

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

*Université de Mohamed El-Bachir El-Ibrahimi - Bordj Bou Arreridj*

*Faculté des Sciences et de la technologie*

*Département Génie de l'environnement*

## **Mémoire**

*Présenté pour obtenir*

**LE DIPLOME DE MASTER**

FILIERE : Génie Des procédés

**Spécialité : gestion des changements environnementaux en méditerranéen**

Par

➤ **Achacha Manal**

*Intitulé*

***Valorisation des biomatériaux extraits des raquettes et des pépins de figue de barbarie dans le traitement des eaux usées***

*Soutenu le : 19/09/2022*

*Devant le Jury composé de :*

<i>Nom &amp; Prénom</i>	<i>Grade</i>	<i>Qualité</i>	<i>Etablissement</i>
<i>M.H.Karce</i>	<i>MCA</i>	<i>Président</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>M.A.Hellati</i>	<i>MCA</i>	<i>Encadreur</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>M.A.Dilmi</i>	<i>MCB</i>	<i>Examineur</i>	<i>Univ-BBA</i>
<i>M.M.Souissi</i>	<i>MCA</i>	<i>Co-encadreur</i>	<i>Univ-Monastir</i>

*Année Universitaire 2021/2022*

## ***Remerciement***

*Au terme de ce travail, je tiens à remercier en premier lieu le bon Dieu de m'avoir guidée et donnée la patience, la santé et surtout beaucoup de courage et de volonté pour accomplir mon stage et achever ce modeste travail pour enfin pouvoir le mettre entre vos mains.*

*Il est agréable au moment de présenter ce travail d'adresser mes remerciements à monsieur Mr. AYECHÉ RIAD chef département de Génie De l'environnement de l'université de Bordj Bou Arréridj qui a bien voulu dirigé ce travail, pour tous ses conseils, ses encouragements.*

*Je désire remercier mon encadrant le professeur Hellati.A et tous les profs de département.*

*Je voudrais exprimer ma reconnaissance au professeur Hatem Majdoub directeur de laboratoire de recherche polymères et membranes de l'université de Monastir, aussi exprimer ma profonde gratitude à madame Souissi Marwa , Mona Soltani et Wided Fersi.*

*J'exprime mes remerciements et mes gratitudes au membre de jury pour avoir accepté d'examiner et de juger ce travail.*

*Je remercie mes parents et mes amies qui apporté leur support moral tout au long de ma démarche.*

## *Dédicace*

*Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut, tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect et la reconnaissance aussi, c'est tout simplement que je dédie ce mémoire à...*

*Mes très chers parents, tout mon respect et affection en témoignage de leur soutien, sacrifice, patience, ainsi que pour leurs conseils et orientations dans ma vie.*

*Ma douce maman **Achacha Soria** mon chère papa **Mahmoud***

*Pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous m'a porté depuis mon enfance et j'espère que ta bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de tes vœux tant formulés, le fruit de tes innombrables sacrifices, bien que je ne vous acquitterais jamais assez.*

*Ma chère soeurs **Meriem**, mes chère frères, **Saber** mon soutien dans la vie, **Aissa et Abderrahim**.*

*Mes amies proches: **Hafsa , Maria , Rahil , Romaiassa , Wieme , Sabrina , Hiba , Fatma , Farah , Rania , Zahira Sana et Hanene**.*

*Tous mes collègues de promo.*

*Toute la famille **ACHACHA**.*

# *Table des matières*

**Table des matières**

Liste des figure.....	
Liste des tableaux.....	
Liste des abréviations.....	
Introduction général .....	01
<b>Chapitre I : Etude Bibliographique</b>	
I.1 Introduction.....	03
I.2 Les eaux usées turbides.....	03
I.3 Clarification des eaux par coagulation –floculation.....	03
I.3.1 La clarification .....	03
I.3.2 La coagulation-floculation.....	03
I.3.2.1 Un colloïde .....	03
I.3.2.2 Processus de coagulation-floculation .....	04
I.3.3 Les facteurs influençant la coagulation .....	04
I.3.3.1 Influence du paramètre pH.....	04
I.3.3.2 Influence de la température.....	05
I.3.3.3 Influence de la dose de coagulant.....	05
I.3.3.4 Influence de la turbidité.....	05
I.3.3.5 Influence des conditions de mélange.....	05
I.4 Les flocculants naturels .....	06
I.5 Etude sur l’Opuntia Ficus Indica (OFI).....	06
I.5.1 Origine.....	06
I.5.2 description .....	07
I.5.3 Distribution géographique .....	08
I.5.4 Composition chimiques .....	08
I.5.4.1 Composition chimique de la fleur .....	08
I.5.4.2 Composition chimique des raquettes .....	09
I.5.4.3 composition chimique des grains .....	11
I.5.4.4 Composition lignocellulosique d’Opuntia ficus indica .....	11
I.5.5 Principaux constituants chimiques de la paroi végétale .....	12
I.5.1 Polysaccharides .....	12
I.5.1.1 Définition des polysaccharides.....	12
I.5.1.2 Pectines .....	12
I.5.1.3 Le mucilage .....	13
I.6 Domaines d’utilisation .....	13
I.6.1 Intérêt nutritionnel .....	13
I.6.2 Production de fourrage pour le bétail .....	14
I.6.3 Production de carmin .....	15
I.6.4 Bio flocculant ( traitement des eaux) .....	15
I.6.5 Usage médicinal.....	15

I.6.6 Usage cosmétique.....	15
I.6.7 Usage environnementale .....	16

**Chapitre II : Matériel et méthodes**

II.1 Matériel végétale.....	18
II.1.1 Récolte de l'échantillon .....	18
II.1.2 Obtention de la poudre des pépins .....	18
II.1.3 Obtention de la poudre de cactus .....	19
II.1.3.1 Extraction des PS présentes dans les raquettes de figuier de barbarie.....	20
II.1.3.1.1 Extraction du mucilage.....	20
II.1.3.1.1.1 La lyophilisation .....	22
II.1.3.1.2 Extraction de pectine .....	23
II.1.3.1.2.1 La dialyse .....	23
II.2 Techniques d'analyse .....	25
II.2.1 Spectrophotométrie UV-Visible .....	25
II.2.1.1 Définition .....	25
II.2.1.3 La loi de Beer-Lambert .....	26
II.2.2 Mesure de la turbidité.....	26
II.2.3 Mesure de pH.....	26
II.2.4 Matières en suspension (MES) .....	27
II.2.5 Mesure de l'absorbance .....	27
II.2.6 Demande chimique en Oxygène.....	27

**Chapitre III : Résultats et discussions**

III.1 Introduction .....	31
III.2 expérience de jar-test .....	31
III.3 Etude des effets .....	32
III.3.1 Effet du pH sur l'élimination de la turbidité et la décoloration.....	32
III.3.2 Effet de la dose du flocculant sur l'élimination de la turbidité et la décoloration...	33
III.3.3 Effet de la vitesse d'agitation sur l'élimination de la turbidité et la décoloration...	35
III.4 Etude des effets sur la réduction de la DCO .....	36
III.5 Travaux antérieurs .....	42
Conclusion générale.....	44
Références bibliographique	/
Résumé	/

# *Liste des figures*

*Liste des figures*

<b>Figure I-1</b> : La coagulation-floculation.....	04
<b>Figure I-2</b> : La plante d'Opuntia ficus indica (A) raquette, (B) fruit, (C) fleur.....	07
<b>Figure I-3</b> : répartition mondiale de figue de barbarie.....	08
<b>Figure I-4</b> : Représentation de la structure lignocellulosique montrant les fractions d'hémicellulose, de cellulose et de lignine.....	12
<b>Figure I-5</b> : structure de base des pectines.....	13
<b>Figure I-6</b> : Capsules et comprimés préparés à partir des cladodes séchées d'Opuntia au Mexique.....	14
<b>Figure II-1</b> : la poudre des pépins.....	18
<b>Figure II-2</b> : les cladodes d'OFI.....	19
<b>Figure II-3</b> : poudre sèche du cladodes.....	19
<b>Figure II-4</b> : la première étape d'extraction de mucilage.....	20
<b>Figure II-5</b> : la centrifugation de surnageant.....	20
<b>Figure II-6</b> : précipitation dans l'éthanol.....	21
<b>Figure II-7</b> : solubilisation dans l'eau distillée.....	21
<b>Figure II-8</b> : congélation du mucilage.....	21
<b>Figure II-9</b> : Lyophilisateur.....	22
<b>Figure II-10</b> : la poudre du mucilage.....	22
<b>Figure II- 11</b> : La dialyse.....	23
<b>Figure II- 12</b> : La poudre de pectine.....	23
<b>FigureII-13</b> : Schéma de principe d'un spectrophotomètre à double faisceau.....	25
<b>Figure II-14</b> : Thermo-réacteur.....	29
<b>Figure III-1</b> : Jar-test.....	31
<b>Figure III-2a</b> : effet de pH sur l'elimination de la turbidité.....	32
<b>Figure III-2b</b> : effet de pH sur la décoloration.....	33
<b>Figure III-3a</b> :effet de la dose du coagulant sur l'elimination de la turbidité.....	34
<b>Figure III-3b</b> :effet de la dose du coagulant sur la décoloration.....	34
<b>Figure III-3c</b> : effet de la vitesse d'agitation sur l'elimination de la turbidité.....	35
<b>Figure III-3d</b> : effet de la vitesse d'agitation sur la décoloration.....	36
<b>Figure III-3e</b> : Taux de la réduction de la DCO à pH 8.....	38
<b>Figure III-3f</b> : Taux de la réduction de la DCO à pH 10.....	39
<b>Figure III-3g</b> : Taux de la réduction de la DCO à pH 12.....	40
<b>Figure III-3h</b> : diagramme comparative des taux d'abattementsdes différents coagulants.....	41

# *Liste des tableaux*

# Liste des tableaux

<b>Tableau I.1</b> : Composition moyenne (pourcentage en poids par rapport à la masse sèche) de la fleur de la figue de barbarie.....	<b>09</b>
<b>Tableau I. 2</b> : Composition chimique de la tige (raquettes).....	<b>09</b>
<b>Tableau I. 3</b> : Composition chimique des raquettes d'Opuntia .....	<b>10</b>
<b>Tableau I. 4</b> : Les teneurs en minéraux dans les cladodes en mg / 100 g.....	<b>10</b>
<b>Tableau I. 5</b> : Composition chimique des graines du figuier de barbarie.....	<b>11</b>
<b>Tableau I. 6</b> : Produits et coproduits de fruits et de cladodes de figuier de barbarie.....	<b>14</b>
<b>Tableau II. 1</b> : caractérisation de l'eau brute.....	<b>18</b>
<b>Tableau III. 1</b> : réduction de la DCO à pH 8.....	<b>37</b>
<b>Tableau III. 2</b> : réduction de la DCO à pH 10.....	<b>38</b>
<b>Tableau III. 3</b> : réduction de la DCO à pH 12.....	<b>39</b>

*Liste des abréviations*

OFI : Opuntia Ficus Indica.

DCO : Demande Chimique en Oxygène

NTU : Nephelometric Turbidity Unit

pH : potentiel d'hydrogène

Rpm : Tour par minute

MES : Matières En Suspension

# *Introduction Générale*

### **Introduction générale**

L'eau est devenue un enjeu stratégique mondial dont la gestion, doit impérativement s'intégrer dans une perspective politique de développement durable. Certains affirment en effet qu'elle sera, au troisième millénaire, un enjeu de guerres comme le pétrole l'a été et l'est encore aujourd'hui.

[1]

L'eau doit être classée comme un patrimoine universel qui doit être protégée et défendue. Elle est une ressource vitale pour l'homme, pour sa survie, sa santé et son alimentation. Elle est également pour ses activités agricoles et économiques. La qualité de son environnement en dépend étroitement. [2]

De nombreux travaux ont été menés pour éliminer les substances en suspension présentes dans l'eau par des méthodes physico-chimiques. Pour éliminer ces particules, des procédés de coagulation et de floculation sont utilisés. Le but principal de coagulation est de déstabiliser les particules en suspension, c'est-à-dire de favoriser leur agglomération. En pratique, ce procédé se caractérise par l'injection et la dispersion de produits chimiques.

Le but de la floculation est de favoriser le contact entre les particules instables à l'aide d'un mélange lent. Ces particules s'agglutinent pour former des floccs qui peuvent être facilement éliminés par décantation. Ces produits chimiques appelés coagulants pourront avoir des effets néfastes sur la santé humaine et l'environnement, cependant l'utilisation des flocculants naturels est récemment devenue une solution prometteuse dans le traitement des eaux usées de divers effluents pollués grâce à leurs mécanismes de coagulation-floculation. L'utilisation de substances naturelles pour le processus de bio coagulation et de bio floculation s'est avérée être une alternative prometteuse dans les procédés de traitement de l'eau, ce qui peut réduire les coûts de l'eau, les impacts environnementaux et les impacts sur la santé. Dans un contexte sanitaire, environnemental et de développement durable, nous allons concentrer nos études à faire intégrer des produits biodégradables dans le processus de traitement des eaux. Alors, l'objectif de notre travail est de substituer les produits synthétiques utilisés lors de la coagulation - floculation par d'autres produits naturels. Dans ce contexte et en premier lieu la partie bibliographique donne un aperçu sur la coagulation-floculation, la plante d'Opuntia Ficus Indica. En outre nous allons citer les différents matériels et méthodes suivis lors de la réalisation de ce travail. Les différents résultats obtenus seront interprétés. Enfin la conclusion générale reprendra l'essentiel des résultats.

