



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



UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA1  
DEPARTEMENT DE BIOTECHNOLOGIE  
Laboratoire de Recherche des Plantes Aromatiques Médicinales

## MEMOIRE

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences de la nature et de la vie.

Spécialité : Biotechnologie et Valorisation des Plantes

### THEME

**Effet comparé de l'intensité des traitements phytosanitaires  
sur l'activité antifongique des polyphénols de zeste  
d'agrumes**

Présenté par :

**HOCINE SOULAF et ELMETNANI ASMA**

Devant les jurys

Présidente :	Mme BELGUENDOZ R.	MCA.	Université de Blida
Examinatrice :	Mme MOUMEN S.	MCA.	Université de Blida
Promotrice :	Mme ALLAL – BENFKIH L.	Pr.	Université de Blida
Co-promotrice:	MmeHAMEL A.	Doctorante	Université de Blida

Année universitaire 2019-2020

## **Remerciements**

*Nous tenons tout d'abord à remercier le bon Dieu Allah notre créateur le plus puissant de nos avoir donné la force, la volonté et le courage, et la patience pour accomplir ce modeste travail.*

*Nos profonds remerciements à notre promotrice **Mme ALLAL** pour avoir accepté de nous encadrer et pour ses conseils, son aide tout au long de ce travail*

*Nos remerciements à **HAMEL** pour sa disponibilité et son orientation pour nous permettre à réaliser ce travail.*

*Nous tenons également à remercier les membres de jury pour l'honneur qu'elles*

*Nous ont fait en acceptant de siéger à notre soutenance :*  
**Mme MOUMENE et Mme BELGEUNDOUZ.**

*Nos remerciements vont également à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

*Dédicace*

*Je dédie ce travail :*

*« A mes chers parents pour leur soutien tout au long de mes études*

*A mes sœurs et frère*

*A mes oncles particulièrement khali Hamid*

*A tous mes amis*

*A Qui m'ont aidé à être ce que je suis,*

*A ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour »*

*SOULAF*



## **Dédicace**

*Je dédie ce travail :*

*« À La mémoire de ma mère que Dieu le tout puissant l'accueille en son vaste paradis*

*À Mon père, mon guide attentif, en reconnaissance pour son soutien moral durant toutes ces longues années d'étude*

*À Mes chers frères et sœurs*

*À Mes amis hadjer, sirine, bilel, ali et abdelhak*

*À ceux qui m'ont tout donné sans rien en retour »*

**ASMA**



## **Résumé :**

Les agrumes comme d'autres fruits et légumes sont une source importante de composés bioactifs (composés phénolique, flavonoïdes...) ces composés ont des effets bénéfiques sur la santé humaine car ils possèdent de nombreuses activités biologiques comme l'activité antifongique. Dans ce contexte nous avons essayé d'évaluer l'activité antifongique de polyphénols d'orange (**Valencia late**). L'extraction à été effectuée par bain d'ultrason, les résultats obtenus montrés que le rendement de polyphénols extraits de la pulpe est le plus élevé est estimé à 47 % suivi par le zeste à 32 % Les tests phytochimiques réalisés ont permis de mettre en évidence la présence des composés phénoliques et des flavonoïdes. Les teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes sont variables, le zeste de verger de Soumaa à présenté la teneur la plus élevée en polyphénols totaux et en flavonoïdes. Le test d'activité antifongique sur deux souches fongique (*candida albicans* et *fusariumspp* ), les résultats montrent que le polyphénols de ( **valencia late**) ne possède pas une activité antifongique.

**Mots clés:** polyphénols, agrumes, valence retardée, activité antifongique, zeste, albédo, pulpe

## **Abstract:**

Citrus fruits like other fruits and vegetables are an important source of bioactive compounds (phenolic compounds, flavonoids ...) these compounds have beneficial effects on human health because they have many biological activities such as antifungal activity. In this context we tried to evaluate the antifungal activity of orange polyphenols (Valencia late). The extraction was carried out by ultrasound bath, the results obtained show that the yield of polyphenols extracted from the pulp is the highest is estimated at 47% followed by the zest at 32% .The phytochemical tests carried out made it possible to highlight evidence of the presence of phenolic compounds and flavonoids. The contents of total polyphenols and flavonoids are variable; the zest of Soumaa orchard presented the highest content of total polyphenols and flavonoids. The antifungal activity test on two fungal strains (*candida albicans* and *fusarium spp*), the results show that the polyphenols of (valencia late) does not have antifungal activity. Key words: polyphenols, citrus, valencia late, antifungal activity

**Key words:** polyphenols, citrus, valencia late, antifungal activity, zest, albedo, pulp

## ملخص:

تعتبر ثمار الحمضيات مثل الفواكه والخضروات الأخرى مصدرًا مهمًا للمركبات النشطة بيولوجيًا (المركبات الفينولية ، الفلافونويد ...) لهذه المركبات آثار مفيدة على صحة الإنسان لأن لها العديد من الأنشطة البيولوجية مثل النشاط المضاد للفطريات. في هذا السياق حاولنا تقييم النشاط المضاد للفطريات لبوليفينول البرتقال

تم الاستخلاص بواسطة حمام الموجات فوق الصوتية ، وأظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن محصول البوليفينول المستخرج من اللب هو الأعلى يقدر بنسبة 47 ٪ يليه القشور بنسبة 32 ٪. وقد مكنت الاختبارات الكيميائية النباتية التي تم إجراؤها من إبراز الدليل على وجود المركبات الفينولية والفلافونويد. محتويات البوليفينول الكلي والفلافونويد متغيرة ، وقد قدمت قشور بستان الصومعة أعلى محتوى من إجمالي البوليفينول والفلافونويد. اختبار النشاط المضاد للفطريات على

سلالتين من الفطريات (*Candida albicans* و *fusariumspp*)

وأظهرت النتائج أن البوليفينول ليس له نشاط مضاد للفطريات من نوع (*Candida albicans* و *fusariumspp*)

الكلمات المفتاحية: البوليفينول ، الحمضيات ، (valencia late)، القشرة الخارجية ، القشرة الداخلية ، اللب

النشاط المضاد للفطريات

## Liste des figures

**Figure 01:** Représentation schématique de quelques Type de feuilles

**Figure02:** inflorescence d'agrumes .

**Figure03:** Coupe transversale de fruit de *Citrus sinensis*

**Figure 4 :** Classification des principaux producteurs d'agrumes et leurs parts 2016/2017

**Figure 5 :** Evolution de la production mondiale par variétés d'agrumes

**Figure 6 :** Répartition des agrumes en Algérie

**Figure 7:**Evolution de la production nationale et superficie d'agrumes.

**Figure 8 :** la structure simple du noyau aromatique.

**Figure 9:** Exemples d'acides phénoliques

**Figure 10 :** Structure de base des flavonoïdes.

**Figure 11 :** Structure des tanins hydrolysables).

**Figure 12:** Structure chimique : (A) d'un tanin condensé (proanthocyanidine) ;

(B) d'un gallotanin (1,2,3-tri-O-galloyl- $\beta$ -D-glucose)

**Figure 13 :** Principaux types de coumarines

**Figure 14 :** Structure de la Cocaïne (A) et la morphine (B)

**Figure 15 :** Synthèse des acides aminés par la voie du shikimate

**Figure 16 :** Biosynthèse des polyacétates

**Figure 17:** Carte de situation géographique de la plaine de la Mitidja

**Figure 18 :** un verger d'agrumes de la région de Blida

**Figure 19 :** Préparation des échantillons pour le séchage

**Figure 20 :** Séchage des échantillons dans l'étuve

**Figure 21:** Des écorces fraîches(A) et sèches (B) de *Citrus sinensis*

**Figure 22:** la poudre obtenue après le broyage des échantillons secs

**Figure 23 :** bain d'ultrason

**Figure 24:** extraction des composés phénoliques par bain d'ultrason

**Figure 25 :** filtration des extraits obtenus sur papier filtre

**Figure 26 :** Préparation des suspensions sporales.

**Figure 27:** Dépôts des disques et incubation dans l'étuve

**Figure28 :** Représentation graphique du rendement d'extraction des extraits de *C.sinensis* de la variété tardive *Valencia*

**Figure29:** la coloration des extraits phénoliques

**Figure 30:** Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

**Figure 31:** Dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes obtenus à partir des trois tissus de *Citrus sinensis* de la variété tardive *Valencia*

**Figure32 :** Courbe d'étalonnage de la quercétine.

**Figure33 :** Dosage des polyphénols totaux et des flavonoïdes obtenus à partir des trois tissus de *Citrus sinensis* de la variété tardive *Valencia*

**Figure 34 :** Résistance des souches fongiques (*Candida albicans* , *Fusariumspp* ) vis à vis des extraits ethanoliques



## Liste des tableaux

**Tableau 1** : Composition chimique globale des écorces de différentes variétés d'agrumes (g/100g bs).

**Tableau 2**: les ravageurs des agrumes

**Tableau 3** : Classification des composés phénoliques

**Tableau 4** : Résultats de screening phytochimique

**Tableau 5** : Résistance des souches fongiques (*Candida albicans* , *Fusarium*spp ) vis à vis l'extrait phénolique

**Tableau 6** : zone d'inhibition (mm) de l'effet antifongique pour chaque extrait.

## Liste d'abréviation

**MT** : Millions de tonnes

**HA** : Hectare

**Qx** : Quintaux

**Bs** : Base sèche

**MS** : Matière chèche

**HE** : Huiles essentielles

**UV** : Ultraviolet

**LDL** : L'oxydation des lipoprotéines

**AG** : Acide gallique

**EAG**: Equivalent acide gallique

**EQ** : Equivalent

**Ppt** : Polyphénols totaux

**Flv** : Flavonoïde

# Table des matières

-Résumé

-Liste de l'abréviation

-Liste des tableaux

-Liste des figures

**Introduction générale .....01**

## **Partie 01 : Synthèse Bibliographique**

### **Chapitre 01 : Les Agrumes**

1.	L'Origine et l'historique des agrumes .....	03
2.	Exigences des agrumes.....	04
	2.1. Exigences climatiques .....	04
	2.2. Exigences Édaphiques .....	04
3.	Classification des agrumes.....	04
4.	Description botanique des agrumes.....	05
5.	Les variétés des agrumes.....	08
6.	Production des agrumes.....	10
	6.1. Dans le monde .....	10
	6.2. Dans l'Algérie.....	12
7.	l'importance économique des agrumes en Algérie .....	14
8.	la composition chimique d'un agrume.....	15
	8.1. Pulpe .....	15
	8.2. Zest.....	15
9.	Les problèmes phytosanitaire des agrumes .....	17
	9.1. Les Maladies.....	17
	9.2. Les ravageurs.....	18
	9.3. Les méthodes de lutte.....	20
10.	Valorisation des déchets des agrumes.....	22

## **I. Chapitre 02 : Les polyphénols**

1. Généralité sur les métabolites secondaire.....	23
2. Classification des métabolites secondaires.....	23
2.1. Les composés phénoliques.....	25
2.1.1 Acide phénolique .....	25
2.1.2 Les flavonoïdes.....	26
2.1.3 Les tanins.....	27
2.1.4 Les saponines.....	29
2.1.5 Les huiles essentielles.....	29
2.1.6 Les coumarines.....	30
2.1.7 Les alcaloïdes.....	31
3. Biosynthèses des composés phénoliques.....	33
4. Localisation des composés phénoliques.....	34
5. le rôle des polyphénols.....	35
5.1 Chez les végétaux.....	35
5.2 Chez les humaines.....	35
6. Intérêts économiques des composés phénoliques.....	36
7. Propriétés thérapeutiques des polyphénols.....	37
7.1. Polyphénols et cardiovasculaire.....	37
7.2. Polyphénols et cancer.....	38
7.3. polyphénols et diabète.....	38
8. Les activités biologiques des polyphénols.....	39
8.1. Activités antioxydant des polyphénols.....	39
8.2. L'activité antimicrobienne des polyphénols.....	40
8.3. Activités antifongique.....	41

# Partie expérimentale

## Chapitre 01 : Matériels et méthodes

1.	Objectif de travail.....	42
2.	Etude de la zone .....	42
3.	Matériels.....	43
3.1.	Matériel végétal.....	43
3.2.	Matériel de laboratoire .....	44
4.	Méthodes.....	44
5.	Préparation des échantillons .....	44
6.	Extraction des polyphénols totaux.....	46
6.1.	Extraction par ultrason.....	46
6.2.	Évaporation.....	47
6.3.	Déterminations du rendement.....	48
7.	Screening phytochimique.....	49
7.1.	Mettre en évidence des composés phénoliques.....	49
7.2.	Mettre en évidence des flavonoïdes.....	49
8.	Dosage des composés .....	49
a.	Dosage des polyphénols .....	49
b.	Dosage des flavonoïdes .....	50
9.	l'activité antifongique .....	51

## Chapitre 02: Résultats et Discussion

1.	Résultat de rendement d'extraction.....	52
2.	Screening phytochimique.....	53
2.1.	mise en évidence des polyphénols.....	53
2.2.	mise en évidence des flavonoïdes .....	53
3.	Dosage des polyphénols.....	54
4.	Dosage des flavonoïdes.....	56
5.	Résultat d'activité antifongique.....	57

## Chapitre 03 : Conclusion

Conclusion finale .....	61
-------------------------	----

# **Introduction Générale**

# Introduction générale

---

Les agrumes représentent la première catégorie fruitière en termes de valeur à faire l'objet d'un commerce international, la libéralisation du commerce, ainsi que les avancées technologiques en matière de stockage et de transport ont engendré une globalisation de l'industrie des agrumes (Imbert, 2007).

Ces dernières années, un grand nombre d'études ont été publiées sur l'activité antimicrobienne des composés phénoliques d'origine naturelle. Dans de nombreux cas, ces substances servent de mécanismes de défense contre les micro-organismes et les insectes, etc.. (Tahara et *al.*, 1984).

Les composés phénoliques sont caractérisés par au moins un cycle aromatique substitué par un ou plusieurs groupes hydroxyles. Plus de 8000 structures de composés phénoliques ont été rapportées dans la littérature et elles sont largement dispersées dans les plantes (Strack et *al.*, 1992).

Les écorces d'agrumes sont riches en composés phénoliques, essentiellement des flavonoïdes et acides phénoliques. Les flavonoïdes des écorces d'agrumes sont caractérisés par leurs activités anti-oxydantes, thérapeutique, antivirale, antifongique et antibactérienne (Bocco Et AL, 1998; Ma Et Al., 2009; Huang et al., 2010). L'extraction des composés phénoliques à partir des écorces d'agrumes a un désir d'intérêt scientifique pour les utiliser comme des antioxydants naturels, conservateurs principalement dans les aliments mais aussi dans l'industrie pharmaceutique et cosmétique (Ramphul et al, 2010).

D'autres études ont montré que les facteurs extrinsèques (tels que des facteurs géographiques et climatiques), les facteurs génétiques, mais également le degré de maturation de la plante et la durée de stockage ont une forte influence sur le contenu en polyphénols (Aganga et Mosase, 2001). Plusieurs facteurs peuvent influencer les taux des composés phénoliques tels que la présence de certains groupements chimiques (l'acide ascorbique, les acides organiques, les sucres, les amines aromatiques), qui peuvent également réagir avec le réactif de Follin-Ciocalteu (Ghafar et *al.*, 2010).

# Introduction générale

---

Dans ce contexte, nous nous sommes intéressées dans la présente étude à une évaluation qualitative et quantitative des composés phénoliques de différents tissus des fruits d'orange de la variété *Valencia*. et de divers vergers dont les traitements phytosanitaires appliqués sont différents. Notre travail a comme objectifs :

- Etude phytochimique des agrumes : Analyse des extraits phénoliques des fruits d'agrumes, analyse quantitative de rendements des extraits obtenus, et l'évaluation de l'activité antifongique des polyphénols d'agrumes.

Dans La première partie de ce mémoire est consacrée à l'étude ethnobotanique sur les agrumes et leurs composés phénoliques. La seconde partie, qui correspond à la méthodologie, nous présenterons nos stations d'études, nos matériels végétaux, et nous aborderons les analyses qualitatives et quantitatives des polyphénols et les flavonoïdes, ainsi que l'activité antifongique. Nous présenterons et discuterons les résultats obtenus dans la troisième partie de ce travail. Et enfin, nous terminerons par une conclusion générale.



**Partie 01 :**

**Synthèse**

**Bibliographique**

# Synthèse bibliographique

---

## Chapitre I : Les agrumes

### 1-Origine et l'historique des agrumes :

Les agrumes ont toujours tenu une place privilégiée au sein des sociétés d'hier et d'aujourd'hui. Le parfum suave de leurs fleurs donnait même l'impression à certains promeneurs romains de la fin de l'Antiquité d'être déjà au paradis. Mais bien souvent, leurs instinct leur soufflait que les bienfaits de ces fruits assuraient, en réalité, une présence plus longues et une meilleure santé sur terre (Alonso, 2011).

Le mot Agrume provient du latin *acrumen* qui désignait dans l'antiquité des arbres à fruits acides (Bénédicte et Bachés, 2002).

Les agrumes sont originaires des pays du sud-est asiatique et plus particulièrement de la partie basse de la chaîne de l'Himalaya où leur culture se confond avec l'histoire des civilisations chinoises (Loussert, 1985). Mais leur origine géographique exacte n'est pas clairement identifiée (Iftikhar et *al*, 2009).

La culture des agrumes s'est intensifiée à l'échelon mondial au cours des XIX et XX siècles, et couvre aujourd'hui plusieurs d'hectares l'agrumiculture des pays du bassin Méditerranéen diversifiée tant au niveau des variétés (Jacquemond et *al*, 2013).

Les portugais introduisent l'oranger en méditerranée aux environs de l'an 1400 bien après le voyage de Marco Polo en Chine 1287 et c'est à partir du bassin méditerranéen et grâce aux grandes découvertes que les agrumes furent diffusés dans le monde (Loussert, 1989). Le bassin méditerranéen constitue toutefois une importante zone de diversification pour trois espèces majeures au plan économique : les orangers, les mandariniers et les citronniers. Le pomelo, hybride naturel du pamplemousse, est un des rares agrumes commercialisés et est originaire des Caraïbes (Zemzami 2009).

En Algérie, l'introduction des orangers est ancienne avant l'arrivée des Français sans qu'il soit possible de la dater avec précision (Murtin, 1969). Le mandarinier fut introduit en faveur des colons (Rebour, 2005).

# Synthèse bibliographique

---

## 2- Exigences des agrumes :

### 2.1. Exigences climatiques :

Les agrumes aiment la chaleur et sont sensibles au grand froid. Les températures moyennes favorables sont de 10 à 12°C en hiver et de 22 à 24°C en été. Les agrumes ne supportent pas le gel et leurs exigences en eau sont de 1.500 mm de pluie par an (Grissa, 2010).

### 2.2. Exigences édaphiques

Les sols légers et profonds conviennent mieux pour les agrumes. Ces derniers prospèrent en sols perméables, bien aérés et bien drainés, où les eaux de pluies et celles de l'irrigation s'écoulent facilement en profondeur. Un bon sol agrumicole doit avoir une perméabilité de 8 à 10 mm/h. Les agrumes s'accommodent à des pH plutôt acides variant entre 6,5 à 7 qui sont favorables à une bonne assimilation des éléments minéraux (Grissa, 2010).

## 3-Classification botanique des agrumes :

Selon PRALORAN (1971), la Classification des agrumes est comme suit :

- o **Règne** :Plantae
- o **Division**: Magnoliophyta
- o **Classe**:Magnoliopsida
- o **Ordre** :Sapindales
- o **Famille**:Rutaceae
- o **Sous famille**:Aurantioideae
- o **Tribu** :Citreae
- o **Sous tribu** :Citrinea
- o **Genre** : *Poncirus*, *Fortunella*et *Citrus*

## 4-Description botanique des agrumes :

Les agrumes sont composés de deux parties : la partie souterraine qui forme le porte-greffe et la partie aérienne (greffon) qui porte les fruits de la variété de l'espèce cultivée (Richard, 2004).

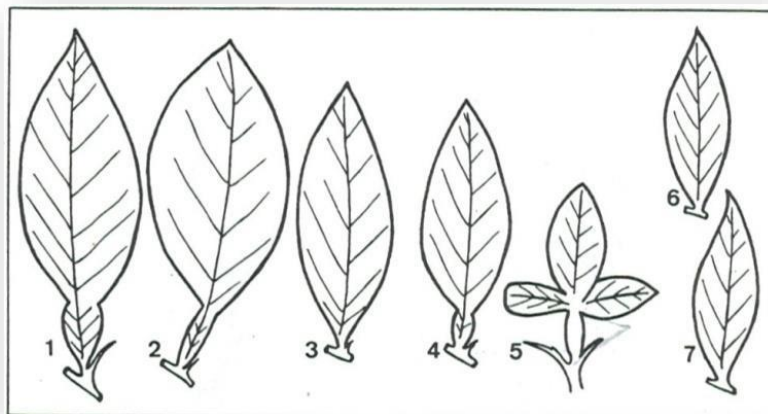
### 4.1. La partie souterraine :

❖ **Les racines principales** : les racines sont très solides et ont également pour fonction de maintenir au sol un arbre généreux dont la frondaison présente, par sa persistance et son abondance, une forte prise au vent ;

❖ **Les racines secondaires** : elles absorbent les éléments minéraux indispensables à l'alimentation de l'arbre en éléments nutritifs.

