

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITÉ de BLIDA 1

Faculté de Technologie

Département de Génie des Procédés



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER EN GENIE DES PROCEDES

Spécialité : Génie des Procèdes des Polymères

Intitulé du mémoire

**Encapsulation et étude de l'activité
antioxydante des polyphénols extraits
à partir des feuilles d'*Artemisia herba
alba* L.**

Présenté par :

Bouyahia Cylia

Taieb Solimane Fatima Zahra

Encadré par :

Dr. Khalida BOUTEMAK

2020/2021

REMERCIEMENTS

Nous tenons à adresser nos remerciements et sincères gratitude à notre promotrice, Mme BOUTEMAK Khalida, pour avoir accepté de nous encadrer, de nous accorder son temps et tous les moyens nécessaires à la réalisation et la bonne conduite de ce travail. Son expérience et ses grandes qualités scientifiques et humaines ont été fort remarquables.

Nous adressons également nos remerciements au responsable master Mr Fetakka pour le temps qu'il nous a consacré et son aide

Nos remerciements s'adressent aussi, aux ingénieurs des l'laboratoire du département génie de procédés de l'université Saad Dahleb de Blida, très particulièrement Mme Zahira pour son assistance régulière.

Nos remerciements vont également :

Aux membres de jury d'avoir accepté d'examiner ce travail.

ملخص

يشيع استخدام أنواع أرتميسيا هربا ألبا كنبات طبي في الجزائر ضد مجموعة متنوعة من الأمراض البشرية. البوليفينول من هذا النوع هو مركبات تستخدم في العديد من المجالات ، ولكن بسبب بعض العوامل البيئية (الضوء والرطوبة) فهي غير مستقرة. لعلاج هذا ، اخترنا تغليف المستخلص الفينولي ببوليمرات مختلفة ، وكذلك القيام بنشاط مضاد للأكسدة لتقييم قوة مضادات الأكسدة للبوليفينول

الكلمات الدالة :

التغليف, بوليفينول , أرتميسيا هربا ألبا, النشاط المضاد للأكسدة

Summary

The *Artemisia Herba Alba* species is commonly used as a medicinal plant in Algeria against a variety of human pathologies. Polyphenols of this species are compounds used in many fields, however due to certain environmental factors (light, humidity) they are unstable. to remedy this we have chosen to encapsulate the phenolic extract with different polymers, and also to do antioxidant activity to assess the antioxidant power of polyphenols

Keywords:

Encapsulation, Polyphenol, *Artemisia herba alba*, Antioxidant activity

Résumé

L'espèce *Artemisia Herba Alba* est couramment utilisée comme plante médicinale en Algérie contre une variété de pathologie humaine. Les poly phénols de cette espèce sont des composés utilisés dans de nombreux domaines cependant à cause de certains facteurs environnementaux (lumière , humidité) ils sont instables . pour remédier à ça nous avons choisis de faire une encapsulation de l'extrait phénolique avec différents polymères , et aussi de faire l'activité anti-oxydante pour évaluer le pouvoir anti-oxydant des polyphenols

Mots clés :

Encapsulation ,Polyphénol , *Artemisia herba alba* , Activité anti-oxydante

SOMMAIRE :

INTRODUCTION

PARTIE 1 : PARTIE THEORIQUE

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS

| | |
|--|---|
| I.1. la phytothérapie..... | 5 |
| I.2. Les plantes médicinales..... | 5 |
| I.2.1. Définition..... | 5 |
| I.2.2. Parties de plantes médicinales utilisées..... | 5 |
| I.3. Armoise blanche (<i>Artemisia herba alba</i>)..... | 7 |
| I.3.1. Répartition géographique..... | 7 |
| I.3.2. Classification botanique..... | 7 |
| I.3.3. Description botanique..... | 8 |
| I.3.4. Composition chimique..... | 8 |
| I.3.5. Ecologie de la plante..... | 9 |
| I.4. Les composés phénoliques..... | 9 |

CHAPITRE II : procédés d'encapsulation

| | |
|---|----|
| II.1. définition de l'encapsulation | 13 |
| II.2. Les différents procédés d'encapsulation..... | 13 |
| II.2.1. Les procédés conventionnels d'encapsulation..... | 13 |
| II.2.1.1. Les procédés physico-chimiques..... | 14 |

PARTIE 2 : PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE I : MATERIELS ET METHODES

| | |
|---|----|
| I.1. Objectif du travail..... | 19 |
| I.2. composés utilisés..... | 19 |
| I.2. Méthodes..... | 22 |
| I.2.1. Extraction des phénols..... | 22 |
| I.2.1.1. Protocole d'extraction..... | 22 |
| I.2.1.2. Filtration sous vide..... | 23 |
| I.2.1.3. Évaporateur rotatif fonctionnement..... | 23 |
| I.2.1.4. La centrifugation..... | 24 |
| I.2.2. Encapsulation..... | 24 |
| I.2.2.1. Encapsulation avec l'alginate..... | 26 |

| | |
|---|----|
| I.2.2.2. Encapsulation avec la gélatine..... | 26 |
| I.2.2.3. Encapsulation avec le xanthane..... | 26 |
| I.2.2.4. Encapsulation avec l'alginate + Gélatine..... | 26 |
| I.2.2.5. Encapsulation avec l'alginate + gomme Xanthane..... | 26 |
| I.2.2.6. Encapsulation avec l'alginate, la gélatine et la gomme Xanthane..... | 26 |
| I.3. Activité anti-oxydante..... | 26 |
| I.3.1. Préparation de la solution de DDPH..... | 28 |
| I.3.2. Préparation des échantillons..... | 29 |
| I.3.3. Préparation de deux solutions de contrôles..... | 29 |
| I.4. Test de Dissolution..... | 30 |
| I.4.1. Principe du test..... | 30 |
| I.4.2. Mode opératoire..... | 30 |
| CHAPITRE II : ANALYSES ET RESULTATS | |
| II.1. rendement de l'extraction des polyphenols..... | 34 |
| II.2. Résultats de l'encapsulation..... | 34 |
| II.3. Activité anti-oxydante..... | 34 |
| II.3.1. Evaluation de l'activité antioxydante par la méthode de DPPH de l'extrait phénolique ... | 34 |
| II.3.2. Interprétation de graphe..... | 36 |
| II.3.3. Interprétation des résultats..... | 36 |
| II.4.1. Résultats du test de dissolution des billes de poly phénols..... | 37 |
| III.4.2. Interprétation des résultats..... | 38 |
| Conclusion Générale | |

Liste des figures :

| N° | Titre | Page |
|-----------------|---|------|
| Figure 1.1 | photo de la plante artemisia herba alba Région oule khelouf (wilaya de Mila) | 7 |
| Figure 1.2 | Structure composé phénolique | 9 |
| Figure 2.1 | Principe de la coacervation simple (la dispersion du PA dans la solution de polymère (a), formation des gouttelettes de coacervat (b), dépôt de coacervat (c), fusion des gouttelettes de coacervat et formation d'un enrobage continu (d), solidification de l'enveloppe (e)). | 15 |
| Figure 1.1 | 50g d'artemisia herba alba | 22 |
| Figure 1.2 | agitation pendant 12h de la plante dans le solvant | 22 |
| Figure 1.3 | filtration sous vide à l'aide d'un verre fritté de porosité N°3 | 23 |
| Figure 1.4 | évaporation sous vide à l'aide d'un rota-vapeur de type Heidolph à température 70°C | 23 |
| Figure 1.5 et 6 | le filtrat a la centrifugeuse à une vitesse de 3000 tours pendant 10mn | 24 |
| Figure 1.7. | évaporation sous vide à 70 °C | 24 |
| Figure 1.8 | Délipidation par l'hexane | 24 |
| Figure 1.9 | Extrait de poly phénol d'Artémisia herba alba | 24 |
| Figure 1.10 | Schéma représentatif du procédé d'extraction des phénols | 25 |
| Figure 1.11 | Capsules de phénol avec alginate + gélatine + gomme xanthane | 27 |
| Figure 1.12 | Solution d'encapsulation de phénol avec gélatine + alginate | 27 |
| Figure 1.13 | Solution d'encapsulation avec gomme xanthane + alginate | 27 |
| Figure 1.14 | capsules de phénol avec alginate + gomme xanthane | 28 |
| Figure 1.15 | Encapsulation du phénol avec gélatine + alginate | 28 |
| Figure 1.16 | solution de DDPH | 29 |
| Figure 1.17 | image représentant le DDPH et les échantillons à analyser | 30 |
| Figure 1.18 | image représentant l'appareil de dissolution | 31 |
| Figure 1.19 | image représentant les capsules de poly phénols avant le test de dissolution | 31 |
| Figure 1.20. | image representant les capsules de polyphénol dans l'appareil de dissolution | 32 |
| Figure 2.1. | comparaison entre les capsules issues de différentes matrices | 34 |
| Figure 2.2 | Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH par l'acide ascorbique | 35 |
| Figure 2.3. | graphe représentant l'absorbance en fonction de concentration | 36 |
| Figure 2.4. | pourcentage d'inhibition pour l'extrait phénolique | 36 |
| Figure 2.5. | Graphe représentant la libération du phénol en fonction du temps | 38 |