***Chapitre I : Etude  
Bibliographique***

**Chapitre I : Etude bibliographique :****I.1 Introduction :**

L'eau est une ressource stratégique limitée qui est non seulement essentielle au maintien de la vie sur Terre, mais à tous les secteurs socio-économiques. L'augmentation de la consommation d'eau entraîne une augmentation des rejets d'eaux usées, provoquant une pollution du milieu récepteur, affectant le bien-être des organismes et altérant l'environnement [3]. Par conséquent, le traitement des eaux usées utilisant des produits biodégradables extraits des plantes est essentiel pour obtenir des eaux usées épurées qui ne nuisent ni à la faune ni à la flore.

**I.2 Les eaux usées turbides :**

Les eaux usées turbides contenant des ions de métaux lourds, des pesticides et des colorants sont à l'origine d'une grave contamination écologique, les méthodes de traitement classiques s'avérant inadéquates, inefficaces ou coûteuses à appliquer. Plusieurs biomatériaux ont récemment été explorés pour la bio sorption et la biocoagulation-floculation des polluants des eaux usées. Au cours des dix dernières années, de nombreux travaux de recherche ont été consacrés à l'utilisation de matériaux biologiques tels que les déchets agricoles, les déchets de cuisine, le chitosane, le *Moringa Oleifera*, l'*Eichhorniacrassipes*, les bactéries, les algues, les plantes cactées, etc. [4]

**I.3 Clarification des eaux par coagulation -floculation :****I.3.1 La clarification :**

La clarification de l'eau signifie l'élimination de toutes les particules colloïdales et en suspension qui rendent l'eau trouble et sa couleur indésirable, et cela se fait par coagulation-floculation, décantation et filtration.

**I.3.2 La coagulation-floculation :**

Pour comprendre le processus de coagulation-floculation, il faut comprendre le terme colloïde.

**I.3.2.1 Un colloïde :**

Un colloïde est un agrégat d'atomes/ions ou de molécules de densité proche de celle de l'eau, une suspension de fines particules solides dans un solvant liquide. [5] Généralement les particules

colloïdales possèdent une charge électrique négative et identique ce qui les amène à se repousser et ne pas former de floccs facilement décantables.

### I.3.2.2 Processus de coagulation-floculation :

Les processus de coagulation- floculation sont les stratégies de traitement des eaux qui sont appliquées pour éliminer les particules colloïdales de l'eau.

La coagulation est l'addition et l'agitation rapide de coagulant ( $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , synthétiques, polymères naturels, etc.) dans les eaux à traiter en vue de déstabiliser les particules et initier l'agrégation des particules colloïdales par neutralisation des forces qui les maintiennent stables, tandis que la floculation est l'agitation lente douce qui favorise l'agrégation des particules déstabilisées qui conduit finalement à la décantation rapides floccs qui sont ensuite séparés de la phase liquide.[6]

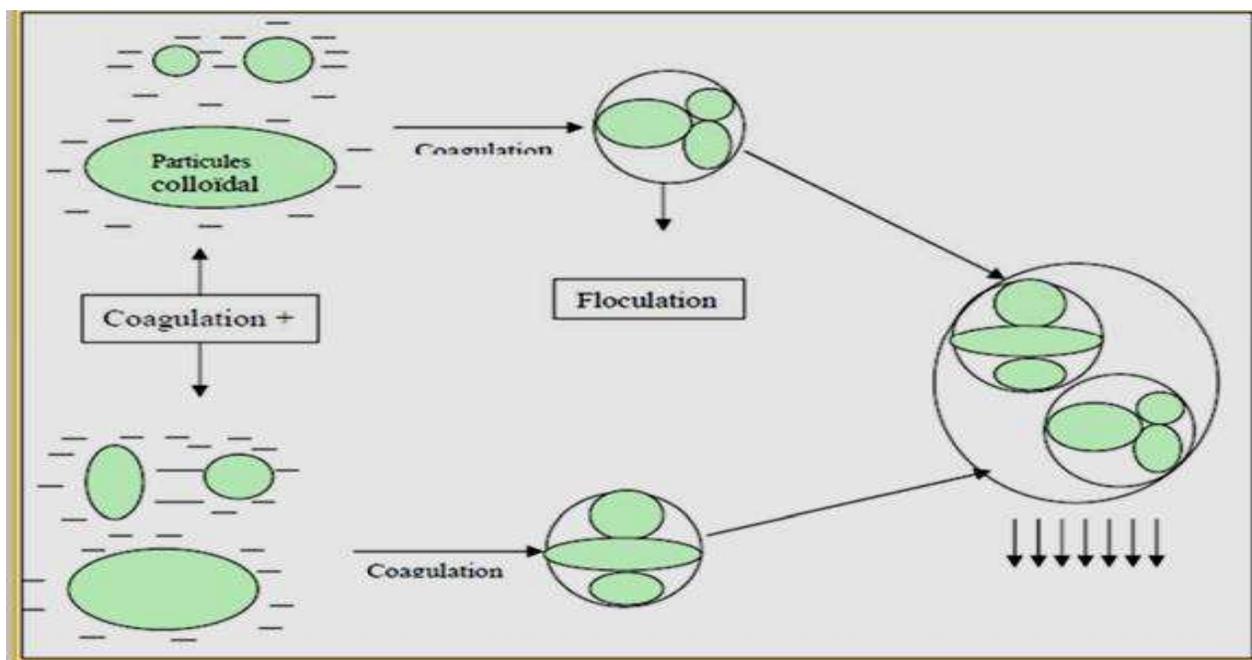


Figure I-1 : la coagulation-floculation

### I.3.3 Les facteurs influençant la coagulation :

#### I.3.3.1 Influence du paramètre pH :

Le pH est considéré comme l'un des facteurs les plus importants à prendre en compte lors des opérations de coagulation-floculation. Le pH a un effet majeur sur la coagulation. Il est

également important de noter que l'ajout d'un coagulant modifie souvent le pH de l'eau. Cette variation doit être prise en compte pour ne pas sortir de la plage optimale de décantation du coagulant. La plage Le pH optimal est la plage dans laquelle la coagulation se produit assez rapidement. En fait, la coagulation à un pH non optimal peut entraîner une augmentation significative du temps de coagulation. [7]

### **I.3.3.2 Influence de la température :**

La température est un facteur physique important qui joue un rôle non négligeable lors la coagulation [8]. En effet, une température basse, entraînant une augmentation de la viscosité de l'eau, crée une série de difficultés dans le déroulement du processus : la coagulation et la décantation du floc sont ralenties et la plage du pH optimal diminue. Pour éviter ces difficultés, une solution consiste à changer de coagulant en fonction des saisons [9].

### **I.3.3.3 Influence de la dose de coagulant :**

La dose de réactif est un paramètre à prendre en compte. Le coagulant qui est habituellement fortement acide a tendance à abaisser le pH de l'eau. Pour se placer au pH optimal, il est possible d'ajouter un acide ou une base. Une dose de coagulant excessive entraîne une restalinisation des particules et augmentation du coût d'exploitation, tandis qu'un dosage insuffisant conduit à une qualité de l'eau traitée insuffisante. La quantité de réactifs ne peut se déterminer facilement. Pratiquement, la dose optimale de coagulant peut être déterminée soit par l'emploi de la mesure e du potentiel zêta (nécessite un matériel très coûteux), soit par un test au laboratoire, connu sous le nom de "Jar-Test" [9] [10] [11].

### **I.3.3.4 Influence de la turbidité :**

La turbidité est, elle aussi, un paramètre influant sur le bon fonctionnement du procédé de coagulation. Dans une certaine plage de turbidité, l'augmentation de la concentration en particules doit être suivie d'une augmentation de la dose de coagulant. Quand la turbidité de l'eau est trop faible, on peut augmenter la concentration en particules par addition d'argiles. Dans le cas de fortes pluies, l'augmentation des MES favorise une meilleure décantation. Enfin, pour grossir et alourdir le floc, on ajout e un adjuvant de floculation [9] [10] [11].

### **I.3.3.5 Influence des conditions de mélange :**

Les deux étapes de formation du floc consistent en une phase d'agitation rapide suivie d'une 37 phase d'agitation lente permettant la maturation du floc. Néanmoins, il faut éviter que l'agitation soit trop intense car elle empêche l'agrégation, ni trop prolongée car elle entraîne la restabilisation des colloïdes [12].

#### **I.4 Les flocculants naturels :**

Les flocculants naturels sont pour la plupart obtenus de bactéries, de champignons, d'animaux et de plantes et sont classés en polysaccharides, aminopolysaccharides, polyphénols, etc. Coagulants d'origine végétale extraits du *Moringaoleifera*, du *Strychnos potatorum* Linn, du *Plantago ovate*, du *Trigonellafoenumgraecum* et de l'*Opel.Trigonellafoenumgraecum* et *Opuntia ficus indica* sont des substituts potentiels aux produits chimiques.

Les flocculants d'origine végétale représentent une option renouvelable, non dangereuse, dégradable et potentiellement neutre en carbone.

L'expression "flocculants d'origine végétale" désigne les flocculants naturels, hydrosolubles, organiques, ioniques (cationiques, anioniques ou polycycliques), qui peuvent être utilisés pour la coagulation [13].

#### **I.5 Etude sur l'Opuntia Ficus Indica (OFI) :**

##### **I.5.1 Origine :**

Le figuier de barbarie (*Opuntia ficus indica*) est une plante grasse qui produit la figue de barbarie appartenant à la famille des cactacées. Elle appartient au règne des plantae, à l'ordre des Caryophyllales à la famille Cactaceae, à la sous famille des Opuntiaceae, genre *Opuntia* et à l'espèce *Opuntia ficus indica* [14]. La famille des cactacées renferme environ 1500 espèces. L'espèce *Opuntia ficus indica* est la cactée qui a la plus grande importance agronomique, tant pour les fruits que pour les raquettes.

**I.5.2 description :**

Le figuier de barbarie est une plante arborescente de 2 à 6 m de hauteur caractérisée par un tronc épais et ligneux, des tiges en forme de raquettes aplaties appelées cladodes, des épines, des fleurs et des fruits [15].

Les raquettes ont une forme ovoïdale, de couleur verte, ayant une longueur de 30 à 50 cm et une épaisseur de 1,5 à 3 cm. Elles sont couvertes de petites aréoles, d'épines et de glochides blancs. Ces raquettes assurent la fonction chlorophyllienne [16]. La capacité des cactaceae de maintenir l'eau même dans des conditions climatiques défavorables est due à la hausse production de mucilage dans les cladodes et les fruits [17].

Le figuier de barbarie donne des fleurs au sommet des raquettes, de couleur jaune ou orange large de 4 à 10 cm. Ces fleurs donnent naissance à un fruit appelé figue de barbarie présent sous forme d'une grosse baie ovoïde et charnue, ornée de petites épines [18].

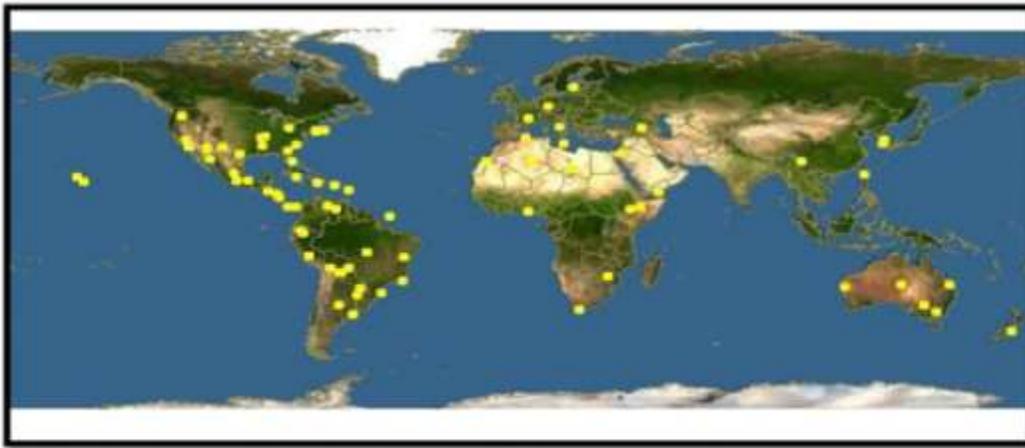


FigureI-2: La plante d'*Opuntia ficus indica* (A) raquette, (B) fruit, (C) fleur

### I.5.3 Distribution géographique :

Le genre *Opuntia* est originaire du Mexique. Sa distribution géographique est localisée principalement dans : le Mexique, la Sicile, le Chili, le Brésil, la Turquie, la Corée, l'Argentine et l'Afrique du Nord [19].

