

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



UNIVERSITE MOULOUDMAMMERI DE TIZI OUZOU
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département de Microbiologie et Biochimie

Spécialité : Sciences Biologiques

Pour l'obtention du diplôme de master II

Option : Alimentation Humaine et Qualité des Produits

Présenté par :

M^{elle}IBTISSEM CHIKH ET M^{elle} LILIA RACHEM

Mémoire Intitulé :

ANALYSE MICROBIOLOGIQUE DE QUELQUES EPICES

Devant le jury composé de

M^{me}Asmani K. Maitre assistante, UMMTO Promotrice

M^{me}HellalZ.Maitre assistante, UMMTO Présidente

.Maitre assistante, UMMTOExaminatrice

M^rTitoucheY.Maitre-assistant, UMMTO

Examineur

Date de soutenance : 20/07/2017

L'année universitaire 2016/2017

REMERCIEMENTS

D'abord je remercie Dieu le tout puissant de m'avoir donné courage, santé, souffle et patience pour accomplir ce travail.

❖ J'adresse mes sincères remerciements à ma promotrice Dr. **Asmani Katia** pour sa proposition de ce thème, ces conseils et sa patience avec nous.

❖ Je remercie chaque membre de jury pour leurs présences et remarques.

M^{me}Hellal. Z la présidente, M^{me}Afifchaouche.T et M^rTitouche.Y examinateurs.

❖ Je remercie vivement M^{elle}**Guendouzi Sonia** l'ingénieure de laboratoire universitaire de microbiologie.

❖ Mes sincères remerciements à monsieur **titouche.Y** de nous avoir acceptés dans son laboratoire.

❖ Un grand merci à tout le personnel de laboratoire universitaire de microbiologie qui a permis de réaliser ce travail.

❖ A toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire trouve ici l'expression de ma profonde sympathie.

Dédicace

- ❖ A la mémoire de mes chers grands parents.
- ❖ A mon adorable **Père** qui sacrifia tout ce qu'il a de cher pour me prodiguer une éducation, un soutien, une assistance et un encouragement pour en fin aboutir à terminer ce modeste travail.
- ❖ A ma chère **Mère** qui ne ménagea aucun effort pour venir spontanément à mon aide, m'encourager par sa présence permanente à mes côtés, ce qui a incontestablement renforcé ma détermination à atteindre mon objectif, en occurrence être biologiste.
- ❖ A ma chère grande sœur DR.**Chikh Nora** qui a commencé le chemin de réussite dans notre famille.
- ❖ A ma sœur chérie **Nadia** qui ma protégée avec son amour depuis ma naissance, et son époux**Abderrahmane**.
- ❖ A mon grand adorable frère **Mohamed**, qui m'a toujours aidé avec son expérience et sa professionnalité, et sa superbe épouse **samiha** pour son encouragement.
- ❖ A ma fierté de vie, mes trois frères : **Magid.Djamel.Amimar**
- ❖ A mes princesses :**Hadjer-Mirel-Meriem**.
- ❖ A ma source d'énergie, le groupe insuline :**Karima, Lydia, Lyna, sonia, Hakim, Saïd, youva, TouretMalik**.
- ❖ A mes Intimes : **Amira, Mounira,Fahima, Cylia**.
- ❖ A mes deux cousins : **Warda et Aghilas**
- ❖ A la fin à ma collègue Lilia. Telles sont mes dédicaces à l'occasion de la présentation de cet humble travail.

Ibtissem-Wissem

Dédicace

Je dédie cet humble travail

À mes chères et respectueux parents, à la plus belle perle de monde
Rachem O ma tendre mère. À celui qui a toujours garni mes
chemins avec force et lumière Rachem MS mon très chère père
. Vraiment aucune dédicace ne saurait exprimer mon attachement,
mon amour, mon affection, je vous offre ce modeste travail en
témoignage de toutes les sacrifices et l'immense tendresse dont
vous m'avez toujours su me combler.

Puisse dieu tout puissant vous garder et vous procurer santé et
bonheur.

À mes frères Mayes et Guba je vous souhaite tout le succès et
tout le bonheur.

À mes très chères tentes Ouiza et Ourdia

À la mémoire de mon oncle Rachem- A

À mes formidables cousins Nadia, Amar, Billal, Ghiles

À tous mes amies pour leur sincérité si merveilleuse Kamamma et
Afaf.

À toute personne qui m'a aidé à franchir un horizon dans ma vie

RACHEM LILIA

Sommaire

Listes des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale	01
Chapitre I : Généralités sur les épices	03
1. Historique	03
2. Définition des épices	05
3. Classification des épices	06
4. La différence entre épices, aromates, herbes aromatiques et condiments	07
5. Utilisations des épices	05
6. Composés phytochimiques des épices	10
Chapitre II : Étude bibliographique de curcuma, poivre noir, cumin et paprika.	
I. Le curcuma	13
1. Etymologie	13
2. Historique	13
3. Classification systématique	14
4. Composition chimique	16
5. Production et commerce international	18
6. Usages à travers le monde	18
6.1 Usages courants	18
6.2 Médecine traditionnelle orientale	19
II. Le poivre noir	20
1. Historique	20
2. Etude botanique	21
2.1 Classification	21
• Les rameaux plagiotropes	23
2.1.1.1 Les feuilles	23
2.1.1.2 Fruit	23
3. Répartition géographique	23
4. Poivre noir	25

5. Composition chimique du poivre noir	25
6. Utilisation du poivre noir	26
III. Le cumin	
1. Historique.....	26
2. Provenance	27
3. Etude botanique.....	27
4. Composition chimique de la graine.....	28
5. Culture et récolte	29
6. Utilisation du cumin	29
VI. Le Paprika	
1. caractéristique	30
2. Plante	30
3. Composition.....	31
4. Utilisation culinaires.....	32
5. Propriétés médicinales	33
6. Culture et récolte	33
Chapitre III : Etat de l'art	35
1. les micro-organismes associés aux différentes épices.....	35
1.1. Autres études sur la qualité microbiologique des épices	39
1.1.1. Qualité microbiologiques des épices et herbes aromatiques : rapport d'activité des laboratoires de la DGCCRF	39
1.1.1 Etude de la qualité microbiologique de poivre vert de Madagascar.....	40
Matériel et méthodes	42
1. Matériel.....	42
1.1. Matériel biologique.....	42
1.2. Matériel de prélèvement.....	42
1.3. Matériel de laboratoire	42
2. Méthodes	43

2.1. Echantillonnages	43
2.2. Prélèvements et transport	43
2.3. Protocole d'analyse	44
2.4 Les germes recherchés	45
2.4.1. Dénombrements de la flore aérobie mésophile totale	45
2.4.2. Levures et moisissures	47
2.4.3 Les marqueurs ou bactéries témoins totaux de contamination fécales	47
2.4.3.1 Dénombrement de coliformes totaux et des coliformes fécaux....	47
2.4.3.2 Dénombrements des streptocoques fécaux.....	47
2.4.3.3. Dénombrement des <i>clostridium</i> s sulfito-réducteurs	48
2.4.4. La flore pathogène	49
2.4.4.1 Les salmonelles	49
2.4.4.2 Les staphylocoques	50
Résultats et discussions	52
2. La flore aérobie mésophile totale	52
3. Levures et moisissures	54
4. Les coliformes fécaux et les coliformes totaux	56
5. Les streptocoques.....	57
6. Les <i>clostridium</i> s	58
7. Les salmonelles	60
8. Les staphylocoques	62
Conclusion et perspective.....	64
Références bibliographique	
Annexes	

Listes des figures

Figures	Titres	Pages
Figure 01	Aspect de quelques épices	06
Figure 02	Les sources de curcumine	14
Figure 03	Dessin représentant la plante entière de curcuma	15
Figure 04	Curcuma longa	16
Figure 05	Structure chimique de la curcumine	17
Figure 06	Structure chimique de curcuminoides	17
Figure 07	Usage traditionnel de la curcumine	19
Figure 08	Schéma d'une branche de <i>piper nigrum</i>	22
Figure 09	Zone de culture du poivre	24
Figure 10	Pourcentage de la production mondiale du poivre	24
Figure 11	La plante entière de cumin	28
Figure 12	Poivron entier	31
Figure 13	Paprika doux	31
Figure 14	Poivrent orange	32
Figure 15	Diagramme du déroulement de l'échantillonnage	44
Figure 16	Principe des dilutions décimales	45
Figure 17	Méthode utilisé pour le dénombrement de la FAMT	46
Figure 18	Diagramme de l'identification de salmonella dans les échantillons d'épices	49
Figure 19	Aspect de la FAMT sur gélose PCA pour les échantillons de paprika en poudre	53
Figure 20	Aspect des colonies des coliformes totaux sur milieu VRBL après incubation à 37°C dans le paprika en poudre	56
Figure 21	Isolement des colonies sur milieu S-S	57

Liste des tableaux

Tableaux	Titres	Pages
Tableau 01	Classification de quelques épices selon la partie utilisée de la plante	06
Tableau 02	Effets des principales épices	09
Tableau 03	Composition chimique du curcuma	16
Tableau 04	Classification botanique du poivre	21
Tableau 05	Composition générale de <i>peper nigrum</i>	25
Tableau 06	Résultats des analyses effectuées par la DGCCRF	40
Tableau 07	Caractéristiques microbiologique du poivre vert de Madagascar	40
Tableau 08	Différents flores recherchées dans les épices	51

Introduction générale

Depuis la plus haute antiquité, l'humanité a utilisé diverses ressources trouvées dans son environnement afin de traiter et soigner toutes sortes de maladies (Athamena, 2009). Dans le monde, près de 80% de la population a recours aux plantes médicinales par manque d'accès aux médicaments prescrits, mais aussi parce que les plantes ont pu démontrer une réelle efficacité (Benaissa, 2011). Une plante est dite médicinale lorsqu'au moins une partie de cette dernière, possède des propriétés curatives ou préventives d'une ou plusieurs maladies (Claisse-Dauchy, 1996 ; Bruneton, 1999).

Une des originalités majeures des plantes médicinales réside dans leur capacité à produire des substances naturelles très diversifiées. En effet, à côté des métabolites primaires classiques (glucides, protéides, lipides, acides nucléiques), ils accumulent fréquemment des métabolites dits secondaires dont la fonction physiologique n'est pas toujours évidente mais représente une source importante de molécules utilisables par l'Homme dans des domaines aussi différents que la pharmacologie ou l'agroalimentaire (Jeaun et Annie, 2005). Les métabolites secondaires sont produits en très faible quantité, dont plus de 200000 molécules ont été identifiées et classés selon leur appartenance chimique en composés phénoliques, alcaloïdes et terpénoïdes.

Les épices sont classées parmi les plantes médicinales. Ces épices sont des parties de plantes aromatiques à la saveur forte ou des préparations, notamment des mélanges faits à partir de ces plantes, utilisées en petite quantité en cuisine comme conservateur, assaisonnement ou colorant. Elles peuvent provenir de différentes parties de la plante : l'écorce, exemple de la cannelle, de grains comme pour la coriandre et la cardamome, de feuilles, le cas de la mélisse, de rhizome exemple du curcuma et du gingembre ou de fruits comme pour le piment, le fenouil, l'aneth et la moutarde (Manandhar, 1995).

Un grand nombre d'épices étaient employées autrefois en médecine. Ces épices renferment de nombreux principes actifs ou métabolites secondaires, qui sont largement utilisés en thérapeutique, comme des agents préventifs antioxydants, antimicrobiens, anti-inflammatoires, diurétiques et antiseptiques (Iwi, 1993., Achinewuet *al.*, 1995). Les Algériens et particulièrement les citoyens de la ville de Tizi-Ouzou, sont connus pour leur utilisation dans les plats traditionnels de différents mélanges d'épices tels que la coriandre, le cumin, la cannelle, le gingembre, le poivre noir, le laurier, le piment, le curcuma, le carvi, le fenouil...etc.

Introduction générale

Selon le codex alimentarius, la salubrité des épices dépend du maintien des bonnes pratiques d'hygiène dans la chaîne alimentaire pendant la production, la transformation primaire, l'emballage et la distribution, ainsi qu'au point de consommation. Des bactéries sporulées, y compris des agents pathogènes tels que *Clostridium perfringens*, ainsi que les cellules végétatives non-sporulées de micro-organismes tels que *Staphylococcus aureus* et *Salmonella*, ont été décelées dans des épices et des herbes aromatiques séchées. Plusieurs foyers d'écllosion de maladies causées par la consommation d'épices ont été observés, dont la plupart étaient attribuables à *Salmonella*. Ces foyers ont suscité des inquiétudes concernant la salubrité des épices et des herbes aromatiques séchées. D'après la commission du codex alimentarius, la complexité de la chaîne d'approvisionnement des épices et des herbes aromatiques séchées complique l'identification des points précis dans la chaîne alimentaire où surviennent les contaminations, mais des preuves indiquent que ces contaminations peuvent survenir tout au long de la chaîne, dès lors que de bonnes pratiques ne sont pas suivies.

L'objectif de la présente étude, est d'évaluer la qualité microbiologique de quelques épices fréquemment consommées dans différentes régions d'Algérie notamment dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Cette étude concerne le paprika, le poivre noir, le curcuma et le cumin. Les analyses microbiologiques ont été réalisées sur ces épices à l'état de graine et poudre emballée, afin de déterminer à quel niveau de la chaîne de production à lieu la contamination.

Ce travail est scindé en deux parties. La première partie concerne l'étude bibliographique qui regroupe des généralités sur les épices ainsi qu'un état de l'art qui reprend les principaux travaux réalisés sur cette thématique. La seconde partie est expérimentale ; elle consiste en un premier chapitre qui présente la méthodologie utilisée pour la réalisation des différentes analyses microbiologiques et un second chapitre qui présente et discute l'ensemble des résultats obtenus au cours de cette étude pour en dégager des conclusions et des perspectives.

1. Histoire des épices

Il est impossible de retracer une histoire universelle sans parler des épices. Elles ont été la cause de conflits armés, à l'origine de la découverte du Nouveau Monde, font partie de l'histoire de la médecine, de celle des cosmétiques, des religions et de leurs rituels, sans parler de l'histoire des cuisines. Depuis l'antiquité, elles ont été utilisées d'abord lors des rites religieux puis comme médicaments. Les épices deviennent en Europe, au moyen âge, une denrée précieuse et onéreuse (Srinivasan, 2005). En effet, depuis des milliers d'années, l'intérêt des épices dans l'aromatization et la conservation des aliments et l'embaumement des corps des défunts a été découvert.

Trois mille ans avant Jésus-Christ, les chinois, les égyptiens, les phéniciens et les perses échangeaient des épices par de la monnaie ou par des esclaves (Hossain et al., 2008 ; Droniou, 2012). À la même époque, les Arabes achètent leurs épices en Inde et se procurent ailleurs d'autres denrées (la cannelle au Sri Lanka, le macis et la noix de muscade en Insulinde, la myrrhe en Afrique de l'Est) et produisent de l'encens. Des caravanes de chameaux suivent les voies terrestres qui partent de Calcutta, tandis que les navires rallient l'Occident en passant par le golfe Persique. Pour conserver leur mainmise sur ce commerce lucratif, les Arabes gardaient secret les lieux où sont cultivées les plantes ; les marchands arabes sont alors les seuls exportateurs et importateurs d'épices. Ils les négocient en Égypte, en Iran, en Afghanistan et dans les pays méditerranéens. De là, ils les exportent vers l'Europe (Décobert, 1998).

La connaissance des épices est très ancienne et plus particulièrement le poivre dans la Rome antique. Elles sont très utilisées dans la cuisine, et ont une grande importance dans les civilisations grecque et romaine. Ces derniers, ont beaucoup écrit sur leurs utilisations médicales et cosmétiques. D'ailleurs, elles tiennent leur nom du célèbre Marcus Gavius Apicius, chef cuisinier qui a servi les empereurs Auguste et Tibère, et également auteur du premier livre dédié aux épices (Arvy ; Gollouin, 2003). Le commerce des épices se poursuit en Asie et au Moyen-Orient, mais déperit, puis disparaît en Occident. Au XIIIe siècle, les croisés rapportent de Palestine épices et plantes rares, favorisant un nouvel essor du commerce de l'Europe avec les autres pays du monde (Décobert, 1998).

Pendant la renaissance italienne, le commerce est à la base de la richesse des grandes cités italiennes comme Venise et Gênes. A cette époque, la cuisine se caractérise par sa recherche et son originalité, et bien que les épices coûtent très cher, les plats sont relevés et colorés grâce à des plantes aromatiques. Un cheval se négocie au même prix que 500g de safran, tandis qu'un mouton est échangé contre autant de gingembre et une vache contre un

kilo de macis. Vers 1274, Marco Polo quitte Venise avec l'intention de découvrir une nouvelle route pour gagner l'Extrême-Orient, contournant celle des négociants arabes. De retour à Venise, 25 ans plus tard, il rapporte des richesses fabuleuses de la cour du grand Khan Kubilaï, ainsi que des épices. Personne à Venise ne voulut croire qu'il avait effectué un tel périple, jusqu'au moment où il cuisina un plat accommodé avec les épices inconnues qu'il avait rapportées de Chine. Son voyage se déroulait deux siècles avant que les puissances européennes ne se décident de concurrencer le monopole arabe sur les épices pour faire baisser leurs prix exorbitant (Cipallo, 1997).

En 1492, Christophe Colomb met pied à terre dans ce qu'il pense être les Indes : il découvre alors le Nouveau Monde. Il rapporte de ses périple des épices inconnues, les piments du Mexique, la vanille d'Amérique Centrale. Portugais et Espagnols ont ouvert à la même époque deux nouvelles routes des épices. Les deux nations se font alors un féroce concurrence qui est arbitrée par le traité de Tordesillas (1494) qui divise le monde en deux : l'Espagne domine les régions à l'ouest d'une ligne imaginaire situé dans l'océan Atlantique, le Portugal conserve sa domination sur la partie orientale (Devaleau, 1987).

Au XVIIe siècle, Britannique et Hollandais font leur entrée sur le marché des épices. Les Hollandais fondent la Compagnie hollandaise des Indes orientales (1602); les Anglais financent les expéditions de Drake, chargé de découvrir une nouvelle route maritime vers la Chine. La guerre éclate entre Anglais et Espagnols pour la domination des routes des épices : c'est la défaite de « l'invincible Armada » (1588) et la fondation de la Compagnie anglaise des Indes orientales. En 1658, les Hollandais battent les Portugais et s'emparent du commerce de la cannelle à partir de Ceylan et des ports poivriers de la côte de Malabar et de Java. À la fin du XVIIIe siècle, les Britanniques ont évincé les Hollandais de leurs possessions indiennes et Londres devient la plaque tournante du marché des épices (Décobert, 1998).

Au XXe 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 utilisées en tant que substances qui améliorent le goût et qui permettent une variation de l'alimentation (Srinivasan, 2005). Ce sont pour la plupart des produits exotiques, ce qui explique que les épices étaient parmi les produits commerciaux les plus coûteux durant l'Antiquité et le Moyen Âge. En plus du domaine culinaire, un grand nombre d'épices étaient également employées autrefois en médecine (Hossainet *al.*, 2008).

2. Définition des épices :

Le mot épice vient de « spices » qui signifie denrée en- bas-latin. Les épices sont des parties de plantes aromatiques à la saveur et odeur plus ou moins fortes ou piquantes. Elles contiennent des substances organiques volatiles, souvent appelées arômes. Ces substances organiques appartiennent à des groupes chimiques tels que les alcools ou les aldéhydes et stimulent les perceptions olfactives et gustatives (Bernard, 2012). Elles sont pour une bonne part, responsables des plaisirs de la table. Les épices sont utilisées en petite quantité en cuisine comme conservateur, assaisonnement ou comme colorant. Un grand nombre d'épices étaient employées autrefois en médecine (Walker, 1994 ;Heers, 2008 ; Figueredo, 2012).

Les épices sont à différencier avec d'autres produits utilisés pour parfumer les plats, comme les herbes aromatiques ou les fruits. Ces derniers sont classés parmi les épices et reçoivent l'appellation d'épices commune, vue leur utilisation dans l'assaisonnement (ou condiment). Le basilic, le romarin, le thym, le persil, l'estragon ou laurier en sont de bon exemple, dont on peut utiliser tout ou une partie de la plante suivant son intérêt aromatique (Figueredo, 2012).

Les épices peuvent provenir de différentes parties de la plante : l'écorce, exemple de la cannelle, des grains comme pour le fenouil, la coriandre et la cardamome, des feuilles, la mélisse et le laurier, des fleurs, le safran et le clou de girofle, de rhizome comme le curcuma et le gingembre ou de fruits comme pour le piment, le fenouil, l'aneth et la moutarde (Figure 1) (Farrell, 1990 ; Droniou, 2012).

Le traitement des épices après la récolte est recommandé afin de conserver le plus possible leur gout naturel. Le traitement s'effectue généralement en détachant la structure végétale voulue et en la séchant dans de bonnes conditions (Redhead, 1990). Les épices sont devenues aujourd'hui des denrées banales ; elles contiennent beaucoup de vitamines et de minéraux. De nos jours, on les utilise encore pour leurs qualités gustatives mais aussi pour leurs vertus médicinales (Droniou, 2012).



