

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA
TERRE ET DE L'UNIVERS



Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de master

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Biologie

Département : Ecologie et Génie de l'environnement

Option : Microbiologie Appliquée

Thème :

Etude microbiologique de quelques épices commercialisées à Guelma

Présenté par :

M^{elle} SAADI Asma

Devant le jury composé de :

Présidente :	Dr. YALLES. A	M.C.B	Université de Guelma
Examinatrice :	Dr. ROUAIGUIA. M	M.C.B	Université de Guelma
Encadreur :	Dr. DJAMAA. F	M.C.B	Université de Guelma
Co-Encadreur :	Dr. RAZKALLAH. Z	Docteur	Université de Guelma

Année Universitaire : 2019/2020

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail accompagné d'un grand amour :

A mes chers et respectueux parents Rachida et Lakhdar pour leurs sacrifices et leurs encouragements durant toutes mes années d'étude ;

Je prie Dieu de vous préserver et j'espère que vous serez toujours fière de moi ;

A mon très cher frère Abd El Hakim et mes charmantes sœurs Nour El Houda et Zahra pour leurs supports ;

A mon homme Mohamed Réda ma source de bonheur ;

A toute ma famille ;

Ainsi qu'à mes chers collègues de ma promotion 2019/2020 ;

A tous ceux que j'aime.

ASMA

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 mon encadreur Dr. Djamaa Fatma pour son suivi et son énorme soutien.

A Dr. Razkallah Zahra pour sa proposition de ce thème, ces conseils et sa patience avec moi.

Je remercie chaque membre de jury pour leurs présences et remarques :

Dr. Rouaiguia Meriem

Dr. Yalles Amina.

Je remercie vivement M^{lle} Houda la technicienne de laboratoire universitaire de microbiologie.

Un grand merci à tout le personnel de laboratoire universitaire de microbiologie.

A toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Table de matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction.....01

Partie I : Synthèse bibliographique

Chapitre I : généralités sur les épices.....04

1. Histoire des épices.....05
2. Définition des épices.....06
3. Classification taxonomique.....07
4. La différence entre épices, aromates, herbes aromatiques et condiments08
5. Utilisations des épices.....11

Chapitre II : Etude bibliographique de poivre noir, paprika, cumin, et curcuma...13

1. Le poivre noir.....14
 - 1.1. Introduction14
 - 1.2. Classification systématique.....14
 - 1.3. Description15
 - 1.4. Régions productrices.....16
 - 1.5. Culture.....16
 - 1.6. Manipulation après la récolte.....17
 - 1.7. Composition chimique.....18
 - 1.8. Utilisations19
2. Le paprika.....20
 - 2.1. Introduction.....20
 - 2.2. Classification systématique.....21
 - 2.3. Description.....22
 - 2.4. Régions productrices.....22
 - 2.5. Composition.....23
 - 2.6. Culture et récolte.....23

2.7. Les usages de paprika	24
3. Le cumin	25
3.1. Introduction	25
3.2. Classification systématique.....	25
3.3. Description botanique	25
3.4. Régions productrices.....	26
3.5. Culture et récolte.....	26
3.6. Composition chimique.....	27
3.7. Usage de cumin	28
4. Le curcuma	28
4.1. Introduction.....	28
4.2. Classification systématique.....	29
4.3. Description.....	30
4.4. Régions productrices	30
4.5. Culture et récolte	31
4.6. Composition chimique	32
4.7. Les usages de curcuma	33
Chapitre III : Les micro-organismes associés aux différentes épices.....	34
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
Partie II : partie expérimentale	
Chapitre I : Matériel et méthodes.....	42
1. Matériel.....	43
1.1. Description de la région d'étude.....	43
1.2. Matériel biologique.....	43
1.3. Matériel de prélèvement.....	43
1.4. Matériel de laboratoire.....	43

2. Méthodes	44
2.1. Échantillonnage, prélèvement et transport des échantillons des épices	44
2.2. Protocole d'analyse	45
2.3. Les germes recherchés	45
2.3.1. Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale (FAMT)	45
2.3.2. Levures et moisissures	46
2.3.3. Dénombrement des coliformes totaux et des coliformes fécaux	47
2.3.4. Dénombrement des streptocoques fécaux (entérocoques)	48
2.3.5. Dénombrement des <i>Clostridium</i> sulfito-réducteurs	48
2.3.6. La recherche des salmonelles	49
2.3.7. La recherche des staphylocoques	50
 Chapitre II : Résultats et discussion	52
1. La flore aérobie mésophile totale	53
2. Levures et moisissures	55
3. Les coliformes fécaux et les coliformes totaux	56
4. Les streptocoques	57
5. Les clostridiiums	57
6. Les salmonelles	58
7. Les staphylocoques	58
 Conclusion	60

Références bibliographiques

Annexes

Résumés

Liste des figures

Figures	Titres	Pages
Figure 01	Poivrier noir	15
Figure 02	Poivre noir en graines et en poudre	17
Figure 03	La plante de paprika poivron rouge	22
Figure 04	Paprika doux	24
Figure 05	La plante de cumin	26
Figure 06	Cumin en graines et en poudre	27
Figure 07	La plante de curcuma	30
Figure 08	Curcuma en poudre	31
Figure 9	Diagramme du déroulement de l'échantillonnage.	44
Figure 10	Principe des dilutions décimales.	45
Figure 11	Aspect de la FAMT sur gélose PCA pour les échantillons de paprika en poudre trouvé par Chikh & Rachem (2017).	54
Figure 12	Aspect des colonies sur milieu VRBL après incubation à 37°C dans le poivre noir.	56
Figure 13	Résultats trouvés dans l'échantillon de poivre noir sur le milieu VF après l'incubation.	57

Liste des tableaux

Tableaux	Titres	Pages
Tableau 01	Classification taxonomique des épices	7
Tableau 02	Classement conventionnel des épices	7
Tableau 03	Les organes végétaux comme épices	8
Tableau 04	Effets biologiques des principales épices	12
Tableau 05	Classification botanique du poivre	14
Tableau 06	Composition générale de piper nigrum L.	19
Tableau 07	La classification internationale de Cronquist pour le piment	21
Tableau 08	La classification botanique du cumin	25
Tableau 09	Composition nutritive et valeurs ORAC des semences de cumin	27
Tableau 10	Composition chimique du curcuma	32
Tableau 11	Résultats des analyses effectuées par la DGCCRF	40
Tableau 12	Caractéristiques microbiologiques du poivre vert de Madagascar	40

Liste des abréviations

AFB1 : Aflatoxine B1.

AFNOR : Association Française de normalisation.

AFT : Aflatoxines.

APG : Groupe Phylogénique Des Angiospermes.

ASR : Anaérobies Sulfito-Réductrices.

DGCCRF : la direction générale de la concurrence, consommation et de la répression des fraudes.

FAMT : Flore Aérobie Mésophile Totale.

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

FDA: Food and Drug Administration.

µg : Microgramme.

NPP : Nombre le Plus Probable.

ORAC : capacité d'absorbance du radical Oxygène.

OTA : Ochratoxine.

PCA: Plate Count Agar.

pH : potentiel d'Hydrogène.

SFB : Sélénite F Broth.

SS : *Salmonella-Shigella*.

TIAC : Toxi-infection Alimentaire Collective.

UFC : Unité Formant Colonie.

VF : Viande Foie.

VRBL : Gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre.

Les épices sont utilisées partout dans le monde pour préparer les aliments principalement en raison de leurs propriétés aromatisantes, ainsi que leurs propriétés cosmétiques et médicinales notamment anti-oxydantes et anti-inflammatoires. En effet, beaucoup sont riches en éléments minéraux et en vitamines, notamment en vitamine C. Cependant, ils sont cultivés et récoltés dans des zones chaudes et humides du monde où la croissance d'une grande variété de micro-organismes est facilement soutenue. La qualité microbiologique, la charge d'hétérotrophes totaux ou d'entérobactéries en particulier, sert souvent d'indicateur de la situation hygiénique d'une région où les épices sont produites et transformées. Comme de nombreux autres produits agricoles, les épices sont exposées à un large éventail de contaminations microbiennes environnementales pendant la collecte, la transformation et sur les marchés de détail par la poussière, les eaux usées et les excréments animaux et même humains (**Banerjee et Sarkar, 2003**).

Les épices contaminées peuvent causer un problème microbiologique, selon l'utilisation finale. Les cuisines qui incorporent des épices peuvent présenter un risque pour la santé publique parce qu'elles sont souvent ajoutées à des aliments qui ne subissent aucune autre transformation ou qui sont consommés crus. Les épices sont la principale source de bactéries sporadiques dans de grands volumes d'aliments, tels que les soupes, les casseroles, les ragoûts et les gravies produits par les établissements de restauration, dans des conditions favorables, elles germent et se multiplient jusqu'à des niveaux infectieux et toxiques (**Banerjee et Sarkar, 2003**).

Des études antérieures sur la microbiologie des épices ont démontrés les profils de microorganismes, y compris les hétérotrophes totaux, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli*, *Salmonella* et les moisissures toxigènes (**Banerjee et Sarkear, 2003**).

Dans ce contexte, nous tenterons de déterminer le niveau de contamination et d'évaluer la qualité microbiologique de quelques épices les plus utilisées pour la préparation des plats traditionnels algériens notamment dans la Wilaya de Guelma. Cette étude concerne 4 principales épices qui sont le poivre noir, le paprika, le cumin et le curcuma. Les analyses microbiologiques ont été réalisées sur ces épices à l'état de poudre non emballée, elles ont été exposées à l'air libre.

En raison des conditions actuelles de l'épidémie de Coronavirus, on n'a pas pu terminer la partie pratique de cette étude, pour cela on s'est basé sur les résultats des études précédentes.

Ce manuscrit est structuré en deux majeures parties, en plus de l'introduction et la conclusion générale. La première partie est consacrée à la revue bibliographique mettant l'accent sur des généralités sur les épices concernées dans ce travail et d'un état de l'art qui comprend les principales études effectués sur cette thématique. La deuxième partie est expérimentale, elle est divisée en deux chapitres, le premier chapitre décrit tous le matériel et la méthodologie utilisée pour la réalisation des différentes analyses microbiologiques, le second chapitre expose et discute les résultats obtenus à la fin de cette étude pour en tirer des conclusions.



Partie I :
Synthèse bibliographique

Chapitre I :
Généralités sur les épices

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 (**Chikh et Rachem, 2017**).

Les épices et les herbes ont une longue histoire d'utilisation culinaire, thérapeutique et agroalimentaire (conservation). En effet, les papyrus égyptiens antiques (datant de 1555 av.) enregistrent l'utilisation de coriandre, fenouil, genévrier, cumin, ail et thym dans leur vie quotidienne. Ainsi, selon Ian Hemphill et Lynne Cobiac, ils avaient utilisé des gousses d'ail en bois dans leurs tombeaux pour préserver la qualité des repas. Par ailleurs, les Sumériens et les Assyriens utilisaient le thym et le safran pour leurs propriétés thérapeutiques dès le 5000 avant Jésus. En Inde, également les épices ont été fortement utilisées en médecine traditionnelle (**Hemphill et Cobiac, 2006**).

Traditionnellement, les Chinois ont intégré, les herbes et épices dans leur alimentation, leur nutrition et leur thérapie. Par exemple, Ginseng et le Ginkgo biloba était utilisés pour améliorer l'endurance et performances cognitives, respectivement. D'autres exemples incluent l'utilisation de Galanga, noix de muscade et cannelle respectivement pour soulager les douleurs abdominales, guérir de la diarrhée et contre le rhume et la grippe (**Hemphill et Cobiac, 2006**).

La propagation de la civilisation islamique en Afrique du Nord a eu de profonds effets sur la région, alliant leurs connaissances à celles de la Chine et de l'Inde. Au 11ème siècle, la connaissance de la médecine arabe filtre en Europe ainsi que le commerce avec l'Afrique et l'Asie introduisait également de nouvelles herbes et épices (**Belabbes et Akerma, 2019**).

2. Définition des épices

Le mot épice provient du latin « species » signifiant espèce ou substance. Les épices sont des parties séchées ou non des plantes aromatiques : feuilles, boutons floraux, graines, écorces, fruits, racines (**Tapsell et al., 2006**).

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 (**Farrell, 1990 ; Droniou, 2012**).

Elles sont utilisées seules ou mélangées. D'après Nevellier et Jolivet (1965), le terme « épice » s'applique aux produits naturels végétaux ou mélange de ceux-ci, sans matières étrangères qui sont utilisés soit en entier, soit en poudre pour donner de la saveur et de l'arôme et pour assaisonner les aliments. Cette définition s'accorde avec celle du petit Larousse qui définit l'épice comme une substance aromatique d'origine végétale utilisée pour assaisonner les mets (**Belabbes et Akerma, 2019**).

Webster décrit les épices comme suit :

Toutes les productions de légumes aromatiques comme le poivre, la cannelle, la muscade, le macis, le piment de la Jamaïque, le gingembre, le clou de girofle, etc., utilisés dans la cuisine pour assaisonner et aromatiser les sauces, les cornichons, etc.

Le célèbre auteur d'épices Rosengarten décrit une épice comme un produit qui enrichit ou altère la qualité d'une chose, par exemple modifier le goût d'un aliment pour lui donner du zeste ou de piquant ; un arôme piquant ou durable ; ou une relish. Le terme « épice » est donc utilisé pour désigner l'utilisation d'épices, d'herbes et de certains légumes aromatiques pour donner une odeur et une saveur aux aliments (**Peter, 2001**).

3. Classification taxonomique

Une classification conventionnelle des épices est fondée sur le degré de goût (Tableau 1, 2, 3) :

- ✓ Épices chaudes
- ✓ Épices douces
- ✓ Épices aromatiques
- ✓ Herbes et légumes aromatiques

Tableau 1 : Classification taxonomique des épices (Peter, 2001).

