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

Université 20 Août 1955 Skikda

Faculté des Sciences

Département des Sciences Agronomiques

Filière : Sciences Agronomiques

Option : Aménagement Hydro-Agricole

Mémoire de fin d'études :

En vue de l'obtention du diplôme de Master II en Sciences Agronomiques

Thème

Approche de valorisation des déchets agricoles appliquée au traitement des eaux

Présenté par :

- **Roufaida Lahouaoula**

Membres de Jury :

Pr. : **Heddam Salim**	(Pr.)	**Président**	Université du 20 Août 1955- Skikda
Dr. : **Sadoune Abdelaziz**	(MAA)	**Examinateur**	Université du 20 Août 1955 - Skikda
Dr. :**Chekroud Hassina**	(MCA)	**Promotrice**	Université du 20 Août 1955 - Skikda

Année universitaire : 2025-2026

Remerciements

Avant toute chose, je rends grâce à ***Allah*** *le Tout-Puissant, le Clément et le Miséricordieux, qui m'a accordé la patience, la force, la santé et la volonté nécessaires pour mener à bien ce travail.*

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à mon encadrante, Mme ***Chekroud Hassina****, pour la qualité de son encadrement, la pertinence de ses conseils et sa rigueur scientifique. Sa disponibilité, sa patience et son soutien constant ont été essentiels à l'aboutissement de ce mémoire.*

J'adresse mes sincères remerciements à Mme ***Remache Malika*** *pour son aide et son soutien durant la réalisation de ce travail.*

Je tiens également à exprimer ma profonde gratitude à mon enseignante, Mme ***Metarah Asma****, pour son accompagnement tout au long de mon parcours universitaire et pour les qualités humaines et académiques qu'elle m'a transmises.*

J'adresse mes vifs remerciements au professeur ***Haddam Salim****, président du jury, pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de présider la soutenance de ce mémoire. Je lui témoigne mon profond respect pour sa rigueur scientifique et son exemplarité académique.*

J'adresse mes remerciements au professeur ***Sadoune Abdelaziz****, membre du jury, pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail et pour l'honneur qu'il me fait en l'évaluant.*

Enfin, j'exprime ma reconnaissance à toutes les personnes qui, de près ou de loin, m'ont apporté leur soutien et leurs encouragements tout au long de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail :

A mon père, « Abdelkader »

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude pour ton soutien constant tout au long de mon parcours académique. Tes sacrifices et ta confiance en moi m'ont permis de croire en mes capacités et d'atteindre mes objectifs. Ce mémoire est le fruit de mes efforts, mais également le reflet de ton soutien indéfectible.

A ma mère chérie, « karout wassila »

Source de tendresse et de dévouement, je te dédie ce travail en témoignage de ma reconnaissance infinie pour ton amour inconditionnel et ton soutien sans faille. Grâce à ta patience et à tes encouragements, j'ai pu surmonter les difficultés et poursuivre mes ambitions.

A ma sœur, « zeinab » modèle de réussite et d'inspiration*,*

Je t'adresse mes sincères remerciements pour ton soutien, ta bienveillance et ton encouragement constant, ta présence a toujours été pour moi une source de réconfort et de motivation.

A mes frères, « Mohamed anis, Ahmed badre et Abdenour, »

Je vous dédie ce mémoire en reconnaissance de votre présence, de votre soutien et des moments de complicité partagés tout au long de mon parcours. Votre appui a été précieux.

A mes chers amis proches où loin.

A moi-même*,*

Pour ma persévérance, ma détermination et les efforts consentis tout au long de ce parcours

Roufaida Lahouaoula.

Résumé

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation des déchets agricoles pour le traitement des eaux polluées. L'objectif principal est d'évaluer l'efficacité des noyaux d'olive sous forme de poudre en tant que coagulation pour l'élimination de la turbidité et en tant qu'adsorbant pour l'élimination du bleu de méthylène.

L'étude expérimental a été réalisée à travers plusieurs essais en laboratoire, en utilisant la poudre de noyaux d'olive comme matériau naturel. Les paramètres étudiés incluent notamment la masse du coagulant, la vitesse d'agitation ainsi que les conditions opératoires influençant les performances de traitement.

Les résultats obtenus montrent que la poudre de noyaux d'olive présente une efficacité significative. En coagulation, elle permet une réduction de la turbidité atteignant environ 68%. En adsorption, elle présente une très forte capacité d'élimination du bleu de méthylène, avec un rendement supérieur à 90%, atteignant 92.4%.

Ces résultats confirment le potentiel des noyaux d'olive comme matériau naturel alternatif, économique et écologique dans le domaine du traitement des eaux.

Mots-clés : noyaux d'olive, coagulation, adsorption, turbidité, bleu de méthylène, traitement des eaux.

Abstract

This study is part of the valorization of agricultural waste for polluted water treatment. The main objective is to evaluate the effecvtiveness of olive pit Powder as a coagulant for turbidity removal and as an adsorbent for methylene blue removal.

The experimental study was carried out through a series of laboratory test using olive pit powder as antural material. The investigated parametres included the coagulant dosage, stirring speed, and other operating condition affecting treatment performance.

The obtained results demonstrated that olive pit powder exhibits significant efficiency. In coagulation, it achieved a turbidity removal rate of approximately 68%. In adsorption, it showed a high capacity for methylene blue removal, with an efficiency exceeding 90% and reaching 92.4%.

These findings confirm the potentiel of alive pits as an alternative, economical, and environmentally friendly natural material for water treatment applications.

Keywords : olive pits, coagulation, adsorption, turbidity, methylene blue, water treatment.

ملخص

تندرج هذه الدراسة في إطار تثمين النفايات الزراعية من أجل معالجة المياه الملوثة. ويتمثل الهدف الرئيسي في تقييم فعالية مسحوق نوى الزيتون كمخثر لإزالة العكارة، وكمادة ممتزة لإزالة صبغة أزرق الميثيلين.

أنجزت الدراسة التجريبية من خلال سلسلة من الإختبارات المخبرية باستعمال مسحوق نوى الزيتون كمادة طبيعية. وشملت المعايير المدروسة جرعة المخثر، وسرعة التحريك، اضافة إلى مختلف الظروف التشغيلية المؤثرة في كفاءة المعالجة.

أظهرت النتائج المتحصل عليها ان مسحوق نوى الزيتون يتمتع بفعالية معتبرة. ففي عملية التخثير، حقق نسبة إزالة للعكارة بلغت حوالي.68٪ أما في عملية الامتزاز، فقد أظهر قدرة عالية على إزالة أزرق الميثيلين، حيث تجاوزت نسبة الإزالة 90٪ ووصلت الى 92.4 ٪

تؤكد هذه النتائج الإمكانات الواعدة لنوى الزيتون كمادة طبيعية بديلة، اقتصادية وصديقة للبيئة، يمكن استخدامها في مجال معالجة المياه.

الكلمات المفتاحية: نوى الزيتون، التخثير، الامتزاز، العكارة، ازرق الميثيلين، معالجة المياه.

Liste des figures

Figure I.1 : Répartition et types des ressource en eau 5
Figure I.2 : La nappe libre et la nappe captive.....6
Figure I.3 : La pollution industrielle.....9
Figure I.4 : la pollution agricole.....10
Figure I. 5 : La pollution domestique 10
Figure I.6 : Les paramètres caractéristiques des eaux usées.....13

Figure II.1 : Déchet agricole d'origine animale.....23
Figure II. 2 : Déchet agricole d'origine végétal.....23
Figure II. 3 : Recyclage des déchets organiques 24
Figure II. 4 : Composte et méthodes de compostage.....25
Figure II.5 : Les types d'adsorption 27
Figure II. 6 : Mécanisme d'adsorption d'un soluté lors de l'adsorption sur un matériau microporeux 27
Figure II.7 : Mécanisme de coagulation-floculation 30

Figure III .1 : Structure chimique du bleu de méthylène.....37
Figure III .2 : Grignons d'olive.....38
Figure III 3: Préparation de matériau 40
Figure III 4: Spectrophotomètre UV-Vis Agilent cary 60UV-Vis.....41
Figure III 5: Courbe d'étalonnage de la solution de bleu de méthylène.....42
Figure III 6: Description des étapes de l'adsorption.....43
Figure III 7: Préparation des solution de bleu de méthylène à différent concentration 43
Figure III 8: Turbidimètre.....45
Figure III 9: Dispositif expérimentale et étape de l'essai de coagulation 47

Figure IV. 1: Influence de la granulométrie sur l'élimination du colorant BM sur les grignons d'olive.....49
Figure IV. 2: Effet de la dose d'adsorbant sur le pourcentage d'élimination 50
Figure IV. 3: Evolution de la capacité d'adsorption de BM en fonction du temps 51
Figure IV. 4: Effet de ph sur le taux d'élimination du BM sur les grignons d'olive. 53

Figure IV. 5: Effet de température sur le taux d'élimination du BM sur les grignons d'olive ..54
Figure IV. 6: Effet de salinité sur le taux d'élimination du BM sur les grignons d'olive.55
Figure IV. 7: Effet de la masse du noyau d'olive sur le taux d'élimination de la turbidité. 56
Figure IV. 8: Effet de pH sur le taux d'élimination de la trbidité 57
Figure IV. 9: Effet de la vitesse d'agitation sur le taux d'élimination la turbidité.....58

Liste des tableaux

Tableau III. 1: Les caractéristiques du BM.....37

Sommaire

Introduction générale 1

Chapitre I : Généralité sur la pollution des eaux

I.1 Généralité sur les eaux 4

I.2 Importance de l'eau 4

I.3 Types d'eau 5

I.3.1 Eaux souterraines 5

I.3.2 Eaux superficielles 6

I.4 Pollution des eaux 8

I.4.1 Définition de la pollution de l'eau 8

I.4.2 Sources de pollution des eaux 8

I.5 Types de pollution des eaux 11

I.5.1 Pollution chimique 11

I.5.2 Pollution physique 11

I.5.3 Pollution thermique 11

I.5.4 Pollution radioactive 11

I.5.5 Pollution biologique 11

I.6 Paramètre caractéristiques de pollution des eaux 12

I.6.1 Paramètres organoleptiques 13

I.6.2 Paramètres physiques 14

I.6.3 Paramètres chimiques 15

I.7 Impact de la pollution des eaux 16
I.7.1 Sur le milieu naturel 17
I.7.2 Sur la santé humaine 18
Référence bibliographie 18

Chapitre II: Les déchets agricoles et leur valorisation

II.1 Définition des déchets agricoles 20
II.2 Classification des déchets agricoles 20
II.2.1 Pertes directes 20
II.2.2 Pertes indirectes 21
II.2.3 Pertes quantitatives 21
II.2.4 Pertes qualitatives 21
II.3 Types des déchets agricoles 22
II.3.1 Déchets d'origines végétales 22
II.3.2 Déchets d'origines animales 22
II.4 Valorisation des déchets agricoles 23
II.4.1 Procédés thermochimiques 24
II.4.2 Procédés biologiques 24
II.4.3 Compostage 24
II.5 Utilisation des déchets agricoles dans le traitement des eaux 25
II.5.1 Comme adsorbant 25
II.5.2 Comme coagulant 29
II.6 Importance environnemental et économique de la valorisation des déchets agricoles 32
II.6.1 Importance environnemental 32
II.6.2 Importance économique 33
Référence bibliographie 34

Chapitre III : Matériel et méthode

III.1 Introduction 36
III.2 Matériels et méthodes 36
III.2.1 Les produits et les équipements utilisés 36
III.2.2 Adsorbat (Bleu de méthylène) 37
III.2.3 Préparation de matériau (noyaux d'olive) 38
III.3 Etude expérimentale de l'adsorption 40
III.3.1 Principe de la spectrophotomètre UV-Visible 40
III.3.2 La courbe d'étalonnage 41
III.3.3 Etude des facteurs influençant l'adsorption de (BM) sur les grignons d'olive 42
III.3.4 Méthode de calcule 44
III.4 Etude expérimentale de la coagulation 45
III.4.1 Mesure la turbidité 45
III.4.2 Etude des facteurs influençant la coagulation 46
..... 47
III.4.3 Calcul le rendement d'élimination du coagulant 47
Conclusion 48
Référence bibliographie 48

Chapitre IV: Résultats et discussion

IV.1 Introduction 48
IV.2 Résultats d'adsorption 48
IV.2.1 Etude paramétrique de l'adsorption du BM 48
IV.3 Résultats da coagulation 55
IV.3.1 L'influence de la dose de coagulant 55
IV.3.2 L'influence du pH 56
IV.3.3 Effet de la vitesse d'agitation 57
Conclusion 59

Conclusion générale 60

Introduction

Les déchets constituent depuis toujours une conséquence directe des activités humaine. Leur gestion a connu une évolution progressive, allant de pratique rudimentaire vers systèmes structurés, puis vers des approches modernes intégrant les principes du développement durable. Avec l'industrialisation, l'augmentation considérable de leur quantité ainsi que de leur dangerosité a rendu leur prise en charge de plus complexe, posant ainsi des enjeux majeurs sur les plans environnementaux et sanitaire [1]. Dans ce cadre, plusieurs dispositifs réglementaires ont été instaurés, notamment les lois de 1975 et 1992, afin de structurer les filières de traitement, de réduire les décharges non contrôlées et de promouvoir la valorisation des déchets. Cependant, certains objectifs fixés, notamment ceux de 2002, n'ont été que partiellement atteints [1].

Dans cette dynamique, les déchets agricoles représentent une ressource particulièrement intéressante en raison de leur abondance et de leur caractère biodégradable. Ils regroupent divers résidus issus des activités agricoles, tels que les pailles, les tiges, les feuilles, les coques et les noyaux de fruits [2]. L'lorsqu'ils sont mal gérés, ces déchets peuvent contribuer à la pollution de l'aire, des sols ainsi que des eaux de surface et souterraines. Néanmoins, ils constituent également une ressource valorisable, notamment dans des applications environnementales telles que le traitement des eaux polluées, en complément de leurs utilisations énergétiques et matérielles [2].

Par ailleurs, la pollution des ressources en eau constitue aujourd'hui un problème environnemental majeur, principalement dû aux rejets non contrôlés d'effluents industriels, agricoles et domestiques dans les milieux aquatiques. Cette situation accentue la pression sur les ressources hydriques et impose le développement de procédés de traitement efficaces, durables et respectueux de l'environnement, capables de limiter l'impact des polluants dur les écosystèmes et la santé humaine [3].

Dans ce contexte, de nombreuses recherches ont démontré que les déchets agricoles peuvent être valorisés sous forme de bioadsorbants efficaces pour l'élimination de divers polluants, notamment les métaux lourds, les colorants et les composés organiques présents dans les eaux usées [4]. Certaines études soulignent également leur utilisation dans des procédés de coagulation naturelle ou dans des systèmes combinés adsorption-coagulation, permettant d'améliorer l'efficacité globale du traitement [5].

Toutefois, ces matériaux à l'état brut présentent souvent des performances limitées, ce qui nécessite parfois leur modification ou leur activation afin d'optimiser leurs propriétés adsorbants et leur efficacité dans l'élimination des polluants [6].

C'est dans ce cadre que s'inscrit la présente étude, qui vise à évaluer l'efficacité de la poudre de noyaux d'olive comme matériau naturel dans le traitement des eaux polluées, notamment pour l'élimination de bleu de méthylène ainsi que pour la réduction de la turbidité.

Enfin, ce travail est structuré en deux parties principales : une partie théorique, composée de deux chapitres consacrés aux notions générales relatives aux déchets et aux procédés de traitement des eaux, et une partie expérimentale comprenant deux chapitres, dont le premier décrit le matériel et les protocoles expérimentaux utilisés, tandis que le second est consacré à l'analyse et à la discussion des résultats obtenus.

Référence bibliographie

1. Balet, J.-M. (2016). Gestion des déchets : Les différents types de déchets, les modes de collecte et de gestion, les filières de traitement (5e éd.). Dunod.
2. Lackner, M., & Besharati, M. (2025). Agricultural waste : Challenges and solutions, a review. Waste, 3(2), 18. https://doi.org/10.3390/waste3020018
3. Aguilar-Rosero, J., Urbina-López, M. E., Rodríguez-González, B. E., León-Villegas, S. X., Luna-Cruz, I. E., & Cárdenas-Chávez, D. L. (2022). Development and characterization of bioadsorbents derived from different agricultural wastes for water reclamation : A review. Applied Sciences, 12, 2740. https://doi.org/10.3390/app12052740
4. Sen, T. K. (2023). Agricultural solid wastes based adsorbent materials in the remediation of heavy metal ions from water and wastewater by adsorption : A review. Molecules, 28, 5575. https://doi.org/10.3390/molecules28145575
5. Tsoutsa, E. K., Tolkou, A. K., Kyzas, G. Z., & Katsoyiannis, I. A. (2024). An update on agricultural wastes used as natural adsorbents or coagulants in single or combined systems for the removal of dyes from wastewater. Air, Soil and Water Research, 17, 178. https://doi.org/10.1007/s11270-024-06979-9
6. Liu, G., Dai, Z., Liu, X., Dahlgren, R. A., & Xu, J. (2022). Modification of agricultural wastes to improve sorption capacities for pollutant removal from water – A review. Carbon Research, 1(24). https://doi.org/10.1007/s44246-022-00025-1

I.1 Généralité sur les eaux

L'eau, avec sa formule chimique H_2O, est un élément essentiel à la vie sur notre planté. Elle possède des caractéristiques physiques et chimiques singulières qui ne se trouvent pas dans la majorité des autres matières. Ces caractéristiques spécifiques découlent essentiellement des liaisons hydrogène intenses qui unissent ses molécules, attribuant à l'eau des propriétés uniques qui lui permettent d'interagir avec une multitude de molécules et de s'impliquer dans différents processus naturels [1].

L'eau est au cœur des processus biologiques, écologiques et géologique, agissant non seulement comme un solvant universel, mais également comme une matrice active qui modifie les interactions moléculaires vitales pour la vie. Ces caractéristiques lui permettent de faciliter les réactions biochimiques et les processus moléculaires au fonctionnement des êtres vivants et à la préservation des systèmes biologiques [2].

De plus, l'eau joue un rôle crucial dans les systèmes naturels et contribue de manière significative à la préservation de l'équilibre environnemental. Elle joue un rôle dans divers processus écologique et géologique qui favorisent la régulation des écosystèmes et la répartition des ressources naturelles à travers le globe.

Sur notre planète, l'eau occupe près de 70% de la surface terrestre et constitue une ressource vitale pour tous les organismes vivants. Elle occupe aussi une place essentielle dans les activités humaines, y compris l'utilisation domestique, agricole, et industrielle. L'eau essentielle à la santé humaine et au développement social, doit être disponible en quantité adéquate, propre et sans contamination pour assurer le bien-être des communautés.