Liste des tableaux :

| N° | Titre | Page |
|--------------|--|-------------------------|
| Tableau 1.1. | Différents polyphenols et leurs activités | 10 |
| Tableau 2.1. | Procédés conventionnels d'encapsulation | 14 |
| Tableau 1.1. | Composés utilisés dans notre travail leur origine et leur rôle | 19 , 20 , 21 |
| Tableau 2.1. | préparation des solutions nécessaires pour encapsulation des poly phénols | 27 |
| Tableau 1.3. | Concentrations et volumes des échantillons prélevés de la solution mère | 29 |
| Tableau 2.1. | variation de pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration de standard d'acide ascorbique | 35 |
| Tableau 2.2. | Résultats de l'activité anti-oxydante | 35 |
| Tableau 2.3 | Valeurs des IC50 des polyphenols et témoin déterminées par le test au DPPH | 37 |
| Tableau 2.4 | Tableau représentant l'absorbance des poly phénols en fonction du temps lors du test de dissolution | 37 |

**INTRODUCTION
GENERALE**

INTRODUCTION GENERALE

L'organisation mondiale de la santé estime qu'un taux de 50% de la population mondiale fait appel à la médecine traditionnelle, elle encourage des programmes de recherche portant sur l'identification et la culture des plantes médicinales ainsi que l'évolution de la qualité et de l'efficacité de ces remèdes par des techniques scientifiques modernes. Dans ce domaine, l'Algérie recèle d'importantes potentialités en matière de plantes aromatiques et médicinales, en raison de sa diversité de son climat et de la nature de ses sols .dans les régions du sud de l'Algérie, certaines plantes médicinales sont relativement abondantes dans les régions steppiques .

La valeur thérapeutique de cette plante est due à ses métabolites secondaires, notamment les huiles essentielles et les composés phénoliques. En effet, les huiles essentielles sont considérées aujourd'hui comme un produit tendance auprès du grand public, ce qui suscite notamment un attrait considérable de la part du secteur cosmétique et de la parfumerie.

Cependant, ces différents secteurs d'application doivent faire face à de nombreux inconvénients liés à leur cout, la variabilité de leur composition, leur instabilité au stockage et le potentiel allergène de certains de leurs constituants .

Certaines techniques permettent de réduire l'effet de ces problèmes qui conditionnent l'utilisation industrielle des polyphénols. L'encapsulation est une technique couramment utilisées, elle permet d'immobiliser les composés, de stabiliser et de protéger contre la lumière et l'oxygène et la température .

L'objectif de ce travail est l'encapsulation des polyphénols extraits à partir de l'espèce *Artemisia herba alba* et l'étude de leurs activités antioxydantes.

Ce manuscrit est subdivisé en deux parties :

La première partie exposera la partie théorique qui est composée de deux chapitres, le premier est mené sur la matière végétale, le deuxième est consacré à l'encapsulation.

La deuxième partie sera destinée aux matériels et méthodes réalisés pour effectuer ce travail, les résultats et discussion et nous terminerons notre manuscrit par une conclusion générale.

PARTIE 1 :

Partie théorique

CHAPITRE I : **GÉNÉRALITÉS**

CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS

I.1. la phytothérapie :

Cette médecine non conventionnelle est l'une des formes de traitement les plus anciennes qui continue à jouer un rôle important en Afrique, en Asie et en Amérique latine par l'usage de plantes médicinales [1]

Il y'a différents types de phytothérapie :

- **Aromathérapie** : est une thérapeutique qui utilise les extraits aromatiques de plantes, ce sont des produits complexes à utiliser souvent à travers la peau.
- **Gemmothérapie** : est une thérapeutique qui utilise les extraits alcooliques des tissus embryonnaires végétaux en croissance tel que jeunes pousses, bourgeons et les radicules.
- **Herboristerie** : consiste dans la préparation et la commercialisation de plantes médicinales ou de préparations dérivées.
- **Homéopathie** : elle consiste à traiter une maladie par des substances susceptibles de produire des troubles semblables à ceux déterminées par la maladie elle-même
- **Phytothérapie pharmaceutique** : utilise des produits d'origines végétales obtenus par extraction et qui sont dilués dans de l'alcool éthylique ou un autre solvant .

I.2. Les plantes médicinales :

I.2.1. Définition :

Une plante médicinale est une plante utilisée pour ses propriétés thérapeutiques. Cela signifie qu'au moins une de ses parties (feuille, tige, racine etc.) peut être employée dans le but de se soigner. Elles sont utilisées depuis au moins 7.000 ans avant notre ère par les Hommes et sont à la base de la phytothérapie.[2]

I.2.2. Parties de plantes médicinales utilisées :

Les différentes parties de la même plante médicinale peuvent présenter des constituants chimiques très différents et qui n'ont pas la même action thérapeutique. Les différentes parties de plantes qui peuvent être employées chez la plupart des populations sont ceux qui ont été décrites par **Gurib-Fakim** [3]

- **Racine** : Les racines peuvent être fibreuses, solide ou charnues
- **Rhizome** : Le rhizome est une tige ligneuse ou allongée charnue qui pousse généralement horizontalement en dessous du sol, formant des feuilles au-dessus du sol et des racines dans le sol.
- **Bulbe** : Un bulbe est une pousse souterraine verticale disposant de feuilles modifiées utilisées comme organe de stockage de nourriture par une plante à dormance. Les bulbes les plus populaires en médecine traditionnelle sont l'oignon et l'ail.
- **Tubercule** : Un tubercule est une structure charnue gonflée, généralement souterraine, qui assure la survie des plantes pendant la saison d'hiver ou en période de sécheresse.
- **Écorce** : L'écorce est la couche protectrice externe d'un tronc d'arbre, elle est souvent riche en toxines (phénols) et principes amers (tanins) ce qui la rend plus protectrice.
- **Bois** : Le bois est la tige épaisse ou le bois lui-même.
- **Feuilles** : Les feuilles peuvent être utilisées seules ou mélangées avec leur pétiole.
- **Gommes** : les gommes sont des composés solides constituent d'un mélange de Polysaccharides. Ils sont solubles dans l'eau et partiellement digérés par les êtres humains.
- **Huiles essentielles** : Exemple (*Mentha x piperita*; *Cananga odorata*).
- **Les parties aériennes** : Toutes les parties de la plante qui se trouvent au dessus du sol. Elles sont récoltées, très souvent, lors de la floraison.
- **Fleurs** : Les fleurs sont très utilisées dans la médecine traditionnelle.
- **Fruits** : Exemple (*Punica granatum* ; *Citrus sp*).
- **Graines** : Exemple (*Ricinus communis*; *Foeniculum vulgare*)

I.3.Armoise blanche (*Artemisia herba alba*) :

I.3.1.Répartition géographique :

L'*Artemisia herba alba* du nom français Armoise blanche est une plante spontanée, aromatique, vivace et hermaphrodite. C'est une espèce méditerranéenne et saharo- indienne [3]. Elle est très commune en Afrique du Nord et au Moyen-Orient, on la rencontre dans la steppe marocaine, dans les Iles Canaries et en Afrique du Sud.

En Algérie elle affectionne les climats secs et chauds et forme des peuplements importants dans les zones désertiques. Elle est très répandue sur les hauts plateaux mais rare au sahara septentrional.



Figure 1.1.photo de la plante artemisia herba alba
Région oule khelouf (wilaya de Mila)

I.3.2.Classification botanique :

Le genre *Artemisia* est représenté par quatre espèces dont trois se localisent dans le Sahara :

Artemisia-compestris L, *Artemisia herba alba* et *Artemisia judaica*.

L'*Artemisia arborescence* se retrouve généralement, dans le nord du pays. Deysson (1967) a classé l'*Artemisia herba alba* comme suit [4].

- Embranchement : Spermatophytes ou phanérogames
- Sous-Embranchement : Dicotylédones
- Sous-classe : Gamopétales
- Ordre : Asterales
- Famille : Composées ou Syhanthères

- Sous famille : Radiées
- Genre : Artemisia
- Espèce : Artemisia herba alba asso

L'Armoise blanche est aussi appelée absinthe ou armoise [5] et tire son nom de l'*Artemisia maritima galica*. [6] Elle est connue en Algérie sous le nom de Cheih, Ifsi, Zezzare, Semen Contra de Barbarie et Armoise [7].

En 1994, Quezel et al, ont attribué à l'armoise blanche l'espèce *Artemisia inculta*.

I.3.3. Description botanique :

L'*Artemisia herba alba asso* est une plante ligneuse sous forme de buissons blancs laineux de 30 à 80 cm de hauteur [8]; elle pousse généralement en touffes de tailles réduites fragmentées par le piétinement des animaux et l'action érosive du vent [9].

La tige porte des expansions latérales des rameaux et des feuilles. Les feuilles sont de taille très réduite de 3 à 5 folioles par feuille, elles sont blanches, laineuses, courtes et pubescentes [9]

Les fleurs sont jaunes, groupées en capitules; le fruit ne contient qu'une seule graine. Les racines sont très épaisses, laineuses, très enfoncées et tiennent solidement au sol.