Angiospermae	Dicotyledoneae	Sympetalae				
				Solanaceae	chilli, paprika, red pepper	
				Pedaliaceae	sesame	
			Campalunatae	Compositae	camomile, chicory, tarragon	
			Archichlamydaeae	Piperales	Piperaceae	cubeba, long pepper, pepper
		Ranales		Myristicaceae	mace, nutmeg	
				Lauraceae	bay leaf, cassia, cinnamon	
				Magnoliaceae	star-anise	
		Rhoeadales		Cruciferae	mustard, wasabi	
		Myrtiflorae		Myrtaceae	allspice, clove	
		Umbelliflorae	Umbelliferae	anise, caraway, celery, chervil, coriander, cumin, dill, fennel, parsley		
	Monocotyle-doneae	Liliiflorae		Liliaceae	garlic, onion	
				Iridaceae	saffron	
		Scitamineae	Zingiberaceae	cardamom, ginger, turmeric		
		Orchidales	Orchidaceae	vanilla		

Tableau 2 : Classement conventionnel des épices (Peter, 2001).

Classes	Épices
Épices chaudes	Capsicum (piments), poivre de Cayenne, poivrons noirs et blancs, gingembre, moutarde
Épices douces	Paprika, coriandre Épices aromatiques Piment de Cayenne (piment), cardamome, cassie, cannelle, clou de girofle, cumin, aneth, fenouil, fenugrec, macérat et muscade
Herbes	Basilic, laurier, feuilles d’aneth, marjolaine, estragon, thym
Légumes aromatiques	Oignon, ail, échalote, céleri

Tableau 3 : Les organes végétaux comme épices (Peter, 2001).

Organes végétaux	Cultures d'épices
Arille	Mace de noix de muscade
Écorces	Cassia, cannelle
Baies	Allspice, poivre noir, piment
Bourgeons	Clou de girofle
Bulbes	Oignon, ail, poireau
Pistil (partie femelle de la fleur)	Safran
Noyau	Noix de muscade
Feuille	Basilic, laurier, menthe, marjolaine, sauge, feuille de cari
Rhizome	Gingembre, curcuma
Latex de rhizome	Asa-fœtida
Racines	Angelica, raifort
Graines	Ajowan, anis, carvi, céleri, coriandre, aneth, fenouil, fenugrec, moutarde, graine de pavot

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.

De nombreux types d'herbes sont maintenant utilisés partout dans le monde. Le mot « herbe » vient de la plante Labit, c'est-à-dire une plante médicale. La signification de l'herbe dans un sens étroit est une plante non durable qui se flétrit après la floraison sans que ses tiges deviennent ligneuses. Herbes vivaces sont largement utilisés pour la mort et le jardinage et d'autres ainsi que pour la médecine et la nourriture. En Europe, les herbes sont utilisées depuis longtemps à des fins médicales. Certaines herbes comestibles appartiennent à la catégorie des épices. Même certaines herbes contenant des composants toxiques peuvent être classées comme des épices si l'élément toxique peut en quelque sorte être neutralisé par le chauffage et d'autres procédures de cuisson. Une plante herbacée est classée botaniquement comme plante vivace, mais la signification de l'épice vient de son utilisation dans la cuisine, et non d'une classification végétale (Kenji et Mitsuo, 1998).

Une épice devrait donc être comestible. En fait, aucune définition d'épice ne distingue clairement entre une épice et une herbe. Le terme épice peut être largement défini comme un composé qui a une saveur piquante ou activité de coloration, ou qui augmente l'appétit ou améliore la digestion. Une épice est obtenue à partir de graines, de baies, de bourgeons, de feuilles, d'écorce et de racines de plantes poussant principalement dans les zones tropicales, subtropicales et tempérées, incluons toutes les feuilles comestibles qui sont généralement appelées herbes dans la catégorie des épices (nous les appellerons « feuilles d'épices » ou « herbes comestibles ») et les herbes dites médicinales qui ne sont pas utilisées pour la cuisson dans la catégorie des herbes. Diverses parties de plantes sont utilisées comme épices. Outre les feuilles, l'écorce (p. ex., la cannelle), les bourgeons (p. ex., le clou de girofle), les fruits (p. ex., le piment de la Jamaïque, la muscade, la masse et le piment japonais Sansho) et d'autres parties peuvent être utilisés. Le concept d'épice peut être résumé comme suit :

1. De nombreuses plantes utilisées pour les épices sont cultivées dans la zone tropicale, subtropicale ou tempérée.
2. Ce n'est pas tout, mais une partie de la plante qui est efficace comme épice.
3. L'effet d'une épice se caractérise plus ou moins par sa saveur stimulante (**Kenji et Mitsuo, 1998**).

***Définition des assaisonnements et condiments d'épices**

Les épices sont utilisées pour assaisonner de nombreux types d'aliments seuls ou dans le cadre d'un assaisonnement complexe contenant du sucre, du sel ou d'autres ingrédients. Les assaisonnements et condiments d'épices sont considérés comme des assaisonnements complexes avec lesquels des épices ont été mélangées (**Kenji et Mitsuo, 1998**).

4.1. Définition de l'assaisonnement aux épices

Il existe différentes définitions de l'assaisonnement aux épices : (1) L'assaisonnement aux épices peut être ajouté à toutes sortes d'aliments, ce qui accroît la préférence pour ces aliments. En général, il a une saveur piquante et se compose, par exemple, de sel ou/et de sucre ou/et d'acide autre que l'épice. (2) L'assaisonnement aux épices est un sel, aux herbes et aux épices qui rehaussent ou améliorent la saveur des aliments. (3) L'assaisonnement aux épices est un mélange contenant une ou plusieurs épices ou extraits d'épices qui rehausse la saveur de l'aliment original et est ajouté pendant la transformation par l'industrie alimentaire ou pendant le processus de cuisson à la maison (**Kenji et Mitsuo, 1998**).

4.2. Définition d'un condiment

Un condiment, qui est plus couramment utilisé que l'assaisonnement aux épices, peut être défini comme un mélange à ajouter aux aliments lorsqu'il est consommé (et non pendant la cuisson). Un condiment est composé d'une ou plusieurs épices et d'extraits d'épices, améliorant la saveur des aliments. Les cornichons, qui sont le plus souvent consommés comme plat d'accompagnement, sont généralement inclus dans cette catégorie (**Kenji et Mitsuo, 1998**).

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 entrant 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 4 montre quelques effets biologiques de quelques épices.

Tableau 4 : Effets biologiques des principales épices (Keith, 2006).

Effets biologiques	Epices 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).

Chapitre II :

*Etude bibliographique de
poivre noir, paprika,
cumin, et curcuma*

1. Le poivre noir

1.1. Introduction

Parmi les épices, le poivre noir est le roi. C'est l'épice la plus importante, la plus populaire et la plus largement utilisée dans le monde. Il a de nombreuses utilisations culinaires pour aromatiser et préserver les aliments transformés et est important sur le plan médical. Environ 34 % des épices commercialisées à l'échelle internationale représentent le poivre (Peter, 2001).

Le sud-ouest de l'Inde est le pays traditionnel de cette épice importante, en particulier les régions côtières occidentales de l'Inde méridionale (la côte de Malabar). Le poivre noir a été la première épice orientale à être introduite dans le monde occidental, et était bien connu parmi les Romains et les Grecs. Au moyen âge, le poivre a pris une grande importance en Europe. Son utilisation a entraîné des changements révolutionnaires dans la cuisine occidentale : avec d'autres épices, le poivre a contribué à améliorer la saveur et la conservation des aliments est devenue plus facile. Le poivre était également utilisé en médecine, comme carminatif et fébrifuge, pour aider à la digestion et à guérir le rhume (Peter, 2001).

1.2. Classification systématique

Tableau 5 : Classification botanique du poivre (Borge, 1991).

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

1.3. Description

Le poivre noir est obtenu à partir de fruits mûrs de *Piper nigrum L.*, un grimpeur persistant ligneux vivace, originaire des forêts à feuilles persistantes des Ghats occidentaux de l'Inde du Sud. Les tiges grimpantes ligneuses ont des nœuds gonflés ayant des racines accrochées à chaque nœud, ce qui aide à ancrer la vigne aux arbres de soutien (normes). Les plants de poivrons présentent des ramifications dimorphiques, ayant deux types différents de branches : la tige principale droite vers le haut (monopodiale) et la tige orthotrope grimpant et restant végétative, adhérant au support avec de courtes racines adventives aux nœuds (Figure 1) (Peter, 2001).



Figure 1 : Poivrier noir (Clémentine, 2014).

Dans de telles branches, au fur et à mesure de la croissance, le bourgeon terminal est modifié en inflorescence (épi) et la croissance est poursuivie par le bourgeon axillaire. Le poivrier a un système racinaire délicat et environ 75 % des racines sont confinées dans un rayon et une profondeur de 75 à 100 cm. La longueur des épis varie selon les cultivars, soit de 3 à 15 cm de long avec 50 à 150 fleurs. Les fleurs sont très minuscules, de couleur blanche à jaune pâle, disposées en spirale sur les pédoncules charnus. La dispersion du pollen est favorisée par la présence de gouttelettes d'eau. Le fruit est une drupe à une seule graine, mais est souvent appelé une baie, sessile, petit, généralement globulaire, ayant péricarpe charnu et endocarpe dur. Les fruits sont sphériques dans la plupart des cas, et ils sont verts quand ils sont jeunes, passant au rouge à la maturité. Le poivre noir a un nombre de chromosome somatique de $2n = 52$, et est considéré comme d'origine hybride. La méiose est généralement normale, et la fertilité élevée. Parmi les cultivars cv. Vadakkan est un triploïde et a un nombre de chromosome somatique de $2n = 78$. Les espèces apparentées ont un nombre de chromosomes variant de $2n = 26-132$ (Peter, 2001).

1.4. Régions productrices

Originaire des collines de l'ouest de l'Inde. Aujourd'hui largement cultivé dans les pays tropicaux. Les principaux pays producteurs de poivre sont l'Inde, l'Indonésie, la Malaisie, le Vietnam, la Chine, le Sri Lanka, le Brésil, le Mexique, Madagascar et Singapour **(Denys, 2013)**.

1.5. Culture

Bien que le poivre soit essentiellement une plante tropicale nécessitant un climat chaud et humide, il peut être cultivé dans un large éventail de conditions environnementales. Les caractéristiques et les conditions climatiques les plus appropriées pour le poivre sont des pluies abondantes, une température uniforme et une humidité relative élevée, ce qui est typique de la région tropicale chaude et humide. La plante nécessite un climat égalitaire, des précipitations de 2000 à 4000 mm ainsi qu'une température moyenne de 25 à 32°C et une humidité relative de 65 à 95 % **(Parthasarathy et al., 2008)**.

Les précipitations de mai à juin déclenchent le processus de rinçage et de floraison, mais une fois que le processus commence, il devrait y avoir de bonnes précipitations jusqu'à ce que le développement des fruits soit terminé. Le poivre pousse dans un large éventail de sols avec un pH de 4,5 à 6,9. Les types de sol les plus favorables sont les lato sols ou les andosols rouge brun bien drainés, mais la culture peut bien pousser dans l'argile sableuse profonde aussi bien si fourni avec une nutrition minérale et un drainage adéquat **(Parthasarathy et al., 2008)**.

Le système de culture du poivre varie selon les pays producteurs. En Inde, le poivre est cultivé principalement dans des jardins familiaux comme une culture mixte et est rarement cultivé comme une plantation pure. Au Sarawak, en Thaïlande, au Vietnam, au Brésil, etc., le poivre est cultivé principalement comme une seule culture. Les pratiques de gestion postérieures à la plantation comprennent le lien entre les vignes et les normes, l'élagage, la réglementation de l'ombre, la gestion du bassin, y compris le paillage, le désherbage, la culture intercalaire, etc. Pendant la phase initiale de croissance, les pousses sont liées aux supports et les plantes sont ombrées. Les monticules doivent être maintenus pour un enracinement dense et pour éviter la stagnation de l'eau pendant la saison des pluies. L'élagage est nécessaire pour maximiser la production de branches latérales de

fructification, mais en Inde, au Sri Lanka et en Indonésie l'élagage n'est pas pratiqué. Après trois ans, les plantes poussent à près de 2,5 m de haut, ont l'aspect buissonnant avec de nombreuses branches et un auvent étroit. À Sarawak, en Malaisie, différentes méthodes d'élagage sont adoptées, ce qui entraîne une croissance dense et buissonnante des plantes (Parthasarathy *et al.*, 2008).

1.6. Manipulation après la récolte

La manutention après la récolte est cruciale pour obtenir un produit de haute qualité. Les épis récoltés sont conservés en sacs de 12 à 24 heures ou entassés et recouverts toute la nuit pour une brève fermentation qui rend le mépris facile. Les crampons sont ensuite pilés manuellement. Les batteuses mécaniques ne sont utilisées que par les grands producteurs. Récemment, les batteuses à petite échelle sont de plus en plus populaires au Sarawak et en Indonésie. Les fruits séparés par le battage sont séchés au soleil. Parfois, on procède au blanchissage avant le séchage, en plongeant les fruits dans l'eau bouillante pendant deux minutes. Les fruits sont ensuite étalés sur le sol pour le séchage. Le blanchissement améliore la couleur et élimine également la poussière et la contamination microbienne adhérente. Le séchage se fait en plein soleil dans la plupart des cas. Les sècheurs mécaniques, électriques et solaires sont également utilisés pour le séchage rapide. Après un bon séchage, la teneur en humidité ne devrait être que d'environ 10 %. Les baies séchées sont également classées en fonction de leur taille. Le poivre séché est nettoyé pour éliminer les matières étrangères comme la saleté, le grain, les pierres, les tiges, etc., et les baies sont classées selon leur taille ou la densité avant l'emballage (Figure 2) (Parthasarathy *et al.*, 2008).



