

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/2020

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV Filière : Sciences Biologiques
Spécialité : Biochimie Appliquée

Présenté par :

Mlle. YAHIAOUI Nadia & Mlle. GUEDIFFA Halima

Thème

« Procédé conventionnel d'infusion des poudres séchées
d'orange sanguine (*Citrus sinensis* L. Osbeck) : étude
phénoménologique de l'état de l'art »

Soutenu le : 07 / 07 / 2020 à 09h30

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom

Grade

<i>M. DAHMOUNE Farid</i>	<i>MCA.</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Président</i>
<i>M. MAHDJOUR Mohamed Malik</i>	<i>MCB.</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examinateur</i>
<i>M. REMINI Hocine</i>	<i>MCB.</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promoteur</i>
<i>Mme. ADEL-ABDERRAHIM. Khadidja</i>	<i>Doctorante</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Co-promotrice</i>

Année Universitaire : 2019/2020

Remerciements

En premier lieu nous remercions le Bon Dieu pour Sa Bienveillance.

Nous avons l'honneur et le plaisir d'exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à Mr REMINI.Hocine promoteur pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils.

A notre Co-promotrice MmeADEL ABDERRAHIM. Kpour sa confiance, son soutien, son attention, ses bons conseils, et sa disponibilité pour l'encadrement de ce travail.

Nos profonds respects et remerciements vont au président du jury M.DAHMOUNEF. pour l'honneur qu'il nous a fait en président le jury.

Nous remercions également à M. MAHDJOUB M-M d'avoir accepté d'examiner cemémoire.

Un énorme Merci à toutes les personnes qui nous ont aidé et participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.



DEDICACE



À mes chers parents qui m'ont aidé et encouragé énormément dans mes études.

***À ma meilleure chère sœur, qui était aussi ma meilleure amie
ASMA.***

***À mes frères qui m'ont soutenu tout le temps KHEIREDDINE,
Et ZINEDDINE.***

À toute ma famille, oncles et tantes, cousines et cousins.

À tous mes amis d'enfance et du parcours scolaire et universitaire.

À toute la promotion de biochimie appliquée.

HALIMA

DEDICACE



Je dédie ce mémoire

*A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices,
leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs
prières tout au long de mes études,*

*J'exprime mes profonds remerciements
particuliers à mes parents*

*Les mots ne suffisent guère pour exprimer
l'attachement, l'amour et l'affection que je porte
pour vous,*

*A mes chères sœurs : SAFIA, AICHA, WASSILA,
MEBARKA ET MIHA pour leur encouragement
permanent, et leur soutien moral,*

*A mon chers frère AHCENE, qui n'a jamais cessé
d'être pour moi un exemple de persévérance, de
courage, aucune dédicace ne saurait exprimer
tout ce que je ressens pour toi, je t'aime*

*A toute ma famille et amis surtout AMEL ET
KENZA pour leur soutien tout au long de mon
parcours universitaire, Que ce travail soit
l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et
le fruit de votre soutien infaillible,*

*Une spéciale dédicace à mon meilleur ami
«NADIR».*

Merci d'être toujours là pour moi.

NADIA

Sommaire

Liste des figures	9
Liste des tableaux	10
Liste des abréviations	11
Introduction	1
I. Les agrumes	3
I.1 Historique de la culture des agrumes	3
I.2 Description botanique	3
I.3 Classification.....	5
I.4 Morphologie et physiologie	5
I.5 Cycle phénologique	8
I.6 les exigences agro-climatiques	10
I.7 les exigences climatiques	10
I.8 Problèmes phytosanitaires	11
II. Orange sanguine (<i>Citrus sinensis</i>. (L). Osbeck)	16
II.1 Origine	16
II.2 définition et botanique	17
II.3 composition chimique de jus d'orange sanguine.....	18
II.4 Les antioxydants des écorces d'orange sanguine	19
II.5 La production et la transformation technologique de l'orange sanguine	23
III. Séchage	29
III.1 Définition de Séchage	29
III.2 Objectifs de séchage.....	30
III.3 Intérêts du séchage des fruits et légumes	30

III.4 Modes de séchage.....	31
III.5 Les voies de séchage	31
III.6 Modes de transfert de chaleur et de matière.....	34
III.7 Exemples des produits séchés	34
III.8 Choix du procédé de séchage	35
III.9 Influence des paramètres de l'air sur la cinétique de séchage.....	35
III.10 Phénomènes se produisant au cours du séchage	36
III.11 Différents types d'application du séchage	37
III.12 Avantages et inconvénients du séchage	38
IV L'infusion	46
IV.1 Définition de l'infusion.....	46
IV. 2 Facteurs recommandés lors d'une infusion.....	46
IV.3 Les composés organiques d'infusion de plante.....	46
IV.4 Bénéfices et mécanismes d'actions des infusions à base de plante	47
IV.5 Exemple le plus courant de matériel végétal utilisé en infusion.....	48
IV.5.1 le milieu de culture.....	
IV.5.2 composition chimique du thé vert.....	
IV.5.3 La préparation du thé.....	
IV.5.4 production du thé.....	
IV.5.5 Domaines d'utilisation du thé.....	
IV.5.6 Thé vert et santé.....	
IV.5.7 Toxicité.....	
Conclusion	57

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Liste des figures

	<i>Figures</i>	pages
1	Planche illustrative de <i>Citrus sinensis.L.osbeck</i> (orange douce)	4
2	Les stades phrénologiques des agrumes	10
3	Structure d'orange.	16
4	Origine des formes des agrumes	18
5	La structure chimique de quelques caroténoïdes de l'écorce de l'orange	20
6	La structure de l'acide ascorbique	21
7	Structure de base du phénol	21
8	Structure de base d'un flavonoïde	22
9	Structure du principal flavanone de l'écorce d'orange	23
10	Structure de quelques acides phénoliques	23
11	Les parts de la production d'orange dans le monde	24
12	Diagramme de séchage des fruits	39
13	La plante de thé vert	48

Liste des tableaux

Tableaux		pages
I	Caractères des espèces de chaque groupe d'agrume	5
II	La clé d'identification des stades phénologiques des agrumes	9
III	Les principales maladies d'agrumes	12
IV	La synthèse non exhaustive de la littérature sur les méthodes d'extraction et de purification des composés bioactifs à partir de diverses parties de la plante issues des différentes variétés des agrumes.	13
V	Composition chimique de jus d'orange	18
VI	Principaux pays producteurs d'orange dans la région méditerranéenne	24
VII	La synthèse non exhaustive de la littérature sur les méthodes d'extraction et de purification des composés bioactifs à partir de diverses parties de la plante issues des différentes variétés d'orange sanguine.	26
VIII	Principaux types de produits agricoles et alimentaires séchés	34
IX	La synthèse non exhaustive de la littérature sur les différentes méthodes de séchages des aliments.	41
X	Propriétés bénéfiques et mécanismes d'action des infusions à base de plante.	44
XI	Composition chimique de la feuille de thé exprimé en pourcentage par rapport au poids sec de la drogue	46
XII	La synthèse non exhaustive de la littérature sur les infusions de différentes variétés de thé.	51

Liste des abréviations

Ag : Anti-glycation

AME: Extraction assisté par micro-onde

a_w : Activité de l'eau

TAA : activité antioxydante totale

BBCH: Bayer, Bash, Ciba-Geigy Hoechst

Bh : Base humide

Bs : Base sèche

BCHE : Butyrylcholin estérase

CAF : Caféine

C₃:Carbone n°3

C₆ : Carbone n°6

Ce : Cérium

Dw:Déciwatt

ERO/ROS : Espèces réactifs oxygénés

ECA : Enzyme de conversion de l'angiotensine

EGCG :Epigallocatechine gallate

ETR :Eléments de terre rares

FIR: Far-infrared radiation

GC : Chromatographie en phase gazeuse

GHz: Gigahertz

HPLC : Chromatographie en phase liquide à haute performance

min : minute

MS : Spectrométrie de masse

MAO : Monoamine oxidase

MO: Micro-onde

Nd :Néodym

P : Pression

Pt : Pression totale

PTC : composé phénolique totale

RMN : Spectroscopie de résonance magnétique nucléaire

RRV : Rohde Red Valencia

SPME : Micro extraction en phase solide

s: seconde

SO₂ : Dioxyde de soufre ou anhydride sulfureux

SWE : Eau subcritique

Sc : Scandium

µg: Microgramme

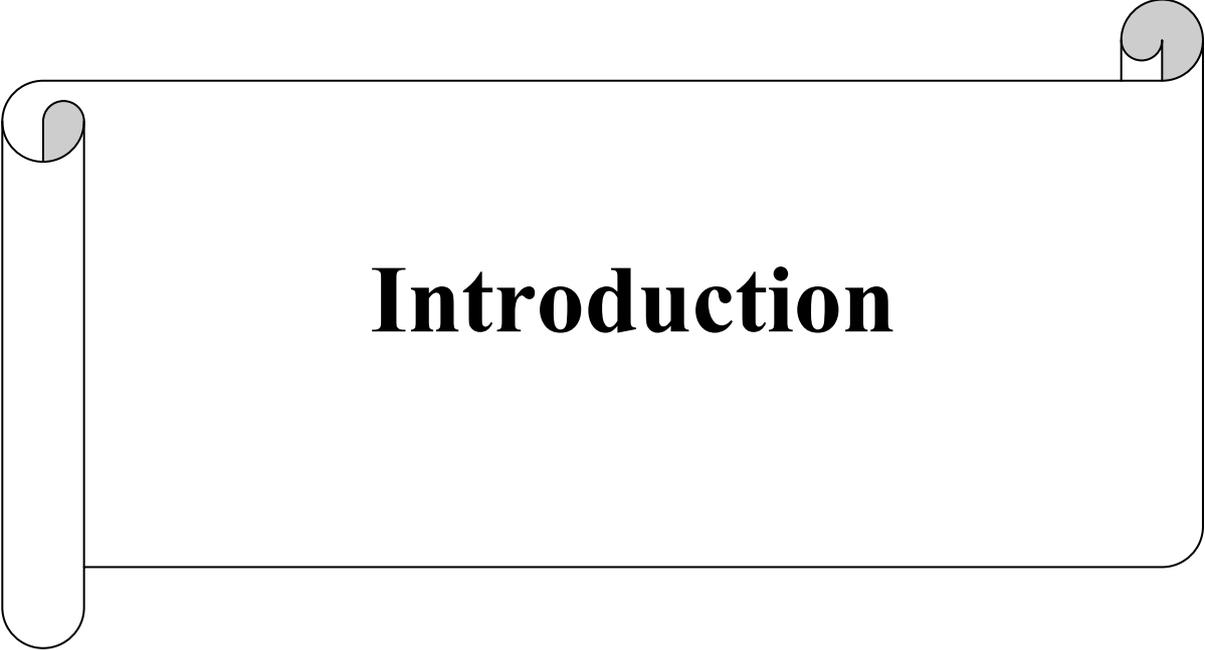
USDA : Département américain de l'agriculture

Val : Valence

W: Watt

WE : Extrait d'eau

Y : L'yttrium



Introduction

Introduction

L'arboriculture fruitière fait partie intégrante de la vie économique et sociale des pays à travers le monde entier. Les agrumes, encore appelés Hespérides dans la mythologie grecque, se distinguent par leur grande diversité de leurs familles et de leurs ordres. L'agrumiculture des pays du bassin Méditerranéen est diversifiée, tant au niveau des espèces cultivées (oranges, mandarines, clémentines, pomelos, citrons, limes, pamplemousses pour ne citer que les plus courants) reflète d'une certaine manière la richesse et la variabilité de ces arbres, du fait de l'extension de cette culture (**Abouo, Sadat, Akmel, Assidjo, & Amani, 2016**).

Parmi les agrumes, l'orange sanguine fait partie des fruits les plus consommés à travers le monde, ce fruit est consommé frais ou sous forme transformée (jus, confiture, marmelade, etc.). Deux catégories sont présentes : orange douce du Portugal ou de Malte (*Citrus sinensis*.L), et orange amère de bigarade ou de Séville (*Citrus aurantium*.L). Les oranges sanguines sont l'un des quatre groupes de l'espèce orange douce *Citrus sinensis*, qui se distinguent par leur saveur inhabituelle et leur potentiel à développer des taches rouges dans la chaire d'où leur appellation : oranges sanguines (**Boullard, 2001**).

Le jus d'orange sanguine est riche en terme de phytoconstituants antioxydants, il contient des teneurs élevées en caroténoïdes comme le bêta-carotène, acide ascorbique, flavonoïdes (**Farnworth, Lagace, Couture, Yaylayan, & Stewart, 2001**), capables de ralentir ou de prévenir l'oxydation d'autres molécules et peuvent protéger les cellules des dommages causés par les molécules instables connues sous le nom de radicaux libres (**Alene, 2016**).

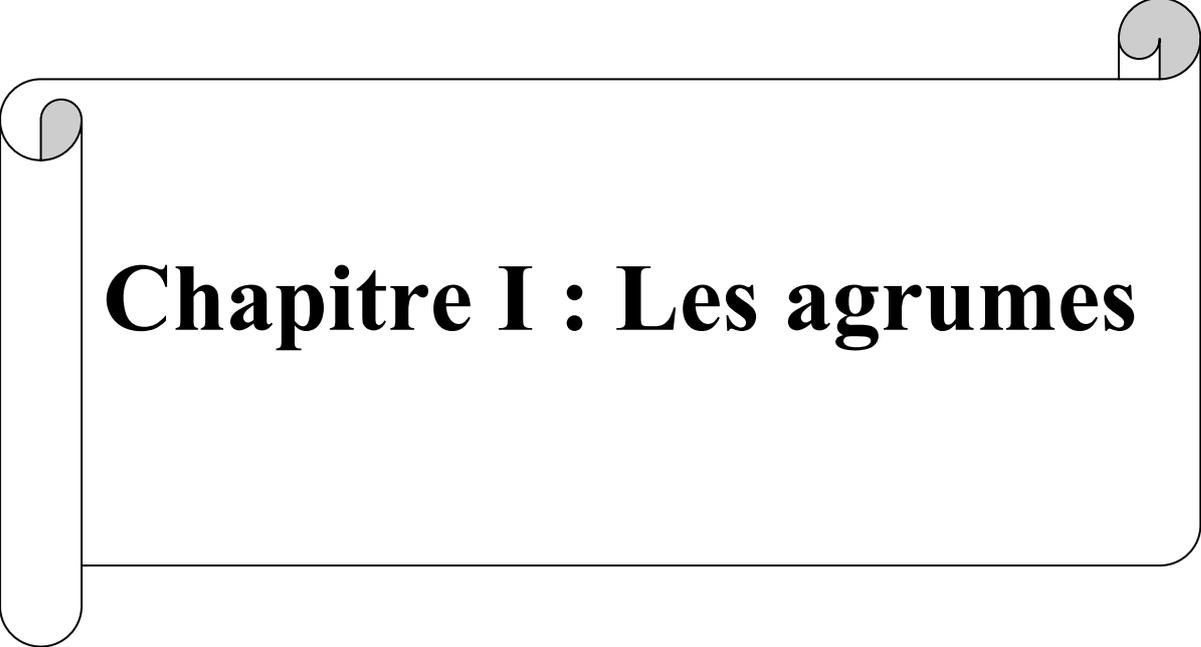
Diverses méthodes de transformation des fruits et légumes ont été adoptées pour une meilleure conservation de ces derniers. Parmi ces méthodes, le séchage (à l'air libre, à l'étuve, aux microondes) est le procédé utilisé depuis l'époque ancestrale, dont son avantage principal est la conservation à long terme des aliments, tels que les plantes comme le thé pour la préparation des infusions.

Le présent travail de synthèse s'articulera en quatre grandes parties :

- ✓ Présentation générale des agrumes consacrée à la description botanique des agrumes et aux propriétés biologiques.

Introduction

- ✓ Présentation de l'orange sanguine et une mise au point sur la composition chimique du jus d'orange sanguine ainsi que ses propriétés technologiques et transformation.
- ✓ Les différentes méthodes de séchage de la matière végétale et les domaines d'applications.
- ✓ Extraction des molécules bioactives par infusion et exemples d'application.



Chapitre I : Les agrumes

I. Les agrumes

I.1 Historique de la culture des agrumes

Il a été signalé que les agrumes sont originaires des pays du Sud-est asiatique où leur culture se confond avec l'histoire des civilisations anciennes de la Chine, qui les cultivèrent d'abord pour leurs parfums, puis pour leurs fruits. **Praloran, 1971** signale aussi que c'est avec le rayonnement des civilisations Chinoises et Hindoues que leur culture commença à ce propagé, au cours de premier millénaire avant notre ère, à l'ensemble des pays du Sud-est asiatique (Sud du Japon et archipel de Malaisie). Les Cédratiers furent probablement les premiers agrumes été présent dans tout le pourtour méditerranéen au VIIe siècle avant notre ère. On attribue l'introduction en Méditerranée du bigaradier, du pamplemoussier et du citronnier aux Maures, aux Génois et aux Portugais (X-XIIe siècles). L'essor du commerce maritime au XVe siècle permit la diffusion des agrumes à travers le monde. Christophe Colomb les introduisit dans les Caraïbes (1493). Au XVIe siècle, les agrumes sont présents dans de nombreuses régions du continent américain. L'oranger (orange douce) ne fut connu en zone méditerranéenne qu'au XVe siècle et le mandarinier seulement au XVIIIe siècle, tous deux en provenance de Chine. En Méditerranée, la culture en zones rapprochées de ces différentes espèces d'agrumes, fut propice à l'émergence de nouvelles formes hybrides, comme la bergamote, le clémentinier et le cédrat Corse. De nombreuses variations naturelles sont aussi apparues dont les variétés d'oranges sanguines. Le pomelo (*C. paradisi*) naquit lui vers la fin du XVIIIe siècle, dans les Caraïbes d'une rencontre fortuite entre un pamplemoussier et un oranger (**Luro, F., 2015**).

En Algérie, les invasions arabes avaient bien introduit le bigaradier dans l'empire des Almohades. Toutefois, il embellisse déjà, pendant la période Ottomane (du 16ème au 18ème siècle), les jardins des Beys. L'oranger y fut sans doute apporté quelques siècles après par les maures d'Andalousie. Au début de la colonisation en 1850, le mandarinier fut introduit en Algérie par M.Harby. Au 19 siècle, le père Clément de l'orphelinat agricole de Misserghin, effectuant un croisement de mandarinier (Commun) avec le bigaradier (Granito) découvrit (Clémentine) (**Loubna & Sara, 2018**).

I.2 Description botanique

Le mot agrume provient du latin *acrumen* (aigre) et était donné dans l'antiquité aux arbres à fruits acides (**Hamidouche & Belhamiche, 2017**). Les agrumes sont des

angiospermes dicotylédones appartenant à l'ordre des Sapindales et à la famille des Rutacées (sous-famille des *Aurantioideae*, tribu des *Citreae*, sous-tribu des *Citrinae*). Cette famille comprend environ 160 genres et 1900 espèces de plantes. Le groupe formé par les agrumes vrais comprend six genres sexuellement compatibles qui sont : *Citrus*, *Fortunella*, *Poncirus*, *Microcitrus*, *Eremocitrus* et *Clymenia* (Dugrand-Judek, 2015).

Les agrumes sont des arbres ou arbustes allant de trois à quinze mètres de haut. Leurs feuilles sont luisantes, simples ou trifoliées, persistantes et présentent généralement un pétiole ailé **Figure 1-A**. Les branches sont souvent munies d'épines plus ou moins grandes. Les fleurs sont hermaphrodites et possèdent généralement cinq pétales blancs (parfois teintés de rose) et 20 à 40 étamines entourant l'ovaire fixé sur un disque nectarifère (Praloran, 1971). Les feuilles et fleurs produisent des essences ayant une odeur caractéristique. Les fruits sont de taille et de forme variables en fonction des variétés d'agrumes. Ils sont composés de trois couches concentriques: deux formant la peau (péricarpe) et une formant la pulpe (endocarpe) **Figure 1-B** (Dugrand-Judek, 2015).

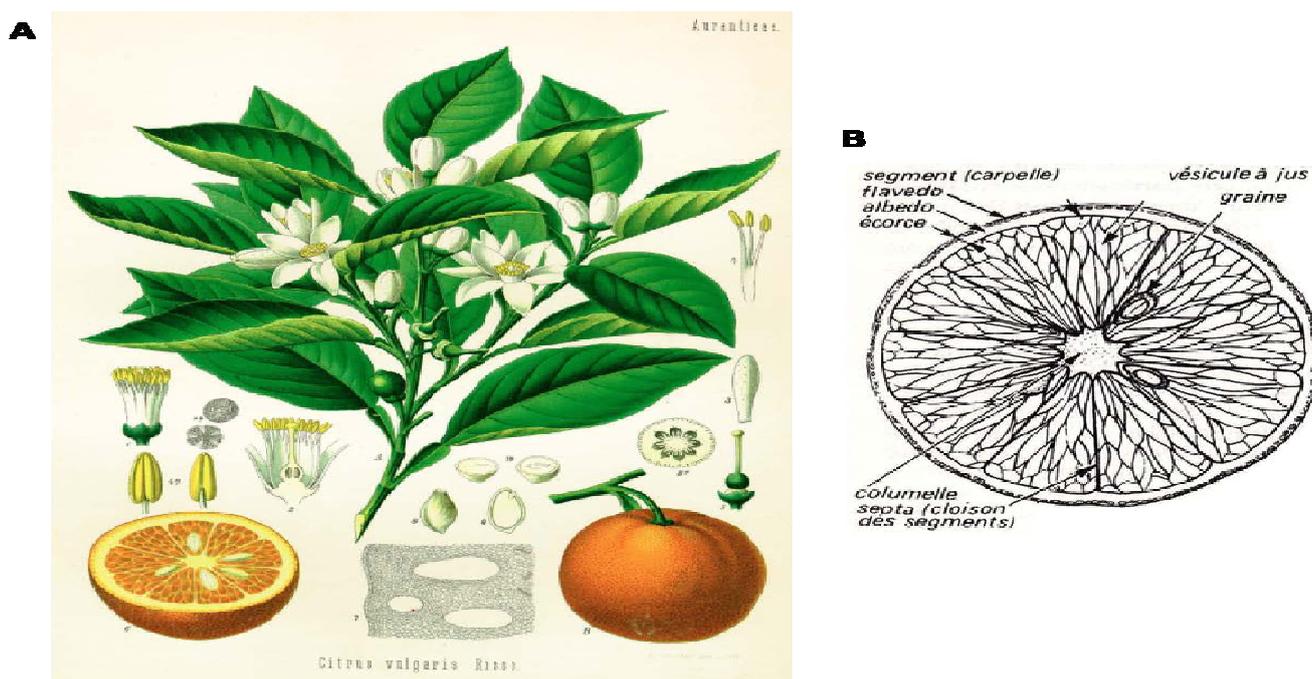


Figure 1. Planches illustratives de *Citrus sinensis* (oranger doux).

