

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

UNIVERSITE KASDI MERBAH, OUARGLA  
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE  
DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES



*Mémoire En vue de l'obtention du diplôme de*  
**MASTER ACADEMIQUE**

**Domaine** : Sciences de la nature et de la vie

**Filière** : Biologie

**Spécialité** : Biochimie appliquée

**Présenté par** : GHILANI Hayet

**RAMDANE Sara**

**Thème**

*Impact du traitement thermique sur le contenu de  
quelques épices en métabolites secondaires*

**Soutenu publiquement**

**Le** : 31/05/2016

**Devant le jury** :

<b>M<sup>me</sup> BAYOUSEF. Z</b>	<b>M.C.B</b>	<b>Président</b>	<b>UKM Ouargla</b>
<b>M<sup>me</sup> ANNOU. G</b>	<b>M.A.A</b>	<b>Encadreur</b>	<b>UKM Ouargla</b>
<b>M<sup>elle</sup> HAMMOUDI. R</b>	<b>M.C.B</b>	<b>Examineur</b>	<b>UKM Ouargla</b>

*Année universitaire 2015/2016*

## **Remerciements**

*Avant tout, nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir donné la force, le courage, la persistance et nous a permis d'exploiter les moyens disponibles à fin d'accomplir ce modeste travail. Merci de nous avoir éclairé le chemin de la réussite.*

*Nos vifs remerciements et notre profonde gratitude particulièrement à Mme **ANNOU Ghania** maitre assistante A au Département des Sciences Biologiques de la Faculté SNV à l'Université Kasdi Merbah-Ouargla, qui nous a encadrées depuis les premiers instants.*

*Sa pédagogie, son dévouement, ses précieux conseils, ses encouragements, sa patience, sa disponibilité et sa gentillesse ont été importants pour nous et largement contribué à l'évolution de cette étude.*

*Nous tenons à remercier profondément Mme **BAYOUSEF Zahia** maitre de conférences B au Département des Sciences Biologiques de la Faculté SNV à l'Université Kasdi Merbah-Ouargla, pour l'honneur qu'elle nous fait en acceptant de présider le jury de notre soutenance.*

*Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à **Dr. HAMMOUDI Roukia** au Département des sciences biologiques de la Faculté SNV à l'université KASDI MERBAH – Ouargla, d'avoir accepté d'examiner ce mémoire.*

*Nous tenons à remercier aussi tous les professeurs qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.*

*Enfin, nous remercions également tous ceux qui nous ont soutenus, encouragés et rendus service au cours de la réalisation de ce mémoire.*

*Merci à tous et à toutes.*



## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste travail*

*A celle qui ma éclairé le chemin de la vie, et ma comblé d'amour,  
d'affection et d'encouragement pour que je devienne ce que je  
suis aujourd'hui ; Ma mère.*

*Que Dieu la protège et lui donne longue vie.*

*A l'âme de mon père, écolle de mon enfance, qui avait toujours  
souhaité ma réussite, que Dieu domicilé le paradis.*

*A mes chères frères Abdelhakim, Younes et Abbas qui mon  
toujours soutenus et toujours étaient présent avec moi.*

*Aux épouses de mes frères Bahria, Sarah et Wafa.*

*A ma nièce Zina, et mes neveux Mohammed Salah Ouassim et  
Taha. Ces petits anges qui nous comblent de joie.*

*A mon cher binôme Sara*

*A mes adorables amies ; Maroua, Wiam, Chifa, Meriem,  
Bouthaina, Sabrinel, Afaf, Nassima, Sara, Mounira et Ichrak.*

*A toute la promotion de 2<sup>ème</sup> année Master Biochimie 2016.*

*A toute personne ayant contribué de près ou de loin à la  
réalisation de ce travail.*

*Hayet.*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce modeste mémoire*

*A mes chers parents qui m'ont éclairé le chemin de  
la vie par leur grand soutien et leurs  
encouragements, par leur énormes sacrifices, qu'ils  
m'ont consentis durant mes études et qui ont  
toujours aimé me voire réussir.*

*A celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse  
Ma mère*

*A mon père, qui a été mon ombre durant  
toutes les années des études, et qui a veillé tout au  
long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et  
à me protéger.*

*Que Dieu les gardes et les protèges.*

*A mon frère Riad*

*A mes adorables sœurs Asma, Doha et Hadjer A ma  
chère binôme Hayet*

*A tous mes amies surtout Nour ...*

*A toute la promotion de 2<sup>ème</sup> année Master  
biochimie 2016*

*A tous ceux qui me sont chères. A tous ceux qui  
m'aime*

*A tous ceux que j'aime.*

*A Tous ceux qui m'ont connus, aimés appréciés,  
encouragés, aidés duprès ou du loïn pendant tous  
mon cursus.*

*Sara*

## Table des matières

Remerciement	
Dédicace	
Liste des abréviations	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction.....	1

<b>Partie I : Synthèse bibliographique</b>	
<b>Chapitre I : Aperçus général sur les épices.</b>	<b>P</b>
1. Historique	3
2. Définition	3
3. Classification des épices	4
4. Domaines d'utilisation	5
4.1. Usage culinaire	5
4.2. Usage médicinal	5
4.3. Usage cosmétique	6
5. Présentation des épices sélectionnées	7
<b>Chapitre II : Métabolites secondaires.</b>	
1. Définition	10
2. Fonctions des métabolites secondaires	10
3. Classifications des métabolites secondaires	11
3.1. Composés phénoliques	11
3.1.1. Structure chimique	12
3.1.2. Biosynthèse des polyphénols	12
3.1.2.1. voie de l'acide shikimique	12
3.1.2.2. voie de l'acide malonique (acétate)	12
3.1.3. Classification des composés phénolique	13
3.1.3.1. Acides phénoliques	13
3.1.3.2. Flavonoïdes	14

3.1.3.2.1. Définition et structure	14
3.1.3.2.2. Classification	14
3.1.3.3. Coumarines	15
3.1.3.3.1. Définition et structure	15
3.1.3.3.2. Classification	16
3.1.3.4. Tanins	16
3.1.3.4.1. Définition et structure	16
3.1.3.4.2. Classification	17
3.1.3.4.2.1. Tannins hydrolysables	17
3.1.3.4.2.2. Tannins condensés	18
3.1.3.5. Lignanes	18
3.1.3.5.1. Définition et Structure	18
3.1.3.5.2. Classification	19
3.1.3.6. Quinones	19
3.1.3.6.1. Définition et structure	19
3.1.3.7. Stilbènes	20
3.1.3.7.1. Définition et structure	20
3.1.4. Rôles biologiques des polyphénols	20
3.2. Alcaloïdes	21
3.2.1. Définition	21
3.2.2. Structure	22
3.2.3. Classification	23
3.2.3.1. Alcaloïdes vrais	23
3.2.3.2. Proto-alcaloïdes	23
3.2.3.3. Pseudo-alcaloïdes	23
3.2.4. Effets biologiques	23
3.3. Terpénoïdes	24
3.3.1. Définition et structure	24
3.3.2. Classification	25
3.3.3. Activités biologiques de composés triterpéniques	26
3.3.4. Huiles essentielles	26
3.3.4.1. Définition	26
3.3.4.2. Effets biologiques	26

<b>Partie II : ETUDE EXPERIMENTALE</b>	
<b>Chapitre I : Matériels et méthodes</b>	
1. Matériels	27
1.1. Matériels végétal	27
1.1.1. Echantillonnage	27
1.1.1.1. Présentation des épices sélectionnées	28
2. Méthodes	31
2.1. Extraction des principes actifs	31
2.1.1. Principe et la méthode d'extraction	31
2.1.2. Rendement de l'extrait brut	31
2.2. Screening phytochimique par chromatographie sur couche mince (CCM)	32
2.2.1. Fractionnement des extraits par extraction liquide-liquide	32
2.2.2. Déroulement de la CCM	35
2.2.2.1. Phase stationnaire	35
2.2.2.2. Phases mobiles	35
2.2.2.3. Dépôt d'échantillon	35
2.2.2.4. Révélation	36
2.2.2.5. Expression des résultats	37
2.3. Effet de la température sur les teneurs des extraits en métabolites	38
2.3.1. Traitement thermique des extraits	38
2.3.2. Dosage des phénols totaux	38
2.3.3. Dosage des flavonoïdes	39
2.3.4. Dosage des tanins	39
2.3.4.1. Dosage des tanins condensés	39
2.3.4.2. Dosage des tanins hydrolysables	40
<b>Résultats et discussion</b>	
1. Rendement d'extraction.	41
2. Screening phytochimique par CCM.	41
2.1. Screening phytochimique de la phase hexanique.	44
2.2. Screening phytochimique de la phase chloroformique.	47
2.3. Screening phytochimique de la phase acétate d'éthyle.	54

2.4. Screening phytochimique de la phase n-butanolique.	58
3. Effet de traitement thermique sur le contenu des épices en métabolites	63
3.1. Teneur des épices en métabolites secondaires avant traitement	63
3.1.1. Teneur en polyphénols	63
3.1.1. Teneur en Flavonoïdes	64
3.1.3. Dosages des tanins condensés et hydrolysable	65
3.1.3.1. Discussion	66
3.2. Dosage des polyphénols totaux après le traitement thermique	67
3.3. Dosage des flavonoïdes après le traitement thermique	68
3.4. Dosage des tanins condensé et hydrolysables après le traitement thermique	69
4. Discussion	70
<b>Conclusion</b>	72
<b>Références bibliographiques</b>	74
<b>Annexes</b>	



## Liste des tableaux

N°	Titre	Page
1	Classification des épices selon leurs propriétés organoleptiques (Richard, 1987).	4
2	Effets biologiques des principales épices (Keith, 2006).	6
3	Description botanique des plantes sélectionnées.	7
4	Principales classes des flavonoïdes (Narayana <i>et al.</i> , 2001; W- Erdman <i>et al.</i> ,2007).	15
5	Quelques types des substitutions coumariniques simple (Macheix <i>et al.</i> , 2005).	16
6	Propriétés biologiques des quelques polyphénols dans l'organisme	21
7	quelques types d'alcaloïdes issus des acides aminés (Mauro, 2006).	22
8	quelques types d'alcaloïdes et leur effet biologique ( Raven <i>et al.</i> , 2003 ;Badiaga, 2011).	23
9	Structure et classification des terpenoïdes avec quelques exemples (Belbache, 2003 ; Kanoun, 2011 ; Grigoraş, 2012).	25
10	Classification des plantes sélectionnées.	28
11	CCM des extraits de la phase hexanique.	44
12	CCM des extraits de la phase chloroformique.	48
13	CCM des extraits de la phase d'acétate d'éthyle.	55
14	CCM des extraits de la phase n-Butanolique.	59

## Liste des Figures

N°	Titre	Page
1	Aspect de quelques épices.	4
2	Représentation simplifiée des principales voies de biosynthèse des métabolites secondaires et de leurs relations avec le métabolisme primaire (Taiz et Zeiger, 2010).	11
3	structure de base des polyphénols.	12
4	quelques acides phénols de la série benzoïque (Pawlowska <i>et al.</i> , 2006 ; Bruneton , 2009).	13
5	Quelques acides phénolique de la série cinnamique (Bruneton, 2009 ; Pawlowska <i>et al.</i> , 2006).	13
6	Squelette de base des flavonoïdes (Dacosta, 2003 ; Grigoraş, 2012).	14
7	Squelette de base des coumarines.	16
8	Quelques tannins hydrolysables représentatifs (Muanda, 2010).	17
9	Quelques proanthocyanidines sélectionnés (Seigler <i>et al.</i> , 1986 ; König <i>et al.</i> , 1994 ; Sarni-Manchado et Cheynier, 2006).	18
10	Structure chimique d'un lignane (Bahaz et Rachdi, 2010)	19
11	Deux exemples des groupes structuraux de lignanes (Sullivan, 2011).	19
12	Structure d'un quinone (Stern <i>et al.</i> , 1996).	20
13	a. Structures de base des stilbènes, b. structure d'un type de stilbène ( Macheix <i>et al.</i> , 2005 ; Crozier <i>et al.</i> , 2006).	20
14	protocole d'extraction par macération.	31
15	aspect de différentes fractions obtenues par fractionnement liquide-liquide ; A : fraction hexanique, B : fraction chloroformique, C : fraction acétate d'éthyle, D : fraction n-butanolique.	33
16	Schéma représente la méthodologie de travail.	34
17	Montage de CCM (Reich et Schibli, 2007)	36
18	calcul du rapport frontal.	37
19	traitement thermique des extraits.	38
20	Les rendements de l'extraction.	41
21	plaque révélée par révélateur Godin (366 nm).	42

<b>22</b>	plaque révélée par Liebermann-Buchard (366 nm).	42
<b>23</b>	plaque révélée par KOH (366 nm).	42
<b>24</b>	plaque révélée par KOH (254 nm).	42
<b>25</b>	plaque révélé par AlCl <sub>3</sub> (254 nm).	43
<b>26</b>	plaque révélé par AlCl <sub>3</sub> (366 nm).	43
<b>27</b>	plaque révélé par FeCl <sub>3</sub> .	43
<b>28</b>	plaque révélé par SbCl <sub>3</sub> (366 nm).	43
<b>29</b>	plaque révélé par DPPH.	44
<b>30</b>	dosage des polyphénols ; A : courbe d'étalonnage de l'acide gallique. B. coloration de milieu réactionnel	63
<b>31</b>	Teneur des épices étudiés en polyphénols	63
<b>32</b>	dosage des flavonoïdes. A. courbe d'étalonnage de la rutine ; B. coloration des milieux réactionnels	64
<b>33</b>	Teneurs des épices en flavonoïdes	64
<b>34</b>	Coloration de milieu réactionnel dans le dosage des tanins	65
<b>35</b>	Teneur des épices en tanins condensés et hydrolysables	65
<b>36</b>	variation des teneurs en polyphénols par le traitement thermique	67
<b>37</b>	variation des teneurs en flavonoïdes par le traitement thermique	68
<b>38</b>	variation des teneurs en tanins condensé par le traitement thermique	69
<b>39</b>	variation des teneurs en en tanins hydrolysables par le traitement thermique	69

## Liste des abréviations

**AG** : Acide Gallique.

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

**°C** : Degré Celsius.

**CCM** : Chromatographie sur Couche Mince.

**DPPH** : Diphényl-PicrylHydrazyl.

**EAc** : Extrait ou fraction d'Acétate d'éthyle.

**Eaq\*** : Extraits ou fraction Aqueuse résiduelle.

**ECh** : Extraits ou fraction du Chloroforme.

**EHx** : Extraits ou fraction du Hexane.

**E n-b** : Extraits ou fraction du n-butanol.

**FeCl<sub>3</sub>** : trichlorure Ferrique.

**FL** : Fluorescente.

**mgEAG/gES**: milligramme Equivalent d'Acide Gallique par gramme d'Extrait Sèche.

**mgER/gES**: milligramme Equivalent de Rutine par gramme d'Extrait Sèche.

**µl** : Microlitre.

**NI** : Non Identifié.

**nm** : Nanomètre.

**Rf** : Rapport frontal.

**TPC** : Total Phenolic content (Contenu en phénols totaux).

**UV** : Ultra Violet.

**V/V**: Volume à Volume.



# *Introduction*

## **Introduction**

Depuis plusieurs années, l'Homme vit côte à côte avec les plantes, médicinales, aromatique, épices, et autres. Il est habitué de les consommer pour leurs propriétés médicinales et nutritives (Armand, 2009). En particulier les épices qui sont des végétaux merveilleux et mystérieux (Carole, 2011), ayant pour fonction essentielle d'assaisonner les mets (Navellier et Jolivet, 1965). Ils sont depuis toujours, jussent les Hommes. En raison sûrement de leurs parfums, de leurs couleurs et de leurs multiples propriétés (Alix, 2012).

Une des originalités majeures des végétaux réside dans leur capacité à produire des substances naturelles très diversifiées. En effet, à côté des métabolites primaires, ils accumulent fréquemment des métabolites dits secondaires (Groff et Gropper, 2000), Classés selon leur appartenance chimique en composés phénoliques, alcaloïdes et terpénoïdes. Ces molécules sont très exploités par l'Homme dans les différents domaines, culinaires, agricole et médicinale comme antibiotiques, antioxydant, drogues....etc. (Hertog et *al.*, 1993 ; Boudjouref, 2011).

Farag et *al.*, (1989). A mentionné que les épices sont des plantes aromatiques à vertus médicinales, renferment de nombreux métabolites secondaires qui font leurs intérêts.

L'objectif de la présente étude est d'évaluer la teneur de quelques épices en métabolites secondaires par un screening phytochimique, permettent d'identifier la présence des substances chimiques principalement les flavonoïdes, les anthocyanes, les tannins, les coumarines, les alcaloïdes, les saponosides, les stéroïdes, les, les stérols, les terpènes...etc. (Lendvai *et al.*, 2002).

Vue que, les épices sont usuellement utilisées dans la cuisson, et comme il est connu, que certains composés naturels pourraient être sensiblement perdus au cours du traitement thermique. La problématique de notre étude réside encore, sur la détermination de l'effet de la chaleur sur les polyphénols totaux, les flavonoïdes et les tanins contenus dans ces épices.

Les épices sélectionnées font parties de mélange de « ras el hanout », largement rentré dans la gastronomie Ouarglienne. Les épices sélectionnées sont, *Coriandrum sativum* (coriandre), *Zingiber officinale* (gingembre), *Piper nigrum* (poivre noir), *Curcuma longa* (curcuma), *Pimpinella anisum* (anis vert), *Cinnamomum cassia* (cannelle), *Myristica fragans*

(noix de muscade), *Foeniculum vulgare* (fenouil), *Carum carvi* (carvi) et *Cuminum cyminum* (cumin).

Le présent travail est scindé en deux parties. La première est bibliographique, renferme deux chapitres, le premier aborde des généralités sur les épices, le deuxième expose des généralités sur les métabolites secondaires. La deuxième partie est expérimentale, qui illustre le matériel et les méthodes utilisés en premier chapitre. Et les résultats obtenus avec leurs discussions dans le deuxième chapitre. Une conclusion achève le travail

Partie I :  
Synthèse  
bibliographique



*Chapitre I :*  
*Aperçus général sur les*  
*épices*

## **Partie I. Étude bibliographique**

### **Chapitre I. Aperçu général sur les épices**

#### **1. Historique**

Dans l'Antiquité, en Mésopotamie, les Assyriens et Babyloniens utilisaient déjà des épices dans la nourriture, en médecine et en parfumerie. Le commerce des épices était alors comparable en importance à celui de l'or ou des pierres précieuses (Droniou-Cassaro, 2012).

En Egypte, en Grèce ou à Rome, les épices étaient aussi bien utilisés en médecine qu'en cuisine, en cosmétique ou pour les cérémonies et les rites funéraires et religieux, ainsi pour embaumer les morts (Alix, 2012). Au XX<sup>ème</sup> siècle, avec l'industrialisation, le commerce de masse, le développement des voyages et les flux migratoires, les épices inondent les marchés occidentaux aussi largement que les marchés asiatiques ou africains et les saveurs exotiques sont réintroduites dans la gastronomie la plus fine (Droniou, 2012).

Les épices sont devenues aujourd'hui des denrées banales, moins rare, moins coûteux, leur usage aussi évalué grâce à leurs qualités gustatives mais aussi pour leurs vertus médicinales (Alix, 2012 ; Droniou, 2012).

#### **2. Définition**

Le mot épice vient de du mot latin « spices » signifie tout simplement espèce ou substance (Alix, 2012). Selon Carole, (2011), les épices sont des substances d'origine végétale, aromatiques ou piquantes, servant à l'assaisonnement des mets. Elles sont destinées à relever, à parfumer, à conserver et colorer tout en communiquant une saveur particulière.

Les épices sont généralement composés de fibres, hydrates de carbone, matières grasses, sucre, protéines, gomme, cendres, substances volatiles (huiles essentielles), et d'autres composants non volatiles. Ces composants répandent à chaque épice des caractéristiques organoleptiques et nutritionnelles particulières (Raghavan, 2007).



Figure 1 : Aspect de quelques épices.

### 3. Classification des épices

Il n'est guère aisé de sélectionner des critères de classification des épices ; celles-ci appartiennent à différentes familles végétales, et au sein de ces familles, différentes parties de la plante peuvent donner des épices (Redhead, 1990), des grains, comme le cumin et le cardamome ; des fleurs comme le clou de girofle, safran ; des fruits comme le cas du noix de muscade et la vanille ; des racines comme l'exemple du curcuma et du gingembre et de l'écorce comme la cannelle (Alix, 2012).

Dans le domaine des industries alimentaires et de la gastronomie, il est intéressant de regrouper les épices en fonction de leurs propriétés organoleptique (couleur, odeur, arômes et saveur) (tableau 1) (Richard, 1987).

Tableau 1: Classification des épices selon leur propriétés organoleptique (Richard, 1987)

La classe	Exemple d'épice	Famille
Epices à saveur piquante et brûlante	Poivres	pipérac e
	Gingembre	zingibéracée
	Piment	solanacée
Epices à pouvoir colorant	Safran	Iridacée
	Curcuma	zingibéracée
Epices chaudes	Cumin	Ombellifère
	Carvi	Ombellifère
Epices à odeur anisée	Anis vert	Ombellifère
	Fenouil	Ombellifère

## **4. Domaines d'utilisation**

### **4.1. Usage culinaire**

Les épices peuvent être utilisées seules ou sous forme d'un mélange. Parmi ces mélanges on mentionne, le « curry », caractéristique de la cuisine Indienne (Bahorun, 1997 ; Losange, 2005), les « cinq-épices », dit aussi « cinq-parfums », ce mélange chinois est très odorant et délicat (Patrick *et al.*, 2006) et « Ras el Hanout » qui est un mélange d'épices originaire d'Afrique du Nord, signifie littéralement « tête de la boutique » montrant que c'est un produit noble et trop demandé (Zette, 2009). Ce mélange est très parfumé mais très doux était originellement composé d'au moins 37 épices, dont la cardamome, coriandre, la noix du muscade, le piment, le poivre, le curcuma, le gingembre, le cumin, etc. (Patrick *et al.*, 2006). Il est très utilisé dans la cuisine algérienne, tunisienne et marocaine (Audibrert, 1997).

### **4.2. Usage médicinal**

De tout temps, l'Homme a utilisé les plantes et les épices comme remèdes médicinaux (Carole, 2011). Chaque jour, dans le monde entier, des scientifiques se penchent sur la composition et les bienfaits des épices. Certaines épices retiennent particulièrement l'attention des chercheurs, c'est le cas par exemple du curcuma, de la cannelle, et du gingembre. Grâce à leur extraordinaire richesse en métabolites secondaires, ces épices sont de plus en plus considérées comme des remèdes d'avenir pour lutter contre les maladies cardiovasculaires, certains cancers, et bien d'autres maladies liées au vieillissement (Alix, 2012).

Certaines épices facilitent la digestion des mets lourds, soit par les tanins contenus qui favorisent la sécrétion biliaire, soit parce qu'elles contiennent des lipases ou des protéases qui pré-digèrent les aliments qu'elles accompagnent (Bahorun, 1997). Outre leurs effets favorables sur la digestion, les épices, du fait de leur richesse en polyphénols, ont un pouvoir antioxydant, anti-inflammatoire, antiagrégant, anticancéreux, anti-infectieux, et antihelminthiques (tableau 2) (Pélessier, 2012).

Le curcuma utilisé depuis des siècles en médecine ayurvédique, notamment en traitement externe pour favoriser la cicatrisation des blessures (Carole, 2011). Le gingembre également utilisé comme antinausées. Il possède des molécules qui luttent contre la prolifération des cellules malignes et les bactéries (Pascale, 2012).

Tableau 2: Effets biologiques des principales épices (Keith, 2006).

Effets biologique	Epices et herbes aromatiques
<b>Antioxydant</b>	Toutes les épices, mais plus particulièrement cannelle, clou de girofle, ail, gingembre, citronnelle, mélisse, origan, menthe poivrée, sauge, thym.
<b>Anticancer (prévention)</b>	Anis, basilic, poivre noir, carvi, clou de girofle, fenouil, ail, gingembre, thé vert, moutarde, romarin, soja, curcuma.
<b>Contrôle des lipides sanguins</b>	Câpre, cannelle, agrumes, coriandre, fenugrec, ail, gingembre, origan, romarin, soja, anis étoilé, thym.
<b>Fluidifiant sanguin</b>	Câpre, cannelle, coriandre, fenugrec, ail, gingembre.
<b>Contrôle de la glycémie</b>	Cannelle, gingembre, origan, romarin, thym.
<b>Anti-inflammatoire</b>	Feuille de laurier poivre noir, ail, gingembre, thé vert, origan, romarin, thym, curcuma.
<b>Antibactérien</b>	Toutes les épices, mais plus particulièrement anis, basilic, feuille de laurier, poivre noir, piment doux, cardamome, céleri, cannelle, clou de girofle, coriandre, cumin, aneth, fenouil, ail, gingembre, mélisse, marjolaine, menthe, moutarde, noix de muscade, origan, persil, romarin, sauge, estragon, thym.
<b>Immunomodulation</b>	Poivre noir, ail.
<b>Neutralisation de toxines</b>	Carvi, coriandre, ail, thé vert, moutarde, romarin, curcuma.
<b>Hépto-protecteur</b>	Curcuma.
<b>Digestive</b>	Anis, fenouil, carvi, basilic, cardamome, mélisse, thym, gingembre, estragon.



### 4.3. Usage cosmétique


Un grand nombre des épices et leurs constituants sont utilisés dans l'élaboration des parfums, produits de beauté et produits de toilette. Ces essences servent à préserver ces cosmétiques grâce à leur activité antiseptique tout en leur assurant leur odeur agréable. Les huiles essentielles de la cannelle et du clou de girofle. Rentrent largement dans la fabrication des dentifrices (Sophie, 2006).

## 5. Présentation des épices sélectionnées

Tableau 3: Description botanique des plantes sélectionnées.