### 4-2. La partie aérienne :

❖ **Les feuilles** : sont simples ou composées, sans stipules, éparses ou opposées. Un de leurs caractères communs est la présence de glandes oléifères qui apparaissent par transparence comme des points translucides. Toutes les parties de la plante possèdent en outre des tissus sécrétant des huiles essentielles à odeur aromatique (Courboulex et Lorrain, 1998 in Matmati, 2005).



**Figure 1:** Représentation schématique de quelques types de feuilles

- 1) Bigaradier 2) Oranger 3) Citronnier 4) Pamplemousse 5) Poncirus trifoliata 6) Mandarinier 7) Clémentinier (Guenouni et Etkacemi, 2013).

## Synthèse bibliographique

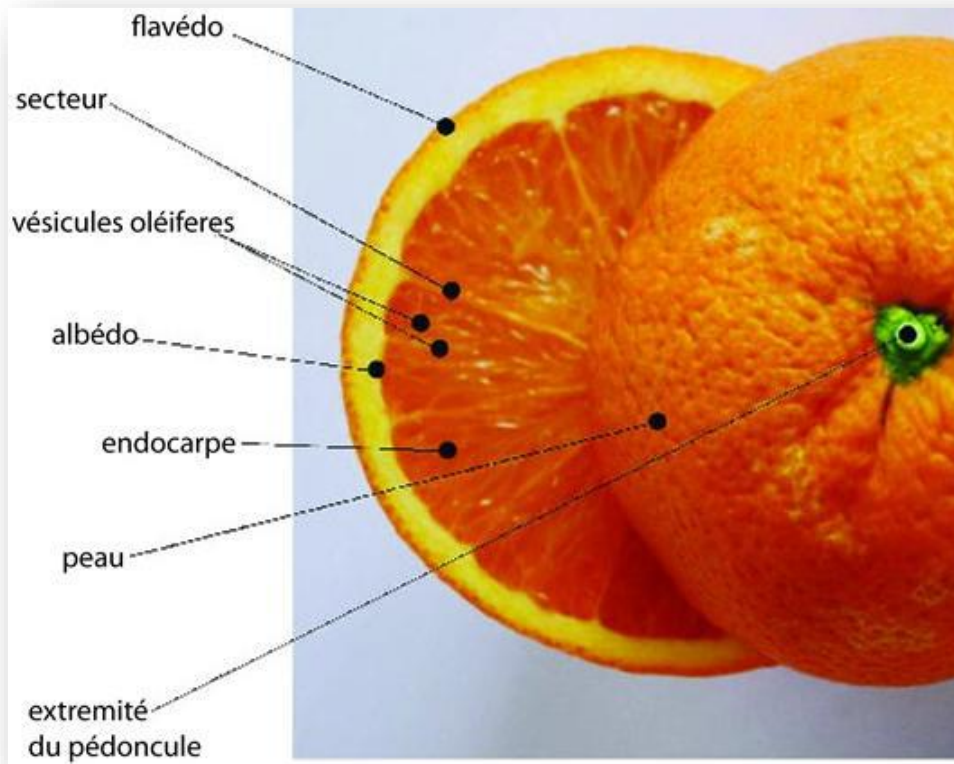
---

❖ **Les fleurs** : généralement régulières et hermaphrodites, sont formées par 4 ou 5 pétales (blanches), généralement libres, l'androcée est obdiloclée, les carpelles sont soudées en un gynécée à ovaire pluriloculaire supérieur parfois inférieur (Courboulex et Lorrain, 1998 in Matmati, 2005).



**Figure 2** : Inflorescence d'agrume (Guenouni et kacemi, 2013).

❖ **Les fruits** : ils varient selon les espèces et les variétés et présentent des poids et des tailles variables. Ils sont oblongs ou sphériques. L'épiderme (on dit aussi l'écorce) est jaune ou vert et contient les glandes riches en huile essentielle largement utilisée en aromathérapie. La pulpe est la chair du fruit qui renferme plus ou moins de jus, (Richard, 2004).



**Figure 3** : Coupe transversale de fruit de *Citrus sinensis* (Polese, 2008).

❖ **Le tronc** : on greffera sur ce dernier, à quelques dizaines de centimètres du sol, la variété choisie. Le tronc conduit, vers la frondaison, la sève riche en éléments minéraux (Richard, 2004).

❖ **Les branches charpentières** : elles prennent naissance sur le tronc et restent limitées par la taille au nombre de trois ou quatre et porteront les sous-mères, qui porteront à leur tour les rameaux végétatifs et les rameaux fructifères ; (Richard, 2004).

## 5-Les variétés des agrumes :

D'après Alonso (2011), les variétés d'agrumes sont très nombreuses. Elles sont mêmes en constante augmentation car de nouveaux hybrides apparaissent régulièrement sur les marchés.

### 5.1. L'oranger (*Citrus sinensis*(L.):

Est un arbre, pouvant atteindre 10 m de hauteur environ, avec un feuillage vert sombre persistant et légèrement aile. La floraison blanche très parfumée, les fruits mettent 10 à 12 mois pour murir, de taille moyenne, de forme sphérique, et de couleur caractéristique orange (Loussert, 1989). Les variétés les plus connus sont :

#### 5.1.1. Les navels :

❖ **Oranger Navelina:** C'est un arbre vigoureux à feuillage dense avec de grandes feuilles de couleur vert foncé. Elle se récolte de novembre à janvier en Corse. Les fruits, sans pépin, sont de couleur orange-rouge foncé et de calibre moyen JACQUEMOND et *al.*, (2009)

❖ **Oranger Navelate:** cette variété est peu productive mais ses fruits de formes ovales sont très sucrés et se conservent longtemps sur l'arbre.( Poles 2008)

❖ **Oranger Washington Navel :** Selon BREBION et *al.*, (1999) les oranges Washington navels, elles se caractérisent par une excroissance plus ou moins prononcée, appelée ombilic (navel = ombilic en anglais) et par une quasi absence de pépins.

#### 5.1.2. Les Blondes :

Ce sont des oranges plus particulièrement destinées à la production de jus, mais dont on a utilisé les arbres comme porte-greffe. Le fruit est assez petit, avec beaucoup de pépins (Polese, 2008).

#### 5.1.3. Les oranges sanguines :

Selon Brebion et *al.*, (1999) leur pulpe est rouge ou rouge violacée, couleur due à l'abondance des pigments. Elle est très juteuse et acidulée, parfois de saveur légèrement Musquée.

# Synthèse bibliographique

---

## 5.2. Les Mandarines :

Selon Brebion et *al.*, (1999) l'orange des Mandarins, a été cultivée en Chine pendant plusieurs centaines d'années avant d'être introduite en Occident, d'abord en Grande-Bretagne.

### 5.2.1. Le Clémentinier :

Selon BREBION et *al.*, (1999) le clémentinier doit son nom au frère Clément qui hybrida un mandarinier et un bigaradier dans les jardins d'un orphelinat des Pères Blancs près d'Oran en Algérie vers 1902. Les frères cléments proposent de la nommer clémentine cette nouvelle mandarine sans pépins.

### 5.2.2. Clémentine Caffin (*Citrus clementina*) :

Selon Jacquemond et *al.* (2009), cette variété provient d'une sélection de clémentine commune découverte au Maroc par Caffinen 1968. Arbre de forme sphérique, avec un port étalé et une frondaison dense. La variété Caffin est caractérisée par ses feuilles d'un vert foncé, petites et lancéolées, ainsi que par ses rameaux nombreux et fins à entrenœuds courts.

## 5.3. Les citrons :

Le *Citrus limon* a une peau plus ou moins épaisse. La variété la plus cultivée en Europe est le Verna. On trouve aussi l'Eureka (Virbel-alonso ,2011)

## 5.4. Pamplemousses :

Selon Virbel-alonso (2011) le pamplemousse (*Citrus grandis*) est un fruit qui peut mesurer jusqu'à 30 cm de circonférence et sert surtout à réaliser des marmelades ou parfois des jus. Il est également utilisé dans la fabrication de médicaments. Le pomélo (*Citrus xparadisi*), que l'on appelle à tort « pamplemousse », est beaucoup plus petit et possède une chair blanche ou rosée. Le Ruby Red et le Star Ruby sont des variétés bien connues.

## 5.5. Les Bigaradiers (*Citrus aurantium*L) :

Ils se distinguent des orangers doux par leurs feuilles plus étroitement lancéolées et pointues à pétiole nettement ailé, leurs fruits est à peau rugueuse et à pûpe acide et amère (Bousbia, 2011).

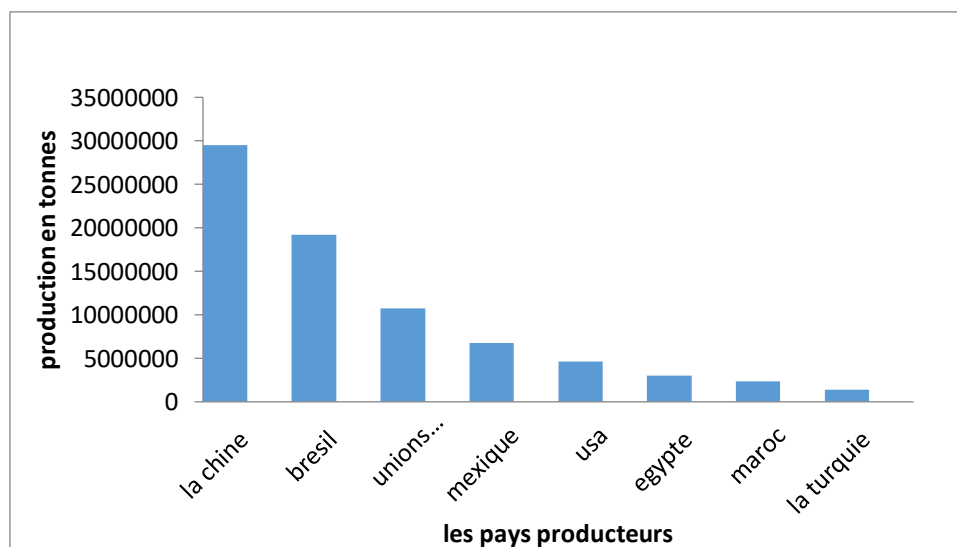


## 6-Production des agrumes :

### 6.1. Dans le monde :

D'après Loussert (1989), les agrumes sont les fruits les plus produits dans le monde. La production mondiale d'agrumes se situe autour de 89 millions de tonnes (MT), dont 73% de la production sont consommés en frais, 26% sont destinés à la transformation et 9% à l'exportation. Actuellement le nombre des pays producteurs d'agrumes dans le monde augmente progressivement, et l'agrumiculture s'observe presque dans toutes les zones du globe, essentiellement dans les régions méditerranéennes et tropicales où cette production est possible (Benaissat , 2015).

La Chine est le premier producteur d'agrumes dans le monde avec une part de 34% et un volume de 29,5 millions de tonnes, elle est suivie par le Brésil avec une part de 22%. L'UE arrive au 3ème rang suivi par le Mexique (6,7 millions de tonnes) et les Etats unis (4,6 millions de tonnes). Le Maroc occupe le septième rang, suivi par la Turquie avec une part de 1,6%. (anonyme, 2016).



**Figure 4** : Classification des principaux producteurs d'agrumes et leurs parts 2016/2017.(USDA, 2016).

# Synthèse bibliographique

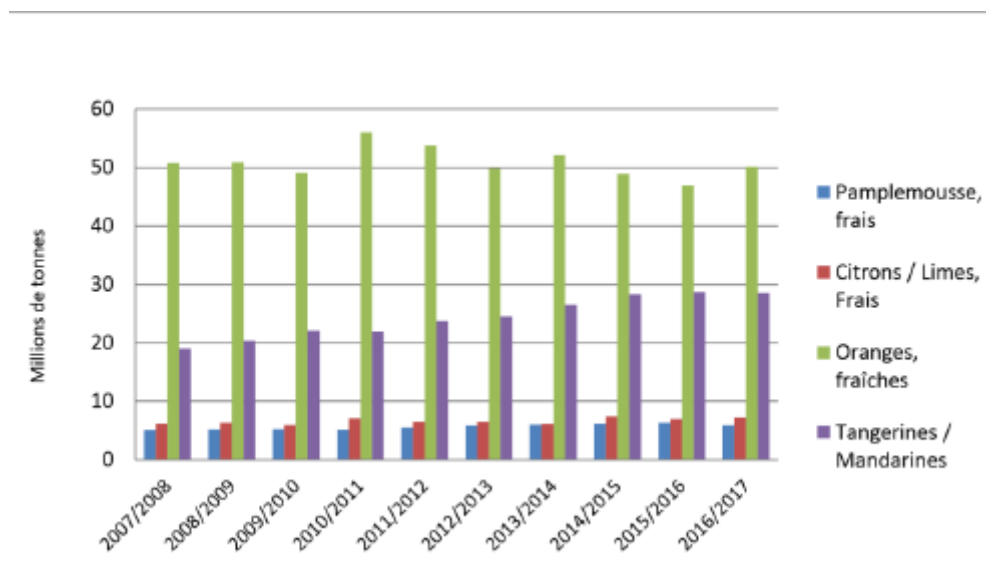
## 6.1.1. La Production par variétés :

En général, la production mondiale des agrumes se décline en quatre catégories ainsi réparties :

	<b>Part dans la production mondiale</b>
<b>Orange</b>	<b>54%</b>
<b>Tangerine, Mandarine</b>	<b>31%</b>
<b>Citrons</b>	<b>8%</b>
<b>Pamplemousse</b>	<b>7%</b>

Source : Calculs de l'ONAGRI d'après l'USDA

Nous remarquons que les oranges prennent le major parti de la production mondiale des agrumes.



**Figure 5** : Evolution de la production mondiale par variétés d'agrumes (Millions de T)

Source : USDA

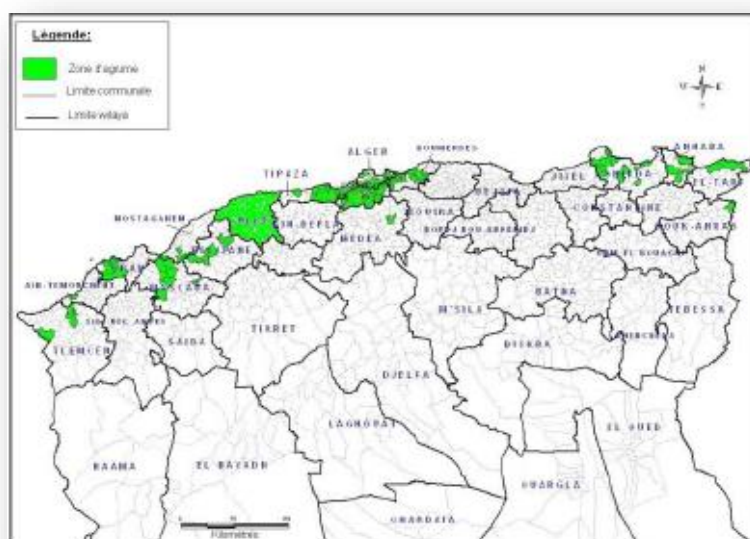
## Synthèse bibliographique

La production mondiale des oranges fraîches était variable dans les années 2007\2008 jusqu' au l'année 2017 qui arrive à 50% de la production. Et la production des tangerines a augmenté jusqu'au 37% de la production Dans l'année 2016\2017.

### 6-2-Dans l'Algérie :

L'agrumiculture en Algérie occupe une superficie de 54.040 Ha, soit 11% des surfaces occupée par les arbres fruitiers (Guenouni et kacemi, 2013).

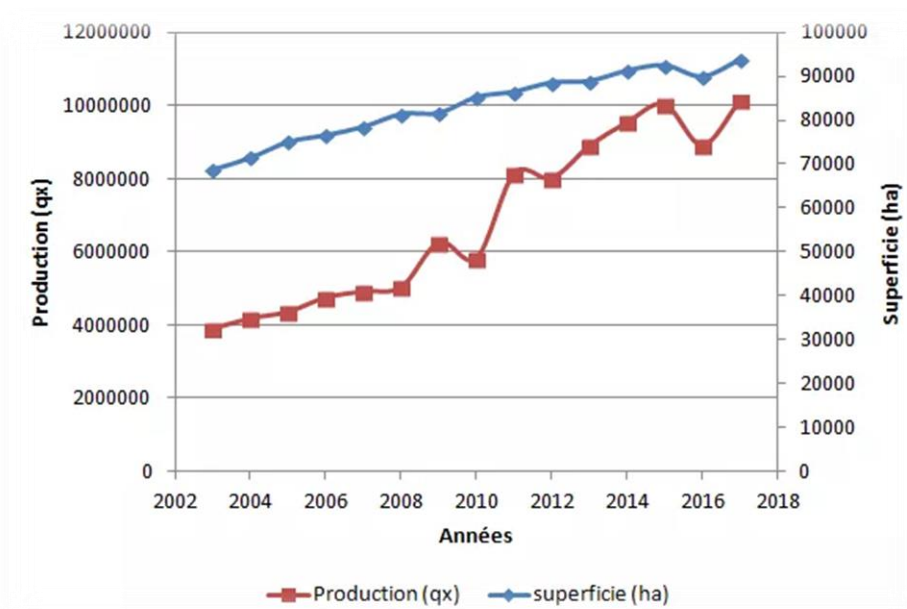
La culture commerciale des Citrus est localisée dans les zones irrigables, dans la partie nord du pays (Figure 6), où elle trouve la température clémente qui assure sa réussite (Rebour, 1948). En effet, le verger agrumicole algérien se localise essentiellement dans la plaine de la Mitidja en raison de son exigence en eau et qualité de sol (Karboa, 2001).



**Figure 6** : Répartition des agrumes en Algérie (ITAFV, 2012).

Selon Younsi (1990), les principales zones agrumicoles sont localisées comme suit :

- La plaine de la Mitidja.
- Le périmètre de la Mina et du Cas Chéelif.
- Le périmètre de l'Habra.
- La plaine d'Annaba.
- La plaine de Skikda.



**Figure 7 :** Evolution de la production nationale et de la superficie des agrumes

L'Algérie est parmi les grand pays méditerranéen producteurs d'agrumes avec une superficie de 93788hectares. Durant les dernières années la production nationale des agrumes passant de 3,8 million (qx) en 2002/2004 à 10,13 million (qx) en 2016/2018 Cette amélioration de la production est principalement due à la croissance de superficie cultivée.

## **7-L'importance économique des agrumes en Algérie :**

Les agrumes présentent une importance économique considérable pour de nombreux pays, il en est de même pour l'Algérie où ils constituent une source d'emploi et d'activité économique aussi bien dans le secteur agricole que dans diverses branches auxiliaires (conditionnement, emballage, transformation transport, etc.....) (Farhat et al, 2010). Cette culture revêt une importance stratégique pour l'Algérie comme source d'approvisionnement en fruits et des débouchés sur le marché international des produits agrumicoles. Sur le plan social, la culture des agrumes emploi en moyenne 140 jours/ha/an, sans compter ceux générés par l'environnement de ce secteur (transformation, commercialisation) (I.T.A.F, 2002).

## 8-La composition chimique d'un agrume :

### 8.1. Pulpe :

La composition des pulpes d'agrumes est influencée par les conditions de croissance, de maturité, de variété et du climat (Kale et Adsule, 1995).

Selon Rihani (1988), les pulpes d'agrumes sont très digestibles et possèdent des valeurs énergétiques voisines de celles des céréales classiques.

La pulpe d'agrumes est considérée comme un aliment concentré riche en énergie chez les ruminants en substitution aux céréales (Arthington *et al.*, 2002). Contenant une forte teneur en substances pectiques et en glucides hydrosolubles, 10-40% MS et 1-2%MS respectivement. Les pulpes d'oranges contiennent du sucrose et des protéines et moins de fibres au Détergent Neutre (Crawshaw, 2004).

### 8.2. Zest :

Les écorces d'agrumes présentent des teneurs élevées en eau (variant de 2,97-3,79 g/g base sèche (**bs**), soit 60% à 75% en base humide et en sucres solubles (6,52-47,81 g/100g bs). De ce fait, c'est un coproduit hautement périssable qui fermente et présente un développement des moisissures (Farhat *et al.*, 2011; Kammoun *et al.*, 2011). De plus, ce coproduit est riche en protéines (1,79-9,06 g/100g bs) et en minéraux (2,52-10,03 g/100 bs) alors que les lipides sont très peu abondants (de 0,48 jusqu'à 4 g/100g bs).

Les écorces d'agrumes sont une source importante d'essences odorantes et d'huiles essentielles de 0,6 à 1% (Oreopoulou *et al.*, 2007; Yeoh *et al.*, 2008 ; Hosni *et al.*, 2010 ; Farhat *et al.*, 2011).

D'autre part, plusieurs études montrent que les écorces d'agrumes contiennent aussi des composés biologiquement actifs comme la vitamine C (0,109-1,150 g/100g bs) (Goulas *et al.*, 2012 ; Barros *et al.*, 2012) et les fibres alimentaires (6,30-82,69 g/100g bs) (Ghasemi *et al.*, 2009 ; Magda *et al.*, 2008).