(A) Branche, fleurs et fruits d'oranger doux (Köhler, 1887); (B) Coupe transversale d'orange douce (Praloran, 1971).

I.3 Classification

Tableau I. Caractères des espèces de chaque groupe d'agrumes (Esclapong, 1975).

Groupes	Caractères	Espèces
Groupe I	Les espèces de ce groupe ont quelques caractères en communs comme de jeunes pousses vertes, des fleurs blanches, des feuilles avec un limbe caractérisé par la présence d'un pétiole plus ou moins important (pétiole ailé). Persistantes, et fruit généralement de forme sphérique.	<p>Oranger amer (<i>Citrus aurantium</i> ou <i>C. bigaradier</i>).</p> <p>Oranger doux (<i>Citrus sinensis</i>).</p> <p>Mandarinier (<i>Citrus reticulata</i> et <i>Citrus unshui</i>).</p> <p>Clémentinier (hybride : mandarinier*bigaradier).</p> <p>Pamplemoussier (<i>Citrus grandis</i>).</p>
Groupe II	Comme pour le premier groupe les espèces ont des caractères en communs comme les jeunes pousses violacées, et fleurs blanches, rose violacé en dehors. Des feuilles à pétiole non ailé et persistantes, les fruits jaune pâle et allongés à écorces adhérentes à la pulpe.	<p>Citronnier (<i>Citrus limon</i>).</p> <p>Cédratier (<i>Citrus medica</i>).</p> <p>Limettier (<i>Citrus latifolia</i>).</p>
Groupe III	Les jeunes pousses sont vertes, les fleurs entièrement blanches, les feuilles trifoliées et caduques, les fruits petits, globuleux et jaune pâle à écorce rude et non comestible.	<p>Oranger trifolié (<i>Poncirus trifoliata</i>)</p>

I.4 Morphologie et physiologie

I.4.1 Système racinaire

En règle générale (cas des terres franches), le système racinaire des agrumes est essentiellement localisé dans les premières 100 cm de profondeur (Loussert, 1989).

A. Racines principales

Au nombre de deux à trois ancrent solidement l'arbre au sol en se développant jusqu'à un à deux mètres de profondeur. Ce rôle de fixation joué par ces racines est important, car les arbres adultes doivent supporter des productions en fruits pouvant dépasser les **100Kg /Arbre**. De plus, dans les régions ventées, la frondaison des arbres présente une prise au vent important (frondaison à feuillage persistant) **(Loussert, 1989)**

B. Racines secondaires

Se divisent en fines racinaires, elles ont un rôle de nutrition, car c'est à partir de ce chevelu que sont absorbés les éléments minéraux et l'eau présents dans le sol. Ce chevelu racinaire se localise en général dans les premières 50cm du sol, où il trouve les conditions optimales à son fonctionnement : aération satisfaisante de la terre, humidité convenable et sans excès, sol riche en éléments nutritifs apportés **(Loussert, 1989)**.

I.4.2 Système aérien

Le système aérien est constitué du tronc, à partir duquel se développent les branches charpentières, puis les ramifications qui porteront les feuilles, les fleurs et les fruits.

A) Tronc

Son développement est limité en hauteur à quelques dizaines de centimètres par la première taille de formation qui a pour effet de favoriser le développement des futures charpentières. Le tronc assure le transfert de la sève brute (riche en éléments minéraux) du système racinaire frondaison, et le transfert de la sève élaborée (riche en hydrates de carbone) du système aérien vers les racines. Les tissus conducteurs libéro-ligneux étant situé sous l'écorce, toute altération mécanique, cryptogamique ou virale, peut entraîner des perturbations dans ces mécanismes de transfert **(Loussert, 1989)**.

B) Ramifications

Elles constituent l'armature de l'arbre. Les branches charpentières, limitées à 3 ,4 ou 5 par la taille de formation, prennent naissance sur le tronc. Elles doivent être d'égale vigueur afin de favoriser le développement équilibré de la frondaison. Les charpentières se divisent en sous charpentières (ou sous mères) qui à leur tour porteront les rameaux végétatifs et les rameaux fructifères. **(Lieutaghi, P.,2004)**.

C) Feuilles

Tous les citrus sont des arbres à feuilles persistantes, ce qui est un caractère d'adaptation à des hivers peu rigoureux. Seul l'Oranger trifolié (*Poncirus trifoliata*) perd ses feuilles en hiver, ce qui lui permet de mieux résister aux basses températures hivernales. Les feuilles de citrus présentent une grande variabilité de tailles et de formes, non seulement entre les espèces et les variétés, mais également suivant leur âge et l'âge de l'arbre. En général les jeunes arbres sont pourvus de feuilles plus larges et plus grandes que les arbres adultes (**Lieutaghi, P.2004**).

D) Fleurs

La fleur de citrus est composée de 3 à 5 sépales colorés en vert, soudés en forme de coupe protectrice ; ils constituent (**Lieutaghi, P., 2004**):

Calice

De 4 à 8 pétales (généralement 5), blanc ou légèrement colorés en pourpre chez certaines espèces (citronniers, Pomelos, limettiers), ils forment la « corolle ». De 20 à 30 étamines, soudées à leur base par groupes de 3 à 4. Les anthères renferment le pollen, qui sera libéré au printemps, au moment de la pleine floraison des arbres. Les grains de pollen, de couleur jaune brillant, sont pourvus de nombreux sillons microscopiques qui leur permettent de se fixer sur le stigmate du pistil (orange réceptif femelle de la fleur) (**Lieutaghi, P., 2004**).

E) Fruits

Les fruits de principales espèces et variétés cultivées de Citrus diffèrent par coloration, leur forme, leur grosseur, la composition de leur jus et leur époque de maturité. Cependant, tous les fruits des Citrus cultivés présentent la même structure anatomique, bien que les sept structures varient avec l'espèce et la variété, on peut distinguer les parties suivantes en commun (**Barboni, T., 2006**):

- L'écorce
- Pulpe
- Pépins

I.5 Cycle phénologique

I.5.1 Croissance végétative

Les Citrus dites arbres à feuillage persistants sauf pour *P.trifoliata* qui perd son feuillage en hiver (**Loussert, 1989**). Elle se manifeste sur les jeunes ramifications (rameaux) dites poussées de sève au cours des trois périodes suivantes :

A) La première Poussée de sève de printemps

Les ramifications s'allongent et développent de jeunes feuilles de coloration vert clair, très distinctes des autres feuilles plus âgées colorées en vert sombre. Sur ces nouvelles ramifications apparaissent en avril-mai les pousses fructifères (boutons floraux, puis fleurs) Cette période se débute De la fin Février au début Mai (**Loussert, 1989**).

B) La deuxième Poussée de sève d'été

Plus ou moins vigoureuse suivant les températures, les irrigations et la vigueur des arbres. Cette poussée de sève est en général moins importante que les pousses de printemps et d'automne cette période d'une durée (Juillet-Août) (**Loussert, 1989**).

C) La troisième poussée de sève d'automne

Elle assure en partie le renouvellement du feuillage (**Loussert, 1989**); Ces trois pousses sont le résultat de trois flux de sève qui commandent le développement végétatif de l'arbre. Les arbres ne subissent pas le phénomène de dormance mais seulement un ralentissement de l'activité végétative cette période commence D'Octobre à la fin Novembre (**Loussert, 1989**).

I.5.2 Le développement floral et du fruit

Les orangers sont des espèces fruitières à feuilles persistantes, le cycle de vie de cet arbre débute par une phase de dormance suivi par une phase de débourrement ou il y a le gonflement des bourgeons et le développement des feuilles suivis par une phase de floraison (début, pleine et fin). Le tableau II récapitule les différents stades phénologiques selon l'échelle BBCH (**Mehouachi et al., 1995**).

Tableau II. La clé d'identification des stades phénologiques des agrumes selon (Mehouachi et al., 1995).

Stade de Croissance	Code	Interprétation
0: Dormance	00	Début de dormance
	01	Début du gonflement des bourgeons
	09	Début du débourrement (les extrémités des feuilles visibles).
1: développement des feuilles	10	Séparation des premières feuilles.
	11	Les premières feuilles sont visibles.
	15	D'autres feuilles sont visibles mais n'ont pas encore atteint leur taille finale.
	19	Les premières feuilles complètement développées.
3: développement des pousses	31	Début de la croissance des pousses.
	32	Les pousses ont atteint d'environ 20% de la longueur finale.
	39	Les pousses ont atteint environ 90% de leur taille finale.
5: apparition de l'inflorescence	51	Gonflement des bourgeons de l'inflorescence.
	55	Les fleurs sont visibles mais encore fermées.
	57	Les sépales sont ouverts : la pointe des pétales, toujours fermés et visible.
	59	La plupart des fleurs avec des pétales formant une boule creuse
6: La floraison	60	Les premières fleurs sont ouvertes.
	61	Début floraison : environ 10% des fleurs sont ouvertes.
	65	Pleine floraison : environ 50% des fleurs sont ouvertes
	69	Fin floraison (tous les pétales sont tombés).
7: apparition de l'inflorescence	71	Nouaison du fruit : début du grossissement de l'ovaire, début de la chute de jeunes fruits.
	73	Quelques fruits jaunissent : début de la chute physiologique des fruits.
	79	Le fruit a atteint environ 90% de sa taille finale
8 : maturation du fruit et de la graine	81	Début de la coloration du fruit (changement de couleur).
	83	Le fruit est assez mûr pour être cueilli, bien qu'il n'ait pas encore atteint la couleur spécifique à la variété.
	89	Le fruit a atteint la maturité demandée pour la consommation avec son goût et sa consistance caractéristique.
9 : Sénescence, début de la dormance	91	Fin de la croissance des tiges ; le feuillage est entièrement vert.
	93	Les vieilles feuilles débutent leur sénescence et commencent à chuter.
	97	Période de dormance hivernal

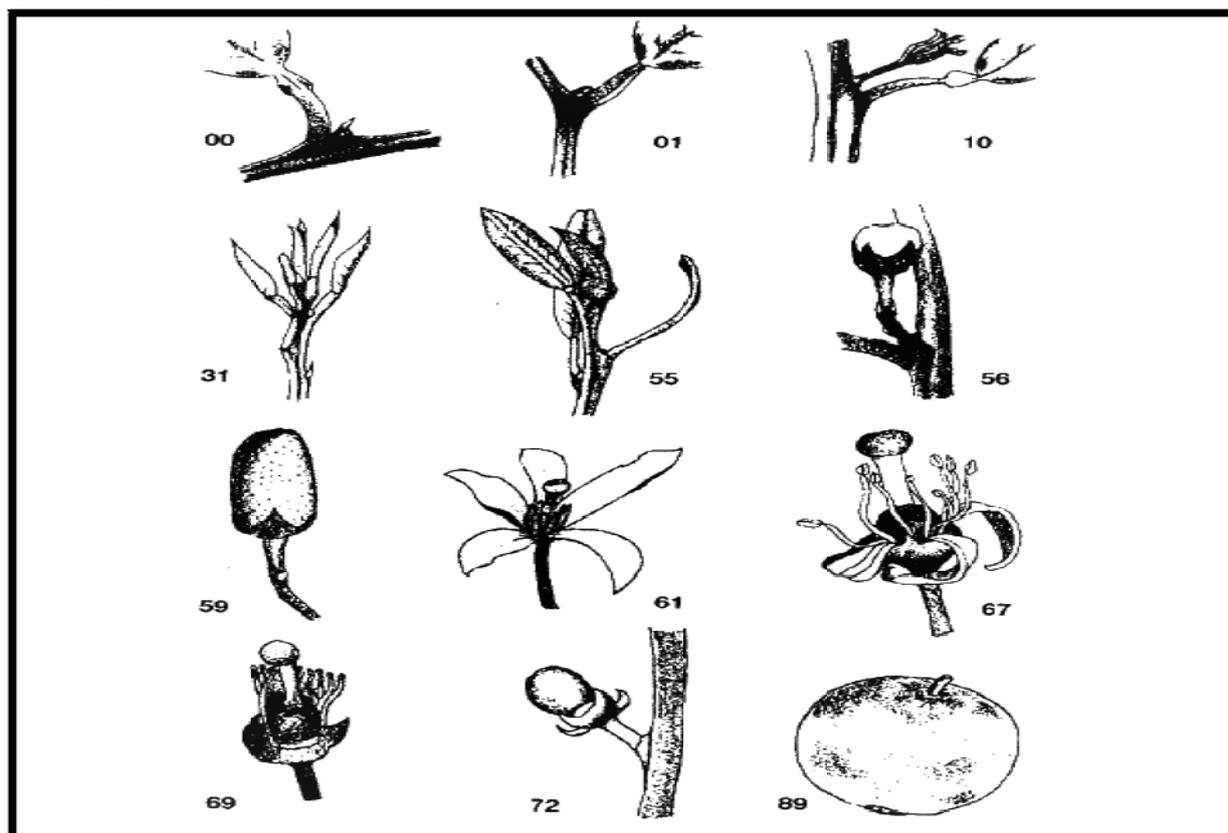


Figure 2. Les stades phénologiques des agrumes(Mehouachi et al., 1995).

I.6 les exigences agro-climatiques :

L'oranger a besoin de :

- Lumière
- Soleil
- Sol bien drainé

Il est aussi sensible aux attaques communes de parasites et maladies classiques des agrumes (ex : le chancre asiatique, la tristeza, La maladie du dragon jaune...)

I.7 les exigences climatiques

I.7.1 le climat

A) La température

Les agrumes sont considérés comme des arbres à climat chaud, néanmoins, les températures minimales et maximales constituent un facteur limitant. Le zéro végétatif des agrumes est de 13°C. La température optimale de croissance serait de 25 à 26°C ; au-delà, l'activité décroît pour s'arrêter aux environs de 38 à 40°C (SKIREDJ A. (2007).

B) La pluviométrie

Selon (Loussert, 1989) Les agrumes sont des arbres à feuilles persistantes à fort besoins en eau qui varient entre 900 et 1200mm par an. Ces besoins sont plus marqués notamment durant le stade grossissement coïncidant avec la période estivale.

C) L'humidité de l'air :

La transpiration du végétal est élevée et ses besoins en eau augmentent. Cette faible humidité de l'air peut être amplifiée par des vents chauds desséchants pouvant provoquer des brûlures sur le feuillage et les fruits (Loussert, 1989).

I.7.2 le sol

Support de l'arbre qui par les racines puise les éléments nécessaires à sa croissance. Les critères à prendre en considération sont :

- La profondeur et l'homogénéité du sol.
- La perméabilité.
- La capacité de rétention de l'eau (Loussert, 1989).

La texture convenable pour les agrumes dans le cas des terres franches est comme suit :

- 15 à 20% d'argile.
- 15 à 20% de limon.
- 20 à 30% de sable fin.
- 30 à 50% de sable grossier (Praloran, 1971).

I.8 Problèmes phytosanitaires**I.8.1 Maladies des Agrumes**

Les maladies des Agrumes sont généralisées, persistantes, transmissibles et occasionnent des symptômes variables. Ces derniers peuvent apparaître à tout moment de la vie de l'arbre et qui sont d'autant plus graves qu'ils se développent sur un matériel très jeune en pépinière ou en verger (Cornuet, 1987).

Les principales maladies bactériennes, cryptogamiques et virales ainsi leurs dégâts sont représentés dans le tableau III.

Tableau III. Principales maladies des agrumes(Cornuet, 1987).

Maladies	Exemples	Dégâts
Bactériennes	<i>Phytomonassyringae</i>	Elles sont souvent la cause de pourritures, de tumeurs.
	<i>Xanthomonascitri</i>	
Cryptogamiques	<i>Phytophthora</i>	Elles s'attaquent aux différents organes végétatifs des <i>Citrus</i> (racines, tronc, branches et rameaux, organes floraux, feuilles, fruits).
	<i>spDiaporthe</i>	
	<i>riCapnodium</i> <i>citri</i>	
Virales	<i>Citrivirviatoris</i>	Leur action néfaste, entraîne dans la plupart des cas le dépérissement complet, soit des arbres isolés, soit des plantations toutes entières.
	<i>Citrivirpertinaciae</i>	
	<i>Citrivirpsorosis</i>	

Les écorces d'agrumes sont riches en composés phénoliques, essentiellement des flavonoïdes et des acides phénoliques. Grâce à cette richesse, l'extraction des composés phénoliques à partir des écorces d'agrumes a considérablement attiré l'intérêt scientifique pour les utiliser comme des antioxydants naturels, conservateurs principalement dans les aliments mais aussi dans l'industrie pharmaceutique et cosmétique(Ramful, Bahorun, Bourdon, Tarnus, & Aruoma, 2010), d'autres applications telles que la chimie et la conception de nouveaux matériaux ne sont possibles que si les molécules sont extraites tout en gardant leurs fonctionnalités. Certains auteurs se sont intéressés aux méthodes d'extraction par des techniques dites conventionnelles et non conventionnelles basées sur des nouvelles technologies d'extraction dites « vertes ». Ces techniques sont utilisées pour intensifier l'opération d'extraction et améliorer le rendement comme l'extraction assistée par micro-ondes, l'extraction assistée par ultrasons, l'extraction par liquide pressurisé(Tableau IV)(M'Hiri, 2015).

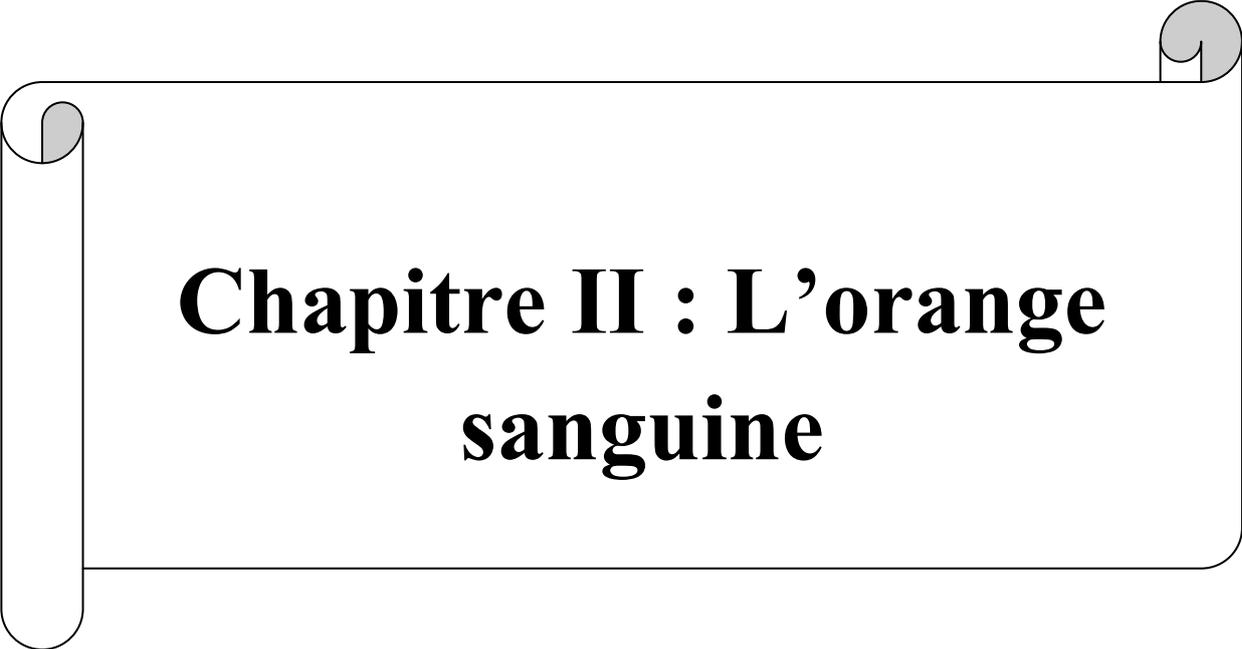
Tableau IV : La synthèse non exhaustive de la littérature sur les méthodes d'extraction et de purification des composés bioactifs à partir de diverses parties de la plante issues de différentes variétés des agrumes.

