

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



*MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR ET DE MASTER EN SCIENCES DE LA MER
OPTION : Génie aquacole*

THEME

Valorisation d'un biopolymère (cas de chitosane)
Dans le processus du traitement des effluents piscicole

Présenter par :

MERIBAI MAROUA

SAFIR HADIA

Soutenu le 07 /02/2024 devant le jury composé de

| | | | |
|---------------|-----|---------|-----------|
| M.A.KADA | MAA | ENSSMAL | Président |
| M.A.AIT SAIDI | MCB | ENSSMAL | Examineur |
| M.A.BOUGHRIRA | MAA | ENSSMAL | Promoteur |

Année universitaire : 2023 / 2024

Remerciement

Nous remercions, tout d'abord Dieu le tout puissant qui nous a donné la santé, le courage et la patience pour pouvoir mener à terme ce travail de recherche.

Nous tenons à exprimer nos plus vifs remerciements

Au Mr. BOUGHERIRA ABDELHAK d'avoir encadré notre mémoire, Pour son aide, ses encouragements et ses conseils.

Nos sincères remerciements vont également aux Enseignants à l'école national supérieur des sciences de la mer et aménagement du littoral

Nous tenons à remercier aussi les Membres du jury Pour l'honneur qu'ils nous ont fait en Acceptant de juger notre travail.

Nous remercions aussi Rabah De nous avoir aidées à mener à bien cette étude

Nous remercions également nos collègues et toutes les Personnes qui Nous ont aidés, de près ou de Loin pour la réalisation de ce travail en Particulier

Merci à vous tous

Dédicace

A nos chers parents, mon père MERIBAI RABAH ALLAH

YARHAMOU. A nos chères sœurs.

A nos chers frères.

A nos chères amies

A toute la promotion 2023.

A tous ceux que j'ai connu et je n'ai pas pu citer.

Sommaire

| | |
|--|----|
| Introduction | 01 |
| Chapitre I : Généralités | |
| (Les effluents aquacole, l'adsorption, le chitosane) | |
| Les effluents aquacole | 04 |
| I.1. Caractérisation des rejets piscicole..... | 04 |
| I.1.1. Rejets directs des poissons. | 04 |
| I.1.2. Rejets liés aux systèmes d'élevage..... | 05 |
| I.1.2.1. Les sources de pollution. | 06 |
| I.1.2.2. Les matières en suspension solides. | 06 |
| I.1.2.3. Les fèces. | 06 |
| I.1.2.4. Les aliments non consommés. | 07 |
| I.1.2.5. Les polluants dissous. | 07 |
| I.1.2.6. Les systèmes de filtration pour récupérer les effluents piscicoles. | 07 |
| I.1.2.7. Les filtres mécaniques | 07 |
| I.1.2.8. Les filtres biologiques | 08 |
| Le chitosane | |
| II.1. Source de la chitine et du chitosane. | 09 |
| II.2. Structures chimiques. | 09 |
| II.3. Propriétés du chitosane. | 09 |
| II.3.1. Degré de Désacétylation (DD). | 10 |
| II.3.2. Cristallinité. | 10 |
| II.3.3. Solubilité. | 10 |
| II.3.4. Viscosité. | 10 |
| II.3.5. Autres propriétés physico-chimiques. | 11 |
| II.3.6. Propriétés biologiques. | 11 |

| | |
|--|----|
| II.4. Principales applications du chitosane. | 12 |
| II.5. Avantages et inconvénients de chitosane..... | 14 |

L'Adsorption

| | |
|--|----|
| III.1. Définition. | 15 |
| III.2. Types d'adsorption. | 15 |
| III.2.1. Adsorption chimique (ou chimisorption). | 15 |
| III.2.2. Adsorption physique (ou physisorption). | 15 |
| III.3. Facteurs influençant l'adsorption. | 16 |
| III.3.1. Conditions opératoires. | 16 |
| III.3.1.1. Température. | 16 |
| III.3.1.2. PH de la solution. | 16 |
| III.3.1.3. Concentration des substances à adsorber. | 16 |
| III.3.1.4. Temps de contact. | 16 |
| III.3.1.5. La vitesse d'adsorption. | 17 |
| III.3.2. Nature de l'adsorbât. | 17 |
| III.4. Mécanisme d'adsorption..... | 18 |

Chapitre II : Matériels et méthodes

| | |
|--|----|
| IV .1. Extraction de chitosane. | 20 |
| IV.1.1. Produits chimiques. | 20 |
| IV.1.2. Verrerie de laboratoire. | 21 |
| IV.1.3. Appareillage. | 21 |
| IV.1.3.1. Spectrophotomètre (LANGE). | 21 |
| IV.1.3.2. Bain à agitation (Mettler). | 21 |

| | |
|---|----|
| IV.1.3.3. Autoclave. | 22 |
| IV.1.3.4. PH mètre. | 22 |
| IV.1.3.5. Agitateur magnétique chauffant. | 22 |
| IV.1.3.6. Balance électronique.IV 2. Méthodes. | 23 |

Partie A : Adsorbant (chitosane et chitine)

| | |
|--|----|
| IV.1. Procédé d'extraction de la chitine à partir des carapaces de crevettes.. | 23 |
| IV.1.1. Collecte et traitement des crevettes. | 23 |
| IV.2. Prétraitement des carapaces de crevette. | 24 |
| IV.3. Etape d'extraction de la chitine. | 25 |
| IV.3.1. Déminéralisation. | 27 |
| IV.3.2. Déprotéinisation. | 28 |
| IV.3.3. Blanchiment. | 28 |
| IV.3.4. Synthèse du chitosane par la désacétylation de la chitine. | 31 |
| IV.3.5. Production par autoclave. | 32 |
| IV.4. Protocole expérimental d'adsorption de l'Ammonium. | 32 |

Chapitre III : Résultats et Discussions

| | |
|---|----|
| 1. Effet des paramètres opératoires:..... | 36 |
| 2. Effet de temps..... | 38 |
| 3. Effet de masse..... | 38 |
| 4. Effet de température | 39 |
| 5. Discussion..... | 40 |

| | |
|--------------------------|----|
| Conclusions | 42 |
|--------------------------|----|

| | |
|--------------------------------------|----|
| Perspectives de l'étude | 42 |
|--------------------------------------|----|

| | |
|--|----|
| Références bibliographiques | 43 |
|--|----|

Annexe

| | |
|------------------|----|
| BMC | 47 |
|------------------|----|

Table des figures

| | |
|---|----|
| Figure 01 : rejet direct des poissons | 04 |
| Figure 02 : Structure chimique de la chitine | 09 |
| Figure 03 : Structure chimique du chitosane..... | 09 |
| Figure 04 : Schéma de l'adsorption physique (Joachim.N, 2010)..... | 16 |
| Figure 05 : Mécanisme de diffusion de l'adsorbat vers l'adsorbant..... | 18 |
| Figure 06 : Bain à agitation | 21 |
| Figure 07 : Autoclave (SANU CLAV)..... | 22 |
| Figure 08 : balance électronique | 23 |
| Figure 09 : poissonnerie de Raïs hamidou | 24 |
| Figure 10 : Prétraitement des carapaces de crevettes | 26 |
| Figure 11 : Déminéralisation des carapaces de crevettes par HCl 1N..... | 27 |
| Figure 12 : Etape de déprotéinisation des carapaces de crevette par NaOH (2N) .. | 28 |
| Figure 13 : Méthode de production de du chitosane à partir de la chitine | 30 |
| Figure 14 : étape de désacétylation de la chitine..... | 31 |
| Figure 15 : l'Autoclave de laboratoire utilisée..... | 32 |
| Figure 16 : structure moléculaire de l'Ammonium..... | 33 |
| Figure 17 : Photo dans laboratoire de dépollution marine au cours de préparation la gamme d'étalonnage, et la lecture sur spectrophotomètre..... | 35 |
| Figure 18 : Courbe d'étalonnage..... | 36 |
| Figure 19 : Graphe d'effet de masse (mg) en fonction du rendement (%) | 38 |
| Figure 20 : Graphe d'effet de la température C° en fonction du rendement (%)...39 | |

Introduction

L'aquaculture est 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.

La connaissance et le suivi de la qualité de l'eau vise à améliorer les conditions de gestion des systèmes d'élevage sont nécessaires (Américo et al, 2013), car une mauvaise qualité de l'eau peut avoir des effets délétères à la fois en réduisant la croissance et la reproduction, ainsi peut favoriser le développement de pathogènes et entraîner des maladies et mortalité chez les poissons et autres organismes aquatiques et sur la viabilité économique des opérations aquacoles.

De plus, de graves problèmes d'élevage peuvent être causés par les différents constituants des effluents aquacoles, Parmi eux, l'ammonium qui représente une préoccupation majeure en raison de sa toxicité pour les organismes aquatiques et de son potentiel d'impact sur l'environnement aquatique (Wan Ngah et Teong, 2011). Dans ce contexte, l'utilisation de biopolymères tels que le chitosane émerge comme une solution prometteuse pour le traitement des effluents aquacoles. (Wan Ngah et Teong, 2011)

Le chitosane, dérivé de la chitine présente dans les carapaces de crustacés, offre plusieurs avantages pour le traitement des effluents. Sa biodégradabilité, son abondance et ses propriétés de sorption remarquables en font un candidat idéal pour l'élimination de l'ammonium des eaux usées aquacoles. (Yin et al., 2019)

Ce travail vise à explorer le potentiel du chitosane et de la chitine en tant que matériaux de traitement pour réduire les niveaux d'ammonium dans les effluents aquacoles, tout en examinant les mécanismes sous-jacents de son action et en évaluant son efficacité.

Dans cette étude, nous examinerons en détail les propriétés physico-chimiques du chitosane qui le rendent apte à l'adsorption de l'ammonium.

Nous explorerons également les différentes méthodes de traitement utilisant le chitosane, en mettant l'accent sur leur efficacité et leur applicabilité dans le contexte de l'aquaculture.

De plus, nous discuterons des défis potentiels associés à l'utilisation du chitosane et des stratégies possibles pour surmonter ces obstacles, afin de fournir des recommandations pratiques

pour son utilisation optimale dans le traitement des effluents aquacoles.

En conséquence, le présent manuscrit est composé de trois chapitres : Un aperçu bibliographique constitue le premier chapitre qui est consacré aux travaux de recherche sur les polluants présents dans les effluents et le traitement et la valorisation des rejets piscicoles, Le deuxième chapitre de ce manuscrit constitue une étude bibliographique sur les biopolymères en particulier le chitosan. Dans le troisième chapitre constitué le phénomène de l'adsorption et l'utilisation de chitosane comme adsorbat.

La partie expérimentale de ce travail expose la méthodologie suivie dans ce travail, notamment, la préparation du chitosane, le matériel utilisé, les méthodes de dosages et le protocole suivi pour réaliser les essais d'adsorption.

Enfin, le dernier chapitre détaille les résultats et la discussion des expériences d'essai et d'adsorption. Il rassemble, l'étude de l'influence de la masse d'adsorbant, ainsi la Température sur la capacité de rétention de la matière organique avec une comparaison entre le chitosane et la chitine dans le cadre d'efficacité et de rentabilité.

Le manuscrit se termine par une conclusion générale et des perspectives .

En somme, cette étude vise à contribuer à une meilleure compréhension de l'utilisation du chitosane comme solution de traitement des effluents aquacoles, pour objectif d'une gestion durable de l'aquaculture et la préservation des écosystèmes aquatiques.

GENERALITES

LES EFFLUENTS AQUACOLE

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 réglementations (IPCE) l'étude d'impact environnemental qui nécessite la quantification des rejets et l'étude de leurs effets potentiels sur l'environnement).

1. Caractérisation des rejets piscicole

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.

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 (fécès) 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.1).

