

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET  
POPULAIRE.**

**Ministère De l'Enseignement Supérieur et de la Recherche  
Scientifique.**

**Université MOULOUD MAMMERRI de Tizi-Ouzou.  
Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques.**



***Mémoire de fin d'étude***

*En vue de l'obtention du diplôme de  
Master en science alimentaire.*

*Spécialité : sécurité alimentaire et assurance qualité.*

***Thème***

**Contribution à l'étude de la variabilité de la composition de l'huile  
essentielle de l'orange « *Citrus sinensis* », (variété Thomson Navel) dans la  
région de Draa-Ben-Khedda (Moyen Sébaou)**

*Travail réalisé par :*

*M<sup>elle</sup> MOHAMMED SEHIR Cylia*

*M<sup>elle</sup> OUDDAI Ferroudja*

*Présenté devant le jury suivant :*

M <sup>me</sup> Bourbia S	Présidente	MCA	UMMTO
M <sup>me</sup> Hedjal M	Promotrice	MCA	UMMTO
M <sup>me</sup> Omouri O	Examinatrice	MAA	UMMTO

**2018/2019**

## *Remerciements*

*Nous tenons tout d'abord à remercier dieu le tout puissant qui nous a donné le courage, la volonté et la patience pour réaliser ce travail.*

*Nos remerciements vont particulièrement à*

*M<sup>me</sup> Hedjal M maître de conférences à la faculté des sciences biologiques de l'université de Tizi Ouzou d'avoir bien voulu diriger ce travail et pour tous ses conseils fructueux et ses encouragements.*

*M<sup>me</sup> Bourbia S maître de conférences à la faculté des sciences biologiques de l'université de Tizi- Ouzou pour l'honneur qu'elle nous a fait pour assurer la présidence de jury.*

*M<sup>me</sup> Omourí O maître-assistant chargée de cours à la faculté des sciences biologiques de l'université de Tizi Ouzou d'avoir bien voulu accepté de juger ce travail et de l'enrichir par leurs propositions.*

*M<sup>me</sup> asmani K, et toute l'équipe de laboratoire pédagogique de biologie de recherche en entomologie appliquée du département sciences biologiques et agronomiques.*

*Enfin, il nous est agréable de terminer en remerciant toutes les personnes, Qui de près ou de loin nous ont apporté leur soutien, leur conseil et leur contribution pour achever ce travail.*



## *Dédicace*

*Avant tous, je dois rendre grâce à dieu de m'avoir donné le courage de terminer ce travail.*

*Je dédie ce modeste travail*

*A celle qui été toujours la source d'inspiration et de courage  
ma mère*

*A celui qui a inséré le gout de la vie et le sens de la  
responsabilité mon père*

*A mes frère AZIZ et AMINE.*

*A tous les membres de ma famille surtout ma cher  
cousine Mélissa.*

*A tous mes chères amies : Drifa, Tafsuth, Naïma,  
Cylia et Lylia.*

*A mon cher binôme Ferroudja et sa famille.*

*A tous mes amies de la promotion sécurité alimentaire  
et assurance qualité.*

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

*Cylia*



## Dédicaces

*Avec l'aide de dieu le tout puissant qui m'a éclairé les  
Chemins du savoir, j'ai pu réaliser ce modeste travail que je  
dédié à :*

*La lumière de mes yeux et le bonheur de mon existence : mes  
chers **parents**, ceux qui m'ont encouragé et qui ont sacrifié  
les meilleurs moments de leur vie pour ma réussite, que dieu  
vous procure, santé et longue vie.*

*A mes très chers frères **Syphax** et **Norius***

*Pour leur soutien et leurs encouragements tout au long de la  
réalisation de ce travail.*

*A ma perle de joie petite sœur **Fabienne** pour son humour*

*A la personne que j'ai trouvée aux moments difficile de ma vie  
« **Lakbid** »*

*A ma voisine adorable **Nadia** et sa famille*

*A mes très chères amies : **Dyhia**, **Katia**, **Maya** et **Loundja**, merci  
beaucoup pour votre soutien.*

*A mes chers amis « djmaza » : **Lalah**, **Moumouh**, **Amine**,  
**Mazigh**, **Ghilas** et **Kouciela**.*

*A ma chère binôme « **Cylia** » et sa famille*

*Enfin à tous ceux qui m'aiment et qui ont une place dans mon cœur*

*Ferroudja*

# Sommaire

Remerciements

Dédicace

Liste des d'abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

INTRODUCTION..... 01

## Synthèse bibliographique

### Chapitre 01 : L'espèce *Citrus sinensis*

1. Historique .....	02
2. Importance économique dans le monde et en Algérie .....	02
2.1. Dans le monde .....	02
2.2. En Algérie .....	02
3. Les exigences agro-climatiques.....	03
3.1. Les exigences climatiques .....	03
3.2. Les exigences édaphiques .....	04
4. Systématique et description botanique .....	04
4.1. Systématique .....	04
4.2. Description botanique .....	05
5. Le cycle de vie des orangers .....	06
6. Caractéristiques des oranger.....	09
7. Composition .....	11
8. Utilisation .....	11
9. Intérêt industriels de l'oranges .....	11

### Chapitre 02 : les huiles essentielles

1. Historique .....	12
2. Définition .....	12
3. Localisation des huiles essentielles .....	12
4. Composition des huiles essentielles .....	13
5. Propriétés physico-chimiques .....	16
6. Rôle physiologiques .....	16

7. Les différentes méthodes d'extraction des huiles essentielles .....	16
7.1. Distillation .....	17
7.1.1. Hydro-distillation .....	17
7.1.2. Distillation par entraînement à la vapeur d'eau.....	18
7.1.3. Hydro-diffusion .....	18
7.2. Extraction à froid.....	19
7.3. Extraction assistée par micro-onde .....	19
7.4. Extraction par les solvants et les graisses.....	19
8. Toxicité des huiles essentielles .....	20
9. Méthodes de caractérisation des huiles essentielles .....	20
9.1. La chromatographie en phase gazeuse (CPG).....	20
10. Domaine d'utilisation des huiles essentielles.....	22

## **Partie expérimentale**

### **Matériels et Méthodes**

1. Matériels.....	23
1.1. Matériel végétal.....	23
1.2. Récolte des échantillons .....	23
2. Méthodes .....	24
2.1. Extraction des huiles essentielles .....	24
2.2. Analyse de la composition chimique des huiles essentielles par CPG : .....	26
3. Dosage des sucres réducteurs .....	26
4. Dosages des sucres totaux .....	27
5. Dosage de la vitamine C.....	28
6. Analyse statistique.....	29

### **Résultats et discussions**

1. Caractéristiques pomologiques de l'oranger .....	30
1.1. Calibrage .....	31
1.2. Analyse statistique.....	32
2. Caractéristiques biochimiques .....	34
3. Composition des huiles essentielles .....	35
CONCLUSION.....	41

## **Références bibliographiques**

## **Annexes**

**BBCH** : biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und chemische Industrie.

**HE** : huile essentielle.

**PH** : Potentiel d'Hydrogène.

**ml** : millilitre.

**g** : gramme.

**H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>** : acide sulfurique.

**P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>N** : phospho-Nitrate.

**DCPIP** : 2,6 Dichlorophénol indophénol.

**DNS** : 3,5 Dinitrisalicylique.

**CPG** : chromatographie en phase gazeuse.

**INA** : Institut National d'Agronomie.

**PAVE** : poids avant épluchure.

**PAPE** : poids après épluchure.

**DLONG** : diamètre longueur.

**DLARG** : diamètre largeur.

**ZF** : zeste frais.

**ZS** : zeste sec.

<b>Tableau01</b> : Description botanique des orangers .....	5
<b>Tableau 02</b> : La clé d'identification des stades phénologiques.....	6
<b>Tableau03</b> : Composition des 3 HEs de <i>C. aurantium</i> L. extraites de 3 parties différentes de la plante .....	13
<b>Tableau 04</b> : La moyenne de poids des oranges de chaque parcelle.....	30
<b>Tableau05</b> : Classement des parcelles selon le code calibre d'orange.....	31
<b>Tableau06</b> : Analyse des caractéristiques pomologiques d'orange (corrélation).....	32
<b>Tableau07</b> : Analyse des caractéristiques pomologiques d'orange (Levene) .....	33
<b>Tableau08</b> : Analyse des caractéristiques pomologiques d'orange (ANOVA).....	33
<b>Tableau 09</b> : Analyse biochimique d'orange (corrélation).....	34
<b>Tableau 10</b> : Analyse de la variance de la composition biochimique d'orange (Levene) .....	34
<b>Tableau 11</b> : Analyse de la variance de la composition biochimique d'orange (ANOVA).....	35
<b>Tableau 12</b> : Composition chimique (%) des HE de <i>C.sinensis</i> issus de texture légère...36	
<b>Tableau 13</b> : Composition chimique (%) des HE de <i>C.sinensis</i> issus d'une terre Lourde .....	37

<b>Figure 1</b> : Taux de production des orangers en Algérie .....	3
<b>Figure 2</b> : Le stade phénologique des orangers .....	8
<b>Figure 3</b> : Coupe transversale d'une orange variété Thomson Nave.....	9
<b>Figure 4</b> : orange douce (Thomson navel).....	10
<b>Figure 5</b> : Structure chimique des composants prépondérants des HE .....	15
<b>Figure 6</b> : Schéma du principe de la technique d'hydro-distillation .....	17
<b>Figure 7</b> : Schéma du principe de la technique de l'entraînement à vapeur d'eau.....	18
<b>Figure 8</b> : Schéma du principe de la chromatographie en phase gazeuse .....	21
<b>Figure 9</b> : Localisation des sites de prélèvement.....	23
<b>Figure 10</b> : séchage à l'air libre au laboratoire .....	24
<b>Figure 11</b> : Dispositif d'hydrodistillation.....	25
<b>Figure 12</b> : Dispositif de décantation.....	26
<b>Figure 13</b> : Principe du dosage des sucres réducteurs par la méthode 3,5 DNS .....	27
<b>Figure 14</b> : Principe de dosage de la vitamine C .....	28
<b>Figure 15</b> : Profil chromatographique de l'HE de la station (Texture lourde).....	38
<b>Figure 16</b> : Profil chromatographique de l'HE de la station (Texture légère).....	38



*Introduction*

Depuis l'existence de l'espèce humaine sur terre, il y a des millions d'années, l'homme a su profiter du couvert végétal. De nos jours, parmi ce couvert les orangers représentent la première production fruitière mondiale.


Le genre *Citrus* appartient à la famille des Rutaceae. C'est l'une des cultures les plus largement cultivées dans le monde surtout dans les climats tropicaux et les régions tempérées. Elles sont très riches en composés actifs tels que les polyphénols, les flavonoïdes, les tanins, alcaloïdes et huiles essentielles (Chutia et al, 2009 ; Kamal et al, 2011).

Actuellement, les huiles essentielles des plantes aromatiques possèdent un atout considérable et jouissent d'une popularité grâce à la découverte progressive de leurs propriétés médicinales (antibactériennes, anti-inflammatoires, antiseptiques, antivirales, antifongique, antioxydants, anti-tumoral, insecticides, insectifuges) (Choi et al, 2000 ; Zenasi., 2014).

L'écorce des *Citrus* est l'une des parties de la plante riche en métabolites secondaires, tels que les huiles essentielles qui sont étudiées pour ces composés actifs (coumarines, terpènes et linalool...etc.) (Dhanavade et al, 2011 ; Kamal et al, 2011).

Dans ce contexte, nous nous sommes intéressées à l'étude des huiles essentielles extraites de l'écorce de l'espèce *Citrus sinensis* variété Thomson Navel dans la région de Draa Ben Khedda (Moyen Sébaou) Wilaya de Tizi Ouzou. Ce travail comprend les différentes parties suivantes :

- Une étude bibliographique sur l'oranger.
- Etude des caractéristiques pomologiques et biochimiques des oranges *Citrus.sinensis*.
- Extraction des huiles essentielles à partir de l'écorce de fruit d'orange *Citrus sinensis* variété Thomson Navel.
- Caractérisation quantitativement et qualitativement de la composition chimique des HE provenant de deux types de terres argileuses et sableuses par la Chromatographie Phase Gazeuse (CPG).



*Synthèse  
bibliographique*



*Chapitre 1*  
*L'espèce *Citrus sinensis**

## **1. Historique**

La culture de l'oranger est très ancienne, elle se confond avec l'histoire de la Chine d'où il est originaire. Au cours du premier millénaire avant notre ère, l'oranger se propage très vite à l'ensemble des pays du Sud-Est asiatique, puis arrive en Méditerranée au VII<sup>e</sup> siècle. Les oranges amères, encore appelées bigarades, arrivent en Europe à partir du Xe siècle, époque des croisades. Mais l'orange douce telle que nous la connaissons ne fera son apparition qu'au cours du XV<sup>e</sup> siècle lorsque des navigateurs portugais la découvrent en Chine. Par sa douceur, elle évince très vite l'orange amère. Une fois implanté dans le bassin méditerranéen, l'oranger est diffusé à travers le monde par les Européens, en Amérique du Nord et du Sud au XVI<sup>e</sup> siècle, Afrique du Sud au XVII<sup>e</sup> et Australie au XVIII<sup>e</sup> (Webber et Herbert, J, 1967).

## **2. Importance économique dans le monde et en Algérie**

### **2.1. Dans le monde**

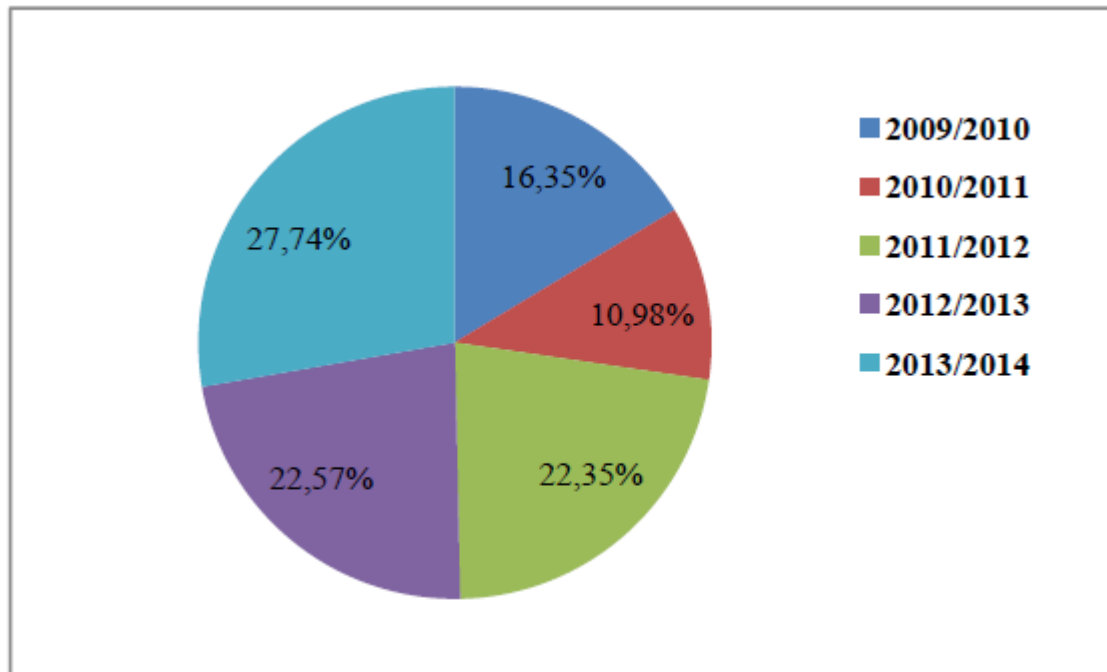
La production des agrumes est très diversifiée avec 68 Mt d'oranges ; 29 Mt des petits agrumes ; 14 Mt de citrons et de limes et 5 Mt de pamplemousse en 2009 (Loeillet, 2010). La production mondiale des oranges est de l'ordre de 66,4 millions de tonnes en 2010 ce qui représente une hausse de 14 pour cent par rapport au volume enregistré pendant la période 1997-1999. Elle augmente de 60 millions de tonnes en 2000, dont 18 millions de tonnes produites par le Brésil, suivi par la Floride (Etat Unis) avec 11 millions et le bassin méditerranéen avec 10 millions (Anonyme, 2012).

