

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et Sciences Agronomiques

Département de Biochimie et de Microbiologie



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master 2

Option : Alimentation Humaine et Qualité des Produits

Thème

Effet d'une nouvelle matrice de conservation sur la qualité de poudre des feuilles de *Pulicaria odorae* séchées à l'air libre

Réalisé par : Melle OUADI LILIA

Proposé et dirigé par :

Melle BENAHMED DJILALI ADIBA

Maître de Conférences (A) (UMMTO)

Devant le jury :

Mr SAADOUDI R. Président

Maitre de Conférences (A) (UMMTO)

Mr YESLI A. Examineur

Maître Assistant (A) (UMMTO)

Mme KESBIA K. Examinatrice

Maître Assistante (A) (UMMTO)

2016/2017

Remerciements

Avant tous, mes remerciements infinis sont adressés à « Dieu le plus puissant » de m'avoir donné le courage et la santé pour achever se travail.

Ou moment où s'achève ce travail, permettez-moi de remercier du fond du cœur, tous ceux et toutes celles qui, pendant cette période, m'ont dirigé, soutenu, aidé et encouragé.

Tout d'abord, je tiens particulièrement à remercier ma promotrice, Melle BENAHMED DJILALI ADIBA, Maître de Conférence (A) à l'Université de Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, pour d'une part, son accord d'avoir m'encadrer et me proposer un sujet aussi passionnant et sa présence permanente, d'autre part, j'ai pris le plaisir de travailler avec elle.

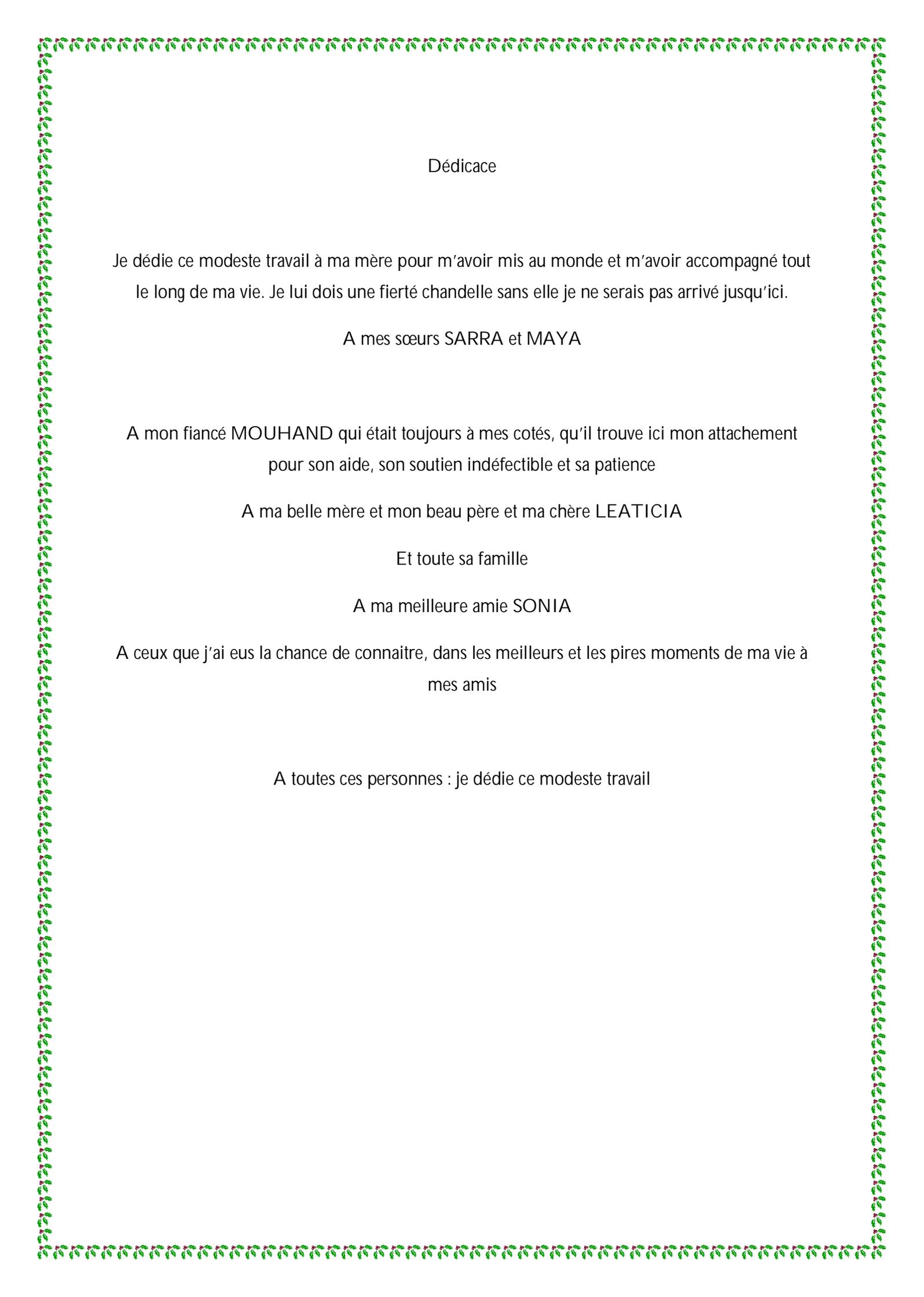
Je remercie aussi Mr SAADOUDI qui m'a fait l'honneur d'accepter de présider le jury de soutenance

Mes remerciements sont aussi adressés à Mr YESLI et Mme KESBIA d'avoir eu la gentillesse de faire partie du jury de soutenance et d'examiner ce travail.

Mes remerciements sont adressés à Monsieur BENMOUNAH directeur de l'Unité de Recherche de l'Université de Boumerdès pour son accord afin de réaliser les analyses de la rhéologie.

Je tiens à remercier aussi les ingénieurs du laboratoire commun 1 pour leur assistance et leur orientation tout au long de la manipulation.

Et enfin, mes remerciements sont exprimés à toutes les personnes qu'ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.



Dédicace

Je dédie ce modeste travail à ma mère pour m'avoir mis au monde et m'avoir accompagné tout le long de ma vie. Je lui dois une fierté chandelle sans elle je ne serais pas arrivé jusqu'ici.

A mes sœurs SARRA et MAYA

A mon fiancé MOUHAND qui était toujours à mes cotés, qu'il trouve ici mon attachement pour son aide, son soutien indéfectible et sa patience

A ma belle mère et mon beau père et ma chère LEATICIA

Et toute sa famille

A ma meilleure amie SONIA

A ceux que j'ai eus la chance de connaitre, dans les meilleurs et les pires moments de ma vie à mes amis

A toutes ces personnes : je dédie ce modeste travail

Résumé

L'objectif principal de ce travail consiste à étudier l'effet d'une nouvelle matrice de conservation sur la qualité des poudres issues de séchage de feuilles *Pulicaria odorae* à air libre. Il s'agit de sécher les feuilles de *P.odorae* pré enrobées avec deux types de gels: gel de carraghénane et gel de carraghénane+poudre de jujube.

Les courbes de séchage des feuilles de *P.odorae* à l'air libre ont été établies. De plus, la caractérisation de certaines propriétés (physico-chimiques, rhéologiques et biologiques) des poudres obtenues a été réalisée.

Les résultats des analyses physico-chimiques montrent que, les feuilles fraîches sont riches en polyphénols et en flavonoïdes. Le gel de carraghénane et la poudre de la pelure de jujube favorisent la conservation des substances bioactives respectivement polyphénols ($1099,996 \pm 8,545$ mg EAG/MS) et flavonoïdes ($141,336 \pm 0,89$ mg de Quercetine/gMS) après l'opération de séchage.

Les extraits éthanoliques de polyphénols totaux des poudres obtenues possèdent des zones d'inhibition très intéressantes ($15,5\text{mm} \pm 0,05$, $17\text{mm} \pm 0,3$ et $24,5\text{mm} \pm 0,15$) contre les trois souches *S. aureus* ATCC 25923, *E. coli* ATCC 25322 et *C. albicans*. Par contre, aucune zone n'a été observée en testant les extraits aqueux. En effet, la poudre issue des feuilles préenrobées avec le gel de carraghénane+ la poudre de pelure de jujube est choisie comme meilleure poudre, elle renferme des propriétés rhéologiques et biologiques très intéressantes.

Mots clés : matrice de conservation, carraghénane, jujube, *Pulicaria odorae*, cinétique de séchage, polyphénols, flavonoïdes, activité antimicrobienne.

Abstract

The main objective of this work is to study the effect of a new kept matrix on the quality of powders obtained by drying *Pulicaria odorae* leaves at free air. Firstly *P.odorae* leaves were pre-coated with two types of gels: carrageenan gel and (carrageenan + peel jujube powder) gel after were dried at free air.

The drying curves of *P.odorae* leaves were determined. In addition, the characterization of certain properties (physicochemical, rheological and biological) of the obtained powders was carried out.

The results of the physico-chemical analysis show that fresh leaves are rich in polyphenols and flavonoids. The carrageenan gel and the peel jujube powder promote the preservation of the bioactive substances respectively polyphenols (1099.996 ± 8.545 mg EAG / MS) and flavonoids (141.336 ± 0.89 mg of Quercetin / gMS) after the operation of drying.

The ethanolic extracts of total polyphenols obtained from the powders obtained have very interesting inhibition zones respectively ($15,5 \pm 0,05$, $17 \pm 0,3$ and $24,5 \pm 0,15$) against the three strains *S. aureus* ATCC 25923, *E. coli* ATCC 25322 and *C. albicans*. On the other hand, no zone was observed by testing the aqueous extracts. In fact, the powder obtained from the sheets pre-coated with carrageenan gel + jujube peel powder is chosen as the best powder, it contains very interesting rheological and biological properties.

Key words: Kept matrix, carrageenan, jujube, *Pulicaria odorae*, drying kinetics, polyphenols, flavonoids, antimicrobial activity.

Liste des figures

Figure 1 : Schéma des différents procédés de conservation

Figure 2 : Courbes de cinétique de séchage

Figure 3 : Structures chimiques des carraghénanes

Figure 4 : Photo de fruit de *Zizyphus jujuba*

Figure 5 : Aspect de *Pulicaria odorae*

Figure 6 : Aspects des gels élaborés

Figure 7: Etapes adoptées pour l'obtention de la poudre de pelure de fruit de *Z.jujuba*

Figure 8 : Etapes adoptées pour l'obtention des poudres des feuilles de *Pulicaria odorae*

Figure 9: Diagramme de dosage des flavonoïdes

Figure 10: Diagramme d'extraction des polyphénols (modifié)

Figure 11 : Diagramme du dosage des PPT

Figure 12 : Diagramme de l'activité antimicrobienne des extraits des poudres obtenues après séchage

Figure 13 : Courbe de séchage des feuilles de *P.odorae* avec et sans enrobage à l'air libre

Figure 14 : Distribution granulaire des poudres de feuilles de *P.odorae*

Figure 15 : Aspect des poudres issues de séchage des feuilles de *P.odorae* enrobées et non enrobées à air libre

Liste des tableaux

Tableau I : constituants de la pulpe des fruits secs de *Z.jujuba*

Tableau II : composition minérale de *Z.jujuba* en mg par 100g de la matière sèche

Tableau III : teneur en vitamine de la pulpe de *Zizyphus jujuba*

Tableau IV : classification systématique de *P.odorae*

Tableau V : souches utilisées pour l'activité antimicrobienne

Tableau VI : résultats des paramètres physico-chimiques des gels

Tableau VII : résultats des paramètres physico-chimiques de la plante fraîche ainsi des poudres obtenus

Tableau VIII : teneurs des PPT des extraits des poudres des feuilles de *P.odorae*

Tableau IX : résultats du dosage des flavonoïdes

Tableau X : indices de gonflement des poudres obtenues

Tableau XI : diamètre des zones d'inhibition des extraits de PPT testés

Liste des abréviations

C.albicans : *Candida albicans*

DO : Densité Optique

E. coli: *Escherichia coli*

H : Humidité

mg EAG/g : Milligramme équivalent en acide gallique par gramme de matière sèche

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PPT : polyphénols totaux

P.odorae : *Pulicaria odorae*

S. aureus: *Staphylococcus aureus*

TDR : Tropical Diseases Research

Z.jujuba : *Zizyphus jujuba*

SOMMAIRE

Résumé

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale.....1

Etude bibliographique

Chapitre I : Les méthodes de conservation des denrées alimentaires

I.1. Introduction.....3

I.2. Généralités sur le séchage5

I.3. Objectifs du séchage5

I.4. Modes de séchage.....6

I.4.1. Séchage en mode direct6

I.4.2. Séchage en mode indirect.....6

I.5. Cinétique de séchage7

I.5.1. Définition7

I.5.2. Différentes phases de séchage.....7

Chapitre II : Généralités sur les carraghénanes

II.1. Définition.....9

II.2. Structure9

II.3. Extraction10

II.4. Propriétés10

Chapitre III : Généralités sur *Zizyphus jujuba* et *Pulicaria odorae*

III.1. *Zizyphus jujuba*11

III.1.1. Description11

III.1.2. Définition.....11

III.1.3. Classification botanique12

III.1.4. Répartition géographique.....12

III.1.4.1. Pays d'origine12

III.1.4.2. En Algérie12

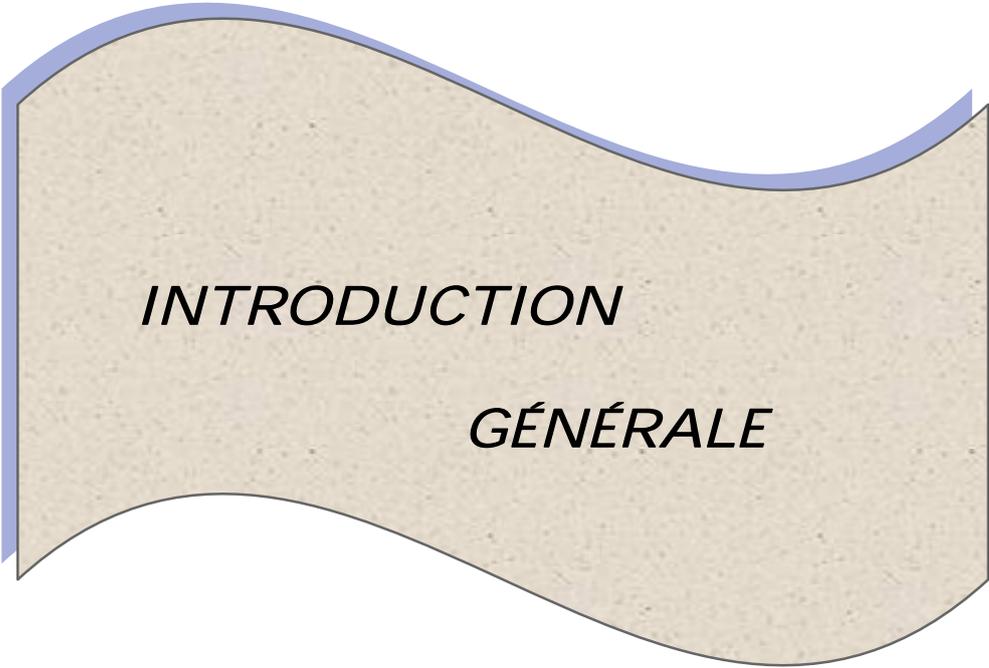
III.1.5. Composition biochimique de la pulpe13

III.1.6. Les autres constituants de la pulpe.....15

III.1.7. Valeurs nutritionnelles15

III.1.8. Propriétés thérapeutiques.....	15
III.2. <i>Pulicaria odorae</i>	
III.2.1. Classification taxonomique	16
III.2.2. Description botanique	16
III.2.3. Répartition géographique.....	17
III.2.4. Propriétés biologiques.....	17
IV. Matériel et méthodes	
IV.1. Cadre de l'étude.....	18
IV.2. Objectifs	18
IV.3. Matériel	18
IV.3.1. Matériel végétal	18
IV.3.2. Matériel biologique	18
IV.3.3. Equipements et réactifs.....	19
IV.3.4. Milieux de culture utilisés.....	19
IV.4. Méthodes d'analyses.....	19
IV.4.1. Préparation des gels fonctionnels	19
IV.4.2. Méthodologie de séchage	20
IV.5. Analyses physico-chimiques des gels élaborés	21
IV.5.1. Mesure de pH.....	21
IV.5.2. Acidité titrable	22
IV.5.3. Degré Brix	23
IV.5.4. Dosage des flavonoïdes	24
IV.6. Analyses physico-chimiques des poudres obtenues	25
IV.6.1. Détermination de la teneur en eau	25
IV.6.2. Détermination de la teneur en polyphénols totaux	25
IV.6.2.1. Extraction des polyphénols totaux	25
IV.6.2.2. Dosage des polyphénols totaux.....	26
IV.7. Analyse rhéologique des poudres	28
IV.7.1. Analyse de la granulométrie	28
IV.7.2. Indice de gonflement	28
IV.8. Activité antimicrobienne	29
IV.8.1. Préparation des précultures.....	30
IV.8.2. Préparation des disques.....	30
IV.8.3. Préparation des suspensions bactériennes.....	31
V. Résultats et Discussion	
V.1. Résultats des paramètres physico-chimiques des gels élaborés.....	32
V.2. Résultats de la cinétique de séchage	32

V.3. Résultats des paramètres physico-chimiques de la plante fraîche et des poudres obtenues.....	33
V.4. Résultats du dosage des PPT des poudres obtenues.....	34
V.5. Résultats du dosage des flavonoïdes.....	36
V.6. Résultats des paramètres rhéologiques	36
V.6.1. Granulométrie	37
V.6.2. Indice de gonflement	40
V.7. Résultats de l'activité antimicrobienne	41
VI. Conclusion	42
VII. Références bibliographiques	
VIII. Annexes	



INTRODUCTION

GÉNÉRALE

Introduction générale

Depuis la nuit des temps, les hommes apprécient les vertus apaisantes et analgésiques des plantes. Les traditions humaines ont su développer la connaissance et l'utilisation des plantes médicinales (ISERIN, 2001).

En Algérie, le nombre d'espèces végétales diminue et le savoir de la médecine traditionnelle tend lui aussi à disparaître progressivement. Il en résulte, une urgence à connaître et à protéger ces espèces (TDR, 2008).

Ce regain d'intérêt vient d'une part du fait que ces plantes médicinales présentent une source inépuisable de substances bioactives, d'autre part, les effets secondaires induits par les médicaments inquiètent les utilisateurs qui se retournent vers des soins moins agressifs pour l'organisme (BOUDJOUREF, 2011).

Certaines plantes peuvent être cueillies toute l'année, mais la plus part doivent être récoltées à un moment précis de leur croissance pour être utilisées immédiatement ou conservées.

Il existe diverses méthodes de conservation, les plus courantes et les plus simples étant le séchage à l'air libre ou au four.

Par ailleurs, ces plantes ont une humidité élevée ou intermédiaire, ce qui nécessite une stabilisation qui peut être obtenue par le séchage.

