



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Aboubekr Belkaïd-Tlemcen-
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, des Sciences
De la Terre et de l'Univers Département De Biologie



Laboratoire :

« Antibiotiques Antifongiques : Physico-chimie, Synthèse et Activités Biologiques »

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de master en science biologique

Option : Biochimie Appliquée

Thème :

Contribution à la dépollution biologique des eaux contaminées par des colorants.

Présenté Par : M^{elle} Haireche Amina et M^{elle} Benchaib Rim Amina

Soutenu Le 23/06/2024, Devant Le Jury Composé De :

Pr. Merghache Salima	Professeur	Présidente
Pr. Benariba Nabila	Professeur	Examinatrice
Dr. Merghache Djamilia	MCA	Promotrice

Année Universitaire 2024/2025

Remerciements

Tous d'abord nous remercions **ALLAH** pour nous avoir donné la santé, le courage et la volonté pour achever ce travail. Nous adresse nos sincères remerciements à notre encadreur Madame Merghache Djamilia, Maître de Conférences classe A au département de biologie, faculté des sciences de la nature et de la vie, des sciences de la terre et de l'univers, université Aboubekr Belkaid Tlemcen, d'avoir accepté de nous encadrer et pour son aide, ses conseils et ses remarques.

Nos vifs remerciements vont autant aux membres de jury pour l'honneur qui nous ont fait en acceptant d'évaluer notre modeste travail. Mme Merghache Salima présidente du jury et Mme Benariba Nabila en qualité d'examinatrice, professeurs à la faculté des sciences de la nature et de la vie, des sciences de la terre et de l'univers, Université Aboubekr Belkaid, Tlemcen.

On tient à remercier M^{elle} Saadi Fatima Zahra, Doctorante en biochimie au laboratoire LAAPSAB pour son aide durant la partie pratique et leurs conseils.

Enfin, tous nos sincères remerciements à tous nos professeurs au département de Biologie.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à ma mère et mon père qui sont toujours là pour leurs conseils et leurs encouragements

A ma sœur Fatima Zohra

A mon frère Djamel Eddine

A mes amies plus proches : Meriem, Hanene, Amel, Linda et
Soumia

A toute ma famille

A tous mes collègues de la promotion

Rim Amina

Dédicace

Je dédie ce mémoire à mes très chers parents pour leur patience et leur réconfort dans les moments de découragement.

A mes frères et mes sœurs.

A tous les membres de ma famille.

A tous mes professeurs.

A tous mes amies de la promotion sans exception.

Amina

Table des matières

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Synthèse bibliographique

I. L'eau et la pollution

1. Définition	3
2. Généralités sur l'eau.....	3
2.1. Définition.....	3
2.2. Cycle de l'eau	3
3. La pollution d'eau.....	5
3.1. Principaux origines de la pollution d'eau	5
3.1.1. Pollution chimique.....	5
3.1.2. Pollution microbiologique	5
3.1.3. Pollution physique.....	5
4. Les eaux usées.....	7
4.1. Les paramètres physico-chimiques des eaux usées.....	7
4.1.1. La température.....	7
4.1.2. La turbidité.....	7
4.1.3. Les matières en suspension (MES).....	7
4.1.4. Potentiel d'hydrogène (pH).....	7
4.1.5. Demande chimique en oxygène (DCO).....	7
4.1.6. Demande biologique en oxygène(DBO5).....	8

4.2. Traitement des eaux usées.....	8
4.2.1. Prétraitement (physique).....	10
4.2.2. Le traitement primaire (physico-chimique).	10
4.2.3. Le traitement secondaire (biologique).	10
4.2.3. Traitement tertiaire (la désinfection).....	10
4.2.5. Traitement des boues.....	10