Produit	Processus	Conditions	Performances	Références
Les écorces de <i>Citrus sinensis</i>	Extraction par micro-onde et ultrasons	<p>-Les pelures ont été séchées dans un four forcé à 40 °C.</p> <p>-La poudre moulue a été passée à travers un tamis standard de 125 µm et seule la fraction dont la taille des particules est inférieure à 125 µm était collectées et stockées à 4°C dans des sacs hermétiques.</p> <p>-L'activité de l'eau (a_w) trouvé est de $0,18 \pm 0,02$ à 20,6 °C.</p> <p>-la fréquence de micro-onde est 2,45 GHz et sa puissance est de 200 à 1000 W).</p> <p>- utilisation de l'acétone comme solvant.</p>	<p>Le PTC maximal prévu dans les conditions optimales d'EMA (concentration d'acétone de 51 % dans l'eau (v/v), puissance micro-ondes de 500 W, temps d'extraction de 122 s et rapport solvant/solide de 25 ml g⁻¹), était de 12,20 mg GAE g⁻¹DW. Le PTC et le TAA dans l'EMA étaient plus élevés que les trois autres extraits.</p>	Nayak, B et al., 2015).
Huile de <i>Citrus bergamia</i> Risso et Poiteau	Chromatographie phase gazeuse	en	<i>C. bergamia</i> inhibé les mycoplasmes a des concentrations de 0,5 à 1%	(Furneri et al., 2012)

Les écorces d'agrumes	Différentes méthodes d'extraction des composés phénoliques des écorces d'agrumes (principalement extraction par solvant)	<p>Différents paramètres sont contrôlés tel que :</p> <ul style="list-style-type: none"> -temps d'extraction -température -la matrice alimentaire -séchage de la matière première. -taille des particules -pression. -type de solvant et cycle d'extraction... 	<p>Les écorces d'agrumes contiennent une quantité élevée de phénols allant de 1,058 à 7,3 g/100 g DW.</p> <p>-la méthode d'extraction par solvant par solvant classique donne un rendement élevé mais avec une dégradation des composés thermolabile de l'extrait.</p>	(M'hiri, Ioannou, Ghoul, & Boudhrioua, 2014)
Les écorces de mandarines.	Extraction par micro-onde	<ul style="list-style-type: none"> -puissance des micro-ondes, 152 W. -temps d'extraction, 49s. -rapport liquide-solide, 16 -concentration de méthanol, 66% 	<p>Les résultats ont démontré que l'AME pouvait être une méthode rapide et fiable pour l'analyse quantitative des composés phénoliques dans les écorces de mandarines d'agrumes.</p>	(Hayat et al., 2009)
<i>Citrus unshiu</i>	Traitement thermique.	<p>T°= à 50, 100 ou 150°C pendant 10, 20, 30, 40, 50 et 60 minutes</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'éthanol à 70% - un extrait d'eau (WE) (0,1 g/10 mL). 	<p>Les activités anti oxydantes des extraits des écorces d'agrumes ont augmenté avec l'augmentation de la température de chauffage.</p> <p>-l'activité antioxydante des extraits des écorces d'agrumes était significativement affectée par la température de chauffage et</p>	(Jeong et al., 2004)

			la durée du traitement et que le processus de chauffage peut être utilisé comme un outil pour augmenter l'activité antioxydante des écorces d'agrumes.	
Cinq écorces d'agrumes (citron Yen Ben, citron Meyer, pamplemousse, mandarine et orange).	Extraction aqueuse assistée par enzyme	Les principaux paramètres qui ont affecté le rendement des phénols comprennent l'état des pelures, la température de l'extraction, les types d'enzymes, la concentration d'enzymes et les espèces d'agrumes.	<p>-les écorces de pamplemousse présentaient les teneurs totales en phénols les plus élevées, suivies par les écorces de mandarine, de citron Yen Ben, d'orange et de citron Meyer.</p> <p>- Le taux de récupération le plus élevé avec Celluzyme MX a atteint 65,5%</p> <p>- Les composés phénoliques des écorces de pamplemousse avaient la plus forte activité antioxydante totale, suivis par le citron Yen Ben, la mandarine, l'orange et le citron Meyer.</p>	(Li, Smith, & Hossain, 2006)
<i>Citrus reticulata</i>	Extraction par des ultrasons	<p>-la puissance= 30W ;</p> <p>-le temps d'ultrasons=25 min ;</p> <p>-la température d'extraction= 30 °C.</p>	Les résultats ont montré que le contenu phénolique total et l'activité antioxydante totale augmentaient en fonction de l'augmentation du temps et de la température des ultrasons.	(Ma, Chen, Liu, & Ye, 2008)
Deux variétés d'agrumes ont été utilisées : -la mandarine Satsuma (C. unshiu Marc.) --et le	Infusion (pour extraire les acides phénoliques et certains minéraux).	<p>-Les pelures ont été séchées.</p> <p>Par air chaud à 45 °C pendant 48 h, et la teneur finale en eau était inférieure à 10%.</p>	Le Ponkan était plus approprié comme source de chenpi, car son extrait d'eau chaude avait une teneur beaucoup plus élevée en acides phénoliques, et une plus grande capacité antioxydante que ceux de	(Xu et al., 2008)

Ponkan <i>poonensis</i> Hort. ex Tanaka), appartiennent à <i>reticulata</i>	(C. qui à C.	-Stockage à -20 °C.	la mandarine Satsuma bien que la teneur en minéraux ait augmenté dans une certaine mesure.
--	--------------------	---------------------	--



Chapitre II : L'orange sanguine

Orange sanguine (*Citrus sinensis* L.Osbeck)

Le terme « orange » pour désigner le fruit, est apparu au XIII^e siècle. Il vient de l'arabe narandj, dont le sens est « fruit aimé des éléphants ». Le « o » a été accolé au nom arabe par influence du nom de la ville d'Orange (Liu, Heying, & Tanumihardjo, 2012). L'orange est classée en deux catégories: orange douce du Portugal ou de Malte (*Citrus sinensis*), petit groupe d'orange sans acidité généralement rond, de couleur orange et avec pépins et orange amère de bigarade ou de Séville (*Citrus aurantium*) apprécié par ses vertus médicinales (Boullard, 2001).

II.1 Origine

L'orange douce est originaire d'Asie et sa caractéristique hybride naturel (figure 4) semble provenir d'un croisement entre la mandarine (*Citrus reticulata* Blanco) et le pomelo (*Citrus grandis* L. Osbeck) (Novelli, Cristofani, Souza, & Machado, 2006).

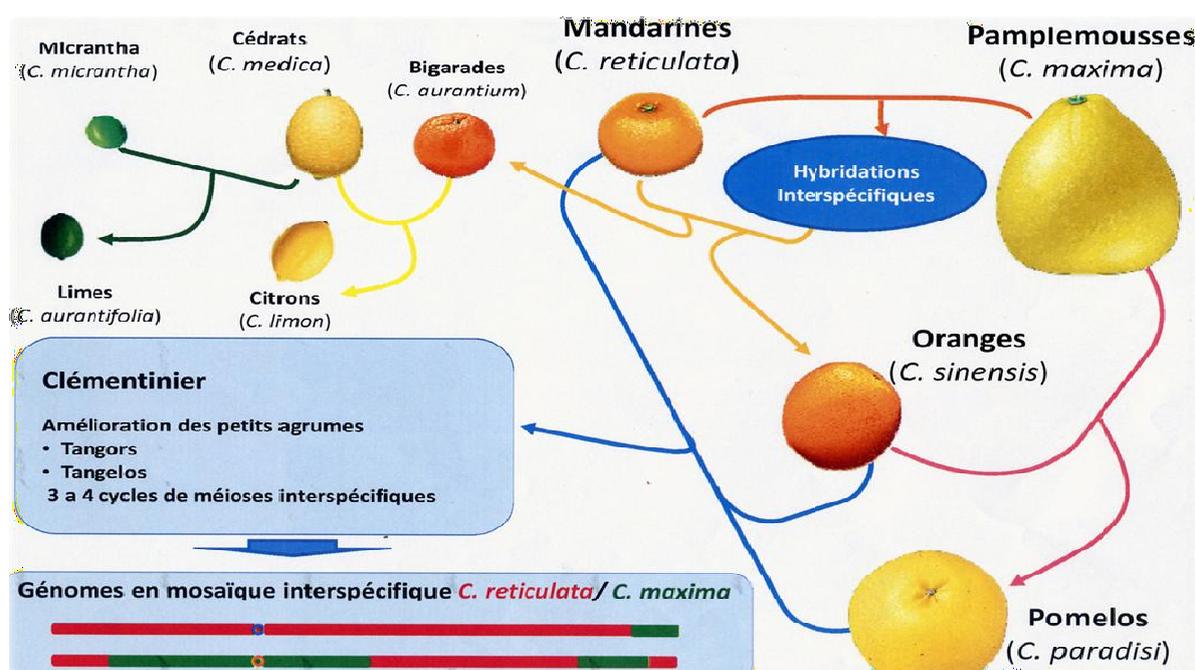


Figure 3. Origine des formes des agrumes (Nicolas, 2014).

II.2 Définition et botanique

Orange douce (*Citrus sinensis* L. Osbeck) ; pour la distinguer des espèces étroitement apparentées comme (l'orange aigre '*C. aurantium*' et la mandarine '*C. reticulata*') (Etebu & Nwauzoma, 2014).

Les oranges sanguines sont l'un des quatre groupes de l'espèce orange douce *Citrus sinsensis*. Les oranges sanguines se distinguent parmi les oranges douces par leur saveur inhabituelle et leur potentiel, dans les bonnes conditions climatiques, à développer une pigmentation rouge dans la chair et parfois dans la peau et de la présence d'anthocyanes (Lee, Carter, Barros, Dezman, & Castle, 1990).

L'oranger est un petit arbre épineux, atteignant généralement (7,5m à 15m de hauteur), généralement avec une couronne compacte (Mannucci et al., 2018).

La structure d'une orange est présentée dans la **Figure 4**. Les parties caractéristiques communes aux agrumes sont les suivantes (Ramful et al., 2010):

1-L'écorce : se décline en deux parties:

- **L'épicarpe** : c'est la couche extérieure colorée (zeste), appelée « flavedo » qui doit sa couleur jaune orangé aux flavanones. Elle contient des glandes à huiles essentielles qui donnent l'odeur particulière à l'orange. Elle représente 8 à 10% du fruit.
- **Le mésocarpe** : c'est la couche intérieure blanche, appelée « albédo » à consistance spongieuse plus ou moins épaisse par rapport à la taille du fruit, elle ne contient aucun flavanone soluble, Elle représente 12 à 30% du fruit.

2-La pulpe (ou endocarpe) : c'est la partie comestible divisée en quartiers juteux dont le nombre varie de 9 à 11; elle est constituée par un ensemble de poils charnus ou vésicules renfermant le jus. Elle est souvent plus ou moins acide et sucrée ou amère et elle représente 50 à 80% du fruit.

3-Les pépins : se trouvent près du centre de l'orange, ils ont une teneur élevée en huile ; ils représentent 0 à 4% du fruit.

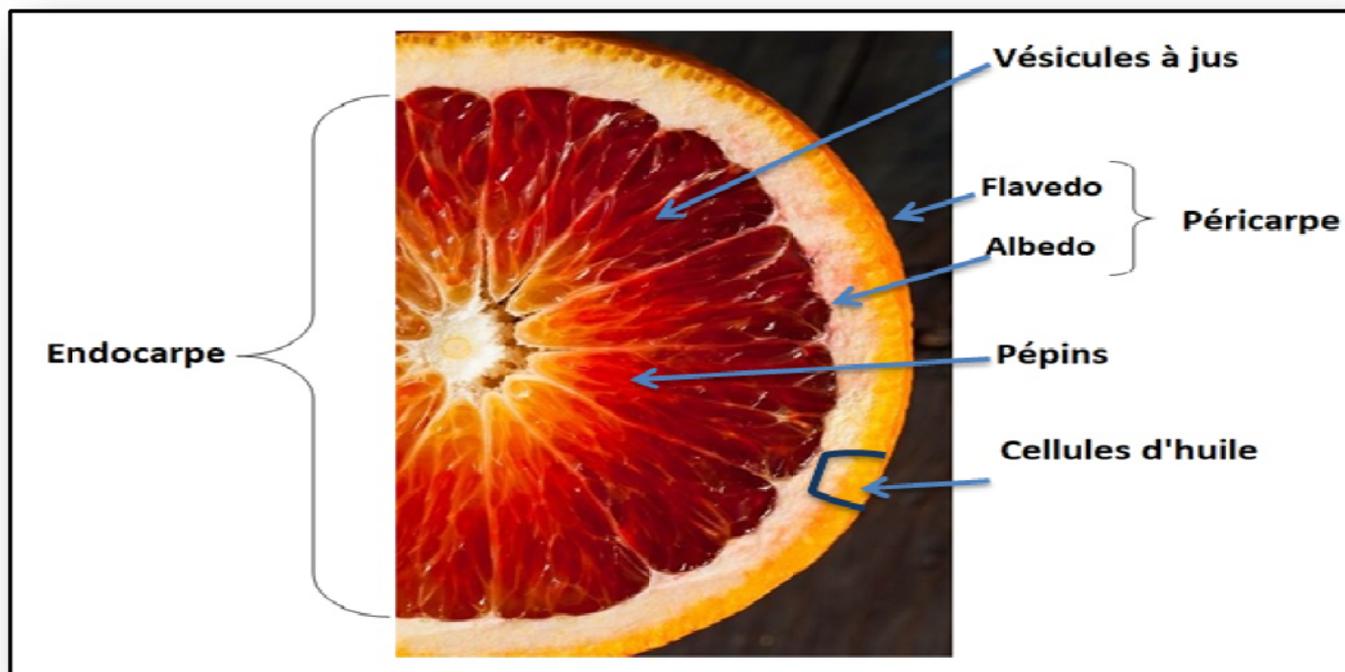


Figure 4. Structure d'orange sanguine (Goudeau et al., 2008).

Les oranges sanguines ne sont pas courantes aux États-Unis. Seule la Californie a des températures nocturnes fraîches nécessaires pour un développement de couleur adéquat et cohérent. Les oranges sanguines sont mieux connues en Méditerranée où elles sont cultivées et en Europe où elles sont commercialisées (Lee et al., 1990).

II.3 composition chimique de jus d'orange sanguine

Le jus d'orange sanguine contient des teneurs élevées en caroténoïdes comme le bêta-carotène, en acide ascorbique, en flavonoïdes et des autres constituants présents dans le jus (Tableau V).

Tableau V : Composition chimique de jus d'orange (Farnworth et al., 2001).

Constituants	Quantité pour 100g de jus
Eau (g)	87-92
Glucides (g)	10,6
Protéine (g)	0,91
Lipides (g)	0,2
Flavonoïdes (mg)	99
Caroténoïdes (mg)	1,85

Acide ascorbique (mg)	55,5
Acide malique (mg)	951,5
Acide citrique (mg)	160-164
Vitamine B9 (µg)	25
Bêta-carotène	0,13
Minéraux (mg)	
Potassium	209-185.5
Phosphore	18,2-20,65
Calcium	11,85 – 40
Magnésium	13,7 – 23,5
Sodium	2,29
Fer	0,48

II.4 Les antioxydants des écorces d'orange sanguine

II.4.1 Définition des antioxydants

Les antioxydants sont des substances capables de ralentir ou de prévenir l'oxydation d'autres molécules et peuvent protéger les cellules des dommages causés par les molécules instables connues sous le nom de radicaux libres.

Les réactions d'oxydation peuvent produire des radicaux libres qui déclenchent des réactions en chaîne qui causent des dommages pour la cellule. Les antioxydants terminent ces réactions en éliminant les intermédiaires de radicaux libres et inhibent d'autres réactions d'oxydations. Par conséquent les antioxydants sont souvent des agents réducteurs tels que l'acide ascorbique, les polyphénols, etc (Alene, 2016).

II.4.2 Les antioxydants de l'écorce d'orange

Il existe plusieurs antioxydants au niveau de l'écorce d'orange :

II.4.2.1 Les Caroténoïdes

La couleur des écorces et de la pulpe des oranges matures est due aux pigments dit caroténoïdes, qui sont des pigments synthétisés par les plantes, leurs abondances fait une source importante des nutriments alimentaires (Boubekri, 2014).

Les caroténoïdes sont classés généralement en deux principales classes qui sont les caroténoïdes hydrocarbonés connus sous le nom de carotènes (exemple : la β -carotène et le lycopène), et les caroténoïdes oxygénés connus sous le nom de xanthophylles (exemple de Lutéine et violaxanthine). La structure chimique des caroténoïdes est présentée dans la **Figure 5**. Plus de 115 caroténoïdes ont été découverts chez les agrumes principalement au niveau de l'écorce qu'au niveau de la pulpe contribuant à divers couleurs allant du jaune au rouge (Sharma, Mahato, Cho, & Lee, 2017).

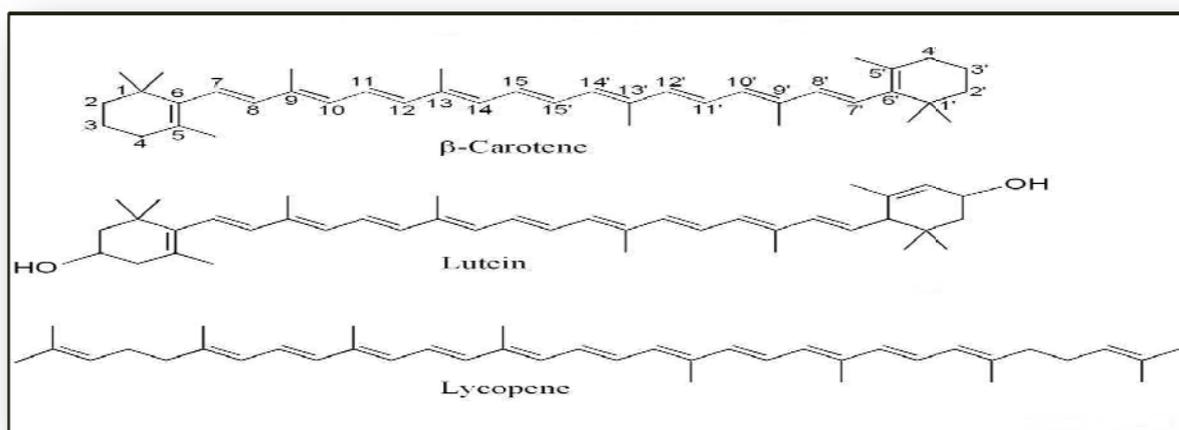


Figure 5. La structure chimique de quelques caroténoïdes de l'écorce de l'orange : β -carotène, la lutéine et le lycopène (Belmehdi & Boudries, 2018).

II.4.2.2 vitamines (vitamine C)

Les vitamines de l'écorce d'orange sont représentées essentiellement par la vitamine C. La vitamine C ou également l'acide ascorbique **figure 6** est une vitamine hydrosoluble, sensible à la chaleur et à l'oxygène, la vitamine C est nécessaire pour de nombreuses fonctions physiologiques de la biologie humaine. La plupart des plantes et des animaux peuvent synthétiser l'acide ascorbique sauf les singes et les humains en raison du manque de l'enzyme gulonolactone oxydase. Elle est un antioxydant puissant capable de neutraliser les espèces réactives de l'oxygène (ERO) (Boubekri, 2014).

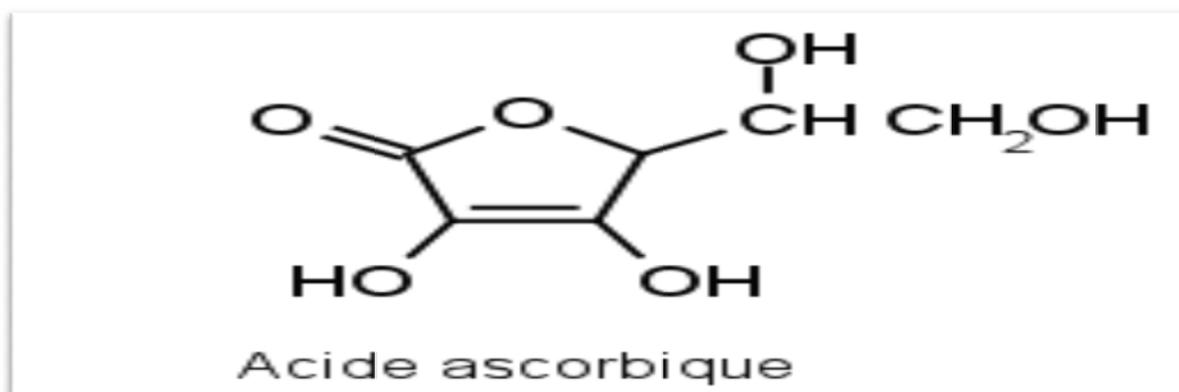


Figure 6. La structure de l'acide ascorbique (González et al., 2012).

II.4.2.3 Les composés phénoliques

Les composés phénoliques sont la classe principale des métabolites secondaires chez les végétaux, Ils sont classés en acides phénoliques et en polyphénols qui sont à leurs tours classés en flavonoïdes et les non-flavonoïdes (Belmehdi & Boudries, 2018).

Ces composés sont principalement synthétisés à partir de l'acide aminé phénylalanine qui est converti en acide cinnamique, ils jouent un rôle dans la régulation de la croissance des plantes (attraction des pollinisateurs), participent aux réponses de défense pendant l'infection, l'exposition excessive au soleil, et jouent un rôle dans la pigmentation, etc (Kubalt, 2016).

Ils sont caractérisés par la présence d'un cycle aromatique et d'un ou de plusieurs groupements phénoliques dans leur structures **Figure 7**, ils se différencient par le nombre et la position des groupes hydroxyles et la présence de différents substituants tels que les acides organiques et les groupements alkyles. Les composés phénoliques ont plus de 8000 structures identifiées (M'Hiri, 2015).

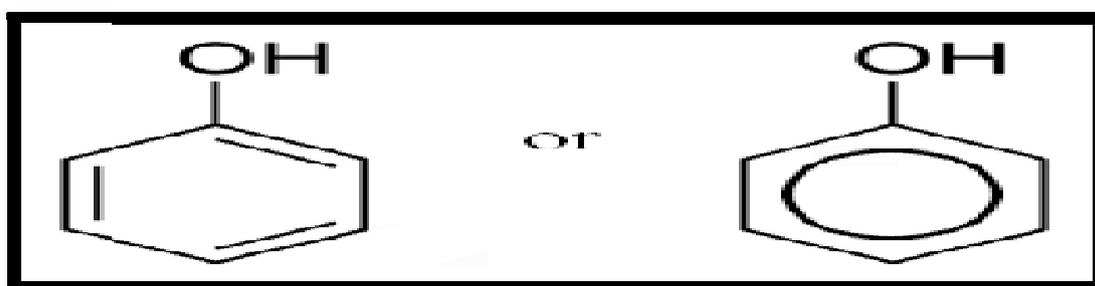


Figure 7. Structure de base du phénol (Belmehdi & Boudries, 2018).

II.4.2.3.1 Les principaux composés phénoliques de l'écorce d'orange

On retrouve principalement deux classes de composés phénoliques dans les écorces d'orange : les flavonoïdes et les acides phénoliques

a. Les flavonoïdes

Le nom flavonoïde proviendrait du terme flavédo, désignant la couche externe des écorces d'orange, ou plutôt ce terme a été prêté du mot latin flavus qui désigne jaune. Les flavonoïdes possèdent un squelette de base **Figure 8** à quinze atomes de carbone, constitué de deux noyaux aromatiques A et B qui sont reliés entre eux par une chaîne en C3 formant ainsi l'hétérocycle (C) (Ponce, Scervino, Erra-Balsells, Ocampo, & Godeas, 2004).

Elle est représentée selon le système C6-C3- C6 en formant une structure de type diphenyle propane dont des groupements hydroxyles, oxygènes, méthyles, ou des sucres peuvent être attachés sur les noyaux de cette molécule (Jensen, Makynen, Kahl, & Ankley, 2006).