Figure 2 : Poivre noir en graines et en poudre (Pierre, 2020).

1.7. Composition chimique

La qualité du poivre est assurée par deux composantes :

- de la pipérine qui contribue au piquant
- de l'huile volatile qui est responsable de l'arôme et de la saveur (Tableau 6).

L'oléorésine de poivre noir, produite par extraction au solvant de poivre séché en poudre, contient à la fois l'arôme et les principes de piquant. Ainsi la chimie du poivre est la chimie de son huile essentielle (volatile) et de la pipérine (**Parthasarathy et al., 2008**).

1.7.1. La pipérine

La pipérine a d'abord été isolée par Oersted (1819) comme une substance cristalline jaune. Cet alcaloïde est le principal composant piquant présent dans le poivre. En outre, cinq alcaloïdes mineurs possédant des piquères ont été identifiés dans les extraits de poivre (**Parthasarathy et al., 2008**).

1.7.2. L'huile essentielle de poivre

L'huile essentielle de poivre est un mélange d'un grand nombre de composés chimiques volatils. L'arôme est contribué par la totalité des composants. Plus de 80 composants ont été signalés dans l'huile essentielle de poivre. Seuls les éléments importants sont mentionnés ci-dessous : (**Parthasarathy et al., 2008**).

- Hydrocarbures monoterpènes et composés oxygénés.
- Hydrocarbures sesquiterpéniques et composés oxygénés.
- Composés divers.

1.7.3. Composants phénoliques du poivre

Les composants phénoliques du poivre noir sont un mélange des glycosides des acides phénoliques et des glycosides de flavonol. Parmar *et al.*, 1997, ont énuméré les flavonols suivants provenant du poivre : quercétine, isoquercétine, isorhamnétine 3-D-rutinoside, kaempferol 3- arabinoside, kaempferol-3-o-galactoside, quercetina-3-o-D rutinoside. Le poivre contient également du sitostérol. Grewe *et al.*, (1970) ont trouvé plusieurs lignanes.

L'un d'eux a été identifié comme cubébin, qui avait été isolé plus tôt de *P. cubaba* (Parthasarathy *et al.*, 2008).

Tableau 6 : Composition générale de *Piper nigrum* 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 %

1.8. Utilisations

L'huile de poivre noir peut être utilisée pour aider dans le traitement du soulagement de la douleur, rhumatisme, frissons, grippe, rhume, épuisement, douleurs musculaires, froid physique et émotionnel, fièvres, comme un tonique nerveux et pour augmenter la circulation. En outre, il augmente le flux de salive, stimule l'appétit, encourage la péristaltique, tonifie les muscles du côlon et est un tonique digestif général (Parthasarathy *et al.*, 2008).

A. Arôme et saveur

Les grains de poivre noir ont un arôme spécial, terreux, riche et ils ont un goût très piquant avec une richesse reflétée dans l'arôme. "Les grains de poivre de White sont moins terreux et moins piquants ou riches que les épices noires. La saveur du poivre blanc est plus propre, moins riche et moins complexe. Les grains de poivre vert sont plus légers que l'épice noire, mais tout aussi chauds. Ils ne sentent pas et ne goûtent pas aussi complexes que les autres poivrons (Sallie et Lesley, 1999).

B. Utilisation culinaire

Le poivre est l'une des épices les plus polyvalentes, utilisée dans pratiquement toutes les cuisines salées. Le poivre noir et blanc est utilisé dans les cuisines du monde entier, à toutes les étapes du processus de cuisson et comme condiment de table. Non seulement le poivre apporte son propre assaisonnement spécial, il a la capacité d'améliorer d'autres saveurs. Cette épice est également utilisée dans la cuisine sucrée ; le poivre noir est ajouté aux gâteaux de fruits et aux pains d'épices, parfois en quantités considérables, et il peut être servi comme un léger assaisonnement sur les fruits frais. Essayez de moulin du poivre sur des tranches d'ananas frais, faites-les frire dans du beurre non salé et faites-les flamber avec du rhum pour une sensation de saveur. Les fraises fraîches sont très différentes lorsqu'elles sont garnies d'un léger broyage de poivre noir avant que l'omniprésente cuillerée de crème ne soit ajoutée. Les figues sucrées et juteuses accompagnées de fromage de chèvre à pâte molle sont délicieuses assaisonnées de poivre. Le poivre est plus doux que l'épice noire et a une saveur différente. Il peut être utilisé dans des sauces au lait ou à la crème pâles, où des taches de poivre noir pourraient altérer l'apparence ; dans certains cas, le poivre blanc fraîchement moulu est plus complémentaire à la saveur de l'aliment, par exemple avec de la purée de pommes de terre crémeuse (Sallie et Lesley, 1999).

C. Usage médicinal et autre

Le poivre est depuis longtemps reconnu comme un ingrédient pour stimuler l'appétit et aider à soulager les nausées. En Inde, il est utilisé comme médicament depuis des temps immémoriaux pour le traitement de tout, de la paralysie à la rage de dents. On dit que les Africains de l'Est croient que l'odeur corporelle produite après avoir mangé des quantités importantes de poivre repousse les moustiques (Sallie et Lesley, 1999).

2. Le paprika

2.1. Introduction

Le paprika, aussi connu sous le terme piment doux, est une épice en poudre de couleur rouge obtenue à partir du fruit mûr, séché et moulu du piment doux ou poivron (*Capsicum annuum*, de la famille des Solanaceae) (Noumi, 1984).

Utilisé comme assaisonnement et garniture pour une pléthore de plats savoureux, le paprika est une poudre faite en broyant les gousses aromatiques de poivron rouge. Les gousses sont assez dures, de sorte que plusieurs meules sont nécessaires pour produire la texture appropriée. La saveur du paprika peut varier de doux à piquant et chaud, la couleur de rouge orange vif à rouge sang profond (Anonyme, 2002).

La famille des piments et des poivrons est très vaste et la flaveur 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 chaire (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 (Chihk et Rached, 2017).

La plupart du paprika commercial vient d'Espagne, d'Amérique du Sud, de Californie et de Hongrie, avec la variété hongroise considérée par beaucoup comme supérieure. En effet, la cuisine hongroise a longtemps utilisé le paprika comme un pilier aromatisant plutôt que simplement comme une garniture. Tous les supermarchés portent des paprikas doux, tandis que les marchés ethniques doivent être recherchés pour les variétés plus piquantes. Comme pour toutes les herbes et épices, le paprika doit être conservé dans un endroit frais et sombre pendant pas plus de 6 mois (Anonyme, 2002).

2.2. Classification systématique

Tableau 7 : La classification internationale de Cronquist pour le piment (Dehoua, 2017).

Règne	Plantae
Sous règne	Tracheobionta
Subdivision	Spermatophyta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous classe	Asteridae
Ordre	Solanales
Famille	Solanaceae
Genre	<i>Capsicum</i>
Espèce	<i>Capsicum annuum</i>

2.3. Description

Capsicum annum 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 et Gollouin, 2003**). 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 (Figure 3), parfois épaisse et ils renferment de nombreuses graines plates et ils sont utilisés comme condiment (**Chihk et Rachem, 2017**).



Figure 3 : la plante de paprika poivron rouge [1].

2.4. Régions productrices

Le poivre est originaire d'Amérique tropicale et des Antilles, mais il est maintenant cultivé dans le monde entier, y compris l'Inde, le Mexique, la Chine, l'Afrique, le Japon, l'Asie du Sud-Est et les États-Unis. Il est produit commercialement au Portugal, en Espagne, en Europe centrale, en Afrique australe et aux États-Unis (**Denys, 2013**).

2. 5. 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 (**Chihk et Racheim, 2017**).

2.6. Culture et récolte

Elle est pratiquée en Bolivie, au Mexique et en Europe. 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 et 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 (Figure 4) (**Arvy et Gollouin, 2003**).



Figure 4 : Paprika doux [2].

2.7. Les usages de paprika

Le piment est un produit polyvalent connu pour ces usages divers : alimentaire, industriel et pharmaceutique.

2.7.1. L'usage pharmaceutique

La capsaïcine est utilisée dans l'industrie pharmaceutique pour la fabrication d'onguents analgésique préconisé pour les rhumatismes, les lumbagos et les douleurs dans les membres. Le paprika est utilisé comme un stimulant de l'appétit et de la digestion. Les capsaïcinoïdes ont la saveur piquante et brûlante provoquent une augmentation de réflexe des sécrétions salivaire et gastrique, il est à la fois diurétique, désinfectant des muqueuses de la bouche, de l'estomac, et des intestins (**Dehoua, 2017**).

2.7.2. L'usage alimentaire

Dans la plupart des pays tropicaux, le paprika, qu'il soit doux ou piquant, est d'usage extrêmement répandu. En effet la poudre de paprika sert à épicer les soupes, les sauces les viandes, les volailles, les fruits de mer et les salades. Dans tout le bassin méditerranéen, on prépare une sauce à base de piment fort, d'huile et d'ail (**Richard et Loo, 1992**).

2.7.3. L'usage industriel

Dans l'industrie alimentaire, le piment en poudre est ajouté à la charcuterie, au ketchup, à la tomate, à la vinaigrette, au fromage et au chips. L'oléorésine non piquante sert à colorer les pâtes alimentaires. Il est aussi utilisé dans la nourriture pour les poulets afin d'obtenir des jaunes d'œufs rouge-jaune. Il sert aussi à la fabrication des sprays poivré (**Richard et Loo, 1992**).

3. Le cumin

3.1. Introduction

Cumin (*Cuminum cyminum*) est de la famille des Apiaceae, a été utilisé comme une épice depuis les temps anciens et est originaire de la Méditerranée orientale, s'étendant à l'Inde orientale. Les graines de cumin sont utilisées pour leur arôme unique et sont populaires dans la cuisine nord-africaine, moyen-orientale, occidentale, chinoise, indienne et mexicaine. Le cumin est une épice très populaire en Asie de l'Ouest à l'Asie centrale (Proche et Moyen-Orient), en Amérique centrale et du Sud, en Birmanie, en Inde et en Indonésie. Le cumin indien est largement utilisé dans les aliments, les boissons, les liqueurs, les médicaments, les articles de toilette et la parfumerie, et est cultivé dans les climats doux du Gujarat, du Rajasthan et de l'Uttar Pradesh. Les meilleures graines de cumin noir (*Nigella sativa*) proviennent d'Égypte, où elles poussent dans des conditions presque parfaites dans les oasis et où elles sont irriguées jusqu'à la forme des gousses de graines. Le cumin noir est le fruit d'une plante apparentée qui pousse à l'état sauvage en Iran et dans la région indienne du Cachemire (Parthasarathy *et al.*, 2008).

3.2. Classification systématique

Tableau 08 : La classification botanique du cumin selon Vican (2001).

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

3.3. Description botanique

Le cumin est une petite plante annuelle glabre mince ou dressée (Figure 5) d'une hauteur maximale de 0,6 m, avec racine pivotante brun clair. Les feuilles semblent être finement disséqués et sont alternes, composé de teinte bleu-vert. Les tondeuses fl sont bisexuelles avec des couleurs comme le rose et le rouge croissant sur l'omble composé inflorescence jusqu'à 3,5 mm de diamètre (Denys, 2013).



Figure 5 : la plante de cumin [3].

Le fruit est parfois brunâtre ou jaune, ovoïde-oblong en forme avec schizocarp légèrement courbé. Les graines mesurent environ 2 à 3 mm de longueur et 2 mm d'épaisseur, avec une teinte brun clair et jaune. Ils ont de légères arêtes qui chevauchent autant de canaux pétrolifères (Denys, 2013).

3.4. Régions productrices

Le cumin est maintenant cultivé dans le monde entier. Originaire d'Afrique du Nord, il a voyagé à travers l'Asie de l'Ouest jusqu'en Asie centrale. La majorité de la culture se fait dans des pays comme le Maroc, la Turquie, la Grèce, l'Egypte, l'Iran, la partie sud de la province de Mashad. Elle est aussi largement cultivée en Inde — l'Himalaya, le Pendjab, le Baloutchistan et le Cachemire. L'Europe du Sud et la Russie contribuent également en tant que producteurs de cumin. Les principaux fournisseurs sont l'Inde, la Syrie, le Pakistan et la Turquie. Les principaux producteurs de pétrole sont l'Inde et les États-Unis (Denys, 2013).

3.5. Culture et récolte

Le cumin est largement cultivé en saison froide dans les plaines et en été dans les collines. Dans la partie sud de la province de Mashad en Iran, c'est la principale culture avec une production moyenne d'environ 12000 tonnes par an. Elle est cultivée dans le nord de l'Inde (Himalaya, Punjab, Baloutchistan, Cachemire) et aussi en Europe de l'Est. Pour la récolte d'été, les semences sont semées début avril. Ils doivent être semés dans de petits pots, remplis de terre légère, et placés d'abord dans un lit modérément chaud pour donner des plantes. Ils peuvent ensuite être durcis progressivement dans un cadre ouvert et transplantés dans une bordure chaude de bonne terre. Les plantes fleurissent en juin et juillet, et sont

récoltées lorsque 85% des fruits sont mûrs. Les graines fraîches (Figure 6) sont étalées sur du tissu pour sécher et, après séchage, stockées dans des sacs de coton (Peter, 2001).



Figure 6 : cumin en graines et en poudre [4].