Epices	Description
<p><b>Anis vert</b></p> 	<p>L'anis vert est une plante aromatique herbacée annuelle (Babulka. P, 2004), originaire d'Asie occidentale et du bassin méditerranéen, cultivée actuellement dans la plupart des pays semi-tropicaux et tempérés chauds (FAO, 1990). atteignant 30 à 70 cm de haut, dont on utilise le fruit velu, de 3 à 5 mm de long qui se présente sous forme de diakènes vert grisâtre à stries claires (Babulka. P, 2004). Elle a une saveur légèrement piquante et poivrée et une odeur très aromatique (Alix, 2012).</p>
<p><b>Cannelle</b></p> 	<p>La cannelle est la plus ancienne des épices connues, originaire du Sri-Lanka ou de Birmanie. Elle est issue du cannelier, arbre de 10 à 15m à l'état sauvage (Pascale, 2012). L'écorce intérieure du cannelier, se présente sous la forme de petits tubes (Alix, 2012). Leur parfum est plus fort, plus piquant, moins sucré (Lille, 2004).</p>
<p><b>Carvi</b></p> 	<p>Le carvi est une plante herbacée bisannuelle, originaire de l'Afrique du Nord, l'Asie et l'Europe, de 50 à 75 cm de hauteur. Les fruits légèrement arqués (Ghouati et <i>al.</i>, 2013). Les semences de carvi sont un peu plus allongées que celle de l'anis vert. Ils sont d'une couleur brunâtre, saveur chaude, odeur aromatique plus faible que celle de l'anis (Matthyssens, 1866).</p>
<p><b>Coriandre</b></p> 	<p>La coriandre est un arbre annuelle dressée très aromatique, atteint une hauteur de 30 à 90 cm. Indigène du bassin méditerranéen et du sud de l'Europe (Ernest. S et GraceD, 2001). Les feuilles sont vert clair et luisantes, les fleurs sont minuscules blanche, rose ou violette, regroupées en ombelles. Les graines succédant aux fleurs, sont petites, sphériques et côtelées, parfumés avec une note poivrée (Ernest et Grace, 2001).</p>
<p><b>Cumin</b></p>	<p>Le cumin est une plante d'origine d'Asie centrale (Lille, 2004), mince, glabre, herbacée et annuelle. Elle peut atteindre une hauteur de 20</p>

	<p>jusqu'à 60cm (Dridi, 2005). Il possède des feuilles vertes, très fines, et des petites fleurs, (Dridi. F, 2005). Dont chacune de ces fleurs produit deux graines (Alix, 2012). Les semences d'une couleur verte pâle qui tend vers le brun doré, d'une forme elliptique, longueur comprise entre 5 à 6 mm, hérissés de longue (Dridi, 2005). Elles ont une saveur chaude et une odeur aromatique (Matthyssens, 1866).</p>
<p><b>Curcuma</b></p>	<p>Le curcuma est une grande plante originaire de l'Asie du sud-est (Pélissier, 2012), herbacée, vivace, pousse dans les pays tropicaux. De 60 cm à 1m de l'hauteur, elle est robuste et érigée. Elle comporte plusieurs tiges avec des feuilles oblongues et des fleurs qui vont de jaune pâle à l'orange éclatant (Pascale, 2012). Le rhizome qui représente l'épice a un gout légèrement piquante et amère, utilisé comme colorant alimentaire et additif pour la conservation (pascale, 2012 et Patrick et <i>al.</i> 2006).</p>
<p><b>Fenouil</b></p>	<p>Le fenouil une plante annuelle, vivace, originaire du bassin méditerranéen et du sud de l'Europe. Il atteint une hauteur de 0.6 à 1.5m. Les feuilles sont molles et plumeuses. Les fleurs sont minuscules, jaunes, réunies en ombelles. La tige est dressée, pleine de moelle, très ramifiée (Ernest et Grace, 2001). Les semences de fenouil d'une forme elliptique allongés et sont marqués à l'extérieur de nervure longitudinales, leur couleur est jaune-verdâtre, d'une saveur chaude, odeur aromatique agréable (Aline, 2006).</p>
<p><b>Gingembre</b></p> 	<p>Le gingembre est une plante vivace tropicale herbacée (Pascale, 2012). Poussant dans les régions ensoleillées et humides, se dressant sur une tige de 1.50m en moyenne, (Gigon, 2012). Ses feuilles persistantes sont longues et odorantes. Ses fleurs sont blanches et jaunes, (Foreman. M, 2012). Le rhizome d'un aspect fibreuse, granuleuse, beige pâle et sa chaire est jaune pâle juteuse. L'odeur est aromatique avec une saveur chaude et piquante (Gigon, 2012).</p>
<p><b>noix de muscade</b></p>	<p>La noix de muscade est le noyau du fruit de muscadier, originaire de l'Indonésie (Alix, 2012). Cette arbre atteint 5 à 13 m de haut, parfois 20m. Ces feuilles de couleur vert foncé, pointues, persistantes, aromatique. Les fleurs sont généralement célibataires sexué. Les fruits</p>

	<p>(noix) sont entourés d'une enveloppe de filaments charnus (arille) (Jinous et Nastaran, 2012).</p>
<p><b>poivre noire</b></p>	<p>Le poivre noire est une plante grimpante et vivace de 8 à 10m (Baker, 2008 ; Huguette, 2008), originaire d'Inde. Il est obtenu à partir de baies parvenue presque à maturité de poivrier. (Sophie, 2015). Il se présente sous forme des grains sphériques, de la grosseur d'un très petit pois ; sa pellicule extérieure est brune-noirâtre, ridée, à l'intérieur se trouve un grain blanchâtre d'une consistance quelque peu cornée (Matthyssens, 1866). Son odeur est forte et son saveur âcre brûlante (Sorlot, 2014).</p>



*Chapitre II :*  
*Métabolites secondaires*

### **Chapitres II. Métabolites secondaires**

#### **1. Définition**

Biochimiquement, les composés produits par les plantes sont séparés en métabolites primaires et secondaires (Raven et *al.*, 2003). Les métabolites primaires, glucides, lipides, acides aminés et acides nucléiques sont des molécules organiques qui se trouvent dans toutes les cellules de l'organisme d'une plante pour y assurer sa survie (Kone, 2009).

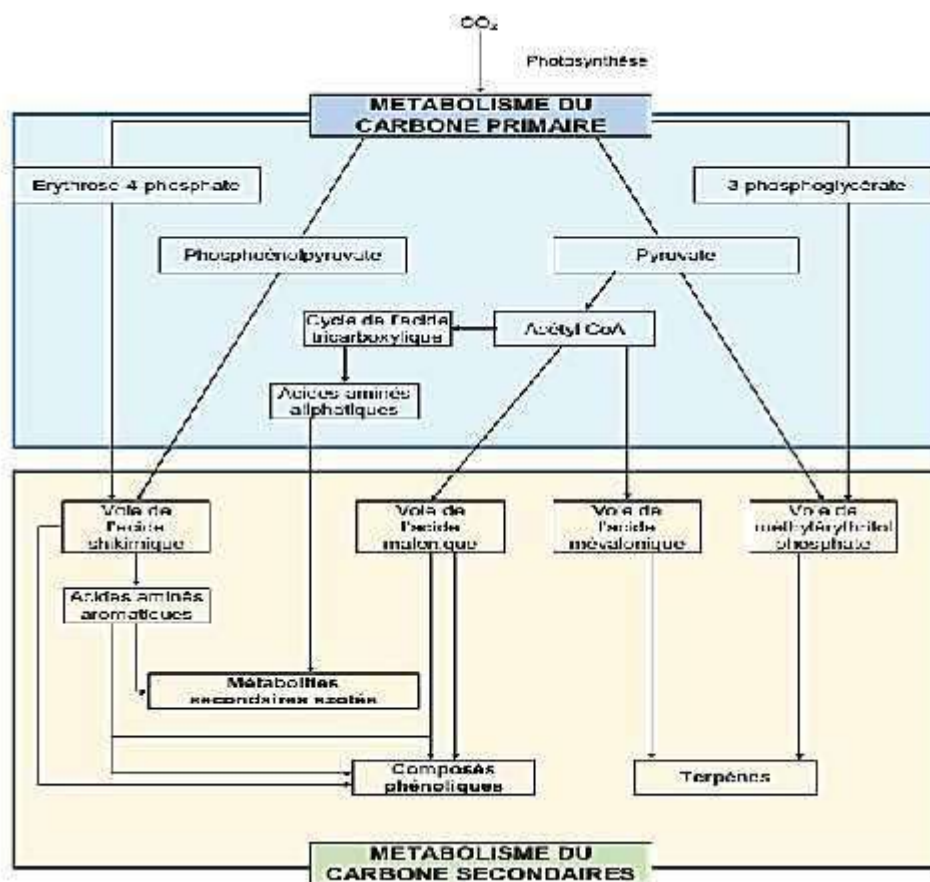
Par contre, les métabolites secondaires ont une répartition limitée, dans la plante elle-même comme parmi les différentes espèces de végétaux. Elles sont typiquement produits dans un organe, tissu ou type cellulaire spécifique à des stades particuliers du développement, en faible quantité et sont emmagasinés surtout dans les vacuoles (Raven et *al.*, 2003).

#### **2. Fonctions des métabolites secondaires**

Les métabolites secondaires ont d'abord été considérés comme des produits de rebut, mais on sait maintenant que les métabolites secondaires sont importants pour la survie et la propagation des plantes qui les produisent.

Beaucoup fonctionnent comme signaux chimiques qui permettent à la plante de répondre aux contraintes de l'environnement (Raven et *al.*, 2003), la production de substances toxiques (alcaloïdes, tanins) ou répulsives (lactones sesquiterpénique) protège les plantes contre les herbivores (Botineau, 2010), contre les pathogènes, Comme les phytoalexines, qui sont des substances antimicrobiennes produites uniquement après une blessure ou une attaque par des bactéries ou des champignons, ou contre les compétiteurs.

Certains assurent une protection contre les radiations solaires et d'autres encore facilitent la dispersion du pollen et des graines (Raven et *al.*, 2003). Bon nombre de ces métabolites secondaires développent des activités pharmacologiques pour l'Homme et les animaux (Botineau, 2010).



**Figure 2:** Représentation simplifiée des principales voies de biosynthèse des métabolites secondaires et de leurs relations avec le métabolisme primaire (Taiz et Zeiger, 2010).

### 3. Classifications des métabolites secondaires

Les produits du métabolisme secondaire sont en très grand nombre, plus de 200.000 structures appartiennent à des groupes chimiques variés (composés phénoliques, alcaloïdes, et terpénoïdes) ont été identifiés (Cuendet, 1999 ; Macheix et *al.*, 2005 ; Hartmann, 2007 ; Kone, 2009 ; Vermerris, 2006).

#### 3.1. Composés phénoliques

Les composés phénoliques sont largement distribués. Ces corps jouent un rôle fondamental, car sont des éléments importants de qualités sensorielles (caractères organoleptiques) et nutritionnelles des végétaux. Une alimentation équilibrée fournit à l'Homme environ un gramme de polyphénols chaque jour (Scalbert et *al.*, 2005 ; Nkhili, 2009).

### 2. Structure chimique

Selon leurs caractéristiques structurales, les polyphénols se répartissent en une dizaine de classes chimiques, qui présentent toutes un point commun : la présence dans leur structure d'au moins un cycle aromatique (benzénique) à 6 carbones, qui porte un nombre variable de fonctions hydroxyles (OH) (Hennebelle et *al.*, 2004 ; Macheix et *al.*, 2005).

Ils peuvent aller de molécules simples, comme les acides phénoliques, à des composés hautement polymérisés, comme les tannins (Hagerman et *al.*, 1998 ; Sarni-Manchado et Cheynier, 2006).

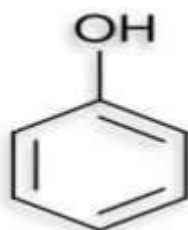


Figure 3. Structure de base des polyphénols

#### 3.1.2. Biosynthèse des polyphénols

##### 3.1.2.1. La voie de l'acide shikimique

Dans la voie de l'acide shikimique, l'érythrose 4-phosphate et le phosphoénol pyruvate, sont produits par les hydrates de carbones, lors de leur dégradation, par la voie des pentoses phosphate et la glycolyse respectivement. Ces derniers sont à l'origine des composés phénoliques C6-C1 formant les tannins hydrolysables, et de la chalcone qui est la molécule de base de tous les flavonoïdes et tannins condensés (Haslam, 1994 ; Dewick, 1995). Aussi, il est intéressant de préciser que la tyrosine et la phényl alanine dérivent de cette voie métabolique. En effet, ces deux acides aminés sont des intermédiaires métaboliques entre l'acide shikimique et l'acide cinnamique (Bruneton, 1993).

##### 3.1.2.2. La voie de l'acide malonique (acétate)

L'acide malonique est issu de la glycolyse et de la  $\beta$ -oxydation, qui ont comme conséquence la formation de l'acétyl CoA. Les chaînes polycétoniques obtenues par condensation répétée d'unités «Acétate» subissent à la cyclisation via la voie de l'acide malonique. Conduisant à la formation de l'intermédiaire polyéthylcétone, qui donne avec

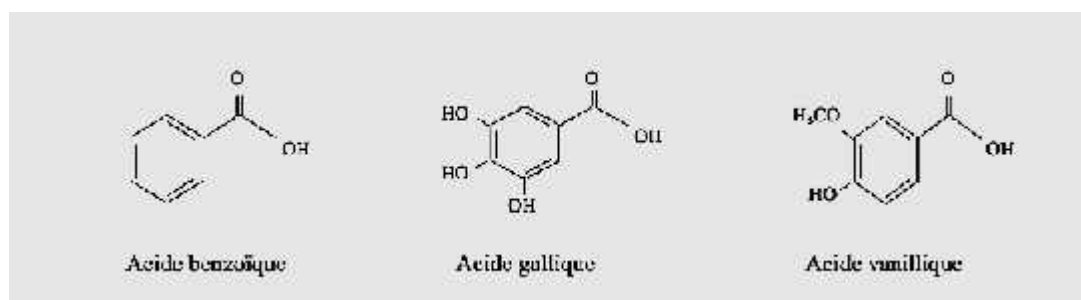
l'acide cinnamiques les chalcones, puis les flavonoïdes, les anthocyanes et les tannins condensés (figure 2) (Fleeger et Flipse, 1964 ; Richter, 1993).

### 3.1.3. Classification des composés phénoliques

Les composés phénoliques comprennent essentiellement les acides phénoliques, les flavonoïdes, les stilbènes, les tanins hydrolysables et condensés, les coumarines et les lignanes (Stalikas, 2007).

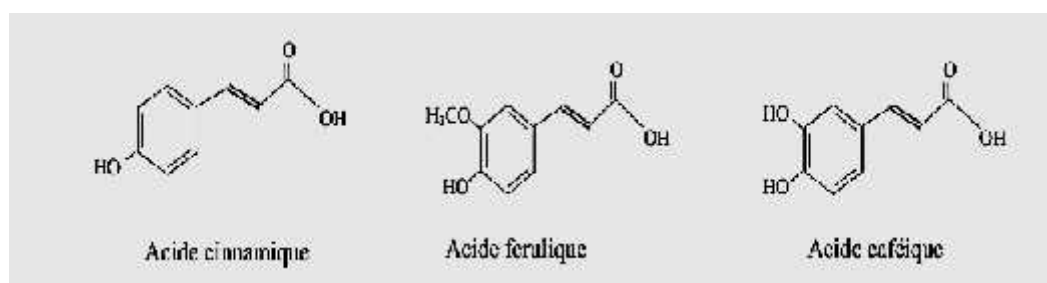
#### 3.1.3.1. Acides phénoliques

Les acides phénoliques sont classés en dérivés d'acide benzoïque et dérivés d'acide cinnamique ; leur toxicité est très faible. Les acides hydroxybenzoïques, exemple du l'acide p-hydroxybenzoïque, a-protocatéchique, a-vanillique, a-gallique, a-syringique, a-salicyclique, a-gentisique,...etc.), ont une concentration généralement très faible chez les végétaux comestibles (Guignard, 1974 ; Macheix et *al.*, 2005 ; Guignard et *al.*, 1985).



**Figure 4:** quelques acides phénols de la série benzoïque (Pawlowska et *al.*, 2006 ; Bruneton , 2009).

Par contre les acides phénoliques issus de l'acide hydroxycinnamique, sont très présents. Exemple de l'acide p-coumarique, l'acide caféique, l'acide férulique et l'acide sinapique (Macheix et *al.*, 2005).



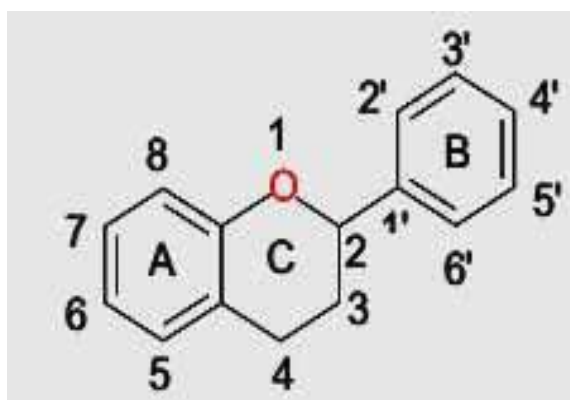
**Figure 5 :** Quelques acides phénolique de la série cinnamique (Bruneton, 2009 ; Pawlowska et *al.*, 2006).

### 3.1.3.2. Flavonoïdes

#### 3.1.3.2.1. Définition et structure

Les flavonoïdes sont des pigments quasiment universels des végétaux, ils sont responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles. On les trouve dissous dans la vacuole des cellules à l'état d'hétérosides ou comme constituants de plastes particuliers (les chromoplastes) (Guignard, 1996).

Ils ont tous le même squelette de base à quinze atomes de carbones qui sont arrangés à une configuration C6-C3-C6 (Yao *et al.*, 2004), Les trois carbones servant de jonction entre les deux noyaux benzéniques notés A et B forment généralement un hétérocycle oxygéné C (De Rijke *et al.*, 2006), Cette structure est de type diphenylpropane dont des groupements hydroxyles, oxygènes, méthyles, ou sucres peuvent être rattachés (Narayana, 2001; Malešev et Kuntić, 2007).

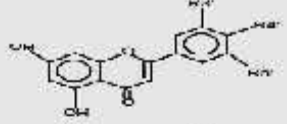
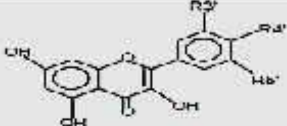
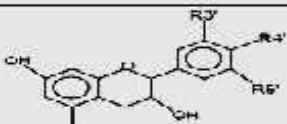
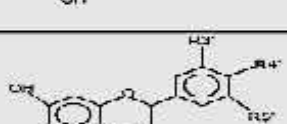
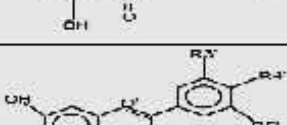
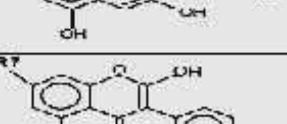


**Figure 6** : Squelette de base des flavonoïdes (Dacosta, 2003 ; Grigoraș, 2012)

#### 3.1.3.2.2. Classification

Les flavonoïdes représentent la classe la plus répandue des polyphénols. Ils peuvent être divisés en différentes classes: anthocyanidines, flavonoles, isoflavonoles, flavones, isoflavones, flavanes, isoflavanes, flavanols, isoflavanols, flavanones, isoflavanones et auronnes (Havsteen, 2002 ; Edenharder et Grünhage, 2003 ; Francesco et Tory, 2007).

Tableau 4 : Principales classes des flavonoïdes (Narayana *et al.*, 2001; W- Erdman *et al.*, 2007)

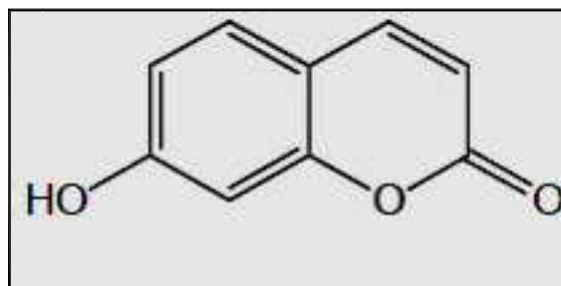
Classes	Structures chimiques	R3'	R4'	R5'	Exemples
Flavones		H	OH	H	Apigénine
		OII	OII	II	Lutéoline
		OH	OCH3	H	Diosmétine
Flavonols		H	OH	H	Kaempférol
		OII	OII	II	Quercétine
		OH	OH	OH	Myricétine
Flavanols		OH	OH	H	Catéchine
Flavanones		H	OH	H	Naringéine
		OII	OII	II	Eriodictyol
Anthocyanidines		II	OII	II	Pelargonidine
		OII	OII	II	Cyanidine
		OII	OII	OII	Delphénidine
Isoflavones		R5	R7	R4'	
		OII	OII	OII	Genistéine
		H	O Glu	OH	Daidzéine

### 3.1.3.3. Coumarines

#### 3.1.3.3.1. Définition et structure

Les coumarines ont été isolées pour la première fois par Vogel en 1820, à partir de *Coumarounaodorata*. Aujourd'hui, près de 1000 composés coumariniques sont isolés dans plus de 800 espèces de plantes et de microorganismes. Dans les plantes, on les rencontre chez les Apiacées, les Astéracées, les Fabacées, les Rosacées, les Rubiacées, les Rutacées et les Solanacées (Sakagami *et al.*, 2005). Elles se trouvent dans la nature soit à l'état libre ou bien combiné avec des sucres. Elles sont responsables de l'odeur caractéristique du foin (Cowan, 1999).

Les coumarines dérivent des acides shydroxycinnamiques par cyclisation interne de la chaîne latérale, sont des hétérocycles oxygénés ayant comme structure de base le benzo-2-pyrone, et ils sont substitués par un hydroxyle ou plus sur les six positions disponibles, la majorité des coumarines sont substitués en C-7 par un hydroxyle (Ford et *al.*, 2001).



**Figure 7 :** Squelette de base des coumarines

### 3.1.3.3. Classification

Du point de vue structurale et selon la nature des substituants sur leurs structures, les coumarines sont classés en : coumarines simples, furanocoumarines, pyranocoumarines, dicoumarines et Tricoumarines (Sakagami, 2005 ; Ford et *al.*, 2001).

**Tableau 5 :** Quelques types des substitutions coumariniques simple (Macheix et *al.*, 2005)

Structure	R6	R7	R8	Acides phénoliques
	H	OH	F	Umbelliférol
	OH	OH	F	Aesculitol
	OCH3	OH	F	Scopolétol
	OCH3	OH	OH	Fraxétol
	H	OH	OH	Daphnétole

### 3.1.3.4. Tanins

#### 3.1.3.4.1. Définition et structure

Le terme tanin dérive de la capacité de tannage de la peau animale au cours de sa transformation en cuir. Les tannins sont des composés phénoliques astringents solubles dans l'eau (Peronny, 2005). Ils sont très répandus chez les angiospermes, les gymnospermes et les dicotylédones (Konig et *al.*, 1994).



Ils peuvent former des complexes insolubles lorsqu'ils sont associés aux glucides, aux protéines et aux enzymes digestives, réduisant ainsi la digestibilité des aliments, et peuvent être liés à la cellulose et aux nombreux éléments minéraux (Alkurd *et al.*, 2008).

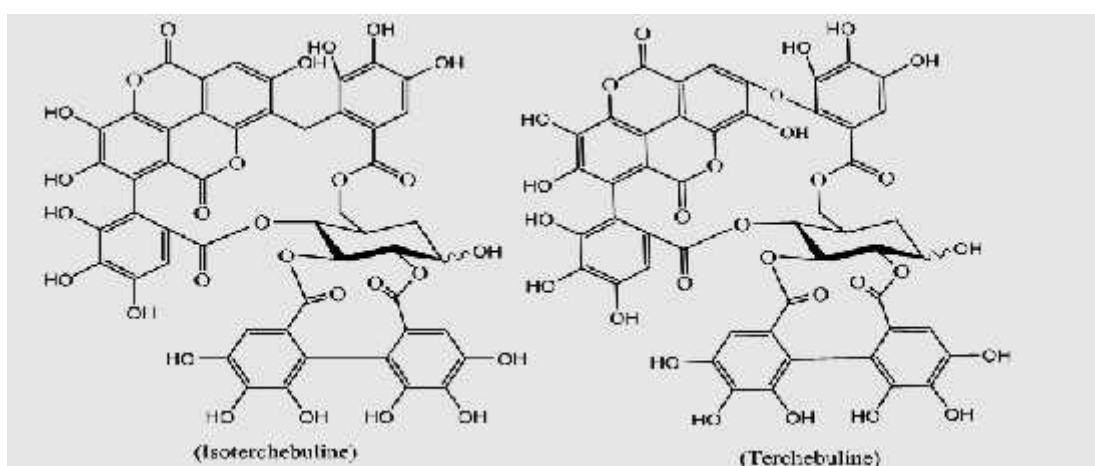
Les tanins sont des polyphénols fortement hydroxylés (Alkurd *et al.*, 2008), avec des structures complexes, distinguées par leurs centres asymétriques et leur degré d'oxydation (Hemingway, 1992).

### 3.1.3.4.2. Classification

On distingue deux grands groupes de tanins, différents à la fois par leur réactivité chimique et par leur composition (Haslam, 1989)

#### 3.1.3.4.2.1. Tannins hydrolysables

Les tanins hydrolysables sont des esters d'acide gallique qui se lient aux molécules de glucose. Plus précisément, un glucose se lie à plusieurs molécules d'acide gallique (Sarni Machado et Cheynier 2006), Comme leur nom l'indique, ces tanins subissent facilement une hydrolyse acide et basique, ils s'hydrolysent sous l'action enzymatique et de l'eau chaude (Conrad *et al.*, 1998). On distingue: les tanins galliques (Gallo tanins) qui donnent par l'hydrolyse, des oses et de l'acide gallique. Et les tanins ellagiques (Ellagi tanins), qui donnent par l'hydrolyse, des oses et de l'acide ellagique (Paris et Hurabielle, 1981).

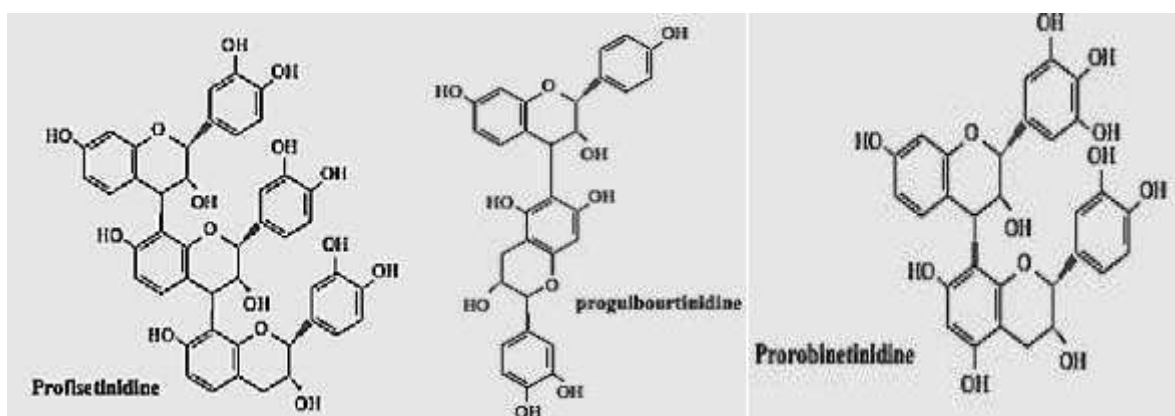


**Figure 8 :** Quelques tannins hydrolysables représentatifs (Muanda, 2010).

### 3.1.3.4.2.2. Tannins condensés

Les tannins condensés ou tannins catéchiques ou proanthocyanidols, se différencient fondamentalement des tannins hydrolysables, car ils ne possèdent pas de sucre dans leur molécule et leur structure est voisine de celle des flavonoïdes (Bruneton, 1999).

Ce sont des composés phénoliques hétérogènes. Ils se trouvent sous forme d'oligomères ou polymères de flavanes, flavan-3-ols, 5 desoxy-3-flavonols et flavan-3,4-diols. Les polymères donnent une structure hérissée d'OH phénoliques capable de former des liaisons stables avec les protéines (Montenegro de Matta *et al.*, 1976 ; Sarni-Manchado et Cheynier, 2006).



**Figure 9:** Quelques proanthocyanidines sélectionnés (Seigler *et al.*, 1986 ; König *et al.*, 1994 ; Sarni-Manchado et Cheynier, 2006).

### 3.1.3.5. Lignanes

#### 3.1.3.5.1. Définition et Structure

Le terme lignane est présenté par Haworth en 1936. Leur distribution botanique est large, plusieurs centaines des composés ont été isolés dans environ soixante-dix familles. Sont des composés dont la formation implique la condensation d'unités phénylpropaniques (C6-C3) (Benarous, 2009). Ils répondent à une représentation structurale de type (C6-C3)<sub>2</sub> (Kone D, 2009).

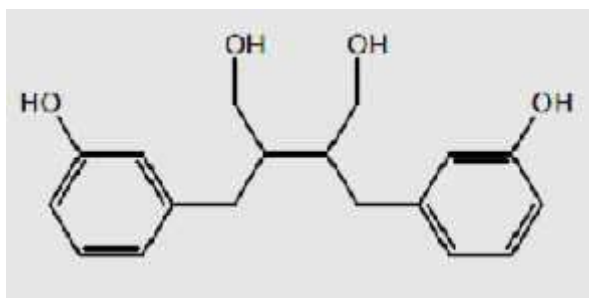


Figure 10 : Structure chimique d'un lignane (Bahaz et Rachdi, 2010).

### 3.1.3.5.2. Classification

Les lignanes sont répartis en huit groupes structuraux, classés selon le mode d'incorporation du (ou des) atome (s) d'oxygène dans le squelette carboné et selon le type de cyclisation (Umezawa, 2003).

