



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ KASDI MERBAH OUARGLA

Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER Professionnel

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Hydrobiologie marine et continentale

Spécialité : Aquaculture

Présenté par :

Dokkar Nadia

Neciri Fadoua

Thème

Traitement des effluents piscicoles par des composites préparés à base des Biopolymères d'origines marines

Soutenu publiquement le : 01/07/2021

Devant le jury :

Encadreur : Mr.BENSALM SOUFIANE	M. C. A	à l'U.K.M.-Ouargla
Présidente : Mr. HENNI ABDALAH	M. C. A	à l'U.K.M.-Ouargla
Examineur : Mme HIDOUCI SABRINA	M. C. B	à l'U.K.M.-Ouargla

Année universitaire : 2020/2021

Dédicaces

*A Dieu source de toutes connaissances
Je dédie ce modeste travail aux deux êtres
qui me sont très chers dans cette vie, à
mon père et à ma mère. Je leur dis merci
maman du fond du coeur pour ton
éducation, ton sacrifice, ton assistance et
pour ce tu m'as fait et qui m'a permis
d'arriver à cette réussite et à ce bonheur,
avec toute ma fidélité et tout mon amour
pour mon père, je te dis merci mille fois
mes parents.*

Mes très chères soeurs

A toute ma famille

A mes amies

A mes chats

Nadía



Remerciements

A l'issu de ce modeste travail, nous tenons à remercier ALLAH le tout Puissant, le tout Miséricordieux, de nous avoir permis d'atteindre ce niveau d'études pour nous avoir donné la santé, la force, le courage et la volonté d'achever notre humble recherche.

Je remercie notre reconnaissance au Docteur BEN SALEM SOUFINE, Maître conférence au département de Biologie, Université Kasdi Merbeh -OUARGLA, pour avoir accepté de me encadrer, pour ses précieux conseils, ses observations et sa disponibilité qui nous ont été d'une grande utilité tout au long de ce travail.

Des remerciements également aux Membres du Jury, HIDOUCI SABRINA, président HENNI ABDALLEH et examinateur pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre modique étude et pour avoir accepté d'examiner, d'évaluer et d'enrichir par leurs propositions, cette recherche.

Enfin, je remercie tous ceux qui ont participé de près ou de loin notamment, les techniciens de 'laboratoire de Kasdi Merbeh Ouargla, directement ou indirectement, à la réalisation de la présente étude.



Dédicace

Je dédie ce mémoire

À ma père défunt (que Dieu ait son âme)

*À mon mère qui a éclairé mon chemin et qui m'a
encouragé et soutenu tout au long de mes études*

À mes frères

À mes sœurs

À mes amis proches

À mon fiancé pour son soutien et à sa famille

À tout mes collègues du travail au niveau des œuvres

Membres du laboratoire universitaire

FADOUA

Liste des figures

Figure I.1 : Sources de chitosane (BENAOUDA D.Y., 2016).....	03
Figure I.2 : photographies de quelques crustacés et céphalopodes et la chitine.....	03
Figure I.3 : structure de la chitine (BENAOUDA D.Y., 2016).....	04
Figure I.4 : structure de chitosane (BENAOUDA D.Y., 2016).....	04
Figure I.5 : Méthode de production de la chitine et du chitosane. (Furuike. T., 2014).....	05
Figure I.6 : Désacétylation de la chitine, formation du chitosane.....	05
Figure I.7 : Structure chimique du chitosane.....	05
Figure I.8 : les différentes parties d'un palmier dattier (Peyron, 2000).....	09
Figure I.9 (A, B) : Schéma d'une palme de palmier dattier (T.Masri ; 2018).....	10
Figure I.10 : Le pétiole de palmier dattier (Masri .T., 2018).....	10
Figure I.11(A.B) : Structure de la paroi de cellules végétales macroscopiques(CASTRO.M , 2011).....	10
Figure I.12 : Structure chimique de cellulose.....	12
Figure I.13 : Liaisons hydrogène inter- et intramoléculaires au sein de la cellulose.....	12
Figure I.14 : Deux exemples de structures d'hémicelluloses (Hamid S .B.A. ;2015).....	13
Figure I.15 : Structure de la lignine (Mohanty et al.;2005).....	13
Figure I.16 : Devenir de l'alimentation en aquaculture.....	20
Figure I. 17 : Les instruments utilisés.....	24
Figure II.18 : Quelques appareille utilisées.....	24
Figure II.19 : Les étapes de broyée la chitosane.....	25
Figure II.20 : Les étapes de préparation de DPD à partir pétiole de palmier dattier (<i>Phoenix dactylophera L.</i>) avant et après le broyage.....	26
Figure II.21 : Les réactifs utilisés pour préparer les biomatériaux adsorbant.....	26
Figure II.22 : les deux solutions sous agitation de 24h jusqu'à l'homogénéité	27
Figure II 23 : formation des billes par la burette.....	27

Figure III.24 : Pansage les billes jusqu'au le pH neutre	28
Figure II.25 : séchage des biomatériaux.....	28
Figure II.26: Description d'un système en circuit-fermé Combinaison de filtration mécanique, et filtration biologique.....	29
Figure II.27 : l'analyse physique –chimique d'eau au cours de traitement.....	30
Figure III.28 : les billes CS/DPD préparées avant et après séchage, C : les billes de Chitosane....	33
Figure III. 29 : morphologie des billes sous microscope photonique.....	33
Figure III.30 : Les clichés obtenus par MES.....	34
Figure III.31: le Biocomposites CS/DPD utilise.....	34
Figure III.32 : dispositif expérimental.....	35
Figure III.33 : variation de la température à l'entrée et la sortie du dispositif expérimental.....	36
Figure III 34: variation du pH à l'entrée et la sortie du dispositif expérimental.....	37
Figure III.35 : Variation des teneurs en oxygène dissous à l'entrée et la sortie du dispositif expérimental.....	37
Figure III.36: variation de la salinité à l'entrée et la sortie du dispositif expérimental.....	38
Figure III.37: variation de la conductivité électrique à l'entrée et la sortie du dispositif expérimental.....	38
Figure III.38: variation de la turbidité à l'entrée et la sortie du dispositif expérimental.....	39
Figure III.39 : variation de l'ammonium à l'entrée et la sortie du dispositif expérimental.....	39

Liste des tableaux

Tableau I.1: Différences entre la physisorption et la chimisorption (Treybal, 1980 ; Chitour, 1981 ; Smith, 1981).....	17
Tableau I.2: Avantages et inconvénients des adsorbants à base du chitosane (Crini, 2005 ; Crini et Badot, 2008 ; Zhou et al., 2009)....	19
Tableau II.3 : Les propriétés du chitosane utilisée dans les biomatériaux adsorbant.....	25
Tableau III.4 : les rapports utilisés pour la préparation des biomatériaux adsorbant.	28
Tableau III.5 : diamètres et humidité des billes préparées.....	32

SOMMAIRE

Remerciements.....	3
Liste des figures	5
Liste des tableaux	7
I.1.-Les Biopolymères.....	3
I.1.1.La Chitine.....	3
I.1.2. La chitosane	4
I.1.3. Méthodes de production du chitosane.....	4
I.1.5. Caractérisation du chitosane.....	6
I.1.6. Propriété biologique	7
I.1.7. Applications générales du chitosane	7
I.2. Généralités sur le palmier dattier	9
I.2.1. Classification du palmier dattiers (Phoenix dactylifera L.)	9
I.2.3. Morphologie de palmier dattier	10
I.2.4. - Fibres Lignocellulosiques	11
I.2.5. Propriétés et utilisations des fibres lignocellulosiques	14
I.3.Phénomène d'adsorption	15
I.3.1.Propriétés des adsorbants.....	15
I.3.2.Types d'adsorption.....	15
I.3.3. Méthodes de l'adsorption	16
I.3.4. Le chitosane et l'adsorption.....	17
I.4.Les effluents piscicoles.....	19
I.4.1. Caractérisations des rejets des élevages piscicoles	19
I.4.2. La qualité de l'eau, un enjeu majeur pour l'aquaculture en circuit fermé	20
I.4.2.1. Les matières en suspension solides	20
I.4.3. Les systèmes de filtration pour récupérer les effluents piscicoles	21
II.1. Le matériel utilisé dans ce travail.....	23
II.2. Produits utilisés	24
II.3. Protocole expérimentale	26
II.4. le dispositif expérimentale	28
II.5. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau	29

III.1.Caractéristiques de Biocomposites	30
III.1.1. La morphologie des billes sous Microscope photonique	30
III.1.2.Etude de la morphologie par MEB.....	31
III.2. Le remplissage du tube par le Biocomposites CS/DPD et son application	32
III.3. L'application du Biocomposites dans le dispositif (PCF) pour voire la qualité d'eau a l'entré et à la sortie	32
III.4. Evaluation des paramètres physique-chimique de l'eau	33
III.4.1. Température	33
III.4.2. pH.....	34
III.4.3. Oxygène dissous.....	35
III.4.4.Salinité	35
III.4.5. Conductivité électrique	36
III.4.6. Turbidité.....	36
III.5. Elimination e l'ammonium	37
IV. Discussion.....	38

Introduction

L'aquaculture est aujourd'hui le secteur de production alimentaire à la croissance la plus rapide dans le monde (FAO, 2014). Avec le progrès de l'activité aquacole, il est nécessaire d'augmenter les niveaux de productivité de la pisciculture, ce qui implique sur l'intensification des systèmes de production aquacole. Parmi les problèmes liés à cette intensification, est la grande quantité d'effluents générés et rejetés dans l'environnement.

Connaissance et suivi de la qualité de l'eau visant à améliorer les conditions de gestion des systèmes d'élevage sont nécessaires (Américo *et al.*, 2013). Les conditions inadéquates et la qualité d'eau altèrent la croissance, la reproduction, la santé, la survie et même la qualité du poisson et des crevettes.

De plus, de graves problèmes environnementaux peuvent être causés par les différents constituants des effluents aquacoles. Parmi eux, l'ammoniac, le principal produit excréteur des poissons dans un système aquacole sain, le niveau de teneur en ammoniac doit toujours être à une concentration très faible. L'augmentation de la concentration en ammoniac peut affecter non seulement l'eau de culture, mais aussi l'environnement dans son ensemble. L'ammoniac peut réduire l'activité alimentaire, la fécondité et la survie des poissons par divers effets physiologiques négatifs en provoquant l'asphyxie (Trussell, 1972).

Les concentrations d'ammoniac qui dépassent le seuil de 0,5 mg L⁻¹ peuvent être mortelles pour les animaux élevés. Cette mortalité dépendra du degré de tolérance à l'ammoniac des espèces produites. Des concentrations de NH₃ inférieures à 0,05 mg L⁻¹ peuvent provoquer un stress respiratoire chez les poissons, les rendant plus vulnérables aux agents parasitaires et infectieux. Par conséquent, il est essentiel de maintenir la concentration d'ammoniac non ionisé dans l'eau de culture en dessous de 0,05 mg L⁻¹ (SÁ, 2012).

En aquaculture en circuit fermé, Da Silva (2004) ont rapporté qu'il est nécessaire que les méthodes de traitement des effluents/eaux usées suivent la croissance de l'activité, par les recherches des techniques moins coûteuses. Des adsorbants à faible coût sont utilisés dans le processus d'adsorption pour le traitement de l'eau (Pereira and da Silva, 2009). Par conséquent, il existe en aquaculture une forte demande de matériaux naturels qui peuvent agir comme des adsorbants d'ammoniac. Une alternative attractive, viable, efficace et à faible coût, est l'étude de l'utilisation de la chitine et du chitosane comme adsorbants d'ammoniac total pour effluents aquacoles (Zadinelo *et al.*, 2015).

Ainsi, ce travail visait à évaluer l'efficacité d'adsorption des composites préparés à base de matériaux naturels (chitosane/déchet de palmier dattiers dans l'élimination de ammoniac provenant d'eaux usées synthétiques avec différentes concentrations initiales d'ammoniac dans les effluents naturels de l'aquaculture.

En conséquence, le présent manuscrit est composé de quatre chapitres : Un aperçu bibliographique constitue le premier chapitre qui est consacré aux travaux de recherche sur les biopolymères en particulier le chitosan Le deuxième chapitre de ce manuscrit constitue une étude bibliographique sur le palmier dattier, Nous exposerons également les connaissances actuelles concernant les fibres lignocellulosiques et leurs composantes à savoir la cellulose, les hémicelluloses et les lignines. Dans le troisième chapitre de ce manuscrit constitue les polluants présents dans les effluents et Le traitement et la valorisation des rejets piscicoles. Dans le quatrième chapitre constitué le phénomène de l'adsorption et l'utilisation de chitosane comme adsorbat car ses propriétés d'adsorption

La première partie expérimentale de ce travail relative à la préparation des billes de CS/DPD par gélification de ces derniers en utilisant le NaOH, la deuxième partie expérimentale de ce travail présentée l'application de ce biomatériau et tester la toxicité sur tilapia rouge dans notre dispositif (un ferme PCF), qui est préparer pour l'élevage et traitement de rejets piscicole, et la dernière partie c'est les résultats et discussions.

Synthèse bibliographique

Chitosane

I.1.-Les Biopolymères

Selon L'UIPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) les biopolymères sont des biomacromolécules synthétisées par des organismes vivants et selon la définition de l'ADEME (Agence de l'Environnement et De la Maîtrise de l'Energie), ce sont des polymères naturels issus de ressources renouvelables de plantes, d'algues ou d'animaux (Figure I.1). Les biopolymères peuvent aussi être obtenus par polymérisation de monomères naturels et par la fermentation des micro-organismes (BENAOUDA D.Y. ; (2016).



Figure I.1: Sources de chitosane (BENAOUDA D.Y., 2016)

I.1.1.Chitine

Il faut retenir que la source majeure du chitosane provient de la désacétylation de la chitine obtenue à partir de aux déchets de plusieurs crustacés et céphalopodes , dont certains sont recueillis à partir des rejets de certaines unités de l'industrie de pêche, le préparer des chitines pures, blanches et dans la plupart des cas totalement acétylées .Certaines des sources explorées telles que la crevette rose, le crevette grise, l'araignée de mer ou le calmar (FigureI. 2). de nouvelles voies alternatives sont apparues la production du chitosane à partir du champignon de *Mucor rouxii* (Tayel et al., 2010).



Figure I.2 : photographies de quelques crustacés et céphalopodes et la chitine.

La chitine $(C_8H_{13}O_5N)_n$ est un polysaccharide naturel composé de N-acétyl-Dglucosamine liée à la β -1,4 (GlcNAc, NAG), Leur structure chimique, représentée sur la figure (I.3) (Zhao et al., 2019). Comme un autre polysaccharide commun - la cellulose, la structure de la chitine est souvent forme des nanofibrilles cristallines ou des moustaches. En termes de fonction physiologique, la chitine peut être comparée à la protéine animale - la kératine. (Zhao et al., 2019).

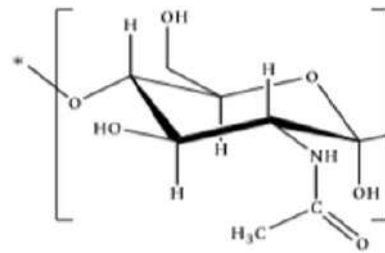


Figure I.3 : structure de la chitine (BENAOUDA D.Y., 2016).

I.1.2. La chitosane

Le chitosan, est le principal dérivé de la chitine, composé d'unités répétitives linéaires de β - (1-4) - 2-amino-2-désoxy-D-glucopyranose où les résidus de N-acétylglucosamine dans la chaîne macromoléculaire de la chitine sont entièrement désacétylés pour devenir N- résidus de glucosamine (figure I.4). En général, le chitosane se présente sous la forme d'un copolymère d'unités N-acétylglucosamine et N-glucosamine de manière aléatoire tout au long de la chaîne du biopolymère. Le pourcentage d'unités de N-glucosamine est également défini comme le degré de désacétylation (DDA) du chitosane (Jana et al., 2019).

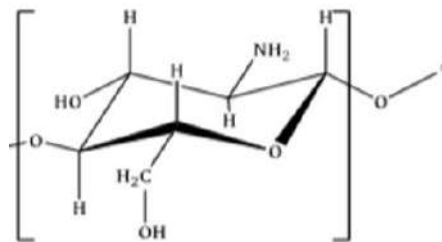


Figure I.4 : structure de chitosane (BENAOUDA D.Y., 2016).

