



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

UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID - TLEMCEEN

MEMOIRE

Présenté à la:

FACULTE DES SCIENCES – DEPARTEMENT DE CHIMIE

Pour l'obtention du diplôme de :

MASTER EN CHIMIE

Option: Chimie Physique et Analytique

Par :

M^{elle} KHELIFI Wafaa

Sur le thème

Contribution à l'étude physicochimique d'une plante à épice : *Capsicum annum* L.

Soutenue publiquement le 29 juin 2015 à Tlemcen devant le jury composé de :

M ^r HAREK Yahia	Professeur	Université de Tlemcen	Président
M ^{elle} NEGADI Amina	Professeur	Université de Tlemcen	Examinatrice
M ^r SELLES Chaouki	Maître de Conférences A	Université de Tlemcen	Encadreur

Dédicace

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail tout d'abord

À mes très chers parents qui m'ont soutenue et encouragée durant toute la période de mes études et à qui je souhaite une longue et heureuse vie, sans oublier mes grands-mères et mes grands-pères

À mes chers frères et sœur : Chérif Abdel Hadi, Khadidja et mon petit frère Mohamed Bilal

À toute ma famille paternelle Khelifi et maternelle Berrhail pour leur gentillesse, leur tendresse, leur douceur, et leur encouragement durant toute ma vie.

À tous ceux qui me sont chers :

À tous mes oncles et tantes.

À mes cousins et cousines.

À mon encadreur Monsieur Selles Chacuki

À tous mes enseignants depuis le primaire Jusqu'à l'université

À mes ami (e)s de promotion du Master chimie physique et analytique

En fin, à tous ceux qui m'aiment.

Wafaa Khelifi

Remerciements

Au début j'adresse par mes remerciements à Allah de m'avoir aidé à accomplir ce modeste travail

Un grand merci à mon encadreur Monsieur Selles Chacuki pour l'honneur d'avoir proposé ce thème, pour m'avoir aidé par ses connaissances, ses précieux conseils. Je remercie particulièrement M. Harek Yahia pour avoir accepté de présider le jury

Je tiens également à présenter mes plus vifs remerciements à Melle Negadi Amina en acceptant d'examiner ce travail

Je tiens à adresser aussi mes remerciements les plus sincères à M. Dahmani benamare Chef de spécialité Chimie Physique et Analytique

Mes remerciements vont également à tous mes enseignants, pour leurs aides

Je tiens particulièrement à remercier mes parents qui n'ont pas hésité de m'offrir tous les moyens et de m'avoir encouragée et conseillée

Je dois remercier tous les membres de ma famille Pour leur soutien

En fin, à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin

Wafaa Khelifi

TABLE DE MATIERES

Dédicaces	
Remerciements	
Listes des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale	

Partie I : La bibliographie

Chapitre I

Généralités sur les épices

I. 1.Définition des épices	3
I.2. Historique	3
I.3. Particularité des épices	5
I. 4. Epices et santé	6
I.5. Différence entre les épices les plantes aromatiques.....	7
I.6.Contamination des épices	8
I.7. Propriétés antiseptiques des extraits d'herbes et d'épices	8
I.8.Différentes utilisations des épices	8
I.9. Séchage des épices	9

Chapitre II

Pigments et Colorants

II.1.Définition de pigments	9
II.2.Classification des pigments végétaux	10
II.2.1.Les pigments photosynthétiques	10
II.2.2.Les pigments non-photosynthétiques	10
II.3.Définition de colorants	11
II.4.Relation entre la structure moléculaire et la couleur d'un pigment végétal	11

Chapitre III

Généralités sur la plante utilisée :

Capsicum annum L

III. 1. Piment rouge	12
III .1.1. Définition	12
III .1.2.Aspect botanique	13
III. 1.3. Semis, culture, récolte de poivron / piment	13
III .1.4. Les différentes variétés de piment.....	13
III.1.5.Les caractéristiques du piment rouge	14
III.1.6. Bienfaits du piment	14
III .1.7. Composition chimique du piment rouge	15
III .1.8. Utilisation des Capsicum	15

Partie II : Protocole expérimentale

II.1. Provenance du matériel végétal.....	18
II.2. Préparation et conservation	18
II.2.1. La dessiccation	18

II.2.2.Le conditionnement.....	18
II.2.3.Le stockage.....	18
II.3. Teneur en eau.....	18
II.4.Teneur en cendres totales	20
II.5.Dosage des minéraux	20
II.6. Dosage des lipides (corps gras).....	21
II.7. Dosage des huiles essentielles	23
II.8.Extraction des principaux colorants	24
II.8.1.Extraction solide-liquide (chauffage a reflux)	24
II.8.2. Chromatographie des colorants extraits	25
II.8.2.1. Présentation de la technique	25
II.8.2.2.Chromatographie sur couche mince	25
II.8.2.3 Chromatographie sur colonne	27
II.8.2.4. Les techniques d'identification structurale	29
a) La spectroscopie U.V : analyse spectrophotométrie de différentes fractions	29
b) Spectroscopie dans l'infrarouge	29

Partie III : Résultats et discussions

III.1. La teneur en eau	32
III.2. La teneur en cendres totales	32
III.3. Dosages des minéraux	32
III.4. Dosage des lipides (corps gras)	33
III.5. Dosage des huiles essentielles	33
III.6. Extraction des principaux colorants	34
III.6.1. Extraction solide-liquide (chauffage a reflux)	34
III.6.2. Chromatographie des colorants extraits	34
III.6.2.1. Chromatographie sur couche mince	34
III.6.2.2. Chromatographie sur colonne	36
III.6.2.3. Techniques d'identification structurale	38
a) Spectroscopie U .V.....	38
b) Spectroscopie dans l'infrarouge.....	40

Conclusion

Résumé

Références bibliographiques

Liste de figures

- **Figure 1** : Fruit de piment rouge.
- **Figure 2** : La plante de *Capsicum annum* L.
- **Figure 3** : La poudre de paprika.
- **Figure 4** : Les cendres totales de paprika dans des creusets en porcelaine.
- **Figure 5** : Montage de soxhlet.
- **Figure 6** : Evaporateur rotatif.
- **Figure 7** : Hydrodistillation de la matière sèche au moyen d'un dispositif d'extraction de type **Clevenger**.
- **Figure 8** : Montage d'un système de chauffage à reflux.
- **Figure 9** : Chromatographie sur micro-colonne de paprika (une seringue).
- **Figure 10** : L'extrait de paprika.
- **Figure 11** : CCM de l'extrait (premier système d'éluant).
- **Figure 12** : CCM de l'extrait (deuxième éluant).
- **Figure 13** : CCM de l'extrait (troisième éluant).
- **Figure 14** : CCM de l'extrait (quatrième éluant).
- **Figure 15** : Les douze fractions de paprika obtenues après chromatographie sur colonne.
- **Figure 16** : Les trois fractions principales de paprika.
- **Figure 17** : Chromatographie sur couche mince du β -carotène.
- **Figure 18** : Spectre U.V-visible de la fraction jaune
- **Figure 19** : Spectre U.V-visible de la fraction rouge.
- **Figure 20** : Spectre U.V-visible de la fraction orange.
- **Figure 21** : Spectre IR de la fraction jaune.
- **Figure 22** : Spectre IR de la fraction rouge.
- **Figure 23** : Spectre IR de la fraction orange.

Liste de tableaux

- **Tableau 1**: Les propriétés médicinales des principales épices.
- **Tableau 2**: Les teneurs du paprika en minéraux.
- **Tableau 3**: Les caractéristiques des tâches obtenues.
- **Tableau 4**: Les couleurs absorbées et longueurs d'ondes.
- **Tableau 5**: Les bandes d'absorptions du spectre IR de la fraction jaune.
- **Tableau 6**: Les bandes d'absorptions du spectre IR de la fraction rouge.
- **Tableau 7**: Les bandes d'absorptions du spectre IR de la fraction orange.



Introduction

INTRODUCTION GENERALE

Les épices qui font aujourd'hui partie de notre vie quotidienne, sont des substances d'origine végétale, ayant pour fonction essentielle d'assaisonner les mets. La popularité dont jouissent encore les épices de nos jours est liée aux propriétés et vertus qui leur sont attribuées. A côté des fibres alimentaires et des vitamines, on a récemment identifié, dans les épices, d'autres composés comme les flavonoïdes qui pourraient avoir des bénéfices pour la santé.

Les piments rouges appelés paprika sont des fruits comestibles à saveur fortement épicée. Ils proviennent du *Capsicum Annum* L. plante de la famille des solanacées.

Ce travail est consacré à l'étude physicochimique de cette épice préparée par nous-mêmes. Ce sujet nous a semblé intéressant du fait de la popularité du paprika et de son utilisation fortement répandue dans les cuisines traditionnelles de notre pays

Ce travail se subdivise en trois chapitres;

- Le premier chapitre est consacré à l'étude bibliographique où nous présenterons un aperçu global sur les épices en général et le paprika en particulier.
- Dans le deuxième chapitre, nous exposerons le matériel et les protocoles utilisés pour la détermination de quelques paramètres physicochimiques ainsi que les techniques utilisées pour l'analyse des principaux colorants du paprika.
- Dans le troisième chapitre, nous présenterons les résultats obtenus et leurs interprétations.

Enfin, une conclusion générale résumera l'ensemble du travail réalisé.



Partie I

Etude bibliographique

I. Généralités sur les épices :

I.1. Définition des épices :

Les épices et les herbes aromatiques sont des produits d'origine végétale, utilisées dans l'alimentation. Elles sont pour une bonne part responsables des plaisirs de la table et n'ont aucune valeur nutritionnelle[1].

Le terme "épice" est tiré du nom latin "species" qui désigne les espèces. Les épices ont été introduites sur le continent européen au Moyen-âge. Elles étaient très appréciées et très utilisées pour leurs qualités de saveur permettant de couvrir et de redonner du goût à des aliments difficiles à conserver en état de fraîcheur et qui pouvaient se faisander (viande, poisson), voire parfois même, à l'instar du poivre par exemple, d'améliorer leur conservation. Depuis toujours, la distinction entre épices et aromates a été difficile à établir, leur dénomination et leur utilisation variant d'une région à l'autre. C'est grâce aux avancées de la science et en particulier aux analyses chimiques de plus en plus fines, qu'il est devenu possible de les classer d'après des critères rigoureux et de les identifier précisément. Les caractéristiques des épices relèvent d'abord du goût et de la saveur et qu'elles sont exclusivement d'origine végétale, alors que les aromates exhalent en priorité un parfum agréable grâce à des essences volatiles. Si de nos jours le terme "épices" désigne des substances végétales à l'odeur agréable, au goût fort souvent brûlant ou piquant en provenance de la partie aromatique des plantes, il faut savoir que celles utilisées sont différentes d'une espèce à l'autre[2].

Chez les Grecs, "arôma" a le sens de parfum mais aromate a celui d'épice. Enfin les condiments (du latin condimentum, confit, assaisonné) sont aujourd'hui des préparations qui comme la moutarde permettent d'assaisonner un plat insipide mais ils désignaient des épices chez les Romains. Ils sont des substances végétales d'origine indigène ou exotique, aromatiques, à saveur chaude ou piquante, employées pour rehausser le goût des aliments ou y ajouter les principes stimulants qui y sont contenus [3].

I.2. Historique :

Quand les épices ont été découvertes, elles étaient beaucoup utilisées et c'était la mode « de manger un plat très épicé ». Au XVII^e siècle, les épices étaient moins chères, plus accessibles et

de ce fait moins utilisées par les riches car elles n'étaient plus considérées comme un objet de noblesse ;

Aujourd'hui les épices font partie de notre vie quotidienne[4].

Enfin, les épices ont été associées à l'une des plus grandes aventures de l'humanité puisque Christophe Colomb a découvert l'Amérique en partant à leur recherche.