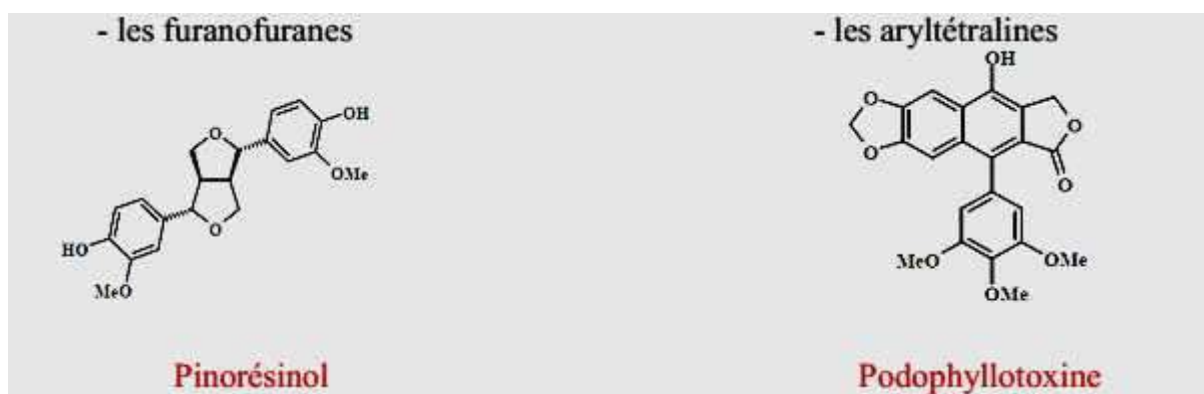
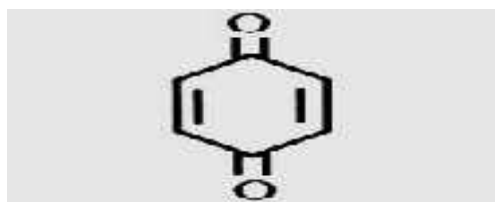


Figure 11: Deux exemples des groupes structuraux de lignanes (Sullivan, 2011).

### 3.1.3.6. Quinones

#### 3.1.3.6.1. Définition et structure

Les quinones sont ubiquitaires dans la nature, principalement dans le règne végétal et sont fortement réactifs (Cowan, 1999). Mais on les trouve aussi dans les champignons, les bactéries et les animaux (Kansole, 2009). Ce sont des composés oxygénés qui correspondent à l'oxydation de dérivés aromatiques avec deux substitutions cétoniques. Ils sont caractérisés par un motif en para-quinones ou éventuellement en ortho-quinones (Bruneton, 1993).

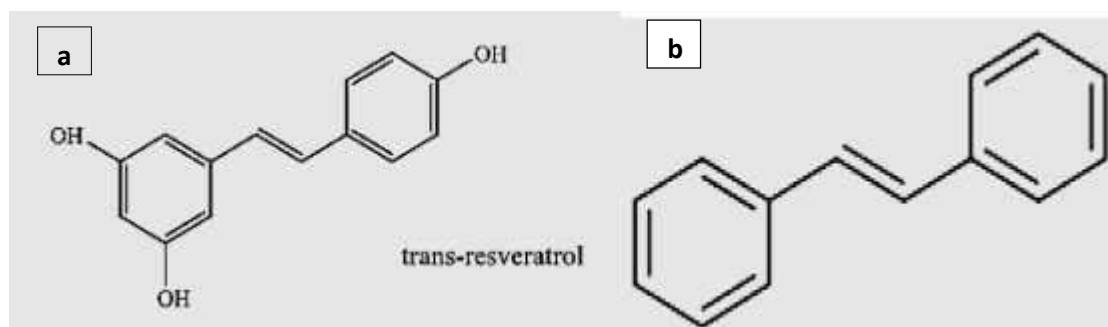


**Figure 12:** Structure d'un quinone (Stern *et al.*, 1996).

### 3.1.3.7. Stilbènes

#### 3.1.3.7.1. Définition et structure

Les stilbènes sont des composés phénoliques du type de phytoalexines. Ils contiennent au minimum deux noyaux aromatiques reliés par une double liaison, dont la structure est C6-C2-C6, comme les flavonoïdes, formant ainsi un système conjugué. Cette particularité leur confère une grande réactivité due à la résonance des électrons sur la totalité de la molécule (Crozier *et al.*, 2006).



**Figure 13:** a. Structures de base des stilbènes, b. structure d'un type de stilbène (Macheix *et al.*, 2005 ; Crozier *et al.*, 2006).

Les stilbènes se trouvent en petites quantités dans l'alimentation humaine, parmi ces composés, on trouve le resveratrol à action anticancéreuse, présent dans certaines plantes (raisins, mûres, soja et les arachides) (Macheix *et al.*, 2005 ; Crozier *et al.*, 2006).

### 3.1.4. Rôles biologiques des polyphénols

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 (tableau 5) (Macheix *et al.*, 2005).

**Tableau 6:** Propriétés biologiques des quelques polyphénols dans l'organisme

Polyphénols	Activités biologiques	Auteurs
Acides phénols (cinnamiques et benzoïques)	Antibactériennes, anti-ulcéreuses, antiparasitaires, antifongiques, antioxydantes.	(Sannomiya <i>et al.</i> , 2005; Gurbuz <i>et al.</i> , 2009)
Coumarines	Protectrices vasculaires, anti-inflammatoires, anti-parasitaires analgésiques et anti-œdémateuses	(Ito <i>et al.</i> , 2005; Smythet <i>al.</i> , 2009)
Flavonoïdes	Antioxydantes, antitumorales, antiparasitaires, vasodilatatoires, antibactériennes, anticarcinogènes, anti-inflammatoires, analgésiques, hypotenseurs, antivirales, diurétiques, ostéogène, anti-atherogéniques, antithrombotique, anti-allergique	(Wollgast et Anklam., 2000 ; Hitara <i>et al.</i> , 2009 ; Tripoli <i>et al.</i> , 2007 ; Shon <i>et al.</i> , 2004).
Anthocyanes	Protectrices capillaro-veineux, antioxydant	Bruneton, (1993)
Proanthocyanidines	Effets stabilisants sur le collagène, antioxydantes, antitumorales, antifongiques et anti-inflammatoires	Masquelier <i>et al.</i> , (1979)
Tannins	Anti-diarrhéique vasoconstricteurs et hémostatiques Antioxydantes	(Paris et Hurabielle., 1981 Okamura <i>et al.</i> , 1993 Kubata <i>et al.</i> , 2005)
Lignanes	Anti-inflammatoires, analgésiques	Kim <i>et al.</i> , (2009)
Quinones	laxatifs stimulants, antidépressives, anti-protozoaires, antivirales, antibactériennes, fongicides et antiallergiques	(Bruneton, 1993; Hennebelle <i>et al.</i> , 2004).
Stiblène (le transresveratro)	Anticancéreux	(Macheix <i>et al.</i> , 2005).

### 3.2. Alcaloïdes

#### 3.2.1. Définition

Le terme d'alcaloïde a été introduit par W. Meisner au début du XIX<sup>è</sup>m (Kone, 2009). Ils constituent un des plus grands groupes de métabolites secondaires avec près de 10 000 à 12 000 différentes structures (Roberts et Wink, 1999 ; Stöckigt *et al.*, 2002).



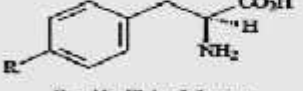

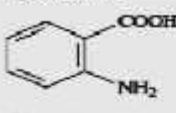
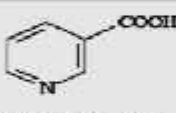
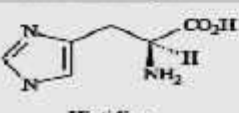
Les alcaloïdes sont des composés alcalines azotés au goût amer (Raven et *al.*, 2003).

### 3.2.2. Structure

Un alcaloïde est un composé organique hétérocyclique avec l'azote comme hétéroatome, sa structure moléculaire est complexe plus ou moins basique et doué de propriétés physiologiques prononcées même à faible dose (Bruneton, 1999 ; Zenk et Juenger, 2007).

L'atome de l'azote provient, en général, d'un acide aminé dont la structure carbonée reste souvent intacte dans la structure finale de l'alcaloïde. Cependant, il existe un grand nombre des alcaloïdes qui n'ont pas forcément un acide aminé comme précurseur (tableau 6) (Bhat et *al.*, 2005; Mann et *al.*, 1994)

**Tableau 7:** quelques types d'alcaloïdes issus des acides aminés (Mauro, 2006).

Acide aminé	Type d'alcaloïde
 <p>Ornithine</p>	Pyrrrolidines, pyrrolizidines, tropanes
 <p>Lysine</p>	Pipéridines, quinolizidines, indolizidines
 <p>R = H, Phénylalanine R = OH, Tyrosine</p>	Alcaloïdes du type éphédrine, isoquinoléines
 <p>Tryptophane</p>	Indoles
 <p>Acide anthranilique</p>	Quinoléines, quinazolines, acridines
 <p>Acide nicotinique</p>	Pyridines
 <p>Histidine</p>	Imidazoles

### 3.2.3. Classification

#### 3.2.3.1. Alcaloïdes vrais

Les alcaloïdes vrais sont toxiques, dérivent d'acides aminés et comportent un atome d'azote dans un système hétérocyclique. Se trouvent dans les plantes, soit sous forme libre, soit sous forme de sel, soit comme N-Oxyde (Badiaga, 2011).

#### 3.2.3.2. Proto-alcaloïdes

Les proto-alcaloïdes sont souvent appelés «amines biologiques». Ce sont des amines simples dont l'azote n'est pas inclus dans un hétérocycle, (Badiaga, 2011).

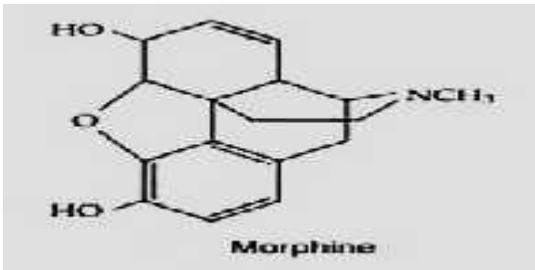
#### 3.2.3.3. Pseudo-alcaloïdes

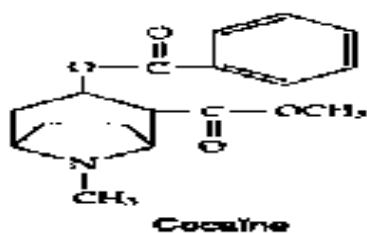
Les pseudo-alcaloïdes sont dérivés d'isoprénoïdes (alcaloïdes terpéniques), et du métabolisme de l'acétate. (Rakotonanahary, 2012). Présentent le plus souvent toutes les caractéristiques des alcaloïdes vrais, mais ne sont pas des dérivés des acides aminés (Badiaga, 2011).

### 3.2.4. Effets biologiques

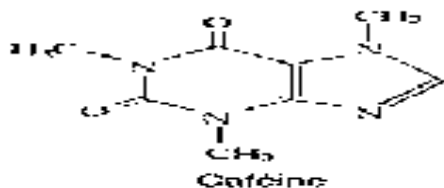
Les alcaloïdes figurent parmi les principes actifs les plus importants en pharmacologie et en médecine. L'intérêt qu'on leur porte reposait traditionnellement sur leur action physiologique et psychologique particulièrement violente chez l'Homme (Raven et al., 2003).

**Tableau 7** : quelques types d'alcaloïdes et leur effet biologique (Raven et al., 2003 ; Badiaga, 2011).

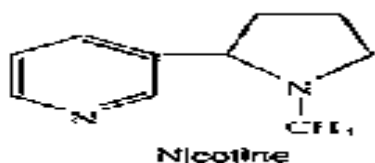
Type d'alcaloïde	Effet biologique
 <p>La structure chimique de la morphine est représentée. Elle est un alcaloïde pentacyclique complexe avec deux anneaux benzéniques, un ponton, un ponton à cinq chaînons et un ponton à six chaînons. Elle possède deux groupes hydroxyles (HO) et un groupe azote méthylique (NCH<sub>3</sub>). Le nom "Morphine" est inscrit sous la structure.</p>	la <b>morphine</b> , qui provient du pavot, utilisé actuellement en médecine comme analgésique ( Raven et al., 2003). dépresseur cardiaque et diurétique narcotique (Badiaga, 2011).



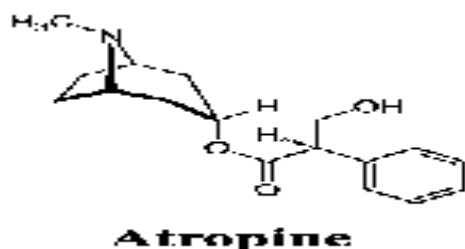
La **cocaïne** provient du coca, utilisée comme anesthésique dans la chirurgie de l'œil et pour les anesthésies locales par les dentistes (Raven et *al.*, 2003)



La **caféine**, trouvée dans certaines plantes telles que le café. Elle a un effet stimulant (Raven et *al.*, 2003 ; Badiaga, 2011)



La **nicotine**, stimulant produit par les feuilles de tabac. Il est très toxique (Raven et *al.*, 2003).



L'**atropine**, provenant de la jusquiame d'Égypte, utilisée comme stimulant cardiaque, comme dilatateur de la pupille pour examen de l'œil et comme antidote efficace en cas d'empoisonnement par certains gaz neurotoxique (Raven et *al.*, 2003).

### 3.3. Terpénoïdes

#### 3.3.1. Définition et structure

Les terpénoïdes, appelés terpènes, existent chez toutes les plantes avec plus de 22.000 composés décrits (Raven et *al.*, 2003). Ce sont des hydrocarbures naturels, de structure soit cyclique soit à chaîne ouverte, Leur formule brute est  $(C_5H_8)_n$ , dont le  $x$  est variable en fonction du degré d'insaturation de la molécule (Raven et *al.*, 2003 ; Malecky,


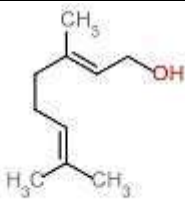
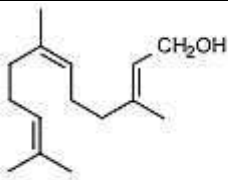
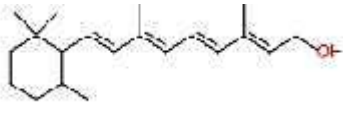
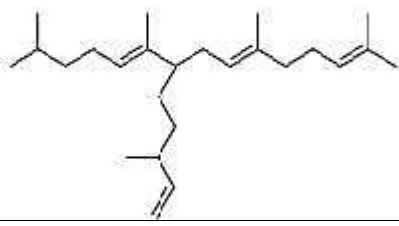

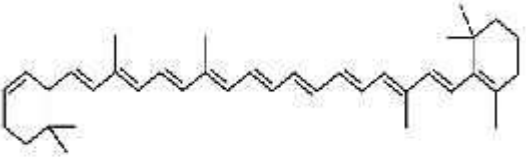


2005 ; Benaissa, 2011) et comprennent les huiles essentielles , le taxol , le caoutchouc et les glycosides cardiotoniques (Raven et *al.*,2003 ).

### 3.3.2. Classification

Le terpénoïde le plus simple est un hydrocarbure, l'isoprène ( $C_5H_8$ ). On peut classer tous les terpénoïdes en fonction du nombre de leur unités isoprène ( Raven et *al.*,2003 ).

**Tableau 8:** Structure et classification des terpénoïdes avec quelques exemples (Belbache, 2003 ; Kanoun, 2011 ; Grigoraş, 2012).

Classe de terpènes	Structure	Exemples
<b>Hémiterpène (1 : 5)</b>		<b>Isoprène</b>
<b>Monoterpènes (2 : 10)</b>		Géraniol, Nérol, myrcène, citronnelle, huiles essentielles
<b>Sesquiterpènes (3 : 15)</b>		farnésol, $\beta$ -Cadinène, la chaîne de la chlorophylle, vitamine E
<b>Diterpènes (4 : 20)</b>		Rétinol, sclaréol, phytol
<b>Sesterpènes (5 : 25)</b>		haslène
<b>Triterpènes (6 : 30)</b>		Squalène, phytostérol, lanostérol
<b>Tetraterpènes (8 : 40)</b>		$\alpha$ -Carotène

Polyterpènes (> 100 : > 500)	Caoutchouc	Caoutchouc, Cytoquinine
---------------------------------	------------	-------------------------

### 3.3.3. Activités biologiques de composés triterpéniques

Les activités biologiques des triterpènes sont diverses, ces composés étant reconnus comme antimicrobiens, antimycotiques, virostatiques, toniques, hémolytiques, cytostatiques immunomodulateurs, hépatoprotecteurs, ce qui peut les rendre favorables à l'usage pharmacologique (Muffler et *al.*, 2011), mais la plus importante des activités biologiques des triterpènes, est celle d'anti-inflammatoire non-stéroïdienne.(Grigoraș, 2012).

### 3.3.4. Huiles essentielles

#### 3.3.4.1. Définition

Les huiles essentielles sont des composants liquides et hautement volatiles des plantes, marqués par, une forte et caractéristique odeur, les terpènes (principalement les monoterpènes) représentent la majeure partie (environ 90%) de ces composants (Hamdani, 2012). Ils constituent entre autre le principe odoriférant des végétaux. Ces molécules sont employées comme condiment (girofle) ou comme parfum (rose, lavande) (Belbache, 2003).

Les huiles essentielles ne contiennent pas de corps gras (lipides) (Khenaka, 2011 ; Hamdani, 2012). Usuellement, sont obtenues par hydro-distillation (Rakotonanahary, 2012), et elles sont plus ou moins modifiées au cours de la préparation (Figueredo, 2007).

#### 3.3.4.2. Effets biologiques

Plusieurs activités sont attribuées aux huiles essentielles: cholérétique, cicatrisante, neurosédative, spasmolytique, digestive, stomachique, antimicrobienne, anti-inflammatoire, désinfectante du système respiratoire (Inouye et Takizawa, 2001; Inouye et Yamaguchi, 2001), acidifiante, tonicardiaque, fluidifiante du sang, antivenimeuse, antispasmodique, pour la conservation tissulaire, sédation épidermique locale, revitalisation par oxygénation et défloculation du sang...etc (Bernad, 2000).

Partie II :  
Etude expérimentale



*Matériels et  
Méthodes*

## Partie II : ETUDE EXPERIMENTALE

### Chapitre I : Matériels et méthodes

#### 1. Matériels


##### 1.1. Matériels végétaux

##### 1.1.1. Echantillonnage

Notre objectif est soutenu sur une étude phytochimique de quelques épices afin d'avoir un concept générale sur leurs teneurs en principes actifs (métabolites secondaires). Mais également, l'étude de l'impact de traitement thermique sur ces métabolites. On a sélectionnées pour l'étude, les épices usuellement constitutives de mélange « ras el hanout ». Car, on a basé dans le choix des épices sur les études de Atti, (2014), Boukri, (2014). Qui ont fait une enquête au niveau de six herboristes dans la région d'Ouargla. Dont des échantillons de « ras el hanout » ont été acheté et examinés. Quatre échantillons ont présenté une similarité dans leurs compositions, qui constitués de dix épices avec des proportions de participation différentes d'un mélange à l'autre. Les dix épices sont : coriandre, gingembre, cannelle, anis vert, poivre noire, curcuma, carvi, noix de muscade, cumin, Fenouil. La classification et la description botanique de ces épices sont présentées dans le tableau (10) suivant

On a veillé dans l'achat, sur l'odeur forte et la couleur éclatante caractéristique de chacune des épices.

**Tableau 10** : Classification des épices sélectionnées.

Epices	Classification
<p data-bbox="225 1514 352 1541"><b>Anis vert</b></p> 	<p data-bbox="715 1541 1086 1794"> <b>Règne</b> : plantae  <b>Division</b> : Magnoliophyta  <b>Classe</b> : Magnoliopsida  <b>Ordre</b> : Apirales  <b>Famille</b>: Apiaceae  <b>Genre</b> : <i>Pimpinella</i>  <b>Espèce</b>: <i>Pimpinellaanisum L</i> </p> <p data-bbox="715 1832 1150 1861">(bouderdara, 2013 et Ullah, 2012)</p>

<p><b>Cannelle</b></p> 	<p><b>Règne :</b> plantae  <b>Division :</b> Magnoliophyta  <b>Classe :</b> Magnoliopsida  <b>Ordre :</b> Magnoliales  <b>Famille:</b> Lauraceae  <b>Genre :</b> <i>Cinnamomum</i>  <b>Espèce:</b> <i>Cinnamomum cassia</i></p> <p>(Araar, 2009)</p>
<p><b>Carvi</b></p> 	<p><b>Règne :</b> plantae  <b>Division :</b> Magnoliophyta  <b>Classe :</b> Magnoliopsida  <b>Ordre :</b> Apiales  <b>Famille:</b> Apiaceae  <b>Genre :</b> <i>Carum</i>L.  <b>Espèce :</b> <i>Carum carvi</i> L</p> <p>(Alsnafi, 2015)</p>
<p><b>Coriandre</b></p> 	<p><b>Règne :</b> plantae  <b>Division :</b> Magnoliophyta  <b>Classe :</b> Magnoliopsida  <b>Ordre :</b> Apiales  <b>Famille:</b> Apiaceae  <b>Genre :</b> <i>Coriandrum</i>L  <b>Espèce:</b> <i>Coriandrum sativum</i>L</p> <p>(Siddharth et Babasaheb, 2014)</p>
<p><b>Cumin</b></p> 	<p><b>Règne :</b> plantae  <b>Embranchement :</b> Spermaphytes  <b>Classe :</b> dicotylédones  <b>Ordre :</b> Apiales  <b>Famille:</b> Apiaceae  <b>Genre:</b> <i>Cuminum</i>  <b>Espèce :</b> <i>Cuminum cyminum</i> L</p> <p>(Quezel et Santa, 1963)</p>
<p><b>Curcuma</b></p> 	<p><b>Règne :</b> plantae  <b>Classe :</b> monocotylédones  <b>Ordre :</b> zingibérales  <b>Famille:</b> Zingiberaceae  <b>Genre :</b> <i>Curcuma</i>  <b>Espèce:</b> <i>Curcuma longa</i></p> <p>(Hombourger, 2010)</p>

<p><b>Fenouil</b></p> 	<p><b>Règne :</b> plantae  <b>Classe :</b> dicotylédones  <b>Ordre :</b> Apiales  <b>Famille:</b>Apiaceae  <b>Genre :</b> <i>Foeniculum</i>  <b>Espèce:</b> <i>Foeniculumvulgare</i></p> <p>(Laouar, 2013)</p>
<p><b>Gingembre</b></p> 	<p><b>Règne :</b> plantae  <b>Classe :</b> Monocotylédones  <b>Sous Classe :</b> Zingibérideae  <b>Ordre :</b> Zingibérales  <b>Famille:</b> Zingibéraceae  <b>Genre :</b> <i>Zingiber</i>  <b>Espèce:</b> <i>Zingiber officinale</i></p> <p>(Gigon. F, 2012)</p>
<p><b>noix de muscade</b></p> 	<p><b>Règne :</b> plantae  <b>Classe :</b> dicotylédones  <b>Ordre :</b> Magnoliales  <b>Famille:</b>Myristicaceae  <b>Genre :</b> <i>Myristica</i>  <b>Espèce:</b> <i>Myristica fragrans</i></p> <p>(Jinous et Nastaran, 2012).</p>
<p><b>poivre noire</b></p> 	<p><b>Règne :</b> plantae  <b>Classe :</b>Equisetopsida  <b>Ordre :</b>Piperales  <b>Famille:</b> Piperaceae  <b>Genre :</b> <i>Piper</i>  <b>Espèce:</b> <i>Piper nigrum</i></p> <p>(Damanhoury et Aftab, 2014)</p>

## 2. Méthodes

### 2.1. Extraction des principes actifs

#### 2.1.1. Principe et la méthode d'extraction

Après collecte, le matériel est bien nettoyé, lavé rapidement par l'eau de robinet puis par l'eau distillé ensuite séché dans un endroit aéré et à l'abri de soleil. Après séchage les épices sont broyées grossièrement dans un moulin électrique (Penche, 2010; Lumbu et *al*, 2005).

Les poudres des épices étudiées sont mises à macérer pendant 24 heures à température ambiante, dans un mélange méthanol-eau (80/ 20 : V/V). L'extraction est refaite 3 fois avec renouvellement du solvant. Les macéras sont réunis et filtrés sur papier filtre. Le solvant est éliminé du filtrat sous vide à 40°C à l'aide d'un Rotavapor. L'extrait sec est solubilisé dans le méthanol.

#### 2.1.2. Rendement de l'extrait brut

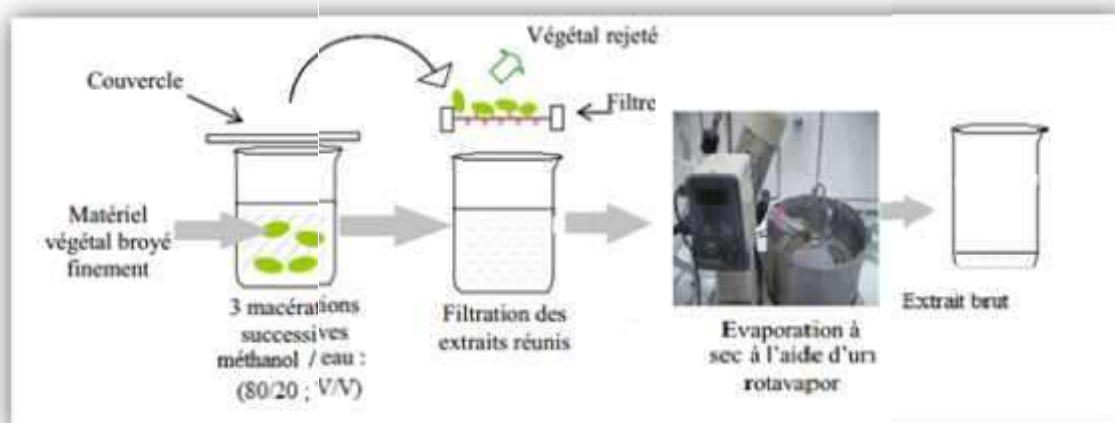
Le rendement de l'extrait brut est défini comme étant le rapport entre la masse de l'extrait sec obtenue et la masse du matériel végétal traité. Ce rendement est calculé *via* l'équation :

$$R(\%) = (Me / Mv) \times 100$$

R(%) : Rendement en %

Me : Masse de l'extrait après l'évaporation du solvant

Mv : Masse de la matière végétale utilisée pour l'extraction (Harborne, 1998)



**Figure 14:** protocole d'extraction par macération.



## **2.2. Screening phytochimique par chromatographie sur couche mince (CCM)**

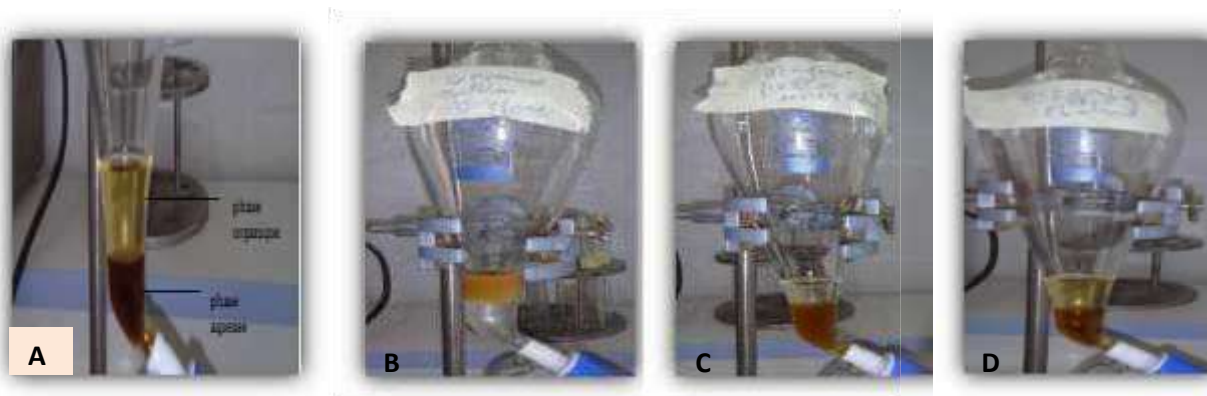
Le terme de screening phytochimique (en anglais screening, c'est-à-dire une suite de nombreux essais et erreurs) correspond à une technique de « criblage » c'est-à-dire la recherche systématique des produits naturels contenus dans les plantes récoltées en faisant de nombreux tests ou essais (Nouioua, 2012). D'après Azzi, (2013), le screening phytochimique ; sont des tests qualitatifs qui permettent de caractériser les différents groupes chimiques (Alcaloïdes, polyphénols, flavonoïdes, tanins, saponosides) contenus dans un organe végétal.