I.1.3. Méthodes de production du chitosane

Il existe une multitude de méthodes de préparation du chitosane à partir des déchets marins (Press, 1973), la plus couramment utilisée nécessite d'extraire en trois étapes la chitine des déchets de crustacés puis de désacétyler cette dernière pour synthétiser le chitosane (Figure I.5) :

- 1) Les déchets de crustacés sont broyés.
- 2) Les protéines et les colorants naturels sont éliminés en milieu basique (solution de soude NaOH entre 0,1 à 5 M).
- 3) Le carbonate de calcium (CaCO₃) présent dans la carapace est ensuite éliminé par dissolution en milieu acide HCl (1 - 10 M). On obtient alors de la chitine brute.
- 4) La chitine brute (DD ~ 20 – 30 %) va subir une désacétylation en milieu basique (solution de NaOH 35 à 50 % en masse) pour donner du chitosane. La réaction est effectuée à des températures comprises entre 80 - 150 °C pendant une durée allant de 0,5 à 10 h.

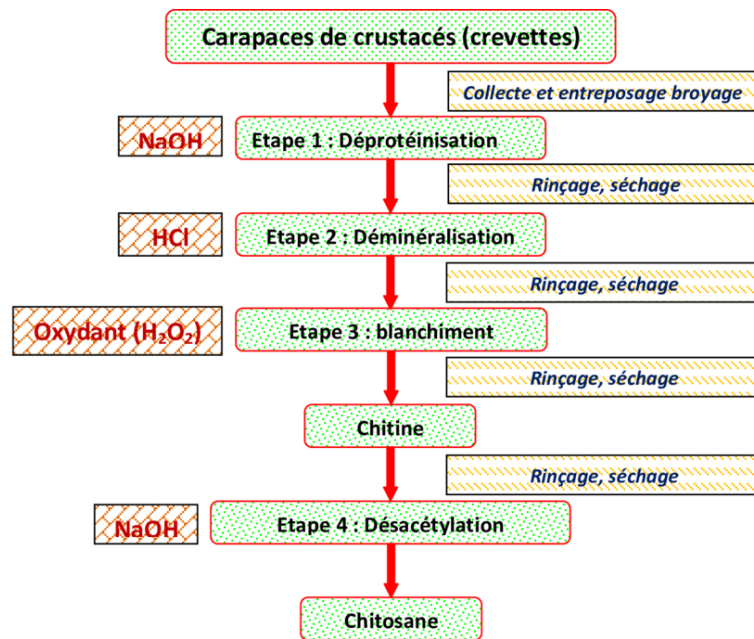


Figure I.5 : Méthode de production de la chitine et du chitosane. (Furuike. T., 2014).

La procédure générale pour l’obtention du chitosane à partir de la chitine est résumée dans la (figure I.6)

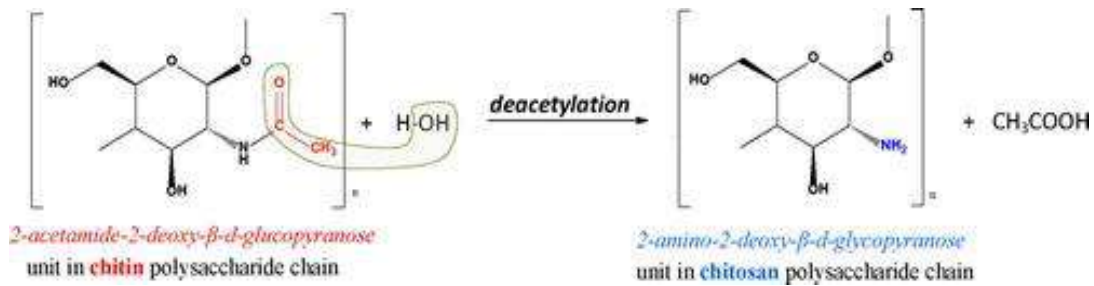


Figure I.6 : Désacétylation de la chitine, formation du Chitosane.

Le Chitosane est un hétéropolysaccharide linéaire composé d’unités β-(1,4)-glucosamine majoritaires et N-acétyl-D-glucosamine (Figure I.7). Il possède des groupements acétamide, ainsi que des groupements amine et hydroxyle qui lui confèrent un fort caractère hydrophile, le deuxième polysaccharide abondant dans la nature (après la cellulose).

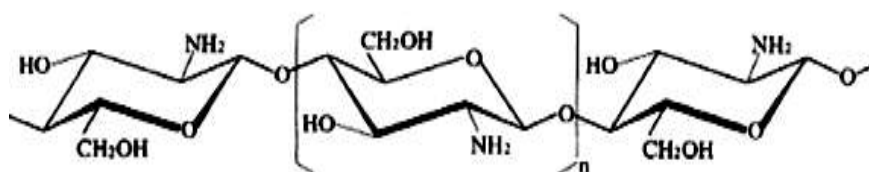


Figure I.7 : Structure chimique du Chitosane

I.1.5. Caractérisation du chitosane

I.1.5.1. Paramètres moléculaires

Les propriétés du chitosane dépendent fortement de l'origine de la chitine et de sa structure chimique et moléculaire (**Jaworska et al., 2003**). Il est ainsi nécessaire de définir les paramètres qui les qualifient, tels que la masse moléculaire et le degré d'acétylation

❖ Degré de désacétylation (DDA) ou degré d'acétylation (DA)

La désacétylation est l'hydrolyse des groupements acétyles présents dans la chitine pour avoir des groupes amines. La présence des groupes acétylés est principalement la seule différence structurelle entre la chitine et le chitosane ceci est traduit structurellement par le degré d'acétylation (DA), ou le degré de désacétylation (DDA). La quantité des groupements acétylés disparus dans la chitine, c'est la caractéristique la plus importante du chitosane

❖ Masse molaire (MM).

Les masses molaires du chitosane commercial a une masse molaire entre 100-500 kDa. Plusieurs méthodes ont été employées pour la détermination de sa masse molaire telle que la méthode viscosimétrique et la chromatographie.

Propriétés physico-chimiques

Les propriétés physico-chimiques du chitosane dépendent fortement de sa structure et sa composition, plus particulièrement de sa MM, de son DA (**Dash et al., 2011**).

I.1.5.2. Caractéristiques structurales

Le chitosan possède des fonctions amines primaires. Soluble seulement dans des solutions acides ($\text{pH} < 6,0$), et insoluble dans l'eau, dans les acides concentrés, les bases et dans les solvants organique.

❖ Solubilité

A pH faible, le chitosane subit une protonation des fonctions amines est deviennent chargées positivement, le chitosane devient alors un cationique hydrosoluble, cette protonation explique son gonflement, sa dissolution et la diminution de sa cristallinité. Le chitosane est soluble dans la plupart des acides minéraux dilués comme: HCl...etc., il est aussi soluble dans les acides organiques comme : l'acide acétique, maléique...etc. , mais insoluble dans les acides ramifiés comme: l'acide citrique ...ce qui est le plus utilisé pour la dissolution du chitosane,. A pH élevé, les amines ne sont plus ionisés et le chitosane se précipite et devient insoluble.

❖ Viscosité.

Comme la plupart des polysaccharides, le chitosane est un semi-rigide et augmente fortement la viscosité de la solution. La viscosimétrie est la méthode la plus employée pour déterminer la viscosité, le chitosane dépend de plusieurs facteurs :

* DDA: plus il est désacétylé, plus il y a de groupes amines libres, plus le chitosane est soluble, et plus sa viscosité est importante.

* MM : la viscosité intrinsèque augmente avec MM.

* La température: la viscosité diminue lorsque la température augmente (**BENAOUDA D.Y. , 2016**).

❖ Cristallinité.

La cristallinité est une caractéristique importante du chitosane, elle permet de contrôler la disponibilité et l'accessibilité des sites internes dans le polymère, le gonflement dans l'eau, les réactions de complexation ou encore les propriétés diffusionnelles (**Sakurai K, Gaudon P, Guibal E. (2003)**).

I.1.6. Propriété biologique

Le chitosan présente l'avantage de réunir des propriétés très intéressantes.

- ✓ biodégradable et biorésorbable assurées par des enzymes hydrolysant le chitosane en oligomères (**Chen et al., 2004**) ;
- ✓ biocompatible (absorbante, non fermentescible) (**Ueno et al., 2001**) importance fondamentale pour son utilisation thérapeutique potentielle (**Rinova, 1996**) ;
- ✓ non toxique (**Rao et al., 1997**) ;
- ✓ bioactif (antimicrobienne, antifongique, antivirales, antitumorale, anti cholestérol, anticoagulante) (**Kornprobst, 2005**) ;
- ✓ augmente la vitesse de cicatrisation des plaies ouvertes et la reconstruction des tissus tout en prévenant les infections microbiennes (**Muzzarelli, 2005**)
- ✓ mucoadhésive : facilite les absorptions intracellulaires

I.1.7. Applications générales du chitosane

La chitine et son dérivé le chitosane ont reçu une attention considérable en tant que biopolymères et cela en raison de leurs nombreuses applications potentielles dans l'agriculture, l'industrie alimentaire, la médecine, la fabrication du papier, l'industrie textile et les traitements des eaux. Cet intérêt est dû à leurs nombreuses propriétés physico-chimiques et biologiques (**Flores et al., 2007 ; Álvarez et al., 2014**).

Palmier dattier

I.2. Généralités sur le palmier dattier

Le palmier dattier ou dattier (*Phoenix dactylifera*) est un ancien arbre fruitier, cultivé dans le monde depuis des siècles rustique, s'acclimatant aux conditions maximales d'aridité dans le monde et représentant la source essentielle vitale de la population saharienne (Guettaf 2018). En effet, le palmier est une herbe géante de 20 à 30 m de hauteur (figure I.8) au tronc cylindrique (le stipe), portant une couronne de feuilles pennées, divisées avec une longueur de 4 à 7 m. Il porte des inflorescences mâles ou femelles (Alaoui, 2005). La forme, la taille et la couleur des fruits varient selon la variété. La figure

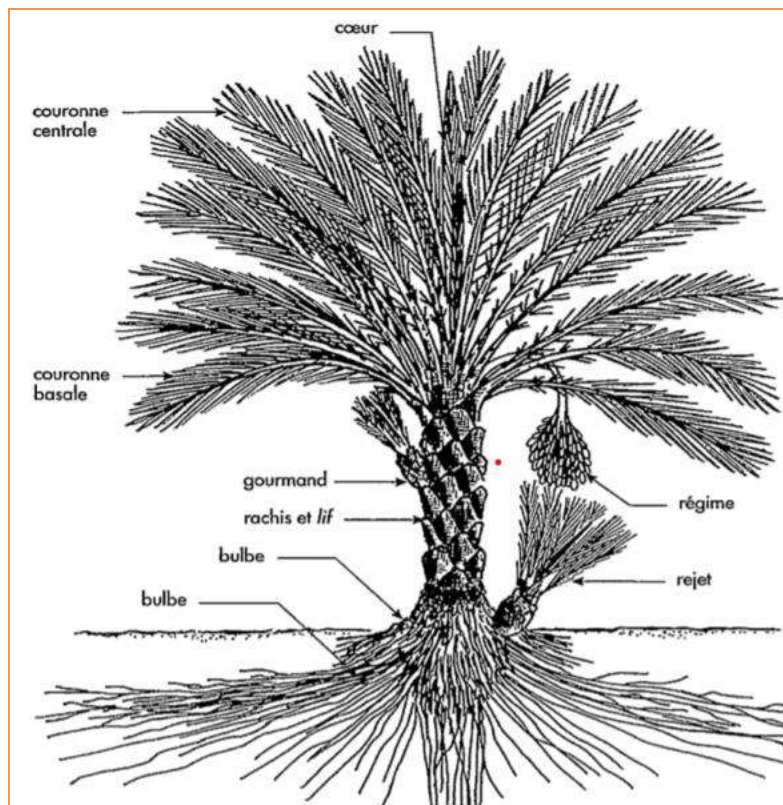


Figure I.8 : les différentes parties d'un palmier dattier (Peyron, 2000).

I.2.1. Classification du palmier dattiers (*Phoenix dactylifera* L.)

Le palmier dattier *Phoenix dactylifera* est une espèce dioïque, monocotylédone, appartenant à la famille des Palmaceae, et à la sous-famille des Coryphineae. La famille des Palmaceae compte environ 235 genres et 4000 espèces (Munier, 1973).

Selon **Munier (1973)**, la taxonomie de cette espèce est comme suit :

Règne : Plantae

Sous-Règne : Embryobionta

Embranchement : Angiospermaphytina

Classe : Liliopsida

Ordre : Arecales

Famille : Arecaceae

Genre : Phoenix

Espèce : *Phoenix Dactylifera L.*

Le palmier comporte cinq types principaux du bois, celui de folioles, du rachis, du bois de tronc, de pétioles et de la grappe (**Benmansour 2011**).

I.2.3. Morphologie de palmier dattier

I.2.3.1. Système aérienne

- a- **Organes floraux** : D'après Peyron (2000) tous les phoenix sont des arbres dioïques ; et les sexes étant séparés. Il existe donc des pieds mâles (**Dokkar**) donnant du pollen et des pieds femelles (**Nakhla**) produisant des fruits, les dattes
- b- **Le fruit** : la datte est une baie contenant une seule graine, vulgairement appelée noyau. La couleur de la datte est variable selon les espèces : jaune plus ou moins clair, jaune ambré translucide, brun plus ou moins prononcé, rouge ou noire (**Munier, 1973**).
- c- **Stipe** : Le tronc, qu'on appelle plus justement « stipe », est cylindrique de couleur brune et lignifié, où l'on trouve les racines respiratoires (**Peyron, 2000**). La hauteur et la vitesse de croissance varient selon les cultivars. Il atteint de 30 à 40 m de long (**Bouguedoura, 1991**).
- d- **palme** : Les palmes "**djerid**" (Figure I.9), sont des feuilles composées, pennées et ont une durée de vie de 3 à 7 ans (Peyron, 2000). Elles sont insérées en hélice très rapprochées sur le stipe, par une gaine pétiolaire bien développée «**cornaf**» enfuie dans un fibrillium à feutrage appelé «**lif**» possédant

des folioles «saâf» (Belhabib, 1995). Il apparaît entre 10 et 30 palmes par an et leur croissance est basale (Marchal, 1984).

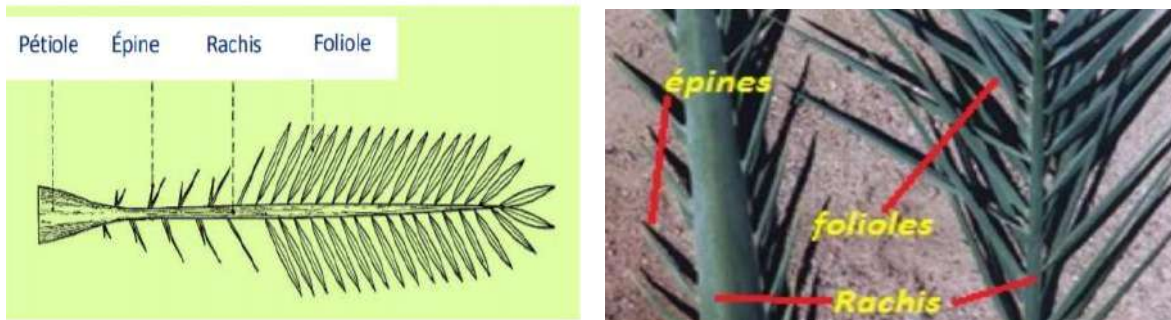


Figure I.9 (A, B): Schéma d'une palme de palmier dattier (T.Masri ; 2018).

Le pétiole (Kornaf) est dur et relativement rigide (Figure I.10), sa forma chimique se forme des fibre lignocellulosiques (Peyron, 2000).



Figure I.10 : Le pétiole de palmier dattier (Masri .T., 2018)

I.2.4. - Fibres Lignocellulosiques

I.2.4.1. Structure et morphologie des fibres lignocellulosiques

Les fibres lignocellulosiques sont constituées d'un réseau de composés macromoléculaires dont les principaux sont la cellulose, les lignines, les hémicelluloses, et les pectines (Alaoui,2005).

