REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques

Département des Sciences Agronomiques

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

En vue de l'obtention du diplôme du Master en sciences Agronomiques

Option Eau et Environnement

Thème

Etude de la cinétique d'adsorption de bleu de méthylène par les épluchures de pomme de terre

Présenté par :

Mlle BOUGUETTA Fariza et Mlle BERRAI Chahinez

Evalué par le jury :

Président	*MOUALIK I.*	*MCA UMMTO*
Promoteur	*METAHRI M.S.*	*MCA UMMTO*
Co-promoteur :	*BELMIHOUB N.*	*DOCTEUR UMMTO*
Examinateur :	*OMARI O.*	*MAA UMMTO*

2023/2024

Remerciement

Nous tenons à remercier avant tout notre bon Dieu ALLAH, qui nous a donné

La santé, le courage, la volonté et la patience de réaliser ce travail.

Nous adressons nos sincères remerciements à notre promoteur Mr ***METAHRI.****M.S*

Notre gratitude et reconnaissance nous la consacrons à notre Co-promotrice

Mme ***BELMIHOUB*** *N pour ses précieux conseils, ses orientations et ses*

Compétences qui ont été mises à notre disposition, qu'elle en soit remerciée.

Qu'il nous soit permis aussi de remercier intensément :

- Mr MOUALIK I *d'avoir accepté de présider le jury de la soutenance.*

- Mme OMARI *o d'avoir accepté de juger notre travail.*

Nous remercions également tous les ingénieurs en particulier Mme ***YISSAD*** *et Mme* ***SIDI MAMMAR*** *du laboratoire eau et environnement.*

Nous tenons à remercier chaleureusement tous ceux qui ont contribué de prèsou de loin à l'élaboration de ce travail.

FARIZA&CHAHINEZ

Dédicace

Avant tous propos, je tiens à remercier le Bon Dieu de m'avoir guidée et de m'avoiréclairée dans la voie du savoir et de la réussite.

Je dédie ce modeste travail en signe de gratitude, de reconnaissance et d'affection à :

A mon cher père

A mon cher père **HAMID**, aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, ledévouement et le respect que j'ai toujours eu pour toi. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation.

Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, tepréserver t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A ma chère mère

A ma très chère mère, honorable, aimable **BAYA**, tu représentes pour moi la source detendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager.Ta prière et tabénédiction m'ont été secours pour mener à bien les études. Aucune dédicace ne saurait êtreassez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices depuis ma naissance,durant mon enfance et même à l'âge adulte.

A mon cher frère

Amon cher frère **LYES**, je tien à te dédier ce mémoire pour honorer le rôle exceptionnel quetu as joué dans ma vie, tu as mon palier inébranlable et mon confident le plus précieux.

Ames chères sœur

A ma meilleure sœur **KENZA**, ton influence sur non mémoire va bien au –delà des mots queje peux écrire, je te remercie d'êtres présente dans ma vie.Ta bienveillance ton soutienillumine chaque jour. Ma petite sœur adorée AMEL, que soit dans non jeux complices,nous moments de complicités, tuas toujours su êtres la pour moi.Tues ma petite sœur, monamie et mon inspiration

A ma meilleure amie

A mon amie précieuse FARIEL, je tiens à te dédier ce mot pour te remercier d'être présentedans ma vie.Ton soutien et ton amitié c'est une présence invisible ma tangible quim'accompagne à chaque jour je te remercie du fond du cœur pour tout ce que tu as fait etcontinues de faire pour moi.

A mon binôme **CHAHINEZ**, pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout aulongue de ce projet.

FARIZA

Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père **BOULEM**

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non âmes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon adorable mère **DAHBIA**

A ma belle-famille. Mon cher mari et qui n'est pas cessée de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes étude. Que Dieu le protégé et leur offre la chance et le bonheur.

A mon adorable petite sœur **AMIRA** et mes deux frère **Massinissa** et **AMIR,** que Dieu les protège.

A mes grands –mère et toutes la famille **IMRAZEN** pour leur aide précisément ma chère tante Rabiha et mon adorable oncles **ABED-LGHANI** et sa femme **IMANE.**

A mon amie précieuse **NACEHA**, je tiens à te dédier ce mot pour te remercier d'être présente dans ma vie. Ton soutien et ton amitié c'est une présence invisible ma tangible qui m'accompagne à chaque jour je te remercie du fond du cœur pour tout ce que tu as fait et continues de faire pour moi.

Sans oublier mon binôme **FARIZA**, pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au longue de ce projet.

CHAHINEZ

Table des matières

Liste des abréviations

Listes des figures

Liste des tableaux

Introduction 01

Chapitre I : Généralités sur les colorants

1. Définition 03

2. Structure chimique des colorants 03

2.1. Le groupement chromophores.....03

2.2. Le groupement auxochromes 03

3. Classification des colorants.....04

3.1. Classification chimique 04

3.1.1. Les colorants azoïques.....05

3.1.2. Les colorants indigoïdes 05

3.1.3. Les colorants anthraquinoniques.....06

3.1. 4. Les colorantes xanthines 07

3.1.5. Les colorants nitrés et nitrosés 07

3.2. Classification des colorants selon le domaine d'application.....08

3.2.1. Les colorants acides ou anioniqu.....08

3.2.2. Les colorants basiques ou cationiques.....08

3.2.3. Les colorants de cuve 08

3.2.4. Les colorants dispersés.....08

3.2.5. Les colorants réactifs 08

4. Bleu de méthylène 09

4.1. Définition 09

4.2. Domaine d'utilisation de BM 10

4.3. Toxicité de BM 10

5. Procédé de traitement des colorants 12

5.1. Traitement biologique 12

5.2. Traitement physique 12

5.2.1. Filtration sur membrane 12

5.2.2. Adsorption 13

5.3. Traitement chimique 13

5.3.1. La chloration 13

5.3.2. L'ozonation 13

5.4. Traitement physicochimique 14

5.4.1. Coagulation-floculation 14

Chapitre II : Théorie de l'adsorption

1. Définition 15

2. Types d'adsorption 16

2.1. Adsorption physique 16

2..2. Adsorption chimique 16

3. Mécanisme d'adsorption 17

4. Facteurs influençant l'adsorption 18

4.1. Nature de l'adsorbat 19

4.1.1. Solubilité 19

4.1.2. Polarité 19

4.1.3. Orientation des molécules 19

4.2. Nature de l'adsorbat 19
4.2.1. Surface spécifique 19
4.2.2.Porosite 20
4.2.3. La taille des particules 20
4.3. Paramètres physico-chimiques du milieu 20
4.3.1. Température 20
4.3.2. Ph 20
4.3.3. Concentration 20
4.3.4. Vitesse d'adsorption 21
5. Cinétique de l'absorption 21
5.1. Modèle cinétique pseudo-première ordre 21
5.2.Modèle cinétique pseudo-deuxième ordre 21
6. Bio adsorbants 22
6.1. Définition de bio sorption 22
6.2. Définition et origine des biosorbants 22
6.3. Classification des biosorbants 23
6.3.1. Biosorbants d'origine aquatique 23
6.3.2. Biosorbants d'origine agro-industrielle 23
6.4. Support organique : Les éplucheurs de pomme de terre 23
6.4.1. La forme des éplucheurs de pomme de terre 23
6.4.2. La couleurdes éplucheurs de pomme de terre 24
6.4.3. Composition chimique du tubercule 24

Chapitre Ⅲ: Matériels et méthodes

But 25

1. Origines et préparation de matériau adsorbant 25

1.1. Lavage 26

1.2. Séchage 27

1.3. Broyage 27

1.4. Tamisage 28

2. Préparation de l'adsorbant 28

2.1. Préparation de la solution mère de BM 28

2.2. Préparation de la courbe d'étalonnagede BM 29

3. étude de l'adsorption du BM par EPT 29

4. Etude cinétique de l'adsorption de BM par l'EPT 29

Chapitre Ⅳ: Résultats et discussions

1. Résultats de la variation de masse de bio adsorbant, la vitesse et de taux d'agitation sur l'élimination de bleu de méthylène 30

1.1. Effet de 1g de la poudre d'EPT et une vitesse d'agitation de 100trs /min sur l'adsorption de BM 30

1.2. Effet de 1,5g de la poudre d'EPT et une vitesse d'agitation de 100trs /min sur l'adsorption de BM 31

1.3. Effet de 2g de la poudre d'EPT et une vitesse d'agitation de 100trs /min sur l'adsorption de BM 32

1.4. Effet de 2,5g de la poudre d'EPT et une vitesse d'agitation de 100trs /min sur l'adsorption de BM 33

1.5. Effet de 1g de la poudre d'EPT et une vitesse d'agitation de 180trs /min sur l'adsorption de BM 34

1.6. Effet de 1,5g de la poudre d'EPT et une vitesse d'agitation de 180trs /min sur l'adsorption de BM 35

1.7. Effet de 2g de la poudre d'EPT et une vitesse d'agitation de 180trs /min sur l'adsorption de BM 36

1.8. Effet de 2,5g de la poudre d'EPT et une vitesse d'agitation de 180trs /min sur l'adsorption de BM 37
2. Discutions des résultats 38
Conclusion générale et prescriptive
Reference bibliographique
Résumé

Liste des abréviations

BM : bleu méthylène

EPT : Epluchure de pomme de terre

AMM : Autorisation de Mise sur le Marché

Liste des figures

Figure 01 : Structure chimique des colorants azoïques.

Figure 02 : Structure chimique des colorants indigoïdes.

Figure 03 : Structure chimique des colorants anthraquinoniques.

Figure 04 : Structure chimique de colorantes xanthines

Figure 05 : Structure chimique des colorants nitrés et nitrosés.

Figure 06 : Structure chimique de bleu de méthylène.

Figure 07 : Schéma simplifié illustratif du phénomène d'adsorption.

Figure 08 : Types d'adsorption.

Figure 09 : Mécanisme du transfert d'un adsorbat vers le site d'adsorption au seind'un grain d'adsorbant.

Figure 10 : la composition biochimique moyenne d'un tubercule de pomme de terre.

Figure 11 : Eplucheurs de pomme de terre à l'état brut.

Figure 12 : Lavage des éplucheurs de pomme de terre.

Figure 13 : Séchages des éplucheurs de pomme de terre à 60°c:

Figure 14 : Les éplucheurs de pomme de terre après broyage

Figure 15 : Tamiseur utilisé

Figure 16 : Poudre des éplucheurs de pomme de terre obtenue

Figure 17 : Spectrophotomètre UV visible

Figure 18 : La courbe d'étalonnage de BM

Figure 19 : Effet des concertations initiales de BM sur le pourcentage d'adsorptionutilisant 1g d'EPT, Vitesse d'agitation 100 tr/min

Figure 20 : Effet des concertations initiales de BM sur le pourcentage d'adsorptionutilisant 1,5g d'EPT, Vitesse d'agitation 100 tr/min

Figure 21 : Effet des concertations initiales de BM sur le pourcentage d'adsorptionutilisant 2g d'EPT, Vitesse d'agitation 100 tr/min

Figure 22: Effet des concertations initiales de BM sur le pourcentage d'adsorptionutilisant 2,5g d'EPT, Vitesse d'agitation 100 tr/min

Figure 23 : Effet des concertations initiales de BM sur le pourcentage d'adsorptionutilisant 1g d'EPT, Vitesse d'agitation 180 tr/min

Figure 24 : Effet des concertations initiales de BM sur le pourcentage d'adsorptionutilisant 1.5g d'EPT, Vitesse d'agitation 180 tr/min

Figure 25 : Effet des concertations initiales de BM sur le pourcentage d'adsorptionutilisant 2g d'EPT, Vitesse d'agitation 180 tr/min.

Figure 26 : Effet des concertations initiales de BM sur le pourcentage d'adsorptionutilisant 2,5g d'EPT, Vitesse d'agitation 180 tr/min.

Liste des tableaux

Tableau 01 : Principaux groupes chromophores et auxochromes classés par intensité croissante

Tableau 02 : Caractéristiques du bleu de méthylène

Tableau 03 : comparaison entre les deux types d'adsorption

Introduction

Introduction générale

La protection de l'environnement est devenue une préoccupation majeure de notre société, encourageant donc le développement de procédés pour l'amélioration des méthodes de dépollution, tout en axant sur la réduction des facteurs sources de pollution (Rachel,1962).

La pollution de l'eau est aujourd'hui un problème sérieux, ceci est le résultat de l'utilisation intensive de polluants organiques et minéraux provenant de sources agricoles, urbaines et industriels, les colorants synthétiques utilisés dans l'industrie textile sont représentatifs de ce type de polluants (Pierre, 1980).

Parmi les contaminants présents dans les eaux usées textiles, les colorants nous intéressent, en effet, certains d'entre eux sont très stables et donc difficiles à biodégrader. La complexité de sa structure chimique est principalement due à la présence de cycles aromatiques (Djemah, *et al.* 2016).

Le traitement de ces eaux reste un défi majeur, notamment pour les pays en développement, aussi on peut dire que les traitements biologiques traditionnels sont souvent inappropriés et le développement de technologies plus efficaces et plus spécifiques est impératif (Nyer,2008).

Diverses techniques ont été utilisées pour éliminer les colorants présents dans les eaux usées. Ils sont différents les uns des autres et peuvent être cité à titre d'exemples l"adsorption, l"électrolyse, la flottation, la précipitation (Kumaret*al*, 2012)

Le processus d'adsorption a attiré notre attention comme solution possible aux problèmes soulevés dans ce manuscrit en raison de sa simplicité, de son efficacité et de son coût relativement faible. Cependant, la rentabilité des procédés de séparation par adsorption dépend fortement de l'adsorbant utilisé (Djemah*et al.,2*016).

Ce travail contribue à l'étude de l'efficacité de la poudre des pelures de pomme de terre en éliminant le colorant bleu de méthylène cationique des solutions synthétiques grâce à un processus d'adsorption. L'efficacité de cet adsorbant dans les processus de décontamination connaît un grand succès, mais son utilisation est parfois limitée (Boumchita et *al*. 2016). L'influence de plusieurs paramètres tels que : la vitesse de l'agitation, la masse de l'adsorbant, , le temps de contact et de la concentration initiale en colorant ont été étudiés.

Notre travail est entamé par cette introduction générale qui donne une idée sur l'importance du thème abordé tout en exposant clairement l'objectif visé.

Pour cela, notre plan de travail se divise en deux grandes parties, une partie théorique et une partie pratique.

Partie théorique : cette première partie est composée de deux chapitres qui sont les suivant ;

- Chapitre I : décrit des généralités sur les colorants.
- Chapitre II : dans ce chapitre la théorie d'adsorption est présentée ;

Partie pratique : la deuxième partie est consacrée pour la présentation de l'étude expérimentale, cette dernière est divisée en deux chapitres ;

- Le chapitre III décrit le protocole expérimental, les méthodes et le matériel utilisé,
- Le dernier chapitre (IV) dans lequel nous discuterons les résultats relatifs à l'adsorption du bleu de méthylène sur l'adsorbant utilisé.

Nous terminerons ce travail par une conclusion générale.

Chapitre Ⅰ : Généralités sur les colorants

1. Définition

Les colorants sont apparus, il y a plus de 4000 ans, afin de teindre des pièces d'art confectionnées à cette époque. Jusqu'à 1850, les colorants sont obtenus à partir d'éléments naturels tels que les extraits de plantes, de fruits, de fleurs, de racines ou d'animaux (Capon et *al*., 1993).