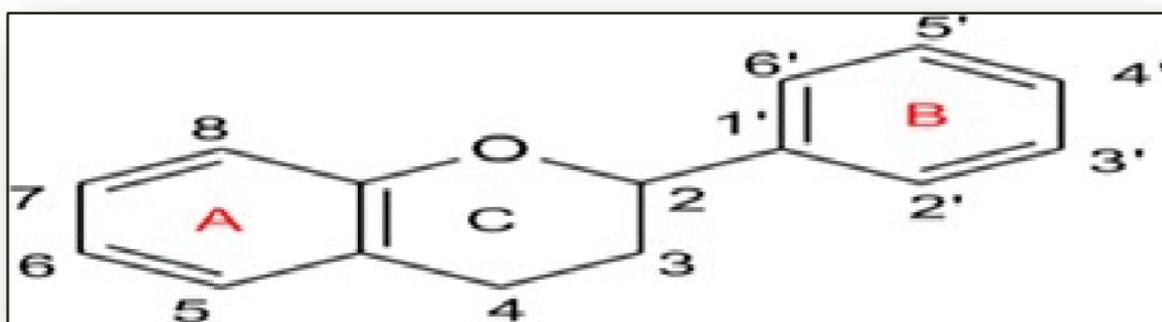


Figure 8. Structure de base d'un flavonoïde (Belmehdi & Boudries, 2018).

- **Flavanones**

Les Flavanones sont largement distribués chez les agrumes. Leurs fortes concentrations se trouvent au niveau des écorces d'orange. Les flavanones les plus abondants dans les écorces d'agrumes sont la naringine et l'hésperidine, la naringine confère un goût amer caractéristique des oranges amères, et représente le flavonoïde le plus abondant dans les écorces de pamplemousse (M'Hiri, 2015). Il se trouve en faibles quantités dans l'orange douce.

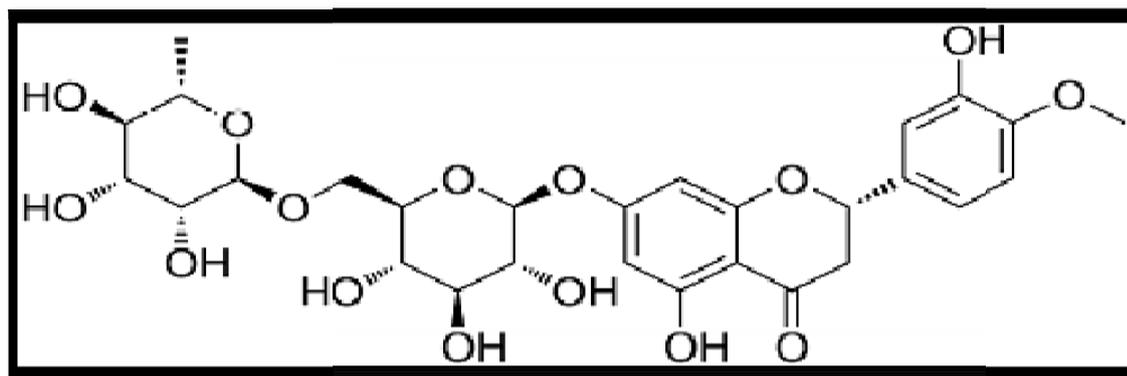


Figure 9. Structure du principal flavanone de l'écorce d'orange : l'hespéridine(M'Hiri, 2015).

b. Les acides phénoliques

Les acides phénoliques représentent environ un tiers des composés polyphénoliques du régime alimentaire et comprennent deux classes principales de dérivés d'acide hydroxybenzoïque (acide protocatéchique, acide gallique, acide *p*-hydroxybenzoïque) et de dérivés d'acide hydroxycinnamique (acide caféique, acide chlorogénique, acide coumarique, acide coumarique, acide sinapique) ; les baies, le kiwi, les cerises, les pommes, les poires, les endives et le café sont des aliments riches en acides phénoliques(Manach, Scalbert, Morand, Rémésy, & Jiménez, 2004).

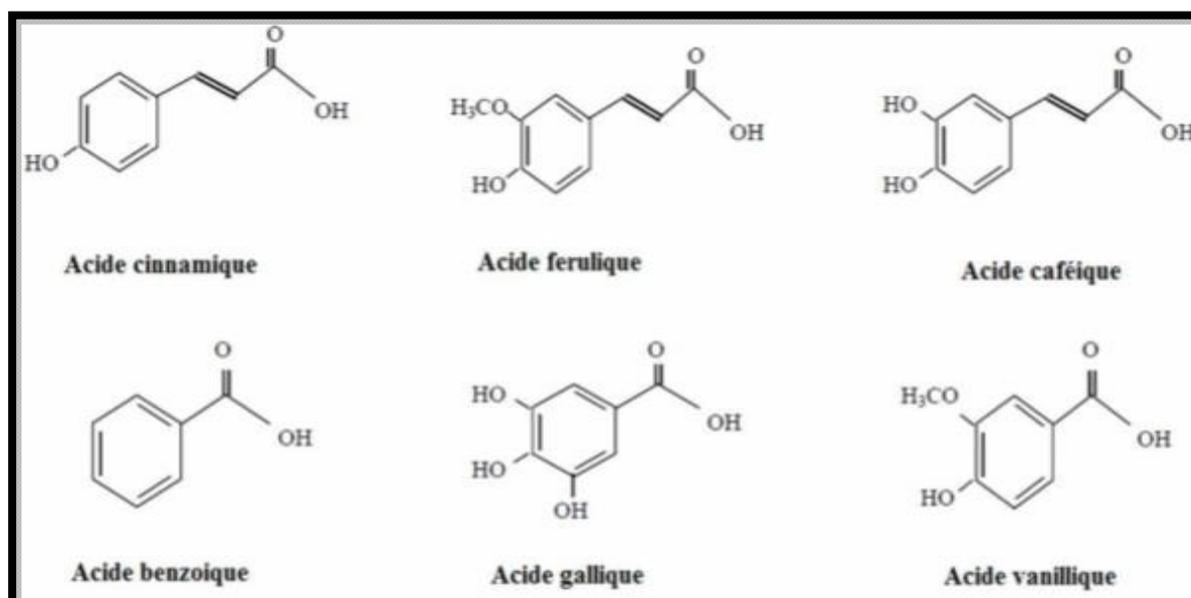


Figure 10. Structure de quelques acides phénoliques(Wang, Chuang, & Ku, 2007).

II.5 La production et la transformation technologique de l'orange sanguine

II.5.1 La production mondiale de l'orange sanguine

Selon les données de l'USDA (Département Américains de l'agriculture), la production mondiale d'orange (*Citrus sinensis*) représente 75,413,374 tonnes de la production globale des agrumes pour l'année 2017/2018 (annexe I, II et III). L'Amérique est le premier producteur dans le monde avec 41,3% qui représente environ 30 millions de tonnes, l'Asie se classe en deuxième position avec 36,8% de la production globale soit 27 millions de tonnes, l'Afrique (12,9%) et l'Europe (8,4%) occupent le dernier rang dans la production mondiale (FAO, 2018).

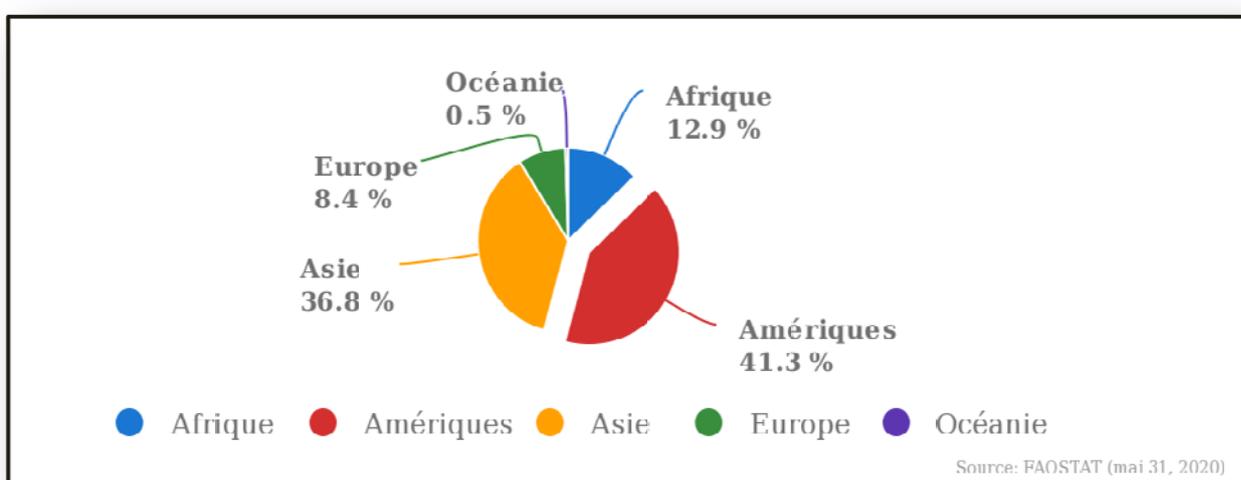


Figure 11. La répartition de la production d'orange dans le monde par continent (2017-2018) (FAO, 2018).

II.5.2 La production méditerranéenne et algérienne de l'orange sanguine

La production Algérienne d'orange sanguine pour l'année 2017/2018 est estimée à 61950 tonnes sur une production globale 107407250 tonnes d'orange. Elle occupe la 4^{ème} place dans la région méditerranéenne **Tableau V** et la 18^{ème} dans le monde (FAO, 2018).

Il est à signaler que le niveau de qualité le plus haut est obtenu dans le bassin méditerranéen qui représente l'une des principales zones de production des agrumes frais diversifiés. La part la plus importante de la production dans le bassin méditerranéen est fournie par l'Espagne dans la production totale de cette zone. Après l'Espagne vient l'Égypte puis l'Italie **Tableau VI** (FAO, 2018).

Tableau VI. Les principaux pays producteurs d'orange dans la région méditerranéenne (FAO, 2018).

Pays	Production en milles de tonnes (tonnes)
Espagne	3498508
Égypte	3197014
Italie	1571947,50
Algérie	1074072,50
Maroc	1028184
Grèce	820229,50
Tunisie	165699,50
Chypre	20,377

II.5.3 Intérêt technologique et transformation

L'écorce et les graines d'orange entraînent une quantité considérable de sous-produits. L'écorce d'orange est plus riche en polyphénols que la partie comestible du fruit (**Omoba, Obafaye, Salawu, Boligon, & Athayde, 2015**), ce qui lui confèrent une activité antioxydante qui peut empêcher le développement des conditions d'oxydation chez l'homme et des effets thérapeutiques importants (ont été impliqués dans la réduction des maladies dégénératives : cardiovasculaire et cérébro-vasculaires) par rapport à d'autres parties du fruit (**Sánchez-Moreno, Plaza, de Ancos, & Cano, 2003**).

La consommation et l'industrie de transformation des agrumes en général et des oranges en particulier génèrent de gigantesques masses de sous-produits tels que les écorces, les pulpes et les pépins. Ces derniers peuvent atteindre 50 à 60% du poids total du fruit. Au cours de cette transformation, les écorces sont les sous-produits primaires non traitées, qui deviennent une source de pollution environnementale (**Velasco et al., 2017**).

Les écorces, qui représentent la plus grande partie des déchets de transformation d'orange sont utilisées comme mélasse pour l'alimentation des animaux, production de fibres et de carburant (**Lagha-Benamrouche, Addar, Boudershem, Tani, & Madani, 2018**).

L'extraction demeure une étape difficile en raison de la sensibilité des composés phénoliques à la chaleur, ce qui conduit à leur dégradation et l'altération de leurs activités antioxydantes. Les chercheurs ont montré que ces molécules présentent une sensibilité à certaines conditions de processus telles que la température, la lumière ou la matrice

alimentaire (**Manach et al., 2004**) est signalé que le traitement entraîne souvent des changements importants des teneurs en composés phénoliques et surtout des pertes. Ainsi, les procédés d'extraction utilisés doivent être effectués dans des conditions douces (**Tableau VI**) pour empêcher la dégradation de composés phénoliques mais aussi pour minimiser les coûts (l'énergie, la quantité du solvant...) donc La qualité alimentaire ou thérapeutique d'un extrait naturel est liée à l'efficacité et à la sélectivité du procédé d'extraction utilisé (**M'Hiri, 2015**).

Tableau VII. La synthèse non exhaustive de la littérature sur les méthodes d'extraction et de purification des composés bioactifs à partir de diverses parties de la plante issues des différentes variétés d'orange sanguine.

Produit	Processus	Conditions	Performances	Références
Orange de Valence (VAL) et ses mutants RohdeRed Valencia (RRV)	Extraction des composés volatils de jus des deux oranges par micro extraction en phase solide (SPME) et par chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse (GC /MS)	-Des échantillons ont été décongelés à 20°C pendant 10 min. -10 mL de jus d'orange. -50 µL de 2000 µg / mL d'ester éthylique dans le méthanol.	Les norisoprénoïdes volatils odorants dégradés à partir du caroténoïde C40 étaient significativement plus élevés en RRV qu'en VAL à pleine maturité.	(Wei et al., 2018)
5 variétés : Orange sanguine, orange douce, bergamote et orange amère	Analyse des composés volatiles et les esters méthyliques par chromatographie en phase gazeuse		-les acides insaturés prédominent sur les acides saturés. -La concentration moyenne d'acides gras varie de 311,8 mg/L dans le jus d'orange sanguine à 678 mg/L dans le jus d'orange amère	(Moufida & Marzouk, 2003)
2 variétés d'orange sanguine : Moro et sanguinello	HPLC		Hespéridine (106-545mg/L) et la narirutine (1461mg/L) sont de loin les dérivés les plus abondants,	(Barreca et al., 2018)

		suivis de la vicénine-2(33-37 mg/L)	
Oranges sanguines [<i>Citrus sinensis</i> (L.) <i>Osbeck</i>]	Chromatographie à contre-courant et HPLC.	-Une pureté de 90% a été isolée des oranges sanguines par chromatographie à contre-courant à grande vitesse.	L'étude a révélé la présence de quatre pigments dérivés des anthocyanes, qui sont formés par une réaction directe entre les anthocyanes et les acides hydroxycinnamiques lors d'un stockage prolongé du jus.
	L'ionisation par l'électro-pulvérisation multiplespectrométrie de masse.	-pH 3,7 -Centrifugé à 4000 tr / min	
	Spectroscopie de résonance magnétique nucléaire (RMN).	-Stockée dans l'obscurité à 15 °C.	(Hillebrand, Schwarz, & Winterhalter, 2004)
		- 0,7 L de jus.	
Deux variétés d'orange sanguine (Tarocco et Moro)	-Un colorimètre Minolta CR-200 (Minolta Camera Co. Ltd., Osaka, Japon) pour déterminer les paramètres : la clartéL* qui prend des valeurs entre 0 (noir) à 100 (blanc de référence)	Stockage à 8°C et 22 °C pendant 85 et 106 jours, respectivement.	-Une augmentation significative de l'anthocyane a été observée dans Tarocco et Moro stocké à 8 °C.
	a* représente la valeur sur un axe vert → rouge,		-Un stockage trop long induit une hydrolyse des dérivés hydroxycinnamiques en acides libres dans l'orange Moro et ceux-ci à leur tour, pourraient développer

b*(représente la valeur sur un axe bleu → jaune.)

et le rapport b^* / a^* (teinte)

- La vitamine C a été déterminé par la méthode titrimétrique par spectrophotométrie.

-extraction en phase solide.

les vinylphénols malodorants.

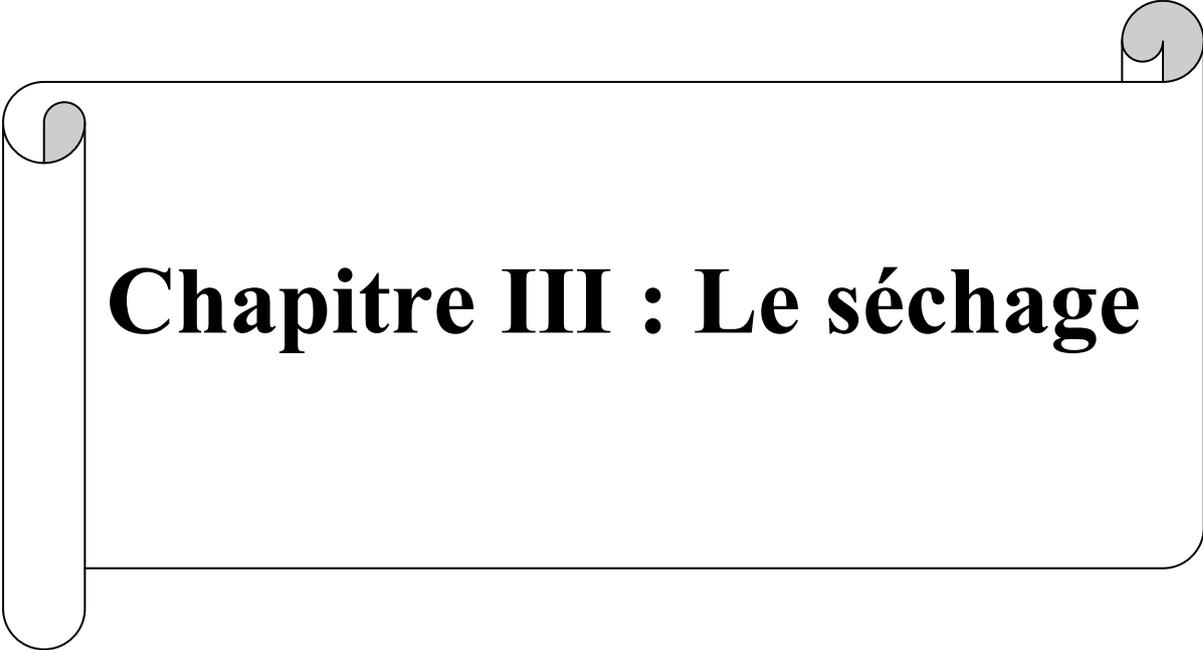
Les oranges sanguines de Tarocco (*C.sinensis* Osbeck CV. *Tarocco*)

Traitement thermique.

Températures sélectionnées (70-90 °C).

Les valeurs d'énergie d'activation pour la dégradation des anthocyanes et la dégradation visuelle de la couleur étaient respectivement de 55,81 et 47,51 kJ mol⁻¹. (Cao, Liang, & PAN, 2011)

Tarocco, Moro, Sanguinello et Nave	Traitement thermique.	<p>-20 Kg de des cultivars d'orange Tarocco, Moro, Sanguinello.</p> <p>Solution de chlorate à une concentration de 200ppm pendant 10 min.</p> <p>-Stockés à -50°C.</p> <p>-Centrifugation à 2000 × g × 10 min à 6,0 °C.</p>	<p>Un traitement thermique (85 °C × 3 min) à la fois d'efficacité microbiologique et enzymatique a été développé qui ne compromet pas la stabilité des anthocyanes.</p>	<p>(Ingallinera, Barbagallo, Spagna, Palmeri, & Todaro, 2005)</p>
Orange sanguine à chair rouge (<i>Citrus sinensis</i>)	HPLC en phase inverse et HPLC semi-préparative avec détection de réseau.	Un gradient binaire (0,1% H ₃ PO ₄ dans l'eau et 0,1% H ₃ PO ₄ dans l'acétonitrile).	Les anthocyanes représentaient la majeure partie (>51%) des anthocyanes dans l'orange sanguine chair.	<p>(Lee, 2002)</p>



Chapitre III : Le séchage

Grâce aux améliorations significatives des technologies agricoles, les ressources alimentaires sont abondantes dans de nombreux pays du monde. Grâce au transport mondial, les aliments et les ingrédients peuvent être échangés sur de plus grandes distances que jamais, mais la nécessité de garantir la sécurité et la salubrité des aliments reste primordiale(**Chen & Mujumdar, 2009**).

La plupart des aliments sont très périssables, c'est pourquoi la connaissance de la durée de conservation (shelf-life) est essentielle si les ingrédients doivent être transportés sur de grandes distances et stockés dans des entrepôts, ou par le consommateur, pour des périodes importantes. Le séchage est de loin la méthode d'exploitation à grande échelle la plus utile pour la conservation d'aliments solides pendant de longues périodes. Le séchage lui-même peut être traité comme un traitement thermique car le nombre de micro-organismes vivants peut être réduit pendant le séchage. La teneur en éléments nutritifs, en revanche, doit être maintenue au niveau le plus élevé possible. Les opérations de séchage doivent donc être contrôlées et optimisées avec précision afin de produire un produit de bonne qualité, présentant le plus haut niveau de rétention des nutriments et de saveur, tout en maintenant la sécurité microbienne(**Chen & Mujumdar, 2009**).

III.1 Définition de Séchage

La teneur en eau des aliments est corrélée avec leur durée de conservation. Cette observation empirique a conduit au séchage, ou au saumurage des aliments, dans le but d'augmenter leur conservation(**Faiveley, 2012**).

Le séchage est l'opération permettant de faire passer un produit de son état initial dit « humide » (selon le cas solide ou liquide), à un état final dit « solide sec ». Pour cela, il s'agit de retirer une partie du solvant d'un corps afin d'obtenir un produit fini sous la forme d'un solide, d'un « solide divisé » ou de poudre(**Vasseur, 2009**).

Il consiste à l'évaporation de l'eau et de composés volatils, réduisant ainsi la croissance des micro-organismes et des réactions chimiques non désirées telles que le brunissement enzymatique, afin d'augmenter la durée de vie du produit(**Abouo et al., 2016**).

III.2 Objectifs de séchage

Les principaux objectifs technologiques de la déshydratation des produits alimentaires sont(**Al Haddad, 2007**):

- ✓ La préservation des aliments comme par la réduction de l'activité d'eau.
- ✓ Réduction du poids et du volume des aliments.
- ✓ Transformation d'un aliment à une forme plus commode pour stocker, emballer, transporter et employer, par exemple transformation des liquides tels que l'extrait de lait ou de café, à une poudre sèche qui peut être reconstituée à la forme originale par l'addition de l'eau (produits instantanés).
- ✓ Donnant à un produit alimentaire souhaitable tel qu'une saveur, et texture différente etc., c.-à-d. créant un nouvel aliment (par exemple transformation des raisins aux raisins secs).

III.3 Intérêts du séchage des fruits et légumes

La transformation des fruits et légumes frais en produits séchés présente divers avantages(**Alibas, 2007**):

- ✓ L'activité de l'eau du produit ainsi traité atteint des valeurs suffisamment basses pour inhiber le développement des microorganismes et stopper les réactions enzymatiques et donc la dégradation de l'aliment.
- ✓ Les activités des micro-organismes, des enzymes ou des ferments dans le matériel sont éliminés par l'opération du séchage.
- ✓ La diminution du poids et du volume est une économie importante pour le conditionnement, le transport et le stockage.
- ✓ Le séchage des fruits et légumes permet d'améliorer leurs indices de digestibilité, de donner une meilleure acceptabilité des produits par les consommateurs s'il est sous une forme attrayante, de valoriser les produits locaux et de diversifier les produits existants.
- ✓ Le séchage permet la conservation des récoltes pour une vente ultérieure. Les produits séchés et bien emballés peuvent être vendus à des prix plus intéressants.
- ✓ Faire sécher fruits et légumes est une technologie simple et aiderait beaucoup à la diversification du régime alimentaire. Un diagramme de séchage des fruits a été élaboré par(**Brennan & Grandison, 2006**).