Le Figure I.11 suivant :

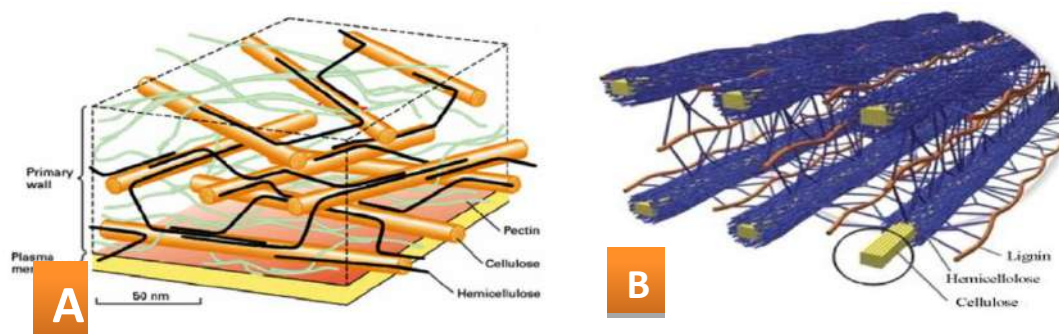


Figure I.11(A.B) : Structure de la paroi de cellules végétales macroscopiques(CASTRO.M 2011)

I.2.4.2. Composition chimique des fibres végétales

La cellulose, l'hémicellulose et la lignine constituent les composés majeurs des fibres végétales. Pour le même type de fibre, la composition chimique dépend de l'état de la maturité de l'espèce, (Gassan; Reddy et Yang, 1999) D'autres produits comme les protéines, les pectines, l'amidon et des sels inorganiques sont présents en quantités plus faibles (Rowell et al., 1995).

I.2.4.2.1. La cellulose

La cellulose est un polysaccharide, de formule $(C_6H_{10}O_5)_n$ (n compris entre 200 et 14000) linéaire, composé uniquement de D-glucopyranose reliés par des liaisons β -1,4. L'unité répétitive, composée de deux glucoses (Figure 12), est appelée cellobiose. Ces polymères sont liés entre eux par des liaisons intermoléculaires de type hydrogène (Figure I.13). Le degré de polymérisation (en glucose) peut atteindre 15000 (Roger, 2005), autrement dit le nombre d'unités de D-glucose qui composent la chaîne. Elle garantit la rigidité de la paroi cellulaire des plantes.

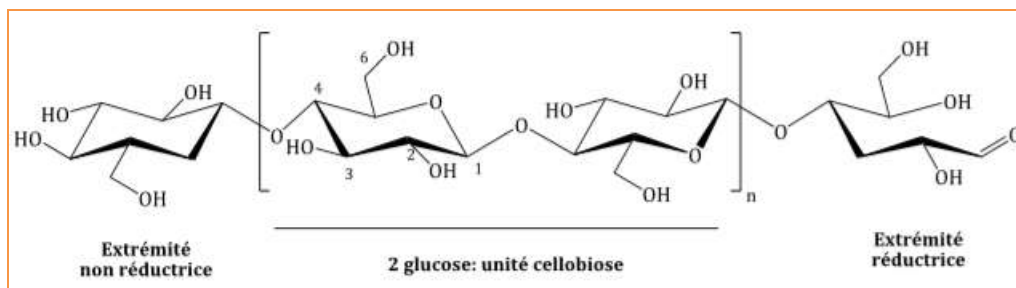


Figure I.12 : Structure chimique de cellulose

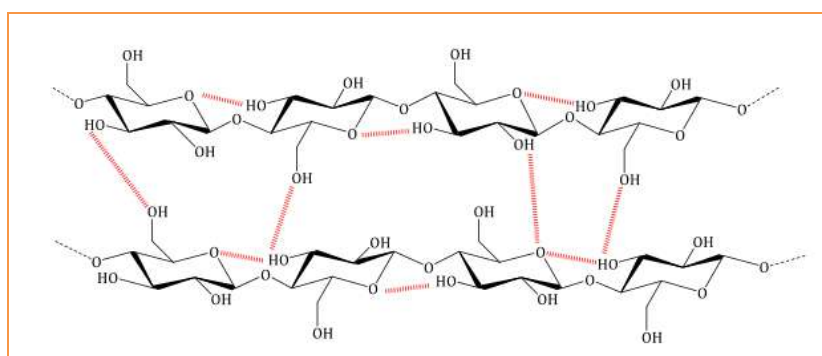


Figure I.13: Liaisons hydrogène inter- et intramoléculaires au sein de la cellulose.

Le deuxième polysaccharide le plus abondant après la cellulose est les hémicelluloses, sont une classe de polysaccharides hétérogènes plus ou moins ramifiés.

I.2.4.2.2. Les hémicelluloses

Elles constituent par définition des polymères hydrophiles, solubles en milieu alcalin et facilement hydrolysables par les acides (John & Anandjiwala, 2008). Elles se composent d'une combinaison de cycles à 5 et 6 carbones : des hexoses (glucose, mannose, galactose), des pentoses (arabinose, xylose) et des désoxyhexoses (rhamnose, fucose). Elles comprennent aussi en moindre quantité des acides uroniques (acide glucuronique, galacturonique) (Catal et al., 2008) tous ça dans la Figure I.14 :

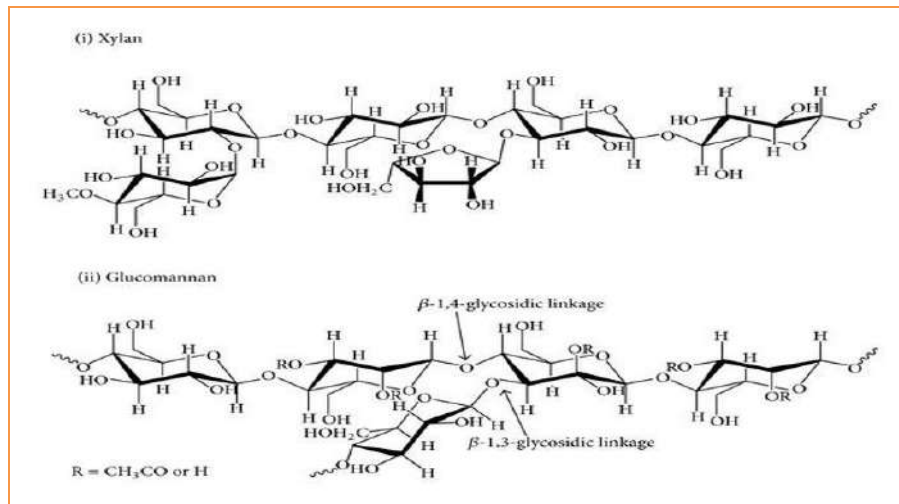


Figure I.14 : Deux exemples de structures d'hémicelluloses (Hamid .S .B.A., 2015)

I.2.4.2.3 Lignine

La lignine, étant très résistante à la compression, confère aux cellules végétales de la solidité. Grâce à ses groupements fonctionnels (alcool, aldéhydes, éthers, hydroxydes de phénols, acides, cétones) (Figure I.15) Elle est totalement amorphe, hydrophobe (insoluble dans l'eau ou n'a pas la capacité de créer des liaisons hydrogène avec les molécules, la lignine joue un rôle important au niveau des mécanismes d'adsorption des biosorbants. Elle est d'ailleurs isolée et extraite de certains biosorbants, pour être utilisée dans la rétention des polluants

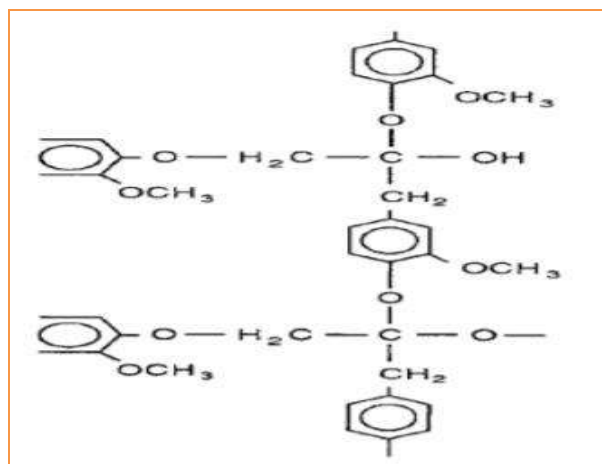


Figure I.15: Structure de la lignine (Mohanty et al., 2005)

I.2.4.2.4.Pectines

Les pectines sont des polysaccharides à structure complexe composée d'une chaîne principale et de chaînes secondaires (Batra, 2006; Hourdet et Muller, 1991). Elles sont principalement composées d'acides galacturoniques. De plus, les pectines ont également la capacité d'échanger des ions, en particulier les ions calcium. Ainsi, elles peuvent se relier entre elles grâce à cet échange d'ions calcium pour former des ponts calciques.

I.2.5. Propriétés et utilisations des fibres lignocellulosiques

Les fibres végétales, qui représentent les fibres de plantes comme le maïs, palmier dattier, ..., peuvent être utilisées seules, en présence d'adhésif ou en combinaison avec d'autres matériaux.

Les propriétés de ces fibres naturelles sont gouvernées par un ensemble de paramètres :

- le facteur de forme de la fibre
- le degré de polymérisation de la cellulose,
- la cristallinité de la cellulose,
- l'orientation des chaînes de cellulose,
- la composition chimique des fibres (teneur en lignine, hémicellulose, cellulose),
- les défauts. En effet,

L'intérêt actuel des industriels pour des matériaux plus économes en CO₂ permet aux fibres naturelles de trouver de nouvelles applications en tant que renfort dans des matrices organiques, principalement pour les domaines de l'automobile et de l'emballage. Des bonnes propriétés mécaniques, une faible densité et un faible coût font des fibres naturelles un matériau de choix pour la préparation de composite à matrice organique. Cependant, la préparation de ces composites rencontre quelques problèmes.

Le caractère hydrophile des fibres naturelles par rapport à l'utilisation de polymères majoritairement hydrophobes et une température de mise en œuvre qui est limitée du fait des risques de dégradation thermique des fibres naturelles sont des restrictions à l'utilisation des fibres naturelles dans les composites à matrice polymère. Pour débloquent ce verrou, de nombreux travaux sont menés sur l'élaboration de matériaux composites à partir de fibres naturelles et particulièrement sur la compatibilisation fibre – matrice qui dépend non seulement de la fibre utilisée mais aussi de la nature de la matrice organique (Vignon *et al.*, 1996 ; Dufresne *et al.*, 2003).

Phénomène D'adsorption

I.3. Phénomène d'adsorption

L'adsorption définit la propriété de certains matériaux (dits adsorbants) de fixer à leur surface les molécules d'un fluide (gaz ou liquide), appelées adsorbât. On désigne par la surface du solide, les surfaces externes et internes engendrées par le réseau de pores et de cavités à l'intérieur de l'adsorbant (Mouchet, 2000).

I.3.1. Propriétés des adsorbants

Beaucoup de substances chimiques de nature très différente peuvent être utilisées comme adsorbants à condition de présenter certaines propriétés (Mahuzier et al., 1999) :

- ✓ **Insolubilité:** les adsorbants doivent avoir une inertie chimique vis-à-vis d'eux et des substances à adsorber.
- ✓ **Surface spécifique importante:** la surface spécifique des adsorbants est leur surface par unité de masse. Elle est liée à leur granulométrie et à leur porosité. Une grande surface spécifique est en général souhaitable, elle permet d'obtenir de meilleures capacités d'adsorption. La surface spécifique dépend de la nature de l'adsorbant et de sa préparation.

I.3.2. Types d'adsorption

Suivant la grandeur des énergies mises en jeu, le problème d'adsorption présente les caractéristiques qui permettent de le classer soit dans la catégorie de l'adsorption physique ou physisorption, soit dans celle de l'adsorption chimique ou chimisorption (Fripiat et al., 1971).

✓ L'adsorption physique

L'adsorption est dite physique lorsqu'elle est due à des forces d'interactions physiques entre les atomes ou groupements d'atomes du solide et les molécules de soluté.

Les énergies mises en jeu sont généralement beaucoup plus faibles qu'en chimisorption et plus facilement réversibles: la chaleur d'adsorption est de l'ordre de 5 à 25 kJ.mol⁻¹, quant aux forces électrostatiques, il s'agit d'interaction ou de répulsion entre espèces chargées (Barka, 2008):

- ✓ Interaction de type Van Der Waals
- ✓ Liaisons hydrogène.

L'adsorption physique se caractérise par (Koller, 2013) :

- La rapidité dans l'établissement de l'équilibre entre la phase adsorbée et la phase fluide
- La réduction de la capacité d'adsorption avec l'élévation de la température
- Une réversibilité relativement facile et une absence de spécificité
- L'adsorption physique peut avoir lieu en monocouche ou en multicouches.

✓ **Adsorption chimique**

L'adsorption chimique met en jeu des énergies, en général, supérieur à 10 Kcal. mol⁻¹. Elle se traduit par la formation de liens chimiques entre les atomes superficiels et les atomes ou molécules adsorbés, et elle est en général favorisée par un accroissement de la température. Cette adsorption est spécifique puisqu'elle dépend de la nature des liens chimiques des atomes en contact. Au cours de l'adsorption chimique, la surface se garnie au maximum de recouvrement d'une couche monomoléculaire de l'adsorbât. En outre, l'adsorption chimique est généralement irréversible, la désorption est plus difficile (Fripia et al., 1971).

Les différences entre la physisorption et la chimisorption sont indiquées dans le tableau I.1 :

Tableau I.1: Différences entre la physisorption et la chimisorption (Treybal, 1980 ; Chitour, 1981 ; Smith, 1981).

Propriétés	Adsorption physique	Adsorption chimique
Température du processus	Relativement basse	Plus élevée
Chaleur d'adsorption	5 Kcal.mol ⁻¹	≥10 Kcal.mol ⁻¹
Liaison	Physique de Van der Waals	Chimique
Spécificité	Processus non spécifique	Processus spécifique
Désorption	Facile	Difficile
Cinétique	Rapide	Lente
Couches	formées Monocouches ou Multicouches	Monocouche

1.3.3. Méthodes de l'adsorption

Il existe plusieurs techniques d'adsorption, la plus utilisée étant la technique en mode cuvée dite méthode en batch. C'est une méthode statique qui consiste à mettre en contact un volume fixe de solution à épurer avec une masse d'adsorbant donnée, dans des conditions préalablement établies (temps d'agitation, concentration, pH, température...). L'ensemble [solution + adsorbant] est alors agité pendant un certain temps, puis séparé par centrifugation, sédimentation ou simple filtration. La comparaison du surnageant et de la solution initiale par dosage analytique permet de déterminer l'efficacité de l'adsorbant utilisé.

Les facteurs influençant l'équilibre d'adsorption Au regard des nombreux paramètres qui entrent en jeu dans les mécanismes d'adsorption d'espèces neutres ou chargées en solution, il apparaît toujours très difficile de définir le rôle distinct de chacun d'entre eux tant le processus global résulte d'une interaction complexe entre ces différents paramètres

L'efficacité d'un adsorbant à adsorber un soluté (adsorbât) dépend de plusieurs paramètres, parmi lesquels on distingue les facteurs liés à :

Matériaux adsorbants

L'adsorption est reconnue comme un des procédés les plus efficaces pour l'élimination des polluants organiques, encore faut-il choisir le bon adsorbant. Des études académiques proposent différents adsorbants pour éliminer toutes sortes de polluants.

Mais ces dernières années, une attention particulière a été portée aux adsorbants à base de matériaux naturels ou de déchets industriels ou agricoles comme la peau d'orange, les cendres volantes qui ont été utilisés pour éliminer des polluants organiques (**CRINI. G., PIERRE-Marie .B., et N MORIN-CRINI.N. ,2009**).

Les polymères naturels (cellulose, carraghénane, amidon, cyclodextrine, alginate, chitosane) présentent de nombreux avantages par rapport au charbon actif comme leur faible coût, leur biocompatibilité et leur biodégradabilité ; ils ont un pouvoir coagulant/floculant et chélatant, et surtout ils peuvent être modifiés chimiquement afin d'acquérir de nouvelles propriétés . Leurs propriétés d'adsorption ont été largement mises en évidence

I.3.4. Le chitosane et l'adsorption

Le chitosan est un Biopolymère qui apparaît comme une alternative efficace et écoresponsable, Cette substance est devenue un acteur du traitement des eaux, l'adsorption et de l'ultrafiltration assistée est abordée. Les mécanismes d'interaction contaminants-chitosan sont ensuite décrits, avant de conclure sur les questions pendantes et perspectives relatives à ce matériau.

I.3.4.1. Utilisation du chitosan comme adsorbant

L'adsorption sur des matériaux à faible coût s'est révélée être l'une des méthodes les plus efficaces pour éliminer les colorants, en particulier pour les effluents à faible concentration (**Bharathi et Ramesh, 2013**).