Les plus grands producteurs d'orange sont le Brésil, les États-Unis, la Chine, l'Espagne, le Mexique, l'Inde, l'Iran, l'Italie, l'Égypte et l'Indonésie.

### **2.2. En Algérie**

L'Algérie disposait d'une superficie de 45.000 ha en agrumes à l'indépendance. Certes en 2011, la superficie en agrumes s'étalait sur 63.323 ha, actuellement, seuls 55.00 ha sont productifs. Le centre du pays compte 56% de cette surface d'agrumes, 30% se trouvent à l'est du pays, et 14% à l'ouest (Houaoura, 2013), insiste sur les bonnes pratiques utilisées dans les vergers par nos aînés dans le passé. D'ailleurs, le goût des oranges algériennes était très apprécié, indique-t-il.

Les principales wilayas agrumicoles sont : Blida (15809 ha), Chlef (5777 ha), Alger (5065 ha), Relizane (4417 ha), Mascara (4232 ha), Mostaganem (4079 ha), Tipaza (3725 ha). En fin juillet 2011, il a été créé le premier club des agrumiculteurs en Algérie à Tipaza (Anonyme, 2013). Les deux figures ci-dessus représentent les surfaces et les productions des oranges (2009/2014) et de la variété Thomson Navel (2010/2014) en Algérie :



**Figure 01 :** Taux de production des orangers en Algérie (DSA d'Alger)

### 3. Les exigences agro-climatiques

#### 3.1. Les exigences climatiques

##### ➤ La température

Les agrumes sont sensibles à toutes les températures inférieures à 0°C, par contre ils peuvent supporter des températures élevées supérieures à 30°C à condition qu'ils soient convenablement alimentés en eau (Loussert, 1985). Les températures moyennes annuelles favorables sont de l'ordre de 14°C. La température moyenne hivernale est de 10°C et la température moyenne estivale est de 22°C.

➤ **La pluviométrie**

Le genre *Citrus* compte parmi les arbres fruitiers les plus exigeants. Les besoins annuels varient entre 1000 à 1200 mm, dont 600 mm pendant l'été, qui ne peuvent être fournis que par l'irrigation surtout dans les zones méditerranéennes (Mutin, 1977).

➤ **L'humidité**

Elle ne semble pas avoir une forte influence sur les agrumes. Elle a par contre, des incidences sur le développement de certains parasites ainsi que la fumagine et les moisissures (LOUSSERT, 1989). Certains ravageurs comme les cochenilles peuvent proliférer en colonies importantes, une humidité basse provoque une intense respiration du végétal et ainsi les besoins en eau augmentent.

➤ **Le vent**

Blondel (1959), qualifie le vent comme étant l'ennemi le plus important des agrumes. Il provoque des dégâts dans les jeunes plantations qui sont incalculables suites à la chute précoce des fruits. Les oranges doivent être protégées des vents par l'installation de brise vent de *Casuarina*, d'*Acacia* et de *Pinus* (Loussert, 1985).

### **3.2. Les exigences édaphiques**

Selon LOUSSERT (1989), Les qualités essentielles d'un bon sol agrumicole sont :

La perméabilité varie de 10 à 30 Cm/ h.

Le sol doit avoir un ph qui se situe entre 6 et 7.

Le taux de calcaire compris entre 5 à 10%.

Une bonne teneur satisfaisante en Phospho-nitrate ( $P_2O_5N$ ) assimilable.

## **4. Systématique et description botanique**

### **4.1. Systématique**

L'oranger (*Citrus sinensis*) appartient à la famille des rutaceae, Cronquist classe l'orange douce comme suit :

**Règne :** Plantae  
**Sous règne :** Tracheobionta  
**Division :** Magnoliophyta  
**Classe :** Magnoliopsida  
**Ordre :** Magnoliopsida  
**Famille :** Rutaceae  
**Sous famille :** Aurantoideae  
**Tribu :** Citreae  
**Sous-tribu :** Citrinae  
**Genre :** *Citrus*  
**Espèce :** *Citrus sinensis*

## 4.2. Description botanique

L'oranger est un petit arbre sempervirent, pouvant atteindre 10 mètres de haut, avec des branches épineuses et des feuilles de 4 à 10 cm de long. Le fruit du *Citrus sinensis* est appelé orange douce pour le distinguer de l'orange amère, les fleurs desquelles on tire l'essence de néroli et l'eau de fleur d'oranger. Tous les fruits d'agrumes sont considérés comme des baies cloisonnées, parce qu'ils sont charnus, contiennent de nombreuses graines et dérivent d'un ovaire unique. Le tableau 01 établi ci-dessous donne les principaux caractères botaniques des orangers.

**Tableau 01 :** Description botanique des orangers (Bachès, 2012)

<b>Aspect</b>	Arbre au port harmonieux et de croissance rapide
<b>Taille</b>	Grande taille en pleine terre (7à8m)
<b>Fleurs</b>	Blanches et immaculées, très parfumées. Formule florale : 5S+5P+ (5+5) E+ (2-5) C
<b>Ecorce</b>	Grise, lisse ou à peine rêche.
<b>Feuilles</b>	Vert profond, légèrement ailées.
<b>Fruits</b>	De forme et de coloration variables en fonction des différents groupes auxquels ils appartiennent.
<b>La pulpe</b>	Juteuse diffère en couleur et en acidité selon les variétés.

## 5. Le cycle de vie des orangers

Les orangers sont des espèces fruitières à feuilles persistantes, le cycle de vie de cet arbre débute par une phase de dormance suivi par une phase de débourrement où il y a le gonflement des bourgeons et le développement des feuilles suivi par une phase de floraison (début, pleine et fin). Le tableau 02 récapitule les différents stades phénologiques selon l'échelle BBCH.

**Tableau 02 :** La clé d'identification des stades phénologiques (Agusti *et al*, 1995) résumé

Stade de croissance	Interprétation
<b>Dormance</b>	Début de dormance
	Début du gonflement des bourgeons
	Début du débourrement (les extrémités des feuilles visibles).
<b>Développement des feuilles</b>	Séparation des premières feuilles.
	Les premières feuilles sont visibles.
	D'autres feuilles sont visibles mais n'ont pas encore atteint leur taille finale.
	Les premières feuilles complètement développées.
<b>Développement des pousses</b>	Début de la croissance des pousses.
	Les pousses ont atteint environ 20% de la longueur finale.
	Les pousses ont atteint environ 90% de leur taille finale.
<b>Apparition de l'inflorescence</b>	Gonflement des bourgeons de l'inflorescence.
	Les fleurs sont visibles mais encore fermées.
	Les sépales sont ouverts : la pointe des pétales, toujours fermés, est visible.
	La plupart des fleurs avec des pétales formant une boule creuse.
	Les premières fleurs sont ouvertes.

<b>La floraison</b>	Début floraison : environ 10% des fleurs sont ouvertes.
	Pleine floraison : environ 50% des fleurs sont ouvertes.
	Fin floraison (tous les pétales sont tombés).
<b>Apparition de l'inflorescence</b>	Nouaison du fruit : début du grossissement de l'ovaire, début de la chute de jeunes fruits.
	Quelques fruits jaunissent : début de la chute physiologique des fruits.
	Le fruit atteint environ 90% de sa taille finale.
<b>Maturation du fruit et de la graine</b>	Début de la coloration du fruit (véraison).
	Le fruit est assez mur pour être cueilli, bien qu'il n'a pas encore atteint la couleur spécifique à la variété.
	Le fruit atteint la maturité demandé pour la consommation avec son gout et sa consistance caractéristique.
<b>Sénescence, début de la dormance</b>	Fin de la croissance des tiges ; le feuillage est entièrement vert.
	Les vieilles feuilles débutent leur sénescence et commencent à chuter.
	Période de dormance hivernal.

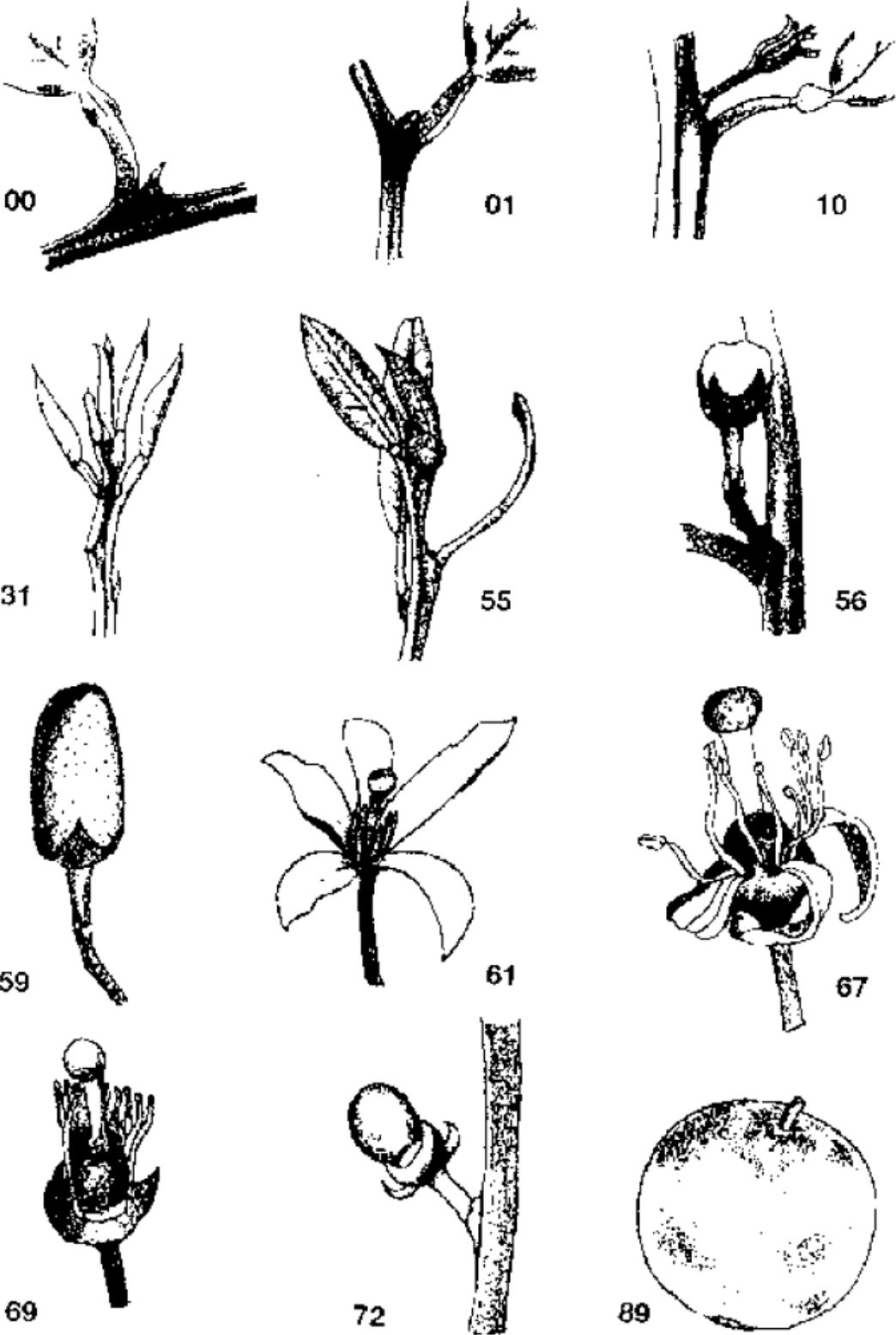


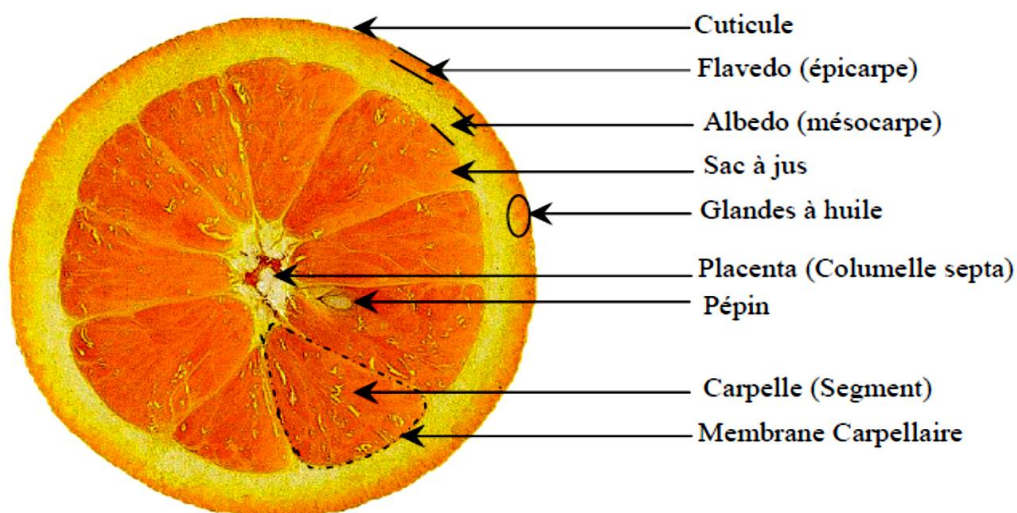
Figure 02 : Le stade phénologique des orangers (Agusti et al, 1995).

## 6. Caractéristiques des oranger

Tous les fruits des *Citrus* cultivés ont presque la même structure de l'écorce. C'est la Partie non comestible du fruit. Elle est peu développée chez les oranges, les mandarines et les clémentines. Elle constitue en revanche la majeure partie du fruit des cédrats ou du pamplemousse. La pulpe, partie comestible, est constituée de poils ou de vésicules qui enferment le jus et qui sont regroupés en quartiers peuvent varier de 5 à 18 (Spiegel-Roy et Goldschmidt, 1996).

La coupe transversale du fruit permet de distinguer les parties suivantes :

- Une peau ou une écorce rugueuse, résistante, de couleur vive (du jaune à l'orange), plus connue sous le nom d'épicarpe (ou *flavedo*), qui recouvre le fruit et le protège des dommages. Ses glandes oléifères contiennent des huiles essentielles qui donnent au fruit son odeur caractéristique.
- Un mésocarpe (ou *albedo*), épais et spongieux, qui forme avec l'épicarpe, le péricarpe ou peau fruit.
- La partie interne, constituée de la pulpe, est divisée en segment (carpelle) où se concentre le jus et une enveloppe radiale épaisse (ou endocarpe). Cette partie, riche en sucre soluble, renferme des quantités significatives de vitamine C, de pectine, de différents acides organiques et de sel de potassium, qui donnent au fruit son acidité caractéristique (Guimaraes et al, 2010).



**Figure 03 :** Coupe transversale d'une orange variété Thomson Navel

(Guimaraes et al, 2010).

**Fiche technique de variété Thomson Navel (*L. Osbeck, 1765*)**

**Origine :** Américaine, découverte en Californie (Etats Unis)

**Catégorie :** Orange

**Groupe :** Orange douce

**Sous-groupe :** *Navel*

**Vigueur :** Moyenne

**Forme :** Globuleuse à oblongue

**Calibre :** assez gros

**Peau :** peau lisse et fine

**Pépins :** fruits asperme

**Goût :** assez bon avec une pulpe juteuse

**Maturité :** 10 jours avant Washington Navel



**Figure 4 :** Orange douce (Thomson Navel) originale, 2019

**Evaluation :** est plus précoce que Washington Navel, ses fruits ne tiennent pas bien sur l'arbre et chutent au moindre coup du vent.

## **7. Composition**

L'orange contient en moyenne 12% de glucides (40% de saccharose), de la vitamine C (80mg/100g), vitamine P, B1, B9, E, provitamine A. Elle est riche en calcium (40mg/100g), et en pectine. Elle a un rôle de régulateur du transit intestinal. Elle contient une flore mésophile (levure et lactobacilles) indispensable pour une bonne digestion.