Le screening est réalisé sur des extraits fractionnés afin déterminer le contenu de chaque phase en principes actifs

### **2.2.1. Fractionnement des extraits par extraction liquide-liquide**

Le fractionnement de l'extrait brut s'effectue selon la méthode de Markham (1982). Ce fractionnement s'agit d'une extraction liquide-liquide qui mise en œuvre l'extraction entre deux phases liquides dans une ampoule à décanter, les deux liquides séparent les solutés en fonction de leur solubilité dans chaque solvant (Madjour, 2014).

Notre extraction a été réalisée successivement par quatre solvants. L'extrait brut a été initialement mélangé avec l'hexane (V/V), et après décantation, la phase organique a été récupérée. Tant que la phase aqueuse a été soumise à un autre fractionnement par le chloroforme, l'acétate d'éthyle puis par le n-butanol, en suivant les mêmes étapes que le premier fractionnement par l'hexane. En fin les extraits résultant sont considérés comme étant la fraction hexanique (EHx), du chloroformique (ECh), d'acétate d'éthyle (EAe) et n-butanolique (E N-b) (figure 15). Ces fractions sont conservées à basse température.



**Figure 15:** Différentes fractions obtenus par fractionnement liquide-liquide ;  
A : fraction hexanique, B : fraction chloroformique, C : fraction acétate d'éthyle, D : fraction n-butanolique.

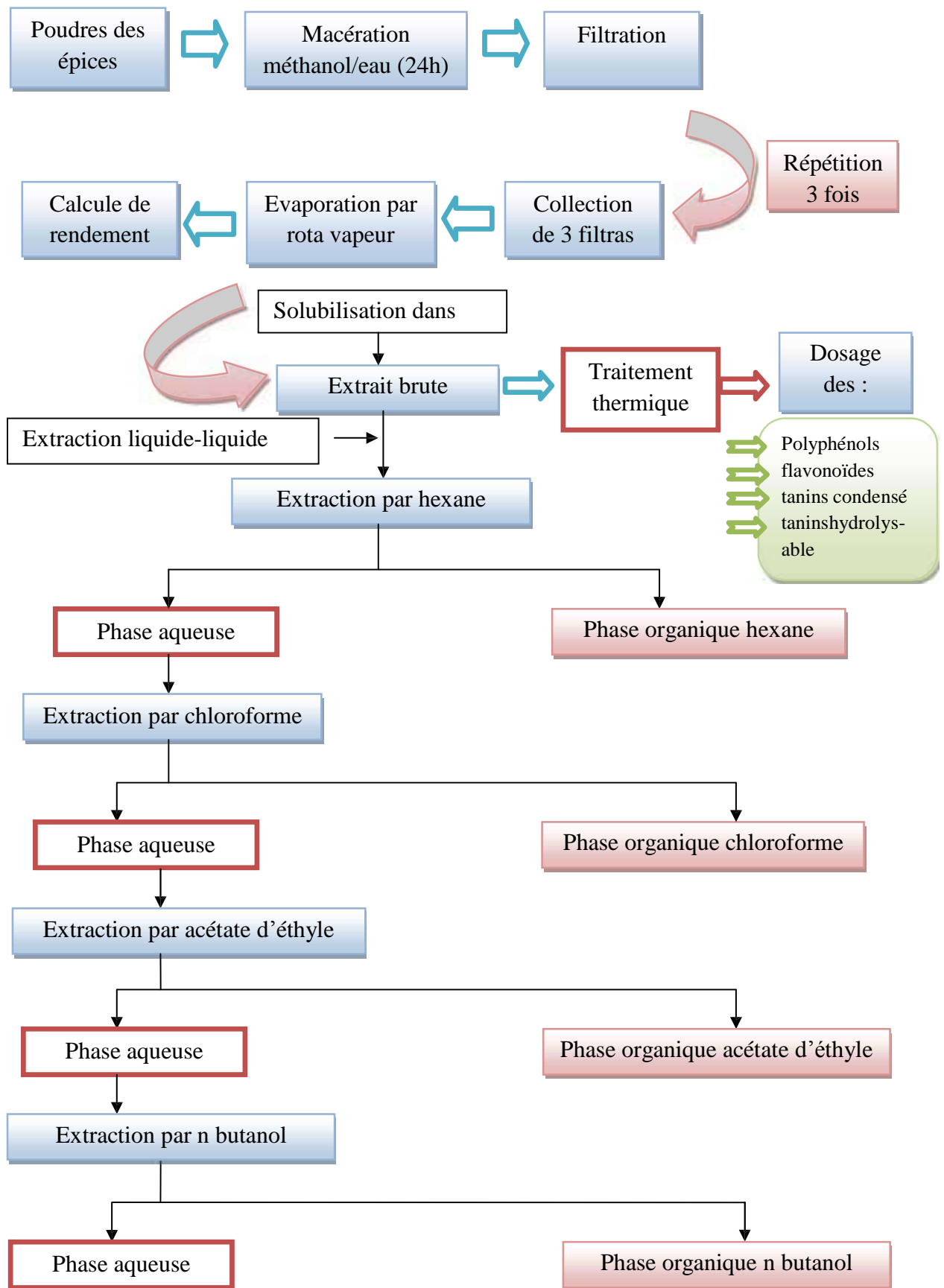


Figure 16: Schéma représente la méthodologie de travail

## 2.2.2. Déroulement de la CCM

La chromatographie sur couche mince (CCM) est une technique analytique rapide, simple, repose principalement sur des phénomènes d'adsorption et d'interaction. La phase mobile est un solvant ou un mélange de solvants, qui progresse le long d'une phase stationnaire

### 2.2.2.1. Phase stationnaire

La phase stationnaire est représentée par des plaques chromatographiques prêtes à l'emploi, ce sont des plaques en gel de silice 60F 254, sur feuille d'aluminium.

### 2.2.2.2. Phases mobiles

La phase mobile de l'extrait hexanique est constituée de mélange: n-butanol / acétate d'éthyle (8/1,9; v/v).

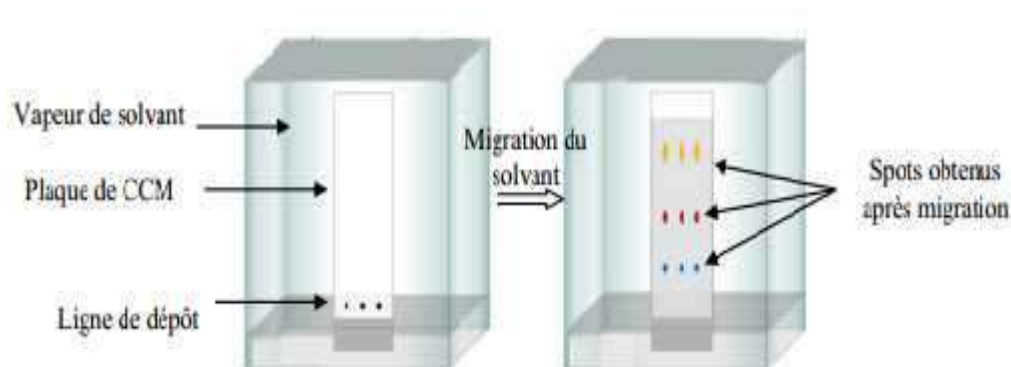
La phase mobile de l'extrait chloroformique est constituée de mélange : cyclohexane /acétate d'éthyle (10/8;v/v).

La phase mobile de l'extrait acétate d'éthyle est constituée de mélange : d'acétate d'éthyle/chloroforme/acétone (8/7/0.5;v/v/v).

La phase mobile de l'extrait n-butanolique est constituée de mélange : toluène /acétone /acide formique (3/5/1; v/v/v).

### 2.2.2.3. Dépôt d'échantillon

Environ un microlitre ( $\mu\text{l}$ ) de chaque extrait est déposé sur les plaque en un point repère situé au-dessus de la surface de l'éluant, on peut effectuer plusieurs dépôts successifs du même analyte en même endroit, cette pratique permet de concentrer l'analyte (Sine, 2003). Chaque plaque est déposée en position verticale ou légèrement inclinée dans la cuve préalablement saturée par les vapeurs du système solvant approprié, l'échantillon à étudier sera plus ou moins entraîné par la progression par capillarité de la phase mobile vers le haut de la plaque (Sine, 2003).



**Figure 17:** Principe de CCM (Reich et Schibli, 2007)

#### 2.2.2.4. Révélation

La révélation des plaques est effectuée chimiquement par des révélateurs spécifiques, et par la lampe UV à deux longueurs d'onde différentes (254 et 366 nm) et ceci avant et après la révélation chimique. Ce qui permet de délimiter les spots colorés correspondant aux certains composés (Marston et Hostettmann, 2006). Mentionnant que, Pour dépister les composés à activité antioxydante contenant dans les extraits de nos épices, un CCM pour chaque fractions organiques est réalisé et révélé par 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH), dissout dans du MeOH. La plaque chromatographique est ensuite séchée à la température ambiante pendant quelques minutes. L'apparition au visible de taches jaune-pâles sur fond violet (ou pourpre), témoigne de l'activité anti-oxydante de composé (Cuendet et *al.*, 1997; Takao et *al.*, 1994; Mensah, 2004; Mamyrbékova-Békroet *al.*, 2008).

##### a. Fraction hexanique : Deux révélateurs ont été utilisés ;

- *réactif de Godin*, composé de vanilline sulfurique (1%) dans un mélange acide sulfurique concentré - éthanol à 95% (2ml : 98ml). Après pulvérisation, la plaque est chauffée à l'étuve quelques minutes à 110°C.
- *Révélateur de Libermann-Buchard*, préparé à basse température par un mélange de 5ml d'anhydride acétique, 5ml d'acide sulfurique concentré et 50ml d'éthanol.
- *DPPH* concentré dans le méthanol.

##### b. Fraction chloroformique : quatre révélateurs ont été utilisés

- *Révélateur de carr-price* ( $SbCl_3$ ) (4g  $SbCl_3$  dans 20 ml méthanol).

- Révélateur de drangeroff, préparé par un mélange de deux solution 5ml de A et 5ml de B (A : 0.85g de nitrate basique de bismuth, 10g d'acide tartrique et 10ml d'eau distillé. B : 16g d'iodure de potassium et 40ml d'eau distillé).

- Révélateur de KOH à 1% dans l'éthanol.

- Révélateur d'ammoniaque ( $NH_3$ ).

-DPPH concentré dans le méthanol.

c. **Fraction d'acétate d'éthyle**, trois révélateurs ont été utilisés :

- Révélateur d'ammoniaque ( $NH_3$ ).

- Révélateur de KOH, à 1% dans l'éthanol.

- Révélateur de trichlorure d'aluminium ( $AlCl_3$ ), à 1% dans l'éthanol.

- DPPH concentré dans le méthanol

d. **Fraction du n butanol**,

-Révélateur de trichlorure d'aluminium ( $AlCl_3$ ) à 1% dans l'éthanol.

- Révélateur de carr-price ( $SbCl_3$ ).

- Révélateur de trichlorure de fer ( $FeCl_3$ ) à 10% dans le méthanol.

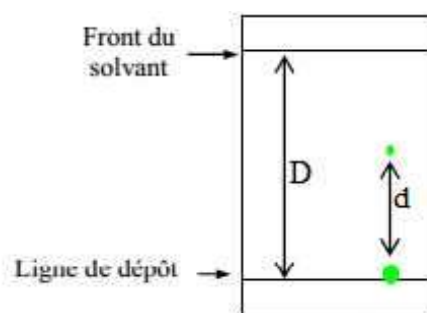
-DPPH concentré dans le méthanol

### 2.2.2.5. Expression des résultats

Après migration et révélation, chaque spot est caractérisé par sa fluorescence sous UV, sa coloration après la révélation et son facteur de rétention (**Rf**), ceci est calculé via l'équation  $Rf = d/D$

**d**: Distance parcourue par le constituant.

**D**: Distance parcourue par le front de l'éluant.



**Figure 18** : calcul du rapport frontal

## 2.3. Effet de la température sur les teneurs des extraits en métabolites secondaires

### 2.3.1. Traitement thermique des extraits

La mise en évidence de l'effet de la température sur le contenu des épices en métabolites, fait partie de notre objectif. Les métabolites ciblés sont, les polyphénols, les flavonoïdes et les tanins. Afin de ressortir l'effet de la cuisson sur ces composés. Pour exécuter cet objectif, des tubes à essai contenant des extraits bruts de chaque épice sont portés à ébullition à 200°C et à des intervalles de temps différentes : 30 minute, 60 minute, 90 minute et 120 minute de traitement. Et une fraction non traitée pour chaque épice sert de témoins. Le traitement thermique de chaque épice et les dosages sont effectués en triplicata.



**Figure 19:** traitement thermique des extraits.

### 2.3.2. Dosage des phénols totaux

Le dosage des phénols totaux (TPC) pour chaque extrait a été réalisé par la méthode de Folin-Ciocalteu (Singleton et *al.*, 1999). Ce dosage repose sur l'oxydation en milieu basique des fonctions oxydables de polyphénols par un mélange d'acide phosphotungstique (H<sub>3</sub>PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>) et d'acide phosphomolybdique (H<sub>3</sub>PMo<sub>12</sub>O<sub>40</sub>) qui est réduit, lors de l'oxydation des phénols, en mélange d'oxydes bleus de tungstène (W<sub>8</sub>O<sub>23</sub>) et molybdène (Mo<sub>8</sub>O<sub>23</sub>). La coloration bleue produite possède une absorption maximale au environ de 760 nm. Elle est proportionnelle au taux des composés phénoliques. L'étalon utilisé est l'acide gallique (AG) (Montreau, 1972).

Pour se réaliser, 200 µl d'extrait (préparé dans le méthanol avec les dilutions convenables) est ajouté à 800 µl de la solution de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (75 g/l d'eau distillée), après agitation, 1ml de la solution de Folin Ciocalteu (dilué dix fois dans l'eau distillée) est ajouté à

l'ensemble, après 30 min d'incubation à la température du laboratoire et à l'obscurité, l'absorbance est lue à 765 nm contre un blanc sans extrait (Yakhlef, 2010).

### 2.3.3. Dosage des flavonoïdes

La détermination de la teneur en flavonoïdes dans l'extrait de chaque épice est effectuée par la méthode de trichlorure d'aluminium ( $\text{AlCl}_3$ ) (Bahorun, 1997). La formation d'une liaison covalente entre le trichlorure d'aluminium et les groupements hydroxyles (OH) des flavonoïdes produisent un complexe de couleur jaune ayant une absorbance maximale à 430nm (Ababsa, 2009). Pour se réaliser, 1 ml de l'extrait (préparé dans le méthanol avec les dilutions convenables) a été ajouté à 1ml de la solution d' $\text{AlCl}_3$  (2% dans le méthanol). Après 10 min d'incubation, l'absorbance été lue à 430 nm. Toutes les manipulations sont répétées 3 fois (Yakhlef, 2010).

La courbe d'étalonnage est effectuée par la routine à différentes concentrations, dans les mêmes conditions et les mêmes étapes du dosage (Manallah, 2012).

### 2.3.4. Dosage des tanins

#### 2.3.4.1. Dosage des tanins condensés (test de la vanilline avec $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) : (Swain et Hillis, 1956).

Ce test est basé sur la condensation des composés polyphénoliques avec la vanilline en milieu acide. Il est spécifique des flavones3-ols. 1 ml de chaque extrait (dissous dans le méthanol) avec les dilutions convenables a été ajouté à 2ml d'une solution préparé par la vanilline à 1% avec l'acide sulfurique à 70%. Le mélange a été vigoureusement agité et l'absorbance à 500 nm a été lue après 15 minutes d'incubation au bain marie à 20°C.

Les résultats sont exprimés en utilisant l'équation suivante :

$$Q = [ T(\%) = 5.2 \times 10^{-2} \times \frac{DO \times V}{P} ]$$

$5.2 \times 10^{-2}$  : Constante exprimée en équivalent de cyanidines.

DO : densité optique.

V : volume d'extrait utilisé en ml.

P : poids de l'échantillon en g.

T% : pourcentage du taux des tanins condensés par rapport à la matière sèche



### 2.3.4.2. Dosage des tanins hydrolysables (au chlorure ferrique) : (Mole et Watrman, 1987)

Cette méthode est basée sur une réaction avec le chlorure ferrique. Le mélange de l'extrait tannique avec le réactif chlorure ferrique provoque la coloration bleu noir en présence de tanins galliques et brun verdâtre en présence de tanins catéchiques.

1 ml de l'extrait et on ajoute dans chaque tube 3.5ml d'une solution de  $\text{FeCl}_3$  0.01M dans l'Hcl 0.001M (V/V). Le mélange a été vigoureusement agité et l'absorbance à 660 nm a été lue directement. Les résultats sont exprimés en utilisant l'équation suivante :

$$T(\%) = \text{DO} \times \frac{\text{F} \times \text{V}}{\text{E mole} \times \text{P}}$$

DO : densité optique.


E mole: 2169 de l'acide gallique.

Facteur de correction : 300.

V : volume d'extrait utilisé en ml.

P : poids de l'échantillon en g.

T% : pourcentage des tanins hydrolysables par rapport à la matière sèche.



*Résultats et  
discussion*

## Chapitre II. Résultats et discussions

### 1. Rendement d'extraction

Le rendement (%) représente le poids de l'extrait par rapport au poids du matériel végétal utilisé. Ces rendements sont calculés et les résultats sont illustrés dans la figure (20) suivante :

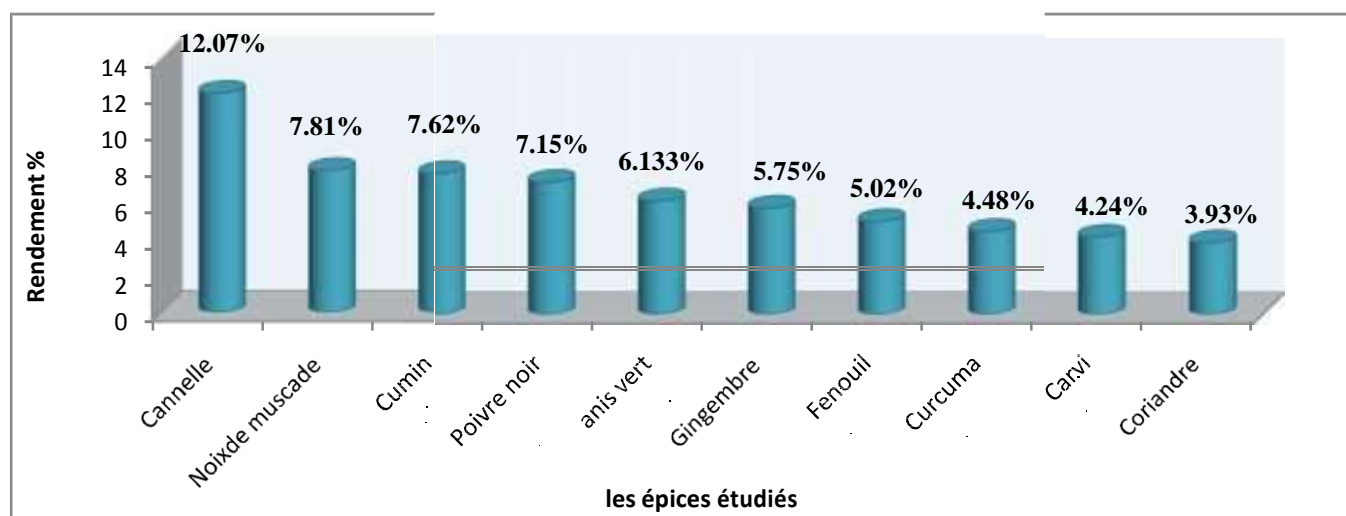


Figure 20 : Les rendements de l'extraction

Les rendements d'extraction sont consignés dans la figure (20). Qu'elle montre que la cannelle a donné le meilleur rendement d'extraction avec un taux de 12.07%. Suivie de noix de muscade, le cumin, poivre noire et le fenouil qui marquent les valeurs 7.81%, 7.62%, 7.15% et 6.13% respectivement. Les rendements relativement faibles ont été obtenus avec les épices carvi, Curcuma et Coriandre dont les valeurs enregistrées sont de 4.24%, 4.48% et 3.93% respectivement.



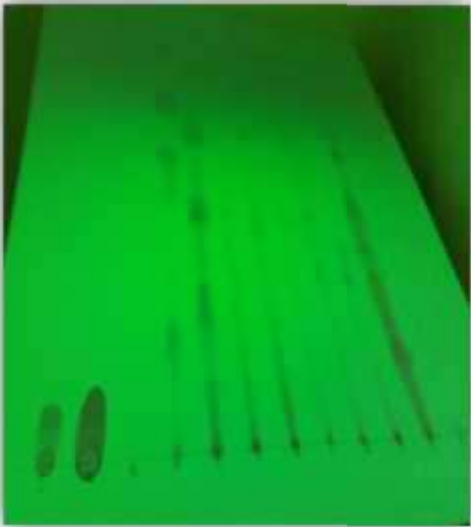

On réalité il est inutile de comparer nos rendements avec ceux de la littérature, parce que, ce paramètre est lié aux conditions climatiques de culture à savoir la température, taux d'exposition au soleil, sécheresse, salinité, pratiques culturales, la maturité à la récolte et les conditions de stockage (Falleh et *al.*, 2008 ; Podsedek, 2007 ; Turkmenet *al.*, 2007).

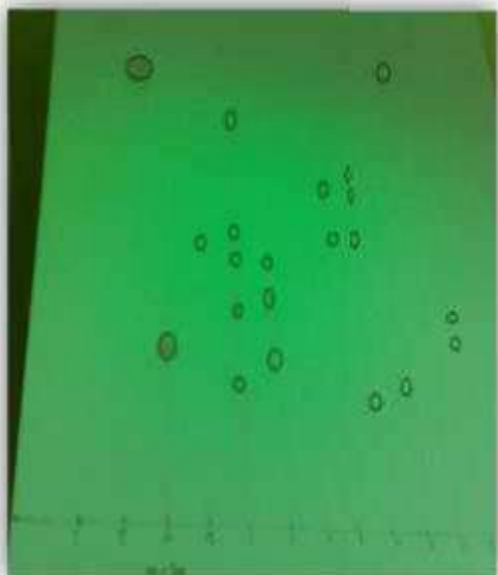
### 2. Screening phytochimique par CCM

Le screening phytochimique est effectué sur des extraits fractionnés, le fractionnement est réalisé selon la méthode de Markham, (1982), en utilisant une série de solvants à polarité croissante. Le premier solvant était l'hexane, suivie de chloroforme, puis l'acétate d'éthyle, enfin

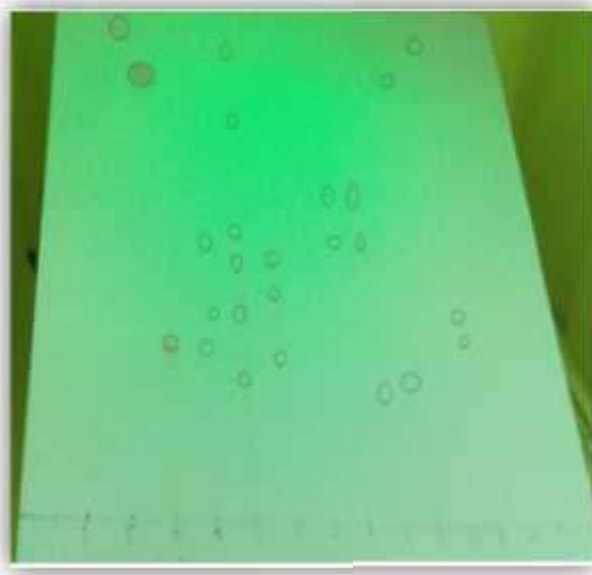
le n-butanol. Comme on a sélectionné pour chaque fraction, un développant (phase mobile) et des révélateurs appropriés. Après révélation, les spots (de différentes couleurs) sont entourés et les Rf sont ainsi calculés. Les témoins utilisés sont l'acide gallique, rutine et catéchine.

Quelques photos des plaques obtenues avec les différents révélateurs sont illustrées au-dessus :

	
<p><b>Figure 21:</b> Plaque révélée par révélateur Godin (366 nm) ; Phase mobile (n-butanol / acétate d'éthyle).</p>	<p><b>Figure 22:</b> Plaque révélée par Liebermann-Buchard (366 nm) ; Phase mobile (n-butanol / acétate d'éthyle).</p>
	
<p><b>Figure 23:</b> Plaque révélée par KOH (366 nm) ; Phase mobile (cyclohexane / acétate d'éthyle).</p>	<p><b>Figure 24:</b> Plaque révélée par KOH (254 nm) ; Phase mobile (cyclohexane / acétate d'éthyle).</p>



**Figure 25:**Plaque révéle par  $\text{AlCl}_3$  (254 nm) ; Phase mobile (acétate d'éthyl /chloroforme/ acétone).



**Figure 26:**Plaque révéle par  $\text{AlCl}_3$  (366 nm) ; Phase mobile (acétate d'éthyl /chloroforme/ acétone).



**Figure 27:** Plaque révéle par  $\text{FeCl}_3$  ; Phase mobile (toluène /acétone /acide formique).



**Figure 28 :** Plaque révéle par  $\text{SbCl}_3$  (366 nm) ; Phase mobile (toluène /acétone /acide formique).

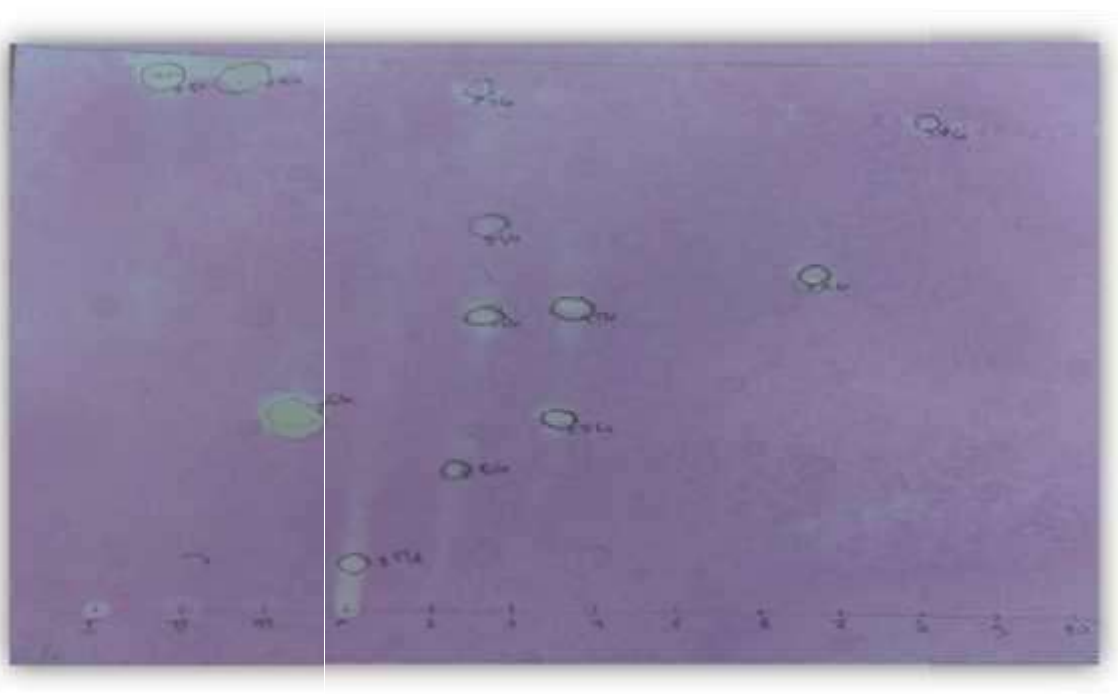


Figure 29 : Plaque révéler par DPPH ; Phase mobile (toluène /acétone /acide formique).

