortunella margarita Swingle*):**

Le kumquat est un arbuste à croissance lente qui atteint une hauteur de 5 mètres. Les feuilles alternes sont vert foncé et brillantes, et les fleurs sont petites, blanches et très parfumées. Le fruit, ovale ou allongé, est une baie orange à La peau est lisse. Les kumquats peuvent être consommés entiers (écorce + pulpe), juteux, acidulés et très parfumés. Origine du sud de la Chine (**Esabelle, 2011**).



**Figure 1. 11: : kumouat.**

Source : (<https://www.cuisineaz.com/articles/kumquat-2447.aspx>)(15/04/2022)

### ✚ Usages

Le kumquat est consommé frais avec son écorce. Parfois, il est mis en conserve depuis la Chine ou Taïwan, pour l'exportation. Des confitures ou des fruits confits sont également confectionnés, sans exclure des préparations au vinaigre dans lesquelles sont rajoutées des épices (clou de girofle, cannelle...).(Esabelle, 2011).

### **7. Conclusion**

Les agrumes sont très appréciés pour leur goût; leur arôme et leurs nombreux bienfaits pour la santé. Ils sont une source de Composés nutritifs et fonctionnels (eau, protéines, sucre et minéraux, caroténoïdes, vitamine C, huiles essentielles et composés phénoliques).

Ces fruits ont retenu l'attention dans de nombreux pays en raison de leur importance économique, notamment les revenus considérables qu'ils en tirent d'une part et d'autre part

Les emplois qu'ils possèdent et les produits qu'ils exploitent Transformé en divers sous-produits (jus, confiture, marmeladade.gelée...)

# CHAPITRE 02 : INDUSTRIE ET TRANSFORMATION DES AGRUMES

## 1.Introduction

Dans de nombreux pays en développement, les pertes après récolte dépassent 30 %. Dans la plupart des cas, ils sont dus à l'inexistence ou à l'inadéquation Manipulation, stockage et transformation des aliments. Les technologies relatives à la transformation ainsi que le manque d'informations ou un savoir-faire inapproprié contribuent également au niveau atteint par ces pertes (Alzamora et al, 2004). La technologie de transformation des fruits vue comme une solution Idéal pour réduire ces pertes en produisant une variété de produits tels que Jus de fruits, confitures, confitures, gelées, sirops ou autres produits.

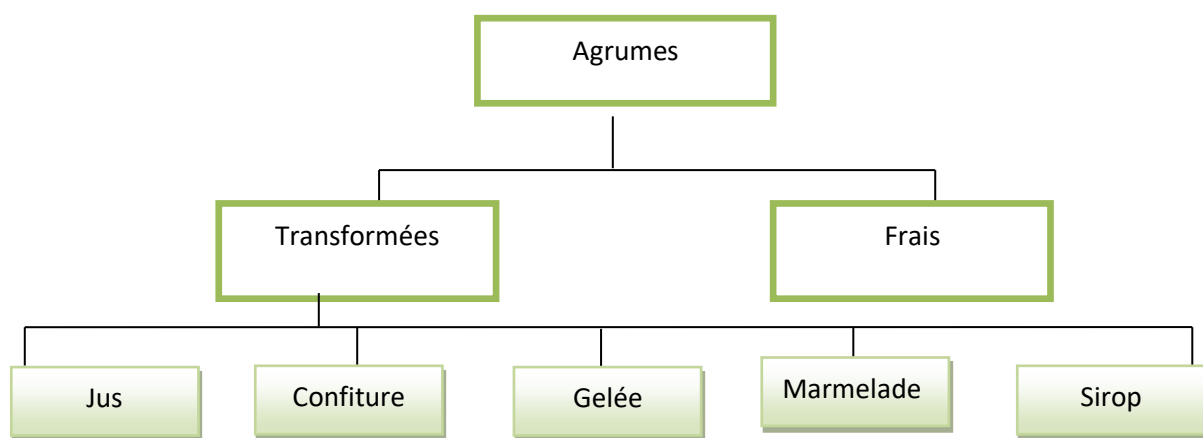


Figure 2.1:transformation des agrumes

## 2. Industrie de jus

### 2.1. Définition des jus

En 1896, Muller-Tourgay a l'idée d'obtenir des jus industriels (Benamara et Agougou, 2003). Le jus est un liquide non fermenté mais fermentescible (Codex stan, 2005) obtenu à partir de fruits mûrs sains, frais ou réfrigérés, ou un espèce ou plusieurs espèce en mélange de plusieurs. Il a la couleur, l'arôme et le goût caractéristiques du fruit produit. Il est obtenu par simple pressage des fruits suivi d'une pasteurisation (Bresco, et al., 2013). peut prendre du jus à partir de fruits, y compris qui ne sont pas habituellement incorporés dans le jus (Codex stan, 2005).

## **2.2. Classification des jus**

On distingue plusieurs types:

### **2.2.1. Jus naturels**

Les jus naturels sont des jus extraits de fruits sélectionnés sans ajout d'autres jus, sucres ou conservateurs, qui sont reconnus pour leur haute qualité (**Benamara et Agougou, 2003**).

### **2.2.2. Nectars**

Le nectar de fruits est obtenu en ajoutant de l'eau additionnée ou non de sucre et/ou d'édulcorants aux jus, purées de fruits ou mélanges de ces produits, qu'ils soient à base de concentré ou non (**Bresco et al. 2013**).

### **2.2.3. Boissons fruitées**

Les boissons aux fruits sont un mélange d'eau, de sucre et de fruits avec moins de 12 % d'eau. Dans certains nouveaux produits, l'eau est partiellement remplacée par du lait.

### **2.2.4. Jus gazéifiés**

Ils sont riches en dioxyde de carbone, ce qui augmente la valeur rafraichissante et alimentaire (**Benamara et Agougou, 2003**).

### **2.2.5. Jus fermentés**

Le jus fermenté est un jus obtenu par fermentation lactique et a une teneur en L'acide lactique est très important, d'une part parce qu'il joue un rôle déterminant dans la conservation du produit fini, et d'autre part parce qu'il concerne la qualité sensoriel du jus (**Bruleanu et Manea, 2006**).

### **2.2.6. Jus de fruit à base de concentré**

Le concentré de jus est obtenu en pressant le fruit, en le pasteurisant, puis en évaporant l'eau. Au moment de la mise en bouteille, le produit est reconstitué avec la même quantité d'eau qui a été extraite lors du processus de concentration. Cette concentration pour faciliter le stockage et le transport (**Bresco et al. 2013**).

## **2.3. Procèdes de fabrication de jus de fruits**

### **2.3.1. Préparation des fruits pour la transformation**

Au niveau industriel, pour rendre le fruit apte à la transformation, un certain nombre d'opérations de prétraitement sont nécessaires. L'ordre des opérations de prétraitement dépend de l'espèce et du mode de transformation sélectionné (**Nout et et al., 2003**).

- **Triage**

Ce fait dépend le degré de la maturité des fruits, de leur teinture, qui détermine en grande partie la qualité du jus. Le triage est indispensable pour éliminer les fruits de mauvaise qualité ainsi que les corps étrangers (feuilles, branchages, etc.) (Benamara et Agougou, 2003).



**Figure 2.2:triage**

Source: <https://www.agrimaroc.ma/conditionnement-des-agrumes-les-etapes/> (15/08/2022)

- **Lavage-Nettoyage**

Cette opération permet d'éliminer les pierres, les déchets de terre, les feuilles, certains micro-organismes de surface et les résidus de produits de traitement phytosanitaire. Cela peut être fait de différentes manières, par exemple par aspersion puis en trempant, etc. L'eau utilisée doit être la plus propre possible, potable et doit être renouvelée (NOUT, 2003)



**Figure2.3:lavage**

Source:<https://www.tecnovill.com/fr/producto.php?familia=TRATAMIENTO&numero=LAVEUSE%20DE%20FRUITS%20LF-25> (15/04/2022)



### 2.3.2. Traitements préalables de la matière première avant l'extraction

- **Broyage:**

Le processus mécanique agissant sur les tissus végétaux est la fragmentation. Le fruit est coupé en petits morceaux et, par conséquent, le jus s'écoule du tissu végétal. Il est important de considérer le type de matière première à concasser. Par exemple, les fruits à pépins et les tomates sont broyés avec les graines (Benamara et Agougou, 2003).

- **Traitement thermique:**

Lors du chauffage, la pectine coagule et se déshydrate. Les cellules perdent leur élasticité et la libération de jus devient plus facile. Les paramètres du procédé thermique (durée-température) dépendent du type de fruit, de la matière première et du degré de maturité (Benamara et Agougou, 2003).

- **Traitement enzymatique:**

Afin d'augmenter le rendement en jus et d'assurer un bon effet de pressurage, les morceaux de fruits sont traités avec des enzymes pectinolytiques. Ce processus est particulièrement nécessaire pour les fruits qui contiennent beaucoup de pectine et qui ont une viscosité élevée (Benamara et Agougou, 2003).

- **Traitement à l'ultrason:**

Le traitement se fait par ultrason qui provoque une rupture cellulaire. L'écoulement du jus traité est de 6 à 10 % supérieur à celui du produit non traité. De plus, le jus devient plus clair et plus coloré (Benamara et Agougou, 2003).

### 2.3.3. l'extraction du jus:

Cette opération a pour but d'extraire le jus du fruit pendant le tamisage de la pulpe (Nout, 2003). Le jus broyé peut être extrait par pressage, centrifugation, diffusion, etc. (Benamara et Agougou, 2003).

### 2.3.4. Pressurage

Le pressurage est la méthode de base la plus populaire dans l'industrie du jus. Après le traitement initial, le fruit est pressé pour extraire complètement le jus et maintenir sa qualité, les conditions suivantes sont recommandées lors le pressurage (Benamara et Agougou, 2003).

Avec emballage, tissus perméables au jus et retenant les particules solides.

- Utilisez une surface dure pour appliquer une pression sur les morceaux de fruits.
- Séparez le jus qui coule naturellement avant de presser.
- Réduit la qualité des fruits lors du pressurage.
- Pressurage continu.

### **2.3.5. Raffinage**

Son but est de séparer le pépin de la pulpe. Comme les tomates, il est fabriqué sur un filtre centrifuge après avoir chauffé la pulpe.une action enzymatique de l'hydrolyse Les polysaccharides facilitent cette opération mais enlèvent toute viscosité au jus. Ceci est particulièrement mauvais pour faire de la confiture ou de la marmelade (**Espiard, 2002**).

### **2.3.6. Traitements des jus**

#### **Clarification**

La clarification est effectuée pour donner à certains jus la clarté souhaitée par les consommateurs. Cette clarification est obtenue par l'action d'enzymes pectinolytiques, amylolytiques et protéolytiques suivie d'une d'ébourbage centrifuge, d'une clarification ou par filtration (**Espiard, 2002**).

#### **Désaération**

La désaération permet de réajuster l'oxygène introduit dans le jus lors de diverses opérations, car l'oxygène est nocif et peut entraîner une perte de vitamine C (**Claudian, 1986**).

#### **Pasteurisation**

La pasteurisation consiste à chauffer rapidement le jus à 95°C-97°C, à le maintenir à cette température pendant environ 12 secondes, puis à le refroidir tout aussi rapidement. Le but de la pasteurisation est d'éliminer la plupart des micro-organismes vivants du jus et d'inhiber l'action des enzymes susceptibles de provoquer des réactions chimiques indésirables (**Cheftel, 1986**).

#### **Concentration**

L'opération de concentration vise à éliminer environ 80% de l'eau du jus et est généralement réalisée en évaporant la majeure partie de l'eau sous vide pendant 5 à 7 minutes à des températures n'atteignant pas 30°C (**Vasseneix, 2003**).

### ✚ Refroidissement et conditionnement:

Le refroidissement du produit est lié au type d'emballage et au mode de conservation souhaité.

Il existe en fait trois processus distincts:

- ✚ Conditionnement dit stérile le jus est placé dans un emballage primaire chaud et au plus proche de la température de pasteurisation, Préchauffer l'emballage. Il est ensuite serti et l'ensemble subit une pasteurisation de sécurité (**Espiard, 2002**).
- ✚ Dans des conditionnements dits aseptiques ou pour congélation, les jus sont refroidis immédiatement après pasteurisation puis conditionnés dans des conditionnements aseptiques au choix (**Espiard, 2002**).
- ✚ Les produits pasteurisés et refroidis peuvent être stockés dans des cuves stériles sous atmosphère de gaz neutre, de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) ou d'azote, Cependant, le produit doit être à nouveau pasteurisé avant de pouvoir être commercialisé (**Espiard, 2002**).

## 3. Industrie de confiture, marmalade, gelée, sirop

### 3.1. Confiture

#### 3.1.1. Définition des confitures

Selon le Codex Alimentarius (**CODEX Stan 296-2009**), les confitures sont : « Les produits fabriqués à partir de fruits entiers ou en tranches, de pulpe et/ou de purée Concentré ou non concentré d'un ou plusieurs fruits, mélangé à un produit alimentaire pour lui conférer un goût sucré, avec ou sans eau, jusqu'à l'obtention d'une consistance suffisante".

La définition de la confiture proposée par l'UE est la suivante: "C'est un produit composé exclusivement de sucre cristallisé raffiné ou blanc, et de fruits frais ou de jus ou de pulpe, non conservés à sec" (**Brat et Cuq, vol. 2007**).

#### 3.1.2. Valeur nutritionnelle des confitures:

Les propriétés nutritionnelles des confitures varient selon la nature du fruit utilisé (**Sakho, 2009**). Dans la réalisation de la confiture, le choix du fruit est primordial, ce qui déterminera sa qualité (**Sofia, 2002**).

Les principaux ingrédients de la confiture sont les fruits et le sucre. Ces deux composés ont des rôles importants dans l'alimentation des adultes et des enfants, notamment lors du premier repas de la journée (petit-déjeuner). Le sucre constitue la part la plus importante de la valeur énergétique de cet aliment: 63 - 70 %. Sa digestion est facilitée par une enzyme appelée

saccharase (sécrétée par le suc gastrique qui transforme le saccharose en glucose et fructose) (Monrose, 2009).

Les fruits apportent 10-15 % des fibres, des minéraux, des vitamines, des polyphénols et des caroténoïdes, des éléments essentiels pour notre santé. 100 grammes de confiture apportent 260/ 285 calories (Kasse, 2014).

### **3.1.3. Types de confitures :**

Selon (André 2012), il existe plusieurs types :

- **La confiture proprement dite**

Un mélange d'un ou plusieurs fruits et d'eau, de sucre, de pulpe et/ou de purée, avec une consistance de gel appropriée. Il doit contenir au moins 55% de sucre et 35% de fruits, certains fruits encore moins.

- **La confiture extra**

Un mélange de sucres et de pulpe d'une ou de plusieurs espèces de fruits et d'eau. Elle doit contenir au moins 45%. Certains fruits en contiennent encore moins.

- **La gelée**

Un mélange bien gélatinisé de sucre et de jus et/ou d'extrait aqueux d'un ou plusieurs fruits. Quantité de jus et/L'extrait ou l'extrait aqueux utilisé ne doit pas être inférieur à la quantité spécifiée pour la fabrication de confiture (35 %), et la gelée ajoutée ne doit pas être inférieure à la quantité spécifiée pour la fabrication de confiture spéciale (45 %).

- **La marmelade**

Un mélange d'eau, sucres, et d'un ou plusieurs produits obtenus à partir d'agrumes: pulpes, purées, jus, extraits aqueux et écorces. La quantité d'agrumes minimale est de 20 %.

### **3.1.4. Constituants**

- **Fruit**

C'est la matière première utilisée pour fabriquer les confitures, c'est elle qui donne aux confitures sa couleur et sa saveur unique, et la connaissance de ses ingrédients est essentielle pour faire de bonnes confitures. Les fruits sont généralement composés de 70% à 90% d'eau et de sels minéraux, de 10% à 15% de glucides (saccharose, fructose et glucose), d'acides

organiques (citrique, malique et tartrique), de vitamines, de lipides, de protéines et de composition de gel de fruits (Moyles et al., 1962).

➤ **Glucides**

Le sucre le plus couramment utilisé est le sucre de canne ou de betterave granulé (saccharose) avec de gros cristaux. Avec la chaleur et l'acidité des fruits, 35 à 40 % du saccharose de la confiture est converti en sucre inverti, empêchant la confiture de cristalliser. D'autres glucides tels que le fructose, la cassonade, le sirop de glucose, le sirop de fructose et le miel peuvent être utilisés (Multon, 1992). Les glucides ont trois fonctions principales:

- ✚ Agent de sapidité: Les glucides contribuent au goût (en synergie avec les acidifiants).
- ✚ Épaississants (texturant): Les glucides donnent une certaine consistance au produit.
- ✚ Préservation en réduisant l'activité de l'eau.

➤ **Pectines**

La pectine est un polysaccharide à longue chaîne qui peut contenir jusqu'à des centaines de monomères d'acide galacturonique dont les groupes fonctionnels carboxyle (-COOH) peuvent être estérifiés au méthyle. Le degré d'estérification méthylique « DE » est défini comme le rapport de l'acide galacturonique méthylestérifié au nombre total d'acides galacturoniques. La pectine « LM » faiblement estérifiée en méthyle a un DE inférieur à 50 % ; la pectine « HM » fortement estérifiée en méthyle est supérieure à 50 %. Cette propriété affecte fortement la capacité des chaînes de pectine à se gélifier en créant des liaisons hydrophobes intermoléculaires (Brat et Cuq, 2007; Belitz et al., 2009; Tilly, 2010).

Cependant, la qualité et la quantité de pectine varient d'un fruit à l'autre selon les conditions de

développement et leur maturité.. Pour cela, de la pectine commerciale est généralement ajoutée pour obtenir une confiture homogène et favoriser la gélification.

➤ **Acides organiques:**

L'acidité du fruit est un facteur important affectant la saveur de la confiture. Les principaux acides rencontrés sont l'acide malique, l'acide tartrique, l'acide succinique et l'acide citrique. Cependant, la plupart des fruits ne contiennent pas assez d'acide pour gélifier la confiture. selon le fruit, l'ajout de différentes quantités d'acide, comme l'acide citrique, est essentiel e variable pour renforcer l'acidité et améliorer la saveur. Ces acides empêchent le

développement des micro-organismes et permettent la transformation du saccharose et la coagulation (formation de gel) de la pectine en solution (**Latrasse, 1986**).

➤ **Autre additifs**

▪ **Les conservateurs**

Des substances peuvent prolonger la durée de conservation des aliments en les protégeant des altérations dues aux microorganismes. Les sorbates sont les plus utilisés dans l'industrie des confitures, autorisés par la commission de Codex Alimentarius.

▪ **Les colorants**

Ils ajoutent ou redonnent de la couleur à des denrées alimentaires, ils compensent la perte de couleur qui se produit lors de la production

▪ **Antimoussants**

Des substances empêchent ou limitent la formation de mousse. Le polydiméthylsiloxane est un agent antimoussant autorisé par la commission de Codex Alimentarius à condition qu'il ne dépasse pas 10mg/kg.

### **3.1.5. Les étapes de fabrication de la confiture**

Lors de la fabrication de confitures, l'utilisation d'ingrédients de fruits (exprimée en pourcentage du produit fini) généralement ne soit pas inférieure à 45 % (**CODEX Stan 296-2009**).

La confiture est le résultat de la gélification de la pectine de fruits et du sucre lors de la cuisson. En effet, les confitures doivent contenir au moins 60 % de matière sèche, dont 55 % de sucre, et avoir un pH inférieur à 3,5 pour une meilleure gélification (**Brat et Cug, 2007A**).

➤ **Préparation des fruits frais**

▪ **Triage**

Les fruits doivent être lavés pour éliminer les particules de terre et de matière végétale non comestibles, non conservables ou qui ne correspondent pas à la demande commerciale (**Mazollier et Scandalla, 1999**), cité dans (**belloul et bellouz, 2015**).

▪ **Lavage**

Le lavage à l'eau potable a pour but d'éliminer les particules étrangères, mais aussi d'éliminer les résidus superficiels du produit traité et d'éliminer la contamination microbienne naturelle

**(Raoulte, 1987), en (Belloul et Bellouz, 2015).**

➤ **Cuisson**

C'est l'étape de base pour faire de la confiture. Deux méthodes de cuisson peuvent être utilisées, la première est la méthode de cuisson atmosphérique, c'est-à-dire chauffer un mélange de fruits et de sucre dans une casserole pour favoriser l'évaporation de l'eau; la deuxième méthode consiste à faire bouillir à la température et à la pression appropriées ou sous vide

**(Biton, 2002) cité dans (Belloul et Bellouz, 2015).**

➤ **Conditionnement**

Les emballages sont constitués de contenants remplis à chaud (métal ou verre) pour assurer l'auto-pasteurisation du contenu et éviter la recontamination par les moisissures ou les levures. Les récipients doivent être fermés et étiquetés, Fournir aux consommateurs les informations nécessaires sur le produit (date de fabrication et date de péremption, nom commercial) **(Codex Alimentarius, 2009).**

➤ **Sertissage**

Il s'agit de refermer la boîte après l'avoir remplie de confiture. La vitesse de la sertisseuse est proportionnelle à la vitesse de remplissage. À la sortie de la sertisseuse, un dateur inscrit sur la surface: la date de fabrication, péremption, l'heure de sortie du produit et le numéro du lot.