En outre, il existe d'autres méthodes de conservation telle que, la congélation qui conserve les couleurs et les parfums, mais elle est plus adaptée aux plantes aromatiques qu'aux plantes médicinales (ISERIN, 2001).

Le jujube appelé en arabe Annèbe est un fruit originaire de Chine, il est consommé à l'état frais ou sec. Ce premier est très répandu sur le périmètre méditerranéen (midi de la France, le Maroc, la Tunisie et le nord de l'Algérie surtout dans les régions de Tlemcen, d'Annaba et de Tipaza). Cette espèce est en voie de disparition (LEPLAIDEUR, 2008).

Ce fruit sec est un véritable concentré de sucres et de nutriments essentiels tel que les fibres, les vitamines B, B-carotène, le fer, le potassium et le phosphore (AZAM-ALI, 2006).

D'autre part, le jujube a constitué un aliment diététique, il figure dans la liste A des plantes médicinales selon la pharmacopée française (BRUNETON, 1999).

Introduction générale

Pulicaria odorae est une plante médicinale qui possède des propriétés biologiques et médicinales très importantes telle que l'activité antibactérienne (FADWA et al, 2005), anti-oxydante (TOUATI et al., 2014) et cicatrisante (Meddour et al, 2009) qui trouve de nombreuses applications dans divers domaines à savoir la médecine, la pharmacie et la cosmétologie.

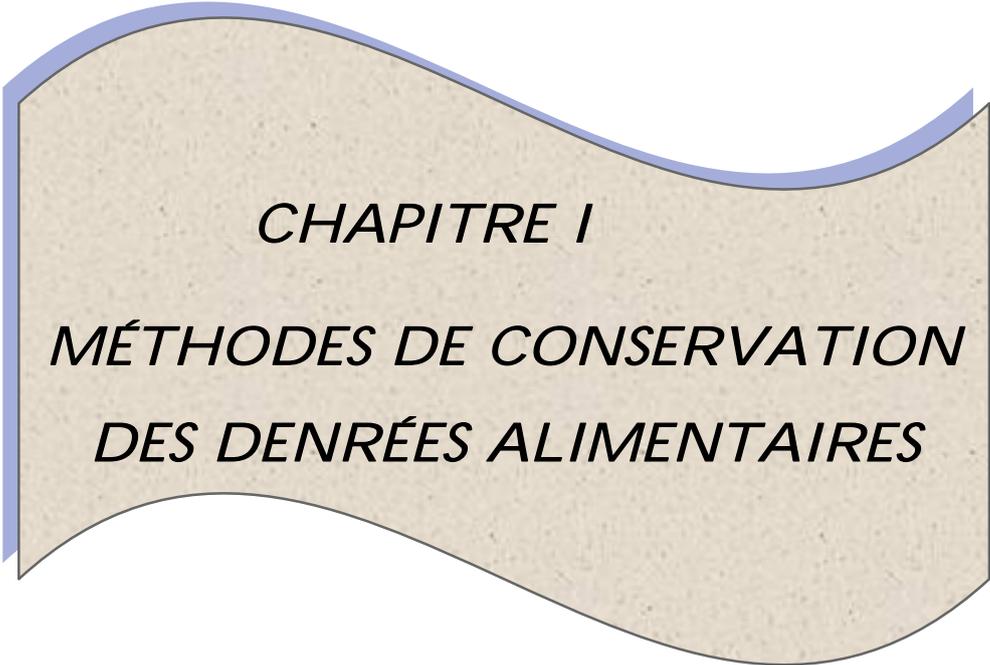
Le présent travail vise l'étude de l'effet d'une matrice de conservation appliquée sur les feuilles de *Pulicaria odorae* séchées à l'air libre, ainsi que l'évaluation de certaines propriétés physico-chimiques, rhéologiques et biologiques des poudres obtenues.

L'objectif principal de cette étude est d'élaborer une nouvelle matrice de conservation à base de gel de carraghénane et de poudre de la pelure de jujube et étudier leurs effets sur l'efficacité de séchage des feuilles de *Pulicaria odorae* à air libre. Ainsi, l'évaluation de certaines propriétés physico-chimiques, rhéologiques et biologiques des poudres obtenues. Cette étude comporte trois parties essentielles à savoir :

La première est une synthèse des données bibliographiques qui se divise en deux chapitres : le premier correspond à une représentation générale des méthodes de conservation et de séchage des aliments ainsi que la cinétique de séchage. Le deuxième chapitre traite quand à lui la description botanique du fruit de *Z.jujuba* et de la plante *Pulicaria odorae* .

La deuxième partie porte sur les manipulations et les expérimentations faites sur la plante et les gels et elle comprend, la cinétique de séchage des feuilles de *P.odorae*, les différentes analyses (physico-chimiques, rhéologiques, et biologiques) réalisées sur les poudres obtenues.

Une troisième et dernière partie qui révèle tous les résultats obtenus ainsi leur discussion, et à la fin, on termine par une conclusion.



CHAPITRE I
MÉTHODES DE CONSERVATION
DES DENRÉES ALIMENTAIRES

Méthodes de conservations des denrées alimentaires

De tous temps, l'homme a recherché des méthodes pour conserver sa nourriture, entre le moment où les denrées sont capturées, recueillies ou récoltées et celui de la consommation (PIERRE, 2000).

Sécher, saler, acidifier, confire dans la graisse ou le sucre sont les seuls moyens connus et pratiqués pour conserver les aliments avant la découverte de la stérilisation par la chaleur. Après la découverte de l'intérêt du traitement par la chaleur, une nouvelle étape a été franchie avec la conservation par le froid. D'autres procédés ont été utilisés avec succès citant: la déshydratation, la lyophilisation, l'action des rayonnements ionisants, et l'utilisation d'additifs aux propriétés antimicrobiennes (les conservateurs).

Quelque soit le principe ou le protocole, un procédé de conservation a pour but soit de bloquer ou de ralentir l'évolution des flores microbiennes de l'aliment, soit de les détruire (GUY *et al.*, 2007).

La conservation des aliments vise à préserver leur comestibilité et leur propriété gustative et nutritive. Elle empêche notamment la croissance de microorganismes et retarder l'oxydation des graisses qui provoque le rancissement (DARINMOU, 2000).

En effet, il existe plusieurs techniques qui permettent d'augmenter la durée de vie des aliments et les recherches dans ce domaine sont limitées (ALEXANDRA, 2001).

Les méthodes courantes de conservation de la nourriture reposent principalement sur un transfert d'énergie ou de masse qui ont pour objet d'allonger la durée de vie de l'aliment (pasteurisation, stérilisation, séchage, réfrigération, congélation et autre) ou de les transformer par le jeu de réaction biochimique ou de changement d'état (cuisson, fermentation et autre) (DARINMOU, 2000).

Le choix de telle méthode de conservation dépend du produit de départ, des propriétés désirées du produit fini, de la disponibilité des sources d'énergie. Il est parfois nécessaire de combiner plusieurs méthodes par exemple le salage et le séchage de la viande ou l'ajout d'un acide ou la stérilisation (CORLIEN, 2005).

La figure 1 résume l'ensemble des méthodes de conservation des aliments

Méthodes de conservations des denrées alimentaires

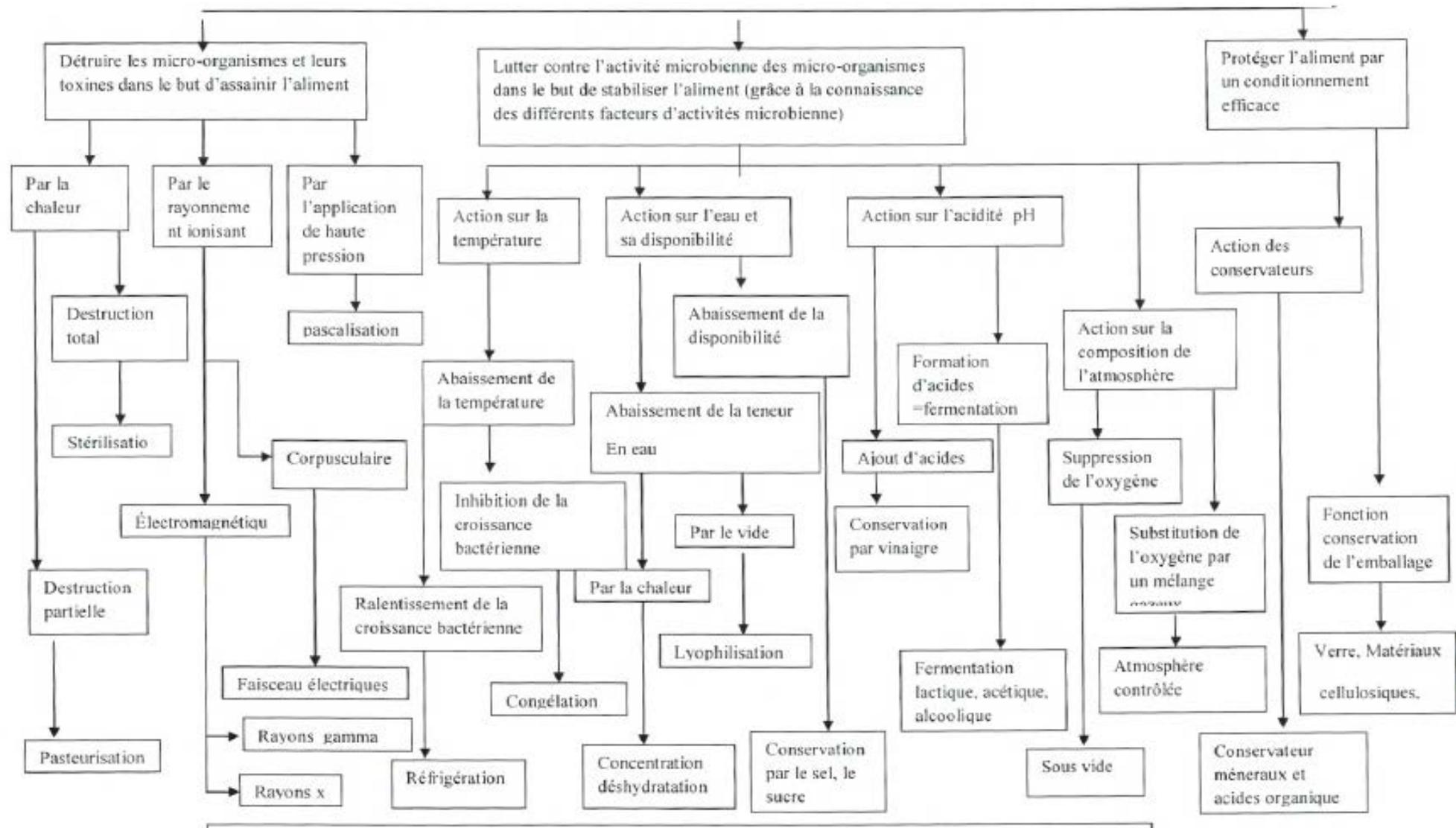


Figure 1 : Schéma des différents procédés de conservation (EMILIE, 2009)

Méthodes de conservations des denrées alimentaires

Dans la présente étude nous nous sommes intéressés à étudier un seul procédé qu'est le séchage (séchage naturel) qui sera détaillé dans le chapitre qui suit.

I.2. Généralités sur le séchage

Le séchage est considéré comme l'opération unitaire qui consiste à éliminer par évaporation l'eau d'un corps humide (produit). Ce dernier peut être liquide ou solide, mais le produit final est solide (BIMBENET, 1984 ; BIMBENET et *al.*, 2002a ; CHARREAU et CAVAILLE, 1991).

Les produits peuvent être séchés au soleil ou à la chaleur artificielle. Le séchage solaire est un bon marché mais n'est pas aussi facile à diriger que la déshydratation obtenue par des moyens perfectionnés (BURDEN et WILLS, 1992).

Le séchage est l'une des principales techniques de préservation des produits agricoles et alimentaires (BONAZZI et BIMBENET, 2008).

Il permet d'améliorer la conservation des produits, faciliter leur transport et surtout d'élargir la commercialisation de ces produits on les rendant disponibles toute l'année (BOULEMTAFES, 2011).

Il représente souvent la dernière opération du procédé de fabrication d'un produit (fruit séché) avec une forte influence sur la qualité finale (BONAZZI et BIMBENET, 2008), car il permet de conférer des propriétés nouvelles à ce dernier (BIMBENET, 2002).

I.3. Objectifs de séchage

Les objectifs ambitionnés à travers le séchage d'un produit sont :

- ✓ Abaissement de la teneur en eau de telle sorte que, l'eau soit portée à une valeur permettant la conservation à température ordinaire sur de longues durées (sur de l'ordre de l'année) (BIMBENET et *al.* 2002b) ;
- ✓ Diminution des pertes des produits périssables après récolte (GUINEBAULT, 1986) ;
- ✓ Réduction de poids ou de volume des aliments (CHEFTEL, 1997) ;
- ✓ Conservation des propriétés nutritionnelles le plus longtemps possible.

I.4. Modes de séchage

I.4.1. Séchage en mode direct (séchage naturel)

Le séchage naturel effectué en plein air est le moyen le plus ancien et le plus simple. Il permet la conservation des qualités nutritionnelles des aliments (OUAFI et *al.*, 2013).

Ce séchage est une méthode traditionnelle qui permet l'exposition de la matière humide au soleil, ou à l'obscurité pendant plusieurs jours permettant l'élimination de l'excès d'eau qu'elle contient (HIMEUR et DAOUD, 1999).

Les produits sont alors répartis sur des claies ou des nattes, dans des cribs, ou disposés même au sol ou les toits de maison (BENSEDIK, 2011).

En Algérie, les fruits tels que : abricots, raisins, figues, prunes, etc... sont traditionnellement séchés en les exposant directement au soleil (BENSEDIK, 2011).

Sur le plan qualité, cette méthode possède des inconvénients tels que :

- L'impossibilité d'obtenir un degré d'humidité précis ;
- Longue durée de séchage ;
- Risque de contamination microbienne et altération par des insectes, oiseaux (BIMBENET, 2002) ;

Ce procédé a été utilisé pour sécher trois types de menthe (OUAFI et *al.* 2013) et quelques plantes médicinales (NADJMI et SOUSSOU, 2014).

BENAHMED DJILALI et *al.* (2016), préconisent pour la conservation des substances bioactives (polyphénols, caroténoïdes) du fruit de *Z.jujuba* un séchage doux à l'air libre avant de procéder à un séchage au moyen de la DIC (Détente Instantanée Contrôlée).

I.4.2. Séchage en mode indirect (Séchage artificiel)

Le séchage artificiel permet, dans une certaine mesure de pallier les mauvais inconvénients du séchage naturel. Il permet de réduire considérablement la durée de séchage et d'atteindre l'humidité souhaitable des produits (BENSEDIK, 2011).

Par ailleurs, le produit est mis en contact avec l'air chaud circulant dans une chambre de séchage (étuve, séchoir). La chaleur est apportée par un gaz caloporteur (air chaud), qui va servir à la fois de fluide chauffant et de gaz vecteur de la vapeur d'eau ainsi évacuée du produit, par un transfert croisé (BIMBENET, 1994).

Méthodes de conservations des denrées alimentaires

Ce procédé de séchage présent aussi bien des avantages ainsi des inconvénients sur la qualité du produit fini.

✓ Avantages

Durée de séchage courte ;

Protection contre les contaminations et altérations ;

✓ Inconvénients

Coût élevé ;

Pertes de certaines propriétés nutritionnelles en dépassant une certaine température ;

Ce mode de séchage a été appliqué dans plusieurs études, citant celle faite par BENAHMED DJILALI et *al.* (2016), portant sur l'effet de séchage de *Zizyphus jujuba* dans une étuve à différentes températures sur la qualité biochimique et organoleptique et pharmacologique des poudres obtenues.

I.5. Cinétique de séchage

I.5.1. Définition

La cinétique de séchage consiste en l'étude de la variation de la teneur en eau et de la vitesse de séchage en fonction du temps des différents paramètres aérothermiques (AZZOUZ, 1999).

Le principe consiste à placer un produit dans un courant d'air parfaitement maîtrisé (température, humidité, vitesse) et suivre l'évolution de la masse du produit par pesage à un intervalle de temps réguliers.

II.4.2. Différentes phases de séchage

Deux courbes permettent de décrire l'évolution du produit au cours de séchage (Figure 2) (BIMBENET et BONAZZI, 2008).

• La courbe(a) représente la variation de la teneur en eau du produit au cours du temps $X=X(t)$ obtenue directement à partir de l'enregistrement de la masse du produit au cours du temps, connaissant la teneur en eau initiale du produit ;

• La courbe(b) représente la variation de la vitesse de séchage au cours de temps $dX/dt=f(t)$, parfois appelée courbe de Kricher.

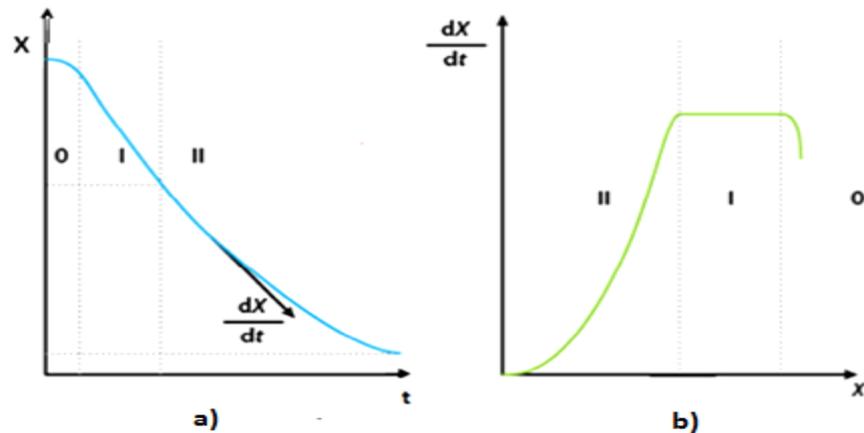


Figure 2 : courbes de cinétique de séchage

a) courbe de séchage, b) : vitesse de séchage

On distingue plusieurs phases pendant le phénomène de séchage (BIMBENET et BONAZZI, 2008) :

Phase initiale (0) : de mise en température du produit, qui disparaît pratiquement lorsque le produit se présente sous forme de particules ou de feuilles.

Phase de séchage à vitesse constante (I) : correspond à l'évaporation superficielle de l'eau libre. Cette évaporation est causée par la pression capillaire. La vitesse de séchage dépend des conditions externes (humidité de l'air, température et la vitesse de circulation).

A la fin de cette période on peut déterminer la teneur en eau critique du produit.

Phase de séchage à vitesse décroissante (II) : correspond à la période de diminution de la vitesse de séchage qui s'explique par la saturation de la surface d'échange.



CHAPITRE II
GÉNÉRALITÉS SUR LES
CARRAGHÉNANES

Généralités sur les carraghénanes

II.1. Définition

Les carraghénanes (E407) occupent le troisième rang mondial des hydrocolloïdes dans les industries alimentaires, après la gélatine et l'amidon (GARON-LARDIERE, 2004). Ce sont des polysaccharides extraits d'algues rouges de la famille des Rhodophyceae servant d'agent d'épaississement et de stabilisation, permettent de former des gels à chaud (BOUNOUIRA, 2015).