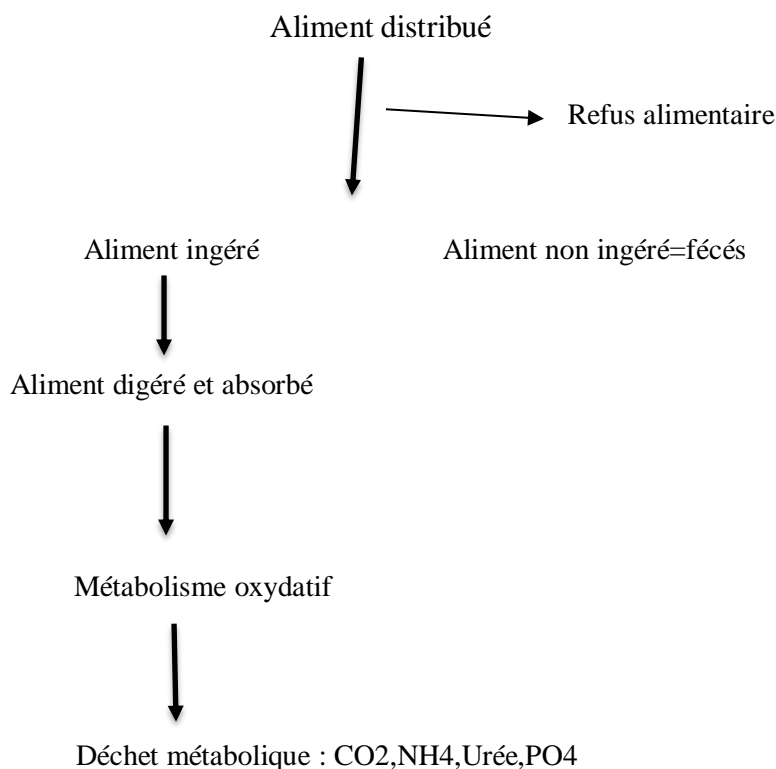


Figure 1 : Rejet direct des poissons

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)**

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 (Re-circulating Aquaculture Systems).

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.

1.2.1. Les sources de pollution

1.2.1.1. 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 de MES solides est une quantité exprimée en concentration de matière sèche par volume. 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).**

1.2.1.2. Les fèces

Les fèces des poissons constituent la source principale de 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)**.

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 **(Dalsgaard et Pedersen, 2011)**.

1.2.1.3. 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.

1.2.1.4. 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**)

Les principaux polluants dissous en aquacultures ont 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 (NH_3 - 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**)

1.2.2. Les systèmes de filtration pour récupérer les effluents piscicoles

1.2.2.1. 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 des sédimentations (**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 μm .

(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)**.

1.2.2.2. Les filtres biologiques

Les filtres biologiques ou bio filtres 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^- -presqu'inoffensif pour les poissons. **(Chen et al., 2006)**

Il existe différents types de bio filtres comme par exemple le bio filtre sur lit fixe ou le bio filtre 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 bio filtres par ruissellement, mais aujourd'hui la quasi-totalité des bio filtres sont immergés.

Les bio filtres 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)**.

2. Chitosane

2.1. Structures chimiques

La chitine et le chitosane sont des polysaccharides de structures linéaires, c'est deux biopolymères sont loin de répondre à des structures bien définies, ils font partie d'une famille de copolymères linéaires à arrangement aléatoire d'unités de N- acétyl-D-glucosamine et D-glucosamine reliés par des liaisons $\beta(1-4)$ en proportions variables.

La nomenclature définit la structure de la chitine comme celle d'un poly [$\beta(1-4)$ - 2-acétamido-2-déoxy-D-glucopyranose] et celle du chitosane comme un poly [$\beta(1-4)$ -2-amino-2-déoxy-Dglucopyranose].

La chitine est caractérisée par son degré d'acétylation qui est supérieur à 50%, au-dessous de ce pourcentage, on parlera de chitosane qui est obtenu par désacétylation alcaline. (Rauch et Dornish , 2006)

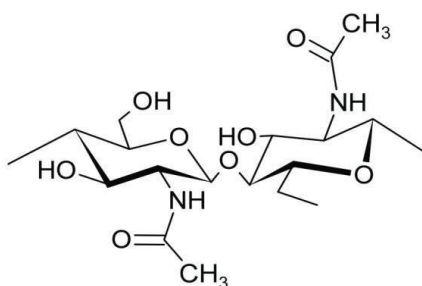


Figure 2 : Structure chimique de la chitine.

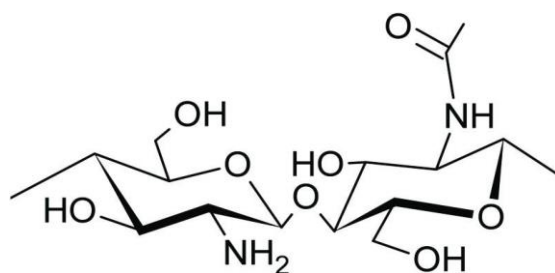


Figure 3 : Structure chimique du chitosane.

Propriétés du chitosane

Degré de désacétylation (DD)

Le degré de désacétylation (DD) est l'une des propriétés les plus importantes du chitosane, il influence, non seulement sur les caractéristiques chimiques et physiques, mais aussi sur la biodégradation et

l'activité immunologique du chitosane (**Chatelet.C, 2001**)

Au cours des trente dernières années, beaucoup de méthodes ont été développées pour la détermination du DD, y compris la spectroscopie infrarouge, (**Acharya.B,2004**) la spectroscopie U-V, la résonance magnétique nucléaire, la titration colloïdale et la titration potentiométrique (**Xuan et Lirong,2003**).

Cependant, la méthode la plus simple reste la spectroscopie IR proposée par Khan et al. (**2000**).

2.2.1. Cristallinité

Le Chitosane est une substance semi-cristalline. Il cristallise dans le système orthorhombique ; deux types de structures sont connus : le chitosane I (sous forme de sel) correspondant à un faible degré de désacétylation DD (60 %), il est plus désordonné que le chitosane (forme amine libre) qui possède un fort degré de désacétylation DD (90 %) (**Kurita .K, 1995**)

2.2.2 . Solubilité

Le chitosane est insoluble dans l'eau et dans les solutions alcalines concentrées ou diluées, par contre, soluble dans la plupart des solutions organiques acides (**Blackwell,J,1973**)

2.2.3. Viscosité

La viscosité du chitosane dépend du degré de désacétylation de ce polymère. Plus il est désacétylé, plus il y a de groupements amines libres, le chitosane est donc plus soluble et par voie de conséquence sa viscosité est plus importante. (**Wang et Xu ,1994**)

La viscosité dépend également : de la concentration du polymère (elle augmente avec la concentration), de la température (elle chute lorsque la température augmente) (**Chen Et Tsaih, 1998**) du poids moléculaire (la viscosité intrinsèque augmente en fonction de l'augmentation du poids moléculaire) (**Berth.G,1998**) et enfin du pH (plus il est bas plus la viscosité est élevée) , ce paramètre est déterminé par viscosimètre.

2.2.4 . Autres propriétés physico-chimiques

Le chitosane est un matériau versatile qui prend des formes physiques modifiables (**Muzzarelli.R, 1985**). C'est un matériau très stable en phase solide (sèche) et il a une conservation quasi-infinie en solution. Il possède un degré élevé de réactivité chimique dû à ses groupes amines primaires libres. Il possède ainsi des propriétés de rétention d'eau, de chélation d'ions, décomplexation et d'adsorption de molécules ou des polymères.

Le chitosane est un agent de floculation dans le traitement des eaux polluées grâce à son association sélective avec les espèces anioniques, il peut aussi former des complexes polyanion- polycation menant

à la préparation de membranes.

2.2.5. Propriétés biologiques

Le chitosane est biodégradable et biocompatible, il ne présente aucun comportement antigénique, mais possède un caractère antithrombogénique et hémostatique, il montre des propriétés cicatrisantes remarquables, le chitosane a également des propriétés inhibitrices sur la croissance de nombreux parasites et infections, il a de plus des propriétés immunologiques, antitumorales, antibactériennes et antifongiques.

2.1 Source de la chitine et du chitosane

La chitine est le polysaccharide le plus abondant après la cellulose, (**Grégorio et Badot,2009**) elle est présente principalement dans les coquilles de mollusques, dans les cuticules des insectes et dans les carapaces des crustacés, Associée à des protéines, la chitine contribue à la cohésion des différentes couches qui constituent la coquille des mollusques ou la carapace des arthropodes.

Ce polymère se trouve également dans la paroi de la plupart des champignons et dans certaines algues chlorophycées, levures et bactéries. En plus de son rôle dans le maintien de la rigidité de la cellule, elle contribue au contrôle de la pression osmotique. Chez les insectes la chitine constitue aux environs de 1,5 % du poids frais de l'animal.

Chez les micro-organismes le rendement d'extraction peut atteindre plus de 20% du poids sec de la cellule, les quantités les plus abondantes sont observables chez les crustacés où les carapaces contiennent en moyenne de 5 à 20% de chitine avec des teneurs supérieures à 30, voire 35% dans certaines parties du corps (**Grégorio et Badot,2009**).

En outre, le chitosane est une substance peu répandue dans la nature, il est présent dans la paroi cellulaire de certains micro-organismes fongiques (champignons zygomycètes) et dans le mycélium de *Mucor rouxii*, *Rhizopusoryzae* et *Absidiacoerulea*, et n'est signalé que dans les exosquelettes de certains insectes (par exemple la paroi abdominale des reines de termites).

Il n'y a donc pas de source primaire de chitosane exploitable, la production étant assurée par transformation des déchets issus de la pêche et source majeure du chitosane vendu commercialement provient, en effet, de la désacétylation de la chitine (**Grégorio et Badot,2009**).

2.3. Principales applications du chitosane

Le tableau I.1 présente quelques applications du chitosane dans différents domaines d'exploitation.

Tableau I.1 : principales applications du chitosane (**Rinaudo .M, 2006**).

| Domaine d'exploitation | Applications |
|------------------------|---|
| Potentiel biomédical | <ul style="list-style-type: none"> - Sutures chirurgicales. - Implants dentaires. - Peaux artificielles. - Reconstructions osseuses. |
| Agriculture | <ul style="list-style-type: none"> - Mécanisme défensive. - Stimule la croissance des plantes. - Enrobage (protection). - Libération de fertilisants et nutriments. |
| Traitement des eaux | <ul style="list-style-type: none"> - Polymère écologique. - Pouvoir séquestrant (métaux lourds colorants etc.). - Diminution de la turbidité. - Diminution des odeurs. - Bactéricides. |
| Alimentaire | <ul style="list-style-type: none"> - Non digestible (diète aux fibres). - Hypocholestérolémiant. - Agent de conservation. - Stabilisateur. - Antimicrobien. - Enrobage protecteur (fruits). |
| Cosmétique | <ul style="list-style-type: none"> - Crèmes. - Traitement de l'acné. - Produits hydratants. - Formulation de dentifrices. - Formulation de shampoings. |
| Biopharmaceutique | <ul style="list-style-type: none"> - Immunostimulants. - Antitumoraux. - Anticoagulants. - Bactériostatiques. - Libérations contrôlées (matrices). |

2.3.1. Applications du chitosane dans le traitement des eaux

Des réductions de 70 à 98 % de la teneur en MES (matière en suspension, responsable de la turbidité) et de 55 à 80 % la demande chimique en oxygène (DCO) ont été observées pour le traitement des eaux usées en utilisant du chitosane comme flocculant. Du fait de leur forte densité de charge, les dérivés de chitine sont capables d'interagir avec les MES, les microorganismes et les ions métalliques, cette propriété est utilisée pour piéger les composés dangereux, pour les éliminer ou les doser.

Le chitosane est également employé pour recycler les effluents de l'industrie textile entretenant des pigments, le chitosane peut être utilisé de plusieurs façons, la principale étant comme flocculant, les colloïdes en suspension, les métaux lourds, les colorants des eaux de teinturerie ou encore les molécules aromatiques et phénoliques s'agglomèrent avec le chitosane et les floccs sont retenus par filtration.

Les floccs de chitosane réduisent de 50 % les MES. Un autre mode d'action consiste à intégrer le chitosane directement dans la composition des membranes de filtration. Actuellement, les techniques d'adsorption utilisant le chitosane et ces dérivés, comme un traitement conventionnel développé pour adsorber les colorants anioniques en solution aqueuse.

L'adsorption des ions métalliques par le chitosane a été intensivement étudiée parce que le chitosane exerce les propriétés bio adhésive pour former les nanoparticules stables avec différents métaux en solution (Peter, 1995).