De plus, l'eau également une signification importante sur le plan éthique et sociétal. Elle est perçue comme une ressource cruciale dans l'accès équitable et durable représente un enjeu important pour la justice environnementale et le développement durable [3].

I.2 Importance de l'eau

L'eau revêt une importance cruciale tant sur le plan biologique qu'économique. L'hydrosphère représente la base de la vie et des équilibres environnementaux. L'eau peut être considérée comme un aliment, potentiellement un médicament, une ressource industrielle, énergétique et agricole, ainsi qu'un moyen de transport. Ses applications sont donc

nombreuses, mais en ce qui concerne la santé humaine, elles sont principalement liées à l'agriculture et l'aquaculture, l'industrie et l'artisanat, les activités aquatiques telles que la baignade, et surtout la distribution collective ou individuelle d'eau potable destinée à des usages alimentaire (eau potable, cuisine), mais aussi domestique et d'hygiène [4].

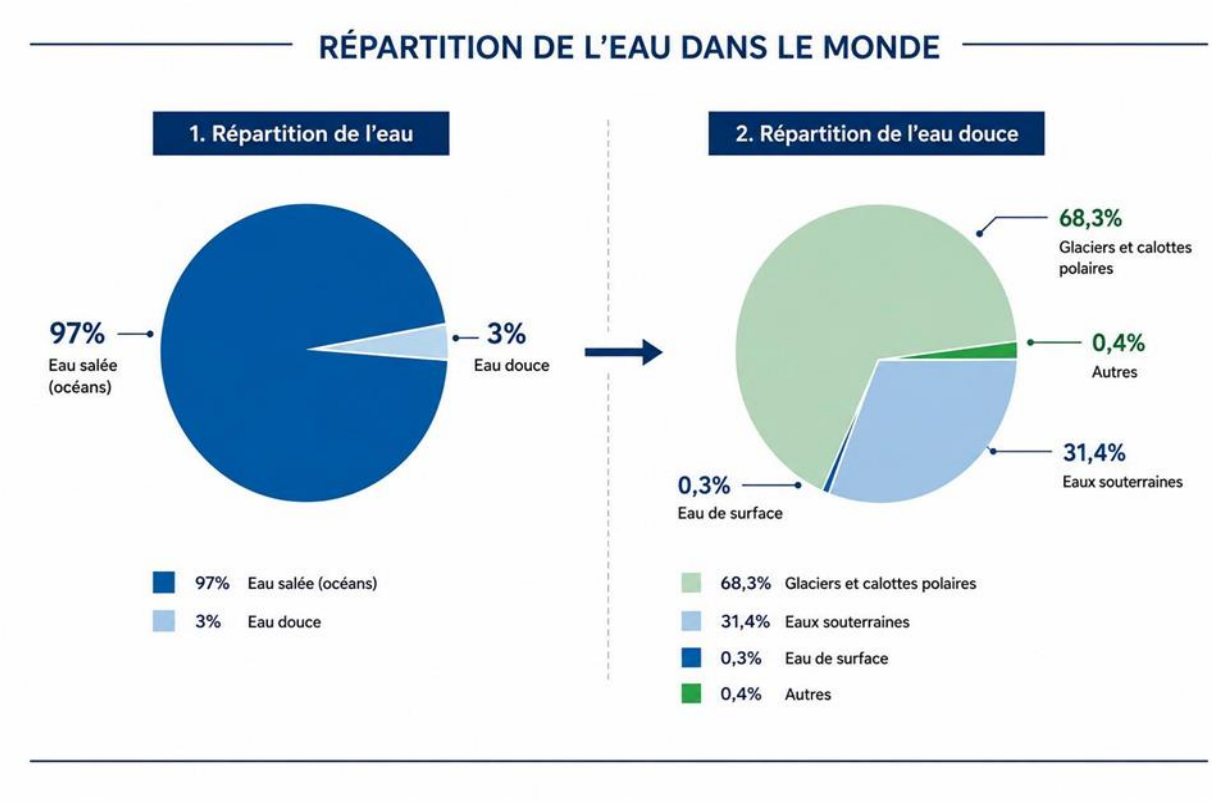


Figure I.1 : Répartition et types des ressources en eau.

I.3 Types d'eau

I.3.1 Eaux souterraines

Les eaux souterraines représentent 30% des réserves d'eau, ce qui équivaut à des volumes Considérables. Ils proviennent de l'accumulation dans le sol, qui dépend de sa porosité et de sa configuration géologique. Elles ont généralement une qualité physico-chimique et bactériologique remarquables et demeurent actuellement les meilleures sources d'eau potable ; elles se regroupement en nappes [5].

Les nappes d'eau souterraines peuvent se présenter en deux types, qui sont :

- **Nappe libre**

La nappe libre désigne un réservoir d'eau souterraine qui se constitue à une couche perméable reposant sur une couche imperméable. Ces dernières sont alimentées directement par l'infiltration des eaux de ruissellement, ce qui les rend très vulnérables à la pollution de surface [5], l'altitude de cette nappe fluctue en fonction du volume d'eau qui s'infiltre et de la perméabilité du sol. Les sources se manifestent habituellement là où la couche imperméable affleure le sol [6].

- **Nappe captive**

La nappe captive est une nappe d'eau souterraine enfermée entre deux couches imperméables. L'eau y est conservée sous pression à une grande profondeur et peut être extraite par le biais de forages en profondeur. Il est possible d'alimenter cette nappe dans les régions où la couche aquifère affleure au niveau du sol [6].

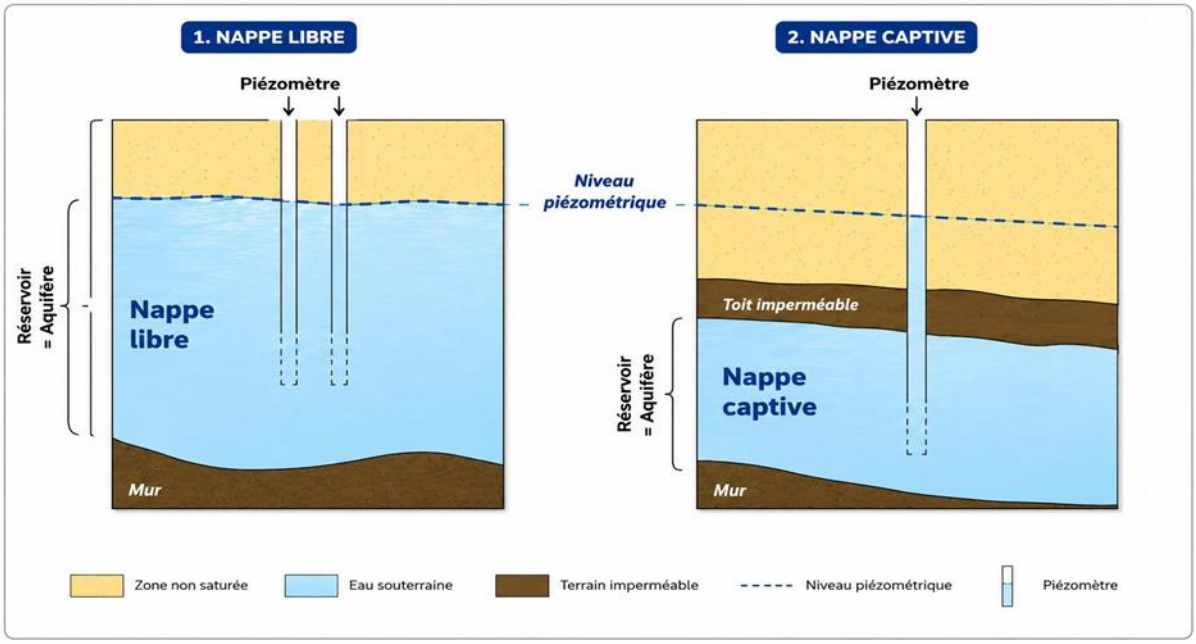


Figure I.2 : La nappe libre et la nappe captive.

I.3.2 Eaux superficielles

Ces dernières comprennent toutes les eaux qui s'écoulent ou sont retenues à la surface des continents. Ces dernières proviennent des eaux de ruissellement ou des nappes phréatiques dont l'apparition donne naissances à un ruisseau puis à une rivière. Ces eaux s'acculement en cours d'eau, caractérisées par une surface de contact entre l'eau et l'atmosphère en mouvement et une vitesse de circulation notable. Elles peuvent être entreposées dans des réservoirs naturels (étangs, lacs) ou artificiels (retenues, barrages), caractérisé par une surface d'échanges eau-

atmosphère presque stagnant, une profondeur potentiellement conséquente et un temps de résidence souvent prolongé. C'est une ressource aisément disponible mais, hélas, sensible et exposée qui nécessite une protection contre les différentes sources de pollution qui pèsent sur elle. La majorité de ces éléments découlent de l'action humaine et industrielle, mais ils sont également dus à des phénomènes naturels (eutrophisation : prolifération excessive d'algues et de plancton) susceptibles de compromettre la qualité de l'eau [5].

Les eaux de surface sont une ressource vitale en matière d'eau, présente sur le continent. Selon leurs propriétés physiques, leur mode de transport et de conservation on les divise en différentes catégories majeures, dont les eaux fluviales, lacustres et maritimes, qui incluent mers et océans.

- **Eaux de rivière**

Les eaux de rivière sont des eaux de surface qui circule, caractérisées par une surface en mouvement où l'eau rencontre l'atmosphère et par une vitesse de circulation notable. Elles trouvent leur origine dans les eaux de ruissellement ou dans les nappes phréatiques profondes, dont l'apparition donne naissance aux ruisseaux et ensuite aux rivières. Elles peuvent se regrouper en rivière et montrer des variations de qualité en fonction des conditions à l'amont et à l'avale [7].

- **Eaux de lac**

Les eaux lacustres sont des eaux de surface conservées dans des réservoirs naturels ou crées par l'homme. Ces derniers se distinguent par une surface d'échange entre l'eau et l'atmosphère presque stagnante, une profondeur potentiellement significative et un temps de résidence souvent long, ce qui leur donne un comportement semblable à celui d'un bassin naturel de décantation [7].

- **Eaux de mer**

Les eaux marines représentent une ressource hydrique significative, qui se distingue ++principalement par leur salinité élevée due à la forte concentration en sel dissous. Avec un volume approximatif de 1340 millions de km³, les mers et océans constituent une ressource d'eau brute utilisée en cas de la pénurie de ressource conventionnelle. Les mers se différencient des océans par leur surface plus petite et se divisent en trois catégories principales :

- Les mers fermées, qui n'ont aucune connexion avec les océans et dont la salinité est élevée, comme la mer morte ;

- Les mers intérieures, qui ont une ouverture vers d'autres mers ou océans et qui sont caractéristique par leur faible profondeur, telles que la mer du Nord et la mer Noire ;
- Et enfin, les mers de types méditerranéen, de vaste étendue et reliées aux océans, à l'instar de la mer Méditerranée et de la mer des Caraïbes [7].

I.4 Pollution des eaux

I.4.1 Définition de la pollution de l'eau

La contamination de l'eau désigne une modification de sa qualité et de ses propriétés, rendant son emploi dangereux et/ou perturbant le milieu aquatique. Cela peut s'appliquer aux eaux de surface (rivières, plans d'eau) et/ou aux souterraines [8].

Les contaminations majeures de l'eau comprennent les eaux usées, les nutriments, les métaux nocifs émis par les industries en fonctionnement, les sites miniers délaissés tout comme les substances chimiques employées dans la secteur industriel et agricole [9].

I.4.2 Sources de pollution des eaux

I.4.2.1 Pollution industrielle

Les rejets non traités provenant des activités industrielle (mines, cimenteries, usines chimiques) sont fortement polluant à l'échelle local. Ces rejets, chargés en métaux lourds (plomb, cadmium), hydrocarbures aromatiques polycyclique et micropolluants organiques, participent de manière significative à la pollution chimique des eaux et peuvent avoir des répercussions sur la santé humaine [10].

La majorité de ces rejets ne sont pas biodégradables et sont déversés directement dans les rivières, perturbant ainsi l'équilibre écologique et constituant une source de pollution mondial, notamment en ce qui concerne les métaux lourds et les composés organiques persistants [10].

De plus, certains produits chimiques persistants ont la capacité se lier aux microplastiques et de se diffuser à travers les écosystèmes aquatiques, amplifiant le risque de contamination à divers niveaux trophiques [11]



Figure I.3 : La pollution industrielle.

I.4.2.2 Pollution agricole

L'usage intensif des engrais azotés et phosphatés, ainsi que des pesticides, est principalement responsable de la pollution agricole. Ces produites pénètrent dans les cours d'eau par le biais du ruissellement, entrainant généralement l'eutrophisation des eaux superficielles et risquant de contaminer les nappes phréatiques, les transforment en élément toxiques. Cela démontre que l'agriculture est un contributeur important à la pollution diffuse, notamment par le biais des nitrates et pesticides [12].

Avec la croissance démographique à l'échelle mondiale, l'utilisation de fertilisants (nitrates) et de pesticides se renforce. Le ruissellement des eaux de pluie ou d'irrigation entraine ces substances vers les rivières, provoquant ainsi une pollution diffuse et un déséquilibre dans l'environnement récepteur. Ces contaminants agricoles provoquant divers problèmes de santé selon les groupes exposés, en altérant la composition chimique de l'eau, et participent à la pollution générale de l'eau, avec des répercussions sur la santé humaine et environnementale [12].



Figure I.4 : la pollution agricole.

I.4.2.3 Pollution domestique

Les eaux usées domestiques non traitées peuvent être vues comme une source importante de pollution, ayant un effet notable sur les ressources en eau de surface et souterraine [10]. Ces déchets ménagers renferment des substances organiques, des solvants, des produits de nettoyage et des agents pathogènes, mettant en évidence la nécessité d'une utilisation réfléchie de l'eau pour minimiser la contamination domestique et préserver les ressources en eau.

De plus, les activités humaines, y compris domestiques, modifient significativement la disponibilité et la qualité des ressources en eau [13].



Figure I. 5 : La pollution domestique.

I.5 Types de pollution des eaux

I.5.1 Pollution chimique

Elle découle des contaminants chimiques, organiques et minéraux, produits par diverses actions humaines. On classifie ce genre de pollution comme suit ; solvant, métaux (Zn, Pb, Cd…), hydrocarbures aromatiques (HAP), polychlorobiphényles (PCB), médicaments insecticides, Sels et autres…. Toutefois, divers facteurs doivent être pris en compte pour juger de l'ampleur de la pollution. Ils apparaissent comme une combinaison de diverses substances qui agissent simultanément.

Exemples : pH, Conductivité, Turbidité, Demande chimique en oxygène (DCO)….. [14].

I.5.2 Pollution physique

La pollution physique concerne les éléments qui affectent la qualité physique de l'eau, comme la température, le pH, la conductivité, le total des solides dissous (TDS), la présence de particules ou c'écumes et les variations de l'effet réfractaire de l'eau [14].

I.5.3 Pollution thermique

On ne peut concevoir une industrie qui pourrait se passer d'eau. Elle l'utilise d'une manière ou d'une autre, que ce soit pour refroidir ses machines, par exemple, ou produire de l'électricité à partir de la vapeur d'eau. Les secteurs industriels utilisent de l'eau puis la rejettent une fois qu'elle a rempli sa fonction.

Bien que l'eau rejetée soit relativement refroidie à l'usine et lors de son trajet vers le cours d'eau, elle arrive tout de même plus chaude que la température ambiante. Le milieu récepteur ne pourra alors que subir une perturbation supplémentaire [14]

I.5.4 Pollution radioactive

Elle est associée à l'émission d'éléments radioactifs provenant des installations et centrales nucléaires, ainsi qu'aux usines de gestion de déchets radioactifs [14].

I.5.5 Pollution biologique

La contamination des masse d'eau par des microorganismes tels que les bactéries, les virus, les protozoaires et les parasites est appelée pollution biologique de l'eau. Ces organismes sont essentiellement introduits dans les plans d'eau par les eaux résiduaires domestiques, les déjections humaines et animales, le lessivage agricole et les eaux usées mal traitées.

La présence de ces microorganismes dans l'eau peut entrainer des dangers graves pour la santé humaine, étant sonné qu'ils sont à l'origine de plusieurs maladies liées à l'eau. Des maladies comme le choléra, la typhoïde et la dysenterie ont pour cause des agents biologique présente dans l'eau.

Ces maladies se transmettent par la consommation d'eau contaminée et présentent une menace grave pour la santé publique, surtout dans les pays en développement où les systèmes d'assainissement et de traitement de l'eau sont insuffisants [15].

I.6 Paramètre caractéristiques de pollution des eaux

Des normes sont établies par les autorités gouvernementales pour évaluer l'impact des eaux contaminées. Ces standards s'appliquent aux rejets, aux installations de traitement ainsi qu'aux milieux naturels. On classe la contamination en trois types : les paramètres organoleptiques, les

paramètres physiques et les paramètres chimiques.