I.3.4. Composition chimique :

L'*Artemisia* est l'un des genres les plus grands et les plus répons dans la tribu *Anthemideae* de la famille des *Astéracées*. Il a une valeur thérapeutique très importante en raison de leurs métabolites secondaires notamment les huiles essentielles, les polyphénols et les flavonoïdes. Divers métabolites secondaires ont été isolés à partir de l'*Artemisia herba-alba*, peut-être les plus importants étant les lactones et les sesquiterpéniques qui se produisent avec une grande diversité structurelle [10] D'autres études ont porté sur les flavonoïdes et huiles essentielles [10,11].

I.3.5. Ecologie de la plante :

L'*Artemisia herba alba* couvre en général de très grandes superficies dans les hauts plateaux. Sa colonisation commence là où s'écoulent les eaux de ruissellement dans les ravineaux de pluie [12].

Les conditions écologiques de l'Armoise sont comme suit [13,14] :

L'*Artemisia herba alba* est très adaptée à la sécheresse; cette adaptation se traduit par une réduction de la transpiration grâce à un important dépôt cireux et par un ralentissement de son développement.

On la rencontre également dans des bioclimats arides frais ou semi-arides frais au pied des montagnes à des altitudes comprises entre 400 et 1300 m avec une pluviométrie moyenne de l'ordre de 220 mm.

Les sols se caractérisent par une diminution essentielle du taux de sable en corrélation avec une augmentation de limons et d'argiles.

I.4. Les composés phénoliques :

Les composés phénoliques constituent un ensemble de molécules très largement répandues dans le règne végétal. Ce sont des métabolites secondaires des plantes. Ils possèdent dans leur squelette, un ou plusieurs cycles aromatiques portant un ou plusieurs groupes hydroxyles ainsi que des groupes fonctionnels (ester, méthyle ester, glycoside...) [15] Ils participent à la défense des plantes contre les agressions environnementales [16] et les attaques microbiennes [17] Généralement, ils sont subdivisés en : flavonoïdes qui représentent plus de la moitié des polyphénols ; tanins qui sont des produits de la polymérisation des flavonoïdes ; acides phénoliques ; coumarines ; lignanes et d'autres classes existent en nombres considérables. Ces dernières années, les recherches sur les composés phénoliques se sont accentuées en raison de leurs activités anti-inflammatoires, antibactériennes, antifongiques, anti oxydantes et même anticancéreuses [18]

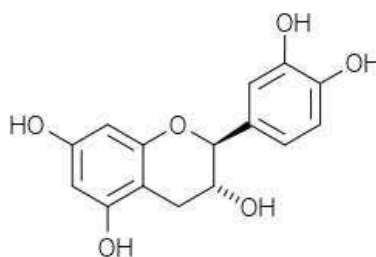


Figure 1.2. Structure composé phénolique

Tableau 1.1. Différents polyphénols et leurs activités

| Polyphénols | Activités | Auteurs |
|---|---|---|
| Acides phénols (cinnamiques et benzoïques). | Antibactérienne Antifongique Anti oxydante | Didry et al ; 1982 Raven et al ; 1984 Hayase et Kato, 1984 |
| Coumarines | Protectrice Antioedémateuse | Mabry et Ulubelen, 1980 |
| Flavonoïdes | Anti tumorale Anti carcinogène Anti-inflammatoires Anti oxydante | Stavric et Matula ; 1992 Das et al ; 1994 Bidet et al ; 1987 Aruoma et al ; 1995 |
| Tanins galliques et catéchiques | Anti oxydante | Okuda et al ; 1983 Okamura et al ; 1993 |

Les polyphénols prennent une importance croissante, notamment à cause de leurs effets bénéfiques sur la santé humaine. Leur rôle antioxydant suscite de plus en plus d'intérêt pour la prévention et le traitement de plusieurs maladies, même les plus dangereuses tels que le cancer, des maladies inflammatoires, cardiovasculaires et neurodégénératives. Ils sont actuellement en cours d'utilisation comme additifs pour l'industrie agroalimentaire, pharmaceutique et cosmétique [19].

Des inconvénients sont cependant liés à leur emploi. En effet, la plupart des composés phénoliques apportent un goût désagréable et une astringence. Leur efficacité dépend aussi de leur disponibilité, de leur stabilité et de leur activité durant leur passage dans le tractus digestif. L'encapsulation de ces composés permet de masquer le goût des polyphénols, d'optimiser leur assimilation par l'organisme et d'améliorer la conservation de leurs propriétés au cours du procédé de fabrication et du stockage. Les supports de ces encapsulations sont principalement des amidons modifiés, des maltodextrines, des gommées... Le choix du support est effectué en fonction de plusieurs critères, notamment des

étapes préliminaires au procédé d'encapsulation. Lors d'une atomisation, par exemple, le support doit être préalablement solubilisé avec le composé avant d'être pulvérisé [20].

CHAPITRE II

Généralités sur l'encapsulation

CHAPITRE II : généralités sur l'encapsulation

II.1. définition de l'encapsulation :

L'encapsulation désigne indistinctement la préparation de capsules ou de sphères. A ce stade, il importe de faire la distinction entre les deux morphologies. Une capsule est caractérisée par sa structure cœur-couronne. La matière active (solide, liquide ou gazeuse) est confinée au cœur tandis que le matériau polymère constitue, autour, une membrane. La sphère, quant à elle, contient la matière active sous forme dispersée au sein d'une matrice polymère. Il faut noter que la morphologie capsule minimise la quantité de matériel enrobant administré, par rapport à la structure de type sphère. La nature et la morphologie (taille, forme, porosité) de la capsule sont déterminantes en vue de leur utilisation en milieu biologique [21].

L'objectif commun d'une telle technique ou méthodologie est de stabiliser, de masquer un goût et une odeur désagréables, de protéger la bioactivité et d'améliorer la libération ou d'obtenir une libération contrôlée de la substance. L'encapsulation peut être définie comme un processus pour piéger une substance dans une autre substance, produisant ainsi un support de délivrance d'un diamètre de quelques nanomètres à quelques millimètres [22].

II.2. Les différents procédés d'encapsulation :

II.2.1. Les procédés conventionnels d'encapsulation :

Il existe différents types de procédés d'encapsulation. Le choix d'un procédé est toujours dépendant de la forme recherchée des particules (capsule ou sphère), des caractéristiques physico-chimiques de la substance active et des matériaux enrobant, l'utilisation ou non des solvants organiques. Cependant trois grandes classes des procédés d'encapsulation existent [23]:

- Les procédés physico-chimiques basés sur des variations de solubilité des agents enrobant sous l'effet de variations de conditions physiques (température, pH, changement d'état) ;
- Les procédés mécaniques comme l'extrusion ou la formation des gouttes ;
- Les procédés chimiques au cours desquels se déroulent de manière simultanée la synthèse de la membrane (ou de la matrice) et l'encapsulation de la substance active.

Tableau 2.1: Procédés conventionnels d'encapsulation

| Classe de procédés | Technique d'encapsulation | Taille des particules obtenues (μm) | Structure des particules |
|----------------------------|---|--|--------------------------|
| Procédés physico-chimiques | Coacervation | 2 - 1200 | MC/MS |
| | Emulsion et Evaporation-Extraction de solvant | 0,5 - 200 | MS |
| | Gélification thermique | | MS |
| Procédés mécaniques | Gélification et Congélation des gouttes | 200 - 800 | MS |
| | Nébulisation-Séchage | 1 - 200 | MS/MC |
| | Extrusion-sphéronisation | >200 | MS |
| | Enrobage en lit d'air fluidisé | 35 - 5000 | MC |
| Procédés chimiques | Polycondensation interfaciale | 0,5 - 100 | MC |
| | Polymérisation interfaciale | 2 - 2000 | MC |
| | Polymérisation en milieu dispersé | 0,1 - 15 | MS |

II.2.1.1. Les procédés physico-chimiques

➤ Coacervation :

Le procédé d'encapsulation par coacervation est une technique de séparation d'un système colloïdal en deux (2) phases liquides. La première phase est la phase concentrée et la deuxième, le surnageant. Deux méthodes de coacervation sont possibles : simple ou complexe.

Le procédé de coacervation simple consiste à abaisser la solubilité d'un polymère initialement solubilisé dans un solvant organique ou en milieu aqueux, en faisant varier la température ou en ajoutant un électrolyte, un non-solvant ou un deuxième polymère (agent de coacervation). Il se formera deux phases liquides : l'une riche en polymère appelée coacervat et l'autre pauvre en polymère. Mais l'encapsulation d'un principe actif ne s'opérera que dans des conditions strictes de coacervation qui se détermine en établissant un diagramme ternaire, faisant apparaître le solvant, le polymère et l'agent de coacervation. Seule une surface

déterminée, appelée fenêtre de stabilité matérialise l'obtention de gouttelettes de coacervat suffisamment stables pour permettre l'encapsulation d'un PA. Dans les bonnes conditions gouvernées par des tensions interfaciales optimales entre les différentes phases en présence, un PA dispersé dans la solution initiale de polymère se retrouvera au sein des gouttelettes de coacervat [23].