### 2.1. Screening phytochimiques de la phase hexanique

Les plaques sont révélées par le réactif du Liebermann-Buchard et Godin. La phase mobile est formée de mélange n-butanol (n-C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>)/ acétate d'éthyl (AcOEt) (8:1,9 ; v/v). Les résultats trouvés sont enregistrés dans le tableau (11) suivant :

Tableau 11: CCM des extraits de la phase hexanique

Extrait	RF	Liebermann Burchard		Godin		Composés chimiques possibles
		UV 254 nm	UV366 nm	UV 254 nm	UV366 nm	
<i>Cannelle</i>	0.9	-	Jaune Orangé	-	-	Triterpènes de type lupane
<i>Anis vert</i>	0.97	-	Jaune-orangé			Triterpènes de type lupane
	0.88	-	Rouge foncé			Triterpènes de type oléanane, ursanne L
	0.81	-	jaune orangé			Triterpènes de type lupane
	0.76	-	Bleu			NI
	0.66	-	-	-	Bleu	Stérols
	0.65	-	Jaune			Stéroïdes
	0.55	-	Rouge			Triterpènes de type

						oléanane, ursanne
	0.43	-	Bleu			Terpènes
	0.34	Bleu	-			Triterpènes de type oléanane, ursanne
<b>Coriandre</b>	0.19		Marron			NI
	0.93	-	-		Jaune	Terpènes
	0.90	-	Jaune			Stéroïdes
	0.83		Jaune			Stéroïdes
	0.75		-		Jaune	Terpènes
	0.66		Jaune orangé			Triterpènes de type lupane
	0.54		Rouge			Triterpènes de type oléanane, ursanne
	0.18	Rouge	-			NI
	0.08		Jaune			Stéroïdes
	0.92				Jaune orangé	NI
<b>Gingembre</b>	0.91		Marron			NI
	0.67		Jaune-orangé			Triterpènes de type lupane
	0.11		Jaune			Stéroïdes
	0.06		Jaune			Stéroïdes
	0.94		Jaune-orangé			Triterpènes de type lupane
<b>Carvi</b>	0.84		Marron			NI
	0.70		Jaune-orangé			Triterpènes de type lupane
	0.12		Jaune			Stéroïdes
	0.95		Jaune			Stéroïdes
<b>Cumin</b>	0.94				Marron	NI
	0.88		Rouge			Triterpènes de type oléanane, ursanne
	0.84		Jaune			Stéroïdes
	0.63		Jaune			Stéroïdes
	0.10		Jaune-orangé			Triterpènes de type lupane
	0.97				Bleu	Stérols
<b>Poivre. N</b>	0.90				Jaune	Terpènes
	0.88		Jaune			Stéroïdes
	0.97				Marron	Ni
	0.92		Jaune orangé		Jaune	Triterpènes de type lupane ; Terpènes
<b>Curcuma</b>	0.65		Jaune Orangé			Triterpènes de type lupane
	0.31		Jaune			Stéroïdes
	0.92		Jaune			Stéroïdes
	0.63		Jaune			Stéroïdes
	0.36		Bleu			NI
<b>Noix. M</b>						
T <sub>1</sub> : catéchine :	0.93					

T <sub>2</sub> : AG :	Rien	
-----------------------	------	--

Les chromatogrammes des extraits hexaniques ont été obtenus avec un gradient n-C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>/AcOEt, (8/1,9) ; (v/v). Selon Ladiguina et *al.*,(1983) et Bruneton (1993), l'hexane extrait les matières grasses et certains métabolites secondaires tels que les stérols et les terpènes, Ces derniers ont été mis en évidence avec le réactif de Godin et de Liebermann-Bürchard pour confirmer l'identification.

D'après les constats quelles ont été faits par Dohouet *al.*, (2003); Diaby (2009); Kadja (2009) suivies des résultats du Mamyrbékova-Békro et *al.*, (2012 ), menés sur d'autres plantes, on a confirmé notre assertion que le réactif de Liebermann-Bürchard, révèle d'une part, les triterpènes de type oléanane et ursane en rouge sous UV 366 nm, c'est le cas des spots au RF de 0.88 ; 0.55 données par l' extrait de l'Anis vert, aussi dans l'extrait du coriandre avec un RF de 0.54et dans l'extrait de cumin avec un RF de 0.88 ; ceux de type lupane en jaune-orangé ou orange ont été observés dans l'extrait de cannelle , l'anis vert , gingembre, carvi, cumin et curcuma avec des Rf suivants :0.90 ; 0.81 ; 0.67 ; 0.94 ; 0.70; 0.10 ; 0.65, respectivement. Selon ChaaibKouri, (2004) et Lagnika, (2005), le réactif de Liebermann-Bürchard peut révéler aussi les triterpènes de type oléanane et ursane en bleu sous UV à 254, ce genre de taches est détecté dans l'extrait de l'anis vert avec un Rf de 0.34. Le même révélateur colore les stéroïdes en donnant des taches jaunes ou jaune-vert, et c'est le cas des spots au Rf de 0.65 ; 0.90 ; 0.83 ; 0.08; 0.11 ; 0.06; 0.12; 0.95 ; 0.84 ; 0.63; 0.88; 0.31; 0.92 ; 0.63, correspondants respectivement aux extraits de l'anis vert, coriandre, gingembre, carvi, cumin, poivre noire, curcuma, fenouil.

Les spots de couleur bleue sous lumière UV/366 nm après pulvérisation du réactif de Godin représentent des stérols. C'est le cas des spots àRf0.66 ; 0.97 dans les extraits de l'anis vert et de poivre noire. Cependant, les spots colorés en jaune avec le même révélateur représentent des terpènes. Ce type des taches avec des Rf de 0.43 ; 0.93 ; 0.75 ; 0.90 est révélé chez les extraits de l'anis vert, coriandre, poivre noire respectivement.

Au regard des informations tirées de la bibliographie, nous constatons que les extraits hexaniques des dix épices sont majoritairement des stéroïdes, terpènes surtout triterpènes de type lupane et des stérols.



## **2.2. Screening phytochimiques de la phase chloroformique**

Les plaques sont révélées avec le réactif de carr-price ( $SbCl_3$ ), de drangeroff  $(AcO)_2 Pb$  basique, KOH, et d'ammoniaque ( $NH_3$ ). Le développant utilisé est composé de cyclohexane /acétate d'éthyle (10/8; v/v). Les résultats sont montrés dans le tableau (12).

Tableau 12: CCM des extraits de la phase chloroformique

Extrait	AlCl <sub>3</sub>		Composé possible	SbCl <sub>3</sub>		Composé possible	(AcO) <sub>2</sub> Pb basique		Composé possible	FeCl <sub>3</sub>		Composé possible
	RF	Couleur		RF	Couleur		RF	Couleur		RF	Couleur	
<i>Cannelle</i> 254 nm	0.29	Jaune	Flavonoïdes	-	-	-	-	-	-	0.3	Jaune	NI
	0.80	Jaune	Flavonoïdes	-	-	-	-	-	-	0.72	Jaune	NI
	0.92	Jaune	Flavonoïdes	-	-	-	-	-	-	0.88	Gris	Tanin
<i>Anis vert</i> 254 nm	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.64	Jaune	NI
	0.28	Brun	Flavonoïdes	-	-	-	0.25	Bleu	NI	0.27	Jaune	NI
	0.39	Brun	Flavonoïdes	-	-	-	0.7	Bleu	NI	0.37	Violet	NI
	0.60	Brun	Flavonoïdes	-	-	-				0.54	Gris	Tanin
	0.85	Brun								0.6	Gris	Tanin
<i>Coriandre</i> 254 nm	0.25	Violet	NI	0.26	Vert-bleu	Coumarine	0.25	Bleu	NI	0.11	Jaune	NI
	0.49	Violet	NI	0.32	Jaune-violet	NI	0.48	Bleu	NI	0.24	Gris	Tanin
	0.75	Jaune	Flavonoïdes	0.74	Jaune pale	Saponine stéroïdes	0.70	Orange	Alcaloïde	0.27	Orange	NI
										0.33	Violet	NI
										0.37	Violet	NI
										0.45	Violet	NI
										0.54	Violet	NI
										0.6	Violet	NI
										0.67	Violet	NI
										0.76	Orange	NI
0.81	Violet	NI										
-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	Violet	NI	
<i>Gingembre</i> 254 nm	-	-	-	0.45	Jaune pale	Saponine stéroïdes	-	-	-	0.24	Violet	NI
	0.2	Jaune	Flavonoïde	-	-	-	-	-	-	0.18	Jaune	NI
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.42	Jaune	NI
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.52	Gris	Tanin
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.57	Gris	Tanin

<b>366 nm</b>  <b>Coriandre 366 nm</b> <b>Cumin</b> <b>254 nm</b>	0.08	Jaune	Flavonoïde	-	-	-	-	-	-	0.05	Jaune	NI	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.07	Jaune	NI	
	0.50	Brun	Flavonoïde	-	-	-	-	-	-	0.10	Jaune	NI	
	0.60	Jaune	Flavonoïde	-	-	-	-	-	-	0.72	Orange	NI	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.51	Violet	NI	
<b>366 nm</b> <b>Poivre. N</b> <b>254 nm</b>	0.10	Bleu	Flavonoïde	-	-	-	-	-	-	0.58	Violet	NI	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.75	Violet	NI	
<b>366 nm</b>  <b>Curcuma</b>  <b>254 nm</b>	0.44	Jaune	Flavonoïde	0.45	Jaune pale	Saponine stéroïdes	0.42	Orange	Alcaloïde	-	-	-	
	-	-	-	0.49	Jaune pale	Saponine stéroïdes	0.50	-	-	0.40	Violet	NI	
	0.162	Bleu	Flavonoïde	-	-	-	-	Orange	Alcaloïde	0.51	Violet	NI	
	0.26	Bleu	Flavonoïde	-	-	-	-	-	-	0.2	Violet	NI	
	0.33	Bleu	Flavonoïde	-	-	-	-	-	-	0.23	Violet	NI	
	0.64	Jaune	Flavonoïde	-	-	-	-	-	-	0.27	Violet	NI	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.33	Violet	NI	
<b>366 nm</b>  <b>Fenouil</b> <b>366 nm</b>	0.2	Bleu	Flavonoïde	0.2	Jaune	Saponine stéroïdes	0.19	Orange	Alcaloïde	0.45	Violet	NI	
	0.40	Jaune-orange	Flavonoïde	0.28	Jaune	Saponine stéroïdes	0.35	Orange	Alcaloïde	0.60	Gris	Tanin	
	0.42	Jaune	Flavonoïde	0.48	Orange	Saponine stéroïdes	-	-	-	0.64	Gris	Tanin	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.14	Violet	NI	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.33	Violet	NI	
T <sub>1</sub> : catéchine (marron) : 0.06 T <sub>2</sub> : AG (marron) : 0.07-0.08				T <sub>1</sub> : catéchine R T <sub>2</sub> : AG R				T <sub>1</sub> : catéchine R T <sub>2</sub> : AG R				T <sub>1</sub> : catéchine (marron) :0.06 T <sub>2</sub> : AG (marron) : 0.08	

Extrait	NH <sub>3</sub>		Composé possible	KOH		composé chimique possible
	RF	Couleur		RF	Couleur	
<i>Cannelle</i>	0.29	Bleu	Coumarine	0.19	Bleu	Coumarine Ombélliférone
	0.67	Bleu	Coumarine	0.30	Bleu	Coumarine Ombélliférone
	0.92	Bleu	Coumarine	0.49	Bleu	Coumarine Ombélliférone
				0.53	Bleu	Coumarine Ombélliférone
				0.60	Bleu	Coumarine Ombélliférone
				0.76	Bleu	Coumarine Ombélliférone
	<i>Anis vert</i>	0.27	Marron	NI	0.097	Marron
0.34		Jaune	Coumarine	0.19	Marron	NI
0.54		Jaune	Coumarine	0.22	Bleu	Coumarine Ombélliférone
0.64		Bleu	Coumarine	0.27	Bleu	Coumarine Ombélliférone
0.74		Jaune	Coumarine	0.33	Bleu	Coumarine Ombélliférone
0.89		Jaune	Coumarine	0.44	Bleu	Coumarine Ombélliférone
				0.48	Bleu	Coumarine Ombélliférone
				0.53	Bleu	Coumarine Ombélliférone
				0.68	Bleu	Coumarine Ombélliférone
				0.72	Bleu	Coumarine Ombélliférone
<i>366 nm</i>	0.24	Bleu	7-hydroxycoumarines ou 7-hydroxy-6-alkoxycoumarines	0.19	Violet	NI
	0.41	Bleu	7-hydroxycoumarines ou 7-hydroxy-6-alkoxycoumarines	0.38	Violet	NI
	0.62	Jaune	Coumarine	0.56	Vert-bleu	NI
<i>Coriandre</i>	0.12	Marron foncé	NI	0.16	Bleu	Coumarine Ombélliférone
				0.24	Bleu	Coumarine Ombélliférone
				0.31	Jaune	Coumarine de type Angélicine
				0.40	Bleu	Coumarine Ombélliférone
				0.45	Bleu	Coumarine Ombélliférone
<i>Gingembre</i>	0.16	Marron foncé	NI	0.34	Marron	NI
	0.39	Marron foncé	NI	0.40	Marron	NI

	0.48	Marron foncé	NI	0.45	Marron	NI
				0.67	Marron	NI
<b>366 nm</b> <b>Carvi</b>	0.10	Marron	NI	0.44	Marron	NI
<b>Cumin</b>	0.38	Marron foncé	NI	0.32	Bleu	Coumarine Ombélliférone
	0.48	Marron foncé	NI	0.40	Bleu	Coumarine Ombélliférone
	0.58	Marron foncé	NI	0.45	Bleu	Coumarine Ombélliférone
<b>Poivre. N</b>  <b>Curcuma</b>	0.42	Jaune	Coumarine	0.69	Bleu	Coumarine Ombélliférone
				0.84	Bleu	Coumarine Ombélliférone
				0.92	Bleu	Coumarine Ombélliférone
				0.30	Bleu	Coumarine Ombélliférone
				0.37	Bleu	Coumarine Ombélliférone
				0.15	Jaune	Coumarine de type Angélicine
				0.19	Violet	NI
				0.22	Marron	NI
				0.26	Marron	NI
				0.30	Jaune	Coumarine de type Angélicine
				0.37	Jaune	Coumarine de type Angélicine
				0.41	Bleu	Coumarine Ombélliférone
				0.5	Bleu	Coumarine Ombélliférone
				0.64	Bleu	Coumarine Ombélliférone
0.72	Bleu	Coumarine Ombélliférone				
0.87	Bleu	Coumarine Ombélliférone				
<b>Fenouil</b>				0.21	Bleu	Coumarine Ombélliférone
<b>Noix de muscade</b>				0.41	Bleu	Coumarine Ombélliférone
				0.21	Bleu	Coumarine Ombélliférone
				0.40	Bleu	Coumarine Ombélliférone

Pour la phase chloroformique, nous avons cherché à caractériser divers composés tels que les stérols, les terpènes, les coumarines, les flavonoïdes et les alcaloïdes. À cet effet, un développant d'un mélange de cyclohexane/AcOEt (10:8; v/v) a été choisi pour faire migrer ces phyto-composés, aussi des révélateurs polyvalents tels que  $(\text{AcO})_2\text{Pb}$  basique à 1% (v/m),  $\text{SbCl}_3$  (réactif de Carr-Price) et  $\text{NH}_3$  ainsi que des réactifs spécifiques aux stérols et terpènes, aux coumarines (KOH), aux tanins ( $\text{FeCl}_3$ ) et à certains alcaloïdes (réactif de Dragendorff) ont été utilisés, pour une meilleure précision de la nature de chaque composé.

Selon (Mamrybékova-Békro et al., 2012) les réactifs  $\text{AlCl}_3$  et  $\text{NH}_3$  sont des réactifs spécifiques aux flavonoïdes. Du fait que l' $\text{AlCl}_3$  révèle les flavonoïdes en jaune dans le visible ou sous UV à ondes longues (Merck, 1980). Selon Lagnika, (2005), ce révélateur donne des taches dont la couleur change du bleu au brun. ou de jaune-vert fluorescent comme c'est mentionné par Ladiguina et al., (1983). Compte tenu de nos résultats, des spots à Rf (0.29, 0.8, 0.92) ; (0.75) ; (0.08, 0.2) ; (0.50, 0.40, 0.42) colorés en jaune dans les extraits de cannelle, anis vert, gingembre, poivre noir, curcuma, cumin respectivement ; ainsi que des taches en bleu avec des Rf de 0.10, 0.16, 0.26, 0.33, 0.2, dans les extraits de cumin et de curcuma. Des taches brunes, sont également révélées dans les extraits de l'anis vert et du cumin montrant des Rf 0.28, 0.39, 0.60, 0.85 et 0.50 respectivement. On estime que l'ensemble de ces taches peuvent représenter des flavonoïdes.

L'utilisation de  $\text{NH}_3$  met aussi en évidence la présence des composés phénoliques, de plus il permet d'identifier les coumarines en les colorant en bleu, vert, jaune, pourpre ou rose, il peut également les caractériser (Dekker, 2002). Ce révélateur peut révéler également certains types de flavonoïdes. En effet, des taches en jaune observées avec des Rf (0.34, 0.54, 0.74 et 0.89) au voisinage des extraits de l'anis vert et de poivre noir pourraient être des coumarines. Ces mêmes composés ont été mis en évidence dans l'extrait de cannelle et de l'anis vert avec des Rf 0.29, 0.67, 0.90, 0.64 colorés en bleu.

Tandis que les taches bleues observées sous UV à 366 nm apparaissent après pulvérisation par  $\text{NH}_3$ , en donnant des Rf de (0.24 et 0.41) dans l'extrait de l'anis vert, indiquent qu'elles correspondent aux 7-hydroxycoumarines ou 7-hydroxy-6-alkoxycoumarines (Dekker, 2002).

le réactif KOH, indiquent la présence de coumarine de type angélicine par l'apparition des taches en jaune-vert. Ce type de taches est révélé chez les extraits de coriandre et de curcuma avec des Rf de 0.31 et (0.15, 0.30, 0.37) respectivement. Cependant, celles colorées en bleues sous UV/366 nm après traitement par le KOH, représentent des coumarines de type ombélliférones (Ladiguina *et al.*, 1983; Georgirskii, *et al.*, 1990). Ce sont donc, des taches bleues qui se trouvent en abondance presque chez tous les épices avec des différents Rf (0.15, 0.30, 0.37); (0.19, 0.60, 0.76); (0.22, 0.48, 0.72); (0.16, 0.31, 0.40,); (0.69, 0.84, 0.92); (0.30, 0.37); (0.44, 0.72, 0.87); (0.21, 0.41); (0.21, 0.40) correspondent respectivement aux extraits de cannelle, anis vert, coriandre, cumin, poivre noire, curcuma, fenouil et noix de muscade.

Le réactif de Dragendorff a montré avec les extraits de cannelle, poivre noire, curcuma; des taches colorées en orange des Rf de (0.70; 0.42; 0.19; 0.35), confirmant ainsi la présence d'alcaloïdes, c'est exactement le même résultat du (Mamyrbékova-Békro J.A *et al.*, 2012).

L'utilisation du réactif de Carr-Price permet de révéler les coumarines dans le visible en jaune et sous lumière UV/366 nm en vert (Wagner *et al.*, 1996). C'est le cas du spot où le Rf égale à 0.25 dans l'extrait de l'anis vert perçu en vert-bleu, en déduisant qu'il correspond à la coumarine. D'autre part, le réactif de Carr-Price met en évidence les saponines stéroïdes en les colorant en jaune ou orange dans le visible et sous lumière UV/366 nm c'est le cas des spots des Rf (0.74, 0.45); 0.45; (0.45, 0.49); (0.2, 0.28, 0.48) correspondent à l'anis vert, coriandre, poivre noire, et curcuma.

Le dernier révélateur pour la phase chloroformique est le trichlorure ferrique (FeCl<sub>3</sub>) spécifique aux tanins, il révèle ces molécules sous forme de spots gris dans le visible (Lagnika, 2005). C'est le cas des spots obtenus avec les Rf (0.88); (0.54, 0.61, 0.81, 0.97, 0.11); (0.52, 0.97); (0.60, 0.64) dans les extraits de cannelle, l'anis vert, gingembre, curcuma respectivement.

### **2.3. Screening phytochimiques de la phase acétate d'éthyle**

Les plaques de cette phase sont révélées par DPPH, NH<sub>3</sub>, AlCl<sub>3</sub>, KOH. Le développant utilisé est formé de mélange d'acétate d'éthyle/ chloroforme/acétone (8/7/0.5; v/v/v). Les résultats sont montrés dans le tableau 13.



**Tableau 13:** CCM des extraits de la phase d'acétate d'éthyle

T <sub>1</sub> : catéchine (violet) : 0.14		T <sub>2</sub> : AG (violet) : 0.2				T <sub>1</sub> : catéchine (Jaune) : 0.14		T <sub>2</sub> : AG (Jaune) : 0.12			
Epice	Avant révélation Visible		Révélation par DPPH		composé possible	Visible		composé possible	Révélation par NH <sub>3</sub>		composé possible
	RF	couleur	RF	Couleur		RF	couleur		RF	Couleur	
<i>Cannelle</i>	0.1	Violet	0.1	Jaune	Antioxydant	0.11	Jaune	Coumarine	-	-	-
	0.21	Violet	0.21	Jaune	Antioxydant	0.38	Jaune	Coumarine	-	-	-
<i>Anis vert</i>	0.32	Violet	0.32	Jaune	Antioxydant	0.25	Jaune	Coumarine	0.41	Bleu	Coumarine
	0.37	Violet	0.37	Jaune	Antioxydant	0.33	Jaune	Coumarine	0.47	Bleu	Coumarine
	0.49	Bleu	0.49	Jaune	Antioxydant	0.40	Jaune	Coumarine	0.75	Bleu	Coumarine
	0.59	Violet	0.59	Jaune	Antioxydant	0.48	Jaune	Coumarine	-	-	-
366 nm	0.67	Fl-Jaune	0.67	Jaune	Antioxydant	0.58	Jaune	Coumarine	-	-	-
	0.74	Fl-Jaune	0.74	Jaune	Antioxydant	0.74	Jaune	Coumarine	0.81	Bleu	7-hydroxycoumarines et/ou 7-hydroxy-6-alkoxycoumarines.
<i>Coriandre</i>	0.2	Violet	0.2	Jaune	Antioxydant	0.12	Jaune	Coumarine	0.28	Bleu	Coumarine
	0.39	Violet	0.39	Jaune	Antioxydant	0.28	Jaune	Coumarine	-	-	-
	0.31	Violet	0.31	Jaune	Antioxydant	0.31	Jaune	Coumarine	-	-	-
<i>Gingembre</i>	0.06	Violet	0.06	Jaune	Antioxydant	0.32	Jaune	Coumarine	0.25	Bleu	Coumarine
	0.10	Violet	0.10	Jaune	Antioxydant						
	0.19	Violet	0.19	Jaune	Antioxydant						
	0.43	Violet	0.43	Jaune	Antioxydant						
<i>Carvi</i>	0.46	Violet	0.46	Jaune	Antioxydant	0.36	Jaune	Coumarine	-	-	-
<i>Cumin</i>	0.23	Violet	0.23	Jaune	Antioxydant	0.15	Jaune	Coumarine	-	-	-
						0.35	Jaune	Coumarine	-	-	-
<i>Curcuma</i>	0.29	Violet	0.29	Jaune	Antioxydant	0.31	Jaune	Coumarine	0.31	Bleu	Coumarine
	0.46	Violet	0.46	Jaune	Antioxydant	0.35	Jaune	Coumarine	0.35	Bleu	Coumarine
						0.38	Jaune	Coumarine	-	-	-
<i>Fenouil</i>	0.45	Violet	-	-	-	-	-	-	-	-	-
						-	-	-	-	-	-
<i>Noix. M</i>	0.45	Violet	-	-	-	-	-	-	-	-	-

	T <sub>1</sub> : catéchine (violet) : 0.14		T <sub>2</sub> : AG (violet) : 0.12				T <sub>1</sub> : catéchine (violet) : 0.12				T <sub>2</sub> : AG (violet) : 0.17	
Epice	Visible		Flavonoïde	Révélation par AlCl <sub>3</sub>		composé possible	Avant révélation		Révélation par KOH		composé possible	
	RF	Couleur		RF	Couleur		RF	couleur	RF	couleur		
<b>Cannelle 254 nm</b>	0.09	Jaune	Flavonoïde	0.09	Jaune	Flavonoïde	0.22	Violet	-	-	-	
	0.39	Violet		-	-	-	0.53	Violet	-	-	-	
<b>Anis vert 254 nm</b>	0.13	Violet		0.14	Bleu	NI	0.34	Violet	0.65	Bleu	Coumarine	
	0.27	Jaune	Flavonoïde	0.27	Jaune	Flavonoïde	0.47	Violet	-	-	-	
	0.33	Violet		-	-	-	0.58	Violet	-	-	-	
	0.40	Violet		-	-	-						
366 nm	0.75	Violet		-	-	-						
<b>Coriandre 254 nm</b>	0.13	Jaune	Flavonoïde	-	-	-	0.22	Violet	-	-	-	
	0.19	Jaune	Flavonoïde	-	-	-	0.40	Violet	-	-	-	
	0.29	Jaune	Flavonoïde	-	-	-						
	0.32	Jaune	Flavonoïde	-	-	-						
<b>Gingembre 254 nm</b>	0.05	Jaune	Flavonoïde	-	-	-	0.12	Violet	-	-	-	
	0.14	Jaune	Flavonoïde	-	-	-	0.20	Violet	-	-	-	
	0.26	Jaune	Flavonoïde	-	-	-	0.43	Violet	-	-	-	
	0.32	Jaune	Flavonoïde	-	-	-						
<b>Carvi 254 nm</b>	0.35	Jaune	Flavonoïde	-	-	-	0.46	Violet	-	-	-	
<b>Cumin 254 nm</b>	0.14	Jaune	Flavonoïde	-	-	-	0.15	Violet	-	-	-	
	0.36	Jaune	Flavonoïde	-	-	-	0.35	Violet	-	-	-	
<b>Curcuma 254 nm</b>	0.31	Jaune	Flavonoïde	0.48	Vert	NI	0.29	Violet	-	-	-	
	0.34	Jaune	Flavonoïde	0.75	Violet	NI	0.45	Violet	-	-	-	
	0.41	Jaune	Flavonoïde	-	-	-						
<b>Fenouil 254 nm</b>	0.36	Jaune	Flavonoïde	-	-	-						

Pour les phases d'acétate d'éthyle, le mélange de solvants AcOEt/CHCl<sub>3</sub>/AcOH; 8:7:0,5; (v/v/v) a été utilisé. Des révélateurs spécifiques et polyvalents, comme l'AlCl<sub>3</sub> qui révèle les flavonoïdes en jaune dans le visible et en bleu au brun sous lumière UV/366 nm (Lagnika, 2005). C'est le cas donc, des spots 0.9 ; 0.27 ; (0.3, 0.19, 0.29, 0.32) ; (0.5, 0.14, 0.26, 0.32) ; 0.35 ; (0.14, 0.36) ; (0.31, 0.34, 0.41) ; 0.36 perçus en jaune dans le visible, pour dans les extraits de cannelle, anis vert, coriandre, gingembre, carvi, cumin, curcuma, fenouil, respectivement.