Cette farine d'algue n'est pas sensible à la dégradation par les acides, et les enzymes présents dans les autres ingrédients (MERVEILLE CLAY NONO, 2011).

Il y a 600 ans, dans le district de carraghen en Irlande au sud, les habitants utilisaient l'« Irish moss » ou mousse perlée en alimentation, en médecine comme fertilisant, elle fut ensuite utilisée pour gélifier le lait (TOWLE, 1973).

Ce sont des agents épaississants, gélifiants et stabilisants des milieux riches en eaux, ce qui permet de créer un large éventail de texture selon le type d'extrait et la manière dont il est utilisé (ZAMORANO, 2012).

II.2 Structure

Ces polysaccharides constitués d'unités de galactose, existent sous trois formes distinctes par le nombre et la position de groupement sulfate (Figure 3).

- Fraction lambda à caractère épaississant : très sulfaté 35% ;
- Fraction iota à caractère faiblement gélifiant : 30-32%
- Fraction kappa à caractère fortement gélifiant : faiblement sulfaté 24-25%

Ils permettent de donner des solutions visqueuses et des gels plus au moins fermes (GRABKOWSKI, 2012).

Généralités sur les carraghénanes

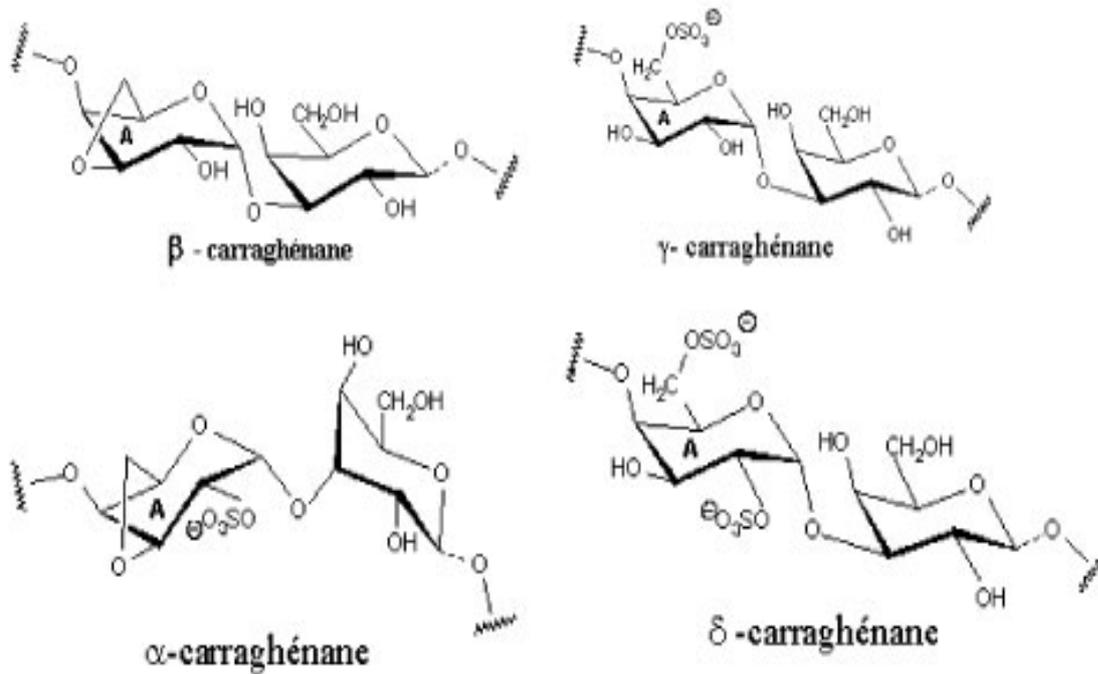


Figure 3 : structures chimiques des carraghénanes (JEANTET et al .2008)

II.3.Extraction

Les procédés d'extraction reposent sur la solubilité de ces gommes dans l'eau à 100°C pendant plusieurs heures, éventuellement en milieu alcalin. Les carraghénanes sont ensuite récupérées à partir de la solution filtrée par séchage sur rouleau chauffant ou par précipitation à l'alcool suivie d'un séchage (TOWLE, 1973).

II.4 Propriétés

Les carraghénanes présentent plusieurs propriétés à savoir :

- ✓ La formation des gels très transparents à faibles concentrations et qui peuvent être mélangés à de nombreux ingrédients. .
- ✓ La stabilisation des protéines de lait et de nombreuses crèmes industrielles.
- ✓ La fabrication des produits à consistances variables plus ou moins élastique ou cassante (crème, fibres, épaississants, farines) : coulis, mousses, gelées souples ou dures.
- ✓ La facilité d'usage et elles sont peu sensibles au pH (MATIGNON, 2014).



CHAPITRE III
GÉNÉRALITÉS SUR Z .JUJUBA ET
P.ODORAE

III.1. Zizyphus jujuba

III.1.1. Description

Le jujubier appartient à la famille des Rhamnacées répartie en 45 genres et 550 espèces (MUKHTAR et *al.* 2004). Il est décrit comme un arbuste épineux ou un buisson dont la hauteur peut aller de 3 à 4 m jusqu'à 10-16 m ou plus, son tronc mesure environ 30cm, il atteint rarement 20m de hauteur (KONE et *al.* 2009).

Ses feuilles sont alternées, à formes très variables, ellipsoïdes, ovales ou suborbiculaires (BREHIMA et *al.* 2002).

Ce premier, joue un rôle écologique très important dans les régions arides (BELLAKHDAR, 1997). Il préfère les régions modérées avec une température 20°C- 35°C mais s'adapte à des températures de moins de 15°C et même à la sécheresse. Il peut se développer sur tous les types de sols (DIALLO, 2002).

III.1.2. Définition

Le fruit de jujube (étymologie en grec Ziziphon ou encore en arabe Zefzouf ou Annèbe (BELLAKHDAR, 1997). C'est une drupe généralement ovale ou ronde, de couleur jaune, puis rouge-brique à pleine maturité.

La taille de ce fruit est variable selon les variétés, mais peut atteindre environ 5 cm de longueur. Sa peau est fine et comestible, et la chaire est ocre très sucrées, farineuse, douce et parfumée enveloppant un petit noyau dur de 4 à 5 mm de diamètre (BARTEL, 1997).

Le fruit (Figure 4) se dessèche et constitue une réserve alimentaire semblable à celle d'une datte d'où son nom « datte chinoise » (ESPIARD, 2002).

La récolte se fait en septembre- octobre, à l'état frais le fruit supporte le transport et se conserve bien, à l'état sec il peut être entreposé pendant plusieurs années (WALALI, 2003).



Figure 4 : Photo de fruit de *Zizyphus jujuba* (heritage fruits society.org)

III.1.3. Classification botanique

Z.jujuba est classée selon Quezel et Santa, (1962) comme suit :

Règne : végétal

Embranchement : Spermaphytes

Sous-embranchement : Angiospermes

Classe : dicotylédones

Sous-classe : Dialypétales

Ordre : Celastrales

Famille : Rhamnacées

Genre : *Zizyphus*

Espèce : *Z.jujuba*

III.1.4. Répartition géographique

✓ Pays d'origine

Le jujube est originaire de Chine, de Japon et d'Asie du Sud-Est. Il est cultivé dans les régions tropicales d'Asie et de la Méditerranée (ISERIN, 2001). Mais maintenant sur tous les continents (BÄRTEL, 1997).

✓ En Algérie

L'espèce *Z.jujuba* est l'une des espèces la plus répandue sur le nord d'Algérie surtout dans les régions de Tlemcen, Annaba, et Tipaza (BENAHMED DJILALI et al. 2016).

Généralités sur Ziziphus jujuba et Pulicaria odorae

III.1.5.Composition biochimique

La pulpe a une grande valeur nutritionnelle. Le fruit mûr et frais présente une pulpe de 81% à 97% (AZAM-ALI et *al.* 2006).

Le tableau suivant résume la teneur en quelques éléments biochimiques de la pulpe de *Z. jujuba*.

Tableau I : constituants de la pulpe des fruits secs de *Z.jujuba* (SAADOUDI, 2008)

Composés	Teneurs
Teneur en eau (%)	17,38 – 22,52
Sucres totaux(%)	80 – 85
Sucres réducteurs (%)	57 – 77
Fructose (%)	18 – 42
Glucose (%)	19 – 27
Saccharose (%)	0,21 – 14
Fibres solubles (%)	0,57 – 2,79
Fibres insolubles (%)	5,24 – 5,18
Protéines (%)	4,75 – 6,84
Lipides (%)	0,37 – 1,02

➤ Minéraux

Le tableau II montre la composition minérale de fruit de jujube en mg par 100g de la matière sèche.

Généralités sur *Ziziphus jujuba* et *Pulicaria odorae*

Tableau II : composition minérale de *Z.jujuba* en mg par 100g de la matière sèche

Composition	<i>Z.jujuba</i> (LI et al., 2006, 2007)	Poudre de <i>Z.jujuba</i> séchée par la DIC (BENAHMEDDJILALI et al.2016)
Cendres (%)	2,2 – 3,01	2,26±0,06
Potassium	79,2–458	4450±76
Sodium	3,22 – 7,61	213,37±0,03
Calcium	45,6 – 118	2283±94
Manganèse	24,6 – 51,2	5330±0,5
Phosphore	59,3 – 110	-
Fer	4,68 – 7,90	92±1
Cuivre	0,19 – 0,26	9,48±0,08
Zinc	0,35 – 0,63	28,41±0,02

➤ Vitamines

Le jujube est parmi les fruits le plus riche en vitamine C (SINGH et al. 1998), il possède une teneur de 600 à 800mg/100g avant maturité (BELLAKHDAR, 2008).

Pour le fruit sec la teneur en quelques vitamines est récapitulée dans le tableau ci-dessous :

Tableau III : Teneur en vitamines de la pulpe de *Zizyphus jujuba* (SAADOUDI, 2008).

Vitamine	Teneur (mg/100g MS)
Thiamine	0,05 – 0,09
Riboflavine	0,05- 0,09
Vitamine C	192 – 359

➤ Polyphénols

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires, caractérisés par la présence d'un cycle aromatique portant des groupements hydroxyles libres ou engagés avec des glucides (DJEMAI, 2009). Ce sont des molécules biologiquement actives (KING et YOUNG, 1999). Ces premiers, sont largement utilisés en thérapeutique comme substances anti-inflammatoires, anti-oxydantes, antimicrobiennes (CETKOVIC et al., 2008).

Les principales classes des composés phénoliques sont :

- ✓ Les acides phénoliques (acides caféiques, acide ferulique, acides chlorogenique...);
- ✓ Les flavonoïdes ;
- ✓ Les tanins ;
- ✓ Et les coumarines (KING et YOUNG, 1999; TAPIERO et al. 2002).

Généralités sur Ziziphus jujuba et Pulicaria odorae

Selon LI et *al.* (2007) le dosage des polyphénols a montré que, la variété *Zizyphus jujubasanbianhong* contient $5,18 \pm 0,29$ EAG/ mg d'extrait (DJEMAI, 2009).

Les flavonoïdes sont responsables de la coloration des fruits (BRUNETON, 1999).

La vitamine P dite bioflavonoïde, présente dans *Zizyphus jujuba*, elle joue un rôle antioxydant, antibactérien, anti-inflammatoire, et elle favorise la circulation sanguine et prévient les allergies (AZAM-ALI, 2006).

III.1.6. Autres constituants de la pulpe

Des composés tels que les triterpènes (les acides bétuliniques, alphaltoliques, bétuloniques, masliniques et ursoliques ainsi que leurs esters avec l'acide p-coumarique), les antrachinons, les alcaloïdes, les saponosides et des teneurs intéressantes en nucléotides dans les fruits frais et fruits secs (CATOIRE et *al.* 1994 ; BELLAKHDAR, 1997 ; BRUNETON, 1999).

III.1.7. Valeur nutritionnelle

Les propriétés nutritionnelles de la pulpe de jujube sont largement reconnues. Sa richesse en vitamine C et en molécules anti-oxydantes et en minéraux tel que le phosphore, le potassium et le calcium en fait un fruit de grande valeur nutritionnelle (LUCIEN, 2012).

La richesse en sucres du jujube est semblable à celle des figes (CATOIRE et *al.* 1999). Sa forte teneur en sucre lui confère une grande valeur énergétique avec une teneur en sucres réducteurs importante qui sont facilement assimilables par l'organisme.

Selon AZAM-ALI (2006), le fruit de jujube contient des acides aminés essentiels mais en faible quantité. Il peut répondre aux exigences alimentaires de la vitamine C et B chez un adulte tel qu'il est recommandé par la FAO et l'OMS.

III.1.7. Propriétés thérapeutiques

Le jujubier figure sur la liste A des plantes médicinales selon la pharmacopée française (BRUNETON, 1999).

Le jujube est largement utilisé dans la médecine traditionnelle iranienne comme un laxatif et un purificateur de sang (VAHDI et *al.*, 2008).

En Chine, il est utilisé comme exhausteur de goût et il est recommandé pour traiter la fatigue, la perte d'appétit et la diarrhée (DUKE JA et *al.*, 1985, BENAHMED DJILALI et *al.* 2016), tonifier la circulation sanguine aussi pour normaliser la peau sèche et limiter la

Généralités sur *Ziziphus jujuba* et *Pulicaria odorae*

démangeaison (SOLABIA, 2000). Il est aussi prescrit pour tonifier le qi, fortifier le foie et calmer la nervosité (GUEDABA, 2005).

Les fortes teneurs en vitamines A et C font que le jujube sert à la préparation de sirop qui fait partie de plusieurs médicaments et dont les préparations sont inscrites au codex pour arrêter les irritations de la gorge et la toux (GUEDABA, 2005, BENAHMED DJILALI et al. 2014).

De plus le jujube améliore le goût des prescriptions médicales désagréables (PAUL et al., 2001).

II.2. *Pulicaria odorae*

II.2.1. Classification taxonomique

Le tableau ci-dessous présente la classification de cette espèce selon Cronquist et al (1972)

Tableau IV : classification systématique de *P.odorae*

Division	Trachéophyte
Classe	Angiosperme
Sous classe	Dicotylédones
Ordre	Asternales
Famille	Astéracées
Genre	<i>Pulicaria</i>
Espèce	<i>Pulicaria odorae</i>

III.2.2. Description botanique

Plante très odorante à odeur camphrée, velue à laineuse (Quenzel et al., 1963).

Tige dressée 15-50 (60cm) en général simple, peu ramifiée seulement au sommet.

Feuilles alternées de forme ovale oblongue, denticulées, les inférieures atténués en pétiole, persistants à la floraison, les caulinaires embrassantes (Quenzel et al., 1999).

Espèce thermophile, à pH neutre ou plus au moins acide. Floraison : juin à août, pollinisée par les insectes ; dispersées par le vent (Rameau et al., 2008).

III.2.3. Répartition géographique

L'espèce *P.odorae* (Figure 5) est l'une des espèces les plus répandues sur la région méditerranéenne. Elle est commune dans les Alpes-Maritimes, le Var et la Corse. Ainsi présente en : Espagne, Portugal, Italie Afrique (RAMEAU et al., 2008).

Généralités sur Ziziphus jujuba et Pulicaria odorae

La dite espèce est l'une des espèces connues en Algérie et au Maroc (Quenzel et *al.*, 1963).

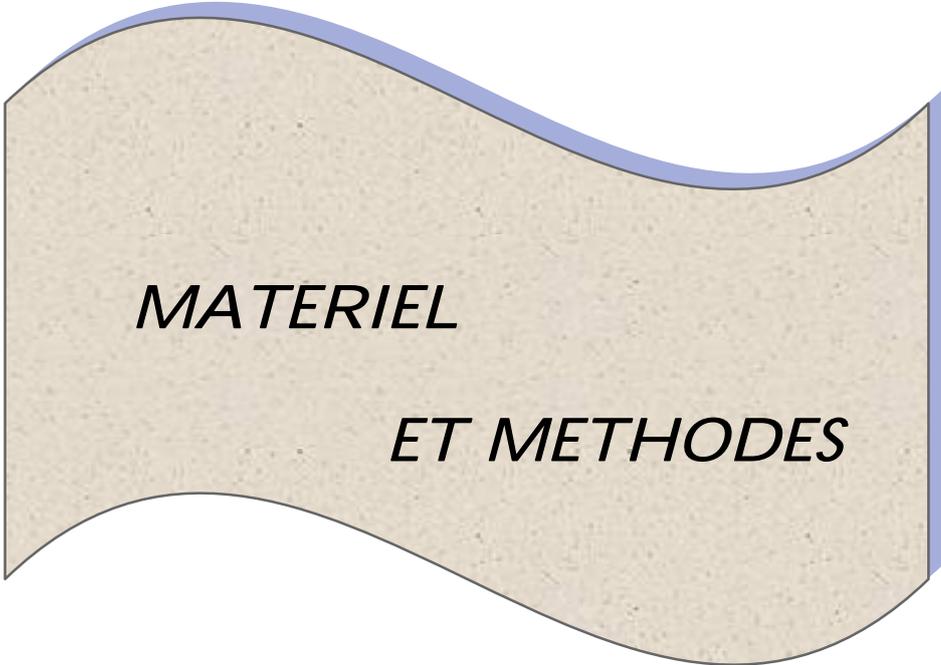


Figure 5 : Aspect de *Pulicaria odorae* (TOUATI et *al.*, 2014)

III.2.4. Propriétés biologiques

Selon Fadwa et *al.* (2005), *Pulicaria odorae* du Maroc contenait de l'huile de thymol qui s'est révélée présente une activité antibactérienne importante contre sept types de bactéries en comparaison à celle des antibiotiques standard.

Selon Meddour et *al.* (2009), *P.odorae* est une espèce employée pour traiter exclusivement des pathologies dermiques : gale, plaies, brûlures, engelures, alopecie, eczéma, champignon *Petyriasis versicolor*, rougeole, etc.). Ainsi que, ces feuilles sont utilisées comme antiseptique des blessures sous une administration externe.



MATERIEL

ET METHODES

Matériel et méthodes

IV.1. Cadre de l'étude

Notre étude expérimentale a été réalisée au sein des laboratoires pédagogiques communs (I et II) d'analyses physico-chimiques et de microbiologie de l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (UMMTO).

IV.2. Objectifs

Les principaux objectifs ambitionnés à travers cette étude sont :

- ✓ Caractérisation physico-chimique des feuilles de *P. odorae*
- ✓ Essai d'élaboration des gels fonctionnels à base de *Z. jujuba*
- ✓ Caractérisation physico-chimique des gels élaborés
- ✓ Cinétique de séchage des feuilles de *P. odorae* à air libre
- ✓ Caractérisation de quelques propriétés (physico-chimiques, rhéologiques et biologiques) des différentes poudres obtenues.