Le chitosane peut être fabriqué sous différentes formes, notamment des particules, des fibres, des films et des billes pour l'adsorption , Malgré une forte affinité d'adsorption du chitosane, l'un des inconvénients de son utilisation comme adsorbant est sa solubilité dans certains milieux acides (pH <5,5). Il en résulte la formation de gels de chitosane qui peuvent éventuellement conduire à des pertes de capacité d'adsorption. La réticulation est une méthode de modification chimique qui rend le chitosane insoluble dans les milieux acides. Le chitosane réticulé maintient une réactivité constante dans une large gamme de pH et se caractérise par une résistance mécanique élevée (**Filipkowska, 2012**)

I.3.4.2. Avantages et inconvénients des adsorbants à base du chitosan

Comparés aux adsorbants conventionnels utilisés pour l'élimination des polluants des solutions, les adsorbants à base du chitosan offrent plusieurs avantages et présentent quelques inconvénients qu'on peut énumérer dans le tableau I.2 (Crini, 2005) :

Tableau I.2: Avantages et inconvénients des adsorbants à base du chitosane (Crini, 2005 ; Crini et Badot, 2008 ; Zhou et al., 2009)

Adsorbant	Avantages	Inconvénients
Matériau A base du chitosane	<ul style="list-style-type: none"> - polymères naturel peu coûteux -- Polymère naturel peu coûteux - Doux pour l'environnement - Capacités exceptionnelles pour les liaisons métalliques et les colorants - Rendement et sélectivité élevés en détoxification des solutions très diluées ou concentrées - Excellentes propriétés de diffusion - Régénération facile. 	<ul style="list-style-type: none"> - Adsorbant non poreux. - Capacité de sorption dépendant de l'origine du polysaccharide et du degré de désacétylation - Dépend du pH - Exige la modification chimique pour améliorer sa capacité d'adsorption. - Basse affinité pour les colorants basiques

Les effluents aquacoles

I.4. Les effluents piscicoles

Au vu de l'évolution de la réglementation sur l'eau, la caractérisation et la quantification des rejets piscicoles sont essentiels à connaître d'une part pour la gestion des élevages, tant pour le traitement que pour le suivi des rejets, d'autre part pour se conformer à la réglementation (le point clé de la réglementation (IPCE) l'étude d'impact environnemental qui nécessite la quantification des rejets et l'étude de leurs effets potentiels sur l'environnement).

I.4.1. Caractérisations des rejets des élevages piscicoles

Les rejets des poissons sont caractérisés par leur dilution variable mais élevée en comparaison avec les autres productions animales ou les eaux de rejets industriels. On doit distinguer les rejets directs émis par les poissons et les rejets liés à l'ensemble du système d'élevage.

I.4.1.1. Rejets directs des poissons

Les rejets des poissons sont issus de la partie non ingérée de l'aliment (parfois inexistante), de la partie absorbée mais non digérée (fèces) et de l'utilisation partielle de l'aliment absorbé. En effet, l'aliment est utilisé comme source d'énergie et de croissance avec une efficacité inférieure à 100% entraînant la production de déchets métaboliques (Figure I.16.).

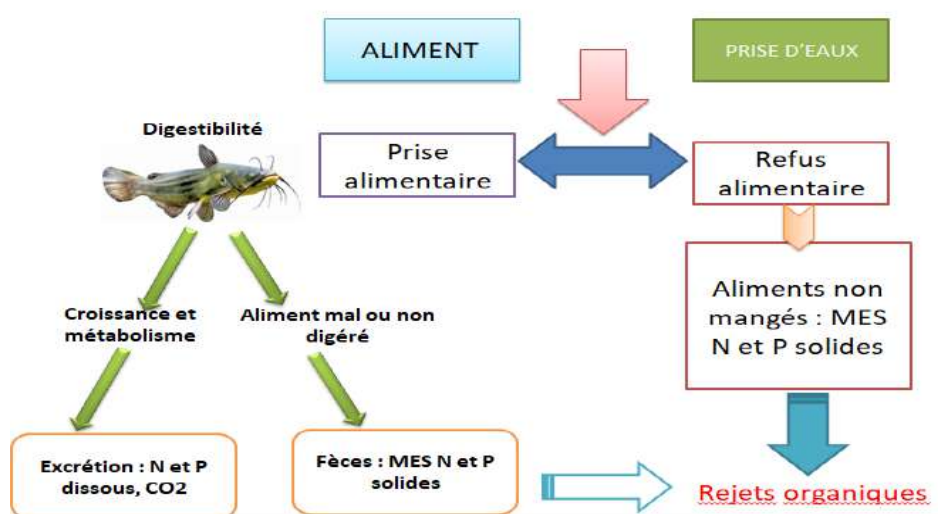


Figure I.16 : Devenir de l'alimentation en aquaculture

I.4.1.2. Rejets liés aux systèmes d'élevage

Les caractéristiques des rejets dépendent du type de système d'élevage considéré. Pour un tonnage produit donné, les concentrations en matières solides et dissoutes de l'effluent rejeté, de même que les débits à traiter sont très variables selon le type de système utilisé (Gowen et Bradbury, 1987 ; Beveridge et al., 1991 ; Lavenant et al., 1995)..

I.4.2. La qualité de l'eau, un enjeu majeur pour l'aquaculture en circuit fermé

La qualité de l'eau est un élément-clé pour le bon fonctionnement des piscicultures, et cela est d'autant plus vrai pour les RAS. Un problème majeur, intrinsèque au fonctionnement des RAS, concerne l'accumulation de matières en suspension solides et dissoutes dans l'eau. Or, une eau de bonne qualité permet de respecter le bien-être des animaux et les maintenir en bonne santé, afin qu'ils puissent exprimer leur potentiel de croissance.

III.1.2.1. Les sources de pollution

I.4.2.1. Les matières en suspension solides

Les matières en suspension solides en aquaculture peuvent provenir de différentes sources, externes lorsqu'elles sont amenées par la source d'eau et internes lorsqu'elles sont produites par les poissons et les intrants utilisés dans les bassins. Du fait de la particularité de l'approvisionnement en eau des RAS, souvent issue de forage avec des eaux peu chargées en MES, seules les MES produites en interne seront abordées dans cette partie. Les principales sources sont les fèces des poissons et les aliments non consommés (**Reid et al., 2009 ; Schumann et Brinker, 2020**). L'unité de mesure des MES solides est une quantité exprimée en concentration de matière sèche par volume (mg.L⁻¹). Cependant, il s'agit d'une mesure quantitative brute qui ne donne pas d'information sur d'importants paramètres physiques (distribution des tailles, forme), mécanique (stabilité) et chimique (composition en nutriments) (**Schumann et Brinker, 2020**).

I.4.2.2. Les fèces .

Les fèces des poissons constituent la source principale des MES solides dans un circuit fermé (**Schumann et Brinker, 2020**). La production des fèces est directement corrélée à la quantité d'aliments ingérés et à la digestibilité des différents ingrédients qui les composent (**Cho et Bureau, 1997**). La composition des fèces est proche de celle des aliments, et les principaux éléments qui constituent la matière sèche sont les protéines, les lipides, les glucides, les fibres et les minéraux.

Les fractions non digestibles de l'aliment sont constituées principalement des fibres et des amidons provenant d'ingrédients végétaux car les poissons carnivores comme les salmonidés ne possèdent pas de cellulase, ni d'amylase pour les digérer (**Cho et Bureau, 1997**). Les fèces sont riches en nutriments, en particulier en azote (N), en phosphore (P) et en carbone (C), dont les quantités excrétées dépendent à la fois de la qualité et de la quantité des ingrédients ingérés. Le pourcentage du P ingéré qui est excrété par les fèces est estimé à 30- 50% et il est de 6-8% pour le N (**Dalsgaard et Pedersen, 2011**). La lixiviation de ces nutriments est quasi-immédiate au contact de l'eau (**Chen et al., 2003**) et elle peut se prolonger sur plusieurs jours (**Kibria et al., 1997 ; Stewart et al., 2006**). Les fèces deviennent particulièrement problématiques pour les RAS lorsqu'elles se désagrègent, que les nutriments qu'elles contiennent se solubilisent et qu'il est alors impossible de les récupérer via les filtres mécaniques. Il est

impératif de les collecter le plus vite possible depuis leur excrétion par les poissons pour limiter la dégradation de la qualité d'eau.

I.4.2.3. Les aliments non consommés

Les aliments non consommés des poissons représentent aussi une des sources de pollution principale de l'eau (**Schumann et Brinker, 2020**). Ils peuvent ne pas être consommés par les poissons pour diverses raisons. Premièrement, ils peuvent être dégradés avant d'avoir été distribués aux poissons, notamment lors du transport de l'usine à la pisciculture, lors du stockage et dans les systèmes de distribution pneumatique (**Aas et al., 2011**). Ces aliments cassés produisent des fines, des poussières de granulés, qui s'accumulent et polluent l'eau des bassins car les poissons ne peuvent pas les capter

I.4.2. 4. Les polluants dissous

Les polluants dissous sont constitués des déchets métaboliques des poissons et de la lixiviation des nutriments issus des fèces et des aliments (**Chen et al., 2003 ; Dalsgaard et Pedersen, 2011 ; Schumann et Brinker, 2020 ; Stewart et al., 2006**). Les principaux polluants dissous en aquaculture sont l'ammoniaque (NH_3), les nitrites (NO_2^-) et le phosphate (PO_4^{3-}). Le NH_3 et les NO_2^- sont des composés toxiques pour les poissons (**Esmail et al., 2015**). Le NH_3 est un des produits finaux du métabolisme des protéines, il est excrété notamment par les branchies des poissons (**Bishop, 1976**). Le nitrite provient principalement du métabolisme d'oxydation de l'azote ammoniacal ($\text{NH}_3\text{-NH}_4^+$) et s'accumule en raison de déséquilibres dans l'activité des bactéries nitrifiantes (**Wang et al., 2004**). Contrairement au NH_3 et au NO_2^- , le phosphate n'est pas toxique pour les poissons. En revanche, c'est un nutriment qui sert au développement des algues, responsable des phénomènes d'eutrophisation en aval des piscicultures (**Herath et Satoh, 2015**)

I.4.3. Les systèmes de filtration pour récupérer les effluents piscicoles

I.4.3.1. Les filtres mécaniques

Les filtres mécaniques permettent de récupérer les particules solides afin de préserver la qualité de l'eau (**Cripps et Bergheim, 2000**). L'objectif de ces filtres est de diminuer la charge en MES de l'eau avant le passage dans le filtre biologique. Il existe différents types de filtration mécanique comme les filtres à sable, les filtres rotatifs à tambour, les filtres à membrane et également les bassins de sédimentation (**Cripps et Bergheim, 2000**). Cependant, une large majorité des RAS ont adopté les filtres mécaniques de type microfiltration via un filtre à tambour, avec une toile filtrante de 30 à 100 micromètres (**Bregnballe et al., 2015**). La figure 7 présente les différentes gammes de taille des particules traitées pour les systèmes de filtration mécanique couramment utilisés (**Cripps et Bergheim, 2000**).

I.4.3.2. Les filtres biologiques

Les filtres biologiques ou biofiltres permettent d'épurer l'eau d'une partie des polluants dissous. Ils hébergent les bactéries nitrifiantes autotrophes qui permettent de traiter les nutriments organiques dissous comme l'ammoniaque (NH_3) et le nitrite (NO_2^-) (**Crab et al., 2007**). Ces composés extrêmement toxiques pour les poissons sont traités par les bactéries nitrifiantes. Dans un premier temps, les Nitrosomonas convertissent le NH_3 en NO_2^- , puis les Nitrobacter convertissent le NO_2^- en NO_3^- - presque inoffensif pour les poissons (**Chen et al., 2006**). Il existe différents types de biofiltre comme par exemple le biofiltre sur lit fixe ou le biofiltre sur lit agité (**Crab et al., 2007**). Ce dernier est le plus souvent utilisé car il est moins sujet à l'encrassement que le premier. Il existe aussi des biofiltres par ruissellement, mais aujourd'hui la quasi-totalité des biofiltres sont immergés. Les biofiltres sur lit agité sont constitués de media, des supports en plastique développant une grande surface, sur lesquels des biofilms de bactéries nitrifiantes peuvent se fixer, qui sont mis en mouvement via des aérateurs (**Leclercq, 2020**). L'utilisation de ces derniers possède un double-avantage : d'une part, les media mis en mouvement s'entrechoquent et s'auto-nettoient limitant les risques d'encrassement et d'autre part, l'air injecté permet d'oxygéner l'eau, ce qui contribue à faciliter la nitrification réalisée par les bactéries nitrifiantes aérobies. Aussi, la nitrification produit un proton (H^+) qui fait diminuer le pH de l'eau. Il est donc nécessaire d'ajouter une base comme du bicarbonate de sodium pour stabiliser le pH (**Bregnballe et al., 2015**).

Matériels Et méthode

❖ Introduction

Ce chapitre a pour but de présenter les différents matériaux adsorbants traités et activées à partir des résidus de l'agriculture et aquaculture. Ensuite, nous décrivons les techniques d'analyses utilisées au cours de ce mémoire. En ce qui concerne la caractérisation des échantillons nous avons utilisé les techniques suivantes de caractérisation des matériaux et les protocoles exploités dans l'adsorption du polluant dissous dans l'eau piscicole.

II.1. Le matériel utilisé dans ce travail

Le matériel utilisé dans ce travail est rapporté dans les figures (II.17, 18) suivant

❖ **Les verreries** : cristallisoir, biché, erlenmeyer, éprouvette.

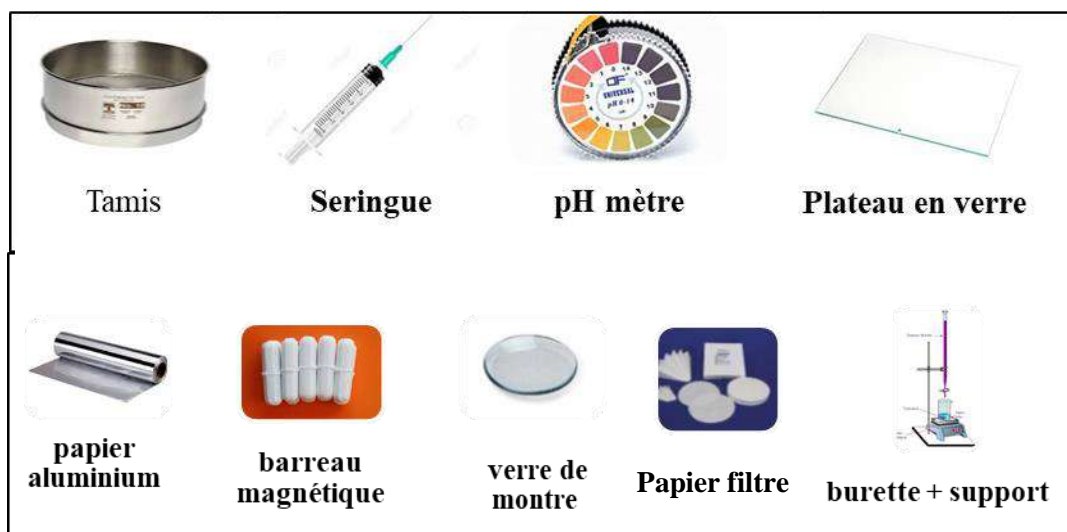


Figure II.17 : Les instruments utilisés.



Figure II.18: Quelques appareille utilisées

II.2. Produits utilisés

❖ Le Chitosan

Le chitosan commercial utilisé est extrait à partir des carapaces de crevettes et fourni par la société France Chitine (France). Il s'agit du chitosan de référence 241 avec un degré de désacétylation de 80% et une viscosité de 87 CPS annoncés par le fournisseur. La masse du chitosan a été séchée et broyée avec mixeur (100-200 μ m) la Figure(II.19) suivant :



Figure II.19 : Les étapes de broyage du chitosane

Les propriétés du chitosane utilisée :

Le chitosane utilisé dans ces biomatériaux adsorbant extrait de carapace de crevette (*Penaeus kiraturus*), sa propriété mentionnée dans le tableau (II.3) suivant :

Tableau II.3 : Les propriétés du chitosane utilisée dans les biomatériaux adsorbant.

Les propriétés du chitosane	Les données
Degré d'acétylation	80%
Masse moléculaire	293000 g /mole

❖ Le déchet de palmier dattier DPD

Les pétioles de palmiers (*Phoenix dactylophera L.*) (Figure20) ont été collectés à Ouargla, en Algérie ; ensuite ils ont subi un broyage, puis lavés avec de l'eau distillée pour enlever le sable et les poussières.

Le matériau a été séché à l'étuve à 105 °C pendant 24 h pour éliminer l'humidité. La masse séchée a été broyée avec broyeur à disque pulvérisent 13 dont la fraction à 0.5 mm et 1mm de diamètre a été conservé pour les essais d'adsorption.