❖ Dans l'Antiquité

Dans son Histoire des plantes, Théophraste (322-287 avant J.C.) mentionne l'Inde, la Judée et la Syrie comme pays d'origine des épices. Strabon cite dans sa Géographie l'Arabie, l'Éthiopie, l'Inde, la Judée, le Yémen. "L'Histoire naturelle" de Pline l'Ancien indique que les épices proviennent d'Afrique (c'est-à-dire de l'Afrique du Nord), d'Arabie, de Bactriane, d'Égypte, de l'Inde, de Judée et du Liban.

Les Romains de l'Empire ont surpassé tous les peuples de l'antiquité par leur passion des aromates. Les manifestations spectaculaires telles que les tonnes d'encens brûlées aux funérailles de Poppée, ou les ruisseaux de safran en l'honneur de Néron ne doivent pas faire oublier leurs multiples usages quotidiens aussi bien en médecine que dans les cérémonies et rites funéraires ou encore la cuisine. Après avoir été des substances sacrées, les épices sont devenues des denrées de luxe consommées de manière ostentatoire par les riches Romains fascinés par tout ce qui venait de loin.

❖ Le Moyen Age

Pendant tout le Moyen Age les épices étaient acheminées en Méditerranée par les navires des Cités États d'Italie, Venise, Gênes, Amalfi, Pise, puis ensuite elles étaient vendues dans les foires et dans les ports comme Marseille ou Aigues-Mortes près de Montpellier.

❖ Le temps des Grandes Découvertes

Les Grandes découvertes qui permirent d'ouvrir de nouvelles routes maritimes aux épices ne furent pas le fruit du hasard. En effet, sous l'impulsion du prince Henri le Navigateur, des navigateurs et géographes portugais avaient effectué depuis le début du XVe siècle des voyages d'exploration le long des côtes africaines. Parti le 3 août 1492 vers l'Ouest à la recherche de l'or et des épices, Christophe Colomb espérait atteindre l'Inde et le continent asiatique. Il débarqua en octobre à San Salvador, découvrit Cuba puis Haïti et fut de retour avec de l'or et des épices en mars 1493. Colomb effectua deux autres voyages en 1498 et 1502

aux Indes occidentales d'où il revint avec cargaisons pleines d'épices nouvelles dont les piments.

De retour au Portugal en 1499, Vasco repartit en 1502 avec l'idée de conquérir la place des Indes et de rapporter des épices. Il rentra en 1503 les cales chargées d'épices et de trésors. Dès le lendemain de son arrivée, les prix du poivre baissèrent de moitié.

❖ À l'époque moderne et contemporaine

Au XVII^e siècle, alors que l'Europe est devenue le centre du monde et la France le pays qui attire tous les regards, le choix des épices se transforma.

Si le poivre, le clou de girofle, la noix de muscade étaient toujours appréciés, le macis, le poivre long, la graine de paradis, la cardamome et surtout le safran perdirent du terrain. Cannelle et gingembre furent de plus en plus réservés à la pâtisserie.

Au début du XVIII^e siècle, un de ses défenseurs, François Marin, maître d'hôtel chez le maréchal de Soubise, fit paraître en 1739 *Les Dons de Comus* dans lequel il condamnait l'excès d'épices : "L'excès d'épices dans l'assaisonnement est l'écueil des médiocres".

Au XIX^e siècle, en dépit de la prospérité de l'épicerie, la consommation des épices diminua dès que leurs constituants chimiques furent découverts et que les produits de synthèse apparurent moins chers sur le marché.

Enfin, de nos jours, la mondialisation des échanges, le brassage de populations et des goûts qui l'accompagnent trouvent leur traduction dans la "cuisine monde" qui mêle et combine épices, aromates et saveurs[3].

I.3.Particularité des épices :

Les épices sont souvent obtenues après séchage de la plante et/ou transformation (fermentation, blanchiment, Stabilisation), contrairement aux aromates, qui sont généralement consommées tels quels sans aucune transformation afin de parfumer les aliments. L'assaisonnement « Aromatique » est souvent plus doux, le goût est alors beaucoup moins relevé que celui des épices au caractère plus affirmé. Quant aux condiments, ils servent également à accompagner les plats, la différence essentielle tenant au traitement culinaire préalable à l'usage : ils peuvent se présenter en conserve, sous leur forme naturelle, ou préparées en pâte ou sauce (ketchup, moutarde)[4].

I.4. Epices et santé :

Depuis longtemps, les épices représentent une part importante de la nourriture humaine. A côté des fibres alimentaires et des vitamines, on a récemment identifié, dans les fruits, légumes et épices, d'autres composés comme les phénols et les flavonoïdes qui pourraient avoir des bénéfices pour la santé (Groff et Gropper, 2000). En effet, à côté de leurs fonctions dans la plante comme protecteurs contre les agresseurs de l'environnement, on attribue à ces composés des fonctions salutaires pour l'homme, comme la réduction du risque de maladies vasculaires et cardiaques (Hertogetal., 1993). C'est pourquoi, ces dernières années ont été marquées par la recherche d'antioxydants naturels ou d'extraits.

C'est ainsi que furent passées en revue une série de plantes et en particulier les épices.

Dans cette optique, de nombreux composés responsables du pouvoir antioxydant ont été identifiés[4].

Le tableau1 reprend les propriétés médicinales des principales épices. Nous constatons que toutes les épices et aromates connus n'y figurent pas, non pas parce qu'ils n'ont aucun effet sur notre santé, mais simplement soit parce qu'ils n'ont pas fait l'objet d'études validées scientifiquement, soit que les preuves manquent encore pour pouvoir mettre en avant des propriétés préventives ou curatives[5].

Propriétés

Epices et aromates

Antioxydant	Toutes les épices, mais plus particulièrement : cannelle, clou de girofle, ail, gingembre, citronnelle, mélisse, origan, menthe poivrée, sauge, thym
Anti-Cancer	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	Cannelle, gingembre, oignon, origan, romarin, thym

glycémie

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
Hépatoprotecteur	Curcuma
Digestive	Anis, fenouil, carvi, basilic, cardamome, estragon, mélisse, thym, gingembre

I.5. Différence entre les épices et les plantes aromatiques :

Les épices sont des végétaux (fruit, écorce, rhizome....) aromatiques, souvent d'origine tropicale, utilisés pour rehausser le goût des aliments et leur procurer une saveur chaude et piquante : le poivre, la cannelle, la muscade, le gingembre, la cardamome, le clou de girofle, le piment, le safran, la vanille.... en font partie. Quant aux plantes aromatiques, ce sont des végétaux pas forcément exotiques dont on utilise généralement les feuilles pour parfumer un aliment. Elles se distinguent des épices dans la mesure où leur parfum l'emporte sur leur goût. Elles sont fragiles et leurs parfums fugaces. Citons pour exemples le basilic, le persil, la ciboulette, l'estragon, la menthe, l'origan, le cerfeuil, le thym... [6].

I.6. Contamination des épices :

Selon l'origine des plantes (espèce, variété), l'écologie du milieu et selon le soin apporté par les pays producteurs (mode de récolte, de collecte, de préparation, de séchage, de stockage, de conditionnement), les épices et herbes aromatiques présentent des variations importantes de qualités hygiéniques et nécessitent des traitements de décontamination.

Dans ce domaine qui se développe de plus en plus, le traitement par les radiations ionisantes, et le traitement à l'oxyde d'éthylène sont les meilleures techniques de décontamination tant sur le plan des qualités organoleptiques que nutritionnelles. Actuellement, on peut affirmer que l'état sanitaire des produits sur le marché est à peu près satisfaisant[1].

I.7. Propriétés antiseptiques des extraits d'herbes et d'épices :

Au XVIII et XIXème siècles pour lutter contre les mauvaises odeurs des villes et la pollution grandissante et afin d'éviter les épidémies, le corps médical préconisait l'utilisation d'aromates auxquels il attribuait les pouvoirs de désinfection de l'air vicié et de stimulation de la défense de l'organisme. Actuellement, l'obsession d'être en danger dans un monde très pollué renaît d'ailleurs avec en parallèle le retour de thérapies douces comme l'aromathérapie, méthode de traitement à base d'huiles essentielles de plantes aromatiques et médicinales. En fait, plus que les épices et les herbes aromatiques, ce sont les extraits qui possèdent des propriétés antiseptiques vis-à-vis des microorganismes pathogènes[1].

I.8. Différentes utilisations des épices :

➤ Utilisation des épices sous forme entière

La plupart des épices résistent très bien à la chaleur ; en texture, elles apportent du croquant

- Graines de moutarde utilisées dans les plats froids, salades, fromages, etc.
- Safran : infusion au préalable pendant toute une nuit

➤ Utilisation des épices sous forme moulue

Il faut un support gras pour que les épices se diffusent bien dans les plats

- Pour éviter « l'effet sable » des épices (désagréable au palais), il faut éviter de les ajouter au dernier moment dans la préparation. Il vaut mieux les incorporer dès le démarrage de l'élaboration de la recette

- Une exception avec le poivre moulu: Pour embaumer un plat, il faut poivrer à la fin car ce dernier résiste à peine à la chaleur
- La torréfaction valorise au mieux certaines épices :
 - pour la graine de cumin, la torréfaction apporte un côté caramélisé au plat ; il faut toujours torréfier le cumin (à feu moyen) dans une poêle qui n'a jamais contenu de matières grasses
 - Clou de girofle et Cannelle[7].

I.9. Séchage des épices :

Pour pouvoir être utilisées en toute saison, les épices doivent pouvoir se conserver sans moisir, c'est-à-dire sans être le siège d'un développement microbien. C'est ainsi que depuis une vingtaine d'années se sont développés toute une gamme de produits séchés, épices et aromates en l'état, mélanges prêts à l'emploi comme les herbes pour barbecue, poudres, etc. La qualité des produits séchés dépend énormément des modes de séchage mais aussi des conditions de transport (hygrométrie et température). Soulignons que le grossiste ou le trituteur d'épices et d'aromates déshydrate rarement lui-même ses produits, les achetant déjà séchés sans avoir la possibilité de porter remède aux défauts de qualité qui se sont développés en amont. Aussi, le souci majeur du trituteur sera de maintenir la qualité organoleptique des épices et aromates au cours des transformations dont il est maître, c'est-à-dire : dépoussiérage, triage, parfois séchage, décontamination, broyage et stockage. Parmi ces opérations, le broyage est l'étape la plus délicate pour le trituteur. En effet, la fabrication de mélanges d'épices en poudres prêts à l'emploi, dont la demande va croissant, est source de pertes d'arômes importantes fonction bien souvent du type de broyeur utilisé. Pour minimiser ces pertes, il est préférable de réaliser un broyage cryogénique sous azote pendant lequel la température de l'épice reste inférieure à 70°C réduisant presque à néant les pertes en arômes et en eau. L'emballage et le stockage jouent également un rôle clef, dont on ne mesure pas toujours l'importance. On peut avoir également recours à la surgélation qui préserve bien mieux toutes les qualités organoleptiques du produit à condition que la chaîne de froid soit maintenue de la fabrication à l'assiette du consommateur[1].

II. Pigments et colorants :

II.1. définition des pigments :

Un pigment est une substance minérale, organique ou métallique qui colore la surface sur laquelle on l'applique sans pénétrer dans les fibres. Un pigment est insoluble dans le milieu où on le disperse. Pour fixer les pigments dans leur milieu d'emploi, on utilise un liant. Les pigments peuvent être naturels, synthétiques ou artificiels.

Aujourd'hui, les pigments sont essentiellement utilisés dans l'art et dans l'industrie[8].

II.2. Classification des pigments végétaux :

On peut classer les pigments végétaux en deux grandes catégories :

- ✓ Les pigments photosynthétiques.
- ✓ Les pigments non- photosynthétiques.

II.2.1. Les pigments photosynthétiques :

Les pigments photosynthétiques ont le rôle de la coloration des feuilles chez les végétaux supérieurs, aussi les fruits et les fleurs.