IV.3. Matériel

IV.3.1. Matériel végétal

Pour cette étude, nous avons utilisé les feuilles de *Pulicaria odorae*. Ces dernières ont été récoltées manuellement durant le mois d'avril 2017 dans la commune de Tizirt distante de la ville de Tizi-Ouzou de 30km.

Le fruit de *Zizyphus jujuba* provient de la région de Tipaza, récoltée durant la période s'étalant entre septembre et décembre 2016. Les fruits ont été séchés à l'air libre et conservés dans un local aéré jusqu'au moment de leur utilisation.

Les carraghénanes sont d'origine du Danmark, importées par l'unité de Safara de Blida.

IV.3.2. Matériel biologique

Deux bactéries et une moisissure ont été utilisées pour le test de l'activité antimicrobienne des poudres des feuilles de *Pulicaria odorae* (Tableau V).

Tableau V : Souches utilisées pour l'activité antimicrobienne

Souches utilisées	Type	Référence
<i>Staphylococcus aureus</i>	Bactérie Gram Positif	ATCC 25923
<i>Escherichia coli</i>	Bactérie Gram Négatif	ATCC 25322
<i>Candida albicans</i>	Levure	/

Matériel et méthodes

IV.3.3. Equipements et réactifs chimiques

Tous les appareillages, verreries, solvants, et réactifs chimiques utilisés dans ce travail sont résumés dans l'annexe 1.

IV.3.4. Milieux de culture utilisés

Différents milieux de culture ont été utilisés pour tester l'activité antimicrobienne des poudres des feuilles de *Pulicaria odorae* qui sont : géloses nutritive et Muller et Hinton pour les bactéries et Sabouraud pour les levures.

IV.4. Méthodes d'analyses

IV.4.1. Préparation des gels fonctionnels

Le choix des proportions de carraghénane et de la poudre de la chaire de jujube pour préparer des gels de viscosités recherchées a été optimisé en se basant sur la méthode de plan mélanges (plan d'expériences).

A la fin, deux gels de carraghénane ont été retenus et choisis. Le premier est préparé à base de la poudre de la chaire de jujube et le second sans cette poudre.

Ces gels sont préparés à raison 3% de carraghénane. La poudre de la chaire du jujube est additionnée à raison de 4%.

On mélange bien les gels afin d'éviter la formation de grumeaux. Puis, on ajuste leur pH à 6. Par la suite, les gels préparés sont stérilisés par tyndallisation à 65°C pendant une heure. Une fois refroidis on les conserve au réfrigérateur pour des analyses ultérieures

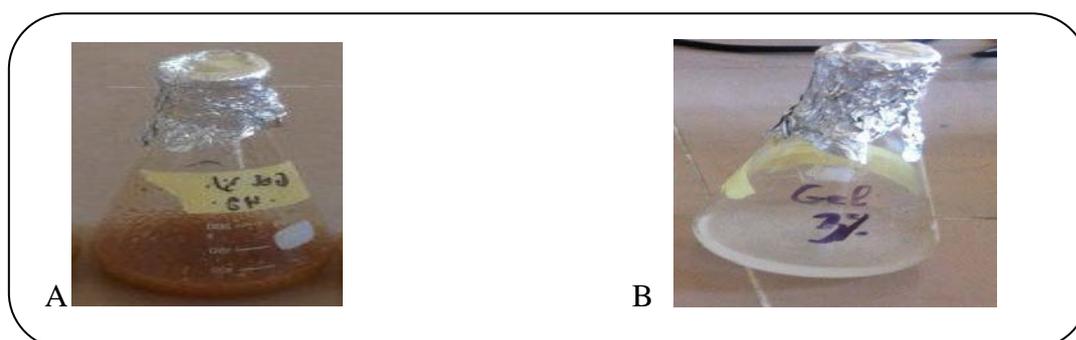


Figure 6 : Aspects des gels élaborés

A : gel de carraghénane+ la poudre de chaire de jujube

B : Gel de carraghénane

IV.4.2. Méthodologie de séchage

Les figures (7 et 8) montrent les étapes adoptées pour le séchage de la pelure de jujube et les feuilles de notre plante en utilisant les deux gels fonctionnels.

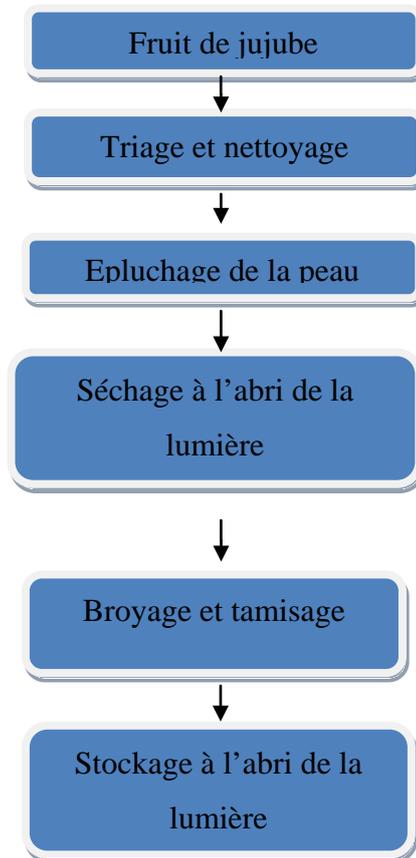


Figure 7: étapes adoptées pour l'obtention de la poudre de la pelure de fruit de *Z.jujuba*

Matériel et méthodes

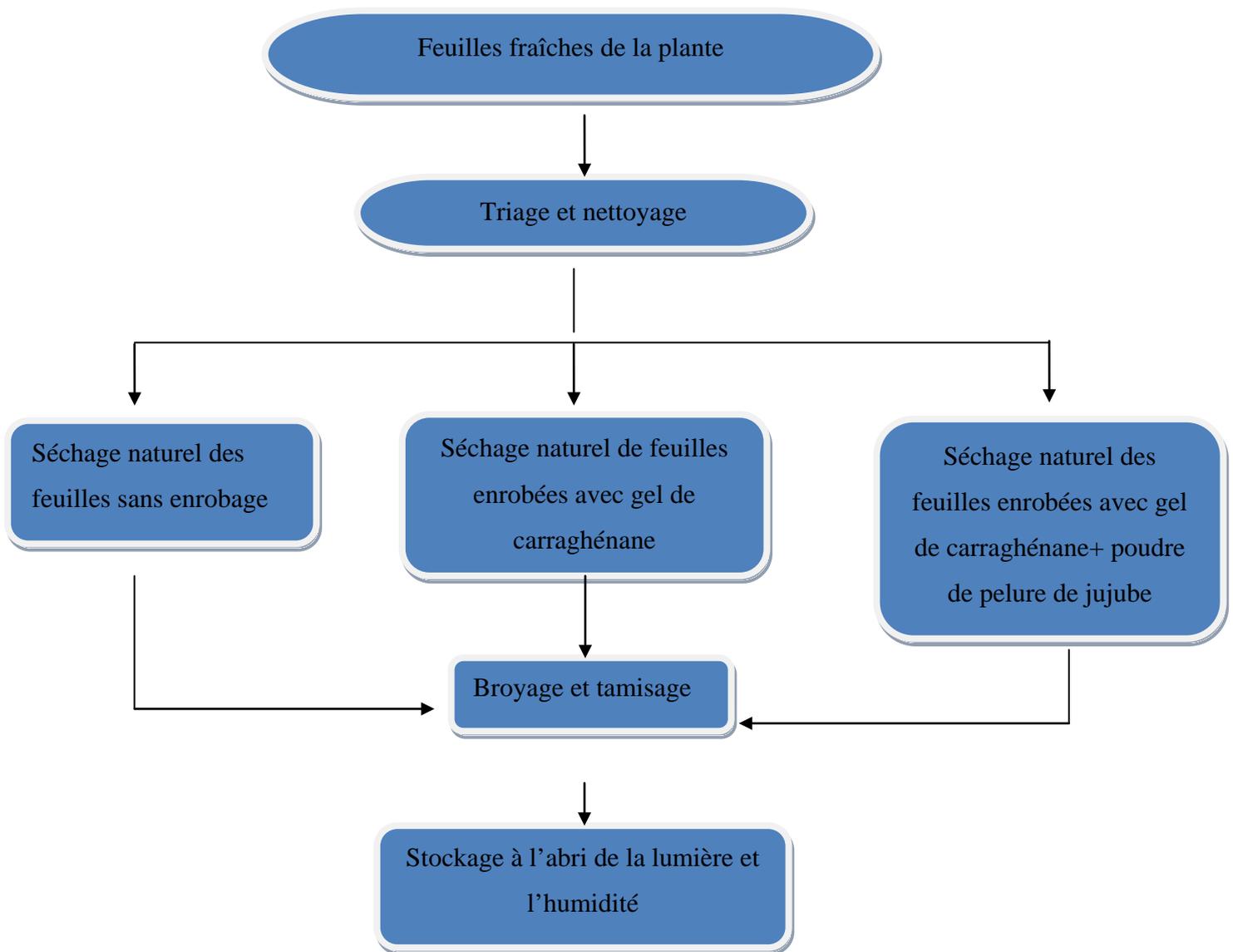


Figure 8: étapes adoptées pour l'obtention des poudres issues du séchage des feuilles de *Pulicaria odorae* sans et avec enrobage avec les gels fonctionnels

IV.5. Analyses physico-chimiques des gels élaborés

IV.5.1. Mesure du pH (NF V 05-108,1997)

Il définit l'acidité du produit considéré, mesuré à l'aide d'un pH-mètre.

✓ Mode opératoire

- 4g de l'échantillon dans 100ml d'eau distillée chaude ;
- Broyer le mélange et laisser refroidir ;

Matériel et méthodes

- Etalonner le pH mètre en utilisant une solution tampon ;
- Prélever un volume V de l'échantillon suffisamment important pour permettre l'immersion de l'électrode ;
- Noter ensuite la valeur du pH.

IV.5.2. Acidité titrable (NF V 05-101, 1974)

L'acidité titrable est la somme des acides minéraux et organiques libres.

✓ **Principe**

Il consiste en un titrage avec la solution de NaOH en présence de phénophtaléine comme indicateur coloré.

✓ **Mode opératoire**

- Peser 10g de l'échantillon ;
- Placer l'échantillon dans une fiole conique, puis on ajoute 70ml d'eau distillée récrément bouillie et refroidie, puis mélanger jusqu'à l'obtention d'un liquide homogène ;
- Chauffer le contenu au bain marie pendant 30mn ;
- Refroidir, transvaser quantitativement le contenu de la fiole conique dans une fiole jaugée de 100ml et compléter jusqu'au trait de jauge avec l'eau distillée, bien mélanger puis filtrer.
- Prélever 10ml du filtrat dans 10ml d'eau distillée ;
- Ajouter trois gouttes de phénophtaléine et tout en agitant, titrer avec de la solution d'hydroxyde de sodium 0,1N jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante pendant 30 secondes.

✓ **Expression des résultats**

L'acidité titrable est calculée par la formule suivante :

$$A(\%) = \frac{175 \times V_1}{V_0 \times M}$$

Soit :

M : masse prélevée en gramme ;

V₀ : volume en ml de la prise d'essai ;

Matériel et méthodes

V_1 : volume en ml de la solution NaOH à 0,1N.

IV.5.3. Détermination de degré Brix

✓ Principe

Le Brix (%) exprime le pourcentage de la concentration des solides solubles contenus dans un échantillon (solution aqueuse). Le contenu des solides solubles représente le total de tous les solides dissous dans l'eau, incluant les sucres, les sels, les protéines, les acides, etc. et la mesure lue est estimée par leur somme totale.

Selon la norme AFNOR (1986), on entend par résidu sec soluble (déterminé par réfractomètre) la concentration en saccharose d'une solution aqueuse ayant le même indice de réfraction que le produit analysé, dans des conditions déterminées de préparation et de température. Cette concentration est exprimée en pourcentage en masse.

L'indice de réfraction des solutions sucrées est proportionnel à la teneur en sucre. Le réfractomètre est un excellent instrument pour la détermination des solides solubles.

La teneur se fait à une température de 20°C.

Avant de procéder à l'analyse il faut d'abord nettoyer et sécher le prisme du réfractomètre en utilisant de l'eau et du tissu doux puis procéder à l'étalonnage du matériel avec de l'eau distillée.

✓ Etalonnage du réfractomètre

• Le réfractomètre doit être souvent contrôlé par de l'eau distillée (ou par une solution à Brix connu).

- Laver et sécher correctement le prisme ;
- Appliquer une goutte de l'échantillon préalablement homogénéisé dans la surface au prisme du réfractomètre ;
- Rabattre le deuxième prisme sur le palier de façon à avoir une seule couche de liquide ;
- On oriente le réfractomètre vers une source de lumière : deux zones apparaissent claire et sombre.
- La limite entre les deux zones indique la grandeur de la réfraction.
- La valeur Brix est la valeur lue par le réfractomètre qui donne le % des sucres dans les gels.

1 degré Brix = 1g de sucre /100g de solution

IV.5.4. Dosage des flavonoïdes

La méthode du trichlorure d'aluminium AlCl_3 (KOSALEC *et al.*, 2004) a été adoptée pour quantifier les flavonoïdes dans les différents extraits des poudres obtenues .

Le diagramme ci-dessous montre les différentes étapes respectées pour doser les flavonoïdes des feuilles fraîches et sèches de *P.odorae*.

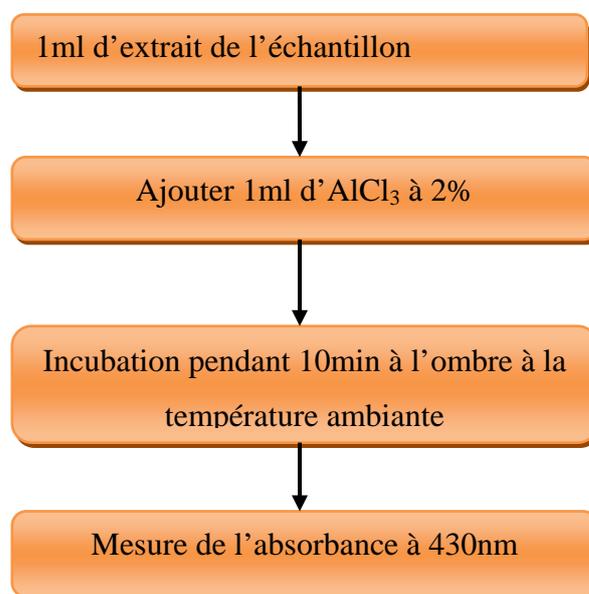


Figure 9 : Diagramme de dosage des flavonoïdes (KOSALEC *et al.* 2004)

✓ Courbe d'étalonnage

La quantification des flavonoïdes est faite selon une courbe d'étalonnage réalisée en utilisant la quercétine comme un flavonoïde standard.

✓ Expression des résultats

La teneur en flavonoïdes est exprimée en milligramme d'équivalent de quercétine par gramme de poids sec de l'extrait.

IV.6. Analyses physico-chimiques des poudres obtenues

Les mêmes protocoles utilisés lors de la caractérisation physico-chimique des gels élaborés ont été appliqués pour l'analyse des feuilles fraîches ainsi les différentes poudres obtenues après séchage, à savoir le pH, l'acidité et les flavonoïdes.

IV.6.1. Détermination de la teneur en eau

✓ Mode opératoire

5g d'échantillon des feuilles fraîches, placé dans des creusets. Puis mis dans l'étuve pendant 15min à $105 \pm 2^\circ\text{C}$;

Retirer les creusets de l'étuve, les placer dans le dessiccateur pour éviter toute réhydratation, après refroidissement, les peser à l'aide d'une balance de précision 0,001. Recommencer l'opération jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

La teneur en eau à été déterminée selon la formule suivante :

$$H(\%) = \frac{M_1 - M_2}{M} \times 100$$

Soit :

H : Humidité (%)

M1 : Masse de la capsule (Tarée) + la matière fraîche avant séchage en g.

M2 : Masse de l'ensemble après séchage en g.

M : Masse de la prise d'essai en g.

IV.6.2. Détermination de la teneur en polyphénols totaux (PPT)

IV.6.2.1. Extraction des polyphénols

✓ Principe

Il s'agit d'une extraction solide-liquide. Le principe consiste à ce que le solvant doit franchir la barrière de l'interface solide-liquide, dissoudre le principe actif à l'intérieur du solide et à l'entraîner à l'extérieur. Elle correspond à une macération puis une analyse colorimétrique par spectrophotométrie (UV-visible) (HAMIDI, 2013).

Le procédé d'extraction des polyphénols adopté est illustré dans la figure 10.

Matériel et méthodes

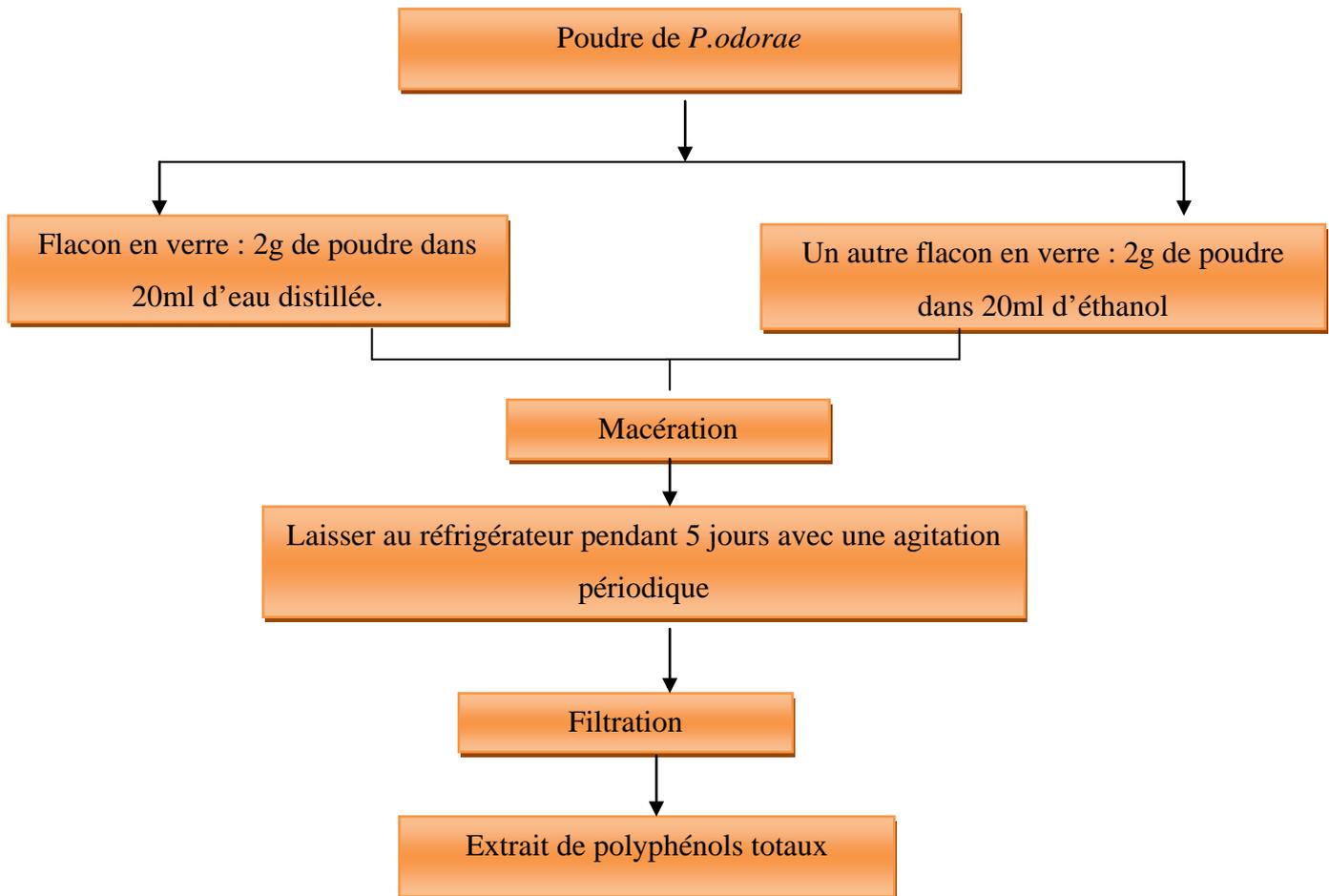


Figure 10: Diagramme d'extraction des polyphénols (modifié)

IV.6.2.2. Dosage des polyphénols

Les polyphénols ont été déterminés par spectrophotométrie selon la méthode de Folin-Ciocalteu (SINGLETON et *al*, 1999).