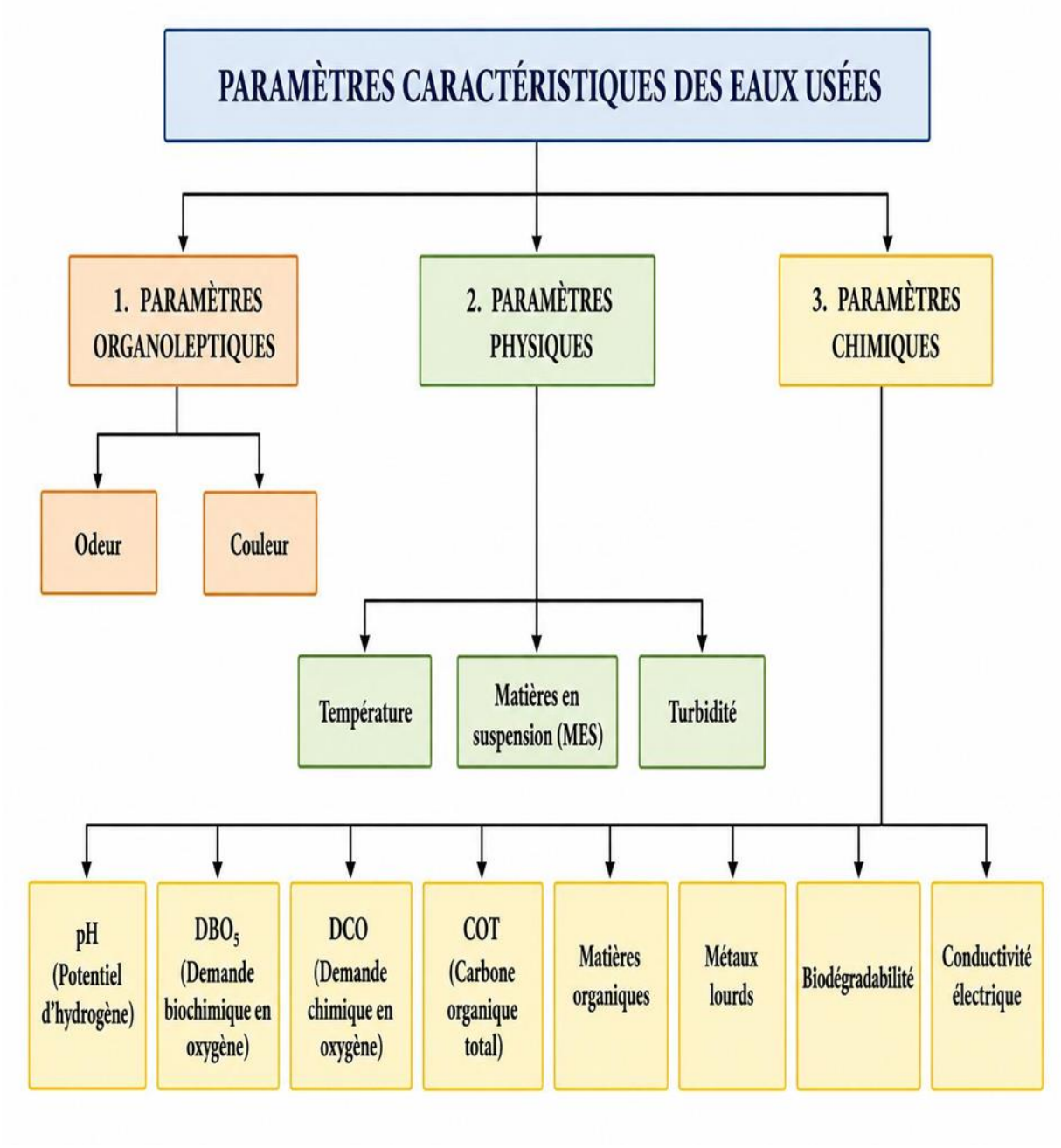


Figure I.6 : Les paramètres caractéristiques des eaux usées.

I.6.1 Paramètres organoleptiques

- **Odeur**

L'évaluation de la qualité des eaux prend en compte l'odeur, un critère organoleptique primordial. Elle est fréquemment le premier signe de pollution et peut dévoiler la présence d'impuretés spécifiques comme le soufre, l'ammoniaque et les excréments. Une odeur désagréable peut signaler une décomposition anaérobie des substances organique [16].

- **Couleur**

La teinte de l'eau peut être d'origine naturelle ou causée par une pollution due à des composés organiques. Elle est associée à la présence de composés dissous qui ont un impact sur son apparence et avec le temps en raison de la décomposition des matières organiques [16].

I.6.2 Paramètres physiques

- **Température**

La biodégradation des eaux usée, qui se traduit par leur conversion en CO_2, H_2O et minéraux, est influencée par la température : plus elle est élevée, plus la décomposition est rapide (une augmentation de 10˚C double la vitesse de réaction).

Cependant, lorsque la température dépasse 15˚C, cela stimule la multiplication des micro-organismes et intensifie les odeurs. Au contraire, les réactions chimiques des traitements des eaux diminuent en dessous de 10˚C [16].

- **Matières en suspension**

La plupart de ces articles sont biodégradables. La plupart des microorganismes nuisibles présents dans les eaux usées sont transportés par les MES. Elles confèrent aussi à l'eau une couleur sombre, un arôme et une saveur désagréables. Toutefois, ces informations pourraient être utiles pour l'irrigation des cultures [16].

- **Turbidité**

L'indice de turbidité de l'eau dénote sa limpidité, signalant la présence de particules en suspension qui pourraient affecter son apparence et entraver les mécanismes de purification. C'est un élément crucial qui fluctue en fonction des substances colloïdales, des agents polluants humiques et des impuretés nuisant à la clarté de l'eau.

L'estimation de la résistance de l'eau à la lumière, qui peut varier, s's'effectue à la l'aide d'un instrument nommé turbidimètre [16]

- ✓ NTU < 5 → pour une eau claire
- ✓ NYU <30→pour une eau légèrement trouble
- ✓ NYU > 50 →pour une eau trouble

I.6.3 Paramètres chimiques

- **Potentiel de l'hydrogéné pH**

Le PH, un indicateur crucial pour mesurer de la pollution de l'eau, fluctue en fonction des effluents, qu'ils soient acides ou basique. Il a un impact sur les équilibres physico-chimique, la coagulation –floculation et les processus biologiques. L'évaluation de son niveau, effectuée à l'aide d'un PH-mètre ou par colorimétrie, est primordiale. En outre, la hausse de la température entraine une diminution du PH, ce qui peut avoir un impact sur les procédés de traitement des eaux [16]

- **Demande biologique en oxygène sur 5 jours (DBO5)**

L'indice de (DBO5) évalue l'utilisation d'oxygène par les microorganismes pour décomposer les matières organiques en condition aérobie, sur une durée 5 jours à une température de 20°C et à l'abri du soleil. Cette procédure est affectée par la température, les réactions biologiques se produisant plus lentement durant l'hiver que pendant la saison chaude voici comment se déroule le processus d'oxydation biologique :

Substrat + microorganisme+ d'oxygène, → CO_2 + 'énergie +biomasse.

Les microorganismes sont perçus comme des catalyseurs qui utilisent les substrats disponibles dans leur environnement pour se multiplier (formation de biomasse), assurer le fonctionnement cellulaire (production d'énergie) et générer des métabolites (émission de « résidus » de fonctionnement), ce qui facilite l'évaluation de la pollution organique d'un cours d'eau [16].

- **Demande chimique en oxygène (DCO)**

La mesure de la demande chimique en oxygène (DCO) permet d'évaluer la présence de substances organiques et minérales, qu'elles soient dissoutes ou en suspension dans l'eau, sur la base de la quantité d'oxygène nécessaire pour leur oxydation chimique total le volume de substance active utilisé pour oxyder les composés organiques présents est aussi appelée DCO,

Elle est mesurée en mg-O_2/L. habituellement ; la valeur de la DCO est :

- ✓ DCO = 1.5 à 2 fois DBO pour les eaux usées urbaines.
- ✓ DCO = 1 à 10 fois DBO pour tout l'ensemble des eaux résiduaires.
- ✓ DCO > 2.5 fois DBO pour les eaux usées industrielles [16].

- **Carbone organique total COT**

On désigne par carbone organique global la totalité de la matière organique carbonée présente dans une solution. On le définit en se servant d'un mètre COT [17].

- **Matière organique MO**

Ces éléments proviennent à la fois des industries et de l'élimination des débris végétaux stimulés par les précipitations, ce qui est souvent à l'origine des senteurs désagréables et de la coloration de l'eau.

L'évaluation de la quantité de matière organique est réalisée sur la base de la DCO et de la DBO5, ce qui reflète la présence de matière organique et sa capacité à se décomposer. Les eaux usées renferment une quantité importance de substance organique pouvant entrainer l'obturation des pores du sol [16].

- **Métaux lourd**

Les métaux lourds, tels que le mercure, le plomb, le cadmium et autres, sont des éléments métalliques qui peuvent être préjudiciables aux organismes vivants et nécessitent une attention spécifique [16].

- **Biodégradabilité K**

Ce paramètre désigne la capacité des eaux usée à se décomposer ou bien à être oxydée par les microorganismes qui participent à l'épuration biologique des eaux [16]. On utilise un coefficient K pour illustrer la biodégradabilité, tel que : K= DCO/DBO5

- **Conductivité électrique**

La conductivité électrique (CE) se réfère à la capacité d'une solution à conduire l'électricité, exprimée sous forme numérique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques ont une mauvaise conductivité. Il existe une relation inverse entre elle et la résistance électrique. La conductivité de l'eau naturelle peut varier de 50 à 1500 μS/cm [16].

I.7 Impact de la pollution des eaux

La détérioration de la qualité de l'eau, qu'elle soit causée par les action humaines ou les phénomènes naturels, constitue un risque majeur pour la santé publique et l'équilibre écologique [17]

I.7.1 Sur le milieu naturel

L'eau contaminée affecte défavorablement les écosystèmes d'eau douce et marins. La biodiversité peut être diminuée, les poissons et autres êtres aquatique peuvent subir des dommages, et les processus écologiques naturels peuvent être altérés par la présence de polluant, d'une surabondance de nutriments et de contaminants biologique [14].

- Eaux de surface

Il est possible que ces déchets soient directement déversés dans l'environnement nature. L'eutrophisation, soit la surabondance d'algues qui réduit l'apport d'oxygéné dans l'eau et peut mener à la mort des poissons et autres êtres vivants aquatiques, est particulièrement favorisée par une concentration élevée de phosphates.

Des effets peuvent se faire sentir sur les espèces aquatiques les plus vulnérables par la présence de métaux lourds tels que le mercure, le chrome et l'arsenic. Dans certaines conditions physico-chimiques, des métaux lourds comme le mercure peuvent se concentrer tout au long de la chaine alimentaire et affecter l'homme.

De 1953 à 1960, à Minamata, au japon, 111individus ont trouvé la mort ou ont subi une intoxication sévère en raison de la consommation de poissons, mollusques et crustacés contenant des concentrations élevées de mercure organique [14].

- Eaux souterraines

Si l'étanchéité de la station d'épuration ou de la lagune est compromise, ou si le système d'assainissement non collectif montre des problèmes, les eaux polluées peuvent compromettre la qualité de l'eau des nappes phréatiques [14].

- L'océan

Quand les eaux usées sont déversées dans la mer sans un traitement adéquat ou sans purification, elles contaminent les eaux de baignade. Donc, depuis l'année 2005, il est défendu de se baigner à la pointe des Roche à Kourou ainsi qu'à la plage du zéphire. Selon la direction de la santé et du développement social (DSDS), ces lieux sont pollués par des bactéries, des virus et des parasites provenant des eaux usées domestique déversée en mer sans avoir été traitées.

Ces eaux peuvent véhiculer des maladies chez l'homme si elles sont ingérées ou en cas de contact [14].

I.7.2 Sur la santé humaine

L'eau ressource naturelle indispensable à la vie, est malheureusement devenue, de manière directe ou indirecte, une des principales causes de mortalité et de maladies dans le monde. L'inégale distribution des ressources en eau, combinée à la détérioration de sa qualité, cause d'importants enjeux de santé publique.

En particulier, l'exposition humaine à l'eau polluée, notamment à l'eau contaminée biologiquement, entraine des maladies hydriques telles que le choléra, la typhoïde et la dysenterie, qui représentent une préoccupation majeure surtout dans les pays en développement où les systèmes d'assainissement et de traitement de l'eau sont insuffisants [14 ;15].

Référence bibliographie

1. Kontogeorgis, G. M., et al. (2022). Water structure, properties and applications – A review. Chemical Thermodynamics and Thermal Analysis, 6, 100053. https://doi.org/10.1016/j.ctta.2022.100053
2. Ball, P. (2017). Water as an active matrix of life. PNAS, 114(51), 13327–13335. https://doi.org/10.1073/pnas.1703781114
3. Fayer, M. D. (2011). Dynamics of water interactions. Accounts of Chemical Research, 45(1), 3–14. https://doi.org/10.1021/ar2000088
4. Festy, B., et al. (2003). Qualité de l'eau. In Environnement et santé publique (pp. 333–368). Edisem / Tec & Doc.
5. Malaoui, S., & Agoudjil, N. (2015). Étude de la qualité des eaux de surface. Université Larbi Ben M'hidi.

6. Goudjil, M. B., & Bencheikh, S. E. (2011). Pollution des eaux souterraines de Ouargla. Université Kasdi Merbah Ouargla.
7. Makhloufi, N. (2011). Modélisation de la coagulation-floculation. École Nationale Polytechnique, Alger.
8. Belaz, L. S. (2015). Adsorption des cations métalliques Co^{2+} et Cd^{2+}. Université Ferhat Abbas – Sétif 1.
9. Belhadj, M. Z. (2017). Qualité des eaux de surface dans la Wilaya de Skikda. Université de Biskra.
10. Schwarzenbach, R. P., et al. (2010). Global water pollution and human health. Annual Review of Environment and Resources, 35, 109–136. https://doi.org/10.1146/annurev-environ-100809-125342
11. Tumwesigye, E., et al. (2023). Microplastics and contaminants in freshwater ecosystems. Environmental Pollution, 330, 121829. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121829
12. Lin, L., Yang, H., & Xu, X. (2022). Effects of water pollution on human health. Frontiers in Environmental Science, 10. https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.880246
13. Scanlon, B. R., et al. (2023). Global water resources and groundwater role. Nature Reviews Earth & Environment, 4, 87–101. https://doi.org/10.1038/s43017-023-00415-2
14. Rehail, A., et al. (2023). Impact des rejets industriels sur Oued Safaf. Université 20 Août 1955 – Skikda.
15. Owa, F. D. (2013). Water pollution: Sources, effects, control. Mediterranean Journal of Social Sciences, 4(8).
16. Hamidoud, S. (2025). Optimisation du traitement des eaux usées par électrocoagulation. Université de Guelma.
17. Sharif, M. N., et al. (2025). Contaminated waters: environmental and health impacts. Natural Sciences, 2(5).

II.1 Définition des déchets agricoles

La notion de déchet est multidimensionnelle, étant donné que sa définition fluctue d'un pays à l'autre et a progressé au sien de différentes disciplines. On utilise divers termes pour désigner le concept de déchet, certains provenant du langage de tous les jours, d'autre appartement au jargon administratif.

Le terme « déchet » fait son apparition au XIIIe siècle sous les variantes « déchié » ou « déchiet ». Ce terme découle du verbe « déchoir » qui désigne la diminution de la valeur d'un objet jusqu'à ce qu'il n'est plus utilisable [1].

Du point de vue conceptuel et juridique, le déchet est défini comme « toute substance ou tout objet dont le détenteur se défait ou a l'intention ou l'obligation de se défaire ». Cette définition est largement reconnue au niveau international, notamment dans la directive européenne 2008/98/CE, et a été dans la loi algérienne n°01-19 du 12 décembre 2001 relative à la l'élimination des déchets [2].

Selon la FAO, toute altération de la qualité qui entraîne l'indisponibilité et compromet la sécurité d'un produit, rendant finalement le produit agricole impropre à la consommation humaine, est considérée comme un déchet agricol. Certains chercheurs estiment que les déchets doivent être évalués depuis la phase de plantation jusqu'à la phase de consommation, tandis que d'autre soutiennent qu'ils doivent être évalués à partir de la phase de récolte jusqu'à la consommation [3].

II.2 Classification des déchets agricoles

On classe généralement les résidus agricoles (ou déchets agri) en quatre catégories :

II.2.1 Pertes directes

Les pertes directes se réfèrent à l'élimination complète des produits agricoles à travers les différentes phases de la chaîne alimentaire. Plusieurs éléments peuvent être à l'origine de ces problèmes, comme les attaque de nuisibles, un stockage inapproprié, les dommages durant le transport ou encore la dégradation rapide des produits qui ont une durée de vie limitée.

Elles englobent aussi le refus des produits agricoles par les marchés de distribution et les supermarchés, à cause de normes commerciales sévères relatives à la dimension, au contour, au poids ou à l'apparence des produits, bien que ces derniers restent aptes à être consommés par

l'homme. Ces pertes conduisent à une réduction réelle de la quantité de nourriture disponible [4].

II.2.2 Pertes indirectes

Les pertes indirectes font référence aux cas où les produits agricoles ne sont pas entièrement ruinés, mais ne sont plus destinés à la consommation humaine initialement prévue. Ces articles sont fréquemment redirigés vers d'autres destinations, comme l'alimentation pour animaux, la transformation industrielle ou même parfois leur destruction. Ce genre de perte découle souvent des critères commerciaux et esthétiques exigés par les circuits de distribution, ainsi que des problèmes économiques auxquels font face les producteurs. Même si les produits demeurent exploitables, leur valeur nutritive et économique destinée à la consommation humaine est diminuée [4].

II.2.3 Pertes quantitatives

Cela se manifeste par une réduction quantifiable du poids ou du volume des produits agricoles destinés à l'alimentation humaine. Ce genre de pertes fait référence à la diminution concrète de la quantité de nourriture tout au long du processus d'approvisionnement, depuis la production jusqu'à l'tape de consommation finale. Ces dernières peuvent se produire à diverses phases, y compris lors des activités de récolte, de manipulation, d'entreposage, de déplacement ou de transformation mécaniques, les fuites, le mauvais état de conservation, les invasions de nuisibles et aussi les conditions environnementales peu favorables. Cela se manifeste donc par une réduction concrète de la disponibilité des produits alimentaires [4].

II.2.4 Pertes qualitatives

Elles se réfèrent à une dégradation graduelle des propriétés inhérentes des produits agricoles, sans forcément provoquer une diminution notable de leur volume physique. Ces pertes se réfèrent essentiellement à la dégradation de la qualité des produits, Qui peut influencer leurs caractéristiques organoleptiques (saveur, consistance, aspect), nutritionnelles (quantité de vitamine et minéraux) ou sanitaires (protection alimentaire).

Ces problèmes découlent de plusieurs éléments, y compris un stockage inapproprié, une gestion incorrecte, des retards dans le processus logistique ou encore le non-respect des standards de qualité attendus sur le marché. Cette dégradation de la qualité peut entraîner une baisse de la valeur économique des produits leur dévalorisation ou leur rejet par les acheteurs [5].

II.3 Types des déchets agricoles

Au fil des dernières décennies, l'accroissement rapide de la population mondiale a engendré de sérieux enjeux liés à la sécurité alimentaire. La hausse de la production agricole et animale pour satisfaire à une demande en croissance a participé à l'augmentation de la production de déchets agricoles.

Les catégories majeures de déchets agricoles qui suscitent l'attention du public et compromettent la durabilité des systèmes d'agriculture incluent [6].

II.3.1 Déchets d'origines végétales

Les résidus de culture et les sous-produits des opérations agro-industrielles constituent principalement les déchets agricoles d'origine végétale. Les résidus de cultures englobent la litière de feuilles, les capsules de graines, les tiges, les troncs, les pailles, les balles et aussi les adventices.