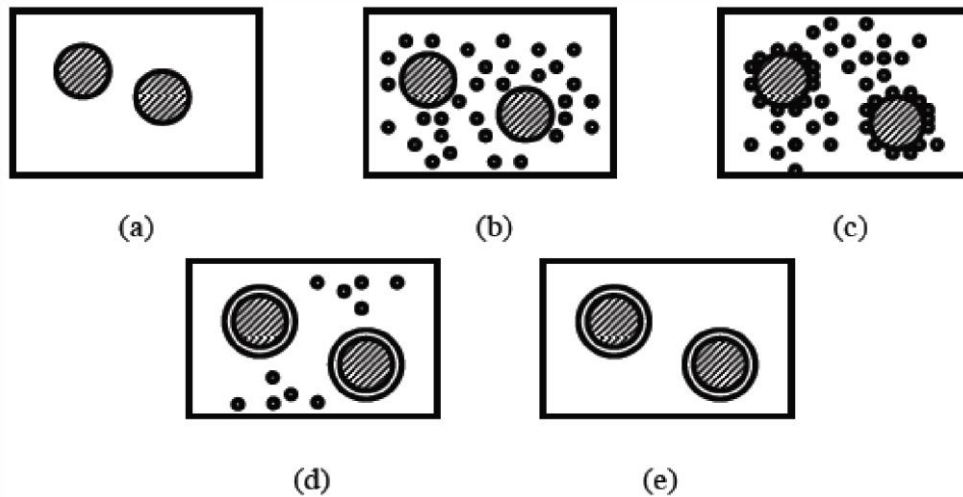


Figure 2. 1 . Principe de la coacervation simple (la dispersion du PA dans la solution de polymère (a), formation des gouttelettes de coacervat (b), dépôt de coacervat (c), fusion des gouttelettes de coacervat et formation d'un enrobage continu (d), solidification de l'enveloppe (e)) [23-24].

La coacervation est dite complexe lorsque la désolvation simultanée de deux polymères de type polyélectrolyte hydrosoluble de charge opposée est provoquée, suite à une modification du pH du milieu réactionnel et à l'attraction électrostatique induite des deux polymères. Une fois le coacervat formé et déposé autour du PA lipophile (huiles végétales, minérales ou essentielles), la température est abaissée à 5°C afin d'obtenir une gélification de l'enrobage [23].

➤ **Emulsion et Evaporation-Extraction de solvant :**

Ce procédé est basé sur l'évaporation de la phase interne d'une émulsion donnant lieu à la précipitation du polymère d'enrobage préalablement dissous dans cette phase, sous forme de microsphères. Les polymères, généralement hydrophobes, sont tout d'abord dissous dans un solvant organique peu miscible avec l'eau comme le dichlorométhane. Puis le PA est dissous ou dispersé dans la solution de polymère. Le mélange est émulsifié dans un grand volume d'eau contenant des tensioactifs tels que l'alcool polyvinylique, afin d'obtenir une émulsion H/E. L'évaporation du solvant, après diffusion progressive dans la phase continue,

est réalisée sous pression atmosphérique ou pression réduite et sous agitation lente. Cette technique est à déconseiller si le PA est volatil ou possède une affinité pour la phase continue aqueuse. L'extraction consiste, elle, à transférer l'émulsion dans un grand volume d'eau contenant ou non des surfactifs et permettant la diffusion rapide du solvant. Après élimination du solvant, les particules sont lavées, collectées par filtration ou centrifugation puis séchées ou lyophilisées [23].

➤ **Gélification thermique :**

Le principe de ce procédé consiste à dissoudre ou disperser le PA à encapsuler dans le matériau d'enrobage en fusion puis à émulsionner l'ensemble dans une phase dispersante à une température supérieure à la température de fusion du matériau enrobant. On utilise en général, pour le matériau d'enrobage, des lipides de bas point de fusion (cire de Carnauba, alcool cétylique). Le milieu est ensuite refroidi brutalement afin de solidifier les particules obtenues. Ce procédé permet la micro-encapsulation de molécules hydrophiles et lipophiles si l'on choisit une phase dispersante pour laquelle ces molécules ont peu d'affinité (huile de silicone et eau respectivement). Une technique similaire consiste à utiliser des polymères hydrophiles capables de former des gels lors du refroidissement (gélatine, agarose...) [23].

PARTIE 2

PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE 1

MATERIELS ET METHODE

CHAPITRE I : MATERIELS ET METHODES

I.1. Objectif du travail :

L'objectif de ce travail est l'encapsulation des polyphénols extraits à partir d'*Artemisia herba alba* par la technique de coacervation.

I.2. composés utilisés :

Ce travail a été réalisé au niveau du laboratoire de département de génie des procédés

Tableau 1.1. Composés utilisés dans notre travail leur origine et leur rôle

| Composé | Origine | Rôle |
|--------------------|--|--|
| Alginate de sodium | L'alginate de sodium est un sel extrait à partir de ce liquide visqueux issu de la paroi cellulaire d'algues brunes. Sa fonction naturelle consiste à augmenter la flexibilité de l'algue. | Utilisée comme épaississant, gélifiant, émulsifiant et stabilisant de produit industriels les plus variés depuis les gelées alimentaires, les produits de beauté.. |
| Gélatine | La gélatine est un mélange de protéines obtenu par hydrolyse partielle du collagène extrait de la peau comme la peau de porc (cochon), des os, des cartilages, etc. Les liaisons moléculaires entre les fibres de collagène sont alors brisées | Utilisée comme épaississant, stabilisant ou agent texturant dans des produits comme les crèmes |
| Gomme xanthane | D'origine naturelle, la Xanthane est composée de polymères de sucres naturels produits par biotechnologie : fermentation de sucre de betterave, de canne ou de maïs par des bactéries | Utilisée comme additif alimentaire sous le code E415 pour ses propriétés épaississantes et gélifiantes , épaississantes et liantes |

| | | |
|---------------------|--|--|
| | Xanthomonas campestris non génétiquement modifiées. | |
| Chlorure de calcium | Le chlorure de calcium est un produit secondaire de la fabrication du carbonate de calcium. Il résulte donc d'une réaction entre des acides et des bases minérales (sel ou craie). Le carbonate de calcium est le produit intermédiaire dans la fabrication du bicarbonate de soude. | Utilisé dans des déshumidificateurs à sels pour absorber l'humidité de l'air dans les environnements domestiques et autres |
| Méthanol | Dans leur procédé d' <u>embaumement</u> , les anciens Égyptiens utilisaient un grand nombre de substances, y compris le méthanol, obtenu par <u>pyrolyse</u> du bois. Cependant le méthanol pur n'a été isolé pour la première fois qu'en <u>1661</u> par <u>Robert Boyle</u> , qui lui donna le nom d'esprit de bois, parce qu'il était produit par la distillation, ou <u>pyrolyse du bois</u> | Utilisée comme -Matière première pour la fabrication de l'aldéhyde formique et de l'acide acétique. -solvant dans l'industrie des peintures, vernis , adhésifs , films . -agent d'extraction en chimie organique (purification des essences, des huiles, des graisses des produits pharmaceutiques) |
| Diethyl d'éther | Il est synthétisé pour la première fois en <u>1540</u> par <u>Valerius</u> | Il est souvent utilisé comme <u>solvant</u> et a été un <u>anesthésique</u> général |

| | | |
|----------|---|--|
| | <p><u>Cordus</u> qu'il appelle l'« huile douce de vitriol » car il le fabriquait par distillation d'un mélange de vitriol (<u>acide sulfurique</u>) et d'« esprit de vin » (<u>éthanol</u>). C'est pour cela qu'il a été appelé « éther sulfurique » pour éviter la confusion avec les autres <u>éthers</u></p> | |
| Hexane | <p>L'hexane est un solvant commercialisé sous forme de solutions présentant différents dosages d'hexane normal. C'est un composant de nombreux produits dérivés du pétrole : Essence. Solvant de caoutchouc.</p> | <p>On utilise l'hexane comme solvant pour extraction des huiles d'oléagineux tels que les grains de soya. et aussi comme solvant pour le dégraissage, le nettoyage ou autre usages</p> |
| Tween 80 | <p>Le Tween 80 (polysorbate 80 , monooléate de polyoxyéthylène sorbitan) est un tensioactif non ionique largement utilisé comme émulsifiant dans les cosmétiques, les produits pharmaceutiques et les produits alimentaires</p> | <p>Permet une neutralisation et une meilleure homogénéisation de certaines préparations</p> |

I.2.Méthodes :

I.2.1.Extraction des phénols :

I.2.1.1.Protocole d'extraction :

La méthode d'extraction utilisée dans notre cas est basée sur la macération. Une prise d'essai de 50g d'échantillon ajouté à 400ml de solvant méthanol /eau avec une proportion de 80% (v/v), le mélange a été soumis à une agitation pendant 12h, après une filtration sous vide à l'aide d'un verre fritté de porosité N°3, le filtrat a été évaporé sous vide à l'aide d'un évaporateur rotatif de type Heidolph à température de 40°C pour une élimination totale du méthanol et l'obtention d'un extrait aqueux. [25]

Les images cis dessous montrent les étapes de la 1ere partie de notre extraction :



Figure 1.1. artemisia herba alba



Figure 1.2.agitation pendant 12h de la plante dans le solvant

I.2.1.2.Filtration sous vide :

La filtration sous vide est une technique de filtration rapide pour séparer un solide d'un liquide.