Ces pigments sont classés en trois groupes selon leur structure moléculaire :

- Les chlorophylles
- Les caroténoïdes
- Les phycobilines

II.2.2. Les pigments non-photosynthétiques :

Cette catégorie recouvre principalement la famille des « flavonoïdes » qui sont des pigments responsables de la pigmentation des plantes. Ils sont présents dans tous les végétaux supérieurs : feuilles, fleurs, tiges, grains....et sont très importants pour la coloration des fleurs.

On classe les flavonoïdes sur la base du nombre, de la position et de la nature des substituant (groupements hydroxyles -OH et méthoxyles -OCH₃ principalement), sur la base des deux cycles aromatiques A et B et sur la base de la chaîne de carbone intermédiaire:

On distingue:

- les anthocyanes
- les leuco-anthocyanes
- les flavonols, flavanones et flavones

- les isoflavonoïdes (roténones et roténoïdes)
- Les tanins condensés[9].

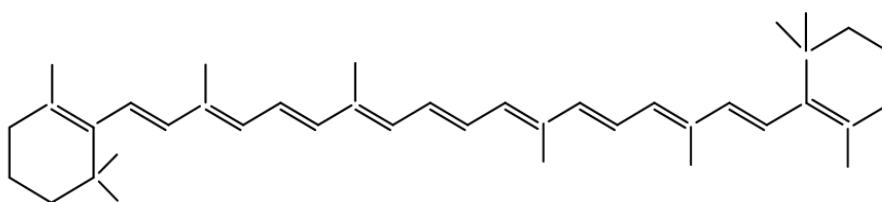
II.3. Définition de colorants :

Un colorant est une matière colorée par elle-même, capable de se fixer sur un support. La coloration plus ou moins intense des différentes substances est liée à leur constitution chimique. En fait, un colorant est un corps susceptible d'absorber certaines radiations lumineuses et de réfléchir alors les couleurs complémentaires. Ce sont des composés organiques comportant dans leurs molécules trois groupes essentiels : le chromophore, l'auxochrome et la matrice. Le site actif du colorant est le chromophore, il peut se résumer à la localisation spatiale des atomes absorbant l'énergie lumineuse. Le chromophore est constitué de groupes d'atomes dont les plus classiques sont le nitro ($-\text{NO}_2$), le diazo ($-\text{N}=\text{N}-$), le nitroso ($-\text{N}=\text{O}$), le thiocarbonyl ($-\text{C}=\text{S}$), le carbonyl ($-\text{C}=\text{O}$), ainsi que les alcènes ($-\text{C}=\text{C}-$)[10].

II.4. Relation entre la structure moléculaire et la couleur d'un pigment végétal :

On rencontre dans la structure des pigments végétaux un même système de liaisons conjuguées (c'est à dire une alternance de liaisons simples $\text{C}-\text{C}$ et doubles $\text{C}=\text{C}$). C'est ce système de diènes conjugués qui est à l'origine de l'absorption de la lumière à certaines longueurs d'onde déterminées, et donc de la couleur particulière de chaque pigment végétal. Ainsi, le cœur de la structure de la chlorophylle forme un relais de liaisons conjuguées.

De même, le β -carotène possède un système de 11 doubles liaisons conjuguées.



Les flavonoïdes possèdent également un système de diènes conjugués dans leurs cycles benzéniques et la multiplicité de leurs couleurs est directement liée à la diversité des fonctions chimiques fixées sur leur noyau de base[9].

III. Généralités sur la plante utilisée : *Capsicum. annum* L

Le Piment est originaire d'Amérique du Sud. Sa culture est très ancienne, plus de 7000 ans, et c'était une épice courante.

Le piment et le poivron ne sont qu'une seule et même plante mais le premier est fort alors que le second est doux. Il donne de la couleur au potager et peut être cultivé en pleine terre ou en pot. Peu difficile de culture, le piment a besoin de beaucoup de chaleur et de soleil pour pouvoir se développer [11].

III. 1. Piment rouge :

III .1.1. Définition :

Les piments rouges appelés encore piment de Cayenne ou paprika sont des fruits comestibles à saveur fortement épicée. Ils proviennent de la famille des piments, produits par le *Capsicum. annum* var. *longum*.



Figure1 : Fruit de piment rouge.

Les piments rouges servent à préparer des sauces et des légumes confits. Ils donnent un goût agréable aux salades de concombre, aux salades de mangue, et à bien d'autres préparations épicées. C'est un fruit riche en vitamine B1, B2 et C, en potassium, en calcium, en magnésium et en phosphore. La composition du piment rouge est plus riche en matières minérales qu'en matières grasses. Il apporte 32 kcal par 100 g de valeur énergétique avec 0 % de cholestérol. Très riche en fibres et en antioxydants, il inhibe la croissance du cancer de la prostate chez l'homme. Ceci est dû à l'action de la Capsaïcine, provoquant une sensation de brûlure lors de la consommation de piments rouges. Ce facteur freine alors le développement des vaisseaux

dans la tumeur et c'est ce qui entraîne le ralentissement de la progression du cancer. Par ailleurs, ce fruit possède également une fonction anesthésique. En effet, la Capsaïcine, qui en est la principale substance constitutive, incite le blocage du fonctionnement des neurones. Ainsi, elle cible et inhibe la sensation de la douleur[12].

III .1.2.Aspect botanique :

Les poivrons aux différentes couleurs utilisés comme légumes, appartiennent à la variété *Capsicum annum* L.

Pour désigner les divers produits issus des *Capsicum*, la terminologie dépend des pays de production ; il s'agit de piment doux, paprika, capsicum, pimiento, aji, chili, ...etc. Dans le commerce, on ne fait aucune distinction entre les différentes variétés, ce qui est encore source de confusion.

D'une manière générale, le commerce classe les différents cultivars en fonction de leur saveur brûlante et piquante et de la taille des fruits[13].

III. 1.3. Semis, culture, récolte de poivron / piment :

Le poivron (***Capsicum annum***) apprécie le soleil. Les semis de piment sont à réaliser au chaud (au moins 18°C), l'idéal étant de pouvoir procéder sur couche chaude, à partir de la fin du mois de février ou au cours du mois de mars. Le repiquage s'effectue lorsque les températures sont suffisamment hautes, à partir de la fin du mois de mai. Le sol doit être profond et meuble pour le bon développement des racines et enrichi en compost, pour une bonne fructification. Les piments sont récoltés, si possible, lorsqu'ils sont bien mûrs ; c'est là qu'ils sont les plus parfumés. Ils sont cueillis au fur et à mesure des besoins, jusqu'aux gelées. Pour une consommation ultérieure, ils sont mis à sécher à l'air libre[14].

Entre chaque utilisation, les épices sont rangées dans des flacons ou boîtes hermétiques à l'abri de la chaleur (pas à côté du gaz ou du four) et de la lumière. Les pots transparents sur une étagère en pleine lumière sont à éviter. Certes, c'est esthétique, mais c'est le meilleur moyen de les gâcher ![5].

III .1.4.Les différentes variétés de piment :

Le genre *Capsicum* regroupe 5 espèces domestiquées :

- *Capsicum frutescens*, dont font partie le Tabasco et le piment oiseau (variété non domestiquée) ;

- *Capsicum pubescens*, le piment le plus consommé par les incas
- *Capsicum baccatum* (appelé aji en Amérique latine), qui a une bonne capacité à sécher
- *Capsicum chinense*, espèce provenant des Caraïbes (et non de Chine) et comprenant les variétés les plus fortes
- *Capsicum annum*, l'espèce la plus cultivée dans le monde, comprenant entre autres les poivrons, les Cayenne, Corno di Toro...[15].

III.1.5. les caractéristiques du piment rouge :

Capsicum annum est le nom scientifique des différentes variétés de poivrons et piments. Il appartient à la famille des *Solanaceae*. Actuellement, l'espèce du genre *Capsicum* est la plus cultivée dans le monde entier[15].

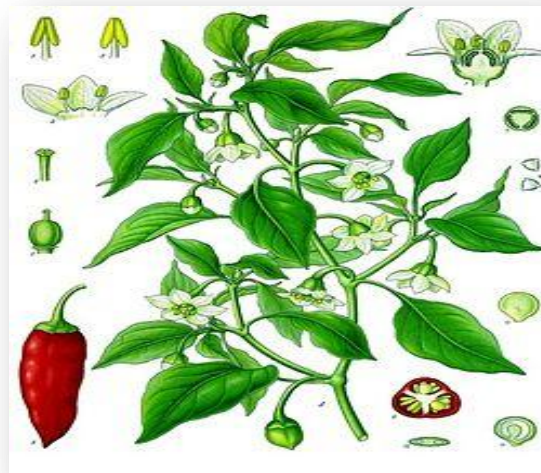


Figure2 : la plante de *Capsicum annum* L

III.1.6. Bienfaits du piment :

Grâce à la capsaïcine, le piment est excellent pour soigner la grippe, le rhume et aide à prévenir les maladies cardio-vasculaires. Le piment est antibactérien, antiseptique, diurétique, sudorifique et digestif. En usage externe, il soulage l'arthrite, le rhumatisme et la dystrophie. L'application sur une plaie par contre est à éviter.

Riche en Vitamines A, E, C, K..., le piment possède de nombreuses propriétés bénéfiques pour l'organisme : stimule la salivation et aide à une meilleure digestion, prévient la formation de gaz dans les intestins, lutte contre la formation de caillots sanguins déclencheurs de crises cardiaques et d'attaques cérébrales, déclenche la diffusion d'endorphine (anti douleur similaire à la morphine) dans l'organisme. Contrairement à ce que l'on croit, le piment

n'irrite pas les parois de l'estomac, au contraire il active les sucs gastriques. Il ne déclenche pas non plus d'ulcères mais il ne vaut mieux pas en manger si on a déjà un ulcère[16].

III .1.7.Composition chimique du piment rouge :

- Colorants : 0.1 à 0.5% de l'extrait sec, caroténoïdes rouge à orange, Capsanthine, Capsorbine
- Vitamines :
 - C (acide ascorbique) : 0.1% (la vitamine C a été isolée pour la première fois par A. Von Szent-Györgyi à partir du paprika, en 1937 il reçut le prix Nobel)
 - Provitamine A, E
- Sels minéraux : Ca, Mg, P, K
- Huile essentielle: moins de 1%
 - Long hydrocarbure, acides gras, méthyle ester d'acide gras...
- Principe piquant : 1 à 4% de selon les variétés.
 - 66% Capsaïcine
 - 32% DihydroCapsaïcine
 - traces de nor-dihydro-capsaïcine, homo-dihydro-capsaïcine, homo-capsaïcine[17].

III.1.8. Utilisation des Capsicum :

Il faut toujours distinguer les deux grands types de piments : doux et forts. L'utilisation du piment doux, et plus particulièrement celle de son extrait, l'oléorésine de paprika, est importante dans le domaine de la salaison. Colorant naturel, le paprika est utilisé couramment dans les produits laitiers et même dans les boissons. Dans la cuisine méditerranéenne et d'Europe Centrale, le piment doux est souvent employé pour sa couleur et son goût de poivron.

Cependant, l'utilisation du piment est fortement répandue dans les cuisines traditionnelles de nombreux pays de la bande subtropicale, car il est aussi un excellent antiseptique. Par exemple, les enchiladas (viandes séchées au soleil au Mexique) doivent macérer dans des piments forts[13].



Figure3: La Poudre de paprika.

Partie II :
Matériel et méthodes

II.1. Provenance du matériel végétal :

Pour la réalisation des objectifs de notre travail, la plante récoltée de Ain el Hout (Tlemcen) vers la fin du mois de janvier, nous a été fournie par une herboriste de la région.

II.2. Préparation et Conservation :

Il est nécessaire de connaître les meilleures méthodes pour conserver les principes actifs de la plante et par conséquent la valeur nutritionnelle de l'épice qui en découle. La conservation impose trois étapes : la dessiccation, le conditionnement et le stockage.