2.4. Avantages et inconvénients de chitosane

✓ Avantages

- Biodégradable et pratiquement non-toxique pour l'humain et les écosystèmes,
- Réduction importante de MES et de la DCO (cette réduction peut varier selon le type d'effluent à traiter),
- Il permet de réduire de manière importante les quantités de sels d'aluminium (réduction de 2/3) lorsqu'il est utilisé comme flocculant dans le traitement des eaux usées municipales,
- En aquaculture, il permet une réduction substantielle du phosphore lorsqu'il est utilisé avec le chlorure ferrique.
- Près de 80 % de réduction du phosphore dissous lorsque le chitosane est utilisé à raison de 0.1 ppm avec diverses concentrations de chlorure ferrique.

✓ Inconvénients

- L'utilisation du chitosane est plus coûteuse comparativement aux sels métalliques. Le chitosane

serait toxique pour la truite arc-en-ciel . (**Bullock et al , 2006**)

- La mort survient après 24 h, 6 et 14 jours d'exposition pour des concentrations respectivement de 0.75 ppm, 0.075 ppm et 0.019 ppm de chitosane acidifié.

3. Adsorption

Le terme « adsorption » a été proposé pour la première fois par Kayser en 1881 pour différencier entre une condensation de gaz à la surface et une adsorption de gaz (processus dans lequel les molécules de gaz pénètrent dans la masse de l'adsorbant), un phénomène déjà constaté par Fontana et Scheele en 1777 (Rolando.A,2007) Le terme large de sorption a été proposé en 1909 par MC. Bain (Chitour.E,1992) il désigne aussi bien le phénomène d'adsorption que celui de désorption.

L'adsorption est le processus au cours duquel des molécules contenues dans un fluide (gaz ou liquide) appelées adsorbats, se fixent à la surface d'un solide appelé adsorbant.

Les sites où se fixent les molécules d'adsorbant sont appelés sites actifs, l'adsorption est dite chimique ou physique selon la nature des interactions qui lient l'adsorbant à la surface de l'adsorbant. (Calvet et Terce, 1980)

3.1. Types d'adsorption

Suivant l'importance des énergies mises en jeu entre l'adsorbant et l'adsorbant, les forces responsables du phénomène d'adsorption peuvent être de nature physique ou chimique, conduisant ainsi à deux types d'adsorption : l'adsorption physique "physisorption" et l'adsorption chimique "chimisorption".

3.1.1. Adsorption chimique (ou chimisorption)

La chimisorption est un phénomène d'adsorption qui met en jeu une ou plusieurs liaisons chimiques covalentes ou ioniques entre l'adsorbant et l'adsorbant, la chimisorption est généralement irréversible, produisant une modification des molécules adsorbées.

Ces dernières ne peuvent pas être accumulées sur plus d'une monocouche, par ce type d'adsorption, les molécules sont directement liées au solide, (Calvet et Terce 1980) la chaleur d'adsorption, relativement élevée est comprise entre 20 et 200 Kcal/mol (Ferro et Garcia , 1998)

3.1.2. Adsorption physique (ou physisorption)

L'adsorption physique se produit à des températures basses, les molécules s'adsorbent sur plusieurs couches (multicouches) avec des chaleurs d'adsorption souvent inférieures à 20 kcal/mol (Calvet et Terce, 1980).

Les interactions entre les molécules du soluté (adsorbant) et la surface du solide(adsorbant) sont assurées par des forces électrostatiques type dipôles, liaison hydrogène ou van der Waals (La liaison physique est plus faible) (Senesi et Chen,1989).

Elle est réversible et peu spécifique, l'adsorption physique est rapide et généralement limitée par les phénomènes de diffusion (Djabbar, 2014).

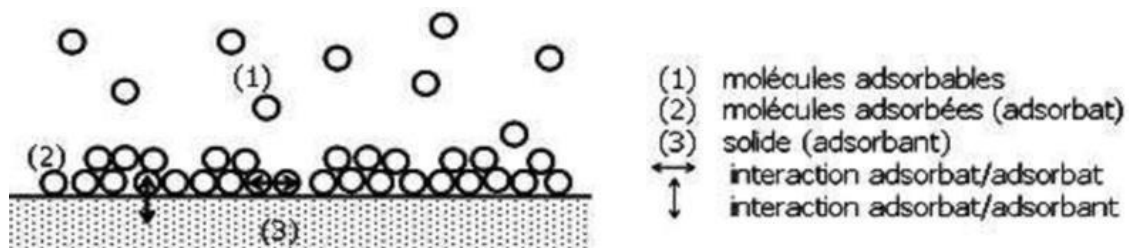


Figure 4 : Schéma de l'adsorption physique
(Joachim, 2010)

3.2. Facteurs influençant l'adsorption

Dans le cas de l'adsorption en phase liquide, le processus dépend de plusieurs facteurs.

3.2.1. Conditions opératoires

3.2.1.1. Température

L'adsorption physique s'effectue à des basses températures (phénomène exothermique), alors que l'adsorption chimique demande des températures plus élevées (phénomènes endothermique). Ce qui nécessite de fixer la température du processus dès le départ (Cardot, 1999)

3.2.1.2. PH de la solution

Le pH est un facteur important dans toute étude d'adsorption du fait qu'il peut influencer à la fois la structure de l'adsorbant et de l'adsorbât ainsi que le mécanisme d'adsorption.

Ce facteur dépend de l'origine des eaux à traiter et du procédé de leurs traitements (coagulation, floculation, oxydation...), donc, il est judicieux de connaître l'efficacité de l'adsorption à différents pH. (Meski, 2012)

3.2.1.2. Concentration des substances à adsorber

L'équilibre d'adsorption qui s'établit entre la concentration dans la phase solide et la phase liquide dépend en premier lieu de la concentration initiale des substances adsorbables (Spongberg, 2008).

3.2.1.3. Temps de contact

La durée de contact entre l'adsorbât et l'adsorbant détermine le taux d'élément adsorbé, ainsi la longue

durée de contact favorise la sorption et renforce lialiaison entre l'adsorbat et la surface de l'adsorbant.

3.2.1.4. La vitesse d'adsorption

L'adsorption physique en phase liquide est beaucoup moins rapide, la viscosité de la solution doit être un facteur agissant sur la vitesse d'adsorption et il est vraisemblable qu'en diminuant la viscosité par chauffage, on croit la vitesse c'est une des raisons pour lesquelles on effectue à température élevée la décoloration de solution par les adsorbants solides.

3.2.1.5. Nature de l'adsorbât

- Solubilité : La solubilité d'un adsorbât ou son affinité pour un solvant, joue un rôle important lors de son adsorption. Plus la solubilité est grande, plus les forces reliant le soluté au solvant sont fortes et plus faible sera l'adsorption.
- Polarité : Un soluté polaire aura plus d'affinité pour un solvant ou pour l'adsorbant polaire il faut que l'adsorbant et l'adsorbât soient de polarité voisine (**Koesukwiwat et Jayanta , 2007**)
- Structure moléculaire de l'adsorbât : Plus la structure moléculaire des particules à fixer est grande, plus le remplissage des pores s'effectue rapidement et la saturation est atteinte avec des rendements faibles. Chose qui fait diminuer le nombre des sites libres pour les autres molécules (**Muriuki et Ogara,2001**)

3.3. Mécanisme d'adsorption

La cinétique d'adsorption présente un intérêt pratique considérable pour la mise en œuvre d'un adsorbant optimal dans un procédé d'adsorption. Elle permet de mettre en évidence les interactions physicochimiques entre le soluté et l'absorbant d'obtenir la vitesse initiale d'adsorption, le calcul du coefficient de transfert de matière et le coefficient de diffusion (**Manole.M,**)

La figure 6 représente un matériau (adsorbant) avec les différents domaines dans lesquels peuvent se trouver les molécules organiques ou inorganiques qui sont susceptibles de rentrer en interaction avec le solide.

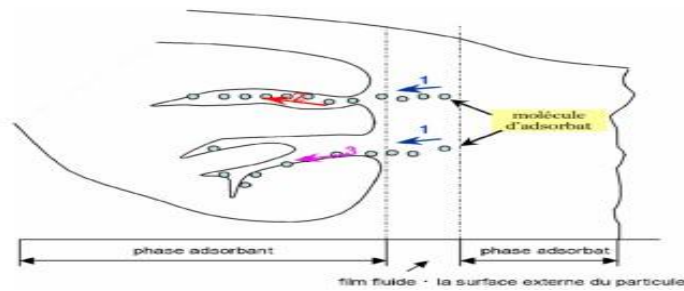


Figure 5 : Mécanisme de diffusion de l'adsorbant vers l'adsorbant.

- 1) Diffusion externe.
- 2) Diffusion interne (dans les pores).
- 3) Migration en surface.

Au cours de l'adsorption d'une espèce sur un solide, le transfert de matière a lieu de la phase fluide vers les sites actifs de l'adsorbant fait intervenir les étapes suivantes (**Chitour, 1979**)

Lors de l'adsorption d'une espèce sur un solide, le processus implique généralement plusieurs étapes :

1. **Transfert de matière vers la surface du solide** : Cette étape implique la migration des molécules ou des ions de la phase fluide (liquide ou gaz) vers la surface de l'adsorbant solide. Ce transfert peut se faire par diffusion, convection ou par d'autres mécanismes de transport.
2. **Diffusion à la surface de l'adsorbant** : Une fois à la surface du solide, les espèces adsorbées peuvent se déplacer à travers la surface de l'adsorbant jusqu'à atteindre les sites actifs. Ce processus peut être influencé par la mobilité des molécules à la surface et par les interactions entre l'adsorbant et l'espèce adsorbée.
3. **Adsorption aux sites actifs** : Une fois que les espèces ont diffusé vers les sites actifs de l'adsorbant, elles interagissent chimiquement ou physiquement avec ces sites. C'est à ce stade que se produit l'adsorption proprement dite, où les molécules ou les ions sont retenus à la surface de l'adsorbant par des forces d'interaction telles que des liaisons chimiques, des forces de Van der Waals, des liaisons hydrogène, etc.

Il est à noter que ces étapes peuvent varier en fonction de plusieurs facteurs, tels que la nature de l'adsorbant et de l'adsorbant, la température, la pression, et d'autres conditions expérimentales. Les détails précis peuvent également dépendre du type spécifique d'adsorption étudié : physique ou chimique, mono ou multicouche, etc (**Paula et Keeler, 2017**).

MATERIELS ET METHODES

Dans ce chapitre, nous décrivons tous le matériel et les méthodes utilisés pour réaliser les différentes parties expérimentales de ce travail. L'objectif principal de cette partie est la valorisation et l'exploitation d'un déchet marin : les carapaces de crevettes en vue de L'obtention de nouveaux adsorbants à base des produits chitineux pour le traitement des effluents aquacoles.

1. Extraction du chitosane

1.1. Produits chimiques

- ✓ NaOH à 40 %.
- ✓ HCl à 37%.
- ✓ H₂O₂ à 30%.

Autres produits

- ✓ L'eau distillée.
- ✓ Carapaces de crevettes.

1.2. Verrerie de laboratoire

- ✓ Fioles jaugées, béchers, agitateurs en verre, entonnoirs, pipettes, éprouvettes, erlenmeyers, boîtes de pétrie.
- ✓ Papier filtre, Papier aluminium, barreaux magnétiques, spatules.

1.3. Appareillage

1.3.1. Spectrophotomètre (LANGE)

Le spectrophotomètre est un appareil d'analyse qui permet de déterminer l'absorbance d'une substance chimique en solution, c'est-à-dire sa capacité à absorber la lumière qui la traverse, l'absorbance d'une substance chimique dépend de la nature et de la concentration de cette substance ainsi que de la longueur d'onde à laquelle on l'étudie.

1.3.2. Bain à agitation (Mettler)

Le bain-marie est un des équipements permettant de chauffer un récipient dans un bain d'eau ou d'huile (en fonction de la température souhaitée).

Pour bien choisir son bain-marie, il est nécessaire d'évaluer le volume nécessaire au chauffage de vos échantillons.



