

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE KASDI MEBAH – OUARGLA

FACULTE DES SCIENCES APPLIQUEES

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL ET HYDRAULIQUE



Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Traitement et épuration et gestion des eaux

Présenté par :

Hassouna Nour

Thème :

**Traitement des eaux des bassins d'aquaculture
(développement d'un système intelligent de
contrôle de la pollution)**

Soutenu Publiquement le :

Devant le jury composé de :

M^r Baouia Kais	Professeur (UKM Ouargla)	Président
M_{me} Bouziane Lamya	MCB (UKM Ouargla)	Examinatrice
M_{me} Belmabedi Amel	MAA (UKM Ouargla)	promotrice
M^r Geuzi Rabie	MCB (UKM Ouargla)	Co-promoteur

ANNEE UNIVERSITAIRE

2023-2024

remerciement

Tout d'abord je remercie vivement Le Bon Dieu de m'avoir donnée la force et le courage pour accomplir ce travail.

*Ce travail a été réalisé au sein du laboratoire de genie de procédés dans le département de science appliqué , à l'université de Ourgla, sous la direction de Professeur **GHILANI Djamel**. Que Monsieu Djamel accepte l'expression de mes sincères reconnaissances pour m'avoir accueillie au laboratoire.*

*Ma première pensée va tout naturellement à Mme **BELMAABDI Amel** à l'université de Ourgla, d'avoir acceptée de m'encadrer. Je la remercie pour la confiance qu'elle m'a témoignée en me confiant ce travail, malgré les contraintes. Merci pour son encouragement, sa générosité, son soutien dans les moments difficiles durant mes expérimentations ce qui m'a donné le courage pour poursuivre la réalisation de ce travail.*

*J'adresse mes sincères remerciements et ma gratitude à co-encadreur **GEUZI Rabie** pour ses conseils avisés et l'aide qu'il nous a apportée tout au long de la préparation de ce mémoire.*

*Je présente mes remerciements aux membres de Jury de bien vouloir accepter d'évaluer mon travail, Mme **BOUZIAN Lamya** et le président Monsieu **BAOUIA Kais**.*

J'adresse mes remerciements aussi à tous les enseignants de notre département d'hydraulique.

Je remercie tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, sans oublier mes collègues de promotion.



Dédicace

*Je dédie ce modeste travail pour toi Mama **Sabeh** et A mon très cher père **Ramdane**,
Et à tous ceux que j'aime, à tous ceux qui m'ont soutenue, assistée et aidée. Toute ma reconnaissance et mon amour à mes parents pour leur généreuse Assistance affective et matérielle. Cette étude n'aurait pu aboutir sans leurs Encouragements, leur patience, leur disponibilité et leur amour qui a renforcé ma Volonté d'aller au bout de ma démarche, Qui m'ont toujours soutenue dans mes études surtout dans les moments difficiles. Pour leur amour, leur confiance et pour les valeurs qu'ils m'ont transmises.*

Je dédie ce travail aussi :

*Mes très chères soeurs : **Chahra zed** , **Hassiba** et **Narimane***

Mes Frères

Mes très chers Amies :

Nessrine** , **Rym**, **DJoumana** , **Fatima** ,**Imen**, **Soulef**, **Manel** et **Youssef

*sans oublier mon chat **Pika** et ses enfants .*

Que dieu les protèges



Sommaire

Titre	Page
remerciement	
Dédicace	
Sommaire	
Liste De Tableau	
List de figure	
Liste des abbreviations et symboles	
Introduction	1
Chapitre 1 La Pollution de l'eau en aquaculture	
Introduction	5
I. Définition de l'aquaculture	6
II. Situation mondiale de l'aquaculture	6
II.1 Historique	6
L'aquaculture en Algérie	7
III. Entretien et surveillance piscicole	7
IV. La qualité de l'eau piscicole	8
IV.1 Le pH	8
IV.2 La température	8
IV.3 La turbidité	9
IV.4 Oxygène dissous	9
IV.5 Nitrite	9
IV.6 Nitrate	9
V. Ressources halieutiques	10
Conclusion	11
Références	12
Chapitre 2 L'adsorption par charbon actif	
Introduction	15
I. Définition d'un adsorbant	15
II. Type d'adsorption	16
II.1 Adsorption chimique	16
II.2 Adsorption physique	16

III. Généralité sur charbon actif	17
III.1 Historique	17
IV. Différentes formes de charbon actif	18
IV.1 Charbon actif en poudre	18
IV.2 Charbon actif en grain	18
IV.3 Charbon actif extrudé	18
V. Paramètres influant sur l'adsorption	19
VI. Les propriétés physiques des adsorbants	22
VII. Texture du charbon actif	23
VIII. applications du charbon actif	24
Conclusion	25
Références	26
Partie Expérimentale	
Chapitre 3 Matériels et méthodes	
Introduction	30
I. réparation du charbon	31
I.1 séchage	31
I.2 Calcination	31
I.3 Activation	31
II. Analyses des paramètres physico chimique	31
II.1 chantillonnage	31
II.2 Prélèvement de l'eau à analyser	32
II.3 Transport des échantillons	32
II.4 Méthodes d'analyse	32
II.5 Mode Laboratoire	33
III. Les paramètres physique et chimique	33
III.1 Le PH	33
III.2 la conductivité	33
III.3 Nitrate	33
III.4 Amounium	34
conclusion	35
Chapitre 4 Résultats et Discussions	36

Résultats d'analyses	38
I. Analyse physico-chimique	38
II. Les paramètres physique et chimique	39
II.1 Le PH	39
II.2 la conductivité	40
II.3 nitrate	41
II.4 Amouniume	42
conclusion	44
Les annexes	46
Résumé	48

Liste Des Tableaux

Tableue	page
Tableau II.01 : Les différences entre l'Adsorption physique et chimique	17
Tableau II.02 :Principales caractéristiques du charbon activé	22
Tableau IV.01 : Résultats des paramètres physico-chimiques	38
Tableau IV 02 : variation du pH	39
Tableau IV 03 : Variation de la conductivité électrique	40
Tableau IV.04 : Variation de nitrate	41
Tableau IV.05 : Variation de l'ammounium	42

List Des Figures

Figure	page
Figure I.01 :La production halieutique et aquacole mondiale	6
Figure I.02 :Evolution de la Production Aquacole globale en Algérie	7
Figure I.03:Effet du pH sur la croissance des poissons	8
Figure II.01 : Les différentes formes de charbon actif	18
Figure II.02 :Structure du charbon actif.	21
Figure II.03: schema represente la taxture de grain de charbon actif	23
Figure III.02 : chaine de traitement proposée	29
Figure III.02 : multi-paramètres	32
Figure III.03 : jar test	33
Figure III.04: Mesure du nitrate	34
Figure III.05 : Mesure du l'amouniume	35
Figure III.06 : les étapes	36
Figure IV.01 : Variation du pH	39
Figure IV.02 : Variation de la conductivité électrique	40
Figure IV.03 : Variation de la concentration des nitrates	41

Liste des abbreviations et symbols

Abbréviations	Signification
Ph	Le potentiel d'Hydrogène
Ce	Conductivité électrique
NO3-	Nitrate
CA	Charbon Actif
CAP	Charbon Actif Poudre
CAG	Charbon Actif Grain
ADE	Algérie Des Eaux
ANRH	Agence Nationale des Ressources Hydriques
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
E	Echantillon

Introduction

Introduction

L'aquaculture est la culture, l'élevage et la récolte de poissons, de crustacés et de plantes aquatiques, c'est essentiellement de l'agriculture sous-marine. Elle est une source d'aliments et contribue à des habitats plus sains. L'aquaculture peut être utilisée pour reconstituer les populations d'espèces en voie de disparition.

L'aquaculture est désormais le sous-secteur de la production alimentaire qui connaît la croissance la plus rapide dans de nombreux pays. Ces dernières années, l'offre mondiale de poisson de consommation a augmenté rapidement et le poisson est aussi une source importante d'aliments nutritifs et de protéines animales pour l'être humain. Par conséquent, améliorer la pisciculture tout en protégeant l'environnement est une préoccupation mondiale.

L'eau est un élément essentiel de l'aquaculture car les poissons et autres organismes à potentiel aquacole vivent dans l'eau. Les professionnels déclarent que "la qualité de l'eau détermine dans une large mesure le succès ou l'échec d'une opération d'aquaculture". Une production aquacole efficace dépend du maintien de conditions de qualité de l'eau acceptables dans les unités de culture.

C'est dans le contexte du contrôle qualité que s'inscrit le présent travail dont l'objectif principal est le contrôle de quelques paramètres qui déterminent la qualité d'eau d'élevage des poissons destinés à la consommation humaine.

La Ferme piscicole typique de l'élevage des poissons et des crevettes située à Hassi Ben Abdallah, commune de Ouargla est une des fermes qui s'intéressent par l'élevage des poissons de consommation humaine, qui souffre de la mort subite des poissons due à la pollution de l'eau par les déchets de poisson lui-même, dans ce but on a contribué à trouver une solution.

On a inscrit dans la plateforme IBTIKAR de l'université Kasdi Merbah Ouargla selon la loi 1275 pour une start-up /un brevet/un projet d'innovation pour créer un système intelligent de surveillance et de contrôle et de résolution des problèmes de pollution dans les bassins d'élevage de poissons.

Notre projet intitulé traitement des eaux de bassins d'aquaculture vise le développement d'un système sophistiqué pour surveiller et contrôler les niveaux d'ammoniac

(NH₃) dans les réservoirs à poissons améliorant ainsi la santé général et le bien-être des environnements aquatique.

Le système intègre des capteurs avancés, tels que ceux de l'ammoniac, de la température et du temps, associés à des contrôleurs Arduino et ESP32 pour assurer un enregistrement et une analyse des données en temps réel. Puis l'interprétation des analyses et le lancement par affichage de la solution, soit par le traitement de l'eau des bassins (traitement proposé par charbon actif préparé a base des déchets naturels) ou bien le remplacement total du volume d'eau.

Le travail est articulé en quatre chapitres :

On débute par une introduction

1. Le premier chapitre est consacré à une synthèse bibliographique qui développe les points suivants : la pollution de l'eau d'aquaculture, les facteurs influençant la pollution et les normes a respecter
2. le deuxième porte sur l'étude du charbon actif, son utilisation et importance dans le domaine de traitement des eaux,
3. puis le troisième décrit le matériel et méthodes utilisés au cours de cette contribution,
4. ensuite une interprétation des principaux résultats trouvés

Et enfin une conclusion générale de ce travail.

Chapitre 1

La Pollution de l'eau en aquaculture

Introduction :

L'aquaculture est la culture d'organismes aquatiques, elle englobe celle des Poissons, des Mollusques, des Crustacés et des Plantes aquatiques. Elle implique une forme d'intervention dans le processus d'élevage pour augmenter la production, par exemple, l'alimentation, la protection contre les prédateurs, etc. La culture implique également la propriété individuelle ou juridique du stock cultivé **(UICN, 2007)**.