➤ **Refroidissement**

Il doit être refroidi immédiatement après le conditionnement pour éviter la dégradation thermique de la pectine. Cela peut se faire par immersion dans de l'eau froide ou par aspersion d'eau froide **(Belloul et Bellouz, 2015).**

➤ **Etiquetage**

L'étiquetage est l'étape qui permet de s'assurer que le produit est correctement présenté, il doit Inclure plusieurs déclarations qui garantissent et fournissent aux consommateurs toutes les informations nécessaires sur le produit,comme par exemple, le nom commercial et l'adresse,la dénomination de vente,le poids net,la composition,la date defabrication ainsi quela date limite d'utilisation optimale **(Codexalimentaire,2009).**

### **3.2.Marmelade**

La préparation d'une marmelade est fondamentalement la même chose que celle de la confiture. En raison de l'utilisation d'agrumes, il peut y avoir des étapes supplémentaires telles que l'épluchage des fruits, mais la cuisson est généralement similaire. La texture de la marmelade est généralement plus épaisse que celle de la confiture, avec des Morceaux de fruits qui ne sont pas encore complètement gélatinisés, mais cela peut dépendre de la méthode utilisée (<https://les-differences.com/difference-confiture-marmelade/>)

### **3.3.Gelée**

La gelée est fabriquée de la même manière que la confiture, mais le fruit est d'abord filtré afin qu'il ne reste que le jus pendant la cuisson. Cela explique sa texture plus homogène que la confiture ou la marmelade (<https://les-differences.com/difference-confiture-marmelade/>)

### **3.4. Sirop**

La préparation des sirops d'après (**Djennad et Izouaouen2008**), s'effectue au niveau de la siroperie en suivant les étapes suivantes :

- ✓ Le pesage, la dissolution des ingrédients et les arômes ce font dans les mineurs ingrédients.
- ✓ Lancement de la préparation automatiquement en choisissant la cuve de reconstitution.
- ✓ Le sirop, les ingrédients et l'eau pour le conditionnement seront envoyés au réservoir de mélange
- ✓ Une fois la préparation terminée, vient l'ajustement du Brix de la préparation.
- ✓ Échantillonnez et mesurez le Brix, l'acidité et le pH du sirop pour vérifier le processus de preparation. Une fois le sirop répond aux exigences des normes physico-chimiques (pH, acidité titrable, Brix et CO<sub>2</sub>) et organoleptiques (goût et couleur), il est transféré à la station de conditionnement

Le sirop de fruits est fabriqué de la même manière que la gelée, mais avec plus de sucre (environ 20 à 30 % de sucre en plus) ajouté pendant la cuisson. Le temps de cuisson a également été écourté, ce qui évite à la préparation de trop épaissir et lui donne un aspect plus liquide (<https://les-differences.com/difference-confiture-marmelade/>)

## **4. Conclusion :**

Les agrumes représentent actuellement le deuxième commerce de produits végétaux au monde. Cependant, les déchets issus de ces transformations, principalement des écorces, sont



souvent jetés. Ces derniers peuvent apporter des composés aux propriétés biologiques importantes, notamment les huiles essentielles, Polyphénols, polysaccharides et pectines.

L'industrie de la consommation et de la transformation des agrumes produit de nombreux sous-produits tels que la peau, la pulpe et les graines. Ces derniers représentent 45 à 60 % de tous les fruits sont généralement jetés dans la nature. à l'intérieur Dans la transformation des agrumes, la peau est le principal sous-produit et, si elle n'est pas transformée, elle causera une pollution de l'environnement. L'écorce est utilisée pour l'alimentation animale, la mélasse pour les fibres (pectine) et faire du carburant. Des études récentes ont montré que ces écorces sont une source de composés bioactifs.

Ils sont riches en composés phytochimiques comme la vitamine C et les composés phénoliques, en particulier les flavonoïdes et les huiles essentielles. Ce dernier est le composé le plus important car il a de multiples effets biologiques, tels que antibactérien, antifongique, anti-inflammatoire.

De nombreuses études ont montré que les déchets de l'industrie alimentaire Considéré comme une source de produits précieux et de nouvelles matières premières pour de nombreuses industries. Aujourd'hui, le concept de "la valorisation des produits agricoles» est un sujet de recherche très brûlant dans de nombreux pays. De nombreuses études explorent actuellement de nouvelles possibilités moyens d'augmenter la valeur des produits et sous-produits, les transformant ainsi en Peut être incorporé dans divers aliments, cosmétiques et Médicaments, tels que les suppléments organiques et énergétiques.

**CHAPITRE 03 :**  
**VALORISATION DES SOUS-**  
**PRODUITS DE L'INDUSTRIE**  
**DES AGRUMES**

## **1. Introduction**

Les agrumes sont soit consommés directement, soit transformés en jus, confitures et autres produits de consommation. L'industrie de transformation des agrumes, comme le jus, produit de grandes quantités de déchets qui sont rejetés dans la nature sans aucun traitement (**Kim et al, 2004**). Ces déchets posent de sérieux problèmes à l'environnement. Cette dernière peut être évaluée en extrayant des produits valorisables tels que: les composés phénoliques, les huiles essentielles, la pectine, etc. (**Bicu et al, 2011**). L'écorce est la principale fraction de déchet, représentant environ la moitié de la masse du fruit, et a été largement étudiée pour sa richesse en nombreux composés bioactifs (**Boukroufa et al, 2015 ; Jabri Karoui et al., 2013 ; M'hiri et al. , 2016 ; Mumtaz khan et al., 2012 ; Ajikumaran et al., 2017**).

## **2. Cadre réglementaire lié à l'utilisation de sous-produits de fruits**

Compte tenu de la variété des noms utilisés pour nommer les résidus obtenus après transformation des fruits et des processus impliqués, il semble important de proposer quelques définitions.

Loi n° **01 - 19** du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets. La présente loi a pour objet de fixer les modalités de la gestion, de contrôle et de traitement des déchets.

Dans la réglementation algérienne nous n'avons pas trouvé de documentation sur les lois de la valorisation des sous produits d'agrumes pour cela nous avons aissé d'expliquer avec la loi européenne.

Dans l'article 5, la même directive, définit aussi les sous-produits :

- **Sous-produit** – Une substance ou un objet issu d'un processus de production dont le but premier n'est pas la production dudit bien peut être considéré comme un sous-produit et non comme un déchet au sens de l'article 3 que si les conditions suivantes sont remplies:
  - ✓ l'utilisation ultérieure de la substance ou de l'objet est certaine;
  - ✓ la substance ou l'objet peut être utilisé directement sans traitement supplémentaire autre que les pratiques industrielles courantes;
  - ✓ la substance ou l'objet est produit en faisant partie intégrante d'un processus de production;

- ✓ l'utilisation ultérieure est légale, c'est-à-dire que la substance ou l'objet répond à toutes les prescriptions pertinentes relatives au produit, à l'environnement et à la protection de la santé prévues pour l'utilisation spécifique et n'aura pas d'incidences globales nocives pour l'environnement ou la santé humaine (**Link et al, 2010**).

### **3. Directions de valorisation de résidus des agrumes**

En réponse aux préoccupations environnementales concernant la valorisation de sous produits d'agrumes, l'industrie de la transformation des fruits est souvent confrontée à un certain nombre de solutions :

- **L'alimentation animale**
- **Epandage et compostage.**
- **Récupération de différents constituants**

#### **3.1. Valorisation dans l'alimentation animale**

Les sous-produits d'agrumes peuvent également être utilisés comme aliments pour animaux. En effet, ils sont utilisés dans l'alimentation du bétail sous leur forme brute ou transformés en mélasse.

Diverses études ont été menées pour déterminer les effets de l'ajout de résidus d'agrumes à l'alimentation animale.

La pulpe d'agrumes séchée ne doit être utilisée que chez les ruminants. Pour les vaches laitières, plusieurs auteurs ont constaté que la production et la qualité du lait ne changeaient pas lorsque la pulpe sèche d'agrumes était remplacée par du maïs-grain ou de la luzerne déshydratée (**Laneza et al, 2009**).

La pulpe d'agrumes séchée est également utilisée chez les bovins et les ovins aux stades de croissance ou de finition. Les résultats d'essais sur des bovins ont montré que la pulpe d'agrumes offrait un gain de poids, une efficacité alimentaire et une qualité de carcasse comparables à ceux du maïs ou de l'orge (**Laneza et al, 2009**).

Les auteurs ont testé trois (03) béliers avec intubation ruminale pour déterminer la dégradabilité de la pulpe d'agrumes déshydratée par la méthode des sachet en nylon. Les auteurs ont constaté que le taux de dégradation théorique de la matière sèche (MS) et de la matière azotée totale (MAT) était de 81%. et 74,2 % (**Doi T et al, 2010**).

Des essais comparant la valeur alimentaire de la pulpe d'agrumes séchée et de la pulpe de betterave séchée chez les agneaux d'engraissement ont conclu que lorsqu'ils étaient mélangés à 40 % dans l'alimentation de base, les deux aliments présentaient une Comparabilité (**Doi et al, 2010**).

Le niveau optimal d'incorporation dépend non seulement du type d'animal, mais aussi de la nature des autres composants de l'alimentation (fourrage, source d'amidon, source d'azote). La pulpe d'agrumes séchée ne doit pas dépasser 4% dans l'alimentation Animaux d'engraissement et vaches équivalent à 3 kg/jour (**Laneza et al, 2009**).

### **3.2. Valorisation par épandage et compostage**

L'épandage et le compostage reposent sur le recyclage des eaux usées ou des éléments fertilisants contenus dans les produits épandus en agriculture.

Les plantes cultivées absorbent les éléments minéraux du sol pour développer leurs tissus. Certains de ces éléments sont exportés par la récolte (ou en étant défrichés par les animaux de ferme lors du pâturage). Pour éviter une baisse de la fécondité, ces D'exportations d'éléments minéraux doivent être compensées pour des apports minéraux au moins équivalents. La minéralisation peut se produire sous forme d'apport minéral ou par apport de matière organique.

Dans ce dernier cas, une étude doit être réalisée afin d'organiser et de prévoir l'ensemble des besoins liés au recyclage agricole. Cette étude comprend les phases suivantes:

- ✓ Diffuser la connaissance des produits.
- ✓ Recensement des terres agricoles et caractéristiques des sols.
- ✓ Déterminer l'aptitude des sols à la décontamination agronomique des produits.
- ✓ Calculez les doses pour différentes cultures.
- ✓ Vérifier que le périmètre est suffisant pour les besoins de décontamination.
- ✓ Définition des équipements nécessaires ou utiles à fournir.
- ✓ Obtenir des références sur les sols, les plans d'eau, les produits.
- ✓ Recommandations pour les programmes de surveillance et de contrôle (**Moletta, R, 2009**).

Les résidus de fruits peuvent être utilisés directement comme engrais par épandage, mais il faut noter que si cette activité n'est pas suffisamment contrôlée, il existe certains risques liés à l'excès d'éléments minéraux, qui peuvent entraîner:

- ✓ Forte perturbation de la flore actuelle.

- ✓ Il y a un déséquilibre des minéraux dans le sol.
- ✓ Accumulation de minéraux et de métaux lourds dans le sol

Contrairement à l'épandage, le compostage est un processus aérobie impliquant plusieurs étapes au cours desquelles des micro-organismes thermophiles (la température optimale de développement autour de 50°C) convertissent la matière organique en un produit stable semblable à un sol. Le matériel végétal utilisé pour le compostage doit être pressé ou séché naturellement pour réduire le stade initial de la teneur en humidité (de 80-90 % à 50-60 %). La neutralisation du pH normalement acide est aussi nécessaire (**Schaub et al, 2009**).

Le compostage permet de réduire de 40 % le volume des sous-produits organiques. De plus, les températures atteintes (40-70°C) ont tué la plupart des pathogènes.

Plusieurs schémas de compostage plus ou moins complexes peuvent être réalisés. On distingue:

- **Compostage lent** réalisé en zone de fermentation ou en zone de maturation.
- **Lecompostage accéléré** est réalisé dans un bioréacteur rotatif, dans un tour de fermentation ou dans une cellule horizontale de fermentation (**Koller, 2009**).

### **3.3. Valorisation sous forme de biomasse et d'agro carburants**

#### **3.3.1. Obtention de la biomasse**

Certains types de micro-organismes, en particulier les levures, peuvent utiliser des sucres solubles et des acides organiques pour produire une biomasse à haute teneur en protéines.

Les levures sont des micro-organismes courants qui se développent facilement sur les résidus végétaux. Par exemple, les résidus récupérés d'agrumes sont souvent colonisés par des levures mésophiles (la température optimale de développement se situe autour de 25-40°C) (**Van Heerden et al, 2009**).

Srilatha et al ont proposé d'inoculer des levures ou des champignons avant le traitement aérobie pour réduire la teneur en acides organiques du marc d'orange. Après la production d'acide anaérobie, la levure *Candida utilis* a été sélectionnée pour être cultivée dans les eaux usées concentrées de l'industrie de transformation des fruits (**Srilatha et al, 1995**).

#### **3.3.2. Obtention des agro carburants**

Les écorces d'agrumes sont riches en sucres, ce qui les rend également utiles pour la production de biocarburants (éthanol), le biogaz, obtenu par hydrolyse enzymatique puis fermenté à l'aide de *Saccharomyces cerevisiae*. Ce processus nécessite initialement

l'élimination du D-limonène des écorces d'agrumes car il est extrêmement toxique pour l'activité biologique des micro-organismes et inhibe le processus de digestion anaérobie. Le limonène récupéré est ensuite utilisé dans une variété d'applications comme il a été décrit précédemment (**Wilkinset al, 2007**).

### **3.3.3.Obtention du bioéthanol :**

Généralement, le bioéthanol est produit à partir de matières premières riches en saccharose (betterave, canne à sucre) ou en amidon (blé, maïs, orge) ou à partir de biomasse lignocellulosique constituée de macromolécules oxygénées de nature Glucidique (bois, paille, bagasse). Le processus de production comporte plusieurs étapes qui assurent la conversion de la matière première en bioéthanol, dont l'hydrolyse (acide et/ou enzymatique) et la fermentation sont les plus importantes (**Balat et al, 2008**).

En plus des matériaux mentionnés, il y a d'autres sources végétales riches en sucre telles que les fruits et les résidus de fruits peuvent également être utilisées pour obtenir du bioéthanol.

Par conséquent, **Patle et al** ont utilisé des résidus de différents fruits (pommes, oranges, mangues, ananas) comme substrats pour la production de bioéthanol (**Patle et al, 2007**).

**Sharma et al** ont conclu que les résidus d'orange kinonow (un hybride de mandarine et d'orange amère) combiné avec des pelures de banane peut former un bon substrat par fermentation pour produire du bioéthanol (**Sharma et al, 2007**).

Plusieurs autres études visaient à obtenir du bioéthanol en présence de résidus d'orange ou de produits obtenus à partir de ces résidus (**Grohmann et al ,1994 ; Wilkins et al ,2007**).

L'une de ces études a montré que la présence d'huile d'écorce d'orange dans le milieu de fermentation inhibait la production de bioéthanol en raison de leur forte teneur en limonène (**Grohmann et al, 2007**). Une autre étude a montré que la fermentation induite par *Saccharomyces cerevisiae* et *Kluyveromyces marxianus* était inhibée par l'huile d'écorce d'orange (**Wilkins et al ,2007**).

## **3.4. Valorisation dans l'industrie alimentaire**

### **3.4.1. Obtention d'une huile essentielle**

Huile essentielle est un produit obtenu à partir de matières premières végétales, obtenu par entraînement à la vapeur d'eau ou par traitement mécanique à partir d'écorces d'agrumes ou par distillation sèche. L'huile essentielle est ensuite séparée de la phase aqueuse par les procédés physiques des deux premiers modes d'acquisition ; elle peut être soumise à des

traitements physiques n'entraînant pas de modifications significatives de sa composition (par exemple, redistillation, aération,.....) (**Brunton, 2005**).

L'huile essentielle d'agrumes fait partie des produits commerciaux à haute valeur ajoutée. Elles sont obtenues à partir de fleurs, d'écorces, de feuilles et de fruits.

Actuellement, l'HE représente un outil très intéressant pour prolonger la durée de conservation des produits alimentaires. Ces substances naturelles riches en composés antibactériens et antioxydants sont considérées comme des alternatives importantes pour la résolution de problèmes.

Problèmes de détérioration post-récolte liés à la moisissure et évitement de perte de qualité et de quantité de fruits pendant le stockage.

### **3.4.1.1. Méthodes d'extraction**

#### **a. Distillation**

L'hydrodistillation consiste à distiller des composés par distillation à la vapeur. C'est une méthode largement utilisée pour extraire les huiles essentielles.

#### **b. Expression à froid**

Les huiles essentielles d'agrumes est extraite exclusivement par un procédé de pression à froid, qui consiste à casser les parois des poches d'huile ; cette essence est ensuite emportée par un courant d'eau froide. Forme une émulsion composée d'eau et d'essence. L'essence est ensuite séparée par décantation. Le fruit entier ou seulement la peau est transformé selon diverses techniques manuelles ou mécaniques (**Belaïche, 1979 ; Ferhat et al, 2010**).

#### **c. Extraction par solvant organique**

C'est une méthode d'extraction solide-liquide qui consiste à séparés, en contact avec un solvant approprié à une température donnée pendant un temps plus au moins longue et sous une agitation (**Kaloustian, 2012**). La Séparation de solvants mélangée avec les huiles essentielles sont fabriquées par filtrage. Les huiles essentielles sont récupérées ensuite le solvant est éliminer par distillation.

#### **d. Autres méthodes d'extraction**

Les méthodes de distillation comprennent la distillation à la vapeur et la distillation par hydrogénation sont Le plus important aujourd'hui pour d'obtenir des huiles essentielles à



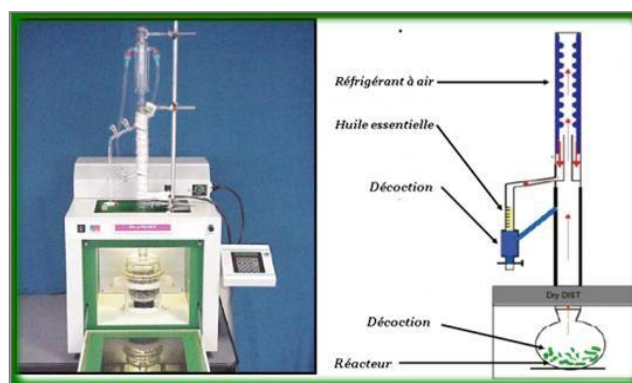
partir de plantes (**Baker et al. 2000 ; Kulisic et al, 2004**). Néanmoins, d'autres techniques ont été développées:

- **Extraction par les fluides supercritiques**

La haute sélectivité des fluides supercritiques, associée à la faible polarité et au faible poids moléculaire des composés les plus importants dans les composants volatils, permet l'utilisation de basses températures et de basses pressions (Bicchi, 2000). C'est pourquoi cette technique est recommandée pour extraire les huiles essentielles afin de ne pas les altérer. L'originalité de la technologie réside dans le solvant utilisé, le CO<sub>2</sub> supercritique (à l'état supercritique, c'est-à-dire à T=31°C et P=73bars, le CO<sub>2</sub> a un bon pouvoir d'extraction). C'est le gaz le plus couramment utilisé car il est ininflammable, non corrosif, peu coûteux et généralement sans danger. (En raison de la basse température, son utilisation minimise la possibilité d'hydrolyse et d'isomérisation lors de l'extraction) (**Rozzi et al., 2002 ; Fella et al., 2006 ; de Souza et al., 2008**).

- **Extraction assistée par micro-ondes**

L'extraction assistée par micro-ondes est une technique récemment développée conçue pour réduire le temps d'extraction, réduire la consommation de solvant, augmenter les rendements d'extraction et améliorer la qualité de l'extrait. Le rayonnement micro-ondes chauffe l'eau naturellement présente dans le matériel végétal. Cet échauffement, en évaporant l'eau des glandes sécrétoires, crée une pression à l'intérieur de celles-ci, brisant les parois végétales, ce qui libère de l'huile.



**Figure 3. 1: Disposition d'extraction assistée par micro-ondes.**

Source : Boutamani.M.2013

▪ **Extraction par ultrasons**

L'extraction de composés biologiquement actifs par sonication (20-100 kHz) est une technique émergente qui offre une grande reproductibilité dans un court laps de temps, trois fois plus rapide que la simple extraction par solvant. Il est facile à mettre en œuvre et consomme peu de solvant et d'énergie (**Chemat et al, 2008**). En effet, la matière première est immergée dans de l'eau ou un solvant tout en étant soumise à des ondes ultrasonores. La technique peut être utilisée pour extraire des composés aromatiques ou des extraits de plantes, mais est principalement utilisée pour extraire certaines molécules d'intérêt thérapeutique.