II.2.1.La dessiccation :

La dessiccation consiste à éliminer progressivement l'humidité des plantes. Une plante humide devient une proie facile des bactéries et des champignons, qui l'attaquent et provoquent une altération de ses principes actifs. C'est pourquoi, après chaque récolte, le matériel végétal est nettoyé (débarrassé des débris) puis étalé sur du carton étendu par terre ensuite laissé sécher pendant un mois et demi à l'ombre, à l'abri de la poussière et dans des endroits bien aérés. Le matériel végétal est disposé par fines couches et remué de temps à autre.

II.2.2. Le conditionnement :

Une fois sec, le matériel végétal doit être conditionné de manière à ne pas souffrir de détérioration par l'action du soleil, de l'humidité ou de la chaleur. Notre plante (le fruit) séchée puis coupée en morceaux a été ensuite réduite en poudre à l'aide d'un moulin à café. Le broyat est mis dans des sachets en papier ou des récipients en verre.

II.2.3.Le stockage :

La conservation du matériel végétal emballé se fait dans un endroit sombre, frais et sec. En effet, la lumière, la chaleur et l'humidité sont les principales causes de détérioration de ces produits[4].

II.3.Teneur en eau :

II.3.1. Définition :

La teneur en eau des épices est une évaluation quantitative de l'eau. Appelée aussi humidité ou titre en eau, elle représente la quantité d'eau perdue par l'épice lorsqu'on la place en équilibre avec une pression de vapeur d'eau nulle. On exprime la mesure en « g » d'eau pour 100 g d'épice sèche.

II.3.2. Intérêt de la mesure :

La teneur en eau d'une épice détermine l'appétence et certains caractères organoleptiques de celle-ci. La mesure de la teneur en eau répond aux quatre nécessités suivantes :

- Nécessité technologique : pour déterminer les conditions optimales des opérations de récoltes, de séchage, de stockage, ou de transformation des aliments.
- Nécessité analytique : pour rapporter les résultats à une base fixe.
- Nécessité commerciale : les contrats d'achat et de vente stipulent la limite supérieure de la teneur en eau à ne pas dépasser.
- Nécessité réglementaire : la loi fixe de la teneur limite en eau de certains aliments.

II.3.3. Méthodes de détermination du taux d'humidité :

Un très grand nombre de méthodes sont décrites, elles sont consignées dans les normes AFNOR. La teneur en eau des aliments est très variable où elle est la plus faible dans les céréales (10 à 20%)

Le choix d'une méthode de détermination du taux d'humidité repose sur la fragilité de l'aliment, la quantité d'eau présente et l'importance de l'échantillon.

La teneur en eau peut être déterminée par perte de poids à la dessiccation (103-105°C à l'étuve pendant plusieurs heures).

Par cette méthode indirecte, on dose toutes les matières volatiles jusqu'à 105°C et on introduit une erreur plus ou moins importante selon la denrée (négligeable pour certaines denrées comme les épices). En réalité, on ne détermine pas la teneur en eau mais la teneur en matière sèche[18].

La matière sèche a été déterminée par la méthode AOAC 925.10 (1990).

Le principe repose sur la perte d'eau libre de notre échantillon qui est le paprika à l'étuvage. On pèse premièrement la coupelle vide et on note la valeur « M0 » lue. On ajoute dans la coupelle 5g de la poudre de paprika et on relève la nouvelle masse « M1 » de l'ensemble.

Puis on place l'ensemble dans une étuve à 105°C pendant 24 heures.

Après ce temps de séchage, la coupelle a été sortie de l'étuve, puis refroidie dans un dessiccateur (P₂O₅) avant d'être pesée à nouveau « M2 ».

La détermination de la teneur en eau (TE) du produit sera obtenue en faisant le calcul ci-après :[4]

$$T.E = \frac{M1 - M2}{M1 - M0} \times 100$$

II.4. Teneur en cendres totales :

Sur le plan nutritionnel, il n'y a pas beaucoup d'intérêt à connaître la teneur en cendres totales sauf pour fournir une estimation approximative de la matière inorganique totale et de vérifier si la matrice organique a été bien détruite. La teneur en cendres totales est cependant essentielle pour calculer les glucides totaux par différence.

La teneur en cendres brutes a été déterminée suivant la méthode AOAC 920.87

(1990). Elle consiste à minéraliser 2 g de poudre contenus dans un creuset en porcelaine dans un four à moufle. Le creuset de minéralisation vide a été préalablement nettoyé, séché et pesé (M0). Le creuset contenant la poudre de paprika (2 g) a été de nouveau pesé (M1), puis placé à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures.

Après séchage, le creuset a été sorti de l'étuve, puis refroidi dans un dessiccateur

(P₂O₅) avant d'être pesé (M2). Une fois pesé, le creuset a été introduit dans le four à 550°C pendant environ 6 heures, refroidi dans le dessiccateur et pesé à nouveau.

La teneur en cendres est la masse de produit restant dans le creuset après minéralisation rapportée à la masse sèche totale du produit. Les résultats exprimés représentent la moyenne de quatre essais[4].



Figure 4 : Cendres totales de paprika dans des creusets en porcelaine.

II.5. Dosage des minéraux :

La majorité des méthodes d'analyses des constituants inorganiques requièrent, soit une étape d'extraction et de concentration, soit une étape de destruction de la matrice organique. La destruction de la matrice supprime un grand nombre de sources potentielles d'interférence et

permet de récupérer la fraction inorganique d'intérêt dans une forme concentrée. La matrice organique était minéralisée par voie sèche mais, peut aussi être minéralisée par voie humide en présence d'acides concentrés (HCl) à chaud.

Une fois la matrice organique détruite, les constituants minéralisés peuvent être mesurés par différentes techniques. En plus des méthodes classiques utilisées comme la gravimétrie, la volumétrie, la polarimétrie et les méthodes colorimétriques, les méthodes instrumentales augmentent la rapidité d'analyse, l'automatisation et la fidélité. Il est essentiel d'utiliser des matériaux de référence (externe ou interne) les plus proches possibles de la matrice étudiée et de faire diverses mesures de contrôle de la qualité. Cette approche est d'une importance fondamentale pour la mesure des oligoéléments [19].

Les échantillons de poudre de paprika (2 g) ont été pesés dans un creuset puis introduits dans un four à moufle pendant 6 heures. La cendre obtenue a été dissoute dans 4 ml d'acide hydrochlorique concentré et la solution filtrée dans un flacon de 10 ml. Le volume a été complété avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, avant de servir à l'analyse des minéraux [4].

Plusieurs minéraux ont été déterminés par spectrométrie d'absorption atomique tels que : Plomb, cobalt, chrome, nickel, zinc, cadmium et cuivre

II.6. Dosage des lipides (corps gras) :

Les lipides sont des molécules composées d'acides gras, dont il existe de nombreuses sortes. Ils constituent la matière grasse organique. Pour l'extraction des corps gras, l'appareillage nécessaire est constitué : d'un ballon contenant l'hexane et la pierre ponce pour réguler l'ébullition placé au-dessus d'un chauffe ballon et au-dessous d'un soxhlet dans lequel est inséré la cartouche d'extraction en papier filtre, contenant environ 30 g de la matière à extraire. Ce montage est lié à un réfrigérant pour le refroidissement dans lequel les vapeurs du solvant se condensent. Ce condensat traverse la cartouche contenant la matière à extraire puis il est récupéré dans le ballon. A la fin de l'extraction qui a duré environ 1 h 30 mn, on laisse refroidir le ballon, puis on évapore le solvant au Rotavapor et on récupère l'huile. Pour réaliser une extraction correcte d'une substance, on réalise généralement plusieurs cycles à peu près 54 cycles tels que décrit précédemment [20].



Figure 5: Montage de soxhlet.

A la fin de l'extraction, il faut se débarrasser du solvant qui a permis d'extraire le composé souhaité en utilisant un évaporateur rotatif. (Figure 6)



Figure 6: Évaporateur rotatif.

II.7. Dosage des huiles essentielles :

Une huile essentielle, appelée aussi essence végétale (du latin *essentia*, « nature d'une chose ») est le liquide concentré et hydrophobe des composés aromatiques volatils d'une plante

Le matériel végétal séché est soumis à une hydrodistillation au moyen d'un dispositif d'extraction de type **Clevenger** (**Figure 7**). Cette technique se base sur le pouvoir que possède la vapeur d'eau à transporter les huiles essentielles. L'opération consiste à immerger une quantité de poudre de paprika séchée dans un grand ballon en verre, on y ajoute une quantité suffisante d'eau distillée sans pour autant remplir le ballon pour éviter les débordements de l'ébullition.

Le mélange est porté à ébullition à l'aide d'un chauffe ballon. Les vapeurs chargées d'huile essentielle passent à travers le tube vertical puis dans le serpentin de refroidissement où aura lieu la condensation. Les gouttelettes ainsi produites s'accumulent dans le tube rempli auparavant d'eau distillée. L'huile essentielle de faible densité par rapport à l'eau, surnage à la surface de cette dernière. L'huile ainsi obtenue est récupérée puis traitée par un déshydratant, le sulfate de sodium, pour éliminer le peu d'eau susceptible d'avoir été retenue dans l'huile et enfin conservée dans des flacons opaques bien scellés à température basse (4-5 °C). L'opération d'extraction dure en moyenne trois heures à partir du début d'ébullition.[21]



Figure 7 : Hydrodistillation de la matière sèche au moyen d'un dispositif d'extraction de type **Clevenger**.

II.8. Extraction des principaux colorants :

II.8.1. Extraction solide-liquide (chauffage à reflux) :

C'est une méthode d'extraction solide-liquide à chaud. Le reflux permet la réalisation d'une extraction à une température constante (température de reflux) égale à la température d'ébullition du solvant. Ainsi le solvant s'évapore et le réfrigérant recondense les vapeurs qui retombent dans le ballon, permettant au solvant d'être ainsi recyclé. Le chauffage (augmentant solubilité et transfert de matière), l'ébullition (agitation) et le reflux (recyclage du solvant) permettent une extraction efficace avec un appareillage relativement simple. Le chauffage à reflux est utilisé pour extraire efficacement des composés photochimiques [22].

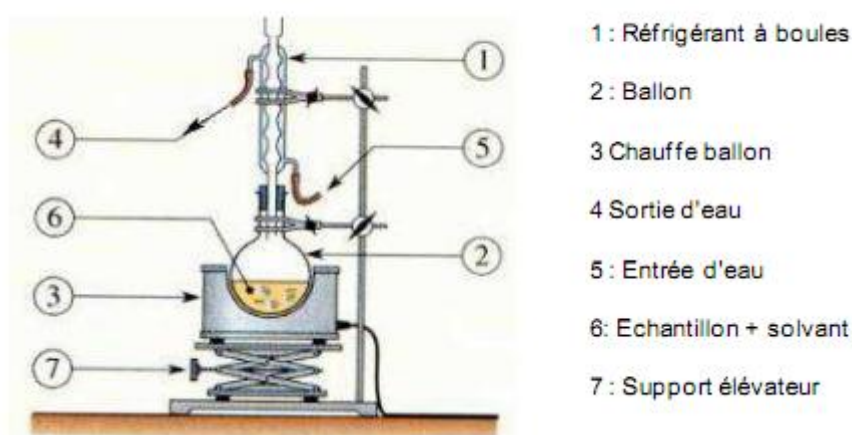


Figure 8 : Montage d'un système de chauffage à reflux.

❖ **Mode d'opérateur :**

- Les colorants de la poudre de paprika sont extraits par un solvant organique (le dichlorométhane : CH_2Cl_2). Dans un ballon de 100 ml, équipé d'un dispositif de chauffage à reflux,
- Introduire **2 g** de la poudre de paprika
- Ajouter **20 ml** de dichlorométhane
- Introduire quelques grains de pierre ponce.
- Maintenir à ébullition à **40°C** pendant **30 mn**.
- Laisser refroidir le mélange.
- Filtrer sur Büchner et récupérer le filtrat qui renferme tous les pigments du paprika[23].