L'aquaculture se trouve au carrefour des recherches biologiques et écologiques ; elle concerne autant les processus de production de matière vivante que les processus nutritifs, l'adéquation entre sites et espèces élevées et les manipulations génétiques **(BARNABE, 1991)**.

D'après BARNABE, elle aurait pour objectifs:

- La production de poisson pour la pêche pour la reconstitution des stocks naturels ;
- L'identification des sites naturels et aménageables pour l'exploitation aquacole ;
- L'introduction de nouvelles techniques d'élevage ;
- Le contrôle de la reproduction pour l'amélioration du rendement ;
- La mise au point d'aliments composés pour les poissons d'élevage à partir de sous-produits de l'agro-industrie, de farines végétales et de farines de poissons.

Définition de l'aquaculture :

On définit l'Aquaculture comme étant «l'art de multiplier et d'élever les animaux et les plantes aquatiques». L'Aquaculture est une activité de production de poissons, mollusques, crustacés et algues, en systèmes intensifs ou extensifs. Par aquaculture, on entend différents systèmes de culture de plantes et d'élevage d'animaux dans des eaux continentales, côtières et maritimes, qui permettent d'utiliser et de produire des espèces animales et végétales diverses et variées. *(Belayachi, 2013)*.

Situation mondiale de l'aquaculture:

II.1 Historique

L'histoire de l'aquaculture remonte à des centaines d'années, mais son développement industriel ne remonte qu'à peine 50 ans. Elle est considérée comme une activité émergente prometteuse, avec des perspectives importantes à la croissance et au développement.

L'aquaculture (ou pisciculture) assurera près des deux tiers de la production mondiale de poisson destinée à l'alimentation d'ici 2030, compte tenu de la stabilisation des prises de poissons sauvages et de la demande croissante d'une classe moyenne émergente à l'échelle mondiale, et plus particulièrement en Chine *(FAO, 2019)*.

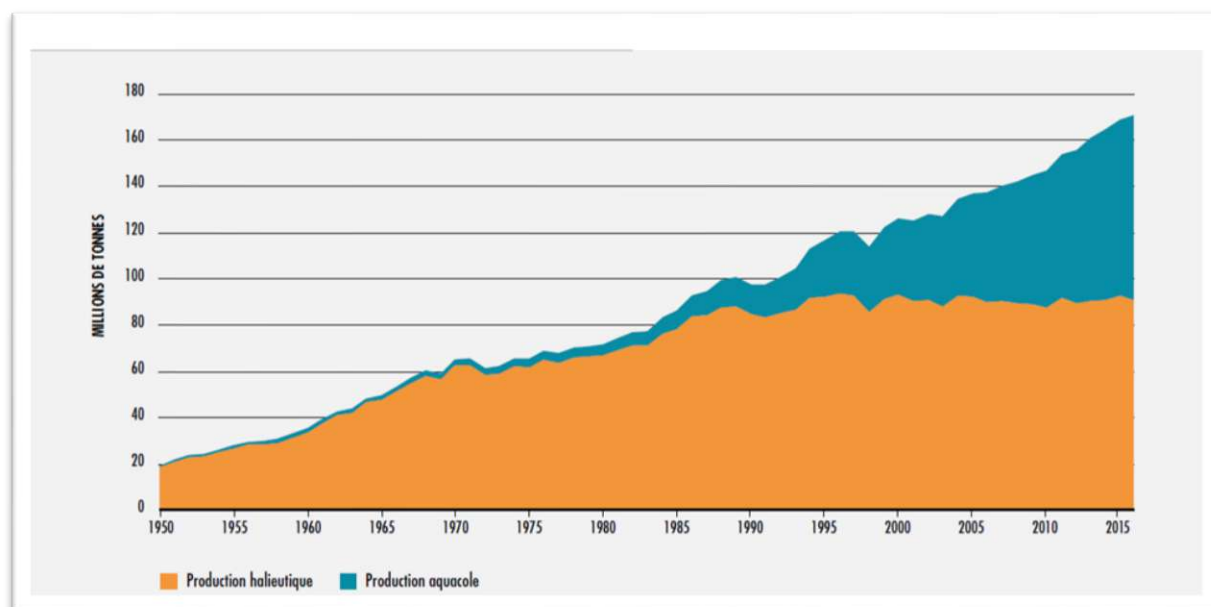


Figure I.01 : La production halieutique et aquacole mondiale (1950 à 2016) (FAO 2018).

L'aquaculture en Algérie

Le Sud algérien offre la possibilité de l'intégration de la pisciculture à l'agriculture, où les eaux souterraines pourraient contribuer à la diversification et le développement de certaines espèces des eaux chaudes (**KARALI et ECHIKH, 2006**).

L'aquaculture du sud algérien, semble réussir, notamment quand il s'agit d'une intégration à l'agriculture. On a commencé par déverser des alevins de Tilapia (espèce qui grandit relativement très vite) dans les bassins d'irrigation d'agriculteurs au sud. Cela a vite eu une réponse favorable et fort appréciée auprès des agriculteurs, car non seulement cela leur a permis d'avoir une nouvelle source de protéines animales mais aussi cela a eu un effet bénéfique pour leurs récoltes. En effet, l'eau des bassins d'irrigation de leurs terres devenant riche en sels nutritifs résultant des excréments de ces poissons (**KARALI et ECHIKH, 2006**).

La Production Aquacole globale en Algérie est représentée dans la figure suivante:

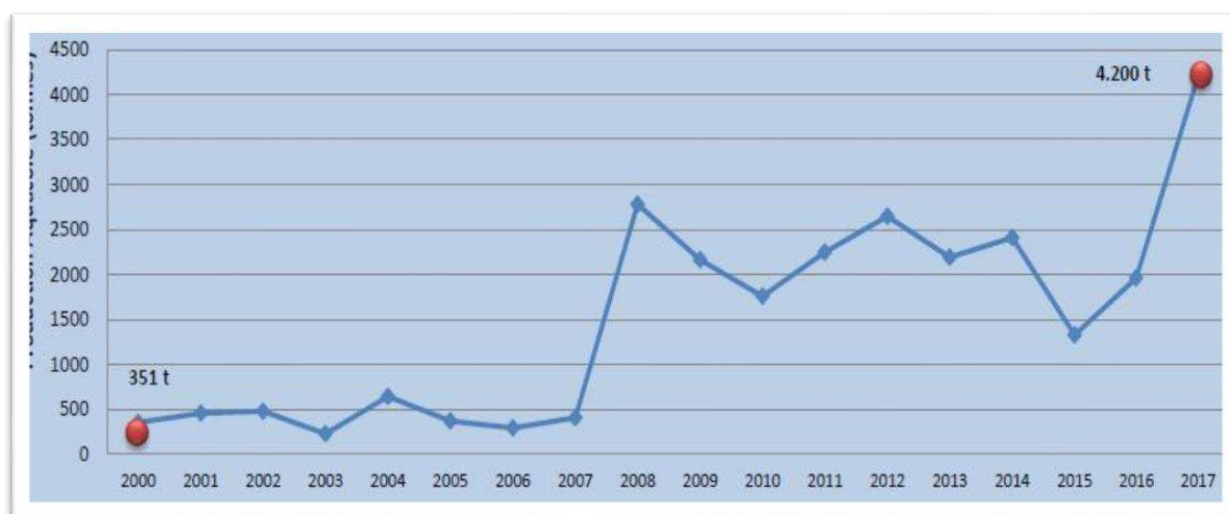


Figure I.02 :Evolution de la Production Aquacole globale en Algérie (tonnes) (2000-2017)(DGPA, 2018).

III. Entretien et surveillance piscicole :

Pour obtenir une production élevée de poissons dans l'étang, il est essentiel de procéder à un entretien et à une surveillance régulière. La gestion quotidienne comprend (**Eira Carballo et al., 2008**) :

- La vérification de la qualité de l'eau (oxygène, pH, couleur, transparence, température... etc.),
- Le contrôle de l'étang pour déceler d'éventuelles fuites d'eau, Le nettoyage,
- L'observation des poissons pendant qu'ils se nourrissent pour contrôler leurs mouvements,
- Surveillez les signes de prédation,
- Enlever les herbes aquatiques qui poussent dans l'étang.

IV. La qualité de l'eau piscicole :

La qualité de l'eau est un facteur essentiel pour la santé et la croissance des poissons.

Parmi les caractéristiques les plus importantes sont les suivants (voir ANNEXE 01) :

IV.1 Le pH

Une eau adaptée à la pisciculture doit avoir un certain degré d'acidité, indiquée par la valeur du pH de l'eau. Celui-ci doit être compris de préférence entre 6,7 et 8,6 . Les valeurs supérieures ou inférieures à cette plage inhibent la bonne croissance et la bonne reproduction des poissons (*Eira Carballo et al., 2008*).

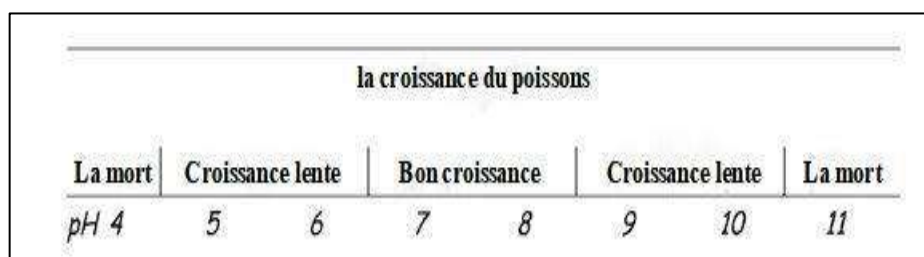


Figure I.03: Effet du pH sur la croissance des poissons (*Eira Carballo et al., 2008*).

IV.2 La température

La température détermine la croissance des poissons, le métabolisme du corps du poisson est largement influencé par la température de l'eau. Si la température de l'eau environnante augmente, le métabolisme du corps du poisson aussi augmente. En conséquence, les poissons grandissent rapidement. Ainsi, les poissons grandissent plus vite en été que dans n'importe quelle autre saison. Inversement, en saison hivernale, les poissons grandissent très lentement, car leur taux métabolique devient très lent donc ils prennent une très petite quantité

de nourriture. Généralement, la température optimale pour la croissance des poissons dans le bassin de culture est à 25-32°C (*Satarupa Ghosh et al., 2019*).

La température de l'eau est un paramètre important pour les organismes aquatiques, en effet, la plupart des paramètres physico-chimiques et biochimiques sont liés à la température, donc le réchauffement entraînera l'émergence d'algues flottantes et d'organismes aquatiques indésirables. (*AISSAOUI, 2013*).

IV.3 La turbidité

La turbidité est le terme désignant la quantité de saleté dissoute, en suspension et autres particules dans l'eau, qui donnent à l'eau une couleur brune. La turbidité très élevée de l'eau peut diminuer la productivité des poissons. Car elle réduira la lumière pénétration dans l'eau et donc production obstrueront également les filtres et blesseront branchies de poisson. Il est préférable de garder la turbidité au-dessous de 50 NTU (*Eira Carballo et al., 2008*).