Il a été introduit d'abord en Espagne et plus tard, au 16<sup>ème</sup> siècle au Nord et au sud de l'Afrique. Il s'est diffusé rapidement dans le bassin méditerranéen [20]. Il est développé sur la partie ouest de la Méditerranée : Sud de l'Espagne, le Portugal et l'Afrique du Nord (la Tunisie, l'Algérie et le Maroc) [18] [21].



● *Opuntia ficus-indica*

Figure I-3 : répartition mondiale de figue de barbarie.

### I.5.4 Composition chimiques :

#### I.5.4.1 Composition chimique de la fleur :

Le suc de la fleur de l'*Opuntia* est plus visqueux que celui des raquettes. Il contient à peu près les mêmes principes que la tige auxquels on peut ajouter des dérivés flavoniques. Sa teneur en cendres avoisine 9 %. Elles comportent 30% de silice et 14% de chaux [15].

**Tableau I-1** : Composition moyenne (pourcentage en poids par rapport à la masse sèche) de la fleur de la figue de barbarie [22].

Constituants	Pourcentage
Cires	9-11
Minéraux (cendres)	7-8
Lignine Klason	2-3
Cellulose	27
Protéines	8-10
Autres polysaccharides	40-45

#### I.5.4.2 Composition chimique des raquettes :

La composition chimique des cladodes varie en fonction des facteurs édaphique, l'endroit de la culture, la saison et l'âge de la plante. Par conséquent les teneurs en éléments nutritifs respectifs varient à la fois entre les espèces et les variétés [23].

Les teneurs en eau des raquettes fraîches varient de 80 à 90%. La teneur des raquettes en matières azotées totales ainsi que la teneur en paroi totale, en lignocellulose et en lignine sont faibles. Au contraire, ils sont réputées être riches en minéraux essentiellement le calcium et les oxalates et en mucilage, polysaccharides de structure chimique parfois très complexe retrouvés dans plusieurs plantes supérieures [22].

**Tableau I-2** : Composition chimique de la tige (raquettes) [24].

Eau	92 %
Glucides	4.3 %
Cellulose	1.2 %
Protéines	0.6 %
Matière grasse	0.15 %
Cendre	1.5 %

**Tableau I-3 :** Composition chimique des raquettes d'*Opuntia* [24].

Caractéristique	Valeur en % de matière sèche
Cellulose	15
Amidon	12
Matières azotées totales	5-7
Cendres	16-18
Oxalates	13
Calcium	2-4
Phosphore	0.2
Matières grasses	2

Elles sont riches en calcium, magnésium, potassium et Cuivre mais ont un faible teneur en phosphore [25].

**Tableau I-4 :** Les teneurs en minéraux dans les cladodes en mg / 100 g [26].

Composante principale identifiée	mg/100 g
Calcium	5.64–17.95
Oxalate de calcium	11.5 à 4.3
Magnésium	8.80
Sodium	0.3–0.4
Potassium	2.35–55.20
Fer	0.09
Phosphore	0.15–2.59
Zinc	0.08
Manganèse	0.19–0.29

Les cladodes jeunes constituent une source importante de protéines riches en acides aminés essentiels ainsi que des vitamines. Plusieurs études ont signalé des proportions élevées en acides aminés dans les cladodes, spécialement la proline, l'acide glutamique et l'acide aspartique [25].

#### **I.5.4.3 composition chimique des grains :**

Les graines du cactus ont suscité ces dernières années beaucoup d'intérêt et les études se sont multipliées pour caractériser leur constituants afin d'évaluer surtout leur valeur nutritive. Cependant, l'attention s'est focalisée surtout sur les huiles contenues dans ces graines [22].

Les graines de figue de barbarie présentent des taux élevés de protéines, de lipides, fibres, cendres et glucides [27].

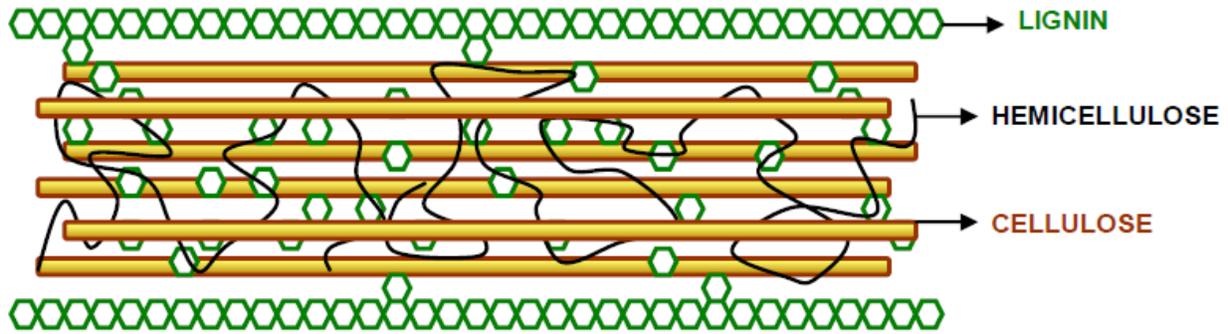
**Tableau I-5 :** Composition chimique des graines du figuier de barbarie [28].

Constituant	Pourcentage
Eau	5-6%
Huile	7-8.5%
Minéraux (Cendre)	1.3%
Lignine klason	18%
Protéines	11-12%
Celluloses	30%
Autres polysaccharides	27%

#### **I.5.4.4 Composition lignocellulosique d'*Opuntia ficus indica* :**

La matière lignocellulosique se compose principalement de cellulose, d'hémicelluloses, de lignine et de pectine. La cellulose forme un squelette qui est entouré par l'hémicellulose et la lignine [29].

Les cladodes d'*Opuntia ficus indica* contiennent approximativement 22% de cellulose, 13% d'hémicellulose et 34% d'acide polysaccharidique (mucilage et pectine) [30].



**Figure I-4 :** Représentation de la structure lignocellulosique montrant les fractions d'hémicellulose, de cellulose et de lignine.

### I.5.5 Principaux constituants chimiques de la paroi végétale :

La paroi des plantes supérieures est composée de polysaccharides, de composés phénoliques ainsi que de protéines [31][32].

#### I.5.1 Polysaccharides :

##### I.5.1.1 Définition des polysaccharides :

Les polysaccharides sont des polymères constitués de plusieurs oses (monosaccharide) liés entre eux par des liaisons osidiques (liaison chimique covalente entre un groupe réducteur (hydroxyle) et un groupe acide d'une autre molécule) ayant pour formule générale :  $[C_x(H_2O)_y]_n$ -[33].

De nombreux polysaccharides sont présents au sein des parois des cellules végétales.

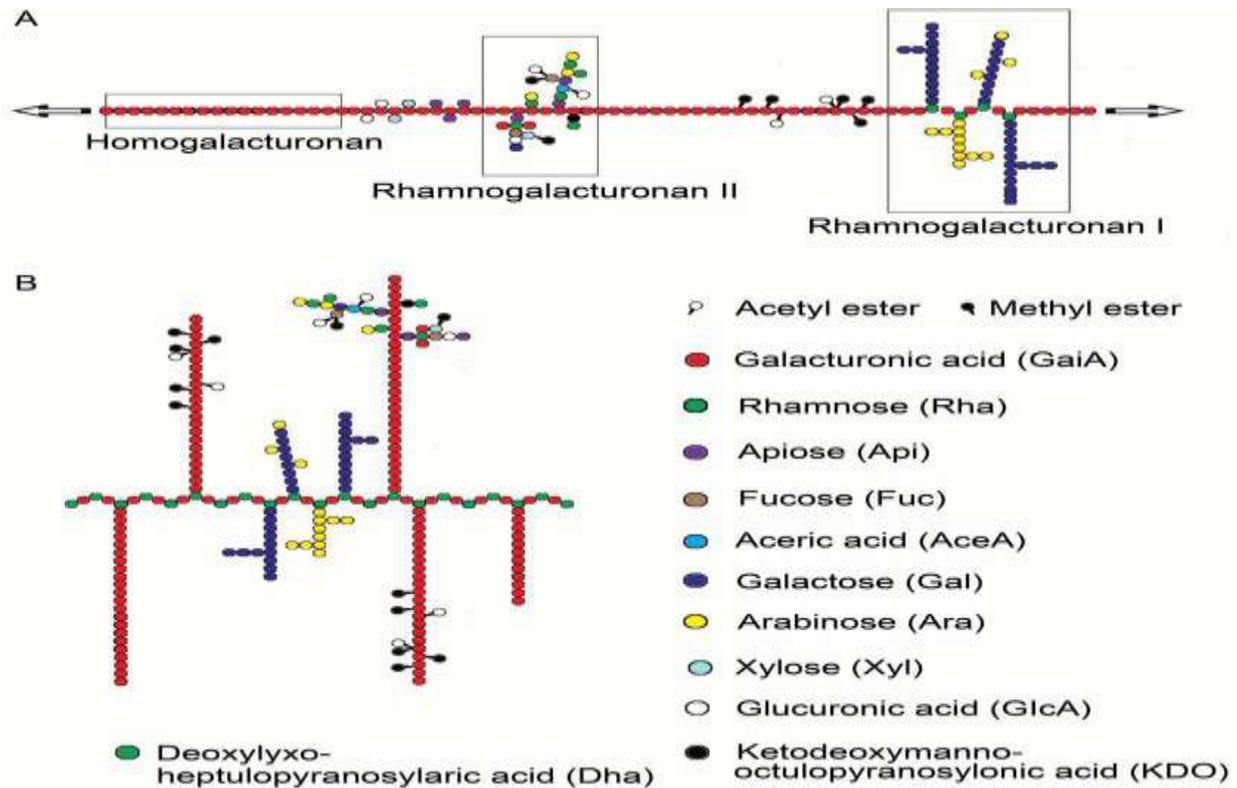
En fonction de leur nature et de leur structure, ils sont amenés à jouer des rôles diversifiés.

Trois principales classes de polysaccharides peuvent être distinguées : la cellulose, les hémicelluloses et les pectines.

##### I.5.1.2 Pectines :

Les propriétés gélifiantes de certaines substances contenues dans les fruits, sont utilisées depuis longtemps dans la fabrication des confitures. En 1825, *Bracanon* isole la molécule qu'il décrit comme responsable de la gélification. Elle fut nommée pectine, du grec pectos : rigide. L'analyse de cette "pectine" a permis de constater qu'il ne s'agissait pas d'une molécule mais d'un groupe de substances présentant une grande hétérogénéité. On les appela alors "substances pectiques" ou "pectines". Il s'agit en fait d'un groupe de polysaccharides complexes présents dans la plupart des végétaux supérieurs. Ces pectines, situées dans la paroi primaire, jouent un rôle structural

important dans le maintien de l'architecture cellulaire et participent également au métabolisme végétal, notamment au niveau de l'expansion et de la défense cellulaire [34].



**Figure I-5 :** structure de base des pectines.

### I.5.1.3 Le mucilage :

Le mucilage est un polysaccharide de pectine caractéristique des membres de la famille de *cactaceae* [35]. Il a une grande capacité d'absorber de l'eau. Il peut être considéré comme une source potentielle pour l'industrie des hydrocolloïdes. Il contient différentes proportions en sucres tels que L-arabinose, D-galactose, L-rhamnose, et D-xylose [35][36].

### I.6 Domaines d'utilisation :

#### I.6.1 Intérêt nutritionnel :

Les jeunes cladodes sont appelés "Nopalitos" au Mexique, et elles sont diffusées comme une légume traditionnelle depuis des siècles. Ils peuvent être consommés frais ou cuits comme légumes verts [37]. Ils sont riches en glucides, en protéines, en vitamine C et en bêta-carotène.

Les cladodes de cactus sont utilisés comme ingrédient dans divers plats tels que les sauces, les salades, les soupes, les ragoûts, les boissons et les desserts [38] [39].

Les fruits sont connus par leurs teneurs élevés en sucre, minéraux et vitamines. Les fruits sont consommés à l'état frais, séchés, congelés, confits ou transformés en jus concentré, en boisson alcoolisée, en confiture ou en huile alimentaire de la graine [39].

Le tableau II -6 récapitule les différents produits et sous-produits pouvant être fabriqués à partir des fruits et du cladodes d'OFI.

**Tableau I-6 : Produits et coproduits de fruits et de cladodes de figuier de barbarie [38][39].**

Produits		Coproduits
Fruits	Cladodes	Fruits et cladodes
Jus, nectar, pulpe, purée	Vinaigre Lacto-fermenté	Huile de graines
Confiture, gelée	Sucreries	Huile de la pulpe de fruit
Fruit	Confiture	Pigments de la peau
Sirop, édulcorant	Farine	Pigments de la pulpe
Bioéthanol, vin, "colonche"	Légume cuit	Fibres diététiques de mucilage de cladodes
Fruit conservé	Ethanol	
Fruit congelé	Peau comestible	
Jus concentré		
Poudre du jus séchée au vaporisateur		

### I.6.2 Production de fourrage pour le bétail :

Les cactus sont utilisés depuis longtemps comme aliments pour le bétail dans les régions sèches, et la production dans ces régions est plus rentable que certaines autres variétés fourragères telles que le maïs et le sorgho. Il constitue des réserves alimentaires pour le bétail en cas de sécheresse

sévère [37]. Un certain nombre de pays : Mexique, USA, Brésil, Pérou, Chili, etc. produisent des quantités importantes de raquettes en tant qu'aliment pour le bétail [35].