**3.4.2. Pâte d'orange**

La pâte d'orange est une excellente base naturelle pour aromatiser et colorer les aliments. Sa pectine riche assure une stabilisation de la turbidité pour les boissons rafraîchissantes et les sirops d'orange. Il contient un grand pourcentage de substances bénéfiques pour le corps, telles que l'acide ascorbique et les flavonoïdes. Braverman et Levi ont décrit la préparation de la pâte d'oranges. Des oranges entières ou écorces pelures, ou des proportions variables de jus, de écorce et de pulpe sont décomposées mécaniquement et transformées en une fine pâte colloïdale par broyage.

Dans certains cas, l'écorce est cuite dans des pots en acier inoxydable à double paroi pour la ramollir avant le broyage. En fait, la préparation et les ingrédients de la pâte d'orange varient d'une usine à l'autre. On peut commencer avec une orange entière, supporter une forte pression de vapeur et décompresser d'un coup pour faire éclater le tissu. Soit on utilise des déchets de production de jus: pulpe et écorce, aux quels on ajoute du jus ou de l'eau pour donner à la préparation un écoulement satisfaisant (**Schwob et al, 1965**).

**3.5. Autres utilisations de sous-produits de l'industrie de fruits**

La cellulose est également utilisée dans la production de pâte ou comme matière première pour les dérivés de cellulose. Les écorces d'agrumes sont également utilisées dans des réactions biochimiques, telles que la production de plastiques biodégradables par la copolymérisation du limonène extrait des écorces d'agrumes avec du dioxyde de carbone.

L'extrait naturel d'écorce fait également partie des matières premières utilisées dans l'industrie pharmaceutique pour préparer médicaments, savons, parfums et autres cosmétiques. De plus, les écorces d'agrumes sont riches en limonène, qui peut être utilisé pour formuler des solvants industriels et peut également être utilisé comme solvant biologique. Le linalol et le citral, extraits des écorces de pamplemousse et d'orange, ont des effets antibactériens sur

Campylobacter jejuni, Escherichia coli, Listeria monocytogenes et Bacillus cereus. Le citral est un composé également actif contre Penicillium digitorum et Aspergillus niger. Pour ces raisons, les huiles essentielles peuvent être utilisées comme alternative aux fongicides synthétiques.

### **3.5.1. Pectines**

Les pectines sont des polyglycosides complexes qui composent les parois cellulaires de la plupart des plantes supérieures. On les trouve principalement dans la lamelle moyenne et la paroi primaire (**Donato, 2004**)

La pectine est une substance d'origine végétale. Ce sont des polysaccharides complexes, principalement présents dans la lamelle moyenne et la paroi primaire des végétaux supérieurs. La pectine (E440) est un polysaccharide Il est principalement composé de liaisons  $\alpha(1-4)$  de l'acide D-galacturonique qui peut être estérifié par le méthanol ou l'amide. Le nombre d'estérification et d'amidation est défini comme le nombre de fonctions carboxyles méthylées et amidées pour cent unités d'acide Acide galacturonique. La pectine est couramment extraite des sous-produits de la production de jus de citron et de pomme (**Gharsalla oui, 2008**).

### **3.5.2. Extraction**

L'extraction de la pectine comporte plusieurs étapes. Tout d'abord, l'écorce hachée est rincée à l'eau froide pour enlever la matière Colorants, picrosides, sucres résiduels et acides. Le traitement dans l'eau froide implique en fait plusieurs lavages et peut être remplacée par un traitement à l'alcool, plus efficace et plus coûteux. L'écorce est ensuite plongée dans un bain d'eau bouillante et son pH est abaissé à 2 par addition d'acide chlorhydrique ou sulfurique.

Cette température élevée, la pectinase est inactivée et la propectine est convertie en pectine soluble. Des précautions doivent être prises pour éviter la dégradation de la pectine. Nous effectuons donc souvent des extractions multiples dans des conditions de température acides et plus douces. L'extrait est ensuite concentré à une teneur en pectine de 3% à 4% et filtré. Cela facilitera la filtration de la solution En ajoutant de l'infusion, le sol devient très visqueux. La pectine est précipitée de sa solution par addition d'alcool ou d'acétone à une concentration de 50% à 70%, elle est ensuite filtrée et le solvant est exprimé en pression. Renouveler l'opération, et enfin La pectine est séchée dans un courant d'air chaud. La pectine est parfois vendue sous forme liquide sous forme de solution à 4 %. Dans l'opération de précipitation,

l'alcool ou l'acétone peuvent être remplacés par un mélange d'hydroxyde d'aluminium et de sulfate d'ammonium.

Pastille de gel d'aluminium en forme de peigne. La pectine est ensuite purifiée dans un lavage soigneux à l'alcool acide (**Wang et al, 2014**).

### **3.5.3. Application de pectine**

La pectine a d'abord été utilisée pour faire des confitures, des gelées, Les confitures et conserves, qui sont des gels tartinables (**N'BeMiller, 2001 ; Marathee et et al, 2002**). La formation de complexes protéine-polysaccharide peut être utilisée pour améliorer les propriétés fonctionnelles des protéines. Les interactions protéine-pectine améliorent la solubilité, le comportement émulsifiant, gélifiant et moussant des concentrés de protéines (**Barera et al, 2002**).

Jusqu'en 2002, la pectine était l'un des principaux ingrédients utilisés dans les pastilles contre le mal de gorge pour les maux de gorge. Comme adoucissant pour les maux de gorge. En cosmétique, il agit comme Stabilisants pour préparations cicatrisantes et Surtout dans les adhésifs médicaux, comme pour Colostomie (**Pranati et al, 2011**).

En tant que préventif naturel, la pectine peut combattre Intoxication cationique toxique. Il a été démontré qu'il élimine efficacement Plomb et mercure dans le tractus gastro-intestinal et les organes respiratoires. Lorsqu'il est administré par voie intraveineuse, il réduit le temps de coagulation Positionner. Par conséquent, il peut être utilisé pour contrôler les saignements ou les saignements localisés. Il a été largement utilisé en combinaison avec d'autres colloïdes Traiter la diarrhée, en particulier chez les jeunes enfants (**Pranati et al, 2011**).Cependant, il a des effets antibactériens in vitro contre certaines souches bactériennes (**Ziade et al, 2013**). Dans les formulations à libération contrôlée, l'hydrogel de pectine est présent dans le comprimé en tant que liant (**Sriamomsak, 2003**). La pectine a également montré des effets prometteurs dans la colite ulcéreuse, Maladie de Crohn et cancer du côlon (**Pranati et al, 2011**).

## **4. Sous-produits issus de la valorisation des agrumes**

### **4.1. fibres**

Les écorces d'agrumes sont riches en fibres (13,9-78,66 g/100g db), en particulier en fibres hydrosolubles (pectine). En fait, la teneur en pectine varie selon la variété d'agrumes : 2,58-3,73 % pour les agrumes, 6,52-13,00 % pour le citron et 0,22-23,02 % pour l'orange. Le

tableau 1 résume la composition en fibres des écorces d'agrumes. Les pelures d'agrumes contiennent également des fibres insolubles (hémicellulose, cellulose et lignine). La teneur en lignine des oranges est d'environ 7,52 % et celle des oranges est de 13,54 % (**Kratchanova et al., 2004 ; Liu et al., 2006 ; Marin et al., 2007 ; Wang et al., 2007 ; wang et al., 2008**), tandis que pour la cellulose, les oranges avaient la teneur la plus élevée à 30,53 % et 23,06 %, respectivement, les agrumes et le citron.

**Tableau 3. 1 Composition en fibres des écorces d'agrumes**

Classes des fibres (% bs)				
Variété	Pectine <sup>a, b, c, d</sup>	Lignine <sup>a</sup>	Cellulose <sup>a</sup>	Hémicellulose <sup>a</sup>
Mandarine	2,58-3,73	13,54	30,53	11,04
Citron	6,52-13,00	7,56	23,06	8,09
Orange	0,22-23,02	7,52	37,08	11,04

## 4.2. Enzyme

### Enzymespectinolytiques

Les enzymes ont un double rôle dans la technologie alimentaire. D'une part, ce sont des catalyseurs pour les cellules vivantes, permettant la synthèse de radicaux en accélérant de nombreuses réactions métaboliques de la matière végétale et animale, se dégagent les enzymes pectinolytiques ou pectinases qui sont un groupe hétérogène d'enzymes qui hydrolysent les substances pectiques produites par les plantes supérieures et les micro-organismes (**Combo et al 2011**).

Ces enzymes ont une très large gamme d'applications dans l'industrie agro-alimentaire. L'utilisation principale est la clarification des jus de fruits. En fait, l'industrie du jus Les fruits utilisent couramment la pectinase isolée d'*Aspergillus*, sa première application remontant aux années 1930 pour la clarification du jus de pomme (**Sine, 2010**).

L'ajout de pectinase au jus peut améliorer le rendement, améliorer l'extraction, hydrolyser les espèces de pectine en suspension et réduire la viscosité, favorisant ainsi la filtrabilité du jus (**Sadhana et al, 2006**).

### 4.3. Colorant

Ceux-ci comprennent des pigments tels que la chlorophylle, qui produit du vert, des caroténoïdes, qui produisent du jaune, de l'orange, de l'orange foncé et du rouge, et des anthocyanes, qui produisent du rouge sang. Les caroténoïdes sont des tétraterpénoïdes regroupés en deux classes, les carotènes et la lutéine (Iglesias et al., 2007). La concentration et la composition des caroténoïdes varient d'un cultivar à l'autre, en fonction des conditions de croissance et des facteurs climatiques (Gross, 1987).

La couleur verte des oranges non mûres est due à la chlorophylle. Au cours de la maturation, la couleur de l'exocarpe ou de la peau jaune passe du vert au jaune orangé. Cette transition est due à la dégradation de la chlorophylle et à l'augmentation de la synthèse des caroténoïdes associée à la disparition des chloroplastes et à la formation des chromosomes (Meléndez-Martínez, 2007). Par conséquent, la couleur de la peau et de la pulpe de la plupart des oranges mûres est causée par les caroténoïdes.

La couleur de certaines variétés appelées oranges sanguines, comme les oranges de Malte, est causée par les caroténoïdes et les anthocyanes. Une alimentation riche en caroténoïdes peut réduire le risque de cancer, de dégénérescence musculaire, de lésions cutanées dues aux coups de soleil et de maladies cardiovasculaires (Aust et al, 2001; Wang et al, 2008)

Le tableau 2 montre que la teneur en caroténoïdes de l'écorce varie d'un agrume (orange, mandarine, citron, pamplemousse). Par exemple, les niveaux de lutéine varient de 0,80 µg/g bs dans le pamplemousse à 29,3 µg/g bs dans les oranges. Pour le bêta-carotène, le pamplemousse contient 0,96 µg/g bs, tandis que les agrumes contiennent 69,2 µg/g bs.

**Tableau 3.2 composition en caroténoïdes des écorces d'agrumes (µg/g bs)**

Variété	Lutéine	Zeaxanthine	β-cryptoxanthine	β-carotène
Mandarine	7,75	6,46	30,50	69,20
Orange	29,30	27,70	0,76	50,30
Citron	2,95	0,81	0,81	10,30
Pamplemousse	0,80	0,51	0,40	0,96

Les oranges avaient la teneur en zéaxanthine la plus élevée (27,7 µg/g bs), suivies des oranges (6,46 µg/g bs), citrons et pamplemousses et environ bêta cryptoxanthine, les oranges présentaient la concentration la plus élevée (30,5 µg/g bs), suivies des autres variétés (<1 µg/g bs).

#### **4.4. Acide organique**

L'acidité est l'une des principales caractéristiques des agrumes. Cela est dû à la présence de divers acides organiques tels que l'acide citrique, l'acide ascorbique (vitamine C), l'acide malique, l'acide quinique, l'acide tartrique et l'acide malonique (**Ladanyia, 2008**). Les proportions de ces acides varient selon le stade de développement du fruit et de l'espèce. Au début de la phase de division cellulaire, l'acide quinique est à sa concentration la plus élevée par rapport aux autres acides. Au cours de la maturation, l'ordre change et l'acide citrique devient l'acide dominant dans toutes les variétés à ce jour sauf celles produisant des fruits légèrement acides et l'acide malique prédominant (**Ting et al , 1966; Albertini et al. 2006**). Les acides organiques sont également présents dans la peau, mais à des concentrations plus faibles par rapport à la pulpe (**Clements, 1964; Ladanyia, 2008**).

Il a été démontré que la quantité d'acides organiques augmente significativement au début du développement du fruit, puis diminue à partir de la seconde moitié du stade de différenciation cellulaire, et enfin se stabilise à des valeurs faibles en fin de maturation physiologique. En général, la diminution de l'acidité est principalement due à une diminution de la concentration en acide citrique. D'autres acides organiques évoluent différemment au cours de la maturation, selon les espèces. (**Daito et Sato 1985 et Ladanyia ,2008**) ont montré que chez les variétés de mandarines Satsuma "Okitsu wase" et "Silverhill", l'acide citrique diminuait de 2022 à 802 mg/100 ml de jus et de 2148 à 896 mg/100, respectivement ml de jus. La diminution de la concentration en acide citrique s'est accompagnée d'une diminution de l'acide malique et de l'acide isocitrique. L'acide citrique a été réduit de 55% pendant la maturation des agrumes, tandis que l'acide malique est resté inchangé.

#### **4.5. Aromatisants**

Les industries alimentaires et pharmaceutiques utilisent depuis longtemps les agrumes comme agents aromatisants. Il existe actuellement une série de produits dérivés : huiles essentielles, essences, poudres, jus, extraits, pâtes, lyophilisats, parfums de synthèse, etc. Ces produits font l'objet d'un contrôle physique, chimique ou sensoriel lorsqu'ils sont aromatisés ou masqués. D'autre part, l'industrie alimentaire dispose d'une gamme plus large d'arômes et d'édulcorants, car le but est précisément de satisfaire les besoins "gustatifs" des consommateurs, en effet,

dans ce dernier cas, un problème en premier lieu peut être un aliment, et pour un médicament il s'agit de modifier, de masquer, d'améliorer sans tomber dans l'excès inverse, un médicament dont l'odeur, le goût et la texture sont souvent franchement désagréables. Il y a évidemment un facteur de "correction du goût" ici.

Il existe peu d'arômes d'agrumes répertoriés dans la Pharmacopée française :

- ✚ Zeste du fruit frais de l'oranger à fruit doux ( *Citrus aurantium* L. var. *ditlcis* PERS., *C. attrantiwn* R1sso) et son alcoolature.
- ✚ L'écorce d'orange amère: Bigaradier (*C. aitrantium* var. *amara* LINK., *Citrus vitlgaris* R1sso ou *Citrus bigaradia* DUHAMEL) ainsi que la teinture et le sirop correspondants.
- ✚ Alcoolature de citron (*Citrus medica* L. *proparte*, *C. limonum* R1sso. Rutacées, Aurantiées).
- ✚ Esence de citron, essence d'orange.
- ✚ Élixir aromatique à base d'essence d'orange composée avec essences d'orange, de citron, d'anis et de coriandre.
- ✚ Sirop d'orange qui est de la teinture d'orange douce, additionnée d'un peu d'acide citrique.

#### **4.6. Métabolites secondaires**

Le terme «métabolite secondaire» a probablement été introduit par Albrecht Kossel en 1891 pour décrire une variété de composés dans les plantes (**Yezza et Bouchama, 2014**). Ce sont des molécules organiques complexes synthétisées par les plantes et accumulées en petites quantités (**Lutge et al, 2002**). Les métabolites secondaires sont responsables de fonctions périphériques indirectement essentielles à la vie végétale, telles que la communication intercellulaire, la défense, la régulation des cycles catalytiques (**Yezza et Bouchama, 2014**). Ils appartiennent à différents groupes chimiques : alcaloïdes, terpènes et composés phénoliques (**Macheix et al, 2005**).

Les agrumes contiennent de nombreux métabolites secondaires. Elles sont riches en vitamine C, flavonoïdes, caroténoïdes... Elles sont bénéfiques pour la santé humaine grâce à leurs propriétés antioxydantes (**Ladanyia, 2008**).Les agrumes se caractérisent également par leur forte teneur en huiles essentielles composées majoritairement de terpénoïdes. Le limonène, un monoterpène, est le composé principal de l'huile essentielle d'écorces (**Iglesias et al, 2007**).



#### 4.6.1 Composés phénoliques

Les polyphénols constituent un groupe de substances ubiquistes présentes et diversifiées allant de molécules simples à des structures très complexes (**Marouf et Reynaud, 2007**). Ce sont des produits du métabolisme secondaire des plantes, des racines aux fruits, ce qui signifie qu'ils ne jouent pas un rôle direct dans le niveau d'activité de base de l'organisme végétal (**Yusuf, 2006**).

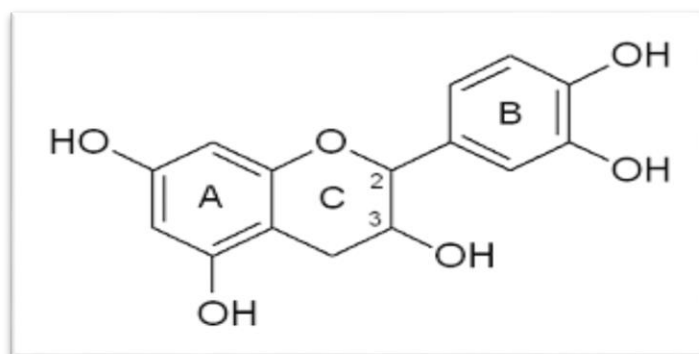
Les composés phénoliques jouent un rôle important dans la qualité sensorielle et nutritionnelle des produits végétaux, car ils sont présents dans la plupart des organes et tissus utilisés ou consommés par l'homme (**Manchando et Cheynier, 2006**). Par exemple, les légumes, les fruits, les céréales ou les fruits secs, ainsi que dans les boissons, le café, le cacao ou le thé. Une alimentation équilibrée apporte à l'homme environ un gramme de polyphénols par jour, dix fois plus que la vitamine C et 100 fois plus que les caroténoïdes ou la vitamine E (**Scalbert et al, 2005**).

#### 4.6.2. Principaux composés phénoliques dans les écorces d'agrumes

Il existe deux grandes classes de composés phénoliques dans les écorces d'agrumes : les flavonoïdes et les acides phénoliques.

- **Flavonoïdes**

Les écorces d'agrumes sont riches en composés phénoliques, principalement des flavonoïdes et des acides phénoliques. Les flavonoïdes d'écorce d'agrumes sont caractérisés par leurs activités antioxydantes, thérapeutiques, antivirales, antifongiques et antibactériennes (**Wang et al., 2008**). Ils constituent les pigments responsables de la coloration jaune, orange et rouge de divers organes végétaux (**Havasteen, 2002**). En 2003, environ 4000 flavonoïdes étaient connus (**Edenharder et Grünhage, 2003**). Les flavonoïdes sont également présents dans plusieurs plantes médicinales. La médecine traditionnelle du monde entier utilise des herbes contenant ces composés (**Yezza et Bouchama, 2014**). Les principaux flavonoïdes présents dans les écorces d'agrumes sont les flavanones, les flavonoïdes et les flavonols.



**Figure 3. 2: Structure de base de Flavonoïdes**

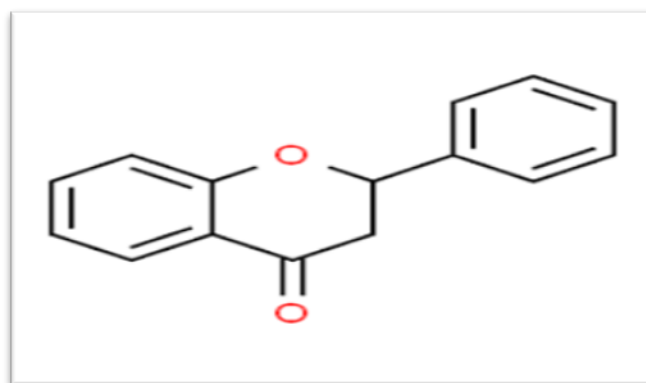
Source:[https://www.researchgate.net/figure/structure-de-base-des-flavonoïdes\\_fig5\\_314242871](https://www.researchgate.net/figure/structure-de-base-des-flavonoïdes_fig5_314242871)

(27/05/2022)

- **Flavanones**

Les flavanones sont rarement présentes dans les fruits, à l'exception des agrumes, où elles sont abondamment présentes dans l'écorce (**Tomas-Barberan et Clifford, 2000**). Les flavanones les plus abondantes dans l'écorce sont la naringine et l'hespéridine (**Khan et al, 2014**). L'hespéridine (0,002 à 9,42 mg/g db) (**Wang et al, 2008 ; Russo et al., 2014**) était la principale flavanone dans tous les cultivars de citron, avec la diosmine et l'ériocitrine aux niveaux les plus bas (**Del-Rio et al., 2014**). , 2004). L'écorce de mandarine est riche en hespéridine (3,95 à 80,90 mg/g bs) (**Tumbas et al, 2010 ; Hayat et al, 2010**), narirutine (7,66 à 15,3 mg/g bs) (**Xu et al, 2008 ; Cheigh et al. , 2012**) et la naringine (0,54 à 0,65 mg/g bs) (**Tumbas et al., 2010; Hayat et al., 2010**).