3.6. Composition chimique

Le cumin contient environ 2 à 4,5 % d'huile volatile et environ 10 % d'huile fixe, ainsi que des tanins, de l'oléorésine, du mucilage, de la gomme, des composés protéiques et des malates (Tableau 9). L'odeur caractéristique du cumin est due à la présence de son huile essentielle. Cette odeur et cette saveur sont principalement dues aux aldéhydes présents (aldéhyde cuminique) ou cuminol, p-menth-3-en-7-ol et p-mentha 1,3-dien-7-ol). Des études de la composition chimique de l'huile de cumin ont montré la présence des composants suivants : -pinène (0,5 %), myrcène (0,3 %), limonène (0,5 %), 1-8-cinéole (0,2 %), p-menth-3-en-7-ol (0,7 %), p-mentha-1, 3-diène-7-ol (5,6 %), caryophyllène (0,8 %), -bisabolène (0,9 %), -pinène (13,0), P-cymene (8,5 %), - phellandrene (0,3 %), D-terpinene (29,5 %), aldéhyde cuminique (32,4 %), alcool cuminylique (2,8 %), -farnesène (1,1 %) ainsi que des quantités beaucoup plus faibles de -phellandrene, - terpinène, cis et trans sabinène, myrtenol, -terpinéol et phellandral. (Peter, 2001).

Tableau 9 : Composition nutritive et valeurs ORAC des semences de cumin (Denys, 2013).

Nutriment	Unités	Valeur par 100 g
Eau	G	11.36
Énergie	Kcal	354
Protéines	G	7.83
Lipides total (graisse)	G	9.88
Glucides, par différence	G	64.93
Fibres, alimentation totale	G	21.1

Sucres, total	G	3.21
Calcium, Çà	mg	183
Vitamine C, acide ascorbique total	mg	25.9
Vitamine B-6	mg	1.800
Vitamine B-12	mcg	0,00
Vitamine A, RAE	mcg_RAE	0
Vitamine A, IU	IU	0
Vitamine D	IU	0
Vitamine E (alpha-tocophérol)	mg	3,10
Acides gras saturés au total	G	3.120
Acides gras, monoinsaturés au total	G	1.660
Acides gras, total polyinsaturé	G	2.180
H-ORAC	m mol TE/100 g	44,776
L-ORAC	m mol TE/100 g	82,292
Total-ORAC	m mol TE/100 g	127,068
TP	mg GAE/100 g	2,754

3.7. Usage médicinal et autre

Le cumin est considéré comme un stimulant de l'appétit, et il est largement utilisé pour soulager les troubles de l'estomac, la flatulence, les coliques et la diarrhée. Il est également utilisé dans les médicaments vétérinaires. L'huile de cumin est utilisée dans les parfums (Denys, 2013).

4. Le curcuma

4.1. Introduction

Le curcuma est la racine d'une plante tropicale apparentée au gingembre. Il a une saveur amère et piquante et une couleur orange jaune intense. À l'époque biblique, le curcuma était souvent utilisé pour faire du parfum, son parfum est exotique (Anonyme, 2002).

Le curcuma, *Curcuma longa* L. (Zingiberaceae), a été attribué un certain nombre de propriétés médicinales dans le système traditionnel de médecine pour traiter plusieurs maladies courantes. Il appartient au genre *Curcuma*, qui se compose de plusieurs espèces végétales avec des rhizomes souterrains et des racines. Environ 40 espèces du genre sont indigènes de l'Inde, ce qui indique l'origine indienne. À l'origine, il était utilisé comme additif

alimentaire pour améliorer le goût, le stockage et la conservation des aliments. L'épice est cultivée dans les régions chaudes et pluvieuses comme l'Inde, la Chine, l'Indonésie, la Jamaïque et le Pérou. L'Inde est actuellement le principal producteur et exportateur de curcuma, même si la culture est cultivée dans plusieurs pays, par exemple le Pakistan, la Malaisie, le Myanmar, le Vietnam, la Thaïlande, les Philippines, le Japon, la Chine, la Corée, le Sri Lanka, les îles des Caraïbes et l'Amérique centrale. On estime officiellement qu'environ 80 % de la production mondiale de curcuma provient uniquement de l'Inde (**Parthasarathy et al., 2008**).

Aujourd'hui, il est utilisé principalement pour ajouter à la fois la saveur et la couleur de la nourriture. Le curcuma est très populaire dans la cuisine indienne et est presque toujours utilisé dans les préparations de curry. C'est aussi un ingrédient primaire dans la moutarde et c'est ce qui donne à la moutarde préparée à l'américaine sa couleur jaune vif. Le curcuma en poudre est largement disponible dans les supermarchés. Comme pour toutes les épices, il doit être versé dans un endroit frais et sombre pendant au plus 6 mois (**Anonyme, 2002**).

4.2. Classification systématique

Le genre *Curcuma*, selon la classification APG III (Angiosperms Phylogeny 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**).

4.3. Description

Le curcuma est une plante vivace dressée, cultivée chaque année. La morphologie de la plante au-dessus du sol est principalement représentée par des feuilles et des inflorescences dressées portant une pseudotige (Figure 7). Il peut y avoir de 2 à 3 pseudotiges par plante. Le nombre de feuilles varie de 7 à 12. En fait, c'est la gaine foliaire qui forme le pseudotrunc. La gaine foliaire est habituellement verte. La couleur du limbe est généralement verte au-dessus et vert pâle en-dessous, avec une longueur d'environ 30 à 40 cm et une largeur de 8 à 12 cm. L'inflorescence est un épi cylindrique, charnu et central de 10 à 15 cm de longueur, qui traverse le pseudo-tronc. Les fleurs sont sous-tendues par des bractées dans l'épi. Les bractées supérieures sont blanches, tandis que les bractées inférieures sont vertes. Une trentaine de fleurs sont produites en épi. La semence est observée dans le curcuma et les semences sont viables. Les graines sont produites en capsules et il y aura de une à de nombreuses capsules enfoncées dans une inflorescence en fonction des fleurs fertilisées. A la base du pseudostem, sous le sol, se forment des rhizomes composés de rhizomes mère(s), de doigts primaires, secondaires et même tertiaires, le tout formant un amas compact. Les rhizomes se développent en symbiose et sont de couleur brun orange, jaune pâle ou jaune rougeâtre (Denys, 2013).



Figure 7 : la plante de curcuma [5].

4.4. Régions productrices

Il est originaire de l'Asie du Sud-Est et est largement cultivé en Inde—Allepey, Madras et Bengale étant le curcuma le plus apprécié, ayant la meilleure valeur de couleur et saveur. Il est également cultivé au Pakistan, au Cambodge, en Thaïlande, en Chine, à Taïwan,

au Sri Lanka, en Indonésie, en Malaisie, au Népal, au Japon, aux Philippines, à Madagascar, au Pérou et dans les Caraïbes, en particulier en Jamaïque et en Haïti (**Denys, 2013**).

4.5. Culture et récolte

Selon le type de sol, les précipitations, le mode d'irrigation et le système de culture utilisé, la méthode de plantation peut varier d'un endroit à l'autre. Sur la côte de Malabar, dans l'État du Kerala, en Inde, où l'intensité des précipitations est très élevée la plantation se fait sur des lits surélevés de 1 à 1,5 m de largeur et 15 cm de hauteur et de longueur pratique avec un espacement de 50 cm entre les lits. Ces lits surélevés permettent un drainage libre. Dans les sols loameux, les crêtes sont espacées de 1 à 1,5 pieds et la plantation se fait sur la crête des crêtes. Dans les sols argileux, les crêtes sont espacées de 2 à 2,5 pieds et la plantation se fait des deux côtés des crêtes. La plantation de digues était plus efficace pour augmenter le rendement que le forage et la plantation (**Prabhakaran, 2013**).

Le dessèchement de l'ensemble de la plante, y compris sa partie basale, est révélateur de maturité dans le curcuma. Cela se produit dans environ 7 à 9 mois, bien sûr, selon la variété cultivée, avec des variétés précoces prêtes à la récolte d'environ 7 à 8 mois, des variétés moyennes d'environ 8 à 9 mois et des variétés tardives d'environ 9 mois. Le temps de récolte est normalement de Janvier à Avril. L'irrigation est arrêtée un mois à l'avance avant la récolte, ce qui permet aux sommets de sécher. Les feuilles et les tiges sont coupées au niveau du sol (Figure 8), et les rhizomes sont creusés par des charrues ou à l'aide de houes. Pour obtenir un rendement maximal, il faut récolter le curcuma en 8 à 9 mois environ (**Prabhakaran, 2013**).



Figure 8 : curcuma en poudre [6].

4.6. Composition chimique

Le curcuma contient de la protéine (6,3%), du gras (5,1%), des minéraux (3,5%) (Tableau 10), de la bohydrate (69,4%) et de l'humidité (13,1%). Les rhizomes contiennent des curcuminoïdes (2,5 à 6 %) et sont responsables de la couleur jaune. La curcumine (diferuloylméthane) est composée de la curcumine I (curcumine), de la curcumine II (déméthoxycurcumine) et de la curcumine III (bisdéméthoxycurcumine), qui est des antioxydants naturels. Un nouveau curcuminoïde, la cyclocurcumine, a été isolé de la fraction nématocidique active du curcuma. Les rhizomes frais contiennent également deux nouveaux phénols naturels, qui possèdent des activités antioxydantes et anti-inflammatoires, ainsi que deux nouveaux pigments. L'huile essentielle (5,8 %) obtenue par dessalement à la vapeur des rhizomes a α -phellandrene (1 %), sabinene (0,6 %), cineol (1 %), borneol (0,5 %), zingiberene (25 %) et sesquiter- pines (53 %) (**Chikh et Rachem, 2017**).

Tableau 10 : 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 G

4.7. Les usages de curcuma

1. Utilisation culinaire

Lorsqu'une recette fait appel au safran, certains pourraient suggérer de remplacer le curcuma, mais c'est une idée fautive que le curcuma n'est considéré que comme une altération de second ordre indigène au plus cher des épices. Dans la cuisine indienne, le curcuma est souvent utilisé comme une alternative quotidienne au safran. Il peut être ajouté à des plats généralement épicés au safran pour sa couleur, mais pas pour sa saveur, et il est parfois appelé safran dans ce contexte. L'utilisation du curcuma à la place du safran est dans l'intérêt de l'économie ; le safran serait réservé aux plats de fête : pilaus pour les mariages, par exemple. Le curcuma est peut-être le meilleur ingrédient du curry (notamment le curry de poisson) et des poudres de curry, ce qui contribue à sa saveur et à sa couleur jaune caractéristique. Il est également utilisé dans les chutneys et les cornichons, particulièrement piccalilli, kedgeree et de nombreux plats indiens de riz, de légumes et de dhal. Le curcuma est populaire dans de nombreux plats nord-africains pour épicer l'agneau et les légumes (**Sallie et Lesley, 1999**).

2. Usage médicinal et autre

Le curcuma est aromatique et il est doux et, dans les pays asiatiques, il est utilisé pour soulager les troubles hépatiques et les ulcères d'estomac. Bouillie avec du lait et du sucre, elle aide à guérir le rhume. Le rôle de curcuma comme colorant a été mentionné dans une ancienne recette assyrienne à base de plantes 600 avant Jésus, et il est encore utilisé comme un colorant pour coton et soie. Il est largement utilisé dans l'industrie alimentaire en tant que colorant à la moutarde, au beurre, au fromage et des liqueurs (**Sallie et Lesley, 1999**).

Chapitre III :

*Les micro-organismes associés
aux différentes épices*

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, citons : Martins *et al.*, 2001, Cho *et al.*, 2008, Kabak et Dobson, 2009, Jalili et jinap, 2012, Halil et Recep, 2013, Punam et Dhiraj, 2015. 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, Utcharyiakiat *et al.*, 2016, Liu *et al.*, 2017 (**Chikh et Rachem, 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 contaminés 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 hygiénique d'une région où les épices sont produites et traitées. En effet, de nombreux produits agricoles et des épices sont exposées 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 montrés la présence de micro-organismes tels que *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, *Escherichia coli*, *Salmonella* et des champignons toxigènes (**Powers et al., 1975 ; Powers et al., 1976 ; Baxter et Holzapfel, 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 Schawab et 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 ; Sha et al., 1996 ; Garci'a et al., 2001**).

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 ($>10^6$ 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.

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 11 : Résultats des analyses effectuées par la DGCCRF (1994).

	Satisfaisant contamination < m	A suivre Contamination > m < M	Non satisfaisant contamination > M
Moisissures m = 10 ² M = 10 ⁴	57 (39%)	53 (36%)	37 (25%)
<i>Escherichia coli</i> m = 10 ³ M = 10 ³	139 (94,5%)	7 (5%)	1 (0,5%)
<i>Bacillus cereus</i> m = 10 ³ M = 10 ⁴	129 (88%)	16 (11%)	2 (1%)
<i>Clostridium perfringens</i> m = 10 ² M = 10 ⁴	127 (86%)	20 (14%)	/

M : maximum ,m : minimum.

1.1.2 Etude de la qualité microbiologique du poivre vert de Madagascar

Pour déterminer la qualité microbiologique du poivre vert de Madagascar, **Andriantomanga (2011)** a réalisé une étude sur le poivre vert destiné principalement à l'exportation. Les résultats de cette étude montrent que les matières premières entrant chez les exportateurs ne présentent aucun danger microbiologique. Les contaminations externes provenant des différentes manipulations (matériel, personnel) sont les seuls risques microbiologiques. Le tableau ci-dessous résume les principaux résultats de cette étude.

Tableau 12 : Caractéristiques microbiologique du poivre vert de Madagascar
(Andriantomanga, 2011).