Les colorants sont des composés généralement organiques, naturels ou synthétiques, qui ont la propriété de colorer durablement le support sur lequel ils sont appliqués. Il est défini comme étant un produit capable de teindre une substance d'une manière durable. Il possède des groupements qui lui confèrent la couleur appelés chromophores et des groupements qui permettent sa fixation auxochromes (Benamraoui, 2014).

Plus le chromophore donne facilement des électrons, plus la couleur est intense. Les autres groupes atomiques du chromophore peuvent être améliorés ou modifiés en couleur par le chromophore, et ils sont appelés chromophores auxiliaires. Une molécule de colorant est un chromogène.

Les colorants synthétiques sont basés sur leur structure chimique et leur application sur différents substrats (textiles, papier, cuir,) (Brevet, 1999).

2. Structure chimique des colorants

La structure chimique joue un rôle important dans la détermination des propriétés colorantes des composés organiques. Selon le type d'application et d'utilisation, ils doivent répondre à un certain nombre de critères afin de prolonger la durée de vie des produits sur lesquels ils sont appliqués (Ben Mansour , 2011).

2.1 Groupement chromophore

Il permet une absorption importante de lumière dans le domaine du visible ou de l'ultraviolet.

Il représente, par conséquent, la portion responsable de la couleur du composé. Pour les colorants organiques, les trois chromophores les plus importants sont l'azobenzène, le triphénylméthane et l'anthraquinone (Smith, 2020).

2.2. Groupement auxochromes

Dans le domaine visible, le déplacement de l'absorption vers des longueurs d'onde plus longues est dû à la présence d'auxochromophores dans les molécules de colorant couplées aux

chromophores. Par conséquent, l'agent auxiliaire est la partie qui affecte la force de la couleur et fixe efficacement le colorant au support. Si la fréquence d'absorption diminue, cet effet est appelé effet rouge (Smith, 2020).

Tableau 01 : Principaux groupes chromophores et auxochromes classés par intensité croissante (Smith, 2020)

Groupe chromophore	**Groupe auxochrome**
Azo (–N=N–)	Amino (–NH2)
Nitroso (–NO ou -N-OH)	Méthylamino (–NHCH3)
Carbonyl (=C=O)	Diméthylamino (–N(CH3)2)
Vinyl (–C=C–)	Hydroxyl (–HO)
Nitro (–NO2 ou =NO-OH)	Alkoxyl (–OR)
Sulfure (>C=S)	Groupes donneurs d'électrons

3. Classification des colorants

Les colorants peuvent être soit inorganiques ou organiques, d'origine naturelle ou synthétique, la classification des colorants peut être faite selon leur structure chimique, ou selon le domaine d'application (Sbah et al., 2006).

3.1 Classification chimique

La classification selon la structure chimique est principalement basée sur les propriétés des chromophores, qui forment le squelette nécessaire à la coloration des molécules. Tous les chromophores ont une série de doubles liaisons conjuguées dans leur structure moléculaire, dont les plus courantes sont les cycles aromatiques ou pseudo aromatiques. D'autre part, les pigments auxiliaires sont des groupes non abrasifs tels que NH2, OH, COOH et SO3H, ils assurent la solubilité dans l'eau, mais surtout l'établissent d'un lien plus ou moins fort entre les deux colorants et substrats. Les pigments auxiliaires définissent la classe des colorants comme suit : La présence de groupes amino est caractéristique des colorants basiques, les groupes acides sulfonique sont caractéristiques des colorants acides (même si des groupes

amino sont présents).

Le classement des colorants selon leur structure chimique se fonde sur la nature du chromophore, ce qui amène à distinguer les principales familles suivantes :

3.1.1 Les colorants azoïques

Les colorants azoïques sont caractérisés par la présence au sein de la molécule d'un groupement azoïque (-N=N-) dépendant de deux noyaux benzéniques. Cette catégorie de colorant est actuellement la plus désignée sur le plan de l'application, puisqu'ils représentent plus de 50 % de la production mondiale de matières colorantes (Abdessemed, 2009).

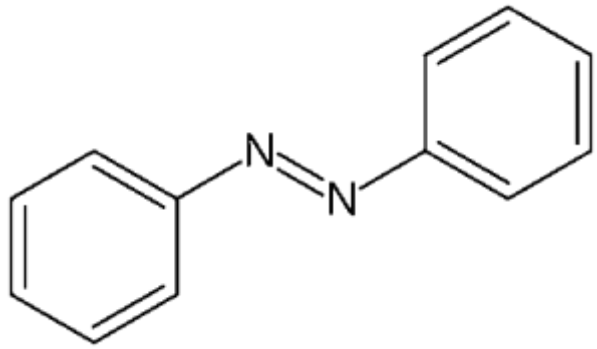


Figure 01 : Structure chimique des colorants azoïques

3.1.2 Colorants indigoïdes

Ils tirent leur appellation de l'indigo dont ils dérivent. Ainsi, les homologues séléniés, soufrés et oxygénés du bleu indigo provoquent d'importants effets hypsochromes avec des coloris pouvant aller de l'orange au turquoise (Moncada et al., 1991).

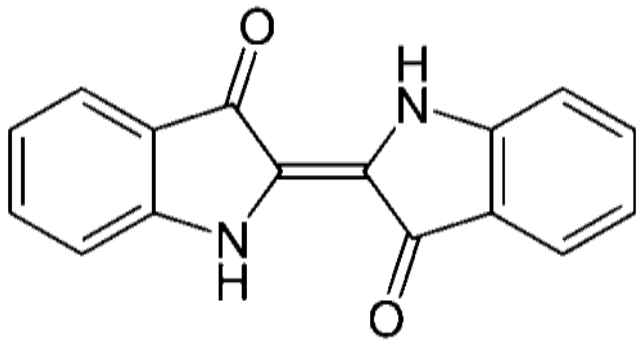


Figure 02 : structure chimique des colorants indigoïdes (Moncada et al., 1991).

3.1.3Colorants anthraquinoniques

Ces colorants sont les colorants les plus importants après les colorants azoïques. Leur formule générale est dérivée de l'anthracène, ce qui indique que le chromophore est un noyau auquel un groupe hydroxyle ou amino peut être attaché (Lillie, 1993).

L'anthraquinone constitue un chromogène très important, qui conduit à des colorants par introduction de radicaux auxochromes OH, NH2, NR2.

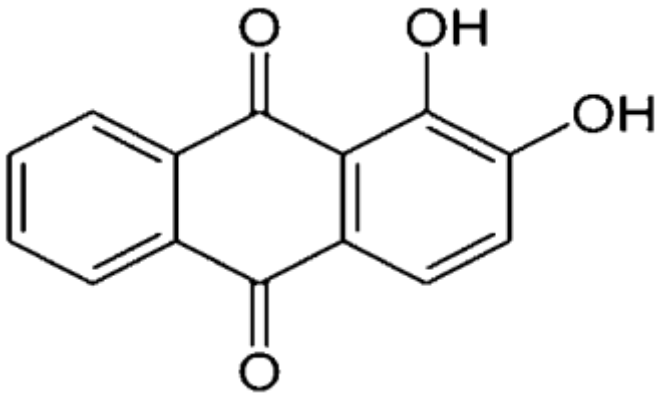


Figure 03 : structure chimique des colorants anthraquinoniques (Lillie, 1993).

3.1.4 colorant xanthines

Les xanthines sont des composés organiques tricycliques. Ils sont constitués d'un cycle de pyrame encadré par deux cycles de benzène. Les colorants de cette famille sont caractérisés par une intense fluorescence. Ils sont utilisés comme colorants alimentaire, cosmétique, textile et pour l'impression (Tavelieva et al., 2013).

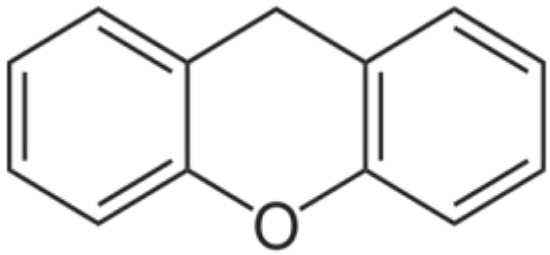


Figure 04 : structure chimique des colorants xanthines (Tavelieva et al., 2013).

3.1.5 Colorants nitrés et nitrosés

Ils forment une classe de colorants très limitée et relativement ancienne. Ils sont encore utilisés aujourd'hui en raison de leur prix très modéré, lié à la simplicité de leur structure moléculaire, qui se caractérise par la présence d'un groupe nitro (-NO2) ortho au groupe donneur d'électrons (hydroxyle ou amino) (Barka, 2008

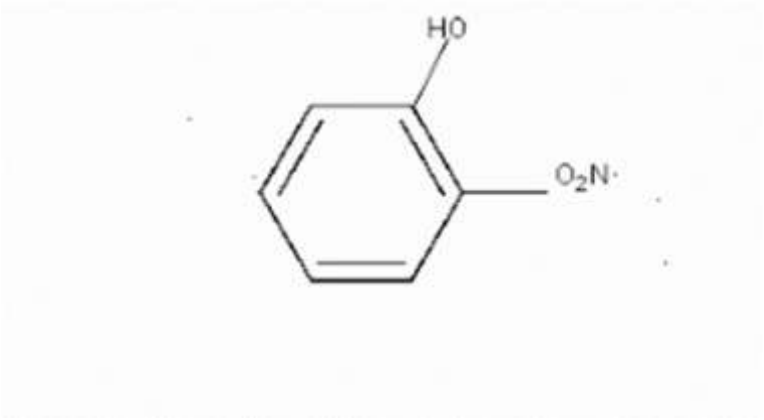


Figure 05 : structure chimique des colorants nitrés et nitrosés) (Barka, 2008).

3.2. Classification des colorants selon le domaine d'application

3.2.1. Colorants acides ou anionique

Ils sont solubles dans l'eau, grâce à leurs groupements sulfonates ou carboxylates, ainsi dénommés parce qu'ils permettent de teindre les fibres animales (laine et soie) et quelques fibres acryliques modifiées (nylon, polyamide) en bain légèrement acide. L'affinité colorant-

fibre est le résultat de liaisons ioniques entre la partie acide sulfonique du colorant et les groupements amino des fibres textiles (Kumar et al., 2013).

3.2.2. Colorants basiques ou cationiques

Ils sont des sels d'amines organiques, donc ayant une bonne solubilité dans l'eau. La liaison se forme entre les sites cationiques du colorant et les sites anioniques de la fibre sur scène.

Ces colorants disparaissent progressivement dans la teinture de la laine et de la soie, mais du fait du regain d'intérêt pour les fibres acryliques, ils peuvent produire des teintes très vives et durables sur les fibres acryliques (Hazourli et *al*., 2007).

3.2.3. Colorants de cuve

Les colorants de cuve sont des colorants insolubles dans l'eau. Ils appartiennent à la classe chimique des anthraquinones et à celle des indigoïdes, leurs qualités de résistance notamment en font un des groupes les plus importants des colorants synthétiques (Hazourli et al., 2007).

3.2.4. Colorants dispersés

Les colorants dispersés (ou dispersifs) donnent des couleurs stables à la lumière, aux acides, au formaldéhyde et aux actions thermiques. Ils sont non-ioniques, insolubles dans l'eau et sont utilisés pour la coloration sous forme de dispersion aqueuse. Ils sont importants pour la teinture de l'acétate de cellulose et des fibres synthétiques (Djeralfia, 2015).

3.2.5. Colorants réactifs

Les colorants réactifs constituent la classe de colorants la plus récente sur le marché. Leur utilisation est très importante, notamment dans le domaine de l'habillement, il faut signaler que la résistance à la lumière, est suffisante que pour les applications en mobilier (Grah,2009).

4. Bleu de méthylène

4.1. Définition

Le bleu de méthylène (BM) est un colorant azinique (thiazine) de la famille basique ou cationique, aussi appelé chlorure de bis-(dimethylamino)- 3,7 phenazathionium. Le bleu de méthylène existe comme une poudre vert foncé sous plusieurs formes hydratés (monohytraté, dihydraté, trihydraté et pentahydraté) et le plus courant utilisé est le trihydraté (Satake et *al*., 1995). Ce colorant est couramment utilisé en adsorption comme modèle de contaminant organique en raison de sa structure moléculaire stable. Dans la réaction de réduction, le bleu de méthyle se transforme en leuco méthylène incolore, due à la perte du doublet libre de l'azote et introduction d'un atome d'hydrogène (Baghriche, 2015).

Les dérivés du bleu de méthylène sont : Azure de méthylène C16H18N3SO2, violet de méthylène C 14 H 12 N 2 SO, rouge de méthylène C 16 H 18 N 4 S, 2(HCl), la base libre du bleu de méthylène C 16 H 18 N 3 SOH. (Vedantu 2023)

Tableau 02 : caractéristiques du bleu de méthylène

Formule brute	**Masse molaire (g/mol^{-1})**	**Solubilité dans l'eau à 20°C ($g.L^{-1}$)**	**Température du fusion (°C)**
C16H18ClN3S, x H2O	319,85	50	190

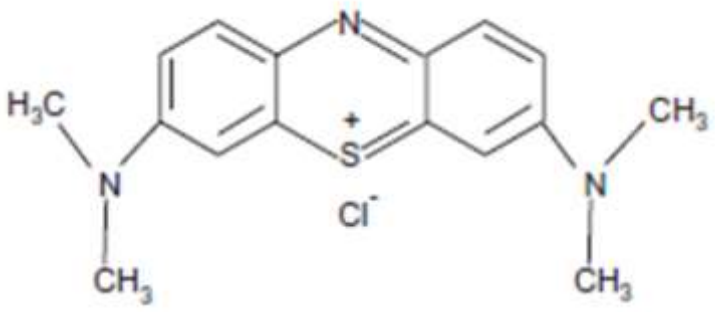


Figure 06 : structure chimique de bleu de méthylène (Hideo et *al*.,1995)

4.2. Domaine d'utilisation de BM

Le bleu de méthylène est utilisé intensivement dans différents domaines tels que : la chimie, la médecine, l'art dentaire et l'industrie des colorants (Wilson,1907).

Le bleu de méthylène est également présent en tant qu'antiseptique, en association avec un vasoconstricteur, dans le Collyre Bleu Laiter destiné à traiter les conjonctivites non infectieuses (Drug,2022).

Le bleu de méthylène peut également être utilisé comme colorant en chirurgie (sous la forme notamment d'un dispositif médical commercialisé sous le nom de ProveDye, dans les tests

D'étanchéité d'une suture, de perméabilité tubaire (par exemple des trompes utérines lors d'une hystérosalpingographie) ou pour la délimitation des tissus.

Quelques utilisations du bleu de méthylène hors AMM, c'est-à-dire en dehors de son indication officielle, sont parfois retrouvées en médecine comme traitement de recours en chimiothérapie anti-cancéreuse pour éviter les effets neurotoxiques (encéphalopathies) de

L'ifosfamide, ou encore dans des cas de choc vasoplégique (vasodilatation des vaisseaux sanguins par dérégulation du taux de monoxyde d'azote) de par son effet inhibiteur de la guanylatecyclase (Schwartz et *al*., 1994)

4.3. Toxicité de bleu de méthylène

Les données toxicologiques liées à l'utilisation du bleu de méthylène chez l'homme sur de nombreuses années indiquent qu'à ce jour il n'y a aucun danger à utiliser ce produit comme médicament et que sa dose totale administrée ne doit pas dépasser 7 mg/kg (Véronique,è2012).