La naringine a le goût amer caractéristique du pamplemousse et de l'orange amère et le flavonoïde le plus abondant dans l'écorce de pamplemousse (10,26 à 14,40 mg/g db) (**Wang et al., 2008; Giannuzzo et al., 2003**).

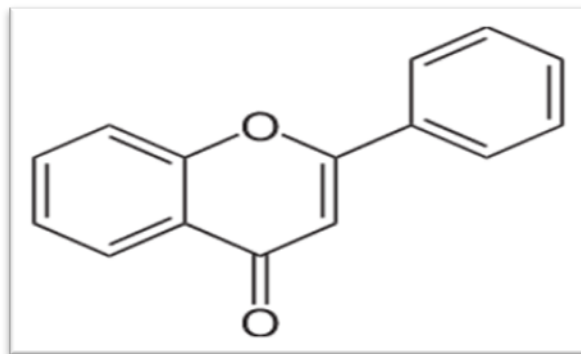


**Figure 3. 3: Structure de base de flavanone**

Source: <http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.9833.html> (27/05/2022)

- **Flavones**

Les écorces d'agrumes contiennent des polyméthoxylés rares chez les autres espèces, comme la sinensétine (0,08 à 0,29 mg/g db), la nobilétine (0,2 à 14,05 mg/g db), la mandarine (0,16 à 7,99 mg/g db) et les heptaméthoxyflavones (Toledo -Guillén et al, 2010 ; Gattuso et al, 2007 ; Li et al, 2012 ; Li et al, 2010). Il y a une petite quantité de flavonoïdes glycosylés dans les écorces d'agrumes, comme la diosmine, l'émodine, l'isocanicine et la lutéoline.



**Figure 3. 4: Structure de base de flavone**

Source : <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Flavone-groupe.html>

(27/05/2022)

- **Autres flavonoïdes**

Les pelures d'agrumes contiennent très peu d'autres flavonoïdes, tels que les flavonols (quercétine, rutine, myricétine, kaempférol) et les anthocyanes. La quercétine et le kaempférol sont les flavonols les plus courants trouvés dans les écorces d'agrumes. Les anthocyanes sont de moindre importance dans les agrumes et ne sont connues que comme constituants des oranges sanguines (Cheyner et al., 2006; Zhang, 2007).

- **Acides phénoliques**

Les acides hydroxy benzoïques (acide protocatéchuique, acide vanillique, acide gallique) sont dérivés de l'acide benzoïque et ont la formule moléculaire de base de type C6-C1 (Macheix et al, 2005).

En revanche, l'acide hydroxycinnamique a une structure C6-C3 (café-acide férulique-acide sinapique) et est très largement distribué (Bruneton, 2009). Ils sont considérés comme des composés phytochimiques aux propriétés prébiotiques, antioxydantes, chélatrices et anti-inflammatoires. Ils ont une très faible toxicité car ils sont considérés comme non toxiques (Yezza et Bouchama, 2014).

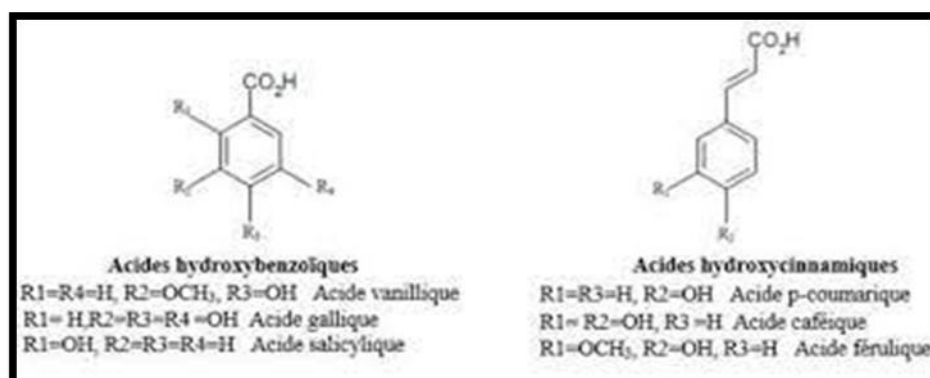


Figure 3. 5: Structure des acides hydroxybenzoïques et hydroxycinnamiques.

Source: (MACHEIX et al., 2005)

Les acides hydroxycinnamiques présents dans les écorces d'agrumes sont : l'acide caféique (3,06-229,00 µg/g db), l'acide sinapique (30,00-954,00 µg/g db), l'acide p-coumarique (71,00-349,00 µg/g db) et l'acide férulique ( 36,00-4419,00 µg/g db) (Gorinstein et al., 2001; Wang et al., 2008; Xu et al., 2008 ; Bocco et al., 1998 ; Ma et al., 2009; Hayat et al., 2009; Russo et al., 2014). L'acide férulique est l'acide phénolique le plus abondant dans les écorces d'agrumes, tandis que l'acide caféique en contient très peu (Bocco et al., 1998; Ma et al., 2009; Hayat et al., 2009). Par contre, Leurs recherches sur 8 agrumes ont montré que l'acide phénolique le plus abondant était l'acide p-coumarique (Wang et al., 2008)

#### 4.6.3. Composés terpéniques

Le terme terpène inventé par Kekulé, vient de leur origine historique de l'arbre de térébinthe «*Pistacia Terebinthus*» (Ayad, 2008).

Les terpènes sont des dérivés de L'isoprène C<sub>5</sub>H<sub>8</sub> et ont formule de base des multiples de celle-ci, c'est-à-dire (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>) n. La plupart de ces composés ont des structures polycycliques qui diffèrent les unes des autres non seulement par les groupes fonctionnels, mais aussi par la structure basique de leur squelette hydrocarboné (Fontanay, 2012). Synthétisés par les plantes, organismes marins, les champignons et même les animaux (Benaissa, 2011).

L'exploitation de ces composés s'effectuait sous forme d'huiles extraites de plantes (huiles essentielles) par la distillation (Malecky, 2005).

Les agrumes se caractérisent également par leurs taux élevés en huiles essentielles qui sont composées principalement par des terpénoïdes. Le limonène, un mono-terpène, est le composé principal de l'huile essentielle d'écorces (Iglesias et al, 2007) et un sous-produit des industries des jus d'orange, de citron et de pamplemousse. Le limonène existe sous forme de

deux énantiomères. Seule la lumière polarisée permet de distinguer deux formes : l'énantiomère d-limonène, qui dévie le plan de polarisation vers la droite, et l'énantiomère l-limonène, qui dévie le plan de polarisation vers la gauche. Le dipentène ou d-limonène est un mélange racémique de deux molécules d-limonène et l-limonène. Les terpénoïdes volatils forment la saveur et l'arôme des agrumes.

#### **4.6.4. Extraction et analyse des métabolites secondaires**

##### **4.6.4.1. Extraction**

Les méthodes d'extraction et d'analyse des métabolites secondaires peuvent être physiques, chimiques, physico-chimiques ou encore biologiques. Pour des raisons économiques, les méthodes qui ne nécessitent pas l'utilisation de particules de petite taille, de broyage et de tamisage, ou de nombreux produits chimiques sont préférées, car les déchets résultants doivent être traités. Les conditions de fonctionnement doivent également être contrôlées pour éviter l'utilisation de haute pression ou de haute température (**Behera et al, 2014**).

Concernant l'extraction des extractibles, les méthodes traditionnelles telles que la macération, la diafiltration ou l'extraction Soxhlet présentent plusieurs inconvénients. Parmi eux, les temps d'extraction très longs, les faibles rendements et l'utilisation de grandes quantités de solvants (à la fois aqueux et organiques) peuvent être cités. Ces méthodes sont plus coûteuses en énergie et ont inévitablement un impact important sur l'environnement (**Chemat, 2014**). Pour résoudre ces problèmes, plusieurs approches complémentaires ont été étudiées. Parmi celles-ci, les plus étudiées sont l'extraction par fluide supercritique, par micro-ondes ou par ultrasons (**Wang et Weller, 2006 ; Chemat, 2014**).

##### **a. Extraction conventionnelle par solvant (ECS)**

Les méthodes traditionnelles d'extraction des métabolites sont souvent basées sur l'affinité des molécules pour différents solvants et l'utilisation de la chaleur et/ou de l'agitation (**Azmir et al, 2013**). L'extraction Soxhlet remonte à 1879 (**Soxhlet, 1879**) et représente une méthode de référence pour l'extraction des métabolites végétaux (en particulier ASTM D1105-96 "Extractive-free wood"). Par conséquent, comparez l'efficacité des autres méthodes d'extraction avec les résultats obtenus dans Soxhlet.

La macération est une méthode simple pour extraire les métabolites. La biomasse est en contact avec une grande quantité de solvant. Une agitation peut être appliquée pour faciliter l'extraction et assurer une bonne répartition de la biomasse dans le solvant. De plus, pour éviter la saturation du solvant, le solvant peut être changé périodiquement après filtration, ou

une certaine quantité de solvant frais peut être ajoutée au mélange pendant l'extraction (Azmir et al, 2013).

L'hydrodistillation est une autre méthode d'extraction conventionnelle. Il s'agit de la troisième étape d'extraction de la méthode ASTM D1105-96. Comme son nom l'indique, l'extraction est réalisée en l'absence de solvants organiques à l'aide d'eau liquide, de vapeur d'eau ou d'un mélange d'eau liquide et de vapeur d'eau (Vankar, 2004).

Le solvant pour l'extraction des composés phénoliques de l'écorce d'orange .C'est un mélange 80% éthanol/eau. En fait, les solvants ayant la plus forte teneur en phénols totaux étaient le méthanol et l'éthanol (Liu et al, 2006). Cependant, dans les applications industrielles, l'éthanol le plus respectueux de l'environnement est le plus souvent utilisé (Bartnick et al, 2006). La température d'extraction a été fixée à 35 °C pour éviter la dégradation des composés phénoliques lors de l'extraction.

Le principal inconvénient de ces procédés est qu'ils nécessitent généralement un broyage fin de la biomasse à extraire pour augmenter la surface de contact et faciliter l'action du solvant.De plus, ces méthodes nécessitent généralement de longs temps d'extraction et de grands volumes de solvants à manipuler, qui peuvent être toxiques pour l'homme et l'environnement (Gil-Chavez et al, 2013). Enfin, le choix du solvant utilisé dépend de l'extrait recherché et de sa polarité (Azmir et al, 2013).

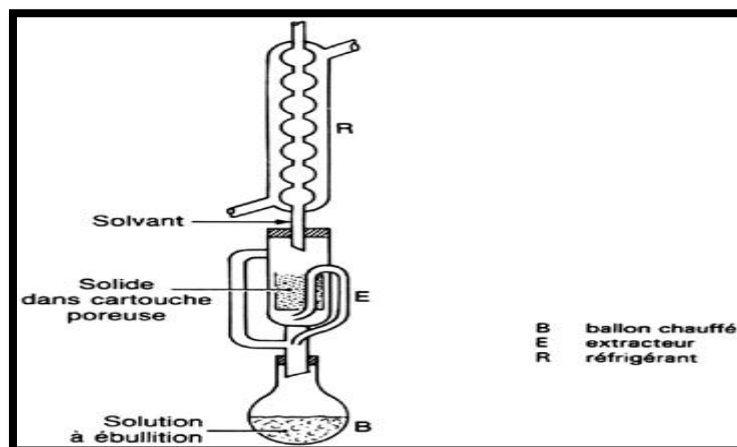


Figure 3.6 :extraction conventionnelle par solvant

Source :<https://www.researchgate.net/profile/RachelPoirot/publication/37243918/figure/fig11/AS:341247945396240@1458371258986/Schema-du-Soxhlet-source-Tech-de-lIng-n-o-J2782.png> (10/06/2022).

## **b. Techniques non-conventionnelles**

Pour pallier les inconvénients des méthodes classiques, tels que les longs temps d'extraction et l'utilisation de grandes quantités de solvants, de nouvelles méthodes ont été développées. Parmi celles-ci, certaines méthodes semblent plus prometteuses comme les extractions enzymatiques, les micro-ondes, les fluides supercritiques, les liquides sous pression, les champs électriques pulsés ou les ultrasons. Lorsque ces méthodes utilisent peu ou pas d'agents chimiques toxiques, de ressources renouvelables ou lorsqu'elles ont une faible demande énergétique, elles peuvent être considérées comme des technologies « vertes » (**Azmir et al., 2013**)

- **Extraction assistée par enzymes (EAE)**

Les extractibles étant présents dans la matrice lignine-hémicellulose des cellules ou des plantes, les solvants ne sont pas toujours capables d'absorber tous ces métabolites. La digestion enzymatique de la lignocellulose permet la libération du contenu intracellulaire dans le milieu et facilite l'action ultérieure du solvant (**Azmir et al, 2013**). Deux méthodes principales sont utilisées, l'extraction à l'eau assistée par des enzymes et la pression à froid assistée par des enzymes (**Latif et Anwar, 2009**). L'efficacité de ces méthodes dépend des enzymes utilisées, de leurs concentrations, de la taille des particules à traiter et du temps d'exposition entre les enzymes et la biomasse (**Niranjan et Hanmoungjai, 2004**).

La méthode extraction assistée par enzymes est dite "verte". Ils donnent des rendements plus élevés tout en réduisant le temps, la quantité de solvant et/ou d'énergie par rapport aux méthodes utilisant uniquement des produits chimiques (**Azmir et al, 2013**).

- **Extraction par champs électrique pulsé (CEP)**

L'extraction par champ électrique pulsé repose sur la perturbation de la paroi cellulaire pour améliorer l'extraction par solvant après exposition au champ électrique. L'efficacité de ce traitement dépend donc de l'intensité du champ électrique appliqué, de la température et du matériau à extraire (**El-Belghiti, 2005**). Le CEP permet la lyse de la paroi cellulaire, améliorant ainsi l'extraction tout en réduisant le temps de manipulation (**Toepfl et al., 2006**). De plus, cette méthode permet de maintenir des températures relativement basses, ce qui limite la dégradation des composés thermolabiles (**Ade-Omowaye et al., 2001**).

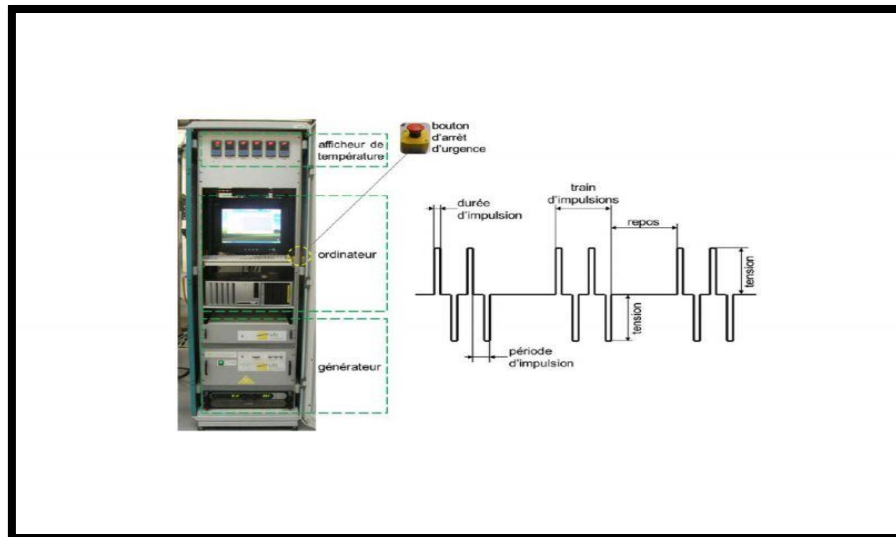


Figure 3.7 : Champs électrique pulsé

Source : <http://tai-team.fr/photos/800x500-c87eb60d33f6dfdc6629433b0e02c27.jpg>  
(10/06/2022).

- **Extraction assistée par Micro-ondes (MAE)**

Cette méthode relativement nouvelle combine l'utilisation des micro-ondes (300 MHz à 800 GHz) avec les méthodes traditionnelles d'extraction par solvant (Azmir et al, 2013). L'énergie transférée au milieu est absorbée et convertie en énergie thermique (Gil-Chavez et al, 2013). Par conséquent, introduisez 5 g de poudre d'écorce d'orange dans la chambre extraire avec 50 ml de solvant (éthanol à 80%). L'extraction dure 180 secondes et est répétée 3 fois. La puissance micro-onde appliquée varie de 100 à 400 W.

Cette approche présente des avantages tels qu'une pureté améliorée de l'extrait, une possibilité réduite d'utilisation de solvant toxique, des coûts d'exploitation réduits, une consommation d'énergie et de solvant requise, ce qui rend la technologie plus respectueuse de l'environnement. De plus, le temps de fonctionnement peut être considérablement réduit. Applications récentes des extractions assistées par micro-ondes et des procédés utilisés sous pression ou sans solvants ont également été développés (Segneanu et al, 2013).

Cependant, alors que leur utilisation peut réduire le temps de traitement et la consommation de solvant tout en présentant des rendements d'extraction élevés, ils augmentent également considérablement la température des cellules. Cette élévation de température détruit certaines molécules thermolabiles d'intérêt industriel (Mandal et al., 2007, Zhang et al., 2011). De



plus, le coût d'investissement élevé peut constituer un frein à l'utilisation de ce mode d'extraction (Ajila et al, 2010).

- **Extraction assistée par ultrasons (UAE) et émulsions ultrasoniques**

L'équipement à ultrasons utilisé pour l'extraction produit de puissantes ondes ultrasonores (20 kHz). Dans cette catégorie, deux niveaux sont distingués : les basses fréquences de 16 à 100 kHz et les hautes fréquences de 100 kHz à 1000 kHz (Chemat, 2014). Dans les milieux solides, les ultrasons de puissance produisent un échauffement et une vibration du milieu, tandis que dans les milieux liquides, ils produisent essentiellement un phénomène de cavitation (Société Française d'Acoustique, 2010; Chemat, 2014).

L'utilisation des ultrasons comme méthode d'extraction présente plusieurs avantages: réduire le temps d'extraction et la quantité de solvant utilisé, tout en augmentant les rendements d'extraction et en maintenant des températures basses dans le milieu (Chemat, 2014). Les molécules thermorésistantes sont ainsi préservées et peuvent être utilisées pour des prélèvements solides ou liquides et l'extraction de composés organiques ou inorganiques(Ajila et al., 2010).. Dans le cas d'échantillons solides, ce type d'extraction peut notamment être utilisé dans des procédés continus en récupérant le solvant lors de l'extraction (Rezic et al., 2008).. Il s'agit d'une méthode de trempage modifiée dans laquelle les ultrasons aident à extraire les composés à solubiliser par lyse de la paroi cellulaire. L'efficacité de ce processus dépend de la fréquence et de l'amplitude des ultrasons. Ainsi, plusieurs auteurs rapportent l'efficacité de cette méthode pour extraire les métabolites des plantes, notamment en augmentant le rendement obtenu en fonction des solvants utilisés(Azmir et al., 2013; Nait Sidi Ahmed, 2012).

#### **4.6.4.2. Analyse**

L'identification des composés extraits peut être réalisée en comparant leurs temps de rétention et leurs spectres d'absorption avec ceux des molécules standards disponibles.

Dans les cas où de telles comparaisons ne sont pas possibles (pas de composés standards) ou insuffisantes pour aboutir à des attributions structurales précises, plusieurs techniques telles que la RMN, l'IR, la spectrométrie de masse, etc. peuvent être envisagées.

Cependant, en raison de la diversité et de la grande similitude structurale des extraits obtenus à partir de plantes, il est également possible que des molécules non identifiées existent.