	Echantillon 1	Echantillon 2	Critères
Coliforme totaux	≤ 1	≤ 1	1,0.10 ² UFC / g
Staphylocoques	≤ 1	≤ 1	≤ 1UFC /g
<i>E.coli</i>	≤ 1	≤ 1	10 UFC /g
<i>Bacillus cereus</i>	≤ 1	≤ 1	1,0.10 ³ UFC /g
<i>Clostridium perfringens</i>	≤ 1	≤ 1	1,0.10 ³ UFC /g
<i>Salmonella</i>	Absence	Absence	Absence / 25 g

Partie II :

Partie expérimentale



Chapitre I :
Matériel et méthodes

1. Matériel

1.1. Description de la région d'étude

Guelma, située dans le nord-est du pays au milieu d'une immense chaîne de montagnes vertes, se trouve à 537 km à l'est d'Alger. Elle est bordée au nord par les wilayas d'El Tarf, d'Annaba et de Skikda, à l'est par Souk Ahras, à l'ouest par Constantine et au sud par Um El Bouaghi. La ville occupe une situation privilégiée en raison de sa proximité de deux grandes villes de l'est de l'Algérie : Annaba, Constantine [7].

1.2. Matériel biologique

Les épices les plus utilisées pour assaisonner les plats traditionnels algériens représentent le matériel biologique utilisé pour cette étude qui est : le poivre noir, le paprika, le cumin et le curcuma. Des analyses microbiologiques ont été réalisées sur ces quatre épices à l'état de poudre non emballée.

La totalité des manipes a été réalisée au laboratoire pédagogique de microbiologie de département SNV de l'université 8 Mai 1945 de Guelma. La période de travail aurait été prolongée du mois de mars au mois de Mai 2020, mais à cause de Coronavirus on n'a pas pu continuer notre étude pour toutes les épices citées.

1.3. Matériel de prélèvement

Il comprend les éléments suivants :

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

1.4. Matériel de laboratoire

- Pour la stérilisation et l'incubation : l'autoclave et l'étuve ;
- Pour la pesée : la balance de précision ;
- Pour la régénération des milieux : le bain-marie ;
- La verrerie : tubes, erlenmeyer, flacon de 500 ml et de 1000 ml, boîtes de Pétri, bécchers, pipettes, entonnoirs ;

- Les milieux de culture et les réactifs (**Annexe I**) ;
- Autres matériels : micropipettes, des portoirs, des pinces métalliques, plaque chauffante, compresses stériles de gaze, spatule, agitateur magnétique chauffant, des anses de platine, compteur de colonie.

2. Méthodes

2.1. Échantillonnage, prélèvement et transport des échantillons des épices

Les échantillons des épices ont été prélevés le 08 Mars 2020 d'une épicerie au centre-ville de Guelma dont le nom et l'adresse resteront anonymes.

L'échantillonnage concerne le poivre noir, le paprika, le cumin et le curcuma à l'état de poudre non emballée.

Les prélèvements ont été effectués aseptiquement à l'aide de spatules stériles et les échantillons ont été emballés individuellement dans des sachets stériles. Ces différentes épices ont été prélevées puis acheminés le plus tôt possible au laboratoire de microbiologie (Figure 9).

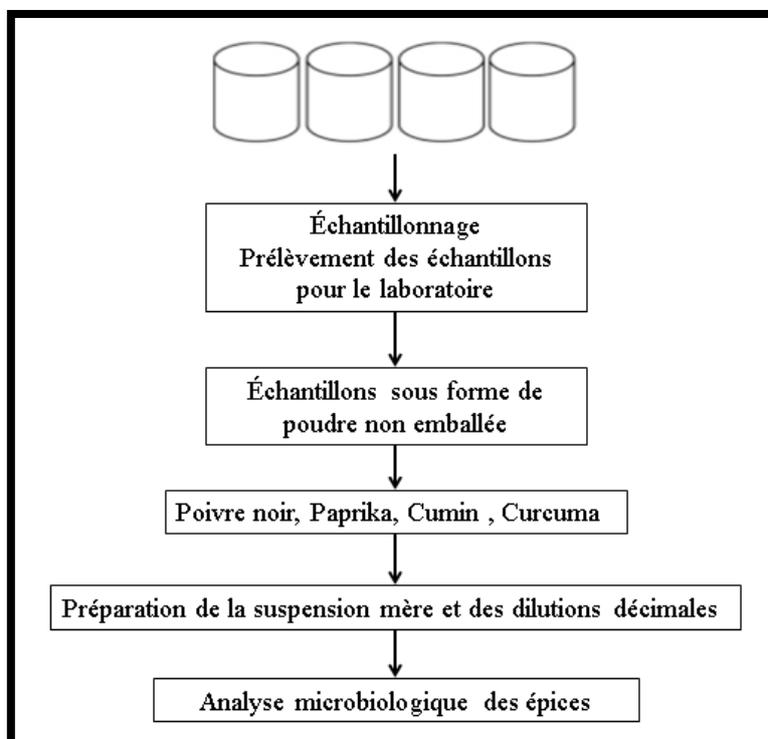


Figure 9 : Diagramme du déroulement de l'échantillonnage.

2.2. Protocole d'analyse

2.2.1. 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 normalisation AFNOR en 2004. Au laboratoire, à l'aide de spatules stériles vingt-cinq grammes de chaque épice ont été déposées sur une balance de précision dans un récipient stérile préalablement taré. 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. Pour un maximum d'asepsie, les manipulations ont été réalisées entre deux bacs bunsen (Figure 10) (Chikh et Rachem, 2017).

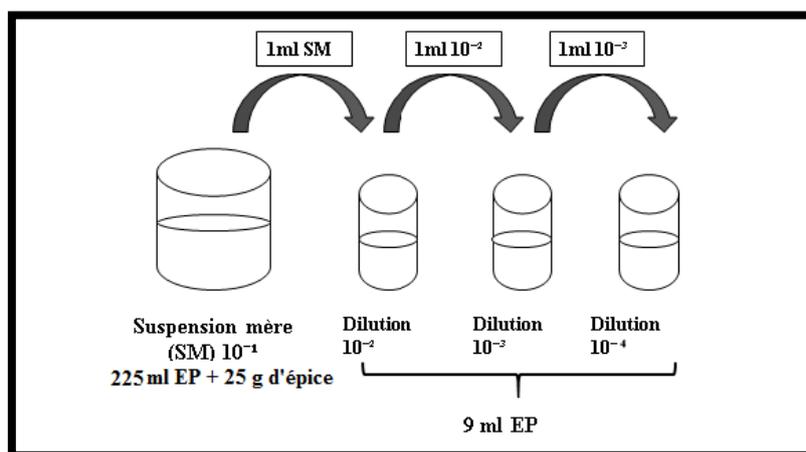


Figure 10 : Principe des dilutions décimales.

2.3. Les germes recherchés

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

2.3.1 Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale (FAMT)

Le milieu PCA (Plate Count Agar) est utilisé pour le dénombrement des microorganismes aérobies se développant à 30 °C dans les produits alimentaires destinés à la consommation humaine ou à l'alimentation animale (Delarras, 2014).

❖ Mode opératoire

- Transférer 1mL de la solution mère de l'échantillon ou de l'une de ses dilutions dans le fond de deux boîtes de Pétri stériles.
- Après le dépôt de l'inoculum : couler environ 15 mL de gélose ramenée à environ de 45 à 50 °C.
- Mélanger soigneusement l'inoculum au milieu.
- Laisser solidifier en posant les boîtes de Pétri sur une surface froide et horizontale.
- Ajouter 4 à 5 mL de la gélose et laisser solidifier.

❖ **Incubation** : incuber à 30 ± 1 °C pendant 72 ± 3 heures (**Delarras, 2014**).

❖ Lecture et interprétation

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.

- Observer les colonies développées.
- Dénombrer les colonies en ne retenant en général que les boîtes contenant plus de 15 et moins de 300 colonies (**Delarras, 2014**). 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)** :

$$N = (\sum \text{colonies}) / (V \text{ ml} \times (n1 + 0.1 n2) \times d)$$

- N : Nombre d'UFC par gramme de produit initial ;
- \sum : somme des colonies dénombrées sur toutes les boîtes considérées.
- n1: Nombre de boîtes considéré à la première dilution retenue ;
- n2: Nombre de boîtes considéré à la seconde dilution retenue ;
- d1 : Facteur de la première dilution retenue (**Chikh et Rachem, 2014**).
- Appliquer la norme en vigueur pour le produit alimentaire contrôlé.

2.3.2. Levures et moisissures

Le milieu de culture Sabouraud est un milieu peptoné et glucosé utilisé pour la croissance et le dénombrement total des levures et des moisissures. Cette gélose à pH acide retarde la croissance de la plupart des bactéries.

❖ Mode opératoire

- A partir des dilutions décimales réalisées (10^{-1} jusqu'à 10^{-4}), ensemencer avec 1ml d'inoculum une série de 2 boites de pétri pour chaque dilution.
- Couler la gélose Sabouraud en surfusion, faire des mouvements circulaires jusqu'à homogénéisation et laisser solidifier.
- Incuber les boites préparées à 25°C pendant 72h.
- Après l'incubation, effectuer le comptage à l'aide d'un compteur de colonies en utilisant la formule mathématique indiquée précédemment.

2.3.3. Dénombrement des coliformes totaux et des coliformes fécaux

La gélose VRBL (gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre) est un milieu sélectif utilisé pour l'isolement et le dénombrement des coliformes et des coliformes thermo-tolérants dans les produits alimentaires. La présence des sels biliaires et le cristal violet inhibent les bactéries à Gram + et certaines bactéries Gram $^-$.

Les bactéries fermentant le lactose libèrent des acides qui font virer le rouge neutre (indicateur de pH) au rouge en milieu acide ; il est incolore en milieu basique (**Delarras, 2014**).

❖ Mode opératoire

- À l'aide de pipettes stériles, transférer 1mL du produit à analyser ou de ses dilutions décimales dans les boites de Pétri vides et stériles.
- Couler ensuite 15mL environ de gélose VRBL préalablement fondu et ramené entre 44 et 47 °C.
- Homogénéiser et laisser solidifier sur une surface fraîche et horizontale.
- Couler une seconde couche (environ 4mL) de ce milieu et laisser solidifier à nouveau. (**Delarras, 2014**).

❖ **Incubation** : incuber à 30 ou à 37 °C pendant 24 heures \pm 2 heures pour les coliformes totaux, et à 44 \pm 1 °C pendant 24 \pm 2 heures pour les coliformes fécaux (**Delarras, 2014**).

❖ 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 (**Chikh et Rachem, 2017**).

2.3.4. Dénombrement des streptocoques fécaux (entérocoques)

Le bouillon de Litsky est utilisé comme milieu confirmatif du milieu Rothe (test présomptif) pour la recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux dans les eaux d'alimentation, les produits surgelés et les autres denrées alimentaires par la technique du nombre le plus probable (NPP).

❖ Mode opératoire

- Ensemencer une série de tubes de milieu de Rothe, à raison de trois tubes par dilution (de 10^{-1} à 10^{-4}), par 1 ml d'inoculum dans chacun des trois tubes.
- Incuber à 37 ± 1 °C pendant 24 à 48 heures.
- Après l'incubation, les tubes présentant un trouble microbien sont positifs et sont alors présomptifs de streptocoques qui doivent être obligatoirement confirmés sur le bouillon de Litsky (**Delarras, 2014**) qui, grâce à la présence d'éthyle violet et d'azoture de sodium, inhibe la croissance des tous les micro-organismes autres que les streptocoques fécaux (**Chikh et Racheh, 2017**).
- Agiter les tubes de bouillon de Rothe positifs, puis repiquer une anse du contenu de chacun de ses tubes dans un tube de bouillon de litsky.
- Incuber à 37 ± 1 °C pendant 24 à 48 heures (**Delarras, 2014**).

❖ Lecture et interprétation

Les tubes présentant un trouble et/ou un dépôt parfois violet (pastille violette) dans le fond du tube sont positifs, ils confirment la présence de streptocoques fécaux (**Delarras, 2014**). La numération a été réalisée en utilisant la méthode du nombre le plus probable (NPP) en se reportant aux tables de Mac Grady (**Chikh et Racheh, 2017**).

2.3.5. Dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs

Le dénombrement des *Clostridium* sulfito-réducteurs est réalisé en utilisant la gélose viande foie, Il s'agit d'un milieu liquide non sélectif permet la croissance et le dénombrement des spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices dans les produits alimentaires et les eaux. 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 (**Chikh et Racheh, 2017**).

❖ Mode opératoire

- Chauffer 25mL de la suspension mère à 80°C pendant 10 minutes puis refroidis immédiatement sous l'eau du robinet pour éliminer les formes végétatives et garder uniquement les formes sporulées.
- Cinq tubes stériles contenant 20 ml du milieu VF en surfusion, ont reçu chacun 5 mL de la suspension mère traitée.
- Homogénéiser par retournement, puis recouvrir les tubesensemencés avec une fine couche d'huile de vaseline (**Chikh et Racheh, 2017**).

❖ Incubation : les tubes sont incubés à 37°C pendant 24 heures à 48 heures.

❖ Lecture et interprétation : observer les tubes une première fois après 24 heures, car en présence de nombreuses colonies, une diffusion des halos noirs pourrait conduire à une coloration noire uniforme du tube, rendant tout dénombrement impossible à 48 heures.

- Si à 24 heures, il y a une faible quantité de colonies et si les colonies sont petites, il faut prolonger l'incubation de 24 heures (**Delarras, 2014**).
- Après l'incubation en anaérobiose, l'apparition des colonies entourées d'un halo noir sur la gélose indique la présence de spores de bactéries anaérobies sulfito-réductrices qui sont développées, appartenant souvent à l'espèce *Clostridium perfringens* (**Annexe 2**).

