

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

**UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID - TLEMCCEN**

*MEMOIRE*

*Présenté par*

***BOUAYED Sanaa***

*En vue de l'obtention du Diplôme de MASTER en biologie*

*En Physiologie cellulaire et Physiopathologie*

*Sur le thème :*

***Intérêt de la valorisation de l'écorce de clémentine***

Soutenu publiquement le 30 juin 2022 à Tlemcen devant le jury composé de :

|              |                   |            |                       |
|--------------|-------------------|------------|-----------------------|
| Présidente   | SAKER MERIEM      | Professeur | Université de Tlemcen |
| Encadrante   | BEKHTI-SARI Fadia | <i>MCB</i> | Université de Tlemcen |
| Examinatrice | BOUANANE Samira   | Professeur | Université de Tlemcen |

Année Universitaire : 2021 \_ 2022

## **Remerciements**

---

*Je remercie tout avant ''Allah ''le tout puissant qui m'a procuré du courage Et de la volonté pour mener ce modeste travail.*

*Je tien vivement à remercier mon encadrante Mme **BEKHTI SARI Fadia**, maitre de conférence à la faculté des sciences de la nature et de la vie, des sciences de la terre et de l'univers, département de biologie qui nous a dirigées ce travail avec une grande rigueur scientifique, ses conseils, sa grande disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire.*

*Mes remerciements s'étendent également à **Madame SAKER Meriem**, Professeur à l'université de Tlemcen, d'avoir voulu accepter de présider les jurys.*

*Je tiens à remercier **Mme BOUANAE Samira** Professeur à l'université de Tlemcen, qui me fait L'honneur de bien vouloir examiner ce travail*

*Enfin, je remercie tous ceux qui m'ont accompagné tous ces années et qui M'ont aidé, d'une manière ou d'une autre à mener ce travail à terme*

## *Dédicaces*

---

*Je dédie ce modeste mémoire à :*

*A mes très chers parents « Fouad » et « Nawel »*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Vous avez su m'inculquer le sens de la responsabilité, de la confiance en soi face aux difficultés de la vie. Vos conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite. Vous n'avez cessé de me soutenir moralement ainsi que matériellement et de m'encourager durant toutes les années de mes études. Je vous dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serais demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester votre fierté et ne jamais vous décevoir.*

*A ma très chère sœur jumelle « Rawida »*

*Qui a toujours su me motiver même dans les moments difficiles. Merci d'être toujours à mes côtés, par votre présence et votre amour, un grand merci pour votre encouragement et soutien moral.*

*A mon frère « Ahmed Abderrahmane »*

*A mes grand parant*

*Mercie pour votre soutient morale et encouragent et vos douaa que dieux vous garde pour moi*

*A mes chère oncle « Ahmed Ali, Benali, Adil » et ma tante « Souhila »*

*A mes amies Rania et Esmae, Amira Je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur*

## *Table de matière*

---

**Remerciements**

**Dédicaces**

**Liste des figures**

**Liste des tableaux**

**Liste des abréviations**

Introduction ..... 1

### *Chapitre I : la clémentine*

I.1. Origine et histoire de la clémentine ..... 3

I.2. Production d'orange dans le monde et en Algérie ..... 3

I.3. Donnée botanique ..... 3

I.4. Description morphologique d'un fruit de clémentine ..... 4

I.5. La composition de l'écorce de clémentine ..... 5

I.5.1. Les minéraux ..... 5

I.5.2. Composés bioactifs des écorces de clémentine ..... 6

I.5.2.1. Teneur en caroténoïdes ..... 6

I.5.2.2. Teneur en vitamine C ..... 7

I.5.2.3. Teneur en polyphénol ..... 7

I.5.2.4. Teneur en flavonoïdes ..... 9

I. 6. Screening phytochimiques ..... 11

I.6.1. Préparation des extraits ..... 12

I.6.1.a. Extraction éthanolique à chaud... ..... 12

I.6.1.b. Macération à froid ..... 13

|  |    |
|--|----|
| I.6.2. Les tests phytochimiques .....          | 14 |
| I.1. Les alcaloïdes .....                      | 14 |
| I.2. Stérols et triterpènes .....              | 14 |
| I.3. Les saponosides.....                      | 14 |
| I.4. Les quinones libres .....                 | 14 |
| I.5. Les coumarines.....                       | 14 |
| I.6. Tannins .....                             | 15 |
| I.7. Flavonoïdes .....                         | 15 |
| I.8. Composés réducteurs.....                  | 15 |
| I.9. Mucilages.....                            | 15 |
| I.10. L'amidon.....                            | 15 |
| I.11. Protéines.....                           | 15 |
| I.11. Protéines.....                           | 15 |
| I.12. Anthraquinones .....                     | 16 |
| I.3. Résultat du screening phytochimiques..... | 16 |

## ***Chapitre 2 : Différentes utilisations des composants de l'écorce de Clémentine***

|   |    |
|---|----|
| II.1. Utilisation des polyphénols.....  | 19 |
| II.1.1. Utilisation et activité des polyphénols dans le domaine pharmaceutique.....         | 19 |
| II.1.1.1. Mécanismes moléculaires du stress oxydant.....                                    | 19 |
| II.1.1.1.1. Rôle des polyphénols, des caroténoïdes et oligoéléments dans le stress oxydatif | 21 |
| a) Polyphénols.....   | 21 |
| a).1. Chélation des ions métalliques .....  | 21 |

|  |    |
|--|----|
| b) Oligoéléments.....  | 22 |
| c) Caroténoïdes .....  | 23 |
| II.1.1.2. Rôle des polyphénols contre certaines maladies .....                 | 23 |
| II.1.1.2.1. Activitéantiallergiques .....                                      | 24 |
| II.1.1.2.2. Activité anti-ulcérogène .....                                     | 24 |
| II.1.1.2.3. Activité antidiabétique .....                                      | 25 |
| II.1.1.2.4. Activité anticancéreuse .....                                      | 25 |
| II.1.1.2.5. Activité antimicrobienne et antivirale .....                       | 26 |
| II.1.1.2.6. Activité anti-inflammatoire .....                                  | 27 |
| II.1.1.2.7. Activité antifongique .....  | 27 |
| II.1.1.2.8. Activité des polyphénols sur les maladies neurodégénératives ..... | 27 |
| II.1.1.2.9. Les composés phénoliques et le système immunitaire .....           | 28 |
| II.1.1.10. Activité des polyphénols sur les maladies cardiovasculaires.....    | 29 |
| II.1.2.11. Les polyphénols et effet antimutagène .....                         | 29 |
| II.1.2.12. Activité des polyphénols sur les cataractes.....                    | 30 |
| II.1.2. Utilisation des polyphénols en industrie agroalimentaire.....          | 31 |
| II.2. Utilisation des huiles essentielles .....                                | 32 |
| II.2.1. En industrie agroalimentaire .....                                     | 32 |
| II.2.2. En agriculture .....   | 32 |
| II.2.3. En cosmétologie et parfumerie .....                                    | 32 |
| II.2.4. En Pharmacie .....   | 32 |
| II.3. Utilisation de pectines .....  | 32 |
| II.4. Biocarburants .....  | 33 |

## ***Chapitre 3 : Méthodes d'extractions et de valorisation***

|   |           |
|---|-----------|
| III.1. Généralités sur la valorisation des sous-produits agroalimentaires ..... | 35        |
| III.2. Importance de la valorisation.....                                       | 35        |
| III.3. La pâte d'orange .....   | 36        |
| III.4. Les aliments de bétail .....   | 36        |
| III.5. Extraction des polyphénols.....  | 37        |
| III.5.1. Extractions conventionnelles .....                                     | 37        |
| III.5.1.1. Extraction par macération.....                                       | 37        |
| III.5.1.2. Extraction par décoction.....  | 37        |
| III.5.1.3. Extraction par infusion .....  | 37        |
| III.5.2. Extraction par méthodes innovantes.....                                | 38        |
| III.5.2.1. Extraction conventionnelle par solvant (ECS).....                    | 38        |
| III.5.2.2. Extraction assistée par ultrasons (EAU).....                         | 38        |
| III.5.2.3. Extraction assistée par micro-ondes (EAM).....                       | 38        |
| III.6. Les huiles essentielles .....  | 39        |
| III.6.1. Hydro distillation .....   | 39        |
| III.6.2. Extraction assistée par micro-ondes.....                               | 40        |
| III.6.3. Extraction par solvant.....  | 40        |
| III.6.4. Extraction par distillation à la vapeur .....                          | 41        |
| III.7. Technique d'extractions et utilisation des pectines.....                 | 42        |
| III.8. Production de biocarburant.....  | 42        |
| <b>Conclusion.....</b>  | <b>43</b> |

### **Références bibliographique**

### **Résumé**

## *Liste des figures*

---

|   |    |
|---|----|
| <b>Figure 1 :</b> Photographie de clémentinier .....  | 4  |
| <b>Figure 2 :</b> Coupes transversale (A) et longitudinale (B) schématisques d'une clémentine .....                 | 5  |
| <b>Figure 3 :</b> Structure chimique d'un caroténoïde.....  | 7  |
| <b>Figure 4 :</b> Structure d'acide ascorbique .....  | 7  |
| <b>Figure 5 :</b> Structure du noyau phénolique .....   | 8  |
| <b>Figure 6 :</b> Diagramme de classification des polyphénols .....   | 9  |
| <b>Figure 7 :</b> Structure de la 2-phényl-1,4-benzopyrone .....  | 10 |
| <b>Figure 8 :</b> Extraction éthanolique à chaud (à gauche), Schématisation de l'appareil de SOXLHET (a droit)..... | 13 |
| <b>Figure 9 :</b> étapes de la Macération à froid et une filtration par papier joseph .....                         | 13 |
| <b>Figure 10:</b> Les différentes cibles des espèces réactives de l'oxygène.....                                    | 20 |
| <b>Figure 11:</b> Stress oxydant et impacts pathologiques .....   | 21 |
| <b>Figure 12 :</b> Réduction des radicaux libres par les composés phénoliques .....                                 | 21 |
| <b>Figure 13 :</b> Chélation des radicaux libres par les composés phénoliques.....                                  | 22 |
| <b>Figure 14:</b> Mécanismes traduisant l'activité antioxydante des caroténoïdes, cas des ROO• .....                | 23 |
| <b>Figure 15 :</b> Activité biologique des polyphénols.....   | 24 |
| <b>Figure 16 :</b> Valorisation des déchets.....  | 35 |
| <b>Figure 17:</b> Représentation de la méthode Hydro distillation .....   | 40 |
| <b>Figure 18:</b> Représentation de l'extraction assistée par micro-ondes .....                                     | 40 |
| <b>Figure 19 :</b> Représentation de l'extraction par solvant .....   | 41 |
| <b>Figure 20:</b> Schéma de la distillation à la vapeur .....   | 41 |



---

|   |    |
|---|----|
| <b>Tableau 1 :</b> La Composition en minéraux des écorces de clémentine .....   | 6  |
| <b>Tableau 2 :</b> Les Teneurs de polyphénol dans l'écorce de clémentine .....  | 8  |
| <b>Tableau 3 :</b> Teneurs des flavonoïdes dans l'écorce de clémentine .....  | 10 |
| <b>Tableau 4 :</b> Teneur de quelque flavonoïde dans l'écorce de clémentine.....  | 11 |
| <b>Tableau 5 :</b> Résultats du screening phytochimique des écorces de ( <i>Citrus Clémentina</i> ).....                            | 16 |
| <b>Tableau 6 :</b> Propriétés fonctionnelles et domaines d'utilisation de quelques citroflavonoïdes de l'écorce de clémentine ..... | 30 |

## *Listes des Abréviations*

---

**%** : Pourcentage.

**AAE**: Ascorbic acid equivalent

**ATP**: adénosine triphosphate

**AlCl<sub>3</sub>**: Chlorure d'aluminium.

**ADN**: Acide désoxyribonucléique

**ARN**: Acide Ribonucléique

**CAT**: catalase

**CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>**: Dichlorométhane

**CaCl<sub>2</sub>** : Chlorure de calcium

**Cu** : cuivre

**ERO** : Espèces réactives de l'oxygène

**E.coli**: Escherichia coli

**EAA** : Equivalent acide gallique par gramme

**EA**: Extrait Aqueux

**FW**: fresh weight: poids frais

**Fe**: fer

**FeCl<sub>3</sub>**: Chlorure ferrique.

**FAO**: Food and Agriculture Organization of the United Nations

**g**: Gramme.

**GSH**: Glutathion

**GPx** : Glutathion peroxydase

**GSH**: glutathion réduit

**KCl** : Chlorure de potassium.

**K** :potassium

**LDL** : Lipoprotéine de basse densité

**Max** : maximum

**mg** : Milligramme

**mL** : Millilitre

**Min** : Minute

**Na** : sodium

**NaCl**: Chlorure de sodium

**NaHCO<sub>3</sub>**: Hydrogénocarbonate de sodium.

**NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>** : Phosphate mono sodique

**ROS**: Reactive oxygen species

**SDA**: Sabouraud Dextrose Agar.

**Se**: sélénium

**TNF**: tumor necrosis factor

**µg**: Microgramme

**UV** : Ultra-Violet

**XOR**: Xanthine oxidoreductase

**XO**: Xanthine oxidase

**Zn** : le zinc

**USDA**: Département Américain de l'Agricultur

# *Introduction*

## ***Introduction***

---

Les fruits font partie de l'alimentation humaine quotidienne depuis toujours. Ayant des couleurs, des goûts et des arômes très attirants, ils constituent un des éléments essentiels du régime alimentaire. Frais ou sous forme de produits transformés, les fruits constituent une source inépuisable de nutriments dont les métabolites secondaires sont importants (**Grigoraz, 2012**).

Parmi ces fruits, les agrumes sont très consommés, ils se répartissent en plusieurs genres dont le plus important est le genre « Citrus ». La clémentine (*Citrus clémentina*) est une des variétés de l'orange, née en Algérie autour de 1920, elle doit son nom au directeur d'un orphelinat de la région d'Oran, le père Clément, qui aurait eu l'idée de croiser un mandarinier avec une orange douce (**Milind et al., 2013**).

L'utilisation de la clémentine en industrie agroalimentaire génèrent d'importantes quantités de déchets (écorces) (**Bouderie et al., 2015**). Ces déchets, peuvent créer des problèmes écologiques, en particulier la pollution de l'eau et un gaspillage de matières organiques utiles, puisque les écorces d'oranges sont une biomasse végétale possédant des matières biologiques comme les huiles essentielles, les pectines, caroténoïdes composés phénoliques et acide ascorbique est d'autre minéraux. Ces composés peuvent présenter un grand intérêt pour la nutrition animale et humaine parce qu'ils sont des excellentes sources d'antioxydants (**Chanforan, 2010**). De nombreuses études explorent aujourd'hui la possibilité de leur transformation en ingrédients incorporables dans différents produits alimentaires, cosmétiques ou pharmaceutiques (**Grigoraz, 2012**).

Aujourd'hui le concept de la « valorisation des produits agricoles » constitue un sujet de recherche très actuel dans de nombreux pays. En outre la valorisation des déchets permet non seulement d'alléger l'impact écologique en minimisant la pollution mais aussi de proposer de nouvelles opportunités permettant un développement économique et de mieux exploité les ressources naturelles (**Mhiri., 2015**).

Malgré que l'Algérie figure au 16<sup>ème</sup> rang dans le classement mondial des producteurs de clémentines et de mandarines pour l'année 2019 selon un rapport de la FAO, l'Algérie reste une région où les sous-produits d'agrumes n'ont pas connu un développement important.

Le présent travail a pour but de contribuer à l'intérêt de la valorisation des écorces d'orange qui vise à démontrer que l'écorce de ce fruit purement algérien contient des substances bioactives qui possèdent un très large éventail d'activités biologique qui permet leur utilisation dans divers domaines.

## ***Introduction***

---

Le présent document est structuré en trois parties :

- La première partie de ce manuscrit porte sur le fruit de clémentine et le contenu de son écorce en molécules bioactif et oligoélément.
- La deuxième partie montre les différentes utilisations des composants de l'écorce de Clémentine.
- La troisième partie porte sur les méthodes d'extractions et de valorisation.

*Chapitre I :*  
*La clémentine*

# Chapitre I: La clémentine

## I.1. Origine et histoire de la clémentine :

La clémentine est un hybride qui est apparu la première fois en Algérie à Mesreghine en 1902, cette orange hybrides entre la mandarines comme parent femelle et l'oranger (*Citrus sinensis*) comme parent pollinisateur , Son histoire commença précisément dans les vergers de l'orphelinat de Misserghin, où le père Clément (Vincent Rodier, 1829-1904) qui s'intéressait beaucoup aux agrumes et qui a identifié dans un semi pèpin de mandarines une plante qui ne ressemble pas à un mandarinier remarquables par la qualité acidulée et la précocité de maturité. Au début reçu d'abord le nom de mandarines de clément et après la clémentine en hommage à son découvreur (Milind *et al.*,2013).

## I.2. Production d'orange dans le monde et en Algérie :

La clémentine a besoin d'un climat doux, aussi constant que possible pendant la saison de croissance. Il est sensible aux changements de température, notamment ceux provoqués par les vents froids qui dessèchent les rameaux (Leporini, *et al.*,2020)

La clémentine créée en Algérie en 1902, a vite fait son entrée en Europe et en Amérique du Nord. Les grands producteurs de clémentines tangerines sont la Chine, l'Espagne et le Japon, suivis par le Brésil, la Corée, le Pakistan, l'Italie, la Turquie, l'Égypte, les États-Unis, le Maroc et l'Argentine. L'Espagne a récemment connu un succès important avec ses variétés de clémentines sans pépins, et représente plus de 50 % des exportations mondiales de clémentines tangerines fraîches. (Spreen, 2010).

Les différents clones de clémentine sont commercialement très importants dans les pays méditerranéens et pays d'Afrique du Nord. En Algérie, la production de clémentine vient en deuxième position après les oranges. En 2012, la production de clémentine représentait 15,70% de la production totale d'agrumes (Ministère de l'agriculture de l'agriculture, 2012), ce qui reflète la préférence de la population algérienne pour cette espèce, (Bouderie *et al.*,2015)

En 2019 L'Algérie figure au 16ème rang dans le classement mondial des producteurs de clémentines et de mandarines selon un rapport de la FAO.