II.8.2. Chromatographie des colorants extraits :

II.8.2.1. Présentation de la technique :

La chromatographie est une technique séparative analytique. Elle consiste à faire migrer les constituants à séparer sur une phase stationnaire immobile à l'aide d'une phase mobile liquide ou gazeuse de nature différente. Chaque molécule sera plus ou moins rapidement entraînée selon son affinité pour respectivement la phase stationnaire et la phase mobile, permettant la séparation des différents constituants présents.

A partir de ce principe très général, il existe de très nombreux types de chromatographie en fonction de la nature de la phase stationnaire, de la nature de la phase mobile, et de la nature des interactions entre ces phases et les molécules à purifier. En effet, selon les cas, les facteurs physico-chimiques qui interviennent comme critère de séparation sont totalement différents : ce peut être la masse moléculaire, la charge, l'hydrophile/hydrophobicité, la structure tridimensionnelle, ...etc. Évidemment, le choix est effectué au cas par cas en fonction des besoins. Il n'est d'ailleurs pas rare d'utiliser successivement plusieurs types de chromatographies au cours d'une même purification[24].

On distingue les différentes méthodes chromatographiques selon la nature des phases.

❖ Phase stationnaire:

- dans une colonne au travers de laquelle progresse la phase mobile par gravité ou sous l'action d'une différence de pression : chromatographie sur colonne
- sur une surface plane : chromatographie sur couche mince (CCM)

❖ Phase mobile :

Phase qui se déplace sur ou à travers la phase stationnaire, entraînant avec elle l'analyte.

Le processus d'entraînement de cet analyte est appelé élution. La phase mobile peut être un liquide ou un gaz[25].

II.8.2.2. Chromatographie sur couche mince :

a) Définition et Principe :

La Chromatographie sur Couche Mince (CCM) est une méthode de séparation physico-chimique. La couche mince (phase stationnaire qui est le gel de silice), constituée d'une substance finement pulvérisée, est appliquée ou fixée sur une plaque de verre, de métal ou

sur une feuille appropriée. La solution du mélange inconnue est déposée à la ligne de départ sous forme d'un point. La plaque est introduite dans une cuve étanche contenant l'éluant approprié (dichlorométhane).

La phase mobile ou éluant est un moyen de transport, qui est constituée d'un ou plusieurs solvants. Elle monte par capillarité dans la phase stationnaire, c'est-à-dire la couche poreuse. La séparation des constituants du mélange s'effectue grâce à l'ascension par la phase stationnaire (développement). Ensuite, les substances incolores seront rendues visibles (détection).

b) Choix de la phase stationnaire :

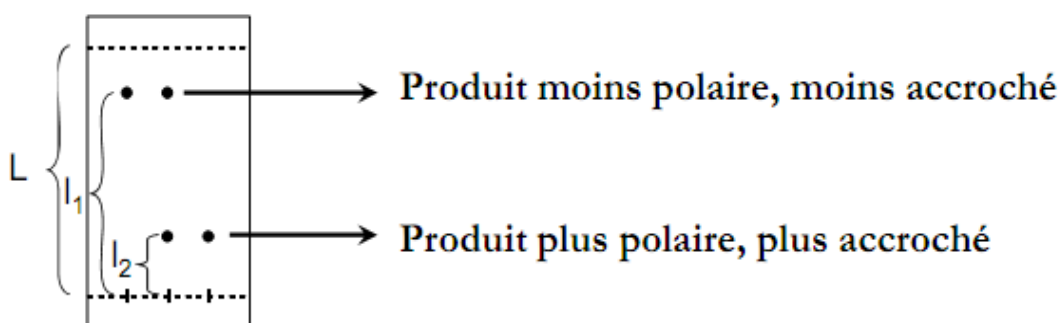
Le gel de silice est la phase stationnaire la plus importante et la plus utilisée. Il en existe de différentes sortes suivant qu'il contient ou non un agent liant ou un indicateur de fluorescence

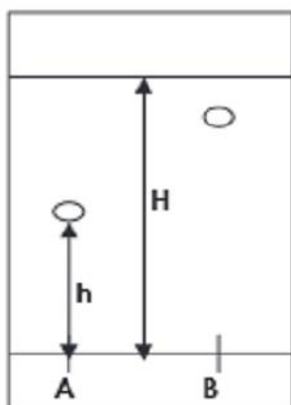
c) Choix de la phase mobile :

Le choix de la phase mobile (qui est un solvant ou un mélange de solvants) dépend avant tout de la polarité des constituants de l'échantillon et de la phase stationnaire. Ces deux phases doivent avoir des polarités opposées.[26]

d) Rapport frontal (R_f) :

Le R_f (rapport frontal ou rétention frontale) est caractéristique d'un produit dans un éluant donné et pour une phase stationnaire donnée. [27]





Rapport frontal :

$$R_f = \frac{h}{H}$$

- **h** : hauteur de la ligne de base à la tache **en cm**
- **H** : hauteur de la ligne de base au front du solvant **en cm**

$$R_f = \frac{\text{Hauteur de migration}}{\text{Hauteur du front de solvant}} = \text{valeur entre 0 et 1}$$

Il faut noter que chaque substance possède un R_f dans un système chromatographique donné. [26]

II.8.2.3 Chromatographie sur colonne :

La technique de la chromatographie sur colonne permet la séparation des différents constituants d'un mélange, mais elle peut être utilisée couplée à un moyen de détection, comme par exemple une spectroscopie UV-visible ou une spectrométrie de masse et on obtient ainsi une chaîne complète automatisable d'analyse[28].

a) Préparation de la colonne :

La réalisation d'une colonne impose de respecter certaines règles qui permettront une séparation efficace.

On place tout d'abord un morceau de coton au fond de la colonne que l'on recouvre d'éluant, afin d'éliminer l'air emprisonné dans le coton. On rajoute un demi-centimètre du sable environ au-dessus du coton, afin que la phase stationnaire ne puisse pas s'échapper de la colonne. On considérera ici que le sable n'a pas de propriétés adsorbantes.

Enfin, on remplit la colonne avec la phase stationnaire en réalisant une suspension de silice dans l'éluant qui est le dichlorométhane. Le gel ainsi formé est introduit dans la colonne grâce à l'entonnoir. On rince avec l'éluant et on le laisse s'écouler.

Une fois la colonne remplie, cette couche permet de réaliser des dépôts et d'ajouter de l'éluant sans perturber la surface de silice, ce qui empêcherait une bonne séparation. On s'assure régulièrement de ne pas assécher la phase stationnaire, en vérifiant qu'il reste toujours de l'éluant.

b) Dépôt de l'échantillon :

On amène le niveau d'éluant au niveau de la surface de la phase stationnaire. On peut alors déposer délicatement la solution de l'extrait de paprika en haut de colonne à la pipette Pasteur afin de ne pas perturber la surface de silice.

On ouvre le robinet pour que les colorants arrivent au niveau de la silice. On rajoute quelques millilitres d'éluant et on ouvre de nouveau le robinet afin de s'assurer que toute la solution soit en tête de la colonne de silice.

c) Alimentation de la colonne en élution:

On peut alors ajouter l'éluant. Les premiers millilitres doivent toujours être ajoutés avec précaution à la pipette pasteur. Ensuite, on peut ajouter l'éluant plus rapidement en le versant directement dans la colonne.

L'éluant utilisé ici dans un premier temps est le dichlorométhane ; il permet l'élution de deux phases principales où la première est jaune et la deuxième est rouge alors qu'une troisième phase reste fortement retenue par la silice de couleur orange. Après avoir récupéré les deux premières, on change l'éluant pour récupérer le dernier colorant. Pour ce faire, on utilise de l'acétate d'éthyle[28].

Figure 9 : chromatographie sur micro-colonne de paprika (une seringue).



II.8.2.4 Techniques d'identification structurale :

L'objectif des spectroscopies optiques est d'obtenir des informations sur la matière à partir de son interaction avec le rayonnement. Selon la fréquence du rayonnement incident (c'est-à-dire son énergie), typiquement l'ultraviolet (UV), le visible ou l'infrarouge (IR), l'interaction matière rayonnement concerne divers types de niveaux d'énergie de la matière. Le type d'information obtenu dépendra de la sensibilité de l'appareillage (et, donc, de la méthode d'enregistrement du spectre) et de la nature de l'échantillon (état physique : gaz, liquide, solide...). En pratique, l'analyse peut être qualitative : l'identification d'un composé est recherchée à partir de sa signature spectrale, celle-ci dépendant des niveaux d'énergie « sondés » par le rayonnement, ou quantitative : dans ce cas, outre l'identification, c'est une méthode de dosage d'une substance, grâce à sa signature spectrale, qui est recherchée[29].

a) Spectroscopie U.V : Analyse spectrophotométrique des différentes fractions

Les techniques de spectroscopie UV-visible sont des méthodes simples et rapides qui fournissent des informations sur la nature chimique, les propriétés physico structurales, et les caractéristiques optiques des composés.

C'est une méthode quantitative et qualitative de grande utilité pour les analyses chimiques. Dans les composés, chaque fonction absorbe à une longueur d'onde bien déterminée. Ceci permet de caractériser les molécules.

La mesure de l'absorption UV permet également de connaître ou de déterminer la composition chimique d'un mélange, par comparaison avec des témoins[30].

Pour notre part, les trois pigments ont été traités par UV-visible. (Thermo ELECTRON CORPORATION-Evolution 100)

b) Spectroscopie dans l'infrarouge :

La spectroscopie infrarouge (IR) est une classe de spectroscopie qui traite de la région infrarouge du spectre électromagnétique. Elle peut être employée pour l'identification de composés ou pour déterminer la composition d'un échantillon. Les tables de corrélation de spectroscopie infrarouge sont largement présentes dans la littérature scientifique. Le domaine infrarouge s'étend de 0,8 μm à 1000 μm [31].

Préparation d'un échantillon Infrarouge (Perkin Elmer – Spectrum One « FT-IR Spectrométer)

Suivant la nature de l'échantillon, solide ou liquide, les techniques diffèrent. Un solide sera broyé en présence de bromure de potassium (qui est transparent jusqu'à 400 cm^{-1}) puis comprimé sous pression réduite pour former une fine pastille. Une autre technique consiste à disperser le solide dans une paraffine et à déposer la suspension sur une pastille de chlorure de sodium monocristallin (transparent jusqu'à 625 cm^{-1})[32].

Dans notre cas, nous avons utilisé la première technique celle du KBr.

Partie III :
Résultats et
Interprétations

III.1. La teneur en eau :

La teneur en eau de la poudre du paprika (*Capsicum annum*) est de l'ordre de 17%. Cette valeur représente la moyenne de quatre essais. Ce résultat montre que cette épice peut être classée parmi les épices à basse teneur en eau. Ces teneurs en eau relativement faibles confèrent aux poudres d'épices une plus grande stabilité et par conséquent un stockage assez long. Le taux d'humidité obtenu est supérieur à celui donné par l'Association Européenne des Epices (2011) pour du paprika moulu dont la teneur est de 11%. En comparant notre résultat avec celui obtenu par Abdou Bouba Armand (janvier 2009) sur l'épice de *Capsicum frutescens* ; une espèce de même famille que *Capsicum annum*, les teneurs en eau sont similaires.

III.2. La teneur en cendres totales :

L'incinération complète de notre épice a donné lieu à des cendres de couleur blanche à grise. Les cendres obtenues sont légères et ont une masse plus au moins faible dont le pourcentage correspondant est de l'ordre de 8%. Ce résultat indique qu'environ 0,08g de minéral pourrait être fourni par la consommation de 1g d'épice. Cette forte teneur en cendres montre que cette épice pourrait être une bonne source alimentaire de minéraux. En outre, l'Association Européenne des Epices (2011) donne pour du paprika moulu un pourcentage en cendres de 10%.

III.3. Dosages des minéraux :

Les résultats des minéraux dosés sont rassemblés dans le tableau 4. Les éléments qui y figurent, appelés aussi métaux lourds, sont présents dans l'épice à l'état de traces.