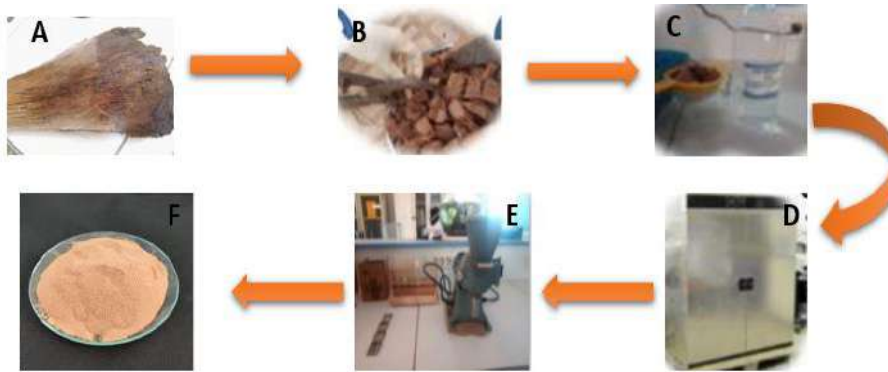


Figure II.20 : Les étapes de préparation de DPD à partir pétiole de palmier dattier (*Phoenix dactylophera L.*) Avant et après le broyage



Figure II.21 : Les réactifs utilisés pour préparer les biomatériaux adsorbant.

De ce fait, ce chapitre présente dans un premier temps les différents produits utilisés, les étapes suivies pour la synthèse et la caractérisation du chitosane, les méthodes d'obtention et la caractérisation des billes du CS/DPD.

II.3. Protocole expérimentale

Les billes du chitosan ont été formées en dissolvant une quantité bien déterminée du 4g de chitosan dans un volume d'eau distillé 200ml avec 5 % d'acide acétique (Aldrich, pureté >99%) (figure II.21) sous agitation magnétique jusqu'à la dissolution complète du chitosan dans autre part une quantité de 4g de (DPD) dans un volume de 80 ml d'eau distillé sous agitation pendant une nuit et à une température ambiante pour obtenir un mélange homogène.

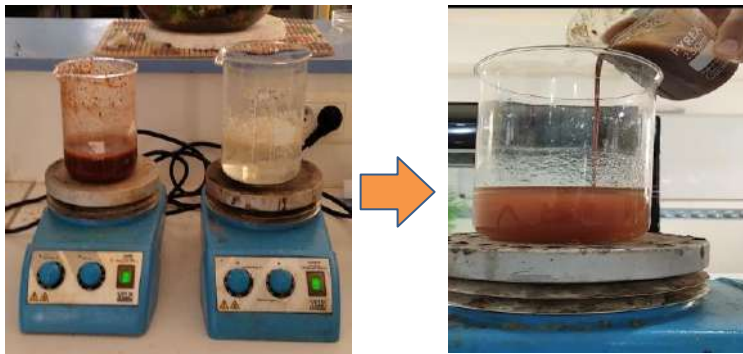


Figure II.22 : les deux solutions sous agitation de 24h jusqu'à l'homogénéité

Ensuite on va mélanger les deux avec eux, ce mélange obtenu a été laissé reposer pour un temps suffisant, la solution visqueuse du chitosan/ déchet palmier dattier a été ajoutée goutte à goutte dans une solution de 1 mol de NaOH (Aldrich, pureté >99%) dans 500ml d'eaux distillé à l'aide d'une burette de 50 ml (FigureII.23) sous agitation magnétique pour éviter la coalescence des billes.

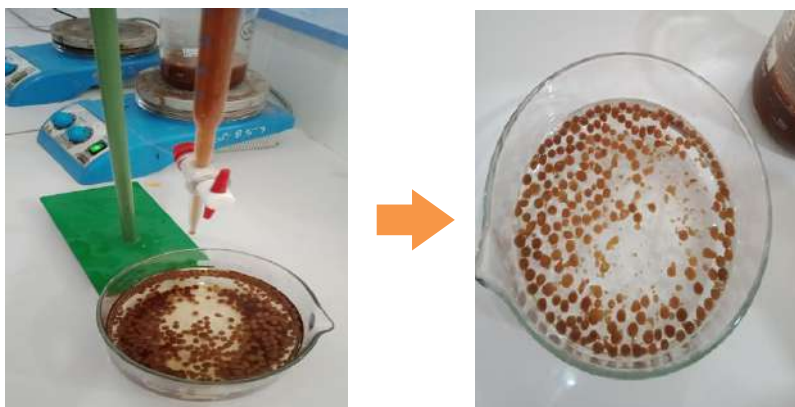


Figure II 23 : formation des billes par la burette

Les billes ainsi formées ont été laissées dans le bain de soude pendant 2 jours, (Figure II.24). Par la suite, elles ont été récupérées par filtration et lavées plusieurs fois à l'eau distillée jusqu'à la stabilisation du pH des eaux de lavage.



Figure II.24 : Rinsage des billes jusqu'à pH neutre

Enfin, les billes ont été séchées à l'étuve de T=80° C

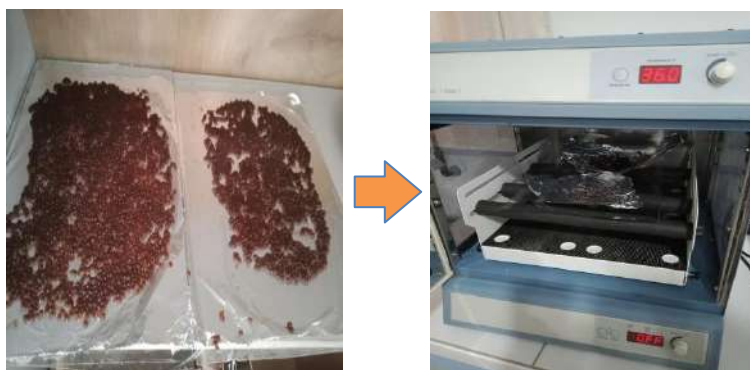


Figure II.25 : séchage des biomatériaux.

On fait les différents rapports pour garder le maximum de la quantité de chitosane et on utilise les DPD parce qu'elle est disponible partout contrairement au CS qui est difficile à trouver dans notre région. On va utiliser des quantités justes pour l'encapsulation du DPD parce qu'elle a une propriété d'adsorption des éléments dissous.

Tableaux 04 : les rapports utilisés pour la préparation des biomatériaux adsorbants.

Les rapports	0.5/1	1/1	2/1	2/2
Les solutions de CS	1g/100 ml	1g/100ml	2g/200ml	4g/200 ml
Les suspensions du DPD	2g/80ml	4g/80ml	8g/80ml	4g/80ml

II.4. le dispositif expérimentale

Le dispositif expérimental est composé d'un aquarium et d'où se déroule l'élevage de tilapia, avec une densité de 30 individus/ m³. Le poids moyen initial de ces individus est de 4.75 g. Ces individus sont nourris à raison de 2 fois / jours en fonction de leur poids.

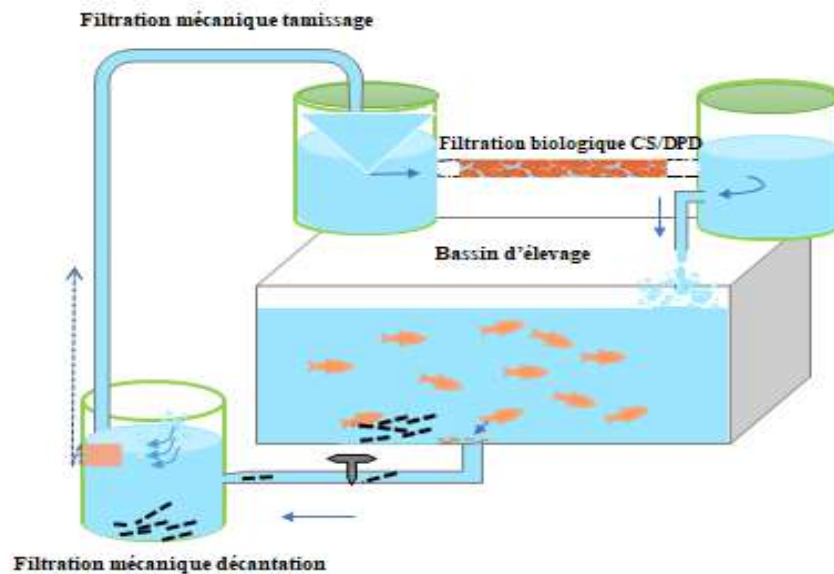


Figure II.26: Description d'un système en circuit-fermé Combinaison de filtration mécanique, et filtration biologique

Cet aquarium d'élevage est relié à un bassin dit de décantation qui permet d'éliminer une partie de la matière en suspension. L'eau ayant subi un traitement physique dans le bassin de décantation est transféré à partir d'une pompe. Il traverse ensuite un autre tamis pour éliminer les matières en suspension non décantables.

Les rapports utilisés pour la préparation des biomatériaux adsorbant. on a fait par les billes CS/DPD qui filtré l'eau avec une propriété biologique qui dépend l'adsorption des polluants dissous L'ammonium NH_4^+ , ammoniac NH_3 , Nitrite, Nitrate dans l'eau et les billes signifié comme un adsorbat Spécialement, ses caractéristiques attrayantes dans l'adsorption sont dues à la présence des groupes hydroxyles (OH) et des groupes amino (NH_2). La présence de ces groupements fonctionnels réactifs permet des réactions de substitution ou de modification chimique qui donnent de nouveaux matériaux à base du chitosane et d'élargir par la suite ses applications.

❖ **La filtration mécanique :**

La taille de maille sont comprises entre 80-150 μ m, pour issues du larvaire entre 10-40 μ m (**Bergheim et Brinker, 2003**). **Bergheim et al. (1993b)** montrent que l'efficacité d'un système de traitement par filtration peut varier entre 0 et 60% pour des effluents peu concentrés (MES entre 2-5mg.l⁻¹), contre 80 à 100% lors du traitement d'effluents très chargés.

II.5. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau

L'échantillonnage qu'on a fait concerne l'aquarium d'élevages et 2 autres pour la rentrée et la sortie d'eau)(FigureII.27), les analyses ont été faite sur huit paramètres physico-chimiques ; la salinité, la conductivité électrique, le pH, la température, l'oxygène dissous, les nitrates, les nitrites et les ortho-phosphates. Ces paramètres ont été mesurés le mois de juin 2021.



Figure II.27: l'analyse physique –chimique d'eau au cours de traitement

Les analyses des paramètres (physico-chimiques) ont été effectuées in situ à l'aide d'un multi paramètre de type (HORIBA), pour ce qui des matières en suspension et les sels nutritifs des prélèvements ont été effectués et l'analyse a été faite au laboratoire pédagogique d'aquaculture à Université KASDI Merbeh Ouargla

Résultats et discussion

III.1. Caractéristiques de Biocomposites

III.1.1. La morphologie des billes sous Microscope photonique

Les billes préparées pour cette étude ont été observées au microscope optique. La figure III.28 montre des billes sphériques d'un diamètre d'environ 3.5 mm pour les billes humides et d'environ 1.2 mm pour les billes sèches. Ces dimensions sont les mêmes que ce soit pour le Chitosane seul ou pour les billes CS/DPD. Cependant, pour les composites caractérisés par des taux élevés en déchet de palmier dattier, il n'y a pas une sphérication du chitosane sur le déchet organique.



Figure III.28 : les billes CS/DPD préparées avant et après séchage, C : les billes de Chitosane.

Les diamètres des billes sont obtenus à partir du traitement de photographies numériques. Les résultats obtenus ainsi le taux de gonflement des billes sont reportés dans le tableau III.5 suivants :

Tableau III.5 : diamètres et humidité des billes préparées

Billes	Diamètres	Taux d'humidité
Chitosan	3mm	77.45%
CS/DPD	4 mm	77,49 %
CS/DPD	6mm (non sphérique)	//

Comme tous les hydrogels, les billes du chitosane contiennent beaucoup d'eau. Le taux d'humidité trouvé est de l'ordre de 96 %. Les densités des différentes billes du chitosane dans les rapports sont toutes supérieures à celle de l'eau distillée ce qui permet aux billes de s'immerger complètement dans les solutions aqueuses.

Les billes formées sont homogènes dans leur taille, et leur poids diminue d'une manière significative après 24 h de séchage à 60°C. Par ailleurs, on constate une perte de masse de 96% sous l'effet de séchage. Cette transformation est irréversible en raison de la rigidité du réseau réticulé par les ions Na⁺

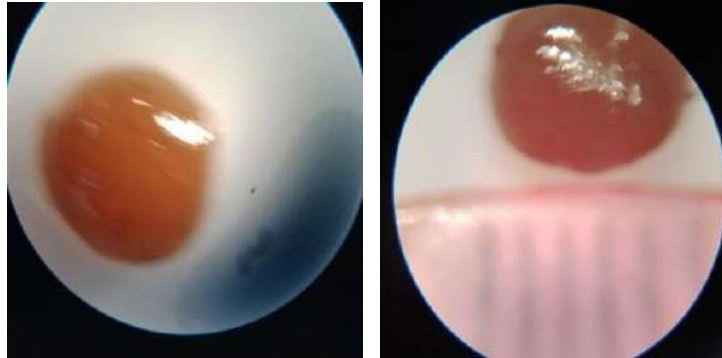


Figure III. 29 : morphologie des billes sous microscope photonique

III.1.2. Etude de la morphologie par MEB

Le MEB est constitué de deux parties principales : la colonne qui contient le canon à électrons et la chambre d'observation où l'on place l'échantillon balayé par le faisceau d'électrons. Ainsi l'interaction faisceau d'électrons - matière, génère des électrons qui sont collectés par un détecteur, puis convertis en un signal amplifié et utilisé pour moduler la brillance de l'écran d'observation. Celui-ci est d'autant plus brillant que le nombre d'électrons émis est important.

Dans notre étude nous avons utilisé un MEB de type. Les analyses des ont été effectuées au centre nationale de recherche et des analyses physico-chimiques (unité de Ouargla).

Les clichés obtenus par MEB permettent d'observer la morphologie de la poudre de CS, la poudre de DPD et le Biocomposites CS/DPD à l'échelle du micron (Figure III.30).

Le CS présente une surface non poreuse constituée d'orifices en forme de dôme et de micro fibrilles. Les billes de CS/DPD ont une surface spécifique plus grande qui correspond les billes et l'existence des pores sur cette dernière, par contre la morphologie de poudre de DPD la présente de la surface irrégulière, désordonnés sans aucune forme particulière sur toute la surface.