## I.3. Donnée botanique :

(*Citrus clementina*) est un arbre hybride de la famille des Rutacées issu du croisement entre un mandarinier (*Citrus reticulata*) et un oranger (*Citrus sinensis*), de 4 à 6 mètres de hauteur (**figure1**), portant des feuilles et des fleurs très parfumées. Le fruit du clémentinier est pratiquement

## Chapitre I: La clémentine

sans pépin contrairement à la mandarine, savoureuses dotées d'une peau fine d'une couleur verte qui devient orange sous l'effet de la baisse de température en hiver, *Citrus clementina* prend de plus en plus la place de *Citrus reticulata* (mandarine), c'est l'une des plus douces et sucrées des agrumes (Khefifi, 2015)



**Figure 1 :** Photographie de clémentinier

- ✚ **Famille des rutacées :** *citrus clementina*
- ✚ **Division :** Magnoliophyta
- ✚ **Classe :** Magnoliopsida
- ✚ **Sous-classe :** Rosidæ
- ✚ **Ordre :** Sapindales
- ✚ **Famille :** Rutaceæ

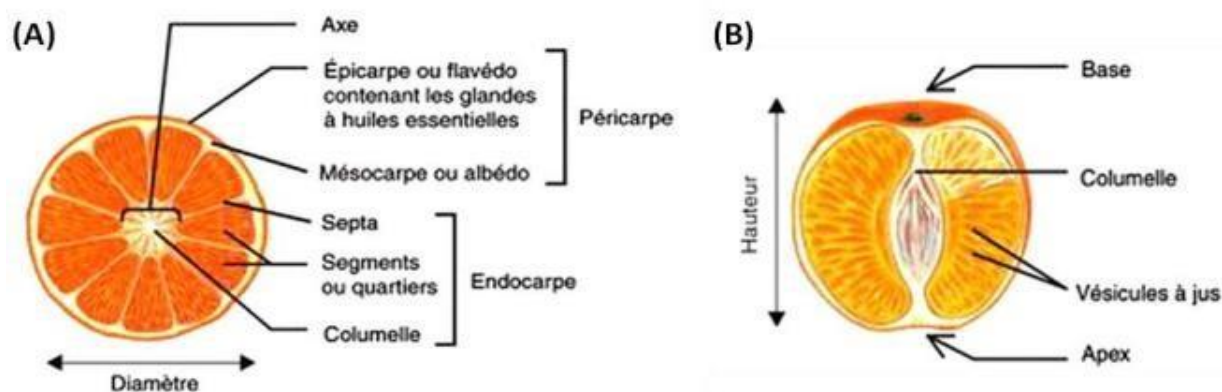
### I.4. Description morphologique d'un fruit de clémentine :

Les fruits des principales espèces et variétés cultivées du genre *Citrus* ont la même structure et diffèrent par leur coloration, leur forme, leur calibre, la composition de leur jus et leur époque de maturité. Cependant tous les fruits des *Citrus* cultivés présentent la même structure anatomique (Ramful *et al.*, 2010). D'un point de vue botanique, les agrumes sont des fruits charnus de type baie, Le fruit est composé de deux parties: la peau également appelée péricarpe et la pulpe appelée aussi endocarpe. Le péricarpe est composé d'un épicarpe qui correspond au flavédo et d'un mésocarpe qui correspond à l'albédo, Le flavédo représente la partie externe colorée (vert, jaune, orange...) contenant les glandes à huiles essentielles. L'albédo quant-à-lui représente la partie interne de la



## Chapitre I: La clémentine

peau composée de tissus spongieux de couleur blanchâtre. Au milieu de l'endocarpe se trouve l'axe central du fruit (columelle) qui est entouré par les segments. Ces derniers sont composés de vésicules à jus nommés aussi sacs à jus (Salunkhe *et* Kadam, 1995 ; Spiegel-Roy *et* Goldschmidt, 1996).



**Figure 2** : Coupes transversale (A) et longitudinale (B) schématiques d'une clémentine (Kheffi, 2015)

### I.5. La composition de l'écorce de clémentine :

Les écorces d'agrumes forment environ 40 à 50% de la masse totale des fruits, mais sont généralement considérées comme un déchet. Cependant, c'est une source substantielle de composés biologiquement actifs, car elles sont riches en vitamine C et en métabolites secondaires tels que les caroténoïdes et les composés phénoliques en particulier les flavonoïdes et les huiles essentielles. Il a également été noté que les écorces d'agrumes contiennent plus de quantités de ces composés que les parties comestibles correspondantes des fruits (Balwinder, 2020), Parmi toutes les espèces d'agrumes «la clémentine » est caractérisée par l'écorce qui contient des composés bioactifs ayant des propriétés biologiques très importantes dans différents domaines (Boudries *et al.*, 2015).

#### I.5.1. Les minéraux :

Selon (Boudries *et al.*, 2015), L'analyse minérale a montré que toutes les pelures de fruits de clémentine étaient de bonnes sources de K, Ca, Na et Fe. Le **tableau 1** représente la composition en minéraux des écorces de clémentines.

## Chapitre I: La clémentine

**Tableau 1:** La Composition en minéraux des écorces de clémentine (**Boudries et al.,2015**)

| Les minéraux | Les contenant mg /g |
|--------------|---------------------|
| K            | (5.39_7.45)         |
| Ca           | (2.42_2.76)         |
| Na           | (1.96_2.77)         |
| Fe           | (1.50_2.21)         |
| Mg           | (0.84_1.92)         |
| Zn           | (0.10_0.15)         |
| Mn           | (0.02_0.06)         |
| Cu           | (0.01_0.04)         |

Le K, Ca, Na, Fe sont les minéraux les plus concentré dans l'écorce de clémentine, De nombreux facteurs peuvent influencer sur les concentrations en minéraux et oligo-éléments, notamment l'espèce ou le cultivar et l'organe végétal spécifique (facteurs génétiques), sa maturité et les conditions du sol (**Boudries et al., 2015**).

Ces minéraux sont bien connus, comme étant nutritionnellement essentiels En plus des bienfaits des minéraux pour la santé, de nombreuses défenses antioxydants dépendent des micronutriments. Certains minéraux sont des composants d'antioxydants comme la superoxyde dismutase (SOD) dépend de Mn, Cu et Zn, aussi la catalase qui dépend du Fe. (**Boudries et al.,2015**).

### I.5.2. Composés bioactifs des écorces de clémentine :

#### I.5.2.1. Teneur en caroténoïdes :

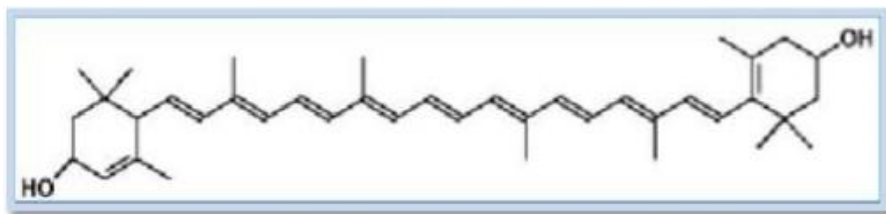
Ce sont des pigments liposolubles de couleur jaune, orange ou rouge, responsables de la couleur externe et interne des agrumes (**Goulas et Manganaris, 2012**).

Selon une étude sur différent cultivar de clémentine, l'écorce de la clémentine a une teneur en caroténoïdes qui varie entre  $52 \pm 1$  à  $76 \pm 1$  mg d'équivalents  $\beta$ -carotène / 100 g de poids sec, (**Boudries et al.,2015**). Selon une autre étude la teneur en caroténoïdes de l'écorces de clémentine varie entre  $128,16 \pm 3,03$  mg g<sup>-1</sup> FW (**Giulia et al.,2020**).

Cette différence de quantité pourrait être due à l'espèce ou à d'autres facteurs incontrôlables tels que la maturation, la durée et la période d'ensoleillement, les précipitations, la température et l'origine géographique. Les caroténoïdes sont de longues molécules possédant la plupart dans leur

## Chapitre I: La clémentine

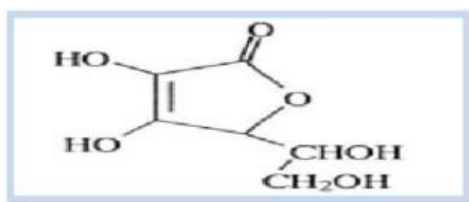
structure chimique de très nombreuses doubles liaisons conjuguées (**figure 3**) qui sont responsables de leur activité antioxydants (**Ptincemail et al., 1998**). Une alimentation riche en caroténoïdes peut diminuer le risque du cancer, la dégénérescence musculaire, les dommages de la peau induits par les brûlures de soleil et les maladies cardiovasculaires (**M'hiri N, 2015**).



**Figure 3 :** Structure chimique d'un caroténoïde (**Ptincemail et al., 1998**)

### I.5.2.2. Teneur en vitamine C :

La vitamine C ou acide ascorbique de formule brute  $C_6H_8O_6$  (**Figure 4**) est un nutriment très abondant dans les fruits tels que les agrumes. Selon (**Ramful et al., 2010**) l'écorces de clémentine a une teneur d'acide ascorbique de 600–1000 g/g FW, elle n'est pas synthétisée par l'homme, c'est pour ça qu'elle doit être apportée par l'alimentation. La vitamine C est l'antioxydant hydrosoluble majeur et un excellent piègeur des ROS (Espèces Réactives de l'Oxygène). Elle inhibe également la peroxydation lipidique en régénérant la vitamine E (**Haleng et al., 2007**).



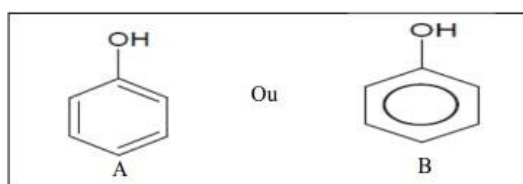
**Figure 4 :** Structure d'acide ascorbique (**Saadi et al., 2013**)

### I.5.2.3. Teneur en polyphénol :

Les polyphénols appelés aussi composés phénoliques, sont des molécules spécifiques du règne végétal et qui appartiennent à leur métabolisme secondaire (synthétisés par les végétaux). On les trouve dans les plantes depuis les racines jusqu'aux fruits. Ces substances jouent un rôle majeur dans les interactions de la plante avec son environnement, contribuant ainsi à la survie de l'organisme dans son écosystème (**Achat, 2013**), Ils assurent une défense contre le rayonnement U.V, les agressions par les pathogènes et ils contribuent à la pigmentation des plantes. Ils possèdent un ou

## Chapitre I: La clémentine

plusieurs cycles aromatiques avec un ou plusieurs groupes hydroxyles (De Paula *et al.*, 2017), ainsi que la présence de divers substituant (groupes alkyles, glycosyles, acides organiques...) (Nouha, 2015). Les polyphénols sont des micro-constituants végétaux abondants dans nos aliments et font donc une partie intégrante de l'alimentation humaine. Ils sont abondants dans la majorité des fruits et légumes, olives, céréales, chocolat, et boissons (le café et le thé). Ils se révèlent posséder une forte bioactivité qui se traduit au niveau de l'organisme par une large gamme de propriétés biologiques (Albuquerque *et al.*, 2013)



**Figure 5 :** Structure du noyau phénolique (Albuquerque *et al.*, 2013)

Le profil en acides phénoliques des différentes variétés d'agrumes est le même, mais ce sont les teneurs qui varient d'une variété à une autre. Cette différence peut être expliquée par de nombreux facteurs comme la région de culture, les conditions climatiques, l'état de maturité du fruit et la variété des agrumes (Nouha, 2015). Le tableau 2 représente la teneur de polyphénol dans l'écorce de clémentine selon différentes études sur différents cultivars et récoltés à différentes périodes.

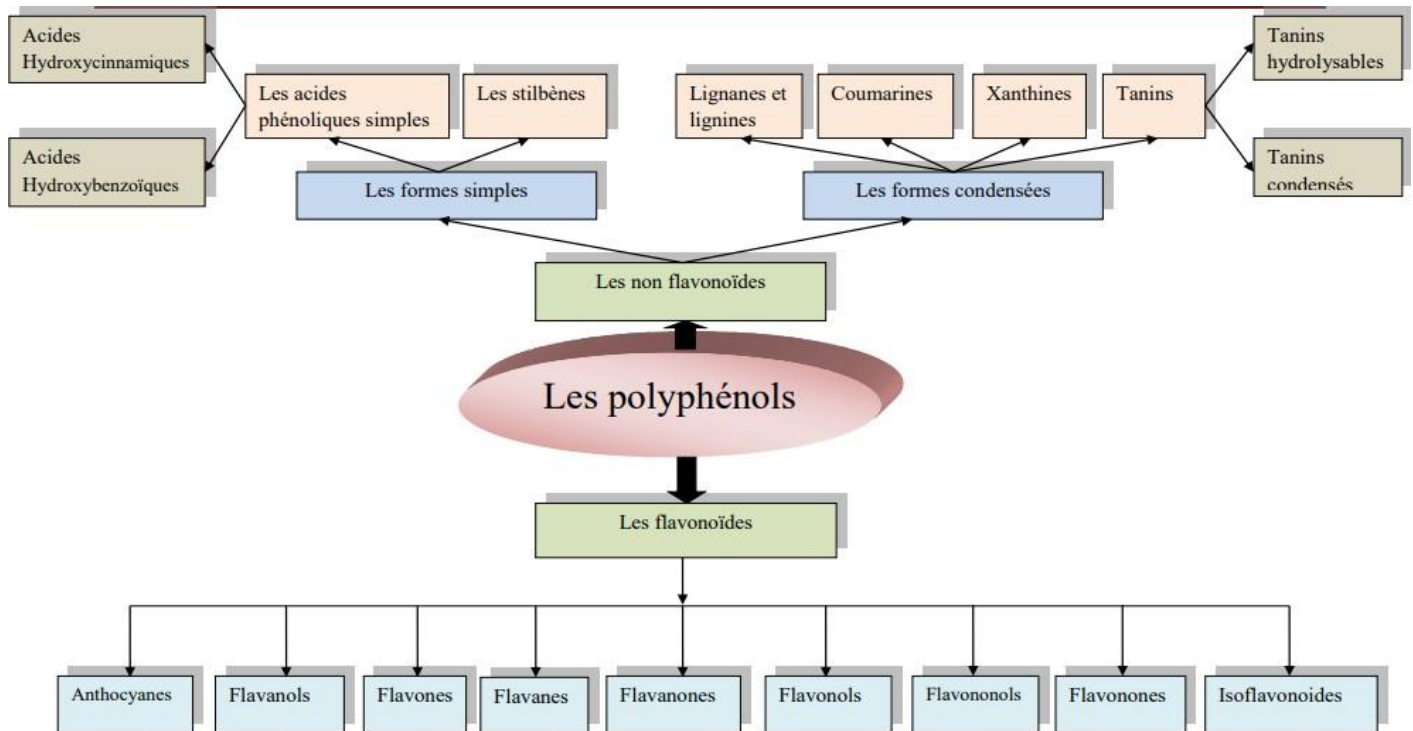
**Tableau 2 :** Les Teneurs de polyphénol dans l'écorce de clémentine

| Teneurs  | Références  |
|--|---|
| Entre 9686±144 et 11934±312 mg d'équivalents d'acide gallique/100 g de poids sec<br>Entre 702±68 et 1047±54 mg d'équivalents de catéchine/100 g de poids sec | Selon une étude sur différents cultivars (Boudries <i>et al.</i> , 2015)              |
| a) 3500-5500 µg /g FW<br>b) >5500 µg/g FW  | Selon une étude sur des récoltes à différentes périodes (Ramful <i>et al.</i> , 2010) |
| 0,24 ± 0,011 mg GAE g <sup>-1</sup> FW   | (Giulia Costanzo <i>et al.</i> , 2020)  |

Les polyphénols sont classés sur la base du nombre de noyaux phénoliques qu'ils contiennent et des éléments structuraux qui lient ces noyaux l'un à l'autre (Kumar *et al.*, 2015). En fonction du

## Chapitre I: La clémentine

nombre de cycles aromatiques, plus de 8000 composés phénoliques différents ont été identifiés (Mercado *et al.*, 2020). Cette classification est représentée dans la **figure 6**.



**Figure 6 :** Diagramme de classification des polyphénols (Macheix *et al.*, 2005 ; Stalikas, 2007 ; Kumar *et al.*, 2015).

### 1.5.2.4. Teneur en flavonoïdes :

Les flavonoïdes sont des métabolites secondaires majeurs, qui jouent un rôle crucial dans divers processus biochimiques et physiologiques des plantes (Gharibi *et al.*, 2019), représentant plus de 5000 composés différents (González *et al.*, 2020).

Ils sont considérés comme des pigments quasi universels des végétaux, ils sont particulièrement présents dans l'épiderme des feuilles ainsi que dans la peau des fruits et donnent des couleurs allant du jaune clair au jaune foncé (Lillo & Peter, 2008).

Les teneurs en flavonoïdes des extraits d'écorces d'agrumes sont uniques à chaque agrume. La présence et/ou les concentrations de flavonoïdes peuvent être affectées par les espèces, les variétés et

## Chapitre I: La clémentine

les stades de développement des fruits (**Boudries et al., 2015**), Le tableau 3 représente la teneur de flavonoïdes dans l'écorces de clémentine selon différent études sur différent cultivar et récoltés à différentes périodes.

**Tableau 3 :** Teneurs des flavonoïdes dans l'écorce de clémentine

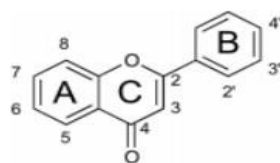
| Teneur  | Références   |
|---|--|
| Entre $701,8 \pm 68,2$ à $1047,2 \pm 54,2$ mg/100 g           | _ Selon une étude sur différent cultivar ( <b>Boudries et al.,2015</b> )               |
| _Entre 2000-3600 $\mu\text{g/g}$<br>_>3600 $\mu\text{g/g}$ FW | _Selon une étude sur des récoltes à différentes périodes ( <b>Ramful et al.,2010</b> ) |
| _804 mg/100 gFW   | _ ( <b>Giulia et al.,2020</b> )  |

Selon (**Boudries et al.,2015**) le chromatogramme a indiqué que l'hespéridine était le principal flavonoïde l'écorce de clémentine, suivie de l'heptaméthoxylavone et l'hexaméthoxylavone. Les autres composés, trouvés à des concentrations plus faibles. Les chromatogrammes d'ions totaux ont révélé la présence de glucides d'acides phénoliques de glucosides de flavonoïde et de flavones dans l'écorce du fruit de clémentine. En effet ont remarqué que de manière générale la quantité totale de flavonoïdes dans les différentes écorces d'agrumes mures était significativement plus faible que celle des écorces de fruits immatures, ce qui confirme que la teneur en flavonoïdes des écorces d'agrumes change radicalement au cours de la maturation (**Ramful et al.,2010**).

La famille des flavonoïdes descend formellement du squelette de base de la 2-phényl-1,4-benzopyrone (**Figure 7**) (**Barreca et al., 2020**), avec la structure générale du squelette C6 – C3 – C6 dans lequel les deux unités C6 (anneau A et anneau B) En raison du modèle d'hydroxylation et des variations du cycle chromane (anneau C) (**Cirkovic & Stanic, 2018**). Les flavonoïdes fonctionnent également comme des composés antimicrobiens ou des insectifuges défendant contre les phytopathogènes et protégeant les plantes de l'irradiation UV (**Zhang et al., 2017**).