## **8. Utilisation**

En cuisine : l'écorce d'oranges confies, les pâtes de fruits, l'eau de fleurs d'oranger, les liqueurs sont à base d'écorces d'oranges douces et amères.

En cosmétologie : elle rentre dans la composition de nombreux parfums et eaux de toilette (Bousbia, 2011).

## **9. Intérêt industriels de l'oranger**

Les pays producteurs d'agrumes développent actuellement leurs plantations d'orangers. Ce fait s'explique par l'amélioration des conditions de transport et d'emballage, par le prolongement de la saison de récolte assurant l'approvisionnement continu des marchés, et enfin, malgré la production croissante, par le maintien de prix d'achat élevés du produit qui est proportionnellement plus élevé que celui de tout autre denrée alimentaire (Bousbia, 2011).

*Chapitre 2*  
*Les huiles essentielles*



## 1. Historique

Les premières preuves de fabrication et d'utilisation des huiles essentielles datent de l'an 3000 avant J.C (Baser et *al.* 2010). Ces huiles essentielles semblent donc avoir accompagné la civilisation humaine depuis ses premières genèses. Les égyptiens puis les grecs et les romains ont employé diverses espèces végétales ainsi que les produits qui en découlent, notamment les huiles essentielles. Ces utilisations concernaient différents domaines : parfumerie, médecine, coutumes, païennes, alimentation...etc.

L'étape byzantine de la civilisation a permis l'instauration des bases de la distillation et, avec l'ère arabe de la civilisation. L'HE devient un des principaux produits de commercialisation internationale. Ainsi, vers l'an mille, Avicenne, médecin et scientifique persan, a défini précisément le procédé d'entraînement à la vapeur. L'Iran et la Syrie deviennent les principaux centres de production de divers types d'extraits aromatiques.

## 2. Définition

Selon **Bruneton (1999)**, les HE définies comme étant des extraits volatils et odorants, que l'on extrait de certains végétaux par distillation à la vapeur d'eau, pressage ou incision des végétaux qui les contiennent. Elles se forment dans un grand nombre de plantes comme sous-produits du métabolisme secondaire. Les HE ont des propriétés et des modes d'utilisation particuliers et ont donné naissance à une branche nouvelle de la phytothérapie : l'aromathérapie.

## 3. Localisation des huiles essentielles

Les HE peuvent être stockées dans tous les organes végétaux : fleurs, feuilles et bien que cela soit moins habituel, dans des écorces, des bois, des racines, des rhizomes, des fruits, des grains (Brut., 2004, Celiktas et *al.*, 2006 ; Skocibusic et *al.*, 2006 ; Bechkechi et Abdelouahid, 2010.).

Si tous les organes d'une même espèce peuvent renfermer une huile essentielle, la composition de cette dernière peut varier selon la localisation. Ainsi dans le cas de l'oranger amer (*C.aurantium* L. subsp. Rutacées), le « zeste », c'est-à-dire le péricarpe frais du fruit, fournit l'huile essentielle d'orange amer ou « essence de Curacao », la fleur fournit « l'essence de Néroli » et l'hydro-distillation de la feuille, des ramilles et des petits fruits

conduit à « l'essence de petit grain bigaradier ». La composition de ces trois huiles essentielles est différente (Buneton, 1999). Le tableau suivant résume la composition des huiles essentielles extraites à partir de trois parties différentes de l'oranger amer *C. aurantium* L. (écorces, fleurs et feuilles).

**Tableau 03** : composition des 3 HEs de *C. aurantium* L. extraites de 3 parties différentes de la plante (Sarrou et *al*, 2013).

Essence de Curacao (écorce)		Essence de Néroli (fleur)		Essence de petit grain (feuilles)	
Constituant	%	constituant	%	constituant	%
Linalool	29,14	Limonène	94,67	Linalool	58,21
$\beta$ - pepène	19,08	Myrcène	2,00	$\alpha$ -terpinéol	7,11
limonène	12,04	Linalool	0,76	géranyl acétate	4,49
trans $\beta$ -ocimène	6,06	$\beta$ - pinène	0,62	néryl acétate	2,18
E- farnésol	5,14	$\alpha$ -pinène	0,53	trans $\beta$ - ocimène	4,08

Les HE sont produits dans le cytoplasme des cellules sécrétrices et s'accumulent en généralement dans des cellules glandulaires spécialisées. Situées en surface de la cellule et recouvertes d'une cuticule. Elles sont alors stockées dans une cellule transformée en cellule à essence, ou des poils glandulaire, des poches sécrétrices, des canaux sécréteurs voire des papilles (Teuscheret *al*, 2005).

#### 4. Composition des huiles essentielles

Comme toutes les plantes sont classées en familles, les produits naturels sont aussi classés en deux familles. Les majeures parties des composés des huiles essentielles sont : le groupe des terpénoïdes d'une part, et le groupe des composés aromatiques dérivés du phényle propane d'autre part.

### ❖ Groupe des terpénoïdes

C'est le groupe le plus important. Il comprend des monoterpènes (10 atomes de carbone), des sesquiterpènes (20 atomes de carbone), des diterpènes (30 atomes de carbone)...

Les terpènes sont des molécules organiques constituées par un multiple de 5 atomes de carbone de formule générale (C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>). La molécule de base est l'isoprène. Ce dernier, sous sa forme réactive est l'isoprénoyl pyrophosphate IPP qui se transforme en diméthylallyl pyrophosphate DMAPP. Les composés IPP et DMAPP réagissent ensemble pour former le géranyl pyrophosphate GPP, précurseur des monoterpènes en C<sub>10</sub>. On trouve dans la nature plus de 900 composés.

Une deuxième molécule d'IPP réagissant sur le GPP, fournit farnésyl pyrophosphate FPP, précurseur des sesquiterpènes en C<sub>15</sub>, puis une troisième molécule d'IPP réagissant sur FPP fournit le géranyl géranyl pyrophosphate GGPP, précurseur des diterpènes en C<sub>20</sub>. Ces composés sont principalement présents dans les plantes supérieures dans les résines, ainsi que dans les champignons. Il existe environ 2 700 diterpènes dans la nature dont la majorité est sous forme cycliques

- **Les monoterpènes :** Ces terpènes proprement dits sont des hydrocarbures en C<sub>10</sub>. Ils peuvent être acyclique (myrcène), monocyclique ( $\alpha$ - et  $\gamma$ - terpinène, limonène), ou bicycliques (sabinène). Ils constituent parfois plus de 90% d'HE (Citrus, térébenthines) (Bruneton, 1999).
- **Les sesquiterpènes :** Ce sont des hydrocarbures de formule C<sub>15</sub>. Ils peuvent intervenir dans les propriétés pharmacologiques attribuées à ces fractions volatiles. C'est par exemple le cas du bisabolol et de ses dérivés dans l'HE de matricaire (Bruneton, 1999).

### ❖ Les composés aromatiques

Les composés aromatiques dérivés du phénylpropane (C<sub>6</sub>-C<sub>3</sub>), ont une biogenèse différente de celles des terpènes. On peut citer l'acide et l'aldéhyde cinnamique (HE de cannelle), l'eugénol (HE de clou de girofle), le carvacrole (HE d'origans) (Chami, 2005).

❖ Composés d'origines diverses

Il s'agit de produit résultant de la transformation de molécules non volatiles ; ils peuvent être issus soit de la dégradation d'acide gras (acide jasmonique), de dégradation des terpènes (les damasénones : rose, géranium). Ces composés contribuent souvent aux arômes de fruits (Bruneton, 1999).

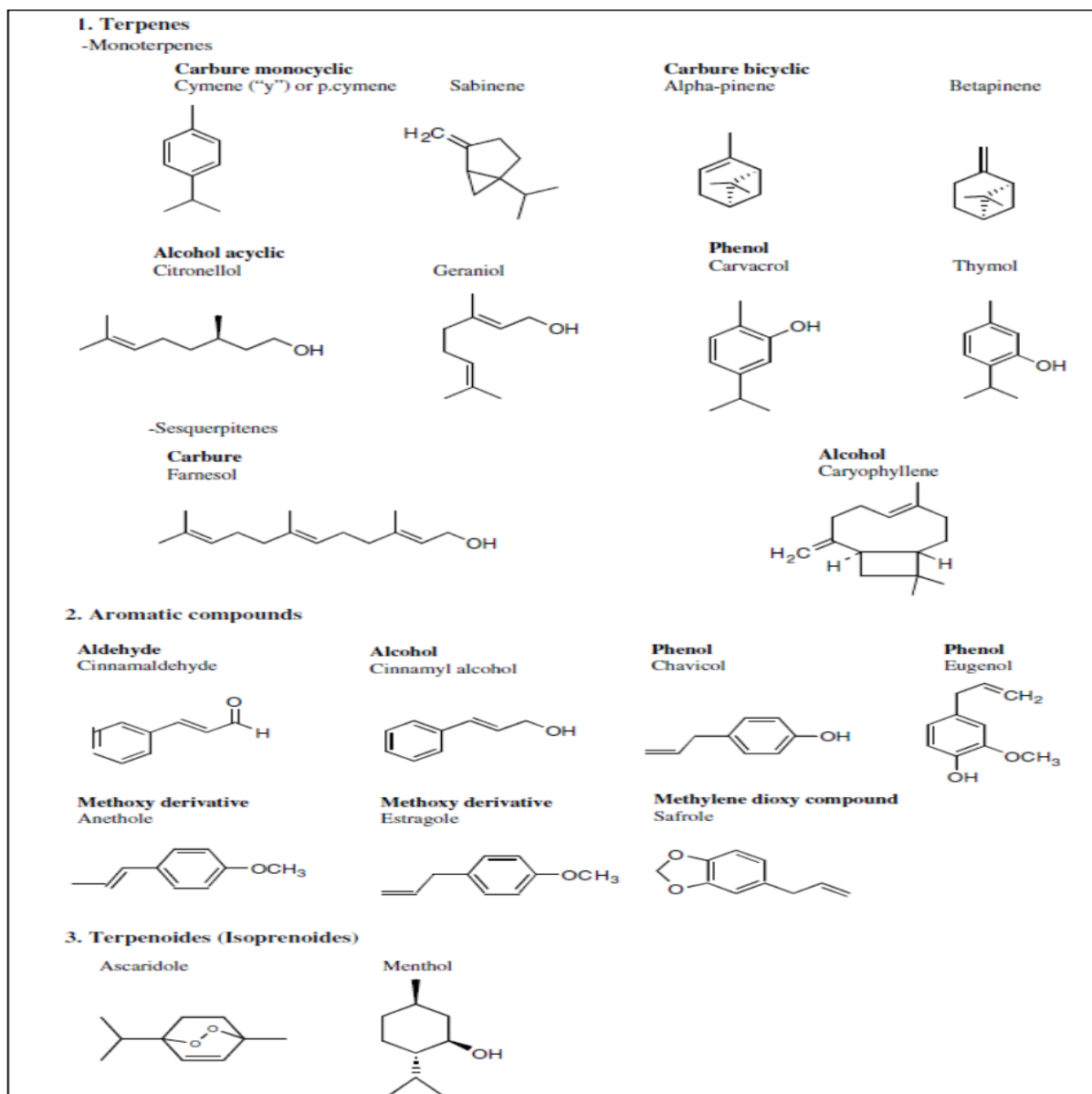


Figure 5 : Structure chimique des composants prépondérants des HE (Bakkali et al, 2008).

## **5. Propriétés physico-chimiques**

D'une façon générale, les caractéristiques physico-chimiques des huiles essentielles sont variables selon beaucoup de facteurs (lieu de provenance, climat et ses diverses modifications, période de grandes pluies ou de sécheresses prolongées, époque et moyens de récolte, procédés d'extraction, etc.) ceci explique la marge, souvent assez grande, laissée dans les constantes et pourcentage des composants (Valnet, 1984).

- Ce sont généralement des liquides à la température ordinaire ;
- Elles sont volatiles contrairement aux huiles fixes ;
- Elles sont généralement incolores ;
- Leur densité est inférieure à 1, sauf pour trois huiles : la cannelle, le girofle et le saffran ;
- Elles possèdent un indice de réfraction souvent élevé et un pouvoir rotatoire ;
- Elles sont peu soluble dans l'eau, sont solubles dans les alcools, les huiles fixes et dans la plupart des solvants organiques (Paris et Hurabielle, 1981).

## **6. Rôle physiologiques**

Le rôle des huiles essentielles n'a pas pu être clairement démontré. En effet, on considère qu'il s'agit de produits de déchets du métabolisme. Toutefois, certains auteurs pensent que les huiles essentielles peuvent avoir un rôle aussi bien dans les interactions végétales (agents allélopathiques, notamment inhibiteurs de germination) que dans les interactions végétal-animal : protection contre les prédateurs (insectes, champignons) et attraction des pollinisateurs (Bruneton, 1993 ; Bekhetchi et Abdelouahid, 2010).

D'autres considèrent que les HE facilitent certaines réactions chimiques et conservent l'humidité nécessaire à la vie des plantes exposées à des climats désertiques (Blaiche, 1979).

## **7. Les différentes méthodes d'extraction des huiles essentielles**

Différentes méthodes sont mises en œuvre pour l'extraction des essences végétales. En générale le choix de la méthode d'extraction dépendra de la nature du matériel végétal à

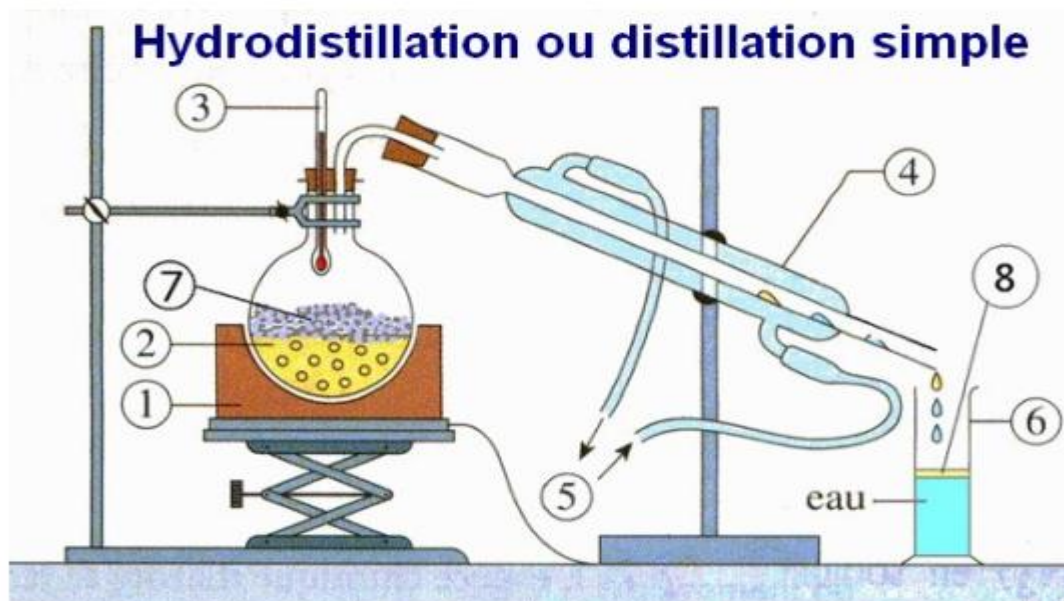
traiter (graines, feuilles, ramilles), de la nature des composés (par exemple, les flavonoïdes, les HE, les tanins) le rendement en l'huile et la fragilité de certains constituants des huiles aux températures élevées.

## 7.1. Distillation

Selon **Piochon (2008)**, il existe trois procédés utilisant le principe de la distillation : l'hydro-distillation, l'hydro-diffusion et l'entraînement à la vapeur d'eau.