2.3.6. La recherche des salmonelles

La recherche des salmonelles se fait sur la gélose *Salmonella Shigella* (SS), il s'agit d'un milieu sélectif pour l'isolement et la différenciation des *Salmonella* et des *Shigella* lors de l'analyse des produits alimentaires (**Delarras, 2014**).

❖ Mode opératoire

- Ajouter 10 ml de la suspension mère à 10 ml du milieu d'enrichissement SFB contenant du sélénite de sodium, ce milieu permet l'inhibition des micro-organismes autres que les salmonelles et notamment les coliformes et les entérocoques.
- Incuber pendant 24 heures à 37°C.
- Après l'incubation et à partir des milieux d'enrichissement, ensemenecer l'inoculum en stries sur la gélose sélective S-S (*Salmonella-Shigella*) permettant l'isolement et la différenciation des entérobactéries pathogènes (**Chikh et Racheh, 2017**).
- Incuber à 37°C pendant 24 ± 3 heures.

- Pour les colonies suspectes, réaliser une galerie biochimique pour identifier les salmonelles.

❖ 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.

2.3.7. La recherche de Staphylocoques

Le milieu de Chapman est un milieu de culture qui permet d'isoler les staphylocoques coagulase positive après un enrichissement, qui permet la croissance des germes halophiles tels que les bactéries du genre *Staphylococcus* (Chikh et Rached, 2017).

❖ Mode opératoire

- ensemencer 10 ml du milieu d'enrichissement Eau Peptonnée avec 10 ml de chaque suspension mère.
- Incuber pendant 24 heures à 37°C.
- Ensemencer en stries des boîtes de gélose Chapman à partir du milieu d'enrichissement.
- Incuber à 37 °C pendant 24 à 48 heures.

❖ Lecture et interprétation

- Les colonies jaunes entourées d'une zone jaune, mannitol + sont des *Staphylococcus aureus*, *S. saprophyticus*...
- Les colonies entourées d'une zone rouge ou pourpre, mannitol – sont des *Staphylococcus epidermidis*, *S. hominis*...
- Dans tous les cas, observer les colonies présomptives des staphylocoques recherchés (colonie jaune avec *S. aureus*) et procéder à leur identification par des tests plus spécifiques comme le test de la coagulase (confirmation) (Delarras, 2014).

A. 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 (H_2O_2) 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 H_2O_2 sur une lame. Un dégagement gazeux sous forme de bulles traduit la décomposition de l'eau oxygéné sous l'action de la catalase (**Annexe 3**) (**Chikh et Rachem, 2017**).

B. 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 a été ensemencé 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 (**Chikh et Rachem, 2017**).



Chapitre II :
Résultats et Discussion

Lors de l'analyse microbiologique des denrées alimentaires, trois types de micro-organismes sont généralement recherchés. Il s'agit de la flore d'altération, des micro-organismes pathogènes responsables de toxi-infections alimentaires et des indicateurs de la contamination fécale. Parmi les micro-organismes responsables de l'altération des aliments, on retrouve la flore aérobie mésophile totale (FAMT) et la flore fongique indiquée 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 sulfite-réductrices (*Clostridium*). Les micro-organismes pathogènes les plus fréquemment recherchés dans les aliments sont les bactéries appartenant aux genres *Salmonella* et *Staphylococcus*. La contamination des épices par ces microorganismes peut avoir un impact plus ou moins grave sur leurs qualités et sur la santé de l'homme. 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 (**Chik et Rached, 2017**).

1. La flore aérobie mésophile totale (FAMT)

La Flore Mésophile Aérobie 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. L'unité de dénombrement est l'Unité Formant Colonie, car une colonie observable, sur la surface du milieu gélosé est le résultat d'un microorganisme vivant isolé à partir d'une spore ou encore d'une association de microorganismes (**Ablad, 2010**).

En Allemagne, les valeurs standards pour cette flore sont de 10^5 . Selon les spécifications de l'ICMSF, les épices ayant un nombre de FAMT inférieur à 10^4 UFC.g⁻¹ sont de qualité acceptable et celles ayant des valeurs allant de 10^4 - 10^6 UFC.g⁻¹ sont de mauvaise qualité. La commission internationale des spécifications microbiologiques pour les aliments (**ICMSF, 1974**), qui a fixé une limite maximale de 10^6 UFC par gramme d'épice pour la FAMT.

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 8×10^6 à 7×10^8 UFC.g⁻¹ avec une moyenne de $1,94 \times 10^8$ UFC.g⁻¹. La charge moyenne de FAMT était maximale 8×10^7 UFC.g⁻¹ dans le poivre noir. **Krishnaswamy et al.** (1974) ont observé que dans le poivre noir, les comptes de FAMT variaient entre 10^4 et 10^8 UFC.g⁻¹. Des échantillons de poivre noir, prélevés dans des entrepôts de certaines zones de commerce d'épices de l'Inde,

contenaient 10^4 – 10^7 . Des concentrations élevées (10^5 à 10^7 UFC/g) de microorganismes aérobies mésophiles ont été trouvées dans la plupart des échantillons de graines de cumin et de poivre noir ont été trouvés par **Garcia et al. (2001)**. Le dénombrement de la FAMT en poivre noir et en poudre de curcuma de la ville de Mumbai, en Inde, étaient de 1×10^8 à 8×10^9 g^{-1} et de 4×10^7 à 7×10^9 g^{-1} respectivement, ce qui indique une forte contamination de ces deux épices mais qui reste inférieure à les résultats trouvés par **Chikh et Rached (2017)**, leurs résultats étaient également insatisfaisants (Figure 11) avec un nombre d'UFC de 4340,002 UFC.g⁻¹, de 500454,54 UFC.g⁻¹ et de $1,97 \times 10^7$ UFC.g⁻¹ dans les échantillons de curcuma, de poivre noir et de cumin respectivement. Concernant le paprika, les résultats de **Dehoua (2017)** ont indiquées une absence totale de la FAMT contrairement aux résultats obtenus par **Schwab et al. (1982)** qui indiquent des concentrations plus élevées de l'ordre de $14,9 \times 10^6$ UFC.g⁻¹.



Figure 11 : Aspect de la FAMT sur gélose PCA pour les échantillons de paprika en poudre trouvés par **Chikh et Rached (2017)**.

Les valeurs obtenues par ces études donnent une idée sur la charge microbienne globale des échantillons d'épices, exposant l'existence d'un problème d'hygiène au niveau de la fabrique lors du traitement ou du conditionnement. Les épices peuvent être aussi contaminées lors de stockage, transport ou même lors de la récolte.

Un haut niveau de contamination est indiqué par la plupart de ces résultats ce qui rend les différentes épices analysées dangereuses et impropres à la consommation humaine.

2. Levures et moisissures

Les valeurs standards pour cette flore sont de 10^4 . Les résultats parvenus par **Chikh et Rachem (2017)** montrent que les échantillons de curcuma, de poivre noir et de cumin sous forme de poudre ont été fortement contaminés par les moisissures, notant que pour l'échantillon de cumin, le dénombrement était impossible que ce soit pour l'échantillon sous forme de poudre ou de graines, contrairement aux résultats de **Schwab et al. (1982)**, dont les valeurs moyennes étaient généralement faibles dans les mêmes variétés d'épices ; la moyenne la plus élevée était obtenue pour la cannelle (290 UFC.g^{-1}). **Geeta et Kulkarni (1987)** ont trouvés des valeurs variait entre $0,6 \times 10^4$ et $1,6 \times 10^6$ pour les échantillons de poivre noir et entre $0,5 \times 10^3$ et $1,1 \times 10^5 \text{ UFC.g}^{-1}$ pour les échantillons de curcuma. **Banerjee et Sarkar (2003)** ont enregistré pour le cumin la plus haute valeur qui était supérieure à 10^4 UFC g^{-1} . Tous ces différents résultats indiquent 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 par **Azzoune et al. (2015)** en Algérie ont montrées que les espèces fongiques généralement 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 (**Chikh et Rachem, 2017**).

3. Coliformes totaux et coliformes fécaux

Après l'incubation, les boîtes de VRBLensemencées ont donné des colonies pourpres et des colonies pâles (Figure 12).

Dans une étude réalisée par **Geeta et Kulkarni (1987)**, les résultats ont indiqués une valeur maximale de $2,2 \times 10^4$ UFC.g⁻¹ pour les échantillons de poivre noir et une valeur maximale de $1,1 \times 10^4$ UFC.g⁻¹ pour les échantillons de curcuma. **Banerjee et Sarkar (2003)** ont aussi détectés un niveau élevé de coliformes totaux, supérieur à 10^4 UFC.g⁻¹ enregistré dans certains échantillons (14-20%), de poudre de poivre noir, de graines de cumin et dans la poudre de curcuma.



Figure 12 : Aspect des colonies sur milieu VRBL après incubation à 37°C dans le poivre noir.

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. **Chikh et Rachem (2017)** ont retrouvés les coliformes totaux dans tous les échantillons analysés à des concentrations variables, ils ont enregistré que 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.

Pour les coliformes fécaux, **Chikh et Rachem (2017)** n'ont pas trouvés ces derniers dans les échantillons analysées, contrairement à **Banerjee et Sarkar (2003)**, qui avaient trouvé des coliformes fécaux dans deux échantillons de poudre de curcuma ($5-13 \times 10^3$ UFC.g⁻¹). **Powers et al. (1975)** ont trouvés des 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 (Chikh et Rachem, 2017).

4. Les Streptocoques fécaux (entérocoques)

Les différentes études réalisées n'ont pas recherché les streptocoques ce qui confirme que ce germe n'est pas habituellement recherché dans les analyses microbiologiques des épices, 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) n'ont pas recherché ce germe dans leurs études, Chikh et Rachem (2017) ont recherché les streptocoques fécaux, leurs résultats ont révélés l'absence de ces derniers sauf pour le poivre noir en poudre avec une valeur de 950 UFC.g⁻¹.

5. Clostridium sulfito-réducteurs

On remarque la présence de ces germes dans l'échantillon de poivre noire analysé (Figure 13).



Figure 13 : Résultats trouvés dans l'échantillon de poivre noir sur le milieu VF après l'incubation.

Banerjee et Sarkar (2003) ont noté la présence des *Clostridium* dans 59% des échantillons analysés. Chikh et Rachem (2017) ont remarqués que ces germes sont présents

dans tous les échantillons analysés contrairement à **Geeta et Kulkarni (1987)**, qui ont enregistré l'absence totale de ces germes dans tous les échantillons de poivre noir et de curcuma.

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.

5. Les salmonelles

Ce germe n'a été pas retrouvé par **Geeta et Kulkarni (1987)** dans les échantillons de poivre noir et de curcuma, ni par **Chikh et Rachem (2017)** dans leurs 7 échantillons, **Banerjee et Sarkar (2003)** n'ont retrouvés ce germe 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. Ces bactéries peuvent se fixer également sur de nombreux supports, comme les bottes, les brosses, les pelles, les roues et les vêtements, etc, ce qui explique leur présence éventuelle dans les épices (**Chikh et Rachem, 2017**).

7. Les staphylocoques

Les résultats obtenus par **Geeta et Kulkarni (1987)** et par **Schawab et al. (1982)** indiquent que le germe *Staphylococcus* est totalement absent dans les échantillons analysés, ces auteurs ont expliqué leurs résultats par la présence de certains composants ayant une activité anti-microbienne contre *Staphylococcus aureus* dans ces épices. Contrairement à ce qui est trouvé par **Chikh et Rached (2017)**, ils ont confirmé la présence de *Staphylococcus aureus* dans les échantillons de curcuma et de paprika en poudre et aussi dans les échantillons du poivre noir en graines et en poudre, **Banerjee et Sarkar (2003)** ont trouvés que 11% des échantillons analysés étaient contaminés par ce germe. 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 dû 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 (**Chikh et Rached, 2017**).

Les épices jouent un rôle important dans la nutrition humaine et sont utiles dans toutes les cultures du monde. Elles sont utilisées pour la saveur, la couleur, l'arôme et la conservation des aliments et des boissons depuis des milliers d'années (**Kabak et Dobson, 2015**), dans la cuisine algérienne, elles sont nécessaires pour la préparation de presque tous les plats traditionnels, ces plats peuvent présenter une menace considérable pour la santé humaine quand elles sont préparés à base des épices contaminées par des microorganismes possiblement pathogènes du fait de l'irrespect des conditions d'hygiène exigées.

En raison des conditions actuelles de l'épidémie de Coronavirus, on n'a pas pu terminer la partie pratique de cette étude, pour cela on s'est basé sur les résultats des études précédentes.

Les études réalisées sur cette thématique ont découvert que la contamination des épices peut-être causée par trois types de microorganismes, premièrement par la flore d'altération : la flore aérobique mésophile totale (FAMT) et la flore fongique, deuxièmement par des micro-organismes pathogènes responsables de toxi-infections alimentaires tels que *Staphylococcus* et *Salmonella*, troisièmement par des indicateurs de la contamination fécale (*Clostridium*, Streptocoques...) qui indiquent le manque d'hygiène lors de la production, le stockage, et surtout le transport et le distribution de ces dernières.

Pour obtenir des épices de bonne qualité microbiologique il faut respecter les conditions d'hygiène exigées à tous les stades de production depuis la récolte des épices jusqu'au moment de la distribution pour éviter toute contamination possible, il faut aussi programmer des opérations de désinfection dans les fabrique à épices, et finalement contrôler et surveiller les travailleurs, qui souvent ne respectent pas les règles nécessaires d'hygiène.

Vu les circonstances actuelles, nous n'avons pas pu terminer notre étude pour cela nous espérons que d'autres études sur ce sujet seront effectuées à Guelma à l'avenir.