Figure 6 : Bain à agitation

1.3.3. Autoclave

Autoclave est un récipient sous pression à fermeture hermétique destiné au traitement thermique de substances en zone de surpression.



Figure 7 : Autoclave (SANU CLAV)

1.3.4. PH mètre

Le PH mètre est un appareil permettant de mesurer le pH d'une solution, il est constitué de deux éléments : un boîtier électronique qui affiche la valeur du pH et une électrode qui mesure cette valeur.

Le fonctionnement du pH mètre est basé sur le rapport entre la concentration en ions H_3O^+ et la différence de potentiel électrochimique qui s'établit dans l'électrode de verre.

1.3.5. Agitateur magnétique chauffant

Un agitateur est un élément d'une unité de procédé ayant pour but d'assurer l'homogénéisation d'un milieu.

1.3.6. Balance électronique

Est un instrument de mesure qui sert à évaluer des masses en (g). Max 100g.



Figure 8 : balance électronique.

2. Méthodes

Partie A : Adsorbant (chitosane et chitine)

1. Procédé d'extraction de la chitine à partir des carapaces de crevettes

1.1. Collecte et traitement des crevettes

Dans cette étude nous avons utilisé les carapaces de crevette locale collectées dans une poissonnerie située à Dely brahim (les crevettes sont pêchées dans la zone de la Madrague).

Ces déchets collectés des crevettes blanches très abondantes sur nos côtes qui appartiennent à l'espèce *Parapenaeus longirostris* (Lucas,1846)



Figure 9 : poissonnerie de Raïs Hamidou



parapenaeus longirostris (Lucas,1946)

Parapenaeus longirostris est une espèce de crevette communément appelée crevette blanche ou crevette rose de Méditerranée (FAO,2014).

Dans le cadre de la pêche commerciale et de la gestion des ressources marines, *Parapenaeus longirostris* est identifiée comme une espèce importante pour les pêcheries méditerranéennes, principalement en raison de sa valeur économique et de sa présence abondante dans la région (Coll et al. 2010)

2. Prétraitement des carapaces de crevette

A : Avant l'utilisation des carapaces de crevette nous les avons nettoyés soigneusement à l'eau du robinet pour éliminer tous les résidus des protéines, tissus, matières organiques solubles, substances inorganiques et autres impuretés intactes,

Ensuite à l'eau distillée puis séchées a lyophilisateur, les carapaces nettoyées sèchesont été broyées en poudre fine à l'aide d'un broyeur.

- **A.1. Lyophilisation**

La lyophilisation est une méthode très efficace de séchage, car elle permet d'éliminer, par procédé physique appelé sublimation, presque la totalité de l'eau (sauf l'eau intracellulaire) contenue dans le biote sans abimer ses caractéristiques physico-chimiques.

Les carapaces de crevette congelées, sont mises dans des sachets et placées dans les étages du lyophilisateur (Figure), une fois la cloche posée, une pompe sous vide va aspirer la totalité de l'air et de ce fait un vide très puissant va se créer, transformant la glace contenue dans les carapaces à une forme gazeuse.

- **A.2. Broyage**

On a récupéré les carapaces sèches du lyophilisateur, ces dernières ont été transformées on poudre à l'aide d'un broyeur à couteau puissant pour avoir une granulométrie très fine.

3. Etape d'extraction de la chitine

Pour avoir du chitosane faut d'abord extraire la chitine, chez les crustacés, la chitine est présente sous forme de mucopolysaccharide des intimement associés au calcaire de la coquille, et liés par des liaisons covalentes aux protéines, aux caroténoïdes, aux lipides et aux pigments.

Par conséquent, après le prétraitement, les carapaces de crevettes doivent subir une autre série de traitements qui se déroule en trois étapes essentielles : une déminéralisation, une déprotéinisation et une étape de blanchiment.

Le protocole expérimental adopté dans cette étude pour l'extraction de la chitine est inspiré de l'étude.

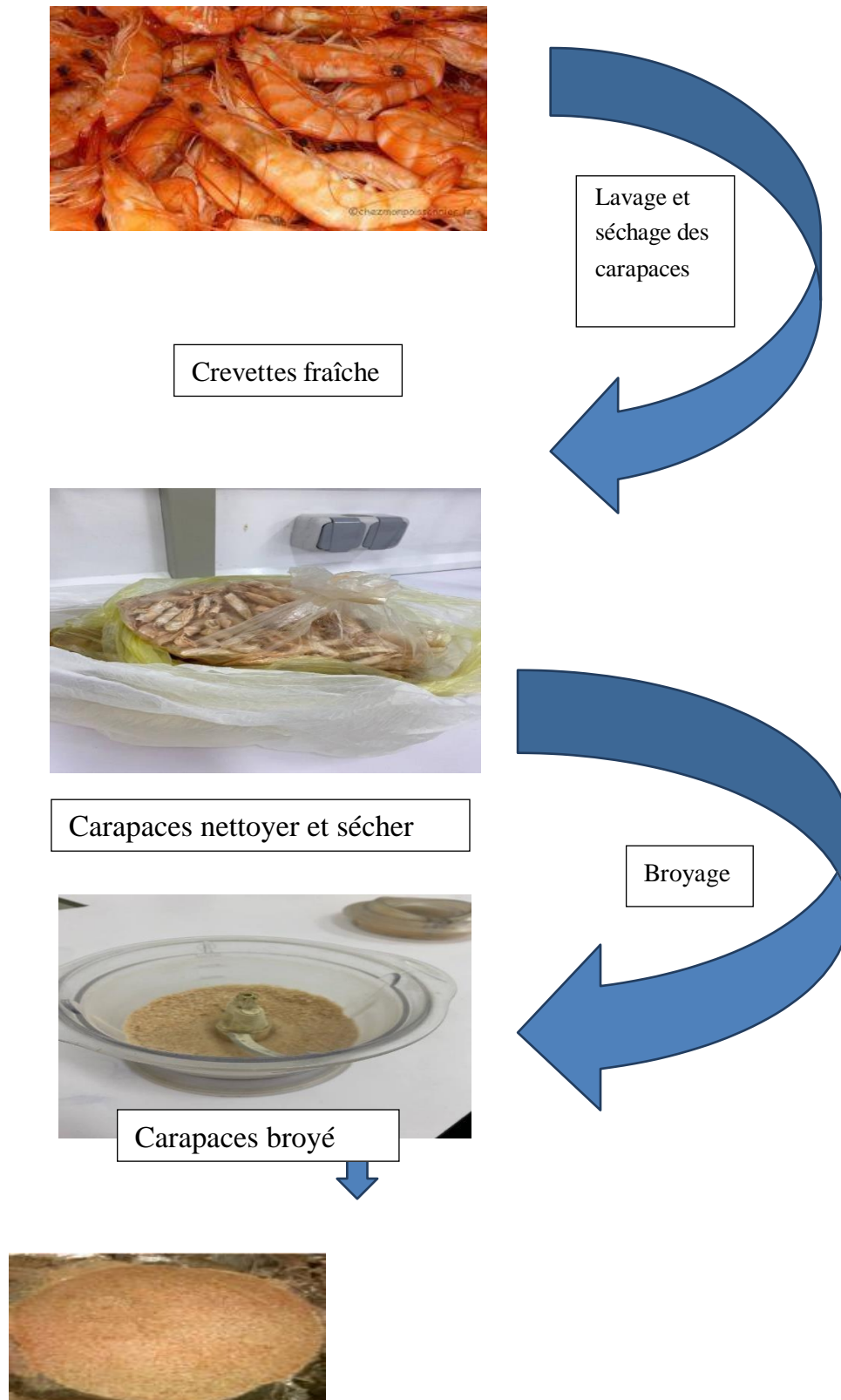


Figure 10 : Prétraitement des carapaces de crevettes.

3.1. Déminéralisation

La déminéralisation est généralement réalisée par un traitement acide sous agitation pour solubiliser le carbonate de calcium et le chlorure de calcium (Mokrani .N, 2013).

Les acides les plus fréquemment utilisés sont l'acide chlorhydrique et l'acide formique, la durée du traitement acide est de l'ordre de 1 à 48 heures à la température ambiante (Meyers, 1989).

Cette étape consiste à éliminer au maximum les sels minéraux consistants les carapaces de crevettes et pouvant être en association avec la chitine.

Les carapaces, une fois prétraitées (lavage, séchage et broyage), ont été soigneusement immergées dans une solution aqueuse d'acide chlorhydrique HCl 1N avec un rapport de masse du solide / volume du liquide 1 :10 (w/v) et l'ensemble a été soumis à une agitation pendant 1h à température ambiante afin de dissoudre les minéraux qui accompagnent les carapaces.

Le carbonate de calcium (CaCO₃), principal composé minéral de la carapace, réagit avec HCl pour former du chlorure de calcium, de l'eau et du gaz carbonique comme décrit dans la réaction suivante :



Après la déminéralisation, la solution a été filtrée et la matière obtenue a été lavée plusieurs fois à l'eau distillée jusqu'à la neutralité, cette dernière est importante, car l'acide résiduel dans la matrice sèche sera concentré et pourra endommager la chitine, puis séchée à l'étuve pendant 48h à une température de 105°C.



Figure 11 : Déminéralisation des carapaces de crevettes par HCl

3.2. Déprotéinisation

A l'état naturel, la chitine se présente en association avec les protéines (chitinoprotéine). Ces protéines sont éliminées par un traitement basique en utilisant, en général, des solutions à base de NaOH, Na₂CO₃, NaHCO₃, KOH, K₂CO₃, Ca (OH)₂, Na₂SO₃, CaSO₃, ou Na₃PO₄, la solution d'hydroxyde de sodium est la plus souvent utilisée pour dissoudre les protéines (Nugraha.E, 2006)

Dans cette étape, les carapaces de crevettes broyées déminéralisées ont été soumises à traitement alcalin par la soude 2,5N NaOH à 70°C sur un agitateur à plaque chauffante pendant 6H avec des proportions solide/liquide 1 :10 (w/v), une filtration sous vide suivie d'un lavage à l'eau distillée a été nécessaires jusqu'à neutralité, afin d'éliminer toutes les protéines qui ont été séparées de la chitine, la matière récupérée a été étuvée pendant 48 heures à 70°C.



Figure 12 : Etape de déprotéinisation des carapaces de crevette par NaOH (2N)

3.3. Blanchiment

Enfin un blanchiment (décoloration) par la présence d'un agent oxydant (KMnO₄, NaOCl, SO₂, NaHSO₃, Na₂S₂O₄ ou H₂O₂). (Shahidi et Abuzaytoun,2005)

Ce traitement peut éliminer des traces de pigments résiduels, comme les caroténoïdes, (Mokrani. N ,2013) entre ces différentes étapes, des opérations de lavage sont nécessaires (Shahidi . A ,2005)

Le blanchiment souvent réalisé par un traitement avec des agents oxydants (KMnO₄, NaOCl, SO₂, NaHSO₃ ou H₂O₂), ce traitement peut éliminer des traces de pigments résiduels, comme les caroténoïdes.

Dans ce travail, le produit obtenu après déprotéinisation a été traité par le peroxyde de l'hydrogène H₂O₂ (30%) avec un rapport du solide au solvant 1:10 (w/v), sous agitation magnétique

qui a été maintenue durant 3 heures à 30°C, une filtration de la solution a été réalisée , après ces trois étapes, la chitine obtenue a été rincée plusieurs fois à l'eau distillée puis séchée dans l'étuve.

8. Préparation du chitosane à partir de la chitine

Il se trouve plus rarement dans la nature : il n'est présent que dans la paroi d'une classe particulière de champignons et chez quelques insectes, la chitine est ainsi la source la plus intéressante du chitosane, le chitosane commercialisé provient essentiellement de la désacétylation alcaline de la chitine.