Figure 1 : Aspect de quelques épices. Bernard, 2012)

3. Classification des épices :

Il est difficile de sélectionner des critères de classification des épices. Celles-ci appartiennent à différentes familles végétales, et au sein de ces familles, différentes parties de plantes peuvent donner des épices classées dans des familles différentes. Dans certains cas, de nombreuses parties de la plante contiennent des huiles essentielles, qui sont les principaux ingrédients actifs à la base de la sapidité des épices. Dans d'autres cas, des structures végétales peuvent posséder des propriétés aromatiques mais ne sont pas considérées comme épice tel que l'oignon et l'ail (Redhead, 1990). On peut donc classer les épices selon la partie de la plante dont elles sont tirées, ainsi elles peuvent provenir des graines, des fleurs, des fruits, des racines ou du bois (Tableau 1) (Bernard, 2012)

Tableau 1 : Classification de quelques épices selon la partie utilisée de la plante (Redhead, 1990).

Nom(s) commu(s)	Nom botanique	Partie de la plante utilisée
Premier groupe : Epices fortes		
Poivre noire et blanc	<i>Piper nigrum</i>	Fruit
Poivre de Cayenne et tabasco	<i>Capsicum frutescens</i>	Fruit
Piment et paprika	<i>Capsicum annum</i>	Fruit
Clous de girofle	<i>Eugenia caryophyllus</i>	Fleur
Gingembre	<i>Zingiber officinale</i>	Rhizome
Deuxième groupe : Fruits et graines aromatiques		
Muscade et macis	<i>Myristica fragrans</i>	Graine (amande + arille)
Piment toute-épice	<i>Pimentodioica</i>	Fruit
Anis	<i>Pimpinelleanisum</i>	Fruit
Fenugrec	<i>Trigonella foenumgraecum</i>	Graine
Coriandre	<i>Coriandrum sativum</i>	Fruit
Cumin	<i>Cuminum cyminum</i>	Fruit
Troisième groupe : Ecorces aromatiques		
Cannelle	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	Ecorce
Casse	<i>Cinnamomum cassia</i>	Ecorce
Quatrième groupe : Epices colorées		
Paprika	<i>capsicum annum</i>	Fruit
Curcuma	<i>Curcuma domestica, Curcuma longa</i>	Rhizome

4. La différence entre épices, aromates, herbes aromatiques et condiments

Les distinctions entre les épices, les condiments, les aromates et les fines herbes sont assez subtiles. Les épices proviennent d'une seule origine végétale ; par exemple le poivre est le fruit séché du poivrier. Elles sont souvent obtenues après séchage de la plante et/ou transformation (fermentation, blanchiment, stabilisation). Ce sont les plus importantes économiquement (Arvy et Gollouin, 2003).

D'autres substances ajoutées pour relever la saveur des aliments, portent le nom de condiments, et sont définis comme une préparation élaborée à partir d'un mélange d'épices, d'herbes aromatiques et d'autres ingrédients non végétaux tel que le sel et le vinaigre, qui relèvent la saveur des aliments crus ou cuits (Arvy et Gollouin, 2003). Les herbes aromatiques : sont définis comme épices issue des feuilles ou tiges, plus précisément épices vertes tel que le fenouil.

Certains ont un pouvoir colorant comme le paprika ou le safran selon l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Quant aux termes d'aromates ou de fines herbes, ils désignent plutôt les plantes herbacées dont on utilise les feuilles en cuisine sous forme fraîche ou séchée, qui sont généralement consommées tels quels sans aucune transformation afin de parfumer les aliments, alors que les épices proprement dites sont plutôt des produits dépourvus de chlorophylle. En résumé, on peut dire que les épices sont des aromates culinaires ou des condiments végétaux, les herbes aromatiques étant quant à elles des épices vertes.

5. Utilisations des épices

5.1 Utilisation nutritionnelle

Les épices apportent de la variété et du goût aux denrées de base et aux sauces, ce qui stimule l'appétit et permet de manger plus (Redhead, 1990). Les épices étant utilisées en petite quantité, elles ne contribuent pas, d'un point de vue nutritionnel, au régime alimentaire, mais elles contiennent souvent des composés phénols qui permettent de protéger les denrées contre la dégradation microbienne. Toutefois, des épices séchées de manière incorrecte ou entreposées dans de mauvaises conditions peuvent elles même être contaminées par des champignons ou des aflatoxines (Redhead, 1990).

On utilise les épices comme aromates pour l'assaisonnement, la coloration et la conservation des aliments ou des boissons. Certaines épices sont aussi utilisées comme suppléments diététiques comme le curcuma « safran de l'Inde », riche en curcumine (colorant

atoxique), stable à la chaleur et peu sensible aux variations de pH, d'où leur large utilisation comme colorant alimentaire autorisé (E100) (Wichtl et Anton, 2003). Certaines épices doivent être ajoutées en début de cuisson, d'autres ne doivent pas cuire sous peine de perdre toutes leurs qualités. En règle générale, il faut ajouter les épices aux trois quarts de la cuisson pour préserver leurs propriétés nutritionnelles et gustatives (Sophie, 2006).

5.2 Utilisation médicinale

La plupart des plantes aromatiques et épices possèdent des vertus médicinales. En effet, beaucoup sont riches en éléments minéraux et en vitamines, notamment en vitamine C. Autre fois très employées en médecine, les plantes entrent moins souvent dans la composition des médicaments modernes. Cependant, elles sont encore très utilisées dans certains pays ou dans les médecines douces. De plus, à l'échelle familiale, les plantes ont de tout temps joué un rôle important pour soulager les tracas de la vie quotidienne tels que les maux de tête, insomnies, rhumes, etc. On les utilise sous forme de tisane, qui est la préparation la plus répandue, en cataplasme, en inhalation, etc. (Sophie, 2006).

De nombreuses épices possèdent des activités antimicrobiennes et antioxydantes, et sont utilisées comme antiseptiques, analgésiques et anti-inflammatoires. Elles sont également indiquées pour lutter contre les maladies du stress (Mohammedi, 2006). Le Tableau 2 montre quelques effets biologiques de quelques épices.

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

Effets biologiques	Épices et herbes aromatiques
Anti-oxydant	Toutes les épices, mais plus particulièrement cannelle, clou de girofle, ail, gingembre, citronnelle, mélisse, origan, menthe poivrée, sauge, thym
Anti-cancer (prévention)	Anis, basilic, poivre noir, carvi, agrumes, clou de girofle, fenouil, ail, gingembre, thé vert, moutarde, romarin, soja, curcuma
Contrôle des lipides sanguins	Câpre, cannelle, agrumes, coriandre, fenugrec, ail, gingembre, origan, romarin, soja, anis étoilé, thym
Fluidifiant sanguin	Câpre, cannelle, coriandre, fenugrec, ail, gingembre
Contrôle de la glycémie	Cannelle, gingembre, oignon, origan, romarin, thym
Anti-inflammatoire	Feuille de laurier, poivre noir, ail, gingembre, thé vert, origan, romarin, thym, curcuma,
Antibactérien	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, oignon, origan, persil, romarin, sauge, estragon, thym
Immunomodulation	Poivre noir, ail
Neutralisation de toxines	Carvi, agrumes, coriandre, ail, thé vert, moutarde, romarin, curcuma

5.3 Utilisation en cosmétique :

Un grand nombre d'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 une odeur agréable. Les huiles essentielles de la cannelle et du clou de girofle rentrent largement dans la fabrication des dentifrices (Sophie, 2006).

6. Composés phytochimiques des épices

La plupart des espèces végétales qui poussent dans le monde entier possèdent des vertus thérapeutiques, car elles contiennent des principes actifs qui agissent directement sur l'organisme (Moulard, 2001). Chaque épice a un arôme et une saveur unique qui dérivent des composés phytochimiques appelés encore métabolites secondaires. Ces produits chimiques ont évolué chez les plantes afin de les protéger contre des insectes herbivores, des agents pathogènes, des parasites et des champignons (Charaka, 1994). Pendant des siècles, la valeur intrinsèque des composés phytochimiques pour la santé humaine a été reconnue (Bulduk, 2004).

6.1 Définition et fonctions des métabolites secondaires :

Les métabolites secondaires des végétaux peuvent être définis comme des molécules indirectement essentielles à la vie des plantes, par opposition aux métabolites primaires (glucides, lipides et protéines) qui alimentent les grandes voies du métabolisme basal (Cuendet, 1999 ; Gravot, 2008). Les métabolites secondaires issus de métabolites primaires, interviennent dans la structure des plantes mais elles exercent également une action déterminante sur l'adaptation des plantes à leur environnement (Gravot, 2008 ; Kansole, 2009).

Ils participent ainsi, d'une manière très efficace, dans la tolérance des végétaux à des stress variés, par action anti-herbivore, inhibition des attaques pathogènes des bactéries et des champignons, prédation d'insectes, défense contre la sécheresse et la lumière UV. Cependant, certains d'entre eux peuvent être anti-nutritifs. En effet, beaucoup de métabolites secondaires sont toxiques ; ils sont alors stockés dans des vésicules spécifiques ou dans des vacuoles. D'un point de vue appliqué, ces molécules constituent la base des principes actifs que l'on retrouve chez les plantes médicinales (Gravot, 2008 ; Thomas, 2009). Elles représentent donc une grande source potentielle d'agents thérapeutiques (Thomas, 2009).

6.2 Classification des métabolites secondaires

Les métabolites secondaires sont produits en très faible quantité ; plus de 200000 molécules ont été identifiées. Classés selon leur appartenance chimique en composés phénoliques, alcaloïdes et terpénoïdes (Cuendet, 1999 ; Vermerris, 2006).

6.2.1 Les composés phénoliques

Les polyphénols constituent un groupe largement distribué de substances dans le royaume des végétaux, avec plus de 8000 structures phénoliques présents dans tous les organes de la plante. Ils résultent biogénétiquement de deux voies synthétiques principales : la voie de shikimate et d'acétate (Hopkins, 2003 ; Lugasi *et al.*, 2003 ; Lebham, 2005).

L'élément structural fondamental qui les caractérise est la présence d'un cycle aromatique (benzoïque) portant au moins un groupement hydroxyles (Macheix *et al.*, 2005), libres ou engagés dans une autre fonction chimique (éther, méthylique, ester, sucre, etc.) (Bruneton, 1993). La structure de ces composés varie, de molécules simples (acides phénoliques simples) aux molécules hautement polymérisées (tanins condensés) (Macheix *et al.*, 2005). Ils participent à la pigmentation des fleurs, des légumes et de quelques fruits (raisins, agrumes, etc.) ; certains d'entre eux sont responsables d'amertume et d'astringence (Adrian et Frangne, 1991 ; Milane, 2004).

6.2.2 Les alcaloïdes

6.2.2.1 Définition

Un alcaloïde est une substance organique azotée d'origine végétale à caractère alcalin et présentant une structure moléculaire hétérocyclique complexe (Badiaga, 2011). Généralement, les alcaloïdes sont produits dans les tissus en croissance tels que les jeunes feuilles et les jeunes racines. Ils gagnent ensuite des lieux différents et lors de ces transferts, ils peuvent subir des modifications. Chez de nombreuses plantes, les alcaloïdes se localisent dans les pièces florales, les fruits ou les graines et ces substances sont trouvées concentrées dans les vacuoles (Krief, 2003). Ce sont des composés relativement stables qui sont stockés dans les plantes en tant que produits de différentes voies biosynthétiques (Omulokoliet *al.*, 1997 ; Wilhem, 1998 ; Judd *et al.*, 2002 ; Mauro, 2006 ; Kansole, 2009).

6.2.3 Les Terpénoïdes

6.2.3.1 Définition

Le terme de terpénoïde est attribué à tous les composés possédant une structure moléculaire construite d'un monomère à 5 carbones appelé isoprène. Ces composés sont majoritairement d'origine végétale (Malecky, 2005) et sont synthétisés par des plantes, des organismes marins, des champignons et même des animaux (Benaïssa, 2011). L'exploitation de ces composés s'effectuait sous forme d'huiles extraites de plantes (huiles essentielles) par le moyen de la distillation (Harbone, 1998 ; Bruneton, 1999 ; Klaas, 2002 ; Malecky, 2005).

6.2.3.2 Les huiles essentielles et leur relation avec les terpenoïdes

6.2.3.2.1 Définition :

Les huiles essentielles sont des composants liquides et hautement volatiles des plantes marquées par une forte et caractéristique odeur ; les terpènes (principalement les monoterpènes) représentant la majeure partie (environ 90%) de ces composants (Khenaka, 2011 ; Hamdani, 2012). Les HES ne contiennent pas de corps gras (lipides) (Hamdani, 2012 ; Khenaka, 2011). Ces dernières sont obtenues par distillation par la vapeur d'eau et sont plus ou moins modifiées au cours de la préparation (Figueredo, 2007). Elles peuvent être stockées dans tous les organes végétaux : fleurs, feuilles, écorces, bois, racines, rhizomes, fruits, graines (Teuscheret *al.*, 2005 ; Figueredo, 2007).

6.2.3.2.2 Activités biologiques des huiles essentielles

Le rôle des huiles essentielles dans la physiologie de la plante reste encore mal connu. Toutefois, les parfums émis jouent un rôle attractif pour les insectes pollinisateurs. Les huiles essentielles ont des propriétés antitoxiques, antivenimeuses, antivirales et antiparasitaires, ce qui explique leur vaste utilisation dans les domaines pharmaceutiques, alimentaires et cosmétiques. Néanmoins, une seule huile peut avoir plusieurs utilisations à la fois (Domart et Bourneuf, 1988 ; Laib, 2011)

I. Le curcuma :

1. Etymologie :

Le terme de curcuma est d'origine irano-indienne. Il dérive du sanscrit *kartouma* qui a donné *kurkumen* persan ancien, *kourkoumen* arabe et curcuma en latin (Delaveau, 1987). C'est sous cette dernière forme qu'il est passé dans les langues européennes, le < c > se transformant parfois en < k > dans les langues germaniques, sauf l'anglais qui le désigne sous le nom de *turmeric*. C'est d'ailleurs la langue anglaise qui a conservé l'origine de son appellation en latin médiéval, *terra merita* (terre mérite) par le mot "*turmeric*". Notons que sa couleur jaune intense le fait parfois nommer, bien à tort, *safran cooliet safran des Indes* (Delaveau, 1987). De même, son nom chinois *jianghuang*, signifie gingembre jaune, une allusion au fait qu'il est de la même famille botanique que le gingembre et à la remarquable couleur de son rhizome.

2. Historique :

Le curcuma est une épice qui fait l'objet d'échanges commerciaux depuis tellement longtemps qu'on ne peut déterminer avec certitude son origine. On pense cependant qu'il vient du Sud ou du Sud-est de l'Asie, peut-être plus spécifiquement de l'Inde, d'où il se serait répandu dans toute l'Asie, de même qu'au Proche et au Moyen-Orient, il y a des milliers d'années (Penso, 1986). Son emploi, en Asie, en Afrique et au Proche et Moyen-Orient,

Chapitre II Étude bibliographique sur le curcuma, le poivre noir, le paprika et le cumin

remonte à plus de 4000 ans. Dès cette époque, le curcuma est utilisé en tant qu'épice, mais aussi comme agent de coloration de plusieurs aliments, tels que le cari et la moutarde, de même que dans la production de cosmétiques, de teintures et de médicaments (Perry, 2008). Le curcuma serait connu en Chine depuis très longtemps puisque le plus vieux traité de médecine chinoise, le PEN – TSAO de Sheng Nung écrit vers 2600 av J.-C., le mentionne dans le traitement des douleurs rhumatoïdes (Penso, 1986).

Du monde asiatique, il passe par la voie commerciale en Grèce. Dioscorides, médecin hellène devenu militaire romain et praticien réputé à Rome, décrit la curieuse drogue comme *kupeirosexIndia: cyperus* (ou souchet) des Indes ; l'intense couleur jaune lui fait croire à tort à des propriétés identiques à celles du Safran. Une grande confusion de termes s'installera, au cours du Moyen Age, tandis que les marchands arabes introduisent largement ce curieux produit. Ainsi au XVIII^e siècle P.Pomet écrira : « La terra mérita que quelques-uns appellent curcuma et d'autres Safran ou Souchet des Indes, ou de Malabar ou de Babylone, est une racine presque semblable au gingembre » (Delaveau, 1987).

3. Classification systématique :

Le genre *Curcuma*, selon la classification APG III (AngiospermsPhylogeny Group) appartient à :

- La classe des monocotylédones ;
- L'ordre des scitaminales ou zingibérales ;
- La famille des *Zingiberaceae*.

Près de 80 espèces dans ce genre sont dénombrés (Guldner, 1986).

Il regroupe de nombreuses espèces ornementales, tandis que d'autres se sont démarquées par l'utilisation de leur rhizome, aux propriétés culinaires et médicinales. Parmi ces espèces *Curcuma longa* Linné est de loin le plus utilisé et par conséquent le plus étudié, mais on retrouve également *Curcuma xanthorrhiza* Roxburgh dit *temoelawaket* la zédoaire, décrite sous le nom de *Curcuma zedoaria* Roscoe ou *Curcuma zerumbet* Roxburgh (Delaveau, 1987).

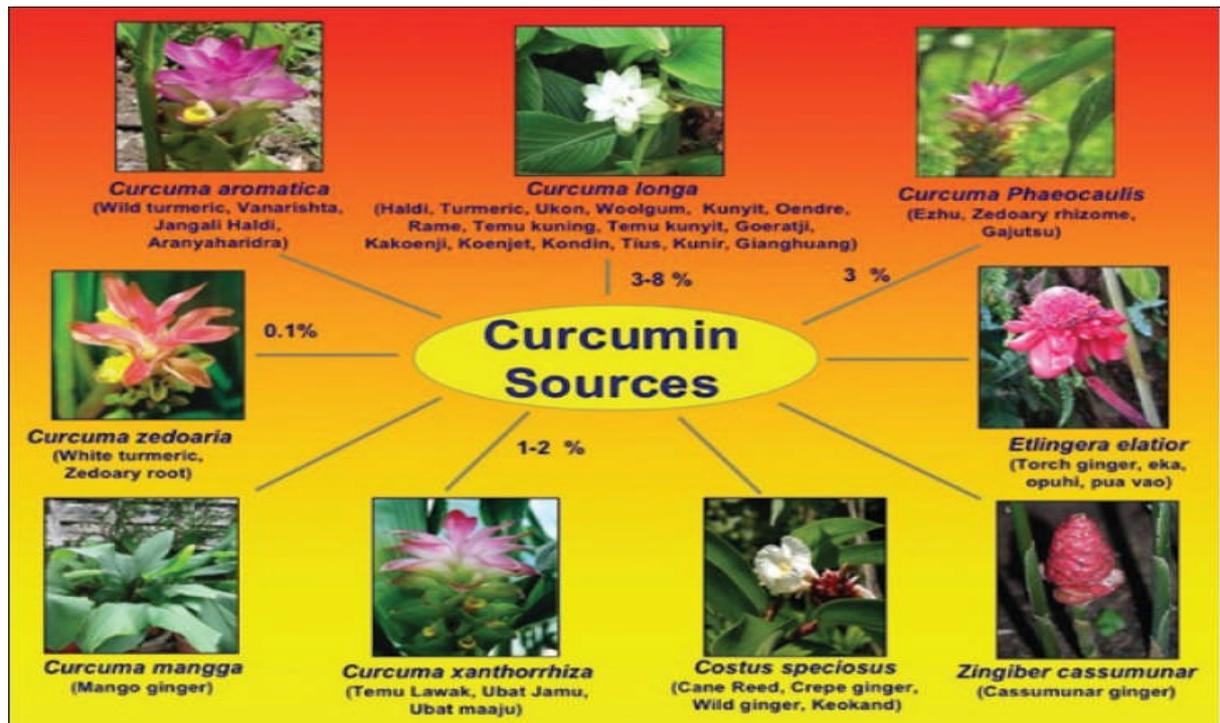


Figure 2 : Les sources de curcumine (Delaveau ,1987).