À fortes doses, il peut provoquer des douleurs thoraciques, des difficultés respiratoires, de l'anxiété, des tremblements, de l'hypertension artérielle et même une décoloration de la peau.

Le bleu de méthylène n'est pas très dangereux, mais il a des effets nocifs sur les organismes vivants et les plans d'eau. Les principales conséquences des effets néfastes des colorants sont les suivants :

a. Eutrophisation

Sous l'action de microorganismes, les colorants libèrent des nitrates et des phosphates dans le milieu naturel. L'introduction d'une trop grande quantité de ces ions minéraux peut être toxique pour les poissons et altérer la production d'eau potable.

Leur consommation par les plantes aquatiques accélère leur prolifération anarchique et entraine un appauvrissement en oxygène en inhibant la photosynthèse dans les parties les plus profondes des rivières et des eaux stagnantes (Errais, 2011).

b. Sous oxygénation

Lorsque de grandes quantités de matière organique pénètrent dans le milieu aquatique via des rejets occasionnels, les processus de régulation naturels ne parviennent plus à compenser la consommation d'oxygène des bactéries. Les micro-organismes dégradent 7 à 8 milligrammes de matière organique, soit suffisamment pour consommer l'oxygène contenu dans un litre d'eau (Manahan, 1994).

c. Couleur, turbidité, odeur

L'accumulation des matières organiques dans les cours d'eau induit l'apparition de prolifération bactérienne, odeurs pestilentielles et des colorations anormales sachant qu'une coloration pouvait être perçue par l'œil humain à partir de 5.10 -6 g/L. En dehors de l'aspect inesthétique, les agents colorants ont la capacité d'interférer avec la transmission dans l'eau, bloquant ainsi la photosynthèse des plantes aquatiques (Pagga et al., 1986).

d. Persistance

Les colorants organiques synthétiques sont des composés qui ne peuvent pas être purifiés par biodégradation naturelle. Cette persistance est étroitement liée à sa réactivité chimique

(Zawadzki, 2004).

•Les composés insaturés sont moins persistants que les composés saturés,

• Les alcanes sont moins persistants que les aromatiques,

• La persistance des composés aromatiques augmente avec le nombre de substituants,

• Les substituants halogènes améliorent d'avantage la persistance du colorant que les substituants halogènes.

5. Procédé de traitement des colorants

Les quantités importantes d'émissions organiques rejetées par les industries ou lors des différentes étapes de production des teintures sont principalement dues au manque d'affinité avec les surfaces destinées à être teintées ou colorées. Ces rejets contiennent des substances toxiques qui ont des effets nocifs et nécessitent le recours à des techniques de dépollution spécialisées. Le traitement des colorants et des matériaux associés est donc crucial (Haddoum et *al.*, 2015).

La composition diversifiée de ces polluants nécessite toujours le développement d'une chaine de traitement assurant l'élimination progressive des différents contaminants par étapes consécutives.

La première étape consiste à éliminer la pollution qui ne peut pas se dissoudre en utilisant des méthodes de prétraitement telles que le criblage, le dessablage, le déshuilage et d'autres techniques. De plus, les substances solides et liquides sont séparées au cours de traitement.

Dans une deuxième phase, il y aura des méthodes impliquant des traitements physiques ou physico-chimiques. Selon (Barclay et Buckley 1972) le processus de décontamination, largement utilisé dans diverses industries, peut être classé en trois étapes distinctes : traitement biologique, physique et chimique (Vincent, 2008).

5.1. Traitement biologique

Ce traitement utilise divers mécanismes qui reposent tous sur des micro-organismes, notamment des bactéries, pour éliminer efficacement les composants hydrosolubles. De plus, il s'agit d'une approche traditionnelle largement utilisée en raison de sa simplicité et de son rapport coût-efficacité (Metcalf et Eddy, 1994).

5.2. Traitement physique

Pour ce traitement, une membrane semi-perméable est utilisée pour piéger les polluants, avec une taille de pores inférieure à celle des molécules ciblées pour l'élimination. Quatre catégories distinctes peuvent être identifiées (Kheloufi et al., 2020).

5.2.1. Filtration sur membrane

La filtration sur membrane pilotée par pression hydraulique se subdivise en microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration et osmose inverse. L'effluent passe à travers une membrane

semiperméable qui retient en amont les contaminants de taille supérieure audimètre des pores, pour produire un perméat purifié et un concentrât qui reçoit les impuretés minérales ou organiques. Selon (Taylor et Jacobs, 1996), parmi les quatre types de procédés, la nanofiltration et l'osmose inverse sont les plus adaptés à la réduction partielle de la couleur et des petites molécules organiques. La nanofiltration s'applique surtout au traitement des bains de teinture de colorants réactifs en agissant comme un filtre moléculaire tandis que la microfiltration retient les matériaux colloïdaux tels que les colorants dispersés ou de cuve.

L'ultrafiltration ne s'applique qu'à la réduction de la DCO et des solides en suspension et ne se montre réellement efficace qu'en combinaison avec la coagulation/floculation.

5.2.2. Adsorption

Les matériaux adsorbants peuvent être utilisés pour éliminer plusieurs colorants des eaux usées tell que le charbon actif, est l'adsorbant le plus communément utilisé pour la réduction de la couleur (à cause de sa capacité d'adsorption élevée), il est capable d'adsorber la plupart des colorants (Taylor et al., 1996).

5.3. Traitement chimique

Les procédés d'oxydation sont très souvent utilisés pour la décoloration des effluents, mais ils sont généralement utilisés en combinaison avec d'autres procédés. Les méthodes les plus connues sont la chloration et l'ozonation (Uygur, 1997)

5.3.1. Chloration

Elle est utilisée directement soit avec du chlore liquide, soit des solutions de dioxyde de chlore. Elle présente un succès certain pour la biodégradation des colorants, mais elle est toutefois inefficace contre les colorants dispersés (Haddoum et al., 2015)

5.3.2. Ozonation

L'ozone a une action oxydante et attaque préférentiellement les molécules colorantes au niveau de leur double liaison. La décoloration des colorants acides, métallifères, cationiques, directs, réactifs est le plus souvent très efficace avec des doses en ozone raisonnable (50 à 100 mg/l). Les colorants dispersés et de cuve sont difficilement décolorés par l'ozone même avec des doses importantes (Marmagane, 1996).

5.4. Traitement physicochimique

5.4.1. Coagulation-floculation

Sous le terme de coagulation-floculation, on entend tous les processus physicochimiques par lesquels des particules colloïdales ou des solides en fine suspension sont transformés par des floculant chimiques en espèces plus visibles et séparables (les flocs). Les flocs formés sont ensuite séparés par décantation et filtration puis évacués. Les coagulants inorganiques tels que

L'alun donnent les résultats les plus satisfaisants pour la décoloration des effluents textiles contenant des colorants dispersés, de cuve et au soufre, mais sont totalement inefficaces pour les colorants réactifs, azoïques, acides et basiques. Par ailleurs, la coagulation - floculation ne peut être utilisée pour les colorants fortement solubles dans l'eau. D'importantes quantités de boue sont formées avec ce procédé : leur régénération ou réutilisation reste la seule issue mais demande des investissementssupplémentaires (Errais, 2011).

Chapitre II : Théorie de l’adsorption

1.Definition

Le terme adsorption a été proposé pour la première fois par Kayser (1881) veut dire l'aptitude de certains solide a concentres spécifiquement a leur surfaces des constituants d'une solution permettant ainsi leur séparation(le gaz ou le liquide se lie a la surface du solide).

L'adsorption est l'une des technologies fréquemment utilisées dans le traitement de l'eau et d'eaux usées industrielles. Le principe repose sur les propriétés des solides qui immobilisent certains contaminants comme les colorants textiles) à leur surface.
L'adsorption, à ne pas confondre avec l'absorption, est un phénomène de surface dans lequel des molécules de gaz ou de liquide adhèrent à la surface solide d'un adsorbant(Blazyp, 1994).

Cette adsorption se produit spontanément et s'accompagne d'une diminution de l'énergie libre du système. Il s'agit toujours d'un phénomène fébrile. En étudiant l'équilibre d'adsorption, il est possible de déterminer le degré maximal de séparation que l'on peut obtenir dans des conditions thermodynamiques donnés. La vitesse d'approche de l'équilibre fait l'objet de l'étude cinétique d'adsorption. Cela dépend de la vitesse á laquelle les composants du mélange séparé se diffusent dans l'adsorbant et le liquide (Akinson, 1988). La figure N°07 montre un schéma illustratif du phénomène d'adsorption.

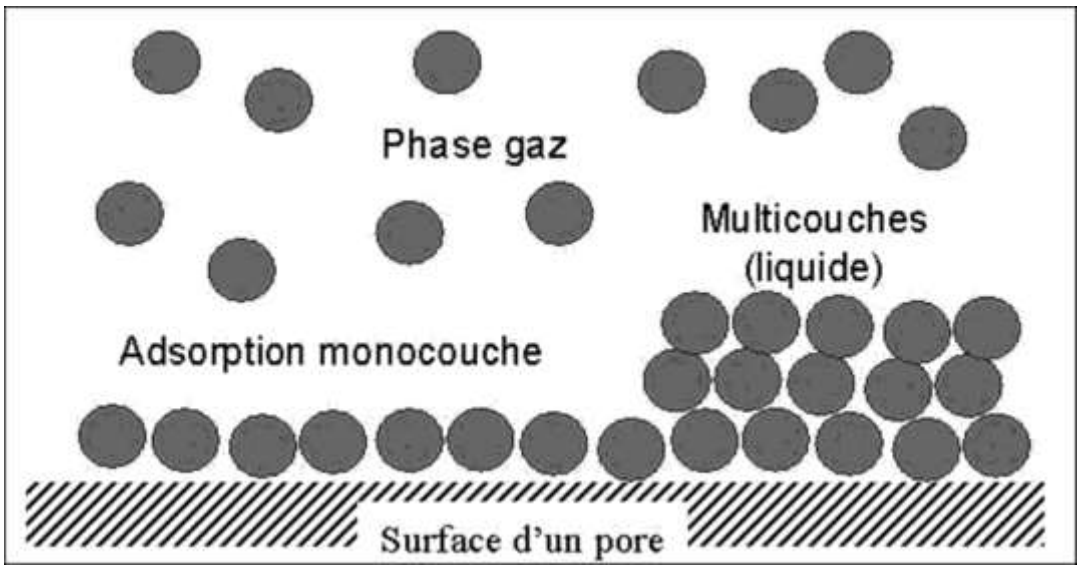


Figure 07 : Schéma simplifié illustratif du phénomène d'adsorption. (Rouquerol***et al.,***1999)

2. Types d'adsorption

Les études du phénomène d'adsorption montre que la nature de celle-ci varie selon les situations étudiées, on distingue deux types d'adsorption qui différent par leur nature de fixation et par les énergies mises en jeu, la figure N°08 la montre.

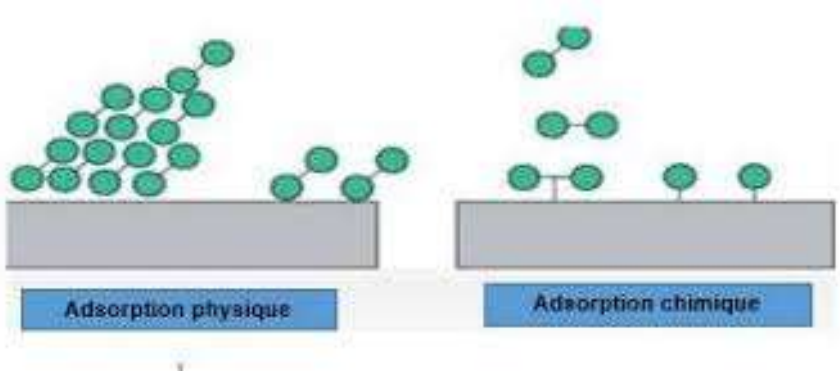


Figure 08 : Types d'adsorption**(Brunauer *et al.*,**1938)

2.1Adsorption physique (physisorption)

C'est une adsorption qui se produit lorsque les forces qui fixent l'adsorbat dans une couche à la surface de l'adsorbant sont du même ordre que les forces de Van der Waals, on parle alors d'une liaison de type électrostatique (Khelifa*et al.*, 2022).

C'est un processus instantané car la vitesse d'adsorption est très rapide. Ce type d'adsorption est favorisé par une diminution de la température car elle se caractérise par une réversibilité (Mackay *et al.*, 1988).

2.2 Adsorption chimique (chimisorption)

L'adsorption chimique résulte, par contre, de l'établissement de liaisons chimiques souvent de nature covalente ou ionique comme dans le cas de l'échange d'ions (couple décharges opposées). Dans ce type d'adsorption, le phénomène de fixation peut être irréversible et conduit à la modification chimique de l'espèce adsorbée (Ouslimani, 2012).

Letableau 03 représente une comparaison entre les deux types d'adsorption qui peuvent intervenir dans les mécanismes d'adsorption (Mackay *et al.*, 1988).

Tableau 03 : comparaison entre les deux types d'adsorption.

Paramètre	**Adsorption physique**	**Adsorption chimique**
Chaleur d'adsorption	Quelques kcal/mol	Quelques dizaines de kcal/mol
Nature de liaison	Van der Waals	Covalente
Spécificité	Processus non spécifique	Processus spécifique
Température	Relativement basse comparée à la température d'ébullition de l'adsorbant	Plus élevé que la température d'ébullition
Réversibilité	Réversible pour les solides non poreux	Irréversible
Cinétique	Très rapide	Très lente
Nature de couche	Formation de la monocouche et multicouche	Formation de la monocouche
Énergie d'activation	Non appréciable	Importante
Désorption	Facile	Difficile
Individualité	Individualité des molécules est conservé	Destruction de l'individualité des molécules

3. Mécanisme d'adsorption

L'adsorption se produit principalement en plusieurs étapes. La figure ci-dessous (figure n° 09) représente un matériau (adsorbant) avec les différents domaines dans lesquels peuvent se trouver les molécules organiques ou inorganiques qui sont susceptible de rentrer en interactions avec le solide.