4.1. Production de chitosane

L'étape la plus délicate reste la désacétylation qui nécessite de substituer suffisamment les groupements acétylés pour aboutir au chitosane, ce qui peut entraîner une réduction excessive de la longueur de chaîne du polymère. En jouant sur la durée du traitement alcalin et sur l'élévation de la température, il est donc possible d'obtenir différents chitosane à partir d'une même chitine. Un degré d'acétylation (DA) inférieur à 10% est rarement atteint par un procédé simple (**Shahidi et Abuzaytoun,2005**)

Rendement de désacétylation et la qualité du chitosane varient selon l'origine de la matière première utilisée (crevettes, crabes, calamars...) et de la procédure d'extraction (la température, la durée, la concentration d'alcalin, les traitements préalables pour l'obtention de la chitine, l'atmosphère (air ou azote), la quantité de chitine par rapport à la solution alcaline, la densité de la chitine et la taille des particules).

Des conditions trop drastiques conduisent à une dégradation physique du biopolymères (avec une chute importante de la masse moléculaire et/ou une oxydation des extrémités réductrices des chaînes macromoléculaires), alors que des conditions trop douces ne permettent pas une désacétylation suffisante. Ceci permet d'expliquer parfois la difficulté d'obtenir de manière reproductible des produits de composition prédéterminée.

La procédure générale pour l'obtention du chitosane à partir de la chitine est résumée dans la figure suivante

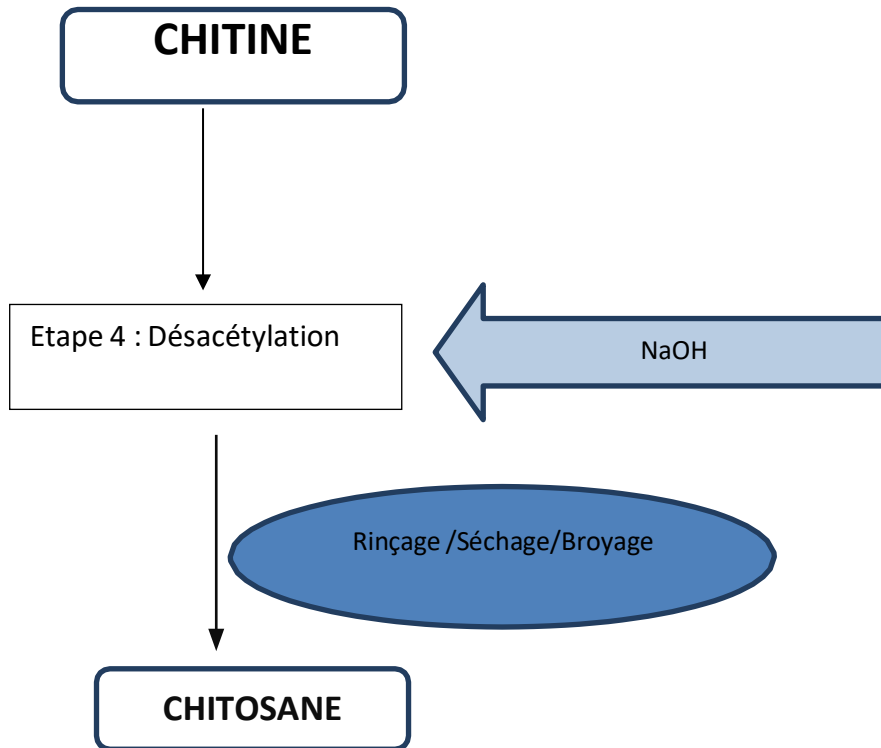


Figure 13 : Méthode de production de du chitosane à partir de la chitine

3.4. Synthèse du chitosane par la désacétylation de la chitine

Cette étape s'effectue par un traitement avec l'hydroxyde de sodium NaOH ou potassium concentré (40-50 %) à une température de 100°, pendant au moins 30 minutes pour enlever certains ou tous les groupements acétyles de la chitine (No et Meyers,1995 in Suyatma, 2006), dont elle nécessite une réduction dans la longueur de chaîne de la chitine par la substitution de groupement acétyle pour obtenir le chitosane, et le rendement de la désacétylation peut être influencé par certains facteurs comme :

- La température.
- La durée de contact et de traitement.
- La concentration du milieu alcalin.
- Les traitements préalables pour l'obtention de la chitine
- L'atmosphère
- La quantité de la chitine par rapport à la solution d'alcaline

L'objectif idéal de désacétylation est de préparer un chitosane qui est non dégradé et parfaitement soluble dans quelques acide dilués (acides acétique, lactique, critique.....).

L'obtention du chitosane s'est fait en utilisant l'autoclave, cette diapositive permet d'avoir de fortes température et pression.



Figure 14 : étape de désacétylation de la chitine

3.5. Production par autoclave

Une masse de chitine a été mélangée dans une solution de soude (NaOH) d'une concentration de 40%, le rapport poids/volume (p/v) est toujours le même : 1/10.

L'échantillon préparé est mis dans l'autoclave (SANO Clav : pression maximale : 4 bars/Température maximale : 120°C) à une pression de 0.4 bar et une température égale à 100°C pendant un temps de contact de 3 heures.

Après cette étape, le chitosane ainsi produit est lavé avec plusieurs bains avec de l'eau distillée jusqu'à l'obtention d'un pH neutre.

La poudre du chitosane est mise au séchage à l'étuve pendant 24 heures à une température égale à 70°C.



Figure 15 : l'Autoclave de laboratoire utilisée

4. Protocole expérimental d'adsorption de l'Ammonium

- Ammonium (adsorbat)

L'ammonium est l'ion polyatomique NH_4^+ , dérivé de l'azote. Ce cation est la forme ionisée de l'ammoniaque, soit l'ammoniaque ionisée qui forme des sels avec des anions similaires aux ions de métaux alcalins, c'est l'acide conjugué à l'ammoniac de base NH_3 , il a un poids moléculaire de 18,04 et est formé par la protonation de l'ammoniac NH_3 .

Les ions ammonium sont un déchet toxique du métabolisme chez les animaux. Chez les poissons et les invertébrés aquatiques, il est excrété directement dans l'eau.

Sachant que l'azote ammoniacal est un toxique potentiel en élevage de poissons ayant des effets plus ou moins sévères selon la concentration ambiante et la durée d'exposition.

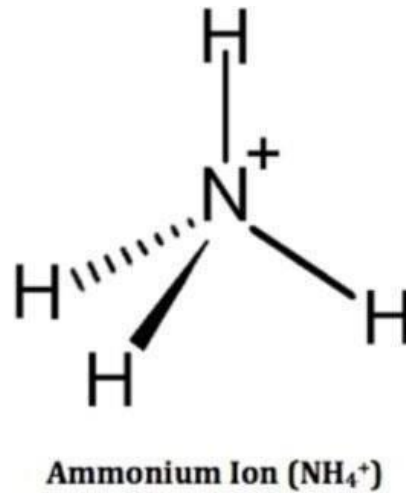


Figure 16 : structure moléculaire de l'Ammonium

- **Caractéristiques de l'Ammonium**

- ✓ Formule : NH₄⁺.
- ✓ Masse molaire : 18,04 g/mol.
- ✓ PKa : 9,25 à 25 °C.

- **Dosage d'ammonium**

Le dosage est effectué par la méthode de bleu d'indophénol

✓ **Méthode au bleu d'indophénol**

✓ **Principe**

En milieu alcalin et en présence de nitroprussiate qui agit comme un catalyseur, les ions d'ammonium traités par une solution de chlore et de phénol donnent du bleu d'indophénol susceptible d'un dosage par spectrophotométrie d'adsorption moléculaire

✓ **Matériels**

- Fioles (1L, 100ml).
- Micropipettes (5ml, 10ml, 20ml).
- Bécher.
- Flacon en verre brun.
- Bain marie.
- Agitateur.

✓ Réactifs

NaOH, ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7, 2\text{H}_2\text{O}$), $\text{C}_3\text{HCl}_2\text{N}_3\text{O}_3$, phénol, ($\text{Na}_2\text{Fe}(\text{CN})_5\text{NO}, 2\text{H}_2\text{O}$), chlorure d'ammonium.

✓ Préparation des solutions

- Solution chlorée

Dissoudre NaOH 20(g) et le citrate trisodique 380(g) dans 800ml d'eau distillée, porter la solution à l'ébullition, maintenir celle-ci pendant 20min, après de refroidissement ajouter l'acide dichlorocyanurique 4(g) et ajuster le volume à 1000ml.

- Solution de nitroprussiate de sodium et de phénol

Dissoudre 35(g) de phénol, nitroprussiate de sodium 0,4(g) dans 1000ml d'eau distillée, transvaser cette solution dans un flacon brun et la conserver dans le réfrigérateur

- Solution d'ammonium

On prépare une solution mère étalon d'ammonium à 100mg/L, dissoudre 297(mg) de chlorure d'ammonium dans 1000(ml) d'eau distillée.

- Solution fille étalon à 1mg /L d'ions ammonium

Diluer la solution mère au 1/100

✓ Mode opératoire

- **Etablissement de la courbe d'étalonnage**
- **Gamme d'étalonnage**

Dans une série de fioles jaugées de 100ml, numérotées, préparer une série de dilutions.

| Numéro des fioles | T | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--|-----|------|------|------|------|------|------|
| Solution fille étalon à 1mg/L d'ammonium(ml) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Eau distillée (ml) | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Correspondance en mg/L d'ammonium | 0 | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,10 | 0,15 | 0,20 |

Dans une série de fioles conique de 100ml numérotées, introduire 20ml de chacune des dilutions ci-dessus, ajouter dans chaque tube :

- 1ml de solution de nitroprussiate de sodium et de phénole
- 1ml de solution chlorée
- Agiter et placer les fioles à l'obscurité pendant 6heures au moins, effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde 630nm. **(Rodier, 2005)**



Figure 17 : Photos dans le laboratoire de dépollution marine au cours de préparation la gamme d'étalonnage, et la lecture sur spectrophotomètre

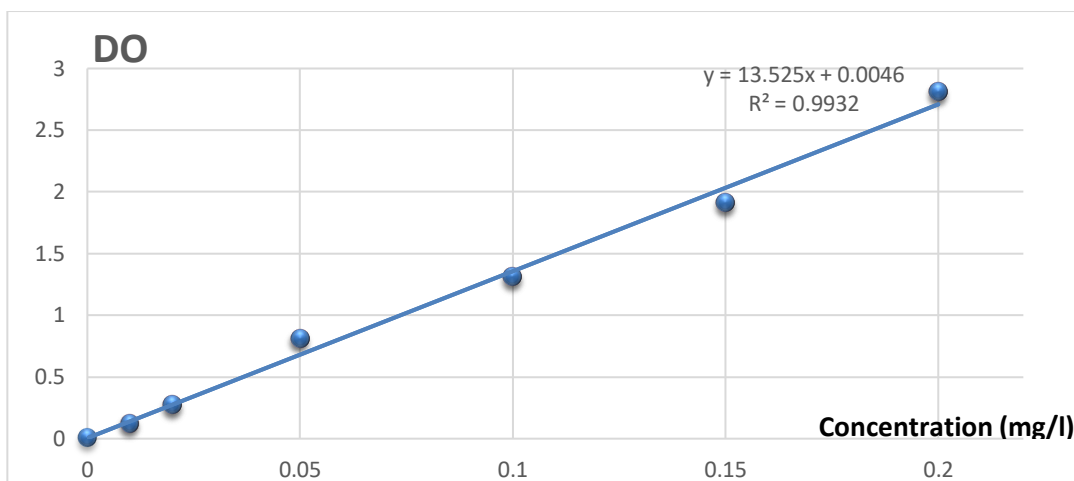


Figure 18 : Courbe d'étalonnage

L'équation de la droite donnant l'absorbance en fonction de la concentration est :

$Y = 13,525x + 0,0046$ avec un coefficient de régression $R^2 = 0.9932$, ce qui peut être considéré comme un bon ajustement linéaire. Cette équation est utilisée pour calculer la concentration d'une solution donnée.

✓ Effet des paramètres opératoires

- Effet de masse

Pour déterminer l'effet de la masse d'adsorbant sur le phénomène d'adsorption, nous avons fait varier la masse d'adsorbant (chitine, chitosane) de 50 à 120 mg dans 10ml de solution d'ammonium.

- Effet de temps

L'étude de l'adsorption d'un composé sur un adsorbant nous permet d'examiner l'influence du temps de contact sur l'adsorption.