Différentes analyses complémentaires ont également été réalisées afin de caractériser les extraits et/ou les composés obtenus. Dans ces analyses, on peut citer :

- détermination du contenu en composés phénoliques
- détermination du contenu en flavonols
- détermination du contenu en anthocyanines
- détermination de l'activité antioxydante
- détermination de l'activité anti-inflammatoire
- détermination de l'activité antimicrobienne
- détermination de l'activité antifongique
- détermination de l'activité anti tumorale

Des études bibliographiques sur la possibilité d'extraction et de caractérisation des principes actifs présents dans les agrumes et les co-produits issus de la valorisation des agrumes nous amènent à constater que les composés phénoliques sont les plus étudiés. Par conséquent, les techniques et méthodes développées sont orientées vers la récupération facile des molécules phénoliques. (Cristina, 2012)

## **5.Enquête sur le terrain**

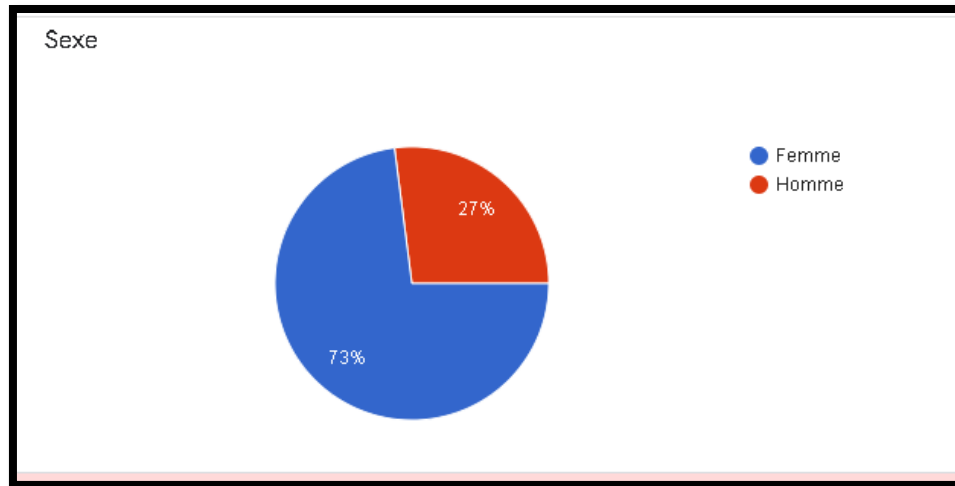
### **5.1 Un questionnaire**

Notre travail à consiste à créer un questionnaire par **Google Form** ou on a posé 18 questions, les résultats obtenus sont apparus sous forme graphique.

On a pu réaliser notre objectif et récolter réponses par des participants de différente tranche d'âge.

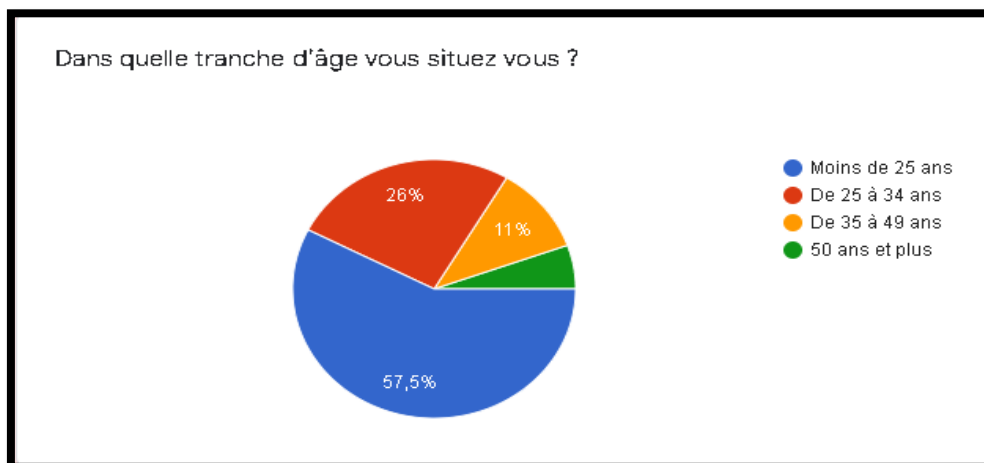
### **5.2 Résultats**

Les résultats obtenu sont exprimés en graphe et en pourcentage selon la nature de chaque questions.



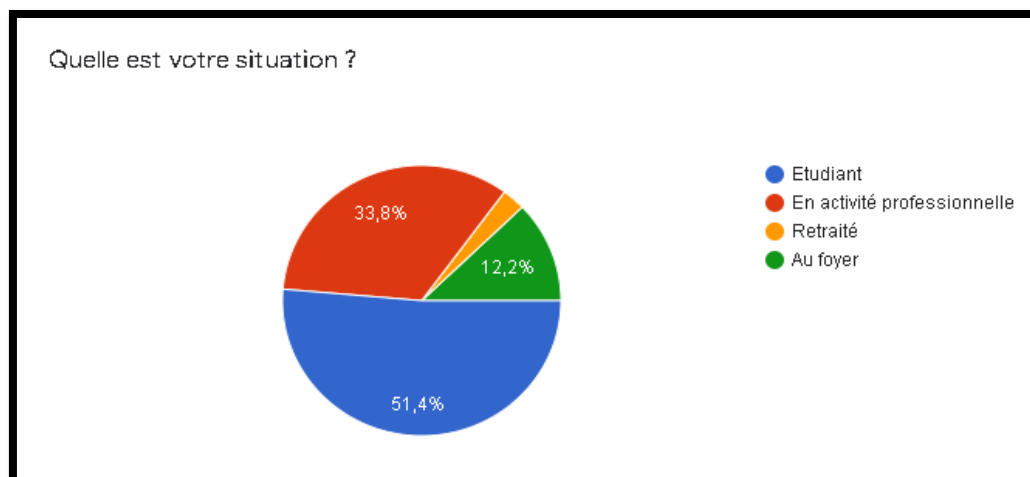
**Figure 3.8 : le nombre de population selon le sexe**

- Notre population est constituée de 54 femmes (73 %) et 24 hommes (27 %)



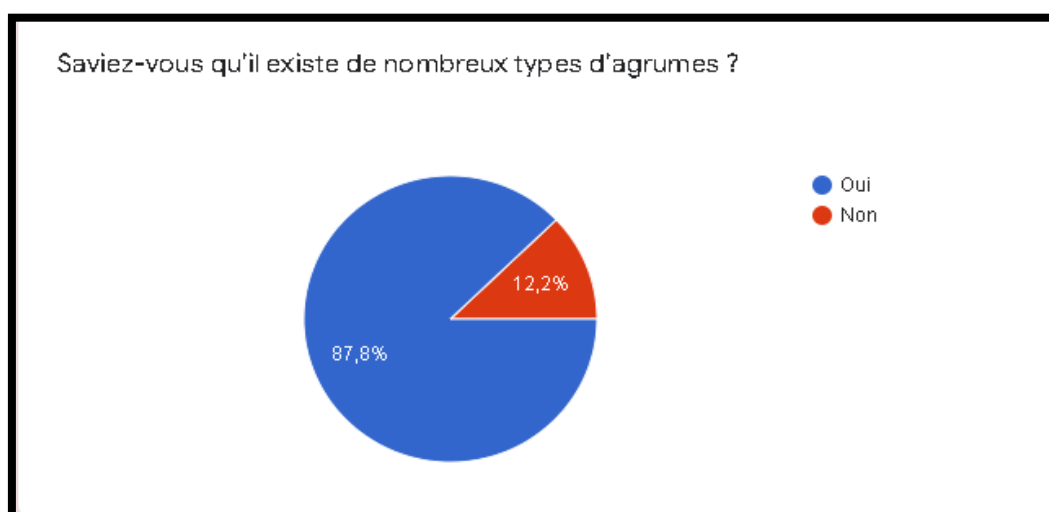
**Figure 3.9 : le nombre de population selon les tranches d'âges**

- L'âge des participants à l'étude varie de 17 à plus de 50 ans, la tranche d'âge moins de 25 ans est la plus répondue dans notre population, suivie de la tranche d'âge de 25 à 34 ans



**Figure 3.10 : La situation de la population**

- Les catégories les plus répondeant sont les étudiants 51,4 % (38 personnes) suivis par 25 (33,8) personnes qui sont en activité professionnelle puis 9 (12,2%) personnes au foyer et enfin 2 (2,7%) personnes retraitées.



**Figure 3.11 : Le nombre des personnes qui connaissent les types d'agrumes**

- On remarque que 65 (87,8%) personnes connaissent qu'il y a plusieurs types d'agrumes par contre 9 (12,2 %) choisies non
- 23 personnes préfèrent le citron, 14 personnes préfèrent l'orange, 3 personnes préfèrent la mandarine, 2 personnes préfèrent la clémentine, 2 personnes préfèrent le pamplemousse

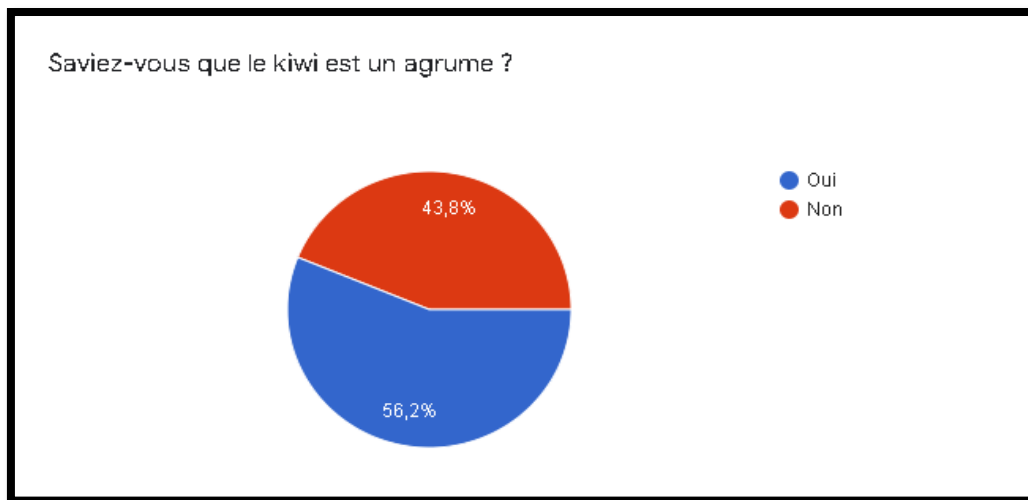


Figure 3.12 : Le nombre des personnes qui connaît que le kiwi est un agrume

- 41 personnes ( 56,2 %)savaient que le kiwi est un agrume, mais 32 (43,8%) personnes ont choisi non

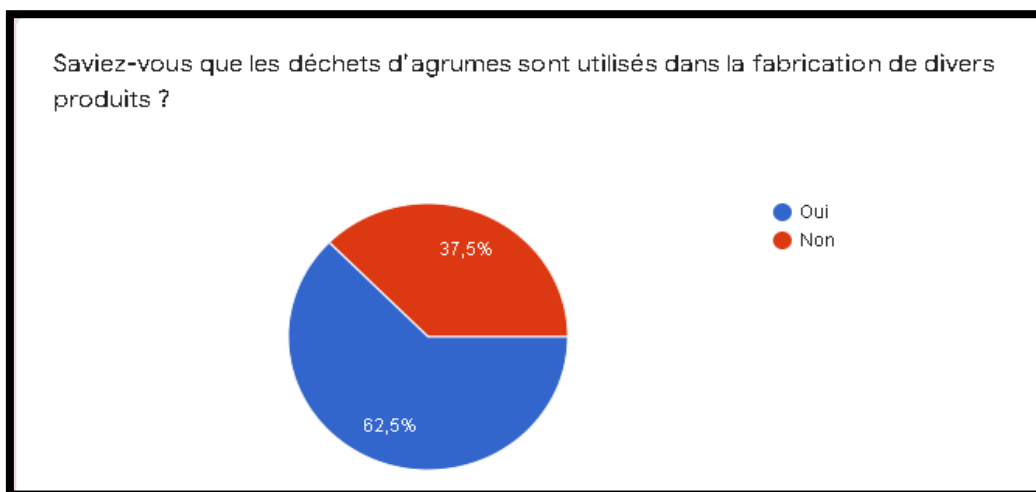


Figure 3.13 : Le nombre des personnes qui connaît que les agrumes sont utilisée dans la fabrication de divers produits.

- On remarque que presque 45 (62,5 %) personnes connaissent que les déchets ; agrumes sont utilisés dans la fabrication de plusieurs produits, en revanche 27 (37,5%) personnes ne le savent pas.

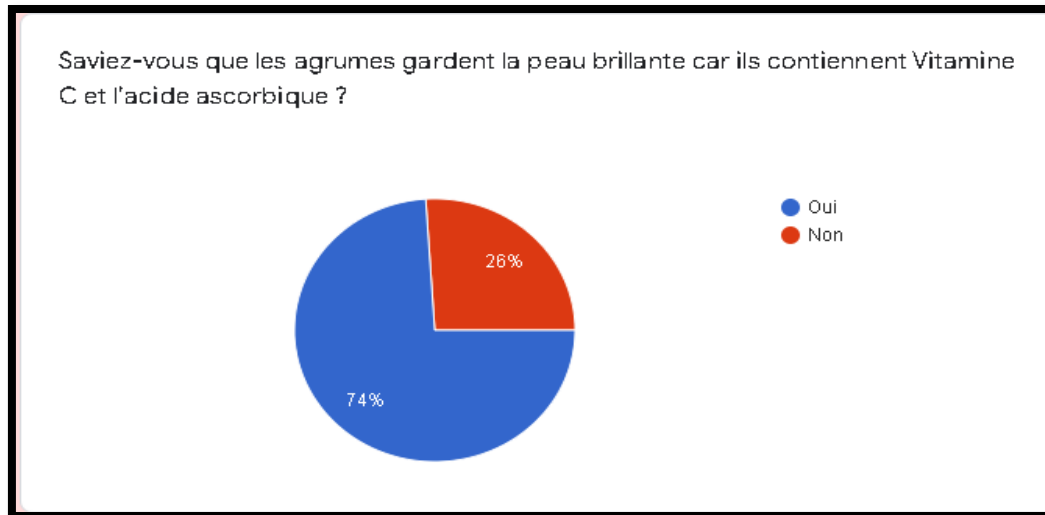


Figure 3.14 : Le nombre des personnes qui connaît que les agrumes garde la peau brillante.

- D'après les résultats obtenus on a conclure que 64(74%) personnes connaissaient que les agrumes gardent la peau brillante car il contient vitamine C et acide ascorbique par contre 19 (26 %) personnes ne le savent pas.

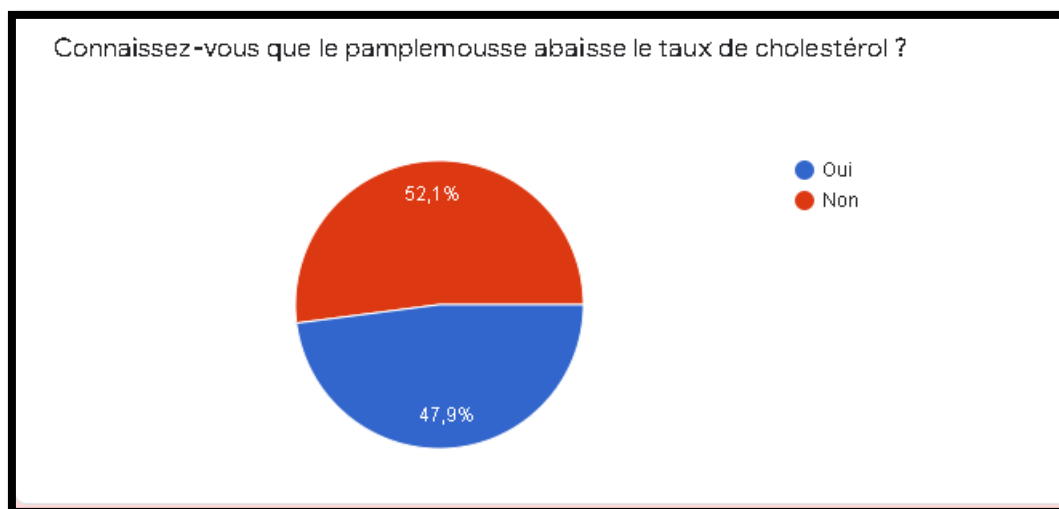
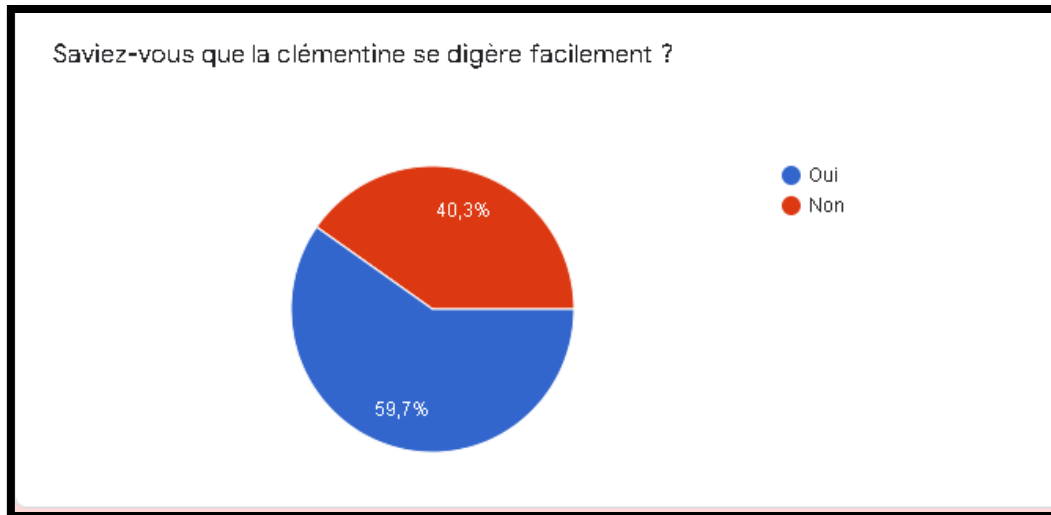


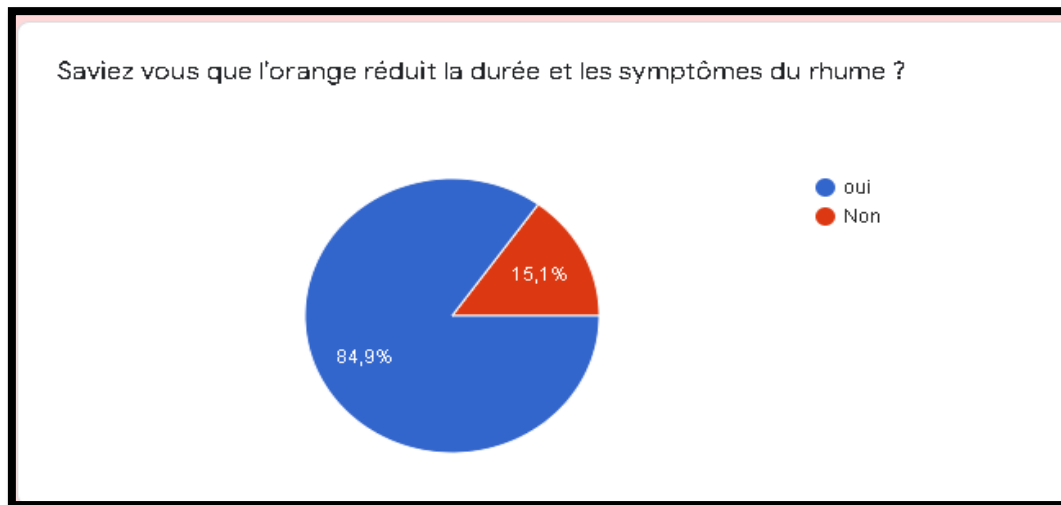
Figure 3.15 : Le nombre des personnes qui connaît que le pamplemousse abaisse le taux de cholestérol.