# Synthèse bibliographique

Variété de citrus	Orange	Mandarine	Citron	Pamplemousse
<b>Eau</b>	2,97 <sup>a</sup> -3,14 <sup>b</sup>	3,79 <sup>b</sup>	3,01 <sup>b</sup>	-
<b>Lipides</b>	0,95 <sup>a</sup>	1,57 <sup>c</sup>	0,48 <sup>b</sup>	-
	1,66 <sup>b</sup>	2,97 <sup>b</sup>	1,51 <sup>c</sup>	-
	4,00 <sup>c</sup>	-	1,89 <sup>d</sup>	-
<b>Protéines</b>	1,79 <sup>b</sup>	2,16 <sup>c</sup>	5,87 <sup>b</sup>	-
	2,67 <sup>c</sup>	7,33 <sup>c</sup>	6,79 <sup>d</sup>	-
	7,90 <sup>f</sup>	8,55 <sup>b</sup>	7,88 <sup>g</sup>	-
	8,01 <sup>a</sup>	-	-	-
	9,06 <sup>c</sup>	-	-	-
<b>Glucides</b>	15,01 <sup>b</sup>	8,50 <sup>c</sup>	6,52 <sup>c</sup>	-
	46,60 <sup>a</sup>	18,27 <sup>b</sup>	13,77 <sup>e</sup>	-
	47,81 <sup>c</sup>	-	14,89 <sup>b</sup>	-
<b>Minéraux</b>	2,56 <sup>c</sup>	3,96 <sup>b</sup>	2,52 <sup>c</sup>	-
	3,31 <sup>a</sup>	4,06 <sup>c</sup>	4,68 <sup>b</sup>	-
	3,45 <sup>b</sup>	10,03 <sup>c</sup>	-	-
	4,24 <sup>c</sup>	-	-	-
<b>Fibres</b>	6,30 <sup>c</sup>	7,14 <sup>c</sup>	14,00 <sup>h</sup>	82,69 <sup>j</sup>
	13,38 <sup>e</sup>	27,89 <sup>b</sup>	-	-
	13,90 <sup>b</sup>	-	-	-
	41,64 <sup>b</sup>	-	-	-
	42,13 <sup>a</sup>	-	-	-
<b>Caroténoïdes totaux</b>	0,04 <sup>k</sup>	0,20 <sup>k</sup>	0,01 <sup>k</sup>	-
<b>Phénols totaux</b>	0,67 <sup>c</sup>	0,78 <sup>c</sup>	2,45 <sup>b</sup>	22,32 <sup>o</sup>
	0,96 <sup>l</sup>	2,91 <sup>b</sup>	4,40 <sup>a</sup>	-
	1,13 <sup>a</sup>	17,21 <sup>o</sup>	13,01 <sup>o</sup>	-
	1,89 <sup>b</sup>	-	-	-
	2,51 <sup>l</sup>	-	-	-
	3,94 <sup>m</sup>	-	-	-
	7,30 <sup>n</sup>	-	-	-
	16,03 <sup>o</sup>	-	-	-
	19,62 <sup>p</sup>	-	-	-
<b>Huiles essentielles</b>	0,6-1 <sup>r</sup>	-	-	-
<b>Vitamine C</b>	0,145 <sup>s</sup> -1,15 <sup>p</sup>	0,280 <sup>s</sup>	0,109 <sup>s</sup>	-

**Tableau 1** : Composition chimique globale des écorces de différentes variétés d'agrumes (g/100g bs).

(aKammoun et al., 2011; b Ghanem et al., 2012 ; c Marin et al., 2007 ;d Fiaguerola et al., 2005 ; e Magda et al., 2008 ; f Grigelmo-Minguel et al., 1999 ; g Masmoudi et al., 2008 ; h Gorinstein et al., 2001; j Chinapongtitiwat et al., 2013 ; k Wang et al., 2008 ; l Lagha-Bernamrouche et al., 2013 ; m Chen et al., 2011 ; n Cheynier et al., 2006 ; o Ghasemi et al., 2009 ; p Goulas et al., 2012; r Espiard, 2002 ; s Barros et al., 2012.)....

## 9- les problèmes phytosanitaires des agrumes :

### 9.1. Les principales maladies des agrumes :

Les agrumes sont exposés à une large gamme de maladies cryptogamiques, bactériennes et virales qui peuvent affecter les feuilles, les racines, les fruits, et le xylème (Loussert, 1989).

**9.1.1. Maladies cryptogamiques :** Les maladies d'origine cryptogamique peuvent également provoquer des graves dégâts si aucune mesure ne vient limiter leur extension. Parmi ces maladies : la fumagine, la gommose à phytophthora (Loussert, 1989).

**a) Fumagine :** La Fumagine causée par le champignon noir à la surface des feuilles et des tiges, suite à une attaque d'insectes piqueur suceurs tels les pucerons, les cochenilles, les aleurodes, les cicadelles qui provoquent des exsudats sucrés (Loussert, 1989).

**b) Gommose à Phytophthora :** Le pourrissement des racines est causé par un champignon du genre *Phytophthora*, qui provoque la pourriture des racines. Cette maladie empêche l'absorption d'eau et de minéraux. Les feuilles jaunissent, flétrissent et tombent. A long terme, elle peut provoquer la mort de l'arbre (Loussert, 1989).

### 9.1.2. Les maladies bactériennes :

**a) le chancre :** Provoquée par la bactérie *Xanthomonas axonopodis* sp. *Citri*. Les symptômes de cette maladie se traduisent par des fentes sur les jeunes feuilles et les fruits. (Swarup et al., 1991).

### 9.1.3. Les maladies viroïdes :

**a) Exocortis :** L'exocortis est une maladie qui cause des craquellements de l'écorce sur *Poncirus trifoliata* et ses hybrides et sur diverses variétés telles que la lime Rangpur (Praloran, 1971).

**b) Cachexie (Xyloporose) :** Une maladie importance considérable, cause Un affaiblissement général de l'arbre atteint avec une nette diminution de la vigueur (Anonyme, 2010).

# Synthèse bibliographique

---

## 9.1.4. Les maladies virales :

a) **la psorose** : est l'une des maladies les plus diffuses dans le monde. Sont groupés sous cette appellation la psorose écailleuse de type A et B et le Ring spot (taches annulaires) (Mhamdi, 2012).

b) **Tristeza Le virus ctv** : est l'un des agents pathogènes les plus virulents des agrumes car il est répandu dans toutes les régions productrices d'agrumes. Les symptômes sont fortement variés selon l'espèce, la variété, et les conditions environnantes. Croissance retardée, tiges trouées, feuilles abîmées, fruits jaunes avec une taille réduite, sont les symptômes communs de cette maladie (Klotz, 1973).

## 9.2. Les différents ravageurs des agrumes :

Selon bich(2012), il existe plusieurs ravageurs (insectes, nématodes, Acariens) qui cause des dégâts et des maladies sur les différents parts des agrumes (Tableau 2).



## Synthèse bibliographique

Ravageurs	Nom		Dégâts
	Scientifique	Commun	
Insectes	<i>Aonidiella aurantii</i>	Pou de Californie	Attaquent les feuilles, les rameaux et les fruits.
	<i>Lepidosaphes beckii</i>	La cochenille moule	
	<i>Lepidosaphes glowerii</i>	La cochenille virgule	
	<i>Chrysomphalu dictyospermi</i>	Pou rouge de Californie	
	<i>Parlatoria ziziphi</i>	Pou noir de l'oranger	
	<i>Parlatoria pergandei</i>	Cochenille blanche	
	<i>Saissetia oleae</i>	Cochenille H	
	<i>Icerya purshasi</i>	La cochenille australienne	
	<i>Coccus hesperidum</i>	Cochenille plate	
	<i>Ceroplastes sinensis</i>	Cochenille chinoise	
	<i>Pseudococcus citri</i>	La cochenille farineuse	
	<i>Aphis spiraeicola</i>	Puceron vert des citrus	Avortement des fleurs et déformation des très jeunes feuilles. Développement d'abondantes colonies de pucerons sur les parties jeunes des arbres.
	<i>Aphis gossypii</i>	Puceron vert du cotonnier	
	<i>Toxoptera aurantii</i>	Puceron noir des agrumes	
	<i>Myzus persicae</i>	Puceron vert du pêcher	
	<i>Aleurothrixus floccosus</i>	L'aleurode floconneux	Provoque des souillures importantes ainsi que le développement de la fumagine.
	<i>Dialeurodes citri</i>	L'aleurode des citrus	Provoque des nuisances et développe de la fumagine.
	<i>Phyllocnistis citrella</i>	Mineuse des agrumes	Attaque les feuilles et les jeunes pousses.
<i>Ceratitis capitata</i>	Mouche méditerranéenne des fruits	Provoque la pourriture des fruits.	
Nématodes	<i>Tylenchulus semipenetrans</i>	Nématode des agrumes	Croissance ralentie des arbres ; pas de symptômes spécifiques de cette espèce
Acarions	<i>Tetranychuscinnabarinus</i>	Acarien tisserand	Provoquent des nécroses, décoloration et chute des feuilles, des fruits et des bourgeons.
	<i>Hemitarsonemuslatus</i>	Acarien ravisseur	
	<i>Aceriasheldoni</i>	Acarien des bourgeons	

**Tableau 2 :** Les ravageurs des agrumes (Bich, 2012).

# Synthèse bibliographique

---

## 9.3. Les méthodes de lutttes :

**8.3.1.Lutte préventive** : Elle se base sur les différentes pratiques culturales et l'entretien de la culture car l'enfouissement pendant l'hiver des plantes ayant reçu des œufs d'hiver ainsi que la destruction par des hersages ou sarclages des plantes sauvages susceptibles d'héberger des espèces nuisibles aux plantes cultivées au début du printemps (Wang et *al.*, 2000).

**8.3.2. Lutte curative** : Parmi ces procédés de lutte, il y a les méthodes culturales, les méthodes chimiques et les méthodes biologiques.

### 9.3.2.1. Méthodes culturales :

Selon Nicolas (1992), le brossage des troncs et la pose d'un badigeon à l'argile pendant l'hiver, diminue fortement les risques d'attaque massive. Mais pour empêcher les fourmis de provoquer l'extension rapide des colonies, la pose d'un manchon contenant un répulsif sur le tronc des arbres permettra une bonne protection.

Aussi, les labours augmentent la résistance de la plante. En effet, une déficience dans l'aération des racines accroît le niveau des acides aminés des feuilles par conséquent la pullulation du ravageur, en l'occurrence les pucerons (Chaboussou, 1975).

### 9.3.2.2. Méthode chimique :

Pour réduire les dégâts d'insectes, l'utilisation des pesticides reste le moyen le plus largement utilisé et le plus efficace aujourd'hui (Ferrero, 2009).

La lutte chimique doit empêcher l'acquisition du virus lors de piqûres d'essai par l'utilisation d'huiles végétales non phytotoxiques. Les produits chimiques doivent être dotés d'un effet de choc élevé, et d'une bonne rémanence, en plus ils doivent appartenir à des familles chimiques différentes afin d'éviter ou de retarder le phénomène de résistance (Hulle et *al.*, 1999). De même, il faut que les doses soient bien étudiées, de manière à éviter de tuer les ennemis naturels (Bayoun et *al.*, 1995).

## Synthèse bibliographique

---

### 9.3.2.3. Méthodes biologiques :

La lutte biologique reste la méthode la plus respectueuse de l'environnement. Elle consiste à utiliser des ennemis naturels de l'insecte nuisible afin de minimiser l'effectif des populations du ravageur. De point de vue efficacité, cette méthode pose beaucoup de problèmes concernant les difficultés dans l'élevage de l'insecte bénéfique ainsi que la difficulté de la relation hôte-parasite (Aboussaid et *al.*, 2007).

#### A) Lutte microbiologique :

D'après Gautier (1987), elle consiste à réduire les populations de l'insecte ravageur par des ennemis naturels qui sont soit des prédateurs, des parasites ou des agents pathogènes (bactéries, champignon etc..).

En effet, il y a plus de 50 microorganismes entomopathogènes qui sont actuellement commercialisés pour être employés surtout dans la lutte biologique augmentative (Lacey et *al.*, 2015). Parmi ces microorganismes, les plus importants de la cératite sont les micro-hyménoptères parasites aussi les bactéries du genre *Bacillus* (Bodenheimer, 1951). Les toxines produites par *Bacillus* constitueraient une méthode de lutte biologique alternative qui respecte l'environnement (Aboussaïde et *al.* 2009)

#### B) Lutte autocide :

Elle est basée sur l'utilisation de l'insecte lui-même comme facteur de lutte. Le principe de cette méthode se base sur l'irradiation des mâles d'élevage par les rayons gamma qui sert à stériliser les mâles pour ensuite les lâchers sur le terrain. Ces mâles rentrent en compétition avec les mâles normaux et leurs accouplements entraînent de la part des femelles des pontes stériles en proportion croissante et par la suite l'extinction progressive de la population du ravageur (Hafez, 1972).

## 10-La valorisation des déchets des agrumes :

Le pressage des agrumes produit des millions de tonnes de déchets par an dans le monde. Ces déchets (peaux, pulpes et pépins) sont généralement dédiés à l'alimentation animale ou bien éliminés par compostage ou incinération. Cependant leur contenu en molécules bioactives conduit à plusieurs voies de valorisation. Vu que les peaux constituent à peu près la moitié de la masse des déchets d'agrumes, les études ont été faites sur la valorisation des peaux de différents types d'agrumes.

- L'utilisation des écorces d'agrumes n'est pas un fait nouveau. Les écorces rentrent dans la composition de vieilles recettes culinaires et l'on prépare toujours des écorces confites, en saumure, ou conservées par l'anhydride sulfureux, pour l'industrie alimentaire (R.schwob et R.huet, 1995).
- L'extraction des huiles essentielles de citron et d'orange est l'objet d'une activité déjà ancienne, indépendante de la préparation des jus, la maturation exerçant une influence contraire sur la qualité de l'essence et sur celle du jus. Préparée en tant que sous-produit du jus, l'huile essentielle ne peut prétendre à une qualité élevée. Elle constitue cependant une source de revenus appréciable bien que variable (R.schwob et R.huet, 1995).
- L'extraction industrielle de la pectine : se fait à partir des sous-produits de l'industrie des jus de fruits. Mares de pommes et écorces d'agrumes sont les sources principales et abondantes de pectines en raison de leur richesse. Les agrumes font partie des fruits très riches en pectines (teneur entre 3.5 et 5.5 %) (Lahmer ,2019)
- La pâte d'oranges une excellente base naturelle pour parfumer et colorer des produits alimentaires (Lahmer ,2019)
- Les écorces sont particulièrement riches en composés digestibles et offrent de nombreuses possibilités d'utilisation pour l'alimentation fonctionnelle humaine et animale ainsi qu'en tant que complément alimentaire (Bampidis& Robinson, 2006).
- Les extraits naturels des écorces sont également l'un des intrants de l'industrie pharmaceutique pour la préparation de médicaments, de savons, de parfums et autres produits cosmétiques. De plus, les écorces d'agrumes sont riches en limonène, qui est employé dans la formulation des solvants industriels mais aussi comme solvant biologique (Lohrasbi et *al.*,2010).

# Synthèse bibliographique

---

## Chapitre II: Les polyphénols

### 1-Généralités sur les métabolites secondaires :

Les métabolites secondaires sont des molécules organiques complexes synthétisées et accumulées en petites quantités par les plantes autotrophes (Lutge et *al.*, 2002; Abderrazak et Joël, 2007). Ils peuvent être définis comme des molécules indirectement essentielles à la vie des plantes, par opposition aux métabolites primaires (les glucides, les protéines, les lipides et les acides nucléiques) qui alimentent les grandes voies du métabolisme basal (Hanson, 2003). Ces composés exercent un rôle majeur dans l'adaptation des végétaux à leur environnement. Ils assurent des fonctions clés dans la résistance aux contraintes biotiques (phytopathogènes, herbivores, etc.) et abiotiques (UV, température...etc).

La notion de « métabolite secondaire » résultait initialement de trois groupes d'observations : d'abord une difficulté à attribuer à ces métabolites une fonction précise dans la physiologie de la plante, ensuite une répartition très inégale selon les végétaux, quelquefois entre des espèces ou variétés à l'intérieur d'une même espèce, une certaine « inertie biochimique » car ces substances sont rarement remobilisées dans la plante après qu'elles y ont été accumulées. Ils ont une structure chimique souvent complexe, qui représente une source importante de molécules utilisables par l'homme dans des domaines de la pharmacologie ou de l'agroalimentaire (Macheix et *al.*, 2005).

### 2-Classification des métabolites secondaires :

On trouve les métabolites secondaires dans toutes les parties de plantes, mais ils sont distribués différemment selon leurs rôles. Cette distribution varie d'une plante à l'autre. Parmi les principales familles de métabolites secondaires trouvées chez les plantes, on distingue :

#### 2-1 les composés phénoliques :

Les polyphénols sont des constituants naturels présents dans les aliments d'origine végétale, comme les céréales, les fruits, les légumes et les boissons (thé, café et vin). Ce sont des métabolites secondaires que les plantes produisent pour se protéger contre

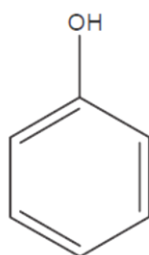
# Synthèse bibliographique

---

d'autres organismes (Luthar, 1992; Tsao, 2010). Ils sont retrouvés dans tous les niveaux de la plante (Ranjeva et *al.*, 1977) racines, tiges, feuilles, fleurs, fruits... jouent un rôle important dans de nombreux processus physiologiques comme la croissance cellulaire, la rhizogenèse, la germination des graines ou la maturation des fruits (Amiot et *al.*, 1989).

Les composés phénoliques ou polyphénols sont des métabolites secondaires caractérisés par la présence d'un cycle aromatique portant des groupements hydroxyles (Boizot et Charpentier, 2006) (figure 08) libres ou engagés avec une autre fonction chimique (éther méthylique, ester, sucre...). A l'heure actuelle plus de 8000 composés a été isolé et identifier (Mompon et *al.*, 1998), dont la structure varie d'un simple noyau aromatique de faible poids moléculaire jusqu'aux tanins complexes de très haut poids moléculaire (Chira et *al.*, 2008).

Les molécules avec un seul cycle telles que les acides phénoliques et les alcools phénoliques ne sont pas proprement des polyphénols mais elles partagent plusieurs de leurs propriétés et caractéristiques (Stevenson et Hurst, 2007) et sont généralement incluses avec les polyphénols (Weichselbaum et Buttriss, 2010).



**Figure 8 :** la structure simple du noyau aromatique. (Vermerris et Nicholson 2008)

Le terme de composés phénoliques couvre un groupe très vaste et diversifié de produits chimiques. Ils peuvent être classés dans un certain nombre de façons dans les groupes en fonction du nombre d'atomes de carbone dans la molécule (Tableau3). (Bruneton, 1999).

# Synthèse bibliographique

Structure	Classe
C6	phénols simples
C6 –C1	Acides phénoliques et composés dérivés
C6 –C2	Acétophénonnes et acides phénylacétiques
C6 –C3	Acides cinnamiques, coumarines, isocoumarines, chromones
C15	Flavanols, flavanones, flavonols, flavonones, anthocyanines et anthocyanidines
C30	Biflavonyles
C6 – C1– C6 ,6 – C1 – C6	Benzophénones, xanthonnes et stilbéne
C6 ,10 , C14	Quinones
C18	Bétacyanines
Lignanes, neolignanes	Dimères ou oligomères
Lignine	Polymères
Tanins	Condensé et hydrolysable

**Tableau 3 :** Classification des composés phénoliques (Bruneton, 1999).

## 2.1.1. Les acides phénoliques :

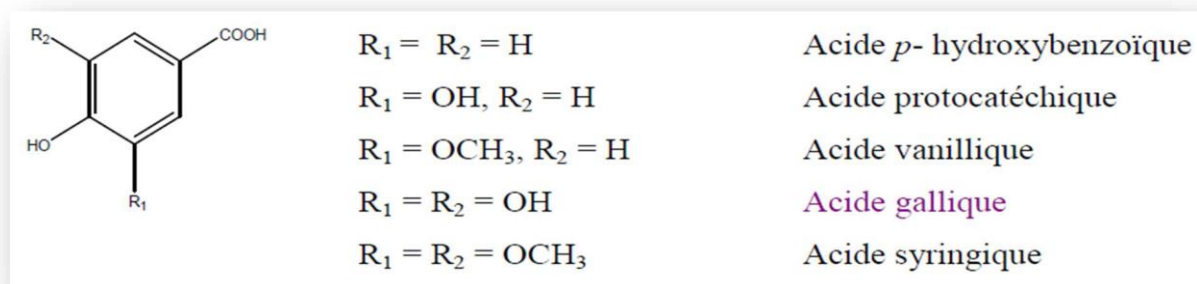
Ils appartiennent à deux groupes, les acides hydroxybenzoïques et les acides hydroxycinnamiques.

➤ **Les acides hydroxybenzoïques:** Ils sont les dérivés de l'acide benzoïque et ont une formule de base de type C6-C1 (Kebbab. R, 2014), dont les plus répandus sont l'acide salicylique et l'acide gallique (Nkhili .Ez, 2009).