### **I.6.3 Production de carmin :**

Le carmin est un colorant naturel de couleur rouge carmin. Il est actuellement très recherché par les industries alimentaires et cosmétiques pour ses caractères biochimiques [37].

### **I.6.4 Bio flocculant (traitement des eaux) :**

Une étude inclut l'utilisation d'un nouveau flocculant naturel biodégradable à base de jus de cactus marocain dans un procédé physico-chimique (coagulation-floculation) pour traiter les effluents liquides contenant du cuivre, du zinc et des matières en suspension et ont testé l'efficacité de ce jus aux performances comparées à d'autres produits couramment utilisés dans le traitement des eaux usées [40].

### **I.6.5 Usage médicinal :**

*Opuntia ficus-indica* est l'une des plantes les plus utilisées dans la médecine traditionnelle [41]. Son usage applique les différentes parties de la plante. Les fruits sont connus partout par le fait qu'ils s'arrêtent les coliques et les diarrhées. En Australie et en Afrique du nord, l'effet hypoglycémique des Napolitos est utilisé pour le traitement des diabètes non dépendants de l'insuline. En Sicile, le thé préparé avec les fleurs est utilisé comme traitement contre les maux des reins. Le mucilage isolé des raquettes permet de réduire le cholestérol total dans le sang. Les cladodes sont utilisés pour traiter les inflammations, et même des préparations de fleurs sont utilisées comme substance antidiurétique [24].

### **I.6.6 Usage cosmétique :**

Il est le secteur le plus demandeur de la figue de barbarie. La richesse des raquettes et du fruit en lui-même et ses graines en vitamines, notamment E, et en oligo-éléments, monte très haut la cote de ce fruit exotique miraculeux [42].

Depuis des décennies, le figuier de barbarie est utilisé par les femmes berbères et indiennes du continent américain pour ses vertus cosmétiques. Les femmes berbères utilisaient l'huile pour cicatriser et pour protéger leur peau du vent brûlant du désert [43]. Pour soigner leurs mains malmenées par les rudes travaux auxquels elles sont soumises, les Indiennes préparent du savon

et des onguents à base de mucilage de Nopal et de jus de tuna. Elles préservent de la même manière leur visage agressé par le soleil [24].

Aujourd'hui, le mucilage des raquettes est utilisé dans la fabrication des shampoings, des assouplissants des cheveux, des crèmes dermique et des laits hydratants [44]. Aussi, les extraits de la plante remplacent avantageusement la graisse de baleine dans la préparation des crèmes et des pommades. Le principal intérêt de ces dernières est leur effet antiride [22].



**Figure I-6 :** Capsules et comprimés préparés à partir des cladodes séchés d'*Opuntia* au Mexique

### **I.6.7 Usage environnementale :**

Le figuier de barbarie est utilisé pour lutter contre l'érosion hydrique et éolienne, il résiste au feu et peut être utilisé comme obstacle à la propagation des incendies [45]. Par sa présence, l'*Opuntia* aide à la régénération des sols épuisés par l'agriculture intensive, et chaque partie de la plante constitue un excellent fertilisant [24].

En plus le cactus est considéré comme une réserve fourragère, et un apport alimentaire pour les périodes de transition (automne) et lors des années de sécheresse [28].

## *Partie II : Etude Expérimentale*

**Chapitre II : Matériel et méthodes :**

Ce chapitre contient une description détaillée de la méthodologie de travail adoptée, les différentes étapes de préparation des bio-coagulants ainsi que les paramètres qui caractérisent les eaux usées.

Tous le travail a été réalisé au niveau de laboratoires de polymères et membranes et traitements des eaux de la faculté des sciences de Monastir.

Les résultats de caractérisation de l'eau usée de sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau II-1** : caractérisation de l'eau brute.

pH	MES	Turbidité	Absorbance	DCO
8.2	96.33 mg/L	126.26 NTU	0.631	825.75 mg O <sub>2</sub> /L

**II.1 Matériel végétale :****II.1.1 Récolte de l'échantillon :**

Les cactus ont été collectés durant le mois d'Avril de la région de la falaise à Monastir, Tunisie. Les cladodes étaient caractérisés par des couleurs verts, et ils ont été recueillis soigneusement avec des gants car ils sont très épineux.

**II.1.2 Obtention de la poudre des pépins :**

Les figues de barbarie ont été rincées abondamment à l'eau de robinet, puis séchées et épluchées. Les graines ont été ensuite séparées de la pulpe, rincées puis séchées à température ambiante pendant 24h. Les graines séchées ont été broyées jusqu'à l'obtention d'une poudre fine.



**Figure II- 1** : la poudre des pépins.

**II.1.3 Obtention de la poudre de cactus :**

Les cladodes rincés avec l'eau du robinet, puis avec l'eau distillée puis couper en petits morceaux et enfin sécher au four à 60°C jusqu'à l'obtention d'un poids constant.



**Figure II-2 :** les cladodes d'OFI.

Après séchage, les morceaux se réduits en une poudre fine.



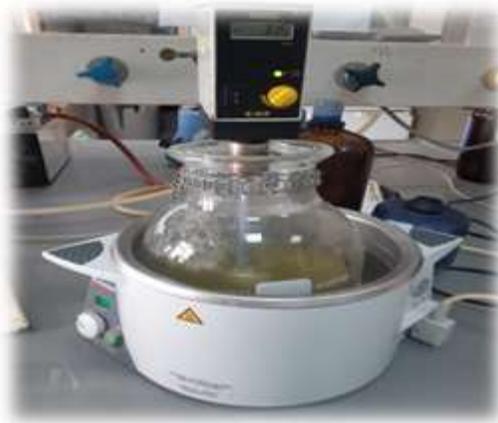
**Figure II-3 :** poudre sèche du cladodes.

**II.1.3.1 Extraction des PS présentes dans les raquettes de figuier de barbarie :**

Nous obtenons 150 grammes de la poudre de cactus et l'avons divisé en trois sections une nous l'avons laissé tel quel, et deux parties ont subi à des opérations au niveau du laboratoire pour l'extraction du mucilage et de la pectine.

**II.1.3.1.1 Extraction du mucilage :**

On met 50g de poudre de cactus 1l d'eau distillée sous une agitation mécanique à 80°C pendant deux heures, laisser le mélange refroidir puis le filtrer.



**FigureII-4** : la première étape d'extraction de mucilage.

Passer à l'étape de centrifugation (5 minutes à 4500 Rpm ),garder seulement le surnageant.



**Figure II- 5** : la centrifugation de surnageant.

La deuxième opération consiste à précipiter l'extrait aqueux dans 3 fois le volume d'éthanol, laisser au froid à 5°C une nuit, passer par la centrifugeuse pendant 5 minutes à 4500 Rpm.



**Figure II- 6 :** précipitation dans l'éthanol.

Récupérer et mettre le culot quelques minutes à l'étuve pour sécher et éliminer l'éthanol, ensuite le solubiliser dans le minimum volume d'eau distillée sous agitation mécanique, puis verser la solution dans des petites barquettes en aluminium et les mettez au congélateur.



**Figure II- 7 :** solubilisation dans l'eau distillée.



**Figure II- 8 :** congélation du mucilage.

La troisième opération est la lyophilisation, c'est le mucilage.

#### **II.1.3.1.1 La lyophilisation :**

La lyophilisation, autrefois appelée cryodessiccation, est un procédé de séchage à froid permettant de retirer l'eau contenue dans un produit. Il se réalise en deux étapes : congélation du produit puis sublimation. Cette dernière se faisant en maintenant le produit sous vide à une température basse. Le produit obtenu est appelé lyophilisat.

#### **La première étape : la congélation :**

La congélation permet d'inhiber les réactions et donc de conserver les caractéristiques initiales du produit. Lors de cette étape, la température doit être inférieure à la température de solidification du produit.

#### **La deuxième étape : la dessiccation :**

Lors de cette étape, la majeure partie de l'eau est extraite par sublimation, c'est-à-dire par passage de l'eau de l'état solide à l'état de vapeur. La vapeur d'eau formée est extraite du produit à travers ses pores et par diffusion.

Pour notre cas la manipulation a été faite à l'aide d'un lyophilisateur de marque BIOBASE.

A la fin de ce cycle, le mucilage a été récupéré sous forme de poudre.



**Figure II- 9 :** Lyophilisateur.



**Figure II- 10 :** la poudre du mucilage.

**II.1.3.1.2 Extraction de pectine :**

On met 50g de poudre de cactus dans 1l d'eau distillée sous une agitation mécanique à 80 C pendant deux heures, laisser le mélange refroidir puis le filtrer. Passer à l'étape de centrifugation ( 5 minutes à 4500 Rpm ),garder seulement le surnageant. La deuxième opération consiste à précipiter l'extrait aqueux dans 3 fois le volume d'éthanol ,laisser au froid à 5°C une nuit ,passer par le centrifugeuse pendant 5 minutes à 4500 Rpm. Récupérer et mettre le culot quelques minutes à l'étuve pour sécher et éliminer l'éthanol ,ensuite le solubiliser dans le minimum volume d'eau distillée sous agitation mécanique et dialysé contre de l'eau distillée avant d'être lyophilisé pour donner une fraction de polysaccharide notée WSP (Water Soluble Polysaccharide).La solution va centrifugée et verser dans des petites barquettes en aluminium et les mettez au congélateur pour finaliser l'extraction par la lyophilisation et récupérer notre pectine sous forme d'une poudre.

**II.1.3.1.2.1 La dialyse :**

La dialyse est un procédé de séparation par membrane des molécules ou des ions en solution, il admet le même principe que l'osmose inverse.

On manipule comme suit :

On remplit un boudin à dialyse (membrane en cellulose) avec l'échantillon à dialyser, après maintient pendant 2 jours dans l'eau distillée renouvelée chaque 2 heures.

Le dialysat obtenu est alors congelés pendant 1h avant d'être lyophilisé.