4. Description de la plante :

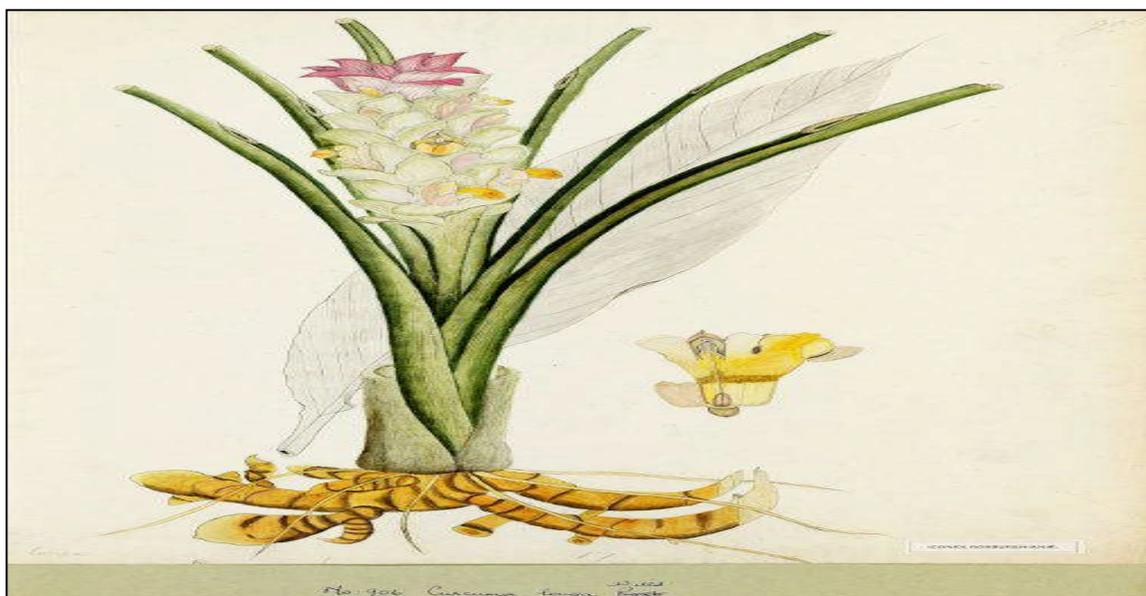


Figure 3 : Dessin représentant la plante entière. (Delaveau ,1987).

Chapitre II Étude bibliographique sur le curcuma, le poivre noir, le paprika et le cumin

Les rhizomes principaux de forme ovoïde fournissent le curcuma rond et les secondaires le curcuma long. Epais, écailleux, se ridant par dessiccation, ces rhizomes sont d'une couleur jaune orangé en section, gris brunâtre en surface. Une odeur aromatique se dégage après section du rhizome (Delaveau ,1987). Les fleurs possèdent :

- Un calice tubulaire, court, présentant 3 dents inégales ;
- Une corolle tubulaire à sa base, puis divisée en 3 lobes jaunes inégaux ;
- Des étamines dont une seule fertile, bifide, l'anthère présentant un large éperon courbé à la base ;
- Un ovaire infère, triloculaire, surmonté d'un style terminé par un stigmate simple et en crochet. Le fruit, rarement produit, est une capsule à trois loges, contenant de nombreuses graines arillées (Jansen et *al.*, 2005).

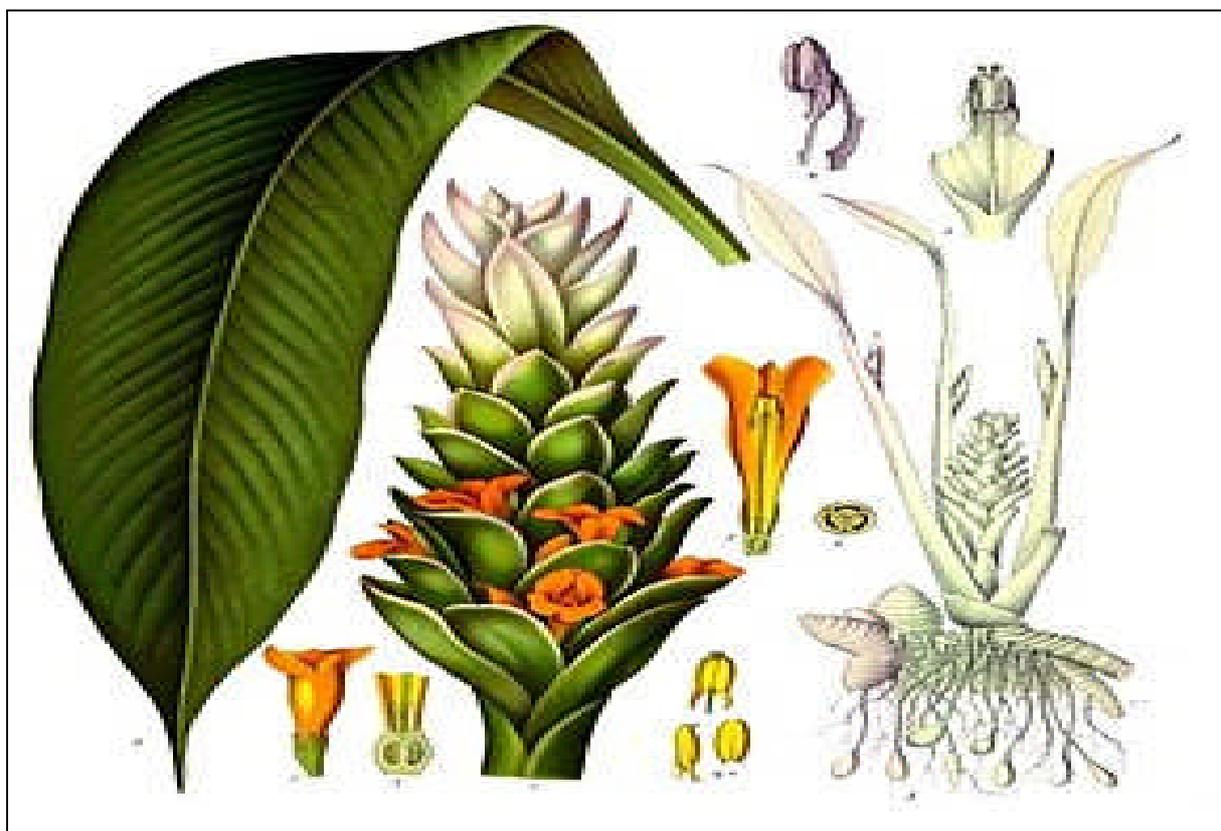


Figure 4 : *Curcuma longa* (Jansen et *al.*, 2005)

5. Composition chimique :

Le Tableau 4 résume la composition chimique approximative de 100 g, de la partie comestible de la poudre de curcuma.

Chapitre II Étude bibliographique sur le curcuma, le poivre noir, le paprika et le cumin

Tableau 3 : Composition chimique du curcuma (Jansen *et al.*, 2005)

Composant	Teneur
Eau	11,4 g
Energie	1481 kJ (354 kcal)
Protéines	7,8 g
Lipides	9,9 g
Glucides	64,9 g
Amidon	45 à 55% de la composition totale
Fibre alimentaire	21,1 g
Ca	183 mg
Mg	193 mg
P	268 mg
Fe	41,4 mg
Zn	4,4 mg
Vitamine A	Traces
Thiamine	0,15 mg
Riboflavine	0,23 mg
Niacine	5,14 mg
Folate	39 µg

Par une distillation à la vapeur d'eau, les rhizomes produisent 2 à 7 % d'huile essentielle, caractérisé par sa couleur rouge orangée et légèrement fluorescente. L'huile essentielle de curcuma se compose également de petites quantités de monoterpènes oxygénés, associés à des petites quantités de sesquiterpènes hydrocarbonés et monoterpènes hydrocarbonés (Jansen *et al.*, 2005).

L'extraction du rhizome à l'alcool éthylique, à l'acétone ou au chlorure de méthylène donne 6 à 10% d'oléorésine, qui contient 35 à 45% de curcumine et de ses dérivés, la déméthoxycurcumine et la bisdéméthoxycurcumine, connues sous le nom de caroténoïdes. Ces composés donnent au curcuma sa couleur jaune orangée caractéristique, alors que l'huile essentielle lui confère son arôme et sa saveur typiques (Jansen *et al.*, 2005)

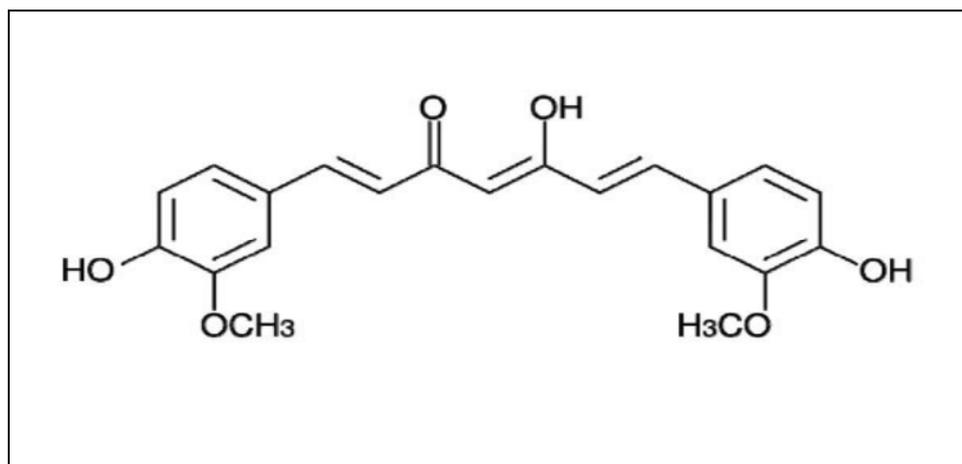


Figure 5 : Structure chimique de la curcumine : 1,7-bis (4-hydroxy-3-méthoxy-phényl) hepta-1,6-diène-3,5-dione (Anand *et al.*, 2007).

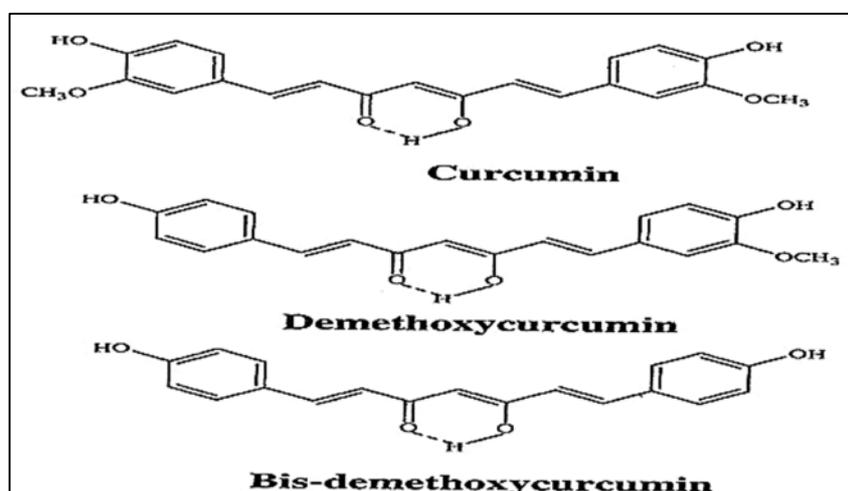


Figure 6 : Structure chimique des curcuminoïdes (Jayaprakasha *et al.*, 2006).

6. Production et commerce international :

Actuellement, le curcuma est largement cultivé partout sous les tropiques, mais sa production commerciale est limitée à l'Inde et au sud-est de l'Asie (Jansen *et al.*, 2005). L'Inde est le plus gros producteur, avec 400 000 tonnes sur 130 000 hectares et domine le commerce international qui est estimé à 20 000 tonnes par an. Le curcuma est présent sur le marché international sous la forme de rhizome long ou doigt et sous la forme de rhizome rond ou bulbe.

On compte parmi les autres producteurs d'Asie, le Bangladesh, le Pakistan, le Sri Lanka, le Taïwan, la Chine, le Myanmar et l'Indonésie. Il est aussi cultivé dans les Caraïbes, ainsi qu'en Amérique centrale et du Sud, la Jamaïque, Haïti et le Pérou (Jansen *et al.*, 2005). Tous les producteurs asiatiques sont aussi de gros consommateurs et certains sont même des importateurs nets, alors que les pays non asiatiques exportent la plus grande partie de leur

Chapitre II Étude bibliographique sur le curcuma, le poivre noir, le paprika et le cumin

production. Le commerce du curcuma à partir des pays d'Asie transite essentiellement par Singapour. Les plus grands importateurs sont l'Iran, le Sri Lanka, la plupart des pays du proche Orient et L'Afrique du Nord.

7. Usages à travers le monde

7.1. Usages courants

Curcuma longa est cultivé pour ses rhizomes, d'abord comme colorant, ensuite comme épice pour la cuisine. En Afrique de l'Ouest, il est surtout utilisé pour teindre en jaune d'or des produits tels que le cuir tanné, les tissus en coton, le fil et les fibres de palme. Ses rhizomes sont utilisés aussi comme produits cosmétiques en Afrique et comme l'un des principaux ingrédients du curry en Asie. Ils sont de bon augure dans tous les rites religieux domestiques des hindous, et ont de nombreux usages dans la vie courante, au mariage et à la mort, ainsi qu'en agriculture. En Occident, les rhizomes de curcuma réduits en poudre sont employés dans l'industrie alimentaire, notamment en tant que colorant dans les aliments transformés et les sauces. Les rhizomes servent également de colorant dans les produits pharmaceutiques, la confiserie et la teinture textile (Jansen et al., 2005).

C'est la loi du 1er août 1905 qui en avait autorisé l'emploi du curcuma comme colorant dans les aliments, et la curcumine figure elle-même au *Journal officiel de la République française* du premier juin 1975 sous le code E 100 indiquant la référence à une décision européenne. Pendant un temps, la curcumine a servi de réactif en chimie : en milieu alcalin, un papier imprégné de teinture de curcuma passe du jaune au rouge (Delaveau, 1987). Les rhizomes entrent dans la fabrication de médicaments traditionnels employés comme stomachiques, stimulants et purificateurs sanguins, ainsi que pour soigner les douleurs au foie, les affections hépatiques et la jaunisse (Jansen et al., 2005).

7.2. Médecine traditionnelle orientale :

Le curcuma et ses curcuminoïdes ont fait l'objet de préparations thérapeutiques à travers les siècles dans différentes parties du monde. En médecine ayurvédique, la curcumine est un traitement efficace pour diverses affections respiratoires, par exemple l'asthme, l'allergie, ainsi que les désordres hépatiques, l'anorexie les rhumatismes, les rhumes, les sinusites (Araujo et León, 2001).

Chapitre II Étude bibliographique sur le curcuma, le poivre noir, le paprika et le cumin

En médecine traditionnelle chinoise, le curcuma est utilisé pour traiter les maladies associées aux douleurs abdominales (Aggarwal et *al.*, 2006). Dans l'ancienne médecine hindoue, il était utilisé pour traiter les entorses et les enflures (Araujo et León, 2001).

II. Le poivre noir :

1. Historique :

Au cours de l'époque pharaonique, les épices furent utilisées comme parfum en offrandes à dieu pour embaumer les morts, ainsi que dans l'alimentation et la pharmacopée traditionnelle. Toutes les épices ne se trouvant pas sur place, il fallait partir à leur recherche et c'est ainsi que commença à la longue quête vers les route des épices (Delaveau, 1987).

Certains récits mentionnent dès 2500 ans avant J-C plusieurs expéditions maritimes égyptiennes vers des régions produisant ces denrées. Vers la fin de VIIème siècle avant notre ère le creusement d'un canal reliant le Nil à la mer rouge fut entrepris ouvrant une voie plus rapide vers l'Inde et la Chine. Une autre route permettait d'acheminer certains produits en provenance d'Arabie vers des comptoirs commerciaux situés le long de la côte des épices (Somalie) d'où ils étaient acheminés par le biais de caravane vers l'Égypte (Delaveau, 1987).

Dés lors, de nombreux peuples ont participé à l'acheminement des épices en provenance d'orient. Parmi eux, les phéniciens bons marins et excellents marchands ont assuré leur transport à partir de la méditerranée et la mer rouge. Ce commerce s'est prolongé jusqu'à la chute de leur comptoir de Tyr, Passé sur les mains d'Alexandre le Grand, 332 avant J-C, personnages à l'origine de la fondation de la ville d'Alexandrie devenu le principal port de commerce entre les pays occidentaux et orientaux(Delaveau, 1987).

Le poivre fut l'une des premières épices indiennes introduite en Occident par Alexandre le Grand. Il a été découvert dans les forêts équatoriales de travancore (dans l'état de Kerala) de la Malabar dans le sud-ouest de l'Inde. Le poivre était alors appelé pippali en sanskrit, qui a donné le grec peperis, puis le latin peper. Grâce au romain le poivre se diffusa dans tout l'empire qui prend alors goût à cette épice. En 641, la prise d'Alexandrie par les Arabes mit fin au commerce entre Rome et l'Inde. Le commerce entre l'Occident et l'Orient s'amenuise. En tant que seul fournisseur, les Arabes gardent le silence sur l'origine des épices, et sur les énormes bénéfices qu'ils réalisent (Cippalo, 1997).

Le poivre devient ainsi une denrée rare, un luxe (d'où l'expression cher comme poivre) et ira pendant plus de 400 ans directement dans les palais et monastères. Une forte valeur marchande pour un poids modeste, cette épice servait de monnaie d'échange, elle constituait une dote, réglait les impôts ou payait les loyers. La richesse d'un noble pouvait être

Chapitre II Étude bibliographique sur le curcuma, le poivre noir, le paprika et le cumin

évaluée par rapport à la quantité de poivre qu'il possédait. À l'époque les riches allemands étaient surnommés « sac de poivre » (Cippalo, 1997).

Du XI^e au XII^e siècle, les croisades marquent la reprise du commerce avec l'orient, une première tentative de briser le monopole arabe (Cippalo, 1997). En 1498, un portugais Vasco de Gama contourne l'Afrique par le cap de Bonne-Espérance, est atteint directement l'Inde par l'océan Indien où il y séjourne plusieurs mois. Les souverains locaux sont d'abord méfiants, mais très vite il est présenté au raja de Calicut. Juste avant son départ, Vasco-de-Gama lui demanda s'il pouvait emporter un pied de poivrier, choquant le Raja. À Lisbonne à son retour il fut accueilli comme un héros. Grâce à cet exploit les Portugais dominèrent le commerce jusqu'à la fin de XVI^e siècle. C'est alors que de grands empires commerciaux voient le jour comme « la Compagnie anglaise de l'Inde orientale » en 1600 ou « la Compagnie hollandaise » deux ans plus tard. Pour la France, une première société est fondée en 1600, la compagnie de Saint-Malo, qui deviendra en 1664 grâce à Colbert, le comptoir français des Indes orientales (Leclerc, 1992).

Le XVIII^e siècle est marqué par une extinction de ces grands monopoles, notamment sous l'influence de Pierre Poivre, botaniste Français, qui pour le compte de la Compagnie française des Indes, réussit à se procurer des plantes de muscadiers, de giroflier et de poivrier qu'il introduit sur l'Ile-de-France (actuelle île Maurice), sur l'île Bourbon (actuelle île de Réunion) mais aussi dans les Caraïbes et en Guyane (Leclerc, 1992).

2. Etude botanique :

2.1. Classification :

Tableau 4 : Classification botanique du poivre (Borget, 1991)

Embranchement	Spermaphytes
Sous embranchement	Angiospermes
Classe	Dicotylédones
sous-classe	Apétales
Ordre	Pipérale
Famille	Pipéracées
Genre	<i>Piper</i>
Espèces	<i>Nigrum</i>

2.2.1. Système racinaire :



Figure 07 : Schéma d'une branche de *piper nigrum*l (Maister, 1964).

Le système racinaire est composé de 3 à 6 racines principales d'où émerge un réseau de racine latérales. L'enracinement est peu profond, soit 30 à 60 cm de profondeur (Maister, 1964).

2.2.2 Parties aériennes :

2.2.2.1 La tige

Elle est constituée de trois sortes de bois :

- a. Des stolons : restant au sol, à la base de la plante. Le stolon est un organe végétal de multiplication asexuée. C'est une tige aérienne contrairement au rhizome. Il pousse au niveau du sol et ne porte pas de feuilles ou uniquement des feuilles réduites à des écailles. Au niveau d'un nœud, il donne naissance à une nouvelle plante et s'enracine à son extrémité, souvent en contact de sol (Maister, 1964).
- b. Les rameaux plagiotropes :(horizontaux).
- c. Les tiges orthotropes : (droite) Elles forment la structure proprement dite de la plante.

2.2.2.1.1 Les tiges orthotropes et les rameaux plagiotropes

- **Les tiges orthotropes**

Les tiges orthotropes sont des lianes grêles ligneuses vivaces grimpantes pouvant dépasser 10 mètres de haut à l'état naturel. Ces tiges permettent le soutien vertical de la plante, elles sont flexibles et présentent des entre-nœuds de 7 à 10 cm de long, et de 1 à 3 cm d'épaisseur. Une feuille est normalement disposée à chaque nœud qui est aussi le point d'intersection d'un rameau plagiotropes et de racine adventive (ou racine crampons) lui faisant face. C'est racines crampons permettent à la plante de s'accrocher à n'importe quel

Chapitre II Étude bibliographique sur le curcuma, le poivre noir, le paprika et le cumin

support, et notamment aux arbres. C'est la raison pour laquelle, le poivrier a été comparé au lierre ou à la vigne.

- **Les rameaux plagiotropes**

Les rameaux plagiotropes sont plus fins (2 à 3 cm d'épaisseur) et plus courts que les tiges. Ils présentent également des feuilles mais aucune racine adventive (Maister, 1964).