1. AFNOR RECUEIL DES NORMES FRANÇAISES. (2004). *Contrôle De La Qualité Des Produits Alimentaires*. Epices Et Aromates, 445.
2. ANDRIANTOMANGA, L.Z. (2011). *Etude Des Conditions D'émergence D'une Certification En Indication Géographique Sur Le Poivre Vert De Madagascar*, Département D'industries Agricoles Et Alimentaires, Université d'Antananarivo, p 33.
3. ANONYME. (2002). *Know Your Spices*. Culinary Education Center. *VJJE Publishing CO*. P 32.
4. ARORA, D.S., KAUR, J. (2011). *Antimicrobial Activity of Spices*. *International Journal of Antimicrobial Agents*. Elsevier. 12, 257–262.
5. ARVY, M.P., GALLOUM, F. (2003). *Epices, Aromates, Condiments*. Edition Belin, Paris, 2- 162.
6. AZZOUNE, N., Mokrane, S., A. Riba, A., N. Bouras, N., C. Verheecke, C., N. Sabaou, N., Mathieu, F. (2016). *Contamination of Common Spices by Aflatoxigenic Fungi and Aflatoxin B1 in Algeria*. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*. Wageningen Academic Publishers. United Kingdom. ISSN 1757-837X online. 8 (1): 137-144.
7. BANERJEE, M., SARKAR, P.K. (2003). *Microbiological Quality of Some Retail Spices in India*. *Food Research International*, Elsevier, 36(5) ,469–474.
8. BAXTER, R., HOLZAPFEL, W. (1982). *A Microbial Investigation of Selected Spices, Herbs, and Additives in South Africa*. *Journal Of Food Science*, 47(2), 570–574.
9. BELABBES, A.C., AKERMA, M. (2019). *Etude De La Thermorésistante De Bacillus cereus Sensu Lato Isolées A Partir Des Epices De Hrira Dans La Région De Ain Témouchent*. Microbiologie Appliquée. Centre Universitaire Belhadj Bouchaib. Ain Témouchent. P 3.

10. BLAD, A. (2010). *Analyse Microbiologique Des Aliments*. Université Sidi Mohamed Ben Abdellah, p 9.
11. BORGE, M., (1991). *Les Plantes Tropicales A Epices*. Editions Maisonneuve Et Larousse, 182.
12. CHIKH, I., RACHEM, L. (2017). *Analyse Microbiologique De Quelques Epices*. Alimentation Humaine Et Qualité Des Produits. Université Mouloud Mammeri De Tizi Ouzou. P 3,16-17,30-64.
13. 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.
14. DANG, H.X., LAWRENCE, C.B. (2014). *Alternaria Comparative Genomics: The Secret Life of Rots*. *Genomics of Plant-Associated Fungi and Oomycetes*, 45–63.
15. DE BOER, E., SPIEGELENBERG, W. M., JANSSEN, F. W. (1985). *Microbiology of spices and herbs*. *Antonie van Leeuwenhoek*, 51(4), 435–438.
16. DEHOUA, A., (2017). *Valorisation Du Paprika Douce En Tant Que Colorant Et Conservateur Dans La Fabrication Du Cachère*. Sciences Agronomiques. Bouira. Université Akli Mouhand Oulhadj. P5, 8.
17. DELARRAS, C., (2014). *Pratique En Microbiologie De Laboratoire*. Edition Lavoisier. Paris. P 218-340,532-662, ISBN : 978 2 7430 1565 7.
18. DELAVEAU, P. (1987). *Les épices. Histoire, Description Et Usage Des Différents Epices, Aromates Et Condiments*. Albin Michel, Paris, 130-136.
19. DENYS, J.C., (2013). *Antioxydant Properties of Spices, Herbs and Other Sources*. Springer-Verlag. New York. P190, 266-268, 460, 563-564, ISBN : 987 1 4614 4309 4.
20. DRONIOU-CASSARO, M. (2012). *Les épices. Les symposiarques*, 2.

21. FARRELL, K. (1990). *Spices, Condiments, and Seasonings*. Edition Springer United States. 88.
22. GARCIA, S., IRACHETA, F., GALVAN, F., HEREDIA, N. (2001). *Microbiological Survey of Retail Herbs and Spices from Mexican Markets*. *Journal Of Food Protection*. Vol 5.P 99-103.
23. 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.
24. GIBBONS, J.G., BEAUVAIS, A. BEAU, R., MCGARY, K.L., LATGE, J.P., ROKAS, A. (2011). *Global Transcriptome Changes Underlying Colony Growth in the Opportunistic Human Pathogen Aspergillus fumigates*. *Eukaryotic Cell*. 11 (1), 68-78.
25. HALIL, T., RECEP, A. (2013). *Determination of Aflatoxin B1 Levels in Organic Spices and Herbs*. Hindawi Publishing Corporation. *The Scientific World Journal*, 4.
26. HALL, L.A. (1938). *Sterilized Spices: New Factor In Food Quality Control*. *Food Industrial*, 424- 467.
27. JALILI, M., JINAP, S. (2012). *Natural Occurrence of Aflatoxins and Ochratoxin A in Commercial Dried Chili*. *Food Control*. 24(1-2). 160–164.
28. JAMES, L.H. (1931). *Just How Antiseptic Are Spices*. *Food Industrial*, 3-524.
29. JAMES, L.H. (1938). *Reducing the Microbial Content of Spices*. *Food Industrial*, 10:428-429.
30. JANSEN, P., GRUBBEN, G., CARDON, D. (2005). *Ressources Végétales De l'Afrique Tropicale 3*. Colorants Et Tanins, 238.
31. KABAK, B., DOBSON, A.D. W. (2009). *Biological Strategies to Counteract the Effect of Mycotoxins*. *Journal Of Food Protection*. 72(9). 2006–2016.

32. KAUL, M., TANEJA, N. (1989). *A Note on the Microbial Quality of Selected Spices. Journal Of Food Science And Technology*, 26. 169-170.
33. KEITH, S. (2006). *Propriétés Des Principales Epices. Nutrition Journal*, 11.
34. KENJI, H., MITSUO, T., (1998). *Spice Science and Technology. Marcel Dekker. New York. P 2-3, ISBN: 0 8247 0144 5.*
35. KRISHNASWAMY, M.A., PATEL, D., MUTHU, M. (1974). *Microbiological Quality of Certain Spices. Indian Spices*, 6-8.
36. LE JEUNE R., 2012. *Capsicum annuum et Capsicum frutescens Piment. © Springer-Verlag France. Phytothérapie. 10:126–130.*
37. LIU, Q., MENG, X., LI, Y., ZHAO, C.-N., TANG, G.-Y., LI, H.-B. (2017). *Antibacterial and Antifungal Activities of Spices. International Journal of Molecular Sciences*, 18(6), vol 62, 1283.
38. LOPEZ, P., SANCHEZ, C., BATLLE, R., NERIN, C. (2007). *Vapor-Phase Activities of Cinnamon, Thyme, and Oregano Essential Oils and Key Constituents against Foodborne Microorganisms. Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(11), 4348–4356.
39. MAISTRE, P. (1964). *Les plantes à épices. Maisonneuve et Larousse. Paris, 289.*
40. MARTINS, M.L., MARTINS, H.M AND BERNARDO, F. (2001). *Aflatoxins in spices marketed in Portugal. Food Additives and Contaminants*, 18 : 315–319.
41. MESSIAEN C.M., 1991. *Le Potager Tropical, Tome 2 : Cultures Spéciales. Collection « Techniques Vivantes ». Presses Universitaires De France, p 197.*
42. MOHAMMEDI, Z. (2006). *Etudes Du Pouvoir Antimicrobien Et Antioxydant De Quelques Plantes De La Région De Tlemcen. Produits Naturels, Activité Biologique*, 59.

43. NEVELLIER P. JOLIVET H. (1965). *Epices, Aromates, Herbes Et Condiments. Modificateurs Des Caractères Organoleptiques Des Denrées. Annale De La Nutrition Et De L'alimentation*. 19(5), 449-480.
44. NOUMI E. (1984). *Les Plantes A Epices, Condiments Et Aromes Du Cameroun* : Thèse De Doctorat 3e Cycle En Sciences Biologiques. Faculté Des Sciences, Université De Yaoundé, Cameroun. 165.
45. OIYE, S. O., Muroki, N. M. (2002). *Use of Spices in Foods. Journal of Food Technology in Africa*, 7(2), 39-44.
46. PAFUMI, J. (1986). *Assessment of the Microbiological Quality of Spices and Herbs. Journal Of Food Protection*, 49(12). 958-963.
47. PARTHASARATHY, V.A., BHAGEERATHY, C., ZACKARIAH, T.J., (2008). *Chemistry of Spices. CABI. Cambridge. England. P21-25, 97, 211, ISBN : 978 1 84593 408 7*.
48. PETER, K.V., (2001). *Handbook of Herbs and Spices. Woodhead Publishing. Cambridge. England. P1-3, 62-64, 164-165, ISBN: 1 85573 562 8*.
49. PRABHAKARAN, N.K.P., (2013). *The Agronomy and Economy of Turmeric and Ginger, the Invaluable Medicinal Spice Corps. Elsevier-Science. London. P 83-91. ISBN : 978 0 12 394801 4*.
50. REDHEAD, J. (1990). *Utilisation Des Aliments Tropicaux: Sucres, Epices Et Stimulants. Organisations Des Nations Unies Pour L'alimentation Et L'agriculture*, 19-23.
51. RICHARD H. et LOO A. (1992). *Nature, Origine Et Propriété Des Epices Et Arome Brute In : Richard H., Epices Et Aromates 22-48. Technique Et Documentation, Lavoisier, Paris*.
52. SALLIE, M., LESLY, M., (1999). *Choosing and Using Spices. Lorenz. London. P47, 68, ISBN : 1 84081 171 4*.

53. 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.
54. SOPHIE, J. (2006). *La Culture Des Plantes Aromatiques*, 91-92.
55. SRINIVASAN, K. (2005). *Role of Spices beyond Food. Flavouring Nutraceuticals with Multiple Health Effects*, 21- 167-188.
56. Tapsell L.C., Hemphill I., Cobiac L., Sullivan D.R., Fenech M., Patch C.S., Roodenrys S., Keogh J.B., Clifton P.M., Williams P.G., Fazio V.A. and Inge K.E. (2006). *Health Benefits of Herbs and Spices: The Past, the Present, the Future. Medical Journal Of Australia*. 185 (4), 1-24. 29
57. VICAN, P. (2001). *Encyclopédie Des Plantes Médicinales. Larousse Edition*, Paris, 355.
58. WEBB, A.A., TANNER, F.W. (1994). *Uses of Spices in Foods. African Journal of Food Technology*, 4-42.
59. WICHTL, M., ANTON, R. (2003). *Plantes Thérapeutiques. Deuxième Edition*, Paris, 692.
60. YESAIR, J., WILLIAMS, O. B. (1942). *Spice Contamination and Its Control. Journal Of Food Science*, 7(2), 118–126.
61. Zain, M. E. (2011). *Impact of Mycotoxins on Humans and Animals. Journal of Saudi Chemical Society*, 15(2), 129–144.

1. CLEMENTINE, D. (2014). Gerbeaud. Disponible sur : <<https://www.gerbeaud.com/jardin/decouverte/quelles-plantes-derriere-nos-epices,1006.html>>. Consulté le 03/03/2020.
2. PIERRE, N.L. (2020). Huffpost. Disponible sur : <https://www.huffingtonpost.fr/entry/pourquoi-il-ne-faut-surtout-pas-acheter-du-poivre-moulu_fr_5e4d2b06c5b65f25da52401a>. Consulté le 08/04/2020
3. [1] : <<https://pixabay.com/fr/photos/fleur-de-poivre-plante-alimentaire-924281/>>. Consulté le 20/09/2020.
4. [2] : <<https://aerobic-ex.blogspot.com/2016/11/la-paprika-ses-vertus-et-bienfaits.html>>. Consulté le 03/03/2020.
5. [3] : <<http://www.commentfaiton.com/fiche/voir/360891/planter-et-entretenir-le-cumin>>. Consulté le 17/03/2020.
6. [4] : <<https://www.finedininglovers.fr/article/comment-et-pourquoi-utiliser-les-graines-de-cumin-en-cuisine>>. Consulté le 16/08/2020.
7. [5] : <<https://jardinerfacile.fr/curcuma-en-pot-comment-planter-cultiver-et-recolter-le-curcuma/>>. Consulté le 16/08/2020.
8. [6] : <<https://www.futura-sciences.com/sante/definitions/nutrition-curcuma-15812/>>. Consulté le 17/03/2020.
9. [7] : <<https://www.dcwguela.dz/fr/index.php/wilaya-guelma>>. Consulté le 02/04/2020.

Annexe 1 : les milieux de culture

1. Le milieu PCA :

La formule théorique de ce milieu de culture en g/L d'eau purifiée est :

Peptone de caséine (bovin)	5,0
Extrait de levure	2,5
Glucose	1
Agar	15
pH 7,0	
stérilisation à l'autoclave : 15 minutes à 120°C	

Ce milieu est disponible en milieu déshydraté à préparer suivant le mode opératoire du fabricant.

2. La gélose Sabouraud :

La composition chimique théorique de ce milieu en g/L d'eau purifiée est :

Peptone de caséine (bovin)	5
Peptone de gélatine (bovin)	5
Glucose	20
Agar	15
pH 6,1	

3. La gélose VRBL :

La formule théorique de ce milieu de culture en g/L d'eau distillée est :

Peptone	7
Extrait de levure	3
Chlorure de sodium	5
Sels biliaires	1,5
Lactose	10
Rouge neutre	30 mg
Cristal violet	2 mg
Agar	12
pH final : 7,4 ± 0,2 à 25°C	

Préparer des boîtes de Pétri en suivant le protocole du fabricant, soit à partir du milieu déshydraté, soit à partir des flacons de 100 mL.