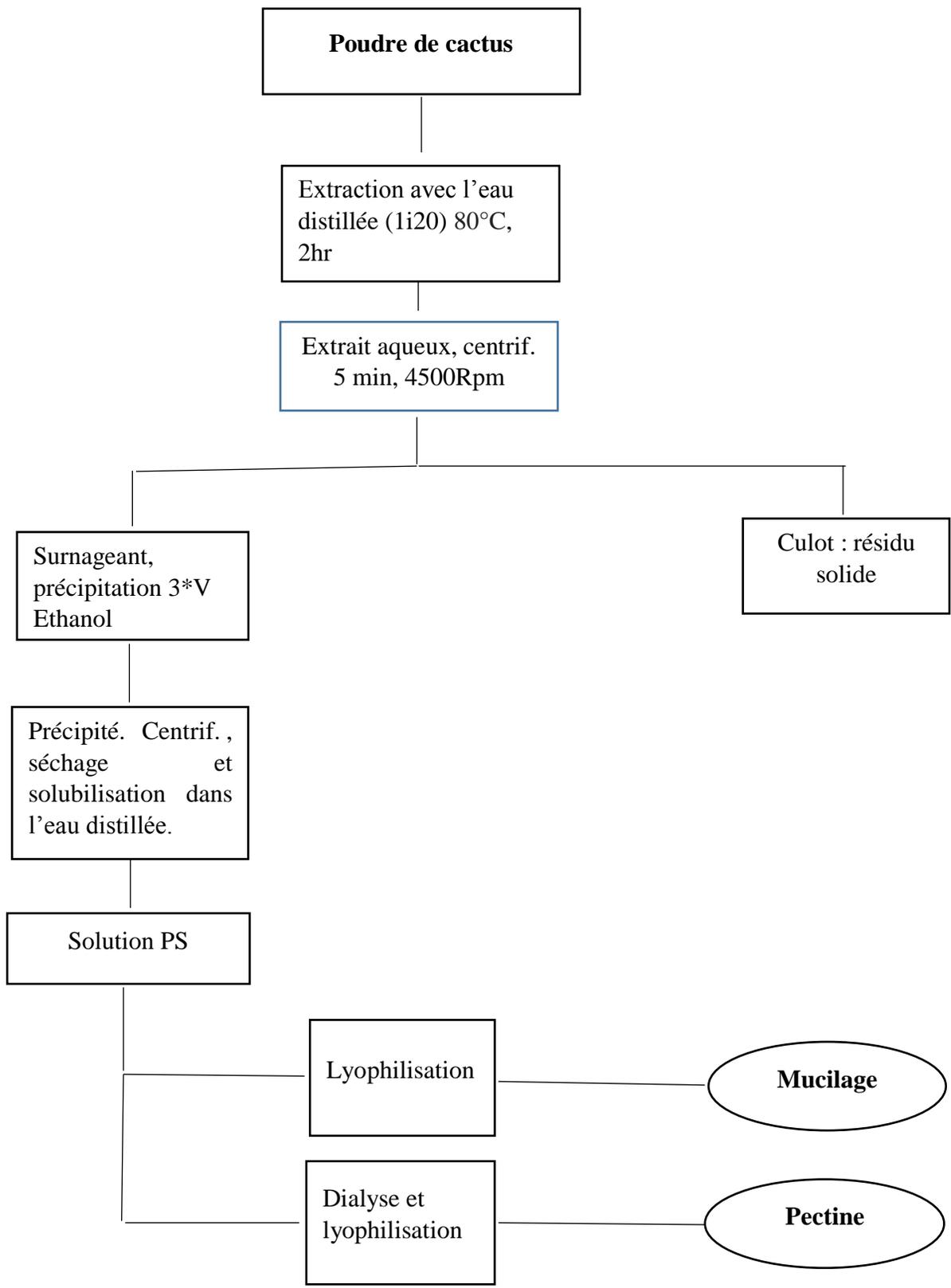


**Figure II- 11 :** La dialyse.



**Figure II- 12 :** La poudre de pectine

Schéma récapitulatif des étapes d'extraction de mucilage ainsi que la pectine



## II.2 Techniques d'analyse :

### II.2.1 Spectrophotométrie UV-Visible :

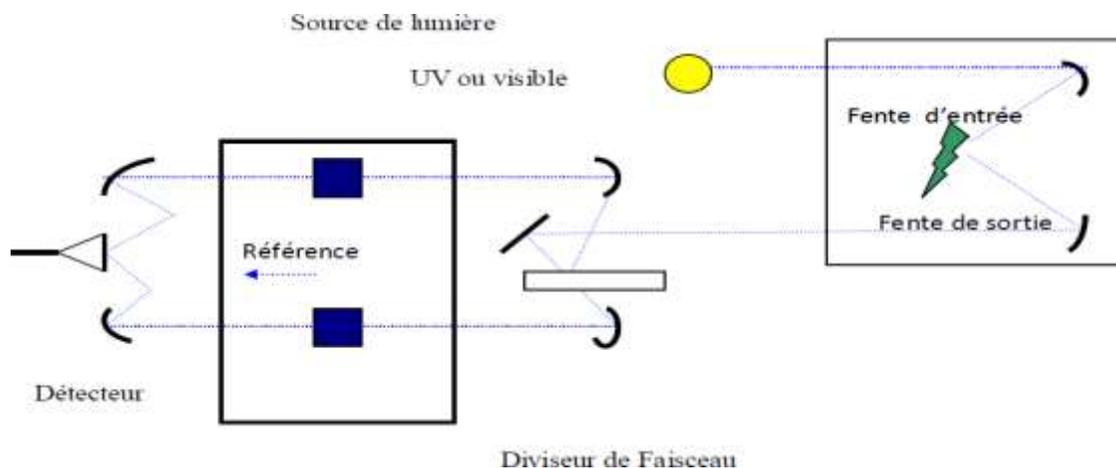
#### II.2.1.1 Définition :

La spectrophotométrie UV-visible est une technique analytique fondée sur l'étude du changement de l'intensité de la lumière traversant une solution colorée, dans un domaine d'application comprise entre 200 et 800 nm, en effet pour pouvoir déterminer les concentrations des substances absorbantes [52].

Le résultat correspond à des spectres d'émission ou d'absorption [53], qui ressemble à des courbes de variation d'absorption en fonction de la longueur d'ondes, il est obtenu par un spectrophotomètre à une lumière sensiblement monochromatique, ou le chromophore est le site dont la structure de l'élément à étudier possède l'aptitude à absorber les photons UV ou visible. Il est caractérisé par la longueur d'onde la plus absorbée ( $\lambda_{\max}$ ), et l'aptitude la plus importante à absorber les photons à cette longueur d'onde ( $\xi_{\max}$ ) [54].

#### ➤ Principe :

Le spectrophotomètre est un appareil permettant de mesurer l'absorbance d'une solution, pour différentes longueurs d'ondes. Pour cela, il fait passer un rayon d'une longueur d'onde choisie à travers une cuve contenant la solution à étudier. Les molécules de la solution absorbent plus ou moins le rayon lumineux, on définit alors l'absorbance pour cette longueur d'onde [55]



**FigureII- 13** : Schéma de principe d'un spectrophotomètre à double faisceau.

Les molécules qui présentent un spectre d'absorption UV-visible sont celles qui absorbent des photons dont l'énergie correspond à des longueurs d'onde se situant dans le domaine 190 nm –

800 nm. Lorsque des molécules absorbent des photons de l'UV-Visible, l'énergie des électrons de valence augmentent. Le phénomène d'absorption dans le domaine UV-Visible est lié aux variations de l'énergie moléculaire de transitions électroniques [56].

### **II.2.1.3 La loi de Beer-Lambert :**

Le domaine spectral de l'UV-Visible est largement exploité en analyse quantitative.

La loi de Beer- Lambert est une loi additive qui s'applique aux différentes molécules présentes en solution ou pour une même molécule aux différentes formes qu'elle peut prendre [57].

La loi de Beer-Lambert sert à établir une relation entre l'absorbance, l'épaisseur de l'échantillon et la concentration des espèces absorbantes.

Cette relation s'écrit:  $\text{Log } I_0 (I_0/I) = \epsilon C l$

Ou bien sous sa forme actuelle est :  $A : \epsilon C l$

Avec :

**A** : absorbance ;

**E** : Coefficient d'extinction ( $\text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{L}$ ) ;

**C** : Concentration ( $\text{mol/L}$ ) ;

**L** : Epaisseur de la cuve (cm) ;

**$I_0$**  : Intensité de l'énergie d'irradiation arrivant sur l'échantillon (Lumière incidente) ;

**I** : Intensité de la radiation qui a traversé l'échantillon (Lumière transmise).

### **II.2.2 Mesure de la turbidité :**

La turbidité représente l'opacité d'un milieu trouble. C'est la réduction de la transparence d'un liquide due à la présence de matières non dissoutes. Elle est causée, dans les eaux, par la présence de matières en suspension (MES) fines, comme les argiles, les limons, les grains de silice et les microorganismes. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence de matières colloïdales d'origine organique ou minérale. [58]

Dans notre étude, on avait mesuré la turbidité avec un turbidimètre de modèle BT2000-H et on trouve une valeur de 126.26 NTU.

### **II.2.3 Mesure de pH :**

La mesure du pH permet de connaître le niveau d'acidité d'une eau, c'est à dire la concentration d'ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  présents en solution. Par définition, le pH est égal au cologarithme de l'activité des protons.

$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$

Le pH de notre eau brute été 8.2 mesuré avec un pH mètre de modèle AZ86501.

**II.2.4 Matières en suspension (MES) :**

Les MES représentent l'ensemble des matières solides et colloïdales flocculées, organiques ou minérales, contenues dans une eau usée et pouvant être retenues par filtration ou centrifugation.

[59]

La détermination des matières en suspension dans l'eau s'effectue par filtration ou par centrifugation.

Dans ce travail nous avons utilisé la méthode de détermination de la MES par filtration.

**➤ Principe**

Un volume bien déterminé d'eau est filtrée, le filtre est par la suite séché à l'étuve à 105°C pendant 2h et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle.

[MES]= 96.33mg/L

**II.2.5 Mesure de l'absorbance :****➤ Principe**

Lorsqu'une lumière d'intensité traverse une solution, une partie de cette lumière est absorbée par les solutés. L'intensité I de la lumière transmise est donc inférieure à.

On définit l'absorbance de la solution comme :

$$\text{Abs} = \log (I_0 / I)$$

Avec:

- A : Absorbance
- $I_0$  & I : Intensité des faisceaux de lumière incidente et transmis, respectivement.

L'absorbance est une valeur positive, sans unité. Elle est inversement proportionnelle à l'intensité transmise.

**II.2.6 Demande chimique en Oxygène :**

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'Oxygène nécessaire pour oxyder les matières organiques et minérales de l'eau.

**➤ Principe**

Dans des conditions bien définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées à l'ébullition (150 °C) par un excès de dichromate de potassium, en milieu acide et en présence de sulfate d'argent jouant le rôle de catalyseur d'oxydation et de sulfate de mercure (II) permettant

de complexer les ions chlorure. L'excès de dichromate de potassium est dosé par une solution de sulfate de fer et d'ammonium (sel de Mohr).

Le dichromate de potassium est réduit selon la réaction suivante :



Le dichromate de potassium résiduel est dosé par une solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium (donc de  $\text{Fe}^{2+}$ ), en présence de ferroïne (indicateur d'oxydo-réduction) :



La réaction globale du dosage :



Il est alors possible de déterminer la quantité de dichromate de potassium consommé lors de l'essai et d'en déduire la quantité d'oxygène équivalente.

➤ **Oxydation de la matière organique par un excès de dichromate de potassium**

• Dans des tubes à digestion mettre 2.5 ml d'eau distillée (essai à blanc) dans le premier tube et 2.5 ml d'échantillons d'eau à analyser dans les autres tubes.

• Mettre dans chaque tube :

- 1.5mL de la solution de digestion (solution contenant du dichromate de potassium, du sulfate de mercure et de l'acide sulfurique)
- 3.5mL de la solution catalytique (solution de sulfate d'argent dans l'acide sulfurique)
- Boucher hermétiquement les tubes avec les bouchons filetés
- Mélanger énergétiquement le contenu des tubes
- Insérer les tubes dans le thermorégulateur
- Après écoulement du temps de la réaction, Retirer les tubes à essai brulants et les laisser refroidir dans un support.

➤ **Dosage de l'excès de dichromate de potassium**

- Transvaser le contenu du tube dans un erlenmeyer
- Ajouter quelques gouttes de solution de ferroïne.

Déterminer la quantité de de solution nécessaire de sulfate de fer et d'ammonium pour obtenir le virage au rouge violacé.

La DCO exprimée en mg/L d'oxygène par litre est égale à :

$$8000(V_0 - V_1)/V$$

$V_0$  = Volume de sulfate de fer et d'ammonium (II) nécessaire au dosage (ml).

$V_1$  = Volume de sulfate de fer et d'ammonium (II) nécessaire à l'essai à blanc (ml).  $T$  = Titre de la solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium (en mol/L)

$V$  = Volume de la prise d'essai (en ml). Si nécessaire, tenir compte pour ce calcul de la dilution pratiquée sur l'échantillon.



**Figure II-14 :** Thermo-réacteur.

# *Chapitre III : résultats et discussion*

**Chapitre III : Résultats et discussions.**

**III.1 Introduction :**

Ce chapitre s'articule autour de deux parties dans lesquelles les résultats seront d'abord présentés puis discutés, on va suivre la réduction de la turbidité, de la DCO et la décoloration des échantillons à traiter utilisant les quatre agents de coagulation.

**III.2 expérience de jar-test :**

Le Jar test est un appareil qui permet de déterminer les conditions optimales de la coagulation floculation telle que la concentration optimale du coagulant ou du floculant, le temps, la vitesse d'agitation et le pH optimum.

Les tests ont été réalisés à l'aide des flocculateurs (agitateur) avec 6 béchers d'un jar-test de marque VELP.SCIENTIFICA.



**Figure III- 1 : Jar-test.**

### III.3 Etude des effets :

#### III.3.1 Effet du pH sur l'élimination de la turbidité et la décoloration :

L'efficacité du traitement de coagulation-floculation a été étudiée sur une gamme de pH allant de 3 à 12. Le pH a été ajusté en ajoutant quelques gouttes de NaOH 0,5N ou de 0.5N de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Le pH des solutions à traiter a été ajusté à 3, 5, 7, 8, 10 et 12. Pour ces expériences, les conditions de coagulation-floculation ont été fixées à :

6 mg de dose de coagulant dans un volume de 100 ml d'eau turbide, vitesse de mélange de coagulation 150 Rpm (pendant 2 min), vitesse de floculation 50 Rpm, temps de mélange de floculation 15min et 30 min pour la sédimentation.