2.2.2.2 Les feuilles

Les feuilles sont allongées, simples, isolées et alternes (caractère d'après les botanistes, est plus primitif que les feuilles opposées). Elles sont pétiolées : les pétioles mesurent 2 à 3 cm de long, il est dilaté en une graine au niveau de son point d'insertion, et forme 2 stipules. Leur limbe est entier, ovale et mesure de 10 à 15 cm de long et de 5 à 10 cm de large. Il est acuminé au sommet. Les nervures médianes et les deux ou quatre nervures latérales primaires sont presque parallèles, et anastomosées par les nervures transversales. Les feuilles portées par les tiges orthotropes et les rameaux plagiotropes ne sont pas identiques. En effet, les feuilles et les tiges sont régulières et de couleur verte foncée alors que celles des rameaux sont asymétriques et plus claires (Maister, 1964).

2.2.2.3 Fruit

Le fruit est une baie sessile, monosperme, sphérique, de 4 à 8 mm de diamètre, de couleur d'abord verte (fruit immature) puis jaune et enfin rouge à maturité. La graine renferme, sous ses téguments, un endoderme farineux dont le sommet est occupé par un albumen réduit enveloppant un très petit embryon. L'ensemble « fruit et graine » renferme trois substances principales : huiles essentielles, alcaloïdes, oléorésines qui confèrent au poivre ses propriétés gustatives et aromatiques.

3. Répartition géographique

Le poivrier est une liane d'habitat forestier et de climat équatorial. Il prospère idéalement dans une zone géographique située entre le 15^{ème} degré de latitude nord et le 15^{ème} degré de latitude sud. Il peut être aussi trouvé dans le climat tropical mais à saison sèche plus ou moins marquée (Guyot, 1972).

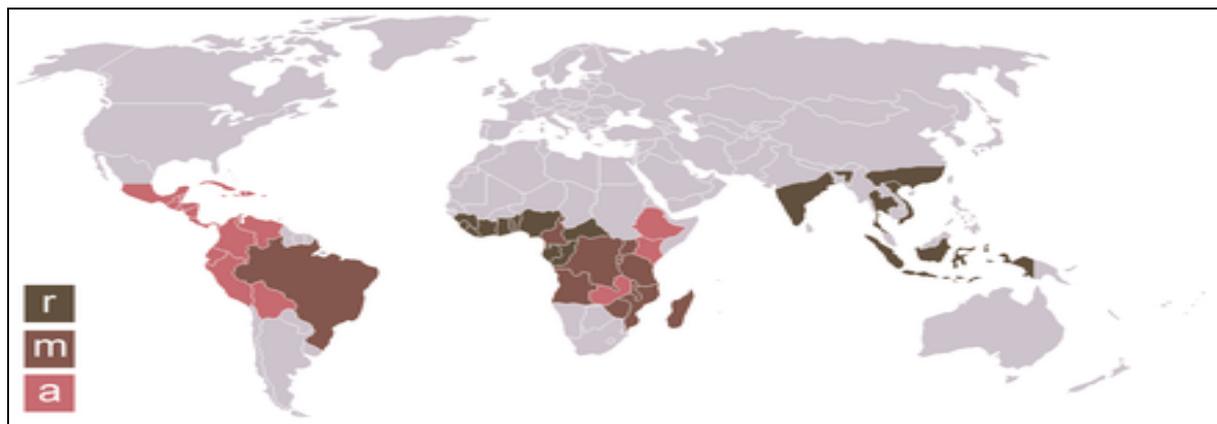


Figure 8 : Zone de culture du poivre (Maister, 1964).

Selon Maister (2005), les principales zones de culture de poivre sont :

- Inde : dans l'état de Kerala ;
- Le Vietnam ;
- Indonésie : à Kalimantan, Sumatra ;
- La Malaisie : dans l'état de Sarawak ;
- Le Brésil : dans la province de Para ;
- Chine ;
- Thaïlande ;
- Le Sri Lanka ;
- Madagascar ;
- L'Afrique de l'ouest.

4. Poivre noir

Les épis fructifères sont récoltés lorsque les baies disposées à la base des épis commencent à rougir (environ 7 mois après la floraison). Il s'agit d'obtenir le maximum de baies vertes sur le point de changer de couleur. A ce stade, la quantité d'huile essentielle présente dans les baies est maximale. Les grappes sont égrenées puis séchées une première fois au soleil pendant trois ou quatre jours jusqu'à noircissement, leur péricarpe devient ridé. On procède d'abord à leur tamisage puis les baies sont ensuite plongées dans l'eau bouillante pendant quelques minutes, ce procédé s'appelle le blanchiment. L'action de l'eau bouillante permet aux cellules du poivre de se nécroser est par la lyse des parois cellulaires, de libérer plus facilement les polyphénoloxidase résistant à la chaleur. L'action de ses enzymes sur les polyphénols situés dans l'épicarpe, ainsi que la polymérisation des phénols en polymères noir donnent naissance à la couleur noire de poivre.

Le blanchiment permet aussi de réduire les contaminations comme l'effet de pasteurisation et de réduire le temps de séchage par ramollissement de péricarpe et favoriser

Chapitre II Étude bibliographique sur le curcuma, le poivre noir, le paprika et le cumin

le transfert d'eau lors du séchage (Teuscheret *al.*, 2005). Les fruits sont ensuite séchés à l'air libre sur les notes ou dans des séchoirs mécaniques ; le taux d'humidité est abaissé entre 11 à 15 %. Enfin, les baies sont une nouvelle fois tamisées pour les débarrasser de leurs enveloppes externes et sont emballées dans des sacs de coton ou de fibres synthétiques en fonction de la taille de leurs graines :

- Poids lourds : fruits presque mures brunes, gros, peu ridés et pesants.
- Poivre demi lourd : fruits gris bruns, plus petites et ridés.
- Poivre léger : fruits noirs très ridés et creux.

5. Composition chimique du poivre noir

Tableau 5 : Composition générale de *pepernigrum* L. (Maister ,1964 ; Delaveau,2006)

Composantes	Pourcentage
Matières minérales	4 à 6 %
Amidon	40 à 50 %
Lipides	5 à 10 %
Acide palmitique	16 à 30 %
Acide oléique	18 à 29 %
Acide linoléique	8 à 9 %
Acide linoléique	25 à 35 %
Protides	10 à 12 %
Résine	5 à 10 %
Huile essentiel	1 à 3 %

6. Utilisation du poivre noir

Le poivre noir est caractérisé par un large spectre d'utilisation. Cette épice à la saveur piquante se marie très bien avec les plats de viandes, les grillades, les sauces, le poisson et

Chapitre II Étude bibliographique sur le curcuma, le poivre noir, le paprika et le cumin

autres. Comme les grains de poivres noirs sont bactéricides, ils sont également excellents pour la conservation des aliments.

Les propriétés du poivre noir sont nombreuses ; il réchauffe, est fébrifuge, diurétique, stimulant, digestif et est utilisé dans la médecine traditionnelle chinoise comme médicament naturel calmant. Ses substances sont également utilisées dans la médecine ayurvédique contre le nez bouché, les vertiges et les inflammations de la peau. Pipérine, Pipene, Pipéramide et le Pipéramine se sont avérés posséder différentes activités pharmacologiques (Ahmad *et al.*, 2012). Ces composés montrent une gamme de propriétés physiologiques, telles que les effets anti-inflammatoires, antimicrobiens et antioxydants (Ayyad, 2014).

III. Le cumin

1. Historique

Le cumin est probablement originaire du bassin méditerranéen dans la vallée du Nil ou dans l'Asie Mineure, et le mot serait d'origine sémitique. Il est appelé en akkadien [*kamunu*], en ougaritique [*kmn*] et en phénicien [*kmn*]; on a en arabe [*kamun*] et en hébreu [*kah-MOHN*]. Dans les langues indo-européennes, on atteste en mycénien *kuminoet* en grec *to kuminon*; le latin *cuminum* est emprunté au grec. En français, on trouve les formes « cumin », « coumin », « comin », « commin » (Vican, 2001).

On peut retracer en Égypte son utilisation il y a au moins cinq mille ans, surtout pour ses vertus médicinales. De plus, les tombeaux pharaoniques étaient parsemés de graines de cumin par les membres des familles pharaoniques. Les hébreux ont même utilisé cette graine comme moyen de dîme dans les églises. D'après d'anciens écrits tels que la Bible, le cumin servait à payer des dettes et était ajouté dans le pain et la soupe. Au Moyen Âge, les serfs l'utilisaient comme monnaie d'échange pour s'affranchir. En ce temps-là, les principaux mets au cumin étaient le poisson (Vican, 2001). Les Romains quant à eux accrochaient des sachets de cumin au dessus de leur lit pour, dit-on, éviter de faire de mauvais rêves.

Dans la Rome antique, cette plante était très précieuse et mise sous garde. Elle faisait partie des épices recherchées par les explorateurs lors de leurs explorations vers l'Inde et l'Afrique du Nord pour en semer dans les jardins royaux. L'Inde était le théâtre des harems où les femmes se droguaient en fumant de la cardamome, des clous de girofle et des grains verts de cumin. Par la suite, le cumin, encore pris comme une drogue était placé dans une feuille d'or ou d'argent repliée et placée sous la joue afin de mélanger cette épice à la salive ; son huile essentielle est narcotique à haute dose. Toujours en Inde, les marchands offraient des

Chapitre II Étude bibliographique sur le curcuma, le poivre noir, le paprika et le cumin

grains de cumin à grignoter pendant que les clients regardaient la marchandise offerte. Même en Allemagne, le cumin servait de gage de fidélité et de symbole pour prouver sa loyauté à son fiancé.

2. Provenance

Plante ombellifère d'Europe de l'Est. Maintenant, elle est plus régulièrement importée d'Afrique du nord, de l'Iran, de la Chine et des Amériques et le marché important se situe en Europe centrale. La portion consommable de la plante est la graine qui est préalablement séchée et/ou pulvérisée pour en faire une épice. Il est également possible d'en obtenir des huiles essentielles par distillation (Arvy et Gollouin, 2003).

3. Etude botanique

La classification botanique du cumin selon Vican (2001) :

Règne	Plantes
Embranchement	Spermaphytes
Classe	Dicotylédones
Ordre	Apiales
Famille	Apiaceae
Genre	Cuminum
Espèce	<i>Cuminumcyminum</i> L

Le cumin (*Cuminumcyminum*) est une plante herbacée annuelle de la famille des Apiacées (Ombellifères). Le cumin est une petite plante herbacée annuelle (Bézanger *et al.*, 1986), d'une hauteur de 30 cm, à feuilles parfumées, finement divisées, ombelles de petites fleurs blanches ou roses (Bremness, 2002). Le fruit est fusiforme, d'une couleur jaune clair, qui devient plus foncé au contact de l'air (Singh et Goswami, 1996) velu, strié variant du vert au gris-brun, d'une odeur aromatique et un goût épicé et amer (Behera *et al.*, 2004 ; Vican, 2001).



Figure9 : La plante entière de cumin (Arvy ; Gollouin, 2003).

4. Composition chimique de la graine

La graine de cumin est composée d'environ 2,5-4 % d'huile essentielle, dont 25-35 % de para-isopropyl-benzaldéhyde (aldéhyde de cumin) et environ 21 % d'alpha- et beta-pinène, aldéhyde de périlla, alcool de cumin dipentène qui lui confère sans odeur, para-cymène et bêta-phellandrène. La graine de cumin contient également :

- des glucides plus particulièrement des osides (gomme et pectine) ;
- des protides dont des acides aminés et 18 % de protéines ;
- 15 % de lipides représentés par des acides gras tels que : l'acide linoléique, l'acide oléique, l'acide palmitique et l'acide pétrosélinique ;
- des composés phénoliques principalement des flavonoïdes : des flavones (apigétrine, lutéoline, glucosides de l'apigénine-7-glucuronosyl et de la lutéoline-7-glucuronosyl), des tanins (Arvy ; Gollouin, 2003).

5. Culture et récolte

La culture est pratiquée au Maroc, en Egypte, dans le sud de l'Europe, en Iran, en Inde et en Turquie. En France, la culture a lieu essentiellement dans le var et le Vaucluse. La multiplication se fait par semis au printemps puis les plants sont repiqués. Le cumin préfère une terre argileuse, d'humidité normale et riche en matière organique avec une acidité moyenne ou forte. De plus, la plante affectionne un climat sec et un emplacement ensoleillé. Les fruits sont récoltés vers la fin de mois d'aout ; plus l'été est chaud et sec, plus la récolte est bonne. Ils sont séchés à des températures inférieures à 37°C (Arvy et Gollouin, 2003).

6. Utilisation du cumin

6.1. En cuisine

Chapitre II Étude bibliographique sur le curcuma, le poivre noir, le paprika et le cumin

Le cumin comme le cari, le chili et le garammasala (mélange d'épices traditionnelles du Nord de l'Inde) est à ajouter modérément aux plats préparés car il est fort en grande dose. Il peut aisément remplacer le carvi dans certains mets et il reste l'élément essentiel de la confection de la poudre de massalé. D'autres usages intéressants sont la présence du cumin dans le gouda et l'edam.

Il est très utilisé dans la majorité du Nord de la Chine, dans les régions musulmanes ou autrefois musulmanes (du Xinjiang à la Mandchourie) et aujourd'hui beaucoup à Pékin pour assaisonner l'agneau. Il permet de réduire les odeurs fortes de la viande rouge ou des poissons, de la désinfecter grâce à ses vertus antiseptiques résistantes à la cuisson mais également de les parfumer et d'augmenter l'appétit (Arvy et Gollouin, 2003).

À travers les âges, les potages, le pain, la volaille et le poisson ont été *cominés*, principe qui consistait à incorporer ou badigeonner ces plats de cumin. Le cumin est également ajouté dans les tajines du Maroc, le couscous au poisson en Tunisie et dans le nord-ouest algérien, le lablabi, les merguez, le *ras-el-hanout*, le gaspacho et les empanadas en Amérique centrale. Même l'île de la Réunion est réputée pour l'ajouter à ses mets, sans toutefois le faire pousser directement sur l'île.

6.2. En médecine

Le cumin compte parmi les plus anciennes épices connus. Le papyrus Ebers (1200 av. JC), mentionne très souvent la présence de cumin comme remède universel, la panacée, à l'époque des pharaons. Comme l'anis, la coriandre et le fenouil, le cumin est apéritif, stomachique, carminatif, tonique, diurétique et sudorifique. C'est un stimulant qui agit sur le cœur et le système nerveux. Par son action spasmolytique, le cumin est efficace dans le traitement des dyspepsies, des troubles hépatovésiculaires mais aussi actif dans les cas d'aérophagie. Ses propriétés sédatives lui procurent une action bénéfique contre l'insomnie. Doté de vertus anti-inflammatoires, il est recommandé en cas d'arthrite et de rhumatismes. Il possède également des propriétés antiseptiques et bactéricides en usage externe. A forte dose, c'est un excitant général, mais il n'a pas d'action aphrodisiaque, contrairement à ce qui a été écrit jadis. Le cumin a les mêmes propriétés en médecine vétérinaire. C'était une des « semences chaudes » avec celles du carvi, de l'anis, de l'aneth, de la coriandre et du fenouil.

L'huile essentielle de cumin est utilisée contre l'aérophagie, les dyspepsies et les spasmes gastro-intestinaux (Arvy et Gollouin, 2003). Par ailleurs, elle favorise les sécrétions gastriques ce qui lui doit des propriétés antispasmodiques et apéritives. Ces propriétés sont utilisées dans les spécialités pharmaceutiques pour faciliter la digestion et calmer les douleurs abdominales d'origine digestive. Elle est également anti-parasitaire et antibactérienne.

6.3. En cosmétique

En cosmétique, on utilise le cumin pour ses propriétés adoucissantes, anti-oxydantes et tonifiantes. On attribue à l'huile essentielle des activités anti-oxydantes, antiseptiques, purifiantes et tonifiantes. Il est donc utilisé dans :

- des produits pour le soin du corps et des mains (crèmes de massage) ;
- des produits capillaires (lotions pour cheveux moussés et plats) ;
- des produits d'hygiène bucco-dentaire (collutoires, dentifrices) ;
- des produits de soin du visage pour peaux abîmées, stressées et matures.

IV. Le paprika

1. Caractéristiques

Selon les botanistes le paprika est nommé : *Capsicum annuum* L. (= *Capsicum longum* L.) ; il est communément appelé piment, piment doux, poivron et piment commun. La saveur du paprika est acre, plus ou moins brûlante et piquante ; la famille des piments et des poivrons est très vaste et la saveur varie beaucoup d'une variété à l'autre. Elle est cependant plus douce et moins piquante que celle de *Capsicum frutescens* (Arvy et Gollouin, 2003). Concernant sa variété alimentaire, il est classé selon la forme des fruits (allongée, aplatie, triangulaire, quadrangulaire, etc.) et l'épaisseur de la chair (fine, épaisse, etc.). On donne le nom de poivre de Cayenne à certains produits obtenus avec des petits fruits de *Capsicum annuum*, de saveur très forte ; d'autres fruits, allongés et piquants, sont également nommés piments.



Figure 10 : poivron entier (Arvy ; Gollouin, 2003).

2. Plante

Capsicum annuum est une plante de la classe des dicotylédones. Son origine vient du Brésil, qui se différencie de *Capsicum frutescens* par sa taille généralement plus petite (souvent inférieure à 1 m de hauteur) et ses tiges herbacées et annuelles (sous un climat tempéré). Toutefois, sous un climat tropical, la tige peut être lignifiée à la base (Arvy ; Gollouin, 2003).

Chapitre II Étude bibliographique sur le curcuma, le poivre noir, le paprika et le cumin

Les feuilles sont entières, ovales ou elliptiques, le plus souvent isolées ; les inflorescences sont des cymes unipares et les fleurs sont comparables à celles du piment enragé. Le calice est gamosépale et persistant (5 sépales soudés). La corolle est régulière, plus ou moins tubuleuse, gamopétale et composée de 5 pétales et l'androcée est pourvu de 5 étamines, de longueurs égales. Les anthères présentent une déhiscence longitudinale. Le gynécée est formé par 2 ou 3 carpelles soudés. L'ovaire, supère, comprend 2 ou 3 loges cloisonnées à la base et ouvertes au sommet. Elles renferment de nombreux ovules insérés sur de volumineux placentas et la pollinisation est entomophile. Les fruits sont des baies, de taille, de forme et de couleur variables. Ils sont recouverts d'une cuticule brillante, parfois épaisse et ils renferment de nombreuses graines plates et ils sont utilisés comme condiment.



Figure 11 : paprika doux

3. Composition

Les fruits des piments et des poivrons sont bien pourvus en vitamine du groupe B et les placentas sont riches en capsaïcine (60 à 70 %), responsable de la saveur très poivrée et agressive. Ils renferment les mêmes composés que le piment enragé, mais en quantités moindres. Il s'agit de la dihydrocapsaïcine et de la nordihydrocapsaïcine. On trouve aussi des colorants dont : carotène, capsanthine, lutéine, cryptoxanthine, zéaxanthine. Plus le poivron ou le piment est gros, plus il est doux et riche en matières colorantes.

4. Utilisation culinaires

Les piments doux ou poivrons peuvent s'utiliser frais, entiers ou hachés, cuits, confits, en poudre (paprika). Il est conseillé d'épépiner les poivrons, comme les piments, car les graines n'apportent aucun arôme souhaitable et sont difficiles à digérer. Les piments doux, petits et verts, sont utilisés à l'état naturel ou confits dans le vinaigre. Les poivrons plus gros, à chair fine, verts et rouges, se consomment crus, en salades composées, alors que les gros poivrons, à chair épaisse, de couleur verte, orange ou rouge, se cuisent comme les aubergines, en ratatouilles ou en pipérades. Le paprika est un poivron, de couleur rouge orangé, très réputé. L'origine de la plante est mal définie. Une variété nous vient d'Espagne et

Chapitre II Étude bibliographique sur le curcuma, le poivre noir, le paprika et le cumin

deux autres, les plus appréciées, sont hongroises. La réglementation hongroise n'admet que les fruits ayant une certaine quantité de capsaïcine. Ceux qui ont une teneur trop élevée, et qui ont trop de piquant, sont considérés d'une qualité inférieure. Elle sert comme condiment pour la préparation du bœuf à la hongroise ou (goulasch), pour les chorizos et paellas. Mais Le piment d'Espelette (ou poivron d'Espelette) relève le goût des potages, des soupes, des grillades de poissons ou de viandes, des sauces, des salades et de la pipérade au Pays Basque (Arvy e ; Gollouin, 2003).



Figure 12 : poivrent orange (Arvy ; Gollouin, 2003).

Les poivrons réduits en poudre entrent dans la composition du curry. Ils s'associent bien à la cannelle, la coriandre, le cumin, le curcuma, le carvi, l'oignon et l'ail. Ils relèvent bien les sauces pour les poulets en fracassée, les ragouts, les crustacés, ou les fromages blancs. L'extraordinaire variété de piment et de poivrons montre que ce condiment est d'un usage très universel dans les cuisines du monde. Depuis très longtemps, ils sont sélectionnés pour leur parfum (piment Nora, piment d'Espelette, piment de Murcie), leur forme (piment lampion et piment carré à chair épaisse) ou leur couleur chatoyante et vive utilisée pour égayer la couleur des plats (vert, jaune, orange, rouge, violet, noir, blanc). Certains sont considérés comme de véritables produits de terroir et sont protégés par une Appellation d'Origine Contrôlée (AOC) (Arvy ; Gollouin, 2003).