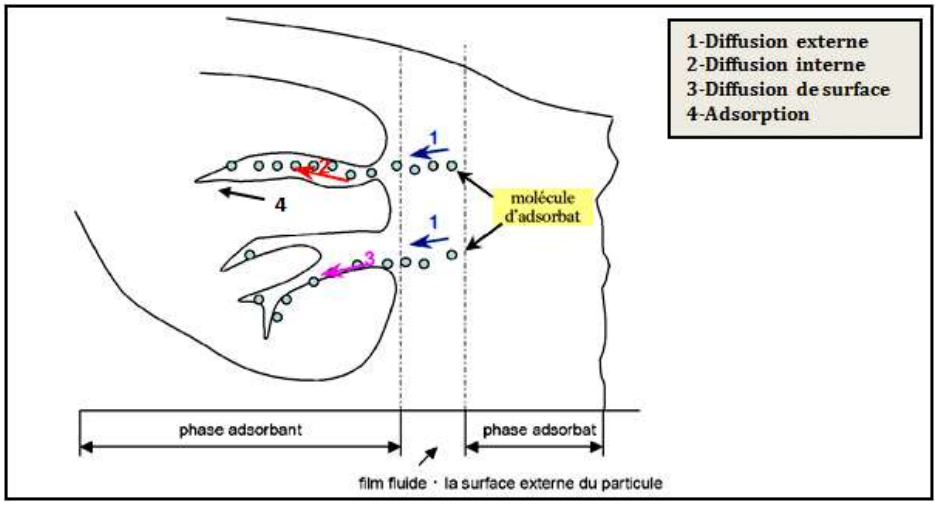


Figure 09 : Mécanisme du transfert d'un adsorbat vers le site d'adsorption au sein d'un grain d'adsorbant (douglas, 1984).

Selon Kouadir (2019), le transfert d'une phase liquide contenant l'adsorbat (molécule qui s'adsorbe) vers une phase solide (l'adsorbant) avec rétention de soluté à la surface de l'adsorbant peut être décomposé en plusieurs étapes:

a. **Diffusion externe :** Elle correspond au transfert du soluté (molécules de la phase liquide ou gazeuse) au sein de la solution à la surface externe de l'adsorbant.

Le transfert de matière dépend de l'écoulement du liquide sur la surface de l'adsorbant.

b. **Diffusion interne** : Les molécules du liquide pénètrent à l'intérieur des pores.

La diffusion dépend du gradient de concentration du soluté.

c. **Diffusion de surface :** Elle correspond à la fixation des particules à la surface des pores de l'adsorbant (Khouda, 2022).
d. **L'adsorption :** Le processus d'adsorption se fait au contact des sites actifs, une fois adsorbée, la molécule est considérée comme immobile.

4. Facteurs influençant l'adsorption

L'adsorption est un phénomène qui est influencée par plusieurs paramètres liées au support et au substrat, il s'agit de :

4.1. Nature de l'adsorbat

Les propriétés physico-chimiques de l'adsorbat sont fondamentales et ont un rôle important lors de son adsorption sur une surface solide. Les propriétés suivantes de l'adsorbat doivent être considérées :

4.1.1. Solubilité

Plusieurs chercheurs ont montré que les constantes d'adsorption ont tendance à être plus importants quand la solubilité du composé diminue (Gao *et al.,* 1988) Selon la loi de Lundenius, "moins une substance est soluble dans le solvant, meilleure est l'adsorption". Selon la loi de Traube, l'adsorption à partir de solutions aqueuses augmente lorsqu'elle passe à travers une série d'homologues.

4.1.2. Polarité

Un soluté polaire aura plus d'affinité pour un solvant ou pour l'adsorbant le plus polaire. Les solides polaires adsorbent généralement préférentiellement d'autres corps polaires. Les solides non polaires, en revanche, adsorbent préférentiellement des substances non polaires, et leur affinité pour le substrat augmente avec le poids moléculaire de l'adsorbant (Bougdah, 2007).

4.1.3. Orientation des molécules

L'orientation des molécules adsorbées en surface, dépend des interactions entre la surface et les molécules adsorbées en solution. Il est difficile de prévoir l'orientation des molécules d'adsorbat sur le solide (Suzuki, 1990).

4.2. Nature de l'adsorbant

Le choix d'adsorbant doit tenir compte aux critères suivants :

4.2.1. Surface spécifique

La surface spécifique est définie comme étant la surface par unité de masse, exprimée en m^2/g (Wilson, 1964). Elle une donnée essentielle de la caractérisation des solides et des matériaux poreux. Cette grandeur désigne la surface accessible rapportée à l'unité de poids d'adsorbant (Krupka, 1999). Pour atteindre un effet d'adsorption important, il est nécessaire que la surface de l'adsorbant soit la plus grande possible.

4.2.2. Porosité

La principale caractéristique d'un adsorbant est sa porosité. Cette caractéristique est souvent plus importante que les propriétés chimiques de l'adsorbant. La taille de la molécule doit être inférieure au diamètre des pores de l'adsorbant. Cela permet à la molécule de diffuser rapidement dans le volume poreux et d'atteindre le site d'adsorption (Bouzine, 2007).

4.2.3. Taille des particules

En effet, plus la taille est petite, plus la surface de contacte sera grande. Ce qui va alors augmenter son pouvoir de rétention. En outre, cette surface s'accroît lorsque le support est poreux.(Adamson,1997)

4.3 . Paramètres physico-chimiques du milieu

4.3.1. Température

La température a deux effets principaux sur le processus d'adsorption. L'augmentation favorise la diffusion des molécules à travers la couche limite externe et les pores internes des particules d'adsorbant (Brevet, 1999). L'augmentation de l'adsorption avec l'augmentation de la température indique que l'adsorption est endothermique.

4.3.2. Potentiel hydrogène (pH)

Le pH est un facteur important dans la recherche sur l'adsorption car il peut affecter la structure des adsorbants et des adsorbats, ainsi que le mécanisme d'adsorption. Ce facteur dépend de l'origine de l'eau à traiter et du mode de traitement (coagulation, agglomération, oxydation, etc.) (Lourghi,2014). Le pH a parfois un effet non négligeable sur les caractéristiques de l'adsorption. Dans la plupart des cas, les meilleurs résultats de l'adsorption sont acquis aux pH les plus faibles (Errais, 2011).

4.3.3 Concentration

Pour les faibles concentrations de produit a dissous, on observe, en général, que le taux d'adsorption en fonction de la concentration de substance dissoute suit la loi de Freunblich(Suzuki,1990).

4.3.4 Vitesse d'adsorption

Alors que l'adsorption physique des gaz ou des vapeurs par les adsorbants solides est extrêmement rapide, l'adsorption en phase liquide est beaucoup moins rapide. La viscosité de la solution doit être un facteur agissant sur la vitesse d'adsorption (Krukpa, 1999).

5. Cinétique de l'adsorption

Dans la littérature, différents modèles cinétiques ont été utilisés pour évaluer le processus d'adsorption. Deux modèles, pseudo-premier ordre et pseudo-deuxième ordre, sont les plus étudiés afin de modéliser la cinétique d'adsorption et de déterminer certains paramètres cinétiques comme la constante de vitesse et la quantité adsorbée à l'équilibre. (Lagergren*et al.*, 1898) .

5.1. Modèle cinétique pseudo-première ordre (modèle Lagergren)

Lagergrenen1998a proposé un modèle cinétique de pseudo-premier ordre exprimé par la relation suivante (Yuh-Shan, 2004) :

$$dq_t/dt = K1(qe-qt)$$ (Yuh-Shan, 2004)

Avec :

K1 : la constante de vitesse pour une cinétique du pseudo-premier ordre (min-1) ;

qt: la capacité d'adsorption à l'instant « t » (mg/g).

qe: la capacité d'adsorption à l'équilibre (mg/g).

L'intégration de l'équation pour les conditions aux limites :

qt= 0 à t = 0 et qt =qt, devient:

t=t *l*n (qe / qt) = *l*nqe- (K1/2,303)

5.2. Modèle cinétique pseudo-deuxième ordre

Une expression également très souvent utilisée est celle du pseudo-deuxième ordre. Ce modèle suggère l'existence d'une chimisorption, un échange d'électrons par exemple entre molécule d'adsorbat et l'adsorbant solide (McKay, 1999). Il est obéi à la relation suivante :

$$(dqt / dt) = K_2 (qe - qt)^2$$(McKay, 1999)

Avec :

K_2: la constante de vitesse pour une cinétique du deuxième ordre (g.mg-1.min-1).

En intégrant l'équation pour les conditions aux limites qt= 0 à t = 0 et qt = qtàt =t, on trouve :

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{K2(qe)^2} + \frac{t}{qe}$$ (McKay, 1999)

6. Bio-adsorbants

Depuis plus de 2000 ans, des substances naturelles appelées bio-adsorbants (bioproduits, biopolymères …) ont été utilisés pour le traitement des eaux en Inde, en Afrique et en Chine.

Ils sont riches en ressources, renouvelable, biodégradable et abordable. D'un point de vue chimique, ils contiennent de grandes chaînes moléculaires dotées de nombreuses fonctions chimiques très réactives (Crini*et al.*, 2007).

Les bioadsorbants peuvent être d'origine naturelle ou fabriqués à partir de matériaux biologiques. Leur origine naturelle peut être végétale, animale, fongique ou bactérienne. Les exemples incluent des matériaux comme les algues, les bactéries, les champignons, les déchets agricoles, les coquilles d'organismes marins, etc. Ils peuvent également être produits par des organismes génétiquement modifiés pour exprimer des protéines ou des structures spécifiques qui favorisent l'adsorption. (Vijayaraghavan et Yun, 2008).

6.1 Définition de biosorption

La biosorption correspond à l'utilisation de matériaux biologiques présentant un fort potentiel d'immobilisation des polluants par adsorption. Elle est considérée comme une alternative ou un complément aux méthodes traditionnelles et souvent coûteuses de traitement des eaux usées contenant des ions métalliques ou des colorants (Demirbas, 2008).

Ces matériaux agissent comme des adsorbants, c'est-à-dire qu'ils capturent les substances cibles à leur surface ou à l'intérieur de leur structure, souvent par des interactions physico-chimiques telles que l'adsorption, la chélation ou la précipitation.

6.2 Définition et origine des biosorbants

Les biosorbants sont des déchets agricoles et industriels ayant des propriétés intrinsèques qui leur confèrent une capacité d'adsorption (Bailey *et al.*, 1999).

Ces derniers désignent une grande variété de polymères, initialement appelés hydrates de carbone, dont les principaux sont selon leur abondance dans la nature, la cellulose, les hémicelluloses, la lignine, les tanins, les pectines, etc. (Khelfaoui, 2012). De par leur grande disponibilité et le faible coût lié à leur acquisition, les biosorbants ainsi que des polymères provenant de l'industrie pétrolière sont généralement appelés sorbants bon marché.

6.3 . Classification des biosorbants

Les biosorbants peuvent être regroupés en deux catégories : les biosorbants d'origine aquatique et ceux provenant du secteur agro-industriel.

6.3.1 Biosorbants d'origine aquatique

Les biosorbants d'origine aquatique désignent la biomasse, constituée à la fois d'espèces animales et végétales. Il est prouvé que la biomasse (vivante ou morte) possède de très bonnes capacités d'adsorption dues particulièrement à ses caractéristiques physicochimiques (Crini, 2006).

Toutefois, il est préférable d'utiliser la biomasse morte, car sont alors éliminés les problèmes de toxicité, d'alimentation et de maintenance du milieu de culture (Sekhar*et al.*, 1988).

6.3.2. Biosorbants d'origine agro-industrielle

Cette catégorie de biosorbants regroupe les matériaux d'origine végétale, provenant du secteur agricole ou d'une filière industrielle. Ce sont des matériaux riches en tanin qui, grâce aux groupements polyhydroxy-polyphénol, leur confère une grande efficacité dans la rétention des polluants (Elmyre, 2007).

6.4. Support organique : les épluchures de pomme de terre

L'Algérie peut être considérée comme un producteur de la pomme de terre, générant de grandes quantités d'épluchures. Ceci a encouragé le test de cette biomasse en tant qu'adsorbant pour l'élimination de colorants dans la présente étude. Les épluchures de pomme de terre se composent principalement d'amidon, de cellulose et d'eau (Roussele, 1996).

6.4.1. Forme des épluchures de pomme de terre

Les tubercules sont classés en trois grands types (Dominique, 2010) :

- **Les claviformes :** sont plus ou moins en forme de rein, comme la Ratte.

- **Les oblongs :** de forme plus ou moins allongée (un peu comme un kiwi).
- **Les arrondis :** sont souvent bosselés ; ce sont des variétés surtout destinées à produire de la fécule.

6.4.2 Couleur des épluchures de pomme de terre

On distingue deux couleurs ; de la peau et de la chair :

- **La couleur de la peau :** est généralement jaune, mais peut être rouge, noire, brune ou rosée.
- **La couleur de la chair :** elle est blanche, jaune plus ou moins foncée, rose ou violette selon les variétés (Boufares, 2012).

6.4.3 Composition biochimique de tubercule de la pomme de terre

Les caractéristiques morphologiques, chimiques et biochimiques du tubercule de la pomme de terre varient principalement en fonction de la variété, mais dépendent également des techniques culturales, des conditions climatiques et de l'âge physiologique de la pomme de terre (Delaplace, 2007).

La pomme de terre est un légume fort nutritif, sa teneur en eau est de l'ordre de 78%. Les glucides surtout constitués d'amidon, représentent 15% à 20% (figure n°04). Les protéines ne se présentent qu'à un taux de 1% à 2%. Il n'existe que des traces de lipides, les vitamines B1, B2, et C localisées au niveau de la pelure.

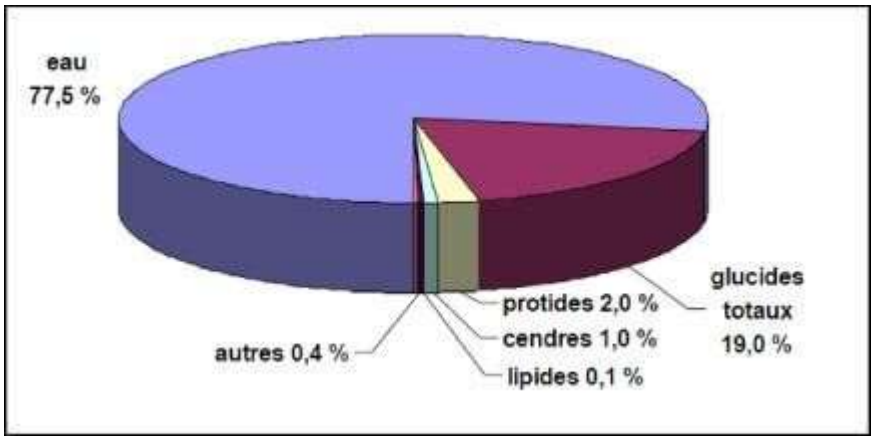


Figure 10 : la composition biochimique moyenne d'un tubercule de pomme de terre (Valsaraj*et al*.,2002)

Chapitre III : Matériel et méthodes

Le but

L'objectif de ce travail est d'étudier les performances de la poudre des épluchures de pomme de terre, et son application dans l'élimination d'un colorant azinique par adsorption, connu pour sa toxicité qui est le bleu méthyle contenu dans l'eau pollué

1. Origine et préparation de bio-adsorbant

Les matériaux utilisés dans cette étude ont été collectés dans un restaurant situé dans la wilaya de Tizi-Ouzou. La figure N°11 représente les épluchures de pomme de terre (EPT) dans son état brut.

La préparation de bio-adsorbant basé sur les EPT comprend quatre étapes physiques, à savoir: lavage, séchage à 60°C ,broyage et enfin tamisage.

Figure 11 : Eplucheurs de pomme de terre à l'état brut

1.1.Lavage

Les épluchures de pomme de terre ont été lavés plusieurs fois avec de l'eau du robinet pour l'élimination de la poussière et de l'amidon, puis un autre lavage avec l'eau distillée jusqu'à l'obtention des eaux de rinçage claires. La figure N°12 représente lavage d'EPT

Figure 12 : Lavage des éplucheurs de pomme de terre

1.2.Séchage

Le séchage de biomatériau a été réalisé dans un four pasteur à 60°C en vue de prévenir une éventuelle altération des propriétés physicochimiques de l'adsorbant et faciliter le broyage.