La teneur en chrome s'avère élevée par rapport aux teneurs des autres éléments qui se sont révélées faibles. La plupart d'entre eux, les oligo-éléments, sont nécessaires à la vie en faible dose. Ils peuvent cependant se révéler très nocifs en quantités trop importantes ; c'est le cas du cuivre et du chrome. D'autres ne sont pas nécessaires à la vie et sont préjudiciables dans tous les cas, comme le plomb, le cadmium. Les métaux lourds s'accumulent dans les organismes vivants et ont des effets toxiques à court et long terme. Certains, comme le cadmium, le chrome et le plomb, sont cancérogènes.

Minéral	Concentration (ppm)
plomb	0.762 ± 0.013
cadmium	0.018 ± 0.001
chrome	42.225 ± 3.965
zinc	1.826 ± 0.024
cobalt	0.409 ± 0.003
nickel	0.450 ± 0.005
Cuivre	4.065 ± 0.785

Tableau 2: Les teneurs du paprika en minéraux

III.4. Dosage des lipides (corps gras) :

La méthode Soxhlet est la méthode de référence utilisée pour la détermination de la matière grasse dans les aliments solides déshydratés. C'est une méthode gravimétrique, puisqu'on pèse l'échantillon au début et la matière grasse à la fin de l'extraction. Cette épice est à 4% en corps gras. Le fruit du paprika est considéré comme non oléagineux. La valeur trouvée est calculée par rapport à la matière sèche comme suit :

M_1 (Masse de la cartouche vide)= 1.80 g

M_2 (Masse de la cartouche remplie de paprika)= 11.80 g

M_0 (Masse de paprika utilisée) = 10 g

→ M_3 (Masse de paprika sèche correspondante) = 8.32g

M_i (Masse du ballon vide)=103.24 g

M_f (Masse du ballon + huile essentielle)=103.58 g

Le rendement en matière grasse :

$$R\% = \frac{M_f - M_i}{M_3} \times 100 \rightarrow R = \frac{0.34}{8.32} \times 100 = 4.09\%$$

III.5. Dosage des huiles essentielles :

Les huiles essentielles de l'épice ont été obtenues par hydrodistillation au moyen d'un extracteur de type Clevenger. L'huile essentielle obtenue de couleur jaune pâle est d'une odeur piquante très forte. Le rendement d'extraction est faible où la teneur en huiles essentielles est de 0.066 %. Cette valeur est calculée par rapport à la matière sèche comme suit :

M_0 (Masse de paprika utilisée) = 237 g

M_1 (Masse de paprika sèche correspondante) = 197.28 g

M_f (Tube+ huile essentielle) = 2.97 g

M_i (Tube vide) = 2.84 g

Le rendement en huiles essentielles est :

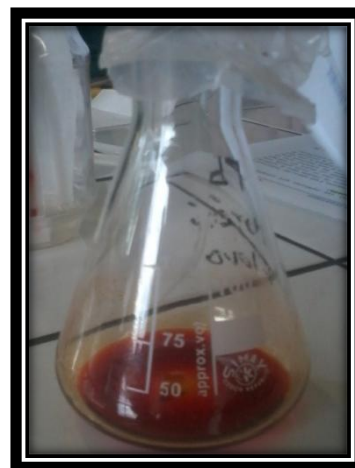
$$R\% = \frac{M_f - M_i}{M_1} \times 100 \rightarrow R\% = \frac{0.13}{197.28} \times 100 = 0.066 \%$$

III.6. Extraction des principaux colorants :

III.6.1. Extraction solide-liquide :

Après une extraction solide-liquide par un chauffage à reflux de la poudre de paprika avec du dichlorométhane, l'extrait obtenu a été concentré (**Figure 10**) pour des utilisations ultérieures.

Figure 10 : l'extrait du paprika.



III.6.2. Chromatographie des colorants extraits :

III.6.2.1. Chromatographie sur couche mince :

➤ Choix de l'éluant :

Dans le but d'une meilleure séparation des principaux colorants du paprika et après quelques tâtonnements, plusieurs systèmes d'éluant ont été utilisés comme :

- 1- Cyclohexane/Acétone/Ether de pétrole : 5/10/85%
- 2- Dichlorométhane/Acétate d'éthyle : 80/20%
- 3- Dichlorométhane/Acétate d'éthyle : 50/50%
- 4- Dichlorométhane

Les résultats obtenus pour les différents systèmes sont illustrés par les chromatogrammes (figures 12, 13, 14, 15)



Figure 11 : CCM de l'extrait
(Premier éluant)

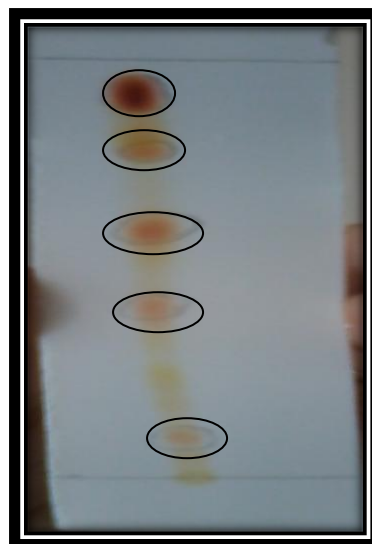


Figure 12 : CCM de l'extrait
(deuxième éluant)



Figure 13 : CCM de l'extrait
(troisième éluant)



Figure 14 : CCM de l'extrait
(quatrième éluant)

Pour les trois premiers systèmes, la migration et la séparation des colorants étaient peu convaincantes avec apparition de trainées. Nous avons donc opté pour le dernier éluant, résultat qui concorde avec la plupart des protocoles que nous avons consultés et qui préconisent l'usage du dichlorométhane pour cette chromatographie. En effet, la migration et la séparation des différents colorants étaient bien visibles. Par ailleurs, cet éluant présente

l'avantage de se conserver assez bien du fait de sa faible volatilité. Les caractéristiques des tâches principales sont données dans le tableau :

Tâche	Couleur	Rapport frontal(Rf)
Tâche1	Jaune	0.81
Tâche2	Rouge	0.36
Tâche3	orange	0.10

Tableau 3 : Caractéristiques des tâches obtenues.

III.6.2.2. Chromatographie sur colonne :

Sur la colonne, apparaissent trois tâches principales. Nous observons bien que l'ordre de sortie de la colonne est le même que l'ordre de migration sur la plaque: une tâche jaune migrant le plus haut sur la plaque CCM se trouve la plus rapidement entraînée par le dichlorométhane et qui correspond à un composé très peu polaire, suivie d'une tâche rouge correspondant à un composé moyennement polaire. Pour la troisième tâche qui a été retenue par la silice, elle a été entraînée par l'acétate d'éthyle. Douze fractions de paprika ont été recueillies et rassemblées en trois fractions principales. Ces dernières ont été par la suite analysées par CCM en présence d'une référence le β carotène. Le choix de ce composé témoin nous a été dicté suite à notre revue bibliographique de tous les protocoles sur l'extraction du paprika. Sur le chromatogramme obtenu (figure 18) nous remarquons que la fraction 1 et le β carotène présentent tous les deux une tâche jaune de même rapport frontal R_f .



Figure15 : les douze fractions de paprika principales Obtenues chromatographie sur colone .

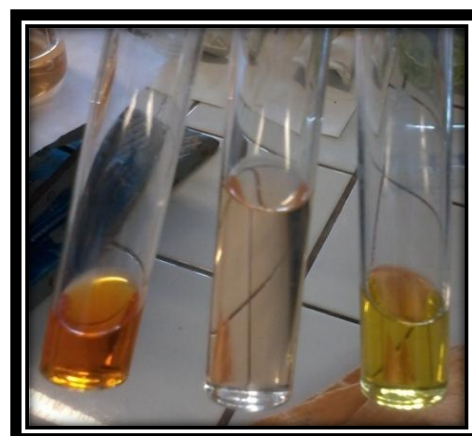


Figure16: les trois fractions du paprika.

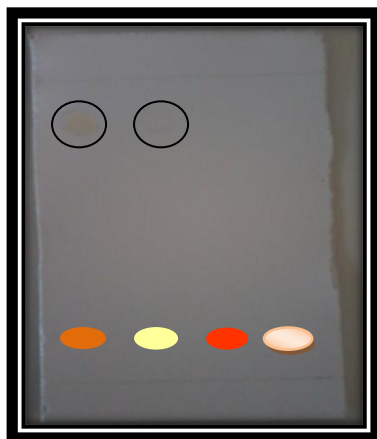
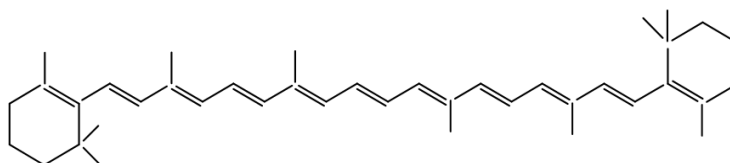
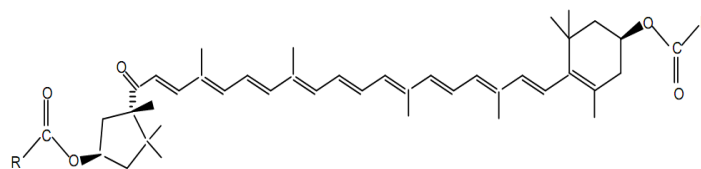


Figure 17 : CCM des trois fractions en présence du β carotène.

Le résultat obtenu ne fait que confirmer ce qui a été rapporté par la littérature concernant la nature des trois principaux colorants. En effet, en plus du β -carotène (famille des caroténoïdes), la tâche rouge correspond aux esters gras de la capsanthine alors que la tâche orange représente un ester gras de la capsorbine.

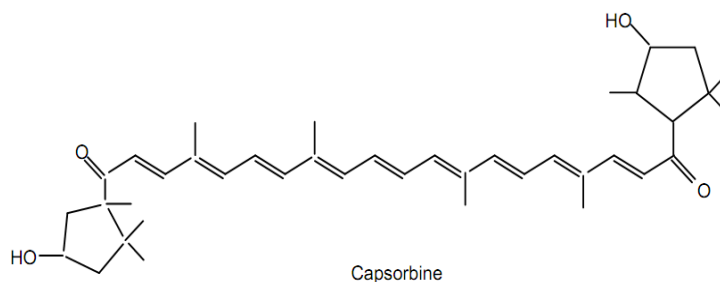


β carotène



Esters d'acides gras de la capsanthine
R = chaîne de 3 carbones ou plus

Capsanthine



Capsorbin

Les trois molécules possèdent 9 liaisons conjuguées, ce qui explique qu'elles sont colorées.

III.6.2.3. Techniques d'identification structurale :

a) Spectrophotométrie U.V :

Nous analysons les trois fractions 1 (jaune), 2 (rouge) et 3 (orange) au spectrophotomètre. Les spectres d'absorbance sont illustrés dans les figures (18, 19, 20)

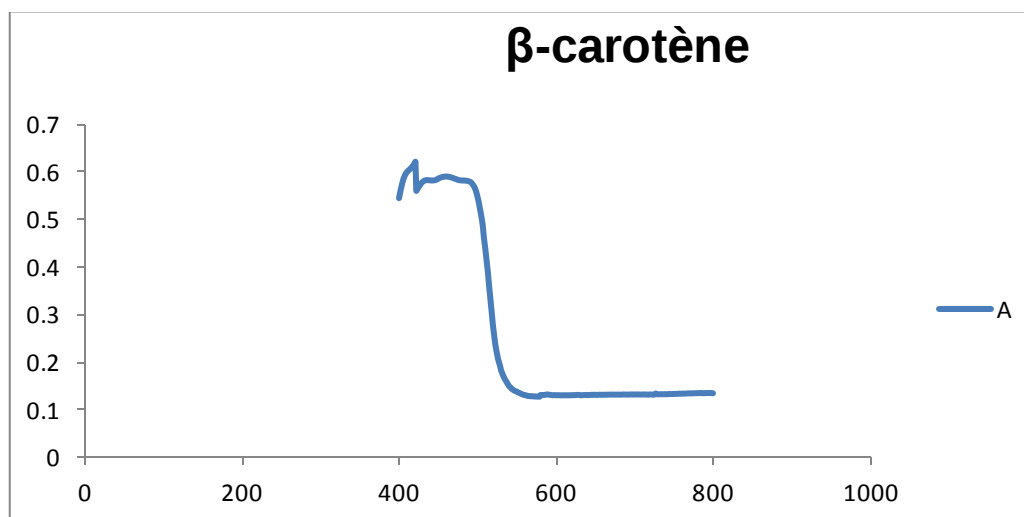


Figure 18 : spectre U.V-visible de la fraction jaune.