5. Propriétés médicinales

Les propriétés médicinales des piments plus ou moins doux et des poivrons varient beaucoup en fonction de leur pouvoir irritant. Elles sont semblables à celles des piments enragés. Le paprika baisse la pression artérielle, soutient le processus digestif, c'est un réservoir d'énergie, une bonne source de fer, protège les os, ralentit le processus de vieillissement, c'est une très bonne source de vitamine C et il augmente le flux sanguin. Il est considéré comme un agent anti-inflammatoire puissant et il équilibre les hormones comme il

Chapitre II Étude bibliographique sur le curcuma, le poivre noir, le paprika et le cumin

prévient des maladies cardiovasculaires. Les bienfaits médicaux du paprika se concentrent principalement sur le fait qu'il provient de la famille des poivrons « *Capsicum annuum* ». Cette famille de plantes se compose d'un principe actif très efficace appelé capsaïcine qui est à l'origine de leur saveur piquante. Elle présente de nombreux bienfaits pour la santé et se retrouvent dans le paprika en bonne proportion, ainsi que dans d'autres poivrons de cette famille. Les principaux bienfaits pour la santé résident dans leur pouvoir antibactérien, anti-inflammatoire et antioxydant (Arvy ; Gollouin, 2003).

6. Culture et récolte

Elle est pratiquée en Bolivie, au Mexique et en Europe. En France, on la rencontre essentiellement dans le Vaucluse, la Drome, les Bouches-du-Rhône, le Var la Durance et le Lot-et-Garonne. La multiplication s'effectue par semis sur un support poreux. Les semis sont maintenus sous abri, à une température minimale de 20 °C le jour et de 18°C la nuit et les plants sont repiqués, deux par deux, sur un solde texture normale, d'acidité moyenne et correctement pourvu en matière organique. La floraison et la fructification exigent un apport d'engrais potassique, mais également de magnésium en proportion judicieuse, car un excès de potasse peut entraîner une carence en magnésium. Alors cette plante préfère un climat tempéré à chaud, un emplacement ensoleillé et protégé. Sa croissance est perturbée lorsqu'elle se développe dans des lieux ombragés et elle s'arrête lorsque la température est inférieure à 15°C ; l'irrigation doit être régulière pour avoir des fruits de bonne qualité (Arvy ; Gollouin, 2003).

Pour la récolte, les fruits peuvent être cueillis au milieu du mois de juillet ou à maturité, lorsqu'ils deviennent colorés (septembre-octobre). Ils sont récoltés avec leur pédoncule. Les piments d'Espelette (Pays Basque) sont récoltés à maturité, enfilés en chapelet de 2,50 m de longueur et suspendus entre deux traverses sur les façades des maisons. Ils sèchent le plus souvent à l'abri sur des claies, pendant plusieurs semaines, puis sont cuits au four et broyés (Arvy ; Gollouin, 2003).

Le présent chapitre a pour objectif de rechercher toutes les informations existantes concernant la thématique de ce mémoire et à en faire une synthèse. Dans ce chapitre, il sera donc question de présenter quelques travaux réalisés antérieurement sur la qualité microbiologique des épices. A l'exception de quelques travaux préliminaires réalisés en majorité en Inde, il y a très peu d'études sur le sujet, notamment en Algérie, malgré une utilisation quotidienne de ces épices dans les plats traditionnels. De plus, la plupart des études réalisées sur les épices concernent principalement la recherche des Aflatoxines, qui constituent un problème sanitaire majeure (Martins *et al.*, 2001 ; Cho *et al.*, 2008 ; Jalili et jinap, 2012 ; Halil et Recep, 2013 ; Punamet Dhiraj, 2015 ; Kabak et Dobson, 2017). Par ailleurs, ces dernières années ont été marquées par un engouement autour des activités anti-microbiennes des différentes épices et leur utilisation pour la conservation des aliments et le traitement de certaines pathologies (Arora et kaur, 1999 ; Lopez *et al.*, 2007 ; Ali *et al.*, 2011 ; Utcharykiat *et al.*, 2016 ; Liu *et al.*, 2017).

1. Les micro-organismes associés aux différentes épices

Les épices sont utilisées partout dans le monde pour préparer des aliments principalement en raison de leurs propriétés aromatisantes. Cependant, ces dernières sont cultivées et récoltées dans des zones chaudes et humides qui favorisent la croissance d'une grande variété de micro-organismes. Déjà dans les années 1600, Leeuwenhoek avait mis en évidence la présence de millions de micro-organismes dans une infusion de poivrons entiers (Webb et Tanner, 1944). La signification de cette découverte a malheureusement été négligée et, au cours des siècles suivants, toutes les investigations sur l'efficacité de la conservation des épices ont commencé avec l'hypothèse que les épices sont en général hostiles à la vie microbienne. James (1931) était apparemment le premier investigateur à s'interroger sur le pouvoir antiseptique des épices. Il avait réussi à cultiver *Escherichia coli* dans des bouillons nutritifs contenant des graines de moutarde broyées, de la cannelle moulue et des clous de girofle. Wood et Jansen (1934) ont également enquêté sur des intoxications alimentaires dues à l'ingestion de viande en conserve, contaminée par des bactéries du genre *Bacillus*, provenant apparemment de l'assaisonnement de cette viande par la coriandre et le poivre blanc. Par la suite, d'autres études dans les années 1930 et 1940, ont montré qu'à l'importation, de nombreuses épices et herbes aromatiques étaient fortement contaminées par des micro-organismes. En effet, Hall (1938), James (1938), Yessair et Williams (1942) ont enregistré la présence d'un grand nombre de micro-organismes dans les graines et les épices broyées.

La charge microbienne en particulier celle des Enterobacteriaceae, constitue souvent un indicateur des conditions hygiéniques d'une région où les épices sont produites et traitées. En effet, de nombreux produits agricoles et des épices sont exposés à une large gamme de contamination microbienne environnementale lors de la collecte, le traitement, et dans les marchés de détail par la poussière, les déchets, l'eau et les excréments d'animaux et même humains (De Boer, 1985). Les épices contaminées peuvent causer des problèmes en fonction de leur utilisation finale. Elles posent des problèmes de santé publique lorsqu'elles sont incorporées dans les aliments sans que ces derniers ne subissent un traitement thermique ou lorsqu'elles sont consommées tout simplement à l'état brut (Banerjee et Sarkar, 2003).

Les épices sont la principale source de formation des spores bactériennes dans de grands volumes d'aliments, comme les soupes, les ragoûts et les sauces préparés dans les établissements de restauration ; dans des conditions favorables, elles germent et se multiplient jusqu'à des niveaux infectieux et toxiques (Pafumi, 1986). Des études antérieures sur la microbiologie des épices ont montré la présence de micro-organismes tels que *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli*, *Salmonella* et des champignons toxigènes (Powerset *al.*, 1975 ; Powerset *al.*, 1976 ; Baxter et Holzappel, 1982 ; Schwab *et al.*, 1982).

Une des plus importantes enquêtes sur la qualité microbiologique de 10 épices et herbes aromatiques (céleri, cannelle, gingembre, noix de muscade, origan, paprika, poivre, poivre noir, romarin et thym) a été réalisée en 1982 par Schawabet *al.*, au niveau des commerces de détail aux Etats Unies. Cette étude a montré que la flore aérobie mésophile totale (FAMT) était présente à des valeurs variant de 1 400 à 820 000 par g. Le nombre de coliformes variait de 3 à $1,1 \times 10^6$ UFC.g⁻¹ ; celle d'*Escherichia coli* variait de 3 à 2 300 UFC.g⁻¹. À l'exception de la graine de céleri qui avait une valeur moyenne de 7 UFC.g⁻¹, toutes les valeurs moyennes étaient inférieures à 3 UFC.g⁻¹. Le nombre de levures et de moisissures étaient généralement faibles ; la moyenne la plus élevée (290 UFC.g⁻¹) a été obtenue pour la cannelle.

Dans un bon nombre de pays producteurs, y compris l'Inde, les épices sont souvent séchées au soleil après la récolte, en les étalant sur un terrain donnant sur la route, puis vendues sans traitement visant à réduire la charge microbienne. Ainsi, il est donc normal que les épices vendues dans ces zones contiennent une microflore plus ou moins importante et diversifiée. De nombreuses études sur des échantillons d'épices provenant de différentes régions d'Inde ont d'ailleurs montré que de nombreuses épices étaient contaminées avec des spores bactériennes, des coliformes et des moisissures, et étaient donc considérés de mauvaise

qualité par rapport aux normes internationales (Krishnaswamy *et al.*, 1974 ; Geeta et Kulkarni, 1987 ; Kaul et Taneja, 1989 ; Garcí'a *et al.*, 2001 ; Shaet *et al.*, 1996).

Dans une étude réalisée par Mousumi *et al* (2002) sur 154 échantillons de 27 variétés d'épices, provenant de différentes régions d'Inde, le dénombrement de la FAMT a montré que 51 % des échantillons étaient dans un niveau inacceptable ($> 106 \text{ UFC g}^{-1}$). Alors que les moisissures ont été détectées dans 97 % des échantillons, les levures ont été retrouvées dans un seul échantillon. *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus* et des bactéries appartenant aux Enterobacteriaceae étaient présentes respectivement dans 85, 59, 11 et 85 % des échantillons alors que le poivre noir, le curry, l'ail et le piment rouge ne contenaient pas *Bacillus cereus*. Ce pathogène a été retrouvé dans tous les échantillons de carvi, de cardamome et dans le cumin. Les coliformes ont été retrouvés respectivement dans 33 et 15 % des échantillons ; *Escherichia coli* quant à elle a été détectée dans un seul échantillon d'ail. *Salmonella* et *Shigella* ne sont présentes que dans 2,6 % des échantillons. Bien qu'elles contiennent moins de FAMT, les épices non emballées ont une charge plus élevée en moisissures, de *B. Cereus* et d'Enterobacteriaceae que celles qui sont emballées.

L'un des plus grands problèmes de contamination alimentaire, en particulier dans le cas des épices, et celui de la contamination par certaines espèces fongiques ayant un potentiel de production de mycotoxines qui peuvent avoir des effets néfastes sur le corps humain (Zain, 2011). Certains agents sont également des allergènes puissants et provoquent des maladies pulmonaires mortelles chez l'Homme (Gibbons *et al.*, 2012 ; Dang et Lawrence, 2014). Une récente étude réalisée en 2016, visant à détecter de façon qualitative plutôt que quantitative, la contamination fongique de 9 échantillons de paprika grâce à des méthodes de biologie moléculaire, a permis d'identifier plusieurs moisissures : *Alternaria* spp., *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus terreus*, *Eurotium* spp. Et *Fusarium* spp. Qui sont capables de produire des mycotoxines et peuvent donc être préjudiciables à la santé humaine (Václav *et al.*, 2016).

D'autres études ont également permis de mettre en évidence la présence de moisissures productrices de mycotoxines dans différentes épices notamment celle qui a été réalisée en Algérie par Azzoune *et al* (2015). Au total, 44 échantillons d'épices composés d'anis, de poivre noir, de carvi, de cannelle, de coriandre, de cumin, de gingembre, de poivre rouge, de safran, de cumin doux et de poivrons ont été collectés dans quatre marchés populaires algériens. Les espèces fongiques communément isolées appartenaient au genre *Aspergillus* (56,4%), *Penicillium* (25,1%), *Mucor* (12,8%) et *Eurotium* (5,7%). Les espèces appartenant à *Aspergillus Flavi* représentaient 28,9 % des Aspergilli totaux. La capacité de

production d'aflatoxines des isolats d'*Aspergillus Flavia* été confirmée dans quatre-vingt-quatorze isolats (38,4%). La plupart des espèces fréquemment isolées correspondent à des isolats capables de produire à la fois l'aflatoxine B et l'acide cyclopiazonique. Vingt-trois (63,9%) des 36 épices contiennent de l'AFB1 à des concentrations allant de 0,10 à 26,50 µg /kg. Deux échantillons de safran (24,34 et 26,50 µg / kg) et deux de cumin doux (14,65 et 19,07 µg / kg) ont dépassés la limite réglementaire algérienne de 10 µg / kg. Ce travail représente le premier rapport sur l'apparition de champignons aflatoxigéniques et d'aflatoxine B1 (AFB1) dans les épices en Algérie.

Au Maroc, Houmairi et Hicham (2014), ont mis en évidence la présence d'un nombre moyen de moisissures de $4,9 \cdot 10^4$ UFC.g⁻¹ dans différentes épices. De plus, onze genres fongiques de différents groupes taxonomiques ont été détectés. Les genres les plus représentés sont *Aspergillus* (35 %), *Rhizopus*(31 %), *Penicillium* (9 %), *Eurotium*(8 %) et *Fusarium*(6 %). Les espèces dominantes dans le genre *Aspergillus* sont *A. flavus*(35,6 %), *A.ochraceus*(32,8 %) et *A. niger*(20 %), tandis que dans le genre *Penicillium* c'est *P. citreonigrum*qui était la plus fréquemment isolée (54 %). L'incidence de contamination par les aflatoxines (AFT) a été de 80 % et varie de 0,12 à 10,37 µg.kg⁻¹. Le niveau de contamination le plus élevé a été trouvé dans le piment doux. Le taux de contamination par l'ochratoxine (OTA) a été de 0,46 et 147,33 µg.kg⁻¹, respectivement pour le cumin et le poivre noir. Cette étude signale pour la première fois la présence simultanée d'AFT et d'OTA dans des épices au Maroc.

Ces différentes études soulignent l'importance de la qualité microbiologique des épices qui sont de plus en plus utilisées pour diverses raisons. Ces dernières ont été des sources de toxi-infections alimentaires collectives (TIAC), en particulier de salmonelloses parfois très graves, selon une étude rétrospective publiée par la Food and Drug Administration (FDA) et les Centres pour le contrôle et la prévention des maladies (CDC). D'après ces organismes, 14 importantes séries de cas sont survenues entre 1973 et 2010, pour un total de 1.946 personnes tombées malades, 128 hospitalisées et 2 décédées. Dix de ces séries étaient liées à une salmonelle de type enterica, les 4 autres à un *Bacillus*. Parmi ces dernières, citons celle qui est survenue en 2007 dans une cantine scolaire en France et qui a rendu 146 enfants malades à cause de *Bacillus cereus*. Les principaux pays touchés sont le Royaume-Uni et les Etats-Unis qui ont enregistré chacun 3 séries de cas, suivis par l'Allemagne et ses deux séries. C'est d'ailleurs ce dernier pays qui a connu la plus importante, avec un millier de cas de salmonellose en septembre 1993, liés à du paprika sud-américain utilisé pour assaisonner des chips. Le poivre noir arrive toutefois en première position des épices incriminées (4 séries de

cas), devant le poivre rouge et le poivre blanc (2 séries chacun). D'autres ont été liées à du curry, à des graines d'anis et de fenouil, ou encore à du brocoli en poudre.

1.1 Autres études sur la qualité microbiologique des épices

1.1.1. Qualité microbiologique des épices et des herbes aromatiques : rapport d'activité des laboratoires de la DGCCRF.

Un contrôle réalisé par la direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes Française «DGCCRF »en 1994, qui a pour objet de veiller aux conditions des échanges marchands entre les entreprises afin d'assurer la loyauté des transactions à l'égard des consommateurs, a montré que certaines épices pouvaient être contaminées par des micro-organismes notamment par le genre *Salmonella*. Une enquête a donc été réalisée afin d'appréhender l'état sanitaire des épices et herbes aromatiques offertes à la vente aux consommateurs.

Les prélèvements réalisés ont permis de rechercher et/ou dénombrer les micro-organismes pouvant présenter des risques pour la santé humaine, tels que *Salmonella*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens* ainsi que des témoins d'hygiène tels qu'*Escherichia coli* et des moisissures. Cent quarante sept échantillons ont été prélevés par 11 directions départementales. Les prélèvements ont porté sur des épices et herbes sèches et plus particulièrement sur le paprika en provenance de Hongrie, sur les piments doux en provenance d'Afrique du Sud et sur tous les produits en provenance d'Afrique ou d'Asie.

En ce qui concerne la recherche des bactéries du genre *Salmonella* un seul échantillon a été trouvé contaminé ; les autres résultats sont représentés dans le Tableau ci-dessous.

Tableau 6: Résultats des analyses effectuées par la DGCCRF (1994)

	Satisfaisant contamination < m	A suivre Contamination > m < M	Non satisfaisant contamination > M
Moisissures m = 102 M = 104	57 (39%)	53 (36%)	37 (25%)
<i>Escherichia coli</i> m = 10 M = 103	139 (94,5%)	7 (5%)	1 (0,5%)
<i>Bacillus cereus</i> m = 103 M = 104	129 (88%)	16 (11%)	2 (1%)
<i>Clostridium</i> perfringens m = 102 M = 104	127 (86%)	20 (14%)	

1.1.2 Etude de la qualité microbiologique du poivre vert de Madagascar

Une étude a été réalisée par Andriantomanga (2011) pour déterminer la qualité microbiologique du poivre vert de Madagascar, destiné principalement à l'exportation. Les résultats obtenus montrent que les matières premières ne présentent aucun danger microbiologique. Les contaminations externes provenant des différentes manipulations (matériel, personnel) sont les seuls risques microbiologiques. Les principaux résultats sont résumés dans le Tableau ci-dessous.

Tableau 7 : Caractéristiques microbiologique du poivre vert de Madagascar (Andriantomanga, 2011).

	Echantillon 1	Echantillon 2	Critères
Coliforme totaux	≤ 1	≤ 1	$1,0 \cdot 10^2$ UFC/g
Staphylocoques	≤ 1	≤ 1	≤ 1 UFC / g
<i>E. coli</i>	≤ 1	≤ 1	10 UFC/g
<i>Bacillus cereus</i>	≤ 1	≤ 1	$1,0 \cdot 10^3$ UFC/g
<i>Clostridium perfringens</i>	≤ 1	≤ 1	$1,0 \cdot 10^3$ UFC/g
<i>Salmonella</i>	Absence	Absence	Absence / 25 g

1. Matériel

1.1. Matériel biologique

Le matériel biologique utilisé pour cette étude est représenté par les épices les plus utilisées dans les plats traditionnels algériens : le paprika, le poivre noir, le curcuma et le cumin. Les analyses microbiologiques ont été réalisées sur ces épices à l'état de graine et de poudre emballée, afin de couvrir une partie de la chaîne de production. Les échantillons proviennent d'une fabrique spécialisée dans la fabrication et le conditionnement des épices, située dans la ville de Tizi-Ouzou dont le nom et l'adresse resteront anonymes.

En ce qui concerne la provenance des différentes épices :

Le paprika est importé d'Espagne et du Maroc ; il est réceptionné par l'entreprise uniquement à l'état moulu dans des sacs de 10 à 25 kg ; il est ensuite emballé dans des petits sacs en plastique d'environ 20 g ;

Le poivre noir est importé du Brésil et du Vietnam. Arrivé à l'entreprise à l'état de graine dans des sacs de 60 kg, il est ensuite transformé en poudre sur place puis conditionné dans des petits sacs d'environ 20 g ;

Le curcuma est importé d'Inde, du Vietnam, de la Malaisie, du Brésil et du Bangladesh. Il est réceptionné à l'état de graine dans des sacs de 20 kg ; il est ensuite transformé en poudre puis conditionné par l'entreprise dans des petits sacs de 20 g ;

Le cumin est importé d'Iran et de Turquie. Arrivé à l'état de graine dans des sacs de 30 kg ; il est ensuite transformé en poudre puis conditionné par l'entreprise dans des petits sacs de 20g.

Les analyses bactériologiques ont été effectuées au laboratoire pédagogique de microbiologie, de la Faculté des sciences Biologiques et Agronomique de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

1.2 Matériel de prélèvement

Il comprend les éléments suivants :

- Des bocaux stériles en plastiques ;
- Des spatules stériles pour prélever les différents échantillons ;
- Une balance de précision ;
- Des gants chirurgicaux ;
- Bavettes médicales.

1.3 Matériel de laboratoire

- Matériel de stérilisation et d'incubation : étuve et autoclave ;

- Une balance de précision pour la pesée ;
- La verrerie : tubes, erlenmeyer, flacon de 500 ml, boites de Pétri, béchers, pipettes, entonnoirs ;
- Le bain-marie pour la régénération des milieux ;
- Les milieux de culture et les réactifs (annexe I) ;
- Autres matériels : micropipettes, des portoirs, des pinces métalliques, plaque chauffante, compresses stériles de gaze.

2. Méthodes

2.1 Echantillonnage

Les échantillons ont été prélevés le 03 Mars 2017 au niveau d'une fabrique à épices, située dans la ville de Tizi-Ouzou mais dont les coordonnées resteront anonymes comme nous l'avons expliqué précédemment. L'échantillonnage concerne le poivre noir, le curcuma, le cumin, à l'état de graine et en poudre emballée. Pour le paprika, l'échantillonnage a été réalisé seulement à partir de la poudre.