On a ajouté une masse de 50mg (chitine, chitosane) avec un temps de contact 70min

- Effet de température

Nous avons fait varier la température d'une masse 50mg dans 10ml de solution d'ammonium pour 4 essais 30,40,50,60c.

✓ Calcul des rendements

Un calcul relativement simple permet d'obtenir les rendements de chaque essaie par la relation suivante :

$$R\% = \left(\frac{c_i - c_e}{c_i} \right) 10$$

- C_i : Concentration initiale de l'ammonium (mg/l).
- C_e : Concentration de l'ammonium à l'équilibre (mg/l).

✓ Le protocole expérimental de l'adsorption

Les tests d'adsorption ont été réalisés pour deux paramètres à savoir la masse d'adsorbant, m (50, 80, 100, 120mg), la température, T (30,40,50 et 60°C)

Les mesures de l'absorbance ont été effectuées à l'aide d'un spectrophotomètre à une longueur d'onde maximum d'absorption de l'Ammonium ($\lambda = 630\text{nm}$), la concentration résiduelle est calculée à l'aide de la courbe d'étalonnage, la quantité d'Ammonium adsorbée par unité de masse.

✓ Effet des paramètres opératoires

- Effet de temps de contact 70min

Nous sommes opté à travailler avec un temps de contact de 70 min, qui a été utilisé dans plusieurs travaux sur l'adsorption par le chitosane et la chitine.

- Effet de masse

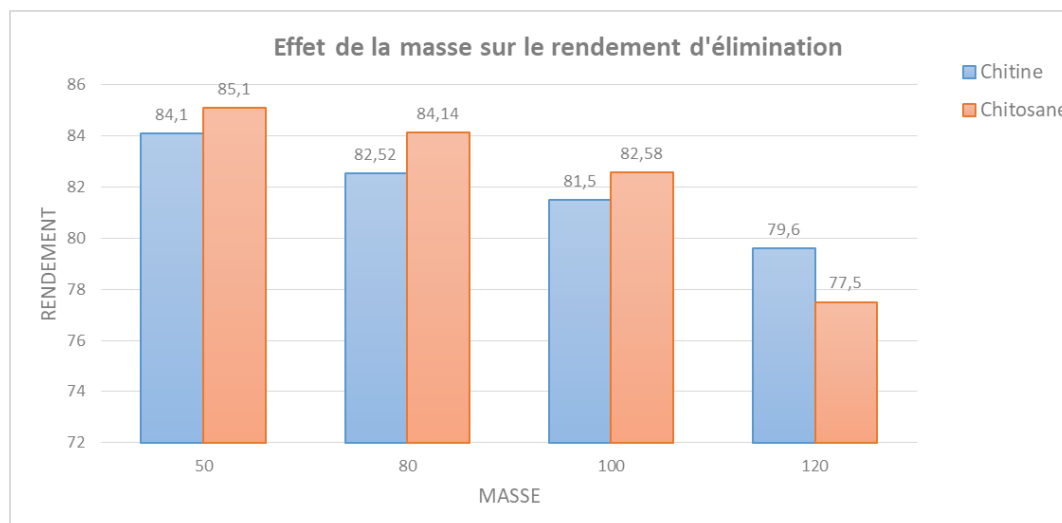


Figure 19 : Graphe de rendement (%) de chitosane et la chitine en fonctionde la masse (mg)

Ce graphe présente le rendement calculé de chitosane et de la chitine en fonction de la masse, on remarque que à chaque fois on augmente la masse le rendement diminue due a une compétition des ions d'ammonium sur les sites de fixation, le rendement maximal est de 85,1% pour le chitosane et 84,1% pour la chitine en utilisant une masse de 50mg

Donc la masse idéal a utilisé pour le meilleur rendement de la chitine et du chitosane est 50mg

- Effet de température

La figure représente les résultats de l'effet de la température sur le rendement d'élimination de l'ammonium, des deux adsorbants (chitosane et chitine).

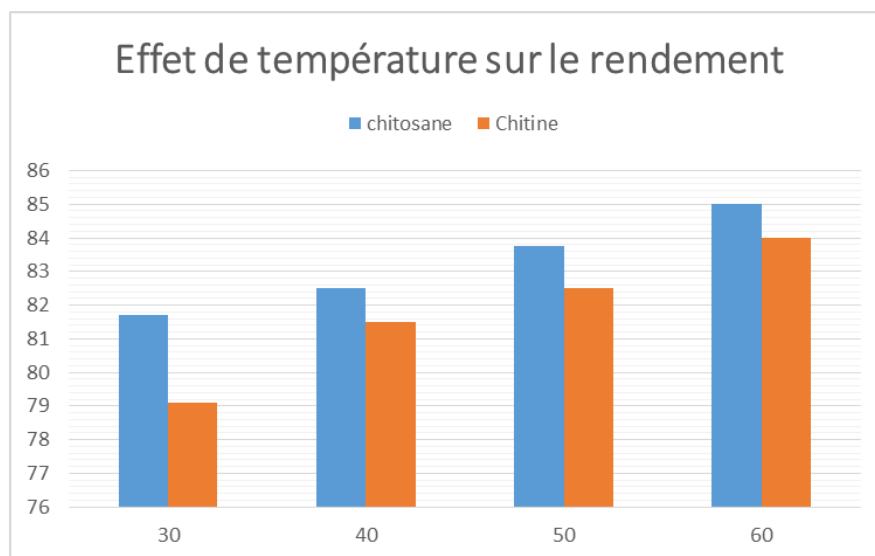


Figure 20 : Graphe du rendement du chitosane et de chitine (%) en fonction de température (c)

Ce graphe présente le rendement de chitosane et la chitine en fonction de la température, on remarque que le rendement augmente avec la température, jusque la valeur maximale 60c.

Donc à chaque fois on chauffe l'eau d'élevage le rendement de chitine et chitosane augmente.

Discussion

Les résultats que nous avons obtenus montrent clairement que le rendement d'élimination d'ammonium augmente par augmentation de la Température, à chaque fois on chauffe l'eau le rendement d'élimination d'ammonium augmente.

La température peut significativement influencer la capacité d'adsorption du chitosane et la chitine.

Généralement, une augmentation de la température peut entraîner une augmentation de l'énergie cinétique des molécules d'ammonium (ou d'autres contaminants), ce qui peut favoriser leur diffusion vers les sites actifs du chitosane et de la chitine et donc, augmenter la capacité d'adsorption (**Saeed et al., 2010**).

On conclue que l'effet de la température sur l'absorbance du chitosane, ainsi la chitine est un aspect critique à considérer pour maximiser l'efficacité de l'adsorption de l'ammonium.

En conclusion, y'a une différence de rendement presque 2% entre le chitosane et la chitine, on remarque qu'une masse de 80mg de chitine a presque donné le même rendement qu'une masse de 100mg de chitosane

La figure 19 représente la variation de rendement en fonction de la masse des deux adsorbants (chitosane et chitine), nous constatons que l'augmentation de la masse du chitosane de 50 mg, ainsi de la chitine de 50 mg entraîne une augmentation du rendement, alors un taux élevé d'élimination d'ammonium, Cette augmentation est due à une plus grande disponibilité de sites actifs pour l'adsorption de l'ammonium sur la surface du chitosane et de la chitine.

Nous remarquons d'après la figure 19, que la masse 50mg est l'idéal dans le cas de la chitine et de chitosane dans le cas de chitosane donc l'utilisation de 50mg de chitine donne le meilleur rendement mieux qu'une masse de 100mg, le même cas pour le chitosane l'utilisation de 50mg de chitosane mieux que 120mg ou plus.

En effet, la masse idéale des adsorbants provoque les sites seront de plus en plus nombreux et par conséquent la probabilité de rencontres des polluants avec un site devient de plus en plus importante. Au-delà de la dose optimale (100mg pour le chitosane et 80 pour la chitine, il y a une stabilisation du taux d'élimination où le nombre de sites devient constant (**Vimonses et Lei, 2009**).

Notre travail a été basé sur l'étude de l'effet de la température et la masse sur les deux adsorbants (chitine, chitosane) pour principalement optimiser le processus d'adsorption pour améliorer l'efficacité et la rentabilité du traitement

En comparaison, la chitine partage la même structure de base avec le chitosane, est moins soluble et donc moins facilement utilisable dans les applications de traitement des eaux. Sa capacité à adsorber l'ammonium peut être moindre en raison de limitations liées à sa solubilité et à ses propriétés physico-chimiques.

En résumé, on a prouvé que le chitosane est préféré à la chitine pour l'élimination de l'ammonium dans les eaux aquacoles en raison de son meilleur rendement grâce à sa solubilité, de ses propriétés d'adsorption améliorées et de sa compatibilité avec l'environnement aquatique.

Conclusion

Ce Travail a pour objectif la préparation et l'utilisation du chitosane et de la chitine dans le traitement des effluents aquacoles, en comparant leurs propriétés et en déterminant les conditions optimales pour leur efficacité.

La chitine, un polymère naturellement présent dans les carapaces d'invertébrés marins, et son dérivé, le chitosane, sont étudiés pour leur capacité à adsorber les contaminants présents dans les effluents aquacoles, en particulier l'ammonium provenant des déchets organiques des poissons.

Pour l'effet de la variation des conditions expérimentales, nos résultats ont indiqué que la dose d'adsorbant introduite et le degré de température influent considérablement sur le processus d'adsorption, ce qui affecte les taux d'élimination du polluant étudié.

Les résultats de l'étude ont montré que l'efficacité de l'adsorption de l'ammonium par le chitosane et la chitine était comparable. Aucune différence significative n'a été observée entre les deux biopolymères dans leur capacité à réduire la concentration d'ammonium dans les effluents aquacoles.

Cette recherche démontre que le chitosane et la chitine ont une performancesimilaire dans le traitement des effluents aquacoles, tout en identifiant les conditions optimales pour exploiter efficacement ces matériaux biopolymères. Ces connaissances sont essentielles pour développer des stratégies de gestion durable des eaux dans l'industrie aquacole, en intégrant des solutions biocompatibles et respectueuses de l'environnement.

Perspectives de l'étude

En perspectives de ce travail, nous proposons :

- Dans le cadre du traitement des effluents aquacoles, on propose d'utilisée de la chitine pour son efficacité et rentabilité et minimiser les couts.
- D'élargir l'étude à d'autres concentrations du polluant afin de déterminer les limites de ces matrices et de tester ces matrices in-situ dans les milieux à dépolluer ou à traité.
- D'envisager l'application de ces matériaux modifiés pour éliminer d'autres polluants inorganiques et organiques présente dans les eaux aquacoles.
- Développement d'autres matériaux composites comme le chitosane.

Bibliographies

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* P.P.44,25–34. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2010.11.002>.

Américo et al. 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.*Beveridge et al., 1991* .

Zhao L. et al., (2019). Oligosaccharides of Chitin and Chitosan. *Bio-manufacture and Applications.* East China University of Science and Technology. Shanghai, China.P.P.1-4.

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. Bregnballe et al., 2015.*

Xuan Jiang, Lirong Chen, WeiZhong: A new linearpotentiometric titration method for the determination of deacetylation degree of chitosane. *Carbohydrate Polymers* 54(2003): P.P.457-463

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, *Choi et al., 2017.*

Crab, R., Avnimelech, Y., Defoirdt, T., Bossier, P., Verstraete, W., 2007. Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production. *Aquaculture* 270, 1–14. *Cripps et Bergheim, 2000.*

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

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.

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: P.P.563-575.

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>.

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

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

No et Meyers,1995 Agric. Food Chem.33 575 in Suyatma

Ravi Kumar Mechanical bioadhesivestrength and biological evaluation of chitosan films for wounddressing. Journal of Pharmaceutical and Pharmaceutical Science, 3(3), H. S. (2000): 3003–3371

Reid et al., 2009 .

Roberts. M Structure of chitin and chitosan. In: Chitinchemistry, edited by G.A.F. Roberts, Mac Millan Press, Houndmills. (1992)

Saeed et al., 2010.

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>

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

Yin et al., 2019.