Cela inclut également les déchets agro-industriels d'origine végétale tels que la bagasse, la mélasse, les pelures (orange, pomme de terre, manioc), les pulpes de fruits (orange, pomme, mangue, goyave, grenade, ananas, papaye, tomate) et les tourteaux dérivés des graines oléagineuses (palmiste, arachide, soja, moutarde, coco). Ces résidus constituent une biomasse significative qui peut être exploitée dans le contexte de l'économie verte [6].

II.3.2 Déchets d'origines animales

Les résidus agricoles d'origine animale incluent tous les déchets issus des opérations d'élevage et de production animale. Ils englobent les résidus d'élevage tels que l'urine, le fumier, les eaux de nettoyage, le lait résiduel et les restes alimentaires non mangés. Les déchets de volaille comprennent les restes de nourriture, les plumes, les déjections, et les matières de litière.

Les résidus d'abattoirs comprennent du sang, des polis, des peaux, de la chair et des os. Pour finir, les résidus d'aquaculture englobent les nourritures non ingérées et les excréments. Une gestion inadéquate de ces résidus peut provoquer des conséquences environnementales significatives, tandis que leur valorisation aide à renforcer la durabilité des systèmes agricoles [6].



Figure II.1 : Déchet agricole d'origine animale.



Figure II. 2 : Déchet agricole d'origine végétal.

II.4 Valorisation des déchets agricoles

Attribuer de la valeur, c'est accorder de l'importance à quelque chose. Selon Mayster (1994), la valorisation d'un déchet englobe toute action visant à en extraire de l'énergie, à découvrir une nouvelle application pour la matière qui le constitue, à obtenir une matière première secondaire bénéfique pour produire le même objet et à déterminer une nouvelle utilisation ou à permettre qu'un déchet retrouve son utilité pour autrui.

Selon la directive européenne 75/442/CEE du conseil en date du 15 juillet 1997, l'aspect primordial de l'opération de valorisation est d'attribuer aux déchets une fonction bénéfique. Ils optent donc pour l'utilisation de matériaux alternatifs au lieu de ceux qui auraient normalement dû être employés pour accomplir cette tâche, dans le but de conserver les ressources naturelles.

La valorisation peut prendre différentes formes : la valorisation des matières, qui permet de recycler les composants du déchet en les incorporant dans le processus économique ; la valorisation biologique, qui favorise la production d'engrais et de compost ; et la valorisation énergétique, qui génère de la chaleur et de l'électricité [7].

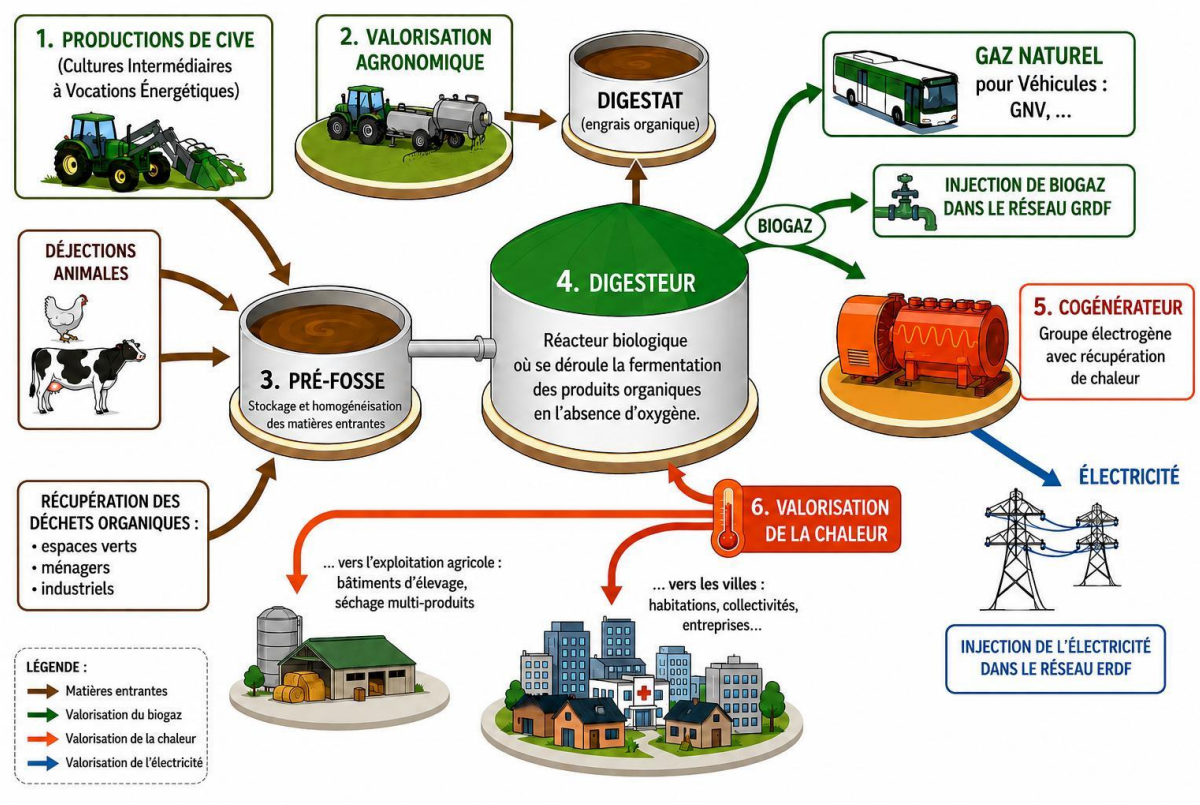


Figure II. 3 : Recyclage des déchets organiques.

II.4.1 Procédés thermochimiques

La conversion de la biomasse en énergie par le biais de méthodes thermochimiques se base sur la transformation de la matière organique en énergie par l'utilisation de hautes températures, avec ou sans présence d'oxygène. Ces techniques permettent de générer diverses formes d'énergie comme la chaleur, l'électricité, le gaz ou encore le carburants liquides, et représentent des procédés industriels essentiels pour la conversion des déchets en énergie [8].

II.4.2 Procédés biologiques

Les méthodes biologiques utilisent l'action des micro-organismes pour transformer la biomasse, notamment la biomasse humide, en énergie durable sous des conditions de température et de pression modérées. Ces techniques consomment généralement moins d'énergie que les procédés thermiques et ont un impact environnemental plus favorable [9].

II.4.3 Compostage

Le compostage vie à accélérer et optimiser les processus biologiques aérobies de décomposition qui conduisent à l'humification (création de l'humus) des matières organiques D'origine végétale ou animale : glucides simples ou complexes (cellulose), protéines, graisses, résines et

principalement la lignine…par le biais de micro-organismes (bactéries : eubactéries mésophiles et thermophiles, actinomycètes (Streptomycès), levures et champignons), lorsque les conditions de température, d'humidité, d'oxygénation et du PH ambiant sont appropriées [10 ;11].



Figure II. 4 : Composte et méthodes de compostage.

II.5 Utilisation des déchets agricoles dans le traitement des eaux

II.5.1 Comme adsorbant

II. 5.1.1 Définition et description générale de l'adsorption

En dépit de l'émergence de technologies modernes dans le secteur du traitement des eaux, cette étude axée sur l'adsorption a démontré une grande efficacité dans la dépollution usée et l'élimination de substances toxiques telles que les métaux lourds et les colorants issus des effluents textiles. Son design simple et sa facilité d'utilisation en font la méthode la plus appropriée.

L'adsorption est un processus d'interface qui se caractérise par l'attachement d'atomes, d'ions ou de molécules provenant d'un gaz, liquide ou solide dissous (l'adsorbat) à un surface (l'adsorbant), via des interaction physiques ou chimiques.

La capacité d'adsorption d'un adsorbant est fortement influencée par la superficie de celui-ci, englobant à la fois sa surface externe et celle interne qui est constituée des pores et des réseaux. L'aptitude d'un adsorbant à l'adsorption est plus importante si sa surface totale est étendue et si ses pores sont larges [12].

II.5.1.2 Types d'adsorption

L'adsorption est un processus spontané qui découle de la présence, à la surface du matériau solide, de forces non équilibrées d'ordre physique ou chimique. Ces forces entraînent deux formes d'adsorption : la chimisorption et la physisorption.

- **Adsorption chimique :**

Cette forme d'adsorption, connue sous le nom de chimisorption, entraîne la création de liaisons chimiques entre l'agent adsorbant et l'agent adsorbé. Ces liaisons proviennent d'un transfert d'électrons entre les deux substances [13].

L'adsorption chimique est présente dans la majorité des réactions en tant que phase intermédiaire du processus catalytique. La catalyse hétérogène est directement liée à l'indentification et à la compréhension du comportement espèces chimi-sorbées.

- **Adsorption physique :**

Cette forme est due à des forces d'attraction secondaires, connues sous le nom de forces de Van der Waals. Ces forces englobent principalement les interactions dipolaires et des forces semblables à celles qui se manifestent lors de la condensation de la vapeur en un liquide de composition indique.

L'adsorption physique est particulièrement intéressante car, comme nous le démontrerons, elle offre la possibilité d'évaluer la surface spécifique du solide adsorbant ainsi que la taille moyenne de ses pores et leur répartition [13].

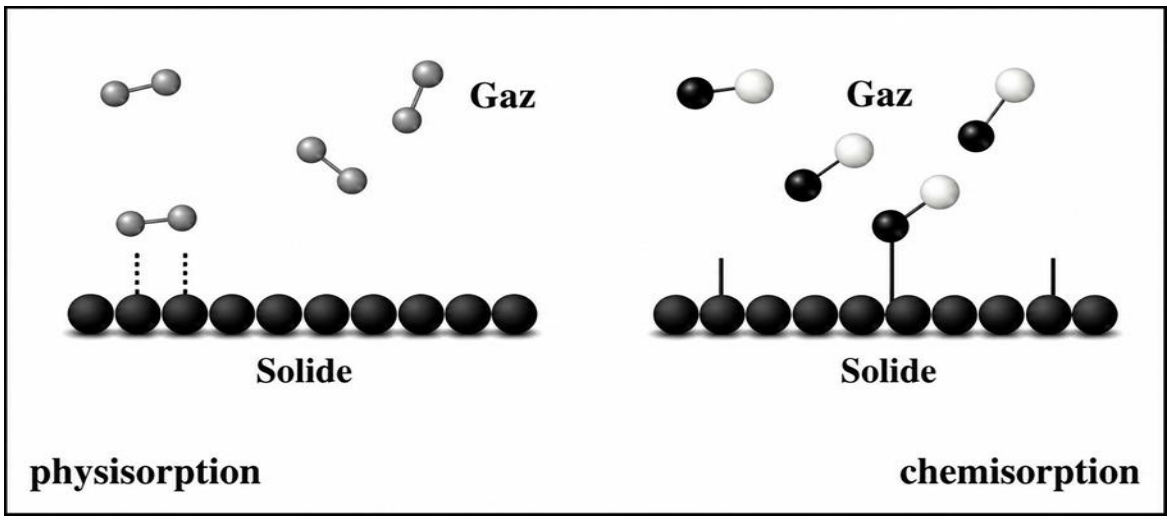


Figure II.5 : Les types d'adsorption.

II.5.1.3 le mécanisme d'adsorption :

L'adsorption se déroule principalement en quatre étapes. La figure (II.5) présente un matériau (adsorbant) en mettant en évidence les différentes zones où les molécules organiques ou inorganiques susceptibles d'interagir avec le solide peuvent se trouver [14].

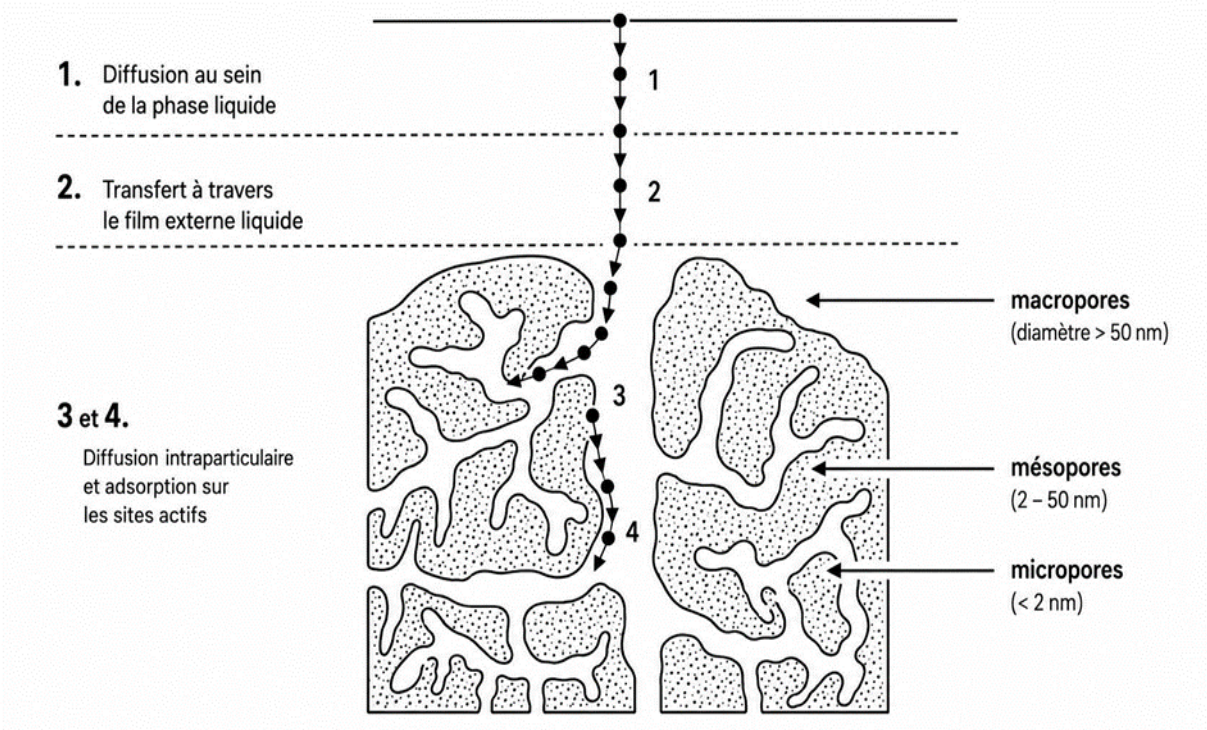


Figure II. 6 : Mécanisme d'adsorption d'un soluté lors de l'adsorption sur un matériau microporeux.

.

Avant d'être adsorbé, le soluté passe par plusieurs étapes :

1. Transfert de l'adsorbât de la phase liquide externe vers la région près de la surface de l'adsorbant.
2. Propagation hors des particules du soluté (mouvement du soluté à travers la pellicule liquide jusqu'à la surface des particules).
3. Déplacement de matière au sein des graines (mouvement du matériel à traverse la structure poreuse située sur la surface extérieure des graines vers les régions actives).
4. Après l'adsorption sur les sites actives, une fois qu'elle est adsorbée, la molécule est considérée comme étant immobile [14].

II.5.1.4 Facteurs influençant de l'adsorption :

L'équilibre d'adsorption entre l'adsorbant et l'adsorbat est influencé par divers facteurs physico-chimiques associés à la nature des interagissantes et aux conditions de l'environnement réactionnel [15].

- **Influence de la Surface spécifique d'adsorbant :**

L'importance de la relation entre la vitesse d'adsorption et la taille de la surface externe des particules est cruciale pour l'emploi d'un d'adsorbant. Cependant, cette surface spécifique externe ne constitue qu'une petite fraction de la surface totale que l'on peut utiliser pour l'adsorption. L'augmentation de la surface totale peut être réalisée en broyant la masse solide, ce qui décuple sa porosité globale [16].

- **Influence de La nature d'adsorbant**

Le type d'adsorbant est crucial, en particulier sa polarité et sa structure. Les adsorbants polaires tendent à être hydrophiles, alors que les adsorbants à base de carbone ou polymères sont souvent hydrophobes.

Le processus est aussi affecté par la nature de l'adsorbat, une substance polaire ayant une affinité supérieure pour une surface polaire, et vice versa pour les surfaces non polaires [15].

- **Influence de La concentration**

L'augmentation de la concentration de l'adsorbant intensifie la fréquence des chocs, stimulant ainsi la rapidité de l'adsorption [15].

- **Influence du pH**

L'équilibre chimique et la charge de surface de l'adsorbant sont grandement influencés par le PH de l'environnement, ce qui modifie son attraction envers l'adsorbat [15].

- **Influence de la température**

La température a un impact sur le processus d'adsorption, généralement exothermique, en jouant un rôle dans le mouvement moléculaire et la rapidité de ce phénomène [15].

- **Effet de Le poids et la taille des particules**

La capacité d'adsorption est influencée par la masse et la taille des particules de l'adsorbant, une taille de particule plus fine augmentant la surface spécifique disponible [15].

II.5.2 Comme coagulant

II.5.2.1 Coagulation et floculation

La teinte et l'opacité d'une eau de surface sont attribuables à la présence de particules très petite taille : les colloïdes. On ne peut pas se baser sur une simple décantation pour les éliminer effectivement, leur taux de sédimentation est très lent. Il peut falloir de nombreuses années pour qu'un mètre en chute libre soit parcouru.

La coagulation-floculation est un processus physico-chimique qui cherche à déstabiliser les particules colloïdales présentes dans l'eau, suivi de la création de flocs par absorption et agrégation. Les flocules ainsi créés seront ensuite à une décantation et filtration [17].

II.5.2.2 Principe de la coagulation

Le terme coagulation trouve son origine dans le latin coagulare, qui veut dire « agglomérer ». Les particules colloïdes en solution possèdent naturellement une charge négative. Par conséquent, elles ont tendance à se repoussent réciproquement et demeurent en suspense. On rapporte qu'il y a une stabilisation des particules. Au sien de la solution, la coagulation implique la déstabilisation des particules en suspension par l'annulation de leurs charges négatives. On recourant à des agents chimiques pour cela identifiés comme des coagulants.

L'introduction du coagulant entraine dans un première temps une série de réaction processus tels que l'hydrolyse l'ionisation et la polymérisation, et par la suit, une perturbation des colloïdes par une série de mécanismes complexes. Le processus requiert une agitation significative [18].

II.5.2.3 Mécanismes de coagulation-floculation

Mécanisme de coagulation-floculation (méthodes pour déstabiliser les particules) quatre mécanismes majeur agissent soit de manière indépendante, soit en collaboration traditionnellement désignés pour expliquer la concentration des particules lors du processus de la coagulation- floculation.