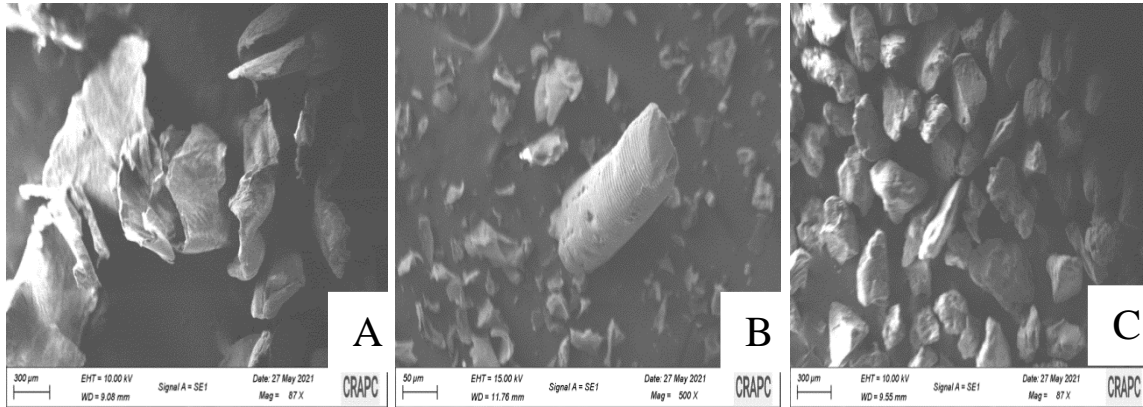


Figure III.30: Les clichés obtenus par MEB

(A : les poudre de Chitosane, B : le poudre de DPD, C : les billes de CS/DPD)

III.2. Le remplissage du tube par le Biocomposites CS/DPD et son application

Pour l'application de ces Biocomposites préparés dans le traitement des effluents aquacoles dans un système en circuit fermé. Des filtres à base de Chitosane/palmier dattiers ont été préparés. La dimension de ces filtres est de (longueur 23cm) et diamètre (2cm) et de 25g de Biocomposites

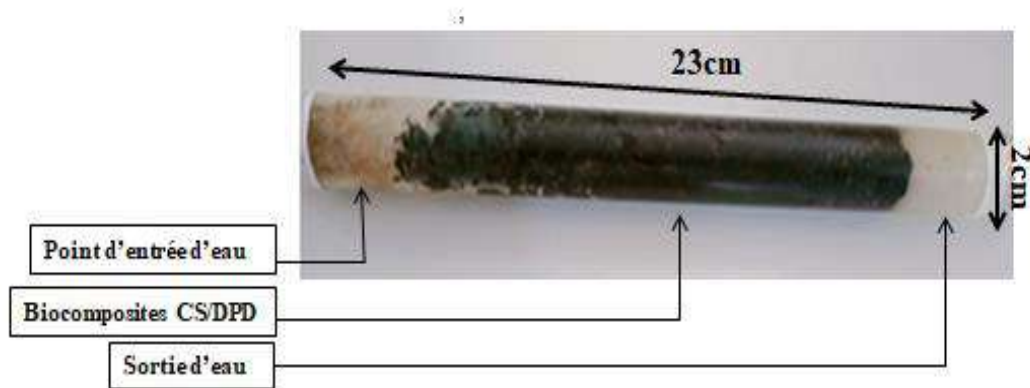


Figure III.31: le Biocomposites CS/DPD utilise

III.3. L'application du Biocomposites dans le dispositif (PCF) pour voire la qualité d'eau a l'entrée et à la sortie

Au cours de leur circulation d'eau La qualité a l'entrée et la sortie se changer. après le passage au niveau décantation (permet de sédimentation de la MES et diminuants la vitesse d'écoulement de l'eau) ensuite le tamisage (permet de tamis les particule solide) et enfin sur le biomatériaux (l'adsorbé les éléments dissous toxique NH_3 , NH_4^+) au l'eau d'élevage)

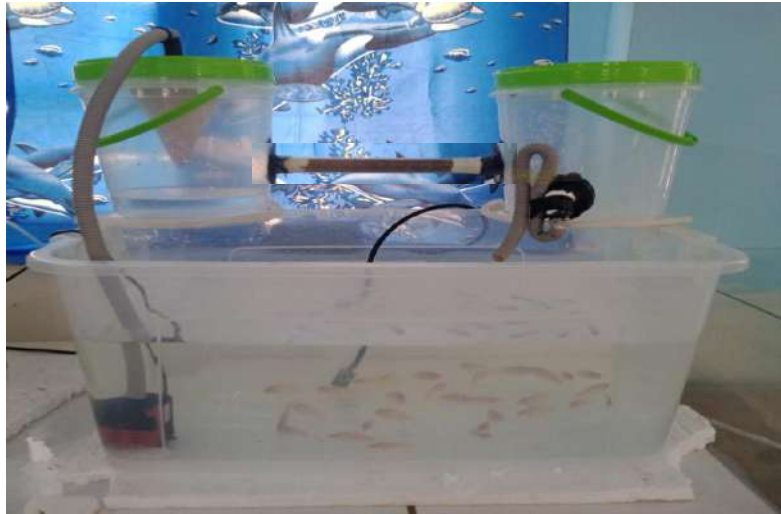


Figure III.32 : dispositif expérimental

III.4. Evaluation des paramètres physique-chimique de l'eau

Au temps de la fixation du tube qui prend la Biocomposites CS/DPD dans notre dispositif, nous avons effectué des mesures journalières des paramètres physico- chimique (température, salinité, O₂ dissous, pH, conductivité électrique et la turbidité) 2 fois par jour avant et après le traitement. Les résultats obtenus ont été présentés sous forme des graphes :

III.4.1. Température

Les variations de la température de l'eau suivent celles de la température de l'air. Les températures moyennes enregistrées sont 31,31 et 31,40 °C à l'entrée et la sortie, respectivement. Par ailleurs, les variations de ce paramètre avant et après traitement reste invariable ($p > 0,05$).

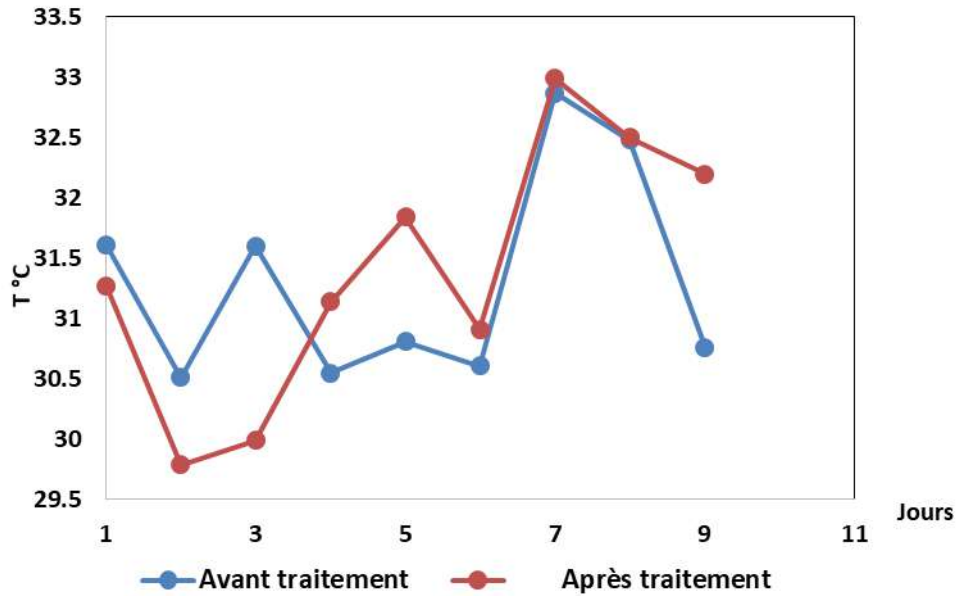


Figure III.33 : variation de la température à l’entrée et la sortie du dispositif expérimental

III.4.2. pH

L’évolution du pH au cours de la période d’étude a montré des variations légères. Les eaux d’élevage sont caractérisées par valeurs moyennes avant de traitement 7.62 et après 7.59 (Figure III.34) et maximaux à l’entrée 7.79 et à sortie 7.77 respectivement Les valeurs minimales enregistrées à l’entrée sont 7.40 et celles de la sortie 7.38. Ces valeurs sont légèrement alcalines qui peuvent être expliquées par la richesse de l’eau en carbonates. Par ailleurs, les variations de ce paramètre avant et après traitement reste invariable ($p > 0,05$).

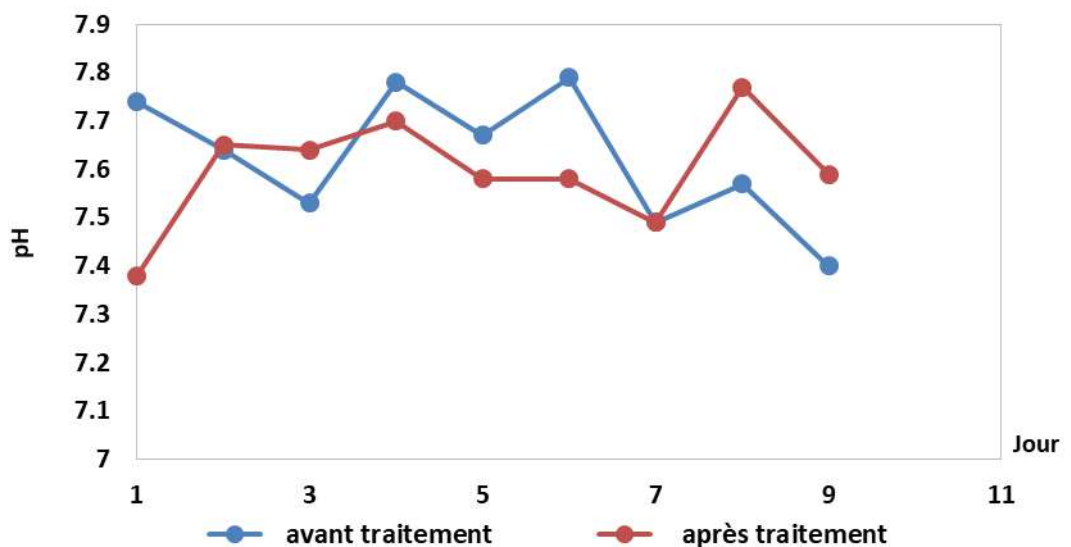


Figure III 34 : variation du pH à l’entrée et la sortie du dispositif expérimental

III.4.3. Oxygène dissous

Les résultats de mesures de l’oxygène dissous montrent que les concentrations varient entre ..., avec une moyenne de 12.26g/l 11.90 mg /l(Figure III.35). Les valeurs minimales enregistrées à l’entrée sont 10.56cet celles de la sortie 10.26 mg/l ; par ailleurs, aucune différence significative n’a été observée entre l’entrée et la sortie du dispositif expérimental ($p>0,5$).

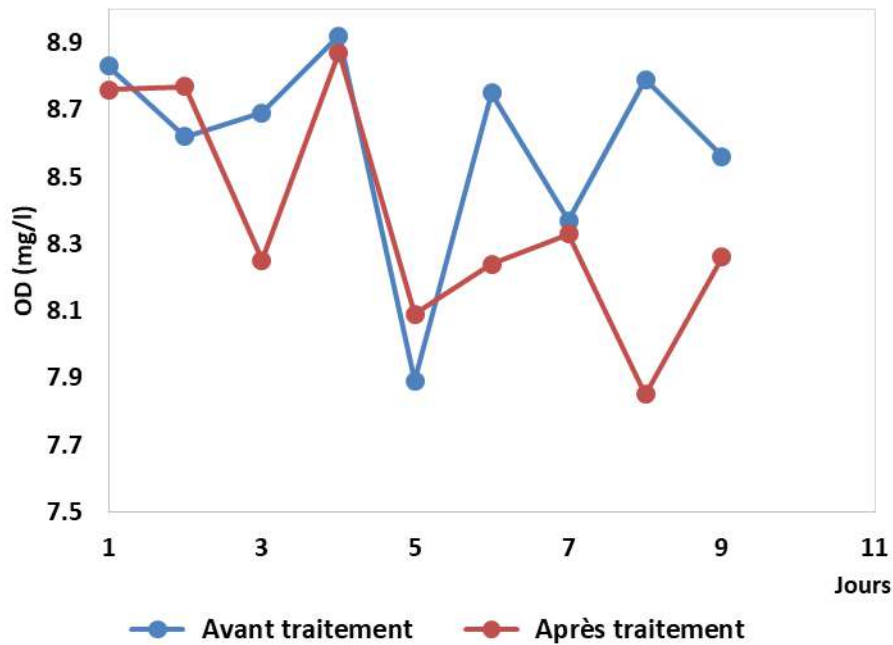


Figure III.35 : Variation des teneurs en oxygène dissous à l’entrée et la sortie du dispositif expérimental

III.4.4.Salinité

Ce paramètre évolue de la même façon que les autres paramètres physico-chimiques (T et pH). Les valeurs varient entre 2.4g/l- 2.2 g/l.comme valeur minimale et comme valeur maximale à l’entré 2.7g/l -2.6g/l. L’analyse par l’utilisation du test de Student a montré une différence non signéficative entre l’entrée et la sortie (Figure III.36).

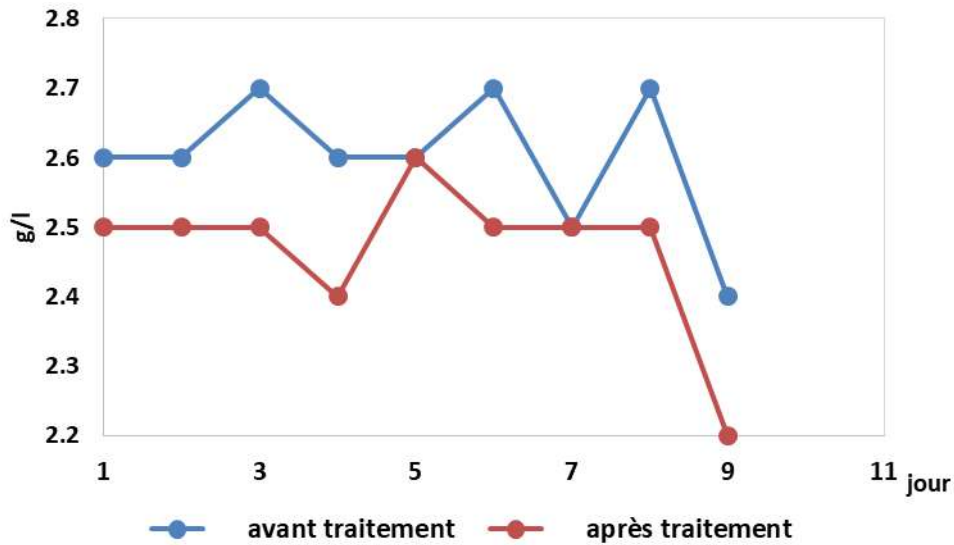


Figure III.36 : variation de la salinité à l’entrée et la sortie du dispositif expérimental

III.4.5. Conductivité électrique

Les eaux d’élevage sont légèrement minéralisées, avec des valeurs moyennes qui sont de 4,95 et 4,86 miement/cm à l’entrée et à la sortie du dispositif expérimental, respectivement. Cette légère variation s’explique par l’adsorption de certains ions par les biofiltre CS/DPD.

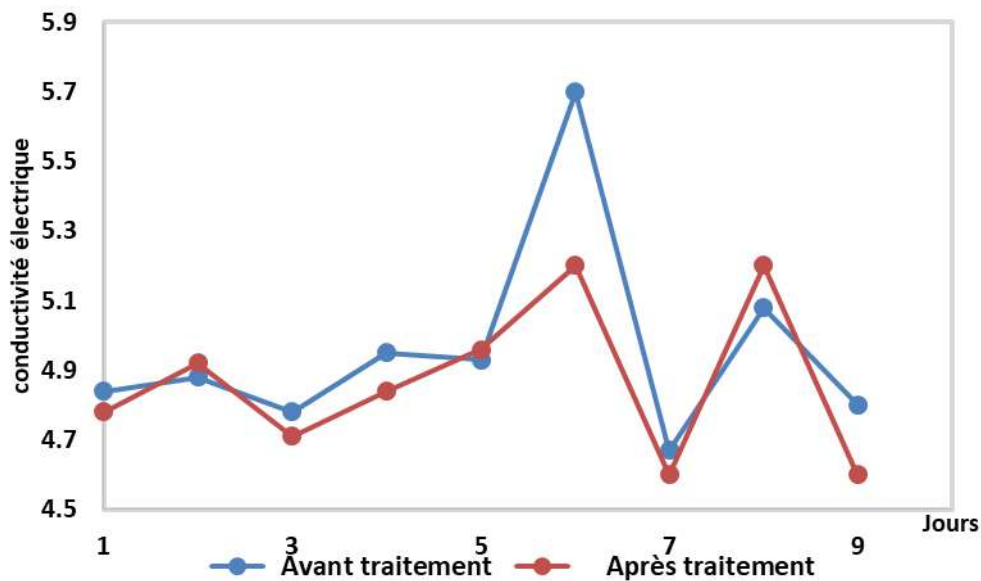


Figure III.37: variation de la conductivité électrique à l’entrée et la sortie du dispositif expérimental

III.4.6. Turbidité (Particules en suspension (PES))

Les teneurs en PES dans notre dispositif sont illustrées dans la figure III.38. On remarque une augmentation des valeurs de PES qui s’expliquent par les rejets solides présents dans l’aquarium à savoir le refus alimentaire et les fèces de poissons a là l’entré 61.7 mais à la sortie 47.7 on remarque la diminution les valeurs s’explique à l’entré 12.4 et pour la sortie 4.1

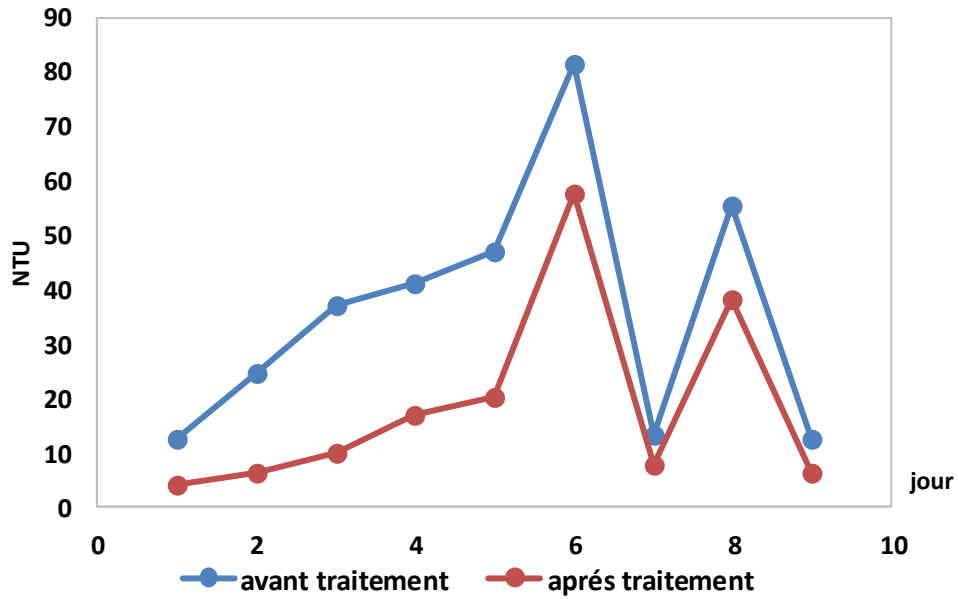


Figure III.38 : variation de la turbidité à l’entrée et la sortie du dispositif expérimental

III.5. Elimination e l’ammonium

La figure (III.39) illustre les taux d’ammonium relevés à l’entrée et à la sortie de la ferme. On constate une nette diminution es concentrations en ammonium après passage de l’eau dans le filtre à base de chitosane/DPD et leur concentrations après traitement se trouvent ans les valeurs recommandées pour l’élevage de Tilapia.