Annexe



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche
scientifique
École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de
l'Aménagement du Littoral

Nom du projet :

ELEVAGE DE LA CREVETTE TROPICALE *Penaeus monodon*

Pour obtenir un diplôme dans le
cadre de l'Arrêté Ministériel
1275

Nom commercial

Shrimpaddict

Carte d'information

À propos de l'équipe d'encadrement

du groupe de travail : 1- Équipe

d'encadrement :

| | |
|-------------------------|---|
| Encadrant principal | Spécialité : |
| Mr. Bougherira abdelhak | Enseignant universitaire Au département des sciences de la nature et de la vie |

2- Équipe de projet :

| Équipe de projet | Faculté | Spécialité |
|---------------------------------|--|-------------|
| Étudiante 01 :Hadia Safir | École Nationale Supérieure es de la Mer et de l'Aménagement du Littoral | Aquaculture |
| Étudiant 02 : Meribai Maroua | Ecole national supérieur des sciences de la mer et aménagement du littoral | Aquaculture |

Table des matières

| | |
|---|----|
| Le premier axe: Présentation du projet | 3 |
| 1. L'idée de projet | 3 |
| 2. Les valeurs proposées | 4 |
| 3. Equipe de travail..... | 4 |
| 4. Objectifs du projet | 4 |
| 5. Calendrier de réalisation du projet | 5 |
| Le deuxième axe : les aspects innovants | 6 |
| 1. Nature et domaines d' innovations | 6 |
| Le troisième axe: l'analyse stratégique du marché..... | 6 |
| 1. Le segment du marché | 6 |
| 2. Mesure de l'intensité de la concurrence..... | 7 |
| 3. La stratégie marketing..... | 7 |
| Quatrième axe : Plan de production et organisation..... | 7 |
| 1. Le Processus de production..... | 7 |
| 2. L'Approvisionnement..... | 8 |
| 3. La main d'œuvre | 9 |
| 4. Les Principaux partenaires | 9 |
| Cinquième axe : Plan financier | 9 |
| 1. Les Coûts et charges | 9 |
| 2. Le Chiffre d'affaire | 10 |
| Sixième axe : Prototype expérimental | |

Le premier axe: Présentation du projet

1. L'idée de projet

Le domaine d'activité: Aquaculture (élevage et commercialisation)

C'est le crustacé le plus célèbre... et le plus courant ! La crevette est une vraie star. De plus en plus prisée, elle est désormais le 2ème produit de la mer en valeur dans le monde, devant le thon et juste après le saumon.

Les rendements de la pêche marine mondiale stagnent depuis une trentaine d'années et avec l'augmentation des problèmes naturels dans le monde et du manque de biodiversité, le problème de la diminution de la richesse marine est considéré comme l'un des problèmes les plus importants, dû à la surpêche et à l'utilisation de méthodes de pêche nocives pour la nature.

L'aquaculture est la branche de l'industrie alimentaire internationale ayant enregistré le développement le plus soutenu et l'une des meilleures solutions pour réduire la pression sur la surexploitation de ces richesses marines. Quant aux crustacés, comme les crevettes, qui vivent au fond (milieu benthique), leur pêche répétée avec des dragues de fond est considérée comme nocive pour l'environnement dans lequel ils se trouvent et affecte ainsi leur présence future.

Notre projet est l'une des solutions à ce problème, car il apporte aux crevettes une haute valeur nutritionnelle sans nuire à la nature et contribue à la protection de notre biodiversité marine.

-L'idée du projet a commencé à travers une étude que nous avons menée sur la population ici en Algérie, sur le fait du taux de leur consommation, leurs appréciations, le coût d'achat, la disponibilité de cette ressource et ce qui entrave son approvisionnement, nous avons constaté que la plupart des personnes aiment consommer les crevettes mais en retour leur taux de d'achat est très faible qui peut être estimé à une fois par trimestre ou même par semestre. Lorsque nous leur avons demandé pourquoi, la majorité des réponses s'accorder sur le fait que le prix est élevé.

Nous nous sommes éventuellement rapproché des propriétaires de restaurants et des différents poissonniers, nous avons posé les mêmes questions, il s'est avéré qu'ils se soucient de la taille de l'espèce de crevette, de sa fraîcheur et parmi leurs problèmes primordiaux sa rareté en hiver (le marché algérien ne contient que des crevettes méditerranéennes sauvages).

Cela se fait par la construction d'une ferme aquacole d'élevage de crevettes tropicales " *Penaeus monodon* " en eau douce et en eau saumâtre (selon le stade de croissance), grâce à quoi nous leur fournissons l'environnement approprié qui est le plus proche de leur environnement d'origine.

-Le site de notre projet doit être isolé on suppose avoir un terrain à **Oued Souf** avec

une **superficie de 5 hectare**, loin et des polluants naturels et des perturbations climatiques, proche des sources d'énergie (électricité) , alimenter de l'eau douce.

2. Les valeurs proposées

Notre ferme fournit une nouvelle espèce de crevettes qui s'adapte rapidement et qui résiste aux maladies, en tenant compte de la mise à sa disposition des différentes conditions propices à sa croissance.

Nous tenterons de garantir aux consommateurs la disponibilité tout au long de l'année et hors saison, ainsi la fraîcheur du produit et un coût réduit (prix abordable).

Nous garantissons une livraison aux clients B2B «les pêcheries et les restaurants», et nous fournissons également des points de vente directe pour les clients B2C «les consommateurs».

3. Equipe de travail

L'équipe du projet est composée des membres suivants :

Étudiant 01 : Safir Hadia : a suivi une formation d'étude supérieure dans le domaine de l'aquaculture, des stages précédemment effectués dans: Laboratoire de Bactériologie des Aliments, des Eaux et de l'Environnement à l'Institut Pasteur et à l'INSPA Institut national supérieur de pêche et d'aquaculture.

En raison de sa connaissance des détails des analyses de l'eau, elle supervise la qualité de l'eau de notre ferme grâce aux analyses nécessaires aux moments appropriés, et assure la surveillance sanitaire.

Etudiante 02 : Meribai Maroua : spécialisé en aquaculture, a effectué un stage à CNRDPA Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture.

En raison de sa spécialisation dans ce secteur, elle assure le contrôle de la reproduction, l'alimentation adéquate, prévient et traite les maladies, et s'assure que les conditions de vie des espèces élevées sont optimales et veille à la croissance et au bien-être des organismes aquatiques élevés.

La tâche de la commercialisation et du marketing sera partagée car les 2 étudiantes ont suivi une formation sur l'entreprenariat et la création de micro-entreprises, ils ont alors les compétences et capacités nécessaires pour la négociation avec les principaux partenaires, ainsi la gestion de la ferme.

4. Objectifs du projet

Notre objectif est de fournir ce type de crevettes crevette géante tigrée (*Penaeus monodon*) sur le marché tout au long de l'année, sachant que c'est la première expérience commerciale de ce type de crevette en Algérie.

- Maîtrise de l'élevage des espèces ayant un intérêt commerciale.
- Satisfaire les besoins en quantité des clients (les entreprises exportateurs et locales, les vendeurs locaux).
- Contribution à la diversification des créneaux d'activités, la création de l'emploi productif, l'amélioration de l'économie interne et la stabilisation de la région.
- Permettre d'offrir sur le marché des produits variés (crevettes de moyennes et de grandes tailles).
- Création d'un pôle économique à long terme, pour l'exportation hors carburants vers les pays africains.

5. Calendrier de réalisation du projet :

| Travaux | Durée (mois) | | | | | | | | | | | |
|--|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| -choix de l'implantation et du site de ferme | □ | □ | | | | | | | | | | |
| -préparation des documents nécessaires | | | | | | | | | | | | |
| Commande des équipements | | | □ | | | | | | | | | |
| Construction des installations et des équipements | | | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | □ | |
| Achat de matières premières et Début de la fabrication | | | | | | | | □ | □ | □ | □ | □ |
| -Réalisation du prototype | | | | | | | | | | | | □ |

Le deuxième axe : les aspects innovants

1. Nature et domaines d'innovations :

La nature des innovations adoptées dans notre projet est précisée selon les propositions données dans le schéma ci-dessous.

✚ L'innovation de notre projet repose sur l'introduction en Algérie d'une nouvelle espèce, elle constitue à l'ouverture d'un nouveau marché pour ce type de produit dans notre pays, car sa commercialisation dans le monde est large, développée et est absente dans notre pays.

✚ Utilisation de nouvelle technologie de l'aquaculture adapté à notre ferme comme des micro-organismes pour traiter l'eau et servir de nourriture pour les crevettes, aussi l'utilisation de capteurs qui surveille les différents paramètres de l'eau (température, pH, oxygène dissous, etc.).

✚ Notre ferme d'élevage sera innovante et écologique, nos crevettes seront élevées dans les meilleures conditions, avec une attention particulière portée à chaque étape de leur développement. Notre élevage sera reliée avec l'agriculture d'une façon que notre eaux d'élevage sera utiliser pour l'activité agricole.

-Concernant le marketing, nous assurons à nos clients un service rapide est une réponse à la demande et une livraison à destination du client, ainsi un bon rapport qualité-prix.

Le troisième axe : l'analyse stratégique du marché

1. Le segment du marché :

- Le marché potentiel :

C'est toute personne qui souhaite consommer les fruits de mer en particulier les crevettes et qu'ils veulent satisfaire leurs besoins alimentaires (le marché de masse), sachant que c'est un produit alimentaire d'une valeur nutritionnelle importante et d'une grande demande car la majorité de la société l'apprécie.

- Le marché cible :

Marché nationale :

nous cherchons à fournir un produit qui parvienne au consommateur soit par les marchés locaux ou les points de vente comme les poissonneries, épiceries ou même les chaînes de restaurants qui ont besoin d'un approvisionnement régulier et de haute qualité, en concluant des contrats avec les clients B2B pour la disponibilité tout au long de l'année, avec possibilité de mener d'autres contrats avec les résidences universitaires ou des hôtels pour leurs menus.

2. Mesure de l'intensité de la concurrence

Les concurrents les plus importants sur le marché algérien sont les deux fermes : La ferme d'élevage de la crevette de Hassi Benabdallah de la wilaya d'Ouargla et la ferme de reproduction et grossissement d'EL MARSA wilaya de Skikda.

Parmi leurs atouts, citons leur ancienneté sur le marché algérien, leurs accès aux marchés et certifications, ainsi le soutien institutionnel et réglementaire qu'ils reçoivent.

Parmi leurs faiblesses, on peut citer : leur dépendance à l'importation d'alevins, leur mauvais impact environnemental, prix des produits élevés ainsi que leur recours aux produits chimiques.