III.4 Modes de séchage

Deux mécanismes peuvent être mis en œuvre pour évaporer l'eau d'un produit : l'ébullition ou l'entraînement. L'idée la plus simple consiste à porter le produit à la température d'ébullition de l'eau, qui alors se vaporise. Mais pour obtenir une élimination poussée de l'eau sans altération excessive de la qualité des produits, on préfère bien souvent opérer à température plus basse en utilisant l'air comme gaz d'entraînement. Quel que soit le mode de séchage, c'est la pression de vapeur d'eau dans le produit qui détermine les échanges entre l'air et le produit (Bonazzi & Bimbenet, 2003).

III.4.1 Séchage par entraînement

Lorsqu'un produit humide est placé dans un courant de gaz (air le plus souvent) suffisamment chaud et sec, il s'établit un écart de température et de pression partielle tel que :

- ✓ L'air apporte au produit une partie au moins de l'énergie nécessaire à la vaporisation ;
- ✓ L'eau est évaporée sans ébullition sous l'effet du gradient de pression partielle d'eau.

La vapeur d'eau est transférée par conduction et convection du produit dans le milieu ambiant et est ensuite entraînée par l'air. Le produit se met spontanément à une température telle que les transferts de chaleur permettent l'évaporation d'un débit d'eau égal à celui capable de traverser la couche limite (compte tenu de ce qu'une petite partie de la chaleur est utilisée à échauffer le produit) (Bonazzi & Bimbenet, 2008).

III.4.2 Séchage par ébullition

L'ébullition a lieu lorsque la température du produit est élevée (par conduction sur une surface chaude, par rayonnement, par de la vapeur d'eau surchauffée, par immersion dans de l'huile chaude) à une valeur telle que la pression de vapeur d'eau de ce produit est égale à la pression totale ambiante : $p = p_t$

Il découle de cette définition que la température d'ébullition dépend de la pression totale (elle est plus basse sous vide qu'à pression atmosphérique) et de l'activité de l'eau du produit (elle augmente lorsque a_w diminue).

Le séchage par ébullition est mis en œuvre dans le cas du séchage par conduction, comme le sécheur cylindre (flocons de pomme de terre) (Bonazzi & Bimbenet, 2008).

III.5 Les voies de séchage

III.5.1 Voie mécanique

Se réalise par un simple transfert de quantité de mouvement mais pas avec un transfert thermique, exemple : centrifugation, filtration, égouttage, essorage, pressage (**Bonazzi& Bimbenet, 2008**).

III.5.2 Voie chimique

Méthodes extractives basées sur des interactions chimiques, physiques ou physicochimiques, telle que la déshydratation imprégnée par immersion, procédé basé sur l'utilisation de produits déshydratants (exemple : chlorure de calcium) pour extraire l'eau (**Schnell, 1983**).

III.5.3 Voie thermique

Ce type d'opération est essentiellement un transfert de masse nécessitant au préalable, une activation de l'eau par une certaine quantité d'énergie apportée par un transfert de chaleur (**Bonazzi& Bimbenet, 2003**).

III.6 Modes de transfert de chaleur et de matière

Les phénomènes de transfert mis en jeu au cours du processus de séchage peuvent être répartis en deux catégories : le transfert de chaleur et le transfert de matière :

III.6.1 Transfert de chaleur

La chaleur peut être transférée par trois modes différents : la conduction, la convection, et le rayonnement. Tous les modes de transfert de chaleur exigent l'existence d'une différence du gradient thermique(**Cengel, Klein, & Beckman, 1998**).

III.6.1.1 Conduction

La conduction thermique est la propagation de la chaleur, de molécule à molécule, dans un corps ou dans plusieurs corps contigus et non réfléchissants, sans qu'il y ait mouvement du milieu ou que ce mouvement intervient dans la transmission. Ce mode de transmission caractérise essentiellement les transferts de chaleur dans les solides où entre corps solides contigus. La conduction intervient également dans les liquides et les gaz mais, sauf dans le cas des liquides très visqueux ou des gaz emprisonnés dans des matériaux poreux, son effet est marginal par rapport à celui de la convection(**Charreau& Cavaille, 1991**).

III.6.1.2 Convection

La convection est le mode de transfert d'énergie entre une surface solide et l'adjacent liquide ou gaz qui est en mouvement, elle implique les effets combinés de la conduction et le mouvement du fluide. Plus le mouvement du fluide est rapide, plus le transfert de chaleur par convection est important. La convection est appelée forcée si le liquide est forcé de s'écouler sur la surface par des moyens extérieurs tels qu'un ventilateur, une pompe ou le vent. Alors, qu'elle est appelée convection naturelle (ou libre) si le mouvement du fluide est dû par les forces de flottabilité qui sont induites par les différences de densité due à la variation de la température dans le fluide (**Jannot, 2008**).

III.6.1.3 Rayonnement

Le rayonnement est l'énergie émise par la matière sous la forme d'ondes électromagnétiques (photons) à la suite des changements dans les configurations électroniques des atomes ou des molécules. Contrairement à la conduction et la convection, le transfert d'énergie par rayonnement ne nécessite pas la présence d'un support intermédiaire. En fait, le transfert d'énergie par rayonnement est plus rapide (à la vitesse de la lumière) et il ne subit aucune atténuation dans le vide (**Cengel, 2002**).

III.6.2 Transfert de matière

Lors du séchage, l'eau est transférée à la surface du produit sous forme de liquide (eau libre) et/ou sous forme de vapeur (eau libre et eau liée). Lorsque l'eau est présente en quantité suffisante dans le produit, elle diffuse de l'intérieur vers la surface sous l'effet du gradient de concentration. Pour des faibles teneurs en eau, ce sont les forces capillaires qui assurent le transfert. Alors que l'eau liquide présente sous forme d'ilots discontinus ainsi que l'eau liée après sa désorption, diffusent sous l'effet du gradient de pression partielle de vapeur d'eau (**Al-Haddad, 2007**).

III.6.2.1 Migration de vapeur d'eau

La vapeur migre par convection dans les pores et par diffusion à travers les parois séparant les pores. Au cours du séchage, la diffusion de vapeur est assurée par gradient de pression de vapeur (**Cengel et al., 1998**).

a. Teneur en eau

Aucun produit agricole dans son état naturel n'est complètement sec, l'eau est toujours présente. Deux méthodes sont utilisées pour calculer sa teneur en eau : en base humide (bh)

ou en base sèche (bs). En outre, la teneur en eau peut être exprimée en pourcentage ou comme un rapport décimal(Wilhelm, Suter, & Brusewitz, 2004).

b. Activité de l'eau

La disponibilité de l'eau dans le produit est un meilleur indicateur de sa nature périssable et qui favorise les activités de dégradation telles que l'action microbienne. L'activité de l'eau est un terme largement utilisé dans l'industrie alimentaire comme un indicateur de disponibilité de l'eau dans un produit(Wilhelm et al., 2004).

III.6.2.2 Taux d'humidité à l'équilibre

Un corps soumis pendant une longue période à une température et une humidité relative constantes, atteindra finalement un taux d'humidité en équilibre avec l'air environnant. Cela ne signifie pas que le corps et l'air ont la même teneur en humidité, il signifie simplement qu'une condition d'équilibre existe de manière qu'il n'y ait pas d'échange net de l'humidité entre le corps et l'air. Cette teneur en eau d'équilibre est en fonction de la température, l'humidité relative et le produit(Wilhelm et al., 2004).

III.7 Exemples des produits séchés

Une grande partie des aliments que nous consommons ont subi une opération de séchage. Le séchage peut être une étape nécessaire à la production du produit ou un rôle dans laconservation de l'aliment(Bimbenet, Bonazzi, & Dumoulin, 2002).De nombreux produits séchés sont cités dans le tableau VIII.

Tableau VIII. Principaux types de produits agricoles et alimentaires séchés(Bimbenet,1978).

Type de produits agricoles et alimentaires	Exemples	Intérêts de séchage
Produits agricoles peu hydratés	Céréales, graines oléagineuses, etc.	Stabilisation et/ou standardisation avant traitement industriel
Produits agricoles très hydratés	Lait et dérivés, légumes, plantes aromatiques et médicinales, fruits et viandes et	Allègement et stabilisation

poissons, œufs et dérivés, etc.

Produits issus de la transformation industrielle	Extraits de café et de thé, pâtes alimentaires, charcuterie, sauces, fromage, sucre, malt, caséine, gluten, etc.	Stabilisation et présentation
Sous-produits industriels	Pulpes de betterave, drêches de brasserie, lactosérum,	/

III.8 Choix du procédé deséchage

Les types des séchoirs utilisés pour sécher un produit donné sont basés sur le choix de l'appareil adéquat qui se fait alors en fonction de certain facteur(**Jannot, 2003**):

- ✓ La nature du produit (liquide, solide, pâte).
- ✓ Le taux d'humidité finale et initiale.
- ✓ Débit de produit exigé.
- ✓ Sensibilité de produit vis-à-vis de la chaleur.
- ✓ Sécurité de l'opération (toxicité, inflammabilité, etc.).

III.9 Influence des paramètres de l'air sur la cinétique de séchage

III.9.1 Influence de la température de l'air

La température de l'air asséchant influe considérablement sur la vitesse de séchage. Cette influence est due à l'apport de chaleur au produit qui croit avec la température de l'air. Elle est aussi à la température du produit qui est d'autant plus importante que la température de l'air élevée. Par conséquent, les conductivités de l'eau dans le produit deviennent importantes(**Touati, 2001**).

III.9.2 Influence de la vitesse de l'air

La vitesse de l'air influe effectivement sur la cinétique de séchage surtout au début de l'opération. Cependant, pour des produits dont la cinétique de séchage est contrôlée par le transport interne de l'eau, influence de la vitesse de séchage de l'air devient très faible(**Touati, 2001**).

III.9.3 Influence de l'humidité de l'air

La teneur en eau de l'air, joue un rôle important sur le comportement des cinétiques de séchage de certains produits, il semble que cette influence est plus importante au début de séchage et diminue lorsque la température de l'air augmente (Touati, 2001).

III.10 Phénomènes se produisant au cours du séchage

Les interactions entre l'eau et les autres constituants dépendent de la mobilité de l'eau et des solutés, entraînant des réactions, des transformations physiques, des phénomènes mécaniques lors du séchage, du stockage et de la consommation (Bonazzi & Dumoulin, 2011).

III.10.1 Les réactions biochimiques

Il s'agit des réactions de Maillard, de l'oxydation des vitamines et des matières grasses, de la dénaturation des protéines, des réactions enzymatiques, etc. Certains prétraitements permettent de réduire la vitesse de ces réactions. Les exemples classiques sont un traitement (léger) au SO₂ pour limiter les réactions de Maillard dans les fruits secs et le blanchiment pour réduire les réactions enzymatiques dans les légumes séchés (Bonazzi & Bimbenet, 2008).

III.10.2 Les transferts physiques

Il y'a divers types : diminution de l'activité de l'eau (a_w), transition vitreuse, fusion des matières grasses, évaporation des constituants volatils, migration ou rétention des constituants volatils ou non. Ces transferts sont liés à la perte et aux évolutions de températures du produit au cours du séchage (Bonazzi & Bimbenet, 2008).

III.10.3 Les phénomènes mécaniques

Nous citons le croûtage, les déformations, les fissures... ces changements ne sont que partiellement réversibles lors de la réhydratation. En un mot, le séchage industriel des aliments impose un besoin constant d'améliorer les coûts, l'efficacité du procédé et la qualité du produit final (Bonazzi & Bimbenet, 2008).

III.11 Différents types d'application du séchage

Il existe de nombreuses applications de séchage. Selon le domaine, on retrouve :

III.11.1 Séchage industriel

III.11.1.A Séchage à l'air chaud

C'est la méthode de séchage la plus commune pour les aliments. Plusieurs chercheurs ont souligné que le séchage à l'air chaud, (à des températures élevées), provoque une dégradation importante des attribues de la qualité alimentaire tels que : la couleur, la saveur, la texture, un sévère rétrécissement, réduction de la densité et la capacité de réhydratation, endommagement des caractéristiques sensorielles et la migration des solutés vers la surface de l'aliment(Maskan, 2000).

III.11.1.B Séchage à l'étuve (séchage conventionnel)

Il faut préciser la consigne de température de l'étuve, le temps de séjour, et la taille de l'échantillon à tester. Même si cette taille n'est pas en général critique, le temps de séjour dans l'étuve doit être adapté au rapport surface/volume. On appelle « matière sèche » la masse finale constante restante, et la perte de masse (différence entre la pesée avant et après séchage) donne la teneur en eau initiale. L'humidité de l'air présente dans l'étuve peut être augmentée par la vapeur émise par les échantillons séchés, en fonction du renouvellement de l'atmosphère interne de l'étuve (rarement précisé), et en fonction des hétérogénéités de température dans l'étuve, (préférer les étuves « ventilées », à ventilation forcée)(Vasseur, 2009).

III.11.2 Séchage par micro-ondes

Le séchage par micro-onde (encore appelé séchage hyperfréquence ou ultra-haute fréquence) est identique à celui du chauffage haute fréquence et se caractérise par l'absorption d'un rayonnement électromagnétique par le produit à chauffer(Roussy, Rochas, & Oberlin, 2003).

Le séchage des fruits et légumes par micro-onde est une méthode efficace dans la réduction du temps de séchage (méthode de séchage très rapide). Dans certains cas, elle peut aussi être efficace dans l'amélioration de la qualité du produit. Les micro-ondes sont des ondes électromagnétiques, leurs gammes de fréquences est 300MHz à 300GHz. Quel que soit l'usage (domestique, médical ou industriel), la fréquence réglementaire est de 2,45 GHz(Z. Li, Raghavan, Wang, & Vigneault, 2011). Les techniques de séchages par micro-ondes ont approuvé leurs efficacité pour certains nombre de produits agricoles (les herbes)(Ozkan, Akbudak, & Akbudak, 2007).

III.12 Avantages et inconvénients du séchage

III.12.1 Les avantages

Les avantages du séchage sont résumés par **Brennan & Grandison (2006)**, comme suit :

- ✓ Le séchage augmente la durée de conservation de l'aliment par une stabilisation de produit. L'abaissement de l'activité de l'eau a pour effet d'inactiver les enzymes et de stopper le développement de la flore microbienne. La conservation optimale de nombreux produits biologiques est située à un intervalle d'activité d'eau comprise entre 0,2 et 0,35.
- ✓ Une standardisation de produit final (teneur en eau constante, produit fini homogène).
- ✓ Une diminution de la masse et le volume de produit ce qui facilite le transport et le stockage de ce dernier.
- ✓ Dans quelque cas, une présentation particulière est donnée au produit.

III.12.2 Les inconvénients

Les auteurs **Belala et Bedjou (1989)** cités par **Ounissi(2009)**, résumant les inconvénients du séchage :

- ✓ Perte de vitamine A (3% pour les légumes) après 6 mois de conservation.
- ✓ Altération de la vitamine B1 (10 à 20%).
- ✓ Perte de la vitamine C (35%).
- ✓ Insolubilisation des protéines entraînant le goût de cuit.
- ✓ Migration des constituants solubles.
- ✓ Formation d'une couche gommeuse imperméable suite à un séchage rapide.
- ✓ Concentration de la coloration.
- ✓ Réaction de Maillard (brunissement) suite à un surchauffage.
- ✓ Coût énergétique élevé(**Brennan& Grandison, 2006**).

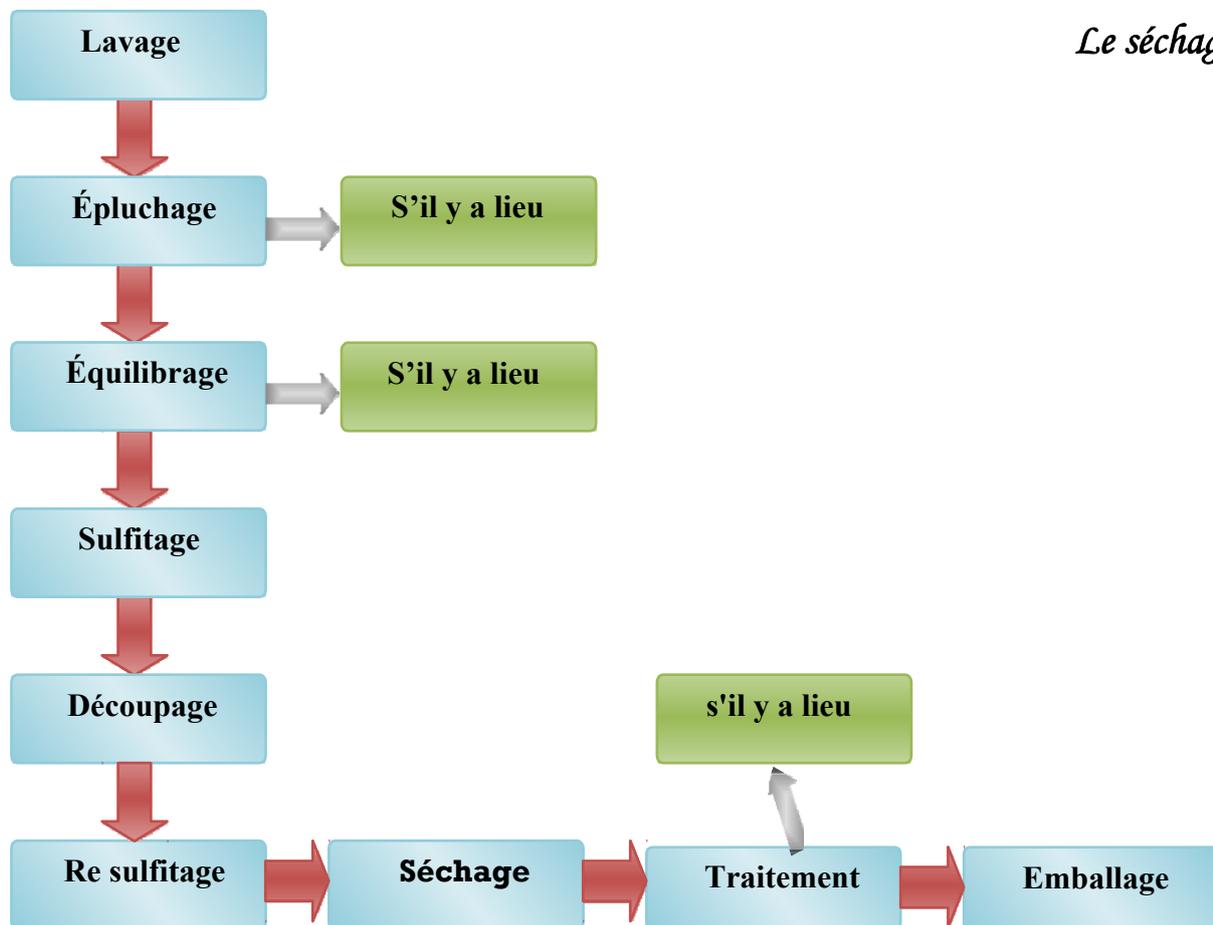


Figure12. Diagramme de séchage des fruits(Brennan& Grandison, 2006).

La qualité des aliments séchés dépend de la méthode du séchage adoptée, des conditions opératoires et de la nature et de la qualité de la matière première. Les conditions et la durée de stockage ont également un impact non négligeable. La qualité des aliments séchés est souvent estimée à travers leurs textures et leurs capacités de réhydratation. Cependant, la dégradation de la composition chimique, et les pertes de couleur, saveur et arôme doivent soigneusement être contrôlées pour garantir un minimum d'impact sur la qualité du produit(Kwok, Hu, Durance, & Kitts, 2004).

Ces phénomènes de dégradation, normalement associés à une surchauffe, se limitent dans un premier temps à un simple changement de couleur du produit. Toutefois, à une étape plus avancée, vont également affecter le goût, la capacité de réhydratation et les qualités organoleptiques. Normalement, l'effet du séchage sur la valeur nutritionnelle des aliments est tout naturellement dû au couple durée - température du traitement. Les dommages thermiques se traduisent principalement par des dégradations nutritionnelles, biochimique. Dans de nombreuses opérations, le niveau de température du produit en début de l'opération est nettement inférieur à celle de l'air proprement dite du fait de la grande évaporation. Ce n'est qu'au cours de l'étape finale que les principales dégradations d'origine thermique interviennent. Dans le cas des micro-ondes, la dégradation thermique peut

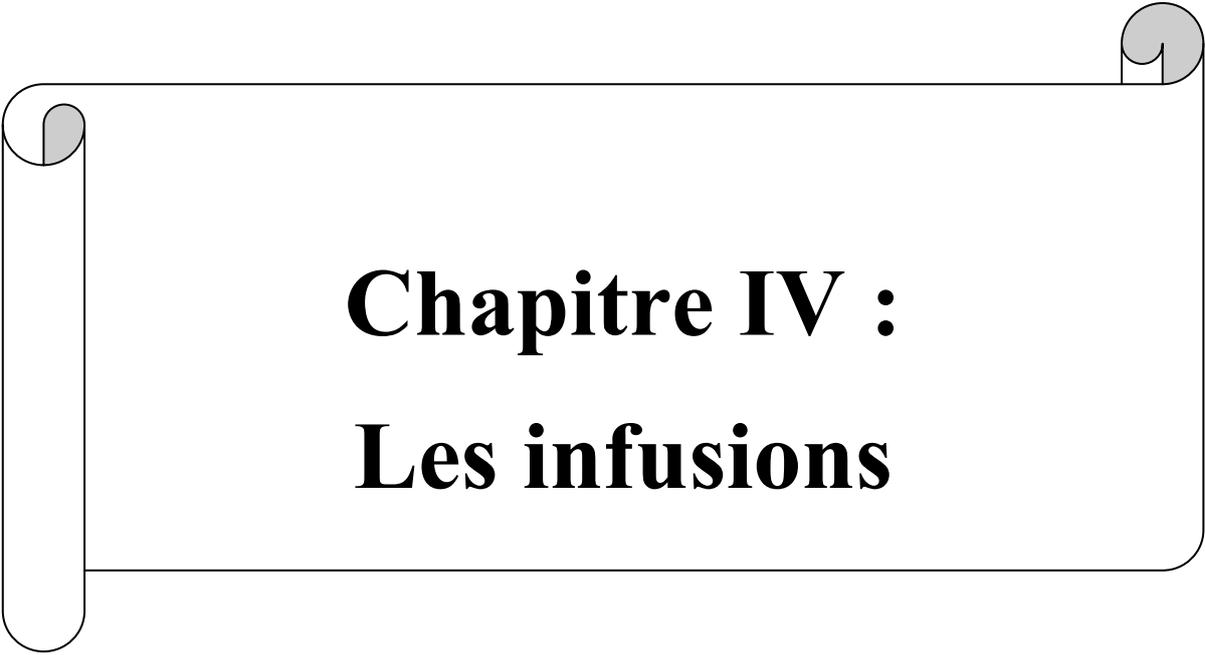
intervenir dès le démarrage de l'opération en raison du mode de chauffage (volumique): la première étape de séchage est nettement plus avantageuse quand elle est réalisée par air chaud que par micro-ondes. L'absence de régulation intrinsèque du chauffage par micro-ondes au cours de cette étape empire encore plus ces effets(**Kwok et al., 2004**).