Figure 1.3.filtration sous vide à l'aide d'un verre fritté de porosité N°3

I.2.1.3. Évaporateur rotatif fonctionnement :

Le ballon est mis en rotation pour maintenir une température uniforme au sein du mélange à évaporer. Au final, l'évaporateur rotatif permet d'évaporer rapidement un solvant à une température relativement basse [26]



Figure 1.4.évaporation sous vide à l'aide d'un rota-vapeur de type Heidolph à température 70°C

Le premier résidu a été récupéré pour une deuxième extraction hydrométhanolique mais cette fois avec une proportion de 50% (v/v), le mélange a été agité pendant 6h puis filtré sous vide afin de passer le filtrat à la centrifugeuse à une vitesse de 3000 tours pendant 10mn, la phase surnageant a été récupérée et évaporée sous vide dans les mêmes conditions que la précédente.

A la fin les deux extraits combinés ont été soumis à une délipidation par l'hexane, l'extrait obtenu a été séché à l'air libre jusqu'à l'élimination totale du solvant et l'obtention d'un extrait. Les étapes de cette extraction sont détaillées ci-dessous par des phases photographiques

I.2.1.4. La centrifugation :

C'est un procédé de séparation des composés d'un mélange en fonction de leur différence de densité en les soumettant à une force centrifuge. Le mélange à séparer peut être constitué soit

de deux phases liquides, soit de particules solides en suspension dans un fluide [27]

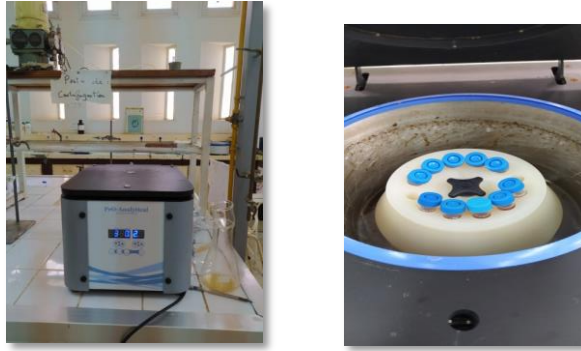


Figure 1.5 et 6.le filtrat a la centrifugeuse à une vitesse de 3000 tours pendant 10mn



Figure 1.7.évaporation sous vide à 70 °C

I.2.1.5. La Délipidation par l'hexane :

C'est l'extraction des lipides contenues dans notre extrait par l'hexane [28]



Figure 1.8.Délipidation par l'hexane

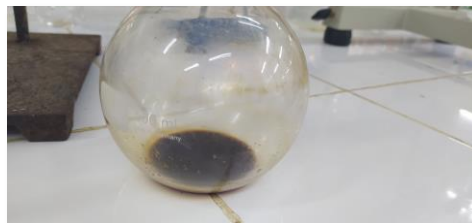


Figure 1.9.Extrait de poly phénol d'Artémisia herba alba

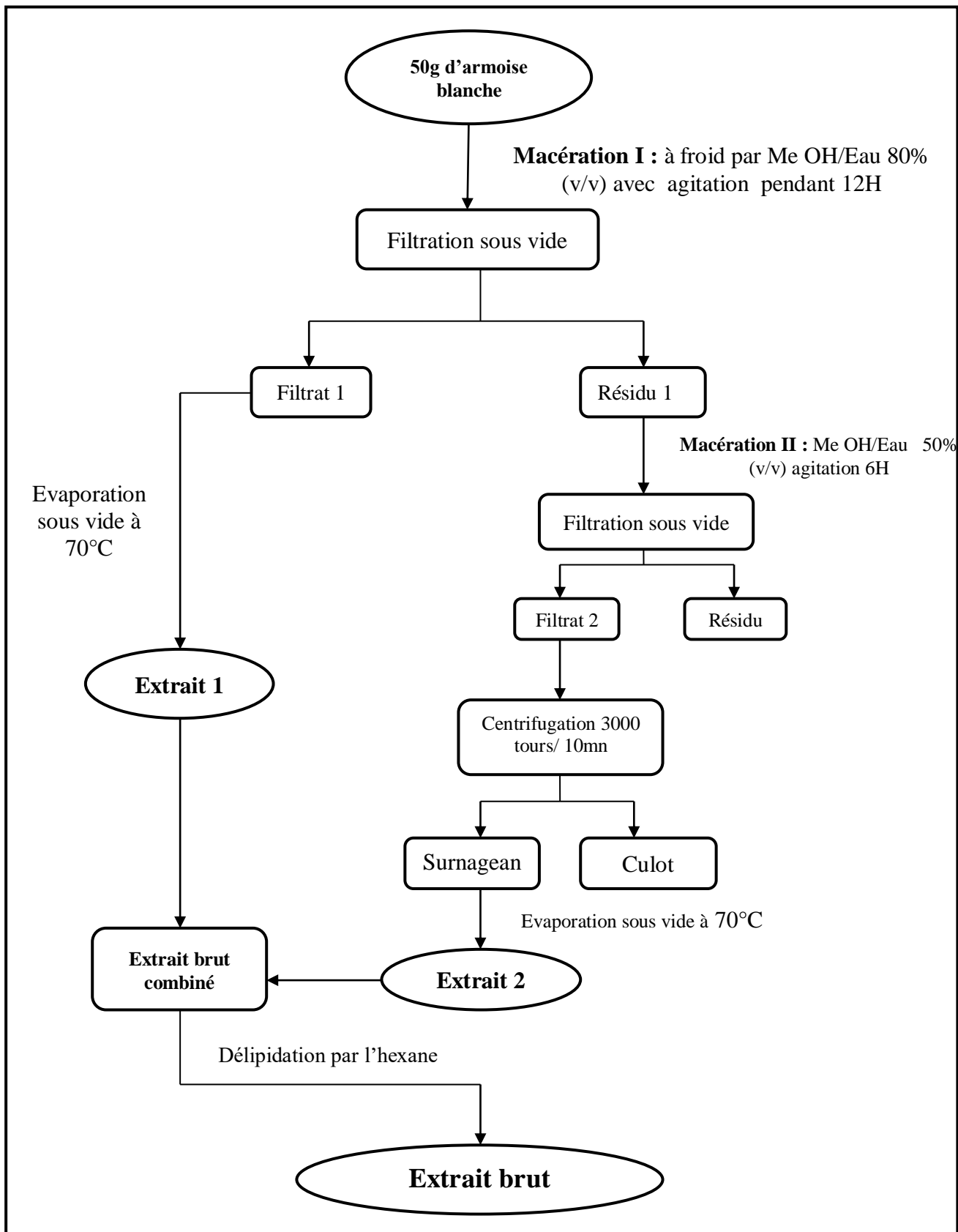


Figure 1.10. Schéma représentatif du procédé d'extraction des phénols

I.2.2. Encapsulation :

I.2.2.1. Encapsulation avec l'alginate:

- On a pris 1 gr d'alginate dans 100 ml d'eau distillée on y ajoute 2g d'extrait de Polyphénols. La formation des capsules s'est faite dans une solution (CaCl₂ + Eau distillée)

I.2.2.2. Encapsulation avec la gélatine:

- On refait le même procédé que celui avec l'alginate

I.2.2.3. Encapsulation avec le xanthane :

- On prend 0,5 g de gomme Xanthane qu'on mélange dans 50 ml d'eau distillée

On fait des injections à l'aide d'une seringue dans une solution de (CaCl₂ + Eau distillée)

I.2.2.4. Encapsulation avec l'alginate + Gélatine :

- 0,5 gr de gélatine dans 50 ml d'eau distillée on le met sous agitateur à 40 degré
- Après que la gélatine soit bien dissoute on y ajoute 1gr d'Alginate et on laisse mélanger à température ambiante

Pour l'encapsulation, on fait des injections de cette solution dans une solution de (CaCl₂ + Eau distillée)

I.2.2.5. Encapsulation avec l'alginate + gomme Xanthane :

- On prend 0,05% de gomme xanthane qu'on mélange avec 50 ml d'eau distillée sous agitation à 40 degré, une fois le gomme xanthane bien dissous on y ajoute 1% d'alginate et on laisse sous agitation à température ambiante

On fait des injections de la solution mélange obtenu dans une solution de (CaCl₂ + Eau distillée)

I.2.2.6. Encapsulation avec l'alginate, la gélatine et la gomme Xanthane :

- On mélange ensuite solution 1 et 2 et on y ajoute 1 gr d'alginate et 3g de phénol
- On prépare un solvant de 400 ml d'eau distillée + 30g de CaCl₂

On fait des injection de notre solution dans le solvant, des capsules de phénols se formeront a la surface