IV.4 Oxygène dissous

L'oxygène est le composant le plus important de tous les organismes vivants. Le maintien des niveaux optimaux d'oxygène dissous dans les étangs est crucial pour une bonne production. C'est pourquoi, les pisciculteurs doivent également prendre des mesures pour s'assurer que les niveaux d'oxygène dissous sont maintenus à un niveau adéquat. Le niveau d'oxygène dissous favorable à la pisciculture se situe entre 5 et 20 ppm (*Kepenyes J. and Váradi. L., 1984. Gouvernement of India, 2021*).

IV.5 Nitrite

Le nitrite est un intermédiaire dans l'oxydation de l'ammonium en nitrate. Une concentration élevée en nitrites est un problème potentiel pour les poissons d'eau douce, puisque le nitrite est activement pris à travers les branchies. Le nitrite peut être toxique pour les poissons car à forte concentration il devient perturbateur de multiples fonctions physiologiques, tel que le processus respiratoires et cardiovasculaires (*Badiane et al.,*).

IV.6 Nitrate

La présence des nitrates dans les bassins peut s'expliquer par des aliments non consommés et par la nitrification de l'ammonium sécrété par les poissons en présence d'oxygène, sachant que la nitrification se réalise par des bactéries (nitrobacter). (**Pagand, 1999**). La valeur des nitrates optimal de poisson est de 15mg/L. (**Malcom et al, 2000**)

La présence des nitrates dans le bassin d'élevage provient vraisemblablement de la nitrification d'ammonium excrété par le poisson grâce à des bactéries (nitrosomonas) en présence d'oxygène dissous dans le milieu (**Ouali, M.S., 2001**). Cependant, l'aliment du poisson contenant des protéines peut constituer une autre source importante de nitrates dans le bassin. La présence de la lentille d'eau (*Lemna minor*) peut diminuer la concentration des nitrates dans ce même bassin puisque la lentille d'eau est un végétal assimilant l'azote sous forme de nitrates (**Mathieu et Pielain, 2003**). Rappelons également que la lentille d'eau est utilisée pour deux raisons comme aliment et pour la phytoépuration des eaux du bassin (**Martin et al., 2002**).

IV.7 L'azote :

L'azote se trouve dans l'eau usée sous forme organique ou ammoniacale dissoute. Il est souvent oxydé pour éviter une consommation d'oxygène (O_2) dans la nature est un risque de toxicité par l'ammoniaque gazeux dissous (NH_3), en équilibre avec l'ion ammoniac (NH_4^+). La nitrification est une transformation chimique de l'azote organique par l'intermédiaire de bactéries et passe par les étapes :

- N organique à NH_4^+ : ammonification
- NH_4^+ à NO_2^- : nitrification par Nitrosomonas
- NO_2^- à NO_3^- : nitrification par Nitrobacter. **Aissani, N, (2021)**.

L'azote ammoniacal :

Pour désigner l'azote ammoniacal, on utilise souvent le terme d'ammoniaque qui correspond aux formes ionisées (NH_4^+) et non ionisées (NH_3) de cette forme d'azote.

Dans son état primitif, l'ammoniac (NH_3) est un gaz soluble dans l'eau, mais, suivant les conditions de pH, il se transforme soit en un composé non combiné, soit sous forme

ionisée (NH_4^+). Les réactions Réversibles avec l'eau sont fonction également de la température et sont les suivantes :



. Aissani ,N ,(2021).

V. Ressources halieutiques :

Les ressources halieutiques sont des ressources renouvelables au sens de Clark. Il définit une ressource renouvelable comme une ressource dans le stock de laquelle on peut, sans la compromettre, puiser une quantité positive indéfiniment. Une ressource renouvelable peut être épuisable ou non épuisable, selon que sa productivité est affectée ou non par son exploitation. Ainsi, les ressources biologiques appartiennent plutôt à la première catégorie, les énergies solaires ou thermales appartiennent à la seconde catégorie (**Clark, 1985**). barrage où forage d'eau ..

Conclusion :

L'importance du poisson dans la nutrition humaine ,Le poisson à une grande valeur nutritionnelle humaine et il sert aussi depuis plusieurs années à la production d'aliments concentrés. De nombreuses espèces de poissons sont riches en graisses et certaines d'entre elles sont utilisées principalement pour la fabrication d'huile; de plus, elles possèdent une teneur en protéines qui représente 25 % du poids total de l'animal (**Kadri,2008**).

Actuellement, l'aquaculture algérienne est en pleine expansion, avec une production actuelle de 3000 tonnes toutes filières confondues (poisson, moule, huître et algues). Ceci montre l'importance des efforts que l'état a déployés pour développer cette activité, par la mise en place de programmes d'aide pour le développement d'une aquaculture durable et respectueuse de l'environnement.

Les références

Aissaoui, A. (2013). Evaluation du niveau de contamination des eaux de Barrage Hammam Grouz de la région d'oued Athmana (wilaya de mila) par les activités agricoles. Thèse de magister, université de Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, faculté de science Biologique et science Agronomique, 75 p.

Aissani ,N ,(2021). Évaluation de la qualité physicochimique et Bactériologique des eaux usées brutes et épurées (STEP de SaidOtba - Ouargla-) ,Master , Université KasdiMerbah Ouargla

Barnabé G, 1991. Bases Biologiques et écologiques de l'aquaculture, tech et doc –Lavoisier.

DGPA, 2018. Pêche et aquaculture en Algérie, situation et enjeux économiques. Séminaire organisé dans le cadre du projet du ministère de l'agriculture et de développement rurale et de la pêche sur la planification du développement de l'aquaculture (Tunisie, Octobre 2018).

Eira C., Assiah V., Eer T.V.S., & Aldin H., (2008). Small-scale freshwater. Fish farming. Agromisa Foundation and CTA, Wageningen.

FAO 2018. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2018.

FAO 2019. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2019.

Kadri,2008 . Mémoire fin d'étude (Ing) L'aquaculture en Algérie situation et perspectives cas de la région de Ouergla Univ Kasdi Merbah Ouergla

KARALI A. et ECHIKH F., 2006 : L'Aquaculture en Algérie. MémoireTS, ISMAL Alger, 31p.

Karali , & Echikh, (2004). L'Aquaculture en Algérie, Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral : 4-5p.

Kepenyes J. and Váradi. L.,(1984). Aération and oxygénation in aquaculture. FAO/ UNDP A DCP/REP, 84-21, 473-507.

Malcom C.M.B., & Brendan J.M., (2000). Tilapias: Biology and exploitation. Institute of Aquaculture. University of Stirling. Stirling. Scotland, 516p.

Mathieu C., & Pieltain F., (2003). Analyse chimique des sols méthodes choisies. Editions Tec et Doc/Lavoisier, Paris, 408 p

Ouali M.S., (2001). Cours de procédés unitaires biologiques et traitement des eaux. Office des publications universitaires. (Algérie)

Pagand, (1999). Traitement des effluents piscicoles marins par lagunage à haut rendement algal. Thèse de doctorat de l'université de Montpellier 1. Montpellier, France., 220 p.

Satarupa Ghosh Aquatic Environment Management Department, West Bengal University of Animal and Fishery Sciences, Kolkata, West Bengal, India

UICN, 2007 Guide for the sustainable development of Mediterranean aquaculture. Interaction between Aquaculture and the environment, UICN, Gland Switzerland and Malaga, Spain. 107P

Chapitre 2

L'adsorption sur charbon actif

Introduction

Le principal adsorbant utilisé en pratique est le charbon actif. Il est obtenu à partir de matières organiques (bois, tourbe) carbonisées (**Desjardins R.**) Le charbon actif peut être obtenu soit sous forme de poudre avec des pores de quelques μm de dimension, soit sous forme de grain. Il peut être régénéré selon trois procédés de désorption : à la vapeur, thermique et chimique.

Le procédé d'adsorption constitue une des technologies les plus importantes car elle est largement utilisée pour la dépollution et la purification dans les domaines de traitement des eaux, industries pétrolières, eaux usées, eaux des bassins de poissons, pétrochimiques et chimiques ainsi qu'aux applications environnementales et pharmaceutiques.

Dans ce chapitre nous allons exposer des données de base sur l'adsorption à savoir sa définition, Facteurs influençant le phénomène d'adsorption, Les propriétés physiques des adsorbants. Une attention particulière sera consacrée au charbon actif en raison de sa grande utilisation dans le domaine de traitement des eaux.

I. Définition d'un adsorbant

L'adsorption est un phénomène de surface dans lequel les atomes d'un corps se fixent à la surface d'une autre substance généralement solide.

L'adsorption est un procédé de traitement qui sert à séparer deux phases distinctes (liquide/solide, gaz/solide, gaz/liquide), bien adapté pour éliminer une très grande diversité de composés toxiques ou indésirables dans notre environnement. Elle est essentiellement utilisée pour le traitement de l'eau et de l'air. Au cours de ce processus, les molécules d'un fluide (gaz ou liquide), appelé adsorbat, viennent se fixer sur la surface d'un solide, appelé adsorbant. Ce procédé définit la propriété de certains matériaux de fixer à leur surface des molécules (gaz, ions métalliques, molécules organiques, etc.) d'une manière plus ou moins réversible. Au cours de ce processus, il y aura donc un transfert de matière de la phase aqueuse ou gazeuse vers la surface solide. Le solide acquiert alors des propriétés superficielles (hydrophobie ou hydrophilie) susceptibles de modifier l'état d'équilibre du milieu (dispersion, floculation) (**Desjardins, 1990 ; El Azzouzi., 1999 ; Arias et coll., 2002**).

Les adsorbants sont des solides microporeux présentant des surfaces par unité de masse importantes (de $100 \text{ m}^2/\text{g}$ et jusqu'à ou plus de $1000 \text{ m}^2/\text{g}$) donc ils sont caractérisés

par leurs propriétés extérieures telles que leur surface spécifique et leur porosité (**S. MOREAU2003**). Une importante surface spécifique est préférable pour avoir une grande capacité d'adsorption. La taille des micropores détermine l'accessibilité des molécules adsorbées à la surface interne d'adsorbant, il est donc possible de caractériser les adsorbants par la distribution de la taille des pores, (**A. NEFZAOU1987**) et donc de choisir tel ou tel adsorbant pour une séparation particulière.

L'adsorption est définie comme étant un enrichissement d'un constituant ou une augmentation de la densité d'un fluide (liquide ou gaz) au voisinage d'une interface. Le solide sur lequel l'adsorption a lieu est appelé adsorbant et le fluide qui va s'adsorber l'adsorbat. L'adsorption est un phénomène physico-chimique qui se traduit par une modification de concentration à l'interface de surface de deux phases non miscibles.

II. Type d'adsorption

Selon les types et la nature des interactions adsorbat-adsorbant ou les forces qui maintiennent les adsorbats sur la surface solide, on distingue deux types d'adsorption: la physisorption et la chimisorption Physisorption.