- On remarque que 35 (47,9) personnes connaissaient que le pamplemousse abaisse le taux de cholestérol par revanche 38 (52,1%) personnes ne le savent pas



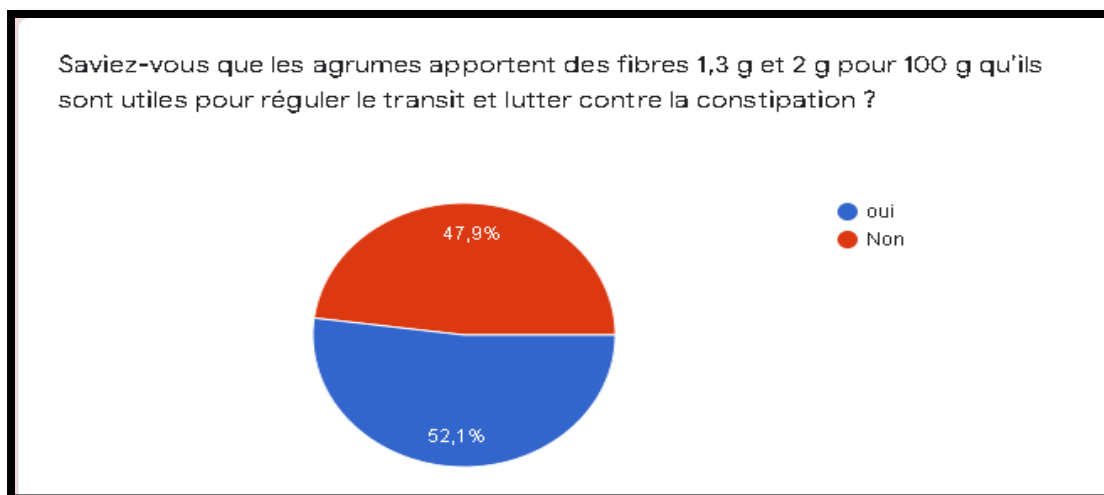
**Figure 3.16 : Le nombre des personnes qui connaître que la clémentine se digère facilement.**

- On remarque que 43(59,7 %) personnes connaissaient que la clémentine se digère facilement par contre 29 (40,3 %) personnes ne le savent pas



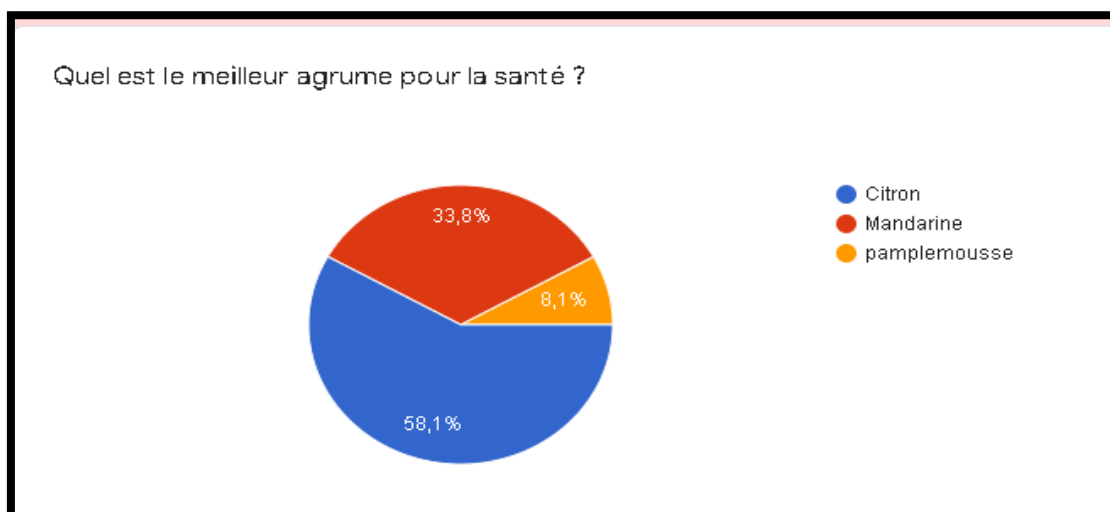
**Figure 3.17 : Le nombre des personnes qui connaître que l'orange réduit la durée et les symptômes du rhume**

- On remarque que 62 (84,9 %) personnes connaissaient que l'orange réduit la durée et les symptômes du rhume par contre 11 (15,1 %) personnes ne le savent pas



**Figure 3.18 : Le nombre des personnes qui connaissent que les agrumes apportent des fibres 1,3 g et 2 g pour 100 g qu'ils sont utiles pour réguler le transit et lutter contre la constipation**

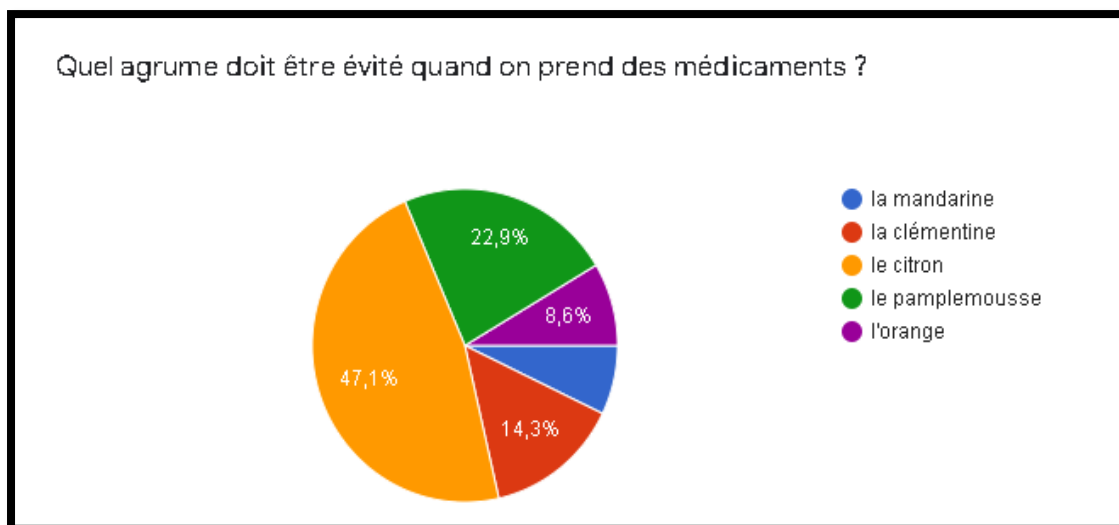
- On remarque que 28(52,1 %) personnes connaissent que les agrumes apportent des fibres 1,3 g et 2 g pour 100 g qu'ils sont utiles pour réguler le transit et lutte contre la constipation par contre 35(49,7 %) personnes ne le savent pas



**Figure 3.19 : Le nombre des personnes qui connaissent le meilleur agrume pour la santé**

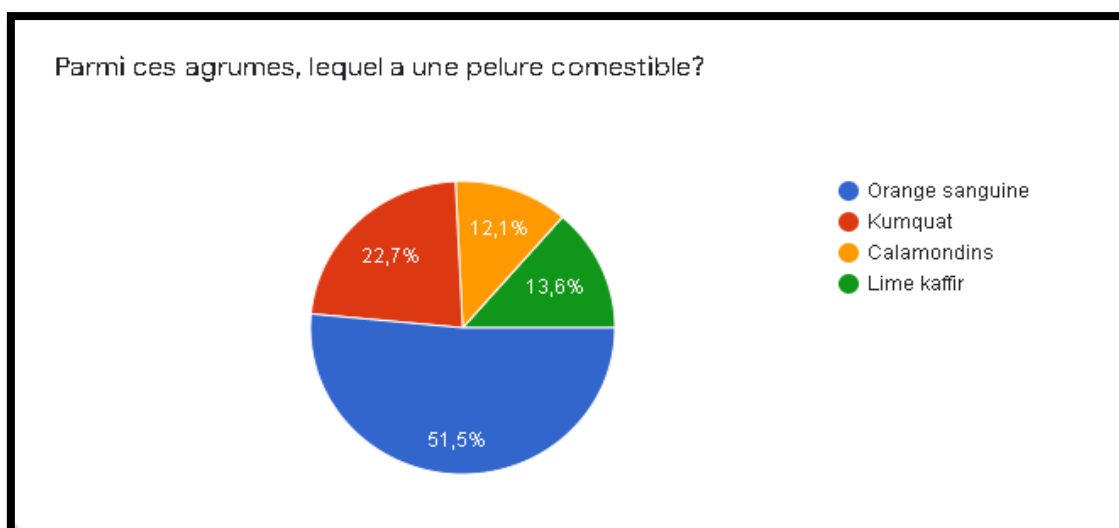
- 43(58,1%) personnes choisissent le citron comme le meilleur agrume pour la santé ensuite 25 (33,8 %) personnes choisissent la mandarine, mais le reste 6 (8,1 %) personnes choisissent la pamplemousse.





**Figure 3.20 : le nombre des personnes qui connaissent l'agrume qui doit être évité lorsque on prend des médicaments**

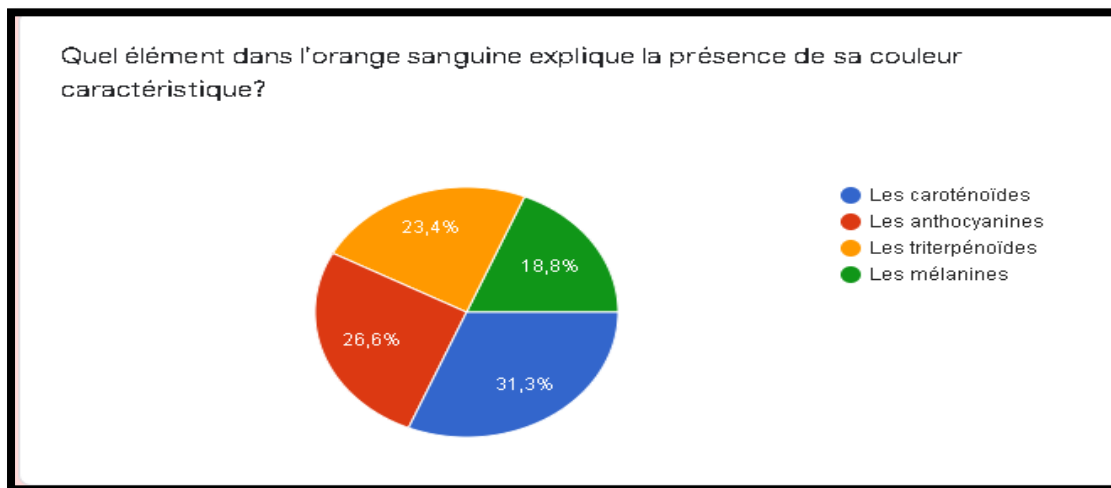
- 33(47,1 %) personnes choisissent le citron comme un agrume doit être évité quand on prend des médicaments ensuite 16 (22,9 %) personnes choisissent le pamplemousse, 10 (14,3 %) personnes choisissent la clémentine, 6 (8,6%) personnes choisissent l'orange et le reste 5 (7,1 %) personnes choisissent la mandarine.



**Figure 3.21 : Le nombre de personne qui connaissent l'agrume qui a une pelure comestible**

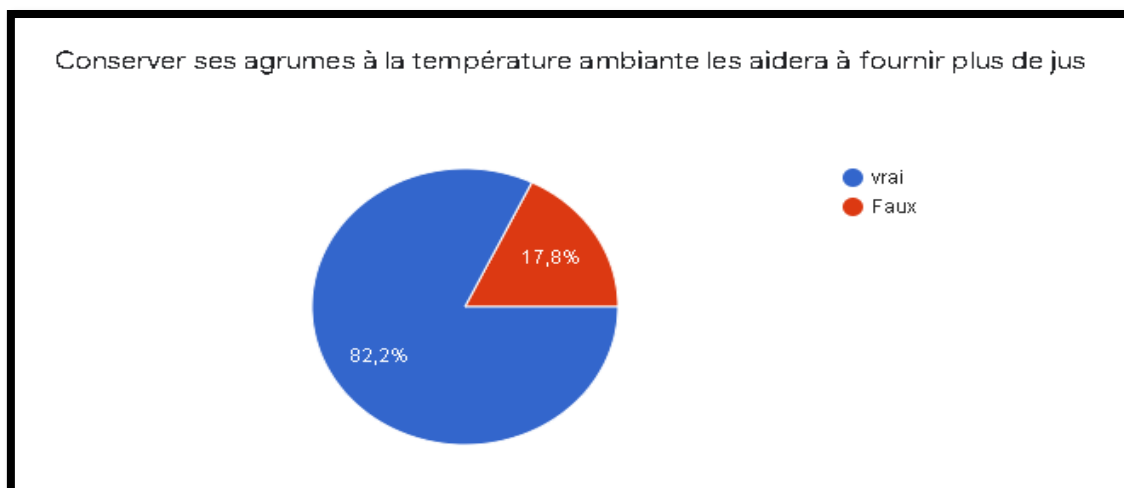
- 34(51,7 %) personnes choisissent orange sanguine comme un agrume a une pelure

comestible au lieu de 15 (22,7 %) personnes choisissent kumquat , 9 (13,6 %) personnes choisissent lime kaffir et le reste 8 (12,1 %) personnes choisissent calamondins.



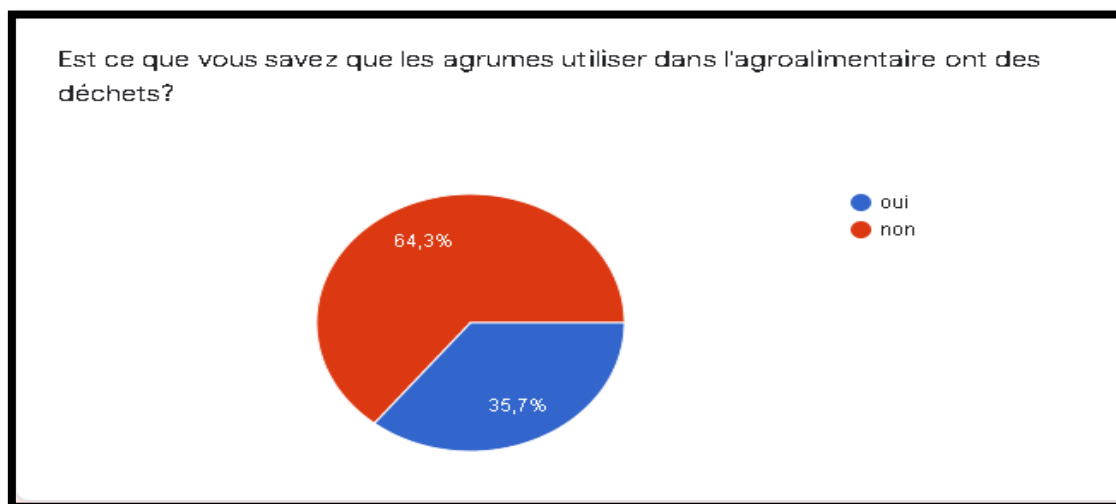
**Figure 3.22 : Le nombre de personne qui connaissent l'élément qui explique la présence de la couleur caractéristique dans l'orange sanguine**

- Notez que 17 (26,6 %) personnes connaissent l'élément responsable de la couleur de l'orange sanguine par contre que la plupart des personnes(31,3 %) ont choisi des caroténoïdes suivies par 15 personnes choisies de triterpénoïdes.



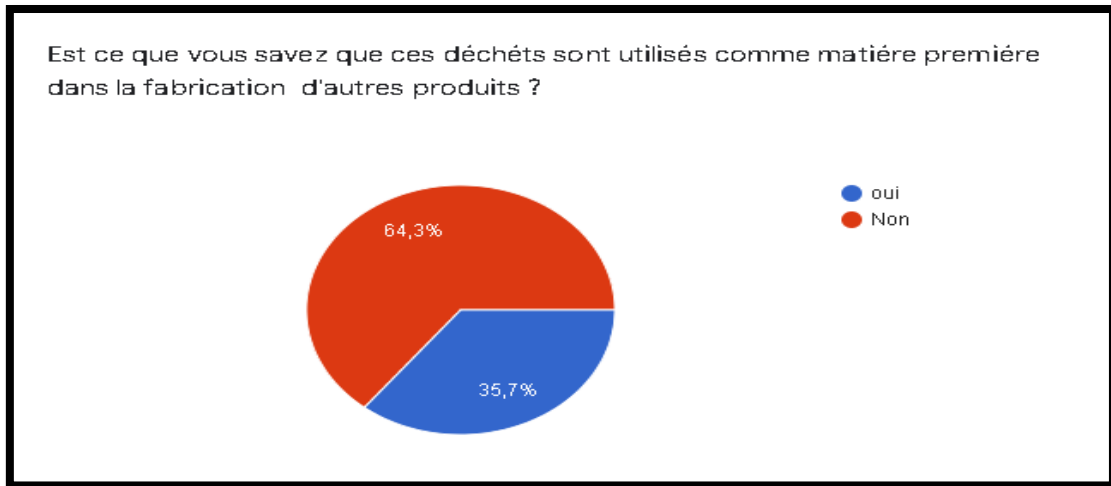
**Figure 3.23 : Le nombre de personnes qui connaissent que la conservation des agrumes à la température ambiante les aidera à fournir plus de jus**

- on remarque que la plupart des personnes (82,2 %) connaissent que la conservation des agrumes à une température ambiante les aidera à fournir plus de jus par contre 17,8 % ne le savent pas.



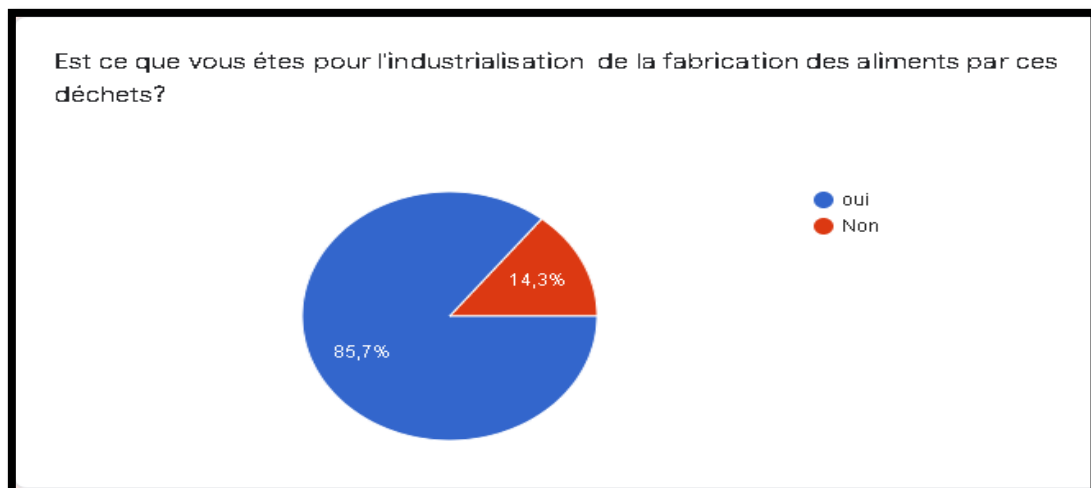
**Figure 3.24 : Le nombre des personnes qui connaissent que les agrumes utilisés dans l'agroalimentaire ont des déchets**

- On remarque que presque 35,7 % des personnes connaissent que les agrumes utilisés dans l'agroalimentaire ont des déchets, en revanche 64,3 % des personnes ne le savent pas.



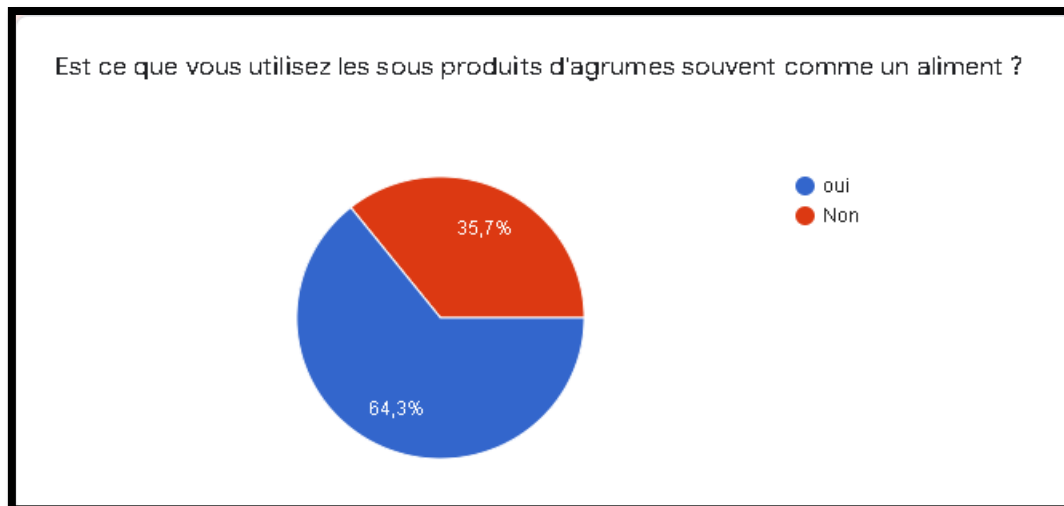
**Figure 3.25 : Le nombre des personnes qui connaissent que ces déchets sont utilisés comme matière première dans la fabrication d'autres produits**

- D'après les résultats obtenus on a conclure que 35,7 % personnes connaissent que ces déchets sont utilisés comme matière première dans la fabrication d'autres produits par contre 64,3 % personnes ne le savent pas.



**Figure 3.26 : Le nombre des personnes qui sont pour l'industrialisation de la fabrication des aliments par ces déchets**

- Nous avons obtenu 85,7 % des répondants qui sont pour l'industrialisation de la fabrication des aliments par ces déchets et les 14,3 % restants étaient contre cette proposition.



**Figure 3.27 : Le nombre des personnes qui utilisent les sous produits d'agrumes souvent comme un aliment**

- Nous avons obtenu 64,3 % des répondants qui utilisent les sous produits d'agrumes souvent comme un aliment et les 35,7 % des restants n'utilisent pas ces déchets.

### 5.3 Interprétation

- Nous avons obtenu dans notre enquête 78 réponses qui prouvent que la plupart des participants ne savent pas que les agrumes utilisés dans la fabrication de denrées alimentaires sont des déchets qui peuvent être utilisés comme matière première dans la fabrication de produits alimentaires.
- Nous avons également noté que la majorité des gens sont avec l'idée de l'industrialisation de la fabrication des aliments avec les déchets d'agrumes .Donc aujourd'hui le concept de la valorisation des sous-produits d'agrumes est un sujet de recherche très important à étudier.
- Nous avons également pu constater que l'utilisation de ces produits d'agrumes n'était pas systématique malgré le fait que les répondants avaient des connaissances sur leurs bienfaits et leurs importances.
- Nous constatons que la majorité des personnes n'ont pas une large culture des multiples bienfaits des agrumes, notamment du côté de la santé. La consommation de ces fruits de façon irrégulière peuvent entraîner des problèmes de santé et même des complications, par exemple des interactions négatives avec les médicaments lorsqu'on mange le pamplemousse.