➤ **Les acides hydroxycinnamiques:** Ils représentent une classe très importante dont la

## Synthèse bibliographique

structure de base (C6-C3) dérivée de celle de l'acide cinnamique. Les molécules de base de la série hydroxycinnamique sont l'acide caféique et l'acide férulique (Figure 9) (Kebbab, R, 2014).



**Figure 9:** Exemple d'acide phénolique

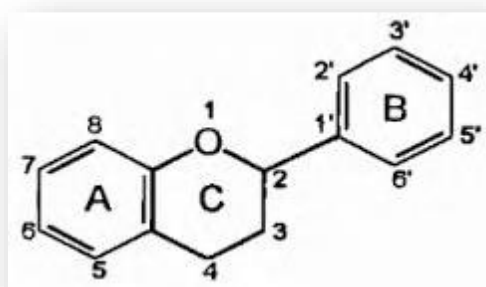
### 2.1.2 Les flavonoïdes :

Le terme flavonoïde désigne une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols (Seyoumeet *al.*, 2006). Les flavonoïdes, au sens strict, sont des pigments jaunes, généralement polyphénoliques, largement répandus dans le règne végétal avec plus de 4000 composés ayant des propriétés pharmacologiques et la liste s'élargit constamment avec le développement de nouvelles techniques analytiques (Marouf, 2000).

C'est le groupe le plus représentatif des composés phénoliques. Ces molécules ont des structures chimiques variées et des caractéristiques propres. Elles sont omniprésentes dans les fruits, les légumes, les graines, les boissons tels le thé et le vin rouge et d'autres parties de la plante (Tsimogiannins et Oreopoulou, 2006).

Ce sont des composés phénoliques de faible poids moléculaire possédant un squelette carboné en C6-C3-C6. Ils sont constitués d'un squelette à 15 atomes de carbone (Figure 10) formant 2 noyaux aromatiques (A et B) et un hétérocycle (C) à oxygène dont la nature définit l'apparence déterminé (Erdman et *al.*, 2007; Ignat et *al.*, 2011)





**Figure 10** : Structure de base des flavonoïdes (Erdman *et al.*, 2007).

Les flavonoïdes montrent des propriétés intéressantes fongicides et insecticides qui protègent la plante contre l'attaque des champignons et des insectes. On peut également noter que les flavonoïdes montrent à des propriétés dans le contrôle de la croissance et du développement des plantes en interagissant d'une manière complexe avec les diverses hormones végétales de croissance (Merghem, 2009), Aussi ils assurent la protection des tissus contre les effets nocifs du rayonnement ultraviolet (Bruneton, 2009).

il existe 5 types de flavonoïdes (Malešev et Kuntić, 2007 ;Narayana, 2001) :

**A) Flavanones** : Ces composés se caractérisent par l'absence de double liaison entre C2-C3, et ils sont présents dans les plantes sous forme de trace (Richter, 1993).

**B) Flavones** : Ils dérivent des flavanones par une oxydation qui introduit une seconde double liaison dans l'hétérocycle (Heller *et al.*, 1998). Dans plus de 90%, le cycle A est substitué par deux hydroxyles phénoliques en C5 et C7 (Bruneton, 1999). Par exemple: Glucoside d'apigénine (Shahidi et Nacz, 1995) et la tricine(Shahidi et Nacz, 1995; Peterson, 2001) chez le blé.

# Synthèse bibliographique

---

**C) Flavonols :** Les flavonols sont caractérisés par la présence d'une double liaison en position 2-3 et d'un groupement hydroxyle en C3. Ce sont les flavonoïdes les plus répandus dans le règne végétal, leur couleur varie du blanc au jaune, elles sont essentiellement représentées par la quercétine, le kaempférol et la myricétine. Les flavonols qui s'accumulent dans les tissus végétaux sont presque toujours sous la forme conjuguée glycosylée. (Fraga, 2009).

**D) Flavanols :** Ces molécules sont toujours hydroxylées en C3 et se caractérisent par l'absence du groupe carboxyle en C4. Elles sont souvent à l'origine des polymères flavoniques appelés proanthocyanidols ou tanins condensés. Les flavan-3-ols sont très abondants dans les fruits comme les abricots, les cerises, les raisins... (Fraga, 2009).

**E) Anthocyanes :** Les anthocyanes sont des pigments naturels colorés qui se trouvent dans les plantes vasculaires. Leur aptitude à se solubiliser facilement dans les milieux aqueux offre des possibilités très larges dans le domaine industriel. Ils sont responsables de la coloration (orange, rose, rouge, violet et bleue) de certaines fleurs (tulipe, rose, orchidée) et fruits (pomme, baie, raisin). Une caractéristique importante de ces composés réside dans leur aptitude antioxydante, et de nombreuses études sur leurs activités biologiques peuvent en témoigner (Castaneda-Ovando *et al.*, 2009).

## 2.1.3. Les tannins :

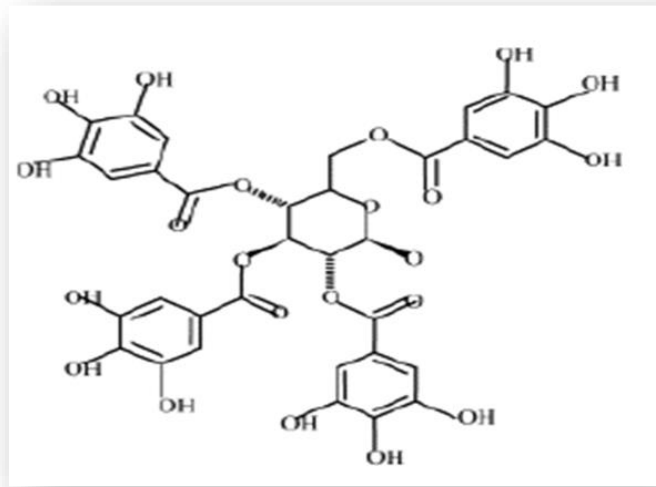
Bate-Smith et Swain ont défini les tannins comme étant des composés phénoliques solubles dans l'eau, de poids moléculaire compris entre 500 et 3000 Dalton, et ayant, outre les propriétés habituelles des phénols, la capacité de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et autres protéines (Frutos *et al.*, 2004).

Chez les végétaux supérieurs ils existent deux groupes de tanins de structure différente: les tanins hydrolysables et les tanins non hydrolysables, ou tanins condensés (Frutos *et al.*, 2004).

**A) Tanins hydrolysables :** Les tanins hydrolysables sont des polyesters de glucides et d'acides phénoliques (figure 10), ils sont facilement scindés par les tannases en oses et en

# Synthèse bibliographique

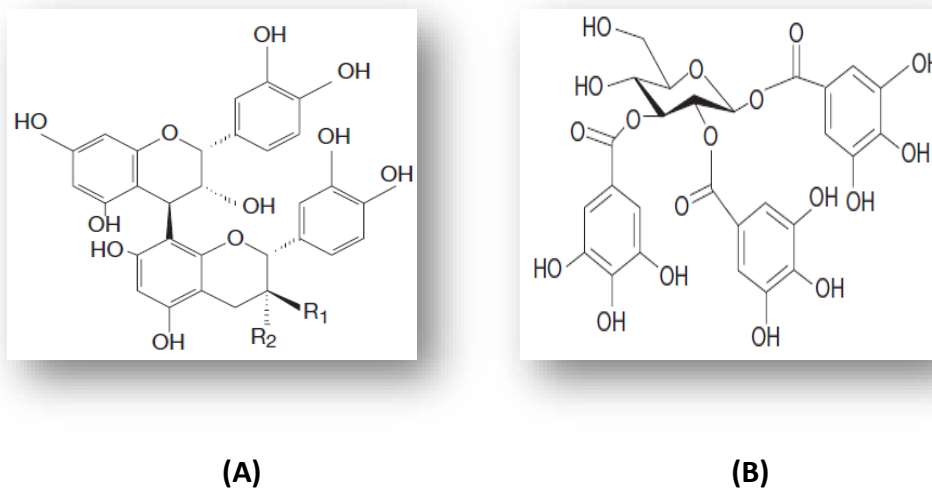
acide phénol, selon la nature de celui-ci il existe: les tanins galliques et les tanins ellagiques(Hurabielle et Paris, 1981).



**Figure 11 :** Structure des tanins hydrolysables (Krause et *al.*, 2005).

- **Tanins galliques (Gallo tanins) :** Ils donnent par l'hydrolyse des oses et de l'acide gallique (Paris et Hurabielle,1981).
- **Tanins ellagiques (Ellagitanins) :** Ils sont scindés par les enzymes en oses et en acide ellagique(Paris et Hurabielle, 1981).

**B) Les tanins condensés :** appelés proanthocyanidines ou procyanidines, se sont des composés qui ne possèdent pas de sucre dans leur molécule et leur structure est voisine de celle des flavonoïdes. Il s'agit des polymères flavoniques constitués d'unités de flavan-3-ols liées entre elles par des liaisons carbone-carbone (Bruneton, 1999).



**Figure 12:** Structure chimique : (A) d'un tanin condensé (proanthocyanidine) ;

# Synthèse bibliographique

---

(B) d'un gallotanin (1,2,3-tri-O-galloyl- $\beta$ -D-glucose) (Sarni-Manchado et Cheynier, 2006).

## 2.1.4. Les saponosides :

Comme définition, on dirait qu'une saponine est un glycoside de stéroïde ou de triterpène. Fondamentalement, on distingue les saponines stéroïques et les saponines triterpéniques dérivant tous deux biosynthétiquement de l'oxyde de squalène (Manach *et al.*, 2004).

Les saponines sont largement distribués dans le règne végétal, compris un groupe hétérogène de composés caractérisé par leur structure contenant des triterpènes ou des stéroïdes et une ou plusieurs chaînes de sucres (Güçlü-Üstündağ et Mazza, 2007), lié à une aglycone hydrophobe (sapogénine) (Francis *et al.*, 2002).

## 2.1.5. Les huiles essentielles

Les huiles essentielles, appelées communément essences végétales. Sont des métabolites secondaires produits par les plantes, odorant et généralement de composition complexe (Chiasson et Beloin, 2007; Lardry et Haberkorn, 2007; Vigan, 2010)

Les HE des plantes ont trouvé leur place en aromathérapie, pharmacie, cosmétique et dans la conservation des aliments. Leur utilisation est liée à leurs larges spectres d'activités biologiques reconnues (Amarti *et al.*, 2010).

Les huiles essentielles sont retrouvées dans tous les organes de la plante (racine, écorce, feuille, fleur, fruit, graine...). Elles proviennent d'une sécrétion élaborée par certains végétaux et contenue dans des structures spécialisées (poils, poches et canaux sécréteurs) situées le plus souvent dans les fleurs et les feuilles. (Lardry et Haberkorn, 2007; Couic-Marinier et Lobstein 2013).

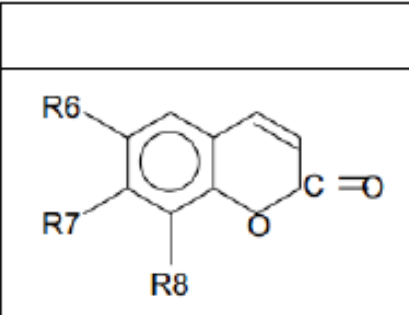
## 2.1.6. Coumarines :

Les coumarines sont des composées naturelles qui contiennent la partie caractéristique benzo [ $\alpha$ ] pyrone (2H-benzopyrane-2-one). Ils sont particulièrement abondants chez les Apiaceae, les Rutaceae, les Fabaceae, et autre famille des plantes (Glowniak, 2004).

Les coumarines dérivent des acides hydroxy-cinnamiques par cyclisation interne de la chaîne latérale. Les coumarines ont fréquemment un rôle écologique ou biologique (Fig 13)

## Synthèse bibliographique

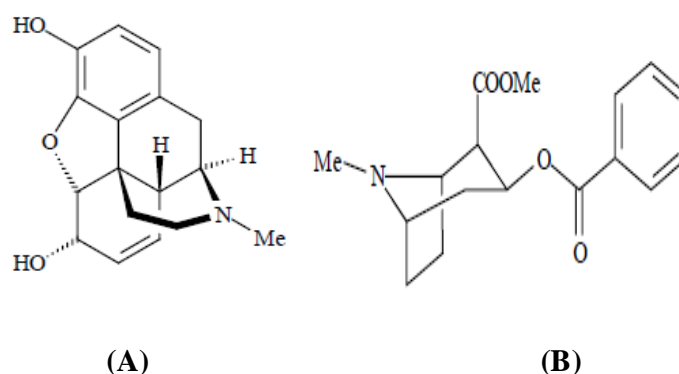
(Macheix et *al.*, 2005). Ils sont capables de prévenir la peroxydation des lipides membranaires et de capter les radicaux hydroxyles, superoxydes et peroxydes (Diallo, 2005).

	R6	R7	R8	Acides phénoliques
	H	OH	H	Umbelliférol
	OH	OH	H	Aesculol
	OCH <sub>3</sub>	OH	H	Scopolétole
	OCH <sub>3</sub>	OH	OH	Fraxétole
	H	OH	OH	Daphnétole

**Figure 13 :** Principaux types de coumarines (Macheix et *al.*, 2005).

### 2.1.7. Les alcaloïdes :

Les alcaloïdes sont des substances azotées, basiques, d'origine naturelle, avec une structure complexe (Fig. 14) et qui possède des activités pharmacologiques significatives. Ils ont joué un rôle important dans la découverte des médicaments (morphine, quinine, cocaïne, atropine...) et dans le développement de l'industrie pharmaceutique (Omukoliet *al.*, 1997 ; Bruneton 2009). L'étude de leur mécanisme d'action a conduit à les employer comme réactifs biologiques en neurochimie et en chimiothérapie. Ils sont dotés aussi d'un pouvoir antioxydant (Račková *et al.*, 2004).



**Figure 14 :** Structure de la Cocaïne (A) et la morphine (B) (Hopkins, 2003).

Il existe trois grandes classes des alcaloïdes selon qu'ils possèdent ou non un acide aminé comme précurseur direct, et qu'ils comportent ou non un atome d'azote dans un hétérocycle (Aniszewskim, 2007 ; Bruneton, 2008) :

# Synthèse bibliographique

---

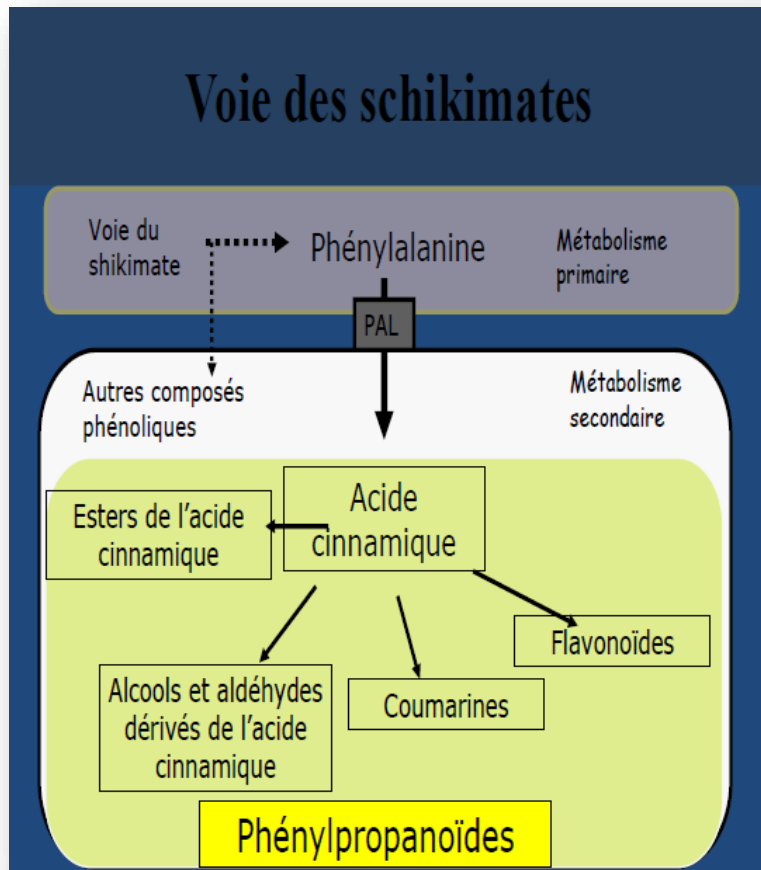
- **Les alcaloïdes vrais** : dérivent directement des acides aminés et présentent au moins un hétérocycle de caractère basique dont l'azote est inclus dans l'hétérocycle ;
- **Les pseudo-alcaloïdes** : représentent le plus souvent toutes les caractéristiques des alcaloïdes vrais, mais ne sont pas des dérivées des acides aminés ;
- **Les proto-alcaloïdes** : sont des amines simples dont l'azote n'est pas inclus dans un système hétérocycle : ils ont une réaction basique et sont élaborés in vivo à partir des acides aminés (Bruneton, 2008).

## 3-Biosynthèse des composés phénoliques :

Les composés phénoliques constituent un des groupes les plus importants chez les végétaux, issus de la grande voie d'aromagenèse; shikimates ou acide shikimique et de la voie acétate-malonate (Bruneton, 2009).

### 3.1-Voie du shikimate :

La voie de l'acide shikimique est la voie la plus importante pour la biosynthèse des composés aromatiques dans les plantes et les micro-organismes. Cette voie débute par la condensation de l'acide phospho-énolpyruvique (PEP) avec l'érythrose-4- phosphate qui dérivent respectivement de la glycolyse et de la voie des pentosesphosphate, réaction comparable à celle de la phospho-dihydroxy-acétone (DHAP) avec l'érythrose phosphate, lors de la phosphosynthèse (Merghem, 2009). Puis par désamination des phénylalanine et tyrosine, aux acides cinnamiques et à leur très nombreux: acides benzoïques, acétophénones, lignanes et lignines, caumarines etc (figure15) (Bruneton, 2009).



**Figure 15:** Synthèse des acides aminés par la voie du shikimate (Lugasi et *al.* 2003).

### 3.2-La voie de l'acide malonique :

La glycolyse et la  $\beta$ -oxydation aboutissent à la formation de l'acétyl-CoA donnant le malonate (figure16). C'est à travers cette voie que s'effectue la cyclisation des chaînes polycétoniques, obtenues par condensation répétée d'unités « Acétate » qui se fait par carboxylation de l'acétyl-CoA. Cette réaction est catalysée par l'enzyme acétyl-CoA carboxylase (Akroum, 2011)

# Synthèse bibliographique

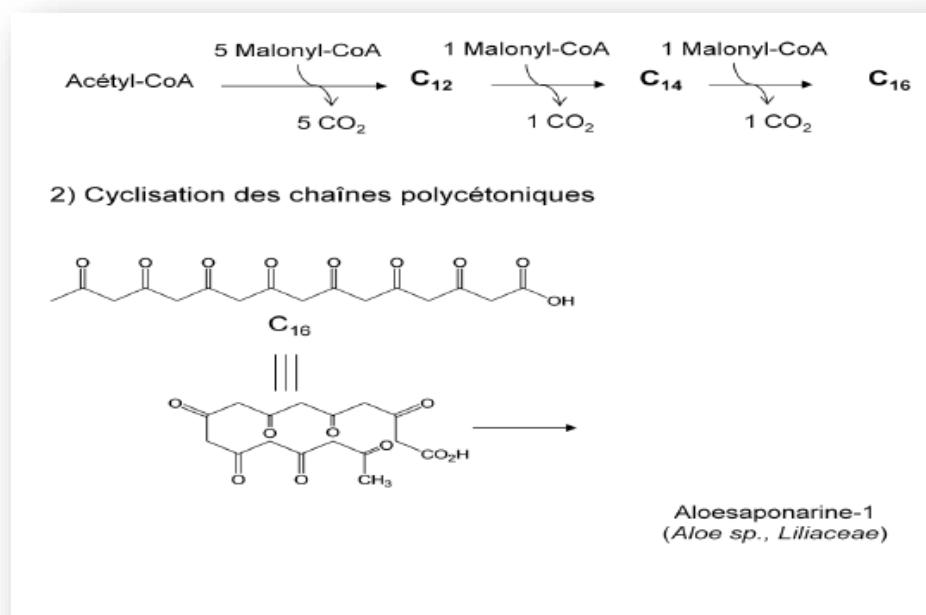


Figure 16 : Biosynthèse des polyacétates (Lugasi et al. 2003).

## 4-Localisation des composés phénoliques :

Les composés phénoliques peuvent être présents

- Ils sont présents dans toutes les parties des végétaux supérieures (racine, tige, fleur, pollen, fruit, graine et bois) et sont impliqués dans de nombreux processus physiologiques comme la reproduction, la croissance cellulaire, la rhizogenèse, la germination des graines ou la maturation des fruits (Boizot et Charpentier, 2006). Aussi, ils donnent la couleur et l'odeur aux plantes (Liu, 2007).
- les animaux et les plantes, à la formation des mélanines, pigments bruns ou noirs qui colorent la peau et les cheveux ainsi que la cuticule des insectes.