II.1 Adsorption chimique

La chimisorption est une interaction chimique. Les énergies de liaison mises en jeu sont de l'ordre de 40 kJ/mol et plus. C'est un phénomène qui, par sa spécificité, son énergie d'activation et sa chaleur dégagée, s'apparente à une réaction chimique entre une molécule en solution et la surface du support. Il y a formation de liaisons de type covalent (ou liaisons fortes) entre l'adsorbat et certains sites spécifiques de la surface. Ces interactions nécessitent donc la présence de fonctions de surface.. Ce phénomène est plus lent, très sensible à la température: elle nécessite pour la désorption des gaz, une température plus élevée que l'adsorption physique. Plus la température est basse plus l'équilibre est atteint rapidement.

II.2 Adsorption physique

L'adsorption physique (ou physisorption) est attribuée à l'attraction électrostatique d'un soluté par une surface polarisée afin de maintenir l'électroneutralité. Les espèces ainsi adsorbées gardent les molécules d'eau qui leur sont associées. Plusieurs couches d'atomes ou de molécules peuvent se déposer de cette manière. L'adsorption physique est facilement réversible, elle ne nécessite donc pas d'énergie d'activation, et les

molécules de gaz ou liquide sont retenues par la surface presque aussi rapidement qu'elles l'atteignent.

<i>Propriétés</i>	<i>Adsorption physique</i>	<i>Adsorption chimique</i>
Température du processus	Relativement basse à la température d'ébullition de l'adsorbât	Plus élevée
Chaleur d'adsorption	1 à 10 kcal/mol	Supérieur à 10 kcal/mol
Liaison	Physique de Van Der Waals	Chimique
Spécificité	Processus non spécifique	Processus spécifique
Désorption	Facile	Difficile
Cinétique	Rapide	Lente
Formation de couches	Formation de multicouches	Formation de Monocouche

Tableau II.01 : Les différences entre l'Adsorption physique et chimique (Lough, 2014)

III. Généralité sur charbon actif

III.1 Historique

D'origine organique ou minérale, il provient de diverses matières animales et végétales (coque de noix de coco, tourbe, houille...), les charbons actifs issus de ces derniers produits sont les plus souvent employés pour le traitement de l'eau naturelle ou résiduaire. Le charbon actif peut aussi être préparé à partir d'écorce de noix de coco, noyaux d'olives, noyaux de dattes, coque de cacahouète, coquilles d'amande, d'abricots, les déchets des palmiers ...ect.

Le charbon actif (CA), également appelé (charbon activé) « activated charcoal » est de loin l'adsorbant utilisé et fabriqué de façon préférentielle dans l'industrie pour la dépollution d'effluents. Brièvement un charbon activé est un matériel solide résistant aux hautes températures. Il est constitué d'un matériau carboné essentiellement amorphe, doté d'une

porosité très développée avec une capacité d'adsorption qui est définie par le volume poreux et les groupes fonctionnels, principalement oxygénés, qui se trouvent à la surface. (Bellir K).

IV. Différentes formes de charbon actif

Les différentes formes du charbon actif selon leurs applications, les charbons actifs sont disponibles soit en poudre, soit sous forme de fibres. (Zeroual et al, 2007)

IV.1 Charbon actif en poudre

Les charbons actifs en poudre présentent une granulométrie inférieure à 100 μm , avec un diamètre moyen situé entre 15 et 25 μm . Ils ont une surface externe et une faible profondeur de diffusion. Ce qui engendre une vitesse d'adsorption très rapide. (Villa, 2003)

IV.2 Charbon actif en grain

La forme granulaire du charbon actif, est caractérisée par une taille de particule supérieure à 1 mm, un faible diamètre de pores, une grande surface interne et une surface externe relativement faible. Il en résulte que les phénomènes de diffusion à l'intérieur des pores prennent une grande importance dans les processus d'adsorption. Ces charbons sont préférentiellement utilisés en lit fixe pour l'adsorption des gaz et vapeurs, ils sont couramment utilisés pour le traitement de l'eau. (Yahiaoui, 2012)

IV.3 Charbon actif extrudé

Le charbon actif est de forme cylindrique, avec des diamètres allant de 0.8 mm. Il est principalement utilisé pour des applications en phase gazeuse à cause de sa faible perte de charge, de sa grande résistance mécanique et de sa faible teneur en poussière (Villa, 2003).



Figure II.01 : Les différentes formes de charbon actif (G, Halsey,)

V. Paramètres influant sur l'adsorption

Plusieurs paramètres sont à prendre en compte pour favoriser le processus d'adsorption. La capacité d'adsorption d'une molécule à éliminer est proportionnelle à la surface spécifique de l'adsorbant. De plus, il faut que le diamètre des pores soit supérieur à la taille de la molécule pour que celle-ci puisse diffuser rapidement et atteindre le site d'adsorption. L'adsorption est fortement influencée par la structure du composé à piéger: surface, volume, groupements fonctionnels induisant des effets de polarisabilité, solubilité...

Facteurs influençant le phénomène d'adsorption

V.1 La température

La température a deux effets majeurs sur le processus de l'adsorption. Son augmentation favorise la diffusion des molécules à travers la couche limite externe et les pores internes des particules de l'adsorbant (**Brevet APG-**) L'augmentation de l'adsorption avec l'augmentation de la température indique que l'adsorption est endothermique.

V.2 Porosité

Il faut que la taille de la molécule soit inférieure au diamètre du pore d'adsorbant pour que celle-ci puisse diffuser rapidement dans le volume poreux et atteindre le site d'adsorption (**Bouziane N2007**).

V.3 Nature de l'adsorbat

L'adsorption est influencée par la structure chimique des corps dissous (**Emna Errais**): moins la substance est soluble dans le solvant, mieux elle est adsorbée ; les composés aromatiques s'adsorbent mieux par rapport aux composés aliphatiques possédant le même nombre de carbone par ce que les composés aromatiques sont moins solubles que les composés aliphatiques.

Les adsorbants agissent d'abord par leur surface externe, la diffusion du corps adsorbé vers la surface interne s'opère lentement dans le solvant et devient encore plus lent dans les pores de type différents (**Choufa.N**) Les adsorbants utilisés se présentant sous forme poreuse, granulée ou en poudre.

V.4 La surface spécifique

Les matériaux solides dans les milieux naturels (argiles, silice,...) possèdent des surfaces spécifiques variables avec l'état physico-chimique du milieu aqueux (pH, nature des cations liés, saturation de la surface par les molécules organiques,...). Aussi certaines argiles comme les bentonites (montmorillonites par exemple) ont une surface accessible à la plupart des molécules, variant de 40 à 800m/g. leur capacité d'adsorption est très variable mais constitue dans le paramètre essentiel de la régulation des échanges et de la mobilité des éléments dans le milieu naturelle (**reddad et al, 2002. Reddad z, gerente c, andres y, le cloirec**). Les adsorbants industriels (essentiellement les charbons actifs développent des surfaces spécifiques énormes (600 à 1200 m/g) caractéristiques d'une très forte microporosité.

V.5 Solubilité de l'adsorbat

La solubilité d'un adsorbat joue un rôle important lors de son adsorption. Plus la solubilité est grande, plus faible sera l'adsorption. Ils n'ont constaté que les capacités d'adsorption suivent l'ordre inverse des solubilités (**Lourghi L2024**).

V.6 Le PH

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...) (**Lourghi L2024**). Donc, il est judicieux de connaître l'efficacité de l'adsorption à différents PH.

V.7 Masse de l'adsorbant

La capacité d'adsorption est d'autant plus grande que la masse de l'adsorbant dans la solution est importante. Du fait du cout élevé des adsorbants, le choix d'un rapport liquide-solide optimal est recommandé.

V.8 Structure de l'adsorbant

Elle joue un rôle déterminant dans la fixation du substrat, par la taille de ses particules (**A. NEFZAOU1987**). En effet plus la taille est petite, plus la surface de contact est grande. Ce qui va alors augmenter le pouvoir de rétention de l'adsorbant, cette surface s'accroît lorsque le support est poreux (**A. NEFZAOU1987**).

V.9 Structure moléculaire de l'adsorbat

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 (**Rueil-Malmaison, 1989.**) Ce qui fait diminuer le nombre des sites libres pour les autres molécules.

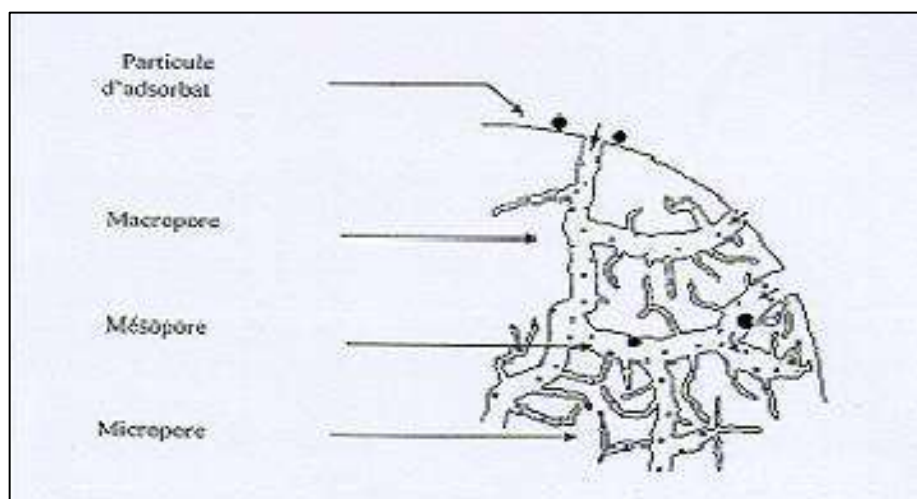


Figure II.02 :Structure du charbon actif. (Rueil-Malmaison, 1989.)

V.10 Masse moléculaire de l'adsorbat

Les particules dont la masse moléculaire est faible sont légères et se déplacent plus rapidement que celles dont la masse moléculaire est élevée (**Rueil-Malmaison, 1989.**) donc leur chance d'être adsorbées est beaucoup plus grande.

V.11 l'adsorption et chimie des surfaces

On parle d'adsorption lorsqu'il y a une simple fixation des molécules sur la surface d'un solide (**BOULKRAH H.**). Dans le cas où il y a pénétration dans la masse on parle d'absorption ou d'insertion. Le corps qui s'adsorbe à la surface est appelé adsorbat, par contre le support est nommé substrat ou adsorbant. La désorption est le phénomène inverse de l'adsorption et représente la libération dans la phase liquide des molécules préalablement adsorbées.