Figure 13 : Séchage des épluchures de pomme de terre dans un four pasteur à 60 °c

1.3.Le broyage

Afin d'obtenir des matériaux homogènes sous forme d'une poudre, plus ou moins fine, appropriée aux besoins de l'étude de laboratoire envisagé, un broyage a été réalisé qui nous a donné des particules de petite taille.la figure N°13 montre le broyage d'EPT

Figure 14 : Eplucheurs de pomme de terre après broyage

1.4.Tamisage

Les taille des particules de l'adsorbant sélectionné pour les essais d'adsorption ont été isolés au moyen d'un tamiseur de type SIEVE Mixeur, dont la dimension des mailles entre 0,5 et 1 Mm. La dernière étape consiste à stocker l'adsorbant préparé dans un dessiccateur. Jusqu'à utilisation. Les figures N°16 et N°17 montre le tamiseur utiliser et la poudre obtenue.

Figure 15 : tamiseur utilisé

Figure16 : poudre EPT obtenue

2. Préparation de l'adsorbat (bleu de méthylène)

2.1. Préparation de la solution mère de bleu de méthylène (BM)

La solution mère de BM a été préparée en dissolvant la poudre de BM à partir de formule chimique C16H18N3ClS mélangé dans de l'eau distillée jusqu'à dissolution. On obtient une solution avec une concentration initiale de 1 g/l.

2.2. Préparation de la courbe d'étalonnage de BM

Une série de fioles jaugées de 100 ml (V2) pour la préparation des concentrations souhaitées (C2). La loi de dilution est la suivante

$C1V1 = C2V2$ (Djemah et OuadiMerabet ,2016)

A l'aide d'un spectrophotomètre de marque Photo Lab. 6100VIS (figure 17). Nous avons déterminé que l'absorbance de la solution étalon à la longueur d'onde max est égale à 664 nm.

Figure 17 : Spectrophotomètre UV visible

Nous avons tracé par la suite, la droite d'absorbance A en fonction de la concentration des solutions filles de BM Ci (C2). Cette courbe correspond à la courbe d'étalonnage de BM, qui sert à la détermination de la concentration de BM des échantillons prélevés au cours des essais d'adsorption par le bio-adsorbant (EPT).

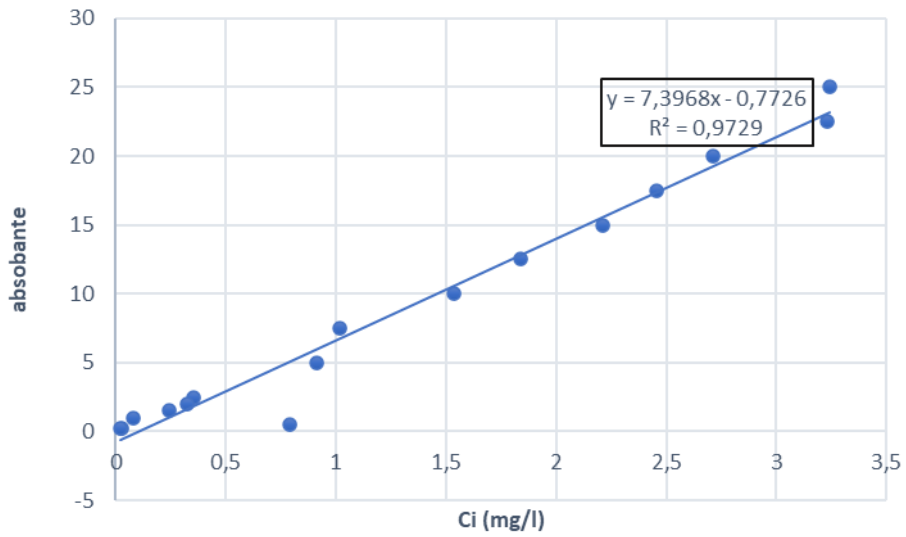


Figure 18 : Courbe d'étalonnage de BM

3. Etude d'adsorption du BM par l'EPT

Notre étude sur l'adsorption du BM utilisant les Epluchures de pomme de terre incluent l'optimisation des conditions de travail par la mise en contact d'une solution de BM avec une concentration initiale de C0 (20 à 0,20 (mg/l)) Ajoutez une certaine quantité de la poudre de l'EPT (varient de 1 à 2,5 g), la vitesse d'agitation de(100 tr/min puis 180 tr/min ,à température ambiante et enfin les analyse de l'absorbance ont été réalisé après 1h puis 2h de temps de contact

4. Etude de la cinétique de l'adsorption de BM par l'EPT

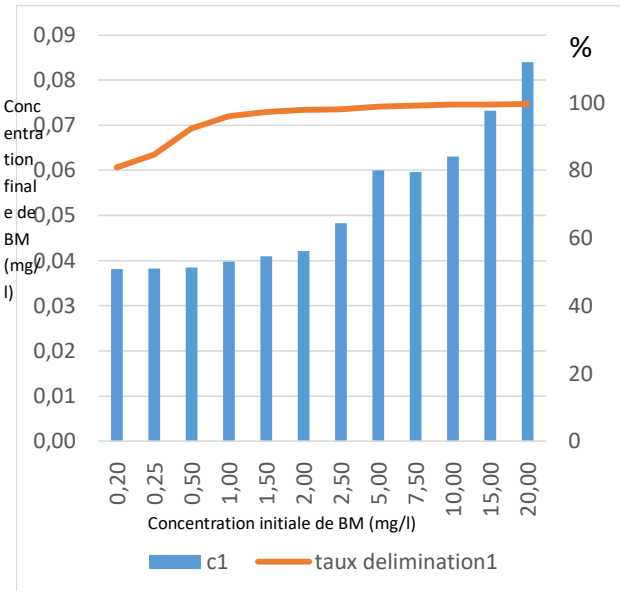
Pour étudier la cinétique d'adsorption du BM par EPT, nous avons met en contact 1à2,5g d'adsorbant et 100 ml de solution BM de différentes concentrations Les valeurs initiales varient de 20 à 0.20 mg/L (pH = 7). La réaction d'adsorption est Procédé à une température de 20±2°C ; sous agitation Égal à 100 tr/min. deux heure (120 minutes), échantillonnées au fil du temps Détermination de la concentration résiduelle de BM. Les résultats trouvés sont utilisés pour déterminer l'ordre de la réaction. L'EPT adsorbe BM.

Chapitre IV : Résultats et discussion

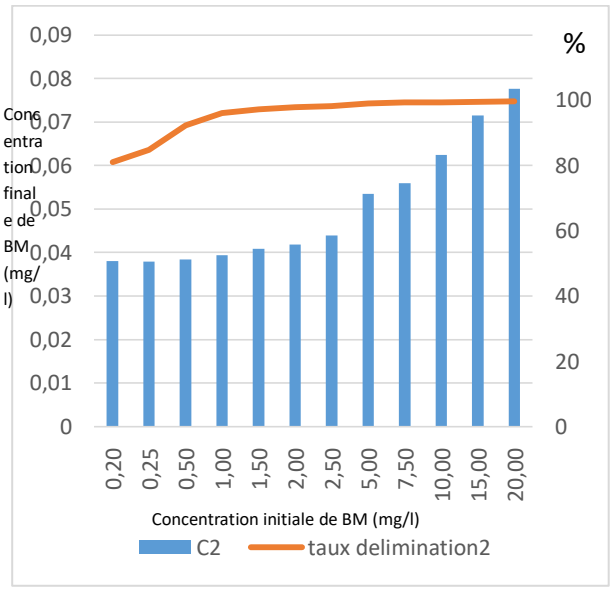
1. Étude de la variation de masse de bio-adsorbant, de la vitesse et de temps d'agitation sur l'élimination de Blue de méthylène

1.1. Effet de 1 g de la poudre d'EPT et une vitesse d'agitation de 100 trs/min sur l'adsorption de BM

Les taux d'élimination du bleu de méthylène par adsorption sont illustrés dans le graphique ci-dessous, en utilisant la poudre d'EPT comme bio-adsorbant. La figure 19 montre la variation de l'adsorption de BM en utilisant 1 g d'EPT avec une vitesse d'agitation de 100 trs/min, et ceux pour différentes concentration initiale.



A : Temps d'agitation 1h



B : Temps d'agitation 2h

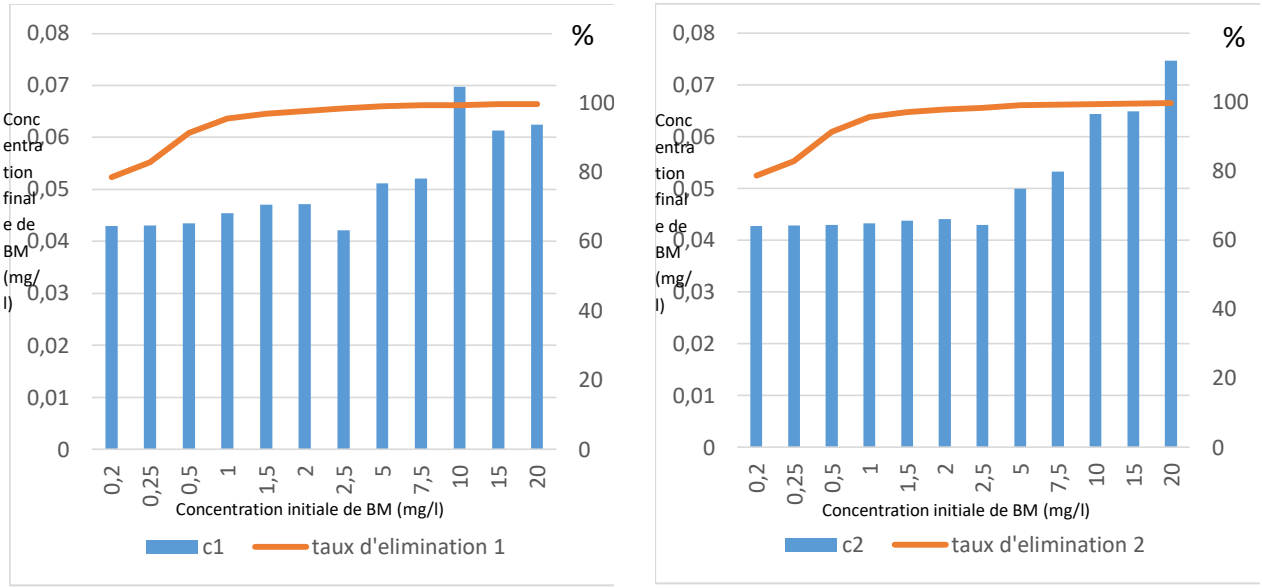
Figure 19 : Effet des concertations initiales de BM sur le pourcentage d'adsorption utilisant 1g d'EPT, Vitesse d'agitation 100 trs/min

Les résultats indiquent que l'adsorption du bleu de méthylène par la poudre issue des épluchures de pommes de terre (EPT) augmente en fonction des concentrations initiales allant de 0,2 à 20 mg/L, et que l'efficacité d'élimination s'accroît avec une durée d'agitation prolongée. Après 1 heure, les valeurs concentration (C1) se situent entre 0,04 et 0,08 avec un taux d'élimination variant de 80,93 % à 99,58 %. Le taux d'élimination connaît une montée rapide jusqu'à environ 5 mg/L de concentration initiale de BM, atteignant environ 98 %, avant de se stabiliser au-delà de 99 % pour des concentrations plus élevées. Après 2 heures, les valeurs de la concentration de BM restante dans l'eau (C2) oscillent entre 0,0379 et 0,0776. Le taux d'élimination varie de 81,00 % à 99,61 %, suivant une tendance similaire avec une montée rapide jusqu'à environ 5 mg/L et une stabilisation au-delà de 99 % pour des

concentrations plus élevées. Globalement, l'efficacité d'élimination est légèrement améliorée après 2 heures par rapport à 1 heure, ce qui suggère que prolonger l'agitation renforce la capacité d'adsorption de la poudre d'EPT.

1.2. Effet de 1,5 g de la poudre d'EPT et une vitesse d'agitation de 100 trs/min sur l'adsorption de BM

Le graphe ci-dessous montre les pourcentages d'élimination de bleu de méthylène par adsorption, utilisant la poudre d'EPT comme bio-adsorbant.



A : Temps d'agitation 1h B : Temps d'agitation 2h

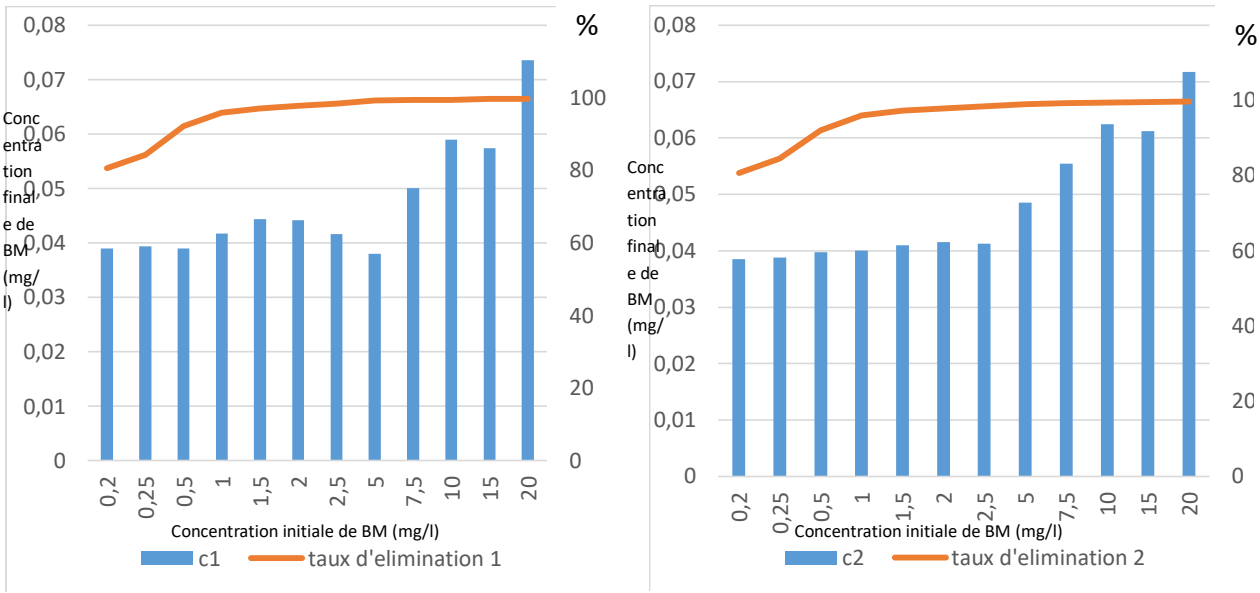
Figure 20 : Effet des concertations initiales de BM sur le pourcentage d'adsorption utilisant 1,5g d'EPT, Vitesse d'agitation 100 trs/min

Les résultats montrent que l'adsorption du bleu de méthylène par la poudre d'épluchures de pommes de terre (EPT) varie selon les concentrations initiales de 0,2 à 20 mg/L et le temps d'agitation. Après 1 heure, les valeurs concentration C1 varient de 0,0429 à 0,0624, avec un taux d'élimination passant de 78,5 % à 99,6 %. Une légère augmentation de l'adsorption est observée avec la concentration initiale, et le taux d'élimination augmente rapidement jusqu'à environ 5 mg/L avant de se stabiliser. Après 2 heures, les valeurs de concentration C2 varient de 0,0427 à 0,0746, et le taux d'élimination augmente de 78,7 % à 99,6 %, montrant une augmentation notable aux concentrations de 5, 10 et 20 mg/L. Le taux d'élimination suit une tendance similaire, augmentant rapidement jusqu'à environ 5 mg/L avant de se stabiliser à des niveaux plus élevés. De manière générale, les valeurs d'adsorption et les taux d'élimination

augmentent légèrement avec la concentration initiale du bleu de méthylène et la durée d'agitation, indiquant une efficacité accrue de la poudre EPT avec un temps d'agitation prolongé.