Ce dosage est basé sur la quantification de la concentration totale de groupements hydroxyles présents dans l'extrait. Le réactif de Folin-Ciocalteu consiste en une solution jaune acide contenant un complexe polymérique d'ions (hétéropolyacides). En milieu alcalin, le réactif de Folin-Ciocalteu, oxyde les polyphénols en ions phénolates et réduit partiellement

Matériel et méthodes

ses hétéropolyacides, d'où la formation d'un complexe bleu (DAELS-RAKOTOARAIISON, 1999).

✓ Mode opératoire

Le dosage des polyphénols totaux dans les différents extraits des poudres de *P.odorae* est représenté par le diagramme suivant :

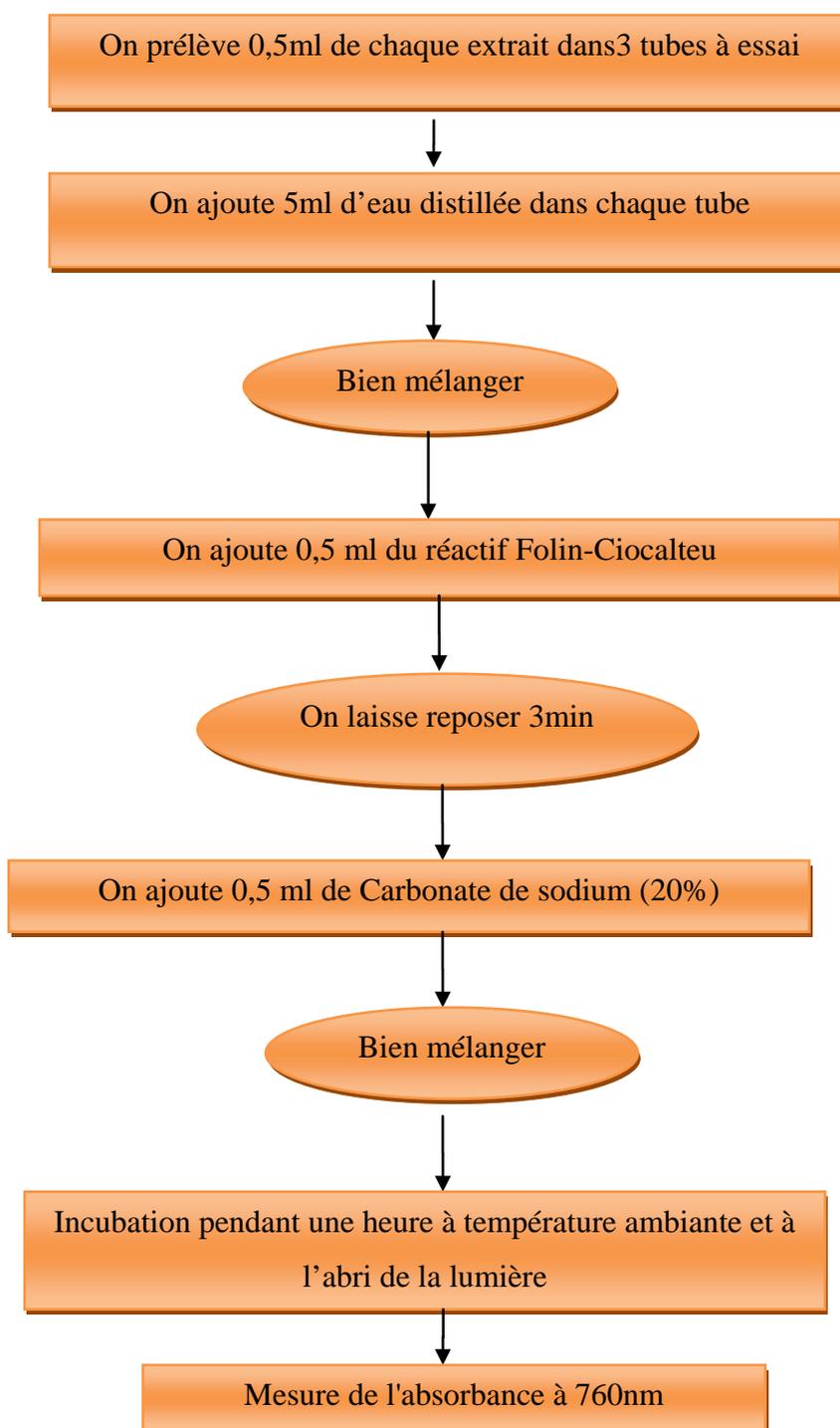


Figure 11 : Diagramme du dosage des PPT (JUNTACHOTE et al. 2006)

Matériel et méthodes

✓ **Courbe d'étalonnage**

- ✓ La courbe d'étalonnage a été établie en utilisant l'acide gallique comme standard (annexe 2).

✓ **Expression des résultats**

Les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalent d'acide gallique par gramme de poids sec de la poudre de la plante (mg EAG/g MS).

IV.7. Analyses rhéologiques des poudres

IV.7.1. Analyse de la granulométrie

✓ **Principe**

C'est une méthode indirecte consiste à déterminer la répartition granulométrique par la technique de diffraction de la lumière laser après mise en suspension de l'échantillon dans un dispersant (MASTERSIZER 2000).

Les particules passant devant un faisceau de laser, provoquant une déviation de la lumière. La quantité de la lumière déviée est proportionnelle à la taille des particules. Ce type d'appareil permet de mesurer des particules sphériques à partir de 0,05 μ m.

Cette analyse a été réalisée au niveau de l'Unité de Recherche à l'Université de Boumerdès.

IV.7.2. Indice de gonflement (PARIS, 1976)

✓ **Principe**

L'indice de gonflement est le volume en ml occupé par 1 gramme de poudre, y compris le mucilage qui y adhère, qui a été mis à gonfler dans un liquide aqueux pendant 4h.

✓ **Mode opératoire**

Dans une éprouvette graduée à bouchon rodé, de 20 cm de hauteur sur 20mm de diamètre, introduire 1g de poudre. Humecter la poudre avec 1ml d'alcool et ajouter 25ml d'eau. Agiter énergiquement toutes les 10min pendant 1h. Laisser reposer pendant 3h. Mesurer le volume occupé par la poudre. Effectuer 3 essais simultanément

Matériel et méthodes

L'indice de gonflement est donné par la moyenne des 3 essais.

$$IG = (V1+V2+V3)/3$$

IV.8. Activité antimicrobienne

Pour évaluer l'activité antimicrobienne, nous avons adopté la méthode de diffusion sur un milieu gélosé en utilisant des disques stériles en cellulose selon la méthode décrite par BENJELALI *et al.*, (1986).

Le principe de la méthode repose sur la diffusion du composé antimicrobien en milieu solide dans une boîte de Pétri, avec création d'un gradient de concentration après un certain temps de contact entre le produit et le microorganisme cible.

L'effet du produit antimicrobien sur la cible est apprécié par la mesure d'une zone d'inhibition, et en fonction du diamètre d'inhibition de la souche sera qualifiée de sensible, très sensible, extrêmement sensible ou résistante.

IV.8.1. Préparation des précultures

Les souches microbiennes à tester ont été cultivées dans des boîtes de Pétri contenant de la gélose nutritive et incubées pendant 24 h à 37°C afin d'obtenir une culture jeune et des bactéries et des colonies isolées.

IV.8.2. Préparation des disques

Nous avons préparé des disques par papier Wattman de 6mm de diamètre, ensuite sont mis dans un tube à essai, stérilisés dans l'autoclave et gardés jusqu'à l'utilisation.

IV.8.3. Préparation des suspensions bactériennes

A l'aide d'une anse à boucle, quelques colonies bien isolées et identiques ont été mises dans 10ml d'eau physiologique stérile à 0,9% de sel (Na Cl). La suspension bactérienne est bien homogénéisée et laissée sur la paillasse pendant 30 minutes (OMS, 2005).

✓ Lecture

La lecture se fait par la mesure des diamètres des zones d'inhibition et peut être symbolisée par des signes d'après la sensibilité des souches vis-à-vis de l'extrait (PONCE *et al.*, 2003).

Souches non sensibles (-) ou résistantes : diamètre < 8mm ;

Souches sensibles (+) : diamètre compris entre 9 et 14mm ;

Matériel et méthodes

Souche très sensible (++) : diamètre compris entre 15 et 19mm ;

Souche extrêmement sensible (+++) : diamètre > à 20mm.

✓ **Préparation des extraits à tester**

La détermination de l'activité microbienne est faite sur les extraits phénoliques issus des poudres obtenues après séchage.

✓ **Protocole expérimentale**

Couler aseptiquement les milieux de culture gélosés préliquifiés (Muller Hinton, OGA) dans des boîtes de Pétri. On laisse refroidir et solidifier sur la paillasse.

Ensemencer les boîtes de Pétri préalablement coulées et solidifiées, par étalement à l'aide d'un râteau stérile. L'ensemencement s'effectue de telle sorte à assurer une distribution homogène des bactéries.

A l'aide d'une pince stérile, prélever un disque Wattman stérile et l'imbiber avec 10 μ l d'extrait en mettant seulement en contact le bout du disque puis le déposer sur la gélose.

Les boîtes de Pétri sont ensuite fermées et laissées diffuser à T° ambiante pendant 2h puis mises à l'étuve à 37°C pendant 24h pour les bactéries et à 30°C pendant 24heures pour les moisissures

Les différentes étapes suivies pour l'activité antimicrobienne sont présentées dans la figure 12.

Matériel et méthodes

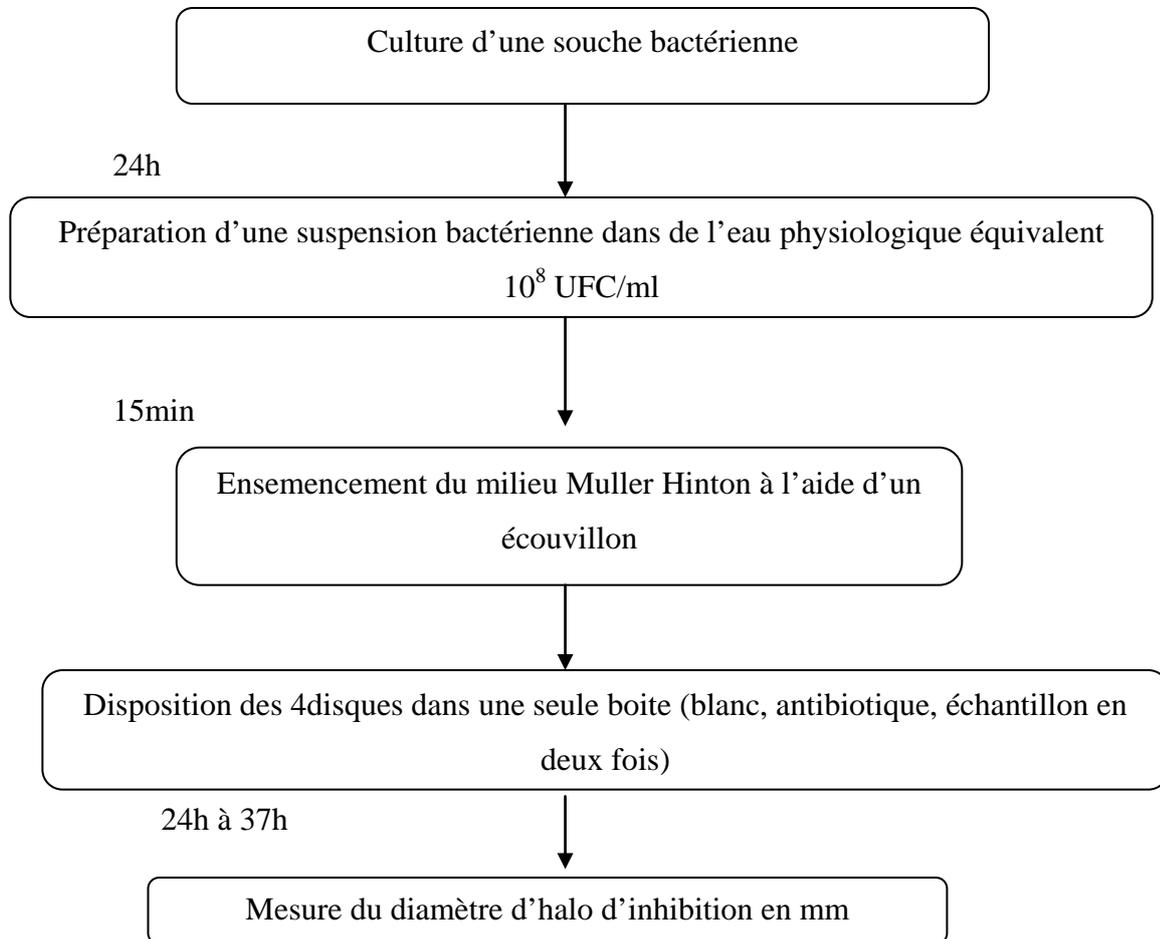
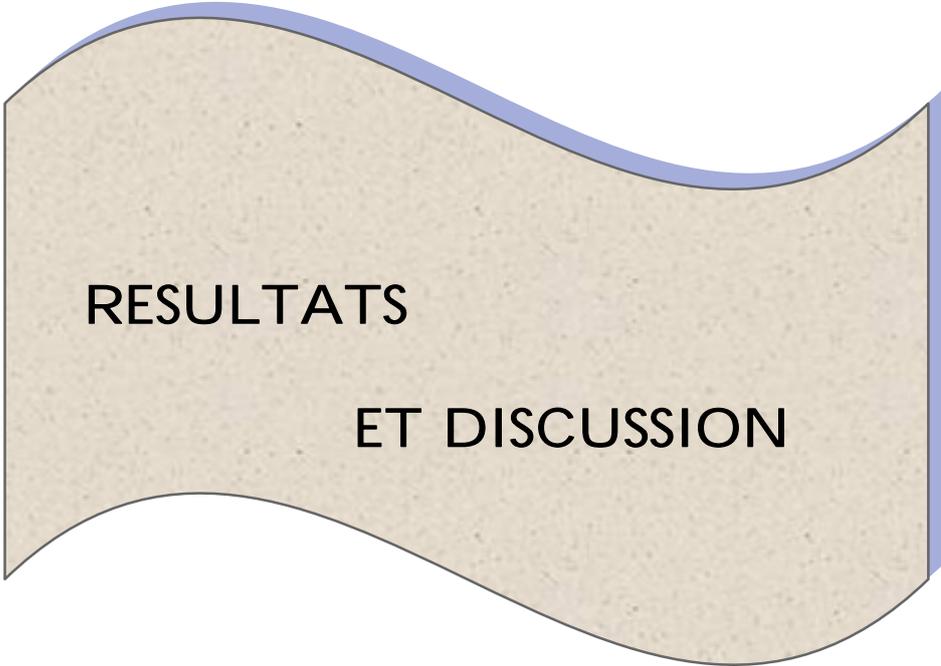


Figure 12 : Diagramme de l'activité antimicrobienne des extraits des poudres obtenues après séchage



RESULTATS

ET DISCUSSION

Résultats et discussion

V.1. Résultats des paramètres physico-chimiques des gels élaborés

Les résultats du pH, l'acidité et le degré Brix des gels fonctionnels élaborés sont résumés dans le tableau ci-dessus. Ils sont présentés sous forme de teneur moyenne de trois essais \pm l'écart type (ET).

Tableau VI : résultats des paramètres physico-chimiques des gels

Paramètres	Gel de carraghénane	Gel+ poudre de jujube
pH à 20°C	6,12 \pm 0,02	6,21 \pm 0,08
Acidité (%)	/	0,99 \pm 0,388
Degré Brix	2,5 \pm 0	4,5 \pm 0
Flavonoïdes (mg EQ/g MS)	5,467 \pm 0,96	27,281 \pm 3,59

V.2. Résultats de l'optimisation de la cinétique de séchage

Les différentes courbes de séchage des feuilles de *P.odorae* avec et sans enrobage à l'air libre sont présentées dans la figure suivante :

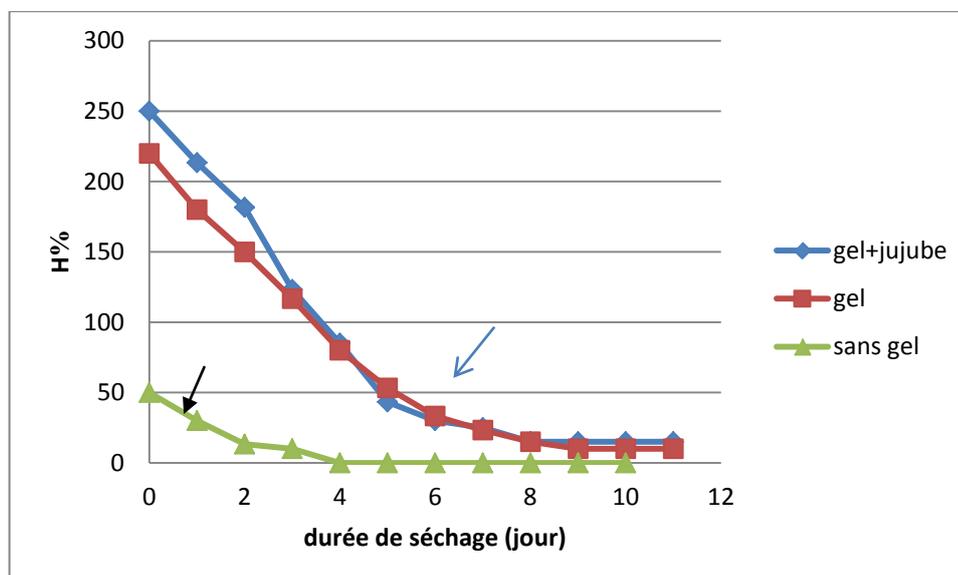


Figure 13 : courbes de séchage des feuilles de *P.odorae* à air libre

Les courbes de séchage des feuilles de *P.odorae* avec et sans enrobage à l'air libre présentent les mêmes allures. Elles ont une forme exponentielle décroissante.