## Chapitre I: La clémentine



**Figure 7 :** Structure de la 2-phényl-1,4-benzopyrone (Barreca *et al.*, 2020)

**Tableau 4 :** Teneur de quelque flavonoïde dans l'écorce de clémentine (Ramful *et al.*, 2010)

| Les flavonoïdes | Teneur mg/ g FW |
|-----------------|-----------------|
| Hesperidin      | 130.1 ± 1.2     |
| Rutin           | 33.3 ± 0.34     |
| Neohesperidin   | 31.09 ± 0.47    |
| Procirine       | 11.67 ± 0.02    |
| Isorhoifoline   | 6.97 ± 0.12     |
| Diosmine        | 6.35 ± 0.05     |
| Narirutin       | 5.20 ± 0.10     |
| Narirutin       | 5.05 ± 0.14     |
| Didymine        | 4.45 ± 0.08     |

Selon (Boudries *et al.*, 2015) l'ordre d'abondance des composés flavonoïdes présent dans les écorces de clémentine est le suivant :

L'hésperidine, la narirutine, la diosmine, isorhoifoline, néoponcirine, tangeretin, nobiletin, heptaméthoxylavone, ériocitrine, sinensétine, rutine.

### I.6. Screening phytochimiques :

Les tests phytochimiques (screening) sont des tests qualitatifs qui permettent de caractériser les différents groupes chimiques contenus dans un organe végétal. Ce sont des réactions physico-chimiques qui permettent d'identifier la présence de la substance chimique.

#### Appareillages et verreries utilisées :

- Balance
- Agitateurs magnétique

## Chapitre I: La clémentine

---

- Support élévateur
- Ballon de 200mL ou réacteur
- Soxhlet
- Chauffe ballon
- Un réfrigérant
- Potence
- Erlenmeyer
- Pipette (100L \_ 1000 L)
- Micropipette (20 L\_200L)
- Les béchers
- Les entonnoirs
- Éprouvette graduée
- Bain-marie
- Portoir

### I.6.1. Préparation des extraits :

Deux types d'exaction des parties aériennes de *citrus clémentina* :

#### I.6.1.a. Extraction éthanolique à chaud :

Il s'agit d'une extraction continue solide-liquide. Qui permet d'extraire des constituants contenus dans des solides par des solvants organiques, cette opération se fait grâce à un L'extracteur Soxhlet (ou appareil de Soxhlet) est une pièce de verrerie nommée d'après son inventeur Franz Von Soxhlet, il permet l'extraction par solvant continue d'une espèce chimique contenue dans une poudre solide.

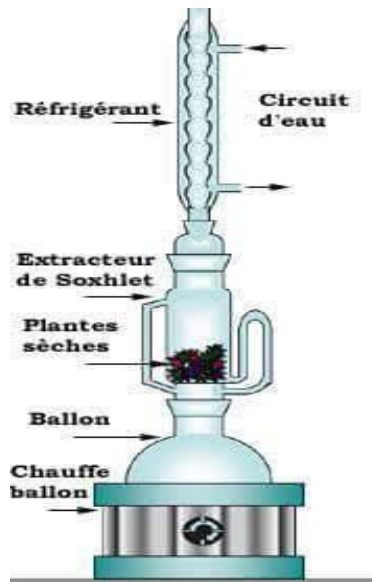
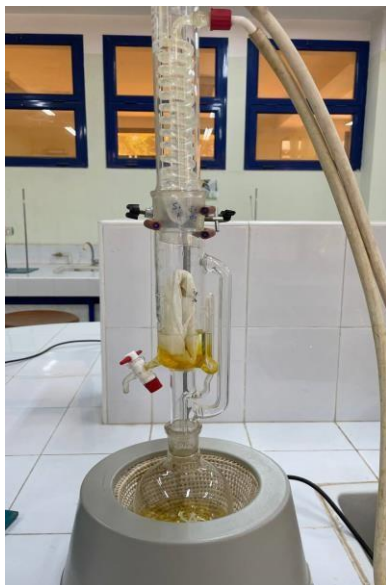
Le matériel végétal partie aérienne (écorces) séchées est d'abord broyé à l'aide d'un Moulinex pour obtenir une poudre fine. La poudre de l'écorce de la clémentine est introduite dans un papier enzyme, cette dernière sera placée dans le SOXHLET surmonté d'un réfrigérant.

Le ballon à fond rond est rempli avec 200 ml d'éthanol puis à l'aide d'un chauffe ballon on porte le solvant à ébullition a une température stable pendant 4h. Un circuit fermé permet le passage des vapeurs du solvant par le tube adducteur, se condensent dans le réfrigérant et retombent dans le corps de l'extracteur, faisant ainsi macérer le solide (matière végétale) dans le solvant (chauffé par les vapeurs se trouvant en dessous). Le solvant condensé s'accumule dans l'extracteur jusqu'au sommet



## Chapitre I: La clémentine

du tube-siphon, ce qui provoque le retour du liquide dans le ballon, accompagné des substances extraites, et le solvant contenu dans le ballon, s'enrichit donc progressivement en composés solubles. En fin une solution colorée en jaune appelé l'extrait éthanolique est obtenu.



**Figure 8 :** Extraction éthanolique à chaud (à gauche), Schématisation de l'appareil de SOXLHET (a droit)

### I.6.1.b. Macération à froid :

Macération sous agitation, à température ambiante, pendant 48 heures, de 10g de matériel végétale dans 100 ml d'eau distillée, Le mélange est filtré à travers le papier joseph pour obtenir l'extrait aqueux.



**Figure 9 :** Macération à froid et une filtration par papier joseph

## ***Chapitre I: La clémentine***

---

### **I.6.2. Les tests phytochimiques :**

#### **I.1. Les alcaloïdes :**

Dans deux tubes à essai, on place 1ml d'extrait éthanolique et on ajoute 5ml HCl à 1%. L'extrait est divisé en deux volumes : on ajoute 5ml de réactif de Mayer dans le premier tube et 5ml de réactif de Wagner dans le deuxième tube. L'apparition d'un précipité blanc ou brun indique la présence des alcaloïdes (**Majob, 2003**).

#### **I.2. Stéroïls et triterpènes :**

10 ml de l'extrait éthanolique est placée dans un erlenmeyer, après évaporation à sec, le résidu est solubilisé avec 10 ml de chloroforme. Ensuite mélanger à 5 ml de la solution chloroformique avec 5 ml d'anhydre acétique. Quelques gouttes d'acide sulfurique concentré sont ajoutées, le mélange est bien agité. Un test positif est révélé par l'apparition d'une coloration violacée fugace virant au vert (**Trease et Evans, 1987**).

#### **I.3. Les saponosides :**

1 ml pour chaque extrait est ajouté à 2 ml d'eau chaude, après agitation de 2 minutes l'apparition d'une mousse persistante, indique la présence des saponosides (**Trease et Evans, 1987**).

#### **I.4. Les quinones libres :**

Sur 1 ml volume de chacun de nos extraits, quelques gouttes de NaOH à 1% sont ajoutées, L'apparition d'une couleur qui vire au jaune, rouge ou violet indique la présence des quinones libre (**Oloyede, 2005**).

#### **I.5. Les coumarines :**

A partir de 5ml d'extrait éthanolique sec est ajoutée 2ml de H<sub>2</sub>O chaude au résidu. La solution obtenue est divisée en deux parties égales. La première représente le témoin, la deuxième est traitée avec 0,5ml NH<sub>4</sub>OH à 25%. L'apparition d'une fluorescence intense sous la lumière UV à 366 nm indique un résultat positif (**Benmahdi, 2000**).

## **Chapitre I: La clémentine**

---

### **I.6. Tannins :**

Dans le tube à essai contenant 1 ml de l'extrait à analyser est ajouté 0,25 ml de solution aqueuse de FeCl<sub>3</sub> (1%) et incubé à température ambiante pendant 15 min. La présence de tanins est indiquée par vert foncée ou bleu-vert indique la présence des tannins (**Trease & Evans, 1989**).

### **I.7. Flavonoïdes :**

La réaction de détection des flavonoïdes consiste à traiter 2,5 ml de l'extrait éthanolique avec 2 ml d'HCl et 0,25g de magnésium. La présence des flavonoïdes est mise en évidence si une couleur rose, rouge ou jaune se développe après 3 min (**N'Guessan et al., 2009**).

### **I.8. Composés réducteurs :**

Leur détection consiste à introduire 2ml de l'extrait aqueux dans un tube à essai, puis 2ml de la liqueur de Fehling sont ajoutés. Ensuite, l'ensemble est porté au bain-marie bouillant durant 8 min. L'obtention d'un précipité rouge brique indique la présence des composés réducteurs (**L & El-haoud, 2018**).

### **I.9. Mucilages :**

Introduire 1 ml de l'extrait éthanolique dans un tube à essai, puis 5 ml d'alcool absolu est ajouté. L'obtention d'un précipité floconneux après agitation indique la présence de mucilages Dans un tube à essai, 1ml d'extrait aqueux est dilué par 9ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, puis mélangé à 5ml d'éthanol. Une apparition floconneuse indique la présence de mucilage (**L & El-haoud, 2018**).

### **I.10. L'amidon :**

1ml d'extrait aqueux est ajouté à 1ml de réaction d'amidon (réactif de Vagner, 1g KI dans 50ml d'eau distillé, chauffer ,0.5g d'I<sub>2</sub>, compléter à 50ml d'eau distillé). L'apparition d'une couleur mauve après 24 h indique la présence d'amidon (**Ghanemi, 2012**).

### **I.11. Protéines :**

1g de poudre végétale est ajouté à 5 ml d'eau distillé après une centrifugation, le surnageant est récupérer er 9 ml NaOH a 20% sont ajoutés. Enfin quelques gouttes de CuSO<sub>4</sub> à 2% sont ajoutés.

## Chapitre I: La clémentine

L'apparition d'une coloration violette par fois teinté en rouge indique la présence des protéines (Belfekih *et al.*, 2017).

### I.12. Anthraquinones :

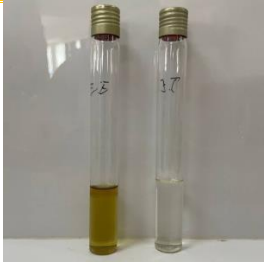
1g de poudre végétale est ajouté à 10 ml de  $\text{CHCl}_2$ , le mélange est chauffé au bain marie sous agitation 3 minutes/55°C puis la solution est filtrée. 1ml KOH à est ajoutée. Après agitation l'apparition d'une coloration rouge indique la présence des anthraquinones (Darine, 2007).

### I.6.3. Résultat du screening phytochimiques :

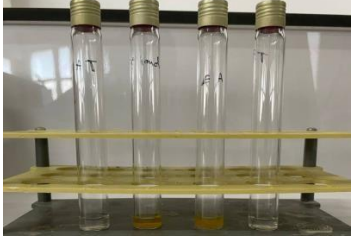
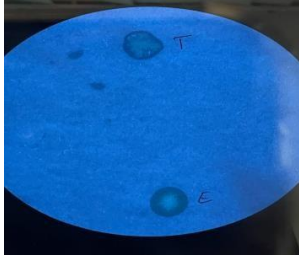




Le screening phytochimique permet de générer une première estimation des données préliminaires sur les constituants des extraits en révélant l'absence ou la présence d'un type de métabolites par des essais rapides, se basant sur des réactions physicochimiques colorées, de précipitation ou de turbidité. Elles n'ont évidemment qu'une valeur indicative mais elles permettent d'orienter les recherches ultérieures.

Le screening phytochimique réalisé au laboratoire PPBABIONUT à l'université de Tlemcen a permis de mettre en évidence la richesse du fruit du *Citrus Clémentina* de diverses classes de métabolites secondaires dans l'écorces. Les résultats des tests préliminaires du screening phytochimique des extraits des écorces de clémentine sont mentionnés dans le tableau 5.



**Tableau5:** Résultats du screening phytochimique des écorces de (*Citrus Clémentina*)

| métabolites secondaires | Résultat de l'écorce de ( <i>citrus clémentina</i> ) | Image   |
|-------------------------|--|---|
| _Les alcaloïdes         | Négatif  |  |
| _Stérols et triterpènes | Négatif  |  |

## Chapitre I: La clémentine

| métabolites secondaires | Résultat de l'écorce de ( <i>citrus clémentina</i> ) | Image   |
|-------------------------|--|---|
| _ Les quinones libres   | Positif  |    |
| _ Les coumarines        | Positif  |    |
| _ Tanins                | Positif  |   |
| _ Flavonoïdes           | Positif  |  |
| _ Composés réducteurs   | Positif  |  |
| _ Mucilages             | Positif  |  |

## Chapitre I: La clémentine

| métabolites secondaires | Résultat de l'écorce de ( <i>citrus clémentina</i> ) | Image   |
|-------------------------|--|---|
| _Protéines              | Positif  |  |
| _Anthraquinones         | Négatif  |  |

L'étude complète du screening phytochimiques met en évidence la présence de composés chimiques qui possèdent des activités biologiques intéressantes, notamment des substances polyphénoliques (flavonoïdes, tanins et saponosides, coumarines, quinones libres, protéine)

Pour les autres constituants : alcaloïdes et Stéroïdes et triterpènes, Anthraquinones, L'amidon les tests phytochimiques ne détectent pas leur existence.

*Chapitre 2 :*  
*Différentes utilisations des composants de*  
*l'écorce de Clémentine*

La production mondiale d'agrumes progresse rapidement et l'industrie de transformation doit se mettre en mesure d'absorber les excédents de production car un sous-produit peut être négligé ou au contraire constituer la source principale d'un autre produit utilisable dans plusieurs domaines.

### **II. 1. Utilisation des polyphénols :**

#### **II. 1.1. Utilisation et activité des polyphénols dans le domaine pharmaceutique :**

##### **II. 1.1.1. Mécanismes moléculaires du stress oxydant :**

Les espèces oxygénées réactives ERO sont générées par le métabolisme de l'oxygène, et ont un seul électron non apparié dans leur orbite externe qui devient très réactif. La présence d'électrons inutilisés confère un degré de réactivité considérable sur un radical libre (**Valko et al., 2006**). Elles sont produites dans tous les organismes aérobies pour effectuer des métabolismes cellulaires (**Noori, 2012**). Les ERO sont soit des radicaux libres comme l'anion superoxyde ( $O_2^{\bullet-}$ ), le radical hydroxyle ( $OH^{\bullet}$ ), le peroxyde  $ROO^{\bullet}$  et alkyle  $RO^{\bullet}$ ; soit des molécules comme le peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ) ou l'oxygène singulet ( $^1O_2$ ) (**Saffidine, 2015**). En effet la formation de radicaux libres dans l'organisme est constante et nécessaire à la vie, mais les excès dépendent des facteurs extérieurs tels que le stress, la fatigue et les exercices physiques intensifs, une mauvaise alimentation, la consommation d'alcool, les fibres d'amiante, les pesticides, etc (**Bakasso, 2009**).

L'oxydation des macromolécules cellulaires par les radicaux libres tel que les protéines entraînent des modifications structurelles dues à la fragmentation de la chaîne peptidique, par conséquent, une inactivation des protéines se produit (**Noori, 2012 ; Sharama et al., 2012**). Les lipides et les acides nucléiques (l'ADN et l'ARN), peuvent être oxydés eux aussi ce qui est à l'origine des maladies chroniques et dégénératives (**Sharma et al., 2012 ; Teh et al., 2014 ; Kamel et al., 2015 ; Dorcas et al., 2016**).

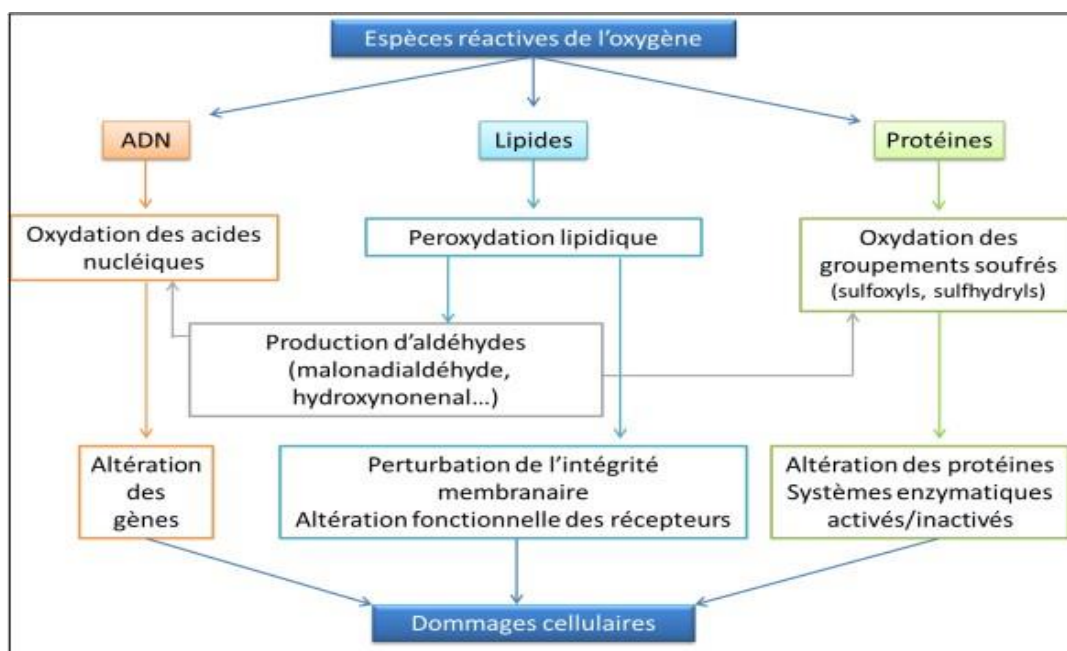
L'abstraction d'un atome d'hydrogène à partir des acides gras polyinsaturés des phospholipides membranaires, initie le processus de peroxydation lipidique qui favorise la propagation des réactions des radicaux libres (**Noori, 2012 ; Sharma et al., 2012**).

Les espèces réactives oxygénées (EOR) brisent l'ADN et provoquent la dégradation et l'oxydation des sucres et des bases azotées, qui se traduisent par des mutations génétiques (**Noori, 2012 ; Sharma et al., 2012**).