Tableau IX. La synthèse non exhaustive de la littérature sur les différentes méthodes de séchages des aliments.

Produit	Processus	Conditions	Performances	Références
Cerise (<i>Prunuscerasus l.</i>)	Séchage et réhydratation.	Températures de 60, 70 et 80 °C. Vitesses de l'air de 0,3, 0,6 et 0,9 m/s.	La diffusivité effective de la cerise acide variait entre $3,46 \times 10^{-9}$ et $13,08 \times 10^{-9} \text{m}^2/\text{s}$. L'énergie d'activation de la cerise aigre est de 64,39-66,05 KJ/mol. La capacité de réhydratation des échantillons séchés à une température de l'air de 70°C et à une vitesse de l'air de 0,3 m/s.	(Aghbashlo, Kianmehr, & HASSAN-BEYGI, 2010)
Trois variétés de mangue (<i>Amélie, Zill et Irwin</i>) et une variété locale (<i>Horé Wandou</i>)	Séchoir solaire, soit par exposition directe au soleil.	La récolte à deux degrés de maturité : maturité commerciale et maturité avancée.	-Après un séchage à 50 °C pendant 24 h (séchoir électrique), les lamelles de mangue séchées obtenues ont présenté une teneur en eau comprise entre (16 et 24%). -Les taux moyens de conservation des constituants (vitamines C, sucre réducteurs, extraits secs solubles) après séchage ont été supérieurs à 56% sauf pour la teneur en fibres dont le taux de conservation a été de 16%.	(Kameni, Mbofung, Ngnamtam, Doassem, & Hamadou, 2003)
Abricots	Séchoir solaire à convection forcée	Avant de sécher, les oreillons d'abricots ont subi les trois prétraitements suivants : Le blanchiment, le sulfitage et la	-le blanchiment a un effet très significatif sur la perte du poids au cours du séchage, par contre le sulfitage n'a aucune influence. -La valeur de l'activité de l'eau des abricots	(Ferradji, Malek, Bedoud, Baziz, & Aoua, 2001)

		déshydratation osmotique partielle.	partiellement déshydratés et séchés est comprise entre 0,5 et 0,65.	
Pommes de terre	Séchage par un le séchoir cyclonique de type convectif.	Tranches de pommes de terre d'une épaisseur de 12,5 et 8 mm. Températures d'entrée d'air de séchage de 60, 70 et 80°C. Les vitesses d'air de séchage de 1 et 1,5 m/s.	Les tranches de pommes de terre d'une épaisseur de 12,5 mm séchent parfaitement entre 460 et 740 min tandis que celles d'une épaisseur de 8 mm séchent entre 280 et 520 min.	(Akpinar, Midilli, & Bicer, 2003)
Poivron rouge (<i>Capsicum annuum</i> L.)	-Séchage sous vide pulsé. -Le séchage à l'air chaud assisté par infrarouge. -Le séchage à l'air chaud.	-Stocké dans un réfrigérateur à 4±1°C et 90±5% d'humidité avant le traitement. -La teneur en humidité était de 74,40±0,85%. -Température 70°C pendant 24 h.	L'étude a indiqué que le séchage sous vide pulsé est une méthode prometteuse pour la conservation de la qualité du poivron rouge, notamment à 70°C.	(Deng et al., 2018)

Myrtilles (<i>Vaccinium corymbosum L.</i>)	<p>-le séchage par convection à l'air chaud.</p> <p>-le séchage sous vide par micro-ondes.</p> <p>-le séchage par convection à l'air chaud en plusieurs étapes et le séchage sous vide par micro-ondes.</p>	<p>-Le poids des myrtilles était de 6,29 kg.</p> <p>-conservé dans un réfrigérateur à 2 ± 1 °C et à 90% d'humidité.</p>	<p>Le séchage assisté par micro-ondes avec une étape de pré-séchage à l'air chaud à 80°C a permis d'obtenir des taux de réhydratation initiale plus élevés (de 0,27 à 0,46 min).</p>	(Zielinska & Markowski, 2016)
Le piment rouge frais (<i>Capsicumfrutescens L.</i>)	<p>Séchage sous vide par micro-ondes assisté par rayonnement infrarouge.</p>	<p>-L'infrarouge lointain a été appliquée à 100, 200 et 300 W.</p> <p>-Une pression absolue de 21,33 ; 28,00 et 34,66 KPa.</p>	<p>Le séchage à une puissance de micro-ondes plus élevée, à une puissance de la FIR et la pression absolue plus faible ont permis de réduire le temps de séchage.</p>	(Saengrayap, Tansakul, & Mittal, 2015)
Les tomates cerises	<p>Séchage à l'air chaud</p>	<p>-Température de séchage est de 70°C.</p> <p>-Les fruits ont un diamètre de 20-2 mm et d'un poids de 18-0,5 g.</p> <p>-La teneur moyenne en humidité des tomates cerises sans peau initiales était de $94,43 \pm 0,35\%$</p>	<p>-le changement de couleur et la dureté des échantillons séchés de 32,26%, 18,11% et 88,21%, respectivement.</p> <p>-augmentation du taux de rétention de la vitamine C de 72,31% à 125,82%.</p>	(An et al., 2013)



Chapitre IV :

Les infusions

IV.1 Définition de l'infusion

L'extraction est un procédé utilisé pour séparer les composants utiles et bénéfiques à partir du mélange de milieu solide ou liquide. De nombreux procédés utilisés dans l'extraction des composants bioactifs à partir de plantes. Ceux-ci comprennent l'infusion (**Thiagarajah, Ong, Teh, & Lye, 2019**).

L'infusion implique une immersion du matériel végétal dans une suspension de l'eau chaude (bouillie ou appropriée à une certaine température) pendant une période de temps pour extraire ses composés phyto-chimiques et saveurs. Le mélange résultant sera ensuite filtré à l'aide d'un filtre ou d'un tamis. Le filtrat est également appelé infusion. Le liquide filtré peut être consommées frais directement, réfrigéré, ou en bouteille pour une durée de vie plus longue et une utilisation future (**Thiagarajah et al., 2019**).

L'infusion à base de plantes est l'une des boissons les plus consommées dans le monde en raison de sa richesse en composés polyphénoliques.

IV. 2 Facteurs recommandés lors d'une infusion

De nombreuses recherches ont eu recours à des solvants organiques comme le procédé d'extraction sur les fruits. Cependant, l'eau a été largement utilisée en raison de ses propriétés physico-chimiques uniques pour retenir l'état liquide à partir de la température ambiante. Une extraction à l'eau chaude ou subcritique (SWE) est généralement appliquée à l'extraction des phytochimiques dans des matières végétales comme les fruits, les légumes et les herbes. Cette eau sous pression dans des conditions sous-critiques à faible polarité peut solubiliser à la fois des composés organiques non polaires (à haute température) et polaires (à basse température) tels que des composés phytochimiques. En effet, les composés phytochimiques sont généralement insolubles dans l'eau à température ambiante. Différentes températures de l'eau utilisée peuvent influencer la concentration des composés phénoliques dans une infusion (**Thiagarajah et al., 2019**).

IV.3 Les composés organiques d'infusion de plante

Des études ont montré que les composés phytochimiques tels que les acides phénoliques, Minéraux et acides organiques sont disponibles dans des infusions à base de

plantes et ces composés ont des effets bénéfiques dans le corps favorisant une bonne santé et réduire les risques de contracter des maladies chroniques(Thiagarajah et al., 2019).

IV.4 Bénéfices et mécanismes d'actions des infusions à base de plante

L'eau infusée par les plantes peut être utilisée pour contrôler des maladies chroniques en raison de leurs effets bénéfiques sur la santé tels que rapportés : antioxydant, antidiabétiques, anti-inflammatoire, antihypertenseur, anticancéreux et antibactérien **Tableau X**. Des études antérieures ont montré que les plantes infusées l'eau présentait une activité antioxydante par piégeage des radicaux libres ou activité réductrice d'ions, prévenant ainsi les lésions tissulaires ou des dommages (Thiagarajah et al., 2019).

Tableau X : Propriétés bénéfiques et leurs mécanismes d'actions des infusions à base de plante(Thiagarajah et al., 2019).

Propriétés bénéfiques	Mécanisme d'action
Capacité antioxydante	Peroxydation lipidique Prévention des dommages oxydatifs de l'ADN Piégeur ERO / RNS Suppression de la formation de ROS
Effet antimicrobiens	Effets inhibiteurs sur <i>S. epidermidis</i> , <i>K.pneumonia</i> , <i>P.vulgaris</i> , <i>P.mirabilis</i> , <i>E. aerogenus</i> , etc
Effet anti-inflammatoire	L'inhibition de la production de cytokines
Effet anti-hyperglycémique	Inhibition des enzymes de l'organisme α - glucosidase or α -amylase, pour libérer le glucose des aliments
Effet anti-glycation	L'inhibition de la production d'AGEs
Contrôle du poids corporel	Suppression de la lipase pancréatique
Effet anti-hypertenseur	L'inhibition de l'activité de l'ECA
Effet antipaludéen	Composé actif de l'artémisinine pour réduire le risque de résistance des protozoaires.
Chimio prévention	Régulation des voies de prolifération et de mort cellulaire par : -Inhibition de l'activité kinase -Induction de l'apoptose -Suppression de la sécrétion des matrices métalloprotéinases.

IV.5 Exemple le plus courant de matériel végétal utilisé en infusion

Un exemple courant de matériel végétal utilisé en infusion à base de plantes est la feuille de *Camellia sinensis*. IL est également connu sous le nom du thé vert **Figure 13**(Thiagarajah et al., 2019)découvert par les Chinois il y a de cela environ 5000 ans, a longtemps été exclusivement considéré comme un remède. On lui attribuait le pouvoir de détoxifier l'organisme, de délasser les membres et d'éclaircir l'esprit. Ce n'est que bien plus tard qu'on commença à le boire pour le simple plaisir. Le thé contient plus de 4.000 produits chimiques dont certains sont bioactifs(Kabouche, 2010).



Figure 13. La plante de thé vert *Camellia sinensis*

IV.5.1 Le milieu de culture

Les théiers aiment les climats tempérés mais très humides, connaissant une pluviosité d'environ 2000 mm par an. Exigeant en outre un ensoleillement moyen de cinq heures par jour, ils s'épanouissent donc avec bonheur dans les régions bénéficiant de journées ensoleillées suivies par des nuits pluvieuses. Ils apprécient les vents frais d'altitude et les sols meubles, profonds et de préférence acides. Les meilleurs crus naissent toujours à haute altitude(van Driem, 2019). La température doit être comprise entre 10 et 30°C. Si celle-ci passe en dessous de -5°C, le théier meurt(Mossion, 2007).

IV.5.2 Composition chimique du thé vert

La feuille de thé ne contient pas moins de 350 constituants. Sa composition **Tableau XI** qualitative et quantitative est dépendante du mode de fabrication, du type de culture et du type de cueillette(Benaraba, 2007).

Tableau XI. Composition chimique de la feuille de thé, exprimée en pourcentage par rapport au poids sec(Krieps, 2009).

Composition de la feuille de thé fraiche	Quantité (en % de la matière sèche)
Polyphénols	20 à 36
Flavonols	25
Acides phénols	3
Caféine	2 à 4 ou plus
Théophylline	0.02 à 0.04
Glucides	5
Protéines	15
Acides aminés	3 à 4
Lipides	2 à 3
Minéraux	3 à 5
Cellulose	7
Caroténoïdes	<0.1
Chlorophylle	0.5
Composés volatils	0.01 à 0.02
Cendres	5

IV.5.3 La préparation du Thé

La préparation du thé est l'art de respecter la propriété du thé que l'on souhaite déguster, afin de ne pas en gâcher la saveur. La réussite d'une bonne préparation tient majoritairement au choix de la méthode, de l'eau et de sa température, ainsi que du temps d'infusion. Cela demande une certaine connaissance, sous risque de rater l'infusion(Kabouche, 2010). En effet, Il faut utiliser une eau fraiche à pH neutre peu calcaire, filtrée ou faiblement minéralisée. La température de l'eau ne doit être jamais au-dessus de 95°C(Nacer& Bouras, 2014).

Pour le thé vert la température d'infusion est entre 70et 85°C(Krieps, 2009). De plus, le temps d'infusion varie sensiblement selon les variétés, pour le thé vert est de 1 à 4 minutes(Nacer& Bouras, 2014).

IV.5.4 Production et consommation du thé

Le théier est actuellement cultivé dans 36 pays tropicaux et semi-tropicaux. La production mondiale de thé a atteint 6.3 millions de tonnes en 2018(FAO, 2018).La Chine reste le premier producteur mondial de thé(Nkhili, 2009).

Actuellement, le thé est la boisson la plus consommée dans le monde après l'eau plate. Il est consommé en raison de sa saveur, ses caractéristiques aromatiques et effets bénéfiques pour la santé(Nkhili, 2009).

IV.5.5 Domaines d'utilisation du thé

L'industrie agroalimentaire est la source de débouché traditionnel du thé. Qu'il soit consommé, froid, chaud, en sachet ou en vrac, elle représente la majeure partie des ventes du thé au monde(Nkhili, 2009).Pour les sodas, 30% des sodas consommés au Japon contiennent du thé vert, contre 4 % dans le reste du monde(Kabouche, 2010).

De nombreux compléments alimentaires ou produits de parapharmacie, utilisés pour « drainer l'organisme » et « brûler les graisses », contiennent des extraits de *Camellia sinensis* en association avec des plantes aux propriétés complémentaires(Kriepps, 2009).

De nombreux nouveaux produits font référence au potentiel antioxydant du thé vert, la présence de catéchines est également mentionnée dans certains cosmétiques, comme les masques du visage et les hydratants(Kabouche, 2010).

IV.5.6 Thé vert et santé

IV.5.6.1 Maladies cardio-vasculaires

Le thé vert, consommé régulièrement, peut aider à prévenir des affections cardio-vasculaires. Il agit positivement sur le taux du cholestérol total en faisant baisser le taux du cholestérol LDL (le mauvais) et augmenter le taux du cholestérol HDL (celui qui protège les artères)(Larfi& Khiri, 2015).

IV.5.6.2 Maladies chroniques

L'épigallocatechine gallate (EGCG) est la principale catéchine, un polyphénol que l'on trouve dans le thé vert. C'est un puissant antioxydant capable de neutraliser les espèces réactives oxygénées et les radicaux libres lourdement impliqués dans le vieillissement et les maladies chroniques dégénératives. La recherche a montré que l'EGCG pourrait avoir des

effets bénéfiques dans le cas de nombreuses maladies, incluant le diabète, les maladies neurodégénératives ou l'excès de poids (**Huet & Fleurentin, 2013**).

IV.5.6.3 Cancers

De nombreuses études épidémiologiques ont recherché si des populations asiatiques consommant quotidiennement du thé vert présentaient moins de cancers que les autres. Une revue de la littérature du groupe Cochrane mise à jour en 2009 a retenu 50 études épidémiologiques, les auteurs concluent que les données disponibles ne permettent pas d'affirmer que le thé vert prévient des cancers, notamment du fait de l'inconstance des résultats (**Huet & Fleurentin, 2013**).

IV.5.6.4 Troubles gastro-intestinaux

Contrairement au café, le thé vert n'irrite ni l'estomac ni l'intestin. Celui-ci peut s'avérer particulièrement utile en cas de diarrhées, de troubles gastriques, d'aigreurs et de manque d'appétit. L'action anti-inflammatoire et antibiotique des saponines et des flavonoïdes qu'il contient permet la résolution des inflammations dans la région gastro-intestinale (**Larfi & Khiri, 2015**).

Du fait de sa teneur élevée en minéraux, le thé vert est très efficace pour compenser les pertes dues à la déshydratation. Son action alcalinisant permet en outre de réduire l'acidité gastrique. Enfin, les tanins stimulent l'appétit et favorisent la digestion (**Larfi & Khiri, 2015**).

IV.5.6.5 Premiers soins

Non seulement le thé vert est un excellent moyen de prévention contre différentes maladies, mais il peut aussi servir de traitement d'appoint pour un nombre de maux courants. Bien employé, il accélère souvent les processus de guérison et peut par conséquent compléter avantageusement un traitement médicamenteux ou une thérapie manuelle (**Larfi & Khiri, 2015**).

IV.5.7 Toxicité

La consommation régulière du thé, sous forme d'infusion ou de décoction, comme c'est le cas dans les populations sahariennes, peut créer une intoxication chronique et le théisme qui se manifeste par de l'insomnie, de l'anorexie, de la perte de poids, de la constipation et des troubles nerveux (**Nkhili, 2009**).

Du fait de la forte teneur du thé en potassium, les personnes atteintes d'insuffisance rénale doivent réduire leur consommation (**Krieps, 2009**).

Les préparations orales de thé sont destinées aux adultes et enfants de plus de 12 ans. Par précaution, et en raison d'un manque d'études, celles-ci sont déconseillées chez les femmes enceintes(**Krieps, 2009**).

Contrairement aux médicaments qui résultent de l'isolement de certains principes actifs dans l'objectif de traiter une affection bien spécifique, les plantes médicinales ne subissent aucun isolement de leurs principes actifs. En utilisant les techniques d'infusion, de macération de décoction, etc. L'infusion repose sur la dissolution d'espèces chimiques dans un liquide, il est donc nécessaire de choisir un solvant ou la solubilité de ces espèces est suffisante. L'utilisation d'un liquide chaud permet d'une part d'accroître la solubilité des espèces chimiques et d'accélérer le phénomène de dissolution, cette dernière peut être facilitée en utilisant un solide sous forme « divisée », c'est-à-dire séparé en des petites parties telles que des morceaux voir des grains ou de la poudre. Cette division permet de faciliter le contact entre le solvant et les espèces chimiques ce qui accélère leur dissolution(**Seddik, Nadjet, Abderrahmane, Daoud, & Lekhmici, 2010**).

Tableau XII. La synthèse non exhaustive de la littérature sur les infusions de différentes variétés de thé.

Produit	Processus	Conditions	Performances	Références
Thé vert	Infusion	-30 échantillons de thé vert.	Les catéchines sont les principaux composés gustatifs du thé vert, contribuant à l'amertume et à l'astringence de ses infusions.	(Y.-Q. Xu et al., 2018)
		-3,0 g pour chaque échantillon.		
Thé vert en poudre instantané	Infusion	-Infusé dans de l'eau bouillante (150mL) pendant 5 minutes.	-Le Ca ²⁺ , la caféine et les polyphénols influencent considérablement sur la formation de sédiments dans les infusions.	(Y.-Q. Xu et al., 2015)
		-Les infusions de thé clarifiées (25°C).		
		Infusé dans l'eau pure à 85°C pendant 25 min.	-La réduction du Ca ²⁺ et de la caféine a le potentiel d'inhiber la formation de sédiments dans le thé vert car l'élimination des polyphénols affecte négativement le goût et les effets	

			physiologiques du thé vert.	
Thé noir de feuilles de <i>Camellia sinensis</i>	-Infusion -HPLC	150 g d'eau ultra pure à 95°C ont été ajoutés à 3 g de feuilles.	La modélisation d'infusions de thé par des solutions contenant uniquement de la caféine (CAF) et des polyphénols a prouvé que ces composés interagissent dans une eau ultra pure. Pour les autres eaux, le phénomène est plus compliqué en raison de la dégradation des polyphénols.	(Couzinet-Mossion et al., 2010)
Thé vert (<i>Camellia sinensis</i>) et quelques écorces d'agrumes <i>Shaddock</i>(<i>Citrus maxima</i>), pamplemousse (<i>Citrus paradisi</i>), et l'orange (<i>Citrus sinensis</i>)	Infusion	-Le thé vert et les écorces ont été séchés au soleil pendant 7 jours et réduits en fine poudre. -Tremper les échantillons dans de l'eau bouillante pendant 5 minutes.	Les propriétés antioxydantes et l'inhibition de la Monoamine Oxydase (MAO) et du Butyrylcholinestérase (BChE) par les infusions de thé vert et de zestes d'agrumes en font de bons moyens alimentaires pour la gestion des affections neurodégénératives.	(Ademosun & Oboh, 2014)
Le thé vert de qualité moyenne	-infusion	-3g dans 300 mL d'eau distillée à 85°C pendant 15 min.	L'extraction par les ultrasons pourrait inhiber l'extraction des protéines et de	(Xia, Shi, & Wan, 2006)

	-ultrasons	-Un bain de nettoyage à ultrasons (40 kHz, 250 W). -température d'extraction 60°C et temps d'extraction 40 min.	la pectine, ce qui améliorerait la qualité sensorielle de la boisson au thé.	
Douze variétés de thé aux fleurs et aux herbes	Infusion Micro-ondes	-0,25g d'échantillon. -ajout de 5,0 mL de HNO ₃ concentré et de 1,0 mL de H ₂ O ₂ à 30% (m/m). -la température a été portée à 130 °C en 10 minutes, et maintenu pendant 10 minutes, puis augmenté à 200°C en 5 min et maintenu pendant 30 min.	La teneur en élément de terre rares (ETR) de la tisane de fleurs et d'herbes varie entre 94,6 à 7492 µg Kg ⁻¹ . Les ETR les plus abondants étaient le Ce, le La, Sc, Y et Nd comme le contenu de ces éléments représentant 84,5-89,7% des ETR dans les thés de fleurs et d'herbes mesurés	(Ni, Ren, Cheng, & Tang, 2017)
Feuilles de thé vert entières (Theasinensis L.)	Micro-ondes	-éthanol (100%, v/v), -temps (0.5 à 8 min), -temps de pré-lixiviation (0/90min) avant le micro-onde.	Il a été démontré que le MOE est une méthode efficace pour l'extraction des polyphénols et la caféine des feuilles de thé vert. Par rapport aux méthodes d'extraction conventionnelles.	(Pan, Niu, & Liu, 2003)

**Thés blancs et les thés
verts**

Infusion

-2g de feuilles de thé (ou un sachet de thé) a été mis dans 150 mL d'eau.