3. La stratégie marketing

Dans la commercialisation de nos produits, nous nous appuyons sur une stratégie de commercialisation à des prix compétitifs grâce à notre contrôle de la réduction des coûts, ainsi élargir les canaux de distribution de nos produits (Vente directe, partenariats, distribution en gros) et avoir des relations et collaborations avec les parties prenantes comme établir des relations solides avec les restaurants locaux, les chefs cuisiniers et d'autres acteurs clés de l'industrie alimentaire, travailler avec des chefs pour créer des recettes spéciales

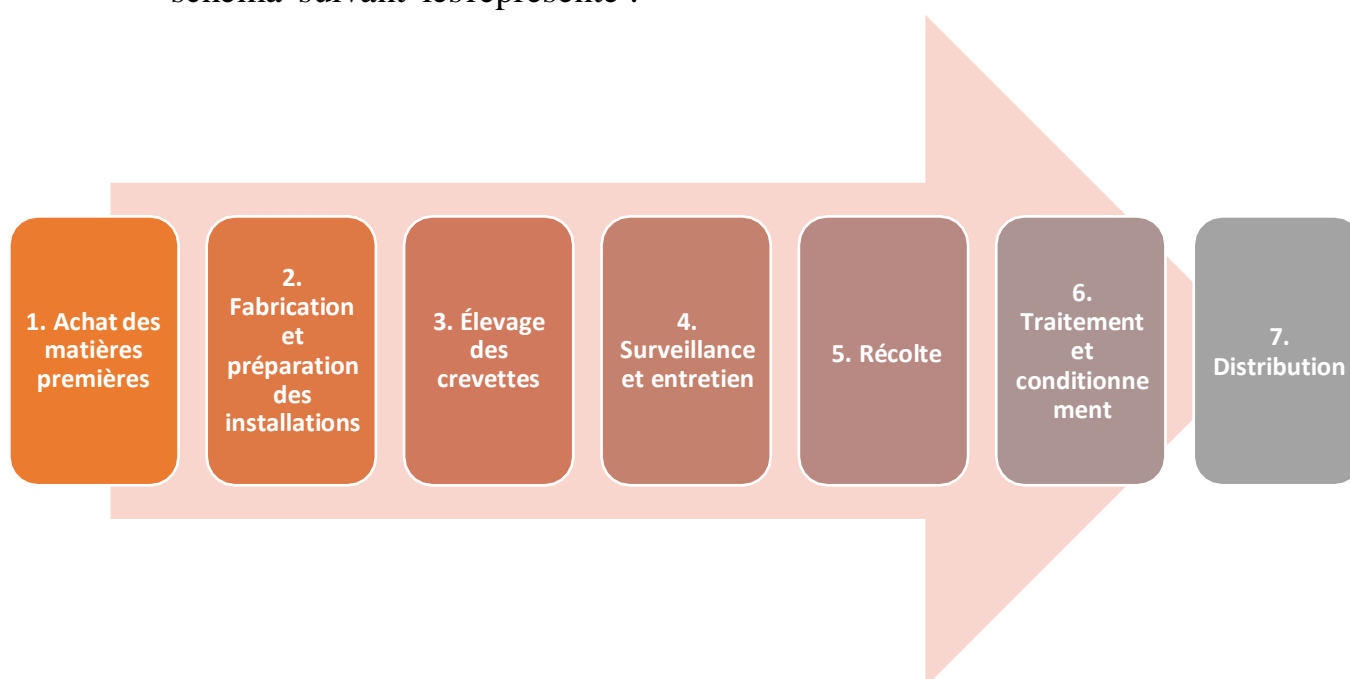
mettant en valeur nos crevettes. Proposer des dégustations pour attirer de nouveaux clients tout en utilisant les médias sociaux, un site web optimisé et des campagnes par e-mail pour promouvoir nos produits.

Mettre en place plateforme d'analyse des performances pour pouvoir surveiller les ventes, la satisfaction client et l'efficacité de nos campagnes marketing.

Quatrième axe : Plan de production et organisation

1. Le Processus de production

Le processus de production passe par plusieurs étapes, le schéma suivant les représente :



2. L'Approvisionnement

- La politique d'achat Politique d'achat consiste :
 - Matières premières : œufs et juvéniles de crevettes en tenant compte de la qualité, de la santé et de la diversité génétique.
 - Aliments pour crevettes : des critères de sélection pour les fournisseurs d'aliments sont mise en place pour privilège la qualité nutritionnelle.
 - Equipements et installations nécessaires
 - les fournisseurs les plus importants quand suppose travailler avec sont :
 - Fournisseurs d'équipements aquacoles pour :
 - Bassins et systèmes de culture :
 - Systèmes de contrôle de la qualité de l'eau :
 - Systèmes d'alimentation automatique :
 - Fournisseurs d'alevins de crevettes comme :
 - Écloseries spécialisées :
 - Services de transport d'alevins :
 - Fournisseurs d'aliments :
 - Avec des entreprises de services de maintenance et de réparation :

- Concernant la politique de paiement et le délai de réception seront déterminés avec les fournisseurs, (on fera par exemple un paiement à la livraison). Les livraisons seront effectuées dans les délais convenus pour éviter toute interruption dans le processus de production.

3. La main d'œuvre

Pour une estimation générale de notre projet : on suppose avoir besoin dans notre ferme de :

Technicien aquacoles : 2 à 5 personnes (en fonction de la taille de l'exploitation) qui seront responsables de la gestion quotidienne des bassins de crevettes. Surveillent et ajustent les paramètres de l'eau, nourrissent les crevettes, et gèrent les systèmes de filtration et d'aération.

Localisation : Sur site, directement impliqués dans les opérations de la ferme

4. Les Principaux partenaires

Les partenariats les plus importants dans notre cas sont :

- Les fournisseurs : comme les fournisseurs d'équipements aquacoles, au regard de l'importance de leurs prestations pour la réussite du projet. On suppose travailler avec **L'entreprise PARLIER ENVIRONNEMENT** en Italie.
- Les fournisseurs d'alevins de crevettes : on travaillerait avec **L'entreprise APRIMAR SRL** en France.
- Aliments : nos fournisseurs seront **NUTRIFISH** (Tunisie).
- Laboratoires et centres de recherche : comme les Laboratoires spécialisés pour les tests de qualité de l'eau, la santé des crevettes. On suppose faire nos contrôles d'eau à **Institut Pasteur d'Algérie**.
- Incubateurs et organisations d'accompagnement : pour un accompagnement entrepreneurial et support dans la planification stratégique de la ferme. Accès à des réseaux d'experts et de mentors dans le domaine de l'aquaculture. Programme d'incubation pour le développement de compétences et l'accès à des ressources supplémentaires. Notre incubateur sera **Acqua-incub**.

Cinquième axe : Plan financier

1. Les Coûts et charges

Investissements initiaux infrastructure et équipements

| | |
|----------------------------|----------------|
| Construction des bâtiments | 10,000,000 DZD |
| Les bassins | 5,000,000 |

| | |
|--|---------------|
| Systèmes de pompage, filtration, et contrôle de la température | 5,000,000 DZD |
|--|---------------|

Coûts administratifs et autres :

| | |
|--------------------------------|----------------|
| Licences, permis et assurances | 1, 000,000 DZD |
| Assurances | 300,000 DZD |
| Autres frais divers | 500,000 DZD |

Total des investissements initiaux : 21, 500,000 DZD

Coûts Fixes Mensuels

Frais de Personnel (par mois) :

| | |
|-----------------------|---------------|
| 2 Technicien aquacole | 600,000 DZD |
| Vétérinaire | 400,000 DZD |
| Agent de sécurité | 200,000 DZD |
| Total | 1,200,000 DZD |
| | |

Autres Coûts Fixes

| | |
|-----------------------------------|-------------|
| Électricité et eau | 500,000 DZD |
| Nourriture pour crevettes | 300,000 DZD |
| Produits chimiques et médicaments | 200,000 DZD |
| Frais administratifs et entretien | 300,000 DZD |
| Assurances et autres frais fixes | 100,000 DZD |

Total des coûts fixes mensuels : 2,600,000 DZD par mois

Achat des Alevins Coût d'achat des alevins : Prix unitaire des alevins : 10 DZD par alevin
Nombre d'alevins par mois : 100,000 alevins

Coût mensuel d'achat des alevins :

1,000,000 DZD Tableau des Achats

d'Alevins :

| Mois | Quantité d'Alevins | Prix Unitaire (DZD) | Coût Total (DZD) |
|--------------|--------------------|---------------------|------------------|
| Janvier | 100,000 | 10 | |
| Février | 100,000 | 10 | |
| Mars | 100,000 | 10 | |
| | | | |
| Total annuel | 1,200,000 | / | 12,000,000 |

Prévisions de Revenus et Chiffre d'Affaires Mensuel :

Pour le tableau du chiffre d'affaires, nous utiliserons une estimation mensuelle basée sur le prix de vente prévu des crevettes et la production estimée.

- Prix de vente des crevettes : Estimé à 3,000 DZD par kg
- Production estimée : 10 tonnes par an (environ 1 tonne par mois)

Le Chiffre d'affaire

en tenant compte des mortalités et des périodes de production moins optimales :

| Mois | Production (kg) | Mortalité estimée (%) | Production nette (kg) | Prix de Vente (DZD/kg) | Chiffre d'Affaires Mensuel (DZD) |
|--------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------------------|
| Janvier | 833 | 10 | 750 | 3000 | 2,250,000 |
| Février | 750 | 10 | 675 | 3000 | 2,025,000 |
| Mars | 900 | 10 | 810 | 3000 | 2,430,000 |
| Avril | 800 | 10 | 720 | 3000 | 2,160,000 |
| Mai | 850 | 10 | 765 | 3000 | 2,295,000 |
| Juin | 700 | 10 | 630 | 3000 | 1,890,000 |
| Juillet | 950 | 10 | 855 | 3000 | 2.565,000 |
| Aout | 850 | 10 | 765 | 3000 | 2,295,000 |
| Septembre | 800 | 10 | 720 | 3000 | 2,160,00 |
| Octobre | 900 | 10 | 810 | 3000 | 2,430,000 |
| Novembre | 750 | 10 | 675 | 3000 | 2,025,000 |
| Décembre | 800 | 10 | 720 | 3000 | 2,160,000 |
| Total Annuel | 10,000 | / | 8,925 | / | 25,380,000 |

Sixième axe : Prototype expérimental

Le prototype de notre ferme de crevettes tropicales sera réalisé en suivant les étapes ci-dessous :

1. Étude de faisabilité :

On fera une analyse du marché des crevettes tropicales, en évaluant les besoins en infrastructure et en ressources.

2. Conception du système :

nous réaliserons un plan d'élevage des crevettes, ainsi le choix des techniques d'élevage (systèmes de bassins, contrôle de la qualité de l'eau, température, PH, etc.....).

3. Installation de l'infrastructure :

On fera la construction des bassins d'élevage, l'installation de systèmes de filtration et de gestion de l'eau, aménagement des zones d'alimentation.

4. Préparation des bassins

- Préparation du sol et des bassins
- Remplissage des bassins : Remplir les bassins avec de l'eau douce, ajuster les paramètres comme la salinité et la température.
- Installation des systèmes de filtration et d'aération : Mettre en place les systèmes pour maintenir une qualité d'eau optimale et assurer une bonne circulation et oxygénation.

5. Introduction des crevettes

- Acquisition des juvéniles
- Acclimatation et introduction : Progressivement introduire les crevettes juvéniles dans les bassins, en surveillant attentivement leur adaptation et leur santé.

6. Gestion quotidienne

- Alimentation et soins.
- Surveillance des paramètres de l'eau.
- Prévention des maladies.

7. Croissance et développement

- Suivi de la croissance : Surveiller la croissance des crevettes.
- Optimisation de la densité : Gérer la densité des crevettes dans les bassins pour éviter le surpeuplement et maximiser la croissance (15 à 17 PL par m²).

8. Récolte et commercialisation

- Préparation à la récolte : Planifier et préparer la récolte des crevettes à maturité

optimale (6 mois).

- Traitement et conditionnement.
- Commercialisation a traver des canaux de vente adaptés, avec négociation des prix et assurer une livraison efficace.

9. Intégration écologique :

Nous tenterons d'assurer la durabilité environnementale de l'exploitation et minimiser l'impact sur les écosystèmes locaux.

Pour notre ferme notre projection des revenus sera basée sur le prix de vente des crevettes, alors l'estimation de la production annuelle (partir de la 3^{ème} année d'activité) sera de 10 tonnes de crevettes.

Modèle d'affaires

| | | | | |
|---|---|---|--|---|
| | <p>Activité clés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elevage et production -Contrôle de qualité de l'eau et L'espèce (la croissance et maladies) -Récolte et commercialisation | <p>Proposition de valeur :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Fournir une nouvelle espèce de crevettes dans le marché algérien avec une valeur nutritive intéressante -Produit disponible toute l'année -Produit frais et de bonne qualité - Création d'un réseau de distributeurs - Prix avantageux. -Service de livraison | <p>Relation client :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Publicités -Réseaux sociaux -Appels téléphoniques -festivals et expositions | <p>Segments client :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Les clients B2B : Incline les poissonniers, Les restaurants et les mareyeurs -Les clients B2C : Incline les consommateurs |
| | <p>Ressource clés :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Terrain et équipements -Espèces (Penaeus monodon) -Aliments (vivant et granulé) -Logistique de transport -Équipe de travail | | <p>Canaux de distribution :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Un service de livraison pour les clients B2B -Point de vente pour les clients B2C -Salons et expositions | <ul style="list-style-type: none"> -Marché de masse (marché locale) -marché international |
| <p>Structure de coûts :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Coûts initiaux pour l'établissement de la ferme -Coûts de fonctionnement | | <p>Source de revenu :</p> <p>Revenus de la vente de crevettes et Revenus de formation et d'accompagnements</p> | | |