Les révélateurs polyvalents, tels que le NH<sub>3</sub> et le KOH méthanoliques à 5% (m/v), nous amène à identifier les coumarines. Le NH<sub>3</sub> caractérise et identifie les coumarines, en les colorants en bleu, vert, jaune, pourpre ou rose (Dekker, 2002). C'est le cas des spots perçus en jaune avec des Rf de (0.11, 0.38) ; (0.25, 0.33, 0.40, 0.48, 0.58) ; (0.12, 0.28, 0.31) ; 0.32 ; 0.36 ; (0.15, 0.35) ; (0.31, 0.35, 0.38) pour l'extrait de cannelle, anis vert, coriandre, gingembre, carvi, cumin et curcuma respectivement. Aussi ceux colorés en bleu avec les Rf (0.41, 0.47, 0.75) ; 0.28 ; 0.25 ; (0.31, 0.35) correspondent à l'anis vert, coriandre, gingembre et curcuma, représentant des coumarines. En outre, le spot observé dans l'extrait de l'anis vert avec un Rf égale à 0,81 coloré en bleue sous lumière UV/366 nm, persistant après traitement par NH<sub>3</sub> correspondraient aux 7-hydroxycoumarines et/ou 7-hydroxy-6-alkoxycoumarines (Mamyrbékova-Békro *et al.*, 2012).

Par ailleurs, les coumarines sont révélées avec le KOH en jaune dans le visible et la coloration varie ou s'intensifie sous lumière UV/366 nm (Ladiguina *et al.*, 1983; Georgirskii, Komissarenko et Dmitrou, 1990), c'est comme la tache bleue observée avec le Rf de 0.65 dans l'extrait de l'anis vert.

Concernant les composés à activité anti-oxydante, révélés en jaune sur un fond mauve après pulvérisation par la solution de DPPH. On a constaté que la plupart des composés (flavonoïdes, coumarines), exercent par excellence l'activité anti-oxydante (taches à coloration intense). Après le traitement des extraits par le DPPH, on a marqué les spots jaunes avec des Rf (0.32, 0.37, 0.49, 0.59, 0.67) chez l'anis vert ; (0.2, 0.39) chez la coriandre ; (0.06, 0.10, 0.43) chez le gingembre ; 0.46 chez le carvi ; 0.23 avec le cumin et (0.29, 0.46) pour le curcuma.

#### **2.4. Screening phytochimique de la phase n-butanolique**

Les plaques de cette phase sont développées par le mélange toluène/acétone/acide formique (3/5/1; v,v,v). Et révélées par  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{SbCl}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$ . Les résultats sont montrés dans le tableau14.

Tableau 14 : CCM des extraits de la phase n-Butanolique

T <sub>1</sub> : catéchine (violet) : 0.89 T <sub>2</sub> : AG (violet) : 0.79						T <sub>1</sub> : catéchine (violet) : 0.89 T <sub>2</sub> : AG (violet) : 0.79					
Epice	Avant révélation		Révélation par AlCl <sub>3</sub>		composé possible	Avant révélation		Révélation par SbCl <sub>3</sub>		composé possible	
	RF	Couleur	RF	Couleur		RF	Couleur	RF	couleur		
<b>Cannelle 254 nm</b>	0.46	violet	-	-	-	0.46		-	-	-	
<b>Anis vert 254 nm</b>	0.22	Marron	-	-	-	0.16	Marron	-	-	-	
	0.34	Marron	-	-	-	0.20	Marron	-	-	-	
	0.44	Marron	-	-	-	0.32	Marron	-	-	-	
	0.49	Marron	-	-	-	0.43	Marron	-	-	-	
			-	-	-	0.48	Marron	-	-	-	
			-	-	-	0.53	Marron	-	-	-	
			-	-	-	0.71	Marron	-	-	-	
-	-	-	0.87	Marron	-	-	-				
<b>366 nm</b>	0.71	Bleu-vert	0.22	Jaune	Flavonoïde	0.70	Bleu-vert	0.21	bleu		
			0.91	Bleu-vert	0.33			bleu			
	0.88	Bleu-vert	0.34	Jaune	Flavonoïde			0.48	bleu		
			0.44	Jaune	Flavonoïde			0.58	bleu		
			0.49	Jaune	Flavonoïde			0.87	bleu		
			0.59	Jaune	Flavonoïde			0.91	Jaune		saponines stéroïdes
			0.73	Jaune	Flavonoïde						
0.89	Jaune	Flavonoïde									
<b>Coriandre 254 nm</b>	0.26	Jaune	-	-	-	0.24	Marron	-	-	-	
	0.38	Jaune	-	-	-	0.34	Marron	-	-	-	
	0.44	Jaune	-	-	-	0.36	Jaune	-	-	-	
						0.44	Marron	-	-	-	
<b>366 nm</b>	-	-	0.26	Jaune	Flavonoïde	-	-	0.26	Jaune	saponines stéroïdes	
	-	-	0.38	Jaune	Flavonoïde	-	-	0.38	Jaune	saponines stéroïdes	
	-	-	0.44	Jaune	Flavonoïde	-	-	0.44	Jaune	saponines stéroïdes	

<b>Carvi 254 nm</b>	0.49	Violet	-	-	-	0.46	Marron	-	-	-
						0.57	Marron	-	-	-
	0.6	violet	-	-	-					
<b>366 nm</b>	-	-	0.6	Jaune	Flavonoïde	-	-	0.47	Jaune	saponines stéroïdes
<b>Cumin 254 nm</b>	0.2	Marron	-	-	-	0.13	Marron	-	-	-
						0.15	Marron	-	-	-
	0.5	Marron	-	-	-	0.18	Marron	-	-	-
	0.59	Marron	-	-	-	0.47	Marron	-	-	-
	0.64	Marron	-	-	-	0.56	Marron	-	-	-
	1	Marron	-	-	-	0.59	Marron	-	-	-
					0.87	Marron	-	-	-	
<b>366 nm</b>	-	-	0.2	Jaune	Flavonoïde	-	-	0.47	Jaune	saponines stéroïdes
	-	-	0.5	Jaune	Flavonoïde	-	-	0.56	Bleu	
	-	-	0.59	Jaune	Flavonoïde	-	-	0.60	Bleu	
	-	-	0.64	Jaune	Flavonoïde	-	-	0.88	Bleu	
	-	-	0.69	Jaune	Flavonoïde	-	-			
	-	-	0.89	Jaune	Flavonoïde	-	-			
<b>Poivre. N 254 nm</b>	0.2	Violet	-	-	-	0.21	Marron	-	-	-
<b>366 nm</b>			0.28	Jaune	Flavonoïde					
<b>Curcuma 254 nm</b>	0.88	Violet	-	-	-	0.24	Marron	-	-	-
<b>366 nm</b>			0.88	Jaune	Flavonoïde					
<b>Fenouil 254 nm</b>	0.31	Violet	-	-	-	0.32	Marron	-	-	-
	0.36	Violet	-	-	-	0.35	Marron	-	-	-
	1	Violet	-	-	-					

Epice	Avant révélation		Révélation par FeCl <sub>3</sub> dans le visible		composé possible
	RF	Couleur	RF	Couleur	
<b>Cannelle 254 nm</b>	-	-	-	-	-
<b>Anis vert 254 nm</b>	0.17	Marron			
	0.21	Marron	0.28	Gris	Tanins
	0.25	Marron	0.37	Gris	Tanins
	0.34	Marron	0.45	Gris	Tanins
	0.43	Marron	0.50	Gris	Tanins
	0.48	Marron	0.86	Gris	Tanins
	0.70	Marron			
<b>366 nm</b>	0.86	Marron			
	0.70	Vert-bleu			
	0.87	Vert-bleu			
<b>Coriandre 254 nm</b>	0.25	Violet	0.28	Gris	Tanins
	0.36	Violet	0.41	Gris	Tanins
	0.43	Violet	0.44	Gris	Tanins
<b>Gingembre 254 nm</b>	0.37	Violet	0.39	Gris	Tanins
<b>Carvi 254 nm</b>	0.48	Violet	0.50	Gris	Tanins
	0.58	Violet	0.60	Gris	Tanins
<b>Cumin 254 nm</b>	0.17	Violet	0.19	Gris	Tanins
	0.2	Violet	0.21	Gris	Tanins
	0.5	Violet	0.52	Gris	Tanins
	0.59	Violet	0.60	Gris	Tanins
	0.63	Violet	0.64	Gris	Tanins
<b>Poivre. N 254 nm</b>	0.22	Marron	0.25	Gris	
<b>Curcuma</b>					
<b>Fenouil 254nm</b>	0.33	Marron	0.36	Gris	Tanins
	0.38	Marron	0.46	Gris	Tanins
<b>Noix du muscade</b>					
<b>Témoin1 : catéchine</b>	0.86	<b>Témoin2 :AG</b>	0.75	<b>Témoin3 : Rutine</b>	0.25

Ce qui concerne les fractions n-Butanoliques, nous avons cherché à caractériser les polyphénols et les saponines, et suivant les travaux de (Mamyrbékova-Békro *et al.*, 2012). On a utilisé un gradient de solvants AcOEt/EtOH/HCOH/H<sub>2</sub>O, 10:1,1:1,1:3 (v/v/v/v), avec les révélateurs AlCl<sub>3</sub>, SbCl<sub>3</sub>, FeCl<sub>3</sub>. Comme on a vu précédemment, que l'AlCl<sub>3</sub> révèle les flavonoïdes dans le visible en jaune et sous lumière UV/366 nm en bleu au brun (Lagnika, 2005). On peut dire que ces composés sont représentés par les spots colorés en jaune avec des Rf de (0.22, 0.34, 0.44, 0.49, 0.59, 0.73, 0.89) ; (0.26, 0.38, 0.44) ; 0.6 ; (0.2, 0.5, 0.59, 0.64, 0.69, 0.89) ; 0.28 ; 0.88 obtenus avec l'anis vert, coriandre, carvi, cumin, poivre noire, curcuma respectivement.

Tandis que le réactif de Carr-Price met en évidence les stérols, terpènes, flavonoïdes et les saponines. Il caractérise en outre les saponines stéroïdes en jaune ou orange dans le visible et sous lumière UV/366 nm. Ce genre de spots à Rf= 0.91 ; (0.26, 0.38, 0.44) ; 0.47 ; 0.47 est détecté respectivement dans l'extrait de l'anis vert, coriandre, carvi, cumin.

Par ailleurs le réactif de (FeCl<sub>3</sub>) colore les tanins noir ou gris, des spots obtenus au voisinage des extraits de l'anis vert, coriandre, gingembre, cumin, poivre noire, fenouil, Avec des Rf de (0.19, 0.25, 0.28, 0.37, 0.45, 0.50, 0.86) ; (0.28, 0.41, 0.44) ; 0.39 ; (0.50, 0.60) ; (0.19, 0.21, 0.52, 0.60, 0.64) ; 0.25 ; (0.36, 0.46) respectivement.

Les estimations données par comparaison avec la littérature et par l'utilisation de plusieurs révélateurs. On a pu déduire la richesse des épices en métabolites secondaires incluant les flavonoïdes, les Tanins, les alcaloïdes, les stéroïdes, les terpènes... etc. dont la plupart sont des anti-oxydants. En comparant la diversité des épices en métabolites secondaires, indiquée par le nombre des spots. On peut constater que l'anis vert est l'épice la plus diversifiée en métabolites



### 3. Effet de traitement thermique sur le contenu des épices en métabolites

#### 3.1. Teneur des épices en métabolites secondaires avant traitement thermique

##### 3.1.1. Teneur en polyphénols

Les concentrations des extraits en polyphénols totaux sont exprimées en mg équivalent d'acide gallique par gramme d'extrait sec (mg EAG/g ES), Ces concentrations sont calculées via l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique, figure (30).

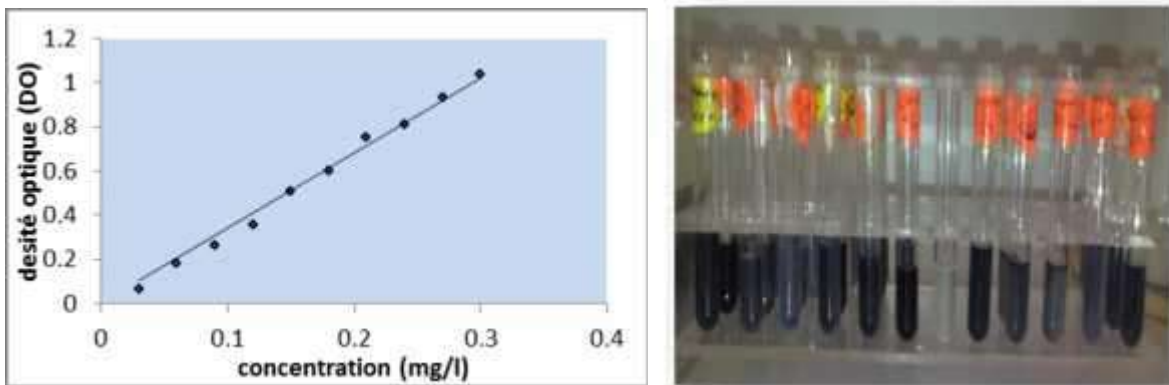


Figure 30 : dosage des polyphénols ; A : courbe d'étalonnage de l'acide gallique. B. coloration de milieu réactionnel

Les concentrations calculées sont illustrées dans la figure (31) suivante :

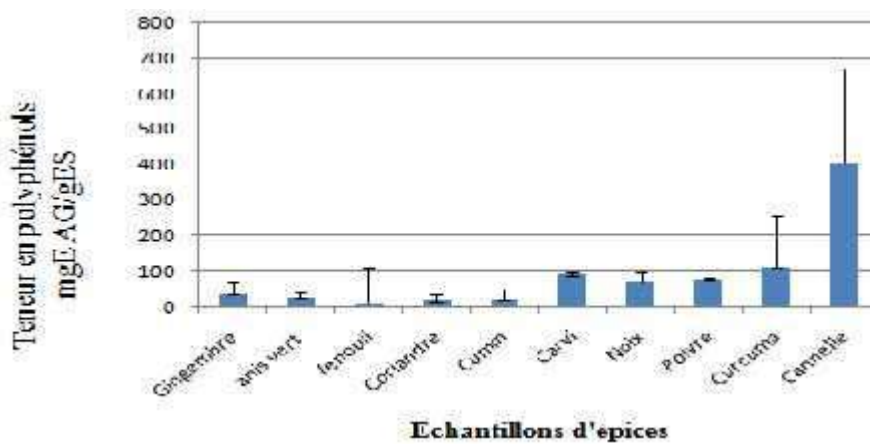


Figure 31: Teneur des épices étudiées en polyphénols

La figure (31) montre que, Cannelle est l'épice la plus riche en polyphénols par une concentration de 400 mg/g ES, suivie par le Curcuma, carvi, poivre noir et Noix de muscade, enregistrant respectivement les valeurs 109.97, 87.77, 73.32 et 68.81 mg EAG/gES. Le Fenouil révèle le plus pauvre en ces métabolites avec 10 mg EAG/gES.

### 3.1.2. Teneur en Flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes est réalisé par la méthode colorimétrique décrite par (Djeridane *et al.*, 2006), l'aspect de la coloration obtenu est démontré dans la figure (32). Les concentrations sont calculées *via* la régression linéaire de la courbe d'étalonnage tracée avec la rutine, les concentrations sont exprimées en mg équivalent rutine par gramme d'extrait sec Figure (32).

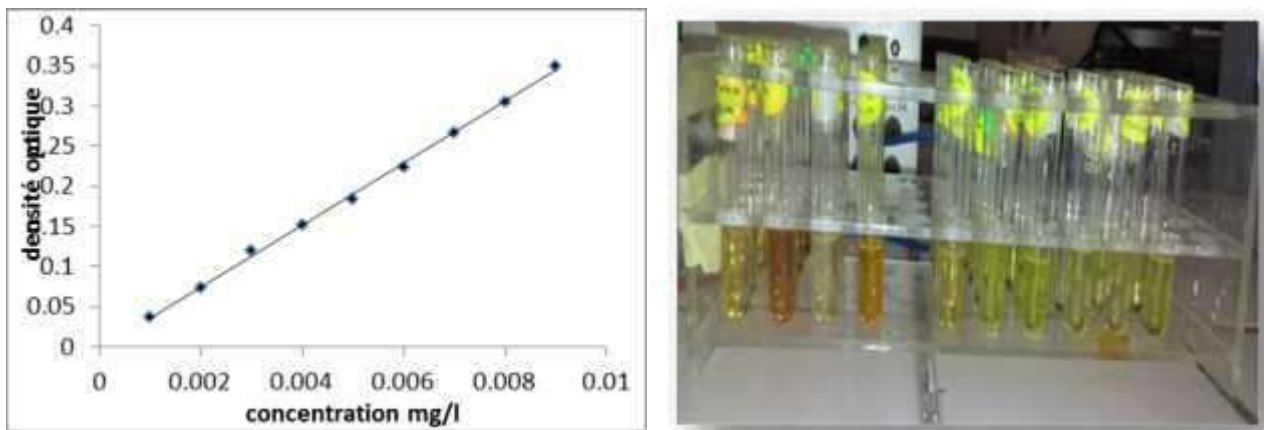


Figure (32) : dosage des flavonoïdes. A. courbe d'étalonnage de la rutine ; B. coloration des milieux réactionnels.

Les concentrations calculées sont illustrées dans la figure (33) suivante :

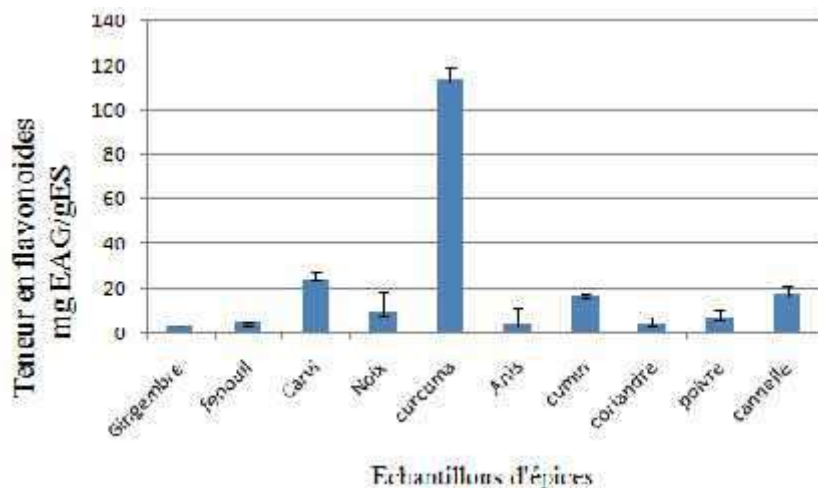


Figure (33): Teneurs des épices en flavonoïdes

L'exécution de la figure (33), laisse constater que l'épice la plus riches en flavonoïdes est le curcuma avec une teneur de 89 mgER/gES, suivie de carvi, cannelle et cumin

enregistrant par ordre des teneurs de 24.13, 17.14, 16.11 mgER/gES. Le gingembre, le coriandre et l'anis vert ont des teneurs qui ne dépassent pas 4 mgER/gES.

### 3.1.3. Dosages des tanins condensés et hydrolysable

Les tanins sont des polyphénols distingués en deux groupes, les tanins hydrolysables (tanins galliques et éllaïques) et les tanins condensés (tanins catéchiques). Le dosage de ces molécules est effectués colorimétriquement, dont leurs aspect sont montrés dans la figure (34).



Figure (34): Coloration de milieu réactionnel dans le dosage des tanins

Les concentrations calculées sont illustrées dans la figure (35) suivante :

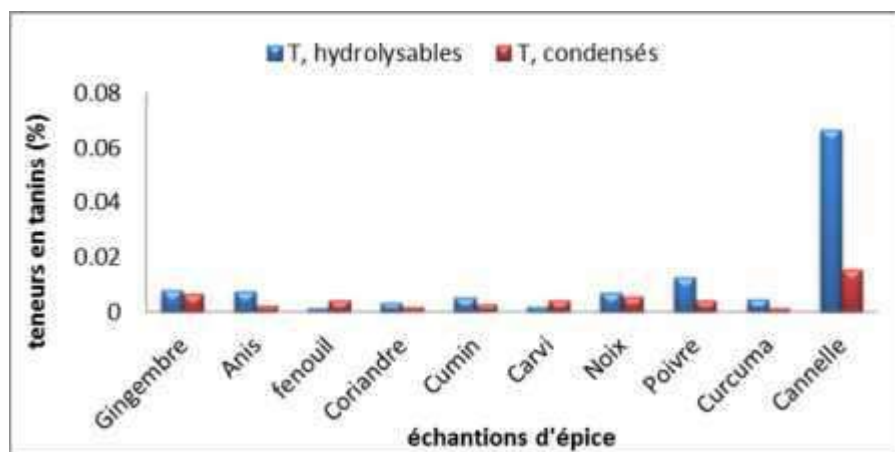


Figure 35 : Teneur des épices en tanins condensés et hydrolysables

L'examen de la figure au-dessus, laisse ressortir que les taux en tanins hydrolysable est remarquablement supérieur à ceux en tanins condensés chez toutes les épices. La comparaison des épices entre elle, fait enregistrer que la cannelle est la plus riche en tanins hydrolysables et condensés avec des taux 0.066 et 0.015% respectivement ; suivie de poivre et

gingembre puis et noix de muscade figure (35). Le reste d'épice semblent relativement pauvres hydrolysables et condensés figure (35).

### 3.1.3.1. Discussion

Plusieurs études ont été effectuées sur la quantification des métabolites secondaires et surtout les polyphénols y compris les flavonoïdes et les tanins. Vue l'importance de ces métabolites dans la recherche biomédicale, biochimiques et autres.

Nos résultats concordent certaines études ultérieurs, comme l'étude de Denre, (2014) sur le cumin, curcuma, gingembre cannelle, dont il a trouvé le même ordre des teneurs en polyphénols trouvé dans notre études. par contre l'étude de IlSuk *et al.*, (2011), a signalé des teneurs différentes en polyphénols et en flavonoïdes et même l'ordre des épices vis-à-vis ces teneurs semblent différent de ce qu'on a trouvé. La forte teneur de la cannelle en tanins en comparant avec les résultats de screening phytochimiques n'a pas donné une bonne concordance (faible nombre des taches avec le trichlorure ferrique). On pense que la cannelle renferme une quantité important en tanins, mais n'a pas une diversité en ces molécules.

Les différences de concentrations constatées dans le dosage des polyphénols totaux peuvent être dues à la faible spécificité du réactif de Folin-Ciocalteu. Le réactif est extrêmement sensible à la réduction de tous les groupes d'hydroxyles non seulement celles des composés phénoliques, mais également de certains sucres et de protéines etc. (Vuorela, 2005 ; Gomez-Caravaca *et al.*, 2006). Le solvant d'extraction emporte des substances non phénoliques comme les sucres, les protéines et les colorants qui peuvent interférer pendant toute évaluation phénolique (Djeridane *et al.*, 2006). Les concentration en principes actifs d'une plantes peut être lié aux conditions climatiques dures (la température élevée, exposition solaire, sécheresse, salinité), qui stimulent la biosynthèse des métabolites secondaires tels que les polyphénols (Falleh *et al.*, 2008).

3.2. Dosage des polyphénols totaux après le traitement thermique

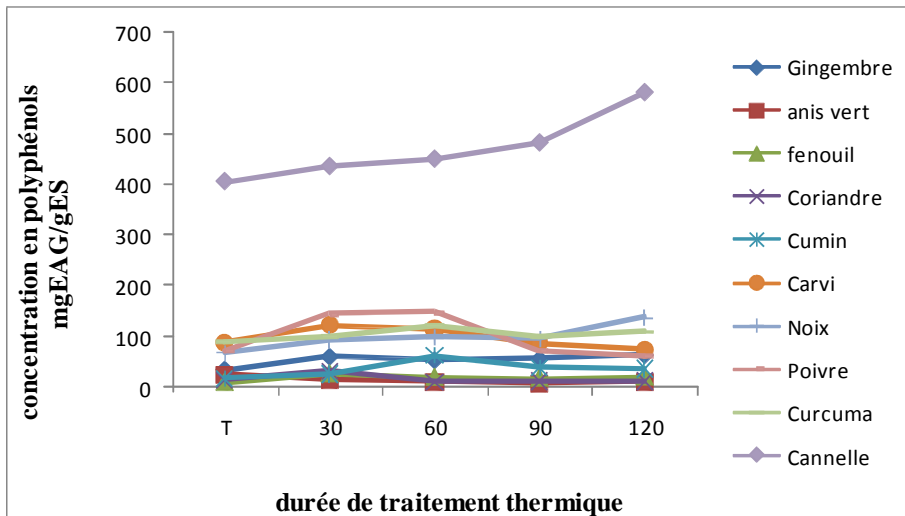


Figure (36) : variation des teneurs en polyphénols par le traitement thermique

La figure (36), présentée au-dessus montre que la température peut modifier les teneurs des épices étudiées positivement ou négativement. La cannelle, la noix de muscade et le gingembre montrent une augmentation progressive avec la durée de traitement thermique en leurs contenus en polyphénols. Dont, La cannelle passe de 405.50 au 582.61mg EAG/gES. L'autre groupe d'épice semble plus stables, en montrant une légère augmentation avec le déroulement de traitement jusqu'à 60 min, après, les taux ont été réduits, mais restent supérieurs à ceux des témoins, il s'agit donc de curcuma, cumin et fenouil figure (36). Le troisième groupe constitué de poivre, coriandre, cumin, carvi témoigne une amélioration pendant les premières 60 min, puis les taux se rebaissent.

### 3.2. Dosage des flavonoïdes après le traitement thermique

Les variations des teneurs en flavonoïdes au cours de traitement figure (37) est comme les polyphénols fait distinguer trois groupes d'épices. Le premier formé de la cannelle, fenouil, gingembre, poivre et noix de muscade ; caractérisé par une légère augmentation des teneurs en flavonoïdes, le poivre se distingue par une augmentation remarquable jusqu'au 60 min suivie d'une rechute, mais reste supérieur au témoin à la fin de traitement (120 min). La coriandre, cumin, curcuma et l'anis vert représente le groupes, dont les teneurs en flavonoïdes restent stable par le traitement thermique. Ainsi que le carvi (comme troisième groupe) a témoigné une légère diminution.

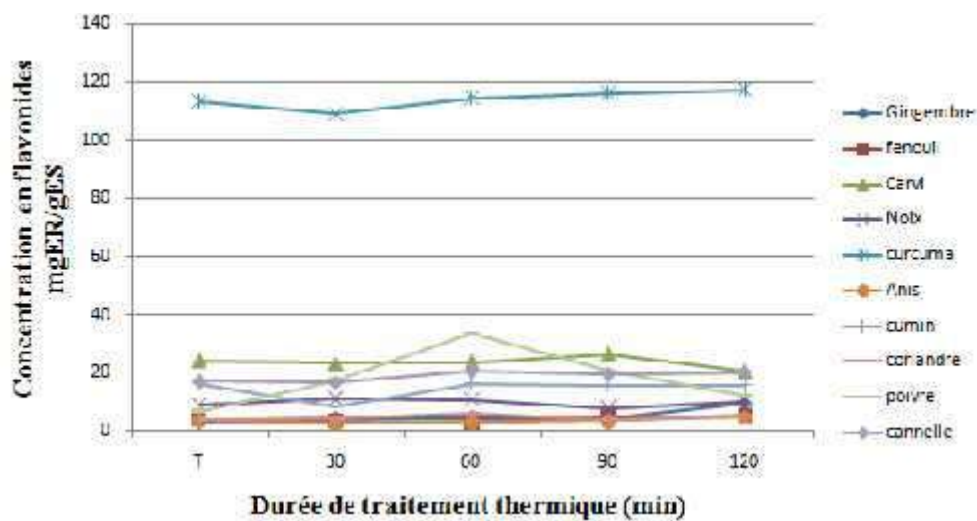


Figure 37 : variation des teneurs en flavonoïdes par le traitement thermique

### 3.4. Dosage des tanins condensés et hydrolysables après le traitement thermique

Les variations des tanins au cours de traitement sont démontrés dans la figure (38-39) qui fait ressortir que chez toutes les épices, les tanins restent stables ou légèrement augmentés puis après 90 min, ces teneurs augmentent considérablement et d'une manière régulière après 90 min de traitement. Compte tenu des tanins condensés. Ces molécules sont trouvées stables durant le traitement à l'exception de la cannelle et le curcuma. Ces deux épices montrent l'augmentation de leurs contenus en tanins par la température et surtout pour la cannelle, figure (39).