II. Les colorants

1. L'origine de la couleur.....	13
2. Les types des colorants.....	14
2.1. Les colorants naturels.....	14
2.1.1. Origine végétale.....	14
2.1.2. Origine animale.....	14
2.2. Les colorants synthétiques... ..	14
2.2.1. Définition.....	14
3. Classification des colorants... ..	15
3.1. Classification chimique.....	15
3.1.1. Les colorants azoïques	16
3.1.2. Les colorants indigoïdes.....	16
3.1.3. Les colorants xanthènes... ..	16
3.2. Classification tinctoriale... ..	17

3.3. Les colorants acides ou anioniques...	17
3.4. Les colorants basiques ou cationiques.....	17
3.5. Les colorants à mordants.....	17
4. Bleu de méthylène.....	18
5. Aspect toxicologique.....	19
5.1. Toxicité sur la santé humaine.....	19
5.2. Toxicité sur les milieux aquatiques... ..	19

Partie expérimentale

I. Matériel et méthodes

1. Matériel.....	22
1.1. Matériel biologique.....	22
2. Méthodes.....	23

II. Résultats et discussion

3. Conclusion générale.....	36
4. Références bibliographiques	37

Liste des figures

Figure N° 1	Cycle de l'eau.	4
Figure N° 2	Les méthodes d'élimination des polluants.	9
Figure N° 3	Exemples des groupes chromophores et auxochromes.	15
Figure N° 4	Structure générale des colorants azoïques.	16
Figure N° 5	Structure générale des colorants indigoïdes.	16
Figure N° 6	Structure générale des colorants xanthènes.	17

Liste des tableaux

Tableau N°1	Différents types de pollution en fonction de la source de rejet.	6
Tableau N°2	Les groupements chromophores et auxochromes.	13

Liste des abréviations

Cd	Cadmium.
DBO5	Demande biologique en oxygène au bout 5 jours
DCO	Demande chimique en oxygène
HAP	Hydrocarbures aromatiques et Polycycliques
MES	Matières en suspension
Pb	Plomb
PCB	Polychlorobiphényles
Zn	Zinc

Résumé

Les colorants textiles sont parmi les polluants majeurs des eaux, ce qui entraîne des perturbations sur l'environnement et provoquent, par la suite des effets nuisibles sur la santé humaine. Ces substances contiennent des molécules résistantes aux traitements, en augmentant le déficit de trouver une méthode efficace afin de les éliminer.

Les mots clés : pollution

Introduction générale

Introduction générale

La croissance démographique conduit à une augmentation rapide des industries comme celle du plastique, des produits cosmétique, la papeterie et en particulier les textiles. Ces dernières utilisent de nombreux colorants naturels et synthétiques, dont la production annuelle est estimée à 7000 tonnes **(Taleb, 2013)**.

Les colorants rejetés sont considérés comme polluants majeurs de l'environnement et des milieux aquatiques, ce qui peut avoir des impacts négatifs sur les écosystèmes et provoquent une réduction de la pénétration de la lumière et par conséquent retardent l'activité photosynthétique. De même, ils ont des conséquences nocives sur la santé humaine en raison de leurs effets mutagènes et carcinogène **(Hour, 2020)**.

Ces substances contiennent des molécules organiques résistantes qui ne peuvent pas être traitées par les méthodes traditionnelles, ce qui augmente le déficit à trouver des solutions puisque seulement 60% des eaux vont être évacuées vers les stations d'épurations et le reste sera rejeté dans la nature **(Chebli, 2012)**.

Certaines méthodes sont utilisées pour le traitement et la décoloration de ces effluents pollués, à savoir la filtration membranaire, l'oxydation chimique, la coagulation et la floculation, la biodégradation en utilisant des algues et l'adsorption **(Rangabhashiyam et coll., 2013)**. Ces méthodes ont montré un effet important pour l'élimination de certaines substances organiques mais elles restent très coûteuses, ce qui limite leur utilisation dans les pays en développement **(Benguella et Makhoukhi, 2023)**.