1.3. Effet de 2 g de la poudre d'EPT et une vitesse d'agitation de 100 trs/min sur l'adsorption de BM

Les graphiques ci-dessous montrent les taux d'élimination du bleu de méthylène par adsorption en utilisant la poudre d'épluchures de pommes de terre (EPT) comme bio-adsorbant.



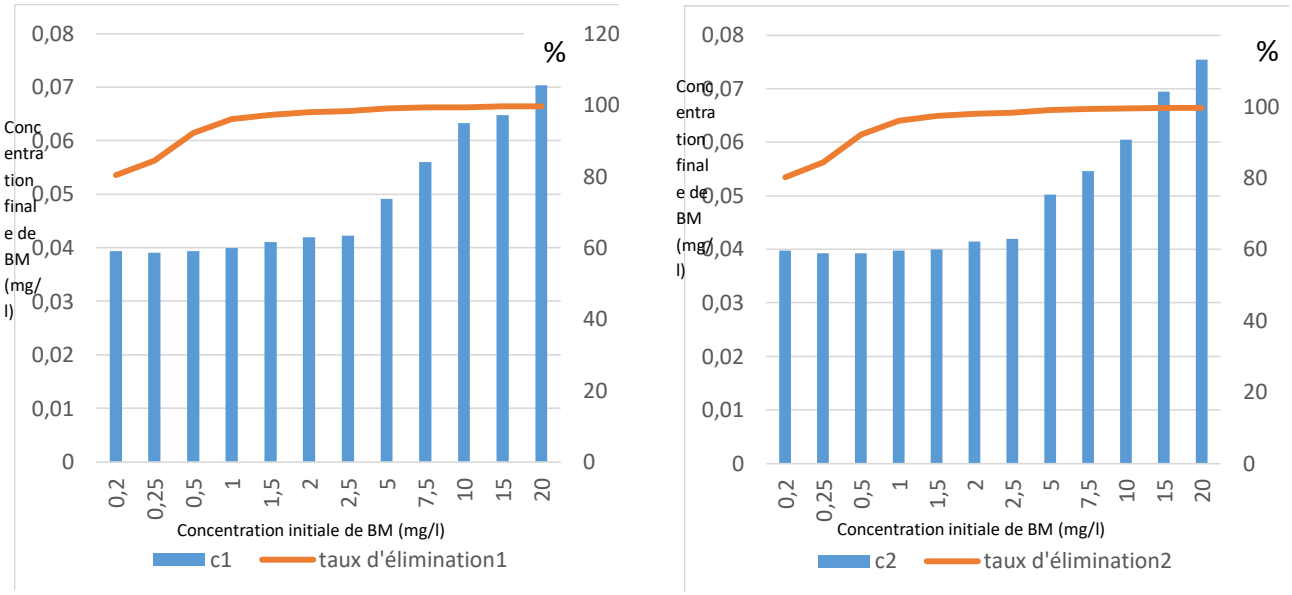
A : Temps d'agitation 1h B : Temps d'agitation 2h

Figure 21 : Effet des concertations initiales de BM sur le pourcentage d'adsorption utilisant 2g d'EPT, Vitesse d'agitation 100 trs/min

Les graphiques montrent que l'adsorption du bleu de méthylène par la poudre d'épluchures de pommes de terre (EPT) varie en fonction du temps et de la concentration initiale. Après 1 heure, les valeurs de concentration(C1) vont de 0,0389 à 0,0735 pour des concentrations de 0,2 à 20 mg/L, avec un taux d'élimination augmentant de 80,52 % à 99,63 %, atteignant rapidement un plateau à des concentrations plus élevées. Après 2 heures, les valeurs de concentration (C2) sont légèrement plus élevées, allant de 0,0385 à 0,0717 pour les mêmes concentrations, avec un taux d'élimination variant de 80,73 % à 99,64 %. La tendance observée est similaire, avec une augmentation rapide aux faibles concentrations suivie d'une stabilisation aux concentrations plus élevées, indiquant que l'efficacité d'élimination s'améliore légèrement avec une durée d'agitation prolongée.

1.4. Effet de 2,5 g de la poudre d'EPT et une vitesse d'agitation de 100 trs/min sur l'adsorption de BM

Le graphique ci-dessous présente les taux d'élimination du bleu de méthylène par adsorption en utilisant la poudre d'EPT comme bio-adsorbant.



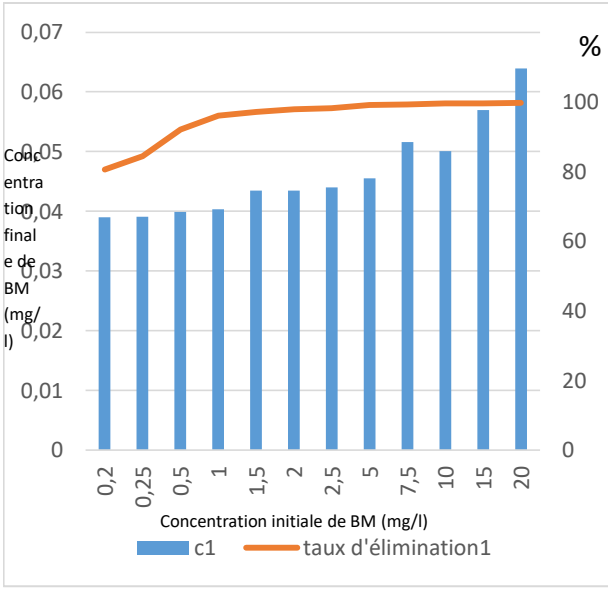
A : Temps d'agitation 1h B : Temps d'agitation 2h

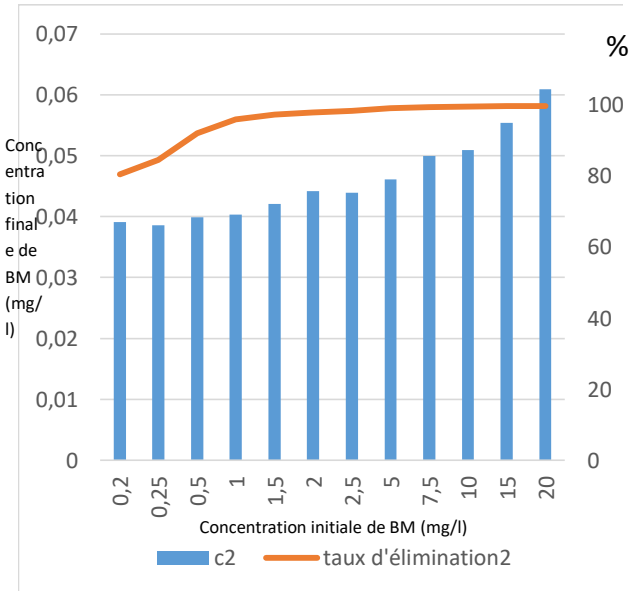
Figure 22 : Effet des concertations initiales de BM sur le pourcentage d'adsorption utilisant 2,5g d'EPT, Vitesse d'agitation 100 trs/min

Les résultats montrent une augmentation de l'adsorption du bleu de méthylène par la poudre provenant des épluchures de pommes de terre (EPT) en fonction des concentrations initiales allant de 0,2 à 20 mg/L, et une augmentation de l'efficacité d'élimination avec une durée d'agitation plus longue. Une heure plus tard, les valeurs de concentration (C1) varient de 0,03 à 0,07, tandis que le taux d'élimination varie de 80,31 % à 99,64 %. Le taux d'élimination augmente rapidement jusqu'à une concentration initiale de BM d'environ 5 mg/L, atteignant environ 99,01 %, avant de se stabiliser au-delà de 99 % pour des concentrations plus élevées. Après une période de 2 heures, les valeurs de la concentration de BM dans l'eau (C2) varient de 0,039 à 0,075. Le taux de disparition fluctue entre 80,10 % et 99,62 %. Dans le même ordre d'idées, avec une augmentation rapide jusqu'à environ 5 mg/L et une stabilité au-delà de 98,99 % pour des concentrations supérieures.

1.5. Effet de 1g de la poudre d'EPT et une vitesse d'agitation de 180 trs/min sur l'adsorption de BM

Le graphique ci-dessous présente les taux d'élimination du bleu de méthylène par adsorption en utilisant la poudre d'EPT comme bio-adsorbant.





A : Temps d'agitation 1h B : Temps d'agitation 2h

Figure 23 : Effet des concertations initiales de BM sur le pourcentage d'adsorption utilisant 1g d'EPT, Vitesse d'agitation 180 trs/min

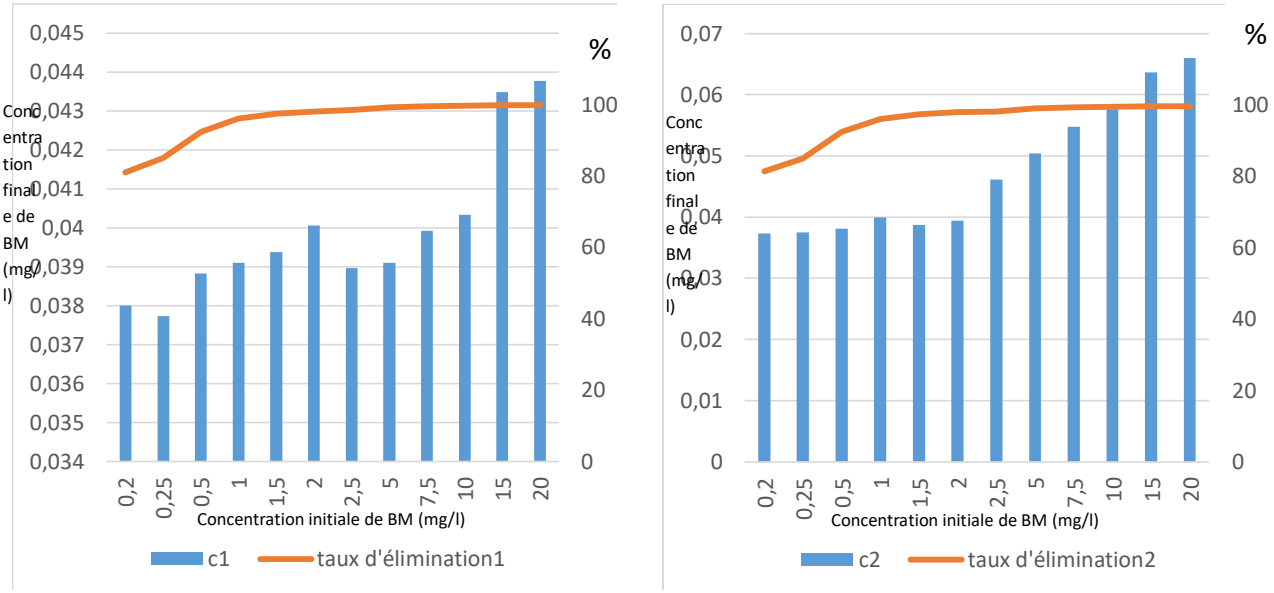
Selon les résultats, l'adsorption du bleu de méthylène par la poudre d'épluchures de pommes de terre (EPT) fluctue en fonction des concentrations initiales (0,2 à 20 mg/L) et du temps d'agitation. Après une heure, les concentrations C1 (la concentration de BM après adsorption) est dans la plage de 0,038 mg/l à 0,063 mg/l, ce qui entraine une augmentation du taux d'élimination de 80,52 % à 99,68 %.

Les concentrations de C2 sont obtenues après de heure de contact (0,039 mg/l à 0,060 mg/l), le taux d'élimination se situe entre 80,45 % à 99,69 %, avec une augmentation significative aux concentrations de 5, 10 et 20 mg/L. La tendance de l'élimination est similaire, avec une

augmentation rapide jusqu'à environ 5 mg/L avant de se stabiliser à des niveaux plus élevés de concentration soit avec une heure ou é heure de contact avec le biosorbant.

1.6 Effet de 1,5 g de la poudre d'EPT et une vitesse d'agitation de 180 trs/min sur l'adsorption de BM

Le graphique ci-dessous présente les taux d'adsorption du bleu de méthylène, en utilisant la poudre d'EPT comme bio-adsorbant.



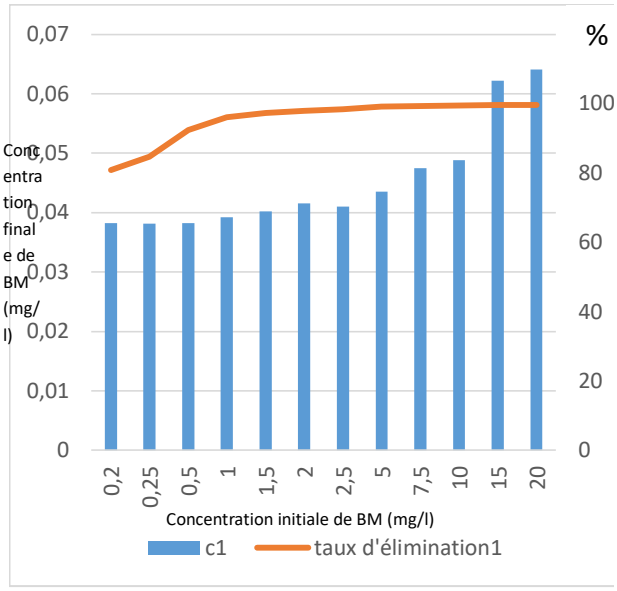
A : Temps d'agitation 1h B : Temps d'agitation 2h

Figure 24 : Effet des concertations initiales de BM sur le pourcentage d'adsorption utilisant 1,5 g d'EPT, Vitesse d'agitation 180 trs/min

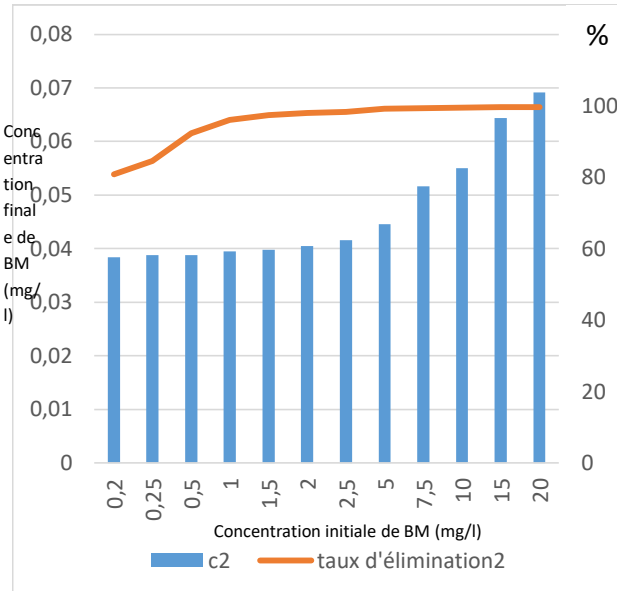
On utilisant une masse d'adsorbant égale à 1,5 g d'EPT les résultats sont amélioré et on observe après une heure, les valeurs de concentration (C1) obtenue se place entre 0,037 mg/l à 0,043 mg/l pour des concentrations initiale correspondant à 0,2 jusqu'à 20 mg/L, avec un taux d'élimination qui augmente qui atteint 99,78 % pour les plus grande concentration initiale (15 et 20 mg/l), et ceux en atteignant rapidement un palier à des concentrations plus élevées. On peut dire que le taux d'élimination optimale est atteint pour cette dose de biosorbant et pour une heure d'agitation La concentration (C2) est légèrement plus élevée après 2 heures (0,037 mg/l à 0,065 mg/l). Pour les mêmes concentrations initiales utilisées pour C1, avec un taux d'élimination allant de 81,34 % à 99,67 %. On observe une tendance similaire, avec une augmentation rapide aux concentrations faibles suivie d'une stabilisation aux concentrations plus élevées, ce qui suggère que l'efficacité d'élimination est élevée.