Annexe 1 : les milieux de culture

4. Bouillon de Rothe :

La formule du milieu Rothe à simple concentration en g/L d'eau purifiée est :

Extrait de viande de bœuf	4,5
Tryptone	15
Glucose	7,5
Chlorure de sodium (NaCl)	7,5
Azoture de sodium (NaN ₃)*	0,2
pH final 7,2 ± 0,2 à 25°C	
* Produit toxique et irritant pour l'homme.	

- Stérilisation à l'autoclave : 121 ± 1 °C pendant 15 minutes.

A partir du milieu déshydraté, il peut être préparé, à simple concentration (34,7 g/L ou x g de poudre) ou à double concentration (69,4 g/L ou 2x g) en tubes de 10mL, en se protégeant lors de sa manipulation (gants, masque, lunettes).

5. Bouillon de Litsky :

La formule de bouillon de Litsky en g/L d'eau distillée est :

Polypeptone	20
Glucose	5
Chlorure de sodium (NaCl)	5
Phosphate monopotassique (KH ₂ HPO ₄)	2,7
Phosphate bipotassique (K ₂ HPO ₄)	2,7
azoture de sodium (NaN ₃)	0,3
éthyl-violet	0,0005
pH final 6,8 ± 0,2 à 25 °C	

- Stérilisation à l'autoclave : 121 °C pendant 15 minutes.
- A partir du milieu déshydraté, il est préparé en tubes de 10mL suivant les indications du fabricant.

Annexe 1 : les milieux de culture

6. le milieu VF :

La formule théorique de ce milieu en g/L d'eau distillée est :

Base viande-foie	29,5
Glucose	2
Chlorhydrate de cystéine	0,5
pH final $7,4 \pm 0,2$ à 25 °C	

- Stérilisation à l'autoclave : 121 °C pendant 20 minutes.
- Ce milieu est disponible en tubes de 10mL prêts à l'emploi et en milieu déshydraté à préparer en suivant le mode opératoire du fabricant.

7. Bouillon SFB :

La composition du milieu en g/L d'eau distillée est la suivante :

Tryptone	5
Lactose	4
Sélénite acide de sodium	4
Phosphate disodique	10,00
L-cystine	0,01
pH final à 25°C : $7,0 \pm 0,2$	

8. La gélose SS (*Salmonella-Shigella*)

La formule théorique de ce milieu de culture en g/L d'eau distillée est :

Peptone	5
Extrait de viande de bœuf	5
Sels biliaires	4,2
Citrate de sodium	10
Thiosulfate de sodium	8,5
Citrate de fer	2
Lactose	10
Rouge neutre	25 mg
Vert brillant	0,3 mg
Agar	12
pH final : $7,3 \pm 0,2$ à 25°C	

- Pour la préparation à partir du milieu déshydraté, suivre les conseils du fabricant et ne pas autoclaver. Ce milieu est également disponible en flacons et en boîtes de Pétri prêts à l'emploi.

Annexe 1 : les milieux de culture

9. L'eau peptonnée :

Milieu de pré-enrichissement utilisé avant l'enrichissement sélectif lors de la recherche des *Salmonella* dans les aliments, sa composition en g/L d'eau distillée est :

Peptone	10,0
Chlorure de sodium	5,0
Phosphate disodique anhydre	3,5
Dihydrogénophosphate de potassium	1,5
pH 7,2 ± 0,2	

- Stériliser 15 minutes à 121°C à l'autoclave.

10. La gélose Chapman :

La formule théorique de ce milieu de culture en g/L d'eau purifiée est :

Extrait de viande (bovin)	1
Peptone de caséine et de viande (bovin)	10
Chlorure de sodium	75
D-Mannitol	10
Agar	15
Rouge de phénol	0,025
pH 7,4	

- Disponible en flacons de 200 mL prêts à l'emploi. Préparer des boîtes de Pétri suivant le mode opératoire du fabricant.
- Laisser les boîtes revenir à température ambiante avant utilisation.

Annexe 2 : la coloration de Gram

C'est une coloration qui permet de mettre en évidence les propriétés de la paroi bactérienne, et d'utiliser ces propriétés pour distinguer et classer les bactéries.

Matériel Nécessaire :

Une lame, du Violet de Gentiane (ou Violet Cristal sous forme sèche), du Lugol, de l'alcool (éthanol à 95°) très peu dilué, de la Fushine fraîchement préparée, de l'eau distillée, microscope photonique : objectif x 40 et x100

Technique :

Prélèvement : A partir d'un milieu solide : réaliser une suspension en eau physiologique à partir d'une culture jeune et prélever un aliquote de suspension à l'anse de platine (ou à la pipette stérile)

Réalisation du frottis:

Étaler sur 1 à 2 cm par un mouvement circulaire en partant du centre de la lame .Le frottis réalisé doit être :

- Mince et homogène, étendu sur la lame sans toucher les bords
- Réalisé sur une lame propre et dégraissée, une goutte d'eau déposée en surface doit s'y étaler complètement.

Séchage: à la température du laboratoire, si possible ou bien à chaleur douce : platine chauffante à 37° ou au-dessus de la veilleuse du bec bunsen, à hauteur suffisante.

Fixation : le but est de : tuer les bactéries, fixer leur structure cytologique, et les faire adhérer à la lame.

Fixation par la chaleur :

A utiliser seulement pour les frottis effectués à partir de cultures bactériennes- passer la lame -frottis situé sur le dessus- dans la flamme chauffante, lentement et 3 à 4 fois de suite (attention de bien tenir la lame avec une pince) et laisser refroidir.

Annexe 2 : la coloration de Gram

Coloration :

Principe : Cette coloration est une coloration complexe qui permet de différencier les bactéries d'après leur forme et leur affinité pour les colorants.

La coloration permet de distinguer les bactéries Gram + des Gram – grâce à leurs différences de nature de paroi. Les bactéries à Gram négatif ont une paroi plus fine et riche en lipides, alors que les bactéries Gram positif ont une paroi épaisse et pauvre en lipide.

Les différentes étapes de cette coloration :

1. **Coloration** par le violet de gentiane ou cristal violet. Laissez agir de 30 secondes à 1 minute, puis rincez à l'eau
2. **Mordantage** au Lugol (solution iodo-iodurée) : étalez le Lugol et laissez agir le même temps que le violet de gentiane ; rincez à l'eau déminéralisée.
3. **Décoloration** (rapide) à l'alcool (+acétone) est l'étape la plus importante de la coloration : versez goutte à goutte l'alcool ou un mélange alcool-acétone sur la lame inclinée obliquement, et surveillez la décoloration qui doit être rapide. Le filet doit être clair à la fin de la décoloration. Rincez abondamment avec de l'eau déminéralisée pour stopper la décoloration. Attention, l'utilisation abusive de l'alcool aura pour conséquence de rendre toutes les bactéries Gram négatif.
4. **Recoloration** à la safranine ou à la fushine. Mettez de l'eau distillée sur la lame et quelques gouttes de fuchsine. Laissez agir de 30 secondes à 1 minute. Lavez doucement à l'eau déminéralisée. Séchez la lame sur une platine chauffante à 50 °C.
5. Observez avec une goutte d'huile à immersion objectif 100 (grossissement $\times 1000$).

Mise au point :

- Repérer les bactéries à l'objectif x40.
- Déposer une goutte d'huile à immersion sur le frottis.
- Faire la mise au point en forte luminosité objectif x100.

Observations : On peut noter la morphologie des bactéries et la coloration de celles-ci : les bactéries violettes sont dites Gram positives, celles qui sont roses sont dites Gram négatives.

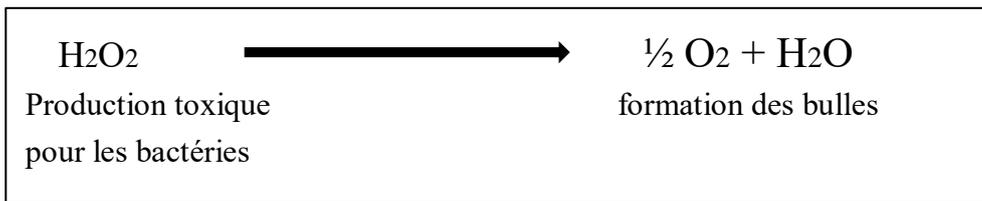
Annexe 3 : Test de catalase

1. Intérêt

La recherche de la catalase présente un intérêt taxonomique en ce qui concerne les bactéries à Gram +.

2. Principe

La catalase est une enzyme qui catalyse la dégradation du peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) :



Le test consiste à mettre des bactéries en quantité suffisante en contact de peroxyde d'hydrogène (H₂O₂). Si elles possèdent la catalase, elles dégradent le peroxyde d'hydrogène en eau et dioxygène visible par la formation de bulles.

3. Technique :

- Déposer sur une lame une goutte d'eau oxygénée à l'aide d'une pipette Pasteur.
- Prélever une colonie à l'aide de l'anse.
- Dissocier la colonie dans la goutte.

4. Lecture :

- Bulles d'oxygène : La bactérie possède la catalase, elle est dite : **Catalase +**.
- Pas de bulle : La bactérie ne possède pas la catalase, elle est dite : **Catalase -**.

Résumé

Les épices jouent un rôle important dans la nutrition humaine. Dans la cuisine algérienne, elles sont nécessaires pour la préparation de presque tous les plats traditionnels. 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 toxico-infections alimentaires graves.

L'objectif de cette étude a été donc de déterminer la qualité microbiologique de quelques épices fréquemment utilisées dans la wilaya de Guelma. Pour cela, quatre échantillons de différentes épices ont été analysés à l'état de poudre non emballé (paprika, cumin, curcuma, poivre noire). L'analyse microbiologique des études précédentes a révélé la présence d'une flore aérobie mésophile totale importante, de germes indicateurs de contamination fécale (coliformes, streptocoques fécaux et *Clostridium* sulfite-réducteurs), de levures et moisissures ainsi que des germes pathogènes tels que *Staphylococcus aureus*. La présence de ces micro-organismes dans les épices à l'état de poudre non emballée, suggère que la contamination peut être liée aux conditions climatiques lors de la récolte et le séchage, les conditions de stockage après la récolte, le transport ou bien lors du stockage dans le magasin dans lequel les échantillons ont été prélevés.

Cette étude est un travail préliminaire qui nous donnera un aperçu de la qualité microbiologique des épices utilisées quotidiennement dans nos plats. De plus, de nouveaux renseignements ont été fournis sur les pratiques sanitaires adoptées dans les usines et les magasins d'épices.

Les mots clés : épices, Guelma, analyses microbiologiques, microorganismes, contamination.

Abstract

Spices have an important role in human nutrition. In Algerian cooking, they are necessary for the preparation of almost all traditional dishes. However, many studies have reported that spices may be contaminated by micro-organisms, including pathogenic germs, causing serious food-borne infections.

The aim of this study was therefore to determine the microbiological quality of some spices frequently used in the city of Guelma. For this, four samples of different spices were analysed as unpackaged powder (paprika, cumin, turmeric, black pepper). The microbiological analysis of previous studies revealed the presence of significant total mesophilic aerobic flora, fecal contamination indicator germs (coliforms, faecal streptococci and clostridium sulfite-reducers), yeast and mould, and pathogenic germs such as *Staphylococci aureus*. The presence of these micro-organisms in the spices as unpackaged powder suggests that contamination may be related to climatic conditions during harvesting and drying, storage conditions after harvesting, transport or storage in the store from which the samples were taken.

This study is a preliminary work that will give us an overview of the microbiological quality of spices used daily in our dishes. In addition, new information has been provided on hygiene practices in spice factories and stores.

Keywords: spices, Guelma, microbiological analyzes, microorganisms, contamination.

ملخص

تلعب التوابل دوراً مهماً في تغذية الإنسان. فهي ضرورية لإعداد كل الأطباق التقليدية تقريباً في المطبخ الجزائري. و لكن العديد من الدراسات أفادت بأن التوابل قد تكون ملوثة بالكائنات الدقيقة بما في ذلك الجراثيم المسببة للأمراض و التي تتسبب في امراض خطيرة منقولة من الاغذية.

تهدف هذه الدراسة ادا الى تحديد الجودة الميكروبيولوجية لبعض التوابل الاكثر استعمالا في ولاية قالمة و لهذا الغرض تم تحليل اربع عينات مختلفة من التوابل في حالة مسحوق غير معبأ (بابريكا, كمون, كركم, فلفل اسود). كشفت التحاليل الميكروبيولوجية لدراسات سابقة لهذه العينات وجود كمية مهمة من الكائنات الدقيقة الهوائية الكلية , وجود جراثيم مؤشرة للتلوث البرازي (*Clostridium* المرجعة للسولفات و *Coliformes, streptocoques fécaux*) , وجود الخميرة و العفن, و ايضا وجود جراثيم دقيقة مضرّة جداً للإنسان مثل *Staphylococcus aureus* .

ويشير وجود هذه الكائنات الدقيقة في التوابل كمسحوق غير معبأ إلى أن هذا التلوث قد يكون مرتبطاً بالظروف المناخية أثناء الحصاد والتجفيف، ظروف التخزين بعد الحصاد، أثناء النقل أو عند التخزين في المحل الذي أخذت منه العينات.

تعتبر هذه الدراسة عمل تمهيدي من شأنه أن يعطينا نظرة عامة على الجودة الميكروبيولوجية للتوابل المستخدمة يومياً في أطباقنا. بالإضافة إلى ذلك، قدمت معلومات جديدة عن الممارسات الصحية في مصانع و متاجر التوابل.

الكلمات المفتاحية: توابل , قالمة , تحليل ميكروبيولوجي , كائنات دقيقة , تلويث.