Ce manuscrit est constitué de deux volumes :

- Le premier volume comporte deux chapitres, concernant la pollution et les colorants.
- Le deuxième volume décrit :
 - L'ensemble des méthodes expérimentales et les différentes techniques analytiques ainsi que le matériel utilisé dans cette étude;

Introduction générale

- Une présentation des résultats obtenus et leur discussion ;
- Une conclusion générale qui résume l'ensemble des résultats obtenus avec les perspectives possibles.

Synthèse bibliographique

I. L'eau et la pollution

L'eau et la pollution

1. Définition de la pollution

Le terme pollution désigne l'ensemble des modifications néfastes du milieu naturel provoquées par diverses activités humaines, il s'agit des changements totaux ou partiels **(François, 2000)**.

Ce phénomène, qui existe depuis des milliers d'années, peut affecter l'homme d'une façon directe, en altérant sa santé et son environnement proche, ou bien d'une façon indirecte ou il va agir sur la chaîne alimentaire avec ses différents niveaux **(Ngô et Régent, 2004)**.

C'est une accumulation des rejets et des substances libérées dans l'écosphère et qui provoquent des perturbations de l'environnement, avec un impact direct sur les êtres vivants **(Koller, 2004)**.

L'identification des polluants peut être également faite en fonction de leurs catégories chimiques ou physiques, de leur utilisation, de leur origine industriel et de la manière dont ils peuvent se retrouver (dans l'air, l'eau, le sol et la nourriture) ou bien selon leur impact sur la santé **(Goldstein, 2002)**.

2. Généralités sur l'eau

2.1. Définition

L'eau est un élément vital et indispensable au maintien de la vie pour tous les organismes vivants. Elle représente près de 70 % de la surface de la terre, essentiellement dans les océans et les mers. La circulation d'eau au sein des différents compartiments terrestres est décrite par son cycle biogéochimique **(Bertrand, 2008)**.

Dans l'écosphère, l'eau se présente sous trois formes : solide, liquide et gazeuse, en fonction des conditions de températures et de pression spécifiques. L'eau présente des caractéristiques physico-chimiques particulières par rapport aux autres liquides. En tant que solvant efficace, l'eau peut solubiliser de nombreux gaz, corps minéraux et organiques **(Michard, 2002)**.

2.2. Cycle de l'eau

Les mouvements de l'eau sur la terre peuvent être définis comme des flux dans un système à circuit fermé **(Anctil et coll., 2013)**. En premier lieu, le soleil évapore

L'eau et la pollution

l'eau et le transforme en vapeur d'eau dans les nuages. Par la suite, la pluie tombe sur la terre et passe par un cycle hydrologique afin qu'elle puisse revenir aux ressources hydrologiques. Le ruissellement d'une partie des eaux de pluie à la surface de la terre va entraîner une augmentation des cours d'eau et des lacs (figure N° 1). Ces eaux vont subir, par la suite, une évaporation sous l'effet de la chaleur **(Raven et coll., 2009)**.

L'eau pénètre à travers le sol par infiltration lorsque les conditions des terrains sont favorables tels que la porosité et la perméabilité à fin de s'accumuler dans les formes géologiques les plus profondes et de constituer des réserves d'eau des nappes souterraines **(Marsily et Besbes, 2017)**.

Le cycle de l'eau repose, principalement, sur l'eau d'évaporation des eaux de surface et celles provient de la transpiration des végétaux. Ces deux processus font partie du concept unique d'évapotranspiration **(Hillel, 2004)**.