## Chapitre 2 : Différentes utilisations des composants de l'écorce de Clémentine

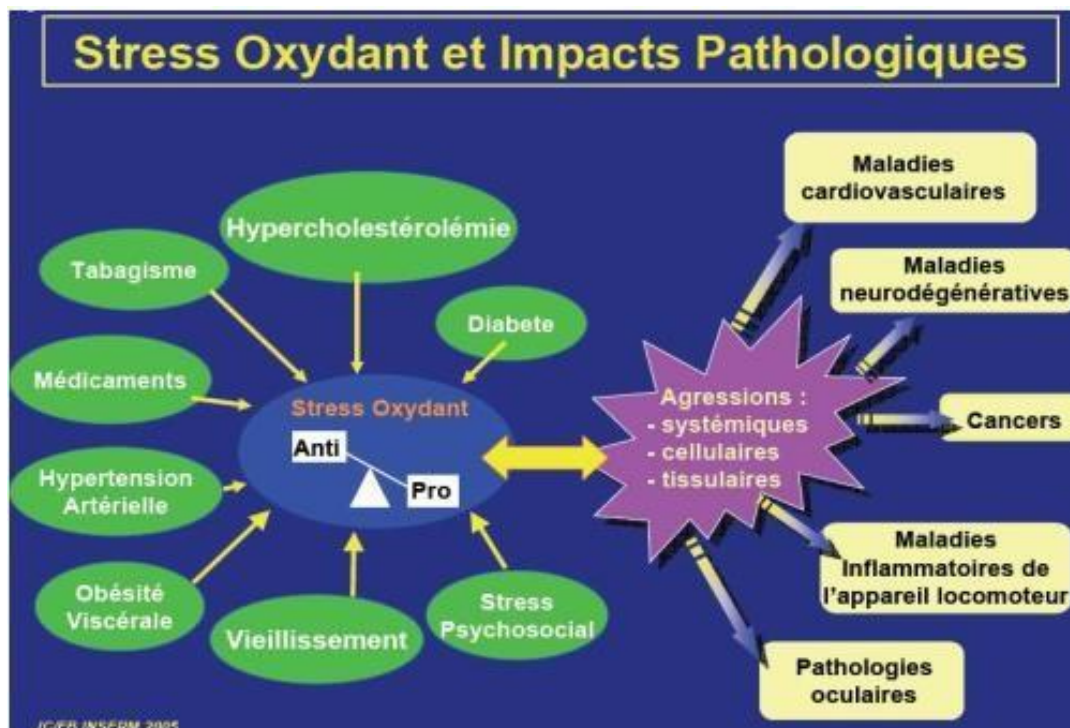
Les différents dommages engendrés par ces radicaux libres sur les macromolécules biologiques sont résumés dans la figure 10 suivante :



**Figure 10:** Les différentes cibles des espèces réactives de l'oxygène (Poisson-M de Lizorieux, 2013).

En effet, les espèces réactives d'oxygène et les radicaux libres peuvent attaquer des molécules dans les membranes biologiques et les tissus, provoquant un stress oxydatif qui induit diverses maladies (Yoshikawa *et Naito*, 2000).

Le stress oxydatif provoque des maladies chroniques comme le cancer, la maladie de Parkinson, la maladie d'Alzheimer, les maladies cardiaques, l'arthrite (Pavithra *et al.*, 2013 ; Everette *et al.*, 2012 ; Kamel *et al.*, 2015), la cataracte, l'athérosclérose, l'hypertension, le diabète sucré et le vieillissement (Teh *et al.*, 2014). L'apport d'une quantité suffisante d'antioxydants tels que les polyphénols et les caroténoïdes présents dans les fruits et légumes neutralisent les radicaux libres, et préviennent des maladies chroniques et dégénératives (Pavithra *et al.*, 2013 ; Everette *et al.*, 2014).



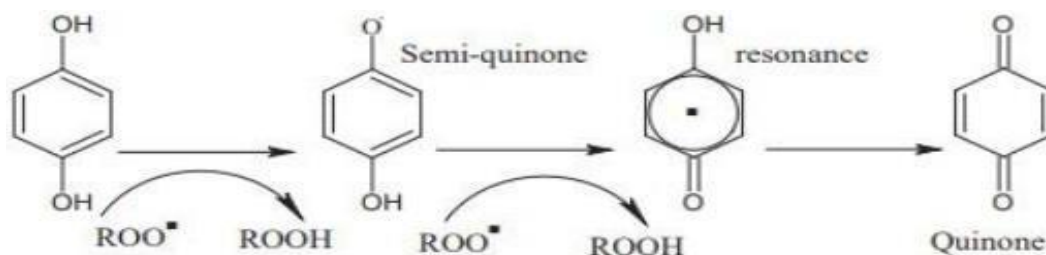
**Figure 11:** Stress oxydant et impacts pathologiques (Cheeseman *et al.*, 1993).

### II. 1.1.1.1. Rôle des polyphénols, des caroténoïdes et oligoéléments dans le stress oxydatif :

#### a) Polyphénols :

Les polyphénols retrouvés dans l'alimentation agissent sur les chaînes radicalaires par des mécanismes de transfert d'électron et/ou de proton mais sont également de bon chélateur d'ions métalliques de transition catalysant la peroxydation lipidique (Matou, M. 2019).

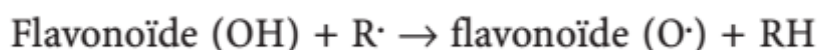
De nombreuses études soutiennent le fait que l'activité antioxydant des composés phénoliques est essentiellement liée à leur capacité de réduire les espèces réactives de l'oxygène comme les radicaux superoxydes, hydroxyles, peroxydes, koxyles par transfert d'hydrogène selon la réaction suivante (González *et al.*, 2018).



**Figure 12 :** Réduction des radicaux libres par les composés phénoliques (González

*et al., 2018).*

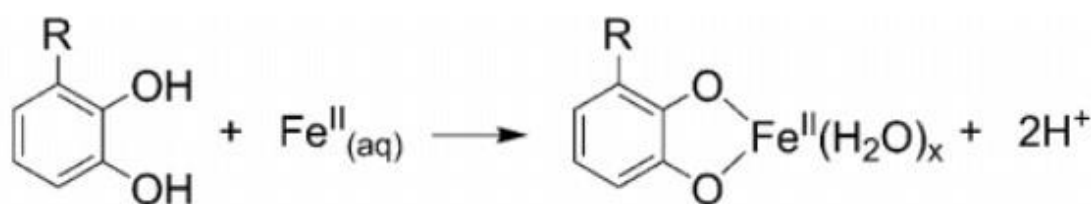
Les flavonoïdes (FL-OH) sont thermodynamiquement capables de réduire les radicaux libres, la propriété antioxydants des flavonoïdes là mieux décrite est leur capacité à piéger les radicaux libres : radicaux hydroxyles (OH·), anions superoxydes (O<sub>2</sub><sup>-</sup>), (Ghedira, K. 2005). Selon la réaction suivante :



D'autres études ont montré que Les flavonoïdes sont des bons inhibiteurs de l'activité de l'enzymes XO, cette dernier est considérée comme une source biologique importante de l'O<sup>•</sup>-2, et par conséquent ils réduisent à la fois les concentrations d'acide urique et celles du radical superoxyde dans les tissus humains (Belkhiri *et al.*, 2017)

### a).1.Chélation des ions métalliques :

Les polyphénols sont des chélateurs de nombreux cations Les ions du fer (Fe<sup>+2</sup>) et du cuivre (Cu<sup>+2</sup>) jouent un rôle important dans la production des radicaux libres, dont Fe<sup>2+</sup> qui est un catalyseur d'oxydation. Les composés phénoliques en particulier les flavonoïdes sont considérés comme de chélateurs de ces ions métalliques (Kasprzak *et al.*, 2015), Ses propriétés de chélation et de stabilisation du fer sont capables d'inhiber la réaction de Fenton et ainsi la production de ERO (Amiot-carlin, 2014 ; Omoba *et al.*, 2015).



**Figure 13 :** Chélation des radicaux libres par les composés phénoliques (Kasprzak *et al.*, 2015).

Les tanins condensés aussi ont la capacité de faire la Chélation les minéraux. Certains cations comme Mg, Ca, Zn, Mn Co, Cu, Al, Fe<sup>3+</sup> et Fe<sup>2+</sup> sont précipités par les tanins condensés à des pH précis (Rira, M., 2019).

### b) Oligoéléments :

Ils sont indispensables pour l'activité de certaines enzymes antioxydants telles que la superoxyde dismutase et la glutathion peroxydase. Le zinc inhibe la NADPH oxydase et active des

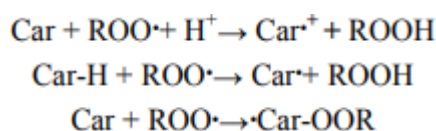
enzymes antioxydants (Noichri, Y. 2016).

- La superoxyde dismutase (SOD) dépend de Mn, Cu et Zn (Noichri, Y. 2016).
- La catalase dépend du Fe (Boudries *et al.*, 2015).
- La glutathion peroxydase dépend du Se (Garar, h 2017).
- La vitamine C qui régénère la vitamine E (Garar, H 2017).

L'écorce de clémentine est une bonne source pour apporter ces besoins on oligoélément car elle a des teneuses considérables on Mn, Cu, Fe, Zn et la vitamine C cité précédemment qui présent des cofacteurs pour maintenir l'activité des enzymes antioxydantes.

### c) Caroténoïdes:

Les caroténoïdes (Car) sont des pigments issus des plantes et microorganismes, leur activité antioxydante est liée à leur longue chaîne qui leur permet de réagir avec les radicaux ROO•, HO•, O<sub>2</sub> •-, R• par simple addition électrophile et transfert d'électron (Figure 14). Ils permettent, en particulier de neutraliser l'oxygène singulet (Rezaire, A. 2012).



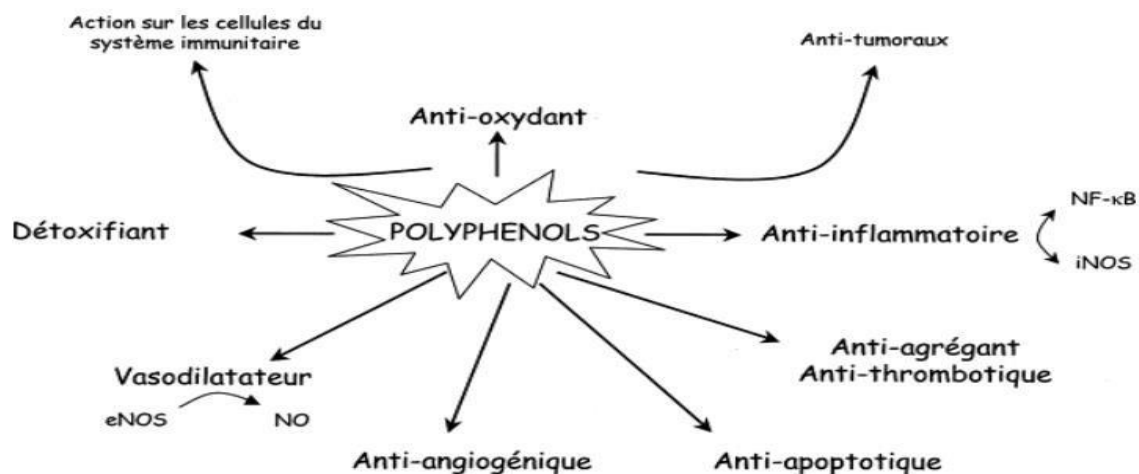
**Figure 14:** Mécanismes traduisant l'activité antioxydante des caroténoïdes, cas des ROO• (Rezaire, A. 2012).

L'écorce de clémentine a une quantité considérable on caroténoïdes ce qui augmente son activité antioxydant en peignant les radicaux libres.

### II.1.1.2. Rôle des polyphénols contre certaines maladies :

Le rôle des composés phénoliques est largement montré dans la protection contre certaines maladies en raison de leur interaction possible avec de nombreuses enzymes et de leurs propriétés antioxydantes. Spécifiquement on attribue aux flavonoïdes des propriétés variées: veinotonique, antitumorale, anti-radicalaire, anti-inflammatoire, analgésique, antiallergique, antibactérienne, hépatoprotectrice. Ils sont également connus pour moduler l'activité de plusieurs enzymes ou de récepteurs cellulaires. Les flavonoïdes favorisent la relaxation vasculaire et empêchent l'agglutinement des plaquettes sanguines. Par conséquent, ils réduisent la coagulation du sang et le rendent plus fluide. Ils limitent l'oxydation des lipides sanguins et contribuent à la lutte contre les

plaques d'athérome. Ils sont aussi anxiolytiques et protèges nos artères contre l'athérosclérose et réduit la thrombose (caillots dans les artères) (Muanda, F. N. 2010).



**Figure 15 :** Activité biologique des polyphénols (Zerargui,2015)

### II.1.1.2.1. Activité antiallergiques:

Les flavonoïdes sont également connus pour leurs effets antiallergiques. Ils agissent par inhibition des enzymes qui favorisent la libération d'histamine à partir des mastocytes et des basophiles (Ghedira, K.2005).

### II.1.1.2.2. Activité anti-ulcérogène :

Les Flavonoïde présente une activité anti-ulcérogène significative, Ils sont capables de protéger la muqueuse gastrique contre divers agents ulcérogènes. La naringine et la quercétine exercent également une activité anti-ulcérogène. Il a été suggéré que la quercétine exerce ses effets cytoprotecteurs grâce à un complexe impliquant la stimulation de la prostaglandine et l'inhibition de la production de leucotriènes via la production de mucus et ses propriétés anti oxydantes. D'autre part, il a été établi que la quercétine inhibe la croissance d'*Helicobacter pylorii* ainsi que la formation d'acide par les cellules pariétales en réponse à une stimulation par l'histamine. (Ghedira, K.2005).

### II.1.1.2.3. Activité antidiabétique :

Une altération du métabolisme du glucose entraîne un déséquilibre physiologique avec l'apparition de l'hyperglycémie et par la suite du diabète. Il existe deux principales catégories de diabète; Type-1 et type-2. De nombreuses études rapportent les effets antidiabétiques des polyphénols. Les polyphénols peuvent affecter la glycémie par différents mécanismes, y compris l'inhibition de l'absorption du glucose dans l'intestin ou de son absorption par les tissus périphériques (**Abderrahim, B. 2021**). Les polyphénols individuels, tels que la catéchine, l'épicatéchine, l'épigallocatechine, le gallate d'épicatéchine, les isoflavones et l'acidetannique, diminuent également le transport intestinal médié par S-Glut-1 du glucose (**Domínguez et al., 2017; Cao et al., 2018**). Une étude récente montre que la quercétine a la capacité de protéger les altérations chez les patients diabétiques pendant les tresse oxydatif (**Shi et al., 2019**).

### II.1.1.2.4. Activité anticancéreuse :

Parmi la large gamme de propriétés biochimiques et pharmacologiques des flavonoïdes, leur prévention du cancer est l'une de leurs activités les plus étudiées. Les flavonoïdes alimentaires peuvent inhiber la formation de tumeur et la prolifération de cellules cancéreuses à travers divers mécanismes biologiques (**Sousa et al., 2013**).

Les flavonoïdes d'écorces d'agrumes (FPH) flavonoïdes polyhydroxylés et (PMF) polyméthoxyflavones pourraient être des agents anticancéreux efficaces, en particulier contre le cancer de la peau, du colon, de la prostate, des poumons et du foie (**Rawson et al., 2014**). Les PMF ont démontré l'inhibition de la croissance des Lignées de cellules leucémiques humaines, les PMF dont la tangerétine ont joué un rôle inhibiteur important dans la phase de prolifération et de métastase des cellules cancéreuses, en inhibant l'adhésion et l'invasion cellulaire, (**Kumar et al., 2014 ; Rawson et al., 2014 ; Mojzer et al., 2016**).

Les polyphénols ont la capacité d'interrompre ou d'inverser le processus de cancérogenèse en agissant sur les molécules du réseau de signalisation intracellulaire impliquées dans l'initiation et la promotion d'un cancer pour arrêter ou inverser la phase de progression du cancer. Les polyphénols peuvent également déclencher l'apoptose des cellules cancéreuses à travers la modulation d'un certain nombre d'éléments principaux en signal cellulaire (**Saidi, I. 2019**).

Les polyphénols peuvent également supprimer les effets secondaires de certaines thérapies,





déjà utilisées dans le traitement du cancer comme la chimiothérapie et la radiothérapie, et améliorer leurs actions (**Mojzer et al., 2016**).

### II.1.1.2.5. Activité antimicrobienne et antivirale:

Avec la résistance croissante des bactéries aux antibiotiques suite à une mauvaise utilisation et d'une prescription excessive, il est nécessaire de développer de nouveaux antibiotiques pour surmonter ce problème de résistance. Les plantes ont été utilisées pendant des siècles pour traiter les maladies infectieuses et présentent une source évidente de nouveaux composés antimicrobiens (**Ellof et al., 2005 ; Sayari et al., 2016**).

Les antimicrobiens d'origine végétale sont efficaces pour traiter les maladies infectieuses, tout en atténuant simultanément plusieurs effets secondaires, souvent associés aux antimicrobiens synthétiques (**Aboshora et al., 2014**).

Plusieurs études expérimentales ont montré que les flavonoïdes des agrumes ont une activité antimicrobienne très importante, comme la quercétine et l'hespéridine inhibent l'infectiosité et la réplication de l'herpès simplex, le poliovirus, le virus parainfluenza et le virus syncytial (**Tripoli et al., 2007**).

L'étude menée par (**Bobis et al. 2015**) a révélé l'effet antibactérien des extraits phénoliques de différentes plantes médicinales contre des bactéries Gram positif (*Staphylococcus aureus* et *Bacillus cereus*), et partiellement contre des bactéries Gram négatif (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* et *Salmonella typhimurium*).

L'activité antimicrobienne des polyphénols peut impliquer des mécanismes complexes, tels que l'inhibition de la synthèse de la paroi cellulaire, la membrane cellulaire, des protéines, ainsi que l'inhibition du métabolisme des acides nucléiques (**Aboshora et al., 2014**).

Les flavan-3-ols, flavonols, et les tannins sont capables de supprimer les facteurs de virulence par l'inhibition de la formation du biofilm, la réduction des récepteurs de ligands d'adhésion à l'hôte et la neutralisation des toxines bactériennes (**Daglia, 2012 ; Albuquerque et al., 2013**). Selon **Daglia (2012)**, les flavonols ont une activité antibactérienne contre plusieurs bactéries Gram positif. Certains flavonoïdes ont une activité antibactérienne supérieure à celle de la tétracycline ou de la vancomycine à des concentrations équivalentes.

### II.1.1.2.6. Activité anti-inflammatoire:

La peau d'orange est riche en flavonoïdes, ils peuvent agir à plusieurs niveaux de la réaction inflammatoire, y compris les dérivés méthylés tels que les polyméthoxyflavones (FPM) qui présentent de forts effets anti-inflammatoires, à la fois au niveau de l'expression des gènes et de l'activité enzymatique pour atténuer l'inflammation (**Rawson et al., 2014**).

La tangerétine et la nobiletine, se sont révélés d'avoir des effets anti-inflammatoires élevés, par l'inhibition de facteur de nécrose tumorale TNF- $\alpha$ , la lipoxigénase (LOX) et les interleukines IL-1 $\beta$  et IL6 dans différents modèles cellulaires (**Gossiau et al., 2014**).

Les polyphénols peuvent ainsi réguler des voies de signalisation telles que celles des facteurs nucléaires et des protéines kinases et expression des gènes pro-inflammatoires (**Abderrahim, B.2021**).

### II.1.1.2.7. Activité antifongique :

De nombreux flavonoïdes possèdent des activités antifongiques, le plus grand nombre appartient aux flavanones et aux flavanes. Une flavanone prénylée (5, 7,4'-trihydroxy-8-méthyl-6-(3-méthyl-[2 butényl])-(2S)-flavanone) (**Ali et al., 2017**) Deux flavanones la naringénine (NAR) et la inhiber la croissance des souches de *C.albicans* (**Soberón et al., 2020**) et aussi la coumarine et ses dérivés présentent une activité antifongique contre *Candida albicans* (**Jia et al., 2019**).