Tableau 1.2 : préparation des solutions nécessaires pour encapsulation des poly phénols

| Solution 1 | Solution 2 |
|--|--|
| On prend 0,15 % de Gélatine qu'on dissous dans 50 ml d'eau distillée à 40 degré sous agitateur | On prend 0,05 % de gomme Xanthane qu'on dissous dans 50 ml d'eau distillée à 40 degré sous agitateur |

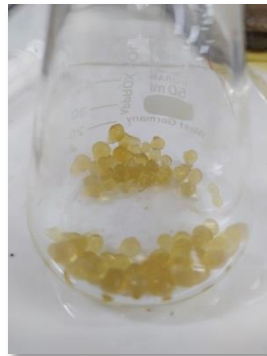


Figure 1.11. Capsules de phénol avec alginate + gélatine + gomme xanthane



Figure 1.12. Solution d'encapsulation de phénol avec gélatine + alginate



Figure 1.13. Solution d'encapsulation avec gomme xanthane + alginate



Figure 1.14.capsules de phénol avec alginate + gomme xanthane

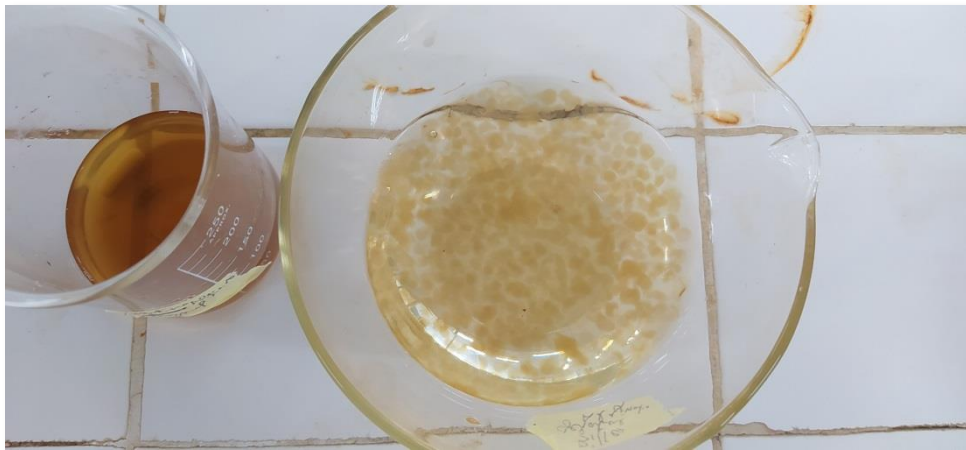


Figure 1.15.Encapsulation du phénol avec gélatine + alginate

I.3.Activité anti-oxydante :

Le pouvoir antioxydant des huiles essentielles et de phénol a été testé par la méthode qui utilise le DPPH « 2,2-Diphényl Picryl- Hydrazyl » comme un radical libre relativement stable (Blois, 1958). Dans ce test, le DPPH de couleur violette se réduit en un composé jaune, le DPPH dont l'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la capacité réductrice des antioxydants présents dans le milieu (Sanchez – Moreno, 2002)

I.3.1. Préparation de la solution de DPPH :

4 mg de DPPH ont été dissout dans 100 ml de méthanol.

I.3.2. Préparation des échantillons :

D'abord on prépare la solution mère :

On dissout 5mg de polyphénols dans 25 ml de méthanol, on a :

$$C_m = m/v, \quad c_m = 5/25$$

$$C_m = 0.2 \text{ mg/ml}$$

On prépare 5 dilution de concentration différente (0.005, 0.01, 0.025, 0.05, 0.1) dans des fioles de 10 ml .

$$C_m * V_m = c_f * v_f \quad \longrightarrow \quad v_m = c_f * v_f / c_m$$

C_m : concentration de la solution mère

V_m : volume nécessaire qui on peut l'enlevée de la solution mère

C_f : concentration de fiole

V_f : volume de fiole

Pour la 1^{er} concentration ; $c_m = 0.005 \text{ mg/ml}$

$$V_{m1} = 0.005 * 10 / 0.2$$

$$V_{m1} = 0.25 \text{ ml}$$



Figure 1.16. solution de DPPH

Tableau 1.3. Concentrations et volumes des échantillons prélevés de la solution mère

| | | | | | |
|---------------|-------|------|-------|------|-----|
| C_m (mg/ml) | 0.005 | 0.01 | 0.025 | 0.05 | 0.1 |
| V_m (ml) | 0.25 | 0.5 | 1.25 | 2.5 | 5 |

Après le prélèvement des différents volumes de la solution mère, on continue avec l'eau distillée jusqu'à le trait jugée. .

On prend dans des tubes à essais 3 ml de DPPH + 1 ml de chaque échantillon , après agitation

rapide , les tubes sont incubés pendant 30 min dans l'obscurité à 25 °C .

I.3.3.Préparation de deux solutions de contrôles :

On mélange 3ml de DPPH dans 1 ml de méthanol .

La solution est mesurée à 517 nm .

Calcul de AA% :

$AA\% = ((\text{absorbance de control} - \text{absorbance de l'échantillon}) / \text{absorbance de contrôle})$
*100

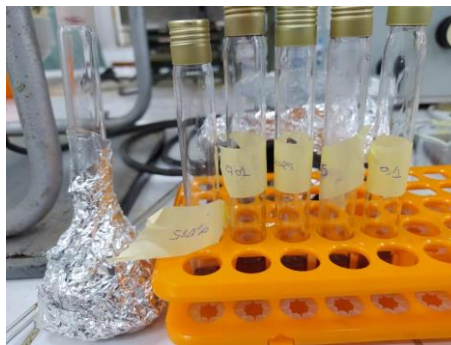


Figure 1.17.image représentant le DPPH et les échantillons à analyser

I.4.Test de Dissolution :

Cet essai est destiné à déterminer la plus ou moins grande aptitude des comprimés et des capsules à se désagréger en milieu liquide dans le temps prescrit

I.4.1.Principe du test :

Il est effectué par agitation standardisée de la forme galénique testée, dans le milieu liquide (l'eau en général) à 37° C, dans un tube dont le fond est grillagé.

La désagrégation est considérée comme atteinte lorsque :

- a) il n'y a plus de résidu sur la grille
- b) s'il subsiste un résidu, ce dernier est constitué seulement par une masse molle ne comportant pas de noyau palpable et non imprégné,
- c) il ne subsiste que des fragments d'enrobage (comprimés) ou des fragments d'enveloppe (capsules) qui peuvent éventuellement adhérer à la face inférieure du disque en cas d'utilisation de celui-ci.

Une durée limite maximale de désagrégation est fixée pour chaque spécialité, conforme aux

spécifications de la Pharmacopée Européenne et éventuellement inférieure. Lorsqu'il y a des variabilités des durées de désagrégation individuelles, ceci traduit une mauvaise formulation ou un problème lié à la technologie [29].



Figure 1.18.image représentant l'appareil de dissolution

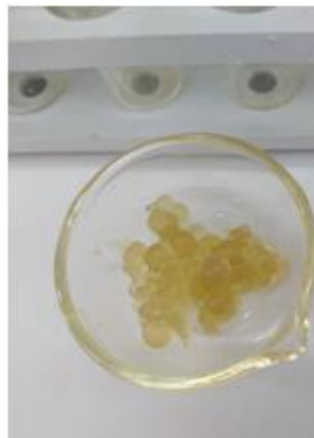


Figure 1.19.image représentant les capsules de poly phénols avant le test de dissolution

I.4.2.Mode opératoire : [30]

Nous avons réalisé le test de dissolution des Capsules de poly phénols en utilisant l'appareil de dissolution. Ce test a été réalisé dans les conditions suivantes :

- Durée de l'essai : 225 min ;
- Milieu de dissolution : solution gastrique d'HCl (7ml) et NaCl (2g) dans 1L d'eau distillée
- Volume du milieu de dissolution : 500 ml ;
- Température du milieu de dissolution : $37 \pm 0,5$ °C ;
- Vitesse de rotation de la palette : 75 rotations par minute (la partie inférieure de la

palette étant maintenue pendant l'essai à une distance de 25 ± 2 mm du fond intérieure du récipient) ;

-Volume de prélèvement du milieu de dissolution : 5 ml (prélèvement manuel à l'aide d'une seringue du milieu de dissolution dans une zone située à mi-distance entre la surface du milieu de dissolution et le haut de la palette à 10mm au moins de la paroi du récipient) ;

-Temps de prélèvements : 15 – 30 – 45 – 60 – 75 – 90 – 105 – 120 – 135—150 – 165 – 180—195—210-- 220 minutes

-Nombre de Cp prélevés : 15 par lot de spécialité contrôlée.



Figure 1.20.image représentant les capsules de polyphénol dans l'appareil de dissolution

CHAPITRE II :
RESULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE II : RESULTATS ET DISSCUSSION

II.1. Rendement de l'extraction des polyphenols :

Le rendement, noté R, est le rapport entre la masse de produit récupérée ($m_{\text{expérimentale}}$) à la fin de l'expérience et la masse de produit théoriquement obtenue ($m_{\text{théorique}}$). Le rendement obtenu est égale à 6%.