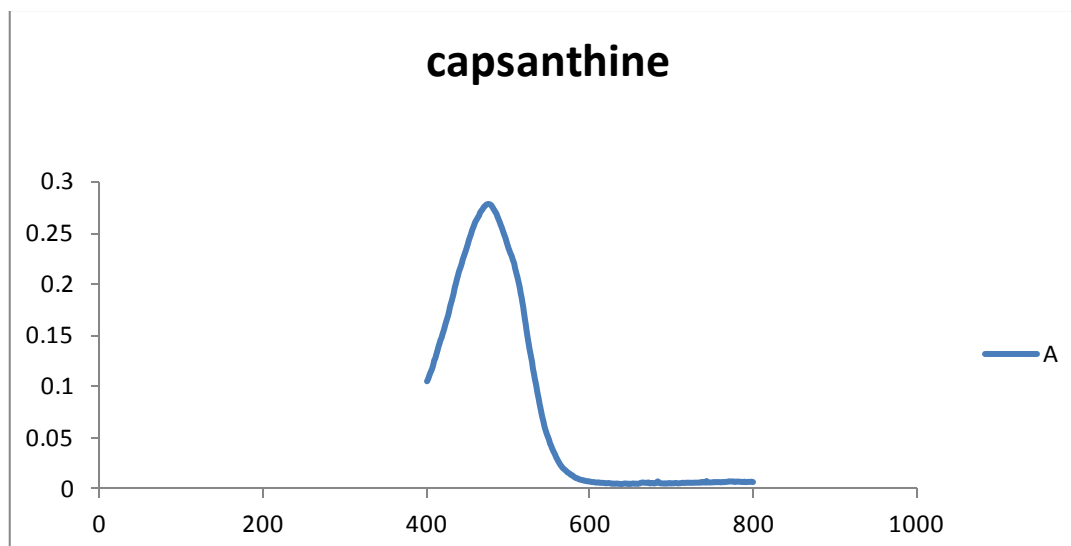


Figure 19 : spectre U.V-visible de la fraction rouge.

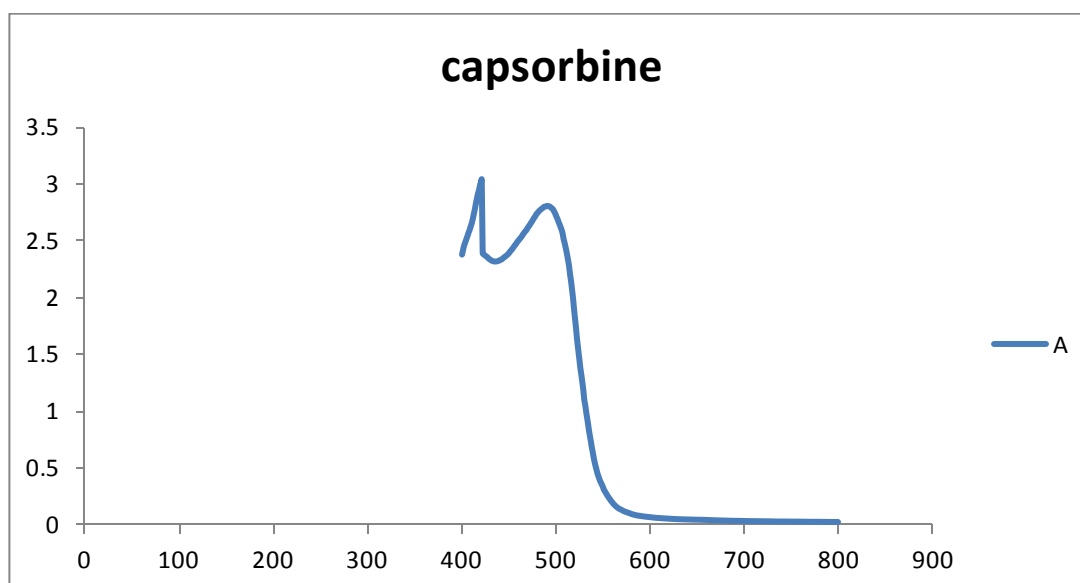


Figure 20 : spectre U.V-visible de la fraction orange.

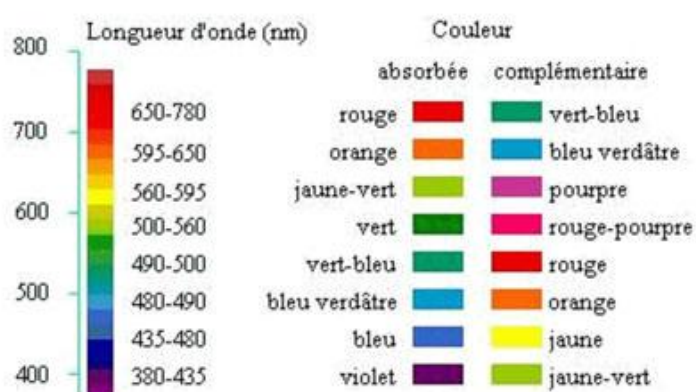
Nous remarquons bien que la longueur d'onde du maximum d'absorption et l'allure générale du spectre varie d'une fraction à une autre. En sachant que la couleur de chaque fraction dépend de la longueur d'onde absorbée, les couleurs des fractions sont compatibles avec les spectres d'absorbances ci-dessus. En effet, toutes les fractions absorbent dans le bleu, comme leur couleur le laissait prévoir :

- La fraction 1 absorbe les radiations bleues aura une coloration jaune correspondant à la couleur complémentaire du bleu.
- La fraction 2 absorbe les radiations bleues-verdâtres aura une coloration orange

- La fraction 3 absorbe les radiations vertes-bleues aura une coloration rouge

Couleur absorbée	violet	Bleu	vert	jaune	orange	rouge
Longueur d'onde (nm)	400 - 424	424 – 491	491 - 575	575 - 585	585 - 647	647 - 850
Couleur complémentaire	jaune - vert	Jaune	pourpre	bleu	vert - bleu	bleu- vert

Tableau 4 : les couleurs absorbées et leurs longueurs d'ondes.



b) Spectroscopie dans l'infrarouge :

Les spectres Infra Rouge des trois fractions sont illustrés dans les figures (21, 22, 23). Les valeurs des bandes principales caractéristiques de nos composés sont reportées dans les tableaux (5, 6, 7)

➤ Fraction jaune :

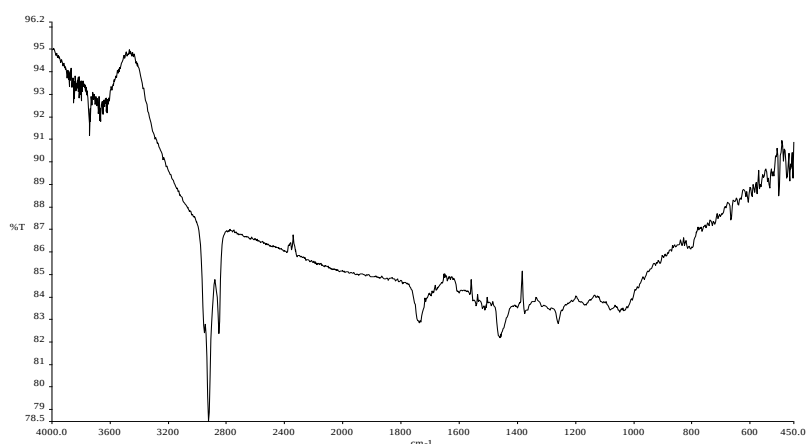


Figure 21 : Spectre I.R de la fraction jaune

L'examen de ce spectre fait apparaître des bandes d'absorption présentées dans le tableau suivant (**tableau 5**)

Les bandes	Nombre d'onde (cm ⁻¹)	Les bandes	Nombre d'onde (cm ⁻¹)
C _{sp} 3-H	2800-3000	Cycle aromatique	690-710
C=O	1600-1800	o-	735-770
cis-RCH=CHR	675-725	m-	750-810
R ₂ C=CHR	790-840	C=C	1600-1670

Tableau 5 : les bandes d'absorptions du spectre IR de la fraction jaune

➤ **Fraction rouge :**

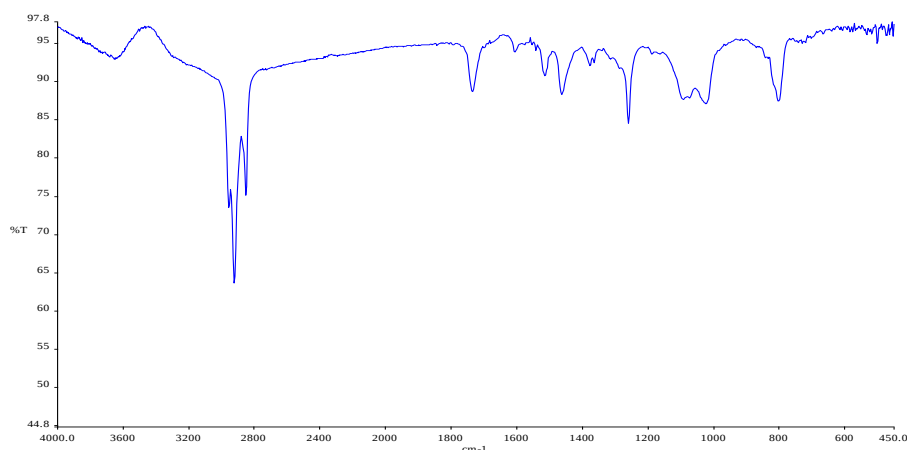


Figure 22 : Spectre I.R de la fraction rouge

L'examen de ces spectres fait apparaître des bandes d'absorption présentées dans le tableau suivantes : (**tableau 6**)

Bande	Nombre d'onde (cm ⁻¹)	Bande	Nombre d'onde (cm ⁻¹)
C _{sp} 3-H	2800-3200	C-O	1280
C=C	1600-1800	RCOOR	1735
C=O	1600-1750	RCO ₂	1400-1600

Tableau 6: les bandes d'absorptions du spectre IR de la fraction rouge

➤ Fraction orange :

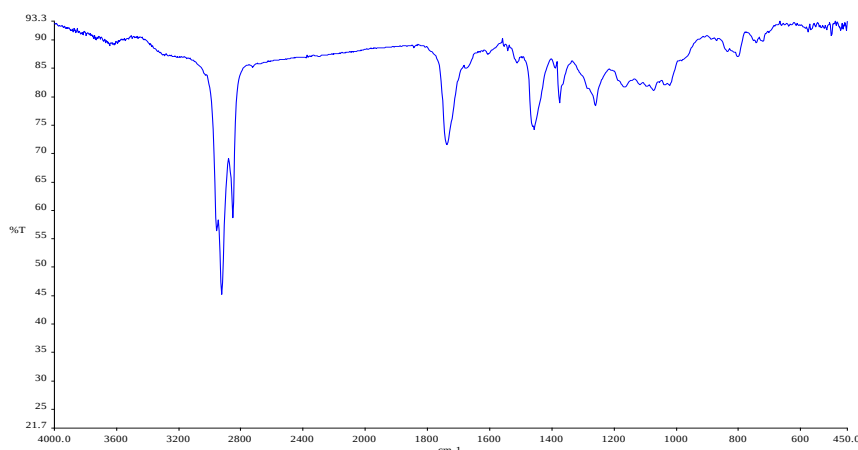


Figure 23 : Spectre I.R de la fraction orange

L'examen de ces spectres fait apparaître des bandes d'absorption présentées dans le tableau suivant : (**tableau 7**)