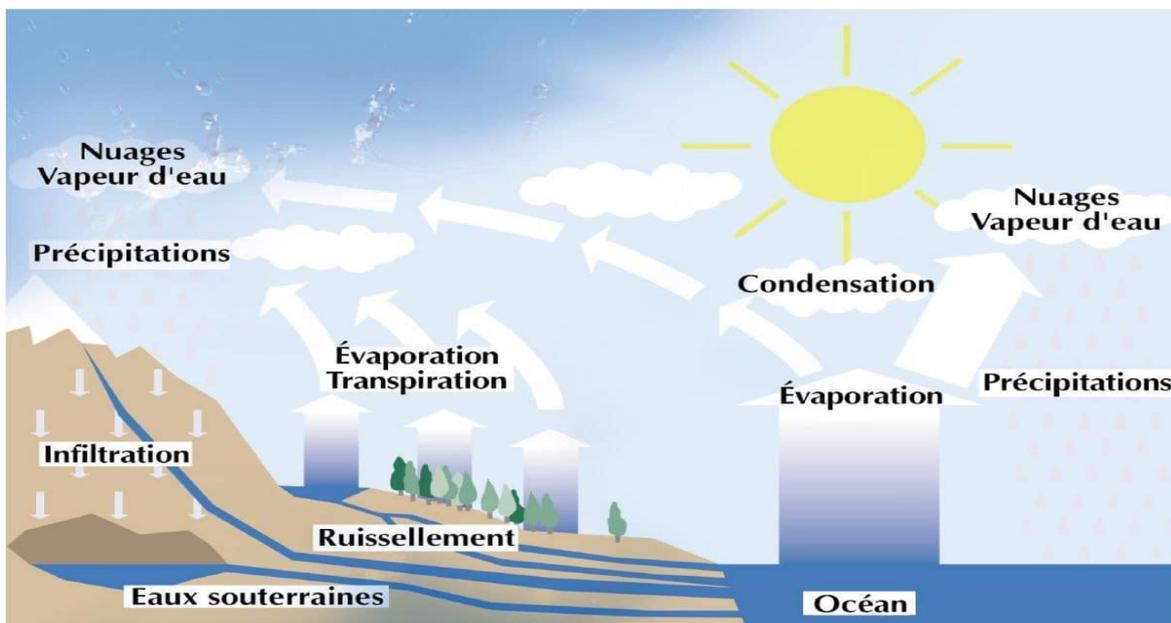


Figure N° 1: Cycle de l'eau **(Marillys, 2010)**.

3. La pollution d'eau

C'est une modification des propriétés naturelles (physiques, chimiques, biologiques et microbiologiques), en raison des rejets des substances solubles ou insolubles qui peuvent entraîner des perturbations de l'environnement et de la santé humaine (**Boeglin, 1997**).

Ces perturbations peuvent déséquilibrer le milieu, altérer profondément les communautés végétales et animales et affectent la qualité de l'eau. Depuis le XVIII^{ème} siècle, la pollution de l'eau devient un problème mondial par l'augmentation de la population et l'industrialisation (**Rehman et coll., 2012**).

3.1. Principaux origines de la pollution d'eau

La pollution des ressources d'eaux est causée par des micro-organismes, des substances chimiques ou des déchets industriels, qui peuvent affecter les cours d'eau, les nappes souterraines et les eaux saumâtres. Cette pollution peut provenir de différentes origines.

3.1.1. Pollution chimique

Elle est causée par des substances chimiques organiques et minérales polluantes. Ce genre de pollution comprend des solvants, des métaux zinc (Zn) et plomb (Pb) et cadmium (Cd), des hydrocarbures aromatiques et polycycliques (HAP), des polychlorobiphényles (PCB), des produits pharmaceutiques, des pesticides et des sels (**Marillys, 2010**).

3.1.2. Pollution microbiologique

Elle est issue de diverses sources telles que les déchets des hôpitaux, l'agriculture et les eaux usées qui contiennent des microorganismes pathogènes. Cela peut provoquer des troubles sur la santé humaine et donc liée à l'apparition de plusieurs maladies infectieuses (**Lounnas, 2009**).

3.1.3. Pollution physique

Le rayonnement ionisant provoque un réchauffement artificiel du milieu ambiant en raison d'une source de chaleur technologique. Cela inclut les conséquences des pollutions thermiques ainsi que celles des isotopes radioactifs (Tableau N°1). (**Ramade, 2000**).