Résultats et discussion

Les feuilles de *P.odorae* possèdent une humidité initiale de 86%, celle-ci a été réduite à une teneur finale de l'ordre de 0% au bout de 4 jours. Dans le cas des feuilles enrobées avec le gel de carraghénane sa teneur finale est de l'ordre de 10% ceci au bout de 10 jours comparé à celles enrobées avec la poudre de jujube et le carraghénane sa teneur initiale est réduite à une teneur finale de 15%.

Les tracés des courbes de vitesse en fonction du temps nous a permis de distinguer deux phases vérifiant la description classique de séchage (BELGHILT et BENNI, 2009) à savoir :

Phase 1 : décrit une vitesse de séchage constante qui dure 2jours pour la plante séchée sans enrobage, 6jours pour la plante enrobée avec le gel de carraghénane et une durée de 5jours dans le cas de la plante enrobée avec le gel de carraghénane+ poudre de pelure de jujube.

Cette phase traduit une diminution rapide de l'humidité de la plante correspondant à l'évaporation superficielle de l'eau.

Phase 2 : caractérise une vitesse de séchage décroissante.

Cette phase décrit une diminution lente de la teneur en eau jusqu'à atteindre une humidité d'équilibre qui tend vers zéro, à ce moment, le séchage est achevé.

Le changement observé dans les allures correspond à un point critique (voir les flèches dans les Figures (13), qui limite la valeur de l'humidité d'équilibre qu'est de l'ordre de 4%. Cette valeur est atteinte après une durée de séchage de 2jours pour les feuilles séchées sans enrobage, 6jours pour les feuilles enrobées avec le gel de carraghénane et une durée de 5jours dans le cas des feuilles enrobées avec le gel de carraghénane+ poudre de pelure de jujube.

Ce point d'inflexion, s'explique par un changement au niveau de la structure des feuilles.

V.3. Résultats des paramètres physico-chimiques des feuilles fraîches et les poudres obtenues

Les résultats de quelques paramètres physico-chimiques de la plante ainsi que les poudres obtenues après séchage sont résumés dans le tableau VII. Ils sont présentés sous forme de teneur moyenne de trois essais \pm l'écart type (ET).

Résultats et discussion

Tableau VII : Résultats des paramètres physico-chimiques des feuilles fraîches et poudres de *P.odorae*

Paramètres	Feuilles fraîches	Feuilles séchées sans enrobage	Feuilles sèches préenrobées avec gel de carraghénane	Feuilles sèches préenrobées avec gel+ poudre de jujube
pH à 20°C	6,19±0,05	5,87±0,01	5,65±0,02	5,50±0,05
Acidité	1,16±0,38	1,09±0,12	0,97±0,05	0,86±0,25
Humidité (%)	86,28±0,54	0,0±0	10±0	15±0

Selon le tableau ci-dessus nous constatons que, les feuilles sèches ainsi que les poudres issues de séchage des feuilles enrobées par les deux gels à l'air libre présentent un pH légèrement acide, quant au pH des feuilles fraîches possèdent un pH plus au moins neutre.

En ce qui concerne l'acidité, les poudres issues des feuilles enrobées présentent des teneurs en acidité titrable faibles en comparaison avec celles des feuilles fraîches et séchées sans enrobage au préalable.

D'après ces résultats nous remarquons que, les feuilles de *P.odorae* sont très riches en eau avec une valeur de 86,28%.

V.4. Résultats de dosage des polyphénols totaux

Les taux de polyphénols totaux de nos extraits (Tableau VIII), ont été calculés à partir d'une courbe d'étalonnage linéaire (annexe 2), établie avec des concentrations précises d'acide gallique, comme standard de référence, dans les mêmes conditions que l'échantillon.

Les résultats sont exprimés en milligramme équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/g MS). Les valeurs sont données sous la forme de moyenne de 3essais ± ET.

Résultats et discussion

Tableau VIII : teneurs des PPT (mg EAG/g MS) des extraits des poudres et feuilles fraîches de *P.odorae* (mg EAG/g MF)

Nature de l'extrait	Plante fraîche (mg EQ/g MF)	Feuilles séchées sans enrobage	Feuilles sèches préenrobées avec gel de carraghénane	Feuilles sèches préenrobées avec gel+ poudre de jujube
Extrait aqueux	433,93±5,997	8 39,085±0,123	850,3±0,130	886,056±2,055
Extrait éthanolique	925,146±3,959	964,843±22,969	988,816±17,716	1099,996±8,545

A partir de ce tableau nous pouvons déduire que, les différents extraits analysés sont très riches en polyphénols. Ces résultats, montrent aussi que, le séchage influence positivement le taux d'extraction de PPT en comparant avec les taux en PPT des extraits de la plante fraîche.

Une teneur élevée en PPT est obtenue dans l'extrait éthanolique en comparaison avec l'extrait aqueux et ce pour les différentes poudres analysées.

Cette différence dans les teneurs peut être attribuée aux divers facteurs notamment les types de solvant. Selon JALOPIC et *al.*, (2009), l'éthanol est un meilleur solvant d'extraction des PPT.

Une teneur élevée en PPT est obtenue dans l'extrait de la poudre issue de séchage des feuilles enrobées avec gel de carraghénane+jujube en comparaison avec la poudre issue du séchage des feuilles sans enrobage avec une teneur de 1099,996 mgEAG/g MS pour l'extrait éthanolique et de 886,056 mgEAG/g MS pour l'extrait aqueux.

Nous pouvons conclure de ce dosage que, la poudre issue de séchage des feuilles de *Pulicaria odorae* enrobées avec gel+jujube sont plus riches en PPT que le reste des poudres étudiées ce qui lui confère plus de propriétés biologiques.

V.5. Résultats de dosage des flavonoïdes

La quantité de flavonoïdes a été rapportée en milligramme équivalent de quercitrine par gramme de poids sec de l'extrait (mg EQ/g MS). Les valeurs sont données sous la forme moyenne de 3 essai ± ET.

Résultats et discussion

Tableau IX : résultats du dosage des flavonoïdes (mg EQ/g MS)

Nature de l'extrait	Feuilles fraîches (mg EQ/g MF)	Feuilles séchées sans enrobage	Feuilles sèches préenrobées avec gel de carraghénane	Feuilles sèches préenrobées avec gel+ poudre de jujube
Extrait éthanolique	88,39±9,99	112,85±1,18	119,3± 3,23	141,336±0,89
Extrait aqueux	79,393±1,23	88,036±1,01	97,97±2,12	103,115±1,05

Le Tableau ci-dessus montre que, les extraits éthanoliques contiennent des teneurs plus élevées en flavonoïdes que les extraits aqueux. Ceci confirme que l'éthanol est un meilleur solvant d'extraction que l'eau.

Nous constatons aussi que, la poudre contenant le jujube contient la plus grande teneur en flavonoïdes en comparaison avec la poudre issue du séchage des feuilles séchées sans enrobage.

Nous pouvons conclure de cette analyse que, la poudre issue des feuilles de *Pulicaria odorae* enrobées avec la pelure jujube est riche en flavonoïdes. Cette richesse est à l'origine de la pelure de jujube (BENAHMED DJILALI et *al.* 2016).

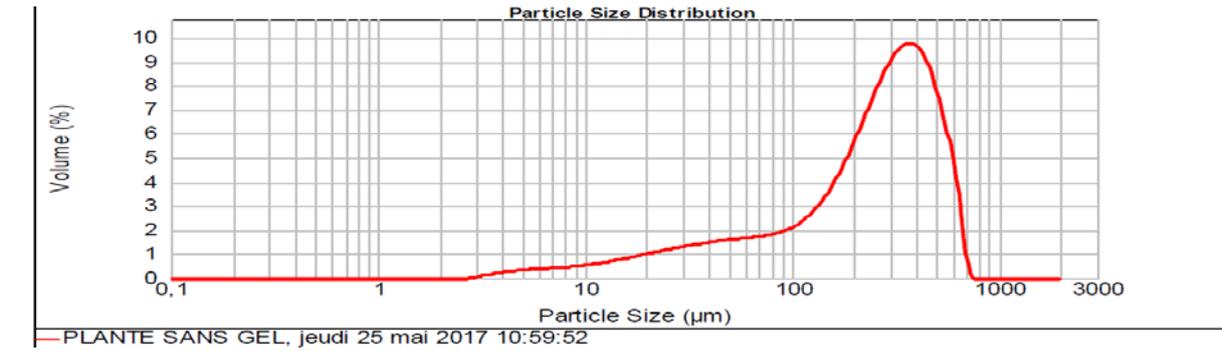
V.6. Résultats des paramètres rhéologiques

V.6.1. Granulométrie

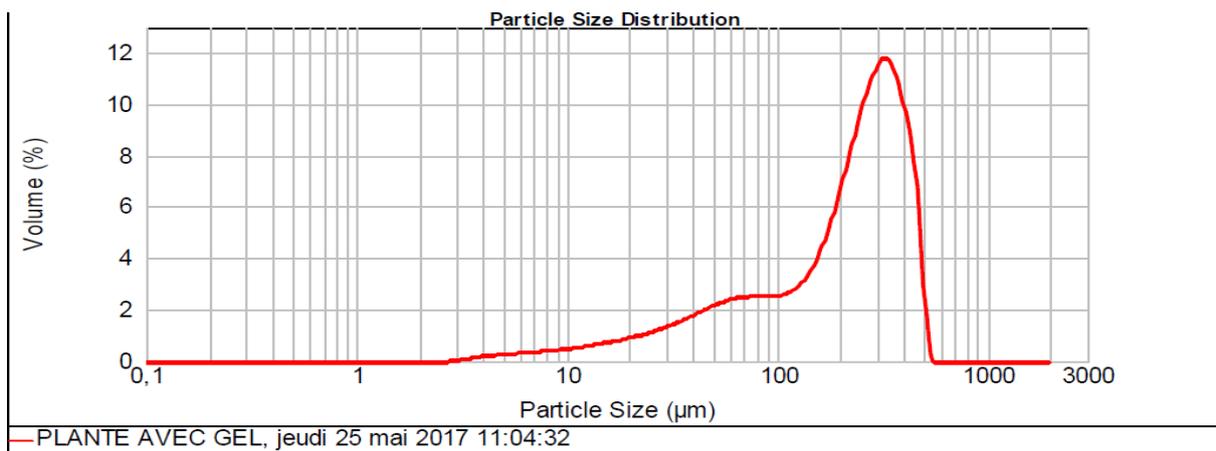
La granulométrie est une analyse qui détermine la dimension et la forme des particules. Elle a pour objectif de décrire l'ensemble des caractéristiques qui définissent l'état granulaire d'une poudre.

La Figure 14 illustre la distribution par tamisage de la taille des différentes poudres par diffraction au lazer.

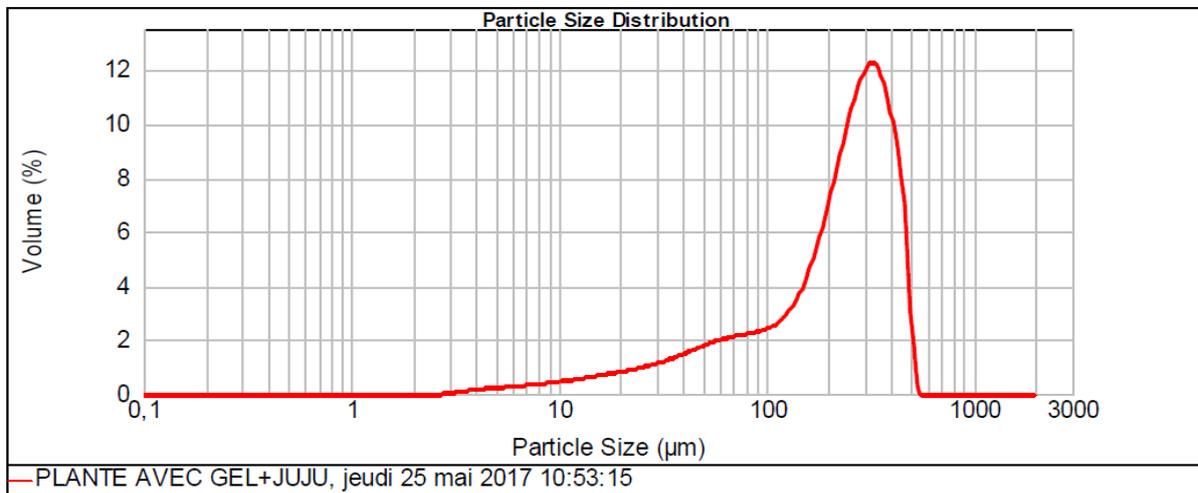
Résultats et discussion



a)



b)



c)

Figure 14 : Distribution granulair des poudres de feuilles de *P.odorae*

Poudre issue des feuilles séchées sans enrobage ; b) Poudre issue des feuilles séchées préenrobées avec gel de carraghénane ; c) Poudre issue des feuilles séchées préenrobées avec gel+ jujube

Résultats et discussion

L'analyse de la granulométrie révèle que, les deux poudres issues des feuilles enrobées et séchées à air libre possèdent les mêmes pourcentages de grain majoritaire de dimension de $316,228\mu\text{m}$. Tandis que, la poudre issue de séchage des feuilles non enrobées est caractérisée par une taille des particules majoritaires de $363,078\mu\text{m}$.

La Figure 15, présente l'aspect des feuilles enrobées et non enrobées et leurs poudres obtenues après séchage.

Il est à noter que, la poudre issue de séchage des feuilles non enrobées possède deux parties différentes, une constitue les particules légères (partie laineuse) (Figure 15, a), et l'autre constituée de particules de taille importante.

Résultats et discussion



Figure 15 : aspect des poudres issues de séchage des feuilles de *P.odorae* enrobées et non enrobées à air libre

Résultats et discussion

Généralement, autant que la taille des particules est petite autant que le transfert de matière est meilleur. En effet, cette théorie est confirmée dans le cas de nos poudres, le meilleur taux d'extraction des PPT a été observé pour les poudres issues des feuilles enrobées par les gels fonctionnels.

Nous pouvons conclure que, la méthode d'enrobage a un effet très intéressant de point de vue écoulement (propriété pharmacodynamique). Elle favorise le fractionnement des particules (l'obtention des poudres moins laineuses de taille de grain petite), favorisant ainsi la libération meilleure des substances bioactives.

V.6.2. Résultats d'indice de gonflement

L'indice de gonflement des trois poudres a été calculé dont le but de montrer le comportement rhéologique des constituants des poudres obtenues dans le l'eau (phénomène de gonflement).

Cet indice confirme la présence de mucilages (gomme), constitués de polysaccharides, qui se gonflent en contact avec l'eau en prenant une consistance visqueuse, parfois collante, semblable à la gélatine.

Les résultats trouvés sont portés dans le tableau suivant :

Tableau X : indice de gonflement des poudres obtenues

Types de poudres	Poudre de feuilles non enrobées	Poudre de feuilles enrobées avec gel de carraghénane	Poudre de feuilles enrobées avec gel+jujube
Indice de gonflement	1,13±0,04	2±0	1,7±0

Les résultats mentionnés dans le Tableau (X) montrent que, les valeurs de l'indice de gonflement sont presque similaires pour les différentes poudres analysées. Cela signifie que, la matrice de conservation n'influence l'aptitude au gonflement. Selon PARIS, (1976), les plantes qui possèdent un indice de gonflement supérieur à 10 contiennent un mucilage et on les appelle « plante à mucilage ». Alors nous pouvons déduire que, les différentes poudres ne possèdent pas de mucilages.

Résultats et discussion

Ce résultat, paraît très important de point de vue conservation et stockage des poudres à des fins d'utilisation, puisque nous montre également que le facteur de rétention d'eau est moins éventuel.

V.7. Résultats de l'activité antimicrobienne

Les diamètres d'inhibition induite par les extraits de PPT des feuilles de la plante étudiée sont consignés dans le Tableau XI et l'annexe 4

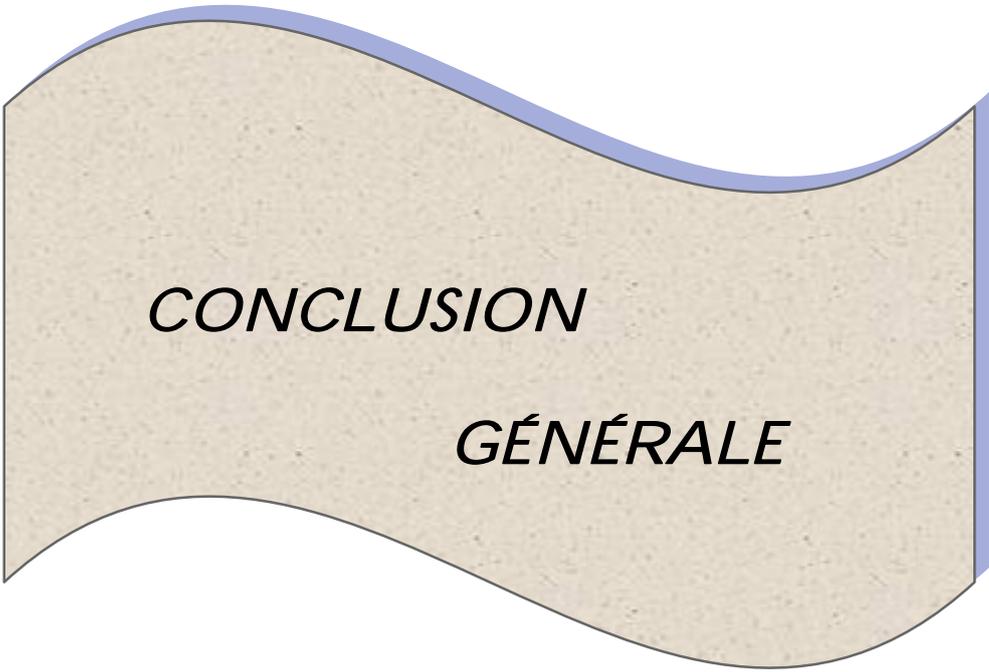
Tableau XI : Diamètres des zones d'inhibition des extraits de PPT testés

Microorganismes testés	Diamètres d'inhibition (mm) \pm ET					
	Feuilles séchées sans enrobage		Feuilles sèches préenrobées avec gel de carraghénane		Feuilles sèches préenrobées avec gel de carraghénane+jujube	
	Extrait aqueux	Extrait éthanolique	Extrait aqueux	Extrait éthanolique	Extrait aqueux	Extrait éthanolique
<i>S. aureus</i> ATCC 25923	0	15,5 \pm 0,05	0	14 \pm 0,16	0	12,5 \pm 0,25
	-	+	-	+	-	+
<i>E-coli</i> ATCC 25322	0	12 \pm 0,3	0	12,5 \pm 0,25	0	17 \pm 0,3
	-	+	-	+	-	++
<i>C.albicans</i>	0	18,5 \pm 0,02	0	20 \pm 0,01	0	24,5 \pm 0,15
	-	++	-	+++	-	+++

(-) : non sensible ; (+) : peu sensible ; (++) : moins sensible ; (+++) : plus sensible.