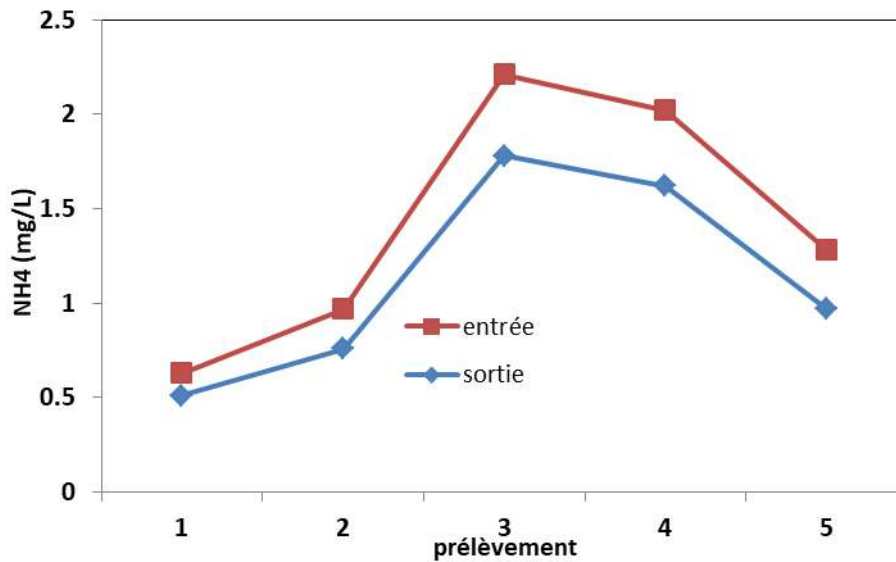


Figure III.39 : variation de l’ammonium à l’entrée et la sortie du dispositif expérimental

IV. Discussion

Le suivi des paramètres physico-chimiques et l'analyse des éléments toxiques les produits rejetés par le poisson comme déchet métabolique et l'aliment non consommé, tous ont une importance majeure dans la qualité d'eau d'élevage car les valeurs non adéquates de ces paramètres peuvent influencer l'état physiologique des poissons. Durant toute la période de notre travail les valeurs des différents paramètres physico-chimiques qu'on a obtenus montrent des valeurs optimales pour la survie de *Tilapia Oreochromis Niloticus* tel que la température, la salinité, pH, la conductivité électrique, l'oxygène dissous et la matière en suspension. Globalement, ces paramètres ne varient pas d'une façon significative entre l'entrée et à la sortie d'eau, tous les paramètres étudiés sont liés entre eux d'où la conductivité électrique suite le rythme de la salinité, elle donne une idée sur l'ionisation et la dureté du milieu. Ces deux paramètres sont directement liés aux variations de la température. Les résultats qu'on a obtenus montrent que les valeurs élevées ont été enregistrées à l'entrée d'eau avant le traitement est la matière en suspension et la turbidité par contre les paramètres ont été enregistrés à la rentrée d'eau après le traitement est la température, le pH la salinité, la conductivité électrique, l'oxygène dissous ont été enregistrés des variables faibles.

Les valeurs de la température obtenues montrent des variations identiques dans notre dispositif elles se situent entre 31.31 °C et 31.40 °C, ces résultats correspondent à l'intervalle des valeurs recommandées pour l'élevage de *Tilapia*. En effet, le tilapia est une espèce eurytherme qui peut supporter les grandes variations de la température (CTA, 2017). Ainsi, il est possible de rencontrer ce poisson à des températures entre 14-33°C. Cependant, dans des conditions d'élevage, les températures létales inférieure et supérieure enregistrées sont respectivement 7,4 et 40,73°C (Mélard, 1986). Au-dessous de 16-17°C, il cesse de s'alimenter et devient de plus en plus sensible à une série de maladies (Chervinski, 1982). Le pH représente l'acidité de l'eau, durant toute la période de notre travail, les valeurs de pH dans notre dispositif sont alcalines et présentent de faibles variations en fonction du temps elles sont comprises entre 7,13± 0,10 et 7,85±0,02, mais tout en étant dans la gamme optimale de tolérance de l'espèce qui se situe entre 7.77 et 7.38 (Malcolm et al,) pour les valeurs de turbidité dans notre dispositif sont et présentent de faibles variations en fonction du temps elles sont comprises entre 4.10- 4.7.7 ; qui signifie la grande différence avant le traitement et après le traitement d'eau dans notre dispositif ; et pour les valeurs de salinité obtenues montrent des variations peu identiques et ils rencontrent dans le point 2.5 et 2.6 les valeurs moyennes de salinité avant le traitement 2.6 et après 2.46 et le point max dans le source avant 2.7g/l et après 2.6 g/l et min avant 2.4g/l et après 2.2 g/l. Dans les valeurs de conductivité leur variation peu identique à moyenne entre 4.97 et 4.87 et on a obtenues la variation de l'O₂ dissous min entre 5.7 et 5.2 et

max avant 4.67 et 4.6 dans notre dispositif les valeurs remarquées au moyen 4.97 avant le traitement et 4.87 après et dans les valeurs max 5.7 avant et après 5.2 et les valeur min sont identique 4.6 .

Paramètre est quasiment constant durant la période d'étude dans tous les bassins. Les valeurs enregistrées sont de l'ordre de $2,28 \pm 0,005$ g/l et de $2,78 \pm 0,01$ g/l. Bien que la plupart des Tilapias soient des espèces d'eau douce, leur capacité d'adaptation à différentes salinités est nettement remarquable (**Stickney, 1986**). Ainsi, l'Oreochromis Niloticus peut s'adapter à des eaux de salinité comprise entre 0,015-30 g/l. De même, au niveau des eaux géothermales tunisiennes, les Tilapias montrent leur capacité à supporter des salinités élevées jusqu'à 28 g/l (**Kraiem et Azaza, 2007**). Toutefois, et en ce qui concerne sa reproduction, ce poisson serait incapable de se reproduire au-delà d'une salinité qui dépasse 15-18 g/l (**Balarin et Hatton, 1979**). En plus, la conductivité est due à la présence dans le milieu d'ions qui sont mobiles dans un champ électrique, elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs **concentrations** (**Rejsek, 2002**). Les valeurs de la conductivité qu'on a obtenue sont de 4013 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et de 5172 $\mu\text{s}/\text{cm}$, ces valeurs suivent celle de la salinité et toujours à l'intervalle recommandé pour l'élevage de Tilapia, elle est inférieure à 1 $\mu\text{s}/\text{cm}$ pour l'eau entièrement déminéralisée, alors que l'eau de mer approche 30000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ de. Pour la matière en suspension elle s'agit de matières minérales ou organiques non solubilisées dans l'eau. La présence en excès des matières en suspension agit sur la respiration du poisson du fait du colmatage des branchies qui vont empêcher l'accès de l'eau oxygénée. (**Rodier, 2005**). Aussi, les teneurs élevées en MES peuvent également empêcher la pénétration de la lumière, la diminution de l'oxygène dissous.

Pour ce qui est d'adsorption de l'ammonium. Le mécanisme d'adsorption entre le composite CS/DPD et l'ammoniac ou l'ion ammonium de la solution peut se produire par adsorption physique suivant les interactions de van der Waals entre NH_4 la chaîne de biopolymère non chargée à la surface des composites CSBt, et par la surface des mésopores créée par l'interaction CS et DPD

(**Bernardi et al., 2018; Zadinelo et al., 2018**)

Conclusion

Ce travail avait pour objectif la préparation d'un composite à base de déchet de palmier dattiers et du chitosane et son application dans le traitement des effluents aquacoles.

En premier lieu les matériaux préparés ont été caractérisés par la microscopie optique et la microscopie électronique à balayage.

Un dispositif expérimental a été préparé pour l'application de ce filtre dans le traitement des effluents aquacoles en circuits fermés.

Les résultats préliminaires obtenus montrent une bonne capacité de filtre à éliminer certains éléments toxiques en aquaculture en particulier l'ammonium.

En perspectives, élargir l'éventail des analyses sur d'autres composés et munir des tests de comparaison avec d'autres filtres biologiques.

Référence

Bibliographique

A:

Aas, T.S., Oehme, M., Sørensen, M., He, G., Lygren, I., Åsgård, T., (2011). Analysis of pellet degradation of extruded high energy fish feeds with different physical qualities in a pneumatic feeding system. *Aquacultural Engineering* 44, 25–34. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2010.11.002>.

Adil,S., (2012). Matériaux composites à matrice époxyde chargée par des fibres de palmier dattier effet de l'oxydation au tempo sur les fibres. L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon . Français.

Adjroud Y.,(2011) « Synthèse de nouveaux dérivés benzoxazolinoniques étude structurale et activité biologique », mémoire de magister université badji mokhtarannaba, p39.

Alaoui, S.B. (2005). Référentiel pour la Conduite Technique du palmier dattier. In "Référentiel de Conduite Technique des Principales Cultures au Maroc". Éditeurs: Si Bennis Alaoui et Ajiro Yasuhei. 102-112.

Américo, J.H.P., Torres, N.H., Machado, A.A., de Carvalho, S.L., 2013. Piscicultura em tanques-rede: impactos e consequências na qualidade da água. *Revista Científica ANAP Brasil* 6.

Aminot,A.et Chaussepied,M,1983.Manuel des analyses chimiques en milieu marin.C.N.E.X.O ,B.N.D.O- Doc ,Brest, 35p .aquaculture production systems. *Aquacultural Engineering* 22, 33–56

B:

Badaoui Fouzia.(2012). Comportement rhéologique de solution de bio polymères. Application au chitosane, au poly (vinyle alcool) et a leur mélanges. Thèse de Magister. Université Boumerdes.

BALEY, C. (2013a). Fibres végétales (chanvre et lin) renforts de matériaux composites. Présenté à Journée transfrontalière chanvre, Gembloux, Belgique.

BALEY, C. (2013b). Fibres naturelles de renfort pour matériaux composites. In *Techniques de l'ingénieur. Techniques de l'ingénieur.*

-BARAN T.,2015 , Mentés A, *Int. J. Biol. Macromol,* p9.

-Belhabib. S., 1995. Contribution à l'étude de quelques paramètres biologiques (croissance végétative et fructification) chez deux cultivars (Deglet-Nour et Ghars) du palmier dattier (*Phoenix dactylifera. L*) dans la région de Oued Righ. Mémoire, Ing, Agro. Batna. 54p.

BEN AMAR CH.; 2019.,Chitosan: Properties, Modifications and Food Nanobiotechnology

BENAOUDA D.Y. ; (2016)Synthese Et Caracterisation Des Bases De Schiff Greffees Sur Le Chitosane Mémoire de Master en chimie Macromoléculaire .

-Benmansour, N. (2011). Etude des performances de produits renouvelables et locaux adaptés raux applications de l'isolation thermique dans le bâtiment. Mémoire de magister, Faculté des sciences, Université El Hadj Lakhdar (Algérie).-

Bernardi, F., Zadinelo, I.V., Alves, H.J., Meurer, F., dos Santos, L.D., 2018. Chitins and chitosans for the removal of total ammonia of aquaculture effluents. *Aquaculture* 483, 203-212.

- Bombardelli, R.A., 2018.** Adsorption of aquaculture pollutants using a sustainable biopolymer. *Environmental Science and Pollution Research* 25, 4361-4370.
- Bergheim, A., Brinker, A., 2003.;** Effluent treatment for flow through systems and European environmental regulations. *Aquacultural Engineering*, 27: 61-77.
- Bishop, S.H., 1976.** NITROGEN METABOLISM AND EXCRETION: REGULATION OF INTRACELLULAR AMINO ACID CONCENTRATIONS, in: Wiley, M. (Ed.), *Estuarine Processes*. Academic Press, pp. 414–431. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-751801-5.50042-3>
- BLEDZKI, A.K., GASSAN, J. (1999).** Composites reinforces with cellulose based fibres, *Progress In polymer Science*, 24, 221-274.
- BLEDZKI, A.K.,GASSAN, J. (1999).** Composites reinforced with cellulose based fibers ,ELSEVIER, *Progress in polymer science*, volume 24, pp.221-274.
- BOUDOUAIA, N.,2020,** Modification, caractérisation et valorisation d'un matériau d'origine naturelle le chitosane pour la dépollution des eaux. *Chimie des polymères et environnement*. universite djillali liabes faculte des sciences exactes sidi bel abbes
- Bouguedoura N., 1991.** Connaissance de la morphogenèse du palmier dattier. Etude in situ et in vitro du développement morphogénétique des appareils végétatifs et reproducteurs. Thèse de Doctorat. U.S.T.H.B. Alger, 20²
- BOUHADJILA, Y.,RAHEM, Z.,2019,**Traitement des fibres de palmier dattier : influence sur les propriétés des composites fibrés. *Sciences techniques*. université badji mokhtar-annaba.
- Bregnballe, J., Eurofish, FAO, 2015a.** A guide to recirculation aquaculture: an introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems. *Food and Agriculture Organization of the United Nations* : Eurofish, Copenhagen.
- Brinker, A., Koppe, W., Rösch, R., 2005.** Optimised effluent treatment by stabilised trout faeces. *Aquaculture* 249, 125–144. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.12.029>
- C:**
- CASTRO M ,(2011)** Biomass pre-treatment: separation of cellulose,Hemicellulose and lignine un Carbohydrates.Chemistry, D.K.M. College for Women, Thiruvalluvar University, Vellore, Tamil Nadu, India
- CHARLET, K. (2008).** Contribution à l'étude de composites unidirectionnels renforcés par des fibres de lin : relation entre la microstructure de la fibre et ses propriétés mécaniques (Thèse de doctorat). Université de Caen, France.
- Chen C H, F Y Wang et Z P OU., (2004).** Deacetylation of β -chitin. I. Influence of the deacetylation conditions. *J.Appl. Polym. Sci.*, 93, 2416-2422.
- Chen Y, Wang J., (2012).** Removal of radionuclide Sr²⁺ ions from aqueous solution using synthesized magnetic chitosan beads. *Nucl Eng Des* 242:445–451.

Chen Y, Wang J., (2012). Removal of radionuclide Sr²⁺ ions from aqueous solution using synthesized magnetic chitosan beads. *Nucl Eng Des* 242:445–451.

Chen, S., Ling, J., Blancheton, J.-P., 2006. Nitrification kinetics of biofilm as affected by water quality factors. *Aquacultural Engineering* 34, 179–197. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.09.004>

Cho, C.Y., Bureau, D.P., 1997. Reduction of waste output from salmonid aquaculture through feeds and feedings. *The Progressive Fish Culturist*, 59: 155-160. College of Science. Nature and Life Sciences. Jouf University,

Crab, R., Avnimelech, Y., Defoirdt, T., Bossier, P., Verstraete, W., 2007. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture* 270, 1–14. [00](https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.09.004).

Crini G, Badot P M (2007) Traitement et épuration des eaux industrielles polluées: procédés membranaires, bioadsorption et oxydation chimique, Presses universitaires de Franche-Comté.