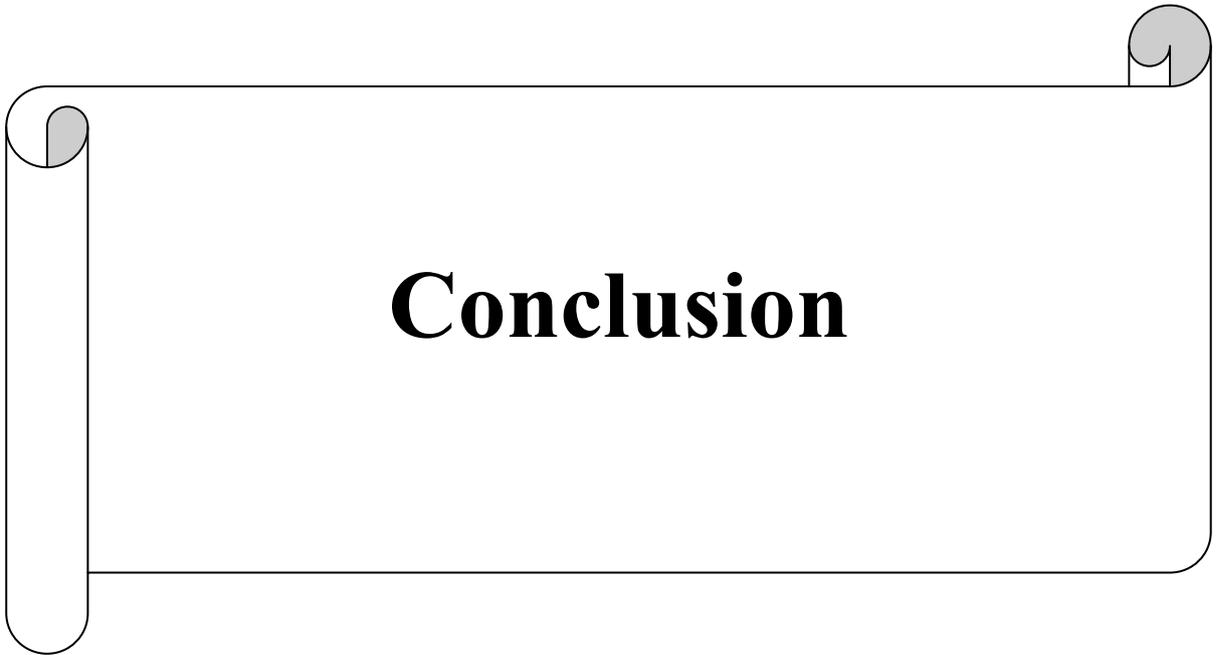
-L'eau minérale a été chauffée à 60, 70, 80, 90 et 98 °C

-L'échantillon de thé a été laissé pendant 3, 5, 7, 10 et 15 minutes

-conservation à -80 °C.

Le brassage à 98 °C pendant 7 minutes était la meilleure condition pour obtenir une teneur élevée en polyphénols, antioxydants et des propriétés sensorielles agréables.

**(Pérez-Burillo,
Giménez, Rufián-
Henares, &
Pastoriza, 2018)**

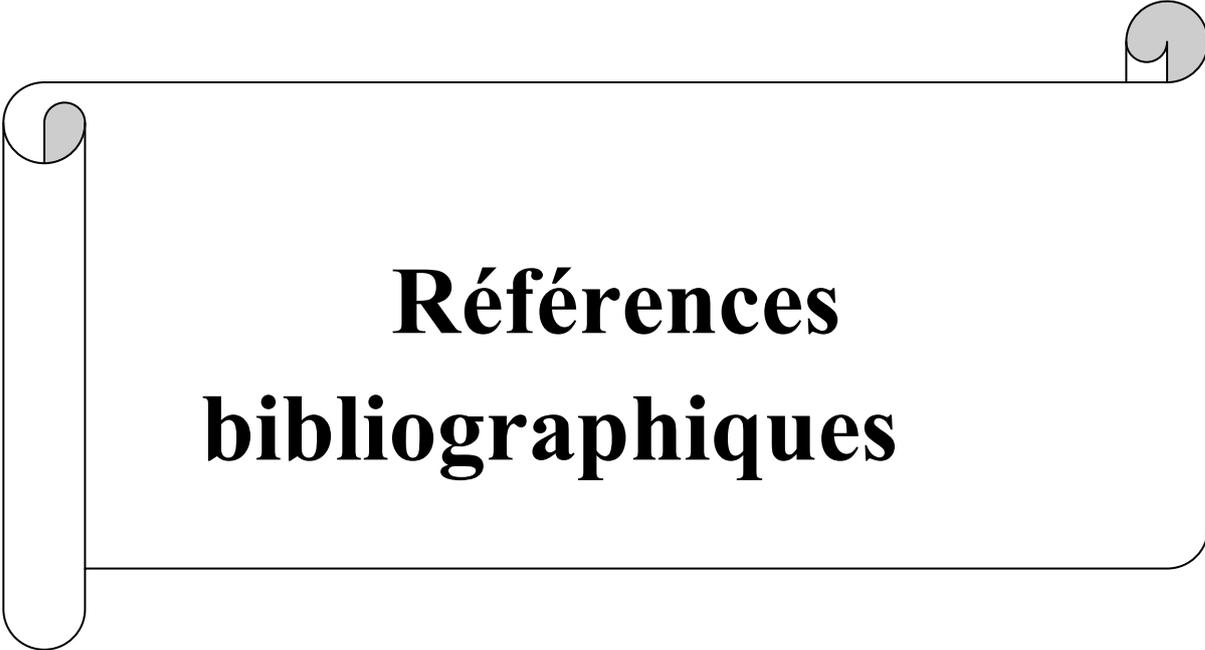


Conclusion

Dans l'industrie agroalimentaire, les phytomolécules contribuent significativement à l'amélioration de la biotechnologie végétale, le développement de nouvelles méthodologies de production et la transformation de molécules constituent un objectif majeur et une préoccupation permanente pour de nombreux chercheurs.

Le confinement imposé par le contexte pandémique du Covid-19a entravé le bon déroulement du projet de fin d'étude, ce qui a imposé de s'enpasser de la partie pratique, cette période rude était révélatrice et à la fois incitante à de nouveaux changements, une réadaptation du PFE en étude dédiée exclusivement à l'état de l'art a été suivie.

Ce travail s'inscrit donc dans le cadre de la valorisation de *Citrus sinensis*L.d'intérêt alimentaire et thérapeutique, où le but de cette étude est synthèse bibliographique sur le procédé conventionnel d'infusion des poudres séchés des végétaux en vue d'une éventuelle optimisation future du procédé d'infusion par la méthode des plans d'expérience sur la base de ces composés phytochimiques et la validation sensorielle par un panel dédié.



**Références
bibliographiques**

Références bibliographiques

A

- Abouo, V. N., Sadat, A., Akmel, C. D., Assidjo, E. N., & Amani, G. N.** (2016). Impact of Solar and Microwave Oven Drying on A Few Chemical Parameters of Market Value Quality of Fermented Forastero (*Theobroma Cacao L.*). *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 12(4), 402-406.
- Ademosun, A. O., & Oboh, G.** (2014). Comparison of the inhibition of monoamine oxidase and butyrylcholinesterase activities by infusions from green tea and some citrus peels. *International Journal of Alzheimer's Disease*, 2014.
- Aghbashlo, M., Kianmehr, M. H., & Hassan-Beygi, S. R.** (2010). Drying and rehydration characteristics of sour cherry (*Prunus cerasus L.*). *Journal of Food Processing and Preservation*, 34(3), 351-365.
- Akpinar, E., Midilli, A., & Bicer, Y.** (2003). Single layer drying behaviour of potato slices in a convective cyclone dryer and mathematical modeling. *Energy conversion and management*, 44(10), 1689-1705.
- Al-Haddad, M.** (2007). *Contribution théorique et modélisation des phénomènes instantanés dans les opérations d'autovaporisation et de déshydratation.*
- Alene, A.** (2016). *Extraction and Characterization of Antioxidant from Orange Peels.* Addis Ababa University.
- Alibas, I.** (2007). Microwave, air and combined microwave–air-drying parameters of pumpkin slices. *LWT-food science and technology*, 40(8), 1445-1451.
- An, K., Li, H., Zhao, D., Ding, S., Tao, H., & Wang, Z.** (2013). Effect of osmotic dehydration with pulsed vacuum on hot-air drying kinetics and quality attributes of cherry tomatoes. *Drying Technology*, 31(6), 698-706.

B

- Barreca, D., Bellocco, E., Ficarra, S., Laganà, G., Galtieri, A., Tellone, E., & Gattuso, G.** (2018). Analysis of C-Glycosyl Flavones and 3-Hydroxy-3-methylglutaryl-glycosyl Derivatives in Blood Oranges (*Citrus sinensis (L.) Osbeck*) Juices and Their Influence on Biological Activity *Advances in Plant Phenolics: From Chemistry to Human Health* (pp. 67-80): ACS Publications.

- Barboni, T. (2006).** *Contribution de méthodes de la chimie analytique à l'amélioration de la qualité de fruits et à la détermination de mécanismes (EGE) et de risques d'incendie* (Doctoral dissertation).
- Belmehdi, T., & Boudries, H. (2018).** Optimisation des conditions d'extraction des antioxydants à partir du sous-produit industriel de fabrication des jus d'orange.
- Benaraba, R. (2007).** *Insulinorésistance et stress oxydant dans le syndrome métabolique: étude expérimentale des effets protecteurs de microconstituants nutritionnels (Polyphénols du thé, de la cannelle et chrome III)*.
- Bimbenet, J.-J. (1978).** *Le séchage dans les industries agricoles et alimentaires*: SEPAIC.
- Bimbenet, J., Bonazzi, C., & Dumoulin, E. (2002).** Séchage, Cuisson, Cuisson-Extrusion. *Génie des procédés alimentaires, Des bases aux applications*, 391-439.
- Bonazzi, C., & Bimbenet, J.-J. (2003).** Séchage des produits alimentaires Principes. *Techniques de l'ingénieur. Agroalimentaire*, 2(F3000), F3000. 3001-F3000. 3014.
- Bonazzi, C., & Bimbenet, J.-J. (2008).** Séchage des produits alimentaires: Appareils et applications. *Techniques de l'ingénieur. Agroalimentaire*, 2(F3002).
- Bonazzi, C., & Dumoulin, E. (2011).** Quality changes in food materials as influenced by drying processes. *Modern drying technology*, 3, 1-20.
- Boubekri, C. (2014).** *Etude de l'activité antioxydante des polyphénols extraits de Solanum melongena par des techniques électrochimiques*. Université Mohamed Khider Biskra.
- Bouchra, C., & Souhila, C. (2015).** Contribution à l'étude de la biodiversité entomologique dans des vergers d'agrumes dans la région de Guelma.
- Boullard, B. (2001).** *Plantes médicinales du monde: croyances et réalités*: De Boeck Secundair.
- Brennan, J. G., & Grandison, A. S. (2006).** Food processing handbook.

C

- Cao, S-Q., Liang, L., & Pan, S-Y. (2011).** Thermal degradation kinetics of anthocyanins and visual color of blood orange juice. *Agricultural Sciences in China*, 10(12), 1992-1997.
- Cengel, Y. A., Klein, S., & Beckman, W. (1998).** *Heat transfer: a practical approach* (Vol. 141): McGraw-Hill New York.
- Charreau, A., & Cavaille, R. (1991).** Séchage: I. Théorie et calculs. *Techniques de l'ingénieur. Génie des procédés*, 2, J24080. 24081-J22480. 24023.
- Chen, X. D., & Mujumdar, A. S. (2009).** *Drying technologies in food processing*: John Wiley & Sons.

Cornuet, P. (1987). *Éléments de virologie végétale*: Institut national de la recherche agronomique.

Couzinet-Mossion, A., Balayssac, S., Gilard, V., Malet-Martino, M., Potin-Gautier, M., & Behra, P. (2010). Interaction mechanisms between caffeine and polyphenols in infusions of *Camellia sinensis* leaves. *Food chemistry*, 119(1), 173-181.

D

Deng, L.-Z., Yang, X.-H., Mujumdar, A., Zhao, J.-H., Wang, D., Zhang, Q., Xiao, H.-W. (2018). Red pepper (*Capsicum annuum* L.) drying: Effects of different drying methods on drying kinetics, physicochemical properties, antioxidant capacity, and microstructure. *Drying Technology*, 36(8), 893-907.

Deportes, L. (1983). Problemes poses par l'utilisation inconsiderée des pesticides: INRA.

Dugrand-Judek, A. (2015). *Contribution à l'étude phytochimique et moléculaire de la synthèse des coumarines et furocoumarines chez diverses variétés d'agrumes du genre Citrus*.

E

Esclapong, D. (1975). Les agrumes. *Ed. La Somivac, Corse*(68), 12.

Etebu, E., & Nwauzoma, A. (2014). A review on sweet orange (*Citrus sinensis* L Osbeck): health, diseases and management. *American Journal of Research Communication*, 2(2), 33-70.

F

Faiveley, M. (2012). L'eau et la conservation des aliments.

Farnworth, E., Lagace, M., Couture, R., Yaylayan, V., & Stewart, B. (2001). Thermal processing, storage conditions, and the composition and physical properties of orange juice. *Food Research International*, 34(1), 25-30.

FAO stat 2018. Citrus fruit fresh and processed statistical bulletin 2018. (www.fao.org/faostat).

Ferradji, A., Malek, A., Bedoud, M., Baziz, R., & Aoua, S. (2001). Séchoir solaire à convection forcée pour le séchage des fruits en Algérie. *Rev. Energ. Ren*, 4, 49-59.

Furneri, P. M., Mondello, L., Mandalari, G., Paolino, D., Dugo, P., Garozzo, A., & Bisignano, G. (2012). In vitro antimycoplasmal activity of *Citrus bergamia* essential oil and its major components. *European journal of medicinal chemistry*, 52, 66-69.

G

González, J. A. M., Barajas-Esparza, L., Valadez-Vega, C., Madrigal-Santillán, E., Esquivel-Soto, J., Esquivel-Chirino, C., Zúñiga-Pérez, C. (2012). The Protective Effect of Antioxidants in Alcohol Liver Damage. *Liver Regeneration*, 99.

Goudeau, D., Uratsu, S. L., Inoue, K., Goes daSilva, F., Leslie, A., Cook, D., . . . Dandekar, A. M. (2008). Tuning the orchestra: Selective gene regulation and orange fruit quality. *Plant Science*, 174(3), 310-320.

H

Hamidouche, Z., & Belhamiche, N. E. (2017). Activité antagoniste de *Trichoderma* sp vis-à-vis *Botriosphaeria dothidae* agent du dépérissement des Citrus.

Hayat, K., Hussain, S., Abbas, S., Farooq, U., Ding, B., Xia, S., Xia, W. (2009). Optimized microwave-assisted extraction of phenolic acids from citrus mandarin peels and evaluation of antioxidant activity in vitro. *Separation and Purification Technology*, 70(1), 63-70.

Hillebrand, S., Schwarz, M., & Winterhalter, P. (2004). Characterization of anthocyanins and pyranoanthocyanins from blood orange [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] juice. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(24), 7331-7338.

Huet, M., & Fleurentin, J. (2013). Curcuma, thé vert et chardon-marie: quelle stratégie adopter en prévention du cancer ou en complément des traitements? *Hegel*.

I

Ingallinera, B., Barbagallo, R. N., Spagna, G., Palmeri, R., & Todaro, A. (2005). Effects of thermal treatments on pectinesterase activity determined in blood oranges juices. *Enzyme and microbial technology*, 36(2-3), 258-263.

J

Jannot, Y. (2003). Isothermes de sorption: modèles et détermination. *LEPT-ENSAM*,(1-5).

Jannot, Y. (2008). séminaire de formation à la Métrologie Thermique. *Laboratoire d'Energétique et de Mécanique Théorique et Appliquée (LEMTA), Laboratoire d'Energie Appliquée (LEA), Dakar*, 12.

Jensen, K. M., Makynen, E. A., Kahl, M. D., & Ankley, G. T. (2006). Effects of the feedlot contaminant 17 α -trenbolone on reproductive endocrinology of the fathead minnow. *Environmental science & technology*, 40(9), 3112-3117.

Jeong, S.-M., Kim, S.-Y., Kim, D.-R., Jo, S.-C., Nam, K., Ahn, D., & Lee, S.-C. (2004). Effect of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus peels. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(11), 3389-3393.

K

- Kabouche, S. (2010).** Etude de la relation du thé vert. Maladies cardiovasculaires et Stress oxydant.
- Kameni, A., Mbofung, C. M., Ngnamtam, Z., Doassem, J., & Hamadou, L. (2003).** Aptitude au séchage des fruits de quelques variétés de manguiers cultivées au Cameroun. *Fruits*, 58(2), 89-98.
- Köhler, F. E. (1887).** *Köhler's Medizinal-Pflanzen in naturgetreuen Abbildungen mit kurz erläuterndem Texte: Atlas zur Pharmacopoea germanica, austriaca, belgica, danica, helvetica, hungarica, rossica, suecica, Neerlandica, British pharmacopoeia, zum Codex medicamentarius, sowie zur Pharmacopoeia of the United States of America* (Vol. 1): FE Köhler.
- Krieps, M. (2009).** *Le thé: Origine, Actualité et potentialités*. UHP-Université Henri Poincaré.
- Kubalt, K. (2016).** The role of phenolic compounds in plant resistance.
- Kwok, B., Hu, C., Durance, T., & Kitts, D. (2004).** Dehydration techniques affect phytochemical contents and free radical scavenging activities of Saskatoon berries (*Amelanchier alnifolia* Nutt.). *Journal of food science*, 69(3), SNQ122-SNQ126.

L

- Lagha-Benamrouche, S., Addar, L., Boudershem, H., Tani, S., & Madani, K. (2018).** Caractérisation chimiques des écorces d'oranges, identification par GC-MS et évaluation du pouvoir antioxydant de leurs huiles essentielles. *Nature & Technology*(18), 28-35.
- Larfi, F., & Khiri, A. (2015).** *Optimisation des conditions d'extraction de polyphenols du thé vert utilise comme agent antibacterien*. université de bouira.
- Lee, H., Carter, R., Barros, S., Dezman, D., & Castle, W. (1990).** Chemical characterization by liquid chromatography of Moro blood orange juices. *Journal of food composition and analysis*, 3(1), 9-19.
- Lee, H. S. (2002).** Characterization of major anthocyanins and the color of red-fleshed budd blood orange (*Citrus sinensis*). *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(5), 1243-1246.

(Lieutaghi, P. (2004). Le livre des arbres, arbustes & arbrisseaux).

Li, B., Smith, B., & Hossain, M. M. (2006). Extraction of phenolics from citrus peels: II. Enzyme-assisted extraction method. *Separation and Purification Technology*, 48(2), 189-196.

Li, Z., Raghavan, G., Wang, N., & Vigneault, C. (2011). Drying rate control in the middle stage of microwave drying. *Journal of food engineering*, 104(2), 234-238.

Liu, Y., Heying, E., & Tanumihardjo, S. A. (2012). History, global distribution, and nutritional importance of citrus fruits. *Comprehensive reviews in Food Science and Food safety*, 11(6), 530-545.

Loubna, K. A. M., & Sara, B. (2018). Inventaire des insectes ravageurs dans quelques vergers d'agrumes dans la région de Guelma.

Loussert, R. (1989). *Les agrumes: Technique et Documentation-Lavoisier.*

L'origine des agrumes: leur évolution et la naissance des espèces cultivées. Jardins de France, (636), 35-37).

M

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.* Université de Lorraine.

M'hiri, N., Ioannou, I., Ghoul, M., & Boudhrioua, N. M. (2014). Extraction methods of citrus peel phenolic compounds. *Food reviews international*, 30(4), 265-290.

Ma, Y. Q., Chen, J. C., Liu, D. H., & Ye, X. Q. (2008). Effect of ultrasonic treatment on the total phenolic and antioxidant activity of extracts from citrus peel. *Journal of food science*, 73(8), T115-T120.

Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Rémésy, C., & Jiménez, L. (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. *The American journal of clinical nutrition*, 79(5), 727-747.

Mannucci, C., Calapai, F., Cardia, L., Inferrera, G., D'Arena, G., Di Pietro, M., . . . Calapai, G. (2018). Clinical Pharmacology of *Citrus aurantium* and *Citrus sinensis* for the Treatment of Anxiety. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2018.

- Martínez, M.** (1968). Ecologie en «Les Agrumes au Maroc». *Collection technique et productions agricoles INRA, Rabat*, 85, 110.
- Maskan, M.** (2000). Microwave/air and microwave finish drying of banana. *Journal of food engineering*, 44(2), 71-78.
- Mehouachi, J., Serna, D., Zaragoza, S., Agusti, M., Talon, M., & Primo-Millo, E.** (1995). Defoliation increases fruit abscission and reduces carbohydrate levels in developing fruits and woody tissues of *Citrus unshiu*. *Plant Science*, 107(2), 189-197.
- Mossion, A.** (2007). *Étude de la composition minérale et organique des liqueurs de thé et de leurs caractéristiques organoleptiques: Influence des paramètres physico-chimiques de l'eau*.
- Moufida, S. d., & Marzouk, B.** (2003). Biochemical characterization of blood orange, sweet orange, lemon, bergamot and bitter orange. *Phytochemistry*, 62(8), 1283-1289.