### 7.1.1. Hydro-distillation

Il s'agit de la méthode la plus simple et, de ce fait la plus anciennement utilisée. La matière végétale est immergée directement dans l'alambic rempli d'eau, placé sur une source de chaleur, le tout est ensuite porté à l'ébullition les vapeurs sont condensées dans un réfrigérant et l'HE se sépare de l'hydrolysât par différence de densité. L'HE étant plus légère que l'eau, elle surnage au-dessus de l'hydrolysât (figure 6). Cependant, l'hydro-distillation possède des limites. En effet, un chauffage prolongé et trop puissant engendre la dégradation certaines molécules aromatiques (Lucchesi, 2005).



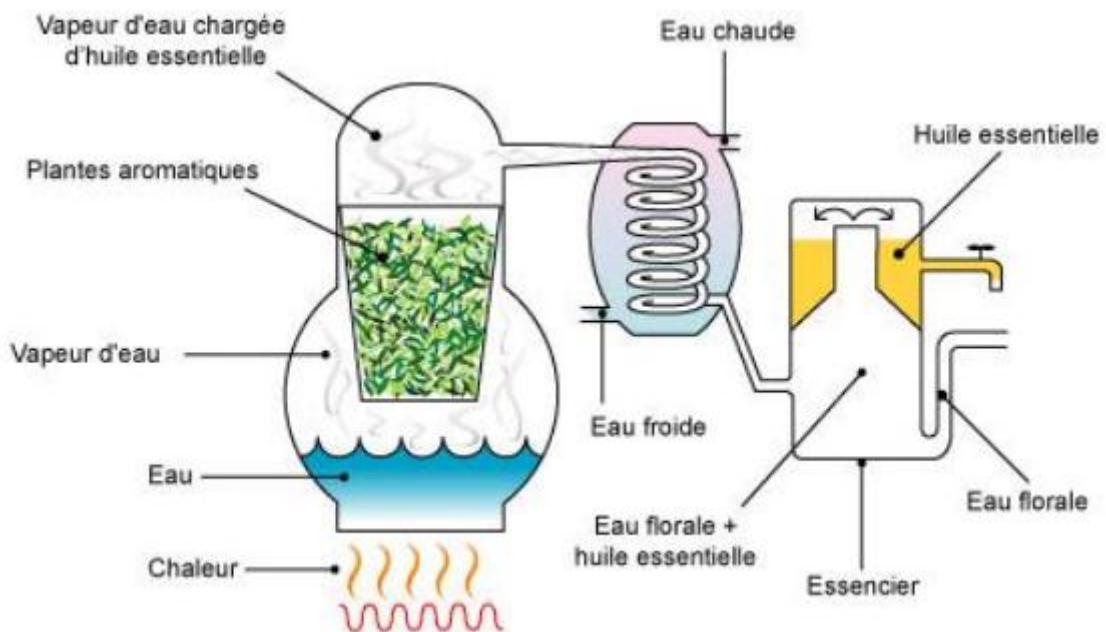
**Figure 6** : Schéma du principe de la technique d'hydro-distillation (Lucchesi, 2005)

- 1-Chauffe ballon
- 2-Ballon
- 3-Thermomètre
- 4-Réfrigérant

- 5-Entrée et sortie d'eau
- 6-Erlenmeyer
- 7-Matière à extraire l'essence
- 8-La couche d'HE

### 7.1.2. Distillation par entraînement à la vapeur d'eau

Dans ce type de distillation, le matériel végétal ne macère pas directement dans l'eau. Il est placé sur une grille perforée au travers de laquelle passe la vapeur qui sont ensuite entraînées vers le réfrigérant. Cette méthode apporte une amélioration de la qualité de la qualité de l'HE en minimisant les altérations hydrolytiques d'eau (figure 7). La vapeur endommage la structure des cellules végétales et libère ainsi les molécules volatiles.



**Figure 7:** Schéma du principe de la technique de l'entraînement à vapeur d'eau  
(Lucchesi, 2005)

### 7.1.3. Hydro-diffusion

Cette technique est relative récente. Elle consiste à faire passer du haut vers le bas, et à pression réduite la vapeur d'eau au travers la matière végétale. L'avantage de cette méthode est d'être plus rapide donc, moins de dommageable pour les composés volatils.

**7.2. Extraction à froid**

Elle consiste le plus simple des procédés, mais ne s'applique qu'aux agrumes dont l'écorce des fruits comporte des poches sécrétrices d'essences. Ce procédé consiste à broyer, à l'aide de presses, les zestes frais pour détruire les poches afin de libérer l'essence. Le produit ainsi obtenu porte le nom d'essence, car il n'a subi aucune modification chimique (Roux, 2008).

**7.3. Extraction assistée par micro-onde**

Extraction assistée par micro-ondes est une nouvelle technique qui combine l'utilisation des micro-ondes et d'autres méthodes traditionnelles. Dans ce procédé, la matière végétale est chauffée par micro-ondes dans une enceinte close dans laquelle la pression est réduite de manière séquentielle. Les composés volatils sont entraînés par la vapeur d'eau formée à partir de l'eau propre à la plante. Ils sont ensuite récupérés à l'aide des procédés classiques condensation, refroidissement, et décantation. Des études démontrent que cette technique possède plusieurs avantages tels que le gain de temps d'extraction, utilisation de petites de solvants, et rendement d'extraction élevé (Hemwimon et *al*, 2007).

**7.4.Extraction par les solvants et les graisses**

Il s'agit d'extrait de plantes obtenu au moyen de solvants son aqueux (hexane, éther de pétrole etc.), mais aussi de graisses, des huiles (absorption des composés volatils lipophiles par les corps gras). Ces solvants ont un pouvoir d'extraction plus élevé que l'eau, si bien que les extraits ne contiennent pas uniquement des composés volatils mais également un bon nombre de composés non volatils tels que des cires, des pigments, des acides gras. Un lavage à l'éthanol permet l'élimination de ces composés non désirables. Après distillation de l'alcool, le produit obtenu est appelé « absolu », et sa composition se rapproche de celle d'une HE l'extraction à l'aide de solvants organiques pose de problème de toxicité et de solvants résiduels (Hernandez-Ochoa, 2005).

## 8. Toxicité des huiles essentielles

En dépit de leurs effets bénéfiques, les HE sont loin d'être non-toxique. La majorité des HE, à de très fortes doses, causent des effets toxiques (Hammer et Carson, 2011). Par leur composition riche, les HE doivent être utilisées avec une extrême prudence, du fait qu'elles peuvent présenter de très graves dangers lors d'une utilisation aléatoire autonome, surtout que le consommateur est attiré par la facilité d'emploi de ces essences en absorption interne ou en application externe (Bernadet, 1983).

Les HE de *Citrus* sont photo-toxiques à cause des furocoumarines qui sont photosensibilisantes. Ils provoquent une décoloration de la peau en un rouge lors d'une application externe avec une exposition au soleil sous l'action des rayons ultraviolets. Cependant, l'ingestion des HE du *Citrus* extraites soit par hydro-distillation soit par expression à froid ne présente aucun risque de toxicité, ni aigue ni chronique (Teuscher et al, 2005).

## 9. Méthodes de caractérisation des huiles essentielles

La détermination de la composition chimique des HE est une étape importante malgré le développement des méthodes de séparation et d'identification. Elle demeure une opération délicate nécessitant la mise en œuvre de diverses techniques.

### 9.1. La chromatographie en phase gazeuse (CPG)

La CPG est une méthode d'analyse par séparation qui s'applique aux composés gazeux ou susceptible d'être vaporisés par chauffage sans décomposition. Les progrès technologiques réalisés dans des colonnes capillaires, des phases stationnaires et des détecteurs ont contribué à rendre la CPG incontournable pour la caractérisation des HE.

Le chromatographe en phase gazeuse est constitué de trois modules : un injecteur, une colonne capillaire dans le four et un détecteur (figure 8). Le mode d'injection le plus répandu est l'injection en " *split* " ou injection avec "division de flux", il est utilisé pour l'analyse de solution concentrée. L'injection se fait à haut température. L'échantillon est rapidement introduit dans l'injecteur ou il est instantanément vaporisé et mélangé au gaz vecteur (hélium, azote, argon, ou hydrogène). Une électrovanne permet de régler le débit de fuite. Ce procédé permet de faire en sorte qu'une fraction importante de flux gazeux soit évacuée, diminuant

ainsi la quantité d'échantillon qui pénètre dans la colonne et évitant de saturer la phase stationnaire (Bouchonnet et Libong, 2002).

Le four contient l'élément clé de la séparation chromatographique la colonne analytique. Cette colonne peut être de deux types : colonne remplie ou colonne capillaire. Dans le cas des HE, les colonnes capillaires semblent plus adaptées ; elles sont en métal, en verre ou plus souvent en silice fondue. Les substances de l'échantillon traversent la totalité de la colonne où est placée la phase stationnaire.

Les constituants d'un mélange sont séparés en fonction de leur polarité si la phase stationnaire est polaire, de leur volatilité si cette dernière est apolaire. Leurs différences de propriétés physicochimiques leur confèrent des vitesses d'élution et ils sont donc séparés en fonction de temps. Ils arrivent à l'extrémité de la colonne, ils sont alors détectés et enregistrés. La chromatographie en phase gazeuse permet donc de séparer un mélange gazeux complexe par succession continue d'équilibre entre phase mobile gazeuse et phase stationnaire (Besombe, 2008).

Le développement des phases stationnaires et de la CPG multidimensionnelle a permis de surmonter certaines difficultés des composés dans les HE. Ainsi, la CPG bidimensionnelle (CPG/CPG), mettant en ligne deux colonnes capillaires, permet la séparation, l'identification et la quantification de composés minoritaires pouvant coéluer avec les composés plus abondants. L'échantillon est injecté dans la première colonne, puis les composés qui coéluent sont transférés dans une deuxième colonne pour être séparés (Paolini, 2005).

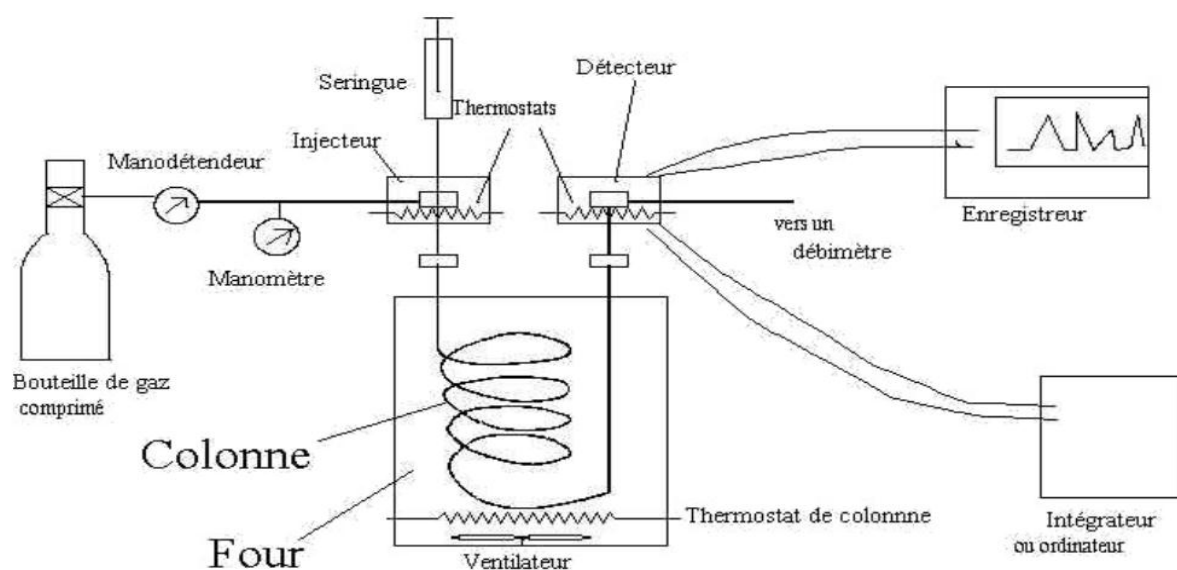


Figure 8 : Schéma du principe de la chromatographie en phase gazeuse (Besombes, 2008).

## **10. Domaine d'utilisation des huiles essentielles**

Les HE sont utilisés dans plusieurs domaines, principalement en parfumerie et cosmétique, dans le domaine alimentaire et l'industrie pharmaceutique.

Dans l'industrie agro-alimentaire les HE sont utilisées comme des aromatisants naturels et agent de conservation des aliments et cela grâce à la présence de composés ayant des propriétés antimicrobiennes et antioxydants.

En aromathérapie les HE sont utilisées contre les maladies infectieuses d'origine bactérienne ou fongique ou pour préserver la nourriture contre les insectes. Elles sont considérées comme agent antimicrobiens et antiseptiques. Le caractère volatile de ces huiles permet d'envisager leur utilisation en tant qu'agents de préservation pour le contrôle de l'hygiène de l'air des systèmes de climatisation, notamment en milieu hospitalier, entraînent un effet bénéfique au niveau de la qualité de l'air des locaux.



*Partie Expérimentale*



*Matériels et Méthodes*

La partie expérimentale a été réalisée au laboratoire de recherche en entomologie appliquée département des sciences biologiques et des sciences agronomiques à l'université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. La détermination de la composition chimique des HE de *Citrus* par chromatographie en phase gazeuse a été effectuée à l'Institut National d'Agronomie INS d'Alger.

### 1. Matériels

#### 1.1. Matériel végétal

Les fruits d'orangers de l'espèce : *Citrus Sinensis* (variété : Thomson navel) proviennent de diverses exploitations agrumicoles privées situées dans la région de Draa Ben Khedda (Moyen Sibaou), (Figure9)



Figure 9 : Localisation des sites de prélèvement

#### 1.2. Récolte des échantillons

La récolte a été réalisée durant la période du mois de Décembre 2018 jusqu'au mois de Mars 2019. Le choix des parcelles à échantillonner a été fait selon une variabilité de la texture des sols.

Deux textures ont été maintenues : une texture lourde et une texture légère à raison de 5 parcelles par texture.

Les fruits fraîchement récoltés au hasard, à raison de 4 fruits par arbre sur les 4 points cardinaux, sont nettoyés, lavés, séchés.

Les caractéristiques pomologiques (poids de l'orange- diamètre en longueur- diamètre en largeur- poids du zeste) ont été inscrites pour toutes Les oranges récoltées (environ 60 oranges /parcelle).

Ensuite les oranges sont épluchés à l'aide d'un économe. Les écorces sont coupées en petits morceaux (figure 10), la quantité du zeste obtenu est ensuite laissée sécher à température ambiante et à l'abri de la lumière.