## 5-Le rôle des polyphénols :

### 5.1-Chez les végétaux :

Les composés phénoliques peuvent intervenir dans certains aspects de la physiologie de la plante (lignification, régulation de la croissance, interactions moléculaires avec certains microorganismes symbiotiques ou parasites...), dans les interactions des plantes avec leur environnement biologique et physique (relations avec les bactéries, les champignons, les insectes, résistance aux UV); soit directement dans la nature soit lors de la conservation après récolte de certains végétaux; dans les critères de qualité (couleur, astringence, amertume, qualités nutritionnelles...) qui orientent les choix de l'homme dans sa consommation des organes végétaux (fruits, légumes, tubercules...) et des produits qui en dérivent par la transformation; dans les variations de certaines caractéristiques des végétaux lors des traitements technologiques (préparation des jus de fruits, des boissons fermentées...) pendant lesquels apparaissent fréquemment des brunissements enzymatiques qui modifient la qualité du produit fini (FleurietA.,*etal.*, 2005)

### 5.1-Chez les humains :

Le rôle des composés phénoliques est largement montré dans la protection contre certaines maladies en raison de leur interaction possible avec de nombreuses enzymes et de leurs propriétés antioxydantes(Fleuriet*etal.*, 2005).

Spécifiquement, on attribue aux flavonoïdes des propriétés variées: veinotonique, antitumorale, anti-radicalaire, anti-inflammatoire, analgésique, antiallergique, antispasmodique, antibactérienne, hépatoprotectrice, estrogénique et/ ou anti-estrogénique. Ils sont également connus pour moduler l'activité de plusieurs enzymes ou de récepteurs cellulaires. Les flavonoïdes favorisent la relaxation vasculaire et empêchent l'agglutinement des plaquettes sanguines. Par conséquent, ils réduisent la coagulation du sang et le rendent plus fluide. Ils limitent l'oxydation des lipides sanguins et contribuent à la lutte contre les plaques d'athérome. Ils sont aussi

anxiolytiques et protèges nos artères contre l'athérosclérose et réduit la thrombose (caillots dans les artères).

## 6- Intérêts économiques des composés phénoliques :

L'utilisation des végétaux par l'homme se confond avec l'histoire de l'humanité, à la fois à des fins alimentaires (pour son alimentation et celle des animaux qu'il domestique progressivement), de protection (celle de ses abris et pour ses vêtements), énergétiques (feu, énergie fossile) et de lutte contre la maladie par constitution d'une médecine et d'une pharmacopée traditionnelle. Parmi tous les constituants chimiques des végétaux, les composés phénoliques n'occupent qu'une place quantitative modeste (à l'exception de la lignine). Ils ont de multiples propriétés de tout temps recherchées par l'homme, d'abord de manière empirique et ensuite selon une approche plus raisonnée qui bénéficie des progrès de la science, en particulier dans les domaines analytiques et biotechnologiques (Fleurietal., 2005).

Les implications économiques des résultats obtenus se rapportant aux composés phénoliques sont considérables. Elles concernent l'utilisation directe de nombreux produits issus de l'agriculture (commercialisation directe des fruits, légumes, céréales). Elles se retrouvent également dans plusieurs secteurs de la biotechnologie (industries agroalimentaires, pharmaceutiques et cosmétiques).

## 7. Propriétés thérapeutiques des polyphénols :

### 7.1. Polyphénols et cardiovasculaire :

Diverses études épidémiologiques ont montré qu'il existe une corrélation inverse entre la consommation d'aliments riches en polyphénols et le risque de développement des maladies cardiovasculaires.

Au niveau des artères, ces molécules préviennent l'oxydation des lipoprotéines de faible densité (LDL) évitant ainsi l'athérosclérose (épaississement des artères qui contribue à réduire le flux sanguins et peut conduire à l'asphyxie des tissus irrigués).

Les polyphénols inhibent aussi l'agrégation plaquettaire impliquée dans le phénomène de thrombose, qui induit l'occlusion des artères. Ainsi en prévenant l'athérosclérose et les risques de thrombose, ces composés limitent les risques d'infarctus du myocarde.

# Synthèse bibliographique

---

Selon des études épidémiologiques, un plus grand apport de flavonoïdes tirés des fruits et des légumes s'associe à une diminution du risque d'apparition de maladie cardiovasculaire. Les mécanismes expliquant cette observation ne sont pas clairs, mais d'après les données probantes, les flavonoïdes exerceraient leurs effets par la diminution des facteurs de risque cardiovasculaire.

D'après de récentes données probantes, certains polyphénols sous forme purifiée, y compris le resvératrol, la berbérine et la naringénine, ont des effets bénéfiques sur la dyslipidémie chez les modèles humains ou animaux. Un traitement à la naringénine atténue l'athérosclérose en corrigeant la dyslipidémie (Boubekrich, 2014).

## 7.2. Polyphénols et cancer:

Les propriétés anticancéreuses des polyphénols ont été mises en évidence dans de nombreuses études *in vitro*, utilisant des cultures cellulaires cancéreuses ou des animaux prétraités par des réactifs chimiques carcinogènes. Cependant, les données disponibles sur les effets des polyphénols vis-à-vis des cancers chez l'homme sont plus disparates.

L'effet des polyphénols sur les lignées de cellules cancéreuses humaines est fréquemment protecteur et induit une réduction du nombre de tumeurs et de leur croissance. Plusieurs mécanismes d'action ont été identifiés : activité oestrogénique ou antioestrogénique, effets antiprolifératifs, induction de l'arrêt du cycle cellulaire ou de l'apoptose, prévention du stress oxydant, activité anti-inflammatoire, modification de la signalisation cellulaire (Achat. S, 2013).

## 7.3. Polyphénols et diabète :

Activité antidiabétique Plusieurs mécanismes sont attribués aux flavonoïdes pour l'activité antidiabétique. Les flavonoïdes empêchent le diabète par leur effet antioxydant (Teh et *al.*, 2014 ; Kasali et *al.*, 2016).

# Synthèse bibliographique

---

## 8-Les Activités biologiques des polyphénols :

### 8.1-Activité antioxydant des polyphénols :

L'activité antioxydante, au sens large, est considérée comme responsable des propriétés « préventives » des polyphénols. Il est reconnu que, chez l'Homme, les radicaux libres sont responsables de la progression d'un grand nombre de maladies humaines, incluant l'arthrite, l'athérosclérose, les maladies d'Alzheimer et de Parkinson, les tumeurs et la carcinogénèse (Gordon, 1996; Rohdewald, 2002). Les polyphénols sont de puissants piègeurs de radicaux libres et agissent ainsi en prévention des maladies cardio-vasculaires, des cancers et autres maladie neuro-dégénératives (Jerez et *al.*, 2007). Les principaux mécanismes de cette activité antioxydante sont le piégeage des radicaux libres (RiceEvans et *al.*, 1996), la chélation de la transition métallique (Brown et *al.*, 1998) et le maintien d'antioxydants et de détoxifiants endogènes tels que la glutathione ou la superoxydedismutase (Ishige et *al.*, 2001; Katiyar et *al.*, 2001). Les antioxydants extraits de plantes peuvent donc être valorisés en tant qu'ingrédients pour les produits agro-alimentaires, nutraceutiques, pharmaceutiques ou cosmétiques.

### 8.2. Activités antimicrobienne:

Les antimicrobiens peuvent être subdivisés en fonction de leur activité et du type de micro-organisme qui en subit l'action. Parmi les agents antimicrobiens qui tuent les micro-organismes, il y aura des bactéricides, des fongicides et antimycosiques, des antiviraux et des viroïdes, les antiparasitaires, tandis que ceux qui inhibent la croissance seront bactériostatiques, fongistatiques et virostatiques. Selon la possibilité d'une utilisation étendue sur des tissus *in vivo*, les antimicrobiens sont divisés en antiseptiques et désinfectants (Bouhalit et *al.*, 2011).

Plusieurs études *in vitro* et *in vivo* ont été focalisées sur l'évaluation des propriétés antimicrobienne des polyphénols. A l'heure actuelle, cet effet est certain et démontré par de nombreuses recherches expérimentales. Les polyphénols notamment les flavonoïdes et les tannins sont reconnus par leur toxicité vis-à-vis des microorganismes. Le mécanisme de toxicité peut être lié à l'inhibition des enzymes hydrolytiques (les protéases et les carbohydrases) ou d'autres interactions pour inactiver les adhésines microbiennes, les protéines de transport et d'enveloppe cellulaire (Cowan, 1999).

# Synthèse bibliographique

---

-Les caractéristiques antimicrobiennes de certaines classes de polyphénols ont été étudiées afin de développer de nouveaux traitements pour les différentes infections microbiennes (Jayaraman et al., 2010; Saavedra et al., 2010), causées par différents microorganismes tels que *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*.

## 8.2.1. Activités antifongique :

Activité antifongique Les antifongiques sont des substances (naturelles) capables de détruire sélectivement ou non les différents champignons rencontrés en mycologie. Ils s'administrent par voie locale ou générale (O'fel, 1982).

Ces dernières années, un grand nombre d'études ont été publiées sur l'activité antimicrobienne des composés phénoliques d'origine naturelle. Dans de nombreux cas, ces substances servent de mécanismes de défense contre les micro-organismes et les insectes, etc. Certaines plantes donnent leurs odeurs comme les terpénoïdes, mais d'autres (quinones et tanins) sont responsables des pigments végétaux. Un grand nombre de plantes aromatiques montrent une activité anti-bactérienne et souvent antifongique. Ces composés comprennent les phénols simples et alkylés, l'acide phénolique, les phénylpropanoïdes, les coumarines, les quinines, les anthraquinones et les xanthones, etc. ont été rapportés avec d'autres acides phénoliques comme constituants antifongiques constitutifs (Tahara et al., 1984).

Les flavonoïdes et les esters d'acides phénoliques ont été étudiés pour leur activité antifongique (Raj et al., 2001), ils ont démontré une activité inhibitrice contre *Aspergillus tamarii*, *A. flavus*, *Cladosporium sphaerospermum*, *Penicillium digitatum* et *Penicillium italicum* (Cushnie et Lamb, 2005). La propriété lipophile et/ou la présence au moins d'un groupe acide d'hydroxyle sont donc considérés comme un dispositif structural essentiel pour une bonne activité antifongique. La propriété lipophile permet aux phénols actifs de pénétrer à travers les membranes biologiques tandis que les groupes d'hydroxyle peuvent agir par l'inhibition de la phosphorylation oxydative (Tomás-Barberán et al., 1990).

# Partie 02 :

# Expérimentation

# Partie 02 : Expérimentation

---

## Chapitre I : Matériel et méthodes

Notre travail consiste à l'étude de l'effet des traitements phytosanitaires sur la teneur des polyphénols totaux et des flavonoïdes ainsi que l'activité antifongique des extraits éthanoliques chez l'oranger *Citrus sinensis* variété **ValenciaLate**.

Notre étude s'est déroulée en deux étapes :

- ❖ **La première étape** : Extraction et dosage des composés phénoliques de différents parties des écorces de fruits d'oranger (Zest, Albédo et Pulpe).
- ❖ **La deuxième étape** : Evaluation de l'activité antifongique des extraits éthanoliques.

Le travail était réalisé au niveau du Laboratoire de Recherche des Plantes Aromatiques et Médicinales (LRPAM), département des Biotechnologies ; Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie (SNV) université Blida 1.

### 2. Présentation de la région d'étude :

L'étude s'est déroulée dans la région de la plaine de la Mitidja de la wilaya de Blida. La plaine de la Mitidja (figure 17) est une bande littorale étroite qui s'étire sur une centaine de kilomètres. Elle est située au nord centre algérien et bénéficie d'un climat méditerranéen favorable à l'agriculture. La plaine de la Mitidja a plusieurs avantages qu'elle rassemble notamment : des sols riches et bien situés par rapport aux possibilités de mobilisation d'importants volumes d'eau ; une longue expérience de l'agriculture irriguée (arboriculture et maraîchage) liée à l'histoire coloniale de la plaine ; une proximité d'un marché potentiel : Alger et les autres villes avoisinantes ; une grande capacité de stockage et de conditionnement des produits agricoles à côté d'une forte densité d'implantation de l'industrie agro-alimentaire, ainsi qu'une infrastructure routière bien développée et ; des institutions de formation et de recherche agronomique quasiment toutes dans la Mitidja (Macdonald et *al.*, 1997).

## Partie 02 : Expérimentation

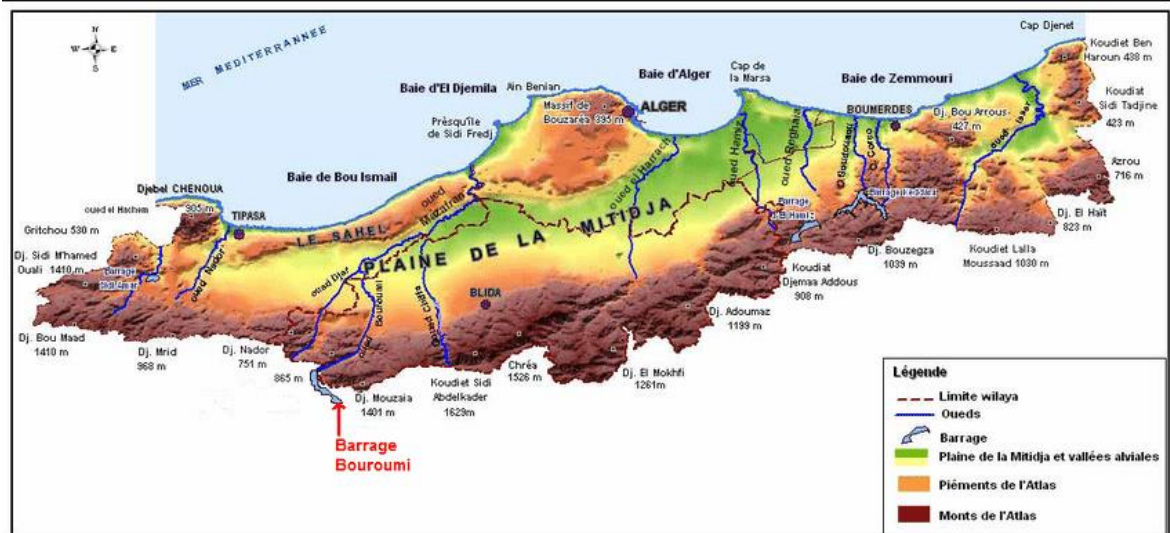


Figure 17: Carte de situation géographique de la plaine de la Mitidja (google carte)

### 3. Matériels :

#### 3.1 Matériel végétale :

Le matériel végétal de cette étude consiste en fruits d'orange *Citrus sinensis* variété **Valencia Late** cueillis au début du stade de maturité.

Les fruits sont ramenés de trois (03) vergers productifs, de la wilaya de Blida, dont l'intensité des traitements phytosanitaires est différente. 1<sup>er</sup> verger biologique se trouve à Oued alleug ; 2<sup>ème</sup> verger à Soumaa traité une seule fois par un fongicide et le 3<sup>ème</sup> verger localisé à Mouzaia a subi une série de traitements insecticides et fongicides.



Figure 18 : un verger d'agrumes de la région de Blida (Originale, 2020)



## Partie 02 : Expérimentation

### 3.2 Matériel de laboratoire :

Les verriers	Les appareils	Les produits chimiques et les solvants
<ul style="list-style-type: none"><li>- Erlenmeyer</li><li>- Eprovette</li><li>- Micropipette</li><li>- Entonnoir</li><li>- Bécher</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>○ Etuve</li><li>○ Agitateur</li><li>○ L'évaporateurrotatif (rotavap)</li><li>○ Autoclave</li><li>○ Incubateur</li><li>○ Broyeur électrique</li><li>○ Spectrophotomètre</li><li>○ Vortex</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>○ Ethanol</li><li>○ Méthanol</li><li>○ Eau distillée</li><li>○ Acide acétique</li><li>○ HCl</li><li>○ Fe Cl<sub>3</sub></li><li>○ Acide gallique</li><li>○ Quercétine</li><li>○ Folinciocolteu</li><li>○ NaCO<sub>3</sub>, AlCl<sub>3</sub></li></ul>

### 4. Méthode de travail :

#### 4.1. L'échantillonnage:

Les fruits d'orange douce *Citrus sinensis*(variété tardive) ont été cueillis d'une manière aléatoire au début du stade maturité, fin décembre 2019-début janvier 2020. Une quantité de 5 Kg d'environ de chaque verger a été prélevée et ramenée au laboratoire LRPMA.

#### 4.2. Préparation des échantillons :

On a bien nettoyé et laver les fruits avec l'eau de robinet et essuyés par un tissu propre. Les fruits sont épluchés pour séparer les trois parties composantes d'écorces : zest, albédo et pulpe. Chaque partie est coupée en petits morceaux pour être sécher.



**Figure 19** : Préparation des échantillons pour le séchage (Originale,2020)

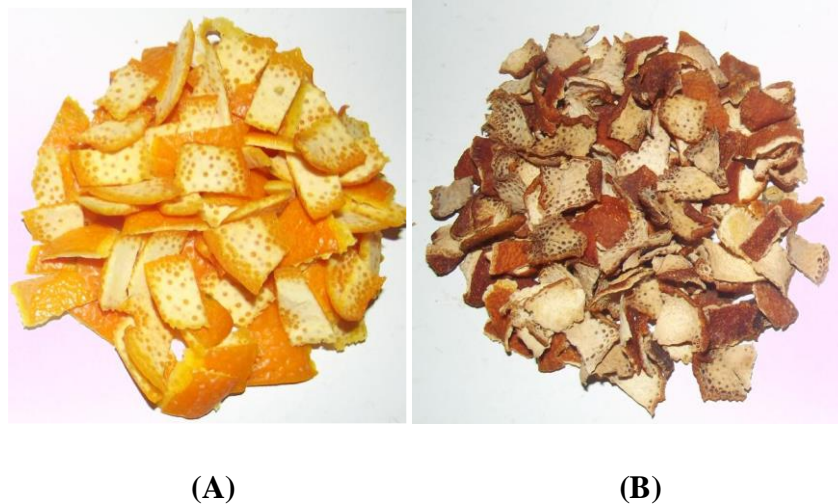
## Partie 02 : Expérimentation

Le matériel végétal est séché à 40 C° dans une étuve ventilée jusqu'à stabilisation du poids.

L'objectif principal du séchage est de diminuer l'activité de l'eau de divers matériaux périssables qui consiste de convertir ce dernier en produit stable. Il consiste à éliminer l'excès d'humidité d'un produit par évaporation de l'eau qu'il contient aux valeurs <0.5 afin de permettre leur stockage à température ambiante (Bonazzi et *al.*, 2011).



**Figure 20 :** Séchage des échantillons dans l'étuve



**Figure 21:** Des écorces fraîches(A) et sèches (B) de *Citrus sinensis*

Chaque partie séchée (zest, albédo, pulpe) est réduite en poudre fine à l'aide d'un broyeur électrique et tamisée par la suite pour l'obtention d'une poudre homogène.

## Partie 02 : Expérimentation

---

La poudre est conservée dans des boîtes stériles fermés hermétiquement, étiquetées et conservées jusqu'à utilisation.



**Figure 22:** La poudre obtenue après le broyage des échantillons secs (originale, 2020)

### 4.3 Extraction des polyphénols totaux par la méthode d'ultrasons :

#### 4.3.1 Appareil ultrason :

L'extraction assistée par ultrasons est une technologie émergente utilisée pour l'extraction des composés naturels. Ces composés sont souvent extraits par la méthode conventionnelle qui dure de nombreuses heures. L'utilisation des ultrasons permet d'effectuer des extractions en quelques minutes avec une reproductibilité élevée, ce qui simplifie l'opération et donne une plus grande pureté au produit final (Chemat *et al.*, 2011).



**Figure 23 :** Bain d'ultrason (Originale, 2020)

## Partie 02 : Expérimentation

### 4.3.2 Mode opératoire :

L'extraction des composés phénoliques a été effectuée selon le protocole décrit par Rong (2007), pour chaque échantillon 3 répétitions sont réalisées :

- Dans une Erlenmeyer de 250 ml, 5g de la poudre végétale sèche sont ajoutés à un mélange de méthanol- eau distillée- acide acétique (85; 15; 0,5; v/v/v).
- La suspension est mise dans un bain d'ultrason à 40°C pendant 30 minutes.
- Filtrer et récupérer le filtrat dans un flacon.



**Figure 24:** Extraction des composés phénoliques par bain d'ultrason (Originale, 2020)



**Figure 25 :** Filtration des extraits obtenus (Originale, 2020)

### 4.3.3 Evaporation :

Les solutions obtenues ont été évaporées sous vide à l'aide d'un évaporateur rotatif pour enlever le solvant. Les extraits récupérés sont conservés au frais jusqu'à l'utilisation pour le dosage des polyphénols et l'activité antifongique.