1.7 Effet de 2 g de la poudre d'EPT et une vitesse d'agitation de 180 trs/min sur l'adsorption de BM

Les performances d'adsorption du bleu de méthylène sont présentées dans le graphique ci-dessous, en utilisant la poudre d'EPT comme bio-adsorbant.



A : Temps d'agitation 1h



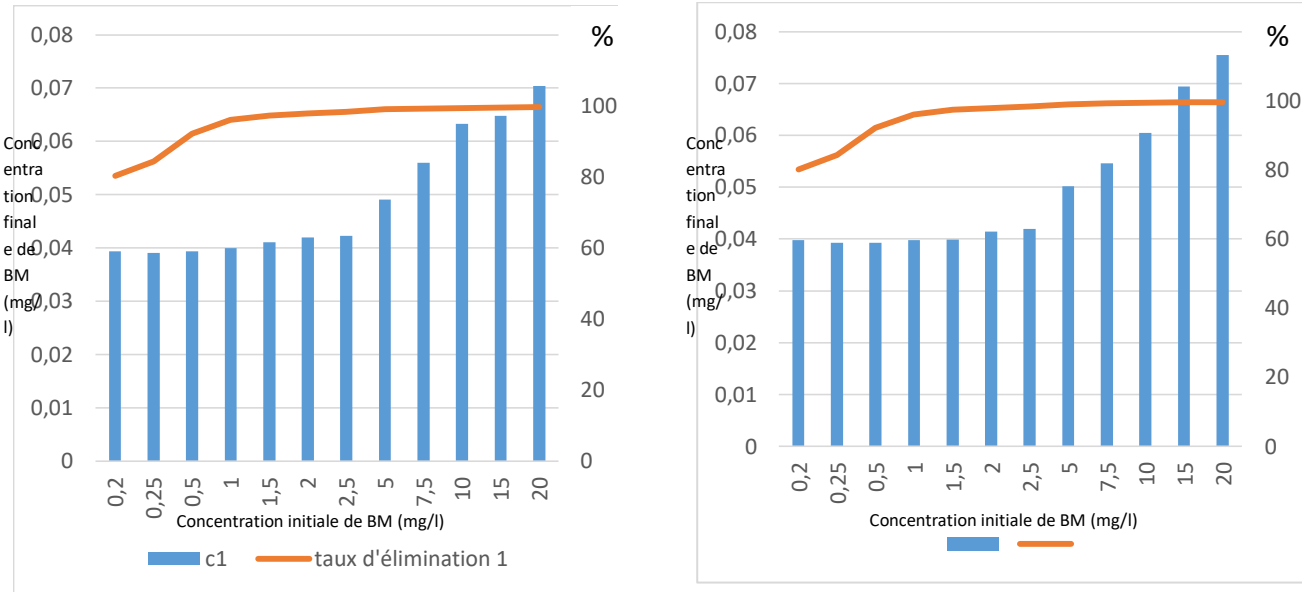
B : Temps d'agitation 2h

Figure 25 : Effet des concertations initiales de BM sur le pourcentage d'adsorption utilisant 2g d'EPT, Vitesse d'agitation 180 trs/min.

Après une heure d'agitation les valeurs des concentrations restantes (C1) varient de 0,038 mg/let 0,064 mg/l, avec un taux d'élimination allant de 80,86 % à 99,67 %. Le taux d'élimination augmente rapidement jusqu'à une concentration initiale de BM d'environ 2,5 mg/L, ce qui diffère aux résultats précédents ou la stabilisation été sentie a une concentration initiale de 5 mg/l de BM, atteignant 98%, puis une stabilisation au-delà de 99 % pour des concentrations plus hauts. Les concentrations de BM restante dans l'eau (C2) fluctuent entre 0,038 mg/l et 0,069 mg/l après 2 heures. Le pourcentage d'élimination oscille entre 80,79 % et 99,65 %, selon une tendance similaire avec une augmentation rapide jusqu'à environ 2,5 mg/L et une stabilisation au-delà de 99 % pour des concentrations plus élevées.

1.8 Effet de 2,5 g de la poudre d'EPT et une vitesse d'agitation de 180 trs/min sur l'adsorption de BM

Le graphique suivant présente les taux d'élimination du bleu de méthylène par adsorption en utilisant la poudre d'EPT comme bio-adsorbant.



A : Temps d'agitation 1h B : Temps d'agitation 2h

Figure 26 : Effet des concertations initiales de BM sur le pourcentage d'adsorption utilisant 2,5 g d'EPT, Vitesse d'agitation 180 trs/min.

Une heure après agitation de l'eau colorée avec le BM et 2,5 g d'EPT, les concentrations de C1 obtenue après filtration fluctuent de 0,039 mg/l à 0,070 mg/l, tandis que le taux d'élimination parvenue est entre 80,31% à 99,64%. Le taux d'élimination augmente rapidement jusqu'à environ 2,5 mg/L (pour des masse d'EPT inférieure à 2 g la stabilisation est perçue a des concentrations plus élevées)avant de se stabiliser. Les concentrations C2 sont de l'ordre de 0,039 mg/l à 0,075 mg/l après 2 heures d'agitation, et le taux d'élimination passe de 80,10 % à 99,62 %, avec une augmentation significative aux concentrations de 5, 10 et 20 mg/L. Le taux d'élimination est semblable, s'élevant rapidement jusqu'à environ 5 mg/L avant de se stabiliser à des niveaux plus élevés.

2. Discutions des résultats

Les épluchures de pommes de terre (EPT) ont démontré une efficacité remarquable en tant que bio-adsorbant pour l'éliminer le bleu de méthylène (BM) dans diverses conditions expérimentales (Benkartoussa ,2021) et (Djemah et Ouadi Merabet.,2016), (boumchita*et al.*, 2016). En comparant nos résultats avec des recherches similaires, il est évident que l'adsorption du BM par les EPT est déterminée par la masse du bio-adsorbant, la concentration initiale du BM et la durée d'agitation.

On peut dire que les résultats les plus satisfaisant été obtenus en utilisant 1,5 g de masse de la poudre des épluchures de pommes de terre, nos résultats sont en corrélation avec ceux trouvé par Boumchita (2016), dans ses travaux elle a jugé que la meilleure dose pour des concentrations de BM entre 5 mg/l et 50 mg/l et celle de 1,5 g d'EPT et elle continué ses recherche avec cette dose optimal.

Les résultats de Boumchita (2016) révèlent qu'après une augmentation du pourcentage d'élimination entre les concentrations 5 et 30 mg/L, ce dernier subit une diminution en raison de la saturation de la surface adsorbant, nos résultats indiquent aussi une augmentation de pourcentage d'élimination au-delà de 2,5 mg/l pour des différentes masses d'adsorbant, mais par contre une stabilisation de pourcentage d'élimination après 5 mg/L. Ces résultats indiquent des taux d'élimination qui peuvent atteindre 99,65 % pour des masses d'adsorbant de 1 à 2,5 g et des vitesses d'agitation de 100 à 180 tr/min, suggèrent une efficacité légèrement supérieure par rapport aux études antérieures utilisant des conditions similaires. Cela peut être dû à des variations dans la préparation des épluchures ou des conditions expérimentales spécifiques.

On cite aussi les travaux de Xiao*et al.* (2019) ont constaté une efficacité d'élimination de 97 % avec des déchets de pommes de terre pour des concentrations initiales de 20 mg/L, tandis que (Zhang et *al*. 2020 ont rapporté des taux d'élimination supérieurs à 99 % en utilisant des épluchures de pommes de terre chimiquement modifiées.

D'autres bio-adsorbants, comme les peaux de banane (Salleh et *al*., 2011) et les coques de noix de coco (Tan et al., 2008), ont également montré une efficacité élevée dans l'élimination du BM, avec des taux d'élimination respectifs de 97 % et plus de 99 %. Nos résultats montrent que les EPT peuvent être aussi efficaces, voire plus efficaces, dans des conditions similaires, démontrant leur potentiel comme alternative économique et écologique.

On a également examiné l'influence du temps et de la vitesse d'agitation sur l'efficacité de l'élimination. L'efficacité est légèrement améliorée lorsque le temps d'agitation est prolongé, atteignant un niveau de performance après 1 heure, ce qui est en accord avec les observations de boumchita (2016).

En résumé, les épluchures de pommes de terre se révèlent être un bio-adsorbant performant pour éliminer efficacement le bleu de méthylène, avec des taux d'élimination bien supérieurs à ceux d'autres bio-adsorbants. Les taux d'élimination restent constants après une heure, ce qui indique une adsorption rapide suivie d'un équilibre. Dans le domaine industriel, l'emploi des déchets de pommes de terre pourrait constituer une alternative économique et respectueuse de l'environnement pour le traitement des eaux usées.

Dans l'étude de l'élimination du polluant BM à l'aide de biosorbants, plusieurs aspects clés émergent des travaux de recherche récents. Lansari (2020) souligne l'importance de la concentration initiale de BM sur le taux d'élimination lors de l'utilisation de biosorbants, notant une augmentation proportionnelle à cette concentration. Ce phénomène est fondamental dans le contexte de l'adsorption, processus par lequel un soluté est transféré de la phase liquide à la phase solide. Boumchita et al. (2016) renforcent cette idée en mettant en avant le rôle crucial du temps de contact entre les deux phases dans le processus d'adsorption.

Les résultats de Lansari*et al.* (2020) indiquent que le taux d'élimination de BM atteint une stabilisation après une heure de contact, résultat certifié par nos résultats. En revanche, Akodad (2021) a observé une augmentation exponentielle du taux d'adsorption pour des matériaux tels que la bentonite, suivie d'une stabilisation après environ 20 minutes. Pour les biosorbants comme la bagasse de canne à sucre, les coquilles d'amande, les coquilles de noix et la poudre de cactus, la stabilisation du taux d'élimination survient bien avant cette période (Kerrou*et al.*, 2021 ; (Sakr*et al.*, 2015). Cette observation met en lumière l'impact variable du temps de contact sur le processus d'adsorption, où une stabilisation du taux d'élimination est généralement observée après les quinze premières minutes.

Khelifi (2016) apporte un supplémentaire en utilisant la poudre de noyaux de dattes comme biosorbant pour l'élimination de BM, confirmant que la théorie selon laquelle le taux d'élimination se stabilise après une période initiale est valide pour différents types de biosorbants.

En résumé, les recherches récentes soulignent que la concentration initiale de BM, le type de biosorbant utilisé, ainsi que le temps de contact entre le soluté et le biosorbant sont des facteurs cruciaux qui influencent le taux d'élimination du polluant. Comprendre ces dynamiques est essentiel pour optimiser les processus d'adsorption dans le traitement des eaux contaminées par BM, ouvrant ainsi la voie à des solutions efficaces et durables pour la dépollution environnementale.

Des études futures devraient explorer l'optimisation de la préparation des EPT, l'impact de la modification chimique et la recyclable de l'adsorbant pour améliorer encore l'efficacité et la durabilité de ce processus.

CONCLUSION GENERALE ET PERCEPCTIVES

Conclusion :

L'efficacité d'adsorbant dans les processus de décontamination connaît un grand succès, mais son utilisation est parfois limitée. L'influence de plusieurs paramètres tels que : la vitesse de l'agitation, la masse de l'adsorbant, le temps de contact et de la concentration initiale de colorant ont été étudiés pour la réalisation de ce travail.

L'adsorption du bleu de méthylène par la poudre d'épluchures de pommes de terre (EPT) augmente avec la concentration initiale de BM et la masse de l'EPT utilisée, ce qui signifie que les pourcentages d'éliminations suivent les valeurs de concentration initiale et de la masse de biosorbant.

Le taux d'élimination est satisfaisant, atteignant plus de 99 % pour des concentrations de BM supérieures à 5 mg/L, un temps d'agitation d'une heure et une masse de 1,5 g d'EPT. Pour plus de prisions nous résultat obtenu tenons on considération le taux d'élimination :

- Pour 100tour/min les taux d'élimination varie entre (78%-99%)
- Pour180tour/min les taux d'élimination varie entre (80%-99%)

La variation des taux de 78% jusque 99% revient à la prolongation de taux d'agitation prolongée, qui améliore légèrement l'efficacité d'adsorption, bien que les gains soient plus significatifs à des masses d'EPT plus faibles. À une vitesse d'agitation plus élevée (180 tr/min), les valeurs d'adsorption atteignent rapidement un état stable, avec peu de changement après la première heure, indiquant que la prolongation du temps n'a pas d'impact significatif sur l'élimination une fois que l'équilibre est atteint.

En conclusion, la poudre d'épluchures de pommes de terre (EPT) est un adsorbant efficace pour le bleu de méthylène, avec une performance optimale atteinte rapidement et maintenue à des niveaux élevés, particulièrement à des concentrations initiales de BM supérieures à 5 mg/L et à des masses d'EPT plus importantes.

La prolongation du temps d'agitation et l'augmentation de la vitesse d'agitation montrent des améliorations mineures mais significatives dans certaines conditions, rendant cette méthode de traitement des eaux usées prometteuse pour des applications à grande échelle.

Perceptives :

Sur la base des résultats obtenue on peut dire que plusieurs paramètres influence sur le phénomène de l'adsorbions de plus de paramètres que n'a pris enconsidération (vitesse d'agitation temps d'agitation et la masse d'épluchures) on peut ajouter aussi :

- La température de milieu.
- Le pH.

Références bibliographiques

A.C Atkinson(1988) Recent developments in the methods of optimum and related experimental designs, Inst. Stat. Rev 56- 99-115.

Abdessemed A (2009) Etude de l'élimination de l'éthyle violet par adsorption sur la kaolinite et le charbon actif et par des méthodes photochimiques en milieu aqueux, Magister, université Constantine.