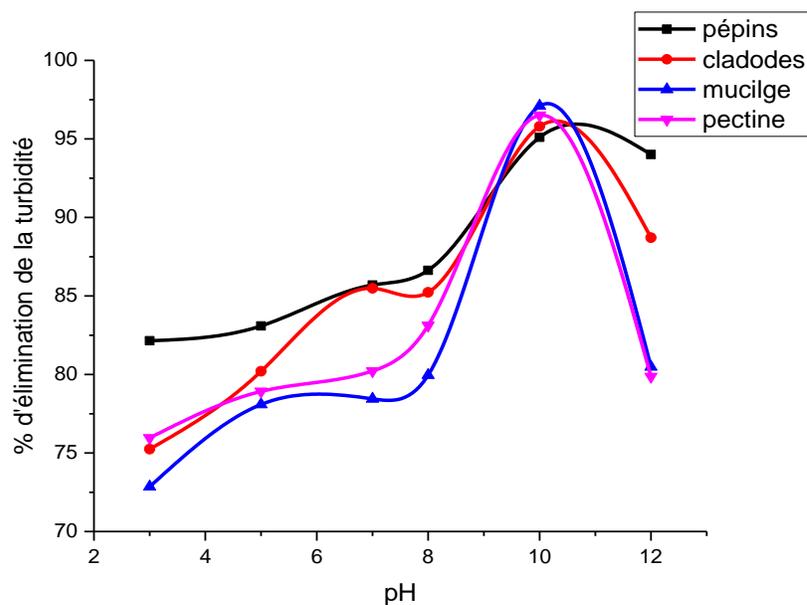
La décoloration La réduction de la turbidité et de la DCO ont été calculés selon l'équation :

$$\% = ((V_i - V_f) / V_i) * 100$$

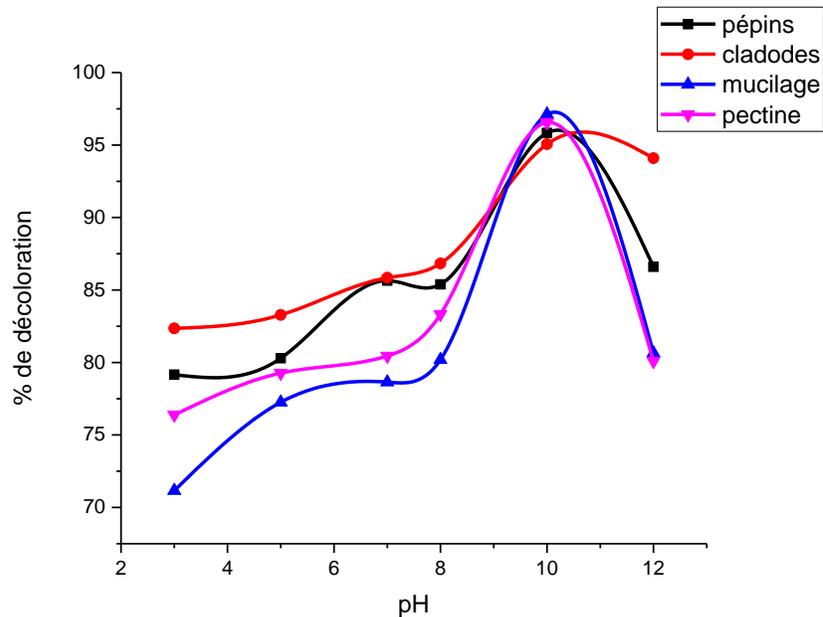
Avec :

V<sub>i</sub> : la valeur initiale de variable.

V<sub>f</sub> : la valeur finale de variable



**Figure III- 2a** : effet de pH sur l'élimination de la turbidité.



**Figure III-2b** : effet de pH sur la décoloration.

D'après les résultats obtenus on constate qu'un pourcentage maximum d'élimination de la turbidité (figIII-2a) a été observé à pH 10 pour les quatre bioflocculants, bien qu'une élimination considérable de la couleur (figIII-2b) ait également été obtenue à pH 10. Ainsi, la meilleure performance de coagulation-floculation a été obtenue lorsque le pH était entre 8 et 10. L'efficacité d'élimination de la turbidité et de la couleur pour les pépins, cladodes, mucilage et pectine étaient, respectivement, de (95.8%,95.83), (95.1%,95.06%), (97.10%,97.1%) et (96.5%,96.55 %) à pH 10.

### III.3.2 Effet de la dose du flocculant sur l'élimination de la turbidité et la décoloration :

L'effet de la dose de flocculant a été étudié pour les biomatériaux afin de déterminer la dose optimale. Différentes quantités de flocculant (2, 4, 6, 8, 10 et 12mg) ont été ajoutées à 100mL de chaque bishier. Le site traitement de coagulation-floculation a été effectué au pH optimal déterminé précédemment(10) avec une vitesse de mélange de 50 Rpm pendant 15min.

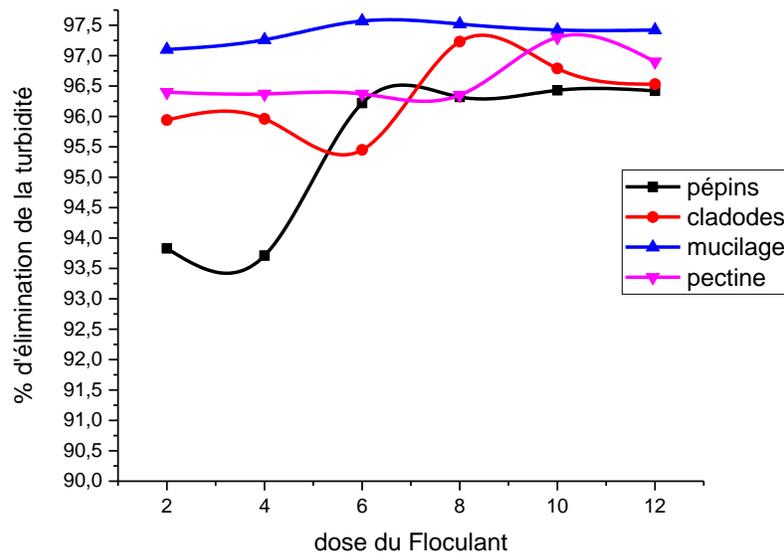


Figure III-3a : effet de la dose du flocculant sur l'élimination de la turbidité.

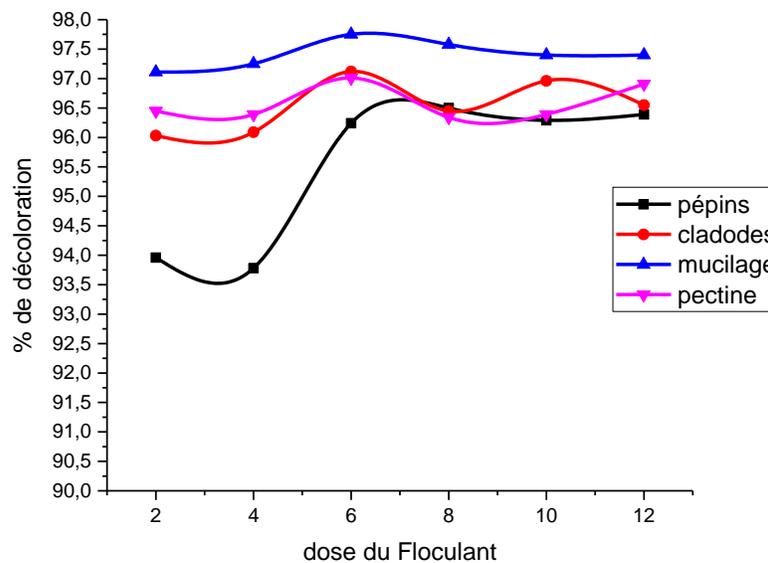


Figure III-3b : effet de la dose du flocculant sur la décoloration.

Les graphiques des figures III-3a et III-3b montrent, respectivement, l'élimination de la turbidité et la décoloration de l'effluent traité en fonction de la dose de flocculant. La dose la plus efficace de bioflocculants pour la réduction de la turbidité et la décoloration à laquelle la performance de

coagulation-floculation la plus élevée a été observée s'est avérée être de 60 mg/L pour le mucilage, les cladodes et la pectine, et 80mg/L pour les pépins.

Cette tendance (croissante puis décroissante) dans l'élimination de la turbidité et la décoloration est due au fait que la quantité optimale de coagulant dans la suspension entraîne une plus grande quantité de particules polluantes a provoqué l'agrégation et la sédimentation d'une plus grande quantité de particules polluantes, s'agréger et se déposer. Cependant, une quantité excessive de la dose de coagulants que l'optimale dans l'effluent provoquerait le ré-étalement de la particule agrégée et et perturberait également la décantation des particules [51].

### III.3.3 Effet de la vitesse d'agitation sur l'élimination de la turbidité et la décoloration :

La vitesse d'agitation est un paramètre significatif pour la performance du traitement. En fait, une série de tests en bocal ont été réalisés à différentes vitesses de mélange (30, 50, 70, 100,130 et 150Rpm). Ces expériences ont été réalisées au pH optimal(10) et en utilisant la dose optimale de floculant précédemment déterminées.

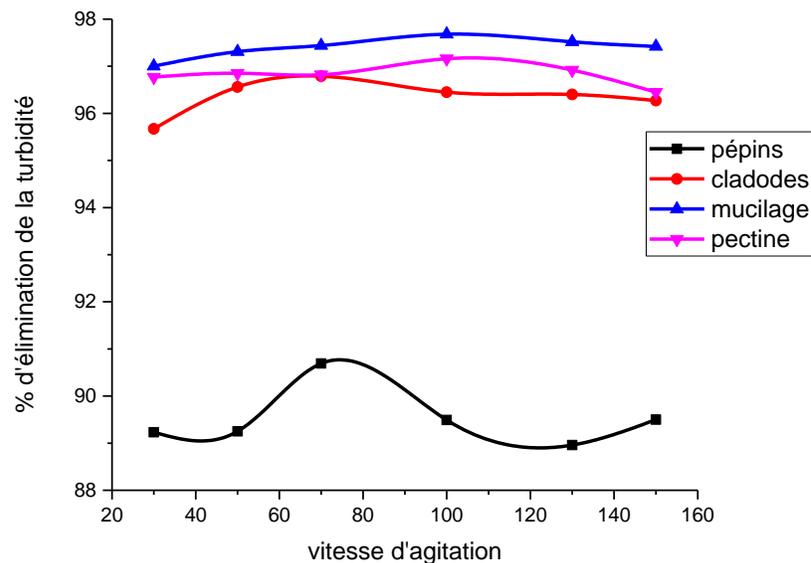
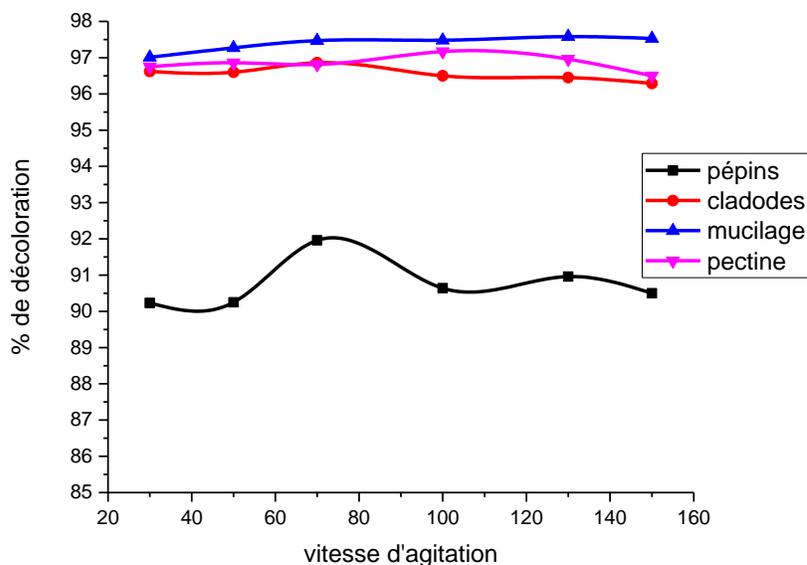


Figure III-3c : effet de la vitesse d'agitation sur l'élimination de la turbidité.



**Figure III-3d : effet de la vitesse d'agitation sur la décoloration.**

Les figures 3.a et b montrent l'élimination de la turbidité et la décoloration en fonction de la vitesse de mélange de la coagulation. A partir de ces graphiques, on remarque que les pourcentages de réduction de la turbidité ainsi que la décoloration sont quasi constants pour les trois agents flocculants les cladodes, le mucilage et la pectine, c'est-à-dire lorsque on réalise les essais avec une vitesse de mélange de 30 Rpm donne la même réponse que celle avec une vitesse de 150rpm, et une très-peu variation de pourcentage entre 91% et 92% pour les pépins, et pour cela on peut dire que la vitesse de mélange est un facteur non influant sur la réponse dans notre étude.

#### **III.4 Etude des effets sur la réduction de la DCO :**

D'après les résultats obtenus ci-dessus, nous avons choisi la gamme optimale de pH et celle de la dose des bioflocculants pour étudier la variation de la DCO.

Alors, le pH des solution à traiter a été ajusté à 8,10 et 12 en combinaison avec la gamme optimale de la dose des flocculants qui a été ajusté a 60,80 et 100 mg/L à une vitesse de mélange

de coagulation 150Rpm (pendant 2 min), vitesse de floculation 50Rpm, temps de mélange de floculation 15min et 30 min pour la sédimentation.