## Partie 02 : Expérimentation

### 4.3.4 Détermination du rendement :

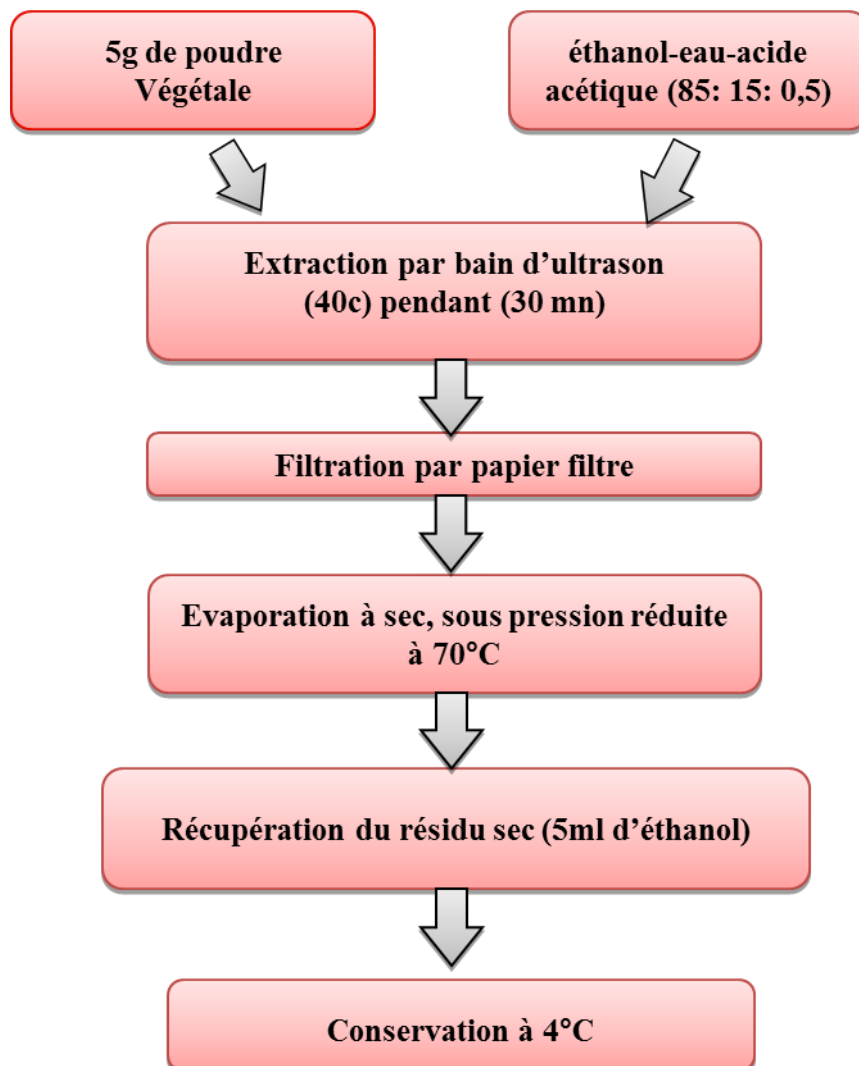
Le poids de l'extrait sec est déterminé par la différence entre le poids du ballon plein (après évaporation) et le poids du ballon vide (avant évaporation)(Mohammedi ,2006).Le rendement a été calculé par la formule suivante :

$$R \% = (M/M_0)/100$$

**R%** : Rendement d'extraction.

**M** : Masse en gramme de l'extrait sec.

**M<sub>0</sub>** : Masse en gramme de la matière végétale.



**Figure 26:** Protocole d'extraction des polyphénols totaux (Rong, 2007).

## Partie 02 : Expérimentation

---

### 4.5 Screening phytochimique :

Ce test consiste à détecter les différentes familles chimiques existantes dans la partie étudiée de la plante soit sur la poudre de broyat, soit sur un infusé par les réactions qualitatives de caractérisation. Ces réactions sont basées sur des phénomènes de précipitation ou de coloration par des réactifs spécifiques à chaque famille de composé (Bouyer, 1996).

Pour cela nous avons préparé huit extraits pour détecter la présence ou l'absence des composés phénoliques et des flavonoïdes.

#### 4.5.1 Mise en évidence des composées phénoliques :

Cette réaction a été réalisée pour la détection de ces molécules dans les phases aqueuses. Placer 2ml de chaque extrait dans un tube à essai et ajouter quelques gouttes de  $\text{FeCl}_3$  10% (Bekro et al, 2007).

La présence des composées phénoliques dans les extraits est indiquée par l'apparition de la couleur noir verdâtre.

#### 4.5.2. Mise en évidence des flavonoïdes :

La réaction a été effectuée selon le protocole de (Bekro et al, 2007) qui a pour but de tester la présence des flavonoïdes il a été fait selon les étapes suivantes:

- Placer 2ml de chaque extrait obtenu dans un tube à essai contenant de l'alcool chlorhydrique (4ml d'éthanol + 1 ml de HCl concentrée).
- Ajouter 15mg de magnésium.

La présence des différents types des flavonoïdes dans les extraits est indiquée par l'apparition de la couleur rose-orange ou violacée.

### 5. Dosage des composés phénoliques totaux :

#### 5.1 Principe :

Le dosage des phénols totaux des extraits des plantes a été déterminé par la méthode de Folin-Ciocalteu préconisée par Grigoras(2013); lors de l'oxydation des phénols, il est réduit en un mélange d'oxyde bleu de tungstène et de molybdène. La

## Partie 02 : Expérimentation

---

coloration est proportionnelle à la quantité de polyphénols présente dans les extraits végétaux (Singleton et *al.*,1965).

### 5.2 Mode opératoire :

1ml d'extrait est mélangé avec 1 ml de Folin-Ciocalteu,(10 fois dilué) après incubation de 8mn on ajoute 3ml de la solution aqueuse  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (20%). Le volume du mélange est ajusté jusqu'au 20 ml avec de l'eau distillée, le mélange est incubé pendant 2h à température ambiante et en obscurité.

Les résultats sont exprimés en mg équivalent acide gallique par litre (g EAG/L) en utilisant une courbe d'étalon d'Acide Gallique à différentes concentrations.L'absorbance est lue à l'aide d'un spectrophotomètre avec une longueur d'onde égale à 760nm contre un blanc.

### 6. Dosage des flavonoïdes :

#### 6.1. Principe :

La teneur en flavonoïde totale a été déterminée par la méthode colorimétrique au Trichlorure d'Aluminium ( $\text{AlCl}_3$ ) qui donne un mélange de couleur jaune en présence de flavonoïde (Ismail et *al.*, 2010) .

#### 6.2. Mode opératoire :

1ml d'extrait est mélangé avec 1 ml de solution d' $\text{AlCl}_3$  (2%) après 10 minutes d'incubation à température ambiante, l'absorbance a été mesurée à 430 nm contre un blanc composé de méthanol et de la solution d' $\text{AlCl}_3$ .

Les résultats sont exprimés en g équivalent EQ par litre (g EQ/L) en utilisant une courbe d'étalon de la quercétine de différentes concentrations.



## Partie 02 : Expérimentation

### 7. Etude de l'activité antifongique :

L'évaluation de l'activité antimicrobienne a été réalisée selon la méthode de diffusion sur milieu solide (Sokmen et al ;2004) . Tout le matériel utilisé a été stérilisé à l'autoclave à 120°C pendant 20 min.

#### 7.3. Les souches microbiennes pathogènes :

Deux souches fongiques sont utilisées pour l'évaluation de l'activité antifongique de nos extraits éthanoliques. (Tableau 04)

Nature du micro-organisme	Souches	Références	Origine
Fongique	<i>Candida albicans</i> (Pathogène humain)	ATCC 10231	Laboratoire de Contrôle Qualité Site de Production GDC(SAIDAL)
	<i>Fusarium</i> sp (phytopathogène)	/	Laboratoire de mycologie d'écoles national d'agriculture

Tableau 4 : Caractéristiques des souches fongiques.

#### 7.4. Préparation de l'inoculum :

A partir de cultures de *Candida* et de *Fusarium* nous avons préparé des suspensions fongiques, avec l'eau physiologique.

La concentration pour *C. albicans* est de l'ordre de  $10^7$  spore/ml.



## Partie 02 : Expérimentation



**Figure 26** : Préparation des suspensions fongiques.

### 7.3. Préparation des disques :

Des disques de papier Wathman n°1 de 6 mm de diamètre, stériles, sont chargés de phyto extrait à tester à raison de 50 $\mu$ l par disque.

Des disques imprégnés d'éthanol sont également utilisés pour servir de témoin négatif. Le témoin positif est représenté par des disques contenant LAMIDAZ (50mg/ml) pour son activité antifongique.

### 7.4. Ensemencement :

Des boîtes de pétrie stériles préalablement coulées par milieu Sabouraud, sont ensemencées par la technique d'écouvillonnage.

L'ensemencement s'effectue de telle sorte à assurer une distribution homogène des champignons. A l'aide d'un écouvillon stérile, en frottant délicatement l'écouvillon sur la surface de la gélose en stries serrées, répéter l'opération trois fois, en tournant la boîte à 60° de façon à croiser les stries. Finir l'ensemencement en passant l'écouvillon sur la périphérie de la gélose. Laisser les boîtes imprégner pendant 05 minutes à température ambiante. Les couvercles des boîtes doivent être bien fermés.

### 7.5. Dépôt des disques :

- A l'aide d'une micropipette les disques stériles de 6 mm sont imprégnés par l'extrait à raison de 50 $\mu$ l par disque.
- A la surface de la gélose de chaque boîte Pétri, trois disques sont déposés.

## Partie 02 : Expérimentation

- Incuber les boîtes dans l'étuve à 30°C.



**Figure 27:** Dépôts des disques et incubation dans l'étuve (Originale, 2020)

### 7.6. Lecture des résultats :

L'activité antimicrobienne a été déterminée à l'aide d'une règle en mesurant le diamètre de la zone d'inhibition (DIZ) qui se traduit par l'apparition d'un halo translucide autour du disque (Chebaibiet *al.*, 2011).

Selon (Mutai *etal.* (2009), le classement des extraits en fonction des diamètres des zones d'inhibitions est comme suit:

- Non inhibiteur (souche résistante) lorsque :  $\varnothing \leq 10$ .
- Très fortement inhibiteur (souche extrêmement sensible) :  $\varnothing \geq 30$  mm.
- Fortement inhibiteur :  $21 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 29$  mm.
- Modérément inhibiteur (souche très sensible) :  $16 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 20$  mm.
- Légèrement inhibiteur (souche sensible) :  $11 \text{ mm} \leq \varnothing \leq 16$  mm.

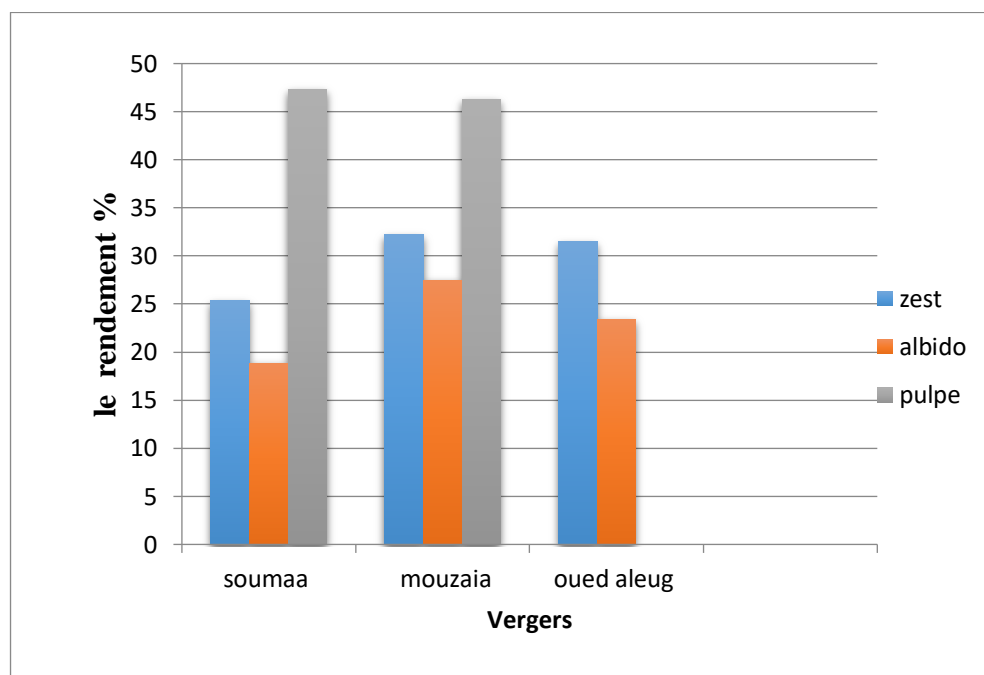
# Partie 02 : Expérimentation

## Chapitre II : Résultat EtDiscussion

### 1. rendement d'extraction des polyphénols :

Le rendement d'extraction est le rapport entre la quantité de substances naturelles extraites par l'action extractive d'un solvant et la quantité de la matière végétale utilisée. Il dépend de plusieurs paramètres tels que : le solvant, le pH, la température, le temps d'extraction et la composition de l'échantillon (DO *et al.*, 2014).

Les résultats sont représentés dans la figure ci-dessous.



**Figure28** : Représentation graphique du rendement d'extraction des extraits de *C.sinensis* de la variété tardive *Valencia*

Le rendement d'extraction dépend principalement des techniques analytiques, le temps d'extraction, la température, le nombre d'extractions répétées de l'échantillon, la présence de substances interférentes ainsi que du choix des solvants d'extraction, qui sont les paramètres cruciaux qui affectent le rendement d'extraction (AJILA *et al.*, 2010 ; DAI et MUMPER,).

Les résultats montrent que les rendements en composés phénoliques de la variété étudié (**Valencia late**) est plus ou moins importantes avec des proportions

## Partie 02 : Expérimentation

variables selon le tissu. On observe que le rendement des pulpes est le plus important avec des valeurs d'ordre de, suivi par le zest avec un rendement entre 25 et 32 %.

Le rendement d'extraction des polyphénols d'écorce (zest et albédo) de *Citrus sinensis* que nous avons trouvé, est supérieur à celui obtenu par Hamidi et Limam (2018) qui est de 11.32 %.(extraction par macération).Ousmer et Tahri ont obtenu un rendement d'extraction d'écorce inférieure qui est (11,67%) sous la même méthode d'extraction.

Boonkird et *al.*,(2008) montrent que l'utilisation des ultrasons permet une augmentation de phénols totaux par rapport l'extraction conventionnelle.

### 2. Screening phytochimique:

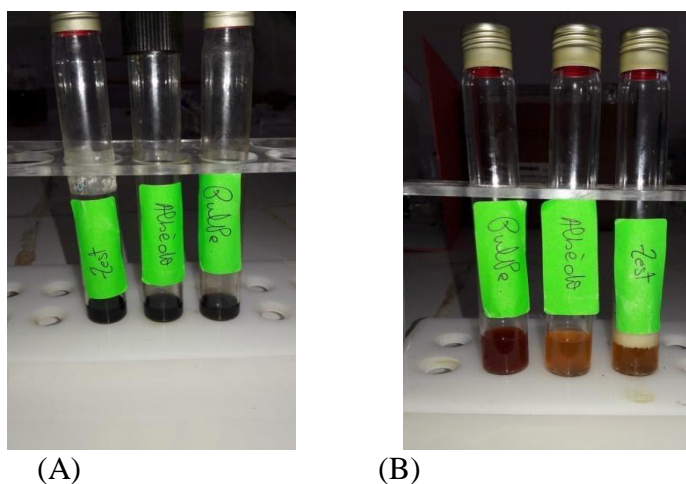
Le screening phytochimique réalisé a montré que tous les extraits éthanolique contiennent des polyphénols ainsi que des flavonoides quel que soit le verger ou la partie d'écorce échantillonnée. La réaction positive est exprimée par l'apparition d'un coloration Noir verdâtre encas de présence de PPT, et Jaune rosé pour les flv.

Verger	Soumaa			Mouzaia			Oued Alleug	
	Zest	Albédo	Pulpe	Zest	Albédo	Pulpe	Zest	Albédo
<b>PPT</b>	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Flv</b>	+	+	+	+	+	+	+	+

+ : Présence du métabolite dans l'extrait (réaction positive).

**Tableau 4** : Résultats de screening phytochimique

## Partie 02 : Expérimentation

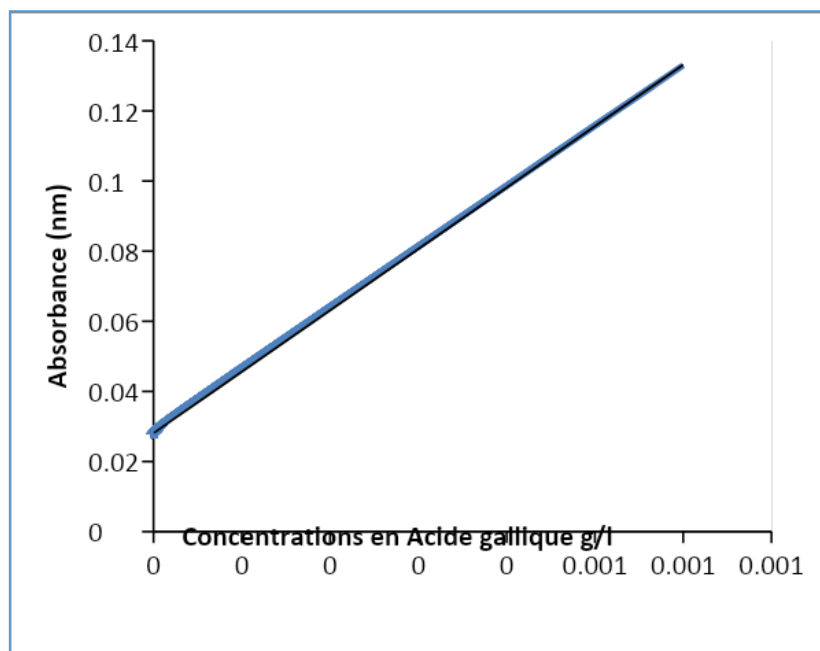


**Figure 29:** la coloration des extraits phénoliques

(A) la présence des polyphénols totaux et (B) la présence des flavonoïdes.

### 2. Détermination de la teneur des polyphénols totaux ^

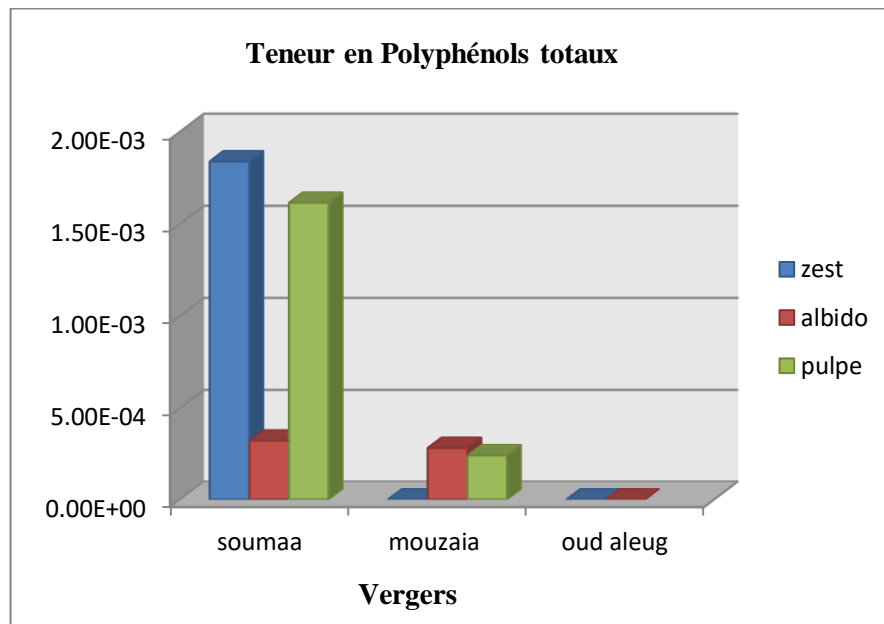
Ces teneurs en polyphénols totaux sont calculées à partir de l'équation de régression de la courbe d'étalonnage de l'Acide gallique ( $y = 175,12x + 0,0281$  ;  $R^2 = 0,9996$ )



**Figure 30 :** Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

## Partie 02 : Expérimentation

Notre résultat est présenté dans le graphe suivant :



**Figure 31:** Dosage des polyphénols totaux obtenus à partir des trois tissus de *Citrus sinensis* de la variété tardive *Valencia*

D'après les résultats obtenus, on constate que le zeste de *C.sinensis* de verger Soumaa contient une teneur en polyphénols plus élevée que les autres tissus. Notre résultat est en accord avec Sir Elkhatim et *al.*(2018) qui ont trouvé que le zeste d'orange et de citron contient plus de polyphénols et de vitamine C que la pulpe et les pépins. Le même résultat est enregistré chez Ousmer et Tahri (2017) ; et Belkacem (2017) qui ont montré la richesse du zeste de *C.sinensis* par rapport aux autres tissus.

La teneur totale en phénol dépend du milieu d'extraction utilisé et de la polarité des solvants d'extraction. La durée d'extraction, la méthode d'analyse ou d'extraction et l'état de la matière végétale peuvent également influencer le contenu des composés phénoliques (Shi et *al.*, 2005). D'autres études ont montré que les facteurs extrinsèques (tels que des facteurs géographiques et climatiques), les facteurs génétiques, mais également le degré de maturation de la plante et la durée de stockage ont une forte influence sur le contenu en polyphénols (Aganga et Mosase, 2001). Plusieurs facteurs peuvent influencer les taux des composés phénoliques tels que la présence de certains groupements chimiques (l'acide ascorbique, les acides organiques, les sucres, les amines

## Partie 02 : Expérimentation

aromatiques), qui peuvent également réagir avec le réactif de Follin- Ciocalteu (Ghafar et *al.*, 2010.