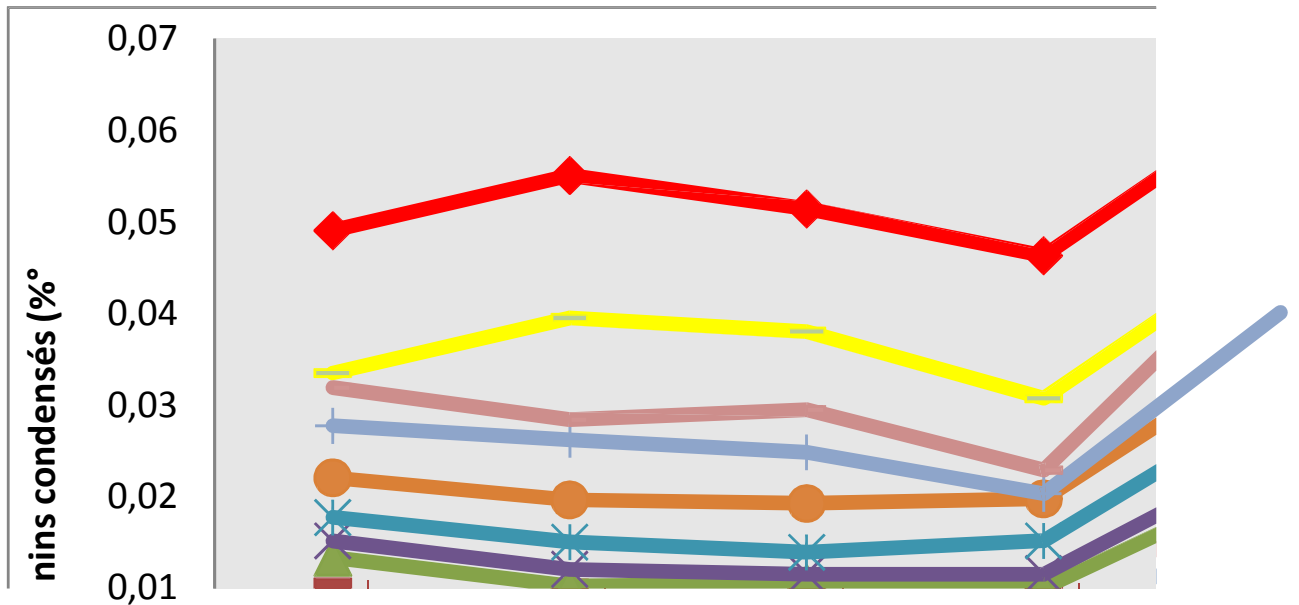


Figure 38 : Variation des teneurs en tanins condensés par le traitement thermique

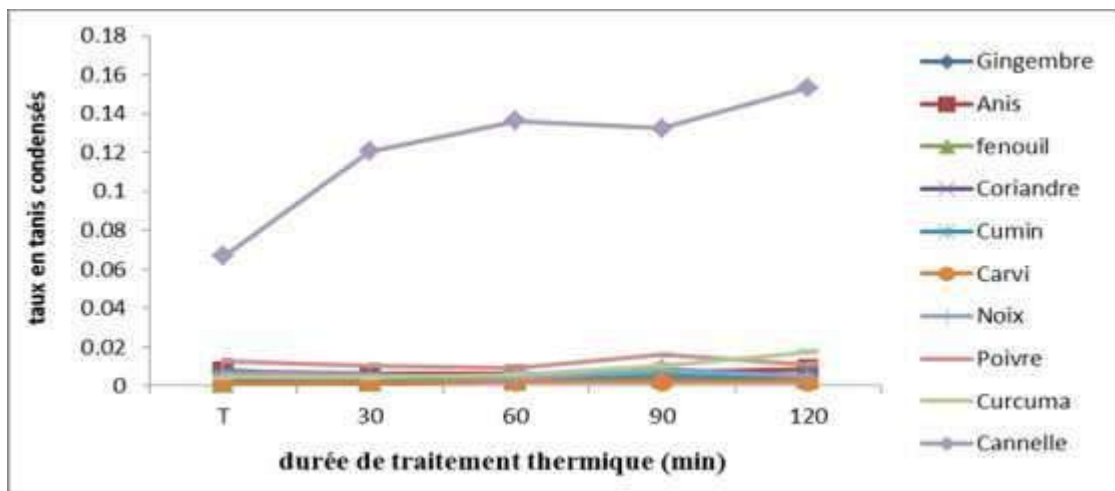


Figure 39 : Variation des teneurs en tanins hydrolysables par le traitement thermique

## Discussion

En réalité de multitude étude ont été réalisé sur l'effet de la température sur le contenu des plantes en métabolites et surtout en composés phénoliques. L'étude de Rice-Evans *et al.*, (1996) ont attribué l'effet variables d'un traitement thermiques sur le contenu de certaines épices en flavonoïdes, aux variation des nombre et des disposition des groupes hydroxyle qu'elles renferment, mais fréquemment et communément sont les variation des dihydroxylation survenant dans 30 ou 40 position.

Mohd Zainol *et al.*, (2009) ont trouvé que les flavonoïdes comme naringin, rutin, quercetin, catechin, luteolin ; keampferol et apigenin sont thermosensibles. Alors que

d'autres ; spécialement, flavan-3-ols catéchine, epicatéchine, gallocatéchin, et epigallocatéchine, sont beaucoup plus thermostable.

Takahama, (1986) ; Friedman, (1997) et Buchner *et al.*, (2006) ont montré que les flavonoïdes dans les solutions aqueuses présentent une sensibilité différente pour le traitement thermique en fonction de leurs structures. Cependant, quelle que soit leur structure une dégradation significative est observée pour la température supérieure à 100 ° C. Pour la rutine, une plus grande thermostabilité par rapport à sa forme aglycone (de quercétine) est observée. Cette glycosylation du groupe 3-hydroxyle dans le noyau C, est attribués également à la prévention de la formation de carbanion (Takahama, 1986; Friedman, 1997; Buchner *et al.*, 2006).

Les tanins condensés ont montré une augmentation ou bien stabilité pendant le traitement thermique. Cette constatation ne concorde pas le mécanisme de dégradation de ces composés dans un milieu acide.

Un mécanisme spécifique de dégradation par clivage de liaison C-C, susceptible de se produire dans les produits acides traités thermiquement, a été décrit pour les tanins condensés.

Les polymères de flavan-3-ols, sont nommés proanthocyanidines ou tanins condensés, car ils conduisent à la formation d'anthocyanes lors de leur dépolymérisation en milieu acide. En milieu acide à chaud, la liaison interflavanique des procyanidines, qui est relativement fragile, est rompue. Sa rupture conduit à la formation d'un carbocation réactif localisé en C(4) de l'unité flavan-3-ol supérieure (Bate-Smith, 1954). Les carbocations formés sont des molécules très réactives qui peuvent s'oxyder dans le milieu afin de former des anthocyanes. De plus, ces carbocations, formés en milieu acide, peuvent réagir avec des groupements nucléophiles des protéines, des polysaccharides et des polyphénols puis former des liaisons exogènes avec la chaîne polypeptidique, polysaccharidique ou des liaisons polyphénol / polyphénol (Beart *et al.*, 1985 ; Le Bourvellec *et al.*, 2013).

Mais les anthocyanes formés sont susceptibles d'être dégradés par une température élevée.....

On a marqué que pour certaines épices, que la coloration de l'extrait subit à un léger brunissement par rapport aux témoins (extraits non traité thermiquement) , on estime que, c'est le brunissement non-enzymatique doué par la haute température. c'est une réaction associée principalement à des réactions de dégradation des glucides, tels que la caramélisation et les réactions de Maillard (Quintas *et al.*, 2007). Les réactions de Maillard sont initiées



principalement par la condensation d'un groupe aldéhyde et amine, alors que la caramélisation se réfère plutôt à des réactions seulement entre glucides exposés à des températures élevées (BeMiller et Whistler, 1996). On suggère aussi que ce brunissement qui intensifie la coloration de l'extrait, augmentera l'absorption spectrophotométrique au cours des dosages, traduira par la suite comme c'est une augmentation de la concentration.

Les composés phénoliques des différentes épices semblent pour la plus part des épices thermostables, ou même, témoignent une augmentation chez certaines épices après le traitement thermique, ce qui suggère que les composantes polyphénolique support la cuisson prolongée en température élevé. Mais, il faut tenir en compte l'effet de l'évaporation, car les systèmes de cuisson ne sont pas hermétiquement scellés. De ce fait, il reste toujours préférable de rajouter les épices vers la fin de la cuisson.



*Conclusion*

## Conclusion

L'en jeu de notre travail est d'avoir un concept général sur les métabolites secondaires contenus dans quelques épices ; *via* un criblage phytochimiques réalisé par chromatographie sur couche mince. De plus, l'étude de l'impact du traitement thermique sur le contenu de ces épices en métabolites secondaires, à savoir les polyphénols, les flavonoïdes et les tanins. Les épices sélectionnées sont : *Coriandrum sativum* (coriandre), *Zingiber officinale* (gingembre), *Piper nigrum* (poivre noir), *Curcuma longa* (curcuma), *Pimpinella anisum* (anis vert), *Cinnamomum Cassia* (cannelle), *Myristica fragans* (noix de muscade), *Foeniculum vulgare* (fenouil), *Carum carvi* (carvi) et *Cuminum cyminum* (cumin).

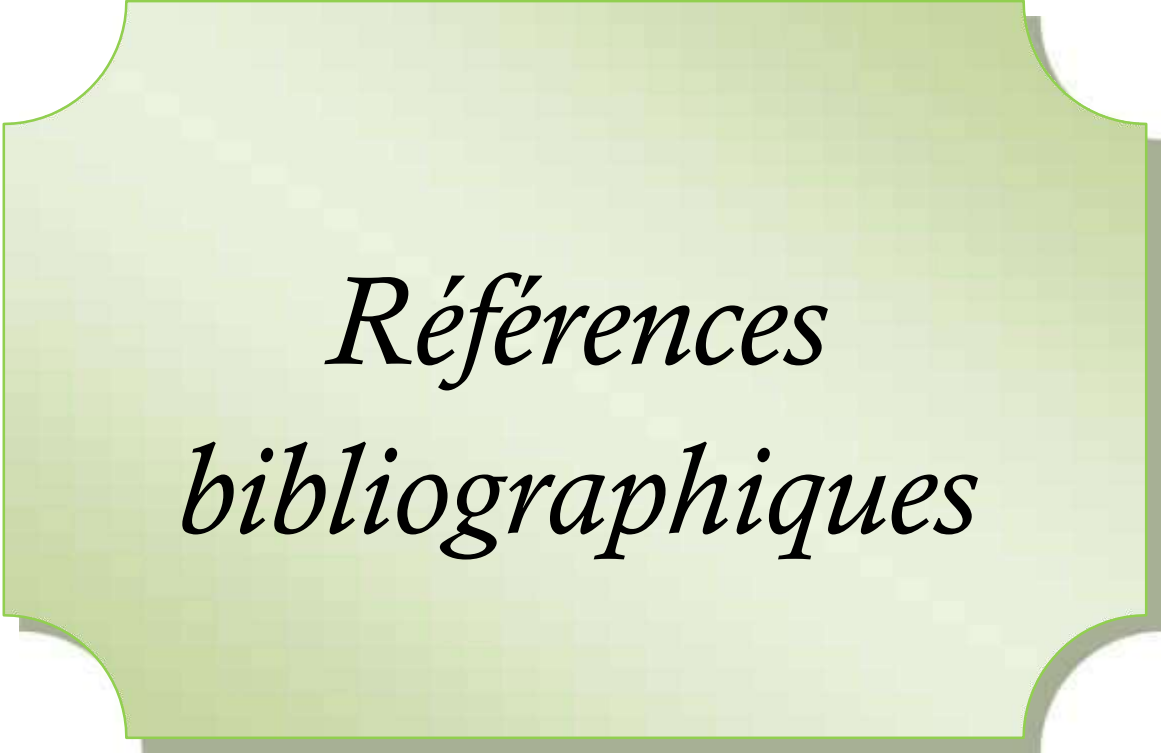
Les rendements donnés par l'extraction méthanoliques ont compris entre celui de la cannelle, comme majeure et de coriandre comme mineure.

Les extraits obtenus sont fractionnés par extraction liquide – liquide afin de réaliser le criblage phytochimique. Ce dernier est réalisé par CCM sur les fractions : hexanique, chloroformique, acétate d'éthyle et n-butanolique a révélé la présence d'une multitude variétés de composés, appartiennent aux différentes familles des métabolites secondaires (polyphénols, alcaloïdes, terpènes). D'après les résultats obtenus, l'anis vert et curcuma étaient les épices les plus diversifiées qualitativement en métabolites secondaires.

Le dosage quantitatif a révélé que la cannelle est la plus riche des polyphénols et en tanins condensés et hydrolysables. Alors que pour les flavonoïdes, c'est le curcuma qui renferme la meilleure teneur.

Le dosage des métabolites décrits après le traitement thermique des extraits a témoigné que les flavonoïdes sont les plus thermostables. Les polyphénols montrent plusieurs fluctuations d'augmentation et de diminution. Par exemple les polyphénols chez le poivre, la coriandre, le cumin et le carvi témoignent une amélioration après 60 min de traitement, puis les taux sont rechetés ; Mais la plus marquée c'est l'augmentation progressive des polyphénols dans les extraits de la cannelle. Les taux des extraits en tanins condensés sont améliorés par un traitement de 120 min.

L'explication de la cinétique de l'effet de la température semble difficile, vue la diversité des extraits en métabolites et la complexité des interrelations entre eux. Il est donc, intéressant d'utiliser des techniques d'analyse plus sophistiquées qui détectent les variations qualitatives et quantitatives en différents composés.



*Références  
bibliographiques*

## Références bibliographiques

- Ababsa, 2009.** Caractérisation pharmacotoxicologique et étude phytochimique de : *centaurea dimorpha*. Mémoire de magister, université mentouri constantine.
- ABDERRAZAK M., et JOËL R., 2007.** La botanique de A à Z. Ed. DUNOD. Paris. 177p.
- ALIX L-D, 2012.** Les épices c'est malin, cannelle, clou de girofle, poivre... Leurs bienfaits et toutes leurs utilisations méconnues pour la santé, la beauté et la maison. Ed LEDUC. Paris. P9,14,15,16,17,23,28,32,33,37.
- Alkurd A., Hamed T-R., AlSayed H., 2008.**Tannin Contents of Selected Plants Used in Jordan. *Jordan Journal of Agricultural Sciences* vol 4: 265 - 274.
- AlSnafi A-E, 2015.** The chemical constituents and pharmacological effects of *carum carvi*. Vol5, Issue 2,72-82.
- Andriamialiharisoa R-F, 2011.** Métabolites secondaires particuliers des feuilles de cinq populations de mascarocoffea et des endophytes des feuilles de *coffea*. Mémoire d'études approfondies en sciences de la vie, université d'antananarivo. P23.
- Araar H, 2009.** Cinnamon plant extracts: a comprehensive physico-chemical and biological study for its potential use as a biopesticide. Thesis. P7.
- Armand A, 2009.** Contribution à l'étude du développement d'un aliment fonctionnel à base d'épices du Cameroun : Caractérisation physico-chimique et fonctionnelle. Thèse doctorat. Université de NGAOUNDERE. P29.
- Audibrert C, 1997.** Les épices hatier littérature générale, paris.
- Azzi R, 2013.** Contribution à l'étude de plantes médicinales utilisées dans le traitement traditionnel du diabète sucré dans l'Ouest algérien : enquête ethnopharmacologique ; Analyse pharmaco-toxicologique de Figuier (*Ficus carica*) et de coloquinte (*Citrullus colocynthis*) chez le rat Wistar. Thèse Université Abou Bekr Belkaid –Tlemcen. P48.
- Babulka P, 2004.** Les plantes de nos tisanes : L'anis vert (*Pimpinella anisum* L.) - *Phytothérapie*,vol 2(2), 57-59.
- Bahorun T, 1997.** Substances Naturelles actives. La flore Mauricienne .une source d'approvisionnement potentielle. Food and Agricultural Research council Mauritiias. p83,94.
- Baker W-L, 2008.** Effect of Cinnamon on Glucose Control and Lipid Parameters DiabetesCare. Université du Connecticut. January. Vol 31. Pages 41-43, doi: 10.2337/dc07-1711.
- Barboni T, 2006.** Contribution de méthodes de la chimie analytique à l'amélioration de la qualité de fruits et à la détermination de mécanismes (EGE) et de risques d'incendie. Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'université de Corse, p26.
- Bate-smith E-C, 1954.** *Food*. 23, 124.

- Beart J. E., Lilley T. H., et Haslam E., 1985.** Polyphenol interactions.2. Covalent binding of procyanidins to proteins during acid-catalysed decomposition, observation on some polymeric proanthocyanidins *Journal of the Chemical Society-Perkin Transactions*, 2, 1439-1443.
- Belbache H., 2003.** Investigation phytochimique de l'extrait chloroforme de *CentaureaParviflora Desf*, mémoire de magister en chimie organique, université Mentouri Constantine. p 16-20.
- Belitz H-D et Grosch W., 1987.** Food Chemistry. Ed SPRINGER. Berlin
- BeMiller, J.N. and Whistler, R.L. 1996.** Carbohydrates. In: Food chemistry, O.R. Fennema (Ed.), CRC Press Taylor & Francis Group: Boca Raton, Fl. pp.157-223.
- Bernad M., 2000.** Phyto-aromathérapie pratique, plantes médicinales et huiles essentielles, éditions Dangles: 15.
- Botineau M , 2010.** Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs.
- Bouakaz I, 2006.** Etude phytochimique de la plante *Genista Microcephala*. Mémoire de magister, Batna.
- Bouderdara N, 2013.** Séparation et détermination de structures des métabolites secondaires de *Cachrys libanotis L.* Thèse de doctorat en sciences. Université Mentouri-Constantine. p7.8
- Brielemann HL., Setzer WN., Kaufman PB., Kirakosyan A., et Cseke L-J., 2006.** Phytochemicals: The Chemical Components of Plants. **In:** Natural Products From Plants. **2nd ed.** CRC Tylor & Francis (Boca Raton, Florida), 1-49.
- Bruneton J, 1993.** Pharmacognosie et phytochimie plantes médicinales. Paris, France: Lavoisier. 278 - 279p.
- Bruneton J, 1999.** Les tanins. Ed. Editions médicales internationales, Paris, 369-404.
- Bruneton J., 1999.** Pharmacognosie et phytochimie des plantes médicinales. 3ème Ed Tec & Doc. Paris pp 101 -120.
- Bruneton J, 2009.** Pharmacognosie phytochimie, plantes médicinales. Ed LAVOISIER. Paris. P307.
- Brzozowska J., Hanower P., 1976.** Recherches sur les composés phénoliques des végétaux et leur rapport avec un déficit hydrique chez des cotonniers. *Annales de l'université d'Abijan, série C (Science)*, tome XII: 65 - 80.
- Buchner N., Krumbein A., Rhon S. and Kroh, L. W. ; 2006.** Effect of thermal processing on the flavonols rutin and quercetin. *Rapid Communications in Mass Spectrometry*, Vol.20 : 3229-3235.
- Carole G, 2011.** Mes petites recettes magiques au super épices, cannelle, curcuma, muscade. Anticancer, protection cardiaque, mineur...Ed LEDUC. Paris. P17,18.

- Celine C, 2004.** Les secrets de santé des antioxydants, les aliments et les compléments alimentaires antioxydants pour : se protéger des maladies chroniques, vivre plus longtemps en bonne santé. Ed ALPEN. Paris. P44.
- Chaaib F, 2004.** Thèse de doctorat. Université de Lausanne (Suisse): 211 p.
- Cowan M, 1999.** Plant products as antimicrobial agents, *Clin. Microbiol. Rev*,12 : 564-582.
- Crozier A, Clifford M.N et Ashihara H., 2006.** Plant Secondary Metabolites: Occurrence, Structure and Role in the Human Diet. Edt Blackwell Publishing Ltd.
- Cuendet M., Hostettmann K., et Potterat O., 1997.** Iridoid glucosides with free radical scavenging properties from *Fragrea blumei*. *Helv Chim Acta*. 80: 1144–1151.
- Cuendet M, 1999.** Recherche de nouveaux composés capteurs de radicaux libres et antioxydants à partir d'une plante d'Indonésie : « *Fagraeablumei* » (Loganiaceae) et de trois plantes d'altitude : « *Bartsiaalpinia* » (Scrophulariaceae), « *Loiseleuria procumbens* » (Ericaceae) et Camp, Thèse de doctorat, Université de Genève, p 24.
- Dacosta Y, 2003.** Les phytonutriments bioactifs. Ed Yves Dacosta. Paris. 317 p.
- Dai J., and Mumper R-J., 2010.** Plant Phenolics: Extraction, Analysis and Their Antioxidant and Anticancer Properties *Molecules*, 15 : 7313-7352
- Damanhoury et Aftab., 2014.** A Review on Therapeutic Potential of *Piper nigrum* L. (Black Pepper): The King of Spices. Vol 3:3.
- Dangles O., Stoeckel C., Wigand MC et Brouillard R., 1992.** Two very distinct types of anthocyanin complexation: Copigmentation and inclusion. *Tetrahedron Lett.*, 33: 5227-30.
- Darmoni M, 2015.** Cures de jus. Ed LUDEC. P89.
- Dekker M, 2002.** Coumarins: analysis by TLC. *Encyclopedia of chromatography*: 1-3.
- Denre M., 2014.** The determination of vitamin C, total phenol and antioxidant activity of some commonly cooking spices crops used in West Bengal. *International journal of plant physiology and biochemistry*; Vol 6 : 66-77
- De Rijke E., Out P., Niessen W., Ariese F., Gooijer C., et Brinkman U A T., 2006.** Analytical separation and detection methods for flavonoids. *Journal of Chromatography A* 1112: 31 - 63.
- Dewick PM.,** The biosynthesis of shikimate metabolites. *Nat. Prod. Rep.* 1995, 12: 579-607.
- Diaby A, 2009.** Etude chimique bio-guidée de *Anchomanes difformis* (Blume) Engl. (Aracaceae), une plante utilisée comme purgative en Côte d'Ivoire. Mémoire de DEA, Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan, 51 p.



- Djeridane A., Yous M., Nadjemi B., Boutassouna D., Stocker P., Vidal N., 2006.** Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. *Food Chem.*; 97: 654-660
- Dohou K., Yamni S., Tahrouch L-M., Idrissi H., Badoc., N. Gmira., 2003.** Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 142 61 -78.
- Donatien K, 2009.** Enquête ethnobotanique de six plantes médicinales maliennes, extraction, identification d'alcaloïdes caractérisation, quantification de polyphénols : étude de leur activité antioxydante. Thèse doctorat. Université Paul Verlaine Metz.
- Dridi F, 2005.** Extraction et analyse de l'huile essentielle de cumin formulation d'une pommade décongestionnante. Mémoire de magister. Université MOUHAMED BOUGUERRA BOUMERDES. P3.
- Droniou-Cassaro, 2012.** Les épices .les symposiarques. pp 1-6.
- Dupin H., Cuq J-L., Malewiak M., Leynaud-Rouaud., Berthier., 1992.** Alimentation et nutrition humain. Ed ESF. Paris. P 1068.
- Ernest S et Grace D., 2001.** Herbes culinaires pour nos jardins de pays froids. Ed ISMANT. Canada. P73, 75,82.
- Essawi T et Srour., M., 2000.** Journal Of Ethnopharmacology, 70: 343-349.
- Falleh h., ksouri r., chaieb k., karray-bouraoui n.,trabelsi n., boulaaba m., Abdelly C., 2008.** Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities .C. R. Biologies. Vol 331: 372-379
- Fao, 1990.** Utilisation des aliments tropicaux : sucres, épices et stimulants. Ed FAO. Rome. P42.
- Farag R-S., Daw F-M., Hewed and El- Baroty A., 1989.** Antimicrobial activity of some Egyptian spice essential oils J. Food Prot., 52: 665-667.
- Fleeger JL et Flipse IJ., 1964.** Metabolism of bovine semen XIII. Malonic acid metabolism by bovine spermatozoa. J. DairySci., 47 (5): 535-8.
- Fleuriet A., Jay-Allemand C et Macheix J-J., 2005.** Composés phénoliques des végétaux un exemple des métabolites secondaires d'importance économique. Presses polytechniques et universitaires romandes p 121 -216
- Ford R-A, Hawkins D-R, Mayo B-C et Api A-M., 2001.** The in vitro dermal absorption and metabolism of coumarin by rats and by human volunteers under simulated conditions of use in fragrances. Food and Chemical Toxicology. Vol 39 p 153- 162.
- Foreman M, 2012.** L'alimentation. Vol 52. P6.
- Francesco V., et Tori M-H., 2007.** Nutritional strategies for healthy cardiovascular aging: Focus on micronutrients. Pharmacological research, 55, 199-203.

- Friedman M., 1997.** Chemistry, Biochemistry, and Dietary Role of Potato Polyphenols. A Review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* ; Vol.45 (5) :1523-1540
- Gee J-M et Johnson I-T., 2001.** Polyphenolic compounds: interactions with the gut and implications for human health. *Current Medicinal Chemistry*. 8 : 1-182.
- Georgievskii V-P., Komissarenko N-F., Dmitrouk S- E, 1990.** Substances bioactives des plantes médicinales, édition « Naouka » Novosibirsk: 336 p. (Traduit du russe)
- Ghouati Y., Belaiche T., Ouhssine M., Amechrouq A., Tahiri A., Chakir S., 2013.** Propriétés antimicrobiennes de l'huile essentielle des fruits de carvi marocain. *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, **152**(1-4), 19-30.
- Gigon F, 2012.** Le gingembre, une épice contre la nausée (10) 87-91.
- Gomez-Caravaca A.M., Gomez-Romero M., Arraez-Roman D., Segura-Carretero A., Fernandez-Gutiérrez A. 2006.** Advances in the analysis of phenolic compounds in products derived from bees *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 41 : 1220–1234.
- Gorger C., Scholz E et Rimpler H., 1994,** Ellagitannins from *Alchemilla xanthochlora* and *Potentilla erecta*. *Planta Med.* 6: 384-5.
- Grigoraş C-G, 2012.** Valorisation des fruits et des sous-produits de l'industrie de transformation des fruits par extraction des composés bioactifs. Thèse doctorat Université Université VASILE ALECSANDRI de Bacău Disciplines : Chimie. Génie de l'Environnement.
- Groff J., and Gropper S., 2000.** *Advanced Nutrition and human Metabolism*, 3<sup>rd</sup> Ed. Belmont: Wadsworth.
- Guignard J-L, 1974.** Abrégé de Biochimie végétale à l'usage des étudiants en pharmacie: Masson. Paris. Pp 146-155.
- Guignard J-L, Cosson L., et Henry M., 1985.** Abrégé de phytochimie, Masson. Paris, Pp 138.
- Guignard J-L, 1996.** Abrégé de biochimie végétale, Ed. *Masson*, Paris, p160
- Gurbuz I., Yesilada E., et Ito S., 2009.** An anti-ulcerogenic flavonol diglucoside from *Equisetum palustre* L. *Journal of Ethnopharmacology*. Vol 121: 360 -365
- Guy F, 2002.** *Plantes de vie du corps et de l'esprit*. Ed FERNAND LANORE. Paris. P60.
- Hagerman AE., Riedl KM., Jones GA., Sovik KN., Ritchard NT., Hartzfeld PW., Richel TL., 1998.** High molecular weight plant polyphenolics (tannins) as biological antioxidants. *J. Agric. Food Chem.*, 46: 1887-92.
- Hamdani D, 2012.** Action des poudres et des huiles de quelques plantes aromatiques sur les paramètres biologiques du bruché de Haricot *acanthoscelides obtectus* Say. Coleoptera Bruchidae. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. Mémoire en vue de l'obtention de magister en sciences biologiques. 97p.
- Harbone J-B, 1993.** *Introduction to Ecological Biochemistry*, 4th Ed; Academic Press: London.