**À pH 8 :**

1 représente les pépins

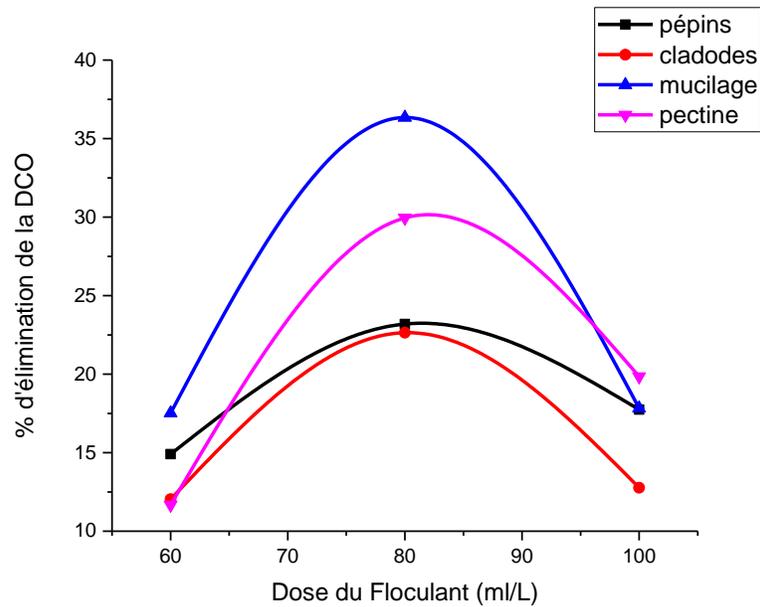
2 représente les cladodes

3 représente le mucilage

4 représente la pectine

**Tableau III-1** : réduction de la DCO à pH 8.

Dose du coagulant	60 mg/L				80mg/L				100mg/L			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>DCO%</b>	14.91	12.04	17.52	11.64	23.19	22.64	36.34	29.95	17.74	12.77	17.83	19.85



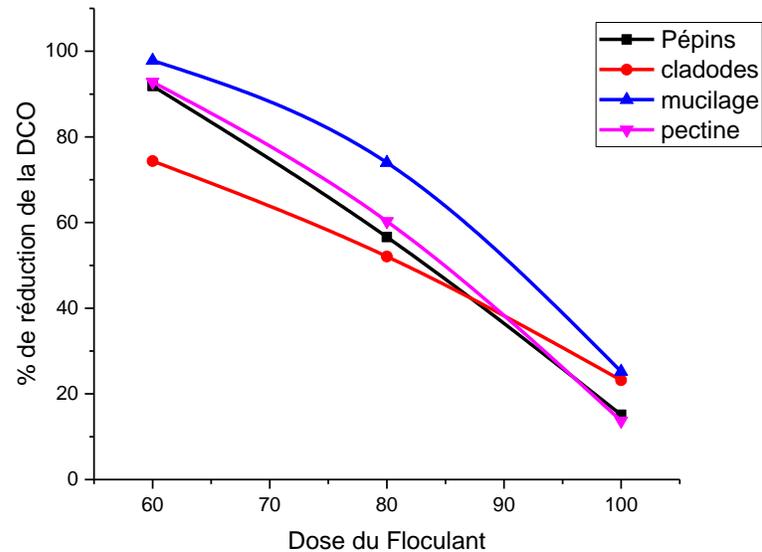
**Figure III-3e :** Taux de la réduction de la DCO à pH 8.

D’après les expériences réalisées et les résultats obtenus on remarque qu’à pH 8 la réduction de la DCO la plus admissible est obtenue à une concentration de flocculant de 80 mg/L pour les quatre types de coagulants.

**À pH 10 :**

**Tableau III-2 :** réduction de la DCO à pH 10.

Dose du coagulant	60mg/L				80mg/L				100mg/L			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>DCO</b>	91.9	74.36	97.82	92.81	56.63	52.06	73.99	60.28	15.14	23.19	25.21	13.68



**Figure III-3f :** Taux de la réduction de la DCO à pH 10.

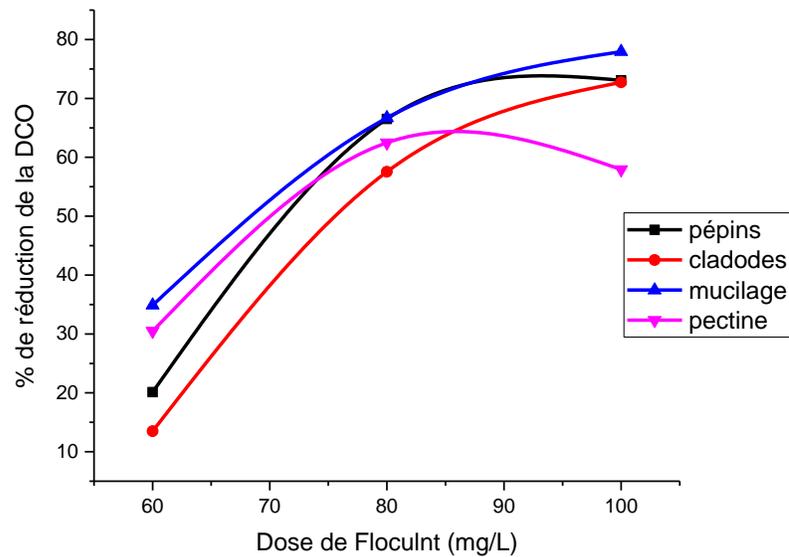
Ce graphique représente le taux de réduction de la DCO à pH 10, on peut déduire à partir de ce graphique que le taux de réduction le plus fort est remarquable pour une dose de flocculant égale à 60mg/L, cela pour le mucilage( 97.82% ),la pectine(92.81% ), la poudre des pépins(91.9% ) et la poudre des cladodes(74.36% ).

Il a été constaté qu'avec une augmentation de la dose de flocculants jusqu'à un certain niveau, la performance de coagulation-floculation diminue.

**À pH 12 :**

**Tableau III-3 :** réduction de la DCO à pH 12.

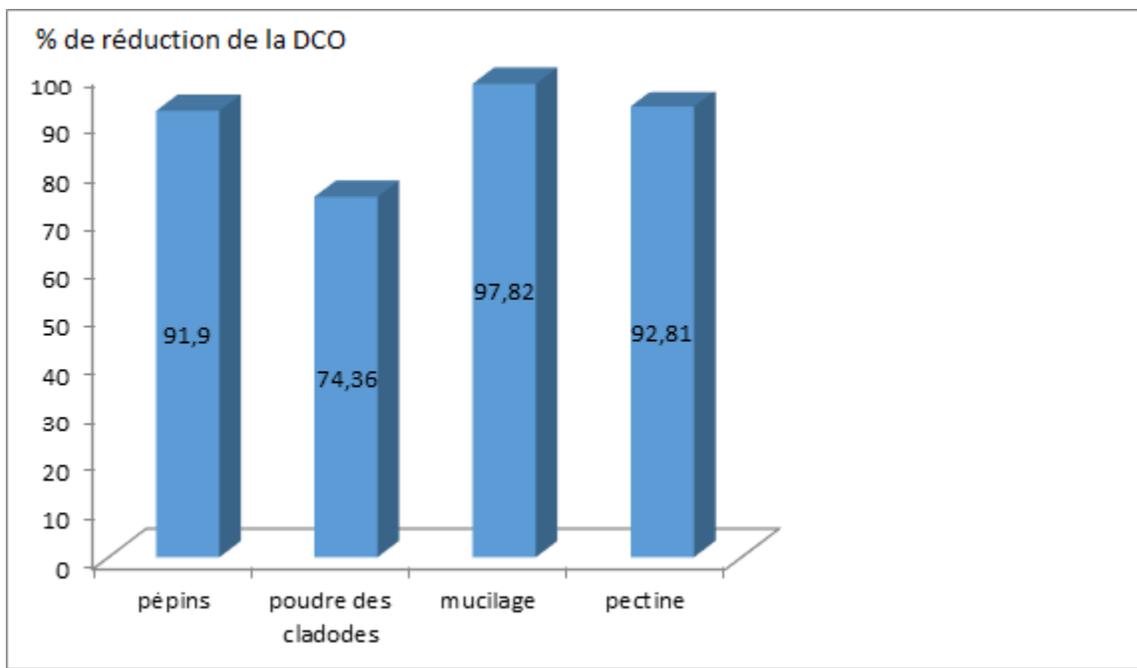
Dose du flocculant	60mg/L				80mg/L				100mg/L			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>DCO</b>	20.13	13.5	34.88	30.5	66.5	57.54	66.68	62.48	73.08	72.72	77.93	57.92



**Figure III-3g :** Taux de la réduction de la DCO à pH 12.

La Figure montre l'élimination de la DCO de l'effluent traité en fonction de la dose de flocculants. Il a été constaté qu'avec une augmentation de la dose de coagulants jusqu'à un certain niveau, la performance de coagulation-floculation augmente.

Comparaison entre le taux de réduction de la DCO en utilisant les sous-produits du figuier de barbarie.



**Figure III-3h :** diagramme comparative des taux d'abattelements des différents coagulants.

Pour la demande chimique en oxygène les résultats d'analyses prouvent que le meilleur abattement de la matière organique (97.82%) est assuré par l'ajout de mucilage.

## III.5 Travaux antérieurs :

Type de flocculant	Type d'effluent	Dose du coagulant	pH	% d'élimination de la turbidité	% d'élimination de la DCO	Reference
Mucilage de cactus	Les eaux usées municipales	25mg/L	7.2	71.08	44.3	[46]
Poudre de cladodes	Eau usée de tannerie	400mg/L	5.5	78.54	80.65	[47]
Mucilage de cactus	Eau usée de textile	40mg/L	-	91.66	88.76	[48]
Poudre de cladodes	Eau usée de tannerie	8mg/L	8	70.93	70	[49]
Poudre de cladodes	Argile synthétique	40mg/L	-	92.2	-	[50]
Mucilage de cactus	Eau usée de textile	40mg/L	8	91.66	78.96	[51]
Poudre de Mucilage	Eau usée de	60mg/L	10	97.57	97.82	Ce travail
Poudre des cladodes	Eau usée de	80mg/L	10	97.23	74.36	Ce travail
Poudre des pépins	Eau usée de	100mg/L	10	96.57	91.9	Ce travail
Poudre de pectine	Eau usée de	100mg/L	10	97.3	92.81	Ce travail

# *Conclusion générale*

### Conclusion générale :

L'utilisation de coagulants naturels dérivés de plantes sources représente un développement vital dans le développement durable. Une technologie environnementale, car elle se concentre sur l'amélioration de qualité de vie des communautés sous-développées.

Dans ce cadre nous nous sommes intéressés à la valorisation des nouveaux produits naturels biodégradable en tant que floculant avantageux dans le procédé de traitement physicochimique des eaux usées.

Ce mémoire présente une étude structurée qui permet une contribution avantageuse dans le domaine de l'exploitation des ressources naturelles de notre pays ainsi qu'une valorisation des matériaux supposés être des déchets.

Au terme de ce travail, nous avons utilisé la poudre sèche des raquettes, le mucilage et la pectine extraient du cactus ainsi que la poudre sèche des pépins de figuier de barbarie comme coagulants naturels pour le traitement des eaux usées.

En effet, ces bio-substances offrent une alternative plus économique en terme de dépollution d'eaux usées, plus écologique, moins toxique et moins chers que les produits synthétiques et se révèle être plus efficaces que ces derniers.

En se basant sur les résultats indiqués ci-dessus, on déduit que le mucilage de l'opuntia ficus indica est 1 fois plus efficace que les autres bio floculants utilisés pour l'élimination de la turbidité, et pour la réduction de la DCO on note que le mucilage est 1.3 fois plus efficace que la poudre des cladodes et 1.1 plus efficace que la poudre des pépins et la pectine extraite.

Tous les paramètres montrent que le mucilage présente un pouvoir floculant très fort et par suite **le mucilage est le bio-floculant le plus efficace.**

Par ailleurs et puisque ces premiers résultats sont encourageants, on peut développer le travail.

## *Références bibliographiques*

### Références bibliographiques

- [1] N. Belkacem, Etude comparative entre deux dispositifs de traitements des eaux usées de la station d'épuration de Baraki, Mémoire de Master, Université Blida. 2018.
- [2] N. Boualla, B. Hadj Hassan, A. Benziane, Z. Derrich, L'expérience Algérienne en matière d'épuration des eaux usées. Science Lib Edition Mersenne. 3. 8.2011.
- [3] APHA (American Public Health Association), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF), Standard methods for the examination of water and wastewater, twenty-first ed, Washington, D.C. 2005.
- [4] D. Ghernaout, A.I. Al - ghonamy, A. Boucherit, B. Ghernaout, M.W. Naceur, N.A. Messaoudene, M. Aichouni, A.A. Mahjoubi, N.A. Elboughdiri. 2015.
- [5] F. Fu, Q. Wang, Removal of heavy metal ions from wastewaters : a review. 92. 2011. 407-418.
- [6] F. Belarbi, Etude comparative de l'effet des caractéristiques physico-chimiques des particules solides sur la coagulation-floculation, mémoire de fin d'étude du diplôme d'ingénieur d'état, département de Génie Rural, université de Blida. 2000.
- [7] H.R. Hernández De León, Supervision et diagnostic des procédés de production d'eau potable, Mémoire pour l'obtention de diplôme de Docteur de l'Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse. 2006.
- [8] G. Cardot, Génie de l'environnement, Les traitements de l'eau Procédés physico-chimiques et biologiques cours et problèmes résolus. 2005.
- [9] B. Meghzili, M. Boussaa, M. Medjram, Aluminium résiduel et optimisation des étapes de la clarification dans les stations de traitement des eaux. 2012.
- [10] C. Lind, Coagulation Control and Optimization: Part 2, Public Works, Nov. 1994.
- [11] D. Dihang, Mécanismes de coagulation et floculation des suspensions d'argiles diluées rencontrées en traitement des eaux, Doctorat de l'université Paul Sabatier. 2007.
- [12] S. Khayat, Etude de potentiel d'un flocculant naturel dans la dépollution des eaux usées du groupe DE.M.CO, Mémoire de Master, Université de Monastir. 2017.
- [13] M. Tamine, Production d'acide lactique par *Lactococcus lactis* subsp. *Lactis* sur jus de figuier de barbarie (*Opuntia ficus indica*), Thèse de Doctorat, Université Ferhat Abbas Sétif. 2019.
- [14] M. Schweizer, APB (Aloe Plantes et Beauté). Docteur Nopal, le médecin du bon dieu. Clamecy, Presses de la Nouvelle Imprimerie Laballery Paris, France. 1997.
- [15] J. Feugang, P. Konarski, D. Zou, F. Stintzing, C. Zou, Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits. Front Biosci. 11. 2574-2589. 2006.