2.2 Prélèvements et transport

Les prélèvements ont été effectués de façon aseptique à l'aide de spatules stériles et les échantillons ont été emballés individuellement dans des sachets stériles. Au total 7 échantillons (3 échantillons sous formes de graines et 4 échantillons sous formes de poudres) de différentes épices ont été prélevés puis acheminés dans les plus brefs délais au laboratoire de microbiologie. La période de travail s'est étendue du mois de mars au mois de Mai 2017.

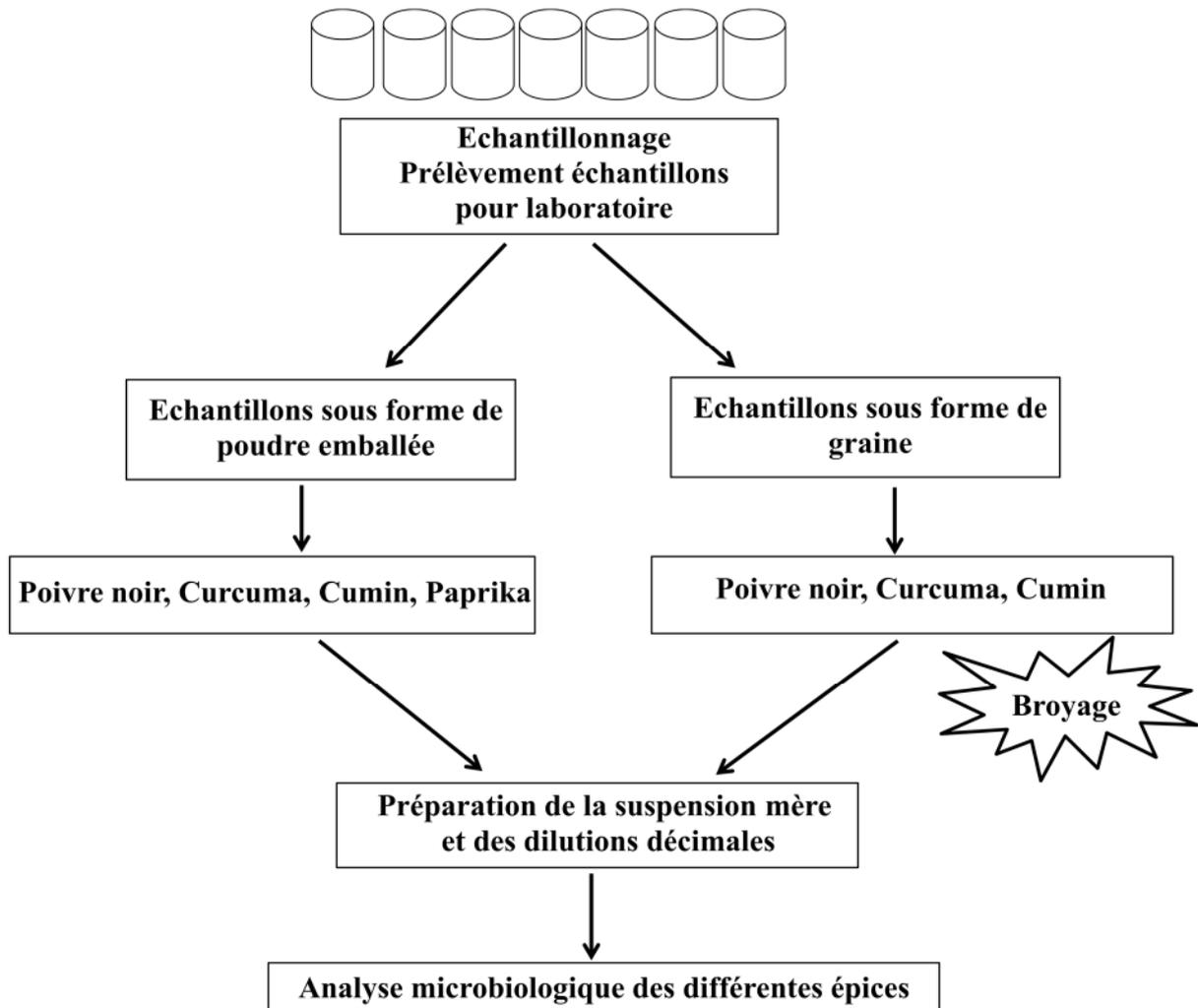


Figure 15 : Diagramme du déroulement de l'échantillonnage

2.3 Protocole d'analyse

2.3.1 Traitement des échantillons destinés aux analyses

L'analyse microbiologique a été réalisée selon le protocole défini par les méthodes normalisées, établit par l'association française de la normalisation AFNOR en 2004. Au laboratoire, vingt cinq grammes de chaque épice ont été déposées sur une balance de précision dans un récipient stérile préalablement taré, à l'aide de spatules stériles. Pour les épices à l'état de graines ; ces dernières ont été broyées à l'aide d'un broyeur préalablement nettoyé à l'alcool. Deux cent vingt cinq millilitres d'eau physiologique (EP) ont été rajoutées aux produits pesés avant la filtration sur des gazes stériles. Des dilutions décimales à partir des différentes suspensions mères (SM) ont été ensuite réalisées pour la recherche des germes. Les manipulations ont été réalisées entre deux becs bunsen pour un maximum d'asepsie.

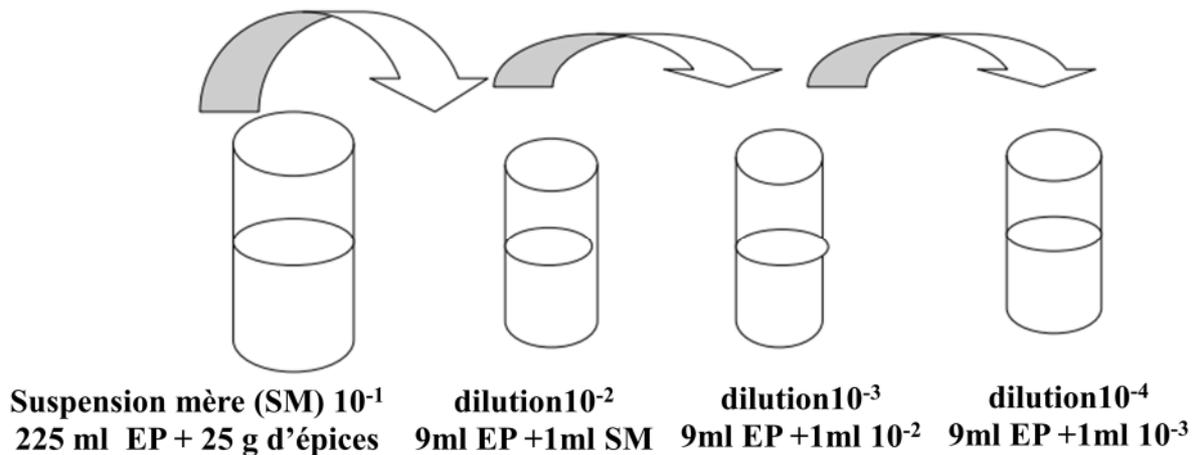


Figure 16: principe des dilutions décimales

2.4 Les germes recherchés

Les principaux germes recherchés au niveau du laboratoire pédagogique de microbiologie sont : la flore aérobie mésophile totale (FAMT), les coliformes totaux, les bactéries anaérobies sulfito-réductrices (*Clostridium* sulfito-réducteur), les streptocoques fécaux, les levures et moisissures, les staphylocoques et les salmonelles.

2.4.1 Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale (FAMT)

Un millilitre de la suspension mère ou des dilutions décimales ont été déposés dans des boîtes de pétri stériles à l'aide de pipettes stériles. Quinze millilitres de milieu PCA (Plate Count Agar) refroidit à 45°C, ont été coulés dans chaque boîte de Pétri. L'inoculum a été soigneusement mélangé au milieu de culture par des mouvements circulaires. Après solidification, les boîtes ainsi préparées ont été incubées retournées dans une étuve réglée à 30°C pendant 72h. Le comptage de la flore aérobie mésophile totale a été effectué en utilisant les dilutions 10^{-1} à 10^{-4} en dupliqua, ensemencées en masse avec le milieu PCA.

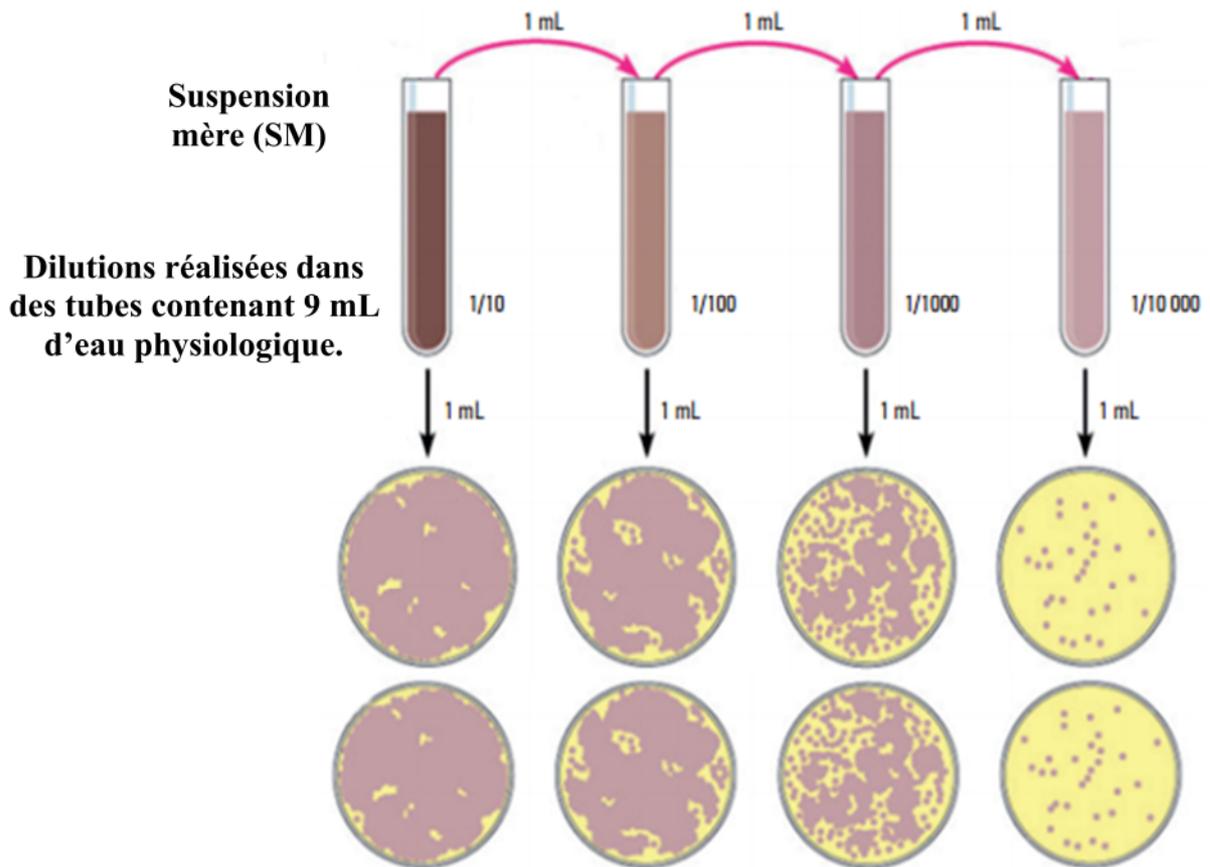


Figure 17: Méthode utilisée pour le dénombrement de la FAMT

➤ Lecture et interprétation

Chaque boîte retenue devra contenir au plus 300 colonies et au moins 30 colonies. Le comptage a été effectué à l'aide d'un compteur de colonies après la période d'incubation. Le nombre de micro-organismes par gramme de produit a été calculé à partir des boîtes retenues en utilisant la formule mathématique suivante selon Joffin et Leyral (2006) :

$$N = (\sum \text{colonies}) / (V \text{ ml} \times (n_1 + 0.1 n_2) \times d)$$

- N : Nombre d'UFC par gramme de produit initial ;
- \sum : somme des colonies dénombrées sur toutes les boîtes considérées.
- n_1 : Nombre de boîtes considéré à la première dilution retenue ;
- n_2 : Nombre de boîtes considéré à la seconde dilution retenue ;
- d : Facteur de la première dilution retenue.

2.4.2 levures et moisissures :

La gélose sabouraud est un milieu peptoné et glucosé permettant la croissance des levures et moisissures. Naturellement acide, cette gélose inhibe la croissance de nombreuses bactéries. A partir de la suspension mère des différentes épices et des dilutions décimales réalisées, une série de 2 boîtes de pétri ont étéensemencées avec 1ml d'inoculum. La gélose sabouraud a été ensuite coulée en surfusion. Après homogénéisation et solidification, les boîtes ainsi préparées ont été incubées à 25°C pendant 72h. Le comptage a été effectué à l'aide d'un compteur de colonies après la période d'incubation, en utilisant la formule mathématique indiquée précédemment.

2.4.3 Les marqueurs ou bactéries témoins de contamination fécale

2.4.3.1 Dénombrement des coliformes totaux et des coliformes fécaux

Le dénombrement des coliformes a été réalisé sur la gélose VRBL (gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre). Il s'agit d'un milieu sélectif pour l'isolement et la numération des coliformes dans l'eau, les produits laitiers et les autres produits alimentaires. La présence simultanée de cristal violet et de sels biliaries assure l'inhibition des bactéries à Gram positif. La fermentation du lactose se traduit par une acidification, révélée par le virage au rouge de l'indicateur de pH (rouge neutre), et par la précipitation d'acides biliaries autour des colonies. Les boîtes de pétri correspondant à chaque échantillon ont étéensemencées avec 1 ml du produit à analyser et de ses dilutions décimales. Environ 15 ml de gélose ont été ensuite coulées. Après Homogénéisation et solidification, les boîtesensemencées ont été incubées à 37°C pendant 24 heures pour les coliformes totaux et à 44°C pour les coliformes fécaux.

➤ Lecture et interprétation

Les micro-organismes qui fermentent rapidement le lactose, donnent des colonies pourpres entourées d'un halo pourpre de 0,5 à 2 mm de diamètre. Les bactéries qui ne fermentent pas le lactose, donnent des colonies pâles avec des zones verdâtres.

2.4.3.2 Dénombrement des streptocoques fécaux (entérocoques)

Le bouillon de Litsky à l'éthyl-violet est utilisé pour effectuer le test confirmatif de recherche et de dénombrement des streptocoques fécaux (entérocoques) dans les eaux

d'alimentation, les eaux résiduaires et les autres produits alimentaires par la méthode du nombre le plus probable. Cette recherche se déroule en deux étapes : test présomptif sur bouillon de Rothe, test confirmatif sur bouillon de Litsky. Après une culture positive sur milieu de Rothe, la présence d'éthyl violet et d'azide de sodium du milieu de Litsky inhibe la croissance des tous les micro-organismes autres que les streptocoques fécaux.

Une série de tubes contenant le milieu sélectif de Rothe à raison de trois tubes par dilution ont étéensemencés à partir de la suspension mère et des dilutions décimales (10^{-2} et 10^{-3}) en portant aseptiquement 1 ml d'inoculum dans chacun des trois tubes. Après une incubation de 24 heures à 37°C , une série de tube contenant le milieu de Litsky ont étéensemencés à partir des tubes positifs du milieu Rothe, présentant un trouble microbien.

➤ **Lecture et interprétation**

Après une incubation de 24 heures à 37°C des tubes contenant le milieu de Litsky, l'apparition d'un léger trouble et la formation d'un dépôt violet (pastille violette) dans le fond du tube indique la présence de streptocoques fécaux. La numération a été réalisée en utilisant la méthode du nombre le plus probable (NPP) en se reportant aux tables de Mac Grady.

2.4.3.3 Dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs

Le dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs a été réalisé en utilisant la gélose TSN (Tryptone Sulfite Néomycine). Il s'agit d'un milieu sélectif des *Clostridium* grâce à la présence d'antibiotiques : néomycine et polymyxine. La présence simultanée de Néomycine et de Polymyxine rend le milieu inhibiteur vis-à-vis des entérobactéries ; la Néomycine inhibe la croissance de la plupart des souches de *Clostridium bifermentans*. Les micro-organismes sulfito-réducteurs réduisent le sulfite en sulfure provoquant, avec le citrate ferrique, un précipité noir de sulfure de fer autour des colonies. Avant de réaliser l'ensemencement, 25 ml de la suspension mère ont été chauffées à 80°C pendant 10 minutes puis refroidis sous l'eau du robinet afin de préparer les spores à la germination. Cinq tubes stériles contenant 15 ml du milieu TSN en surfusion, ont reçu chacun 5 ml de la suspension mère traitée. Après homogénéisation par retournement, les tubesensemencés ont été recouverts avec une fine couche d'huile de vaseline puis incubés à 37°C pendant 24 heures.

➤ **Lecture et interprétation**

Après 24 heures d'incubation à 37°C en anaérobiose, l'apparition des colonies noires sur la gélose indique la présence des bactéries sulfito-réductrices, appartenant souvent à l'espèce *Clostridium perfringens*.

2.4.4 La Flore pathogène

2.4.4.1 Les salmonelles

Pour la recherche des salmonelles, 10 ml de la suspension mère ont été rajoutées à 10 ml du milieu d'enrichissement SFB contenant du sélénite de sodium, qui permet l'inhibition des micro-organismes autres que les salmonelles et notamment les coliformes et les entérocoques. Après une incubation à 37°C pendant 24 heures et à partir des milieux d'enrichissement, l'inoculum a été ensemencé en stries sur gélose sélective S-S (Salmonella-Shigella) qui permet la différenciation et l'isolement des entérobactéries pathogènes (Dunnai *et al.* 2001). Une galerie biochimique a été réalisé afin d'identifier les salmonelles pour les colonies fsuspectes.

➤ Lecture et interprétation

Après une incubation de 24 heures à 37°C, les colonies caractéristiques de *Salmonella* (lactose négatif) apparaissent translucides ou transparentes et généralement avec un centre noir (H₂S positif). Les colonies caractéristiques de *Shigella* (lactose négatif) sont incolores et sans centre noir. Une galerie biochimique a été réalisée afin d'identifier les salmonelles pour les colonies suspectes.

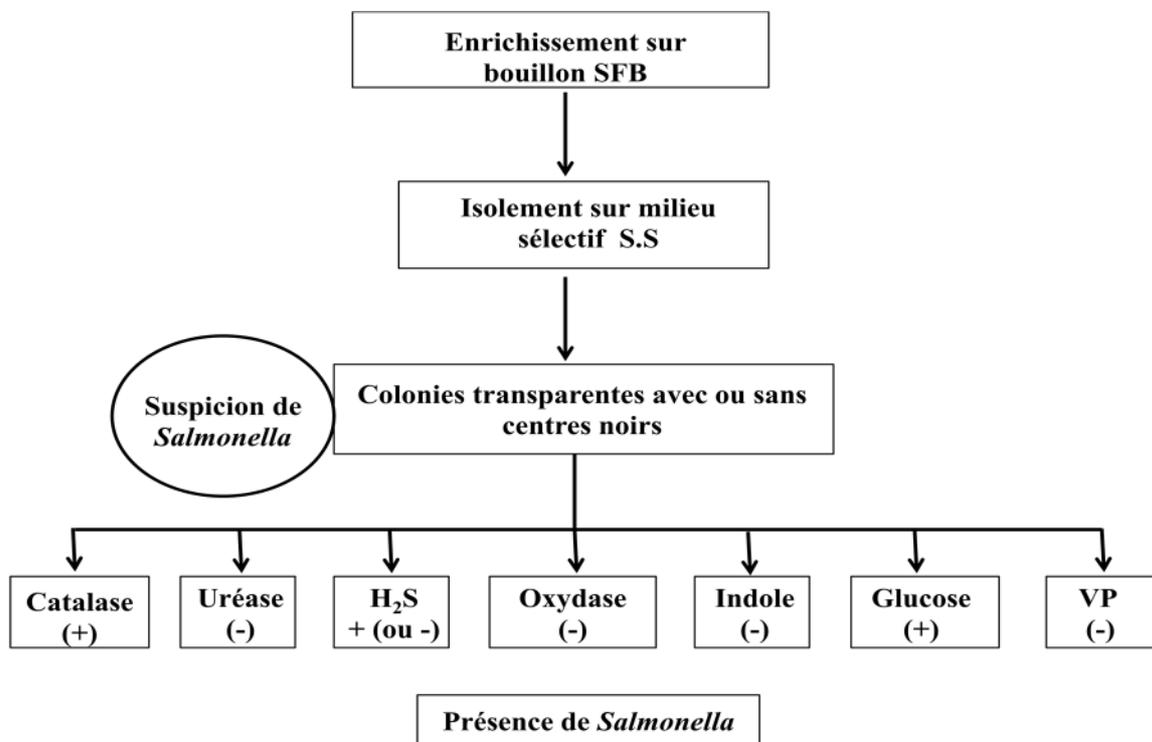


Figure 18: Diagramme de l'identification de *Salmonella* dans les échantillons d'épices

2.4.4.2 Les staphylocoques

Pour la recherche des staphylocoques, 10 ml du milieu d'enrichissement Giolitti Cantoni ont été ensemencées avec 10 ml de chaque suspension mère. Après une incubation à 37°C pendant 24 heures, des isollements ont été réalisés sur le milieu sélectif Chapman permettant la croissance des germes halophiles tels que les bactéries du genre *Staphylococcus*.