**Figure10** : Séchage à l'air libre au laboratoire d'entomologie.

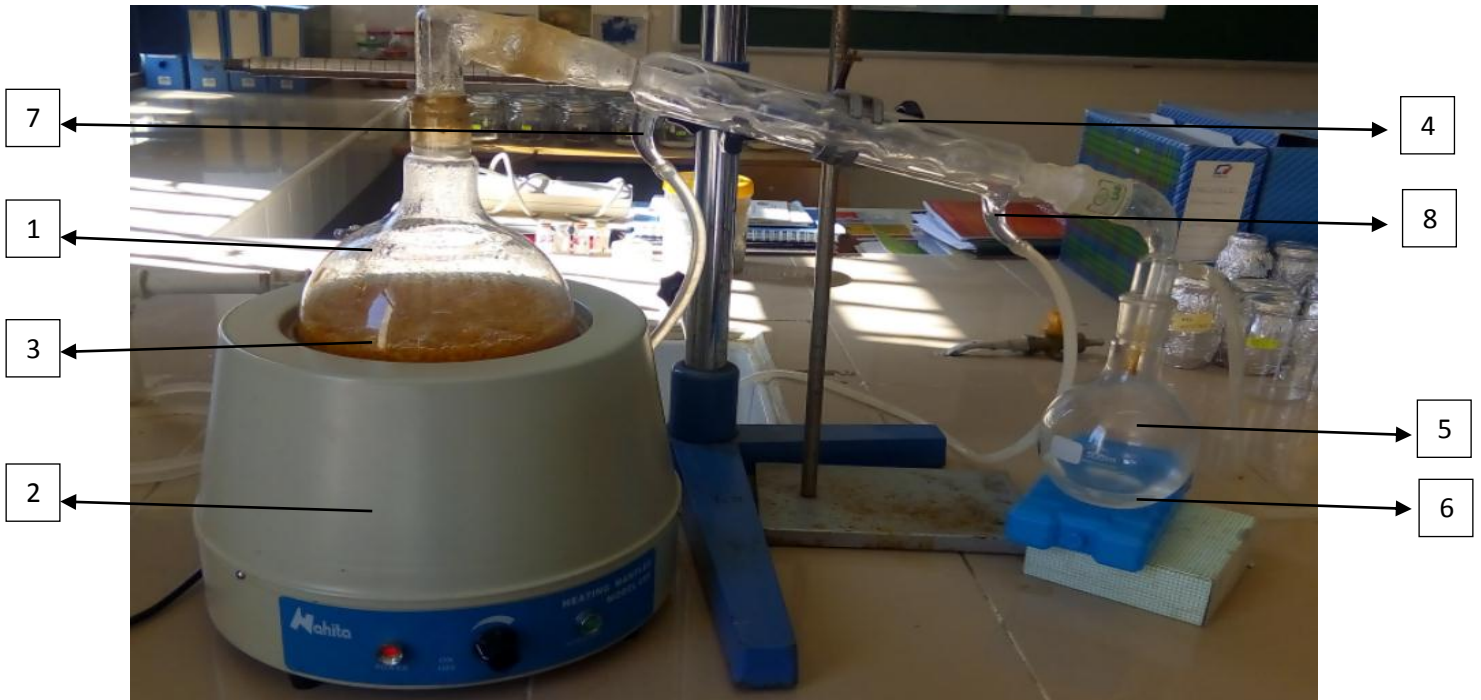
## 2. Méthodes

### 2.1.Extraction des huiles essentielles

Les huiles essentielles ont été extraites par la méthode d'hydro-distillation (figure 9). Cette technique consiste à immerger la matière végétale (zeste sec) dans de l'eau distillée 200 à 250g d'écorce sont introduit dans le ballon après addition de l'eau distillée (1 à 1,5L), l'ensemble est porté à l'ébullition pendant 3 heures.

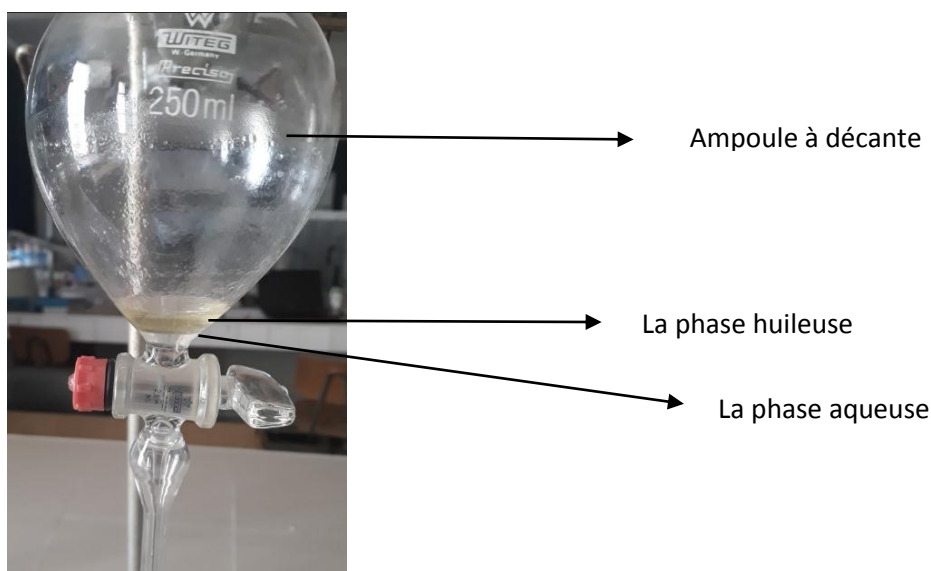
Les vapeurs chargées de substances volatiles traversent le réfrigérant se condensent, puis elles sont récupérées dans une ampoule à décanter, l'eau et l'HE se séparent par une différence de densité (figure 11).

Les huiles essentielles extraites sont conservées à 4°C dans des flacons fermés hermétiquement avec de l'aluminium pour les préserver de l'air, de la lumière et des variations de température qui sont des principaux agents de dégradation.



**Figure 11** : Dispositif d'hydro-distillation (laboratoire d'entomologie département de biologie)

- |                                       |                 |
|---------------------------------------|-----------------|
| 1) Ballon                             | 5) ballon       |
| 2) Chauffe ballon                     | 6) Extrait      |
| 3) Matière végétale + l'eau distillée | 7) Entrée d'eau |
| 4) Réfrigérant                        | 8) Sortie d'eau |



**Figure12** : Dispositif de décantation.

### 2.2 Analyse de la composition chimique des huiles essentielles par CPG :

Les échantillons d'huiles essentielles ont été analysés par chromatographie en phase gazeuse (CPG). Cette technique est très utilisée dans l'analyse quantitative et qualitative d'HE. Nous avons réalisé cette analyse à l'INA EL Harache à Alger.

Les analyses chromatographiques ont été effectuées sur un chromatographe en phase gazeuse à régulation électronique de pression de type Chrompack CP 9002, équipé d'une colonne capillaire en silice fondue de type DB-5 de 30 m de longueur, 0,25 mm de diamètre et 0,25 mm d'épaisseur de film, d'un détecteur à ionisation de flamme réglé à 280°C et alimenté par un mélange de gaz H<sub>2</sub>/air et d'un injecteur split splitless réglé à 250°C. Le gaz vecteur est l'azote à 1 ml/min. Le mode d'injection est split (rapport de fuite de 1/50, débit de fuite 66 ml/min). La température de la colonne est programmée de 50°C (3mn) à 250°C à raison de 2°C/min, puis est maintenue à 250°C pendant 10 min.

#### ○ Préparation du jus d'orange

Nous avons pressé entièrement l'orange et récupéré l'intégralité du jus et de la pulpe dans une éprouvette de 250ml pour en mesurer le volume. Filtrer le jus sur une passoire.

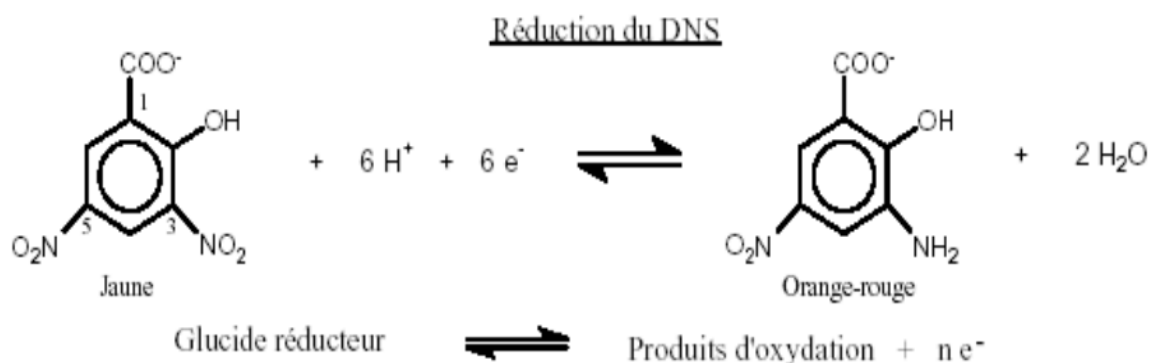
Enfin nous avons mis 1 ml de jus dans un tube à essai puis nous avons ajouté 2 ml de réactif DNS. Ce mélange est chauffé au bain marie pendant 5 min, puis refroidi par

écoulement pendant 15 min à température ambiante. La lecture a été faite à 530 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

Afin de déterminer la quantité de sucres réducteurs présente dans les échantillons inconnus, il faut réaliser une courbe d'étalonnage avec une solution de glucose à 1g/l.

### 3. Dosage des sucres réducteurs

En milieu alcalin et à chaud, l'acide 3,5 dinitrosalicylique est réduit en acide 3-amino-5-nitrosalicylique en présence de sucres réducteurs (figure 13)



**Figure 13** : principe du dosage des sucres réducteurs par la méthode 3,5 DNS (Bailey et al, 1992).

### 4. Dosages des sucres totaux

L'appréciation de la quantité en oses présents dans les polysaccharides repose sur le dosage des sucres totaux par la méthode de phénol/ acide sulfurique. Le dosage des monosaccharides constitutifs des polysaccharides nécessite la rupture de toutes les liaisons glycosidiques par hydrolyse acide.

Les oses sont dosés selon Dubois et al, (1956) : 1ml de la solution à doser (jus) sont mis dans un tube à essai avec un 1ml de phénol (à 5% dans l'eau), 5ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> sont ajouté rapidement et le mélange est agité immédiatement. Les tubes sont ensuite placés au bain marie à 25-30 C° pendant 20 minutes puis refroidis sous eau.



- **Dosage de la vitamine C contenue dans des échantillons variés de jus**

Prendre 5ml de jus dans un bêcher, filtrer ou centrifuger en cas de présence de matières solide. Laisser 10min à température ambiante et exposer à la lumière.

### **6. Analyse statistique**

Pour le traitement des résultats nous avons utilisé une analyse de la variance ANOVA en prend compte une variabilité de sol (texture) a été effectué avec un logiciel SpSS23

$\alpha > 0.05$  non significative.

$\alpha \leq 0.05$  significative

$\alpha \leq 0.025$  hautement significative

$\alpha \leq 0.01$  très hautement significative



*Résultats et discussions*

### Résultats et discussion

Dans notre travail, nous avons choisi une variable qualitative dite explicative ayant une influence sur d'autres variables quantitatives.

La variable qualitative est en l'occurrence la texture du sol (légère ou lourde) qui intervient comme facteur de variation sur les différentes variables correspondant aux caractéristiques pomologiques et biochimiques ainsi que la composition des huiles essentielles des oranges provenant des différentes parcelles de notre zone d'étude.

#### 1. Caractéristiques pomologiques de l'oranger

Selon la norme **CEE-ONU FFV-14 (2017)**, les agrumes doivent être suffisamment développés et d'une maturité suffisante. Compte tenu des critères de la variété, de la période de cueillette et de la zone de production.

La maturité des agrumes est définie par les paramètres suivant :

- Teneur minimale en jus
- Teneur totale minimale en éléments solides solubles (teneur minimale en sucre)
- Coloration
- Poids et calibre

Le tableau suivant représente les différentes moyennes du poids de nos fruits issu d'une texture lourde et d'une texture légère.

**Tableau 04** : La moyenne de poids des oranges de chaque parcelle.

	Parcelle	Moyenne de poids des oranges (g)
<b>Texture lourde</b>	<b>Berkouk</b>	209
	<b>Rezki amer</b>	209
	<b>SellahMoh</b>	337
	<b>Boudellal</b>	267
	<b>Carré (04)</b>	237
<b>Texture légère</b>	<b>Oumllil</b>	298
	<b>Izouine</b>	217
	<b>Carré (01)</b>	252
	<b>Carré (02)</b>	280
	<b>Carré (03)</b>	266

Les résultats obtenus ont montré que la texture lourde (station Sellah Mohmed) a une grande moyenne d'une valeur de l'ordre de 337g, et pour la texture légère (la station d'Omlil) il est de l'ordre de 298g.

Concernant la texture lourde nous avons constaté la petite moyenne dans les stations Berkouk et Rezki Amer qui est d'une valeur 209g, et pour la texture légère la petite moyenne décelé dans la station Izouine qui est d'une moyenne 217g. Par contre les autres stations varies entre 237g jusqu'à 280g pour les deux texture.

### 1.1. Calibrage

Le calibre est déterminé par le diamètre maximal de la section équatoriale du fruit ou par le nombre. Le calibre minimal de l'orange est (53mm). (Tableau 5)

**Tableau 05** : classement des parcelles selon le code calibre d'orange.

Parcelles	% des oranges	Code calibre	Diamètre (mm)
		0	92-110
SM	68.75	1	87-100
Boud	38.46	2	84-96
SM/OUM/CA(3)/CA(2)/CA(4)	31.25/17.65/45.83 /57.14/18.18	3	81-92
OUM/CA(1)	82.35/74.51	4	77-88
CA(1)/Boud/CA(3)/BR/CA(2)/Iz	25.49/61.54/54.17/82.69/42.86	5	73-84
	/83.67		70-80
RA/CA(4)	86.05/81.82	6	67-76
RA/BR/Iz	13.96/17.31/16.33	7	64-73
		8	62-70
		9	60-68
		10	58-66
		11	56-63
		12	53-60
		13	

Nous remarquons que nos résultats sont en accord avec la norme **CEE-ONU FFV-(2017)**, vu que le calibre de nos oranges varie entre [64-101] (mm).

D'après Les pourcentages représentés dans le tableau (6) : nous constatons que la parcelle SM est de qualité supérieure (appartient au code calibre N°1) par contre la parcelle RA et CA (04) sont de qualité inférieure (appartient au code calibre N°6), et pour les autres parcelles sont en moyenne varie entre le code calibre de (3à5).

### 1.2. Analyse statistique :

#### a. Corrélations

D'après les résultats obtenus nous remarquons qu'il n'existe pas de relation entre la texture et le poids du zeste sec avec le reste des caractéristiques pomologiques de l'orange douce étant donné que les valeurs du coefficient de corrélation ne sont pas significatives ( $r < 0,05$ ). Par ailleurs, il existe une forte corrélation entre 4 caractéristiques pomologiques le pave, le pape, le diamètre longueur et le diamètre largeur avec des valeurs du coefficient de corrélation allant de 0,902 à 0,998.

Enfin, il existe une corrélation assez forte entre le diamètre longueur et le poids du zeste frais avec un coefficient de corrélation égal à 0,637. (Tableau 6).

**Tableau 06** : Analyse des caractéristiques pomologiques d'orange (corrélation).

		TEXTURE	PAVE	DLONG	DLARG	PAPE	ZF	ZS
TEXTURE	Corrélation de Pearson	1	,137	-,049	,022	,187	-,359	,124
PAVE		,137	1	,910**	,979**	,998**	,436	,341
DLONG		-,049	,910**	1	,948**	,902**	,637*	,213
DLARG		,022	,979**	,948**	1	,968**	,564	,236
PAPE		,187	,998**	,902**	,968**	1	,392	,366
ZF		-,359	,436	,637*	,564	,392	1	-,429
ZS		,124	,341	,213	,236	,366	-,429	1
** . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).								
* . La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).								

### b. Test d'homogénéité

D'après les résultats obtenus nous avons constaté qu'il existe une différence significative entre les variances dans la population pour le diamètre longueur avec une valeur du test de signification inférieur à 0,05 ( $p= 0,036$ ).

**Tableau 07** : Analyse des caractéristiques pomologiques d'orange (Levene).

	PAVE	DLONG	DLARG	PAPE	ZF	ZS
<b>Signification</b>	,274	,036	,076	,301	,153	,166

### c. Test ANOVA

Aucune différence significative n'a été constatée entre les caractéristiques pomologiques des 10 parcelles en relation avec la variation de texture puisque le degré de signification est supérieur à 0,05. (Tableau 8).

L'influence de la texture du sol sur les caractéristiques pomologiques n'a pas pu être mise en évidence en raison du nombre d'individus réduit ( $N=10$ ).

Cependant, l'analyse statistique a pu déceler l'importance de la variable quantitative représentée par le diamètre longueur.

En effet, cette variable est dominante dans son groupe parmi les autres caractéristiques pomologiques étudiées.

**Tableau 08** : Analyse des caractéristiques pomologiques d'orange (ANOVA)

	PAVE	DLONG	DLARG	PAPE	ZF	ZS
<b>Signification</b>	,705	,893	,951	,605	,308	,733

### 2. Caractéristiques biochimiques

#### a- Corrélations

Les résultats obtenus indiqueront qu'il existe une très forte relation entre la texture et le taux de sucres totaux avec un coefficient de corrélation négatif  $r = -0,896$  ; la relation de linéarité entre les deux variables doit être déterminée par des tests indépendants et des effectifs plus importants.