Les propriétés physiques des adsorbants

Tous les adsorbants sont caractérisés par un certain nombre de propriétés physiques (www.fndae.fr) :

- porosité interne ;
- masse volumique apparente de la couche en vrac ;
- masse volumique de la particule ;
- masse volumique vraie ;
- surface spécifique des pores ;
- rayon moyen des pores ;

Capacité théorique d'adsorption correspondant à la quantité maximale de soluté qui peut être adsorbée dans les conditions opératoires par unité de masse d'adsorbant frais. Le tableau suivant résume les propriétés de quelques adsorbants

Caractéristique	Description
Diameter Effective	Poudre : 8-9 ; granules : 0,55 -1,05. Augmentation du taux d'adsorption et des pertes de charge lorsque la grosseur des grains diminue.
Surface d'adsorption	De 850 à 1500 m ² /g. Plus cette surface est grande plus le Charbon active est. efficace.
Number de mélasse	Il est associé à la capacité du charbon activé d'absorber les impuretés de masses moléculaires élevées.
Densité brute	Il est associé à la capacité du charbon activé d'absorber les impuretés de masses moléculaires élevées.

Tableau II.02 :Principales caractéristiques du charbon activé (Desjardins R.,)

Texture du charbon actif (Dubinin M. M.),

VII.1 Macrospores:

ils possèdent un rayon moyen compris entre 500 et 1000 Å et peut atteindre jusqu'à 20000 Å. L'ordre de grandeur de leurs aires massiques (0,5 à 2 m²/g) montre qu'ils influencent faiblement la capacité d'adsorption.

VII.2 Mésopores:

ils ont un rayon compris entre 18-20 Å et 500-1000 Å. Leurs surfaces spécifiques (25 à 75 m². g⁻¹) montrent qu'ils peuvent influencer moyennement la capacité d'adsorption. En effet, les phénomènes de condensation capillaire ne peuvent se dérouler qu'à l'intérieur de ces mésopores. Ils sont considérés comme des pores de transition en contrôlant le passage des adsorbats vers les micropores.

VII.3 Micropores:

ils constituent pratiquement l'essentiel de la surface spécifique totale (95%). Leur rayon qui est inférieur à 18-20 Å (de l'ordre de la taille des molécules simples) leur confère un très grand rôle dans le processus d'adsorption.

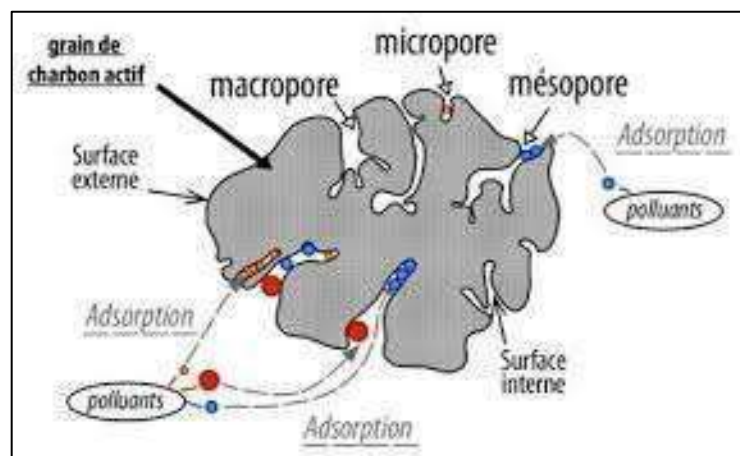


Figure II.03: schéma représente la texture de grain de charbon actif (G, Halsey,)

applications du charbon actif

Les charbons sont couramment utilisés dans le traitement des eaux par l'adsorption de certains colorants organiques de rejets liquides des industries, tels que : textile, papier, plastique...etc. Il existe d'autres utilisations du charbon actif qui sont :

- ✓ la récupération des solvants (tunnels de peinture) ou d'essence ;
- ✓ la dessiccation des gaz ou des liquides
- ✓ Elimination des odeurs ;
- ✓ L'élimination de micropolluants organiques ou minéraux ;
- ✓ Utilisation en pharmacie pour l'adsorption des gaz intestinaux (**Lemarchand ,1981.**)

Conclusion

Le traitement par adsorption est un procédé destiné à enlever les impuretés minérales ou organiques non éliminées par les procédés classiques. Ce processus présente une bonne efficacité dont le degré dépend de plusieurs paramètres spécifiques au matériau adsorbant utilisé, aux éléments à retirer ainsi qu'au milieu de dilution concerné. Les lois qui gèrent les phénomènes de cinétique ainsi que les mécanismes d'adsorption sont nombreuses établies essentiellement pour la rétention des gaz puis adoptées pour les phases liquide. On dénombre des dizaines d'adsorbants employés pour l'abattement des polluants, cependant, le charbon actif demeure le matériau adsorbant le plus utilisé au niveau mondial.

Les références

Arias M., Barral M. T., Mejuto J. C., J., (2002). *Chemosphere*, 48, 1081–1088.

A. NEFZAOU, (1987) "Contribution à la rentabilité de l'oléiculture par la valorisation optimale des sous-produits "OLIVAE IV Tunisie

Bellir K., Caractérisation de la rétention du cuivre par des matériaux naturels utilisés dans l'imperméabilisation des décharges, Université Mentouri Constantine, Thèse Magistère, (2002).

Bouziane N. élimination du 2-mecraptobenzothiazol par voie photo chimique et par adsorption sur la bentonite et le charbon actif en poudre, mémoire de magistère, université Constantine. Algérie (2007).

Brevet APG-RCC : PCT/ FR99/00748 du 31 mars 1999.

BOULKRAH H, (2008). L'étude comparative de l'adsorption des ions plomb sur différents adsorbants, p, 50.

Choufa.N « Epuration des eaux usées : l'élimination des micropolluants dans les eaux usées par un matériau argileux », mémoire de magister, université Mohammed chérif Messaadia- soukahras, 2013.

Desjardins R., (1990). Le traitement des eaux 2ème édition revue. Édition de l'école polytechnique de Montréal .

Desjardins R., (1997) ; le traitement des eaux. 2ème édition. Ed. 2cole polytechnique de Montréal, canada, 303p

Dubin M. M., *Uspekhi Khim.*, **24**, 3, (1955).

El Azzouzi M., (1999). Persistance, mobilité et photodégradation de l'imazapyr dans le sol et l'eau, Thèse d'état.

Emna Errais. « Réactivité de surface d'argiles naturelles : étude de l'adsorption de colorants anioniques », thèse de doctorat, université de Strasbourg 2011.

G, Halsey, The role of surface heterogeneity, *Advances Catalysis*, p 259-269, 1952.

Lemarchand D.,(1981),Thèse de Doctorat. Contribution a l'étude des possibilités de rétention de matières organiques en solution dans l'eau potable sur charbon actif, Université de Renne, France.(53).

Lourghi Lamia.,(2014) .Adsorption du furfural issue des rejets liquides de la raffinerie d'Arzew par charbon actif en poudre, Mémoire de Master.

Lourghi L, adsorption du furfural issue des rejets liquides de la raffinerie d'Arzew par charbon actif en poudre, mémoire de magister, 2014.

reddad et al, 2002. Reddad z, gerente c, andres y, le cloirec p, 2002. Environ. Sci.technol, vol 36, p2067-2073.

Rueil-Malmaison, 1989. Degrémont, Mémento technique de l'eau, 9ème éditions,

Villa p, (2003). La culture de l'olivier. Edition De Vecchi S.A.Paris.(78).

Yahiaoui N,(2012).Mémoire de Magister. Etude de l'adsorption des composés phénoliques des margines d'olives sur carbonate de calcium, hydroxyapatite et charbon actif.(80).

www.fndae.fr, consulté le 15-04-2014. Fonds national pour le développement des adductions des eaux.

Zeroual S, Hazouri S, Guerfi K, (2007).Caractérisation de charbon actif fabrique a base de noyaux de dattes, Sngid-07, enset-oran.(81).

PARTIE EXPERIMENTTALE

Chapitre 3

Matériels et méthodes

Introduction

Notre contribution pour trouver une solution à la mort subite des poissons est le développement du système pour surveiller et contrôler les niveaux d'ammoniac (NH_3), d'ammonium (NH_4^+) et les nitrates (NO_3^-) dans les bassins d'élevage de poissons et la proposition d'un système de traitement des eaux polluées.

1/ Le système à capteurs avancés :

tels que ceux de l'ammoniac, de la température et du temps, associés à des contrôleurs Arduino (liste matériels nécessaires voir annexe) et ESP32 pour assurer un enregistrement et une analyse des données en temps réel. Puis l'interprétation des analyses et le lancement par affichage de la solution, soit par le traitement de l'eau des bassins (traitement proposé par charbon actif préparé à base des déchets naturels) ou bien le remplacement total du volume d'eau.

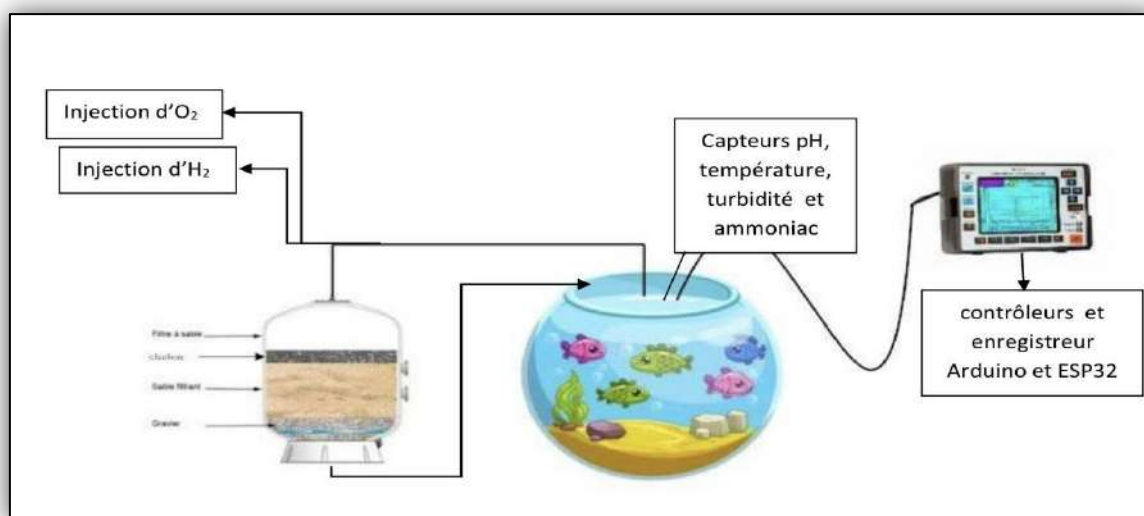


Figure III.01 : chaîne de traitement proposée

2/ Le système de traitement proposé :

Plusieurs procédés furent proposés et expérimentés. On peut citer les procédés physiques et chimiques tels que l'osmose inverse, l'électrodialyse, la distillation et l'échange d'ions. et pour les procédés biologiques il y a l'injection de hydrogène et le soufre (C.CARDOT, 2010)

Le charbon actif est un carbone microporeux inerte qui a subi un traitement pour augmenter sa surface. Il possède ainsi une très grande surface spécifique pouvant aller de 100 à 2000 m².g⁻¹ d'où sa grande capacité d'adsorption.