➤ Lecture et interprétation

L'utilisation du mannitol se traduira par une acidification du milieu, provoquant le virage au jaune de l'indicateur de pH. Les colonies mannitol positives sont entourées d'une auréole jaune. L'utilisation du mannitol est un caractère discriminatif important dans le genre *Staphylococcus* ; *Staphylococcus aureus* étant mannitol positive. Le milieu de Chapman permet la sélection des *Staphylococcus* et une orientation pour l'identification de l'espèce *S. aureus* mais il ne s'agit que d'un test de présomption et une confirmation par des tests plus spécifiques comme le test de la coagulase reste obligatoire.

- La catalase

La catalase est une enzyme présente chez la plupart des bactéries aérobies strictes et aéro-anaérobies facultatives. La fonction principale de la catalase dans les cellules est de prévenir l'accumulation de niveaux toxiques de peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) formé au cours des réactions d'oxydation. Cette enzyme catalyse la conversion du peroxyde d'hydrogène en eau et en oxygène. A l'aide d'une anse, les colonies suspectes ont été prélevées aseptiquement puis mélangées avec quelques gouttes d'une solution fraîche de H₂O₂ sur une lame. Un dégagement gazeux sous forme de bulles traduit la décomposition de l'eau oxygénée sous l'action de la catalase.

- La coagulase

La coagulase est une enzyme qui a la propriété de coaguler le plasma ; cette enzyme est considérée comme un critère d'identification des *staphylocoques aureus*. Avant la réalisation de ce test, des colonies ayant fermentées le mannitol ont été ensemencées dans le bouillon BHIB (Brain Heart infusion Broth) puis incubées à 37°C pendant 18 à 24 heures. Après incubation, 0.5 ml de cette culture a été ajoutée à des tubes à hémolyse contenant 0.5 ml de plasma de lapin puis incubés à 37°C pendant 2 à 4 heures.

Tableau 8 : Différentes flores recherchées dans les épices.

Flore dénombrée	Milieux de culture	Température et durée d'incubation	Observation
FAMT	Gélose PCA	30°C pendant 72h	Colonies lenticulaires
Coliformes	Gélose VRBL	37°C pendant 24H 44°C pendant 24H	Colonies rouges
Streptocoques fécaux	Milieu Rothe	37°C pendant 24 h	Troubles
	Milieu Litsky	37°C pendant 24 h	Troubles + pastilles violettes
<i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs	Milieu TSN	37°C pendant 24 à 48h	Colonies noires
Flore fongique (levures et moisissures)	Milieu Sabouraud	20-25°C pendant 3 à 5 jours	Aspect cotonneux
Salmonelles	Bouillon d'enrichissement (SFB)	37°C pendant 24h	Troubles
	Milieu sélectif S-S	37°C pendant 24h	Colonies transparentes avec ou sans centre noir.
<i>Staphylococcus aureus</i>	Bouillon d'enrichissement Giolitti cantoni	37°C pendant 24h	Noircissement du milieu
	Milieu selectif Chapman	37°C pendant 24h	Colonies jaunes dorées

Trois types de micro-organismes sont conventionnellement recherchés lors de l'analyse microbiologique des denrées alimentaires. Il s'agit de la flore d'altération, des indicateurs de la contamination fécale et des micro-organismes pathogènes responsables de toxi-infections alimentaires (Guiraud, 2000). Parmi les micro-organismes responsables de l'altération des aliments, on retrouve la flore aérobie mésophile totale (FMAT) et la flore fongique représentée par les levures et moisissures. Les micro-organismes dits indicateurs de contamination fécale sont les coliformes totaux et les coliformes fécaux (*Escherichia coli*), les streptocoques fécaux et les bactéries anaérobies sulfito-réductrices. Les micro-organismes pathogènes les plus fréquemment recherchés dans les aliments sont les bactéries appartenant aux genres *Staphylococcus* et *Salmonella*. La contamination des épices peut avoir un effet plus ou moins grave sur leurs qualités et sur la santé du consommateur. Elle peut être à l'origine d'une altération du produit, lui faisant perdre ses caractéristiques organoleptiques et ou commerciales et parfois la cause de toxi-infections graves.

1. Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale (FAMT) dans les différents échantillons d'épices

La flore aérobie mésophile totale (FMAT) est un indicateur sanitaire qui permet d'évaluer le nombre d'Unité Formant Colonie (UFC) présent dans un produit ou sur une surface. Le dénombrement de cette flore dans les différents échantillons d'épices a été réalisé après incubation pendant 24 heures à 37°C. Au-dessus de 300, les colonies ont été considérées comme étant indénombrables, et en dessous de 30, trop rares pour être dénombrées. Les résultats du dénombrement sont représentés dans le Tableau 11.

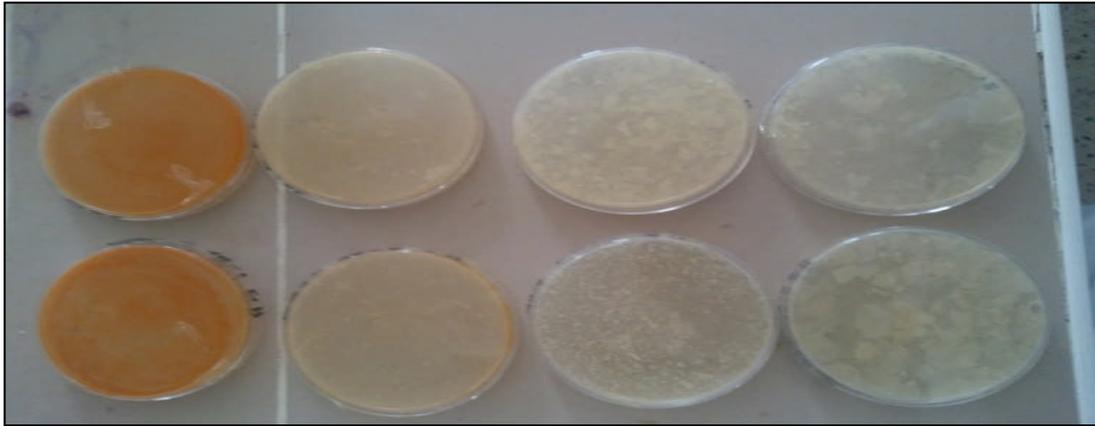


Figure 19 : Aspect de la FAMT sur gélose PCA pour les échantillons de paprika en poudre

Les résultats du dénombrement, ont montré la présence d'une FAMT importante notamment dans les échantillons de curcuma, de poivre noir et de cumin, sous forme de poudre, où les colonies étaient indénombrables. Dans les autres échantillons sous forme de graines, les résultats étaient également insatisfaisants avec un nombre d'UFC de 4340,002 UFC.g⁻¹, de 500454,54 UFC.g⁻¹ et de 19700000 UFC.g⁻¹ dans les échantillons de curcuma, de poivre noir et de cumin respectivement. Certains de nos échantillons ont dépassé la limite fixée par la commission internationale des spécifications microbiologiques pour les aliments (ICMSF, 1974), qui a fixé une limite maximale de 10⁶ UFC par gramme d'épice pour la FAMT. Cependant, en Allemagne, les valeurs standards pour cette flore sont de 10⁵. Selon les spécifications de l'ICMSF, les épices ayant un nombre de FAMT inférieur à 10⁴ UFC.g⁻¹ sont de qualité acceptable et celles ayant des valeurs allant de 10⁴-10⁶ UFC.g⁻¹ sont de mauvaise qualité. Le dénombrement de la FAMT dans la poudre de poivre noir et dans la poudre de curcuma prélevés à Mumbai en Inde, étaient de 10⁸-8.10⁹ UFC.g⁻¹ et de 4.10⁷-7.10⁹ UFC.g⁻¹, respectivement révélant une importante contamination de ces deux épices mais qui reste inférieure à celle de notre étude (Geeta et Kulkarni, 1987). Les résultats obtenus par Christensen *et al* (1967), ont montré que le nombre d'UFC pour l'échantillon de poivre noir en poudre variait de 8.10⁶ à 7.10⁸ UFC.g⁻¹ avec une moyenne de 1,94.10⁸ UFC.g⁻¹ alors que celle de Schwab *et al* (1982) était de 820 000 UFC.g⁻¹. Toutes ces valeurs sont bien en dessous de celles observées dans l'échantillon de poivre noir en poudre dans notre étude. Nos

résultats indiquent donc un haut niveau de contamination rendant les différentes épices analysées impropres à la consommation.

Les échantillons sous forme de poudre ont montré une contamination plus importante comparativement aux échantillons sous forme de graines. Ces résultats suggèrent que les contaminations sont certainement survenues lors de la mouture et du conditionnement de ces épices dans la fabrique. Les valeurs obtenues donnent une idée sur la charge microbienne globale de ces échantillons, révélant la présence d'un problème d'hygiène au niveau de la fabrique. En effet, lors de l'échantillonnage, il a été remarqué que le personnel de la fabrique ne portait ni gants, ni charlottes, ni tenues de travail appropriées. De plus, il a été remarqué également dans cette fabrique, que les outils de travail n'étaient pas nettoyés entre la manipulation des différentes épices. S'ajoute à cela, les surfaces et l'atmosphère du lieu de travail, les conditions de stockage qui peuvent être également une source de contamination non négligeable (Syne *et al.*, 2013). Par ailleurs, pour l'échantillon de paprika, il n'est pas possible de déterminer exactement à quel stade a pu avoir lieu la contamination étant donné que les analyses ont été réalisées uniquement sur la poudre déjà emballée par la fabrique. Les échantillons auraient très bien pu être contaminés lors de la récolte, le traitement ou le conditionnement. De plus, il est important de noter que pour cette épice, des concentrations plus élevées de l'ordre $14.9.10^6$ UFC.g⁻¹, par rapport à celles retrouvées dans cette étude, ont été rapportées par Schwab *et al* (1982).

2. Levures et moisissures

L'observation des boîtes de pétriensemencées a montré la présence de filaments longs et fins sur toutes les boîtes de pétri de la dilution 10^{-1} à 10^{-4} , ce qui confirme la présence des moisissures. Des levures ont été également observées à l'œil nu dans toutes les boîtes, toutes dilutions confondues, mais leur nombre était négligeable (inférieur à 30 colonies). Les échantillons de curcuma, de poivre noir et de cumin sous forme de poudre ont été fortement contaminés par les moisissures comme en témoigne les résultats du dénombrement. Ces résultats sont en désaccord avec ceux obtenus par Schwab *et al* (1982), dont les valeurs moyennes étaient généralement faibles dans les mêmes variétés d'épices ; la moyenne la plus élevée (290 UFC.g⁻¹) était obtenue pour la cannelle. De plus, dans notre étude, il a été remarqué que pour l'échantillon de cumin, le dénombrement était impossible que se

soit pour l'échantillon sous forme de poudre ou de graines. Des résultats similaires ont été observés par Banerjee et Sarkar (2003), qui ont enregistré pour le cumin la plus haute valeur qui était supérieure à 10^4 UFC g^{-1} . Ces différents résultats suggèrent que cette épice serait fréquemment contaminée par la flore fongique.

La forte contamination de ces épices par la flore fongique est due au fait que les spores des moisissures peuvent être véhiculées par l'environnement et se retrouver ainsi dans l'atmosphère puis dans les épices. Les études réalisées en Algérie par Azzoune *et al* (2015) ont révélées que les espèces fongiques communément isolées appartenaient au genre *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor* et *Eurotium*. Certaines de ces espèces sont capables de produire des mycotoxines notamment les espèces appartenant à *Aspergillus Flavi*. Etant invisibles à l'œil nu, inodores, insipides, ces toxines, qui font partie des toxines naturels les plus puissantes, sont présentes dans de nombreuses matières premières, en particulier les graines oléagineuses (cacahuètes, noix de cajou...), les céréales, les fruits, le café et les épices. On les retrouve dans les produits tirés de ces matières premières ; les mycotoxines étant résistantes à la cuisson et aux processus de transformation. La contamination peut se produire dans le champ, directement sur la plante, ou durant le stockage ou le transport, dès lors que les conditions optimales d'humidité et température en particulier ne sont pas respectées (Halil et Recep, 2013 ; Punam et Dhiraj, 2015 ; Kabak et Dobson, 2017). Liée aux conditions climatiques, la production des mycotoxines par ces moisissures est difficilement contrôlable. Ces dernières se rencontrent dans toutes les régions du monde, sur tous types d'aliments. Selon l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), un quart des cultures mondiales seraient contaminées par des mycotoxines y compris celles des épices.

3. Coliformes totaux et coliformes fécaux

Après incubation des boîtes de VRBLensemencées, à 37°C et à 44°C pour les coliformes totaux et les coliformes fécaux respectivement, les colonies rouges ont été dénombrées.



Figure 20 : Aspect des colonies rouges des coliformes totaux sur milieu VRBL après incubation à 37°C dans le paprika en poudre

Les coliformes totaux ont été retrouvés dans tous les échantillons analysés à des concentrations variables. Les échantillons ayant présentés les plus hautes valeurs sont les graines de curcuma, le poivre noir sous forme de graines et de poudre où les colonies étaient indénombrables. Dans une étude réalisée par Banerjee et Sarkar (2003), un niveau élevé de coliformes totaux, supérieur à 10^4 UFC.g⁻¹ a été enregistré dans certains échantillons (14-20%), de poudre de poivre noir, de graines de cumin et dans la poudre de curcuma. Nos résultats concordent avec ces résultats, témoignant d'une mauvaise hygiène. Une autre étude menée en Inde par Schwab *et al* (1982) a donné des valeurs moyennes inférieures à 20 UFC.g⁻¹ pour toutes les épices analysées. Cependant, les coliformes fécaux étaient absents dans nos échantillons contrairement à ce qui a été rapporté par Banerjee et Sarkar (2003), qui avaient trouvé des coliformes fécaux dans deux échantillons de poudre de curcuma ($5-13.10^3$ UFC.g⁻¹). Powers *et al* (1975) ont détecté la présence de coliformes totaux dans seulement deux échantillons mais pas de coliformes fécaux dans un total de 114 échantillons d'épices testées. La présence d'*E. coli* est un indicateur de contamination fécale et de la présence éventuelle d'entéropathogènes dont la présence est due principalement aux méthodes de manipulation non hygiéniques.

4. Les Streptocoques fécaux (entérocoques)

L'analyse de nos échantillons a révélée l'absence des streptocoques fécaux sauf pour le poivre noir en poudre avec une valeur de 950 UFC.g⁻¹. A notre connaissance, ce germe n'est pas fréquemment recherché dans les analyses microbiologiques des épices, comme en témoignent les différentes études réalisées ou ce germe n'a pas été recherché. Seuls les coliformes totaux et fécaux et les *Clostridium* sulfito-réducteurs

ont été recherchés comme indicateurs de contamination fécale (Schwab *et al.*, 1982 ; Banerjee et Sarkar, 2003).

5. *Clostridium* sulfito-réducteurs

On remarque que ces germes sont présents dans tous les échantillons analysés. Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par Banerjee et Sarkar (2003), qui ont noté leur présence dans 59% des échantillons analysés.

Parmi les *Clostridium* sulfito-réducteurs, *Clostridium perfringens* est la plus communément retrouvée. Ce germe, fréquent dans le tractus digestif des humains et de plusieurs animaux, est très répandu dans le sol et la poussière, à partir desquels il est disséminé dans l'environnement. Les spores de *Clostridium perfringens* résistent à la déshydratation et aux traitements thermiques modérés comme la cuisson et la pasteurisation. Aux températures favorables (de 15 à 50 °C), les spores ayant survécu à la cuisson germent et les cellules végétatives se multiplient rapidement. Les toxi-infections alimentaires dues à *C. perfringens* concernent le plus souvent des mets à base viande, ainsi que les aliments déshydratés comme les épices.

6. Les germes pathogènes :

6.1. Les salmonelles :

La recherche des salmonelles dans les 7 échantillons d'épices a révélée la présence de colonies incolores et transparentes sans centres noirs, caractéristiques du genre *salmonella*. Une galerie biochimique visant à confirmer la présence des salmonelles a été réalisée.

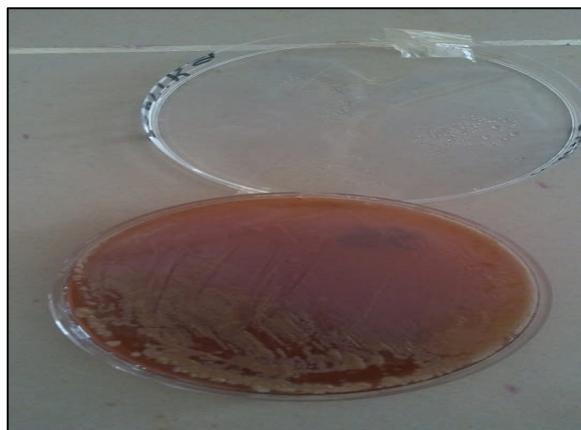


Figure 21 : Isolement des colonies sur milieu S-S

Les caractères permettant l'identification biochimique des salmonelles sont l'absence d'uréase, mais également l'absence de production d'indole et d'acétoïne. Les salmonelles réduisent les nitrates en nitrites, peuvent utiliser le citrate comme seule source de carbone, et fermentent le glucose avec ou sans production de gaz. Cependant elles ne fermentent ni le lactose ni le saccharose. Elles peuvent également produire du H₂S à partir du thiosulfate et la réaction au test à l'oxydase est toujours négative (Korsak *et al.*, 2004).

Les résultats de la galerie biochimique indiquent que les colonies suspectes, isolées des 7 échantillons d'épices, graines ou poudres emballées, ne correspondent pas aux salmonelles. Ce germe n'a été retrouvé par Banerjee et Sarkar (2003) que dans deux échantillons. Ces résultats concordent avec ceux des autres auteurs (Julseth et Deibel, 1974 ; Baxter et Holzapfel, 1982 ; Schwab *et al.*, 1982) qui ont signalé que la présence de *E. coli*, des salmonelles et des shigelles dans les épices étaient apparemment rare et sporadique. Le réservoir naturel des salmonelles est très large, elles sont essentiellement parasites du tube digestif des vertébrés. Elles peuvent être disséminées dans l'environnement par les excréments où leur survie est possible pendant plusieurs semaines à plusieurs mois si les conditions sont favorables (Grosjean *et al.*, 2009; Korsak, 2004). Ces bactéries peuvent se fixer également sur de nombreux supports, comme les bottes, les brosses, les pelles, les roues et les vêtements, etc (Korsak *et al.*, 2004) , ce qui explique leur présence éventuelle dans les épices.

6.2 Les staphylocoques

La recherche des bactéries appartenant aux genres *Staphylococcus* a révélée l'apparition de colonies jaunes dorées caractéristiques de l'espèce *Staphylococcus aureus*. Afin de confirmer la présence de cette espèce, deux tests en été réalisés ; la recherche de la catalase et de la coagulase.

La recherche de la catalase s'est révélée positive pour toutes les colonies suspectes. En ce qui concerne la coagulase, après une incubation de 2 heures, une coagulation est apparue dans les tubes contenant les échantillons de curcuma et de paprika en poudre et aussi dans les échantillons du poivre noir en graines et en poudre, ce qui confirme la présence de *Staphylococcus aureus* dans ces échantillons.

Les résultats obtenus ne sont pas en accord avec celle de Schwab *et al.* (1982) où des analyses préliminaires ont montrées une absence totale de ce germe dans les

différentes épices testées. Ces auteurs ont expliqué leurs résultats par la présence de certains composants ayant une activité anti-microbienne contre *Staphylococcus aureus* dans ces épices. Cependant d'autres études ont bien mis en évidence la présence de ce micro-organisme dans des épices, notamment celle réalisée par Banerjee et Sarkar (2003), qui ont trouvé que 11% des échantillons analysés étaient contaminés par *staphylococcus aureus*. En outre, dans notre étude, la plupart des échantillons qui se sont révélés positives pour *Staphylococcus aureus* concernent principalement les épices sous formes de poudre. Ces résultats suggèrent que les contaminations sont certainement survenues lors de la mouture et du conditionnement de ces épices dans la fabrique. ; les graines importées étant généralement indemnes de ce germe. Ceci pourrait être du aux mauvaises pratiques observées dans la fabrique, en rapport avec l'hygiène du personnel. Beaucoup d'études ont d'ailleurs rapporté que les manipulateurs en contact avec les denrées alimentaires sont souvent des porteurs sains de *S. aureus*, notamment au niveau des mains et des fosses nasales (Acco *et al.*, 2003 ; Mahony *et al.*, 2005 ; Ghosh *et al.*, 2007 ; Compos *et al.*, 2009).