II.2. Résultats de l'encapsulation :

Parmi les différents essais d'encapsulation, l'encapsulation des polyphénols avec la gélatine et avec la gomme xanthane n'a pas donnée des billes rigides, nous avons observé que après 24 h, ces billes sont dissoutes.

Cependant avec l'alginate et avec l'alginate plus la gomme xanthane , les billes ont gardé leurs formes et elles ne sont pas dissoutes.

L'image ci-dessous nous montre la différence entre les deux

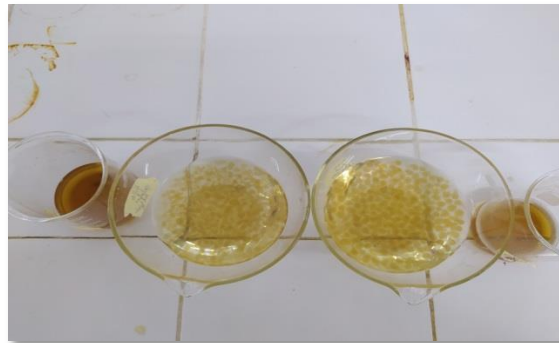


Figure 2.1. comparaison entre les capsules issues de différentes matrices

L'utilisation des trois polymère alginate + gomme xanthane + gélatine, a donné les meilleurs résultats avec l'encapsulation de l'extrait phénolique.

II.3. Activité anti-oxydante :

II.3.1. Evaluation de l'activité antioxydante par la méthode de DPPH de l'extrait phénolique :

La mesure de l'activité antioxydante est évaluée par spectrophotométrie en suivant la réduction du radical DPPH qui s'accompagne par son passage de la couleur violette à la couleur jaune mesurable à 515 nm.

Dans notre travail nous avons étudié l'activité antioxydante des poly phénols étudiés. La coloration, mesurée au spectrophotomètre, est inversement proportionnelle à l'activité anti-

radicalaire des composés dont on souhaite déterminer leurs activités. Les valeurs obtenues ont permis de tracer des courbes ayant une allure linéaire présentée dans les figures ci-dessous.

Tableau 2.1 : variation de pourcentage d'inhibition en fonction de la concentration de standard d'acide ascorbique.

| Concentration (µg/mL) | 0,1 | 0,15 | 0,25 | 0,5 | 1 | 1,25 |
|-----------------------|-------|------|------|------|------|-------|
| Acide ascorbique | 36,98 | 40,1 | 44,2 | 58,2 | 81,3 | 91,23 |

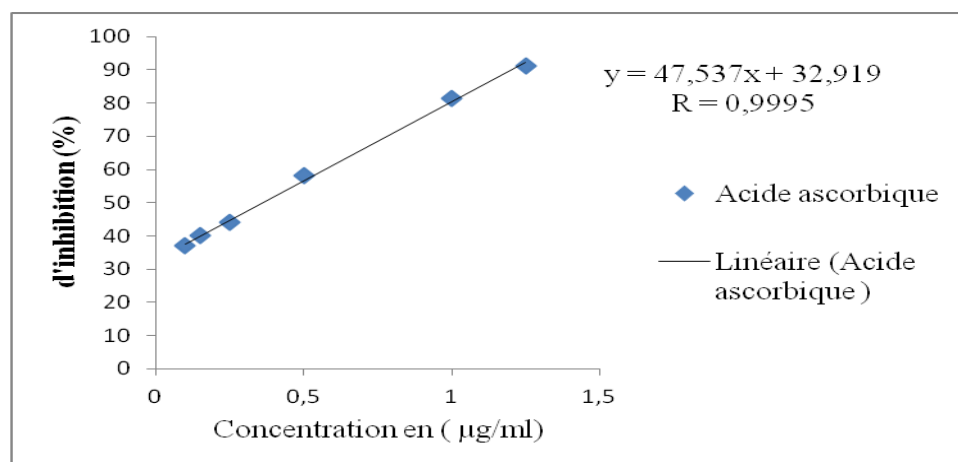


Figure 2.2 : Pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH par l'acide ascorbique

Abs de blanc=0.883

Tableau 2.2. Résultats de l'activité anti-oxydante

| Concentration (mg/ml) | 0.005 | 0.01 | 0.025 | 0.05 | 0.1 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Absorbance | 0.852 | 0.833 | 0.769 | 0.74 | 0.637 |
| Inhibition% | 3.51 | 5.66 | 12.91 | 16.19 | 27.859 |

La courbe d'absorbance en fonction de concentration

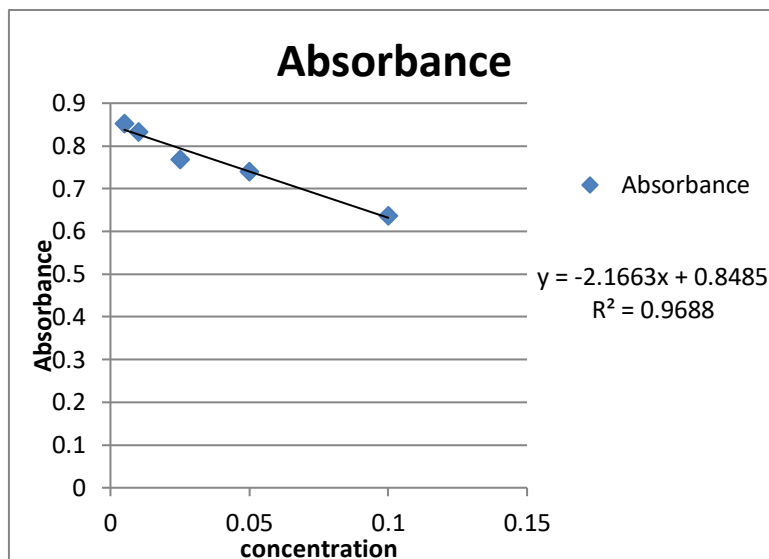


Figure 2.3.graphe représentant l'absorbance en fonction de concentration

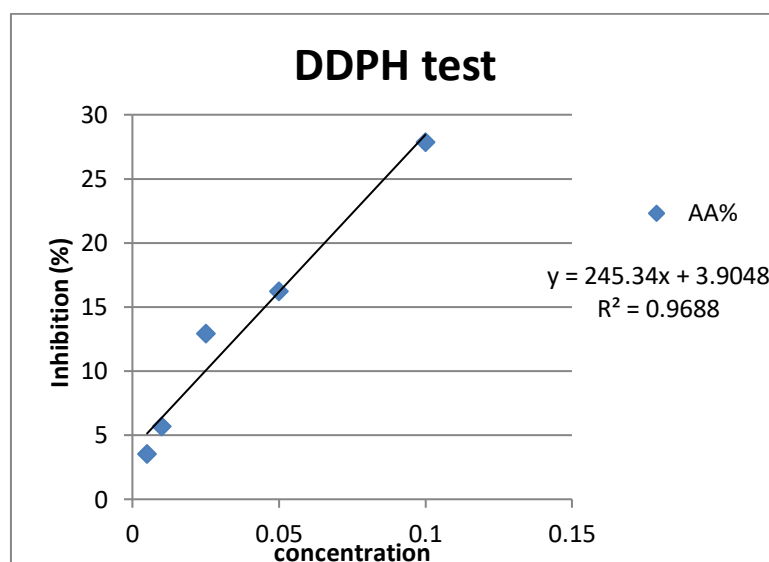


Figure 2.4.pourcentage d'inhibition pour l'extrait phénolique

II.3.2. Interprétation de graphe :

La figure ci-dessous montre les résultats de mesure de pourcentage d'inhibition du radicale DDPH en fonction de concentration de composé testé .ils montrent que le pourcentage d'inhibition du radicale libre augmente avec l'augmentation de la concentration .

A partir des résultats obtenus et pour mieux caractériser le pouvoir antioxydant, nous avons introduit le paramètre IC50.

Calcul d'IC50 : il définit la concentration efficace du substrat qui cause la réduction de 50% du DPPH en solution.

La concentration inhibitrice 50%est la concentration d'échantillon testé nécessaire pour réduire 50% de l'activité du DDPH. plus la valeur d'IC50 est petite , plus l'activité anti

oxydante d'un composés est grande .

Après tracer l courbe, on peut déterminer l'IC50 à partir de l'équation de la droite :

$$Y=ax+b$$

$$a=245.4, b=3.9048, R^2=0.9688$$

y : % inhibition de la DDPH

x : concentration (mg/ml)

$$50=245.4x+3.9048$$

$$IC50=0.18 \text{ mg/ml}$$

Tableau 2.3: Valeurs des IC₅₀ des polyphenols et témoin déterminées par le test au DPPH.

| | Polyphenols | Acide ascorbique |
|------------------|-------------|------------------|
| IC ₅₀ | 0.18 | 0,351 |

II.3.3. Interprétation des résultats :

L'extrait phénolique d'*Artemisia herba alba* rend le radical libre stable DDPH avec un IC50 de 0.18mg/ml montrant une activité très importante. D'après ces résultats on prouve que l'acide ascorbique reste l'antioxydant le plus efficace avec un IC50 de 0.351 mg/ml par rapport à l'extrait phénolique.