En vu de valoriser et d'étudier le pouvoir d'adsorption du charbon préparé à base des déchets naturels (fibre de palmier, pétiole ,palme ,noyaux des dates,...) pour traitement des eaux des bassins d'aquaculture, pour faire les prélèvements nécessaires a fin de pouvoir faire les analyses nécessaire, à savoir : la température, le pH, la conductivité électrique, la Totalité Des Sels Dissouts, les bicarbonates, le nitrates et le nitrites .

Le prélèvement est effectué au niveau d'une exploitation agricole située à la commune d'Ouargla (Hassi BenAbdallah), et traité avec le charbon active préparé à base denoyaux de palmier dattier au niveau de laboratoire pédagogique traitement des eaux niveau de la faculté des sciences appliquée,à l'université Kasdi Merbah d'Ouargla.

Les analyses physico chimiques T° ,Ce,TDS ont été faite au niveau du laboratoire Traitement des eaux de la faculté Kasdi Merbah D'ouargla ,L' Amouniumme et Nitrate ont été faite au niveau du laboratoire de l'Algérienne Des Eaux (ADE) et L'agence Nationale des Ressources Hydriques(ANRH) d'Ouargla .

Les résultats sont interprétés et comparés avec les exigences de la norme de l'Organisation Mondiale de Santé (OMS) et les normes algérienne pour les eaux d'aquaculture.

I. Préparation du charbon :

Notre a charbon actif est préparé à base des dechets de palmier datties tels que : Les noyaux , le fibre(liffe) , les feuille(jrid) et pétiole (curnef) .

Mode Opérateur

I.1 séchage

- Mettez-le dans un four étuve 105°C pendant 24 heures
- Laisser refroidir puis moudre et tamiser (1/2 quantité sans calcination et sans activation)

I.2 Calcination

oEnlèvement des noyaux des dates

oNettoyez les noyaux et enlevez les résidus liés à celui-ci

oMettez-le dans un four à moufle 550°C pendant 4 heures

oLaisser refroidir puis moudre et tamiser

I.3 Activation

A pour but le développement de la structure poreuse , élargir les pores créés durant le processus de carbonisation, on a utilisé l'activation chimique.

- On mélange le poudre carbonée (noyaux des dates) avec l'acide sulfurique H_2SO_4 de concentration 1M.
- Puis on a juste le pH par rinçage plusieurs fois .
- on sèche le charbon dans l'étuve .

II. Analyses des paramètres physico chimique

II.1 échantillonnage :

Les principaux aspects dont il faut tenir en compte pour obtenir un échantillon d'eau représentatif sont les suivants :

- La sélection convenable du point d'échantillonnage (model aquaculture farm).
- Le strict respect des procédures d'échantillonnage.
- La conservation adéquate de l'échantillon.

II.2 Prélèvement de l'eau à analyser :

Les principaux renseignements à fournir pour une analyse d'eau :

- Identité des préleveurs.
- Date et heure de prélèvement.
- Motif de la demande d'analyse.
- Point de prélèvement d'eau.
- Origine de l'eau.

II.3 Transport des échantillons :

Les analyses doivent être effectuées le plutôt possible après le prélèvement, dès leurs arrivés au laboratoire (24 h) .

II.4 Méthodes d'analyse :

On a fait le dosage des paramètres physico chimique pour l'échantillon d'eau brute et les cinq échantillons traités avec les doses croissantes du charbon préparé, à l'aide d'un multi paramètres de marque HANNA HI 9829, qui est un appareil électronique multi-mesure, c'est-à-dire qu'il mesure et donne plus d'un résultat pour plus d'un facteur au même moment, comme la mesure de la température, la conductivité, le pH , la TDS de la solution..etc



Figure III.02 : multi-paramètres

II.5 Traitement par charbon actif :

- On teste la pollution des échantillons par des doses croissantes de charbon actif préparé (10mg/l, 50mg/l, 100mg/l, 150 mg/l) on utilise le jar test pendant 20 min à vitesse 120 tr/min, puis on fait la filtration avec le papier filtre.



Figure III.03 : jar test

III. Les paramètres physique et chimique :

III.1 Le PH

Le potentiel hydrogène, noté pH, est une mesure de l'activité chimique des protons ou ions hydrogène en solution.

III.2 la conductivité :

La conductivité électrique est l'aptitude d'un matériau à laisser les charges électriques se déplacer librement, autrement dit à permettre le passage du courant électrique.

Méthode :

le pH, La conductivité s'effectue par mesure de la différence de potentiel entre l'électrode de mesure (électrode de verre)

-Les sondes sont immergeables directement dans le milieu aqueux à analyser grâce à leur câble de raccordement (Introduire l'électrode du multi paramètre dans l'échantillon)

- Lire la valeur affichée sur l'appareil (**figure III.02**)

(nettoyer avec le eau distillée chaque fois les sondes entre les échantillons)

III.3 Nitrate:

La présence des nitrates dans les bassins peut s'expliquer par des aliments non consommés et par la nitration de l'ammonium sécrété par les poissons en présence d'oxygène

Méthode :

-Introduire l'électrode

-Lire la valeur affichée sur l'appareil (**figure III.04**)

(nettoyer avec le eau distillée chaque fois les sondes entre les échantillons)

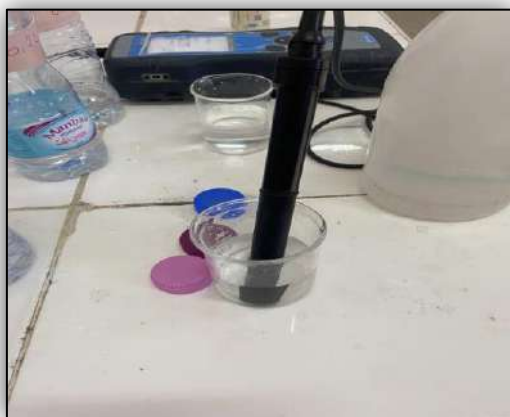


Figure III.04: Mesure du nitrate (ADE OUARGLA)

III.4 Amounium

L'ammonium est un composé contenant un atome d'azote et quatre atomes d'hydrogène (NH_4^+).

Méthode :

on mesure l'amouniure par l'appareil de spectrophotomètre. (DR6000) (**Figure III.05**)

- enlever délicatement la feuille de protection du DosiCap Zip détachable .
- pipetter 0.2ml d'échantillon.
- vissez immédiatement le DosiCap Zip; dirigeant le cannelage vers le haut.
- secouer énergiquement (2-3x)
- attendre 15min ,bien nettoyer l'extérieur de la cuve et mesurer.



Figure III.05 : Mesure du l'amouniure (ADE OUARGLA)

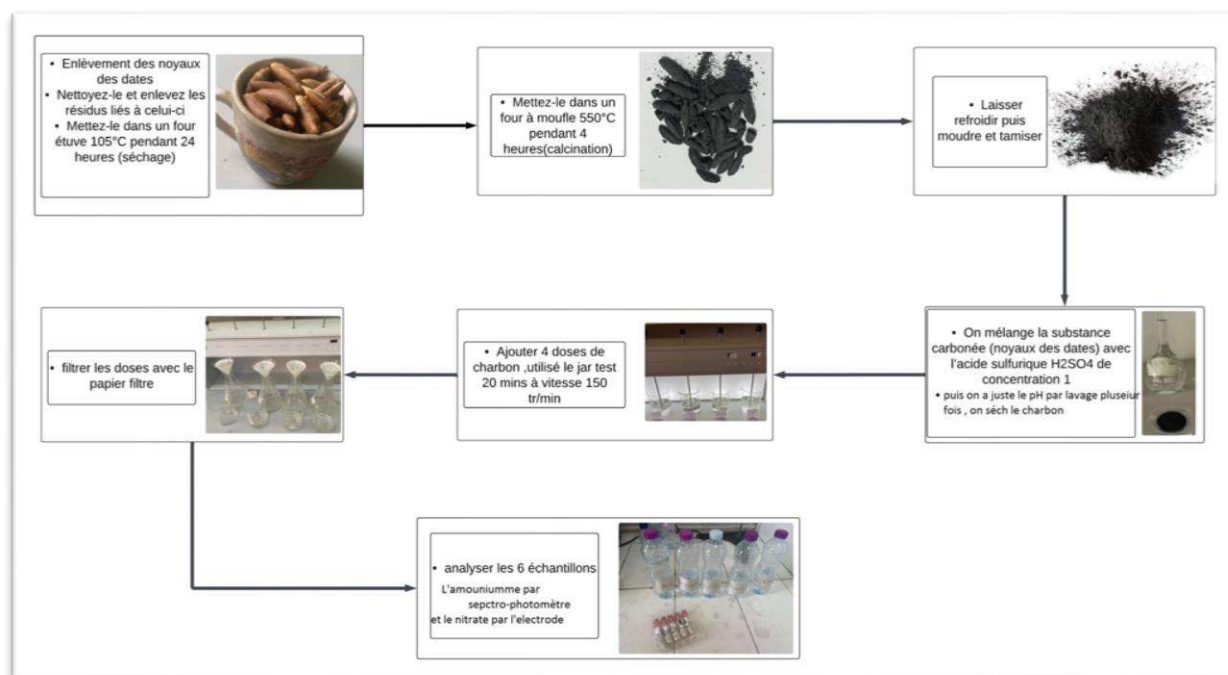


Figure III.06 : les étapes

conclusion

Afin d'apparaître la qualité physicochimique des eaux dans les bassins d'aquaculture dans le lieu de notre étude, il est indispensable de maîtriser et respecter toutes les conditions demandées dans les protocoles expérimentales soit pour le prélèvement, la conservation des échantillons ou pour les analyses.

Pour ces raisons, l'analyseur doit être vigilant et prend en considération toutes les conditions de prélèvement, d'échantillonnage et d'analyses nécessaires.

Chapitre 4

Résultats et Discussions

Introduction

Dans ce chapitre nous présentons les résultats et la discussion des analyses physico-chimiques effectuées sur l'eau de l'aquaculture, les résultats de leur traitement par charbon actif préparé à partir de noyaux des dates.

Aussi on va comparer les résultats avec les normes exigées, pour évaluer leur qualité vis-à-vis l'aquaculture.

Résultats d'analyses :

I. Analyse physico-chimique

Il s'agit des paramètres mesurables qui sont en relation avec la structure naturelle des eaux d'aquaculture, les résultats de l'analyse sont présentés dans le tableau ci-dessous et ils sont illustrés graphiquement.