## **5.4 Discussion**

Le problème des déchets se produit tous les jours et affecte la carrière et la famille de chacun. Consommateurs, lanceurs, ramasseurs d'ordures ménagères et trieurs de déchets recyclables, citoyens ou contribuables, chacun peut et doit être acteur d'une meilleure gestion des déchets. Des gestes simples qui permettent des actions concrètes, améliorent les conditions de vie et préservent le bien-être de chacun : chaque citoyen peut lancer moins et lancer mieux.

L'alimentation est désormais considérée comme l'un des facteurs de santé publique les fruits et légumes sont particulièrement recommandés. Ces arguments confortent les bienfaits des fruits et légumes sur la santé : contribution importante des micronutriments au fonctionnement normal de l'organisme, effets protecteurs contre les principales maladies chroniques (**Djerroud, 2010**).

La culture des agrumes est le plus grand secteur de production de fruits au monde et surtout en algérie (**USDA, 2014**). Les agrumes sont importants pour de nombreux pays en raison de leur importance économique. Les oranges sont de loin la plus grande production d'agrumes avec 52 %. Les petits agrumes arrive en deuxième position avec 21 % de la production totale d'agrumes, puis des citrons et des pamplemousses. Ce dernier se classe dernier avec 6,2% (**FAO, 2014**).

Leur consommation est relativement élevée dans de nombreux pays en raison de leur saveur unique, de leur goût et de leur arôme agréables et de la présence d'importants composés bioactifs (**Peterson et al, 2006**)

Les agrumes (écorce, pulpe, noyau) produisent 50 à 60 % de la masse des déchets de fruits pressés après pressurage, et l'écorce représente plus de la moitié (60 à 65 %) de cette masse de déchets (**Negro et al, 2017**). Les méthodes traditionnelles d'élimination des déchets comprennent le recyclage des aliments pour animaux, le compostage, l'incinération, la gazéification et l'utilisation des terres (**Sharma et al., 2017**). Or, les déchets, principalement les écorces d'agrumes, sont une source de molécules bioactives.

Les agrumes sont riches en minéraux, polyphénols, vitamines, fibres, flavonoïdes, limonoïdes, qui sont bénéfiques pour la santé et protègent contre diverses maladies telles que les maladies cardiovasculaires, le cancer, les maladies intestinales... (**Ladania, 2008**).

Les produits issus de la transformation des agrumes sont le jus, l'huile essentiels, confitures, des gelées et les sirops. la peau , la pulpe et les graines constituent des résidus industriels, qui

constituent 40 à 60 % du poids des matières premières. L'utilisation de ce résidu est une exigence essentielle dans l'industrie de la transformation des fruits, spécifiquement pour des raisons économiques.

L'arôme des agrumes est par excellence le produit de la transformation des agrumes à grande échelle en utilisant la méthode de raffinage. Une gamme de cultures d'agrumes est transformée pour produire des huiles essentielles à double usage, à la fois comme agents aromatisants et comme ingrédients de parfum. Ceux-ci incluent la bergamote, le pamplemousse, le citron, le citron vert, la mandarine, l'orange douce et l'orange amère.

Les principaux sous-produits de ce résidu sont les suivants : L'eau est le composant principal de ce résidu, 80 à 85 % en poids en quantité.

La matière sèche est constituée principalement de sucres solubles (glucose, fructose et faibles teneurs en sucres pentoses), sucres insolubles (cellulose, hémicellulose, protopectine), acides organiques (citrique, malique, iso-citrique, oxalique) et teneurs élevées en flavonoïdes présents dans la plupart des variétés d'agrumes hespéridine, naringine dans le pamplemousse.

La peau d'orange est riche en nutriments (eau, protéines, sucres et minéraux) et en composants fonctionnels (huiles essentielles, fibres, caroténoïdes, vitamine C, composés phénoliques) (**Tian et al., 2001 ; Singh et al., 2010**).

Les écorces d'agrumes sont riches en composés phénoliques, principalement des flavonoïdes et des acides phénoliques. Les flavonoïdes d'écorce d'agrumes sont caractérisés par des activités antioxydantes, thérapeutiques, antivirales, antifongiques et antibactériennes (**Bocco et al, 1998 ; Ma et al, 2009 ; Huang et al., 2010**).

L'extraction des composés phénoliques des écorces d'agrumes a suscité un intérêt scientifique considérable en tant qu'antioxydants naturels, conservateurs, principalement dans l'alimentation (**Ramphul et al, 2010**). De nombreuses études sur différentes variétés d'agrumes ont montré qu'elles contiennent principalement des composés phénoliques à haut pouvoir antioxydant, confirmant leur utilisation traditionnelle. Parmi toutes ces variétés, les oranges et les citrons sont populaires en raison de leur abondance de vitamine C et de leurs grandes quantités de composés phénoliques tels que les flavonoïdes et les caroténoïdes (**Del Rio et al, 2004**).

Pour cela nous recommandons aux industries algériennes d'exercer cette industrie car elle est importante pour l'économie et l'environnement algérien.

## **7.Conclusion**

Les sous-produits des agrumes sont une excellente source de composés nutritionnels et fonctionnels (eau, protéines, sucres et minéraux, caroténoïdes, vitamine C, huiles essentielles et composés phénoliques).

Les agrumes subissent un processus de transformation pour obtenir d'autres produits tels que des jus, des confitures, des conserves, etc. Les gros résidus de ces processus se dégradent facilement et peuvent entraîner une augmentation des taux de contamination. Les sous-produits des agrumes sont également souvent valorisés sous forme d'engrais ou d'aliments pour animaux, mais ils peuvent également être utilisés comme matières premières, par exemple dans la production de carburants agricoles. La composition chimique des agrumes et de leurs sous-produits est riche en sucre, en fibres alimentaires, en protéines, en antioxydants, etc.

Cela nous amène à conclure qu'ils peuvent également être utilisés dans différents domaines industriels, l'un des plus prometteurs étant la récupération de composés bioactifs pour développer des ingrédients pouvant être incorporés dans différentes formulations alimentaires, cosmétiques et/ou pharmaceutique.



# CONCLUSION GENERALE

Les agrumes sont l'une des cultures fruitières les plus importantes au monde. Leur production mondiale est estimée à plus de 115 millions de tonnes par an, dont 517 000 tonnes sont produites en Algérie. Ce dernier se classe au 19<sup>ème</sup> place mondial et au 2<sup>ème</sup> place de l'Union du Maghreb arabe. Ils est l'un des principaux éléments d'une alimentation équilibrée. Ils sont consommés frais ou sous forme de différents produits obtenus après quelques transformations. Les grandes quantités de résidus de ces processus sont facilement dégradés .

Dans l'industrie alimentaire, les agrumes sont largement utilisés pour extraire le jus, la vitamine C, et même la pectine...etc. Mais les déchets de ces conversions, principalement des écorces, sont souvent jetés. Or, ces derniers peuvent nous fournir des composés aux propriétés biologiques importantes, notamment les huiles essentielles, les polyphénols, les polysaccharides et les pectines.

Aujourd'hui, la valorisation des sous-produits d'agrumes est un sujet de recherche très brûlant dans de nombreux pays. De nombreuses recherches explorent désormais la possibilité de trouver de nouvelles façons d'ajouter de la valorisation des produits et sous-produits et de les convertir en ingrédients pouvant être incorporés dans les aliments agroalimentaires.

La valorisation des sous-produits est la première étape de l'engagement environnemental d'une entreprise, et il peut valoriser l'image de l'entreprise auprès d'interlocuteurs variés (clients, fournisseurs, médias...) de plus en plus exigeants sur le plan éthique. , respecter l'environnement et gaspiller la matière organique utile.

La valorisation des sous-produits fait également partie de la démarche de développement durable. Cela peut être une valorisation des matières organiques, nous entendons la production de compost et d'engrais, et il en va de même pour la valorisation des matières.

Au regard des études bibliographiques réalisées, on peut conclure que la transformation des agrumes se traduit par l'acquisition d'un grand nombre de sous-produits facilement valorisables dans divers domaines comme l'alimentation animale ou la production d'agrocarburants, et qu'ils constituent une source riche de composés biologiquement actifs, ces composés sont également en partie présents dans le résidu obtenu après transformation. En raison de cette abondance, l'extraction de ces composés à partir des écorces d'agrumes a suscité un grand intérêt dans la communauté scientifique pour les utiliser comme antioxydants naturels, principalement comme conservateurs dans les aliments.

A partir de cette petite étude bibliographique, nous encourageons fortement le domaine de la valeur ajoutée des sous-produits d'agrumes à pouvoir valoriser tous les composés bioactifs qu'ils contiennent tout en protégeant l'environnement. Ce sera intéressant à long terme:

- Évaluation de l'activité antioxydante et antioxydante des extraits de sous-produits d'agrumes rejetés par l'industrie de transformation des agrumes.
- Enrichir les aliments en ajoutant des extraits de sous-produits d'agrumes.

# RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ade-Omowaye, B.I.O., Angersbach, A., Taiwo, K.A., Knorr, D., (2001). Use of pulsed electric field pre-treatment to improve dehydration characteristics of plant based foods. *Trends in Food Science and Technology*, volume 12, numéro 8, p. 285–295.
- Ajikumar N.S., Rajani Kurup S.R., Akhila S.N., Sabulai B. (2017). Citrus peels prevent cancer. *Phytomedicine*, 50, 231-237.
- Ajila, C.M., Brar, S.K., Verma, M., Tyagi, R.D., S. Godbout, S., Valéro, J.R. (2010). Extraction and Analysis of Polyphenols: Recent trends. *Critical Reviews in Biotechnology*, volume 31, numéro 3, p. 227–249.
- Albertini M.-V., Carcouet E., Pailly O., *et al.* (2006), Changes in organic acids and sugars during early stages of development of acidic and acidless citrus fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 21, pp. 8335-8339.
- Ayad R., 2008 : recherche et détermination structurale des métabolites secondaires de l'espèce *zygophyllum cornutum*, Mémoire magister En Chimie Organique, université Mentouri Constantine. P35-39, 40, 47.
- Azmir, J., Zaidul, I.S.M, Rahman, M.M., Sharif, K.M., Mohamed, A., Sahena, F. Jahurul, M.A.H., Ghafoor, A., Norulaini, N.A.N., Omar, K.A.M., 2013. Techniques for, extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*. 117, 426-436
- Aust, O., Sies, H., Stahl, W., Polidori, M.C., 2001. Analysis of lipophilic antioxidants in human serum and tissues: tocopherols and carotenoids. *Journal of Chromatography A*, 936 (1-2), 83-93.
- Baker, G. R., R. F. Lowe et I. A. Southwell. (2000). Comparison of oil recovered from tea tree by ethanol extraction and steam distillation. *Journal of Agricultural Food Chemistry*. 48: 4041- 4043
- Balat, M., Balat, H., Öz, C. *Progress in bioethanol processing*. *Progress in Energy and Combustion Science*. 2008, 34, (5), 551-573.
- Balat, M., Balat, H., Öz, C. *Progress in bioethanol processing*. *Progress in Energy and Combustion Science*. 2008, 34, (5), 551-573.
- Barrera A.M., Ramirez J.A., Gonzalez-Cabriaes J.J. & Vazquez M., (2002). Effect of pectins on the gelling properties of surimi from silver carp. *Food Hydrocolloids*, 16 (5) : 441-447

- Bartnick, D.D., Mohler, C.M., Houlihan, M., 2006. Methods for the production of food grade extracts. *United States Patent Application*. 20060088627
- Benediste A. et Baches M., 2002 – Agrumes. Ed. Ugen Ulmer, PARIS, n° 132, 96 p.
- Bégin D., Gérin M. (2010). La substitution de solvant par le d-limonène. Université de Montréal. Faculté de médecine du travail et d'hygiènes de milieu.
- Behera, S., Arora, R., Nandhagopal, N., Kumar, S. (2014). Importance of chemical pretreatment for bioconversion of lignocellulosic biomass. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, volume 36, p. 91-106
- Belaïche P. (1979). Traité de phytothérapie et d'aromathérapie. Ed. Maloine SA, tome1. 9-128
- Benaïssa O., 2011 : Etude des métabolismes terpénique et flavonique d'espèces de la famille des composées, genres *Chrysanthemum* et *Rhantherium*. Activité Biologique, Thèse Doctorat, université Mentouri Constantine.63p
- Beneteaud, E. (2011). « Les techniques d'extraction », Comité Français du Parfum
- Benoit G. Etat des lieux sur l'aromathérapie dans les officines : enquête sectorielle dans le département de Vienne [Thèse]. Université de poitiers faculté de médecine et de pharmacie, 2015.
- Bicchi C., (2000). Essential oils/Gas Chromatography. University of Turin, Turin, Italy.Academic Press.2744-2755.
- Bicu I., Mustata F. (2011). Cellulose extraction from orange peel using sulfite digestion reagents. *Bioresource Technol*, 102 (21), 10013-10019
- Bocco, A., Cuvelier, M.E., Richard, H., Berset, C., 1998. Antioxidant activity and phenolic composition of citrus peel and seed extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 46, 6, 2123-2129
- Bocco, A., Cuvelier, M.E. Richard, H., Berset, C. (1998). Antioxydant Activity and Phenol Composition of Citrus Pell and Seed Extracts. *J. Agric. Food Chem*, 46(6): 2123-23.
- Boubekri C. (2014). Etude de l'activité, antioxydante des polyphénols Extraits de *Solanummelongena* par des techniques électrochimiques, Université Mohamed Khider Biskra.

- Boukroufa M., Boutekedjiret C., Petigny L., Rakotomanomana N., Chemat F. (2015). Biorefinery of orange peels waste: A new concept based on integrated green and solvent free extraction processes using ultrasound and microwave techniques to obtain essential oil, polyphenols and pectin. *Ultrasonics Sonochemistry*, Elsevier, 24, pp. 72-79.
- Bousbia N. (2011). Extraction des huiles essentielles riches en antioxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires. Université d'Avignon, Institut national agronomique (El Harrach, Algérie).
- Bruneton J., 2009 : Pharmacognosie - Phytochimie, plantes médicinales. 4 e éd., revue et augmentée. Paris, France : Tec & Doc - Éditions médicales internationales, 1288 p.
- Brunton J. Pharmacognosie photochimie plantes médicinales 3ème édition, Paris, 2005,p 111-213
- Chemat, F. (2014). *Eco-extraction du végétal: Procédés innovants et solvants alternatifs*. Dunod, 322 p., p. 1-26 et 91-117.
- Chemat, F., Lucchesi, M.E., Smadja, J., Favretto, L., Colnaghi, G. and Visinoni, F. (2006). Microwave accelerated steam distillation of essential oil from lavender: rapid, clean and environmentally friendly approach. *Analytica Chimica Acta*. 555: 157–160.
- Cheynier, V., Sarni-Manchado, P., 2006. Les polyphénols en agroalimentaire. 50-59. Lavoisier-Tec & Doc, Paris.
- Chidankumar C.S., Mythily R. and Chandraju S., (2011). Extraction of Carbohydrate from Sweet Orange Peels (*Citrus sinensis* L.) and their Identification via LC /MS & Thin Layer Chromatographic Analysis. *Biosciences, Biotechnology, Research. Asia*, 8(2), 709-715.
- Clements R. L. (1964), Organic Acids in Citrus Fruits. I. Varietal Differencesa. *Journal of Food Science*, 29, 3, pp. 276-280.
- Combo, M.M.A., Mario, A., Michel, P. (2011).Les oligosaccharides pectiques: Production et applications possibles. *BiotechnolAgron. Soc. Environ* .15(1), 153-164.
- Daito H., Sato Y. (1985), Changes in the sugar and organic acid components of satsuma mandarin fruit during maturation. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science (Japan)*, pp. 155-162
- Del Rio, J.A., Fuster, M. D., Gomez, P., Porras, I., Garcia-Lidon, A., ET Ortuno, A. (2004). Citrus limon : a source of flavonoid of pharmaceutical interest. *Food chem*,

84:457-461.

- 
- Djerroud, D. (2010). Modélisation markovienne du séchage continu par contact avec agitation. Institut National Polytechnique de Toulouse
- Doi, T., Matsumoto, H., Abe, J., Morita, S. *Application of rice rhizosphere microflora for hydrogen production from apple pomace*. International Journal of Hydrogen Energy. 2010, 35, (14), 7369-7376.
- Donato L., (2004). Gélification et séparation de phase dans les mélanges protéines globulaires/pectines faiblement méthylées selon les conditions ioniques. Thèse Doctorat de l'École Nationale Supérieure des Industries Agricoles et Alimentaires
- El-Belghiti, K., Rabhi, Z., Vorobiev, E. (2005). Kinetic model of sugar diffusion from sugar beet tissue treated by pulsed electric field. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, volume 85, numéro 2, p213-218.
- Elmaleh, S., Defrance, M.B., Ghommidh, C. *Organic acids oxidation by Candida utilis: application to industrial waste water treatment*. Process Biochemistry. 1999, 35,441-449.
- FAO. 2014. FAOSTAT <http://faostat3.fao.org/home/E>.
- Fellah, S. Romdhane, M. and Abderraba, M. (2006). Extraction et étude des huiles essentielles de la salvia officinalis. l cueillie dans deux régions différentes de la Tunisie. *Journal de la Societe Algerienne de Chimie*. 16: 193-202.
- Ferhat M. A., Meklati B. Y., Chemat F. (2010). Citrus d'Algérie, les huiles essentielles et leurs procédés d'extraction. Office des Publications Universitaires. P 38, 42, 52-57
- Gattuso, G., Barreca, D., Gargiulli, C., Leuzzi, U., Caristi, C., 2007. Flavonoid Composition of *Citrus* Juices. *Molecules*. 12, 1641-1673.
- Gharsallaoui A. ; «Microencapsulation d'un système lipidique par des macromolécules végétales (protéine de pois+pectine)», (2008), Thèse de Doctorat. Université de Bourgogne. France
- Giannuzzo, A.N., Boggetti, H.J., Nazareno, M.A., Mishima, H.T., 2003. Supercritical fluid extraction of naringin from the peel of Citrus paradise. *Phytochemical Analysis*. 14, 221-223



- Gil Chavez, G.J, Villa, J.A., Ayala-Zavala, J.F, Heredia, J.B, Sepulveda, D., Yahia, E.M., Gonzalez-Aguilar, G.A., 2013. Technologies for Extraction and Production of Bioactive Compounds to be used as Nutraceuticals and Food Ingredients: An Overview. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 12, 5-19.
- Grohmann, K., Baldwin, E., Buslig, B. *Production of ethanol from enzymatically hydrolyzed orange peel by the yeast Saccharomyces cerevisiae*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 1994, 45-46, (1), 315-327
- Grohmann, K., Baldwin, E., Buslig, B. *Production of ethanol from enzymatically hydrolyzed orange peel by the yeast Saccharomyces cerevisiae*. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 1994, 45-46, (1), 315-327.
- Havsteen B.H., 2002 : The biochemistry and medical significance of the flavonoids. *Pharmacol. Therapeut.* p96, 67–202.
- Hayat, K., Hussain, S., Abbas, S., Farooq, U., Ding, B., Xia, S., Ji, C., Zhang, X., Xia, W., 2009. Optimized microwave-assisted extraction of phenolic acids from citrus mandarin peels and evaluation of antioxidant activity in vitro. *Separation and Purification Technology*. 70, 63-70.
- Hayat, K., Zhang, X., Chen, H., Xi, S., Jia, C., Zhong, F., 2010. Liberation and separation of phenolic compounds from citrus mandarin peels by microwave heating and its effect on antioxidant activity. *Separation and Purification Technology*. 73, 371-376.
- Iglesias D. J., Cercós M., Colmenero-Flores J. M., *et al.* (2007), Physiology of citrus fruiting. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 19, 4, pp. 333-362.
- Jabri Karoui I., Marzouk B. (2013). Characterization of bioactive compounds in tunisian bitter orange (*Citrus aurantium* L) peel and juice and determination of their antioxidant activities. *Biomed Res Int*. 345415.
- Khan, M.K., Zill-E-Huma, Dangles, O., 2014. A comprehensive review on flavanones, the major citrus polyphenols. *Journal of Food Composition and Analysis*. 33, 85-104
- Koller, E. *Traitement des pollutions industrielles*. 2009, Dunod, Paris.
- Kulisic, T.; Radonic, A.; Katalinic, V.; and Milos, M. (2004). Use of different methods for testing antioxidant activity of oregano essential oil. *Food Chemistry*. 85: 633–640.