II.4.1. Résultats du test de dissolution des billes de poly phénols :

Longueur d'onde = 755nm

Tableau 2.4. Tableau représentant l'absorbance des poly phénols en fonction du temps lors du test de dissolution

| | | | | | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Abs | 0.075 | 0.068 | 0.057 | 0.061 | 0.072 | 0.079 | 0.083 | 0.095 | 0.094 |
| T(min) | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 | 90 | 105 | 120 | 135 |

| | | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Abs | 0.086 | 0.074 | 0.066 | 0.057 | 0.053 | 0.052 |
| T (min) | 150 | 165 | 180 | 195 | 210 | 225 |

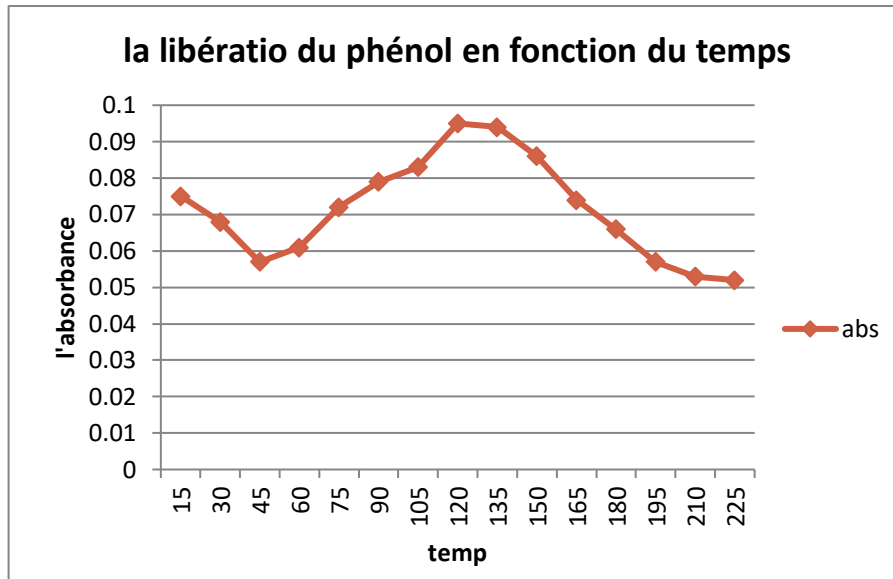


Figure 2.5. Graphe représentant la libération du phénol en fonction du temps

III.4.2. Interprétation des résultats :

On constate entre 15 et 45 min une diminution de l'absorbance cela est donc due à une diminution de la libération des poly phénols des capsules

Entre 45 et 150 min on remarque une augmentation de l'absorbance en fonction du temps cela est due à une forte libération des poly phénols des capsules

Entre 150 min et 225 min on constate une diminution de l'absorbance cela est donc due à une diminution de la libération des poly phénols

On constate à la fin de notre test une diminution du volume des billes de phénols ceci est le résultat de la libération prolongée du principe actif qui est le polyphénol

Conclusion Générale

Les polyphénols de l'espèce *Artemisia Herba Alba* sont utilisés dans de nombreux domaines comme, l'industrie alimentaire, la parfumerie, la cosmétique, l'aromathérapie ou encore la phytopathologie. Elles sont très riches en substances actives et possèdent des activités thérapeutiques tels que les activités, anti-oxydantes, anti-inflammatoires, qui font d'eux des composés pleins des potentialités dans le domaine pharmaceutique et de composés bioactifs pouvant servir des remplaçants aux substances chimiques synthétiques.

Les résultats de ce travail nous montrent que l'encapsulation des polyphénols dans des structures polymères à l'échelle est bien envisageable et très prometteuse. Cette étude nous permet également de proposer que : la technique d'encapsulation par coacervation peut-être envisager pour améliorer la stabilité (volatilité et oxydation) des polyphénols ; l'encapsulation des polyphénols dans des particules d'alginate, gélatine et de la gomme xantane est supposé donner une bonne stabilité mais aussi une amélioration de l'effet antioxydant.

Ces données montrent que l'encapsulation est une technique pleine de potentiel dans l'amélioration des propriétés pharmacologiques des polyphénols d'armoise blanche. ainsi que toutes les substances du même genre et un remède sûr et efficace contre le caractère d'instabilité. les résultat obtenus montrent que cet extrait a une activité anti-oxydante très importante. Cette activité semble être liée à la présence des composés phénolique.

Cependant des études poussées doivent être menées pour permettre l'application de cette technique aux polyphénols d'*Artemisia Herba Alba* afin d'obtenir une bonne maîtrise des activités biologiques et thérapeutiques de celles-ci et même pour les plantes qui les produisent, rendre leur mode d'usage moderne et exploiter au maximum toutes leurs potentielles activités pharmacologiques avec sécurité et efficacité.

Références bibliographique

- [1] : Simon Singh et Edzard Ernst Médecines douces : info ou intox ?,
- [2] : Guide des plantes qui soignent, édition Vidal, 2010
- [3] : Ameenah Gurib-Fakim Faculty of Science, University of Mauritius, Reduit, Mauritius
- [4] : Trabut L., 1988 Précis de botanique médicale, 2^{ème} Ed, Masson & Cie Paris.
- [5] : Deysson G., 1967 Organisation et classification des plantes vasculaires. Ed .Sedes. Tome I, 116, Paris
- [6] : Bielle L., 1935 Précis de botanique pharmaceutique, 2^{ème} éd, Ed médicales Nabet Maloine : 123 - 146 Paris.
- [7] : Quezel P, Santa S., 1963. Nouvelles flores d'Algérie et des régions désertiques méridionales. Ed C.N.R.S, Tome I ; 17 - 22 Paris.
- [8] : Quezal P, Barbero M, Benabid A, Rivas-Martinez S., 1994. Le passage de la végétation méditerranéenne saharienne sur les revers méridionaux du haut atlas oriental (Maroc). *Phytoécologie*, 22(4) ;
- [9] : Fenardji F, Khur M, C, Ferrando R., 1974. Contribution à l'étude de l'armoise blanche (*Artemisia herba alba*) *Rev. Lev. Med. Vet.* 27, p. 203 - 206.
- [10] : The management of dry skin with topical emollients – recent perspectives Ehrhardt Proksch 16 september 2005
- [11] : Arabian Journal of Chemistry Borik et al, 1996
- [12] : Gildemeister E., Hoffmann FR., 1919. Les huiles essentielles. 2^{ème} éd. Tome III, 685 - 701.
- [13] : Djebaili S., 1984. Steppe algérienne. *Phytosociologie et écologie OPU*. Alger : 1-138.
- [14] : Aidoud A., 2001. Conférence sur le fonctionnement des écosystèmes méditerranéens. Laboratoire d'écologie végétale, Université de Rennes 1, Complexe Scientifique de Beaulieu, Rennes.
- [15] : Bruneton, J., 1999. Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales. In: *Technique et Documentation Lavoisier*, Paris, pp. 418-419.
- [16] : JM Gee, IT Johnson - Current medicinal chemistry, 2001
- [17] : Interaction of Plant Polyphenols with Salivary Proteins
Anders Bennick March 1, 2002
- [18] : Montoro et al; Structure–antioxidant activity relationships of flavonoids isolated from different plant species September 2005

- [19] :https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/40/026/40026058.pdf
- [20] : FANG Z., BHANDARI B. (2010) Encapsulation of polyphenols – a review. Trends in Food Science & Technology, 21, (10), 510-523.
- [21] : Odile D. (2012). Synthèse de nanocapsules polymères pour la détection de tumeurs solides par échographie et IRM du Fluor : vers un outil théranostique. Sciences agricoles. Université Paris Sud - Paris XI, 2012. Français. NNT : 2012PA114854. Tel -00907145.
- [22] : Pandit, J., Aqil, M., Sultana, Y. (2016). Nanoencapsulation technology to control release and enhance bioactivity of essential oils. Elsevier Inc, <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-804307-3.00014-4>.
- [23] : Pharmacie galénique : Formulation et technologie pharmaceutique. 2007, Editions Maloine – 27, rue de l'école de médecine, 75006 Paris, France.
- [24] : Caroline M. (2012). Le SO₂ supercritique : Un fluide prometteur dans la formulation pharmaceutique. Université Henri Poincaré-NANCY 1 (France).
- [25] : Ane Patrícia Cacique , Érica Soares Barbosa , Gevany Paulino de Pinho, Flaviano Oliveira Silvério : Maceration extraction conditions for determining the phenolic compounds and the antioxidant activity , Editora da UFLA Brazil 2020
- [26] : Bernard Veynachter, et Pascal Pottier, Centrifugation et décantation, Techniques de l'ingénieur, F2730, mars 2007
- [27] : L. C. Craig, J. D. Gregory et W. Hausmann, « Versatile laboratory concentration device », Anal. Chem., vol. 22, 1950, p. 1462
- [28] : jean-Luc Dubois Antoine Piccirilli Julien Procédé d'extraction a partir de graines de lesquerella Magne 2011
- [29] : lille barthelemy Travaux Pratiques Pharmacie Galénique 2010
- [30] : Gaamoussi F., H.Israili Z., et Lyoussi B., Pak. J. Pharm. Sci. 23 (2010) 212-219