Crini G., Badot P. M., Guibal E., Roberts G. A. F. (2009) Chitine et chitosane : du biopolymère à l'application. Edition, Presses universitaires de Franche-Comté.

Crini, G. (2005). Recent developments in polysaccharide-based materials used as adsorbents in wastewater treatment. *Progress in polymer science*, 30(1), 38-70.

Crini, G., Guibal, E., Morcellet, M., Torri, G., & Badot, P. M. (2009). Chitine et chitosane. Préparation, propriétés et principales applications. In *Chitine et chitosane (du biopolymère à l'application)* (pp. 19-54).

Cripps, S.J., Bergheim, A., 2000. Solids management and removal for intensive land-based

D:

Dalsgaard, J., Pedersen, P.B., 2011. Solid and suspended/dissolved waste (N, P, O) from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 313, 92–99.

Da Silva, K.P., 2004. Copper sorption from diesel oil on chitin and chitosan polymers. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 237, 15-21.

Dash M., Chiellini F., Ottenbrite RM., Chiellini E., (2011). Chitosan—A versatile semi-synthetic polymer in biomedical applications. *Prog Polym Sci.* 36:981–1014.

E:

Emmanuelle, R., 2008. Optimisation de deux systèmes de production piscicole : biotransformation des nutriments et gestion des rejets. *Sciences agronomiques et écosystèmes. "Sciences Ecologiques, Vétérinaires, Agronomiques & Bioingénieries"*

F :

FAO, F., 2014. Agriculture Organization of the United Nations. *The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA). World Review of fisheries and aquaculture, Part I 4.*

Filipkowska, U. (2012). Effectiveness of dye adsorption onto non-cross-linked and crosslinked chitosan beads. *Progress on Chemistry and Application of Chitin and its Derivatives*, 17, 43-52

Fripiat, J., Chaussidon, J., & Jelli, A. (1971). Chimie-physique des phénomènes de surface: Applications aux oxydes et aux silicates (p. 173). Paris: Masson.

G:

Gowen,R.J.,Bradbury,N.B.,1987. The ecological impact of salmonid farming in coastal Waters a review.*Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 25: 563-575.

Gowen,R.J.,Bradbury,N.B.,1987. The ecological impact of salmonid farming in coastal waters:a review.*Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 25: 563-575.

Gregorio Crini ;Pierre-Marie Badot et Eric Guibal,(2006) . Chitine et chitosane du bio polymère a l'application ».Université de Franch Comte.

H :

H. Mayamba Nlandu,(2019) . Thèse Doctorat en génie chimique Philosophiæ doctor (Ph. D.) Québec, Canada Extraction et prétraitement de fibres naturelles de lin par une approche enzymatique combinée au CO2 supercritique.

Hamed, I., Ozogul ,F., Regenstein , J.,2016 ,Industrial applications of crustacean by-products (chitin, chitosan, andchitooligosaccharides). *Trends in Food Science & Technology*.

Hao1,2, Yanyu Hu1, Linfan Shi1, Jun Chen1,2, Aixiu Cui1, Wuyin Weng1,2* & Kazufumi Osako3

HEARLE, J. W. S. (1963). The fine structure of fibers and crystalline polymers.III.Interpretation of the mechanical properties of fibers.*Journal of Applied Polymer Science* 7, 1207-1223.

Herath, S.S., Satoh, S., 2015. 15 - Environmental impact of phosphorus and nitrogen from aquaculture, in: Davis, D.A. (Ed.), *Feed and Feeding Practices in Aquaculture*, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Woodhead Publishing, Oxford, pp. 369–386. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100506-4.00015-5>.

Honoré ,T.,2017., Valorisation des polysaccharides marins : élaboration de nanocomposites et synthèse de graphène dopé .Chimie. Université de Caen Normandie

J :

Jana S.et al., (2019). Functional Chitosan. *Drug Delivery and Biomedical.Applications*. India, P5.

Jaworska M, Sakurai K, Gaudon P, Guibal E., (2003). Influence of chitosan characteristics on polymer properties. I: Crystallographic properties. *Polym Int*; 52:198–205.

Jean ,K.,Nzambe,T.,2015., Elaboration de matériaux bioactifs à partir de fibres lignocellulosiques. Chimie organique. Université de Limoges, Français.

K :

KARECHE, A. (2014). Etude des matériaux à base de bois de palmier dattier-durabilité, dégradation et propriétés structurales et de transfert. Mémoire de magister, Faculté de Technologie, Université El Hadj Lakhdar (Algérie).

Karine le Roux.(2012). Purification chitine par hydrolyse enzymatique a partir de coproduits de crevettes, caractérisations des produits et optimisation du procédé ». Université de Nantes.

Kibria, G., Nuggeoda, D., Fairclough, R., Lam, P., 1997. The nutrient content and the release of nutrients from fish food and faeces. *Hydrobiologia* 357, 165–171.

Kornprobst J. M., (2005). Invertébrés protosomiens. Substances naturelles d'origine marine et Chimiodiversité, pharmacodiversité, biotechnologies.

Kyzas GZ, Bikiaris DN, (2015). Recent modifications of chitosan for adsorption applications: a critical and systematic review. *Mar Drugs* 13(1):312–337

Kyzas GZ, Bikiaris DN, (2015). Recent modifications of chitosan for adsorption applications: a critical and systematic review. *Mar Drugs* 13(1):312–337

L :

L. Yang, (2003). «The adsorption of basic dyes from aqueous solution on modifiedpeat–resin particle», *Water Research* 37.1535–1544.

Leclercq, D.,(2020). Approche méthodique des RAS - Formation Le Gouessant.

M :

M. J. John and R. D. Anandjiwala, "Recent developments in chemical modification and characterization of natural fiber-reinforced composites," (in English), *Polymer Composites*, Review vol. 29, no. 2, pp. 187-207, Feb 2008.

MAYA, J.J., SABU,T.(2010). Rubber Nanocomposites: Preparation, Properties and Applications; Chapitre 8, Sabu Thomas and Ranimol Stephen (Ed), John Wiley & Sons Pte Ltd.

Mme Akila M.(2019) ; épouse ALOUACHE Utilisation des biopolymères modifiés d’origines végétale et animale dans le traitement des eaux Chimie de l’environnement Université Mouloud MAMMERI Tizi-Ouzou

Melle Emmanuelle .R. ; (2018) . d’Orbcastel le titre de docteur de l’institut national polytechnique De toulouse Optimisation de deux systèmes de production piscicole biotransformation des nutriments et gestion des rejets. Laboratoire IFREMER d’aquaculture en Languedoc-Roussillon, Palavas-les-Flots (34). Laboratoire EcoLab UMR 5245 CNRS, Université Paul Sabatier -Toulouse III et INP-Toulouse (31).

Mohanty, A. K., M. Misra and L. T. Drzal, (2005). Natural fibers, biopolymers, and biocomposites, CRC press.

MOHANTY, A. K., MISRA, M, et DRZAL, L. T. (2005). (Eds.). Natural fibers, biopolymers, and biocomposites.CRC Press.

multi-membranaires : mise en oeuvre et étude microstructurale. Matériaux polymères composite. Université Claude Bernard -Lyon I,. Français.

Munier P.,(1973.); Le palmier dattier. Ed G-P Maisonneuve, la rose. Paris.

of nitrite on lethal and immune response of Macrobrachium nipponense. *Aquaculture* 232, 679–686. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2003.08.018>.

P :

Pereira, P.H.F., da Silva, M.L.C., 2009. Estudo da adsorção de surfactante catiônico na matriz inorgânica fosfato de nióbio hidratado. *Química Nova* 32, 7-11.

Peyron, G., 2000. Cultiver le palmier-dattier. Ed. Gridao. Montpellier. 11-67 pp. Physicochemical characteristics of chitosan from swimming crab (*Portunus trituberculatus*) shells prepared by subcritical water pretreatment Gengxin

Pominville-Racette Mathie.(2015) . La transformation de carapaces de crevettes en chitosane »Rapport intermédiaire-groupe 1A. Université de Sherbrooke.

Prasad N., Sudha.1, Aisverya, S., Nithya, R ., Vijayalakshmi, K., 2014.,Industrial Applications of Marine

R:

Rao S B et Sharma C P., (1997). "Use of the chitosane as a biomaterial: studies on its safety and hemostatic potential." *Journal of Biomedical Materials Research* 34: 21-28.

Reddy, N. and Y. Yang, (2005). Biofibers from agricultural byproducts for industrial applications. *TRENDS in Biotechnology*, 23(1), 22-27.

Reid, G.K., Liutkus, M., Robinson, S.M.C., Chopin, T.R., Blair, T., Lander, T., Mullen, J.,Page, F., Moccia, R.D., 2009. A review of the biophysical properties of salmonid faeces: implications for aquaculture waste dispersal models and integrated multitrophic aquaculture. *Aquaculture Research* 40, 257–273. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02065.x>

Rinaudo M., (2006). Chitin and chitosan: Properties and applications. *Progress in Polymer Science* (Oxford). (31) 603-632..

Rinova B., (1996). Biocompatibility of biomaterials: hemocompatibility, immunocompatibility and biocompatibility of solid polymeric materials and soluble targetable polymeric carriers." *Advanced drug delivery reviews* 21: 157-176.

Rocio ,N., Rivas, A. , 2010., Hydrogels physiques de chitosane sous forme de macro-fibres creuses et

Roger M. Rowell, (2005). “Handbook of: Wood Chemistry and Wood Composites”, by CRC Press..

Roque O. E., (2008). Optimisation des deux systèmes de production piscicoles = biotransformation des nutriments et gestion des rejets. Thèse de Doctorat en sciences agronomiques et écosystèmes, France, - Rowell, R. M., Jacobson R., O'dell, J. L. (1995). Proceeding of 3rd. Use of Natural Fibers in Resine Transfer molding. International Conference on Wood fiber – plastic Composites. Madison, USA, 137-140

S:

S .B.A.Hamid ;(2015) , conversion of lignocellulosic biomass to nanocellulose :structureur and chemical process,university of malaya ,kuala lumpur, Malaysia

Sabu ,T., PhD, Neethu, N., Sneha, M., Elizabeth ,F.,2013.; Natural polymers, Biopolymers, biomaterials, And their composites,Blends, and ipns. Advances in Materials Science ,Apple Academic Press

SÁ, M.V., 2012. Limnocultura: limnologia para aquicultura. Fortaleza: Edições UFC 218.

Sancey B., (2011). Développement de la bio-adsorption pour décontaminer des effluents de rejets industriels ,abattement chimique et gain environnemental. Ecologie, Environnement. Université de Franche-Comté, Français.

Schumann, M., Brinker, A., 2020. Understanding and managing suspended solids in intensive salmonid aquaculture: a review. Rev Aquacult raq.12425. <https://doi.org/10.1111/raq.12425>

SEDRA M., (2005). Le Palmier Dattier base de la mise en valeur des oasis au Maroc. Techniques phoénicoles et Création d'oasis.p22-23.

Sinha V R, Singla A K, Wadhawan S, Kaushik R, Kumria R, Bansal K, Dhawan S (2004) Chitosan microspheres as a potential carrier for drugs. International Journal of Pharmaceutics. 274:133

T :

T . Masri. ; (2018) Thèse de doctorat en science génie mécanique contribution au développement des matériaux de construction a base de sous-produits de palmier dattier Université Biskra.

Thomas, S., Durand, D., Chassenieux C. & Jyotishkumar, P. (2013). Handbook of biopolymer-based materials: from blends and composites to gels and complex networks. John Wiley & Sons.-VCH, Verlag GmbH, Germany. 98.

Trussell, R., 1972. The Percent Un-Ionized Ammonia in Aqueous Ammonia Solutions at Different p H Levels and Temperatures. Journal of the Fisheries Board of Canada 29, 1505-1507.

U:

Ueno H, Mori T et Fujinaga T., (2001). "Topical formulations and wound healing applications of chitosan." Advanced drug delivery reviews 52: 105-115.

W:

Walton AG, Blackwell J. 1973., Biopolymers. New York : Academic Press, p. 474

Wang, W.-N., Wang, A.-L., Zhang, Y.-J., Li, Z.-H., Wang, J.-X., Sun, R.-Y., 2004. Effects

Weng X, Lin S, Zhong Y, Chen Z., (2013). Chitosan stabilized bimetallic Fe/Ni nanoparticles used to remove mixed contaminants-amoxicillin and Cd (II) from aqueous solutions. Chem Eng J 229:27–34.

Z:

Zadinelo, I.V., Alves, H.J., Moesch, A., Colpini, L.M.S., da Silva, L.C.R., dos Santos, L.D., 2015. Influence of the chemical composition of smectites on the removal of ammonium ions from aquaculture effluents. Journal of materials science 50, 1865-1875.

Zadinelo, I.V., dos Santos, L.D., Cagol, L., de Muniz, G.I.B., Ellendersen, L.d.S.N., Alves, H.J.,

Zhao L. et al., (2019). Oligosaccharides of Chitin and Chitosan. Bio-manufacture and Applications. East China University of Science and Technology. Shanghai, China.P1-4.

Traitement des effluents piscicoles par des composites préparés à base des Biopolymères d'origines marines

Résumé

L'objectif de ce travail est l'utilisation de chitosane, un des biopolymères les plus disponibles dans la nature, et les déchets de palmiers dattiers précisément le pétiole de l'espèce *Phoenix dactylifera* L., (l'espèce la plus disponible dans notre région la wilaya de Ouargla), Pour préparer des biocomposites qui pourraient être utilisés plus tard pour le traitement des effluents piscicoles (épurer les eaux piscicoles de toute pollution azotique dissoute, Les résultats obtenus pour les billes a bien forme et concernant les paramètres physique-chimique une nette diminution concentrations en ammonium et PES et (T°, Salinité, pH, Conductivité électrique, avant et après traitement reste invariable Après passage de l'eau .sont très satisfaisants. On peut être réutilisés ce biocomposés plus tard pour la biofertilisation dans le domaine agricole, en raison, de leur richesse en composés azotés.

Mots clés : chitosane, déchets de palmiers dattiers, biocomposite, les effluents piscicoles,

معالجة المخلفات السائلة لتربية الأسماك بالمركبات المحضرة من البوليمرات الحيوية ذات الأصل البحري

ملخص :

الهدف من هذا العمل هو استخدام مادة الكيتوزان، وهي واحدة من أكثر البوليمرات الحيوية المتوفرة في الطبيعة واهدار نخيل التمر على وجه التحديد سويقات النوع (*Phoenix dactylifera* L.) أكثر الأنواع المتوفرة في منطقتنا، ولاية ورقلة لتحضير المركبات الحيوية التي يمكن استخدامها لاحقاً لمعالجة مخلفات الأسماك المذابة في الماء تنقية مياه الأسماك من أي تلوث بالنيتروجين الذائب، النتائج التي تم الحصول عليها للكرات في حالة جيدة والمتعلقة بالمعايير الفيزيائية والكيميائية انخفاض واضح في تركيزات الأمونيوم و PES و (T ° ، الملوحة ، الرقم الهيدروجيني ، التوصيل الكهربائي) ، قبل وبعد المعالجة تظل ثابتة بعد مرور الماء. هذا المكون الحيوي يمكن إعادة استخدامها لاحقاً للتخصيب الحيوي في الزراعة ، نظراً لغناها بمركبات النيتروجين. كما يمكن إعادة استخدام المركبات الحيوية المستخدمة في معالجة مياه الأسماك لاحقاً للتسميد الحيوي في الزراعة، نظراً لغناها بمركبات النيتروجين

الكلمات المفتاحية : الكيتوزان، مخلفات نخيل، مركب حيوي، نفايات الأسماك المنحلة في الماء، معالجة

Preparation of chitosan-based biomaterials and date palm waste: Application to the decontamination of fish-farming effluents

Abstract:

The objective of this work is the use of chitosan, one of the most available biopolymers in nature, and the waste of date palms precisely the petiole of the species *Phoenix dactylifera* L., (The most available species in our region of the wilaya of Ouargla), To prepare biocomposites that could be used later for the treatment of fish effluents (purify fish water of any dissolved nitrogen pollution, The results obtained for the beads in good shape and concerning the physical parameters -chemical a clear decrease in ammonium and PES concentrations and (T °, Salinity, pH, Electrical conductivity, before and after treatment remains invariable After passage of water. are very satisfactory. This biocomponents can be reused later for biofertilization in the agricultural field, because of their richness in nitrogen compounds.

Key words: chitosan, date palm waste, Biocompounds, fish effluents, treatment.