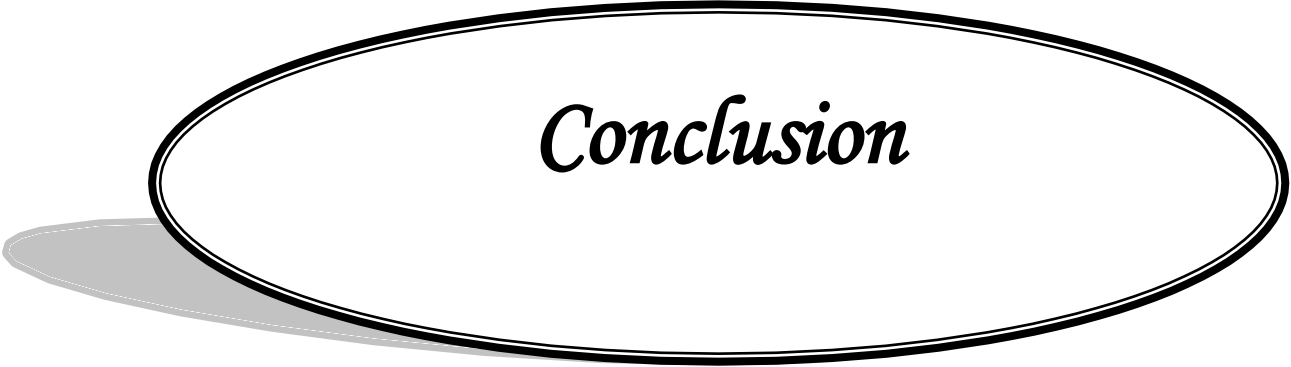
Les bandes	Nombre d'onde (cm-1)
C _{sp} 3-H	2800
C=C-C=O	1675
C=C-COOR	1720

Tableau 7 : les bandes d'absorptions du spectre IR de la fraction orange

A la lecture des résultats obtenus, nous pouvons dire qu'il existe une relation entre la structure moléculaire et la couleur de chaque fraction. En effet, nous rencontrons dans la structure des différents colorants un même système de liaisons conjuguées caractérisé par une alternance de liaisons simples C-C et doubles C=C. Un tel système de diènes conjugués est à l'origine de l'absorption de la lumière à certaines longueurs d'onde déterminées et confère à chaque colorant sa couleur particulière. Par ailleurs, la multiplicité des couleurs est due également à la présence de nombreuses fonctions chimiques fixées sur les cycles carbonés telles que les fonctions cétone, ester....

D'autre part, il existe une relation entre la structure moléculaire et la migration des divers colorants lors de l'analyse chromatographique. En effet, les différences d'élution des trois colorants sont dues à la présence des différents groupes précédemment cités et qui donnent aux molécules un caractère polaire, plus important pour les cétones et les groupes hydroxyles

que pour les esters. Toutefois, la silice comme phase stationnaire est un composé polaire alors que le dichlorométhane utilisé comme éluant est un solvant apolaire.



Conclusion

Conclusion

Le travail qui fait l'objet de ce mémoire consiste à une étude physicochimique et à une mise en évidence des principaux colorants de *Capsicum annuum* L. (solanacées); une plante à épice très utilisée localement.

L'étude commence par la préparation de l'épice à partir de la plante. Sur l'épice obtenue et communément connue sous le nom paprika, nous avons dosé l'humidité, les cendres, les minéraux, la matière grasse ainsi que les huiles essentielles. Une teneur en eau relativement faible confère à cette épice une bonne stabilité pendant le stockage. Le paprika qui pourrait constituer une bonne source alimentaire est dépourvu de métaux toxiques. Par ailleurs, le paprika est non oléagineux et présente une teneur très faible en huiles essentielles.

En outre, une extraction solide-liquide par un chauffage à reflux de la poudre de paprika avec du dichlorométhane nous a permis d'obtenir un extrait à partir duquel nous avons séparé les principaux colorants à l'aide de méthodes chromatographiques. Les techniques spectroscopiques (UV-visible, Infra Rouge) ont servi pour confirmer l'identité de ces colorants : il s'agit bien du β -carotène, de la capsanthine et de la capsorbine. Les structures de ces derniers révèlent une alternance de liaisons simples C-C et doubles C=C et la présence de nombreuses fonctions chimiques qui sont à l'origine de l'absorption de la lumière à certaines longueurs d'onde et par conséquent de la couleur de chaque colorant.

Le résultat obtenu ne fait que confirmer ce qui a été rapporté par la littérature concernant la nature des trois principaux colorants.

Par ce travail, nous espérons apporter notre modeste contribution à l'analyse des quelques paramètres physicochimiques de cette épice qui est le paprika.

Les Références

1. Richard, H., *Épices et herbes aromatiques*. 30 avril 2008.
2. "conférences des nations unies sur le commerce et le développement ". 2009-2015.
3. *une histoire des épices*.extrait de biocontact N°14. juillet 2005.
4. Armand, A.B., université de Ngaoundere.Spécialité : *Procédés Biotechnologiques et Alimentaires*<Contribution à l'étude du développement d'un aliment fonctionnel à base d'épices du Cameroun : Caractérisation physico-chimique et fonctionnelle>. 20 janvier 2009.
5. Dr Keith Scott d'après *Medicinal Seasonings* , "Les épices et votre santé". 2006.
6. *l'actualité de guide pierrade.Quelles différences entre les épices et les plantes aromatiques?* . 20/02/2012.
7. CIFAM Sainte-Luce-sur-Loire. Rédaction : Cap Aliment et Food Development, compte-rendu de l'atelier professionnel Sciences et cuisine <les épices et aromates>. 8 décembre 2014.
8. *la chimie de couleur*.extrait du livre- editions ellipses.
9. Goffart Alain et Remacle Marie-Sylvie et Scoubeau Olivier ,Université Catholique de Louvain Festival des Sciences – UCL, LLN<La nature nous en fait voir de toutes les couleurs>. 2002.
10. Belaroussi Asma et Belkacem Saadoun Soumia, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran-Mohamed Boudiaf 'Etude d'extraction de colorant par adsorption sur des substances naturelles'. 2013/2014.
11. Piment ou capsicum annuum.
http://www.homejardin.com/piment/capsicum_annuum.html.
12. *Les piments rouges*. libertalia, Publié le mercredi 24 juillet 2013 à 14:02.
13. *Zoom sur les Capsicum : Le piment* .thiercelin 1809 04 join 2012.
14. Isabelle C., *Piment : semis, culture et récolte*. 13 avril 2013
15. Poivron, Piment.
<http://www.aujardin.info/plantes/poivron.php#jwHHKYryUetx6lFk.99>.
16. Halloun, R., *Quels sont les bienfaits du piment ?* .www.MOUN.com. MOUN, 7/7/2009.
17. *Piment - Capsicum sp. Cond (Fr) ; Cult (Fr) ; Med (Fr)*

18. J.C. Peuch, *Détermination de la teneur en eau dans des milieux hydratés par une technique micro-ondes.*
19. H.Greenfield & Southgate D.A.T, livre: *Données sur la composition des aliments.* seconde édition. page: 134.
20. <<matériel de chimie >>. <http://www.lachimie.fr/materiel/extraction.php>.
21. Mebarka, L., "*Contribution à l'étude de la composition chimique et de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles de Tinguarra sicula (L.) Parl. et de Filipendula hexapetala Gibb*". Université Ferhat Abbas-Setif . la faculté des Sciences Département de Biologie .Spécialité : Biologie et Physiologie Végétale
22. BONY, N.F., "*Stratégie analytique des tradimédicaments : établissement de profils chromatographiques des métabolites phytochimiques apolaires* ". Université de Paris Sud, Faculté de pharmacie de Chatenay- Malabry, pole: chimie 26 septembre 2013 p. 68.
23. Boulekras, N., << *Chromatographie du paprika* >>.Travaux Pratiques de Chimie Organique
24. Ali Ladram, G.C., <<La chromatographie>>. 15 mai 2012.
25. DENAT, P.F., <<chromatographie>>. 2010.
26. mavwanda, G.P., <<Contribution à l'étude de la qualité des comprimés d'Artésunate en coblister douze mois après la peremption>>.Université de Kinshasa - Pharmacien Dans la categorie: Biologie et Médecine. 2008.
27. <<Techniques de Principes de la chromatographie>>.université de SHERBROOKE.
28. A. Bourgeais et E. Florentin , *Fiche sur la technique de la chromatographie sur colonne.* 25/11/2002.
29. Michel Dalibart, L.S., "*Spectroscopie dans l'infrarouge* ".La mémoire vivante des Techniques de l'Ingénieur !Référence P2845 10 déc. 2000
30. Adlen, B., '*Etude phytochimique et de la phase butanolique de l'espece Inula crithmoides*' L'Université Mentouri constantine, faculté des sciences exactes
mai 2008
31. Mouni, D.L., Maitres de conférences classe A, and D.d.ld.r. LGVRNAQ, "*Cours de spectroscopie infrarouge*".
32. Gennet, D., <<Introduction à la spectroscopie Infrarouge (I.R.).>>.Laboratoire de Synthèse Organique (DCSO) - Ecole Polytechnique. 07/01/2004.

Résumé

Ce travail porte sur l'étude physicochimique de *Capsicum annum* L. (solanacées) ; une plante à épice de la région de Tlemcen.

L'épice qui en découle est communément connue sous le nom paprika. L'humidité, les cendres, les minéraux, les corps gras ainsi que les huiles essentielles ont été dosés. Le paprika est une épice non oléagineuse à faible teneur en huile essentielle. Dépourvue de toxicité, elle pourrait constituer une bonne source alimentaire.

Par ailleurs, les colorants principaux du paprika ont été extraits et séparés par chromatographie. Ces colorants ont été analysés par spectroscopie UV-visible et par Infrarouge. Il s'agit du β -carotène, la capsanthine et la capsorbine responsables de la couleur rouge de notre épice.

Mots clés : paprika, capsicum annum, physicochimie.

Abstract

This work focuses on the physicochemical study of *capsicum annum* L. (Solanaceae); a spice plant in the region of Tlemcen. There sulting spice is comm only known under the name paprika. The moisture, ash, minerals, fats and essential oils have been as sayed. Paprika is a spicenon oleaginous low essential oil content. Non-toxic, it could be a good food source. Furthermore, the major colorants of paprika were extracted and separated by chromatography. These dyes were analyzed by UV-Visible spectroscopy and Infra-Red. This is the β -carotene, capsanthin and capsorbine responsible for the red color of our spice.

Keywords: paprika, capsicum annum, physicochemistry

ملخص

يتركز هذا العمل على الدراسة الفيزيائية والكيميائية لـ: *capsicum annum* L. (Solanaceae) نبتة توابل من منطقة تلمسان يعرف التابل الناتج تحت اسم بائريكا.

تم معايرة الرطوبة، الرماد، المعادن، الدهون، والزيوت الأساسية. يعتبر بائريكا تابل غير زيتي ذو محتوى ضعيف من الزيوت الأساسية.

التابل غير سام ويعتبر مصدر غذاء جيد، علاوة على ذلك، تم استخراج الملونات الأساسية لبائريكا وفصلها بالكروماتوغرافيا . تم تحليل هذه الملونات بواسطة التحليل الطيفي للأشعة فوق بنفسجية وتحت الحمراء يتعلق الأمر بـ β -carotène, capsanthine, capsorbine, المسؤولة عن لون التابل.

الكلمات المفتاحية: بائريكا, capsicum annum, الفيزيائية الكيميائية