### II.1.1.2.8. Activité des polyphénols sur les maladies neurodégénératives :

Des études biochimiques suggèrent que l'oxydation peut être importante dans un certain nombre de pathologies du cerveau. (**Grigoraş et al., 2012**) Les flavonoïdes peuvent agir pour protéger le cerveau de plusieurs façons, notamment en protégeant les neurones vulnérables, en améliorant la fonction neuronale existante ou en stimulant la régénération neuronale.

Par exemple, il a été également démontré que les polyphénols protègent les neurones contre le stress oxydatif (**Vauzour et al., 2010**), D'autres études épidémiologiques prouvent l'effet des antioxydants présents dans les fruits dans un certain nombre de pathologies neurologiques, y compris l'ischémie cérébrale (**Aruna et al.,2010**) la maladie d'Alzheimer (**Behl et al.,2002**), la maladie de Parkinson (**Guan et al.,2006**), la maladie de Huntington (**Wang et al.,2010**) etc.



### **II.1.1.2.9. Les composés phénoliques et le système immunitaire :**

La prolifération des cellules B et T (cellules tueuses naturelles) qui est nécessaire pour une défense efficace contre les agents pathogènes et contre les cellules tumorales semble être inhibée nettement avec l'âge et lors de l'exposition aux oxydants (**Ielpo et al., 2000**). Ces effets peuvent, en partie, être neutralisés par la supplémentation en antioxydants alimentaires.

Une autre étude réalisée par (**Liu et al., 2012**), montre que les extraits de Composés phénoliques Présentent des propriétés immunomodulatrices qui peuvent être considérées responsables entre autres pour les effets bénéfiques contre la prolifération des splénocytes (cellules sanguines se trouvant dans le tissu splénique) et contre les cellules MCF-7 (entraînant le cancer du sein).

### **II.1.1.10. Activité des polyphénols sur les maladies cardiovasculaires :**

Une évolution majeure dans la recherche sur les maladies cardiovasculaires est la constatation que les réactions d'oxydation jouent un rôle central dans l'athérogenèse et que dans les études épidémiologiques les maladies cardiovasculaires sont associées aux faibles concentrations plasmatiques d'antioxydants (**Grigoraş et al., 2012**).

Selon (**Hollman et al., 1999**) ont présenté dans leur review que l'apport de flavonoïdes dans l'alimentation humaine peut influencer l'évolution des affections cardiovasculaires telles que la maladie coronarienne ou la cardiopathie ischémique. Les flavonoïdes agissent sur les vaisseaux sanguins sous forme d'activité vitaminique « P » Cette activité intervient dans le maintien d'une perméabilité vasculaire normale, Ils sont de ce fait utilisés dans certains états pathologiques caractérisés par un défaut affectant la perméabilité vasculaire. (**Ghedira, K. 2005**), Ce fait pourrait être lié aux effets anti-inflammatoires, antithrombotiques et vasodilatateurs des polyphénols (**Gormaz et al., 2016**).

D'après Mulvihill & Huff (**2010**). Certains polyphénols sous forme purifiée, y compris le resvératrol, la berbérine et la naringénine, ont des effets bénéfiques sur la dyslipidémie chez les modèles humains ou animaux. Un traitement à la naringénine atténue l'athérosclérose en corrigeant la dyslipidémie.

### II.1.1.2.11. Les polyphénols et l'effet antimutagène :

Les flavanones peuvent protéger les dommages causés à l'ADN par leur capacité à absorber la lumière UV. Les résultats d'un modèle d'ADN plasmidique irradié par des UV ont montré un effet protecteur considérable de la naringénine contre les dommages à l'ADN induits par les UV (Kootstra, 1994). En outre, la naringénine inhibe également la cytotoxicité et l'apoptose induites par H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, probablement par le biais de son effet sur l'expression d'un gène associé à l'apoptose induite par H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. (Kanno *et al.*, 2003). La naringénine peut présenter des changements anti-mutagènes en stimulant la réparation de l'ADN, à la suite de dommages oxydatifs dans les cellules cancéreuses humaines de la prostate (Gao *et al.*, 2006).

### II.1.1.2.12. Activité des polyphénols sur les cataractes :

La littérature montre que la cataracte a une étiologie oxydative et que les antioxydants alimentaires peuvent empêcher son apparition (Grigoraş *et al.*, 2012), Cette hypothèse est soutenue par les recherches réalisées par (Gayathri Devi *et al.*, 2010) qui ont étudié l'effet de l'isorhamnétine-3-glucoside sur l'évolution de la cataracte. Ils sont arrivés à la conclusion que ce composé phénolique grâce à ses propriétés antioxydantes peut prévenir le stress oxydatif, l'accumulation du calcium et maintenir l'activité de l'enzyme Ca<sup>2+</sup>-ATPase protégeant ainsi les protéines du cristallin. D'autres chercheurs (Cornish *et al.*, 2002 ; Sakthivel *et al.*, 2008) sont arrivés aussi à la conclusion que certains composés phénoliques peuvent réduire l'évolution des cataractes.

De telles propriétés ont donc été exploitées, et trouvent des applications dans de nombreux domaines industriels : en agroalimentaire, en cosmétique et dans l'industrie pharmaceutique.

La richesse de fruit de *citrus clémentina* en citroflavonoïdes (Hespéridine, Rutine, Neoeriocitrion, nobiletin, ...etc) leur permet une large gamme d'utilisation surtout dans le domaine pharmaceutique (Tableau 6)

## Chapitre 2 : Différentes utilisations des composants de l'écorce de Clémentine

**Tableau 6 :** Propriétés fonctionnelles et domaines d'utilisation de quelques citroflavonoïdes de l'écorce de clémentine (Ghedira K, 2005 ; M'hiri N, 2015 ; Hamideche L & Nacer Cherif S, 2016).

| Composant/Application.                 | Propriétés  |
|--|---|
| <b>Hespéridine</b><br>Pharmaceutiques. | <ul style="list-style-type: none"><li>-Activité antivirale</li><li>- Activité antimicrobienne modérée contre Salmonella typhi .</li><li>- Activité antiallergique via l'inhibition de la libération de l'histamine.</li><li>- Réduction du risque du cancer du tube digestif.</li><li>- Activité sédative.</li><li>- Activité hypoglycémiant par la régulation du métabolisme du glucose.</li><li>- Atténuation des anomalies de la rétine et du plasma.</li><li>-Activité anti-obésité.</li></ul>  |
| <b>Eriocitrine</b><br>Agroalimentaire  | <ul style="list-style-type: none"><li>-Utilisé dans plusieurs complexes multivitaminés.</li><li>- Maintien de l'intégrité et de la circulation Périphérique.</li></ul>  |
| <b>Nobiletine</b><br>Pharmaceutiques   | <ul style="list-style-type: none"><li>- Activité anti-inflammatoire : activation de l'énergie Vitale, la circulation sanguine et disperse la stagnation physique</li></ul>  |
| <b>Quercétine</b><br>pharmaceutiques   | <ul style="list-style-type: none"><li>- Des vertus anti-allergènes via le blocage de la libération d'histamine dans la circulation sanguine.</li><li>- Améliore la tension et les maladies cardiovasculaires, en diminuant l'hypertrophie cardiaque et rénale qui fait suite à l'hypertension.</li><li>- prévention et traitement du cancer par induction de l'apoptose cellulaire et par ses fonctions antioxydants.</li><li>- Les effets anti-inflammatoires Impliquant plusieurs voies de signalisation</li><li>- Anti-diabète et obésité, Anti bactériennes et antifongiques, Antiviraux.</li></ul> |

### II.1.2. Utilisation des polyphénols en industrie agroalimentaire :

Grâce aux propriétés antimicrobiennes de certains polyphénols comme les flavan-3-ols, les flavanols et les tanins, il est désormais possible de développer des conservateurs alimentaires (Daglia, 2012)

La capacité antioxydante de composés comme les polyphénols est utilisée dans l'alimentation pour lutter contre la peroxydation lipidique et ainsi permettre une meilleure stabilisation des denrées alimentaires. Ils sont également préconisés pour améliorer la stabilité de pigments de jus colorés (comme le jus de betterave), d'arômes alimentaire (Daglia, 2012)

Ces polyphénols d'origine naturelle qui sont caractérisés par une haute capacité antioxydante comparable au plusieurs antioxydants synthétiques et peuvent les remplacer en agroalimentaire selon une utilisation rationnelle qui n'implique pas de risques sur la santé humaine. D'autre part, ce qui

mènerait les pays producteurs à profiter de cette matière première à l'échelle industrielle en tant que source économiquement non chère, mais riche en polyphénols (**Gharby et al., 2014**).

**Gharby et al en (2014)**. Ont utilisé des polyphénols extraits d'une plante comme antioxydant naturel au coure d'un stockage de l'huile de tournesol et ils ont remarqué que l'huile a acquis une meilleure résistance à l'oxydation suite à un ajout des polyphénols naturel.

Certains composés phénoliques des sous-produits d'agrumes principalement la naringine est utilisée comme arôme naturelle pour aromatiser les boissons, les bonbons et les produits de boulangerie, en raison de son goût amer typique (**Giannuzzo et al., 2003**).

Certains flavanones comme l'hespéridine et la néohespéridine peuvent être facilement transformées en édulcorants naturels potentiels (**M'hiri et al., 2014**).

### **II.2. Utilisation des huiles essentielles :**

L'huile essentielle de Citrus clementina est également connue pour calmer les tensions et faciliter le sommeil. La riche composition de l'huile essentielle de C. clementina en monoterpènes lui confère de puissantes propriétés anti-infectieuses contre les bactéries, les virus, les champignons mais aussi les vers et les parasites. Elle est idéale pour la digestion difficile, l'insomnie et le stress ; elle favorise aussi l'élimination des graisses. Certains composés naturels contenus dans cette huile essentielle peuvent présenter un risque d'allergie chez certaines personnes sensibles lorsque l'huile essentielle est incorporée dans une composition cosmétique qui comporte le limonène (**Couic-marinier et al., 2019**).

La plupart des huiles essentielles (HEs) peuvent être utilisées par voie cutanée en massage. Il est conseillé de ne pas les appliquer pures et de privilégier une dilution (1 à 50 %) avec des huiles végétales pour limiter les risques d'irritations. Les huile essentielle produit à partir d'orange est souvent photo-sensibilisante, Il est donc déconseillé de s'exposer au soleil après son application (**Couic\_maeinier et al., 2013**). Les HES ont des propriétés qui leur permet d'être utilisé dans différent domaines :

#### **II.2.1. En industrie agroalimentaire :**

L'industrie alimentaire utilise les huiles essentielles pour rehausser le goût, aromatiser et colorer les aliments (**Serrano et al., 2008**). Elles sont utilisées comme agents naturels de conservation des aliments à cause de leur richesse en composés antimicrobiens et antioxydants

## **Chapitre 2 : Différentes utilisations des composants de l'écorce de Clémentine**

(Aprotosoie *et al.*,2010). Le secteur des boissons gazeuses s'avère un gros utilisateur d'huiles essentielles (Grysole, 2005). Ils sont ajoutés aux produits alimentaires tels que l'huile, le pain, les biscuits et les produits laitiers pour améliorer leur durée de conservation en empêchant la peroxydation des lipides et en protégeant des dommages oxydatifs (Assefa A, 2016).

### **II.2.2. En agriculture :**

Les pesticides naturels basés sur les HEs représentent une alternative intéressante pour la protection des cultures contre les insectes (Isman, 2000). Les biopesticides peuvent être utilisés seuls et à répétition sans potentiellement inciter le développement de la résistance chez les ravageurs (Chiason *et al.*, 2007).

### **II.2.3. En cosmétologie et parfumerie :**

Dans le domaine de la parfumerie et du cosmétique ainsi que les savons, les huiles essentielles sont utilisées en tant que conservateurs, car ils ont des propriétés antibactériennes, Ils peuvent ainsi prolonger la durée de conservation des produits. Aussi pour leurs caractéristiques odorantes en raison de leur forte volatilité et du fait qu'elles ne laissent pas de trace grasse. Ils sont particulièrement utilisés dans les parfums ou la formulation de produits d'entretien personnels (couic-Marinier *et al.*,2013).

### **II.2.4. En Pharmacie :**

Dans les médicaments le potentiel thérapeutique des composés des HEs montrent leur bienfait dans le traitement de cancer, des infections bactériennes et virales et la lutte contre le stress oxydatif. De même les propriétés lipophiles des composés aromatiques permettent aux HEs de pénétrer dans la peau, ce qui facilite l'administration des médicaments par voie transdermique (Edris, 2007). Elles sont utilisées pour traiter l'insomnie, l'anxiété et aussi pour calmer les palpitations (Nouha, 2015).

## **II.3. Utilisation de pectines :**

La pectine est un hétéropolysaccharide qui fait partie des fibres soluble présent dans les parois cellulaires primaires de nombreuses plantes (Maran *et Priya*, 2015). C'est une poudre blanche à brun clair, principalement extraite des agrumes, et est utilisée comme agent gélifiant notamment dans les confitures et les gelées, et utilisée également dans les médicaments, les bonbons, comme stabilisateur dans les jus de fruits et les boissons lactées aussi les yaourts. La pectine peut être utilisée

dans la fabrication des suspensions pharmaceutiques, des médicaments de détoxification et anti-diarrhéiques. (Sumathra *et al.*,2017 ; Azzouzi *et al.*, 2021).

Les études épidémiologiques ont lié l'apport de fibres à une large gamme de maladies telles que l'athérosclérose, la diverticulose, le cancer de colon etc. Les fibres végétales sont souvent ajoutées aux aliments pour diminuer l'incidence de ces maladies (Grigoraş *et al.*, 2012). La pectine présente un effet hypocholestérolémique qui permet de réduire le niveau de cholestérol et se présente aussi comme agent anticancéreux (Masoodi *et al.*, 2002).

Les propriétés de la pectine sont utilisées dans une variété d'applications personnelle de soin, y compris des produits de peau et de chevaux. Dans l'industrie cosmétique, la pectine est utilisée dans la fabrication des vernis, des huiles et des crèmes (Mounir *et al.*,2014). Elle est aussi utilisée comme un agent épaississant et stabilisant dans les gels pour les cheveux, les lotions (Celus *et al.*,2017) et les champoings (Nesic *et al.*,2014)

### **II.4. Biocarburants :**

Les biocarburants c'est des carburants issus d'une matière végétale renouvelable qui présente l'avantage de réduire les émissions de gaz à effet de serre de 85% par rapport aux carburants classiques (Wang *et al.*, 2007).

En effet la richesse des écorces d'agrumes en sucre a permis leur utilisation dans la production de biocarburants (éthanol) et des biogaz (Lohrasbi *et al.*, 2010). Ces écorces sont utilisées en tant que substrats pour la production du bioéthanol (Grigoraş *et al.*, 2012).

## *Chapitre 3 :*

# *Méthodes d'extractions et de valorisation*

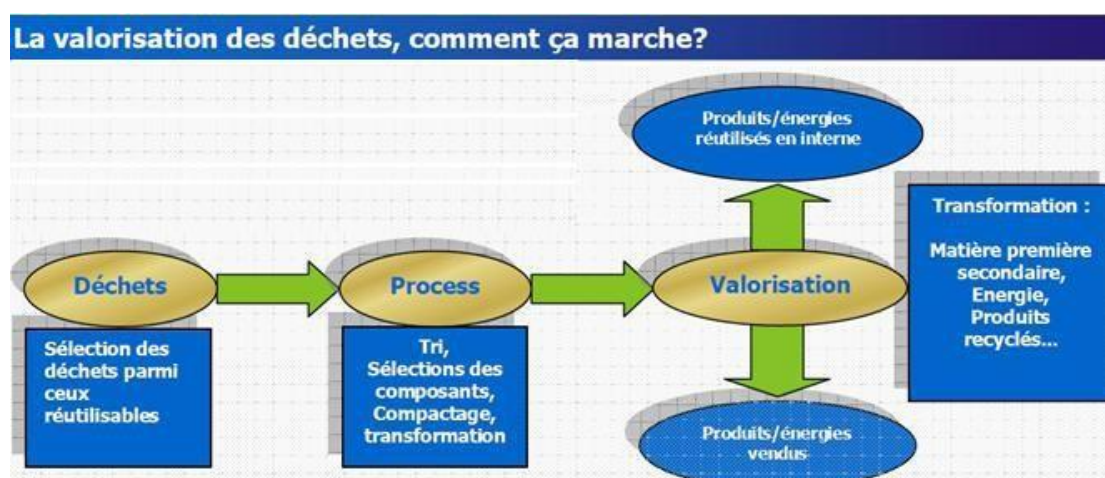
## Chapitre 3 : Méthodes d'extractions et de valorisation

### III.1. Généralités sur la valorisation des sous-produits agroalimentaires :

Un sous-produit est un produit résiduel qui apparaît durant le processus de fabrication, de transformation ou de distribution d'un produit fini. Il est non intentionnel, non prévisible, et accidentel. Il peut être utilisé directement ou bien constituer un ingrédient d'un autre processus de production en vue de la fabrication d'un autre produit fini (Nawel,2017)

Le concept de valorisation des déchets est né de l'idée que l'entreprise doit considérer ses déchets comme une ressource à exploiter et non comme des rebuts dont il faut se débarrasser, En effet beaucoup de matériaux sont réutilisables dans diverses applications après leur fin de vie attribuée (Gullón *et al.*,2020).

Par valorisation, on entend toute transformation de résidus ou de sous-produits industriels alimentaires en vue de les réintroduire sur le marché à titre de nouveaux ingrédients ou comme nouveaux produits. Donc c'est le processus de création de la valeur à partir des déchets, en fabriquant un Produit adapté pour l'utilisation économique et sociale. Ce processus est réalisé par des méthodes chimiques et biotechnologiques en ce qui concerne les déchets alimentaires et les sous-produits de transformation des aliments (Chandrasekaran, 2012).



**Figure 16 :** Valorisation des déchets (Nawel, 2017)

### III.2. Importance de la valorisation :

Dans le monde entier le secteur agroalimentaire génère chaque année d'énormes quantités de sous-produits et de déchets. Cette biomasse est généralement mise au rebut ce qui provoque de graves problèmes environnementaux. Cette biomasse est généralement sous valorisée. Cependant ces résidus représentent une excellente source d'une large gamme de composés bioactifs (tels que les polyphénols, les polysaccharides, pectine, anthocyanines, chitine, kératine, peptides, entre autres),



## **Chapitre 3 : Méthodes d'extractions et de valorisation**

qui ont été largement étudiés pour leurs bienfaits pour la santé, et leurs propriétés anti-inflammatoires, antimicrobiennes, antioxydantes et anticarcinogènes (Gullón *et al.*,2020) ,de sorte que leur exploitation peut être considérée comme une possibilité prometteuse d'un point de vue économique et environnemental.

D'autre part malgré que l'industrie agro-alimentaire a pour objectif de fabriquer des denrées alimentaires destinées à l'homme, elle a toujours généré simultanément des matières premières non consommables directement par l'homme mais potentiellement intéressantes pour l'alimentation des animaux pour des raisons économiques et environnementales tout en veillant à satisfaire les contraintes règlementaires et sanitaires imposées en élevage (Chapoutot *et al.*,2018).