D'un point de vue biochimique, cela se traduit par une variation de la concentration des jus d'oranges en sucres totaux en passant d'une texture légère à une texture lourde du sol et inversement.

En effet, le taux de sucres totaux varie de 0,06 à 0,07 mg/l dans les parcelles sur sols à texture légère alors que la variation est de 0,06 à 0,1 mg/l dans les sols à texture lourde.

**Tableau 09:** Analyse biochimique d'orange (corrélation).

		Texture	Sucre réducteurs	Sucre totaux
Texture	Corrélation	1	-,557	-,896**
Sucre réducteur		-,557	1	,547
Sucre totaux		-,896**	,547	1

\*\* . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

#### b- Test d'homogénéité

Selon les résultats, il n'existe pas de différence significative entre les variances dans la population pour les caractéristiques biochimiques car les valeurs du test de Levene sont supérieures à 0,05. (Tableau 10).

**Tableau 10:** Analyse de la variance de la composition biochimique d'orange (Levene).

	Sucre réducteurs	Sucre totaux	Vit C
Signification	,252	,074	,435

### c- Test ANOVA

Selon les résultats, il existe une différence très significative concernant le taux de sucres totaux des 10 parcelles en relation avec la variation de texture du sol puisque le degré de signification est inférieur à 0,05. (Tableau 11).

L'influence de la texture du sol sur le taux de sucres totaux est visiblement présente dans notre cas.

De plus, cette influence se traduit par une richesse des jus d'oranges en sucres totaux plus prononcée en texture lourde qu'en texture légère avec un rapport allant du simple au double.

**Tableau 11** : Analyse de la variance de la composition biochimique d'orange (ANOVA)

	Sucre réducteurs	Sucre totaux	Vit C
Signification	,094	,000	,836

Cependant, bien que le test d'homogénéité n'a pas été significatif, il est intéressant de voir que la valeur de Levene  $p=0,074$  est proche de 0,05 pour les sucres totaux ce qui montre son importance par rapport aux autres variables biochimiques étudiées.

### 3. Composition des huiles essentielles :

Les huiles essentielles récupérées par hydro-distillation ont été analysées par CPG ; Les conditions ont été détaillées dans la partie expérimentale. Le tableau 13 et 14 regroupe la composition qualitative et quantitative des HE de l'oranger « Thomson navel ». Nous remarquons d'après ce dernier la présence du même nombre de constituants (24 composés) dans les HE issus des deux terres (lourd et légère).

**Tableau 12:** Composition chimique (%) des HE de *C.sinensis* issus de texture légère

Nom des composés	Izouine	Carré 02	Carré 03	Oumlil	Kaflaaka b
<i>α</i> -thujene	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
<i>α</i> -pinène	0.33%	0.41%	0.44%	0.42%	0.33 %
sabinene	0.41%	0.46%	0.41%	0.41%	0.04 %
<i>Myrcene</i>	1.61%	1.62%	1.69%	1.57%	1.50 %
<i>α</i> -phellandrene	0.90%	0.67%	0.58%	0.42%	1.19 %
<i>carène</i>	0.25%	0.20%	0.19%	0.26%	0.18 %
<i>α</i> -terpinene	0.06%	0.08%	<b>0.09%</b>	<b>0.07%</b>	0.08 %
<i>limonène</i>	<b>90.81%</b>	<b>89.98%</b>	<b>92.04%</b>	<b>89.19%</b>	<b>84.90 %</b>
<i>γ</i> -terpinene	0.09%	0.16%	0.10%	0.13%	0.15 %
octanol	0.16%	0.10%	0.09%	0.08%	0.42 %
terpinolene	0.08%	0.07%	0.06%	0.08%	0.07 %
<i>linalol</i>	<b>1.88%</b>	<b>1.94%</b>	<b>0.99%</b>	<b>1.32%</b>	<b>3.46 %</b>
<i>Nonanal</i>	Tr	Tr	0.02%	0.03%	0.05 %
<i>Terpen.4-ol</i>	0.07%	Tr	0.01%	0.04%	0.02 %
citronellal	0.25%	0.21%	0.21%	0.33%	0.41 %
<i>Alpha-Tepèneol</i>	<b>0.43%</b>	0.26%	<b>0.22%</b>	<b>0.08%</b>	0.70 %
<i>Citral</i>	0.31%	0.41%	0.31%	0.43%	0.54 %
nerol	0.36%	0.37%	0.23%	0.26%	0.58 %
<i>Neral</i>	0.17%	0.29%	0.15%	0.24%	0.46 %
géraniol	0.64%	0.71%	0.47%	0.57%	1.13 %
citronellylacetate	0.06%	0.41%	0.02%	0.10%	0.22 %
geranylacetate	0.09%	Tr	0.08%	0.15%	0.15 %
<i>β</i> -caryophyllene	Tr	Tr	0.07%	0.16%	0.45 %
<i>α</i> -humulene	Tr	Tr	0.01%	0.08%	0.04 %

Tableau 13 : Composition chimique (%) des HE de *C.sinensis* issus d'une texture lourde

	Sellah Mohamed	Berkouk Rachid	Carré 04	Rezki Amer	Boudellal
<b><i>α</i>-thujene</b>	Tr	Tr	Tr	Tr	Tr
<b><i>α</i>-pinène</b>	0.46%	0.34%	0.34%	0.42%	0.41%
<b>sabinene</b>	0.40%	0.39%	0.37%	0.44%	0.52%
<b>Myrcène</b>	1.68%	1.56%	1.55%	1.48%	1.66%
<b>. <i>α</i>-phellandrene</b>	0.48%	0.86%	0.28%	0.94%	1.30%
<b><i>carène</i></b>	0.24%	0.16%	0.14%	0.20%	0.23%
<b><i>α</i>-terpinene</b>	0.68%	0.57%	0,72	0.78%	0.56%
<b><i>limonène</i></b>	91.29%	90.64%	91.21%	83.77%	88.92%
<b><i>γ</i>-terpinene</b>	0.13%	0.09%	0.05%	0.21%	0.11%
<b>octanol</b>	0.09%	0.16%	0.27%	0.22%	0.25%
<b>terpinolene</b>	0.07%	0.05%	0.06%	0.08%	0.07%
<b><i>linalol</i></b>	1.28%	1.35%	2.26%	4.34%	1.84%
<b><i>Nonanal</i></b>	Tr	Tr	Tr	0.03%	Tr
<b><i>Terpen.4-ol</i></b>	Tr	0.01%	Tr	0.01%	Tr
<b>citronellal</b>	0,20%	0.21%	0.19%	0.40%	0.27%
<b><i>Alpha-Tepèneol</i></b>	Tr	0.35%	0.27%	0.68%	0.37%
<b><i>Citral</i></b>	0.18%	0.26%	0.39%	0.62%	0.39%
<b>nerol</b>	0.30%	0.33%	0.10%	0.51%	0.22%
<b><i>Neral</i></b>	0.16%	0.23%	0.18%	0.58%	0.22%
<b>géraniol</b>	0.22%	0.61%	0.22%	1.04%	0.62%
<b>citronellylacetate</b>	0.33%	0.16%	Tr	0.09%	0.06%
<b>geranylacetate</b>	0.41%	0.03%	0.09%	0.11%	0.04%
<b><i>β</i>-caryophyllene</b>	Tr	0.11%	0.12%	0.37%	0.20%
<b><i>α</i>-humulene</b>	Tr	0.03%	Tr	0.02%	0.03%

L'exemplaire du profil chromatographiques des HEs issus de deux textures sont représentés ci-dessous (figure 16 et 17)

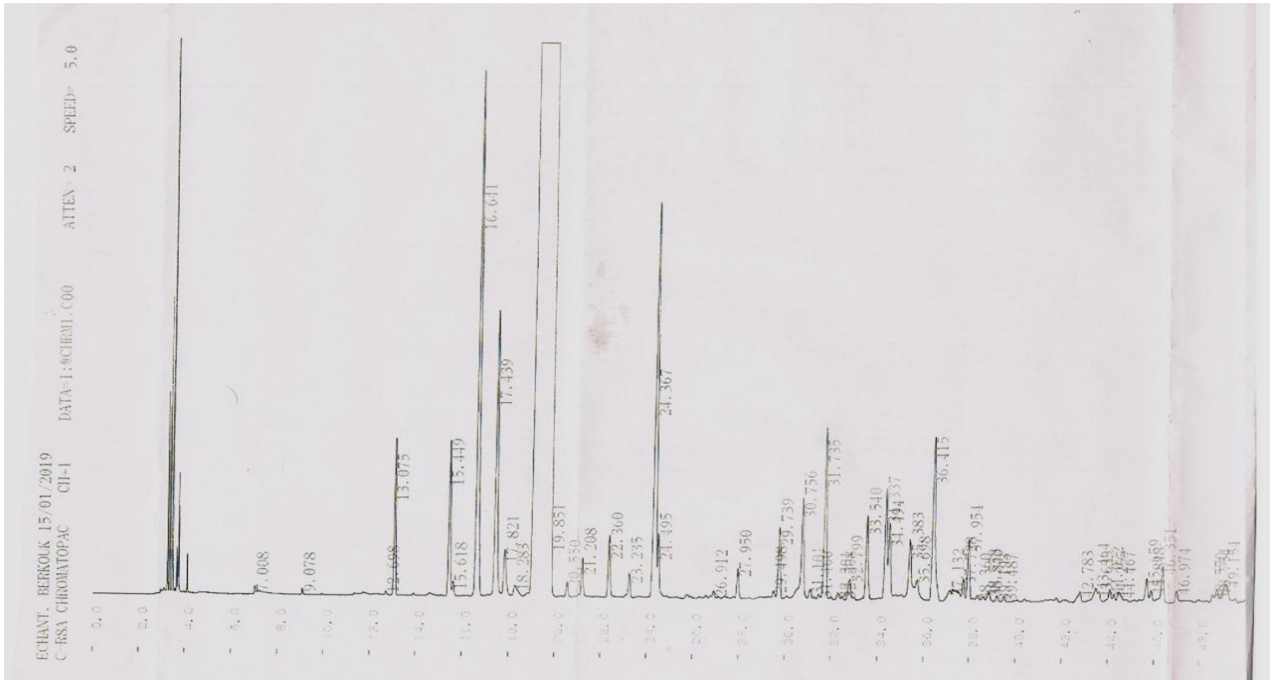


Figure 15 : Profil chromatographique de l'HE de la station (Texture lourde).

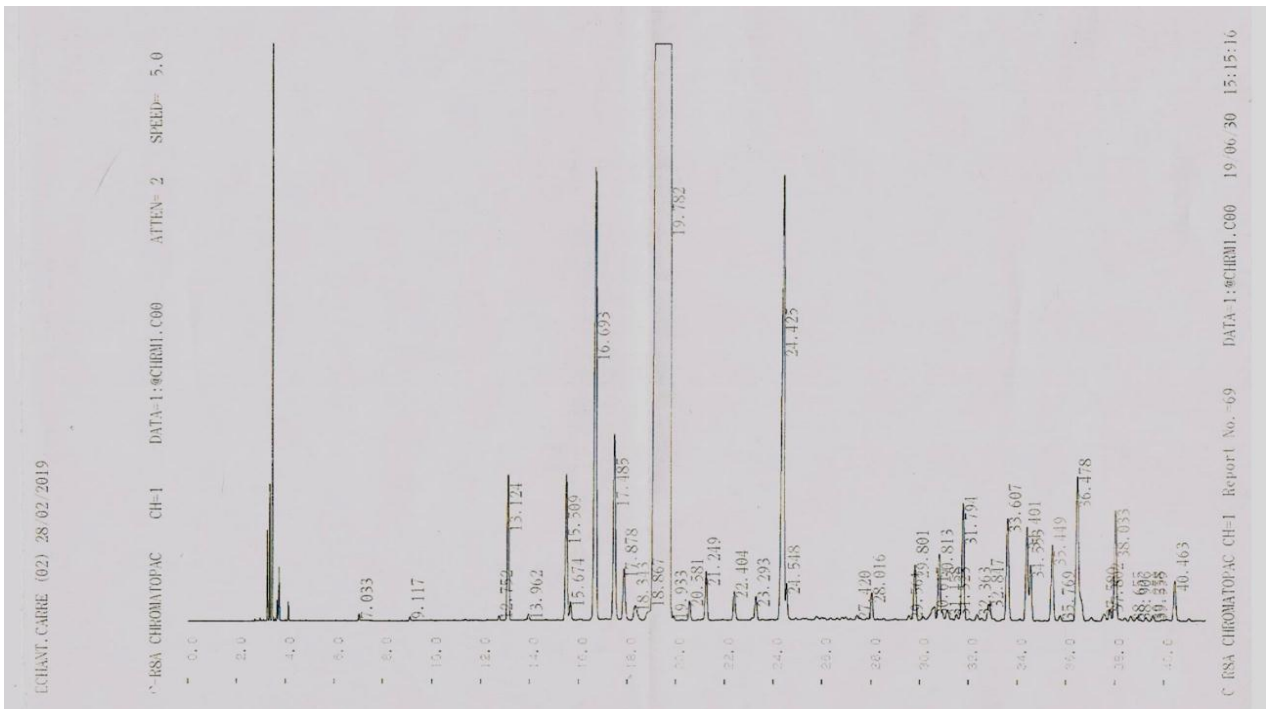


Figure 16 : Profil chromatographique de l'HE de la station (Texture légère).

Nous constatons que pour l'ensemble des 10 parcelles, la composition chimique des HE des deux terres est principalement constituée de composés hydrocarbonés, le Limonène, Linalol et le Myrcène étant les plus abondants dont le Limonène est le composant majoritaire avec des teneurs variant respectivement de 83% à 90% tandis que le Linalol et le Myrcène se présentent en quantité souvent appréciable respectivement (0,99% - 3,46%) (1,50 % - 1,69%) pour l'HE de terre légère et (1,28% - 4,34%) (1,55% - 1,68%) pour l'HE de terre lourde. Le  $\alpha$ -terpinène est plus important dans l'HE de la terre lourde à des taux (0,57% - 0,78%) tandis que ce composé est de l'ordre (0,06% - 0,09%) dans la terre légère. (Tableau 13).

On constate également la présence des aldéhydes (Néral et Géraniol) à raison respectivement (0,15% - 0,46%) (0,47% - 1,13%) pour la terre légère et (0,16% - 0,58%) (0,22% - 0,62%) pour la terre lourde. Selon Hellal (2011) et Gancel *et al.* (2005), ces deux composés sont absents chez *C.sinensis*, par contre Bousbia(2011) a constaté leur présence avec des teneurs ne dépassant pas 0.14%. On remarque également l'absence de p-cymène dans les deux huiles. Quinetero *et al.* (2003) ont considéré que le procédé d'extraction était adéquat uniquement lorsque l'HE obtenue ne contient pas de p-cymène, considéré comme un bon indicateur de l'oxydation des monoterpènes dans les HEs des agrumes.

En étudiant la composition chimique des HEs de *Citrus*, Nogata *et al.* (2006) ont conclu qu'en plus des monoterpènes, ces HEs renferment des acides gras en quantité assez faible (0.8%) ; l'acide linoléique est l'acide gras principal de *C.sinensis*. En général on n'a pas noté une différence importante dans la composition des deux HEs.

Selon Senatore *et al.* (2000) les variations rencontrées dans la composition chimique des HEs du point de vue qualitative et quantitative, peuvent dépendre d'un ou de la combinaison de plusieurs facteurs : le patrimoine génétique, l'âge, l'environnement de la plante et la présence de chémotype. Minh *et al.* (2002) ont signalé que le stade de maturité du fruit a un impact important sur la composition chimique de l'HE. Ainsi les terpènes sont exclusivement présents dans l'HE du fruit non mur ; les concentrations en aldéhydes, les terpènes oxygénés et sesquiterpènes aliphatiques augmentent au fur et à mesure que le fruit mûrit.