1. Diminution de l'épaisseur de la couche ionique grâce à l'accroissement de la force ionique la solution provoque une compression de la double couche.
2. Adsorption et neutralisation des charges ioniques : par l'ajoute de composés chimiques renferment des contre-ions de nature colloïdale.
3. Liaison entre les particules : grâce à un polymère de poids moléculaire élevé
4. Capture des particules : par la création de polymères hydroxydes inorganiques en grande quantité [19].

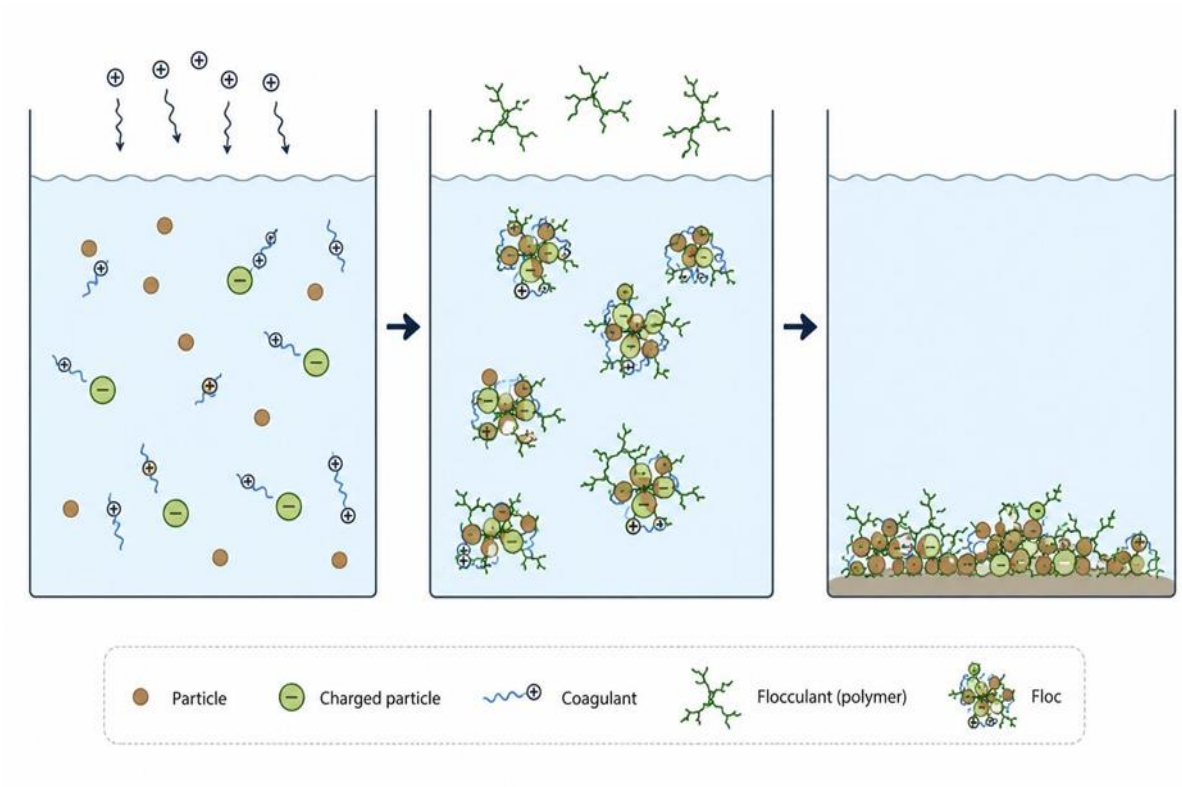


Figure II.7 : Mécanisme de coagulation-floculation.

II.5.2.4 Les facteurs influencent la coagulation-floculation

Pour perfectionner le processus de coagulation-floculation, diverses variables interdépendantes telles que, qu'il s'agisse du pH, des sels solubles, de la température de l'eau, du coagulation-floculation employé ou des conditions concernant le mélange, la turbidité, la couleur, la dimension et la concentration des particules colloïdales et il faut tenir compte de l'hydratation.

Ces relations complexes excluent à l'heure actuelle, toute approche théorique permettant d'estimer les concentrations optimales de coagulant.

- **Influence du pH :**

Lors de la concentration, le PH est l'élément le plus crucial à considérer pour chaque type d'eau, on détermine une fourchette de PH où la coagulation se produit de manière rapide. Cela dépend du type de coagulant employé, de sa concentration et par conséquent de la nature de l'eau à épurer. Quand la coagulation survient en dehors de cette plage idéale, c'est-à-dire lorsque la quantité de coagulant. Il faut qu'elle soit améliorée, c'est-à-dire la qualité de l'eau doit être diminuée [20].

- **L'Influence de la température d'eau**

La température est un élément physique crucial qui a un rôle négligeable lors de la formation d'un caillot effectivement, une baisse de température qui provoque une hausse de la viscosité de l'eau engendre un certain nombre de problèmes dans le processus : la coagulation et la décantation du floc sont ralentis et l'étendue du PH optimal se réduit afin d'éviter ces complications, une solution cela implique de modifier le coagulant selon les saisons [17].

- **L'influence de l'agitation**

En générale, le processus de coagulation-floculation s'effectue en deux phases.

La première phase consiste en une agitation énergétique rapide et de courte durée (pas plus de 2 minutes). Elle vise à encourager la distribution et l'uniformisation des produits injectés dans la volume total d'eau à traiter ; toutefois, une agitation intense peut entraver l'agglomération des particules.

La phase suivante consiste en agitation douce (de 30 à 60 minutes), dans l'objectif est de susciter les interactions entre les particules qui conduisent à la formation de flocs sédimentaire [17].

- **L'influence de la turbidité**

La turbidité est un facteur qui a un impact sur l'efficacité du processus de coagulation. Elle est essentiellement imputable à la présence de particules dont le diamètre varie de 0.2 à 5 μm.cela concerne donc de grandes particules colloïdales capables de se déposer de manière naturelle.

Toutefois, l'accroissement de la dose de coagulant ne change pas de manière linéaire en relation avec la turbidité. Quand la turbidité est extrêmement haute, le besoin en coagulant est plutôt

faible, vu que la chance que les particules entrent en collision est très importante. En revanche, la coagulation s'avère complexe quand la turbidité est faible [17].

- **L'influence de la quantité de coagulant**

L'ajustement de la quantité de coagulant constitue un facteur crucial dans le processus de bio-coagulation, parce que son efficacité repose sur l'interaction entre l'agent coagulant et les particules colloïdales trouvés dans l'eau

L'ajout de coagulant a entrainé une réduction de la turbidité et d'autres paramètres en ce qui concerne l'eau, notamment les matières en suspension (MES) et la demande chimique en oxygène (DCO)…. On peut dire que c'est cela s'explique par le fait que les particules du coagulant perturbent les colloïdes chargés présent de manière négative dans l'eau à traiter, en neutralisant les charges qui produisent les forces de répulsion entre les colloïdes. Un excès de coagulant entraine la ré-stabilisation des particules colloïdales et inhibe l'établissement de ponts inter, il s'agit d'une eau fortement chargée en coagulant, accompagnée de particules, ce qui entraîne une qualité médiocre. Les coagulant minéraux qui sont généralement fortement acides ont tendance à réduire le PH de l'eau, on a déterminé la concentration idéale du coagulant établit en laboratoire en employant le test en jarre comme méthode expérimentale [21].

II.6 Importance environnemental et économique de la valorisation des déchets agricoles

II.6.1 Importance environnemental

L'importance des déchets agricoles en tant que biomasse renouvelable est considérable, car ils peuvent substituer les ressources fossiles et diminuer la dépendance énergétique à l'échelle mondiale. Ils s'inscrivent dans une perspective de bioéconomie circulaire qui cherche à transformer durablement les résidus en énergie et en produits chimiques [22].

La valorisation de ces déchets aide à diminuer les effets environnementaux associés à l'usage des énergies fossiles, en particulier les émissions de CO_2 et autre gaz à effet de serre qui sont à l'origine du réchauffement climatique [23].

Les déchets agricoles, qui contiennent de la cellulose, de l'hémicellulose et de la lignine, peuvent être convertis en bioénergie et en bioproduits grâce à des techniques de bioreffinage. Ce processus contribue à diminuer la pollution et valorise des déchets qui étaient auparavant sous-utilisés [23].

Le recours aux résidus agricoles en tant que biosorbants dans le traitement des eaux facilite la suppression des polluants organiques et inorganiques, contribuant ainsi à l'amélioration de la qualité de l'eau et à la réduction de la pollution des écosystèmes aquatiques [24].

Les technologies de valorisation soutiennent une gestion durable axée sur le recyclage et la réutilisation des ressources naturelles, en accord avec les buts du développement durable [25].

II.6.2 Importance économique

La valorisation des déchets agricoles contribue à l'établissement de nouvelles chaînes industrielles basées sur des ressources initialement perçues comme des déchets. Cela stimule le développement de l'industrie écologique et des biotechnologies [23].

Ces déchets, ayant une grande disponibilité, un coût modeste et une nature renouvelable, sont particulièrement séduisants économiquement et se révèlent compétitifs face aux ressources traditionnelles [24].

La conversion de ces matériaux en éléments fonctionnels comme les biosorbants aide à minimiser les dépenses associées à la gestion des déchets et au nettoyage des eaux résiduaires [24].

L'expansion de ces secteurs crée des postes de travail dans les régions rurales et agricoles tout en favorisant la transition vers une économie verte et circulaire [6].

L'incorporation des résidus agricoles dans des systèmes de bioraffinerie favorise une rentabilité accrue grâce à la génération conjointe de divers produits de grande valeur, maximisant ainsi l'exploitation des ressources [22].

Référence bibliographie

1. Khorief, O. (2021). La gestion des déchets à travers les outils de management : Cas d'étude de la ville de Skikda (Doctoral dissertation). Université de Constantine 3.
2. Bensemma, Z., Rouihem, A., & Boudjrada, K. (2025). Élaboration d'un engrais organique à partir de résidus d'huiles végétales et d'autres déchets organiques : Approche expérimentale en agriculture durable (Mémoire de master, projet Start-up). Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf – Mila.
3. Lackner, M., & Besharati, M. (2025). Agricultural waste: Challenges and solutions, a review. Waste, 3, 18. https://doi.org/10.3390/waste3020018
4. FAO. (2011). Global food losses and food waste: Extent, causes and prevention. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
5. FAO. (2019). The State of food and agriculture 2019: Moving forward on food loss and waste reduction. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
6. Koul, B., Yakoob, M., & Shah, M. P. (2022). Agricultural waste management strategies for environmental sustainability. Environmental Research, 206, 112285. https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.112285
7. Brik, L., & Guerriche, A. (2021). La valorisation des déchets (Mémoire de master). Université des Frères Mentouri Constantine 1.
8. Siwal, S. S., Zhang, Q., Devi, N., Saini, A. K., Saini, V., Pareek, B., Gaidukovs, S., & Thakur, V. K. (2021). Renewable and Sustainable Energy Reviews, 150, 111483. https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111483
9. Nanda, S., & Berruti, F. (2021). Journal of Hazardous Materials, 403, 123970. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123970
10. Güleç, F., et al. (2023). Biofuels, Bioproducts and Biorefining, 18(3), 755–781. https://doi.org/10.1002/bbb.2544
11. Foong, S. Y., et al. (2020). Chemical Engineering Journal, 389, 124401. https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.124401
12. Hocein, O. (2025). Adsorption d'un polluant organique par une argile.
13. Sedira, N. (2013). Etude de l'adsorption des métaux lourds sur un charbon actif issu de noyaux de dattes (Doctoral dissertation, University of Souk Ahras).

14. Hafiane, R. (2024). Traitement des eaux usées domestiques de la station d'épuration de HOUD BERKAOUI par charbon actif (Mémoire de master). Université Kasdi Merbah Ouargla.
15. Daoud, M. (2019). Valorisation des déchets agricoles : production du charbon actif et de l'énergie renouvelable (Thèse de doctorat). USTHB.
16. Cherif, L. (2012). L'influence de la coagulation-floculation et de la décantation sur le prétraitement des eaux saumâtres (Mémoire de master). Université de Tlemcen.
17. Dahmane, C., & Zidoune, R. (2019). Utilisation des bio-coagulants pour le traitement des eaux potables (Mémoire de master). Université de Bordj Bou Arréridj.
18. Abderazak, T., & Laraib, I. A. (2025). Élimination de la matière organique des margines par coagulation/floculation (Mémoire de master). Université de M'sila.
19. Abdellaoui, I. (2020). Application des copolymères hydrosolubles au traitement des eaux par coagulation/floculation (Mémoire de master). Université de Tlemcen.
20. Benalia, A. (2023). Extraction et valorisation des produits actifs des plantes naturelles comme bio-coagulants (Thèse de doctorat). Université Constantine 3.
21. Sarangi, P. K., et al. (2023). Utilization of agricultural waste biomass and recycling toward circular bioeconomy. Environmental Science and Pollution Research, 30, 8526–8539. https://doi.org/10.1007/s11356-022-24291-9
22. Babu, S., et al. (2022). Exploring agricultural waste biomass for energy, food and feed production. Bioresource Technology, 360, 127566. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127566
23. Karić, N., et al. (2022). Bio-waste valorisation: Agricultural wastes as biosorbents. Chemical Engineering Journal Advances, 9, 100239. https://doi.org/10.1016/j.ceja.2021.100239
24. Ufitikirezi, J. D. M., et al. (2024). Agricultural waste valorization: bioenergy conversion. Sustainability, 16(9), 3617. https://doi.org/10.3390/su16093617.
25. Ufitikirezi, J. D. M., et al. (2024). Agricultural waste valorization: bioenergy conversion. Sustainability, 16(9), 3617. https://doi.org/10.3390/su16093617.

III.1 Introduction

La partie expérimentale de cette étude a été conduit au sien de laboratoire de recherche sur la Physico- Chimie des Surfaces et Interfaces, Université de Skikda., en plus du laboratoire de la raffinerie Sonatrach. Dans ce chapitre, nous présenterons les divers matériaux, appareils et protocoles expérimentaux utilisés au cours de cette étude. On décrira aussi les techniques de préparation de matériaux adsorbants et coagulants ainsi que les méthodes d'analyse et de caractérisation employées.

III.2 Matériels et méthodes

III.2.1 Les produits et les équipements utilisés

- **Les équipements utilisés**

- Balance électrique
- Broyeur électrique
- Tamiseur électrique
- Four programmable
- Agitateur
- Multi paramètre
- Spectrophotomètre UV visible
- Turbidité mètre
- Verrerie : voici une liste du matériel en verre couramment utilisé

- Béchers (50, 100, 1000 ml)
- Fioles (50, 100, 250 ml)
- Pipettes
- Barreaux magnétiques
- Entonnoir
- Spatule

- **Les produits utilisés**

- Eau distillée
- NaOH
- HCl
- Argile

III.2.2 Adsorbat (Bleu de méthylène)

III.2.2.1 Caractéristique de polluant (BM)

Blue de méthylène, également connu sous le nom de (chlorure de méthylthioninium), est un composé organique dont la désignation systématique et 3.7-bai-(diméthylamino) phenazathionium. C'est le colorant le plus couramment employé dans la teinture du coton, du bois et la soie, Elle se produit dans l'eau et est un peu moins réactive dans l'alcool, on l'emploie souvent organique grâce à la stabilité de sa structure moléculaire [1].

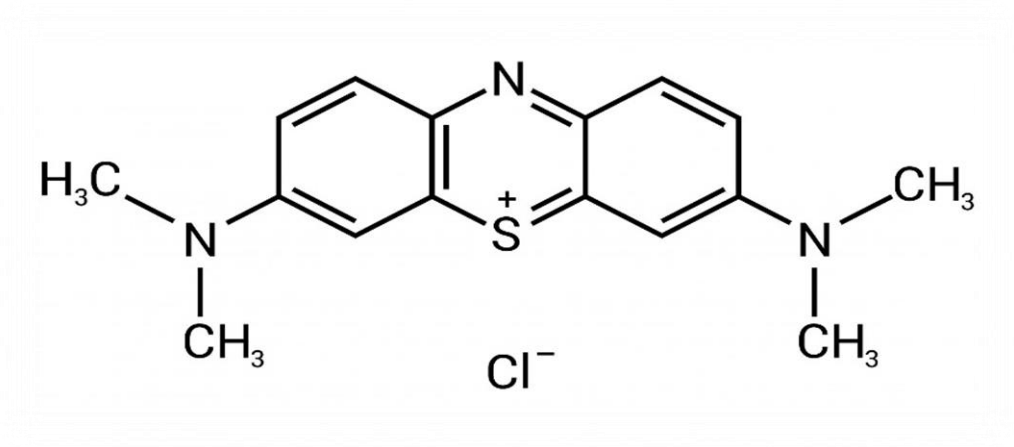


Figure III .1 : Structure chimique du bleu de méthylène.

Les propriétés physico- chimique du BM sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau III. 1: Les caractéristiques du BM.

Propriétés	BM
Apparences	Cristaux bleu
Formule brute	$C_{16}H_{18}N_3ClS$
Masse molaire	320 $g.mol^{-1}$
Dimension	15A°
pH	5.9

III.2.2.2 Préparation des solutions de colorant

Pour réaliser les déférentes expériences d'adsorption, une solution mère de bleu de méthylène d'un volume de 1L et de concentration initial 100 mg/l a été préparée en dissolvant 100 mg de colorant dans 1L d'eau distillée. Le mélange obtenu a été homogénéisé par agitation. Des solutions filles de différentes concentrations ont ensuite été par dilution de cette solution mère.

III.2.3 Préparation de matériau (noyaux d'olive)

III. 2.3.1 Définition

En Algérie, l'huile d'olive a une importance notable sur les plans économique, social et environnemental, le domaine national consacré à l'oléiculture s'étend sur plus de 450 000 hectares, avec environ 6 200 000 oliviers plantés [2]. Cette production crée un volume considérable des déchets solides, appelés grignon d'olive, les grignons d'olive sont un dérivé du procédé d'obtention de l'huile d'olive constitué de la peau, des restes de la pulpe et des morceaux des noyaux. L'emploi des résidus solides issus des grignons d'olive comme adornant économique s'avère donc bénéfique pour l'élimination des colorants (le traitement des eaux usées).



Figure III .2 : Grignons d'olive.

III. 2.3.2 Etapes de préparation

La préparation des noyaux d'olive utilisés dans cette étude a été réalisée selon les étapes suivantes :

- **Collecte du matériau**

Les noyaux d'olive ont été rassemblés à proximité d'une unité traditionnelle d'extraction d'huile d'olive située dans la commune de Sidi Mezghiche, wilaya de Skikda, en Algérie.

- **Séparation et nettoyage préliminaire**

Les noyaux ont été séparés des résidus de pulpe et des autres matières organiques adhérentes.