### **III.3. La pâte d'orange :**

A partir de l'écorce d'orange on peut réaliser une pâte d'orange, Cette dernière est une excellente base naturelle pour parfumer et colorer les produits alimentaires. Riche en d'antioxydant et en pectines qui assure une turbidité stable dans les boissons rafraîchissantes et le sirop à l'orange, elle contient en proportion non négligeable des substances bénéfiques pour l'organisme comme l'acide ascorbique et les flavonoïdes.

La préparation des pâtes d'oranges a été décrite par BRAVERMAN et LEVI z1en 1960. Les oranges entières ou leur écorce seulement, ou des proportions variées de jus, D'écorce et de pulpe sont désintégrées mécaniquement et transformées par broyage en une fine pâte colloïdale. Dans quelques cas le broyage est précédé par une cuisson de l'écorce dans une bassine en acier inoxydable à double paroi pour l'amollir (Schwob *et al.*, 1965)

En réalité, la préparation et la composition des pâtes d'oranges varie beaucoup d'une usine à l'autre. Il est possible à partir de l'orange entière, soumise à une forte pression de vapeur et décompressé brutalement pour faire éclater les tissus. Ou bien on utilise les déchets de fabrication du jus : pulpes et écorces, que l'on additionne de jus ou d'eau pour donner une fluidité satisfaisante à la préparation (Huet *et al.*, 1962).

### **III.4. Les aliments de bétail :**

Les éleveurs de bovins situés dans le voisinage des industries de jus d'agrumes ont vu le profit qu'ils pourraient retirer des écorces en en nourrissant leur bétail. Lancée vers 1920, cette utilisation s'est développée et la transformation des déchets, écorces, pulpes et graines en aliments pour le bétail, est une activité généralisée (Schwob *et al.*, 1965).

## **Chapitre 3 : Méthodes d'extractions et de valorisation**

Récemment l'augmentation des coûts d'élimination des déchets d'agrumes dans de nombreuses régions du monde a accru l'intérêt pour l'utilisation des sous-produits d'agrumes comme aliment de substitution pour les ruminants. Les principaux sous-produits d'agrumes donnés aux ruminants sont la pulpes d'agrumes séchée, la mélasse d'agrumes, la liqueur d'écorces d'agrumes (Bampidis *et al.*, 2005).

### **III.5. Techniques d'extractions :**

L'extraction des composés bioactifs est un phénomène de transfert de masse où les solides solubles contenus dans les structures végétales, migrent dans le solvant d'extraction jusqu'à l'équilibre. Il existe plusieurs méthodes d'extraction des antioxydants (composés phénoliques) parmi elles on retrouve l'extraction conventionnelle et l'extraction innovante. Toutefois les méthodes conventionnelles peuvent causer la dégradation des composés bioactifs par l'utilisation de températures élevées et de longues durées d'extraction. Les méthodes innovantes quant à elles combinent l'extraction conventionnelle avec d'autres facteurs accélérant l'extraction tout en limitant la dégradation des composés tels que l'extraction par micro-onde, l'extraction par ultrasons...etc (M'hiri N, 2015).

#### **III.5.1. Extractions conventionnelles :**

##### **III.5.1.1. Extraction par macération :**

C'est une procédure simple et largement utilisée, consiste à laisser tremper la plante dans un récipient fermé. La macération simple est effectuée à température ambiante en mélangeant la matière végétale broyée avec le solvant d'extraction et en laissant le mélange sans ou sous agitation pendant plusieurs heures ou plusieurs jours (M'hiri N, 2015).

##### **III.5.1.2. Extraction par décoction :**

Elle convient pour l'extraction de matières végétales tel que : écorces, racines, feuille...etc. Elle consiste à faire bouillir les plantes fraîches ou séchées dans de l'eau pendant 10 à 30 min, pour bien extraire les constituants actifs (Benzeggouta N, 2015).

##### **III.5.1.3. Extraction par infusion :**

C'est la forme de préparation la plus simple, elle se prépare en trempant les parties de plantes fraîches ou séchées dans de l'eau bouillante afin d'extraire leurs constituants actifs. Elle pour

## **Chapitre 3 : Méthodes d'extractions et de valorisation**

l'extraction de différentes parties des plantes : feuilles, fleurs, graines, écorces et racines, ayant des constituants volatiles ou thermolabiles (**Benzeggouta N, 2015**).

### **III.5.2. Extraction par méthodes innovantes :**

#### **III.5.2.1. Extraction par solvant (ECS) :**

L'extraction conventionnelle par solvant est la méthode la plus utilisée pour l'extraction des composés phénoliques. De nombreux paramètres d'extraction doivent être pris en compte pour l'optimisation de cette méthode : le type et la concentration du solvant organique, la température, le temps d'extraction et le nombre de cycles d'extraction. (**Li et al., 2006 ; Tumbas et al., 2010; M'hiri et al., 2014**). En effet, les solvants donnant la teneur la plus élevée en phénols totaux sont le méthanol et l'éthanol (**Li et al., 2006a**). Cependant, dans les applications industrielles, l'éthanol plus respectueux pour l'environnement et le plus souvent utilisé (**Bartnick et al., 2006**). Une concentration d'éthanol variant de 70 à 80% est la plus utilisée pour l'extraction des composés phénoliques des écorces d'orange (**M'hiri N, 2015**).

#### **III.5.2.2. Extraction assistée par ultrasons (EAU) :**

L'extraction assistée par ultrasons est réalisée dans des conditions identiques à l'ECS. L'utilisation des ultrasons permet d'effectuer des extractions en quelques minutes avec une reproductibilité élevée ce qui simplifie l'opération et donne une plus grande pureté au produit final (**Chemmat et al., 2011**).

Les ultrasons interagissent avec le matériel végétal et modifient ses propriétés physiques et chimiques. Un effet de cavitation est créé, ce qui facilite la libération des composés extractibles et améliore le transfert de matière en perturbant les parois cellulaires des plantes et préserve les molécules sensibles à la chaleur (**Chemmat et al., 2011**).

Le choix approprié du solvant et de la température permet une meilleure extractibilité des composés phénoliques. De plus, l'optimisation des paramètres d'extraction assistée par ultrasons tels que la fréquence, la puissance des ultrasons, le temps d'extraction ainsi que la distribution d'ondes ultrasonores permet aussi d'augmenter le rendement d'extraction (**Wang & Weller, 2006**).

#### **III.5.2.3. Extraction assistée par micro-ondes (EAM) :**

L'extraction assistée par micro-ondes est réalisée dans des conditions identiques à l'ECS. Elle est accélérée par l'utilisation de micro-ondes. Au cours du traitement par micro-ondes, le

## **Chapitre 3 : Méthodes d'extractions et de valorisation**

chauffage provoque la rupture des liaisons hydrogène (M'hiri N, 2015). Une quantité considérable de pression s'accumule à l'intérieur du biomatériau, qui modifie les propriétés physiques des tissus biologiques et améliore la porosité de la matrice biologique. Ceci permet une meilleure pénétration du solvant d'extraction à travers la matrice (Kratchanova *et al.*, 2004 ; Yeoh *et al.*, 2008).

L'extraction assistée par micro-ondes est un processus par lequel l'énergie micro-onde accélère l'extraction. Ce traitement accélère la rupture des cellules en provoquant une augmentation rapide de la température et de la pression interne dans les parois des cellules végétales (Inoue *et al.*, 2010; Jawad & Langrish, 2012).

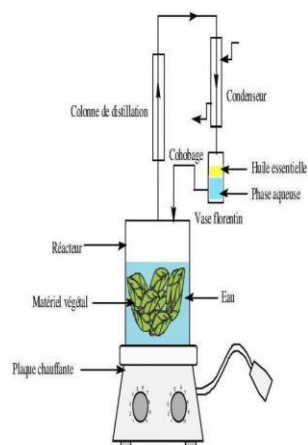
### **III.6. Les huiles essentielles :**

Les huiles essentielles d'agrumes représentent un des produits commercialisés à haute valeur ajoutée. Elles sont extraites de fleurs, de feuilles et d'écorces de fruits. Les huiles essentielles d'écorces d'agrumes sont contenues dans les cellules ou glande de la partie colorée de l'épiderme des fruits appelée flavedo.

Les huiles essentielles sont très volatiles, les rendements aromatiques obtenus à partir de plantes. En raison de leur volatilité, ils peuvent facilement être extraits par la méthode de la distillation à la vapeur à partir de différentes sources naturelles (Hyldgaard *et al.*, 2012). Parmi les modes d'obtentions des huiles essentielles les plus utilisés, sont :

#### **III.6.1. Hydro distillation :**

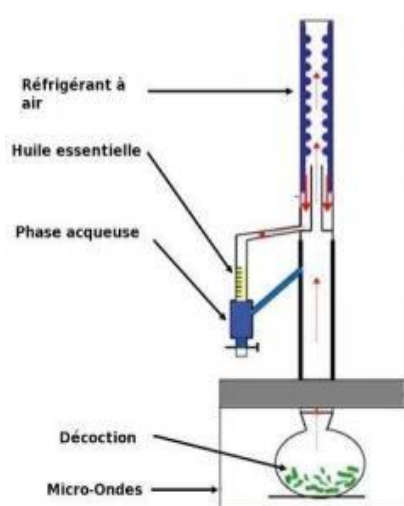
L'hydrodistillation consiste à distiller un composé par entraînement à la vapeur d'eau. C'est une méthode très utilisée dans l'extraction des huiles essentielles. Le principe de l'hydrodistillation est d'immerger la biomasse végétale dans de l'eau distillée puis de la faire bouillir. La vapeur d'eau et la matière végétale forment un mélange non miscible. La durée de l'hydrodistillation peut varier considérablement, en fonction de l'équipement utilisé et du matériel végétal à traiter, jusqu'à plusieurs heures. La durée de la distillation affecte non seulement le rendement, mais également la composition de l'extrait (El haib *et al.*, 2011).



**Figure 17:** Représentation de la méthode Hydro distillation

### III.6.2. Extraction assistée par micro-ondes :

Le procédé consiste à appliquer les micro-ondes pendant le contact entre le solide traité (sèche ou humide) et solvant d'extraction (**Bélangier *et al.*, 1991**). C'est une technique récente développée, dans le but de réduire le temps d'extraction, de diminuer la consommation de solvants, d'augmenter le rendement en extraction et d'améliorer la qualité des extraits (**Chemat *et al.*, 2006**). Le processus utilise des micro-ondes pour exciter les molécules d'eau dans les tissus végétaux provoquant la rupture des cellules végétales et libérant les huiles essentielles piégées dans les tissus extracellulaires de la plante (**Vercauteren *et al.*, 1998**).



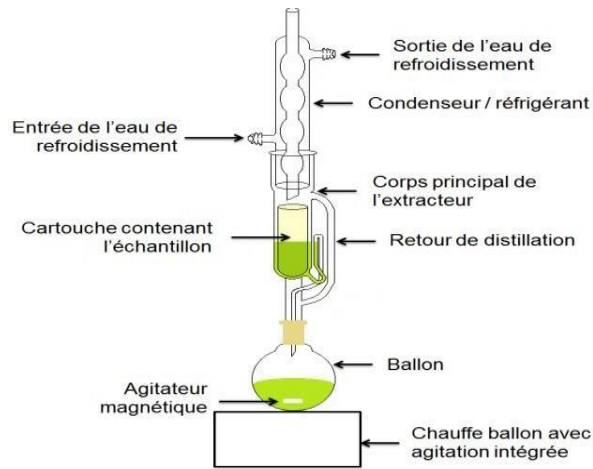
**Figure 18:** Représentation de l'extraction assistée par micro-ondes

### III.6.3. Extraction par solvant :

L'extraction par des solvants volatils consiste à dissoudre la matière odorante de la plante dans un solvant que l'on fait ensuite évaporer. Cette technique pratiquée dès le 18<sup>ème</sup> siècle avec de

## Chapitre 3 : Méthodes d'extractions et de valorisation

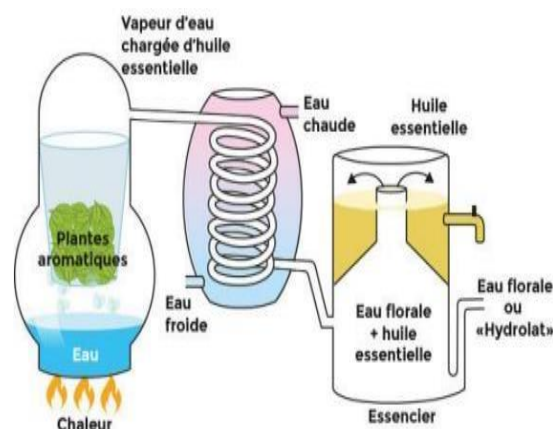
l'éther, produit coûteux et fortement inflammable, utilise de nos jours des solvants plus adaptés comme l'hexane ou l'éthanol (Belliya,2011).



**Figure 19 :** Représentation de l'extraction par solvant

### III.6.4. Extraction par distillation à la vapeur :

L'entraînement à la vapeur d'eau est une méthode la plus courante pour l'obtention des huiles essentielles. Cette technique ne met pas le contact direct de l'eau avec la matière végétale. La vapeur d'eau qui est fournie par une chaudière, traverse la matière végétale située au-dessus d'une grille. Durant ce passage les cellules éclatent et libèrent l'huile essentielle qui sera vaporisée sous l'action de la chaleur pour former le mélange « eau + huile essentielle ». Ce dernier est ensuite véhiculé vers le condenseur et l'essencier avant d'être séparé en deux phases « la phase aqueuse et la phase organique ». (Belliya,2011).



**Figure 20 :** Schéma de la distillation à la vapeur

## Chapitre 3 : Méthodes d'extractions et de valorisation

### III.7. Technique d'extractions et utilisation des pectines :

Dans le secteur médical l'application de la pectine a connu un progrès par exemple une étude très récente de **Conti et al (2018)** sur l'évaluation de l'efficacité de la combinaison des rayonnements ionisants (IR) avec la pectine d'agrumes modifiée MCP sur les cellules du cancer de la Prostate.

En d'autre terme la pectine d'agrumes modifiée est associée à la radiothérapie, les résultats obtenus ont démontré que la MCP représente un agent de radiosensibilisation pour améliorer la cytotoxicité des rayonnements ionisants IR donc réduire la dose clinique des rayonnements

Dans l'agro-alimentaire la pectine est aussi utilisée dans plusieurs préparations, dont les préparations des fruits pour yaourts, boisson et concentrés de jus de fruits et les produits laitiers gélifiés (**Kebaili M, 2019**).

**Azzouzi et al (2022)** ont extrait de la pectine à partir des écorces de clémentine, La technique de production implique plusieurs étapes dont la premier consiste à séchée et broyée la poudre d'écorce puis immergée dans de l'eau distillée et le pH est ajusté aux valeurs (1,5 –3). La solution est extraite à 90°C pendant 60 min. Le jus pectique obtenu est conservé à 4°C pendant 24 heures. Les pectines sont précipitées en mélangeant le jus pectique extrait avec le même volume d'éthanol à 96% ; le gel pectique obtenu est lavé à l'acétone. Enfin, les pectines précipitées sont séchées à 60°C jusqu'à obtention d'un poids constant.

Selon **Azzouzi et al (2022)** la confiture de clémentine à base de pectine extraite a montré une concentration meilleure en vitamine C (528 mg EAA/100g) comparativement avec celle préparée à base de pectine disponible dans le commerce (345 mg EAA/100g). Ce qui lui confère une qualité nutritionnelle intéressante pour le consommateur.

### III.8. Production de biocarburant :

La technique de production implique plusieurs étapes capables d'assurer la transformation des matières premières en bioéthanol dont l'hydrolyse (acide et / ou enzymatique) et la fermentation sont les plus importantes (**Grigoraş et al., 2012**)

**Patsalou et al., 2019** ont utilisée des technologies à faible impacte environnementale pour la production d'éthanol et du méthane à partir de la bio-raffinerie des déchets d'écorces d'agrumes, Ces dernier son prétraité par hydrolyse acide et une combinaison d'hydrolyse acide et enzymatique, Suivie d'une fermentation a température élevée d'une souche de levure *Pichia kudriavzevii* KVMP10 puis traités pour produire de l'éthanol. Ce procédé nécessite initialement l'enlèvement du D-limonène des écorces d'agrumes car il est extrêmement toxique pour l'activité biologique des microorganismes et inhibe le procédé de la digestion anaérobique. (**Nouha, 2015**)

# *Conclusion*



## *Conclusion*

---

Les sous-produits d'agrumes sont une source importante de composés nutritionnels et fonctionnels (eau, protéines, sucres et minéraux, caroténoïdes, vitamine C, huiles essentielles et composés phénoliques). Dans le présent travail, nous nous sommes intéressés à l'intérêt de valorisation des écorces de clémentine ainsi qu'à l'intérêt d'utilisation des sous-produits d'agrumes dans divers domaines (alimentaire, médical, cosmétique...).

Notre recherche bibliographique nous a permis de déduire que l'écorce de la clémentine est très riche en molécules bioactives principalement les acides phénoliques et les flavonoïdes et aussi les minéraux car on a trouvé que l'écorces des clémentines étaient de bonnes sources de K, Ca, Na et Fe , ainsi que les caroténoïdes les pectine et la vitamine C.

Le screening phytochimiques réalisé a permis de mettre en évidence la présence des flavonoïdes, tanins et saponines, coumarines, quinones libres, protéine dans l'écorce de clémentine. Ces composés bioactifs peuvent être valorisés dans différents domaines.

En effet, les composant phénoliques trouvé dans l'écorce de clémentine ont des effets biologiques et un rôle largement montré dans la protection contre certaines maladies (diabète, MCV, cancer, maladie neurodégénérative et tout maladie liée au stress oxydative) en raison de leur propriété antioxydant, antifongique, antimicrobienne, et antivirale .....etc.

La composition des écorces de clémentines leur confèrent une large gamme d'utilisation et de valorisation dans différents domaines, comme l'extraction des huiles essentiels et leur incorporation dans les produits alimentaires, cosmétiques, pharmaceutiques aussi comme biopesticides, et bio-conservateur d'aliment. Ces écorces peuvent être utiliser comme aliment dans les rations des ruminants aussi pour la production des biocarburant et l'extraction des pectine qui est utilisé comme gélifiant des confiture ainsi en association dans la radiothérapie sur les cellules du cancer de la Prostate .....etc.

A la lumière de cette étude il est recommandé d'élargir les recherches scientifiques sur les activités biologiques, mécanisme et mode d'action de l'écorce de clémentine en particulier vu sa disponibilité dans notre pays. Mais aussi celle des agrumes en générale en vue de leur valorisation.



***RÉFÉRENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES***

## Références bibliographiques

### A

- \***Amiot-Carlin M.J. (2014).** Les phytomicronutriments : tour d'horizon et difficultés rencontrées pour établir des ANC. Liens avec la réglementation des allégations santé. *Innovations Agronomiques*. 42: 1-9
- \***Akroum Souâd, (2011)** Etude Analytique et Biologique des Flavonoïdes Naturel
- \* **Achat, Sabiha. (2013)** Polyphénols de l'alimentation: extraction, pouvoir antioxydant et interactions avec des ions métalliques. Institut National Agronomique De Tunis |Université de Lorraine École Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires. École Doctorale Ressources Procédés Produits Environnement Laboratoire d'Ingénierie des Biomolécules. 24 11 2013.
- \***Albuquerque A.J.R., Silva P.M.F., Cavalcant A.L.F.A. Et Sampaio F.C. (2013).** Polyphenols as a source of antimicrobial Agents against Human Pathogens. Nova Science Publishers. 276-293.
- \***Abderrahim, B. (2021).** Etude phytochimique et activités antioxydante et hépatoprotectrice des extraits de *Thymus pallidus*.
- \***Aboshora W., Lianfu Z., Dahir M., Qingran M., Qingrui S., Jing L., Al-Haj N.Q.M. Et Ammar A-F. (2014).** Effect of extraction method and solvent power on polyphenol and flavonoid levels in *Hyphaene Thebaica L Mart (Arecaceae)* (Doum) fruit, and its antioxidant and antibacterial activities. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. 13(12): 2057-2063
- \***Albuquerque A.J.R., Silva P.M.F., Cavalcant A.L.F.A. Et Sampaio F.C. (2013).** Polyphenols as a source of antimicrobial Agents against Human Pathogens. *Nova Science Publishers*. 276-293.
- \* **Aruna Devi, R., Lata, S., Bhadoria, B.K., Ramteke, V.D., Kumar, S., Sankar, P., Kumar, D., Tandan, S.K. (2010).** Neuroprotective effect of 5,7,3',4',5'-pentahydroxy dihydroflavanol-3-O-(2''-O-galloyl)- $\beta$ -d-glucopyranoside, a polyphenolic compound in focal cerebral ischemia in rat. *European Journal of Pharmacology*, 626, (2–3), 205-212.
- \***Ali, R., Rahim, A., & Islam, A. (2017).** Synthesis and antimicrobial activity of 7-hydroxy-3', 4'-methylenedioxy- and 7-benzyloxy-3', 4'-methylenedioxy flavanones. *Journal of Scientific Research*, 9(3), 297-306 .
- \***Aprotosoia A.C., Spac A.D., Hancianu M., Miron A., Tanasescu V.F., Dorneanu V., Stanescu U. (2010).** The chemical profile of essential oils obtained from fennel fruits (*Foeniculum vulgare* Mill). *FARMACIA*, 58(1), pp. 46-54.

## Références bibliographiques

\*Assefa, A. D., Ko, E. Y., Moon, S. H., & Keum, Y. S. (2016). Antioxidant and antiplatelet activities of flavonoid-rich fractions of three citrus fruits from Korea. *3 Biotech*, 6(1), 1-10.

\*Azzouzi, H., Achchoub, M., Salmaoui, S., & Elfazazi, K. (2022). Étude des critères de qualité d'une confiture à base de la clémentine Marocaine fabriquée avec la pectine extraite des écorces de clémentine. *African and Mediterranean Agricultural Journal Al Awamia*, (134), 275-291.

\*Azzouzi, H., Elhajji, L., Achchoub, M., Benbati, M., & Salmaoui, S. (2021). Assessment of Total Phenolic Content and Antioxidant Activity Potential of Clementine Extract Obtained by

## B

\*Belkhiri F., Baghiani A., Zerroug M.M. & Arrar L. (2017). Investigation of antihemolytic, xanthine oxidase inhibition, antioxidant and antimicrobial properties of *Salvia verbenaca* L. aerial part extracts. *Afr J Tradit Complement Altern Med*. 14: 273-281.

\*Boudries, H., Souagui, S., Nabet, N., Ydjedd, S., Kefalas, P., Madani, K., & Chibane, M. (2015). Valorisation of Clementine peels for the recovery of minerals and antioxidants: Evaluation and characterisation by LC-DAD-MS of solvent extracts. *International Food Research Journal*, 22(3).

\*Bruneton (1999) J. Les tanins. Ed. Editions médicales internationales, Paris, 1999, 369-404.

\*Barreca, D., Mandalari, G., Calderaro, A., Smeriglio, A., Trombetta, D., Felice, M. R., & Gattuso, G. (2020). Citrus Flavones : An Update on Sources, Biological Functions, and Health Promoting Properties. *Plants*, 9(3), 288.

\* Bakasso, S. (2009). Etudes phytochimiques et potentialités biologiques de cinq espèces d'Indigofera (Fabaceae) utilisées en médecine traditionnelle au Burkina Faso. *Thèse de Doctorat. Université d'Ouagadougou*, 135.

\*Bobis O., Dezmirean D. S., Tomos L., Chirila F. Et Marghitas L. Al. (2015). Influence of phytochemical profile on antibacterial activity of different medicinal plants against Gram positive and Gram negative bacteria applied. *Biochemistry and Microbiology*. 51(1): 113-118.

\* Beaudeau J-L., Peynet J., Bonnefont-Rousselot D., Therond P., Delattre J. Et Legrand A. (2006). Stress oxydant: Sources cellulaires des espèces réactives de l'oxygène et de l'azote. *Annales Pharmaceutiques*. 64 : 373-381

\*Behl, C., Moosmann, B. (2002), Antioxidant neuroprotection in Alzheimer's disease as preventive and therapeutic approach. *Free Radical Biology and Medicine*. 33, (2), 182-191.

\*Bélanger, A., Landry, B., Dextraze, L., BÈlanger, J. M. R., & ParÈ, J. R. J. (1991). Extraction et détermination de composés volatils de l'ail (*Allium sativum*). *Riv. Ital. EPPOS*, 2, 455.

## Références bibliographiques

\***Bampidis V.A., Robinson P.H. (2006).**Citrus by-products as ruminant feeds: a review animal feed science technology. 128(3), 175-217.

\***Belliya B M.,( 2011)** optimisation des procédés d'extraction de l'huile essentielle de thyn et activités antimicrobienne. Mém Magistère. université M'HAMED BOUGARA de BOUMERDESS ,45-46 p .

\* **Bartnicki-Garcia, S. (2006).**Chitosomes: past, present and future. FEMS yeast research, 6(7), 957-965.

\* **Benzeggouta N. (2015).** Evaluation des effets biologiques des extraits aqueux de plantes médicinales seules et combinées.

### C

\***Chandrasekaran, M. (2012).**Valorization of food processing by-products. CRC Press.

\***Cos, P., Ying, L., Calomme, M., Hu, J.P., Cimanga, K. et al., (1998).** Structureactivity relationship and classification of flavonoids as inhibitors of xanthine oxidase and superoxide scavengers. *J. Nat. Prod*, **61**: 71-76.

\***Cirkovic Velickovic, T. D., & Stanic-Vucinic, D. J. (2018).** The Role of Dietary Phenolic Compounds in Protein Digestion and Processing Technologies to Improve TheirAntinutritive Properties : Phenolic compounds in protein digestion.... *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(1), 82- 103.

\***Chapoutot, P., Rouille, B., Sauvant, D., & ReNAUD, B. (2018).**Les coproduits de l'industrie agroalimentaire: des ressources alimentaires de qualité à ne pas négliger. *INRA Productions Animales*, 31(3), 201-220.

\***Cao H., Ou J., Chen L., Zhang Y., Szkudelski T., Delmas D., et al. (2018).** Dietary polyphenols andtype 2 diabetes: human study and clinical trial. *Crit Rev Food Sci Nutr*. **19**: 1-9

\***Cheeseman, K.H. and Slater, T.F., (1993)** an introduction to free radical bioche mistry. *Br Med Bul.* vol.49(3): 481-93.

\***Cornish, K.M., Williamson, G., Sanderson, J. (2002).** Quercetin metabolism in the lens: role in inhibition of hydrogen peroxide induced cataract. *Free Radical Biology and Medicine.* , 33, (1), 63-70.

\* **Couic-Marinier, F., & Frély, R. (2019, September).** Huiles essentielles: le guide complet pour toute la famille. Solar.

## Références bibliographiques

\***Chiasson H. et Beloin N. (2007).** Les huiles essentielles, des biopesticides « Nouveau genre ».

Journal of Economic Entomology, 97, 1378-1383.

\***Couic-Marinier, F., & Lobstein, A. (2013).** Mode d'utilisation des huiles essentielles. *Actualités*

\***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  
pharmaceutiques, 52(525), 26-30.

\***Conti, S., Vexler, A., Hagoel, L., Kalich-Philosoph, L., Corn, B. W., Honig, N., ... & Lev-Ari, S. (2018).** Modified citrus pectin as a potential sensitizer for radiotherapy in prostate cancer. *Integrative cancer therapies*, 17(4), 1225-1234.

\***Celus, M., Kyomugasho, C., Kermani, Z. J., Roggen, K., Van Loey, A. M., Grauwet, T., & Hendrickx, M. E. (2017).** Fe<sup>2+</sup> adsorption on citrus pectin is influenced by the degree and pattern of methylesterification. *Food Hydrocolloids*, 73, 101-109.

\***Chemat F, Huma Z, Khan M.K. (2011).** Applications of ultrasound in food technology : Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry.* 18, 813-835.

## D

\* **Dorcac A.F., Sheila J., Esther L. Et Priyadarshini S. (2016).** Phytochemical activity of bitter orange (citrus aurantium l.) peel powder. *World Journal of Pharmaceutical Research.* 55(4): 1711-1719.I

\***Domínguez Avila J., Rodrigo Garcia J., González Aguilar G. & de la Rosa L. (2017).** The antidiabetic mechanisms of polyphenols related to increased glucagon-like peptide-1 (GLP1) and insulin signaling. *Molecules.* 22(6): 903-914.

\***Daglia M. (2012).** Polyphenols as antimicrobial agents. *Current Opinion in Biotechnology.* 23: 174-181.

## E

\***Edeas, M. (2007).** Citroflavonoïdes. *Phytothérapie* 5, 210–211

## Références bibliographiques

\*Everette J.D., Zelalem A., Walker R.B. Et Islam S. (2014). Antioxidant activity and phenolic content of orange-fleshed sweet potatoes. *Arkansas Environmental, Agricultural and Consumer Sciences Journal*. 34-38

\*Ellof J.N., Famakin J.O. Et Katerere D.R.P. (2005). Isolation of an antibacterial stilbene from *Combretum woodii* (Combretaceae) leaves. *African Journal of Biotechnology*. 4(10): 1167-1171

\* El Haib, A. (2011). Valorisation de terpènes naturels issus de plantes marocaines par transformations catalytiques (Doctoral dissertation, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier).

\*Edris A.E. (2007). Pharmaceutical and therapeutic potentials of essential oils and their individual volatile constituents. *Phytotherapy Research*, 42 (4), 308–323.

### F

\*Muanda, F. N. (2010). Identification de polyphénols, évaluation de leur activité antioxydante et étude de leurs propriétés biologiques. *Université Paul Verlaine-Metz*, 238.

### G

\*Ghedira, K. (2005). Les flavonoïdes: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*, 3(4), 162-169.

\*González P.A.M., Ayuda D.B., Martínez S., González M.S. & Santos B.C. (2018). The mechanisms behind the biological activity of flavonoids. *Curr Med Chem*.35: 1-15.

\*Gullón, P., Gullón, B., Romani, A., Rocchetti, G., & Lorenzo, J. M. (2020). Smart advanced solvents for bioactive compounds recovery from agri-food by-products: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 101, 182-197.

\*Ghedira, K. (2005). Les flavonoïdes: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*, 3(4), 162-169.

\*Gharibi, S., Tabatabaei, B. E. S., Saeidi, G., Talebi, M., & Matkowski, A. (2019). The effect of drought stress on polyphenolic compounds and expression of flavonoid biosynthesis related genes in *Achillea pachycephala* Rech. f. *Phytochemistry*, 162, 90-98.

\* Giulia Costanzo , Maria Rosaria Iesce , Daniele Naviglio , Martina Ciaravolo ,Ermenegilda Vitale 1 and Carmen Arena, (2020) Comparative Studies on Different Citrus Cultivars: Revaluation of Waste Mandarin Components , antioxidants.

## Références bibliographiques

- \*Grigoraş, C. G. (2012). *Valorisation des fruits et des sous-produits de l'industrie de transformation des fruits par extraction des composés bioactifs* (Doctoral dissertation, Université d'Orléans).
- \*Goulas V.,and Manganaris G.A.(2012). Exploring the phytochemical content and the antioxidant potential of citrus fruits grown in cyprus. *Food Chemistry*, 131 (1) : 39-47
- \*González-Sarrias, A., Tomás-Barberán, F. A., & García-Villalba, R. (2020). Structural diversity of polyphenols and distribution in foods. *Dietary Polyphenols: Their Metabolism and Health Effects*, 1-29.
- \*Gómez-Zorita, S., González-Arceo, M., Fernández-Quintela, A., Eseberri, I., Trepiana, J., & Portillo, M. P. (2020). Scientific evidence supporting the beneficial effects of isoflavones on human health. *Nutrients*, 12(12), 3853.
- \* Gossiau A., Kuang Y.C., Chi-Tang H Et Shiming L. (2014). Antiinflammatory effects of characterized orange peel extract enriched with bioactive polymethoxyflavones. *Food Science and Human Wellness*. 3: 26–35.
- \* Gayathri Devi, V., Rooban, B.N., Sasikala, V., Sahasranamam, V., Abraham, (2010),A. Isorhamnetin-3-glucoside alleviates oxidative stress and opacification in selenite cataract in vitro. *Toxicology in Vitro*. 24, (6), 1662-1669.
- \* Guan, S., Jiang, B., Bao, Y.M., An, L.J. (2006), Protocatechuic acid suppresses MPP+-induced mitochondrial dysfunction and apoptotic cell death in PC12 cells. *Food and Chemical Toxicology*. 44, (10), 1659-1666.
- \*Garar, H (2017). Études des propriétés immunomodulatrices et antioxydant du b-carotène et du vitamine E chez les souris Balb /c rendue allergique a la B-lactoglobuline ,(these de doctrat), université Oran 1
- \*Garait, B. (2006). *Le stress oxydant induit par voie métabolique (régimes alimentaires) ou par voie gazeuse (hyperoxie) et effet de la GliSODin®* (Doctoral dissertation, Université Joseph-Fourier-Grenoble I).
- \*Gamarra F.M.C., Sakanaka L.S., Tambourgi E.B., and Cabral F.A. (2006). Influence on the quality of essential lemon (citrus aurantifolia) oil by distillation process. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. 23, 147-151.
- \*Grysole J. (2005). La commercialisation des huiles essentielles in huiles essentielles : de la plante à la commercialisation-Manuel pratique : Chapitre 07. Corporation LASEVE (laboratoire d'analyse, et de séparation, des essences, végétales). Québec, pp. 139-162.



## Références bibliographiques

- \* **Giannuzzo, A. N., Boggetti, H. J., Nazareno, M. A., & Mishima, H. T. (2003).** Supercritical fluid extraction of naringin from the peel of *Citrus paradisi*. *Phytochemical Analysis*, 14(4), 221-223.
- \***Galvan D'Alessandro L. (2013).**Eco-procédés pour la récupération sélective d'antioxydants à partir d'*Aronia melanocarpa* et ses co-produits. Lille 1.
- \***Gormaz, J.G., Valls, N., Sotomayor, C., Turner, T & Rodrigo, R.I. (2016).** Potential Role of Polyphenols in the Prevention of Cardiovascular Diseases: Molecular Bases. *Current Medicinal Chemistry*, 23(2), 115-128.
- \***Gao, K., Henning, S. M., Niu, Y., Youssefian, A. A., Seeram, N. P., Xu, A., & Heber, D. (2006).** The citrus flavonoid naringenin stimulates DNA repair in prostate cancer cells. *The Journal of nutritional biochemistry*, 17(2), 89-95.
- \* **Gharby, S., Harhar, H., Bouzoubaa, Z., Roudani, Z., Chafchaoui, I., Kartah, B., & Charrouf, Z. (2014).**Effet des Polyphénols extraits des margines sur la stabilité de l'huile de tournesol (Effect of polyphenols extracts from margins on the stability of sunflower oil). *J. Mater. Environ. Sci*, 5(2), 464-469.

## H

- \* **Haleng, J., Pincemail, J., Defraigne, J. O., Charlier, C., & Chapelle, J. P. (2007).**Le stress oxydant. *Revue médicale de Liège*, 62(10), 628-38.
- \***Hamideche, L., & Nacer Cherif, S. (2016).** *Synthèse bibliographique des effets anti-inflammatoires de la quercétine: Les mécanismes moléculaires* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- \***Hollman, P.C.H., Katan, M.B.(1999).** Dietary Flavonoids: Intake, Health Effects and Bioavailability. *Food and Chemical Toxicology*, 37, (9–10), 937-942.
- \***Huet R., Ledergerber A. (1962).** Les pâtes d'oranges. *Al Awamia*, 3, pp. 103- 112.
- \***Hyldgaard M, Mygind T, Meyer RL.(2012)** Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Front Microbiol*.3:12.

## I

## Références bibliographiques

\* **Ielpo, M.T.L., Basile, A., Miranda, R., Moscatiello, V., Nappo, C., Sorbo, S., Laghi, E., Ricciardi, M.M., Ricciardi, L., Vuotto, M.L. (2000)**, Immunopharmacological properties of flavonoids. *Fitoterapia*. 71, Supplement 1, (0), S101-S109.

\***Isman M.B. (2000)**. Plant essential oils for pestans disease management. *Crop protection*, 19 (8), 603-608.

### J

\***Jia, C., Zhang, J., Yu, L., Wang, C., Yang, Y., Rong, X., ... & Chu, M. (2019)**. Antifungal activity of coumarin against *Candida albicans* is related to apoptosis. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 8, 445.

### K

\***Kasprzak M.M., Erxleben, A. & Ochocki J. (2015)**. Properties and applications of flavonoid metal complexes. *RSC Adv*. 5(57): 45853-45877

\* **Kamel Z., Ullah F., Mumammad A., Sadiq A., Ahmad S., Anwar Z., Hussain A. Et Imran M. (2015)**. Anticholinesterase and antioxidant investigations of crude extracts, subsequent fractions, saponins and flavonoids of *Atriplex laciniata* L.: potential effectiveness in Alzheimer's and other neurological disorders. *Biological Research*. 48(21): 1-11

\***Kiselev, K. V., & Dubrovina, A. S. (2021)**. Overexpression of stilbene synthase genes to modulate the properties of plants and plant cell cultures. *Biotechnology and Applied Biochemistry*, 68(1), 13-19.

\* **Kumar H., Choudhary N., Varsha. Kumar N, Suma N. Et Seth R. (2015)**. Phenolic compounds and their health benefits: A review. *Journal of Food Research and Technology*. 2(2): 46-59.

\* **Khefifi, H. (2015)**. *Etudes physiologiques et génétiques de caractères morpho-physico-chimiques des fruits d'agrumes au cours de la maturation jusqu'à l'abscission* (Doctoral dissertation, Montpellier SupAgro; Institut national agronomique de Tunisie).