Ces résultats sont relativement différents de ceux obtenus par Hellal (2011) qui a montré que la composition chimique de l'huile de *C. sinensis* était constituée principalement

de limonène (77.37%) et de  $\beta$ -pinène (3.45%). Moufida et Marzouk (2003) ont confirmé que l'HE de *C. sinensis* était composé majoritairement de limonène avec des teneurs qui varient de 68% à 98%. Cependant, dans cette même étude le linalol n'est représenté qu'à des taux faibles (0.2%), ainsi que le néral et le géraniol sont représentés avec des concentrations qui varient de 0.1% à 0.7%

### a- Corrélations

D'après les résultats obtenus nous constatons :

L'absence de corrélation entre la texture et le  $\alpha$ -thujène et le reste des composés des huiles essentielles et qu'il existe 42 Corrélations positives significatives avec un coefficient de corrélation maximal égal à 0,883 entre le citronellal et le citral et 19 Corrélations négatives significatives avec un coefficient de corrélation maximal égal à  $-0,960$  entre le  $\alpha$ -terpinène et le néral. (Annex)

La corrélation positive implique une relation entre les deux variables évoluant dans le même sens alors qu'une corrélation négative exprime une évolution dans deux sens opposés.

Cependant, l'existence d'une corrélation positive ou négative ne se traduit pas forcément par une relation linéaire ou de causalité.

Enfin que le  $\alpha$ -terpinène compte à lui seul 12 corrélations

### b- Test ANOVA

Les résultats du test de l'analyse de la variance ne sont pas significatifs. (Annexe).

La texture du sol n'est pas un facteur de variation avéré pour les composés des huiles essentielles.







*Conclusion*

Nous rappelons que L'objectif de notre travail consiste à étudier l'effet de la texture sur les caractéristiques pomologiques, biochimiques et la composition des HE du fruit d'orange *Citrus sinensis* (variété Thomson Navel).

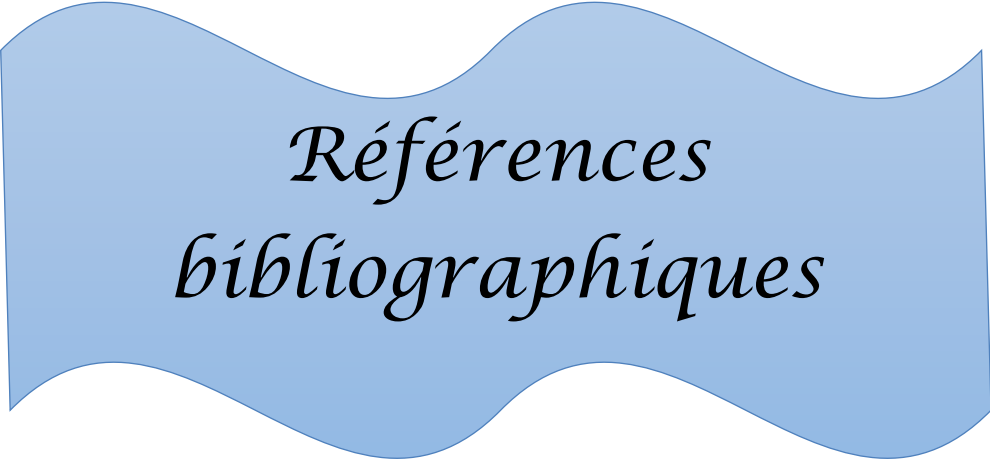
Au cours de cette étude nous avons pu dégager les conclusions suivantes :

Les résultats pomologiques de nos fruits, ont montré que la station Sellah Mohamed (texture lourde) et la station d'Oumlil (texture légère) ont un poids supérieur avec des valeurs à raison respectivement 337g et 298g.

Selon le calibre équatorial du fruit la parcelle de Sellah Mohamed est de bonne qualité avec un diamètre > 100 (mm).

Les résultats d'analyse statistique, nous constatons qu'il y a une différence significative des deux textures (lourde et légère) sur les caractéristiques biochimiques du jus de fruit (sucre totaux).

L'analyse des huiles essentielles traitées par Chromatographie en phase gazeuse (CPG) extraites par hydro-distillation a révélé que l'HE des deux terres est de chémotype limonène (90%) et la texture du sol n'est pas un facteur de variation avéré pour les composés des HEs.



*Références  
bibliographiques*

### « A »

- Agusti M ; Zaragoza S et al, (1995) -Echelle BBCH des stades phénologiques des agrumes.

### « B »

- Bâches B (2007). Cité par Ghazzaz. R et Toumi.H –étude de comportement de variété Washington navel, 22 p ‘Thèse’ 2007-2008
- Bailey M.J., Biely P. et Pontanem K. (1992). Interlaboratory Testing of methods for assay of xylanase activity. *Journal of biotechnology* ; 23, pp : 257-270.
- Bakkali F., Averbeck S., Averbeck D., & Idaomar M. (2008). Biological effects of essential oils. *Food and Chemical Toxicology*, 46, 446-475.
- Baser K.H.C. and Buchbauer G., 2010. Handbook of essential oils: Science, Technology, and Applications. Ed. *Taylor and Francis Group, LLC*. United States of America. 994
- Bekhechi C., Abdelouahid D. (2010). Les huiles essentielles office des publications universitaires. P 14, 31 et 32.
- Belaiche P. (1979). Traité de phytothérapie et d’aromathérapie. Ed. Maloin SA., Tome 1, 9-128.
- Bernadet M. (1983). Phyto-aromathérapie pratique, usage thérapeutique des plantes médicinales et huiles essentielles, Ed. Dangles, France. 384p.
- Besombes C (2008). Contribution à l’étude des phénomènes d’extraction hydrothermomécanique d’herbes aromatiques. Applications généralisée. Thèse de doctorat de l’université de la Rochelle France.
- Blanc MC, Muselli A, Bradesi P, Casanova J (2004) Chemical composition and variability of the essential oil of *Inula graveolens* from Corsica. *Flavour Fragr. J.* 19 : 314-319, 2004.
- Bouchonnet S. et Libong D. (2002). Le couplage chromatographique en phase gazeuse- spectrométrie de masse. Département de chimie, laboratoire des mécanismes réactionnels. Ecole polytechnique, PALAISEAU Cedex.
- Bousbia N. (2011). Extraction des huiles essentielles riches en anti-oxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires. Thèse de Doctorat. Option : chimie. L’Université d’Avignon et des Pays de Vaucluse & Ecole Nationale Supérieure Agronomique.

- Bruneton J. (1993). Pharmacognosie, phytochimie. Plantes médicinales. Ed. Technique et documentation, 3<sup>ème</sup> Edition Lavoisier, Paris. P 4, 88.
- Bruneton J. (1999). Pharmacognosie, phytochimie. Plantes médicinales. Ed. Technique et documentation, 3<sup>ème</sup> Edition Lavoisier, Paris.1120.
- Brut S.A. (2004). Essential oils : their antibacterial properties and potential applications in foods. *International Journal of Food Microbiology*, 94 (3) 22-25.

### « C »

- Choi, H-S., Song, H.S., Ukeda, H. et Sawamura, M. (2000). Radical-scavenging activities of citrus essential oils and their components: detection using 1, 1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl. *J. Agric. Food Chem*, 48 : 4156-416.
- Chutia, M., DekaBhuyan, P., Pathak, M.G., Sarma, T.C. et Boruah, P. (2009). Antifungal activity and chemical composition of *Citrus reticulata* Blanco essential oil against phytopathogens from North East India. *LWT - Food Sci. Technol*, 42 : 777–780.

### « D »

- Dhanavade, M.J., Jalkute, C.B., Ghosh, J.S. et Sonawane, K.D. (2011). Study antimicrobial activity of lemon (*Citrus lemon* L.) peel extract. *Br. J. Pharmacol. Toxicol*, 2(3) : 119-122.

### « E »

- Elisabeth et Julien J, 2014. Cultiver et soigner les fruitiers. Ed. Sang de la terre et Eyolles, Paris, 495p.

### « G »

- Gancel A. L., Ollitrauet P., Froelicher Y., Tomi F., Jacquemond C., Luro F. et Brillouet J.M. (2005). Leaf volatile compounds of six citrus somatic allotetraploid hybrids originating from various combinations of lime, lemon, citron, sweet orange and grapefruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 2224-2230.

### « H »

- Hammer K.A. Carson C.F. (2011). Antibacterial and antifungal activities of essential oils in thormar H. Lipids and Essential oils as antimicrobialagents.Ed. John Wiley & Sons, Ltd, United Kingdom.pp. 255-295.
- Hellal Z. (2011). Contribution à l'étude des propriétés antibactériennes et antioxydants de certaines huiles essentielles extraites de *Citrus*. Application sur la sardine (*Sardina pilchardus*). Mémoire de Magister. Université Mouloud Mammeri. Tizi –Ouzou.
- Hemwimon S. Pavasant P. &shotiprux A. (2007). Microwave- assisted extraction of antioxydative anthraquinones fromroots of *MorindaCitrofolia*. *Separation and purification technology*. 54, 44-50.
- Hendrix C.M. et Redd J.B., 1995 : Chemistry and Technology of Citrus Juices and ByProducts. *In* : Ashurst, P.R., 1995 : Production and Packaging of Non-CarbonatedJuicesand Fruit Beverages. Edition BlackieAcademic& Professional, pp : 53-87.
- Hernandez-ochoa L.R. (2005). Substitution de solvants et matières actives de synthèse par combiné « solvant actif ». D'origine végétale. Thèse de doctorat de l'Institut National polytechniques de Toulouse. France.
- Houaoura (2013) -Production des agrumes : Comment augmenté le rendement ?

### « K »

- Kaloustian J. Hadji- minaglou F. la connaissance des huiles essentielles : qualilogie et aromathérapie entre Science et tradition pour une application médicinale raisonnée, springer- verlag France, Paris, 2012, p. 17, 160, ISBN : 978-281 78-0308.

### « L »

- Lucchesi M.E. (2005). Extraction sans solvant assistée par micro-ondes conception et application à l'extraction des huiles essentielles. Thèse de doctorat en Sciences, discipline chimie. Université de la réunion, Faculté des Sciences et technologies.
- Loeillet (2010) -la production mondiale des agrumes ''les marchés mondiaux''.
- Loussert R. (1985). Les agrumes. Paris, France, J.B. Bailliere.136pp.

### « M »

- Modzelewska A, Sur S. Kumar K. S, Khan S.R, sesquiterpènes : Natural product that decease can sergrouwth. *Current Medicinal chemistry Anti-Cancer Agents*, 2005, 5 : 477-499.

- Moufida S. et Marzouk B. (2003). Biochemical characterization of blood orange, sweet orange, lemon, bergamot and bitter orange. *Phytochemistry*, 62 (8), 1283-1289.

### « N »

- Nogata Y., Sakamoto K., Shiratsuchi H., Ishii T., Yano M. et Ohta H. (2006). Flavonoid composition of fruit tissue of *citrus* species. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 70 (1), 178-192.

### « P »

- Paris M. and Hurabielle M. (1981). Abrégé de matière végétale pharmacognosie. Tome 1. Généralités monographiques. Ed. Masson.
- Paolini J. (2005). Caractérisation des huiles essentielles par CPG/I, CPG/SM- (IE et IC) et RMN du carbone 13 de *Citrus albidus* et de deux *Astéraceae* endémiques de corse : *Eupatorium cannabinum* ssp. *Coriscum* et *doronicum*. Thèse de doctorat en chimie organique et analytique. Université de corse. 292p.
- Piochon M. (2008). Etude des huiles essentielles d'espèces végétales de la flore Laurentienne : composition chimique, activités pharmacologiques et hémi-synthèse. Mémoire, Université du Québec à Chicoutimi, Canada.

### « Q »

- Quintero A., Gonzalez C.N., Sanchez F., Usubillaga A. et Rojas L., 2003: Constituents and biological activity of *Citrus aurantium* L. essential oil. *Acta Horti*, 597, 115 – 117.

### « R »

- Reighard T et al, (2006). The Gap Between Supercritical Fluid Extraction and Liquid Extraction Techniques : Alternative Approaches of the Extraction of Solid and Liquid Environmental Matrices, *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 26,1-39.
- Roux D. (2008). Conseil en aromathérapie. 2ème édition, pro-officina., 187.

### « S »

- Sarrou E., Chatzopoulou P., Dimassi-Theriou K. and Therios I. (2013). Volatile constituents and anti-oxidant activity of peel, flowers and leaflets of *Citrus aurantium* L. Growing in Greece. *Molecules* 18 : 10639-10647.

- Spiegel-Roy P. et Goldschmidt E.E., 1996 : Biology of Citrus. 1<sup>ère</sup> édition ; Edition Cambridge University Press. 239 p.

« T »

- Teuscher E., Anton R., and Lobstein A. (2005). Plantes aromatiques. Epices, aromates, condimentes et huiles essentielles. *Edition TEC & DOC Lavoisier*. P 6, 77.

« V »

- Valnet. (1984) : Aromathérapie. Ed. Maloine. Paris.

« W »

- Webber et Herbert J, 1967. Histoire des agrumes en Europe.



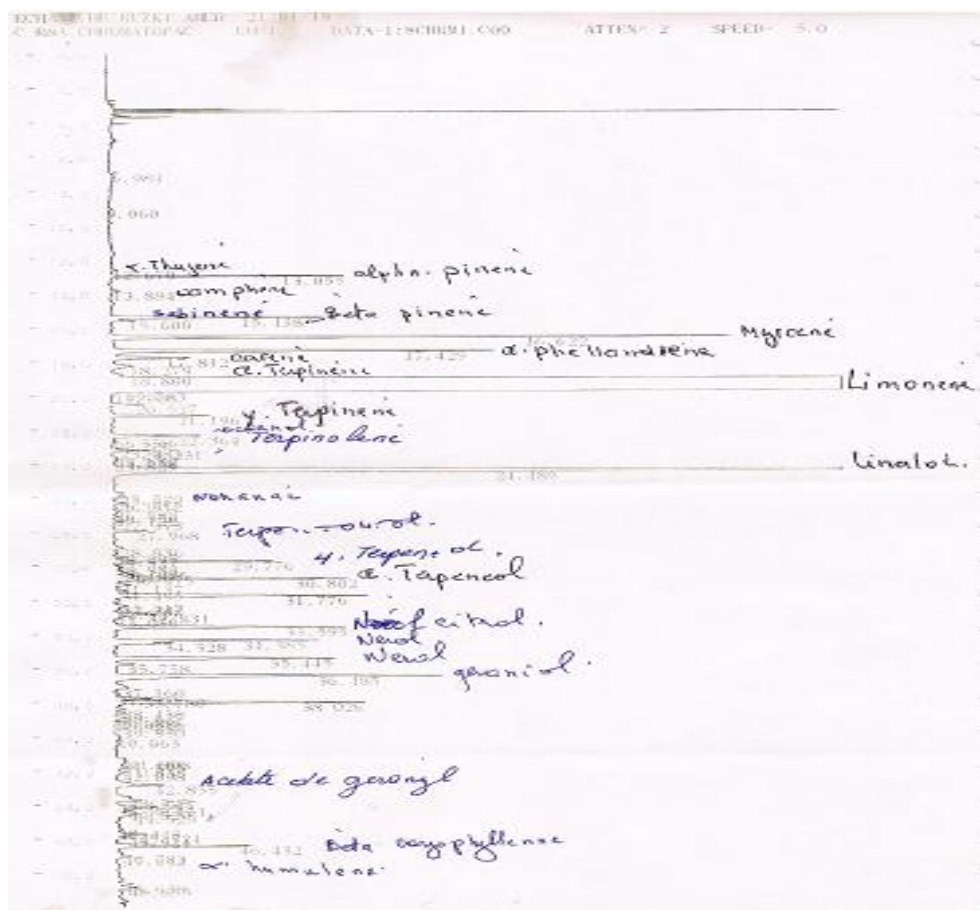
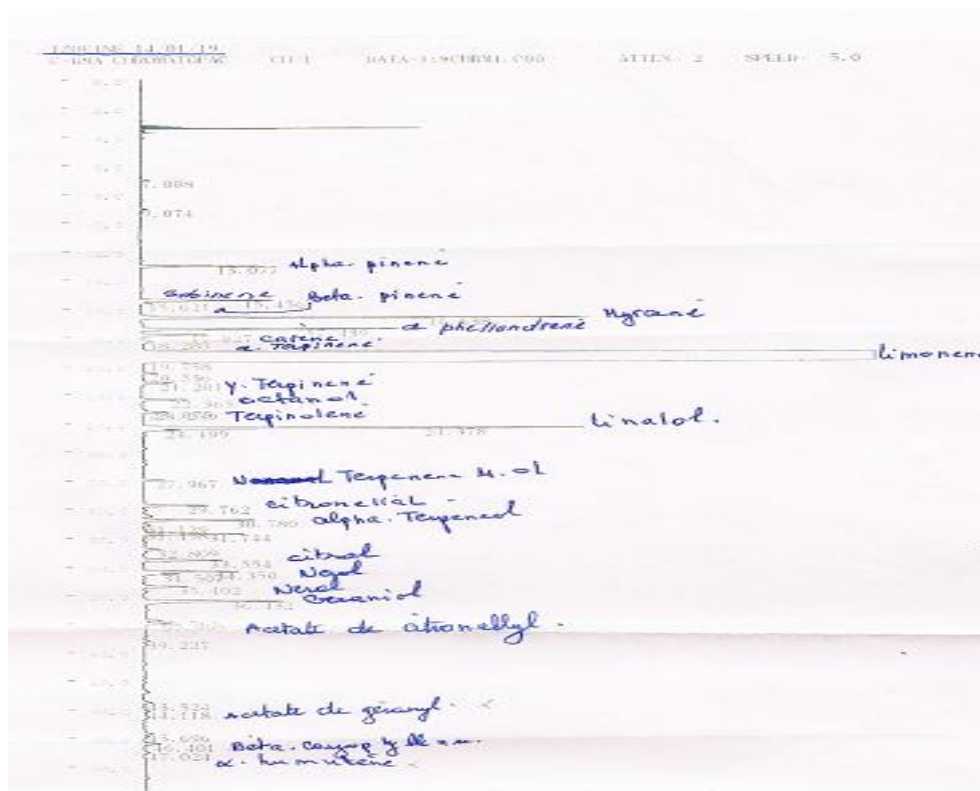
*Annexes*