### 3. Détermination de la teneur des flavonoïdes :

La teneur en flavonoïdes des différents extraits, exprimée en milligrammes équivalent de quercétine par gramme de matière sèche (mg EAG/g MS) est estimée grâce à une courbe d'étalonnage de la quercétine ( $y = 364,17x + 0,0958$ ).

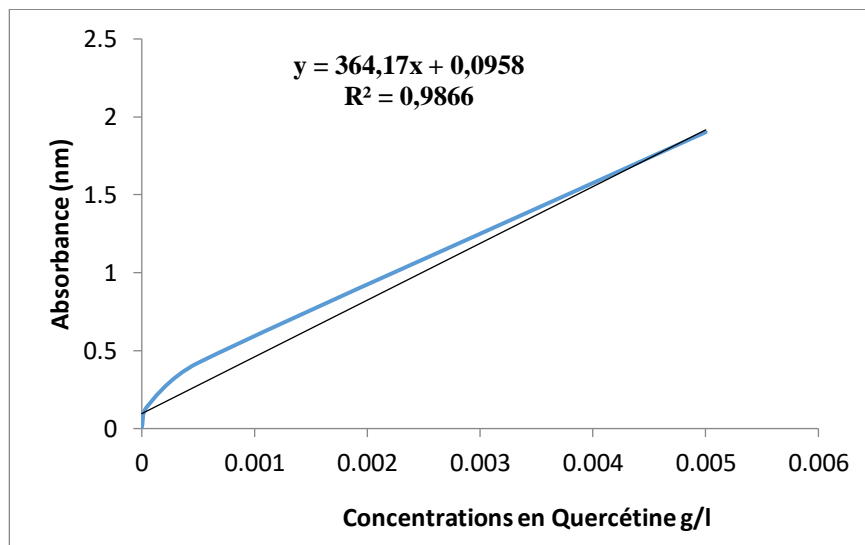


Figure32 : Courbe d'étalonnage de la quercétine.

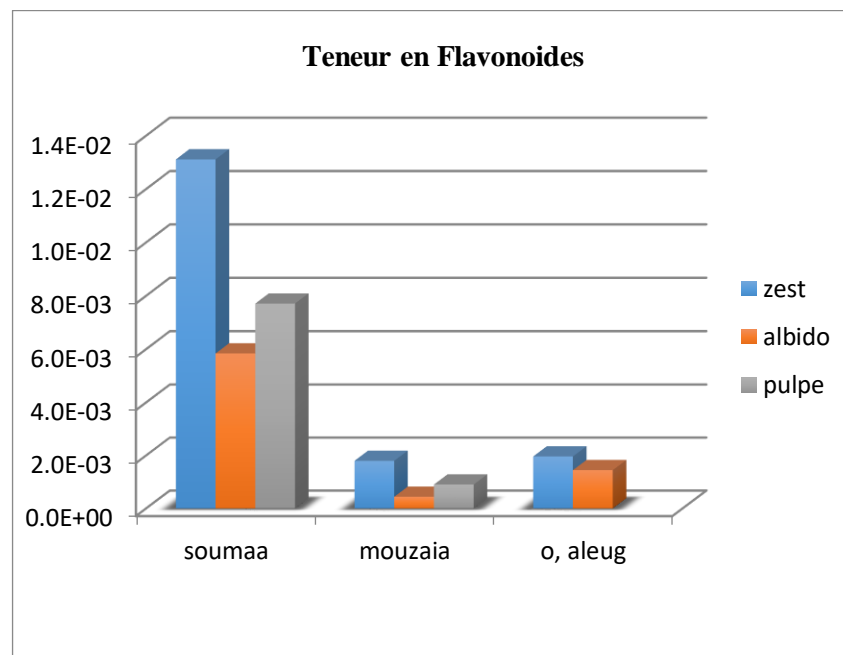


Figure33 : Dosage des flavonoïdes obtenus à partir des trois tissus de *C.sinensis*

## Partie 02 : Expérimentation

---

Nous remarquons que les vergers de mouzaia fortement traité et de oued alleug non traité présentent des teneurs très proches en Flavonoïdes malgré la grande différence en traitements phytosanitaires. Cela peut nous permettre de lier le contenu des fruits en ces composés au taux d'infestation plus que l'intensité des traitements appliqués. Notons que les fruits échantillonnés présentent les mêmes types d'infestations (cochenille noire et fumagine)

Pour le verger Souma nous avons remarqué que ses teneurs en flavonoïdes est très élevée par rapport aux deux autres vergers. Cette différence entre les vergers peut être due aux pratiques culturales appliquées.

Les résultats de la teneur en flavonoïdes entre les différentes parties montrent que le zeste est toujours le tissu le plus riche en ces composés. Et cela est en accord par LEVAJ et al. (2009) qui ont montré lors de l'étude de la capacité antioxydante les flavonoïdes totaux de la pulpe et la peau de deux groupes de mandarines, à savoir Satsuma (*Citrus unshiu* Marcovitch) cv. Saïgon et Clémentine (*Citrus réticulé* var. Clémentine), que les teneurs dans les pelures de mandarine étaient similaires entre les variétés, mais étaient environ 2,5 fois plus élevées que dans les pulpes. Le montant du total. En outre, Mantey et Grohmann (2001) cité par Rafiq et al. (2018) Dans les agrumes, les pelures sont déclarées posséder les plus grandes quantités de PMF par rapport à d'autres parties comestibles du fruit.

### 4. Activité antifongique :

La présence ou l'absence d'une activité antifongique est recherchée pour les extraits éthanoliques de chaque tissu des trois vergers étudiés de *C. sinensis*

La mise en évidence de l'activité antifongique est comparée à celle de l'antifongique standard (LAMIDAZ) utilisé comme témoin positif.

Nos résultats montrent l'absence de l'halo translucide dans toutes les boîtes Pétri traitées par les extraits végétaux. Par contre, le témoin Lamidaz a provoqué la formation d'un halo de 34mm. Ce qui reflète un effet antifongique important contre la *Candida albicans* et une absence totale de l'effet antifongique pour les différents extraits d'orange testés..

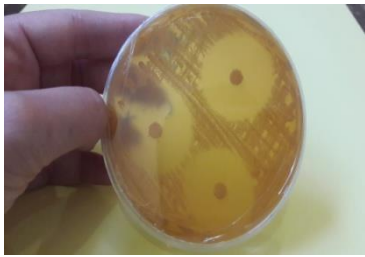
figure

34



# Expérimentation

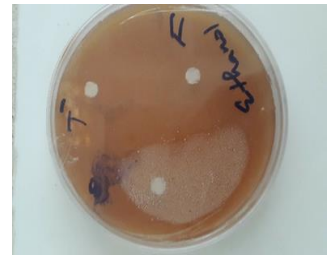
**figure 34** : Résistance des souches fongiques (*Candida albicans* , *Fusariumspp* ) vis à vis des extraits ethanologiques.



LAMIDAZ Candida Témoin(+)



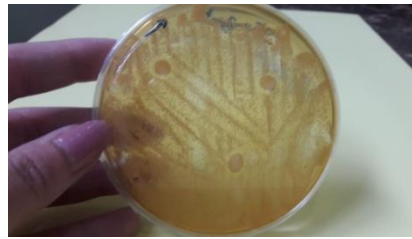
LAMIDAZ Fusarium Témoin (+)



Ethanol Fusarium Témoin(-)



Ethanol candida Témoin (-)



Zest Mouzaia Candida



Zest mouzaia fusarium



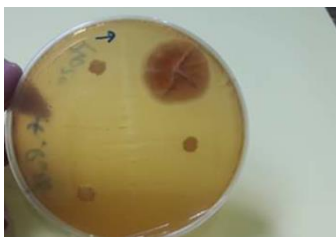
Albédo mouzaia candida



Albédo mouzaia fusarium



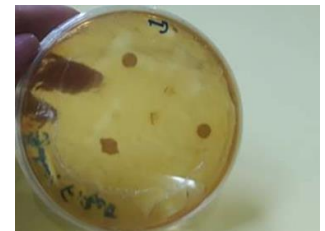
Pulpe mouzaia candida



Pulpe mouzaia fusarium

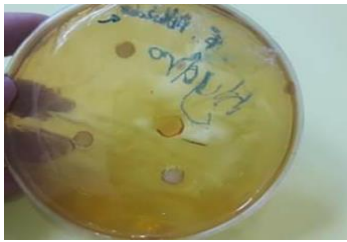


Zest soumaa candida

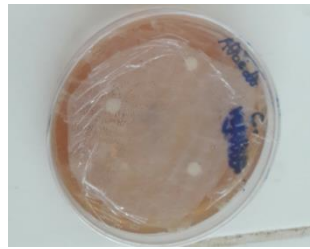


Zest soumaa fusarium

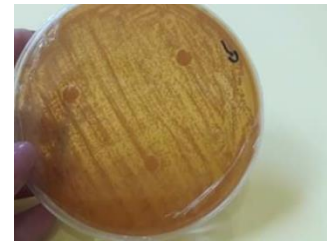
# Expérimentation



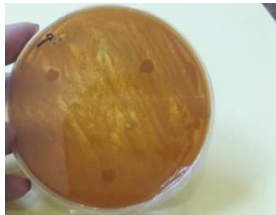
**Albédo soumaa fusarium**



**Albédo soumaa candida**



**Pulpe soumaa candida**



**Zest soumaa fusarium**



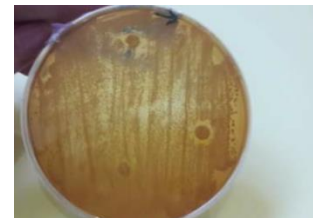
**Albédo oud alleug candida**



**Albédo O.alleug fusarium**



**Zest O.alleug candida**



**Zest O.alleug fusarium**

**Tableau 6** : zone d'inhibition (mm) de l'effet antifongique pour chaque extrait.

Souche fongiques	Verger soumaa			Verger mouzaia			Verger oud alleug	
	Zest	Albédo	Pulpe	Zest	Albédo	Pulpe	Zest	Albédo
<b>Candida albicans</b>	6mm	5mm	00	00	7mm	00	00	9mm
<b>Fusariumspp</b>	-	-	-	-	-	-	-	-

A partir des résultats obtenu de le Tableau 35, on observe que l'antifongique Lamidaz est révéle très actifs vis-à-vis de la souche fongique *C.albicans* avec des diamètres d'inhibition 34mm (souche extrêmement sensible) ,par contre l'éthanol avec diamètre d'inhibition 8mm sa réaction est légère (souche sensible).

## Expérimentation

---

Nos résultats expriment la résistance de *C.albicans* aux extraits d'écorces et de pulpe de *C.sinensis* variété Valencia late. Ces sont en accord avec plusieurs études., nous citons Ousmer et Tahri(2017), qui ont étudié l'effet des composés phénoliques d'écorce de *C.sinensis* contre la même levure à tiziouzou et n'ont enregistré aucun effet inhibiteur sur elle. En outre, Hindi et Chabuk, (2013) et Safdaret al., (2017), ont testé les extraits d'écorces de *Citrus limon* et de *Citrus limetta*. sur cette souche et aucune activité n'a été observé.

D'autres études ont montré une sensibilité de *Candida albicans* aux extraits phénoliques de *C.sinensis*. Cela explique que l'activité antimicrobienne des extraits est influencé par plusieurs facteurs, tel que leurs compositions chimiques (Hayouniet al., 2007), le temps de la récolte, le stockage et le climat qui peuvent affecter le taux des constituants actifs comme les flavonoïdes, les tanins,...etc. (Casqueteet al., 2015).

# Conclusion

# Conclusion

---

## Conclusion finale :

Les agrumes sont des fruits largement consommés dans le monde. Sur un plan nutritionnel, comme beaucoup de fruits, il contient des composés comme les composés phénoliques, flavonoïdes. Les polyphénols sont des métabolites secondaires les plus importants chez végétaux, et sont influencés par la période et le lieu de récolte, les conditions climatiques, les différentes parties des plantes utilisées et les espèces étudiées. Dans ce travail l'extraction par bain d'ultrason a permis d'obtenir un rendement de polyphénols élevé à 47% pour la pulpe suivi par le zeste à 32%. Les tests phytochimiques (screening) réalisés ont permis de mettre en évidence la présence des composés phénoliques et des flavonoïdes. Les teneurs en polyphénols totaux et en flavonoïdes sont variables selon les différents tissus du fruit, les teneurs les plus élevées en polyphénols totaux et en flavonoïde ont été trouvées dans l'extrait phénolique de zeste. L'effet de l'intensité des traitements phytosanitaires n'a pas été observé ce qui nous permet de dire que l'effet des traitements est plutôt indirecte par la variabilité des taux d'infestation.

L'activité antifongique des extraits étudiés montre que *Candida albicans* est résistante aux polyphénols de *Citrus sinensis* variété Valencia late.

A la lumière de cette étude d'autres peuvent être envisagées:

- \* Etude de l'activité antifongique d'autres champignons et même antibactérienne des extraits éthanoliques.
- \* Utilisation d'autres méthodes d'extraction avec d'autres solvants organiques et passer au fractionnement des différents types de polyphénols .

## Référence bibliographique

---

### A

- **Abderrazak M., Joël R., (2007).** La botanique de A à Z. Ed. Dunod. Paris. 177p.
- **Achat S., (2013)** .Polyphénols de l'alimentation : extraction, pouvoir antioxydant et interactions avec des ions métalliques. Thèse de Doctorat. Université de Béjaia.
- **AkroumS., (2011).** Etude Analytique et biologique des flavonoïdes naturels. Thèse de Doctorat. Université Mentouri de Constantine.
- **Alonso C.V., (2011).** Citron et autres agrumes. Eyrolles. EAN13 : 9782212552072, 7p.
- **AmartiF., et al., (2010).** "Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. et *Thymus ciliatus* (Desf.) Benth. du Maroc." *Biotechnologie, agronomie, société et environnement*, 14(1): 141-148.
- **Amiot M.J., et al., (1989).** "Les composés phénoliques des miels: étude préliminaire sur l'identification et la quantification par familles." *Apidologie*, 20(2): 115-125.
- **Ammerman., C.B., Baker D. H., Lewis A.J.,(1995).** Bioavailability of Nutrients for Animals:Amino acids, Minerals, and Vitamins. *Academic Press*, New York.
- **Ammerman., C.B., Easley J.F., Arrington L.R., Martin F.G. (1966).** Factors affecting the physical and nutrient composition of dried citrus pulp. *Proc. FloridaState Hort. Soc.* 79:223 227.
- **Ammerman C.B., Henry P.R.,(1991).** Citrus and vegetable products for ruminant animals. In: *Proceedings of the Alternative Feeds for Dairy and Beef CattleSymposium*, St. Louis, MO, USA, pp. 103–110.
- **Aniszewski T., (2007).** Alkaloid chemistry. Alkaloids—Secrets Life: Alkaloid Chemistry, Biological Significance, Applications and Ecological Role. GB: Elsevier Science, p. 61-139.
- **Anonyme., (2012):** Bilan agricole, campagne 2012 : Evaluation de la mise en œuvre du renouveau agricole. Réunion des cadres. Alger. (01 Juillet 2012). Ministère de l'agriculture et du développement rural : 5.
- **Anonyme.,(2010).** Statistiques annuelles. ITAFV. 3p.

### B

## Référence bibliographique

---

- **-Barros., H.R.D.M., Ferreira., T.A.P.D.C., Genovese., M.I., (2012).** Antioxidant capacity and mineral content of pulp and peel from commercial cultivars of citrus from Brazil. *Food Chemistry*, 134, 1892-1898.
- **-Bénédictte et Bachès M., (2002).** Agrumes. Ed. Ulmer, Paris, 96p.
- **-Benhalima–Kamel et al., (1994).** Etude de l'efficacité de *Metarhiziumanisopliaevaracridum* sur *Aphisspiraecola*. Mémoire de fin d'étude : protection des cultures. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, 11p.
- **Brebion G., Carcoue T., Marc Rauphie J.C., (1999).** L'histoire des agrumes. Service des espaces verts et de l'environnement, 1er Ed. Paris.
- **Bich., (2012).** Etude de l'efficacité de *Metarhiziumanisopliaevaracridum* sur *Aphisspiraecola*. Mémoire de fin d'étude : protection des cultures. Université Abdelhamid IbnBadis-Mostaganem, 12p.
- **-Bocco A., Cuvelier M.E., Richard H., Berset C., (1998).** Antioxydant Activity and Phenol Composition of Citrus Pell and Seed Extracts. *J. Agric. Food Chem*, 46(6): 2123-23.
- **Bodas R., Lopez S., Fernandez M., Garcia-Gonzalez R., Rodriguez A., Wallace R., (2008).** In vitro screening of the potential of numerous plant species as antimethanogenic feed additives for ruminants. *Animal Feed Science and Technology*; 145: 245-258.
- **BoizotN., and CharpentierJ.P., (2006).** "Méthode rapide d'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d'un arbre forestier." *Le Cahier des Techniques de l'INRA*, In: Numéro spécial: 79-82.
- **BoubekriC., (2014).** Etude de l'activité antioxydant des polyphénols extraits de *Solanummelongena* par des techniques électrochimiques. Thèse de Doctorat. Université Mohamed khider de Biskra.
- **Bounazzi C., et Dumoulin E., (2011).** Quality in food materials as influenced by dryingprocesses. *Modern drying technology*, 3: 35.
- **BousbiaN.,(2011).** Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires. Université d'Avignon; Institut national agronomique (El Harrach, Algérie).
- **Bruneton J.,(2008) :** Pharmacognosie : Phytochimie, Plantes médicinales. 3éme Ed Paris, Lavoisier Tec & Doc.

## Référence bibliographique

---

- **Bruneton J., (1999).** Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales. Paris, Ed. Tec & Doc.
- **Bruneton J., (2009).** Pharmacognosie, Phytochimie- Plantes médicinales. (4è éd). Paris: Techniques et documentations.
- **Bruneton J., (2009).** Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales. 4ème éd. Lavoisier.

### C

- **Castaneda O.A.M.d., Pacheco Hernandez M.E., Paez H.J.A., Rodriguez CA., Galan V., (2009).** "Chemical studies of anthocyanins review: *food chemistry*. 113 (4): 859-871.
- **Chemat F., Huma Z., Khan M.K., (2011).** Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18: 813-835.
- **Chen M.L., Yang D.J., Liu S.C., (2011).** Effects of drying temperature on the flavonoid, phenolic acid and antioxidative capacities of the methanol extract of citrus fruit (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) peels. *International Journal of Food Science and Technology*, 46: 1179-1185.
- **Cheyrier V., Sarni-Manchado P., (2006).** Les polyphénols en agroalimentaire. 50-59. Lavoisier-Tec & Doc, Paris.
- **Chiasson H., Beloin N., (2007).** "Les huiles essentielles, des biopesticides" Nouveau genre." *Bulletin de la Société d'Entomologie du Québec*", 14(1): 3-6.
- **Chinapongtitiwat V., Jongaroontaprangsee S., Chiewchan N., Devahastin S., (2013).** Important flavonoids and limonin in selected Thai citrus residues. *Journal of functional foods*, 5: 1151-1158.
- **Chira k., saucier C., suhj-h., tiessedre P.L. (2008).** Phytonutrition fondamentale : les polyphénols du raisin, *phytotherapy recherche*, 6 :75-82.
- **Couic-Marinier F., Lobstein A., (2013).** "Les huiles essentielles gagnent du terrain à l'officine." *Actualités pharmaceutiques*", 52(525): 18-21.
- **Courboulex et Lorrain., (1998) :** Les agrumes –M. Courboulex & H. de Lorrain – Editions Rustica.
- **Cowan M.M., (1999).** Plant products as antimicrobial agents. *Clinical microbiology reviews*, 12: 564-582.



## Référence bibliographique

---

### D

- **D'Archivio M., Filesi C., and Di Benedetto R., (2007).** Polyphenols, dietary sources and bioavailability. *Annali dell'Istituto Superiore Di Sanita*, vol 43, p 348–61.
- **-Danièle E.G., (2011).** Evaluation des facteurs de risque épidémiologique de la phaeoramulariose des agrumes dans les zones humides du Cameroun. Mémoire de Doctorat du centre international d'études supérieures en sciences agronomiques Biologie. Intégrative des plantes .Ecole Doctorale systèmes intègres en biologie ; Agronomie.
- **Diallo A., (2005).** Etude de la phytochimie et des activités biologiques de *Syzygium guineense* Willd. (MYRTACEAE). Thèse de Doctorat. Université de Mali.

### E

- **Erdman J., Balentine D., Arab L., Beecher G., Hollman P., Keen C.L., Mazza G., Messina M., Scalbert A., Vita J., Williamson G., Burrowes J., (2007).** Flavonoids and Heart Health: Proceedings of the ILSI North America Flavonoids Workshop May 31-June 1, Washington, DC 1–4. *Journal of Nutrition*, 137: 718-737.
- **Espiard E., (2002).** Introduction à la transformation industrielle des fruits. (Ed) TEC & DOC. France, 259-265.