- Kratchanova, M., Pavlova, E., Panchev, I., 2004. The effect of microwave heating of fresh orange peels on the fruit tissue and quality of extracted pectin. *Carbohydrates Polymers*. 56, 181-185.
- Ladanyia M. (2008). *Citrus fruit: biology, technology and evaluation*. Academic press, 542 p.
- 
- Latif, S. et Anwar, F. (2009). Physicochemical studies of hemp (*Cannabis sativa*) seed oil using enzyme-assisted cold-pressing. *European Journal of Lipid Science and Technology*, volume 111, numéro 10, p. 1042–1048.
- Lee, Y.H., Charles, A.L., Kung, H.F., Ho, H.F., Huang, T.C., 2010. Extraction of nobiletin and tangeretin from *Citrus depressa* Hayata by supercritical carbon dioxide with ethanol as modifier. *Industrial Crops and Products*. 31, 59-64.
- Li W., Wang Z., Wang Y.P., Qun Liu C.J., Sun Y.S., Zheng Y.N., 2012a. Pressurised liquid extraction combining LC–DAD–ESI/MS analysis as an alternative method to extract three major flavones in *Citrus reticulata* ‘Chachi’ (Guangchenpi). *Food Chemistry*. 130, 1044-1049.
- Link, A., Balaguer, F., Goel, A. *Cancer chemoprevention by dietary polyphenols: Promising role for epigenetics*. *Biochemical Pharmacology*. 2010, 80, (12), 1771-1792.
- Liu, Y., Shi, J., Langrish, T.A.G., 2006. Water-based extraction of pectin from flavedo and albedo of orange peels. *Journal of Chemical Engineering Data*. 120, 203-209
- Llana Coalla, H., Blanco Fernández, J.M., Morís Morán, M.A., López Bobo, M.R. *Biogas generation apple pulp*. *Bioresource Technology*. 2009, 100, (17), 3843-3847.
- Lutge U, Kluge M, Bauer G. 2002. *Botanique 3eme Ed : Technique et documentation*. Lavoisier, Paris. p.211.
- Liu, Y., Shi, J., Langrish, T.A.G., 2006. Water-based extraction of pectin from flavedo and albedo of orange peels. *Journal of Chemical Engineering Data*. 120, 203-209
- M. F. COSTE, H. M. GATTEFOSSÈ et B. R. GUILLOT, *Utilisation des agrumes dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique*, 1968, p531-532
- M'hiri N., Ioannou I., Mihoubi Boudhrioua N., Ghoul M. (2016). Phytochemical characteristic of citrus peel and effect of conventional and nonconventional processing on phenolic compounds: a review. *Food Reviews International*.

- Ma, Y., Chen, J., Liu, D., Ye, X., 2009. Simultaneous extraction of phenolic compounds of citrus peel extracts: Effect of ultrasound. *Ultrasonics Sonochemistry*, 16, 57-62.
- Macheix J., Fleuriet A., Jay C. 2005. Les composés phénoliques des végétaux, un exemple des métabolites secondaires. Collection Biologie, pp.1-11.
- Macheix J.J., Fleuriet A., Sarni-Manchado P., 2006. Composés phénoliques dans la plante-Structure, biosynthèse, répartition et rôles. In Les polyphénols en agroalimentaire, 398 p. Sarni-Manchado P., Cheynier V., Eds. Paris: Lavoisier. 1-28.
- Malecky M., 2005 : Métabolisme des terpenoïdes chez les caprins, thèse Pour obtenir le grade de docteur de l'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement, AgroParisTech. p 9, 13-19, 20, 27.
- Mandal, V., Mohan, Y. et Hemalatha, S. (2007). Microwave assisted extraction - an innovative and promising extraction tool for medicinal plant research. *Pharmacognosy Reviews*, volume 1, numéro 1, p. 7-18.
- Marouf A and Reynaud J. 2007. La botanique d'A à Z : 1662 définitions. Dunod, Paris. 352p.
- Moletta, R. *Le traitement des déchets*. 2009, Lavoisier, Paris. Schaub, S.M., Leonard, J.J. *Composting: An alternative waste management option for food processing industries*. Trends in Food Science & Technology. 1996, 7, (8), 263-268.
- Mumtaz khan M., Iqbal M., Asif Hanif M., Shahid Mahmood M., Naqvi S.A., Shahid M., Jafar Jaskani M. (2012). Antioxidant and antipathogenic activities of citrus peel oils. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 15:6, 972-979.
- Meléndez-Martínez, A.J., Vicario, I.M., Heredia, F.J., 2007. Critical Review Review: Analysis of carotenoids in orange juice, *Journal of Food Composition and Analysis*. 20, 638-649.
- Marin, F.A., Soler-Rivas, C., Benavente-García, Castillo, J., Perez-Alvarez, J.E., 2007. By-products from different citrus processes as a source of customized functional fibres. *Food Chemistry*. 100, 736-741.
- N'BeMiller J., (2001). Plant Gums. *Encyclopedia of Life Sciences*, John Wiley & Sons, Ltd. pp 1-5.
- Nait Sidi Ahmed, A. (2012). *Mise en place d'un procédé d'extraction et de pré-purification de molécules bioactives à partir d'une culture énergétique*.
- Negro, V., Ruggeri, B., Fino, D., & Tonini, D. (2017). Life cycle

- assessment of orange peel waste management. *Resources, Conservation and Recycling*, 127(June), 148–158.
- Niranjan, K. et Hanmoungjai, P. (2004). Enzyme-aided aqueous extraction. In: Dunford, N.T., Dunford, H.B. (Eds.), *Nutritionally Enhanced Edible Oil Processing*. AOCS Publishing.
  - Paquot M., Aguedo M., Combo A. M. M. ; «Analyse structurale des carraghénanes par hydrolyse enzymatique», (2007), Thèse de Doctorat. Université de Bretagne Occidentale. France.
  - Parlement Européen. *Directive 2008/98/CE du Parlement Européen et du Conseil du 19 novembre 2008 relative aux déchets et abrogeant certaines directives (Texte présentant d'intérêt pour l'EEE)*. Journal Officiel de l'Union européenne. 2008, L, (312), 3-30.
  - Patle, S., Lal, B. *Ethanol production from hydrolysed agricultural wastes using mixed culture of Zymomonas mobilis and Candida tropicalis*. *Biotechnology Letters*. 2007, 29, (12), 1839-1843.
  - Pranati S., Rishabha M.; «Sources of pectin, extraction and its applications in pharmaceutical industry– an overview». *Indian Journal of Natural Products and Resources*, (2011), 2(1), pp. 10-18.
  - Ramphul, D., Bahorun, T., Bourdon, E., Tarnus, E., Aruoma, O.I. (2010). Bioactive phenolics and antioxidant propensity of flavedo extracts of Mauritian citrus fruits: Potential prophylactic ingredients for functional foods application. *Toxicology*, 278: 75-87.
  - R. SCHWOB et R. HUET, valorisation des sous produits d'agrumes, 1965, p349-352
  - Royer, G., Madieta, E., Symoneaux, R., Jourjon, F. *Preliminary study of the production of apple pomace and quince jelly*. *LWT - Food Science and Technology*. 2006, 39, (9), 1022-1025
  - Rozzi N. L., Phippen W., Simon J. E. and Singh R. K, (2002). Supercritical fluid extraction of essential oil components from lemon-scented botanicals. *Lebensm.-Wiss. U.-Technol.*, 35: 319–324.
  - Russo, M., Bonaccorsi, I., Torre, G., Sarò, M., Dugo, P., Mondello, L., 2014. Underestimated sources of flavonoids, limonoids and dietary fibre: Availability in lemon's by-products. *Journal of functional foods*. 9, 18-26.

- Sadhana, N., Yashdeep, P., Divya, S., Anand, N., Anil, K. (2006). Production of polygalacturonase by immobilized cells of *Aspergillus niger* using orange peel as inducer. *Process Biochemistry*, 41, 1136–1140
- Sahraoui, N., Abert Vian, M., Bornard, I., Boutekedjiret, C. and Chemat, F. (2008). Improved microwave steam distillation apparatus for isolation of essential oils, comparison with conventional steam distillation. *Journal of Chromatography A*. 1210: 229–233
- Salisova M., Toma S., Mason T.J. (1997). Comparison of conventional and ultrasonically assisted extractions of pharmaceutically active compounds from *Salvia officinalis*. *Ultrasonics Sonochemistry*, 131 – 134. In Bousbia N. 2011. Extraction des huiles essentielles riches en antioxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires. Université d'Avignon, Institut national agronomique (El Harrach, Algérie).
- Scalbert A., Manach C., Morand C., Rémésy C., 2005 : Dietary Polyphenols and the Prevention of Diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. p45, 287–306.
- Segneanu, A-E., Cziplé, F., Vlaza, P., Sfirloaga, P., Grozescu, I., Gherman, V.D. (2013). *Biomass now – Sustainable growth and use, Chapitre 15 : Biomass extraction methods*, InTech, p. 389-400.
- Serranoma.A. Martinez-Romero. D., Guillenf., Valverde J.M., Zapata.P.J., Castillo S et Valero D. (2008). The addition of essential oils to MAPas a tool to maintain the overall quality of fruits. *Trends in Food Science and Technology*, 19, 464-471
- Sharma, N., Kalra, K., Oberoi, H., Bansal, S. *Optimization of fermentation parameters for production of ethanol from kinnow waste and banana peels by simultaneous saccharification and fermentation*. *Indian Journal of Microbiology*. 2007, 47, (4), 310-316.
- Sharma, K., Mahato, N., Cho, M. H., & Lee, Y. R. (2017). Converting citrus wastes into value added products: Economic and environmentally friendly approaches. *Nutrition*, 34, 29–46.
- Sine P.J (2010). *Enzymologie et applications*. Ed. Ellipes, Sciences de la vie et de la terre.

- Sinha N., Sidhu J., Barta J., *et al.* (2012). Handbook of fruits and fruit processing. John Wiley & Sons, 57 p.
- Société Française d'acoustique (2010). *Le livre blanc de l'acoustique en France en 2010 – Chapitre 3 - Ultrasons*, édition SFA, p.76-82.
- Souza, A.T., Benazzi, T.L., Grings, M.B., Cabral, V. and Antônio, E. (2008). Supercritical extraction process and phase equilibrium of Candeia (*Eremanthus erythropappus*) oil using supercritical carbon dioxide. *J. of Supercritical Fluids*. 47: 182–187.0
- Soxhlet, F. Die gewichtsanalytische bestimmung des milchfettes. *Dingler's Polytech. J* 1879, 232, 461–465.
- Sriamornsak P. ; «Chemistry of Pectin and Its Pharmaceutical Uses, A Review», *Silpakorn University International Journal*, (2003), 3, pp. 206-228
- Srilatha, H.R., Nand, K., Babu, K.S., Madhukara, K. *Fungal pretreatment of orange processing waste by solid-state fermentation for improved production of methane*. *Process Biochemistry*. 1995, 30, 327-331.
- Thomas-Barberan, F.A., Clifford, M.N., 2000. Dietary hydroxybenzoic acid derivatives -nature, occurrence and dietary burden. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 80 (7), 1024-1032.
- Ting S., Vines H. (1966). Organic acids in the juice vesicles of Florida 'Hamlin'orange and 'Marsh Seedless' grapefruit. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci*, pp. 291-297.
- Toepfl, S., Mathys, A., Heinz, V., Knorr, D. (2006). Review: potential of high hydrostatic pressure and pulsed electric fields for energy efficiency and environmentally friendly food processing. *Food Review International*, volume 22, numéro 4, p.405–423.
- Toledo-Guillén, A.R., Higuera-Ciapara, I., García-Navarrete, G., De la Fuente, J.C., 2010. Extraction of bioactive flavonoid compounds from orange (*Citrus sinensis*) peel using supercritical CO<sub>2</sub>. *Journal of Biotechnology*. 150-576.
- Tumbas, V.T., Četkovic, G.S., Djilas, S.M., Canadanovic-Brunet, J.M., Vulic, J.J., Knez, Z., 2010. Antioxidant activity of mandarin (*Citrus reticulata*) peel. *Biblid*. 40, 195-203.
- van Heerden, I., Cronje, C., Swart, S.H., Kotze, J.M. *Microbial, chemical and physical aspects of citrus waste composting*. *Bioresource Technology*. 2002, 81, 71-76.

- Vankar, P.S., (2004). Essential oils and fragrances from natural sources. *Resonance*, volume 9, numéro 4, p. 30–41.
- Vinatoru M., Toma M., Radu O., Filip P.I., Lazurca D., Mason T.J. (1997). The use of ultrasound for the extraction of bioactive principles from plant materials. *Ultrasonics Sonochemistry*, 4(2) 135 – 139.
- Wang L., Weller C.L., 2006 : Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science & Technology*. Vol. 17(6): 300-312.
- Wang, L. et Weller, C. L. (2006). Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science & Technology*, volume 17, numéro 6, p. 300-312.
- Wang, L., Weller, C.L., 2006. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science and Technology*. 17, 300-312.
- Wang, X., Chen, Q. and Lu, X., (2014). Pectin extracted from apple pomace and citrus peel by subcritical water. *Food Hydrocolloids*. 38, 129-137.
- Wang, Y.C., Chuang, Y.C. and Hsu, H.W., (2008). The flavonoid, carotenoid and pectin content in peels of citrus cultivated in Taiwan, *Food Chemistry*. 106, 277-284.
- Wilkins, M. R., Widmer, W. and Grohmann, K., (2007). Simultaneous saccharification and fermentation of citrus peel waste by *Saccharomyces cerevisiae* to produce ethanol. *Process Biochemistry*. 42 (12), 1614-1619.
- Wilkins, M., Suryawati, L., Maness, N., Chrz, D. *Ethanol production by Saccharomyces cerevisiae and Kluyveromyces marxianus in the presence of orange peel oil*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2007, 23, (8), 1161-1168.
- Wilkins, M., Suryawati, L., Maness, N., Chrz, D. *Ethanol production by Saccharomyces cerevisiae and Kluyveromyces marxianus in the presence of orange peel oil*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 2007, 23, (8), 1161-1168.
- Wang, Y.C., Chuang, Y.C., Hsu, H.W., 2008. The flavonoid, carotenoid and pectin content in peels of citrus cultivated in Taiwan. *Food Chemistry*. 106, 1, 277-284.
- Xu, G.H, Chen, J.C., Zhang, Y.H., Iang, P.J., Ye, X.Q., 2008. Minerals, phenolic compound, and antioxidant capacity of Citrus peel extract by hot water. *Food Chemistry*. 73, 1, 11-17.

- Yezza S., et Bouchama S., 2014: index des métabolites secondaires végétaux, université kasdi merbah, Ouargla faculté des sciences de la nature et de la vie département des sciences biologiques.47 pages.
- Yusuf Y., 2006 : Trends Food Sci. Tech. p17, 64-71.
- Zhang J., 2007. Flavonoids in Grapefruit and comercial Grapefruit juices: concentration, distribution and potential health benefits. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. 120, 288-294.
- Zhang, H., Yang, X. et Wang, Y. (2011). Microwave assisted extraction of secondary metabolites from plants: Current status and future directions. *Trends in Food Science & Technology*, volume 22, numéro 12, p. 672-688.
- Ziad D., Mihir S., Roula M. A. M.; «Pectin shows antibacterial activity against Helicobacter pylori». *Advances in Bioscience and Biotechnology*, (2013), 4(2), pp. 273- 277.

### Site web

- <https://www.jardiner-malin.fr/fiche/citronnier.html>(15/04/2022)
- <https://www.journaldesfemmes.fr/jardin/encyclopedie-des-plantes/2406366-oranger/>
- <https://jaminex.com/oranger-amer-bigaradier/>
- [www.jardinet.fr/blog/tout-savoir-sur-le-pamplemoussier](http://www.jardinet.fr/blog/tout-savoir-sur-le-pamplemoussier)
- <https://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/cedratier.php>
- <https://www.gerbeaud.com/jardin/fiches/combava,1493.html>
- <https://naturealpha.skyrock.com/3266351762-Le-Mandarinier.html>
- <https://chefsimon.com/articles/produits-le-pomelo>
- <https://www.aujardin.info/plantes/citrus-aurantifolia.php>
- <https://www.cuisineaz.com/articles/kumquat-2447.aspx>
- <https://www.agrimaroc.ma/conditionnement-des-agrumes-les-etapes/>
- <https://les-differences.com/difference-confiture-marmelade/>



- [https://www.researchgate.net/figure/structure-de-base-des-flavonoides\\_fig5\\_314242871](https://www.researchgate.net/figure/structure-de-base-des-flavonoides_fig5_314242871)
- <http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.9833.html>
- <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Flavone-groupe.html>
- <http://tai-team.fr/photos/800x500-c87eb60d33f6dfdc6629433b0e02c27.jpg>

**ANNEXE**

## Annexe

---

Nom : .....

Prénom : .....

1. Etes-vous :

Homme

Femme

2. Dans quelle tranche d'âge vous situez vous ?

Moins de 25 ans

De 25 à 34 ans

De 35 à 49 ans

50 ans et plus

3. Quelle est votre situation ?

Etudiant

En recherche d'emploi

En activité professionnelle

Retraité

Au foyer

4. Saviez-vous qu'il existe de nombreux types d'agrumes ?

Oui

Non

5. Quel type d'agrumes préférez-vous ?

.....  
.....

6. Saviez-vous que les restes d'agrumes sont utilisés dans la fabrication de divers produits ?

Oui

Non

- Si votre réponse est Oui, donnez-moi un exemple ?

.....  
.....

## Annexe

---

7. Saviez-vous que les agrumes gardent la peau brillante car ils contiennent Vitamine C et l'acide ascorbique ?

- Oui  
 Non

8. Connaissez-vous que la pamplemousse abaisse le taux de cholestérol ?

- Oui  
 Non

9. Saviez-vous que la clémentine se digère facilement ?

- Oui  
 Non

10. Saviez-vous que l'orange réduit la durée et les symptômes du rhume ?

- Oui  
 Non

11. Saviez-vous que les agrumes apportent des fibres 1,3 g et 2 g pour 100 g qu'ils sont utiles pour réguler le transit et lutter contre la constipation ?

- Oui  
 Non

12. Parmi ces agrumes, lequel a une pelure comestible?

- Orange sanguine  
 Kumquat  
 Calamondins  
 Lime kaffir

13. Quel élément dans l'orange sanguine explique la présence de sa couleur caractéristique?

- Les caroténoïdes  
 Les anthocyanines  
 Les triterpénoïdes  
 Les mélanines

## Annexe

---

14. Conserver ses agrumes à la température ambiante les aidera à fournir plus de jus.

Vrai

Faux

15. Est-ce que les agrumes utilisés dans l'agroalimentaire ont des déchets ?

Oui

Non

16. Est-ce que ces déchets sont utilisés comme matière première dans la fabrication d'autres produits ?

Oui

Non

17. Est-ce que vous êtes pour l'industrialisation de la fabrication des aliments par ces déchets ?

Oui

Non

18. Est-ce que vous utilisez les sous-produits d'agrumes souvent comme un aliment ?

Oui

Non

## Résumé

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation des sous-produits d'agrumes générés par l'industrie. Ils sont obtenus chaque année en quantités importantes partout dans le monde. Ces déchets (peaux, pulpes et pépins) sont généralement dédiés à l'alimentation animale ou bien éliminés par compostage ou incinération. Les citrus comme d'autres fruits et légumes sont parmi les sources végétales les plus riches en composés bioactifs. Ces composés ont des effets bénéfiques sur la santé humaine, car ils possèdent de nombreuses activités biologiques comme l'activité antioxydante, anti-inflammatoire, antibactérienne,...etc. Les résultats obtenus au cours des travaux de recherches indiquent le fait que ces sources végétales contiennent des composés phénoliques et des composés triterpéniques qui peuvent être valorisés par incorporation dans différentes formulations alimentaires, pharmaceutiques, cosmétiques etc.

**Mots –Clés :** valorisation, agrumes, citrus, composés bioactifs, composés phénoliques, composés triterpéniques.

## ملخص

يعد هذا العمل جزءاً من تجميع المنتجات الثانوية للحمضيات الناتجة عن الصناعة. يتم الحصول عليها كل عام بكميات كبيرة في جميع أنحاء العالم. هذه النفايات (القشور واللب والبذور) مخصصة بشكل عام لتغذية الحيوانات أو يتم التخلص منها عن طريق التسميد أو الحرق.

تعتبر الحمضيات كغيرها من الفواكه والخضروات من أغنى المصادر النباتية للمركبات النشطة بيولوجياً، ولهذه المركبات آثار مفيدة على صحة الإنسان، حيث تمتلك العديد من الأنشطة البيولوجية مثل: مضادات الأكسدة ومضادات الالتهابات والنشاط المضاد للبكتيريا... إلخ. تشير النتائج التي تم الحصول عليها خلال العمل البحثي إلى أن هذه المصادر النباتية تحتوي على مركبات فينولية ومركبات ترايتيربين والتي يمكن تعزيزها من خلال دمجها في تركيبات غذائية وصيدلانية وتجميلية متنوعة، إلخ.

## Abstract

This work is part of the recovery of citrus by-products generated by the industry. They are obtained every year in significant quantities all over the world. This waste (skins, pulp and seeds) is generally dedicated to animal feed or eliminated by composting or incineration.

Citrus like other fruits and vegetables are among the richest plant sources of bioactive compounds. These compounds have beneficial effects on human health, as they possess many biological activities like antioxidant, anti-inflammatory, antibacterial activity. ,...etc. The results obtained during the research work indicate that these plant sources contain phenolic

compounds and triterpene compounds which can be enhanced by incorporation into various food, pharmaceutical, cosmetic formulations, etc