## Annexe 1

	parcelle	Pave	D long	D larg	Pape	PZ frais	Pz sec
<b>Texture lourde</b>	<b>Berkouk</b>	209	75	75	191	17	5
	<b>Rezki amer</b>	209	72	74	189	19	5
	<b>Sellah Moh</b>	337	86	90	300	25	5
	<b>Boudellal</b>	267	83	82	242	23	6
	<b>Carré (04)</b>	237	76	77	219	13	6
<b>Texture légère</b>	<b>Oumllil</b>	298	81	83	273	16	7
	<b>Izouine</b>	217	74	76	201	16	5
	<b>Carré (01)</b>	252	79	79	232	21	4
	<b>Carré (02)</b>	280	79	81	256	16	6
	<b>Carré (03)</b>	266	77	80	243	15	6

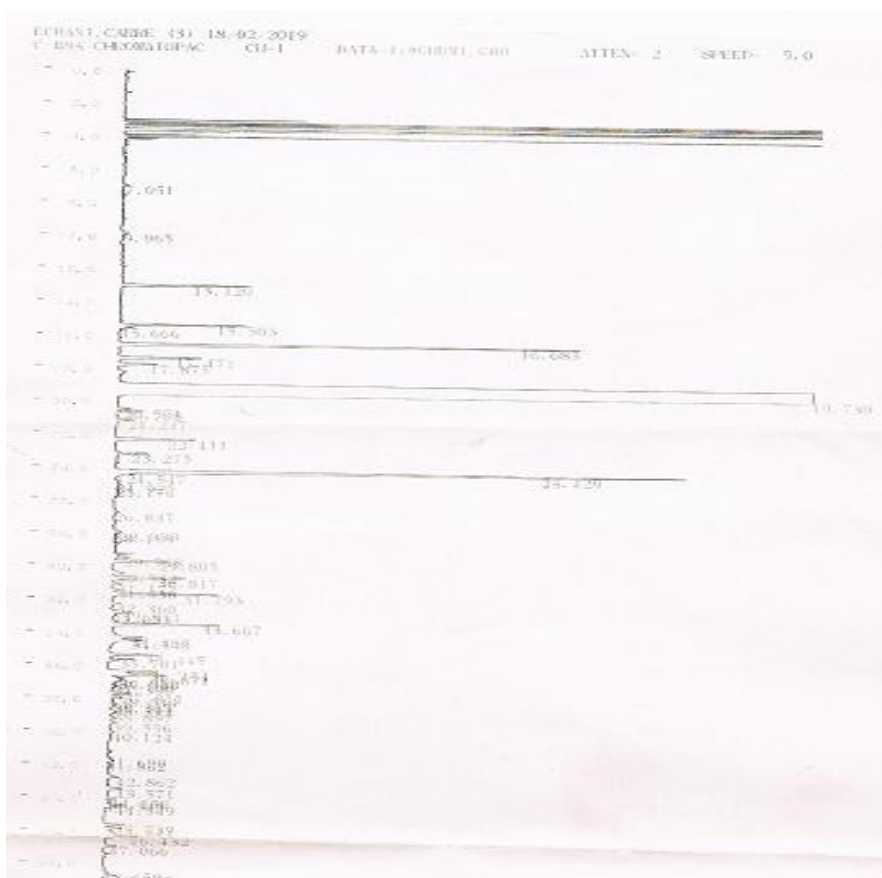
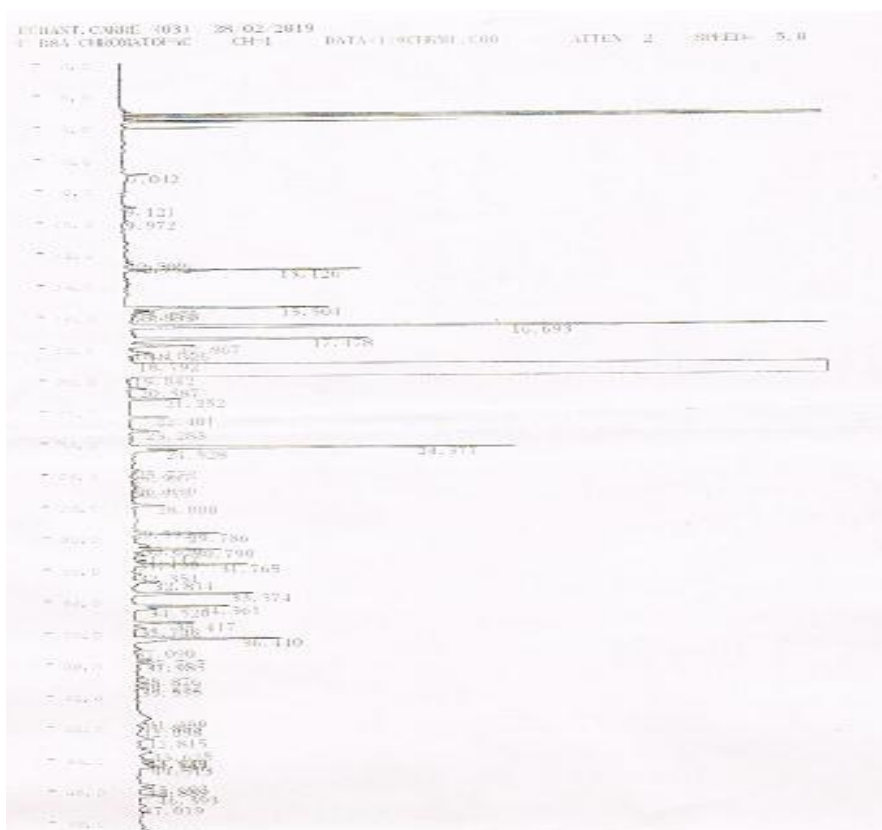
## Annexe 2

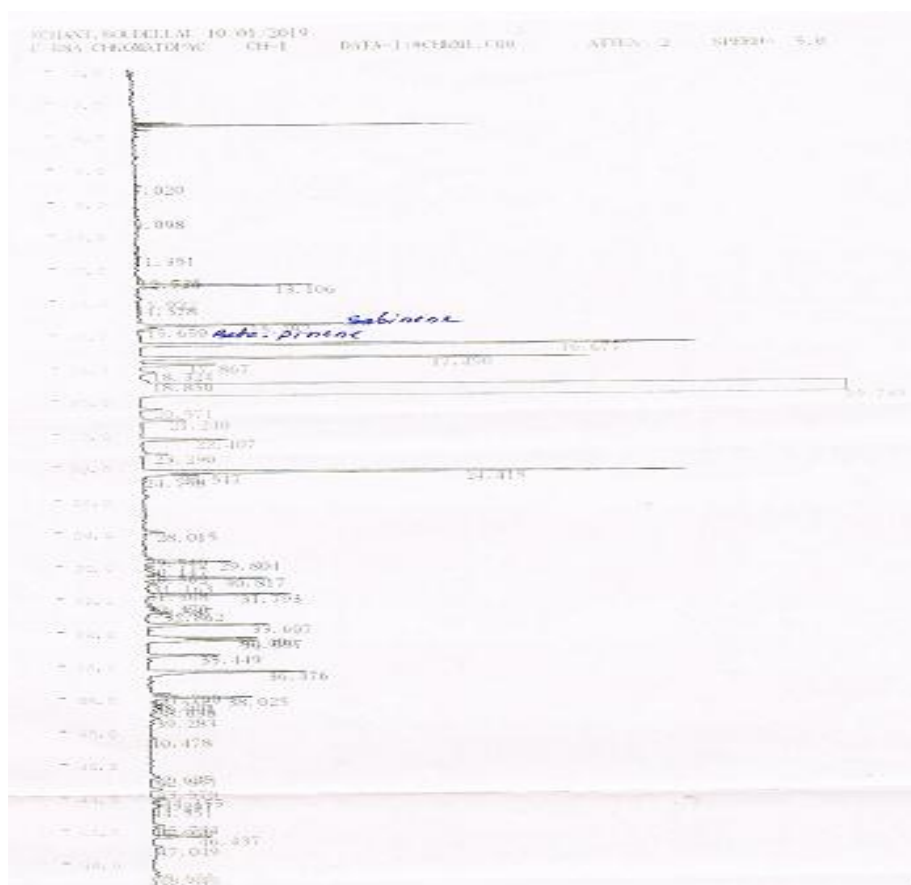
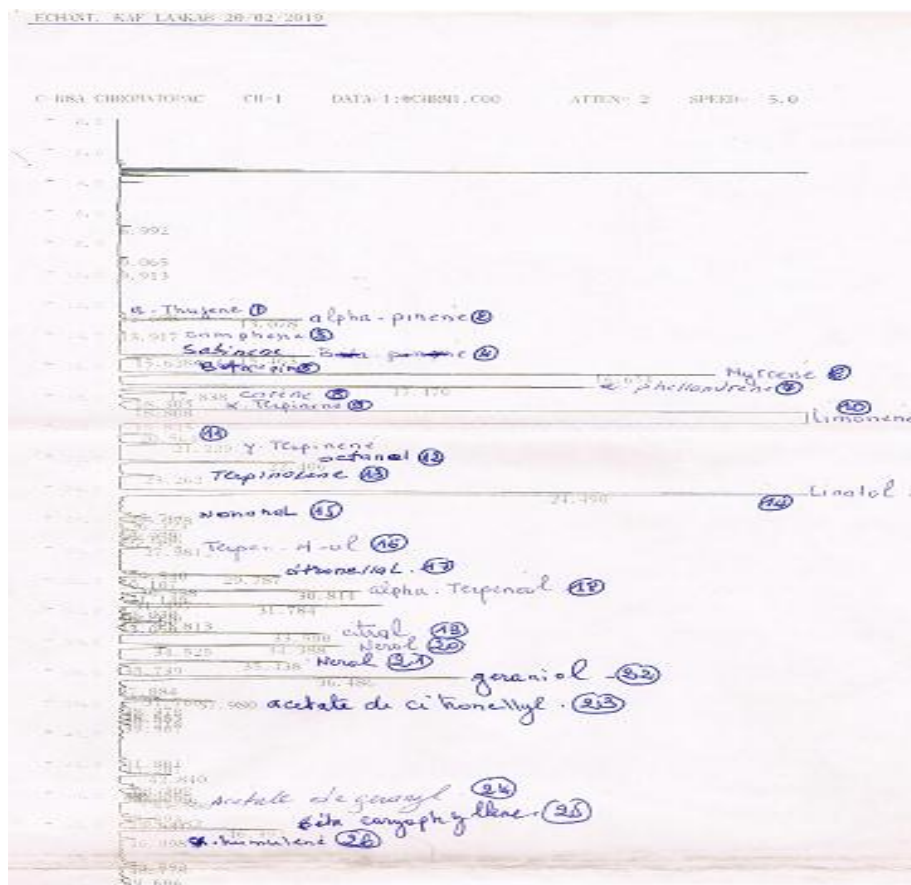
	parcelle	sucres réducteur	sucres totaux	vitamine C
<b>Texture légère</b>	<b>carré(01)</b>	0,01	0,06	1,29
	<b>carré(02)</b>	0,02	0,06	1,94
	<b>carré(03)</b>	0,02	0,06	1,51
	<b>Izouine</b>	0,01	0,06	1,36
	<b>Oumellil</b>	0,02	0,07	1,51
<b>Texture lourde</b>	<b>Rezki amer</b>	0,02	0,08	1,36
	<b>Boudellal</b>	0,02	0,1	2,27
	<b>Sellah mohammed</b>	0,03	0,09	1,53
	<b>Berkouk</b>	0,02	0,1	1,36
	<b>Carré(04)</b>	0,02	0,08	1,29











## Annexe 4

## ANOVA

		Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.
<b>SUC RED</b>	<b>Intergruppes</b>	,000	1	,000	3,600	,094
	<b>Intragruppes</b>	,000	8	,000		
	<b>Total</b>	,000	9			
<b>SUC TOT</b>	<b>Intergruppes</b>	,002	1	,002	32,667	,000
	<b>Intragruppes</b>	,000	8	,000		
	<b>Total</b>	,002	9			
<b>VIT C</b>	<b>Intergruppes</b>	,005	1	,005	,046	,836
	<b>Intragruppes</b>	,928	8	,116		
	<b>Total</b>	,933	9			

## **Résumé**

Dans la présente étude, nous nous sommes intéressées à la valorisation des écorces de l'orange douce « *Citrus sinensis* » (variété Thomson Navel), provenant d'une texture lourde et d'une texture légère de la région de Draa-Ben-Khedda (moyen sebaou).

De ce fait, une étude des caractéristiques pomologiques et biochimiques des oranges, une extraction des huiles essentielles (HEs) par hydro-distillation ont été réalisées. L'analyse chromatographique de ces huiles a permis d'identifier 23 composés issus des deux textures dont le limonène est le constituant majoritaire.

## **Mots Clé**

*Citrus sinensis*, Thomson Navel, calibre, huile essentielle, chromatographie phase gazeuse.

## **Abstract**

In this study, we were interested in the enhancement of the peels of the sweet orange "Citrus sinensis" (Thomson Navel variety), which come from a heavy texture and a light texture of the Draa-Ben-Khedda region (medium sebaou).

As a result, a study of the pomological and biochemical characteristics of oranges and the extraction of essential oils (EOs) by hydrodistillation were carried out. The chromatographic analysis of these oils made it possible to identify 23 compounds from the two textures of which limonene is the main constituent.

## **Keywords**

*Citrus sinensis*, Thomson Navel, calibration, essential oil, gas chromatography.