Il ressort du Tableau XI que, les extraits éthanoliques exercent un large spectre d'activité car ils agissent sur les bactéries Gram positif et négatif, mais le degré de sensibilité diffère d'une souche à une autre. Cependant, les extraits aqueux n'exercent aucune activité vis-à-vis les souches testées.

Cela peut s'expliquer par le fait que, l'extrait éthanolique est plus riche en polyphénols qui sont connus par leurs activités antimicrobiennes, antioxydantes d'où la présence des zones d'inhibition vis-à-vis des souches testées.



CONCLUSION

GÉNÉRALE

Conclusion générale

La présente étude a pour objectif d'étudier l'effet d'une nouvelle matrice de conservation sur la qualité des poudres issues de séchage de feuilles *Pulicaria odorae* à l'air libre. A cet effet, deux gels fonctionnels ont été préparés et analysés.

Les résultats de certains paramètres physico-chimiques des gels fonctionnels montrent que, le gel de carraghénane présente un degré Brix de 2,5% comparé au gel de carraghénane+poudre de jujube se caractérise par un taux de 4,5%. Cette différence est liée à la composition de la pelure de jujube.

Les résultats de la caractérisation physico-chimique des feuilles fraîches de *Pulicaria odorae* révèlent que, ces feuilles possèdent une humidité élevée ($86,28\pm 0,54$) et un pH plus au moins neutre ($6,19\pm 0,05$).

Les cinétiques de séchage des feuilles de *Pulicaria odorae* préenrobées avec les gels fonctionnels révèlent l'existence de deux phases : phase à vitesse constante et à vitesse décroissante (ralentissement).

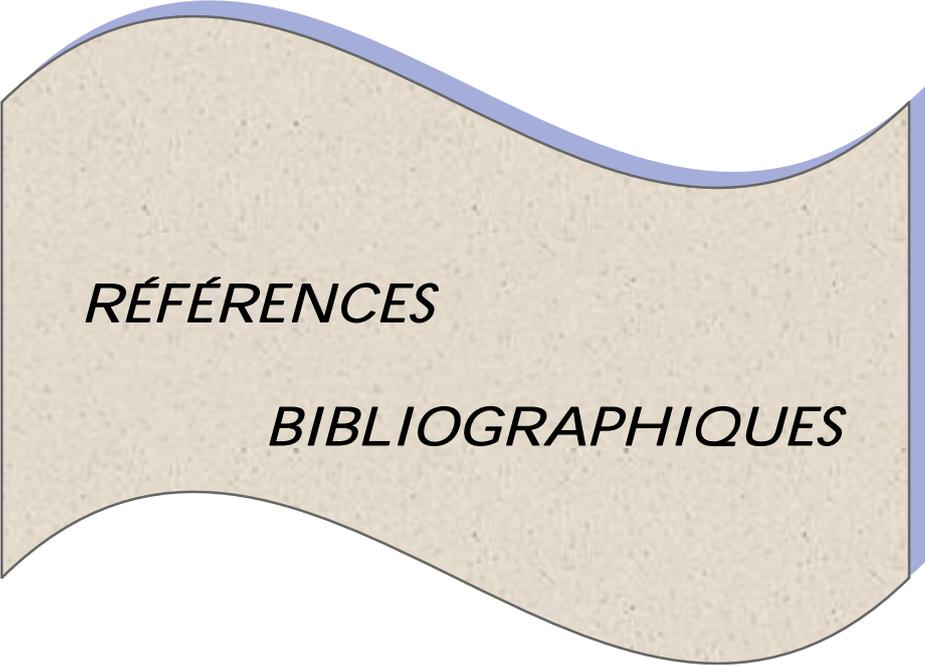
L'analyse quantitative des polyphénols et des flavonoïdes des extraits (éthanoïque et aqueux) des trois poudres obtenues montre que, les extraits éthanoïques présentent des teneurs plus élevées en ces composés en comparaison les extraits aqueux.

L'enrobage avec la matrice de gel a un effet très positif sur les propriétés rhéologiques (taille de grain petite, bon écoulement, et peu de gonflement). En outre, il favorise la bonne conservation des substances bioactives (polyphénols et flavonoïdes). En effet, un meilleur taux est obtenu pour la poudre issue des feuilles enrobées avec gel de carraghénane+jujube ($1099,996\pm 8,545$ mg EAG/g MS) pour les PPT et un taux de $141,336\pm 0,89$ mg quercetine/g MS pour les flavonoïdes. Ces métabolites secondaires sont reconnus pour leurs propriétés biologiques et thérapeutiques intéressantes.

Enfin, le test de l'activité antimicrobienne des extraits de polyphénols totaux des poudres obtenues révèlent qu'ils sont efficaces contre les bactéries à Gram positif (*Staphylococcus aureus* ATCC 25923) et Gram négatif (*Escherichia coli* ATCC 25322) et la levure (*Candida albicans*). Ainsi que, les zones d'inhibition sont observées dans le cas des extraits éthanoliques qui sont plus efficaces que les extraits aqueux. La meilleure zone d'inhibition est observée en testant l'extrait éthanolique de la poudre issue des feuilles enrobées par le gel de carraghénane + poudre de pelure de jujube vis-à-vis *C.albicans* avec un diamètre zone d'inhibition de $24,5\pm 0,15$ mm.

Conclusion générale

Compte tenu des résultats obtenus, nous pouvons conclure qu'il paraît utile de s'intéresser à l'utilisation de cette matrice de conservation sur d'autres plantes et matrices alimentaires périssables en vue leur stabilisation.



RÉFÉRENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

AFNOR (1986). Recueil de normes françaises des produits laitiers. Ed., 3^{ème} éd AFNOR.**ALEXANDRA I., 2001.** La conservation des aliments tout on jeu. Savoir scientifique. **AZAM ALI S., BONKOUNGOU E., BOWE C., DEKOCK C., GODARA A. et WILLIAMS J.T. (2006).** Ber and other jujubes. Edition Southampton Centre for Underutilised Corps.pp. 18-23.

BAHORUM T. (1997). Substances Naturelles actives. La flore Mauricienne. Une source d’approvisionnement potentielle Food and Agricultural Research council Mauritias p 83-94 .

BÄRTELS A. (1997). Guide des plantes de basin méditerranées. Ed Engen Ulmen.pp.58.

BELLAKHDAR J. (1997). Pharmacopée marocaine traditionnelle. Ed Ibis presse. Page 464, 465.

BEGHITH A., AZZOUZ S., ELCAFSI A. (2013). Modélisation mathématique des cinétiques de séchage en couches minces des tomates.

BENAHMED DJILALI A., NABIEV N., GELICUS A., BENAMARA S., ALLAF K (2016). Evaluation Of Physical-Chemical, Parmacodynamic And Pharmacological Attributes Of Hot Air Dried And Swell Dried Jujube Powders. Journal Of Food Process Engineering Issn 1745–4530.

BENAHMED DJILALI A,MAHOUEL H, KASI MOHAND N, OUARZENE D, BOUKSSAIM M and BENAMARA S (2014). Development of possibility of natural juice using *Ziziphus jujuba* and *Spirulina*. Industrial, Medical and Environmental Applications of Microorganisms.

BENJELALI B., TANTAOUI E.A. & ZMAILI- ALAOUI M. (1986). Méthodes d’études des propriétés antiseptiques des huiles essentielles par contact direct en milieu gélosé. Plantes médicinales et Phytothérapie, 20,155-167.

BENSEDIK A. (2011). Modélisation et simulation du Séchage de la figue par des séchoirs solaires indirects fonctionnant et convection forcée. Thèse de magister Energitique. Université ABOU-BEKR BELKAID-TLEMCEN ;

BIMBENET (2002). Technologie de transformation des fruits, p. 209.

BIMBENET(1994). Automatic control of food an biological process – AcoFoP III symposium, Paris, France.

Références bibliographiques

BIMBENET J.J. (1984). Le séchage dans l'industrie agricole et alimentaire. Cahiers du génie Industriel Alimentaire (G.I.A), Sepaic, Paris 2^{ème} édition p34.

BIMBENET J.J. DUQUENOY A. TRYSTRAM G. (2002 a). Séchage, caisson, caisson-extraction. Dans Génie des Procédés Alimentaires des bases aux applications. Edition RIA-DUNOD- Paris, pp 391-427 (p554).

BIMBENET J.J. BONAZZI C. (2008). Séchage des produits alimentaires. Appareils et applications. Edition Techniques de l'ingénieur. p. 471-473.

BIMBENET J.J. BONAZZI C. DUMOULINE N. (2002 b). L'eau en séchage, stockage, réhydratation. Dans l'eau dans les aliments par LE MESTE M : LORIENT D. et SIMATOS D : Edition Tec et Doc. PARIS pp 525-546 (p 674).

BRAHIMA K., ANTOINE K. et MODIBO D. (2002). La culture du jujubier : un manuel pour l'horticulteur sahélien. World agroforestry centre (icraf).

BRUNETON J. (1999). Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales, (3^{ème} éd). Tec etDoc (Ed), paris, 1120p.

BORGI W. et CHOUCANE N. (2006). Activité anti-inflammatoire et saponosides des écorces de racines de *Zizyphus lotus* (L.). Revue des Régions Arides, 283-286.

BOUDJOUREF M. (2011). Etude de l'activité antioxydante et antimicrobienne d'extraits d'*Artemisia campestris* L, Mémoire pour l'obtention du diplôme de Magister en Biochimie, Université Ferhat Abbes, Sétif, p 51

BOULEMTAFES A., (2011) le séchage solaire des produits agricoles, bulletin des énergies renouvelables 21, page 10-12.

BOUNOUIRA FOUAD. (2015). Les gels, aspects théoriques et applications. Université MOHAMMED V-RABAT, Faculté de médecine et de pharmacie RABAT. Phd thesis. p.142

BURBEN J. et WALLIS R.B.H. (1992). Prévention des pertes après récolte : Fruits, Légumes, racines et tubercules. Collection FAO : formation N° 17/2 Rome.

CATOIRE C., ZWANG H., BOUET C. (1994). Le jujubiers ou zizyphus lotus. Fruits oubliés. Article n°1.

Références bibliographiques

CETKOVIC G., CANADANOVIC-BRUNET J., DJILAS S., SAVATOVIC S., MANDIC A., TUMBAS V. (2008). Assessment of polyphenolic content and in vitro antiradical characteristics of apple pomace. *Food Chemistry*, 109: 304-347.

CHARREAU A. et CAVAILLE R. (1991). Séchage, Théorie et calculs. Dans Techniques de l'Ingénieur, Traité de génie des procédés, J2480 -p23.

CHEFTEL J.C. (1997). 'commercial pressurizes in Japan'. In Issacs, N.S (ed.), *High pressure food science, bioscience and chemistry*, The royal society of chemistry, Cambridge, pp. 506-507.

CORLIEN H., (2005). La conservation du poisson et de la viande. Fondation Agromisa. Wageningen Agrodok 12. ISB : 90-9573-033-3. P6-8-14-15.

CRONQUIST A., HOLMGREN N.H and J.L. REVEL (1972). Intermountain Flora, 1. Hanfer Publ. Co., New York.

DAELS RAKOTOARISON D. (1999). Extraits phénoliques d'aubépine, de cola et d'églantier. Thèse de doctorat, Université de Lille-II, France.

Darinmoub.com/conseils.pdf

DIALLO I., (2002). Etude de la biologie de la reproduction et de la variabilité génétique chez le jujubier (*Ziziphus mauritiana* LAM). Thèse de doctorat du troisième cycle de biologie végétale. Université Cheikh Anta diop de Dakar.

Duke JA, Ayensu ES (1985). Medicinal plants of china. Reference Publications, Institut of Chinese Medicine. 219–S224.

DJAMAI ZOUGHLACHE S., (2008-2009). Etude de l'activité biologique des extraits du fruit de *Ziziphus lotus* L. Thèse de magister, Université EL-HADJ LAKHDAR Batna.

EMLIE F., (2009). Connaissance des aliments. Bases alimentaires et notionnelles de la diététique. 2ème Edition Lavoisier. ISBN : 978-7430-1156-7.

ESPIARD E., (2002). Introduction à la transformation industrielle des fruits. Tec et doc (Ed). 192, 360p.

Références bibliographiques

FADWA E.L.H., MOHAMED A., AICHA E., CHAMUS E.A.G., FOUAD M., AHMED B., AMPARO M.B., H. BOVRA. (2005). Chemical composition and Antibacterial Activity of Essentiel Oils of *Pulicaria odorae* L., J. of E thnopharm., 99:399-401

GRABKOWSKI R., (2012). Produits de confiserie. Edition Technique de l'ingénieur. F8 030. p.5.

GUEDABA., (2005-2006). Etude de la phytochimie et des activités biologiques de *Zizyphus mauritiana* Lam. (Rhamnaceae) utilisée dans le traitement traditionnel du diabète et de l'hypertension artérielle en Mauritanie. Thèse de doctorat Université de Bamako.

GUINEBAULT . (1986). Le point sur le séchage solaire, les produits alimentaires GRESS/GRET. Dossier n°8 Ed. Trady Quercy. France.

GUY L., ELIZABETH V., (2007). Microbiologie et toxicologie des aliments Hygiène et sécurités alimentaires. Doin éditeur, Centre Régional de documentation pédagogique d'aquitaine, 4eme édition.

HAMIDI A. (2013). Etude phytochimique et activité biologique de la plante *Limoniastrum guyonianum*. Diplôme de Magister, Université KASDI MERBAH. Ouargla.

HIMEUR A. et FADEL D. (1999). Séchage des abricots. Mémoire d'ingénieur d'état en agronomie.

ISERIN P. (2001). Larousse encyclopédie des plantes médicinales. Identification, prévention, et préparation et soins. Larousse-Bordas (2ème édition). ISBN : 2-3-560252- 1.p 283

JAKOPIC J., VEBRIC R. & STAMPAR F. (2009). Extraction of phenolic compounds from green walnut fruits in different solvents. Acta. Agri. Solv., 93(1), 11-15.

JEANTTET R., CROGUENNEC T., SCHUCK P. et BRULE G. (2008). Sciences des aliments volume 1. Edition TEC ET DOC Lavoisier. p. 372.

JEAN-PIERRE D.,(2000). La conservation des aliments. Lycée de Métiers de l'hôtellerie et du tourisme. Alexandre Dumas Strasbourg- Illich.

JUNTACHOTE T., BERGHOFER E., SIEBENHDL S. & BAUER F. (2006). The antioxidative properties of holy basil and Glangal in cooked ground pork; in "Préparation in

Références bibliographiques

incorporation dans la margarine d'un extrait de date des variétés sèches". Thèse de Magister, Université de Boumerdes.

J.-C. Rameau., D. Mansion., G. Dumé., C. Gauberville., J. Bardat., E. Bruno., R. Keller. (2008). Flore Forestière Française, guide écologique illustré 3. Flore Méditerranéenne. pp.2003-2004.

KING A. et YONG G. (1999). Characteristics and occurrence of phenolic photochemicals. *Journal of the American dietetic association*, 99: p 213-218.

KONE B., KALINGANIRE A. et DOUMBIA M. (2009). La culture du jujubier : un manuel pour l'horticulteur sahélien. World Agroforestry Centre. ISBN.

LEPLAIDEUR M.A. (2008). Savoir traditionnel des trésors inestimables. Spore le magazine bimestriel du Centre technique de coopération agricole et rurale (CTA). Edition : CTA. Postbus 380. 6700 AJ Wageningen, Pays-Bas.

LI J-W., Shao-drong dring, Xiao-lin Ding. (2006). Optimization of the ultrasonically assisted extraction of polysaccharides from *Zizyphus jujuba cv.* *Jinsixiaozao Journal of Food Engineering*.

LI J-W., FAN L-P., DING S-D., DING X-L. (2007). Nutritional composition of five cultivars of Chinese jujube. *Food Chemistry*, 103 : p 454-460.

LUCIEN JEAN MATUS. Etude de la transformation du fruit du jujubier (*zizyphus mauritiana Lam.*) en galettes : impacte de la cuisson sur la valeur nutritionnelle : P 02

MATIGNON A., BAREY P., MAUDUIT S., SIEFFERMANN J. M. and MICHON C. (2014). Etude des interactions amidon / carraghénane / protéine de lait pour une formulation de crèmes desserts: vers l'ingénierie inverse, volume: 111-124.

MEDDOUR R., MELLAL H., MEDDOUR-SAHAR O., DERRIDJ A. (2009). La Flore Médicinale et ses Usages en Kabylie (wilaya de Tizi- Ouzou, Algérie) : Quelques résultats d'une Etude Ethnobotanique. Faculté des Science Biologique et Science Agronomique, Université de Mouloud Mammeri, BP17 RT, 15 000, Tizi- Ouzou, Algérie. p. 184, 195.

MERVEILLE CLAY NON, DJ. (2011). Etude structurale et rhéologique des systèmes mixtes caséinates/ carraghénane. Université de Maine, Faculté des sciences. Phd thesis.

Références bibliographiques

MUKHTAR H.M., AUSARI S.H., ALI M., et NAVED T. (2004). New compound from *Ziziphus Vulgaris* pharmaceutical Biologie, 42(7). p.508-511.

NADJMI A. et SOUSSOU A. (2014). Caractérisations biochimiques de quelques plantes spontanées médicinales à travers des différents modes de séchage. Mémoire de fin d'étude, Université Kasdi Merbah Ouargla.

NF 05-101, (1974). Produits dérivés des fruits et légumes. Détermination de l'acidité titrable.

NF V 05-108, (1997). Produits de l'agriculture. Produits dérivés des fruits et légumes.

OUAFI N., MOGHRANI H., LALEM N., GHEBACHE C., REZKALLAH Z., OWEN P.L. et JOHNS T. (2013). Xanthipe axidase inhibitory activity of north american plant remedies used for gont ; in « Préparation et incorporation dans la margarine d'un extrait de date des variétés sèches ». Thèse de Magister, Université de Boumerdes.

PARIS R.R. (1976). Moyes H-Précis de matière médicale- Tome 1, édition MASSON, Paris.

QUENZEL P. et SANTA S. (1962). Nouvelle flore d'Algérie et région désertiques méridionaux. Tome I. Centre national de la recherche (Ed). Paris. p. 565.

QUENZEL P. et SANTA S. (1963). Nouvelle flore d'Algérie et région désertiques méridionaux. Tome II. Centre national de la recherche (Ed). Paris. p. 946.

QUENZEL P. (1999). Flore pratique du Maroc. Manuel de détermination des plantes vasculaire. Volume 1. Travaux de l'institut scientifique série botanique, n° 36, Rabat. p.203.