- **Lavage à l'eau chaude**

Le processus a consisté à laver le matériau plusieurs fois à l'eau chaude jusqu'à ce que l'eau devienne claire, dans le but d'écarter les impuretés, les particules de poussière, les substances solubles et les résidus d'huile sur la surface

- **Rinçage à l'eau distillée**

Un deuxième rinçage en eau distillée a été réalisé pour enlever les sels minéraux, les ions solubles et tout contaminant possible qui pourrait affecter les conclusions expérimentales.

- **Séchage**

Dans un premier temps, les noyaux ont été desséchés à l'air extérieur, avant d'être mis dans une étuve à 80°C pour une durée 24 heures dans le but de diminuer leur niveau d'humidité et de stabiliser leurs caractéristiques physico-chimique

- **Broyage**

On a procédé à un broyage mécanique des noyaux séchés pour diminuer leur dimension et agrandir leur surface spécifique

- **Tamisage**

Le poudre résultante a été tamisée afin d'obtenir un grain uniforme, adapté aux tests expérimentaux

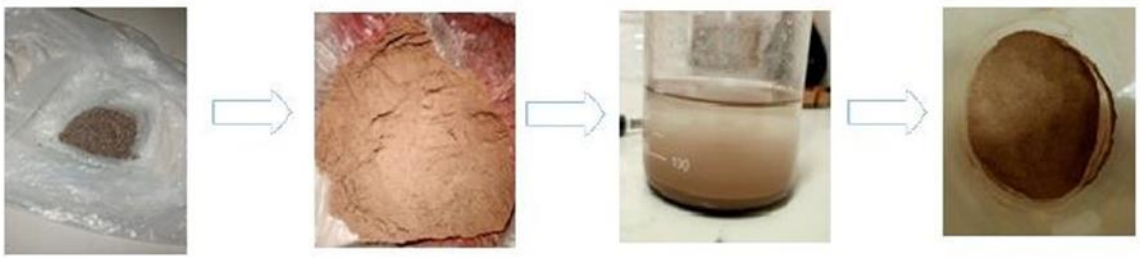


Figure III 3: Préparation de matériau

III.3 Etude expérimentale de l'adsorption

III.3.1 Principe de la spectrophotomètre UV-Visible

On surveille la variation de la concentration de bleu méthylène par le biais de la spectrophotométrie VU-Visible. Cette technique d'étude est utilisée pour déterminer la concentration d'une solution en se référant à sa capacité d'adsorption à une longueur d'onde définie. Il est fondé sur la capacité des molécules à absorber la lumière, conformément à la loi de Beer-Lambert [1].

$$A= \log(I_{\circ}/I) =\varepsilon.l.C = -\log (T) \quad \text{(III.1)}$$

Où :

A : Absorbance (sans unité)

$I_{\circ}$: Intensité de rayon incident

I : Intensité de rayon transmis

T : Transmittance de la solution

Ɛ : Coefficient d'extinction molaire de la substance en solution (L. $mg^{-1}.cm^{-1}$)

L : longueur du trajet optique où se trouve l'espèce absorbante (cm)

C :la concentration molaire de la substance absorbante (mg. L^{-1})

L'examen du colorant (BM) est effectué à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible de la marque Agilent Cary 60 UV-Vis. L'onde maximale a été directement déterminée par un balayage automatique entre 400 nm et 800 nm. En outre, elle figure également sur l'étiquette de BM avec une valeur de λmax= 664nm.



Figure III 4: Spectrophotomètre UV-Vis Agilent cary 60UV-Vis

III.3.2 La courbe d'étalonnage

A partir de la solution étalon de bleu de méthylène à 100 mg/L, une série de solution de concentration 1,2,3,4,5,6,7 et 8 mg/L a été préparée par dilution. Ces solutions ont été analysées par spectrophotométrie UV-Vis. Les valeurs d'absorbance obtenues ont permis de droite d'étalonnage la variation de l'absorbance en fonction de la concentration en bleu de méthylène.

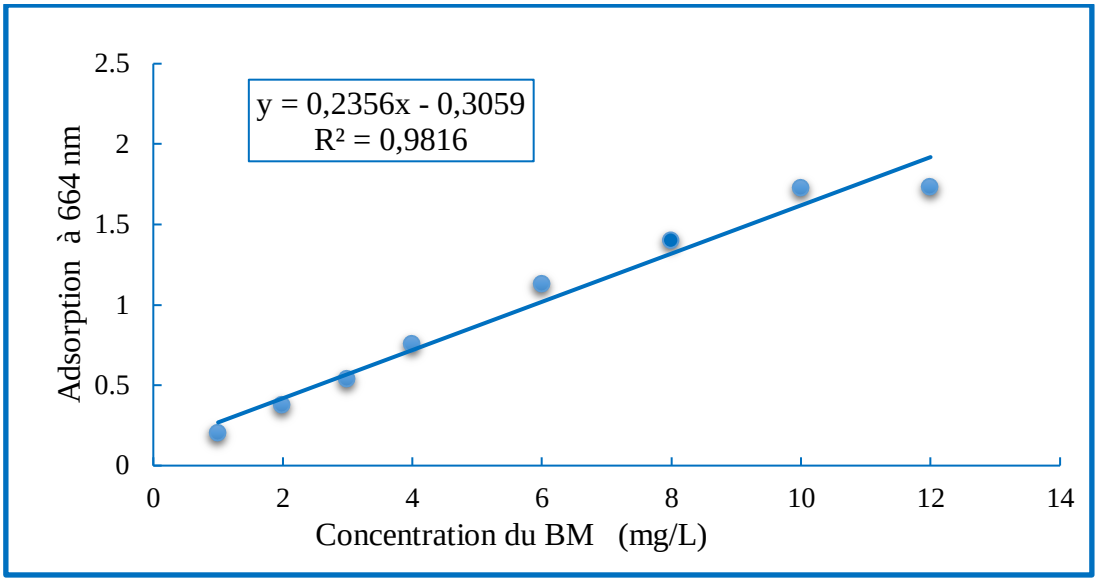


Figure III 5: Courbe d'étalonnage de la solution de bleu de méthylène.

La figure III.5 présente des données expérimentales qui témoignent d'une relation linéaire entre l'absorbance et de concentration, avec un coefficient de corrélation élevé (R^2= 0.982)

Après les essais d'adsorption, l'absorbance résiduelle des solutions a été mesurée à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Vis. La concentration finale du bleu de méthylène a ensuite été déterminée par interpolation à partir de la droite d'étalonnage établie, ce qui a permis d'évaluer la quantité absorbée.

III.3.3 Etude des facteurs influençant l'adsorption de (BM) sur les grignons d'olive

a) Effet de la granulométrie :

La taille des particules est un facteur important qui affecte la capacité de l'adsorption. Afin d'étudier l'effet de la granulométrie du matériau adsorbant sur le phénomène de rétention du BM, nous avons considéré quatre diamètres : M1 (125 µm- 400 µm), M2 (500 µm- 630 µm), M3 (800 µm- 1000 µm), M4 (2000 µm- 2500 µm). 0,1 g des M1, M2, M3 et M4 sont chacune placées dans un bécher contenant 50 mL d'une solution de BM (à 20 mg/L) à pH naturel et température ambiante. Le tout est ensuite agité magnétiquement à une vitesse de 400 tours/minute pendant une durée de 120 minutes.

b) Effet de la masse :

Afin de définir la quantité d'adsorbant requise pour supprimer la plus grande partie du colorant (BM), des masses différentes de l'adsorbant (grignons d'olive) allant de 0,025 g à 0,2 g sont

chacune placées dans une série de béchers contenant 50 mL d'une solution de BM (à 20 mg/L) à pH naturel et température ambiante. Le tout est ensuite agité magnétiquement à une vitesse de 400 tours/minute pendant une durée de 120 minutes. On procède à l'analyse des solutions par spectrophotométrie UV-Visible.



Figure III 6: Description des étapes de l'adsorption.

c) Effet de la concentration initiale

On a examiné l'impact de la concentration initiale en colorant (BM) sur l'adsorption par les grignions d'olive en remuant à une vitesse de 400 tours par minute, 200 ml de solutions colorantes combinées à une quantité idéale de l'adsorbant, tout en modifiant la concentration initiale allant de 10 mg/L à 80 mg/L. Les durées de prélèvement peuvent aller de 5 à 120 minutes. Les tests sont réalisés à une température ambiante. On procède à l'analyse des solutions par spectrophotométrie UV-Visible.



Figure III 7: Préparation des solutions de bleu de méthylène à différentes concentrations.

d) Effet du pH :

On introduit 50 ml d'une solution du BM de concentration 20mg/L dans une suite de béchers. On ajuste le pH visé en ajoutant quelques gouttes d'HCl 0,1 M ou de NaOH 0,1 M, puis on

ajoute 0,1 g d'adsorbant et on agite le mélange à 400 tours par minute pendant 60 minutes. On procède ensuite à la mesure de l'absorbance des solutions en utilisant un spectrophotomètre UV-V.

e) Effet de la température :

Nous avons examiné l'impact de la température sur l'efficacité d'adsorption des BM. On ajoute 0,1g d'adsorbant dans des béchers contenant 50 mL de solution de bleu de méthylène à une concentration de 20mg/L. Les béchers sont positionnés dans un agitateur à différentes températures : 35°C et 45° C, tout en étant agités pendant 60 min. Par la suite, les solutions sont examinées par spectrophotométrie UV-Visible.

f) Effet de la salinité :

Les eaux industrielles et naturelles renferment une quantité significative de sels, lesquels peuvent influencer de manière conséquente le processus d'adsorption et, par extension, l'élimination de certains polluants organiques et inorganiques. Il est crucial d'évaluer l'impact de la présence de NaCl. Des expériences ont été réalisées en incorporant 0,1, 0.05, 1% de sel à des solutions renfermant 0,1 g d'adsorbant et 20 mg/L de BM dans des béchers de 50 ml.

III.3.4 Méthode de calcule

III.3.4.1 Calcule le rendement d'élimination

Le pourcentage d'élimination de l'adsorbat est calculé à partir de la formule suivante :

$$R(\%) = \frac{(C_\circ - C_e)}{C_\circ}\, x\, 100 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad \text{III. 2}$$

R : le rendement d'élimination (en pourcentage%)

$C_\circ$: la concentration initiale du bleu de méthylène (mg/L)

C_e : la concentration finale après traitement (mg/L)

III.3.4.2 Calcule la capacité d'adsorption

La capacité d'adsorption est déterminée selon la relation suivante :

$$q_e = \frac{(C_\circ - C_e)xV}{M} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{III. 3}$$

Où :

q_e : La quantité de colorant adsorbée à l'équilibre par unité de masse d'adsorbant (mg/g).

$C_\circ$: Les concentrations initiales et instantanées du colorant en (mg/l).

C_e : Concentration d'équilibre de colorant en solution (mg/L).

V : Le volume de la solution en (L).

m : La masse de l'adsorbant utilisé en (g).

III.4 Etude expérimentale de la coagulation

III.4.1 Mesure la turbidité

La turbidité est un indicateur servant à mesurer la limpidité de l'eau en référence à la quantité de particules en suspension. Elle est mesurée en unités NTU et représente une mesure de la qualité de l'eau ainsi que de la performance des processus de purification.

Cette recherche a utilisé un turbidimètre Hach Turbidirect pour mesurer la turbidité, un instrument basé sur la dispersion de la lumière par les particules en suspension. L'étalonnage de l'appareil est réalisé en utilisant des solutions de formazine pour garantir la précision des mesures.



Figure III 8: Turbidimètre**.**

- **Principe de la méthode**

La turbidité est évaluée en la mettant en contraste avec un échantillon standard à l'aide d'un turbidimètre, un appareil qui utilise la méthode de mesure optique sur un faisceau lumineux traversant l'échantillon en question.

- **Appareillage**

-Turbidimètre TURBIDIRECTE

-Flacon pour essai

- **Mode opératoire**

- Tester l'appareil en comparant avec un des standards existants (<0.1, 20, 200, 800 NTU)
- Dans un flocon dédié à l'analyse, prélevez 10 ml de l'échantillon.
- Insérer dans l'appareil.

III.4.2 Etude des facteurs influençant la coagulation

a) Effet de la dose du coagulant

Dans cette série d'expérimentations, Une eau synthétique turbide de 400 NTU a été préparée par dispersion de 3 $g \cdot L^{-1}$ de bentonite dans de l'eau distillée sous agitation continue pendant 2 heurs pour obtenir une suspension homogène. (Laisser hydrater pendant 24 heures).
Dans la cadre de l'examen de l'impact de la quantité de coagulant, des échantillons de 100 ml de cette eau trouble ont été versées dans des béchers

1. On a essayé diverses quantités de poudre de noyaux d'olive, utilisées comme agent de coagulation naturel : 5, 10, 15, et 20 mg.
2. Suite à l'ajout de coagulant, une agitation magnétique a été appliquée aux mélanges pendant 30 minutes à une cadence de 300 tours/minute, puis un temps de repose 20 minutes a été respecté pour permettre la sédimentation des particules créées.
3. L'efficacité de la coagulation a été jugée en fonction de la dose utilisée, et la turbidité finale a été déterminée en employant un turbidimètre.

b) Effet du pH

Dans le cadre de cette recherche, la quantité de coagulant (poudre de noyaux d'olive) a été conservée fixe à 5 mg, à partir de 100 ml d'eau trouble ont été prélevés comme échantillons.

La première mesure de la turbidité de la solution a indiqué une valeur de 400 NTU.

Nous avons calibré le pH des diverses solutions à cinq nivaux distincts : 2, 4, 7 ,9 et 11 dans la but de mesure son influence sur la performance du mécanisme de coagulation.

Suite à l'ajoute de coagulant, une agitation magnétique des mélanges a été effectuée pendant une demi-heure à une cadence de 300 tours par minute, suivie d'une période de repos de 20 minutes pour permettre à des particules de se déposer.

On a par la suit déterminé la turbidité résiduelle en utilisant un turbidimètre pour chaque niveau de pH.

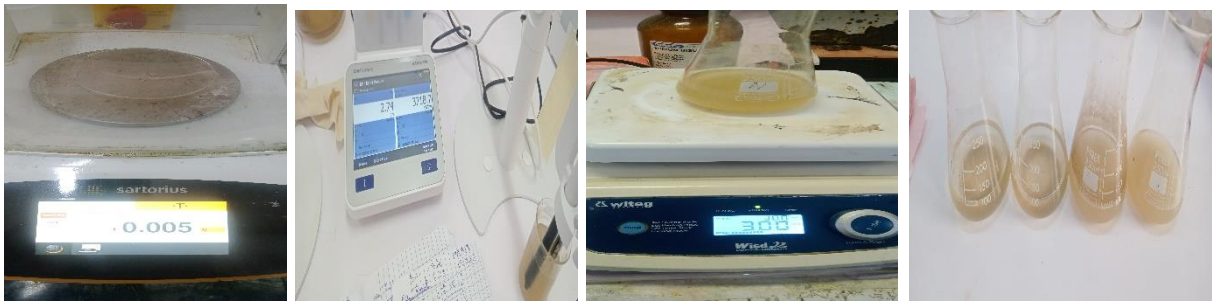


Figure III 9: Dispositif expérimentale et étape de l'essai de coagulation.

b) Effet de la vitesse d'agitation

Pour étudier l'effet de la vitesse d'agitation sur l'efficacité de la coagulation-floculation, une série d'essais a été réalisée en utilisant une eau turbide synthétique de 400 NTU préparée à partir de bentonite. Un volume de 100 mL d'eau turbide a été introduit dans un bécher, puis 5 mg de coagulant naturel a été ajoutée à un pH neutre. Les expériences ont été effectuées à différentes vitesses d'agitation (100, 150, 200, 250 et 300 tr/min). Après une agitation de 30 minutes à la vitesse choisie, les suspensions ont été laissées au repos pendant 20 minutes afin de permettre la décantation des flocs formés. Le surnageant a ensuite été prélevé avec précaution pour mesurer la turbidité résiduelle. Le rendement d'élimination de la turbidité a été calculé pour chaque vitesse d'agitation afin de déterminer les conditions optimales favorisant la formation et la sédimentation des flocs.

III.4.3 Calcul le rendement d'élimination du coagulant

Nous avons évalué l'efficacité de la coagulation en calculant l'efficacité d'élimination du polluant. Il se calcule sur la base des turbidités de départ et d'arrivée de la solution en utilisant la formule ci-après :

$$R(\%) = \frac{T_{\circ} - T_{e}}{T_{\circ}} x\ 100 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{III. 4}$$

Où :

$T_{\circ}$: La turbidité initiale de l'eau brute

T_{e} : La turbidité finale après traitement

Conclusion

Ce chapitre a offert l'opportunité de détailler les matériaux employés et les diverses étapes expérimental effectuées lors de cette recherche. Des tests de coagulation et d'adsorption ont été effectuées en suivant des procédures opératoires strictement définies pour mesurer leur rendement dans le traitement de l'eau et l'élimination de bleu de méthylène. L'approche mise en œuvre sert de fondement pour l'utilisation et l'interprétation des résultats, qui seront exposés et débattus dans la prochaine chapitre.

Référence bibliographie

1. Iaouadarene, S. (2024). *Étude de l'adsorption du bleu de méthylène sur un biomatériau (Cactus)* (Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, Faculté des Sciences, Département de Chimie).

2. Amrouni Sais, H., & Benmbarek, A. E. M. (2017, June 22–23). *Compétitivité de la filière « huile d'olive » en Algérie : quelle performance technico-économique ?* [Communication]. Colloque SFER « Compétitivité, Agriculture et Alimentation », Université de Reims Champagne-Ardenne, Reims, France. Retrieved from ResearchGate.

IV.1 Introduction

L'objectif de ce chapitre est de présenter les résultats de la valorisation du déchet de grignons d'olive utilisé dans ce travail, comme adsorbant pour l'élimination du Bleu de méthylène (BM) et comme coagulant.

L'exposé des résultats de cette partie est accompagné d'interprétations et discussions. Ce chapitre se dédie à l'exposition et à l'analyse des résultats expérimentaux recueillis lors de l'estimation des performances de noyaux d'olive dans l'épuration des eaux.

L'analyse se concentre essentiellement sur l'adsorption de bleu de méthylène et sur la coagulation visant à réduire la turbidité. L'efficacité de la poudre de noyaux d'olive a été évaluée en étudiant l'impact de divers facteurs opératoires, pour déterminer les conditions de traitement les plus favorables.

La démarche employée s'appuie sur des essais effectués en laboratoire, accompagnés d'évaluations spectrophotométriques pour le contrôle du bleu de méthylène, et d'estimations de la turbidité pour mesurer l'efficacité du traitement.