Conclusion et perspectives

Depuis toujours, les épices occupent une place importante, particulièrement dans la cuisine traditionnelle algérienne. Cependant, lorsque les conditions d'hygiène ne sont pas respectées, il en résulte que les repas à base de ces épices présentent un risque considérable pour la santé du consommateur, du fait de la présence de micro-organismes potentiellement pathogènes.

Cette étude a montré que les épices pouvaient être contaminées par différents micro-organismes notamment des germes pathogènes comme *Staphylococcus aureus*, responsables de toxi-infections alimentaires. De plus, la présence de germes indicateurs de contaminations fécales tels que les coliformes, les streptocoques fécaux et *Clostridium* sulfite-réducteurs, témoignent du manque d'hygiène lors de la récolte des épices, et surtout lors de leurs transformations et leurs conditionnements. La préparation des épices de bonne qualité microbiologique exige donc le respect de nombreuses règles d'hygiène à plusieurs niveaux : matière première, environnement de préparation (matériels, conservation, locaux, personnel). Ainsi, il est primordial d'améliorer les conditions de production de ces épices et cela passe par une meilleure formation du personnel, qui souvent ignore les règles élémentaires d'hygiène. En outre, il est important de s'assurer des bonnes pratiques d'hygiène depuis la récolte de l'épice jusqu'à son emballage et sa distribution, en évitant d'éventuelles recontaminations par les divers vecteurs, et enfin par la mise en place d'un programme de nettoyage-désinfection efficace dans les fabriques à épices.

L'ensemble des résultats obtenus ne constitue qu'une partie de l'étude de la qualité microbiologique des épices. En perspective, il serait souhaitable de compléter cette étude par une approche plus approfondie, à savoir :

- Etudier la qualité microbiologique d'autres épices, notamment des épices en vrac, récoltées dans des marchés de différentes régions d'Algérie ;
- Rechercher d'autres germes pathogènes tels que *Bacillus*, fréquemment isolés dans les épices et incriminés dans de nombreuses toxi-infections alimentaires ;
- Etant donné, la présence de *Staphylococcus aureus* dans la majorité des échantillons analysés, il serait intéressant d'étudier leurs sensibilités ou leurs résistances aux antibiotiques et d'isoler éventuellement des souches multi-résistantes ; Il serait également intéressant de rechercher la présence d'Aflatoxines ou d'autres mycotoxines produites par les moisissures présentes dans les épices.

Résumé

Dans la cuisine traditionnelle, les épices représentent l'un des ingrédients incontournables, particulièrement dans les plats traditionnels algériens. Cependant, de nombreuses études ont rapportées que les épices pouvaient être contaminées par des micro-organismes, notamment par des germes pathogènes, à l'origine de toxi-infections alimentaires graves.

L'objectif de cette étude a été donc de déterminer la qualité microbiologique de quelques épices fréquemment utilisées dans les différentes régions d'Algérie. Pour cela, 7 échantillons de différentes épices ont été analysés, à l'état de graine (curcuma, cumin, poivre noir) et poudre emballée (paprika, cumin, curcuma, poivre noir). L'analyse microbiologique a révélée la présence d'une flore aérobie mésophile totale (FAMT) importante, de germes indicateurs de contamination fécale (coliformes, streptocoques fécaux et *clostridium* sulfito-réducteurs), de levures et moisissures ainsi que des germes pathogènes tels que *staphylococcus aureus*. La présence de ces micro-organismes surtout dans les épices à l'état de poudre emballée, suggère que la contamination a lieu principalement lors de la transformation et du conditionnement dans la fabrique à épices, dans laquelle les échantillons ont été prélevés.

Cette étude constitue un travail préliminaire qui permettra d'avoir une idée globale sur la qualité microbiologique des épices quotidiennement utilisées dans nos plats. De plus, elle a permis d'apporter quelques éléments nouveaux concernant les pratiques d'hygiène adoptées dans les fabriques à épice.

Les mots clés : épices, analyses microbiologiques, qualité hygiénique, bactéries, levures, moisissures.

Abstract

In traditional cooking, spices are one of the essential ingredients, especially in traditional Algerian dishes. However, many studies have reported that spices may be contaminated with micro-organisms, including pathogens, causing severe foodborne illness.

The objective of this study was therefore to determine the microbiological quality of some spices frequently used in the different regions of Algeria. For this, 7 samples of different spices were analyzed as seeds (turmeric, cumin, black pepper) and packed powder (paprika, cumin, turmeric, black pepper). The microbiological analysis revealed the presence of a large mesophilic aerobic flora (FAMT), indicative germs of faecal contamination (coliform, fecal streptococci and clostridium sulfite-reducing), yeasts and molds as well as pathogens such as staphylococci aureus. The presence of these microorganisms especially in spices as packed powder suggests that the contamination occurs mainly during processing and packaging in the spice mill, in which the samples have been taken.

This study is a preliminary work that will give an overall idea of the microbiological quality of the spices daily used in our dishes. In addition, it provided some new insights into hygiene practices in spice factories.

Key words: spices, microbiological analyzes, hygienic quality, bacteria, yeasts, molds

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ACHINEWU, S.C., ANIENA, M.I., OBOMANU, F.G. (1995). Studies on spices of food value in the south states of Nigeria: antioxidant properties. *Journal of African Medicinal Plants*, 135-139.
- ADRIAN, J., FRANGNE, R. (1991). *La science Alimentaire de A à Z*. Edition Lavoisier, Paris.
- AFNOR RECUEIL DES NORMES FRANÇAISES. (2004). *Contrôle de la qualité des produits alimentaires. Epices et aromates*, 445.
- AGGARWAL, B.B., BHATT, I.D., ICHIKAWA, H., AHN, K.S., SETHI, G., SANDUR, S.K. (2006). Curcumin biological and medicinal properties. *Turmeric: the genus Curcuma*, 297–368.
- AGRIC, J., LOPEZ, P., SHANEZ, C., BATLE, R., NERIN, C. (2007). Vapor phase activities of cinnamon, thyme, and oregano essential oils and key constituents against food borne microorganisms. *Food chemistry*, 30-56.
- ALI, N.H., FAIZI, S., KAZMI, S.U. (2017). Antibacterial activity in spices and local medicinal plants. *Clinical isolates of Karachi*, 16-18.
- ANAND, P., KUNNUMAKKARA, A.B., NEWMAN, R.A., AGGARWAL, B.B. (2007). Bioavailability of curcumin: problems and promises. *Molecular Pharmacology*, 7-18.
- ARAÚJO, C., LEON, L. (2001). Biological activities of *Curcuma longa* L. *Molecular instrument*, 723-728.
- ARORA, D.S., KAUR, J. (2011). Antimicrobial activity of spices, 49-83.
- ARVY, M.P., GALLOUM, F. (2003). *Epices, aromates, condiments*. Edition belin, Paris, 2-162.
- ATHAMENA, S. (2009). Etude quantitative des flavonoïdes des graines de *cuminum cyminum* et les feuilles de *rosmarinus officinalis*. *Évaluation de l'activité biologique*, 24-59.
- BAXTER, R., HOLZAPFEL, W. (1982). A microbial investigation of selected spices, herbs, and additives in South Africa. *Journal of Food Science*, 570–578.
- BEDIAGA, M. (2011). Étude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de *Nauclea Latifolia smith*. *Plante médicinale africaine récoltée au Mali*, 10.
- BEHERA, S., NAGARAJAN, S., RAO, I. (2004). Microwave heating and conventional roasting of cumin seeds and effect on chemical composition of volatiles. *Food Chemistry*, 25-29.
- BENAISSA, O., (2011). Etude des métabolismes terpénique et flavonique d'espèces de la famille des composées, genres *Chrysanthemum* et *Rhantherium*. *Activité Biologique*, 63.
- BERNARD, A., (2012). Les épices c'est malin, cannelle clou de girofle, poivre, leurs biens faits et toutes leurs utilisations méconnues pour la santé. *La beauté et la maison*, 16.
- BORGE, M., (1991). *Les plantes tropicales à épices*. Editions Maisonneuve et Larousse, 182.
- BREMNESS, L. (2002). *Plantes aromatiques et médicinales*. Edition Bordas. Paris, 303.
- BEZANGER, L., Pinkas, M., Torck, M. (1986). *Les plantes dans la thérapeutique moderne*. Edition Maloine. Paris, 469.
- BORGET, M. (1991). *Les plantes tropicales à épices*. Editions Maisonneuve et Larousse. Paris, 182.
- BRUNETON, J. (1993). *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales*. Lavoisier, Technique et documentation, Paris, 915.
- BRUNETON, J. (1999). *Pharmacognosie et phytochimie des plantes médicinales*. Technique et documentation, Paris, 101-120.
- BRUNETON, J. (2009). *Pharmacognosie Phytochimie, plantes médicinales*, Éditions médicales internationales, Paris, 128.

- BULDUK, S. (2004). Antilecrobial and Biochemical Analysis of Some spices. Food technology, 25.
- CASLEY-SMITH, J., PILLER, N.B. (1993). Treatment of Lymphedema of the Arms and Legs with 5, 6-Benzo pyrone. New Engel, 329-1163.
- CHARAKA, S., SUTRA, S. (1994). Chaukamba Surbharati Prakashan, Varanasi.
- CHO, S.H., LEE, C.H., JANG, M.R. (2008). Aflatoxins contamination in spices and processed spice products commercialized in Korea. Food Chemistry, 1283-1288.
- CLAISSE-DAUCHY, R. (1996). Médecine traditionnelle du Maghreb. Edition Lavoisier, Paris, 26-56.
- CIPALLO, K. (1997). Le poivre moteur de l'histoire : du rôle des épices, et du poivre en particulier, dans le développement économique de Moyen -Age. Esprit frappeur, Paris, 03-60.
- CUENDET, M. (1999). Recherche de nouveaux composés capteurs de radicaux libres et antioxydants à partir d'une plante d'Indonésie : « *Fagraea blumei* » (Loganiaceae) et de trois plantes d'altitude : « *Bartsia alpina* » (Scrophulariaceae), « *Loiseleuria procumbens* » (Ericaceae) et Camp. Thèse de doctorat, 24.
- DANG, H.X., LAWRENCE, C.B. (2014). *Alternaria* comparative genomics: The secret life of rots. Genomics of Plant-Associated Fungi and Oomycetes, 45-63.
- DE BOER, E.W., SPIEGELBERG, M., JANSSEN, E.W. (1985). Microbiology of spices and herbs. Antonie van Leeuwenhoek, 435-438.
- DELAVEAU, P. (1987). Les épices. Histoire, description et usage des différents épices, aromates et condiments. Albin Michel, Paris, 130-136.
- DECOBERT, C. (1998). Alexandrie au Treizième siècle une nouvelle topographie. Edition in AlexeMed1, 71-100.
- DOMART, A., BOURNEUF, J. (1988). Nouveau Larousse des plantes médicinales. Librairie Larousse, Paris.
- DRONIOU-CASSARO, M. (2012). Les épices. Les symposiarques, 2.
- FARRELL, K. (1990). Spices, Condiments, and Seasonings. Edition Springer United States 88.
- FIGUEREDO, G. (2007). Etude chimique et statistique de la composition d'huiles. Graines d'origine méditerranéenne, 13.
- FRANÇOISE MOULARD, D. (2001). Encyclopédie des plantes médicinales. Larousse, 10.
- GARCIA, S., IRACHETA, F., GALVA, N.F., HEREDIA, N. (2001). Microbiological survey of retail herbs and spices from Mexican markets. Journal of Food Protection, 99-103.
- GEETA, H., KULKARNI, P.R. (1987). Survey of the microbiological quality of whole black pepper and turmeric powder sold in retail shops in Bombay. Journal of Food Protection, 401-403.
- GIBBONS, J.G., BEAUVAIS, A., BEAU, R., MCGARY, K.L., LATGE, J.P., ROKAS, A. (2012). Global transcriptome changes underlying colony growth in the opportunistic human pathogen *Aspergillus fumigatus*. Eukaryotic Cell, 68-78.
- GRAVOT, A. (2008). Introduction au métabolisme secondaire chez les végétaux. Physiologie Végétale, 112.
- HAMDANI, D. (2012). Action des poudres et des huiles de quelques plantes aromatiques sur les paramètres biologiques du bruchide de Haricot acanthoscelides obtectus say. Coleoptera Bruchidae, 97.
- Hall, L.A. (1938). Sterilized spices: new factor in food quality control. Food Industrial, 424-467.
- HALIL, T., RECEP, A. (2013). Determination of aflatoxin B1 levels in organic spices and herbs. The scientific world journal, 4.
- HARBORNE, J.B. (1998). Phytochemical methods. A guide to modern techniques of plants analysis, 9-412.

- HEERS. (2008). Rôle historique des épices et des aromates. *Terre et vie*, 96-55.
- Henriques, J. (2003). Identification of multiple strains of *Staphylococcus aureus* colonizing nasal mucosa of food handlers. *Food microbiology*, 489-493.
- HOPKINS, D. (2003). *Physiologie végétale*. Deuxième édition. Boeck, 276-280.
- HOSSAIN, M.B., BRUNTON, N.P., BARRY, C., MARTIN, A.B., WILKINSON, M., RASAYAN, J. (2008). Antioxidant activity of spice extracts and phenolics in comparison to synthetic antioxidants. *Rasayan journal of chemistry*, 751–756.
- HYGIS, V. (1988). *Hygiène hospitalière. Manuel de lutte contre l'infection nosocomiale*. La Madeleine, 411.
- JAMES, L.H. (1938). Reducing the microbial content of spices. *Food Industrial*, 10:428-429.
- JAMES, L.H. (1931). Just how antiseptic are spices. *Food industrial*, 3-524.
- JALILI, M., JINAP, S. (2012). Natural occurrence of aflatoxins and ochratoxin A in commercial dried chili. *Food Control*, 160–164.
- JANSEN, P., GRUBBEN, G., CARDON, D. (2005). *Ressources végétales de l'Afrique tropicale 3. Colorants et tanins*, 238.
- JAYAPRAKASHA, G.K., JAGANMOHAN RAO, L., SAKARIAH, K.K. (2006). Antioxidant activities of curcumin, demethoxycurcumin and bisdemethoxycurcumin. *Food Chemistry*, 720-724.
- JEAUN, J.M., ANNIE, F., CHRYSTAN, J.L. (2005). *Les composés phénoliques des végétaux, un exemple de métabolites secondaires d'importance économique*. Lausanne, Presses Polytechniques et universitaires romandes, 203-204.
- JUDD, C., KELLOGG, S. (2002). *Botanique systématique une perspective phylogénétique*. Edition Boeck, Paris.
- KABAK, B., DOBSON, A.D. (2009). Biological strategies to counteract the effect of mycotoxins. *Journal of food protection*,
- KANSOLE, M. (2009). Etude ethnobotanique, phytochimique et activités biologiques de quelques lamiaceae du Burkina Faso. *Environmental Biology*, 45-69.
- KAUL, M., TANEJA, N. (1989). A note on the microbial quality of selected spices. *Journal of Food Science and Technology*, 26-170.
- KEITH, S. (2006). Propriétés des principales épices. *Nutrition Journal*, 11.
- KHENAKA, K. (2011). Effet de diverses plantes médicinales et de leurs huiles essentielles. *Méthanogénèse ruminale chez l'ovin*, 19-24.
- KLAAS, C., WAGNER, G., LAUFER, S., SOSA, S., LOGGIA, R., BOMME, U., PAHL, H and MERFORT, I. (2002). Studies on the anti-Inflammatory Activity of phyto pharmaceuticals prepared from Arnica flowers. *Planta Medica*, 585-391.
- KRIEF, S. (2003). Métabolites secondaires des plantes et comportement animal. *Muséum national d'histoire naturelle*, 32.
- KRISHNASWAMY, M.A., PATEL, D., MUTHU, M. (1974). Microbiological quality of certain spices. *Indian Spices*, 6-8.
- LAIB, I. (2011). Etude des activités antioxydante et antifongique de l'huile essentielle des fleurs sèches de *Lavandula officinalis* sur les moisissures des légumes secs. *Sciences Alimentaires*, 25- 27.
- LEBHAM, L. (2005). *Biotechnologie des Halophytes et des Algues*. Muséum national d'histoire naturelle, 59.
- LEBRETON, V., SIMON, L., LESTRIET, J. (1998). Assurance qualité des préparations stériles, évaluation des techniques de prélèvement microbiologique sur surface. *Journal de pharmacie clinique*, 31- 227.

- LECLERC, N. (1992). Les épices : plantes condimentaires de la France et des colonies : leur histoire, leur usages alimentaires leur vertus thérapeutiques. Paris, 134.
- LIU, J., CHAOLU, Y.I., LI, Y., WEILI, B.I., GANG, H.R. (2017). Anticterial and antifungal activities of spices. *Journal of quaternary science*, 553-569.
- LOPEZ, P., SANCHEZ, C., BATTLE, R., NERIN, C. (2007). Vapor-phase activities of cinnamon, thyme, and oregano essential oils and key constituents against foodborne microorganisms. *Food Chemistry*, 4348-4356.
- LUGASI, A., HOVARI, J., SAGI K, V., BIRO, L. (2003). The role of antioxidant phytonutriments in the prevention of diseases. *Biologica Szegedensis*, 1-4: 119-125.
- MACHEIX, J., FLEURIET, A., JAY-ALLEMAND, C. (2005). Les composés phénoliques des végétaux. Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique, 4-5.
- MAISTRE, P. (1964). Les plantes à épices. Maisonneuve et Larousse. Paris, 289.
- MAKANY, R. (2005). *Staphylococcus aureus* isolated, from animals and veterinary personnel in Ireland. *Veterinary Microbiology*, 285-292.
- MILANE, H. (2004). La quercétine et ses dérivés : molécules à caractère pro-oxydant ou capteurs de radicaux libres. *Études et applications thérapeutiques*, 25.
- MANANDHAR, N.P. (1995). Substitute spice in Nepal. *Journal of Herbs Spices and Medicinal Plants*, 3:7-77.
- MOUSHOUMI, F., GOUSH, L., SIDHI, H.M., ABHIJIT, C. (2007). Prevalence of enterotoxigenic staphylococcus aureus and shigella spp. *Indian foods*, 315-319.
- MAURO, N. (2006). Synthèse d'alcaloïdes biologiquement actifs : La anatoxine-a et la camptothécine, 13 : 16-28.
- MARTINS, M.L., MARTINS, H.M AND BERNARDO, F. (2001). Aflatoxins in spices marketed in Portugal. *Food Additives and Contaminants*, 18 : 315-319.
- MOHAMMEDI, Z. (2006). Etudes du pouvoir antimicrobien et antioxydant de quelques plantes de la région de Tlemcen. produits naturels, activité biologique, 59.
- MOUSUMI, K., BANERJEE, H., PRABIR, k., SARKAR. (2003). Microbiological quality of some retail spices in India. *Food Research International*, 469-474.
- OMULOKOLI, E., KHAN, B AND CHHABRA, S.C. (1997). Antiplasmodial activity of four Kenyan medicinal plants. *Journal of Ethno pharmacology*, 56: 133-137.
- Pafumi, J. (1986). Assessment of the microbiological quality of spices and herbs. *Journal of Food Protection*, 49-963.
- PENSO, G. (1986). Les plantes médicinales dans l'art et l'histoire. Edition Roger Da Costa, Paris.
- PERRY, M. (2008). Evaluation de la curcumine comme agent anti-cancéreux. *Traitement des tumeurs cérébrales*.
- REDHEAD, J. (1990). Utilisation des aliments tropicaux: sucres, épices et stimulants. *Organisations des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture*, 19-23.
- SHAH, R.C., WADHER, B.J., BHOOSREDDY, G.L. (1996). Incidence and characteristics of *Bacillus cereus* isolated from Indian foods. *Journal of Food Science and Technology*, 3 : 249-250.
- SOPHIE, J. (2006). La culture des plantes aromatiques, 91-92.
- SRINIVASAN, K. (2005). Role of spices beyond food. *flavouring nutraceuticals with multiple health effects*, 21- 167-188.
- SINGH, K., GOSWAMI, T. (1996). Physical Properties of Cumin Seed. *Agricultural Engagement Research*, 64: 93-98.
- THOMAS, O.P. (2009). *Métabolisme secondaire et Biosynthèse*.
- VERMERRIS, W. (2006). *Phenolic compound biochemistry*. Springer Dordrecht, 10-40.
- VICAN, P. (2001). *Encyclopédie des plantes médicinales*. Larousse édition, Paris, 355.

- WEBB, A.A., TANNER, F.W. (1994). Uses of spices in foods. African journal of food technology, 4-42.
- WICHTL, M., ANTON, R. (2003). Plantes thérapeutiques. Deuxième édition, paris, 692.
- Walker, J. (1994). Antimicrobial compounds in food plants. Natural Antimicrobial Systems and food Perservation, 181-204.
- WILHEM, N. (1998). Botanique générale. Edition Boek, Paris.
- YESAIR, J., WILLIAMS, B. (1942). Spice contamination and its control. Food Research, 7:118-126.
- ZAIN, M.E. (2011). Impact of mycotoxins on humans and animals. Saudi Chemical Association, 129-144.