Akodad, M., Baghour, M., Moumen, A., Skalli, A., Azizi, G., Anjjar, A., &Daoudi, I. (2021). Adsorption of a basic dye, Methylene Blue, in aqueous solution on

aqueous solution using binary oxidized cactus fruit peel. Chemical Engineering Journal 226 -

BAGHRICHE O (2005) Contribution de méthodes destructives (Photolyse et P.O.A's) et non destructives à l'élimination de deux colorants (bleu de méthylène et rouge Congo) en solution aqueuse. Mémoire de magister en science exacte option chimie, université de CONSTANTINE, pp : 3,9,10

Bailey, T. J. Olin, R. M. Bricka, and D. D. Adrian(1999) "A review of potentially lowcost sorbents for heavy metals," Water Res, vol. 33, no. 11, pp. 2469–2479, Aug. 1999, doi: 10.1016/S0043-1354(98)00475-8.

Barka N (2008) L'élimination des colorants de synthèse par adsorption sur un phosphate naturel et par dégradation photo catalytique sur TiO2 supporté. Thèse Université Ibn zohr Agadir, N°65

Ben Mansour, H., Boughzalo, O., Dridi, D., Barillier, D., Chekir, Ghedira, L., Mosfati, R., (2011) les colorants textiles source de contamination de l'eau, CRIBLAGE de la toxicité et des méthodes de traitement. Revue de sciences de l'eau, vol.24(3), pp.209-238.

Benkartoussa,M (2021),utilisation de bio-sorbants dans l'adsorption de plus d'un polluant

Université de Constantine 3.

Benamraoui F (2014) Elimination des colorants cationiques par des charbons actifs synthétisés à partir des résidus de l'agriculture. Mémoire de magister en génie des procédés, option génie chimique, université de SETIF, pp : 5

BLAZYP J (1994) Métallurgie du plomb Procédés modernes et sources secondaires, Techniques de l'ingénieur V.J2. J.2730. 5.

Boufares K. (2012) Comportement de trois variétés de pommes de terre (Sunta, Désirée et Chubaek) entre deux milieux de culture substrat et hydroponique. Mem. Img. Agro., Univ. Abou BakrBelkaid, Tlemcen, p. 77.

Bougdah N (2007) Etude de l'adsorption de micropolluants organiques sur la bentonite. Mémoire de Magister, Université 20 Août 1955 - Skikda.

Boumchita, S., Lahrichi, A., Benjelloun, Y., Lairini, S., Nenov, V., &Zerrouq, F. (2016). Elimination d'un colorant cationique dans une solution aqueuse par un déchet alimentaire: Epluchure de pomme de terre [Removal of cationicdyefromaqueous solution by a foodwaste: Potatopeel]. *J. Mater. Environ. Sci*, *7*, 9-17.

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

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

Brevet APG-RCC :31 mars (1999) PCT / FR 99 /00748.

Capon, M., Courilleau, V., Valette, C. (1993) Chimie des Couleurs et des odeurs. Cultures et Techniques, Nantes, France, Cachan E.N.S, 255p.

Crini G (2006) "Non-conventional low-cost adsorbents for dye removal: A review," BioresourTechnol, vol. 97, no. 9, pp. 1061–1085, Jun. 2006, doi: 10.1016/J.BIORTECH.2005.05.001.

Crini G and P.-M. Bardot (2007) "Traitement et épuration des eaux industrielles polluées," in Presses universitaires de Franche-Comté, France, p. 352

Delaplace (2007) Caractérisation physiologique et biochimique du processus de vieillissement du tubercule de pomme de terre (Solanumtuberosum L.) Dissertation originale présentée en vue de l'obtention du grade de docteur en sciences agronomiques et ingénierie biologique

Demirbas A (2008) "Heavy metal adsorption onto agro-based waste materials: A review," J Hazard metal, vol. 157, no. 2-3,pp. 220-229

DJEMAH.A ET OUAD MERABETE L(2016)valorization des déchets des épulchures de pomme de terre pour l' elimination de bleu de methylene ,université A.M OULHADJ-Bouira.

Djeralfia, A.A. Fakir (2015) Elimination du bleu de méthylène par le procédé d'oxydation avancée «Fenton», Mémoire de master, Chimie, Université Akli Mohand Oulhadj -Bouira-, 76

Dominique M., (2010) Les productions légumières. 3éd. Educagri, France, p.p. 93-98.

ElmyreClervil Projet de Fin d'Etudes « Synthèse de littérature sur l'utilisation des biosorbants pour l'épuration des effluents liquides chargés en polluants organiques et minéraux.

Errais E (2011) Activité de surface d'argiles naturelles étude de l'adsorption de colorants anioniques, Thèse de Doctorat, Université de Strasbourg .

Gao J. P., Maguhn J., Spitzauer P., J.(1998) Water Research, 32, 1662-1672,

Grah Patrick (2009) Traitement des eaux par action combinée de la photocatalyse solaire et de l'adsorption sur charbon actif : conception et réalisation du procédé. Thèse de doctorat. Université Paul Verlaine-Metz.

Haddoum, S, Meziani, F (2015) adsorption de colorant de l'industrie textile sur les ecorces de l'orange. Diplôme d'ingénieur d'état, Ecole Nationale Polytechnique.

Hazourli, M. Ziati,A. Hazourli,M. Cherifi. (2007) Valorisation d'un résidu naturel ligno cellulosique en charbon actif -exemple des noyaux de dattes. Revue des Energies Renouvelables ICRESD-07 Tlemcen 187-192. (2007).

Kerrou, M., Bouslamti, N., Raada, A., Elanssari, A., &Mrani, D. (2021).A comparative study of the kinetics and isotherm of adsorption of a cationic dye by different natural wastes. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 234, p. 00059). EDP Sciences.

Khelfaoui A (2012) Etude éxpérimentale de l'élimination des polluants organiques et inorganiques par adsorption sur des matériaux naturels, application aux peaux d'orange et de banane, thèses de doctorat en sciences engenie des procédés.

Khelifa, A., Touil, Z (2022) Etude de l'optimisation d'un colorant organique sur charbon actif préparé. Etude expérimentale et modélisation. Mémoire de master, université MOULAY Tahar, Saida, 4p.

KHELIFI O., MEHREZ I. , BEN SALAH W. , BEN SALAH F. , YOUNSI M. , NACEF M. , AFFOUNE A.M. (2016) . Etude de l'adsorption du bleu de methylene (bm) a partir des

solutions aqueuses sur un biosorbantprepare a partir des noyaux de datte algerienne. *Larhyss Journal*, (28), 135-148.

Kheloufi, L, Bezzi N, Khimouzi F (2020) Élimination des colorants par des rejets de phosphate naturel de Djebel Onk en utilisant la technique d'adsorption. Mémoire de master. Université A/MIRA de Bejaia.

Khouda R, (2022) Utilisation Des Epluchures De Pomme De Terre Comme Adsorbant Pour l'élimination De Rouge Congo En Phase Aqueuse, mémoire master, Université KasdiMerbah Ouargla, 5p.

Kouadir, et al(2019) Adsorption du colorant textile jaune 11 sur charbon actif issu de la coque d'arachide. International Journal of Innovation and Applied Studies, 1280-1292.

Krupka. KM (1999) Understanding variation in partition coefficient, kd, Values. Enviromental protection Agency.

Kumar, M.A Barakat. (2013) Decolorization of hazardous brilliant green from aqueoussolution using binary oxidized cactus fruit peel. Chimical Engineering Journal 226-377-383.

Lansari F, Edjekouane M, Khelifi O, Boukheteche I, Laksaci H. (2020). Elimination of Methylene Blue by low-cost Biomaterial prepared from Local Natural Residue. Algerian Journal of Renewable Energy and Sustainable Development, 2(1),60-66. https://doi.org/10.46657/ajresd.2020.2.1.9

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

Mackay, D.M., and Roberts, P.V(1982) The dependence of char and carbon on lignocellulosic precursor composition. Carbon 20, 2, 87-94.

Manahan (1994) Environmental chemistry, 6e Ed, U.S.A.: Lewis publisher.

MARMAGANE, C. COSTE, J.C. JACQUART, A. BAILLI, E. THIEBLIN (1996) La décoloration des effluents, Revue industrie textile, 7/8, N° 1278.

McKay, G, Ho YS (1999) Pseudo-second-order model for sorption processes, process biochemist, pp 34-45.

MENG Y., HUANG X., WANG X., QIAN Y., (2002) Environ Pollution, Vol 117, p307-313.

OUSLIMANI N (2012) Adsorption des colorants acides des effluents manufacturiers par des montmorillonites. Thèse de doctorat en sciences et génie des matériaux, option chimie de la matière et de l'environnement, université de BOUMERDES, pp : 24-25.

Pagga. D. brown (1986) the degradation of dyestuffs part II: behavior of dyestuffs ii aerobic biodégradations tests. Chemosphere, 15, 4, 479-491. Process, vol. 53, no. 1–2, pp. 107–120, Feb. 1998, doi: 10.1016/S0301-7516(97)00061-6.

R.D.Lillie. (1993) Les tachesbiologiques de Conn Williams & Wilkins, Baltimore, MD., USA Catalogue chimique Aldrich, Aldrich Chemical Company, Milwaukee, WI, États-Unis.

R.J. NEWCORNBE, R.M. Wrichett, J. MWILSON, A. Adenaro (1964) manipulation de chimie physique,traduction française par S.Coubert.

RAVIKRISHNA R., VALSARAJ K T., (2002). Sep. Purif. Technol, Vol 28, p87-102

Roussele, Y. R. R (1996) "LA POMME DE TERRE," ED INRA.

Sakr, F., Sennaoui, A., Elouardi, M., Tamimi, M., &Assabbane, A. (2015). Étude de l'adsorption du Bleu de Méthylène sur un biomatériau à base de Cactus (Adsorption study of Methylene Blue on biomaterialusing cactus). *Journal of materials and Environmental Science*, *6*(2), 397-406.

Satake M, Mido Y (1995) Chemistry of Color, cationic and related dyes, Discovery Publishing House: 1th Edition

Sbah, E, Maria, et al(2006) Traitement et valorisation des sous-produits du bois. Application à l'élimination des colorants industriels. Comptes Rendus Chimie, vol. 9, no 10, p. 1314-1321.

Sekhar, S. Subramanian, J. M. Modak, and K. A. Natarajan(1998) "Removal of metal ions using an industrial biomass with reference to environemental control, ''Int J Miner process, vol. 53, no. 1-2, pp 107-120.

Suzuki, M. (1990) Adsorption Engineering, Elsevier, Amsterdam

Tavlieva,S.D. Genieva,V.GGeorgieva.,L.TVlaev..(2013) Kinetic study of brilliantgreen adsorption from aqueous solution onto white rice husk ash.Journal of Colloïde and Interface Science 409 112–122.

TAYLOR J S., JACOBS E P., (1996) Water treatment membrane processes, New York, McGrawHill, Vol 9, p01-09.

UYGUR, A (1997) An overview of oxidative and photo-oxidative decolorization treatments of textile waster, Journal society, dyers discoloration, vol. 113, issues 7 et 8, p: 211-217.

Véronique B (2012) Risques associés à l'utilisation du bleu de méthylène chez un patient consommant un médicament ou une drogue à potentiel sérotoninergique. Bulletin d'information toxicologique, p. 2.

Vincent. R(2008) Synthèse et caractérisation de billes alginate magnétiques pour l'élimination de polluants organiques dans les effluents par séparation magnétique. Thèse de doctorat. Université Pierre et Marie Curie-Paris VI.

Wilson (1907) The chemistry and staining properties of certains derivatives of the methylene blue, American Journal of Physiology 19, 647-670.

Yuh-Shan, H (2004) Review of lagergren kinetic rate equation on adsorption reactions, Scientometrics, vol 59, no 1, pp 171-177.

ZawlotzkiGuivarch (2004) traitement des polluants organiques en milieu aqueux par procédé électrochimique d'oxydation avancée, électro-fenton, application à la minéralisation des colorants synthétiques, thèse de Doctorat, Université de Marne- La- Vallée.

Résumé :

Cette recherche examine l'influence de la masse biosorbante (épluchures de pomme de terre), du temps et de la vitesse d'agitation sur l'élimination du bleu de méthylène. Les tests ont été réalisés avec différentes quantités de biosorbant à deux vitesses d'agitation (100 tr/min et 180 tr/min) pendant 1 et 2 heures. Les résultats ont montré que l'utilisation de 1 g d'épluchures de pomme de terre à 180 tr/min entraînait une meilleure élimination à des doses initiales plus élevées de bleu de méthylène. Les taux d'élimination enregistrés pour une heure et deux heures d'agitation sont respectivement de 81 % à 97 % et de 81,34 % à 96,67 %. Les résultats sont restés stables après 2 heures, suggérant un équilibre après 1 heure. Dans l'ensemble, l'étude démontre que l'augmentation de la quantité de biosorbant améliore l'élimination du bleu de méthylène, avec des taux d'élimination atteignant plus de 99 % pour une masse de biosorbant de 1,5 g pendant une heure d'agitation à une vitesse de 180 tr/min.

Mots clés : Biosorption ; Épluchures de pomme de terre ; Bleu de méthylène ; Élimination ; Agitation.

Abstract :

This study investigates the influence of biosorbent mass (potato peelings), time, and agitation speed on the removal of methylene blue. Tests were conducted using different amounts of biosorbent at two agitation speeds (100 rpm and 180 rpm) for 1 and 2 hours. The results showed that using 1 g of potato peelings at 180 rpm resulted in better removal at higher initial doses of methylene blue. The removal rates recorded for one hour and two hours of agitation were 81% to 97% and 81.34% to 96.67%, respectively. Results remained stable after 2 hours, suggesting equilibrium after 1 hour. Overall, the study demonstrates that increasing the amount of biosorbent enhances methylene blue removal, with removal rates exceeding 99% for a biosorbent mass of 1.5 g during one hour of agitation at 180 rpm.

Keywords: Biosorption; Potato peelings; Methylene blue; Removal; Agitation.

ملخص:

يتناول هذا البحث تأثير كتلة المادة الماصة الحيوية (قشور البطاطس) وزمن التقليب وسرعته على إزالة أزرق الميثيلين. تم إجراء الاختبارات بكميات مختلفة من الماص الحيوي بسرعتي التحريك (100 دورة في الدقيقة و180 دورة في الدقيقة) لمدة ساعة وساعتين. أظهرت النتائج أن استخدام 1 جرام من قشور البطاطس عند 180 دورة في الدقيقة أدى إلى إزالة أفضل عند الجرعات الأولية الأعلى من أزرق الميثيلين. معدلات الإزالة المسجلة لمدة ساعة واحدة وساعتين من الانفعالات هي 81٪ إلى 97٪ و 81.34٪ إلى 96.67٪ على التوالي. ظلت النتائج مستقرة بعد ساعتين، مما يشير إلى التوازن بعد ساعة واحدة.

بشكلعام،توضحالدراسةأنزيادةكميةالمادةالماصةالحيويةتعملعلىتحسينإزالةأزرقالميثيلين،حيثتصلمعدلاتالإزالةإلىأكثرمن 99% لكتلة مادة ماصة حيوية تبلغ 1.5 جرام لمدة ساعة من التحريك بسرعة 180 دورة في الدقيقة.

الكلمات المفتاحية: الامتصاص الحيوي؛ قشور البطاطس؛ الميثيلين الأزرق.