IV.2 Résultats d'adsorption

IV.2.1 Etude paramétrique de l'adsorption du BM

IV.2.1.1 Effet de la granulométrie

Afin d'étudier l'effet de la granulométrie du matériau adsorbant sur le phénomène de rétention du BM, nous avons considéré quatre diamètres : M_1 (125 µm- 400 µm), M_2 (500 µm- 630 µm), M_3 (800 µm- 1000 µm) et M_4 (2000 µm- 2500 µm). Les résultats des calculs du rendement d'élimination de bleu de méthylène sont représentés par la figure (IV.1).

D'après la figure IV.1, nous remarquons que le plus grand rendement d'élimination par adsorption est observé pour la plus petite taille ($\leq$ 400 µm) avec un pourcentage maximal de 87,6 %, ceci s'explique que plus la granulométrie des particules est fine plus la surface spécifique augmente plus l'adsorption augmente.

La suite de nos essais d'adsorption est effectuée avec les grignons d'olive de granulométrie M1 (125 µm- 400 µm).

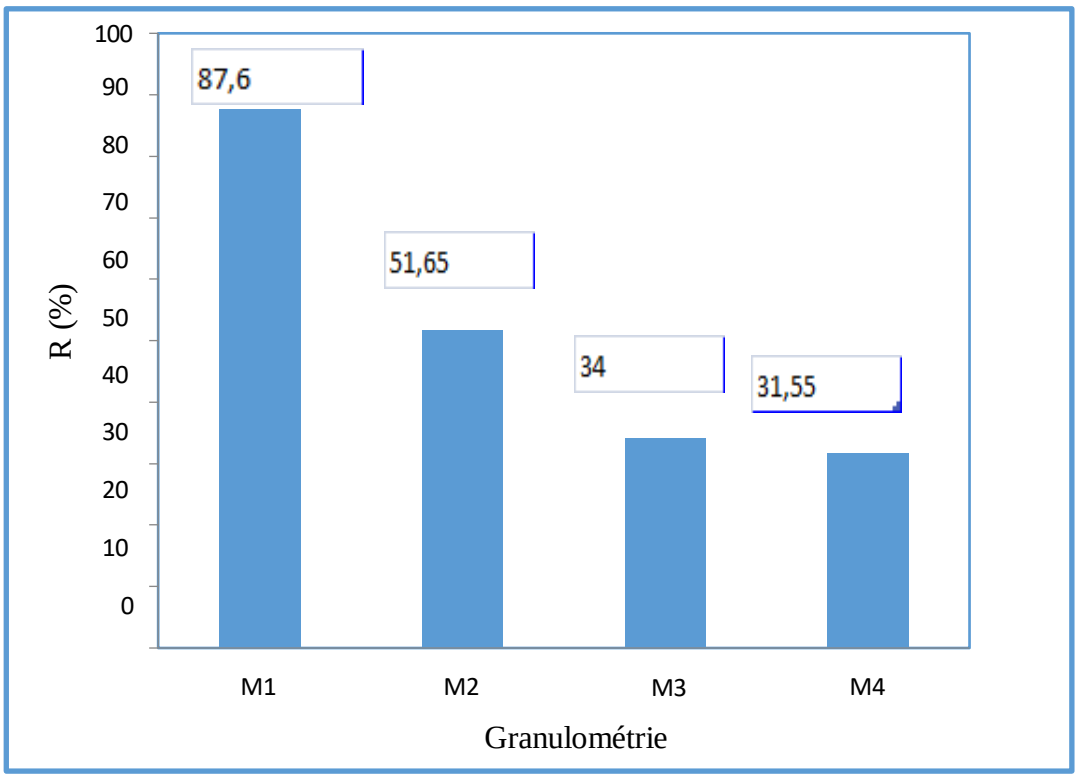


Figure IV. 1: Influence de la granulométrie sur l'élimination du colorant BM sur les grignons d'olive.

IV.2.1.2 Effet de la masse de l'adsorbant

L'effet de la masse de l'adsorbant sur le rendement d'adsorption du bleu de méthylène a été étudié en faisant varier la quantité grignons d'olive de 25 à 200 mg, dans le but de déterminer la masse optimale de l'adsorbant pour une meilleure adsorption du colorant. Les résultats sont montrés dans la figure IV.2.

Les résultats montrent que le rendement d'adsorption augmente avec l'augmentation de la masse de l'adsorbant. Cette amélioration s'explique par la disponibilité accrue de sites actifs d'adsorption, permettant une meilleure rétention du colorant dans la solution. Toutefois, au-delà d'une certaine masse (100 mg), cet effet peut diminuer, voire se stabiliser, en raison de la saturation de la solution.

La suite de nos essais d'adsorption est effectuée avec les grignons d'olive de granulométrie M_1 (125 µm- 400 µm) avec une dose de 2 g/l.

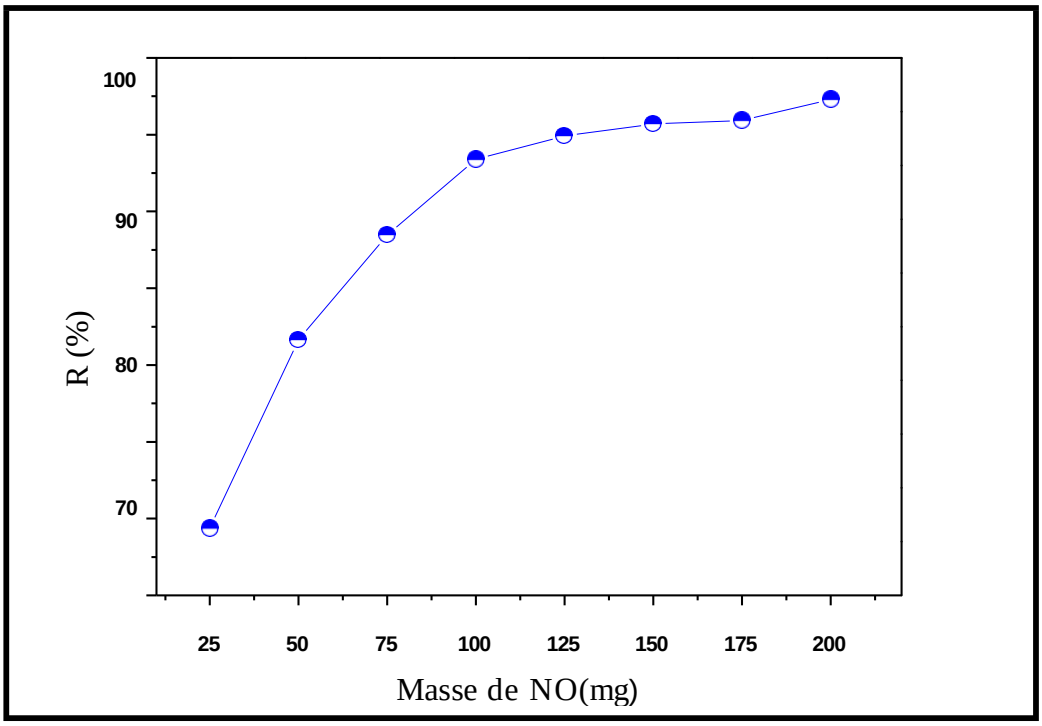


Figure IV. 2: Effet de la dose d'adsorbant sur le pourcentage d'élimination

Des colorants BM**.**

IV.2.3 Effet de la concentration initiale du colorant et le temps d'équilibre

L'étude cinétique de l'adsorption est indispensable pour la détermination du temps nécessaire pour atteindre l'équilibre d'adsorption c'est à dire un état de saturation d'adsorbant par l'adsorbat. Le temps d'équilibre constitue un paramètre crucial d'un point de vue économique, notamment pour les systèmes de traitement des eaux usées .

L'évaluation de la capacité d'adsorption du bleu de méthylène (BM) en fonction du temps, pour différentes concentrations initiales (10, 20, 30, 40, 60 mg/L) ont été étudiés.

Les courbes correspondant aux cinétiques d'adsorption de BM sur les grignons d'olive à des plusieurs concentrations sont représentés par les figures suivantes :

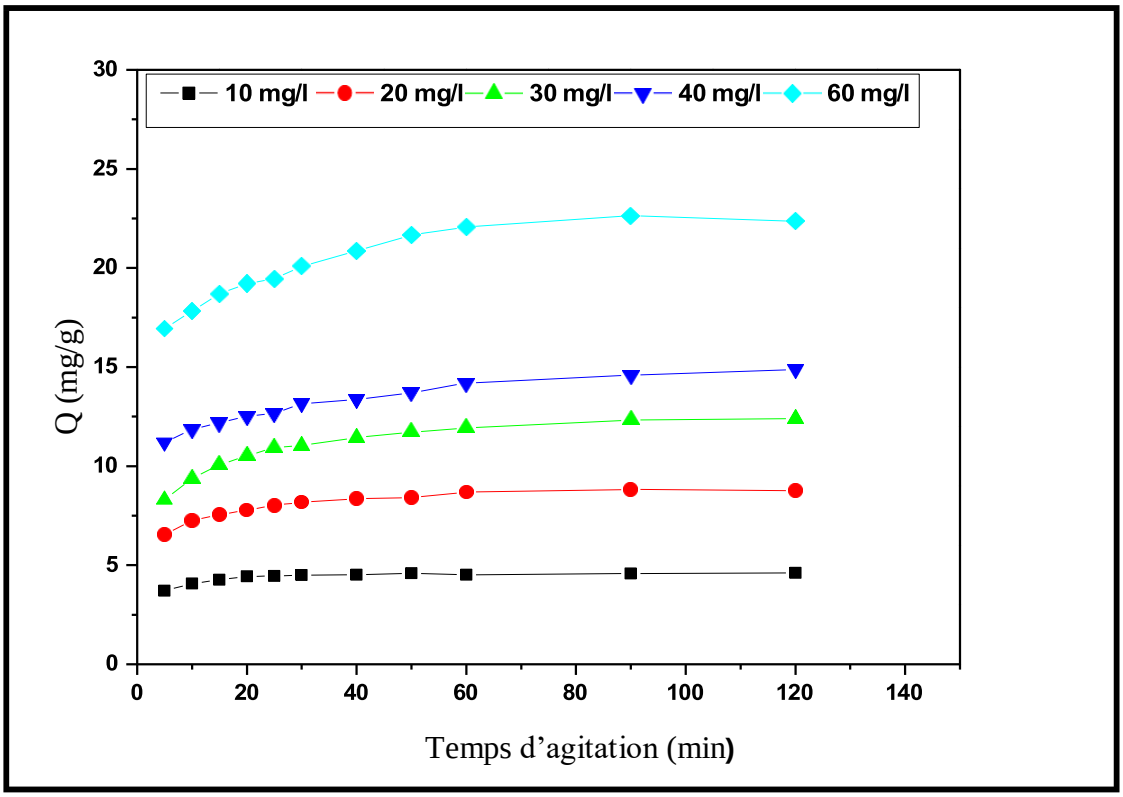


Figure IV. 3: Evolution de la capacité d'adsorption de BM en fonction du temps**.**

Les résultats présentés dans les figures (IV.3) indiquent que la fixation du BM sur les grignons d'olive est un processus rapide. L'équilibre est observé environ 60 minutes après le début de l'expérience. En d'autres termes, il faut environ une heure pour que les adsorbants atteignent leur capacité maximale d'adsorption du BM.

Nous avons constaté que la capacité d'adsorption augmente quand la concentration initiale du bleu de méthylène augmente. Pour toutes les concentrations, on observe que l'équilibre est atteint vers 60 minutes, indiquant une saturation progressive des sites actifs sur le matériau adsorbant.

La suite de nos essais d'adsorption est effectuée pendant 60 minutes.

IV.2.4 Effet du pH

Le pH est un paramètre important à considérer dans toute étude d'adsorption, car il peut influencer à la fois la structure de l'adsorbant, celle du colorant, ainsi que le mécanisme d'interaction entre eux. Dans cette étude, le pH varie de 4,17 à 11,08 et ajusté par addition de soude NaOH ou d'acide chlorhydrique HCl. Les résultats de l'effet du pH

de la solution sont représentés sur la figure IV.4.

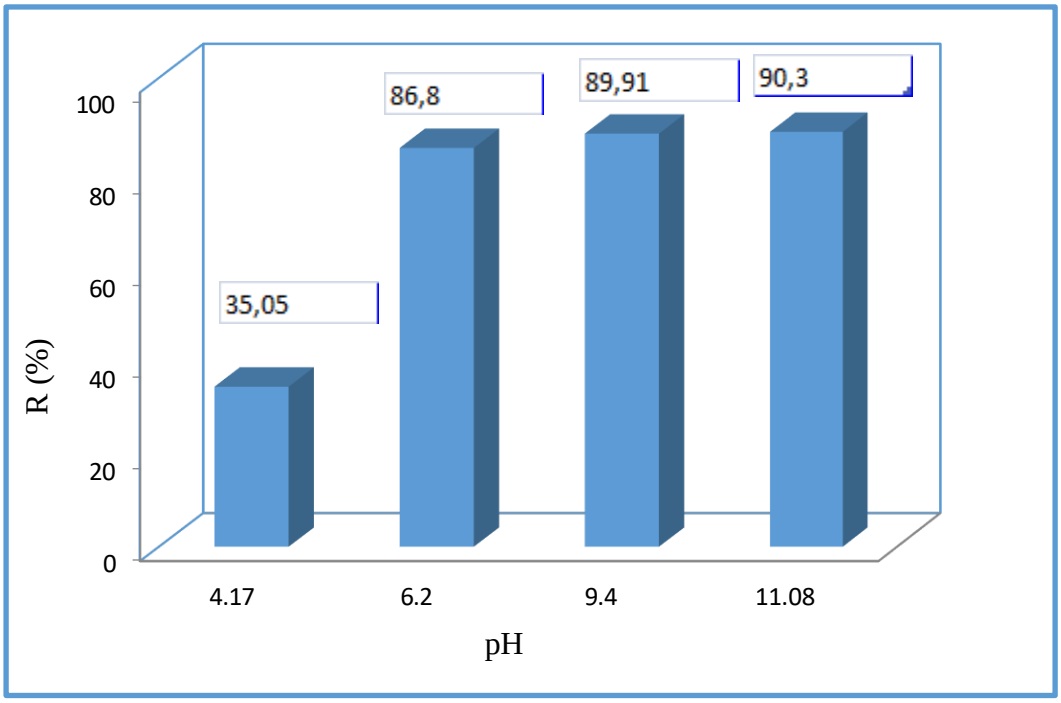


Figure IV. 4: Effet de pH sur le taux d'élimination du BM sur les grignons d'olive.

Nous avons analysé l'impact du pH sur l'efficacité de l'adsorption du bleu de méthylène. Les observations indiquent que l'augmentation du pH est accompagnée d'une amélioration du rendement. Le pourcentage d'élimination atteint 90,3% à 11,08. Cela pourrait être attribué à une interaction supérieure entre le colorant et la surface de l'adsorbant lorsque le pH est plus élevé. Lorsque le pH d'une solution de colorant augmente, la surface de l'adsorbant a tendance à acquérir une charge négative. Cela conduit à une adsorption accrue du colorant, car les ions colorants chargés positivement sont attirés par la surface chargée négativement de l'adsorbant en raison de forces électrostatiques .

IV.2.5 Influence de la température

Pour étudier l'effet de la température sur la rétention de BM, nous avons varié la température entre 20°C jusqu'à 45 °C. La Figure (IV.5) illustre la variation des quantités d'adsorption en fonction de la température q=f(T).

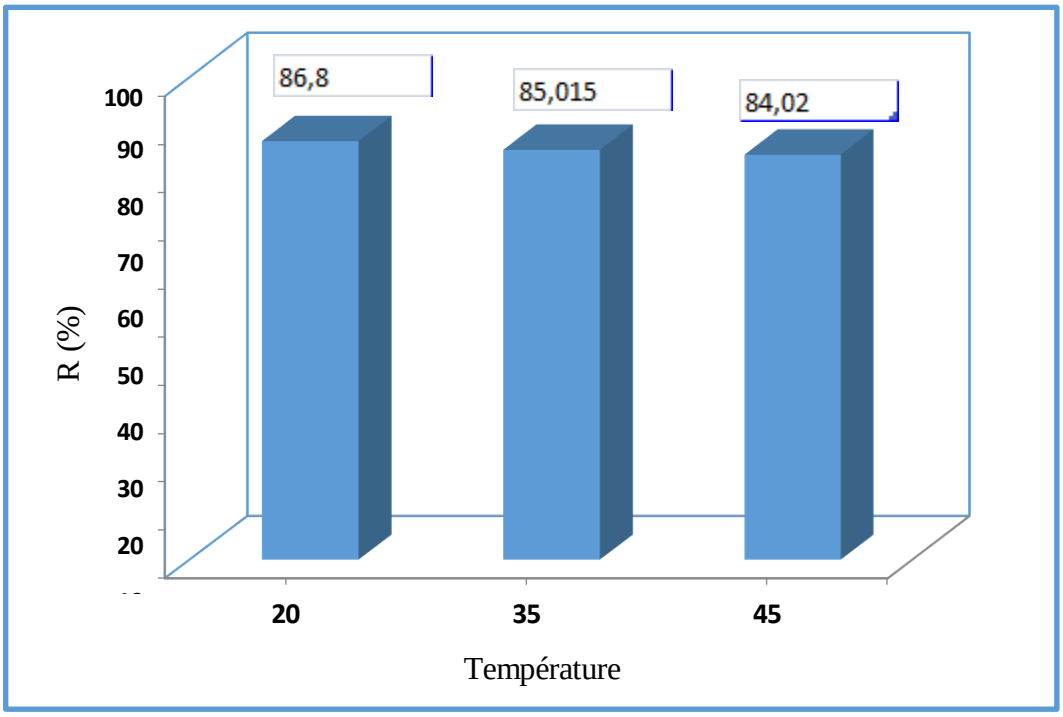


Figure IV. 5: Effet de température sur le taux d'élimination du BM sur les grignons d'olive.

La Figure (IV.5) montre une légère diminution du taux d'élimination du BM en fonction de la température, elle diminue de 86,8 jusqu'à 84,02 % dans la gamme de température étudiée. Cette diminution montre que le processus de l'adsorption est exothermique. Donc les meilleurs résultats sont obtenus dans le domaine de la température ambiante.

IV.2.6 Influence de la salinité

La présence des ions compétitifs Na^+ dans la solution peut influencer l'adsorption du (BM) sur les grignons d'olive. L'effet des différentes concentrations de NaCl sur l'adsorption du bleu de méthylène est représenté sur la figure (IV.6).