\* **Kumar H., Choudhary N., Varsha. Kumar N, Suma N. Et Seth R. (2014)**. Phenolic compounds and their health benefits: A review. *Journal of Food Research and Technology*. 2(2): 46-59

\***Koutinas, M., Patsalou, M., Stavrinou, S., & Vyrides, I. (2016)**. High temperature alcoholic fermentation of orange peel by the newly isolated thermotolerant *Pichia kudriavzevii* KVMP 10. *Letters in Applied Microbiology*, 62(1), 75-83.

## Références bibliographiques

- \***Kabaili M. (2019).** Valorisation des déchets verts et de biomasses en traitement des eaux.
- \***Kanno, S. I., Shouji, A., Asou, K., & Ishikawa, M. (2003).** Effects of naringin on hydrogen peroxide-induced cytotoxicity and apoptosis in P388 cells. *Journal of pharmacological sciences*, 92(2), 166-170.
- \***Kootstra, A. (1994).** Protection from UV-B-induced DNA damage by flavonoids. *Plant Molecular Biology*, 26(2), 771-774.
- \***Kanno, SI, Shouji, A., Asou, K. et Ishikawa, M. (2003).** Effets de la naringine sur la cytotoxicité et l'apoptose induites par le peroxyde d'hydrogène dans les cellules P388. *Journal des sciences pharmacologiques* , 92 (2), 166-170.

### L

- \* **Leporini, M., Loizzo, M. R., Sicari, V., Pellicanò, T. M., Reitano, A., Dugay, A., ... & Tundis, R. (2020).** Citrus× clementina hort. juice enriched with its by-products (Peels and Leaves): Chemical composition, in vitro bioactivity, and impact of processing. *Antioxidants*, 9(4), 298.
- \* **Lillo, C., Uunis. And Peter, R. (2008).** Nutrient depletion as a key factor for manipulating gene expression and product formation in different branches of the flavonoid pathway. *Plant, Cell and Environment*, 31 : 787-601.
- \* **Lila, O ; Safia, T (2017).** *Evaluation de l'activité antioxydante et antimicrobienne des extraits phénoliques de Citrus sinensis et Citrus aurantium* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
- \***Liu, X., Zhao, M., Wu, K., Chai, X., Yu, H., Tao, Z., Wang, (2012), J.** Immunomodulatory and anticancer activities of phenolics from emblica fruit (*Phyllanthus emblica* L.). *Food Chemistry*. 131, (2), 685-690.
- \***Lohrasbi, M., Pourbafrani, M., Niklasson, C., & Taherzadeh, M. J. (2010).** Process design and economic analysis of a citrus waste biorefinery with biofuels and limonene as products. *Bioresource technology*, 101(19), 7382-7388.
- \***Li B. B., Smith B., Hossain Md. M. (2006).** Extraction of phenolics from citrus peels. I.Solvent extraction method. *Separation and Purification Technology*. 48, 182-188.

### M

- \* **Matou, M. (2019).** *Composition et propriétés biologiques d'extraits de Phyllanthus amarus Schumacher et Thonning (1827) utilisés en médecine traditionnelle aux Antilles* (Doctoral dissertation, Antilles).

## Références bibliographiques

- \*Macheix J.-J., Fleuriet A. Et Jay-Allemand C. (2005). Les composés phénoliques des végétaux. Edition Les Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lousane. p 1-14
- \*M'Hiri, N. (2015). *Étude comparative de l'effet des méthodes d'extraction sur les phénols et l'activité antioxydante des extraits des écorces de l'orange «Maltaise demi sanguine» et exploration de l'effet inhibiteur de la corrosion de l'acier au carbone* (Doctoral dissertation, Université de Lorraine).
- \*M'hiri N., Ioannou I., Ghoul M., & Mihoubi Boudhrioua N. (2014). Extraction methods of citrus peel phenolic compounds, *Food Reviews International*, 30 : 4, 265-290.
- \* MILIND P Et DEV C. (2013). Orange : Range of Benefits. *International Research Journal of Pharmacy*. 3(7) : 59-64. Camille, Jacquemond, Curk, Franck et Heuzet, Marion. 2013. Les clémentiniers et autres petits agrumes. Editions Quae, 04 12 2013, pp. 32-35
- \*Mojzer E.B., Hrcic M.K., Skerget M., Knez Z., Et Bren U. (2016). Polyphenols: Extraction Methods, Antioxidative Action, Bioavailability and Anticarcinogenic Effects. *Molecules*. 21(901): 1-38.
- \*Masoodi, F.A., Sharma, B., Chauhan, G.S. (2002), Use of apple pomace as a source of dietary fiber in cakes. *Plant Foods for Human Nutrition (Formerly Qualitas Plantarum)*. 57, (2), 121-128
- \*M'hiri N., Ioannou I., Ghoul M., & Mihoubi Boudhrioua N. (2014). Extraction methods of citrus peel phenolic compounds, *Food Reviews International*, 30 : 4, 265-290. Microwave Assisted Extraction Method. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 18(3). p. 779-785.
- \*Mounir, B., Abdeljalil, Z., & Abdallah, (2014) A. CLAY FLOCCULATION WITH A NATURAL POLYELECTROLYTE. *international journal of engineering sciences and management research.*, 2278-0181
- \*Mulvihil, E.E & Huff, M.W. (2010). Antiatherogenic properties of flavonoids: Implications for cardiovascular health. *Canadian Journal of Cardiology*, 26, 17-21.

## N

- \* Noichri, Y. (2016). *Stress oxydant et infarctus du Myocarde* (Doctoral dissertation, Université Paris-Saclay; Université de Monastir (Tunisie)).
- \* Noori S. (2012). An overview of oxidative stress and antioxidant defensive system. *Open Access Scientific Reports*. 1(8): 1-9.
- \*Nawel, M. B. (2017), Valorisation des résidus agro-industriels.
- \*Nesic, A. R., Velickovic, S. J., & Antonovic, D. G. (2014). Novel composite films based on amidated pectin for cationic dye adsorption. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 116, 620-626.

## Références bibliographiques

---

### O

\***OMOBA O.S., OBAFAYE R.O., SALAWU S.O., BOLIGNON A.A. Et ATHAYDEM.L. (2015).** HPLC-DAD phenolic characterization and antioxidant activities of ripe and unripe sweet orange peels. *Antioxidants*. 4: 498-512.

### P

\***Pincemail J., Meurisse M., Limet R., et Defraigne J.O. (1998).** Mesure et utilisation des antioxydants en médecine humaine. *Médi-Sphere*, 73 : 1-4

\***Pavithra G.M., Saba S., Abhishiktha S.N Et Prashith K.T.R. (2013).** Antioxidant and antimicrobial activity of flowers of *Wendlandia thyrsoides*, *Olea dioica*, *Lagerstroemia speciosa* and *Bombax malabaricum*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. 3(6) : 114-120.

\***Poisson-Moreau de Lizorieux, C. (2013).** *Rôle du stress oxydant au niveau hépatique et rénal dans la toxicité de l'uranium après exposition chronique* (Doctoral dissertation, Paris 11)

\***Patsalou, M., Samanides, C. G., Protopapa, E., Stavrinou, S., Vyrides, I., & Koutinas, M. (2019).** A citrus peel waste biorefinery for ethanol and methane production. *Molecules*, 24(13), 2451.

### Q

### R

\***Rira, M. (2019).** *Les tanins hydrolysables et condensés: une piste pour la réduction de la production du méthane entérique par les ruminants en milieu tropical* (Doctoral dissertation, Université Clermont Auvergne).

\***Ramful, 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(1), 75-87.

\***Rawson N.E., Chi-Tang H. Et Shiming L. (2014).** Efficacious anti-cancer property of flavonoids from citrus peels. *Food Science and Human Wellness*. 3: 104-109.

\* **Rezaire, A. (2012).** *Activité anti-oxydante, et caractérisation phénolique du fruit de palmier amazonien*

## Références bibliographiques

*Oenocarpus bataua (patawa)* (Doctoral dissertation, Antilles-Guyane).

### S

\* **Sharma P., Bhuchan Jha A., Dubey Shanker R. Et Pessaraki M. (2012).** Reactive Oxygen Species, Oxidative Damage, and Antioxidative Defense Mechanism in Plants under Stressful Conditions. *Journal of Botany*. 1-26.

\***Saffidine, K., Sahli, F & Zerroug, M.M. (2015).** Antioxidant and antimicrobial activities of *Plantago major*. *International journal of pharmacy and pharmaceutical sciences*, 7(5), 58-64.

\* **Saadi, Merouane, A. (2013).** Caractérisation, activité antimicrobienne et antioxydante des huiles essentielles de trois espèces de sauges (*Salvia algeriensis*, *Salvia argentea* et *Salvia barrelieri*) (Doctoral dissertation, SAADI. A).

\***Stalikas D. (2007).** Extraction, separation and detection methods for phenolic acids and flavonoids. *Journal of Separation Science*. 30: 3268-3295

\***Salunkhe et Kadam, (1995)** Spiegel-Roy et Goldschmidt, 1996. *Biology of citrus / Pinhas Spiegel-Roy, Eliezer E. Goldschmidt., Spiegel-Roy, Pinchas. Cambridge; 1996. New York Cambridge University Press*

\***Spren, T. H. (2010).** Projections de la production et de la consommation mondiales d'agrumes

\***Shi G.J., Li Y., Cao Q.H., Wu H.X., Tang X.Y., Gao X.H. & Yang Y. (2019).** *In vitro* and *invivo* evidence that quercetin protects against diabetes and its complications: A systematic review of the literature. *Biomed Pharmacother*. 109: 1085-1099.

\***Sousa M.C., Braga R.C., Cintra B.A.S. Et Andrade V.O.C.H. (2013).** *In silico* metabolism studies of dietary flavonoids by CYP1A2 and CYP2C9. *Food Research International*. 50: 102-110

\***Sayari N., Saidi M.N., Sila A., Elloz-Chaabouni S Et Bougateg A. (2016).** Chemical composition, angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory, antioxidant and antimicrobial activities of *Ononis natrix* leaves extracts. *Free Radicals and Antioxidants*. 6(1): 23-33.

\***Šošić-Jurjević, B., Ajdžanović, V., Filipović, B., Severs, W., & Milošević, V. (2019).** Thyroid mediation of the isoflavone effects on osteoporotic bone: the endocrine interference with a beneficial outcome. *Frontiers in Endocrinology*, 688.

\***Saltveit, M. E. (2017).** Synthesis and metabolism of phenolic compounds. *Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health*, 2 Volumes, 115.

## Références bibliographiques

---

- \***Spiegel, M., Andruniów, T., & Sroka, Z. (2020).** Flavones' and flavonols' antiradical structure–activity relationship—A quantum chemical study. *Antioxidants*, 9(6), 461.
- \***Sakthivel, M., Elanchezhian, R., Ramesh, E., Isai, M., Jesudasan, C.N., Thomas, P.A., Geraldine, P (2008),** Prevention of selenite-induced cataractogenesis in Wistar rats by the polyphenol, ellagic acid. *Experimental Eye Research*. 86, (2), 251-259.
- \***Soberón, J. R., Sgariglia, M. A., Torrez, J. A. C., Aguilar, F. A., Pero, E. J., Sampietro, D. A., & Labadie, G. R. (2020).**Antifungal activity and toxicity studies of flavanones isolated from *Tessaria dodoneifolia* aerial parts. *Heliyon*, 6(10), e05174.
- \***Saidi, I. (2019).** *Caractérisation et valorisation d'une plante de la famille des fabaceae: Gleditsia triacanthos de la région de Sidi Bel Abbès: Extraction des substances bioactives* (Doctoral dissertation).
- \***Schwob, R., & Huet, R. (1965).** Valorisation des sous-produits d'agrumes.
- \***Serranoma.A., Martinez-Romero. D., Guillenf.,Valverde J.M., Zapata.P.J., Castillo S etValero D. (2008).**The addition of essential oils to MAPas a tool to maintain the overall quality of fruits.*Trends in Food Science andTechnology*, 19, 464-471..
- \***Sumathraa M., Govindaraja D., Jeyarajb M., Al Arfajc A., Munusamyc M.A., Selvaraj Suresh K.S., Rajana M. (2017).** Sustainable pectin fascinating hydroxyapatite nanocomposite scaffolds to enhance tissue regeneration. *Sustainable Chemistry and Pharmacy* 5. p. 46 – 53

### I

- \* **Teh S-S., Bekhit A.E. Et Birch J. (2014).** Antioxidative Polyphenols from Defatted Oilseed Cakes: Effect of Solvents. *Antioxidants*. 3: 67-80.
- \***Tripoli, E., Guardia, M., Gimmanco, S., DiMajo, D. ET Giammanco, M. (2007).** Citrus flavonoids: molecular structure, biological activity and nutritional properties. *Food Chemistry*, **104**: 466-479.
- \***Trease, G.E & Evans, W.C. (1987).** A textbook of Pharmacognosy. Oxford, UK: Tindal Baillière.

### U

### V



## Références bibliographiques

\*Valko, M., Rhodes, C.J., Moncol, J., Izakovic, M & Mazur, M. (2006). Free radicals, metals and antioxidants in oxidative stress-induced cancer. *Chemico-Biological Interactions*, 160(1), 1-40.

\*Vauzour, D., Rodriguez-Mateos, A., Corona, G., Oruna-Concha, M.J & Spencer, J.P.E. (2010). Polyphenols and Human Health: Prevention of Disease and Mechanisms of Action. *Nutrients*, 2(11), 1106-1131.

\*Vercauteren, J., Chèze, C., & Triaud, J. (Eds.). (1998). *Polyphenols 96: 18th International Conference on Polyphenols, Bordeaux (France), July 15-18, 1996* (No. 87). Editions Quae.

### W

\*Wu, D., Li, D., Zhao, X., Zhan, Y., Teng, W., Qiu, L., ... & Han, Y. (2020). Identification of a candidate gene associated with isoflavone content in soybean seeds using genome-wide association and linkage mapping. *The Plant Journal*, 104(4), 950-963.

\*Wang, J., Pflieger, C., Friedman, L., Vittorino, R., Zhao, W., Qian, X., Conley, L., Ho, L., Pasinetti, G. (2010), Potential application of grape derived polyphenols in Huntington's disease. *Translational Neuroscience*. 1, (2), 95-100.

\*Wang M., Wu M., Huo H. (2007) Life- cycle energy and greenhouse gas emission impacts of different corn ethanol plant types. *Environmental Research Letters* 2: 1-13.

\*Wang L., and Weller C.L . (2006). Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. *Trends in Food Science & Technology*, 17(6): 300-312.

### X

### Y

\*Yoshikawa T. Et Naito Y. (2000). What is oxidative stress? *The Journal of the Japan Medical Association*. 124(11): 1549-1553.

\*Yousefinejad, S., Honarasa, F., Mosahebfard, M., & Nekoeinia, M. (2017). Investigation of the effective parameters on the gas-solvent partition coefficient of trans -stilbene using solvent-solubility approaches. *Journal of Molecular Liquids*, 231, 263-271. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2017.01.089>.



## Références bibliographiques

---

### Z

- \* **Zeb, A. (2020).** Concept, mechanism, and applications of phenolic antioxidants in foods. *Journal of Food Biochemistry*, 44(9), e13394.
- \* **Zerargui, F. (2018).** *Activité antioxydante des extraits de racines Tamus communis L. et caractérisation des substances bioactives* (Doctoral dissertation).
- \***Zhang, X., Abrahan, C., Colquhoun, T. A., & Liu, C.-J. (2017).** A Proteolytic Regulator Controlling Chalcone Synthase Stability and Flavonoid Biosynthesis in Arabidopsis. *The Plant Cell*, 29(5), 1157-1174.

## Résumé

Le présent travail a pour but de démontrer l'intérêt de la valorisation des écorces d'agrumes et plus particulièrement la clémentine du fait qu'elle soit originaire d'Algérie. L'écorce de la clémentine contient des substances bioactives (flavonoïdes, caroténoïdes, coumarines, tanins, hespéridine, quinones, l'acide ascorbique, les pectines et des minéraux ...etc) qui possèdent un très large éventail d'activités biologiques à savoir activité antioxydante, antivirale antibactérienne, anticancéreuse, antifongique...etc. Tout ceci lui confère plusieurs utilisations dans le domaine pharmaceutique. Aussi les composants de l'écorce de clémentine peuvent être utilisés dans le domaine agroalimentaire en tant que bio-conservateurs, colorant, stabilisateur ou gélifiant. Dans ce travail une attention particulière est portée aux différentes techniques d'extraction des polyphénols, et des huiles essentielles en vue de leur valorisation. Les écorces peuvent être aussi utilisées pour la production des biopesticides en agriculture, comme aliment dans les rations des ruminants, ainsi que pour la production des biocarburants dont l'impact écologique n'est pas négligeable.

**Mots clés :** Ecorce, clémentine, valorisation, composés bioactives

## Summary

The present work aims to demonstrate the interest of the agrumes ,valorization barks and particularly the clementine because it comes from Algeria. The bark of the clementine contains bioactive substances (flavonoids, carotenoids, coumarins, tannins, hesperidin, quinones, ascorbic acid, pectins and minerals ...etc) which have a very wide range of biological activities namely antioxidant activity, antiviral, antibacterial, anticancer, antifungal ... etc. This gives it several uses in the pharmaceutical field. In addition, the components of the clementine bark can be used in the food industry as bio-preservatives, coloring, stabilizing or gelling agents. In this work particular attention is paid to the different techniques of polyphenols' extraction and essential oils in order to valorize them. The bark can also be used for the production of biopesticides in agriculture, as food in ruminant rations, as well as for the production of biofuels

**Key words:** Bark, clementine, valorization, bioactive compounds

## ملخص

يهدف العمل الحالي إلى إظهار الاهتمام بتثمين قشر البرتقال، ولا سيما الكليمنتين، لأن مصدره من الجزائر. يحتوي لحاء الكليمنتين على مواد نشطة بيولوجيًا (مركبات الفلافونويد، والكاروتينات، والكومارين، والعفص، والهسبريدين، والكينون، وحمض الأسكوربيك، والبكتين، والمعادن، وما إلى ذلك). التي لديها مجموعة واسعة جدًا من الأنشطة البيولوجية، مثل مضادات الأكسدة، مضادات الفيروسات، مضادات الجراثيم، مضادات السرطان، مضادات الفطريات، إلخ. كل هذا يعطيها استخدامات عديدة في المجال الصيدلاني. يمكن أيضًا استخدام مكونات قشر الكليمنتين في صناعة المواد الغذائية كمواد حافظة بيولوجية أو ملونات أو مثبتات أو عوامل تبلور. في هذا العمل، يتم إيلاء اهتمام خاص للتقنيات المختلفة لاستخراج البوليفينول والزيوت الأساسية بهدف تثمينها. يمكن أيضًا استخدام قشر لإنتاج المبيدات الحيوية في الزراعة، كغذاء للحيوانات، وكذلك لإنتاج الوقود الحيوي

**الكلمات المفتاحية :** قشر، الكليمنتين، تقييم، المركبات النشطة بيولوجيا