RAMEAU J-C., MAUSIO D., DUME G. et GAUBERVILLE C. (2008). Flore forestière française (guide écologique illustré). Edition Agro Paris Tech-ENGREE.

SAADOUDI M. (2007-2008). Etude de la fraction glucidique des fruits de: *Cltis australis* L., *Crataegus azarolus* L., *Cataegus monogyna* Jacq., *Elaeagnus angustifolia* L. et *Ziziphus lotus* L. thèse de magister, Université EL-HADJ-LAKHDAR Batna.

SINGH H., SUMBALI G. (1998). Preharvest mycobial population of Indian jujube fruits (*ziziphus mauritiana* Lamk.) and their implications in postharvest pathogenesis. *Mycopathologia*, 142: p 77-80.

Références bibliographiques

SINGLETON V.L., ORTHOFER R., LAMUELA-RAVENTOS R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin Ciocalteu reagent. *Method. Enzymol.*, 299, 152-17.

SOLABIA. (2000). Le petit botaniste. Collection “ Découvertes et invitation aux voyages”

TAPIERO H., TEW K.D., NGUYEN BA G., MATHE G. (2002). Polyphénols: do they play a role in the prevention of human pathologies, *Biomed Pharmacomother*, 56: p 200-207.

TDR, (2008). Programme spécial de recherche et du développement concernant les maladies tropicales coparrainé par l'UNICEF/ le PNUD/ la Banque mondiale/ l'OMS. Plan d'activité du TDR (Tropical Diseases Research) 2008-2013 TDR/GEN/07.1/FR/Rév.1.2007.

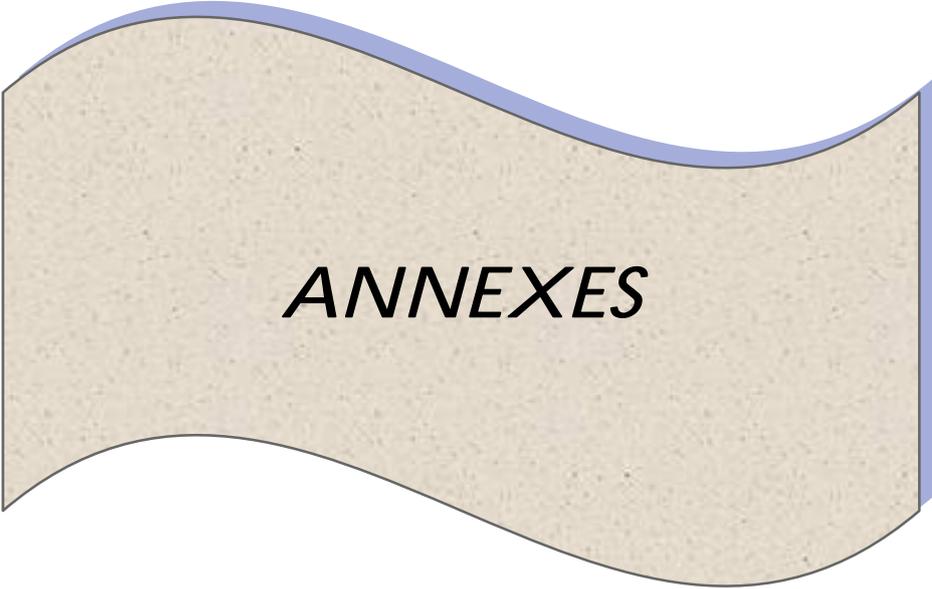
TOUATIN., CASAS L., MARTINEZ DE LA OSSA E., BEJOU F., (2014). Green extraction methods of antioxidants from *Pulicaria odorae*.

TOWLE G.A., (1973). Carraghenan. In: 'industrial gums. Polysaccharides and their derivatives', WHISTLER R. L., BE MILLER J.N., eds, Academic Press, New-York, p.83-114.

VAHEDI F, NAJAFI M.F, BOZARI K. Evaluation of inhibitory effect and apoptosis induction of Zizyphus Jujube on tumor cell lines, an in vitro preliminary study. *Cytotechnology*. 2008; 56(2): 105–111.

WALALI L. et SKIREDJ A. (2003). Transfert de technologie en agriculture. Fiches techniques : N°108. L'avocatier, le chérимolier, le kaki, le jujubier. Bulletin mensuel d'information et de liaison de PNTTA .p.4.

ZAMORANO J. (2011). Carraghénanes : agent gélifiants, épaississants et stabilisants. Edition Technique de l'ingénieur. p. F5 080.



ANNEXES

Liste des Annexes

Annexe 1

Tableau 1 : appareillage, solvant, réactifs chimiques et milieux de culture, appareillage utilisés pour l'activité antimicrobienne, matériels, solution.

Appareillage, verrerie de laboratoire	Solvant	Milieu de culture
<p>Agitateur variés magnétique, Balance de précision 0,001g (KERN 770), Bain-marie, Etuve (MAMMERT), pH-mètre (INOLAB), Plaque chauffante (RYPA) Mastersizer (SCIROCCO) Spectrophotomètre visible (EV 9200) Réfrigérateur, Bêchers, burettes, fioles, entonnoir, flacons, pipettes graduée Pipette Pasteur Cristallisoirs, éprouvettes, tubes à essai, mortier, papier filtres, spatule, cuves.</p>	<p>Acide gallique Carbonate de sodium Trichlorure d'Aluminium Eau distillée Ethanol Réactif de Folin-ciocalteu Phénolphtaléine NaOH</p>	<p>Gélose Mueller Hinton (MH) Gélose Sabouraud</p>
Appareillage utilisé pour l'activité antimicrobienne	Matériels	Solution
<p>Autoclave de paillasse (WEBECO)t Bain-marie (MAMMERT) Etuves bactériologiques (MAMMERT) : Etuve 37°C et Etuve 28°C Spectrophotomètre visible (MEDLINE) Réfrigérateur.</p>	<p>Boîtes de Pétri, Anse de platine, bec bunsen, cuves, disques stériles (papier Wattman), embouts en plastiques stériles, micropipettes, pince, pipettes Pasteur, tubes à essai, Antibiotique (ATB), Antifongique (ATF).</p>	<p>Eau distillée Eau physiologique stérile (9 g/l)</p>

Liste des Annexes

Annexe 2 : courbe d'étalonnage du dosage des polyphénols totaux

Une courbe d'étalonnage est préparée dans une gamme de (0 à 10 mg/l), en utilisant l'acide gallique comme standard.

Préparation de la solution d'acide gallique

Remplir les tubes avec (l'eau distillée + acide gallique) selon les quantités mentionnées dans le tableau au dessous.

Ajouté à tous les tubes 50 μ l de réactif Folin-Ciocalteu, et ce à l'abri de la lumière.

Homogénéiser au Vortex.

Laisser agir 5 min

Ajouter 500 μ l de carbonate de sodium Na_2CO_3 (20%).

Incuber à l'ombre et à la température ambiante pendant 1heure. Absorbance est mesurée à 760 nm contre un blanc (sans acide gallique).

Résultats

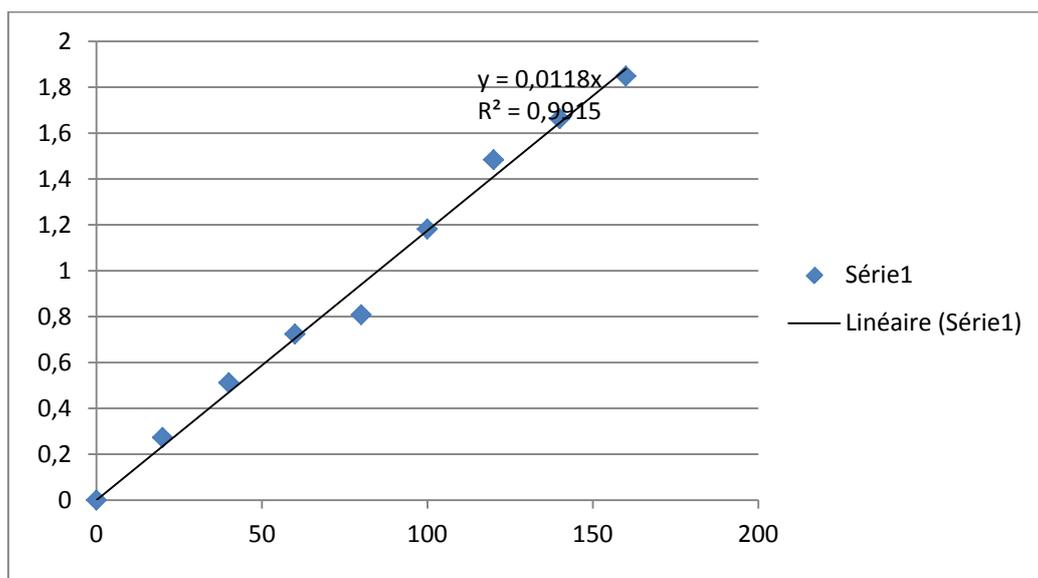


Figure 1 : Courbe d'étalonnage pour le dosage des PPT en équivalent d'acide gallique

Liste des Annexes

Liste des Annexes

Annexe 3 : Courbe d'étalonnage du dosage des flavonoïdes

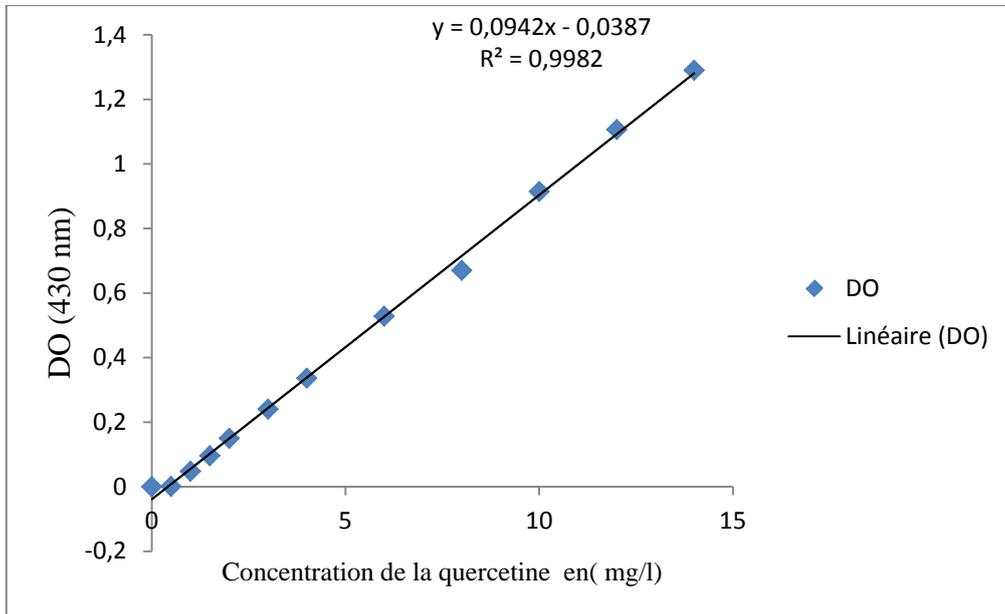


Figure 2 : Courbe d'étalonnage pour le dosage des flavonoïdes

Liste des Annexes

Annexe 3 : Zones d'inhibition de différentes souches testées



Figure 3 : Les différentes souches testées dans l'extrait aqueux de la plante sans enrobage

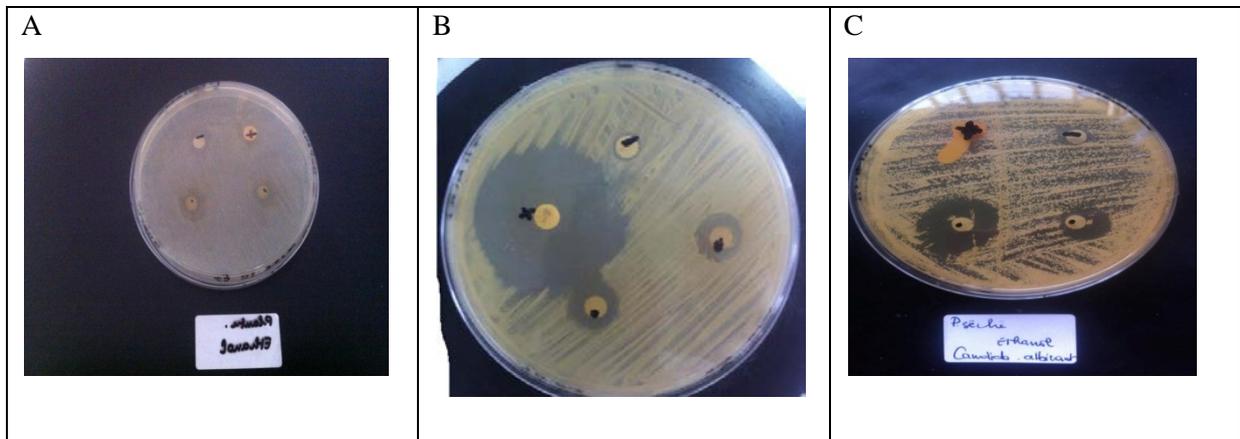


Figure 4 : Les différentes souches testées dans l'extrait éthanolique de la plante sans enrobage

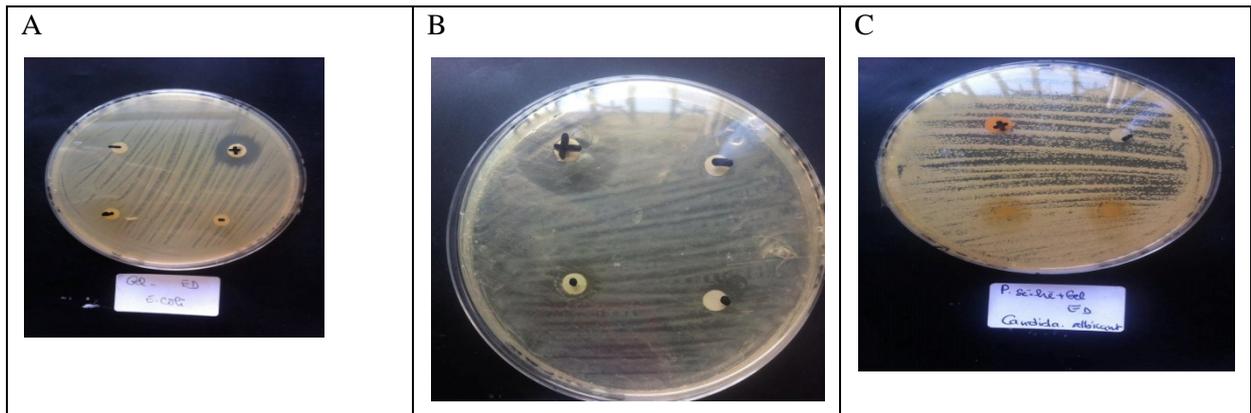


Figure 5 : Les différentes souches testées dans l'extrait aqueux de la plante enrobé avec gel de carraghénane

Liste des Annexes



Figure 6 : Les différentes souches testées dans l'extrait éthanolique de la plante enrobé avec gel de carraghénane

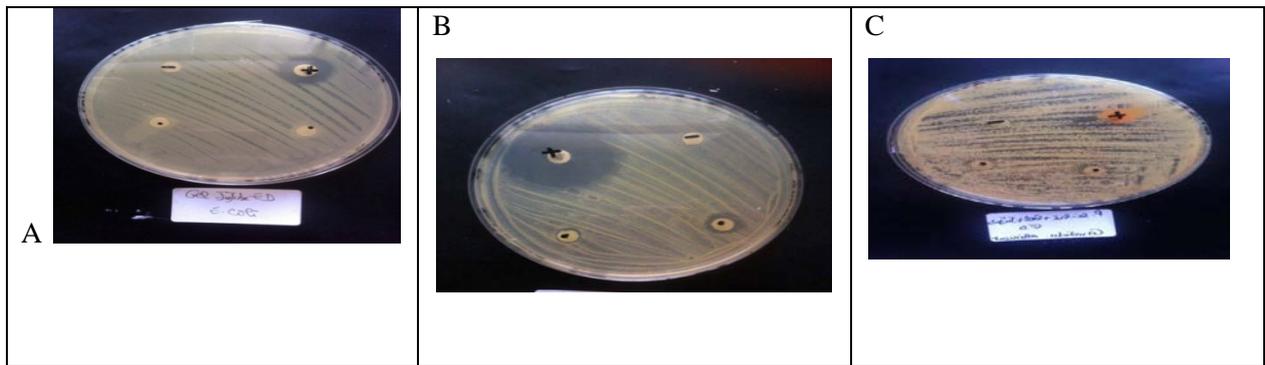


Figure 7 : Les différentes souches testées dans l'extrait aqueux de la plante enrobé avec gel de carraghénane+jujube

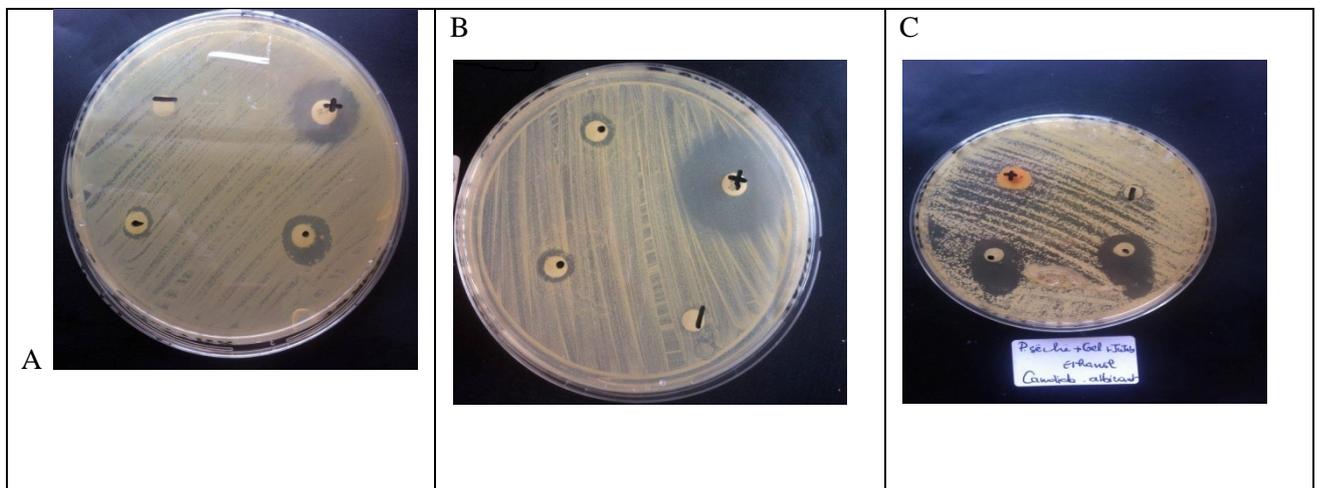


Figure 8 : Les différentes souches testées dans l'extrait éthanolique de la plante enrobée avec gel de carraghénane+jujube

(A) : *Escherichia coli* ATCC 25322

(B) : *Staphylococcus aureus* ATCC 25923

(C) : *Candida albicans*

Liste des Annexes