N

- Nacer, I., & Bouras, S.** (2014). Thé vert, catéchines et santé.
- Ni, Z., Ren, C., Cheng, J., & Tang, F.** (2017). Determination of Rare Earth Elements in Some Flower Herb Teas and their Infusions. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 28(10), 1960-1965.
- Nicolas, J.** (2014). *Phase exploratoire à la mise en place d'un schéma d'approvisionnement de plants d'agrumes sains et authentiques en Guyane*. ISTOM.
- Nkhili, E.-z.** (2009). Polyphénols de l'Alimentation: Extraction, Interactions avec les ions du Fer et du Cuivre, Oxydation et Pouvoir antioxydant. *Université Cadi Ayyad-Marrakech*.
- Novelli, V. M., Cristofani, M., Souza, A. A., & Machado, M. A.** (2006). Development and characterization of polymorphic microsatellite markers for the sweet orange (*Citrus sinensis* L. Osbeck). *Genetics and Molecular Biology*, 29(1), 90-96.
- Notion de base sur l'absorption des racines Département d'Horticulture/IAV Hassan II/Rabat/ Maroc.)**
- Nayak, B., Dahmoune, F., Moussi, K., Remini, H., Dairi, S., Aoun, O., & Khodir, M.** (2015). *Comparison of microwave, ultrasound and accelerated-assisted solvent extraction for recovery of polyphenols from Citrus sinensis peels*. *Food Chemistry*, 187, 507–516.

O

- Omoba, O. S., Obafaye, R. O., Salawu, S. O., Boligon, A. A., & Athayde, M. L.** (2015). HPLC-DAD phenolic characterization and antioxidant activities of ripe and unripe sweet orange peels. *Antioxidants*, 4(3), 498-512.
- Ozkan, I. A., Akbudak, B., & Akbudak, N.** (2007). Microwave drying characteristics of spinach. *Journal of food engineering*, 78(2), 577-583.

P

- Pan, X., Niu, G., & Liu, H.** (2003). Microwave-assisted extraction of tea polyphenols and tea caffeine from green tea leaves. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 42(2), 129-133.
- Pérez-Burillo, S., Giménez, R., Rufián-Henares, J., & Pastoriza, S.** (2018). Effect of brewing time and temperature on antioxidant capacity and phenols of white tea: Relationship with sensory properties. *Food chemistry*, 248, 111-118.
- Ponce, M. A., Scervino, J. M., Erra-Balsells, R., Ocampo, J. A., & Godeas, A. M.** (2004). Flavonoids from shoots and roots of *Trifolium repens* (white clover) grown in presence or absence of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*. *Phytochemistry*, 65(13), 1925-1930.
- Praloran, J.** (1971). *Les Agrumes, Techniques Agricoles et Production Tropicale*. Ed. GP Maisonneuve et Larose, Paris, 565p.

R

- 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.
- Rapisarda, P., Bellomo, S. E., & Intelisano, S.** (2001). Storage temperature effects on blood orange fruit quality. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49(7), 3230-3235.
- Roussy, G., Rochas, J-F., & Oberlin, C.** (2003). Chauffage diélectrique: Technologies. *Techniques de l'ingénieur. Génie électrique*, 12(D5941), D5941. 5941-D5941. 5915.

S

- Saengrayap, R., Tansakul, A., & Mittal, G. S.** (2015). Effect of far-infrared radiation assisted microwave-vacuum drying on drying characteristics and quality of red chilli. *Journal of food science and technology*, 52(5), 2610-2621.

Sánchez-Moreno, C., Plaza, L., de Ancos, B., & Cano, M. P. (2003). Quantitative bioactive compounds assessment and their relative contribution to the antioxidant capacity of commercial orange juices. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(5), 430-439.

Schnell, D. (1983). Technique de séchage. *Traduit de l'allemand, GMBH, Eschborn.*

Seddik, K., Nadjet, I., Abderrahmane, B., Daoud, H., & Lekhmici, A. (2010). Antioxidant and antibacterial activities of extracts from *Artemisia herba alba* Asso. leaves and some phenolic compounds. *Journal of medicinal plants Research*, 4(13), 1273-1280.

Sharma, K., Mahato, N., Cho, M. H., & Lee, Y. R. (2017). Converting citrus wastes into value-added products: Economic and environmently friendly approaches. *Nutrition*, 34, 29-46.

T

Thiagarajah, K., Ong, M. K., Teh, L. K., & Lye, H. S. (2019). Plants Infused Water as Preferred Healthy Drinks *Bottled and Packaged Water* (pp. 367-402): Elsevier.

Touati, B. (2001). Modélisation numérique des transferts couplés de chaleur et de masse lors du séchage des feuilles de menthe. *Mémoire de Magistère, Centre Universitaire de Bechar, Algérie.*

V

Van Driem, G. (2019). Tea Terroir and Tea Cuisine *The Tale of Tea* (pp. 701-759): Brill.

Vasseur, J. (2009). Séchage: principes et calcul d'appareils-Séchage convectif par air chaud (partie 1).

Velasco, D., Senit, J. J., De la Torre, I., Santos, T. M., Yustos, P., Santos, V. E., & Ladero, M. (2017). Optimization of the enzymatic saccharification process of milled orange wastes. *Fermentation*, 3(3), 37.

W

Wang, Y-C., Chuang, Y-C., & Ku, Y-H. (2007). Quantitation of bioactive compounds in citrus fruits cultivated in Taiwan. *Food chemistry*, 102(4), 1163-1171.

Wei, X., Song, M., Chen, C., Tong, H., Liang, G., & Gmitter Jr, F. G. (2018). Juice volatile composition differences between *Valencia* orange and its mutant *Rohde Red Valencia* are associated with carotenoid profile differences. *Food chemistry*, 245, 223-232.

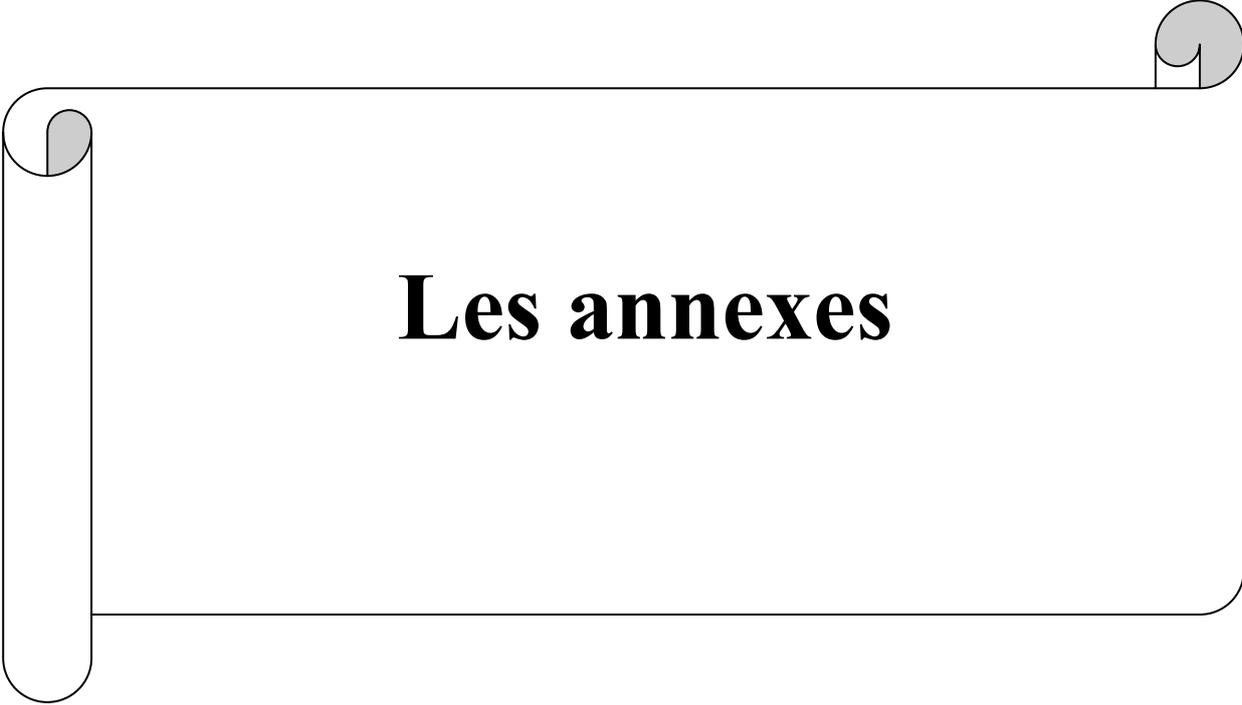
Wilhelm, L. R., Suter, D. A., & Brusewitz, G. H. (2004). *Food & process engineering technology.*

X

- Xia, T., Shi, S., & Wan, X.** (2006). Impact of ultrasonic-assisted extraction on the chemical and sensory quality of tea infusion. *Journal of food engineering*, 74(4), 557-560.
- Xu, G., Chen, J., Liu, D., Zhang, Y., Jiang, P., & Ye, X.** (2008). Minerals, phenolic compounds, and antioxidant capacity of citrus peel extract by hot water. *Journal of food science*, 73(1), C11-C18.
- Xu, Y-Q., Hu, X-F., Tang, P., Jiang, Y-W., Yuan, H-B., Du, Q-Z., & Yin, J-F.** (2015). The major factors influencing the formation of sediments in reconstituted green tea infusion. *Food chemistry*, 172, 831-835.
- Xu, Y-Q., Zhang, Y-N., Chen, J-X., Wang, F., Du, Q-Z., & Yin, J-F.**(2018). Quantitative analyses of the bitterness and astringency of catechins from green tea. *Food chemistry*, 258, 16-24.

Z

- Zielinska, M., & Markowski, M.** (2016). The influence of microwave-assisted drying techniques on the rehydration behavior of blueberries (*Vaccinium corymbosum L.*). *Food chemistry*, 196, 1188-1196.



Les annexes

Annexe I : La production mondiale d

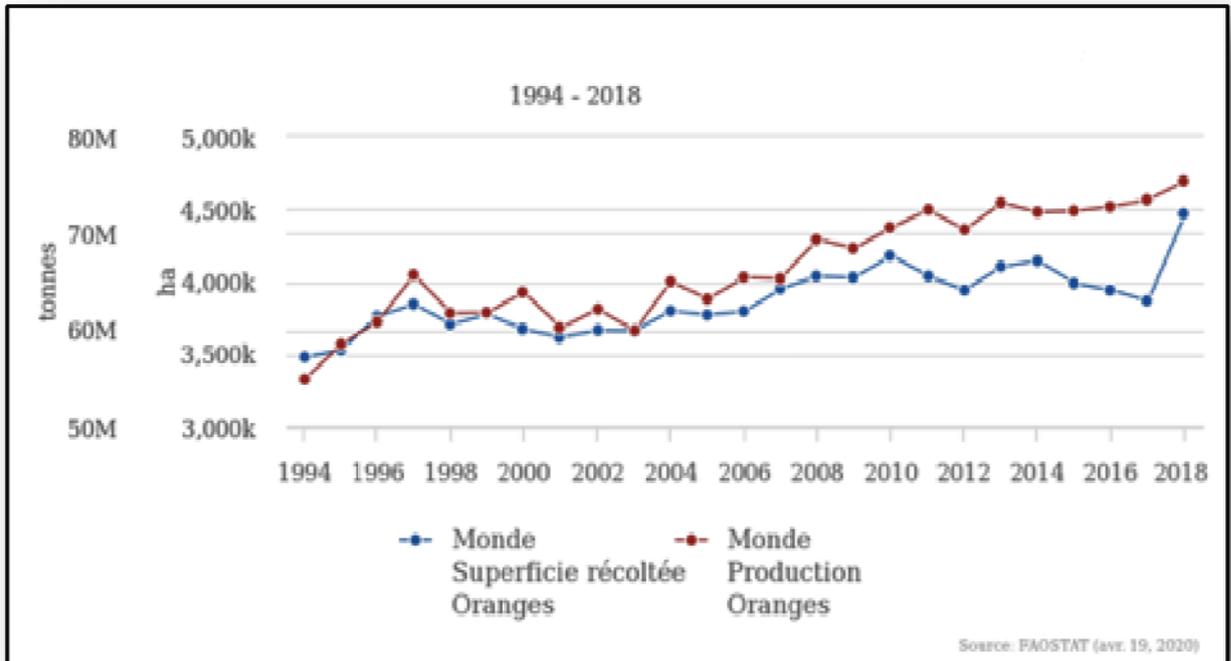


Figure I : évolution/rendement de culture des oranges dans le Monde entre 1994-2018(FAO, 2018).

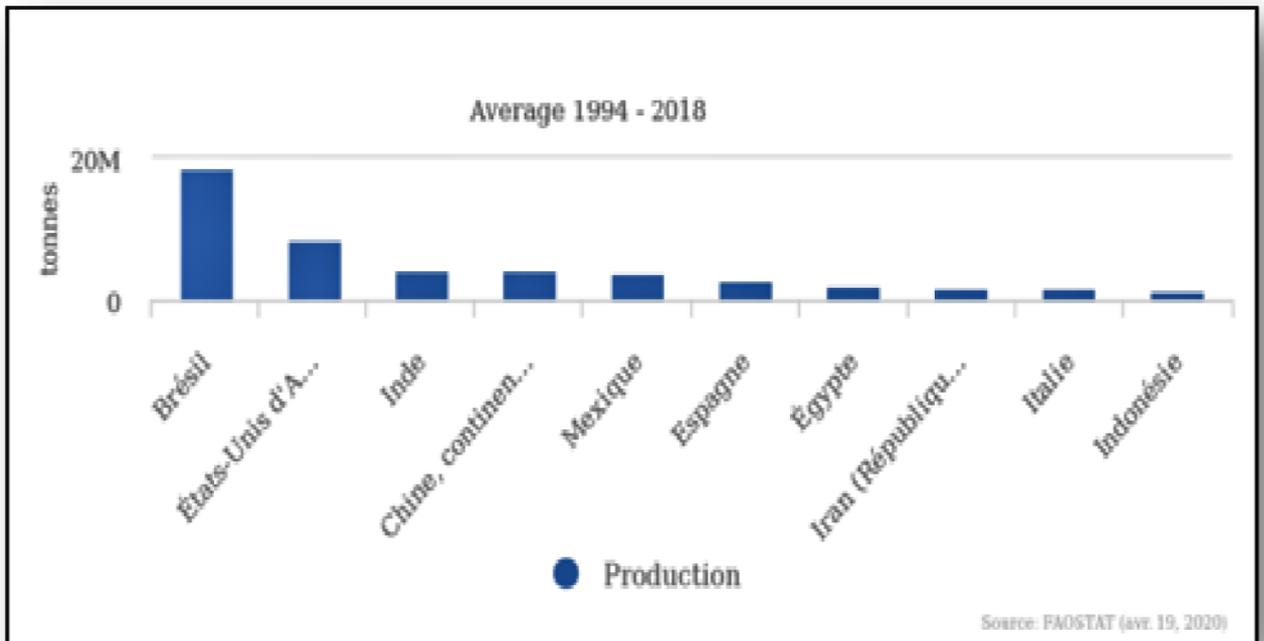


Figure II : Le classement 10 principaux producteurs (en moyenne) d'oranges par pays (dans le monde) entre 1994 – 2018(FAO, 2018).

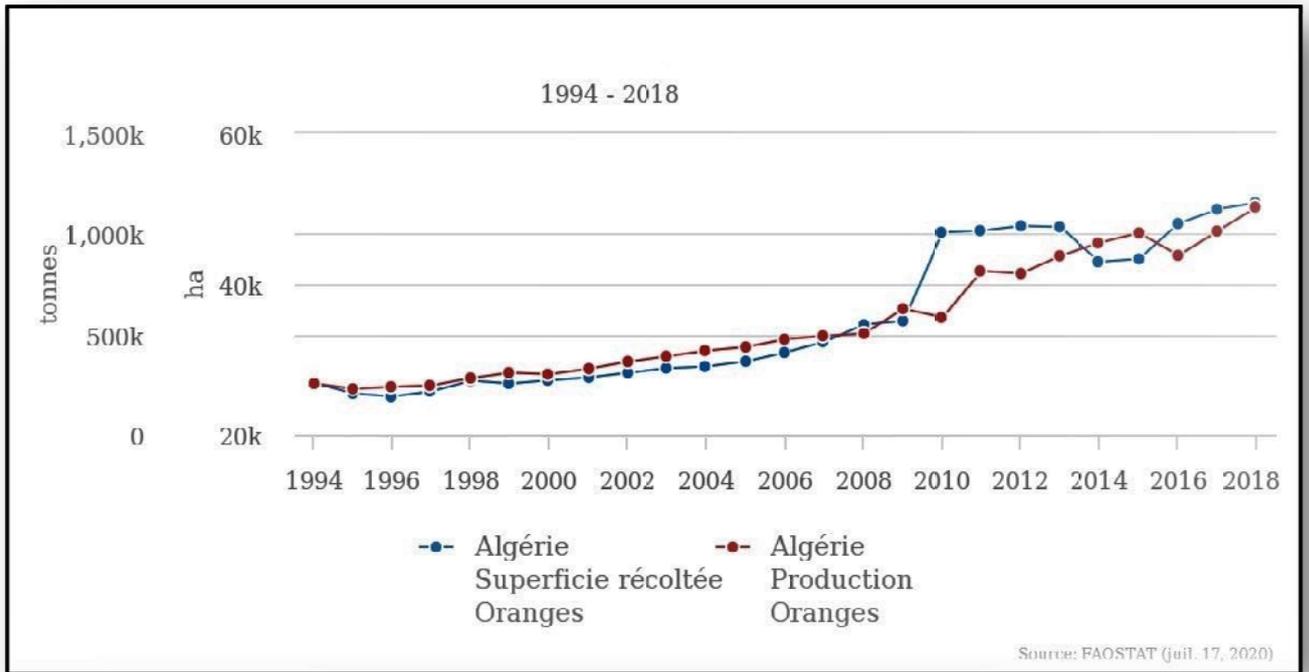


Figure III : évolution/rendement de culture des oranges en Algérie entre 1994-2018(FAO, 2018).

Résumé

Les agrumes sont des fruits acides, de la sous-famille des *Aurantioideae*, dont appartient l'oranger doux, *Citrus sinensis*.

L'oranger doux est un arbre épineux de 7.5 à 15m de hauteur, l'orange sanguine en est le fruit, il se caractérise par son potentiel à développer des tâches rouges dans la chaire d'où provient son appellation. Le jus d'orange sanguine est d'une composition chimique très riche en composés bioactifs, notamment les antioxydants : acide ascorbique 55.5mg, flavonoïdes 99mg, acide citrique 160-164mg dans 100g de jus. Ces antioxydants sont connus par leurs pouvoirs à ralentir l'oxydation en s'attaquant aux radicaux libres qui causent des dommages aux cellules. A cet effet, l'orange sanguine représente 75413374 tonnes de la production mondiale des agrumes pour l'année 2017/2018. Exploité non seulement pour la consommation directe mais aussi pour son intérêt dans la transformation technologiques, dans le domaine agro-alimentaire et pharmaceutique. Les études d'extraction et de purification des composés bioactifs de l'orange sanguine sont diverses, elles sont assistées par plusieurs méthodes de caractérisation : GC/MS, HPLC. A l'issue de cette synthèse, l'infusion des plantes en tant que méthode d'extraction est très efficace en raison de sa richesse en divers molécules phytochimiques, l'extractabilité de ces dernières dépendraient du type de procédé utilisé, et pourrait donc jouer un rôle important dans la prévention de plusieurs maladies physiologique.

Mots clés : Agrumes, orange sanguine, infusion, les antioxydants, le jus d'orange, *Citrus sinensis*.

Abstract

Citrus fruits are acidic fruits, from the subfamily of *Aurantioideae*, tribe, to which the sweet orange tree, *Citrus sinensis*, belongs.

The sweet orange tree is a thorny tree from 7.5 to 15m in height, the blood orange is the fruit, it is characterized by its potential to develop red spots in the pulp where its name comes from. The blood orange juice has a chemical composition very rich in bioactive molecules, especially antioxidants: ascorbic acid 55.5mg, flavonoids 99mg, citric acid 160-164mg in 100g of juice. These antioxidants are known for their ability to slow down oxidation by attacking free radicals that cause cell damage. As a result, the blood orange represents 75,413,374 tons of the global citrus fruit production for the year 2017/2018. Exploited not only for direct consumption but also for its interest in technological processing, in the food and pharmaceutical field. The studies of extraction and purification of bioactive compounds from blood orange are diverse; they are assisted by several characterization methods: GC/MS, HPLC. At the end of this synthesis, the infusion of plants as an extraction method is very effective because of its richness in various phytochemical molecules, the extractability of the latter will depend on the process type used, and could therefore play an important role in the prevention of several physiological diseases.

Keywords: Citrus fruits, blood orange, infusion, antioxidants, orange juice, *Citrus sinensis*.

ملخص

ثمار الحمضيات هي فاكهة تنتمي لعائلة *Aurantioideae* التي تنتمي إليها فصيلة البرتقال الحلو *Citrus sinensis*. البرتقال الحلو هو شجرة يتراوح ارتفاعها من 7.5 إلى 15 م. وسميت بالبرتقال الدموي لتمييزها بإمكانية تطوير البقع الحمراء في القشرة. يحتوي عصير البرتقال الدموي على تركيبة كيميائية غنية للغاية بالجزئيات النشطة بيولوجيًا، بما في ذلك مضادات الأكسدة: حمض الاسكوربيك 55.5 ملغ، فلافونويد 99 ملغ، حمض الستريك 160-164 ملغ في 100 غرام من العصير. مضادات الأكسدة هذه معروفة بقدرتها على إبطاء الأكسدة عن طريق مهاجمة الجذور الحرة التي تسبب تلف الخلية. يمثل البرتقال الدموي 75413374 طنًا من إجمالي إنتاج الحمضيات لعام 2017/2018. لا يستخدم فقط للاستهلاك المباشر ولكن أيضًا لاهتمامه بالتحويل التكنولوجي، في مجالات الأغذية الزراعية والصيدلانية. تتنوع دراسات الاستخلاص وتنقية المركبات النشطة بيولوجيًا من البرتقال الدموي وتساعد في ذلك عدة طرق مثل (الاستخلاص الدقيق للمرحلة الصلبة، كروماتوغرافيا الغاز - مطياف الكتلة، الاستشراب السائل عالي الأداء). تعتبر ضخ النباتات طريقة فعالة للغاية في استخلاص الجزئيات الكيميائية النباتية المختلفة، وتعتمد في استخراج هذه الجزئيات الكيميائية على نوع الطريقة المستعملة، وبالتالي يمكن أن تلعب دور مهم في الوقاية من الأمراض الفسيولوجية.

الكلمات الرئيسية: ثمار الحمضيات، برتقال الدموي، الاستخلاص، مضادات الأكسدة، عصير البرتقال