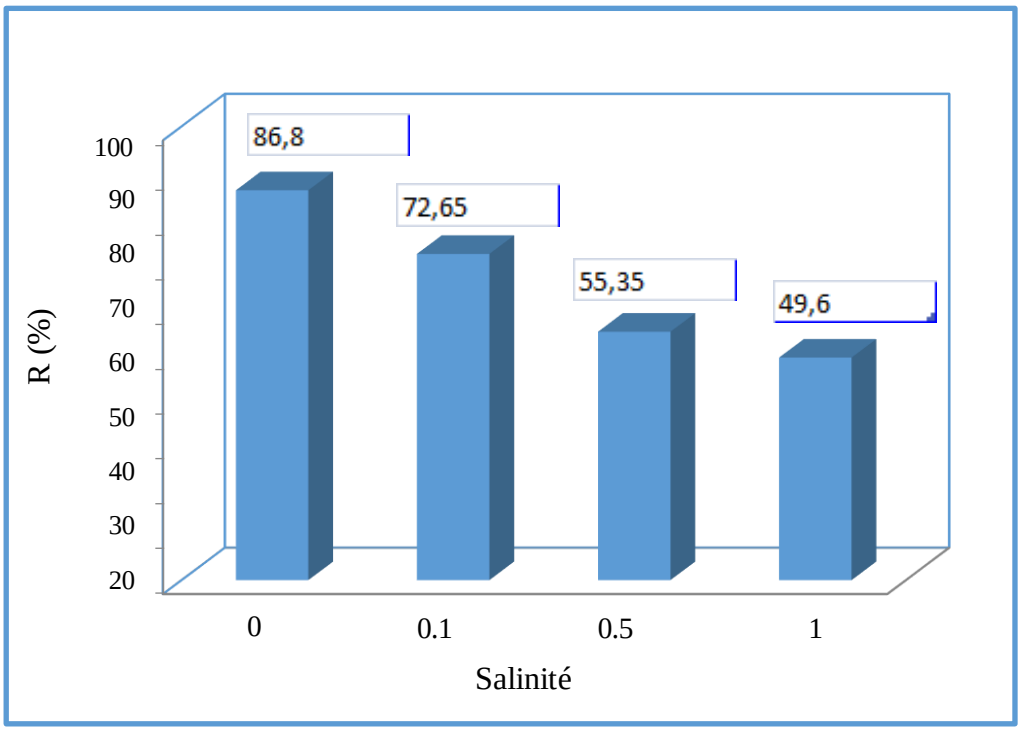


Figure IV. 6: Effet de salinité sur le taux d'élimination du BM sur les grignons d'olive.

Les résultats montrent que l'adsorption du colorant (BM) par les grignons d'olive diminue en présence de NaCl, ceci peut être attribué à l'adsorption compétitive des ions (Na^+) avec le colorant cationique sur la surface du matériau.

IV.3 Résultats da coagulation

IV.3.1 L'influence de la dose de coagulant

Le dosage des coagulants joue un rôle essentiel dans le processus de coagulation. Le bon dosage garantit l'élimination efficace des contaminants, y compris la turbidité, les matières en suspension et d'autres impuretés, des eaux. Il est essentiel de trouver l'équilibre : une quantité insuffisante de coagulant risque de ne pas neutraliser efficacement les particules chargées, tandis qu'un excès peut entraîner un gaspillage et une augmentation des résidus chimiques dans l'eau traitée. Par conséquent, il est essentiel de trouver le dosage optimal pour obtenir une coagulation efficace et économique

*** Rendement d'élimination de la turbidité**

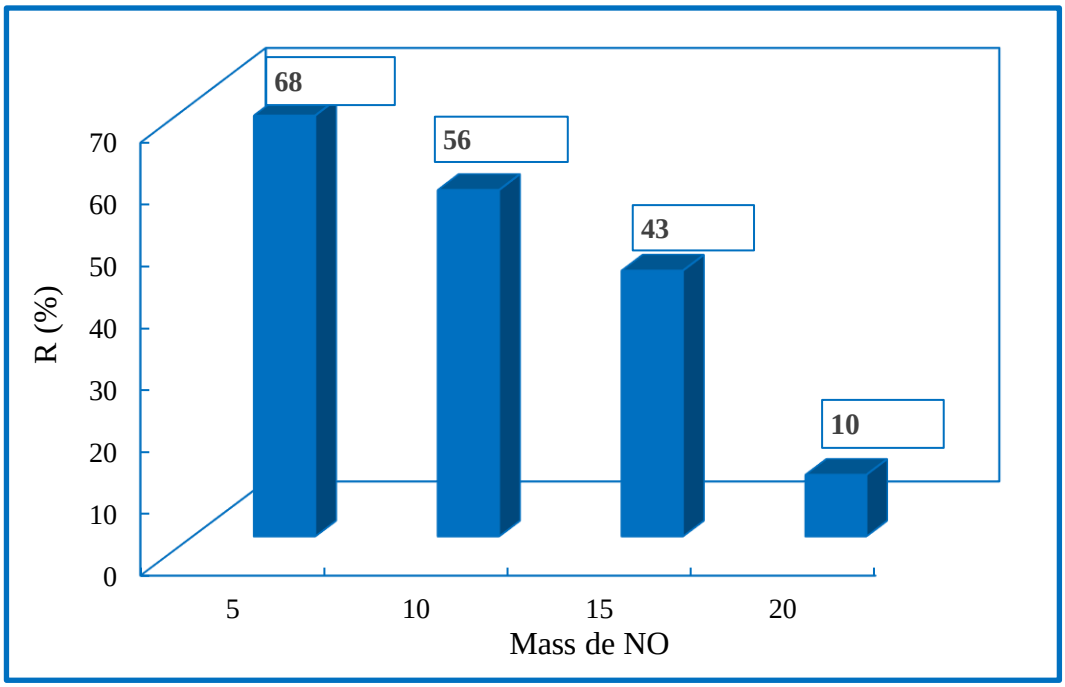


Figure IV. 7: Effet de la masse du noyau d'olive sur le taux d'élimination de la turbidité.

Ces
résultats indiquent que l'augmentation de la quantité du coagulant ne conduit pas forcément à une amélioration de l'efficacité de l'élimination. Il semble qu'une dose minime soit adéquate pour garantir une coagulation efficace des particules à l'origine de la turbidité.

En dépassant la quantité idéale, un surplus de coagulation risque d'interférer avec les processus d'agrégation des particules et pourrait modestement diminuer l'efficacité du soin. Selon les paramètres de cette recherche, la dose de 5 mg/L se révèle être la plus performante.

IV.3.2 L'influence du pH

L'effet du pH est certainement très important dans le processus de coagulation.
Le pH joue un rôle crucial dans la détermination de la charge des particules et des coagulants dans une solution.

La plupart des coagulants fonctionnent efficacement dans une plage de pH spécifique, où ils

Portent la charge opposée aux particules qu'ils tentent à neutraliser.
Ce processus de neutralisation de la charge est essentiel pour que les coagulants se lient aux particules et forment des flocs plus importants, ce qui facilite leur décantation et leur élimination de la solution.

* Rendement d'élimination de la turbidité

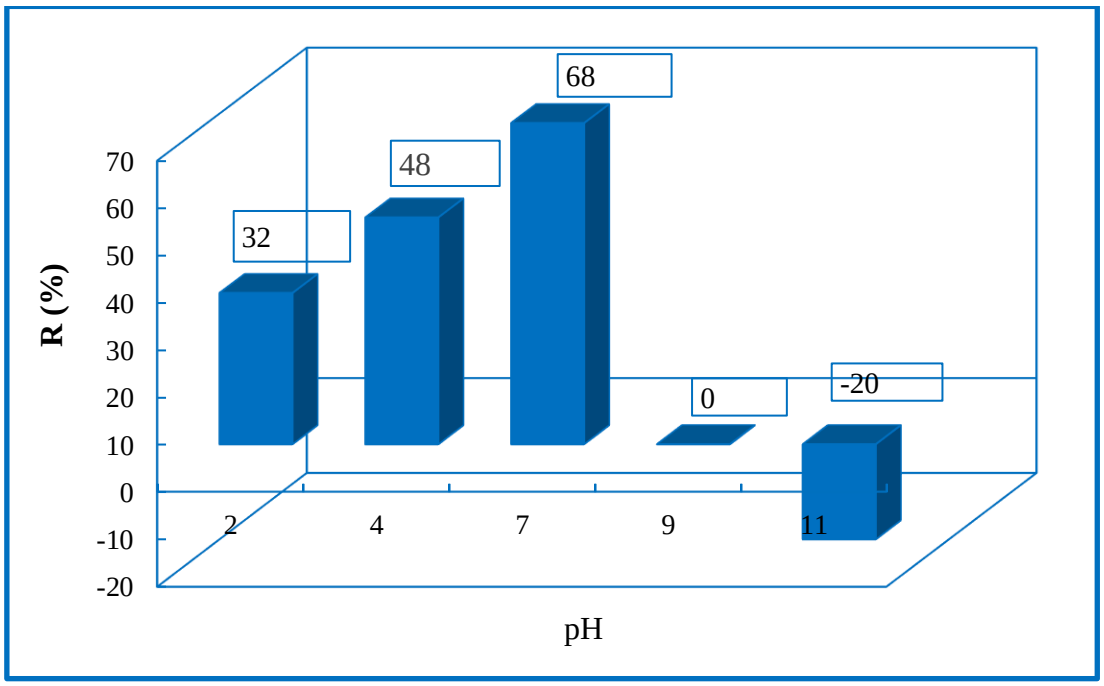


Figure IV. 8: Effet de pH sur le taux d'élimination de la turbidité

L'accroissement de l'efficacité constaté entre le pH 2 et le pH 7 peut être dû à l'amélioration des relations entre les composées actives de la coagulation naturel et les particules qui causent la turbidité. En condition de pH neutre, les circonstances rendent plus propice la désagrégation des particules colloïdales et l'établissement de flocs qui se décantent aisément.

La baisse constatée aux pH alcalins pourrait être associée à un changement des charges de surface des particules en suspension, ce qui conduirait à une diminution de l'efficacité du processus de coagulation. Par conséquent, dans les conditions expérimentales examinées, le pH idéal est de 7.

IV.3.3 Effet de la vitesse d'agitation

La vitesse d'agitation joue son rôle dans le processus de coagulation et conditionne directement l'efficacité du traitement. La vitesse d'agitation influence directement la formation et les caractéristiques des flocs, qui jouent un rôle essentiel dans l'élimination des impuretés de la solution. Elle affecte la manière dont les particules de coagulant entrent en collision avec les contaminants et y adhèrent. Bonne vitesse d'agitation garantit une dispersion uniforme des

coagulants, améliorant leur interaction avec les particules et entraînant la création de flocs plus grands et plus denses. La taille de ces flocs est essentielle pour une décantation efficace et l'élimination ultérieure de la solution. Une vitesse d'agitation excessive peut briser prématurément les flocs, diminuant ainsi leur capacité à capturer les impuretés. Inversement, une agitation inadéquate peut conduire à un mélange insuffisant, entraînant une coagulation incomplète et une efficacité d'élimination réduite.

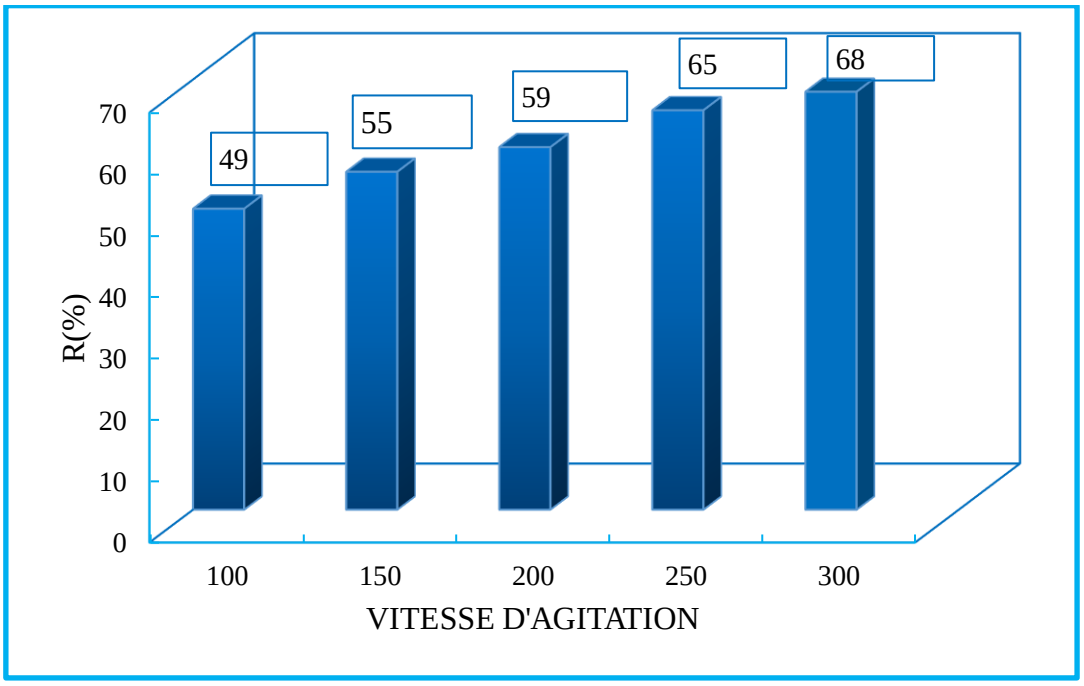


Figure IV. 9: Effet de la vitesse d'agitation sur le taux d'élimination la turbidité

Le graphique indique que l'efficacité d'élimination s'accroît graduellement avec l'accroissement de la vitesse d'agitation, passant de 49% à 100 tours par minute, à 68% à 300 tours par minute.

L'explication de cette progression pourrait être que des mouvements plus rapides facilitent la répartition uniforme du coagulant dans le medium à traiter et stimulent une hausse des impacts entre les particules en suspension. Ces chocs favorisent la désorganisation des particules colloïdales et la création de flocs de plus grande taille, ce qui optimise leur élimination.

Ainsi, dans les contextes expérimentaux analysés, l'accroissement de la vitesse d'agitation a eu un impact positif sur le processus de coagulation. Le rendement optimal atteint à 300 tr/min témoigne du fait que cette vitesse garanti une efficace de la coagulation et une agrégation supérieure des particules à l'origine de la turbidité.

Conclusion

Ce chapitre a permis de présenter et d'analyser les résultats expérimentaux obtenu lors de l'étude de la valorisation des noyaux d'olive dans le traitement des eaux, à travers deux procédés complémentaires : l'adsorption du bleu de méthylène et la coagulation.

Les résultats obtenus dans la partie adsorption ont montré une efficacité élevée des noyaux d'olive, avec des rendements atteignant 92.4% pour une masse de 100 mg, 90.3% à ph 11.8, 87.6% pour une granulométrie de 125μm, ainsi que 86.8% à 20 °C et en absence de salinité. Le temps d'équilibre a été fixé à 60 minutes, ce qui confirme une cinétique d'adsorption relativement rapide et efficace.

Concernant la coagulation les résultats ont révélé une efficacité plus modérée, avec un rendement maximal de 68% obtenu pour une dose de 5mg, à pH et une vitesse d'agitation de 300 tr/min. ces performances confirment le potentiel des noyaux d'olive en tant que coagulant naturel, bien que leur efficacité reste inférieure à celle observée dans le procédé d'adsorption.

Ainsi, les résultats obtenus confirment que les noyaux d'olive constituent un matériau naturel prometteur pour le traitement des eaux, avec une efficacité particulièrement intéressante dans les procédés d'adsorption.

Conclusion générale

Cette étude s'inscrit dans une démarche de valorisation des noyaux d'olive dans le domaine du traitement des eaux polluées. L'objectif principal était d'évaluer leur efficacité en tant qu'adsorbant pour l'élimination de bleu de méthylène, ainsi qu'en tant que coagulant naturel pour la réduction de la turbidité, tout en déterminant les conditions opératoires optimales pour chaque procédé.

Les essais d'adsorption réalisés sur les noyaux d'olive ont montré que ce matériau présente un potentiel intéressant pour l'élimination du bleu de méthylène en solution aqueuse. L'étude des différents paramètres influençant le procédé a permis de mettre en évidence l'effet de la granulométrie, de la masse de l'adsorbant, du temps de contact, du pH, de la température et de la salinité.

Les résultats obtenus indiquent qu'une granulométrie de 125 μm conduit à un rendement de 87.6%.

L'augmentation de la masse de l'adsorbant à 100 mg améliore significativement les performances, avec un rendement maximal de 92.4%.

Le temps d'équilibre a été atteint après 60 minutes de contact. Par ailleurs. Le pH alcalin favorise fortement le processus d'adsorption, avec un rendement de 90.3% obtenu à pH 11.08.

Les mielleures performances ont également été observées à une température de 20 °C et en absence de salinité, avec un rendement de 86.8%.

Concernant la coagulation, les noyaux d'olive ont également montré une efficacité notable dans la réduction de la turbidité des eaux traitées, l'influence de la dose du coagulant, du pH et de la vitesse D'agitation a été étudiée afin d'optimiser le procédé.

Les résultats obtenus montrent que les meilleures conditions opératoires correspondent à une dose de 5 mg, et pH de 7et une vitesse d'agitation de 300 tr/min. dans ces conditions, un rendement de 68% a été atteint, confirmant ainsi le potentiel des noyaux d'olive comme coagulant naturel.

Enfin, ce travail ouvre des perspectives intéressantes pour des études futures, notamment l'application des noyaux d'olive sur d'autres types de polluants, l'amélioration de leurs performances par activation ou modification de surface, ainsi que leur intégration dans des systèmes de traitement à plus grande échelle.

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية.
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement
Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université 20 Août 1955 - SKIKDA -
Faculté des Sciences
Dpartement D' Agronomie
Réf : / D S AGRO/2026

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة 20 أوت 1955- سكيكدة
كلية العلوم
قسم علوم الفلاحة
رقم : /ق ع ف /2026

Skikda le : .....

قسم العلوم الفلاحية

Autorisation de Dépôt de Mémoire de Master

Je soussigné : **Pr. Heddam Salim** Président de Jury

Certifie que :

L'étudiant(e) : **Lahouaoula Roufaida**

Spécialité : **Aménagement Hydro-Agricole**

Intitulé : **Approche de Valorisation des Déchets Agricoles Appliquée au Traitement des Eaux.**

A apporté les corrections relatives à son travail de mémoire.

Directeur de Mémoire	Président(e) de Jury