- [16] C. Sáenz, E. Sepúlveda, B. Matsuhiro, *Opuntia* spp mucilage's: a functional component with industrial perspectives. 57. 275-290. 2004.
- [17] A. Piga, Cactus pear: a fruit of nutraceutical and functional importance. J Prof Assoc Cactus Develop. 6. 2004. 9-22.
- [18] K. El-Mostafa, Y. El Kharrassi, A. Badreddine, P. Andreoletti, J. Vamecq, M. El Kebbaj, N. Latruffe, G. Lizard, B. Nasser, M. Cherkaoui-Malki, Nopal Cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a Source of Bioactive Compounds for Nutrition, Health and Disease. *Molecules*. 19. 14879-14901. 2014.
- [19] M. Malainine, A. Dufresne, D. Dupeyre, M. Mahrouz, R. Vuong, M. M. Vignon, Structure et morphologie des raquettes et des épines du figuier de barbarie. 126-130. 2001.
- [20] R. Wallace, A. Gibson, Evolution and systematics. In: *Cacti: Biology and Uses*. Eds: Nobel PS, University of California Press Berkeley-Los Angeles-London. 1-21. 2002.
- [21] O. Bhira, Potentialités thérapeutiques d'*Opuntia Ficus indica* au Maroc et en Tunisie. Thèse de Doctorat, Université Mohammed 5, Rabat, Maroc. 2012.
- [22] A. Boutakiout, Etude physico-chimique, biochimique et stabilité d'un nouveau produit : jus de cladode du figuier de Barbarie marocain (*Opuntia ficus-indica* et *Opuntia megacantha*), Thèse de Doctorat, Université d'Angers, Français. 2017.
- [23] M. Schweizer, Docteur Nopal le médecin du bon dieu. Paris, France : Aloe Plantes et Beauté. 1997.
- [24] A. Rai, Effet du stress salin sur les bactéries du sol : rôle d'extraits dérivés de *Enteromorpha intestinalis*, *Ulva lactuca* et *Opuntia ficus-indica* sur la relation bactérie-plante sous stress salin, Thèse de Doctorat, Université Ferhat Abbas Sétif. 2017.
- [25] K. El-Mostafa, Y. El Kharrassi, A. Badreddine, P. Andreoletti, J. Vamecq, M. S. El Kebbaj, N. Latruffe, G. Lizard, B. Nasser, M. Cherkaoui-Malki, Nopal Cactus (*Opuntia ficus-indica*) as a Source of Bioactive Compounds for Nutrition, Health and Disease. *Journal of Molecules*, 19, Lile, France. 1490-14879. 2014.
- [26] P. Angulo-Bejarano, O. Martínez-Cruz, Paredes-López, Phytochemical content, nutraceutical potential and biotechnological applications of an ancient Mexican plant: nopal (*Opuntia ficus-indica*). 10. 196-217. 2014.

- [27] Y. Habibi, Contribution à l'étude morphologique, ultrastructurale et chimique de la figue de barbarie. Les polysaccharides pariétaux : caractérisation et modification chimique, Thèse de Doctorat : chimie organique, Université Joseph Fourier & de l'Université Cadi Ayyad, France et Maroc. 1-10.2004.
- [28] S.I. Mussatto, J.A. Teixeira, Lignocellulose as raw material in fermentation processes. Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology. A. Mendez-Vilas (Ed). 897-907.2010.
- [29] M. Malainine, M. Mahrouz, A. Dufresne, Thermoplastic nanocomposites based on cellulose microfibrils from *Opuntia ficus-indica* parenchyma cell. *Compos Sci Technol.* 65..1520-1526.2005.
- [30] A. L. A. N. Darvill, M. McNeil, P. Albersheim, D.P. Delmer, The primary cell walls of flowering plants, *The biochemistry of plants.* 1.91-162.1980.
- [31] S. C. Fry, Analysis of cross-links in the growing cell walls of higher plants. 1989.
- [32] K. Ayachi, Synthèse de bio-coagulants à partir de substances végétales, Mémoire de Master, Université de Monastir. 2019.
- [33] W.G. Willats, L. McCartney, W. Mackie, J.P. Knox, Pectin: cell biology and prospects for functional analysis. *Plant molecular biology.* 47. 9-27.2001.
- [34] P. Nobel, J. Cavelier, J.L. Andrade, Mucilage in cacti: its apoplastic capacitance, associated solutes, and influence on tissue water relations. *J Exp Bot.* 43. 1992. 641-648.
- [35] S. Trachtenberg, A.M. Mayer. Composition and properties of *Opuntia ficus indica* mucilage. *Phytochemistry.* 20. 2665-2668.1981.
- [36] E. Pimienta Barrios, Vegetable cactus (*Opuntia*). In *Underutilized Crops: Pulses and Vegetables.* Ed J. Williams. London, UK. 177-191.
- [37] J. Feugang, P. Konarski, D. Zou, F.C. Stintzing, C. Zou, Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits. 11. 2574-2589.
- [38] S. Jana, Nutraceutical and functional properties of cactus pear (*Opuntia* spp.) and its utilization for food applications. 3. 60-66.1999.
- [39] A. Abid, A. Zouhri, A. Ider, S. Kholtei, Valorisation d'un nouveau bio flocculant (extrait de cactus) dans le traitement physico-chimique des rejets liquides chargés en cuivre, en zinc et en matière en suspension. 321-330.12.2009.
- [40] G. Welegerima, A. Zemene, Y. Tilahun, Phytochemical composition and antibacterial activity of *Opuntia Ficus Indica* cladodes extracts. 243-246.2018.

- [41] Agroligne, Figue de barbarie, un cactus de richesses, Algérie. 2016.
- [42] F. K. Benattia, Analyse et application des Extraits de Pépins de Figes de Barbarie, Thèse de Doctorat, Université AboubekrBelkaid. 2017.
- [43] M. Arba, Le cactus opuntia, une espèce fruitière et fourragère pour une agriculture durable au Maroc. Culture, Itinéraire Technique et Productivité. 4. 215-223.2009.
- [44] A. Araba, A. El Aich, B. Sarti, L. Belbahri, A. Boubekraoui, A. Zemmouri, A. Sbaa, Valorisation du figuier de barbarie en élevage, Transfert de technologie en agriculture. 1-4.2000.
- [45] S. Carpinteyro – Urban, L.G. Torres, Use of response surface methodology in the optimization of coagulation- flocculation of wastewater employing biopolymers. 7. 717-726.2006.
- [46] T. Kazi, A. Virupakshi, Treatment of tannery wastewater using natural coagulants. 2. 2013.
- [47] F. Bouatay, F. Mhenni, Use of the Cactus cladodes mucilage ( Opuntia ficus indica ) as an eco - friendly flocculants : process development and optimization using statistical analysis. 8. 2014.
- [48] M. Swathi, S.A. Sathya, S.P.K. AravindAshi, R. Gobinath, D. Devi, Experimental studies on tannery wastewater using Cactus powder as an adsorbent. Int. J. Appl. Sci .Eng . Res. 3. 2014.
- [49] M.V.Jadhav, Y.S. Mahajan, Assessment of feasibility of natural coagulants in turbidity removal and modelling of coagulation process .Desalin. Water Treat. 52. 2014.
- [50] article ferial
- [51] N. Yahiaoui, Etude de l'adsorption des composés phénoliques des margines d'olive sur carbonate de calcium, hydroxyapatite et charbon actif, Mémoire de Magister, Université de Tizi Ouzou. 2012.
- [52] A. Cakir, Essential oil and fatty acid composition of the fruits of Hippophae rhamnoides L. (Sea Buckthorn) and Myrtus communis L. from Turkey. Biochemical systematics and ecology. 32. 2004.
- [53] R. Meyer, C. Denier, G. Biasini, Spectroscopie pratique dans le domaine du visible et de l'ultraviolet. Bull. Un. Phys. 1996.
- [54] A. Benaïssa, Etude de la dégradation photocatalytique d'un colorant synthétique et d'un tensioactif, Thèse de Doctorat, Université de Mentouri Constantine. 2011.
- [55] L. Boukemara, Etude de l'adsorption des ions phosphate sur des oxyhydroxydes de fer, Mémoire de Magister, Université Mentouri de Constantine. 2009.
- [56] <http://www.snv.fr/bmedia/paroi/pectines.htm> consulté le 15/02/2008.

## *Références bibliographiques*

---

[57] M.Borella, Contrôle de la fonctionnalisation de surface de revêtements obtenus par PECVD à partir d'un composé organosilicié cyclique. Thèse de Doctorat, École doctorale emma. 2006.

[58]J. Keirsse, Spectroscopie infrarouge déportée : mise au point d'un biocapteur pour l'imagerie métabolique et la sécurité microbiologique. Thèse de Doctorat. 2004.

[59]P.Mayé, Les infrarouge en électronique.éditions technique et scientifiquesfrançaises.

[60]F. Rejsek,Les analyses des eaux. Tome II. France : Aspects réglementaires et technique. 2002.

[61]C.Bassompierre, Procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers: de la conception d'un pilote a la validation de modèles, Thèse de Doctorat. 2007.

## ملخص

يركز هذا العمل على تنقية المياه عن طريق إضافة مواد حيوية تسمى "cladodes" و "مسحوق البذور" و "الصمغ" و "البكتين"، ويتم استخلاص هذه المنتجات من المضارب وبذور التين الشوكي عن طريق تطبيق التخثر والتلبد الفيزيوكيميائي. تم الحصول على أفضل النتائج بجرعة 100 مغ/ل بالنسبة للبذور 80مغ/ل بالنسبة لـ: cladodes 60مغ/ل بالنسبة للهلام و 100مغ/ل بالنسبة للبكتين، حيث كان معدل تقليل التعكر على التوالي 96.43%، 97.23%، 97.57% و 97.3% عند درجة حموضة 10. فيما يتعلق بتغيير اللون و تقليل DCO كان معدل التخفيض بالنسبة للبذور cladodes الهلام و البكتين على التوالي (96.54%، 91.9%)، (97.12%، 74.36%)، (97.75%، 97.82%) و (97.01%، 92.81%)

المواد الحيوية لمستخلص الصبار متوفرة وقابلة للتحلل وتقدم نتائج جيدة للغاية دون الإضرار بالبيئة.

## Résumé

Ce travail porte sur la clarification des eaux par l'ajout des biofloculants qu'on l'appel « poudre de cladodes », « poudre des pépins », « mucilage » et « pectine ». Ces produits sont extraits à base des raquettes et des pépins de figue de barbarie en appliquant le processus physico-chimique la coagulation-floculation. L'efficacité de ses produits a été testée vis-à-vis la turbidité, la DCO et l'absorbance pour évaluer l'aspect floculant pour chaque un des biofloculants.

Les meilleurs résultats ont été obtenus à une dose de pépins de 100mg/L, des cladodes de 80mg/L, de mucilage de 60mg/L et de pectine de 100mg/L, où le taux de réduction de la turbidité était respectivement 96.43%, 97.23%, 97.57% et 97.3% à pH 10. Concernant la décoloration et la réduction de la DCO, le taux d'abattement pour les pépins, les cladodes, le mucilage et la pectine était respectivement (96.54%, 91.9%), (97.12%, 74.36%), (97.75%, 97.82%) et (97.01%, 92.81%) à pH 10 pour une dose de 60 mg/L.

Les biomatériaux extraits de cactus sont disponibles, biodégradables et offrent de très bons résultats sans porter atteinte à l'environnement

## Abstract

This work focuses on the clarification of water by adding bio flocculants called "cladodes powder", "powder of pips", "mucilage" and "pectin". These products are extracted from rackets and prickly pear seeds by applying the physico-chemical coagulation-flocculation process.

The best results were obtained at a dose of seeds of 100mg/L, cladodes of 80mg/L, mucilage of 60mg/L and pectin of 100mg/L, where the turbidity reduction rate was respectively 96.43%, 97.23%, 97.57% and 97.3% at pH 10. Regarding discoloration and COD reduction, the reduction rate for seeds, cladodes, mucilage and pectin was respectively (96.54%, 91.9%), (97.12%, 74.36%), (97.75%, 97.82%) and (97.01%, 92.81%) at pH 10 for a dose of 60 mg/L. Cactus extract biomaterials are available, biodegradable and offer very good results without harming the environment.