Tableau IV. 01: Résultats des paramètres physico-chimiques

Paramètres	Unités	brute	Déstillie (150mg/l)	E1 (10mg/l)	E2 (50mg/l)	E3 (100mg/l)	E4 (150mg/l)
pH	/	6.87	5.6	4.9	4.86	4.8	4.63
Ce à 25C°	µs/cm	3001,876	/	5321,932	5406,926	5548,894	5928,098
Amounium NH_4^+	mg/l	0	/	0	0	0	0
NO_3^- (mesure 1)	mg/l	19.62	/	20.3	21.88	22.05	22.17
NO_3^- (mesure 2)	mg/l	20.97	1.41	20.45	21.09	21.05	21.24
NO_3^- (mesure 3)	mg/l	27.59	4.16	27.89	26.37	28.82	28.85

Remarque :

Mesure 1 : est le résultat d'analyse des échantillons avec les doses croissantes du charbon préparé

Mesure 2 : est le résultat d'analyse des échantillons avec les doses croissantes du charbon préparé pour confirmer les premiers résultats

Mesure 3 : est le résultat d'analyse des échantillons avec les doses croissantes du charbon préparé pour confirmer lesdeuxème résultats.

II.Les paramètres physique et chimique :

II.1 Le PH

Le potentiel hydrogène, noté pH, est une mesure de l'activité chimique des protons ou ions hydrogène en solution.

Les résultats sont mentionnés dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV.02 : variation du pH

	Eau brute	Déstillie (150mg/l)	E 1 (10 mg/l)	E 2 (50 mg/l)	E 3 (100 mg/l)	E 4 (150 mg/l)	Norme
pH	6.87	5.6	4.9	4.86	4.8	4.63	6,7à 8,6

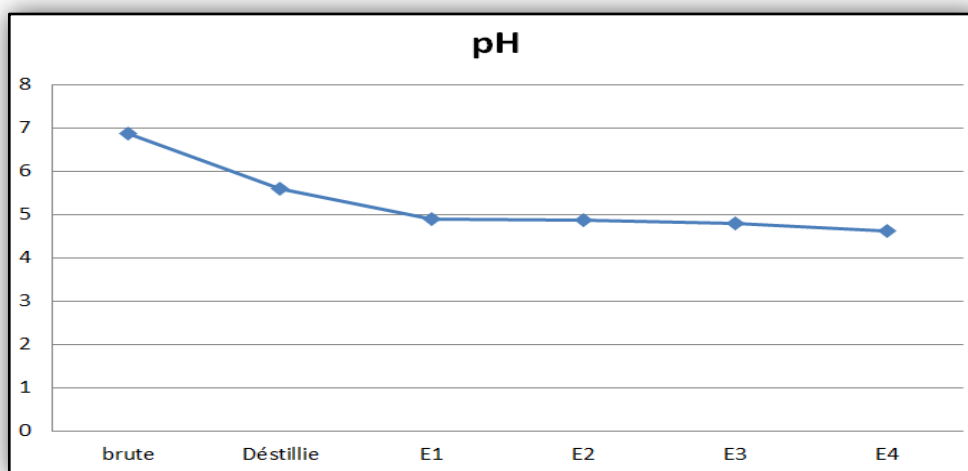


Figure IV.01 : Variation du pH

D'après la figure ci-dessus qui présente l'évaluation du pH de l'eau en fonction du temps les 6 échantillons traité avec le charbon préparé sont hors les normes, par rapport à l'eau brute

II.2 la conductivité :

La conductivité électrique est l'aptitude d'un matériau à laisser les charges électriques se déplacer librement, autrement dit à permettre le passage du courant électrique.

Tableau IV. 03 : Variation de la conductivité électrique

	Eau brute	E 1 (10 mg/l)	E 2 (50 mg/l)	E 3 (100 mg/l)	E 4 (150 mg/l)	Norme
température	28.3	28.3	28.3	28.3	28.3	25-32°C
Ce (us/cm)	3214	5698	5789	5941	6347	350-3000
Ce à 25°C	3001,876	5321,932	5406,926	5548,894	5928,098	350-3000

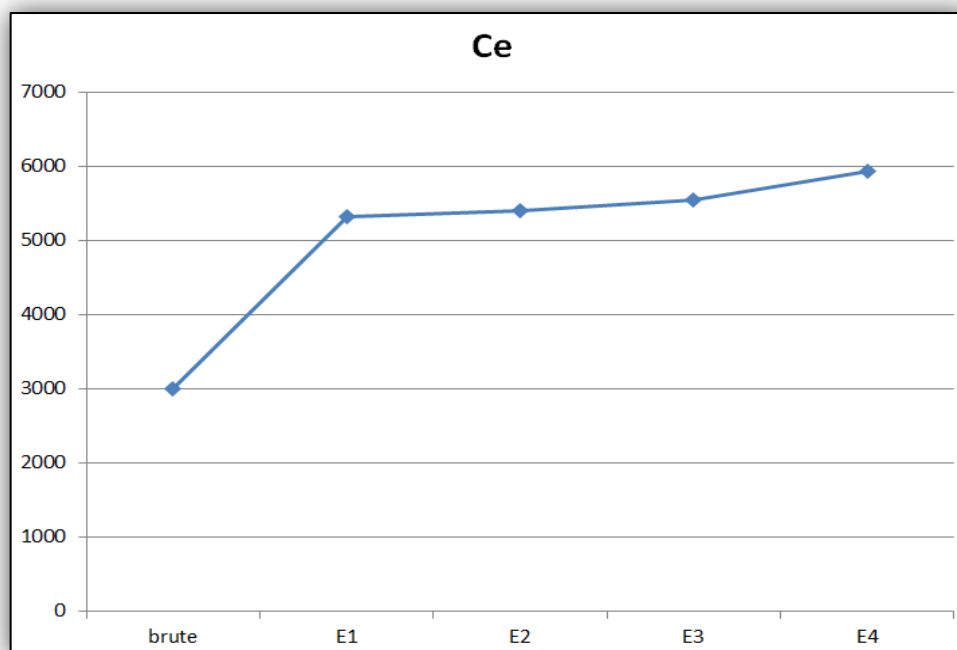


Figure IV.02 : Variation de la conductivité électrique

Les résultats des mesures ont permis d'observer la valeur de la conductivité électrique de l'eau brute (3001,876 $\mu\text{S}/\text{cm}$), l'eau des échantillons E1, E2, E3 et E4 qui sont respectivement 5321.932, 5406.926 et 5548.894 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (5928,098 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et qui dépasse la norme d'aquaculture(3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$)

D'après les résultats on remarque que la conductivité augmente quand la dose du charbon actif ajoutée augmente ce qui signifie qu'il y a une adsorption des ions présents dans les échantillons.

II.3 nitrate:

Le nitrite est un intermédiaire dans l'oxydation de l'ammonium en nitrate. Une concentration élevée en nitrites est un problème potentiel pour les poissons d'eau douce, puisque le nitrite est activement pris à travers les branchies.

Tableau IV.04 : Variation de nitrate

Paramètres	Unités	brute	Déstillie (150mg/l)	E1 (10mg/l)	E2 (50mg/l)	E3 (100mg/l)	E4 (150mg/l)	Norme
NO_3^- (ADE-1)	mg/l	19.62	/	20.3	21.88	22.05	22.17	15mg/L
NO_3^- (ADE-2)	mg/l	20.97	1.41	20.45	21.09	21.05	21.24	15mg/L
NO_3^- (ANRH)	mg/l	27.59	4.16	27.89	26.37	28.82	28.85	15mg/L

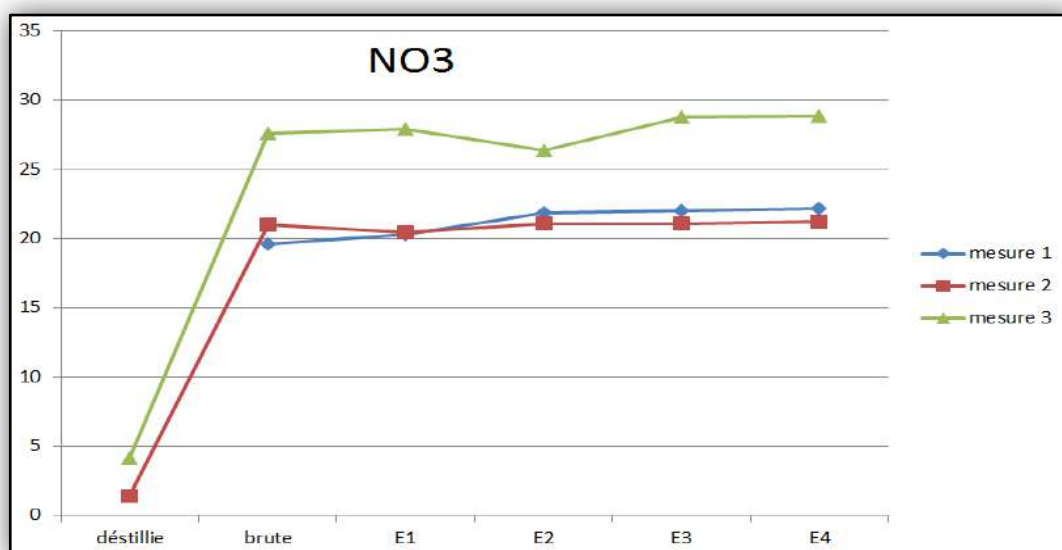


Figure IV.03 : Variation de la concentration des nitrates

D'après les résultats on remarque que la concentration des nitrates augmente quand la dose du charbon actif ajoutée augmente dans la totalité des échantillons ce qui signifie qu'il y a une adsorption des ions présents dans les échantillons.

II.4 Ammonium

L'ammonium est indicateur de pollution des eaux et il est aussi rapidement dégradé dans l'eau, les résultats d'analyse des échantillons (brute et traité par le charbon préparé) sont mentionnés dans le tableau suivant :

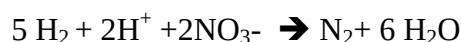
Tableau IV.05 : Variation de l'ammonium

	Eau brute	Déstillie (150mg/l)	E 1 (10 mg/l)	E 2 (50 mg/l)	E 3 (100 mg/l)	E 4 (150 mg/l)	Norme
Ammonium (mg/l)	0	/	0	0	0	0	0.5-1

On peut interpréter les résultats précédents comme suit:

- Les 5 échantillons traités avec le charbon préparé sont hors les normes avec celui de l'eau brute .
- L'augmentation de la conductivité , de la salinité signifie qu'il y a une espèce ionique qui s'ajoute après traitement.
- La conductivité augmente quand la dose du charbon actif ajoutée augmente ce qui signifie qu'il y a une adsorption des ions présents dans les échantillons.
- La concentration des nitrates augmente quand la dose du charbon actif ajoutée augmente ce qui signifie qu'il y a une adsorption des ions présents dans les échantillons et que le charbon lui même libère des ions nitrates pendant l'expérience d'adsorption

- La concentration de l'ammounium est nul dans tout les échantillons ce qui montre que les ions d'ammounium sont déjà dégradés dans l'eau des bassins des poissons avant l'étape d'échantillonnage et ils sont transformés en ions nitrates.
 - Après ces résultats négatifs , on a ajouté un autre test à blanc pour confirmer que le charbon à base de noix des dattes lui même contient les ions nitrates et cela est confirmé positif (voir échantillon eau distillée tableau IV.01)
 - Malgré que le charbon proposé n'a pas donné des résultats positif , notre objectif de travail va dans le bon sens a cause de la partie liée à la réalisation du dispositif de détection de concentration inacceptable des polluants .
 - La partie traitement des polluants par adsorption va se changée par un autre matériau adsorbant en cours de réalisation , soit par d'autre solution proposées auparavant (voir shémas N° III.06 chaine de traitement proposée)
 - Parmi les solutions proposées :
1. L'injection du gaz d'hydrogène (H₂) et par la suite il résulte le gaz d'oxygène (O₂) qui nécessaire à la respiration des poissons , selon l'equation suivante :



2. L'utilisation du procédé par résine échangeuse d'ions (c'est le procédé le plus utilisé de nos jours) , selon les deux équations de fixation et régénération suivantes :
 - **Fixation** : $\text{R-N}^+ (\text{CH}_3)\text{Cl}^- + \text{NO}_3^- \rightarrow \text{R-N}^+ (\text{CH}_3)_3\text{NO}_3^- + \text{Cl}^-$
 - **Régénération** : $\text{R-N}^+ (\text{CH}_3)_3\text{NO}_3^- + \text{NaCl} \rightarrow \text{R-N}^+ (\text{CH}_3)_3\text{Cl}^- + \text{Na}^+ + \text{NO}_3^-$

(C.CARDOT ,2010)

- Ces deux gaz seront produits à partir de l'électrolyse de l'eau , en choisissant bien sur les methods qui s'appuient sur les energies renouvelables (par exemple , l'utilisation de l'énergie éolienne ou l'énergie solaire).