### F

- **Farhat A., Fabiano-Tixier A.S., El Maataoui M., Maingonnat J.F., Romdhane M., Chemat F., (2011).** Microwave steam diffusion for extraction of essential oil from orange peel: Kinetic data, extract's global yield and mechanism. *Food Chemistry*. 125: 255-261.
- **Farhat A., Fabiano-Tixier A.S., El Maataoui M., Maingonnat J.F., Romdhane M., Chemat F., (2011).** Microwave steam diffusion for extraction of essential oil from orange peel: Kinetic data, extract's global yield and mechanism. *Food Chemistry*, 125: 255-261.
- **Fegeros K., Zervas G., Stamouli S., Apostolaki E., (1995).** Nutritive value of dried citrus pulp and its effect on milk yield and milk composition of lactating ewes. *J. Dairy Sci*, 78: 1116-1121.
- **Ferhat M.A., Meklati B.Y., et Chemat F., (2010)** - Citrus d'Algérie : les huiles essentielles et leurs procédés d'extractions .Ed. OPU, n°5130. Alger,

## Référence bibliographique

---

157p.Géosciences Hydro sciences et environnement. Sup Agro Moutpellier .p 37-38-41-42

- **Figuerola, F., Hurtado, M.L., Estevez, A.M., Chiffelle, I., Asenjo, F., (2005).** Fibreconcentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry*, 91: 395-401.
- **Fleuriet A., Jay-Allemand C., Macheix J.J., (2005).** Composés phénoliques des végétaux un exemple des métabolites secondaires d'importance économique. Presses polytechniques et universitaires romandes, p. 121-216.
- **FragaCG., (2009).**plantphenolics and humain health. Boichemistry, Nutrition, and pharmacology. Wiley & Sons Edition, p 5-13.
- **Frutos P., hervasGF.,Giraldez and Amotécon., (2004).** Review tannins and ruminant nutrition Spanish. *Journal of agricultural research*, 2 (2): 191-202.

### G

- **Ghanem N., Mihoubi D., Kechaoua N.,Mihoubi N.,(2012).** Microwave dehydration of three citrus peel cultivars: Effect on water and oil retention capacities, color, shrinkage and total phenols content. *Industrial Crops and Products*, 40: 167-177.
- **Ghasemi K., Ghasemi Y., EbrahimZadeh M.A., (2009).** Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of 13 citrus species peels and tissues. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 22(3): 277-281.
- **Ghestem A., Seguin E., Paris M., Orecchioni A.M., (2001).** Le préparateur en pharmacie. *Dossier*, 2: 272.
- **Gorinstein S., Martin-Belloso O., Park Y., Haruenkit R., Lojek A., Caspi A., Libman I., Trakhtenberg S., (2001).** Comparison of some biochemical characteristics of different citrus fruits. *Food Chemistry*, 74: 309-315.
- **Goulas V., Manganaris, G.A., (2012).**Exploring the phytochemical content and the antioxidant potential of Citrus fruits grown in Cyprus. *Food Chemistry*, 131: 39-47.
- **Grigelmo-Miguel N., Martin-Belloso O., (1999).** Comparison of dietary fibre from byproducts of processing fruits and greens and from cereals. *Lebensmittel-Wissenschaft&Technologie*, 32: 503-508.
- **GrissaK.L., (2010).** Etude de base sur les cultures d'agrumes et de tomates en Tunisie. Consultant national. 92p.

## Référence bibliographique

---

- **Güçlü-Üstündağ Ö., Mazza G., (2007).** "Saponins: properties, applications and processing." *Critical reviews in food science and nutrition*, 47(3): 231-258.
- **Guenouni et kacemi., (2013).** Etude de l'efficacité de *Metarhiziumanisopliaevaracridum* sur *Aphispiraeicola*. Mémoire de fin d'étude : protection des cultures. Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, p. 3-7.
- **Glowniak K.,(2004).** Coumarins: Analysis by TLC. In: *Encyclopedia of Chromatography*, Ed. Marcel Dekker. Inc. New York.

### H

- **Hanson J.R., (2003).** Natural products: the secondary metabolites. *Royal Society of Chemistry*. Vol. 17.
- **Harborne J.B., & Williams C.A., (2000).** Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry*, 55: 481-504.
- **Harborne J.B., Williams C.A. (2000).** Advances in flavonoid research since 1992. *Phytochemistry*, 55: 481- 504.
- **Hartmann T., (2007).** From waste products to ecochemicals: fifty years research of plant secondary metabolism. *Phytochemistry*, 68: 2831-2846.
- **Heller et al., (1998).** Effet de séchage au micro-onde et à l'étuve sur la composition phénolique et l'activité antioxydante de *Pistacia lentiscus* L. Mémoire de fin d'étude : Bioprocédés et technologie alimentaire . Université A. MIRA – Bejaia, 8p.
- **Hopkins W.G., (2003).** Physiologie végétale. De Boeck Supérieur.
- **Hosni K., Zhaed N., Chrif R., Abid I., Medfei W., Sebei H., (2010).** Composition of peel essential oils from four selected Tunisian Citrus species: Evidence for the genotypic influence. *Food chemistry*, 123: 1098-1104.

### I

- **I.T.A.F., (2002).** Relevés climatologiques. Manuscrit I.T.A.F.V., Boufarik, 18p.
- **Iftikhary., Aslamkhan M., Rashid A., Mughal S.M., Iqbal Z., Batoul A., Abbas M., Khan M.M., Muhammad S., and Jaskani M.J., (2009).** Occurrence and distribution of Citrus Tristeza Closterovirus in the Punjab and NwFf, Pakistan. *Pak.J.Bot*, 41(1) :373-380.
- **Ignat I., Volf I., Popa V., (2011).** A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *Food Chemistry*, 126: 1821-1835.
- **Imbert., (2007).** Agrumes. Les dossiers de fruitrop. n° 150. Ed science, 34p.

## Référence bibliographique

---

### J

- **Jacquemond C., Curk F., et Heuzet M., (2013).** Les clémentiniers et autres petits agrumes. Quae. ISBN : 978-2-7592-2067-0, 298 p.
- **Jacquemond C., Curk F., Heuzet M.,(2013).**Les clémentiniers et autres petits agrumes Quae., Versailles: Quae. phytogénétiques, Rome, Italie

### K

- **Kale P.N., Adsule P.G., (1995).** Citrus. In: Salunkhe, D.K., Kadam, S.S. (Eds.), Handbook of Fruit Science and Technology: Production, Composition, Storage, and Processing. Marcel Dekker, Inc., New York, NY, USA, p. 39–65.
- **KammounBejar A., Ghanem N., Mihoubi D., Kechaou N., BoudhriouaMihoubiN., (2011).** Effect of Infrared Drying on Drying Kinetics, Color, Total Phenols and Water and Oil Holding Capacities of Orange (*Citrus Sinensis*) Peel and Leaves.*Journal of Food Engineering*, 7 (5): 1-25.
- **Karboa M., (2001).** L'agrumiculture en Algérie. Option méditerranéenne n°43. Ed CIHEAM, p 21-26.
- **Kebbab R., (2014).**Etudes du pouvoir antioxydant des polyphénols issus des margines d'olives de la variété Chamla: Evaluation de l'activité avant et après déglycosylation. Mémoire de magister. Université Mouloud Mammeri de Tizi –Ouzou.
- **KONE D., (2009).** Enquête ethnobotanique de six plantes médicinales maliennes - extraction, identification d'alcaloïdes -caractérisation, quantification de polyphénols : étude de leur activité antioxydant. Thèse de Doctorat. Université de Bamako.
- **Klotz L., (1973).** Color Handbook of Citrus Diseases. University of California. Riverside. California, p 122.

### L

- **Lagha-Benamrouche S., Madani K., (2013).** Phenolic contents and antioxidant activity of orange varieties (*Citrus sinensis L.* and *Citrus aurantium L.*) cultivated in Algeria: Peels and leaves. *Industrial Crops and Products*, 50: 723-730.
- **Lahmer., (2019)** : <https://prezi.com/p/kblrhgzqw-yw/valorisation-des-sous-produits-dagrumes/> (consulter : 29.08.2020).

## Référence bibliographique

---

- **Lanza A.,(1982).** Dried citrus pulp in animal feeding. *In: Proceedings of the international symposium on food industries and the environment*, Budapest,Hungary, p. 189-198.
- **Lardry, J.M.Haberkorn V., (2007).** "L'aromathérapie et les huiles essentielles." *Kinésithérapie, la revue* 7(61): 14-17.
- **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.
- **Liu Y., You Y., Song T., Wu S., et Liu L., (2007).** Impairment of endothelium-dependent relaxation of rat aortas by homocysteinethiolactone and attenuation by captopril J- Cardiovascular. *Pharmacol*, 50: 155-161.
- **Loussert R., (1989).**Techniques agricoles méditerranéennes, les agrumes, l'agriculture Lavoisier, Paris. Vol I et II.
- **Loussert R., (1989).** Les agrumes, production .Ed.Sci.Vol : 2, Liban, 289p.
- **Loussert R., (1989).** Les agrumes.2.paris : production Edition Lavoisier, 157 p.
- **Loussert.,(1985).**Les agrumes .Ed. Bailliere, Paris, 136p.
- **Lugasi A.,Hovari J., Sagi K.V., et Biro L., (2003).** The role of antioxidant phytonutrients in the prevention of diseases.ActaBiologica Szegedensis.1-4, 119-125 p.
- **Lutge U., Kluge M., Bauer G., (2002).***Botanique* (3<sup>e</sup> èd). Technique et documentation. Lavoisier . Paris, 211p.
- **Luthar(1992).** Polyphenol classification and tannin content of buckwheat seeds (*FagopyrumesculentumMoench*). *Fagopyrum*, vol. 12, pp 36 – 42.

### M

- **Macdonald M., Parteners L., (1997).** Etude de l'aménagement hydroagricole de la plaine de Mitidja, Alger, 86 p.
- **MacheixJ.J., Fleuriet A., Jay Allemand C., (2005).**Les composés phénoliques des végétaux un exemple de métabolites secondaires d'importance économique presse Polytechniques et universitaire romandes.
- **Magda R.A., Awad A.M., Selim K.A., (2008).** Evaluation of mandarin and orange peels as natural sources of antioxidant in biscuits. *Journal of Food Science & Technology*, 75- 82.

## Référence bibliographique

---

- **Malešev et Kuntić., (2007).** Effet de séchage au micro-onde et à l'étuve sur la composition phénolique et l'activité antioxydante de *Pistacialentiscus L.* Mémoire de fin d'étude : Bioprocédés et technologie alimentaire. Université A. MIRA – Bejaia, 8p.
- **Manach C., Scalbert A., Morand C., Jiménez L., (2004).** Polyphenols: food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*, 79:727 - 747.
- **Marin F.A., Soler-Rivas C., Benavente-Garcio., Castillo J., Perez-Alvarez J.E., (2007).** By-products from different citrus processes as a source of customized functional fibres. *Food Chemistry*, 100: 736-741.
- **Masmoudi M., Besbes S., Chaabouni S., Robert C., Paquot M., Blecker C., Attia H., (2008).** Optimization of pectin extraction from lemon by-product with acidified date juice using response surface methodology. *Carbohydrate Polymers*, 74: 185-192.
- **Merghem R., (2009).** Eléments de biochimie végétale (16). Ed, Bahaeddine. Algérie.
- **Mhamdi H., (2012).** Psorose des agrumes. Tunisie.
- **Mompon B., et al., (1998).** "Extraction des polyphénols: du laboratoire à la production industrielle" .*COLLOQUES-INRA*, p. 31-44.
- **Murtin G., (1969).** "L'Algérie et ses agrumes", *Revue de géographie de Lyon*, 44(1): 5-36.

### N

- **Narayana K.R., Roddymoso., Chalavadi M.R., Krishana D.S., (2001).** Bioflavonoids classification, pharmacological, biochemical effect and therapeutic potential. *Indian journal of pharmacology*, 33: 2-16.
- **Nkhili Ez., (2009).** Polyphénols de l'Alimentation : Extraction, Interactions avec les ions du Fer et du Cuivre, Oxydation et Pouvoir antioxydant. Thèse De Doctorat. Université Cadi Ayyad – Marrakech, Université D'Avignon Et Des Pays De Vaucluse- Montpellier.

### O

- **O'fel A., (1982).** Parasitologie, Mycologie : Maladies parasitaires et fongiques, Association des professeurs de parasitologie. Paris : E.Crouan et Roques, p. 349.
- **Omulokoli E., Khan B., Chhabra S.C. (1997).** Antiplasmodial activity of four Kenyan medicinal plants. *Journal of ethnopharmacology*, 56: 133-137.

## Référence bibliographique

---

- **Oreopoulou V., Tzia C., (2007)**. In Utilization of By-products and Treatment of Waste in the Food, chapitre 11: Utilization of plant by-products for the recovery of proteins, dietary fibers, antioxidants and colorants. *Springer, USA*, p. 209-232.
- **Ousmer et Tahri.,(2017)**. Evaluation de l'activité antioxydant et antimicrobienne des extraits phénoliques de Citrus sinensis et Citrus auantium. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

### P

- **Paris M., et hurabielle., (1981)**. Abrège de matiere médical, pharmacognosie. Tome 1. Ed Masson. Paris, p. 102-107.
- **Parloran J.C., (1971)**. Les agrumes. Paris. Maison neuve et la rousse, 565p.
- **Peña L., Cervera M., Fagoaga C., Romero J., Juárez N.J., Pina J.A. et Navarro L., (2007)**. Citrus. Biotechnology in agriculture and forestry. 60 Transgenic crops, Volume 5, Ed. TNagata ; H. Lorz and JM. Widholm.
- **Peterson D.M. (2001)**. In Phenolic compound in cereal grain and their health benefits. Oat antioxidants j. *Cereal Sci*, 33: 115.
- **Polese J. M., (2008)**. la culture des agrumes .Edition artémis, p 94.
- **Polese J.M., (2008)**. La culture des agrumes, Artemis. ISBN : 284416756X.p 12.
- **Praloran J.C. (1971)**. Les agrumes. Techniques Agricoles et productions Tropicales. Ed.G.P. Maison neuve et Larose. 565p.
- **Praloran, J.C., 1971**. Les agrumes, techniques agricoles et productions tropicale. Ed. Maisonneuve et Larose. Paris, p. 665.

### R

- **Schwob R., et Huet R., (1965)** : valorisation des sous-produits d'agrumes, vol. 20, n° 7.
- **Račková L., Májeková M., Košťálová D., & Štefek M., (2004)**. Antiradical and antioxidant activities of alkaloids isolated from Mahonia aquifolium. Structural aspects. *Bioorganic & medicinal chemistry*, 12: 4709-4715.
- **Ramful D., Bahorunb T., Bourdonc E., Tarnusc E., Aruoma O.I., (2010)**. Bioactive phenolics and antioxidant propensity of flavedo extracts of Mauritian citrus



## Référence bibliographique

---

- fruits: potential prophylactic ingredients for functional foods application. *Toxicology*, 278, 75-
- **Ranjeva R., et al., (1977)**. "Metabolisme des composés phénoliques chez le *Petunia* V. Utilisation de la phénylalanine par des chloroplastes isolés." *Plant Science Letters*", 10(3): 225-234.
  - **Rebour H., (1948)**. La culture des agrumes en Algérie .Document algériens.Série économique. *Agriculture*.N ° 49, 4p.
  - **Rebour H., (2005)**.La culture des agrumes en Algérie. N°49.4 p.
  - **Réchter R., (1993)**. Métabolisme de la végétale physiologie et biochimie. PPUR. Lausanne, p 319-322.
  - **Remini H., Mertz C., Belbahi A., Achir N., Dornier M., Madani K., (2015)**.Degradação cinética modelagem de ácido ascórbico e intensidade de cor em suco de laranja pasteurizado durante o armazenamento. *Food chemistry*, 173: 665-673.
  - **Rice-Evans C.A., Miller N., and Paganga G., (1996)**. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radic. Biol. Med.*, vol. 20, p. 933-956.
  - **Richard., (2004)**.Etude de la variabilité morphologique au sein d'une collection d'agrumes cultivée à l'Est Algérien, W. Skikda. Mémoire de fin d'étude : Biologie et physiologie de la reproduction. Université des Frères Mentouri Constantine, p. 14-15.
  - **Rihani N., Guessous., F et Berrami A.,(1988)**. Communication présentée aux 18<sup>e</sup> Journées de l'ANPA. "*Petits Ruminants*" (SR-CRSP).
  - **Rong T., (2007)**. (Extraction, Separation, Detection, and Antioxidant Activity of Apple Polyphenols).*Food Research Program, Agriculture and Agri-Food Canada, 93 Stone Road West, Guelph, Ontario.N1G5C9*.

### S

- **Sarni-Manchado P., &Cheynier V., (2006)**. Les polyphénols en agroalimentaire. Tec & doc.
- **Seyoum A., Asres K., & El-Fiky F.K., (2006)**. Structure–radical scavenging activity relationships of flavonoids. *Phytochemistry*, 67: 2058-2070.
- **Shahidi F., Nuczki M., (1995)**.*Food phenolics: source chemistry effect application* technomic publishing, p. 3-47.



## Référence bibliographique

---

- **Stevenson D.E. and Hurst R.D.,(2007).** Polyphenolic phytochemicals just antioxidants or much more?.*Cellular & Molecular Life Sciences*, vol. 64, p. 2900–2916.
- **Strack D., Wray V., Metzger J.W., Grosse W., (1992).** Two anthocyanins acylated with gallic acid from the leaves of *Victoria amazonica*. *Phytochemistry, The International Journal of Plant Biochemistry* 31,989–991. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(92\)80054-I](https://doi.org/10.1016/0031-9422(92)80054-I)

### T

- **Tahara S., Ingham J., Nakahara S., Mizutani L., Harborne J., (1984).** Fungitoxic dihydrofurano-isoflavones and related compounds in white lupin, *Lupinus albus*. *Phytochemistry*, 23: 1889–1900.
- **Takarli F., (2012).** Eco ethologie de la cochenille noire *Parlatoria ziziphi* Lucas (homoptera) sur clémentinier de Mitidja .Mémoire de Magister .Option :Protection des plantes et de l'environnement .Département des Sciences Agronomiques .Université Saad Dahlab de Blida, p. 1-2-37.
- **Tomás-Barberán F., Iniesta-Sanmartín E., Tomás-Lorente F., and Rumbero A., (1990).** Antimicrobial phenolic compounds from three Spanish *Helichrysum* species. *Phytochemistry*, vol. 29, p. 1093- 1095.
- **Tsao R., (2010).** Chemistry and Biochemistry of Dietary Polyphenols. Guelph Food Research Centre, Agriculture et Agri-Food Canada. *Nutriments*, vol. 2, p 1231-1246.
- **Tsimogiannins D.I., Oreopoulou V., (2006).** The contribution of flavonoid C-ring on DPPH free radical scavenging efficiency. A kinetic approach for the 3', 4'-hydroxy substituted members. *Innovat Food Sci Emerg Tech*, 7: 140-146.

### U

- **USDA, National Agricultural Statistics Service, 2016.** In: <https://www.nass.usda.gov/>.

### V

- **Vergne E., Perrier-Robert A., et Baurgaud D.,(2002).** Recettes originales du marché. Artémis. ISBN : 2-84416-094-8, p. 449.
- **Vermerris W., and Nicholson R., (2008).** Families of phenolic compounds and means of classification. *Phenolic compound biochemistry*, Springer: 1-34.

## Référence bibliographique

---

- **Vigan M., (2010).** Essential oils: renewal of interest and toxicity. *European Journal of Dermatology*. 20(6): 685.
- **Vincken J.P., Heng L., de Groot A., Gruppen H., (2007).** Saponins, classification and occurrence in the plant kingdom. *Phytochemistry*, 68: 275-297.
- **Virbel-Alonso C., (2011).** Citron et autres agrumes. Ed. Groupe Eyrolles, 15p.

### W

- **Wang Y.C., Chuang Y.C., Hsu H.W., (2008).** The flavonoid, carotenoid and pectin content in peels of citrus cultivated in Taiwan. *Food Chemistry*. 106(1): 277-284.
- **Webber H.J., (1967).** History and development of the citrus industry. In: The citrus industry. 1. Reuther W. *et al.* (eds.), Berkeley, Etats-Unis, University of California Press, p.139.
- **Weichselbaum E., Buttriss J.L., (2010).** Polyphenols in the diet. British Nutrition Foundation, London, UK. *Nutrition Bulletin*, vol. 35, p 157–164.

### Y

- **Yeoh S., Shi J., Langrish T.A.G., (2008).** Comparisons between different techniques for waterbased extraction of pectin from orange peels. *Desalination*. 218: 229-237.
- **Younsi., (1990).** Etude de la variabilité morphologique au sein d'une collection d'agrumes cultivée à l'Est Algérien, W. Skikda. Mémoire de master : Biologie et physiologie de la reproduction. Université des Frères Mentouri Constantine, 9p.

### Z

- **Zemzami M., (2009).** La Tristeza un fléau qui menace l'agrumiculture méditerranéenne cloque internationale, gestion des risques phytosanitaire Marrakech, 40p.