- Harborne JB, 1998.** Phytochemical methods. A guide to modern techniques of plants analysis. Third Edition. ISBN: 0-412-57260-5 (HB) and 0-412-57270-2 (PB). 203-214.
- Hartmann T, 2007.** From waste products to ecochemicals: Fifty years research of plant secondary metabolism, Review. *Phytochemistry*. Vol 68 2831–2846.
- Haslam E, 1994.** Natural polyphenols (vegetable tannins): Gallic Acid metabolism. *Nat. Prod.*, 11: 41-66.
- Hemingway R-W, 1992.** Structural variation in proanthocyanidins and their derivatives. In: *Plant polyphenols: synthesis, properties, significance*. Hemingway R.W, Laks P.E, (New York): 34.
- Hennebelle T., Sahpaz S., Bailleul F., 2004.** Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie*, 1: 3-6.
- Hertog M., Feskens E., Hollman P., Katan M., Kromhout D., 1993.** Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: The Zutphen elderly study. *The Lancet* 342: 1007-1014.
- Hitara T., Fujii M., Akita K., Yanaka N., Ogawa K., Kuroyanagi M., Hongo D., 2009.** Identification and physiological evaluation of the components from *Citrus* fruits as potential drugs for anti-obesity and anticancer. *Bioorganic & Medicinal Chemistry* 17: 25-28.
- Hombourger C, 2010.** Le Curcuma, De l'épice au médicament. Thèse doctorat. Université HENRI POINCARÉ - NANCY 1. P5.
- Hopkins W, 2003.** *Physiologie végétale*. Ed DE BOECK. Paris. P280.
- Huguette M, 2008.** La route des épices naturelles, mélanges d'épices aromates et condiments naturels. p 11.
- Il-Suk Kim., Mi-Ra Yang 1., Ok-Hwan Lee 2, and Suk-Nam Kang 1., 2011.** Antioxidant Activities of Hot Water Extracts from Various Spices *International Journal of Molecular Sciences*; 12, 4120-4131.
- Inouye S., Takizawa T et Yamaguchi H., 2001-** Antibacterial activity of essential oils and their major constituents against respiratory tract pathogens by gaseous contact. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 47: 565-573.
- Inouye S., Takizawa T., Yamaguchi H., 2001-** Screening of the antibacterial effects of a variety of essential oils on respiratory tract pathogens, using a modified dilution assay method. *Journal of Infection and Chemotherapy*, 7: 251-254.
- Ito C., Itoigawa M., Onoda S., Hosokawa A., Ruabgrungsi N., Okuda T., Tokuda H., Nishino H et Furukawa H., 2005.** Chemical constituents of *Murrayasiamensis*: three coumarins and their anti-tumor promoting effect. *Phytochemistry*. Vol 66:567-572.
- Jinous A., et Nastaran K., 2012.** Phytochemistry and pharmacologic properties of *Myristica fragrans* Houtt. Vol. 11(65).
- Julkunen-Titto R, 1985.** Phenolic constituents in the leaves of northern willows: methods for the analysis of certain phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 33: 213- 217.

**Kadja A-B, 2009.** Etude phytochimique d'un cure-dent africain *Erythrophleum africanum* (Caesalpinaceae): dosage, isolement par complexation et activité antioxydante. Mémoire de DEA, Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan, 46 p.

**Kanoun K, 2011.** Contribution à l'étude phytochimique et activité antioxydante des extraits de *Myrtus communis* L. (Rayhane) de la région de Tlemcen (Honaine). Mémoire de magister, UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID TLEMCEM. P39,48.

**Kansole M, 2009.** Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de quelques lamiaceae du Burkina Faso: cas de *Leucas martinicensis* (Jacquin) R. Brown, *Hoslundia opposita* vahl et *Orthosiphon pallidus* royle ex benth. Mémoire pour obtenir un diplôme Diplôme d'Etudes Approfondies (D.E.A) en Sciences Biologiques Appliquées, Burkina Faso.

**Kim J Y., Lim H J., Lee D Y., Kim D H., Jeon R., Ryu J H., 2009.** In vitro anti-inflammatory activity of lignans isolated from *Magnolia fargessii*. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters* 19: 937 -940.

**Koen D., et Chris P., 1999.** L'impact de la nutrition sur la santé. Ed GARANT. Belgique. P95.

**Konig M., Seholz E., Hartmann R., Lehmann W., Rimpler H., 1994.** Ellagitannins and complex tannins from *Quercus patrae* bark. *J. Nat. Prod.*, 57: 1411 -15.

**Krief S, 2003.** Métabolites secondaires des plantes et comportement animal, thèse doctorat, muséum national d'histoire naturelle. 32p.

**Kubata BK., Nagamune K., Murakami N., Merkel P., Kabututua Z., Martin SK., Kalulug TM., Mustakuk H., Hoshida M., Ohnishi-kameyama M., Kinoshita T., Duszenko M., Uradea Y., 2005.** *Kola acuminata* proanthocyanidins: a class of antitrypanosomal compounds effective against trypanosome brucei. *International Journal for Parasitology* 35: 91 - 103.

**Kubola J., et Siriamornpum S., 2008.** Phenolic contents and antioxidant activities of bitter melon (*Momordica charantia* L.) leaf, stem and fruit fraction extracts *in vitro*. *Food Chemistry*, 110: 881 -890.

**Ladiguina E-Y., Safronitch L-N., Otriachenkova V- E., Balandina I-A., et Grinkevitch N-I., 1983.** Khimicheskiy analiz lekarstvennykh rastenii, Edition Moskova, VischayaChkola.

**Lahsissene H., Kahouadji A., Tijane M et Hseini S., 2009.** Catalogue des plantes médicinales utilisées dans la région de Zaïr (Maroc occidental). (1) : 186\_2.

**Laouar A, 2013.** Importance des plantes médicinales dans les agrosystèmes cultivés dans la région d'Ouargla. Mémoire de master. UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA. P11.

**Le Bourvellec C., Gouble B., Bureau S., Loonis M., Plé Y., Renard, C.M.G.C., 2013.** Pink discoloration of canned pears: Role of procyanidin chemical depolymerization and procyanidin/cellwall interactions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61, 6679–6692.

**Lille, 2004.** Progrès en dermato-allergologie. Ed JOHN LIBBEY EUROTEXT. p 59,63,64.

**Losange, 2005.** Curry et tandoori. Ed ARTEMIS. p3.

- Lumbu S., Kahumba B., Kahambwe T., Mbayo T., Kalonda M., Mwamba M., Penge O., 2005.** Contribution à l'étude de quelques plantes médicinales anti diarrhéiques en usage dans la ville de Lubumbashi et ses environs, *Annales de Pharmacie*, 3 (1) : 75-86.
- Lutge U., Kluge M et Bauer G., 2002.** Technique et documentation. Botanique 3ème Ed LAVOISIER. Paris. P211.
- Maarouf A., 2000.** Dictionnaire botanique P 129.
- Macheix J., Fleuriet A., et Jay-Allemand C., 2005.** Les composées phénoliques des végétaux, un exemple de métabolites secondaires d'importance économique, presses polytechniques et universitaires romandes, ISBN 2-88074-625-6 p 1, p 67, p121-216 , p 162.
- Madjour M, 2014.** Etude phytochimique et évaluation de l'activité antibactérienne d'une labiée *rosmarinus officinali*. Mémoire de fin d'étude en Master. Université Med Khider Biskra. P35.
- Maiga A., Diallo D., Fane S., Sanogo R., Paulsen B-S., Cisse B., 2005 .** A survey of toxic plants on the market in the district of Bamako, Mali: traditional knowledge compared with a literature search of modern pharmacology and toxicology. *Journal of Ethnopharmacology* 96: 183 - 193.
- Maizura M., Aminah A., and Wan Aida W-M., 2011.** School of Chemical Sciences and Food Technology, Faculty of Science and Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia, *Food Research Journal* 18: 529-534.
- Mamyrbékova-Békro J., Konan K M., Békro Y A., Djié Bi M G., Zomi Bi T J., Mambo V., Boua B B., 2008.** *European Journal of Scientific Research* 24 (2): 219-28.
- Mamyrbekova-bekro., Akhanovna., Benson B-B., Kouassi K-C., et Békro Yves-Alain., 2013.** l'analyse qualitative et pharmacologique de 2 plantes antihypertensives utilisées à N'gramanssabo en Côte d'Ivoire . Université d'Abobo-Adjamé, 02 BP 0801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire,) *Revue « Nature & Technologie »*. B- Sciences Agronomiques et Biologiques.
- Manallah, 2012.** Activités antioxydante et anticoagulante des polyphénols de la pulpe d'olive *Olea europaea* L. Mémoire magister, Université Ferhat Abbas-Sétif.
- Markham K-R, 1982.** Chapter.1 and 2. Techniques of flavonoid identification. Academic press, (London), 1 -113.
- Marston A., Hostettmann K.,2006.** Separation and quantification of flavonoids. In Oyvind MA, Markham KR. *Chemistry, biochemistry and application*. Ed. CRC Press Taylor and Francis group, 2-20.
- Mbiantcha M., Kamanyi A., Teponno R-B., Tapondjou L-A., Watcho P., et Nguelfack TB., 2011.** Analgesic and Anti-Inflammatory Properties of Extracts from the Bulbils of *Dioscorea bulbifera* L. *Varsativa* (Dioscoreaceae) in Mice and Rats. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 1 -9.
- Malešev D., et Kuntić V., 2007.** *Journal of the Serbian chemical society*, 72 (10): 921 -939.
- Manallah A, 2012.** Activités antioxydante et anticoagulante des polyphénols de la pulpe d'olive *Olea europaea* L. mémoire de magister, Université Ferhat Abbas- Sétif. P48.

- Masquelier J., Dumon M., et Dumas J., 1979.** Stabilisation des collagènes par des oligomères procyanidoliques. *Acta thérapeutique* 1, 101 -104 p.
- Matthyssens F-J, 1866.** Manuel de matière commerciale ou traité des marchandises. p280,281.
- Mensah S, 2004.** A review of SME financing schemes in Ghana. UNIDO Regional Workshop of Financing SMEs, 15-16 March, Accra.
- Merck E, 1980.** Révélateurs pour la chromatographie en couche mince et sur papier. Darmstadt: 153 p.
- Mohd Zainol, M.K., Abdul-Hamid A., Abu Bakar, F. and Pak Dek, S., 2009.** Effect of different drying methods on the degradation of selected flavonoids in *Centella asiatica*. *International Food Research Journal* ; 16: 531-537.
- Mole S., et Waterman P-G., 1987.** Tannic acid proteolic enzymes: enzyme inhibition substrat derivation. *Phytochemistry*, 26, 99-102.
- Montenegro de Matta SS., Delle Monache F., Ferrari F., Marini-Bettolo GB., 1976.** Alkaloids and procyanidins of an *Uncaria sp.* from Peru. *Farmaco. Sci.*, vol 31: 5227.
- Muanda F-N, 2010.** Identification de polyphenols,evaluation de leur activite antioxydanteet etude de leurs proprietes biologiques. Thèse doctorat.
- Muffler K, Leipold D, Scheller M-C, Haas C, Steingroewer J, Bley T, Neuhaus H-E, Mirata M-A, Schrade J et Ulber R., 2011.** Biotransformation of triterpenes. *Process Biochemistry* (Amsterdam, Netherlands), 46, (1), 1-15.
- Nacz M., Shahidi F., 2004.** Extraction and analysis of phenolics in food. *Journal of Chromatography A*, 1054: 95 – 111.
- Narayana K-R., Reddy M-S., Chaluvadi M-R., et Krishna D-R., 2001.** Indian journal of pharmacology, 33: 2-16.
- Navellier P., et Jolivet H., 1965.** Epices, aromates, herbes et condiments. Modificateurs des caractères organoleptiques des denrées. *Annale de la nutrition et de l'alimentation*, 19 (5), 449-480.
- Nebeling L., 2002.** Phytochemicals, the color of a Healthy Diet. *HealthPromotion Research Branch National Cancer Institute*, Maryland.
- Nouioua W, 2012.** Biodiversite et ressources phytoгенетiques d'un ecosysteme forestier « paeonia mascula (l.) mill ». Mémoire magister, UNIVERSITÉ FERHAT ABBAS – SETIF. P20.
- Ofentse Mazimba., Kabo Wale., Tebogo E., Kwape Shetonde O. Mihigo, Bokolo M. Kokengo., 2015.** Cinnamomum verum: Ethylacetate and methanol extracts antioxidant and antimicrobial activity *Journal of Medicinal Plants Studies*; 3(3): 28-32.
- Okamura H, Mimura A, Yakou Y, Niwano M, Takahara Y, 1993.**Antioxidant activity of tannins andflavonoids in *Eucalyptus rostrata*. *Phytochemistry* 33: 557-561.

- Paris M et Hurabielle., 1981.** Abrégé de matière médicale. Pharmacognosie. Tome 1. Ed Masson. Paris.pp: 102-103-104-107
- Pascale D, 2012.** Mes petites recettes magiques au curcuma : Alliée digestive unique, anticholestérol, anticancer... l'épice aux mille vertus. Ed LEDUC. Paris. P13,14,35,39.
- Patrick A, Samuel.B, Elizabeth.H, Marc.L et Guillaume.M., 2006.** Cuisine aux épices. Ed ARTEMIS. P7,8.
- Pelissier E, 2012.** Brioche tue plus que le cholestérol : Combattre l'inflammation. Ed ODILE JACOB. Paris. P175,188.
- Penchev P-I., 2010,** Étude des procédés d'extraction et de purification de produits bioactifs à partir de plantes par couplage de techniques séparatives à basses et hautes pressions, Institut National Polytechnique de Toulouse, doctocat.p51 -52.
- Price M.L., Van scoyoc S., et Butler., L-G., 1978.** A critical evaluation of the vanillin reaction as an assay for tannin in sorghum grain, *J. Agric. Food Chem*, 26: 1214-1218.
- Quezel P., et Santa S, 1963.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. Tome II. C.N.R.S. (Ed). Paris, p565.
- Quintas M., Branda et Silva C ., 2007.** Modelling autocatalytic behaviour of a food model system sucrose thermal degradation at high concentrations. *Journal of Food Engineering*, 78(2),537–545.
- Raghavan S, 2007.** Handbook of spices, seasonings, and flavorings. 2nd Ed. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- Raven P., Evert R, et Eichhorn S., 2000.** Biologie végétale. Ed DE BOECK. Paris. P32, 33.
- Redhead, 1990.** Utilisation des aliments tropicaux : sucres, épices et stimulants, organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture. P21.
- Reich et Schibli, 2007.** Validation of High-Performance Thin-Layer Chromatographic Methods for the Identification of Botanicals in a cGMP Environment. *J AOAC Int.* 91(1): 13–20.
- Rice-Evans C., Miller, N. and Paganga G.,1997.** Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends Plant Sci* ; vol. 2 : 152-159.
- Richard H, 1987.** Épices et herbes aromatiques. E.N.S.I.A.-1. avenue des olympiades-91744VMASSY Cedex. pp 6-9.
- Richter G, 1993.** Métabolisme des végétaux. Physiologie et Biochimie. Ed. Presses Polytechniques et Universitaire Romandes, 322-323.
- Sakagami H ., Hashimoto K., Suzuki F., Ogiwara T., Satoh K ., Ito H., Hatano T., Takashi Y., et Fujisawa S., 2005.** Molecular requirements of lignin–carbohydrate complexes for expression of unique biological activities. *Phytochemistry*66: 2108 - 2120.

**Sannomiya M., Fonseca V-B., Da silva M-A., Rocha LRM. Dos Santos L-C, Hiruma-Lima C-A., Britoc A R M S, Vilegas W., 2005.** Flavonoids and antiulcerogenic activity from *Byrsonimacrassa* leaves extracts. *Journal of Ethnopharmacology*97: 1 - 6.

**Sarni-Manchado P et Cheynier V., 2006.** Les polyphénols en agroalimentaire, Ed. Lavoisier (Tec & Doc), Paris, 300-398.

**Sheikh I., Malini C., and Fehmeeda K., 2013,** Phytochemical analysis and growth inhibiting effects of *Cinnamomum cassia* bark on some pathogenic fungal isolates *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 5(3):25-32.

**Shiyu Li, Wei Yuan., Guangrui Deng., Ping Wang., Peiying Yang and Bharat B., Aggarwal., 2011** Chemical Composition and Product Quality Control of Turmeric (*Curcuma longa* L.) *Pharmaceutical Crops*, , 2, 28-54.

**Seigler DS., Seilheimer S., Keesy J et Huang HF., 1986.** Tannins from four common *Acacia* species of Texas and northeastern Mexico. *Econ. Bot.*, 40 (2): 220-32.

**Servane V., et Claire P., 2013.** Mes petites recettes magiques aphrodisiaques. Ed LEDUQ. P32.

**Shon H Y., Son K H., Kwon C S., Kang S-S., 2004.** Antimicrobial and cytotoxic activity of 18 prenylated flavonoids isolated from medical plants: *Morus alba* *Echinosopharakoreesis*Nakai. *Phytomedicine* 11: 666 - 672.

**Siddharth P., et Babasaheb B-B., 2014.** Effect of the environment on content and Composition of Essential oil in Coriander. Vol 5, Issue 2, 57.

**Sine J-P., 2003.** Séparation et analyse des biomolécules: méthodes physicochimiques cours et exercices. Ellipses éditions marketing, pp 99-101.

**Singleton V-L., Orthofer R., and Lamuela-Raventos R-M., 1999.** Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin Ciocalteu reagent. *Method. Enzymol.* **299**: 152-178.

**Smyth T., Ramachandran V., Smyth W-F., 2009.** A study of the antimicrobial activity of selected naturally occurring and synthetic coumarins. *International journal of antimicrobial agents* 33: 421 - 426.162. Tripoli E., Guardia M L Giamma.

**Sophie J, 2006.** La culture des plantes aromatiques, p 91,92.

**Sophie O, 2015.** Cures de Soupes Santé-Détox: 100 soupes magiques antiballonements, minceur. Ed LEDUQ. P51,52.

**Sorlot F-X, 2014.** Alimentation santé, alimentation plaisir, une question d'équilibre. Ed LANOR. Paris. P216.

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

**Swain T., Hillis WE., 1959.** The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I. The quantitative analysis of phenolic constituents. *J Sci Food Agric* 10:63 68.



**Taiz L., Zeiger E., 2010.** Plant Physiology, Sinauer Associates, Inc., SUA.

**Takahama U, 1986.** Spectrophotometric study on the oxidation of rutin by horseradish peroxidase and characteristics of the oxidized products. *BBA - General Subjects*, Vol. 882(3): 445-451.

**Takao T., Kitatani F., Watanabe N., Yagi A., et Sakata K., 1994.** A simple screening method for antioxidants and isolation of several antioxidants produced by marine bacteria from fish and shellfish. *Bioscience. Biotechnol. Biochem.* 58: 1780-1783.

**Tripoli E., Guardia M L., Giammanco S., Di Majo D., Giammanco M., 2007.** Review Citrus flavonoids: Molecular structure, biological activity and nutritional properties: *Food chemistry* 104: 466 - 479.

**Ullah H, 2012.** Fruit yield and Quality of Anise (*Pimpinella anisum* L.) in Relation to Agronomic and Environmental Factors. Thesis. Justus Liebig University Giessen, Germany. P5.

**Urquiaga., and Leighton., 2000.** Plant Polyphenol Antioxidants and Oxidative Stress. *Biol. Res.*; 33: 55-64.

**Vermerris W, 2006.** Phenolic compound biochemistry, Springer, Dordrecht. ISBN-10 1-4020-5163-8 (HB).

**Vuorela, 2005.** Analysis, isolation, and bioactivities of rapeseed phenolics. University of Helsinki Department of Applied Chemistry and Microbiology Food Chemistry.

**Wagner H., Bladt S., 1996.** Plant drug analysis in thin layer chromatography atlas, 2e edition, Springer Verlag, Berlin: 384 p.

**Wilson M, 2007.** Fleurs comestible du jardin à la table. Ed QUBEC. Paris. P82.

**Wollgast J., et Anklam E., 2000.** Review on polyphenols in *Theobromacacao*: changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. *Food Research International* 33: 423 - 447.

**Yakhlef G, 2010.** Etude de l'activité biologique des extraits de feuilles de *thymus vulgaris* l. et *laurus nobilis* l. mémoire de magister, université el hadj lakhdar –batna. p41.

**Yao L-H., Jiang Y-M., SHI J, Tomas-Barberan F-A., Datta N., Singanusong R et Chen S.S., 2004.** Flavonoids in Food and their health benefits. *Plant. Food Hum. Nutr.*, 59 : 113-122.

**Zette G, 2009.** Les secrets de la cuisine en terre marocaine. Ed AMAZON. Paris , p 87.



*Annexes*



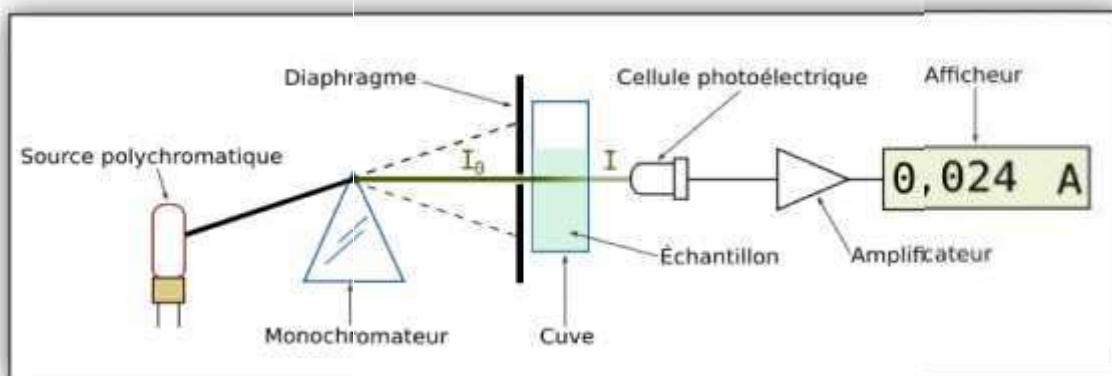
Dépôt des échantillons sur la plaque



Plaque au cours de migration.



Appareillage de Spectrophotomètre DR 5000.

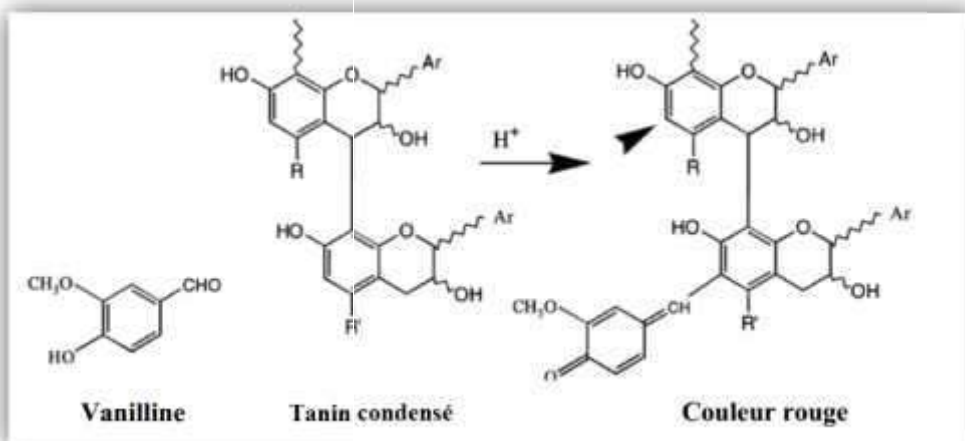


Principe du spectrophotomètre.



Appareillage de la lampe UV

La réaction entre la vanilline est les tanins condensés



## Résumé

Notre étude s'articule autour d'un criblage phytochimique des quelques épices *via* la CCM, et la mise en évidence de l'effet de traitement thermique sur le contenu de ces épices en métabolites secondaires. Les épices sélectionnées sont *gingembre, fenouil, coriandre, noix de muscade, curcuma, anis vert, cannelle, poivre noir, carvi et cumin*.

Le meilleur et le plus faible rendement d'extraction sont donnés par la cannelle et la coriandre avec des taux 12,07% et 3,93% respectivement.

La CCM a révélé la richesse des épices en diverse métabolites secondaires tels que, les flavonoïdes, stéroïdes, terpènes, tanins. L'anis vert et curcuma sont les plus diversifiées en ces composés.

Le dosage quantitatif a témoigné la richesse de la cannelle en polyphénols (405.50 mg EAG/gES) et en tanins condensés (0.05%) et hydrolysables (0.06%). Alors que le curcuma est la plus riche en flavonoïdes (113.47mgER/gES). Les différentes épices ont réagi différemment au traitement thermique, entre l'augmentation, diminution, stabilité et parfois des fluctuations. Mais le plus remarqué est la thermostabilité des flavonoïdes par rapport aux autres composés.

**Mots clés:** épice, métabolites secondaire, screening phytochimique, CCM, traitement thermique.

## Abstract

Our study articulate around a phytochemical screening of some spices via the TLC, and the detection of the heat treatment effect on the content of these spices in secondary metabolites. The selected spices are ginger, fennel, coriander, nutmeg, turmeric, anise, cinnamon, black pepper, caraway and cumin.

The best and lowest extraction efficiency are given by cinnamon and coriander with rates 12.07% and 3.93% respectively. TLC showed the richness of the spices on diverse secondary metabolites like, flavonoids, steroids, terpenes, tannins. The anise and turmeric are the most diversified in these compounds.

The Quantitative determination testified the wealth of cinnamon on polyphenol (EAG 405.50 mg / ghg) and condensed tannins (0.05%) and hydrolysed (0.06%). While turmeric is the richest on flavonoids (113.47mgER / ghg). The Different spices reacted differently to the heat treatment between the increase, decrease, stability and sometimes fluctuations. But most noticed is the thermostability of flavonoids comparing with the other compounds.

**Keywords:** spice, secondary metabolites, phytochemical screening, TLC, heat treatment

## ملخص

-تستند دراستنا حول الفحص الكيميائي النباتي لبعض التوابل بواسطة CCM. التوابل المختارة هي الزنجبيل، الشمر،

جوزة الطيب، الكركم، البنسون، القرفة، الفلفل الأسود، الكراوية والكمون. أفضل وأقل مردود من الاستخلاص أعطي من طرف

القرفة والكزبرة بمعدل (12.07%) ، (3.93%) على التوالي.

- أظهر TLC غنى التوابل بالمركبات الثانوية مثل الفلافونويد، ستيرويد، تربين. البنسون والكركم الأكثر تنوعا من هذه المركبات.

- كشف التحديد النوعي للمركبات الثانوية غنى القرفة من مادة البوليفينول (EAG 405.50 ملغ / ملغ ES) والتانين المكنف (0.05%) والقابل للإمهاء (0.06%). في حين الكركم هو الأغنى بالفلافونيدات (113.47 mgER / ملغ ES). التوابل المختلفة تفاعلت بشكل مختلف بالعلاج الحراري بين الزيادة، الانخفاض والاستقرار والتقلبات في بعض الأحيان. ولكن غالبا ما لوحظ صمود الفلافونويد أمام حرارة على عكس غيرها من المركبات.

**الكلمات المفتاحية:** التوابل، المركبات الثانوية، الفحص الكيميائي النباتي، CCM، والمعالجة الحرارية.