Le référence de chapitre 3 et 4 :

C.CARDOT ,2010 : (claudes) Génie de l'environnement , les traitement de l'eau pour l'ngénieur p160-163.

conclusion

conclusion

L'un des défis actuels de notre pays l'Algérie est la tendance vers l'industrie de la pêche et les moyens de contrôle à l'aide des technologies modernes garantissant la production des poissons destinées à la consommation humaine en terme de quantité et de qualité.

La ferme piscicole typique de l'élevage des poissons et des crevettes situé a Hassi Ben Abdallah, commune de Ouargla est une des fermes qui s'intéressent par l'élevage des poissons de consommation humaine, qui souffre de la mort subite des poissons due à la pollution de l'eau par les déchets de poisson lui-même, dans ce but on a contribué a trouvé une solution.

Notre projet vise à développer un système sophistiqué pour surveiller et contrôler les niveaux d'ammoniac et ses dérivés dans les réservoirs à poissons, il mesure en continu les niveaux des éléments : NH_3 , NH_4^+ , NO_2^- et NO_3^- dans les réservoirs à poissons, fournissant des données précises et en temps réel sur la qualité de l'eau améliorant ainsi la santé générale et le bien-être des environnements aquatiques.

Les données mesurées sont essentielles pour l'analyse des tendances et la prise de décisions, l'utilisation des contrôleurs ESP32 et Arduino assure une communication transparente entre les capteurs et les actionneurs, permettant un traitement efficace des données et des mécanismes de contrôle. Analyse des Données et Prise de Décisions : soit par le traitement automatique lancé par le détecteur des eaux polluées des bassins, soit par le changement total du volume des bassins d'élevage des poissons.

Ce mécanisme de contrôle automatisé garantit une approche proactive pour maintenir un environnement aquatique sain. Interface Conviviale : Une interface conviviale, accessible via une application web ou mobile, permet aux aquaculteurs de surveiller les données en temps réel, d'accéder aux enregistrements historiques et de recevoir des alertes pour des conditions critiques.

Vu cette étude, on recommande, d'approfondir la recherche sur les techniques de traitement de l'eau d'aquaculture et voir autre sources pour valoriser les déches naturelles.

Les ANNEXES

	paramètres	Les normes
1	Température (C°)	25-32
2	pH	6,7à 8,6
3	Nitrate(mg/l)	15mg/L
4	Oxygène dissous(ppm)	5-20
5	conductivité(us/cm)	<350-3000
6	Amounium(mg/l NH ₄ ⁺)	0.5-1
7	Nitrite(mg/l NO ₂)	<0.5
8	Turbidité (NTU)	<50

Annexe 01 : Les normes de qualité des eaux piscicoles (OMS)

Tableau 1 : Facteur de correction de température f_{25} .

θ °C	f_{25}									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1,918	1,912	1,906	1,899	1,893	1,887	1,881	1,875	1,869	1,863
1	1,857	1,851	1,845	1,840	1,834	1,829	1,822	1,817	1,811	1,805
2	1,800	1,794	1,788	1,783	1,777	1,772	1,766	1,761	1,756	1,750
3	1,745	1,740	1,734	1,729	1,724	1,719	1,713	1,708	1,703	1,698
4	1,693	1,688	1,683	1,678	1,673	1,668	1,663	1,658	1,653	1,648
5	1,643	1,638	1,634	1,629	1,624	1,619	1,615	1,610	1,605	1,601
6	1,596	1,591	1,587	1,582	1,578	1,573	1,569	1,564	1,560	1,555
7	1,551	1,547	1,542	1,538	1,534	1,529	1,525	1,521	1,516	1,512
8	1,508	1,504	1,500	1,496	1,491	1,487	1,483	1,479	1,475	1,471
9	1,467	1,463	1,459	1,455	1,451	1,447	1,443	1,439	1,436	1,432
10	1,428	1,424	1,420	1,416	1,413	1,409	1,405	1,401	1,398	1,394
11	1,390	1,387	1,383	1,379	1,376	1,372	1,369	1,365	1,362	1,358
12	1,354	1,351	1,347	1,344	1,341	1,337	1,334	1,330	1,327	1,323
13	1,320	1,317	1,313	1,310	1,307	1,303	1,300	1,297	1,294	1,290
14	1,287	1,284	1,281	1,278	1,274	1,271	1,268	1,265	1,262	1,259
15	1,256	1,253	1,249	1,246	1,243	1,240	1,237	1,234	1,231	1,228
16	1,225	1,222	1,219	1,216	1,214	1,211	1,208	1,205	1,202	1,199
17	1,196	1,193	1,191	1,188	1,185	1,182	1,179	1,177	1,174	1,171

Tableau 1 (suite): Facteur de correction de température f_{25} .

θ °C	f_{25}									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
18	1,168	1,166	1,163	1,160	1,157	1,155	1,152	1,149	1,147	1,144
19	1,141	1,139	1,136	1,134	1,131	1,128	1,126	1,123	1,121	1,118
20	1,116	1,113	1,111	1,108	1,105	1,103	1,101	1,098	1,096	1,093
21	1,091	1,088	1,086	1,083	1,081	1,079	1,076	1,074	1,071	1,069
22	1,067	1,064	1,062	1,060	1,057	1,055	1,053	1,051	1,048	1,046
23	1,044	1,041	1,039	1,037	1,035	1,032	1,030	1,028	1,026	1,024
24	1,021	1,019	1,017	1,015	1,013	1,011	1,008	1,006	1,004	1,002
25	1,000	0,998	0,996	0,994	0,992	0,990	0,987	0,985	0,983	0,981
26	0,979	0,977	0,975	0,973	0,971	0,969	0,967	0,965	0,963	0,961
27	0,959	0,957	0,955	0,953	0,952	0,950	0,948	0,946	0,944	0,942
28	0,940	0,938	0,936	0,934	0,933	0,931	0,929	0,927	0,925	0,923
29	0,921	0,920	0,918	0,916	0,914	0,912	0,911	0,909	0,907	0,905
30	0,903	0,902	0,900	0,898	0,896	0,895	0,893	0,891	0,889	0,888
31	0,886	0,884	0,882	0,881	0,879	0,877	0,876	0,874	0,872	0,871
32	0,869	0,867	0,866	0,864	0,863	0,861	0,859	0,858	0,856	0,854
33	0,853	0,851	0,850	0,848	0,846	0,845	0,843	0,842	0,840	0,839
34	0,837	0,835	0,834	0,832	0,831	0,829	0,828	0,826	0,825	0,823
35	0,822	0,820	0,819	0,817	0,816	0,814	0,813	0,811	0,810	0,808

Annexe 02 : Facteur de correction de température à 25°C°

M^{elle} NourHassouna

N° Téléphone : 0675495206

E-mail : hassouna.nour123@gmail.com

Spécialité : Master 2 Traitement, épuration et gestion des eaux

Promotrice : A. Belmabedi

A : Le chef de département de

Génie Civil et d'Hydraulique

Demande d'achats

En vue de réaliser notre projet de fin d'étude intitulé : traitement des eaux des bassins d'aquaculture (développement d'un système intelligent de contrôle de la pollution dans les bassins d'élevage de poisson), les besoins nécessaires sont cités dans le tableau suivant :

N°	Désignation	quantité	Prix approximatif (DA)
1	ARDUINO UNO	1	3000.00
2	BreadBoard	1	800.00
3	Fils connexion (male-male)	1 paquet	800.00
4	Fils connexion (femelle-male)	1 paquet	800.00
5	DHT22/DHT11	1	1000.00
6	Température sensor (liquide)pT100	1	600.00
7	pHsensor	1	7000.00
8	Alimentation 5V /2A	1	500.00
9	Water pump	2	1000.00
10	Turbidité sensor	1	5000.00

Annexe 03 : Demande d'achats

Résumé

l'objectif de notre étude est basé sur le traitement des eaux des bassins d'aquaculture, les concentrations élevées des impuretés tels que NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ et NH_3 risquent de polluer les eaux des bassins d'élevage des poissons.

notre étude vise à développer un système sophistiqué pour surveiller et contrôler les niveaux d'ammoniac et ses dérivés dans les réservoirs à poissons associé à un traitement par adsorption de ces impuretés sur des produits naturels recyclés

Les mots clés: système de surveillance, charbon actif, aquaculture, traitement, poisson, NH_3

Summary

The objective of our study is based on the treatment of water from aquaculture ponds, high concentrations of impurities, such as NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , and NH_3 risk polluting the waters of fish breeding ponds.

Our study aims develop a sophisticated system to monitor and control the levels of ammonia and its derivatives in fish tanks associated with adsorption treatment of these impurities on recycled natural products.

Keywords: monitoring system, activated carbon, aquaculture, treatment, fish, NH_3

ملخص

يعتمد الهدف من دراستنا على معالجة المياه من أحواض مياه الاستزراع المائي ؛ حيث أن التركيزات العالية من الشوائب

مثل NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , NH_3 قد تؤدي إلى تلوث مياه أحواض تربية الأسماك

تهدف دراستنا إلى تطوير نظام متطور لرصد و مراقبة مستويات الأمونيا و مشتقاتها في أحواض الأسماك المرتبطة بمعالجة امتزاز هذه الشوائب على المنتجات الطبيعية المعاد تدويرها .

الكلمات الدالة:

نظام رصد ،الكربون المنشط، تربية الأحياء المائية، المعالجة، الأسماك، الأمونيا