L'eau et la pollution

Une analyse des conséquences des radiations de l'accident de Tchernobyl en 1986 sur les écosystèmes environnants qui a été faite montre que les effets écologiques des pollutions thermiques peuvent également être considérables et qui a un impact sur la survie des organismes et la composition chimique des eaux (**Moller et Mousseau, 2006**).

Tableau N°1 : Différents types de pollution en fonction de la source de rejet (Lévêque, 1996).

Type de polluants	Origine chimique	Source ou facteur responsable
Microbiologique		
-Les microorganismes	-Virus, bactéries, champignons	-Effluents urbains et d'élevage
Chimique		
- Les fertilisants	-Phosphates-nitrates	-Agriculture lessives
-Les métaux	-Mercure, cadmium	-Industrie, agriculture
-Les pesticides	-Insecticides, herbicides	-Industrie, agriculture
- Les détersifs	-Les composés tensioactifs	-Effluents domestiques
-Les hydrocarbures	-Le pétrole brut et ses produits dérivés	-Industrie pétrolière, transports
-Fermentescibles	-Glucides, lipides, protides.	-Effluent domestiques, agricoles
-Les colorants	-Les colorants	-Industrie textile, peintures...
Physique		
-Pollution radioactive	-Radio-isotopes	-Installation nucléaires
-Pollution thermique	-Rejets d'eau chaude	-Centrales thermiques

L'eau et la pollution

4. Les eaux usées

Elles regroupent tous les déchets liquides produits par les individus pour leurs propres besoins et leurs activités domestiques, agricoles et industrielles (**Bouziane, 2000**). Ces eaux sont considérées comme un milieu de culture pour de nombreux micro-organismes pathogènes, elles peuvent entraîner plusieurs problèmes de santé publique, en particulier dans les pays où les conditions d'hygiène sont défavorables (**Rejsek, 2002**).

4.1. Les paramètres physico-chimiques des eaux usées

4.1.1. La température : elle joue un rôle important dans la solubilité des sels des gaz (notamment O₂) et la détermination du pH et des vitesses de réaction chimique dans l'eau. La température est également un facteur physiologique pour la croissance et le métabolisme des micro-organismes présents dans l'eau (**Botta et Bellon, 2001**).

4.1.2. La turbidité : les eaux usées présentent une turbidité inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, ce qui en fait, le paramètre de pollution le plus important, qui indique la présence de matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension. La turbidité est en relation directe avec le taux des matières en suspension (MES) présentes dans l'eau (**Duguet et coll., 2006**).

4.1.3. Les matières en suspension (MES) : c'est l'ensemble des substances insolubles contenues dans l'eau et dont le diamètre est supérieur à 1 µm. Dans les milieux récepteurs, les MES peuvent causer des dommages aux écosystèmes en réduisant la transparence de l'eau et en limitant la photosynthèse des plantes. (**Rejsek, 2002**).

4.1.4. Potentiel d'hydrogène (pH) : le pH est une évaluation de la concentration des protons H⁺ dans un milieu aqueux en déduisant sa nature (acide, basique ou neutre) (**Nehme, 2014**). Ce paramètre est considéré comme l'un des normes les plus importants pour évaluer la qualité d'eau. D'autre part, Il a un impact sur la prolifération des microorganismes dans les milieux aquatiques (**Mechati, 2006**).

4.1.5. Demande chimique en oxygène (DCO) : elle correspond à la quantité d'oxygène absorbée par les substances présentes dans l'eau et susceptibles d'être oxydées dans des conditions opératoires spécifiques. Elle est d'autant plus importante lorsqu'il existe des substances oxydables dans l'environnement.

L'eau et la pollution

L'oxygène a un impact sur presque toutes les matières organiques, qu'elles soient biodégradables ou non. La DCO est exprimée en mg d'O₂/l (**Rodier, 2005**).

4.1.6. Demande biologique en oxygène (DBO5) : La DBO5 représente la consommation d'oxygène des bactéries à 20°C et dans l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablement prélevé, ce qui permet l'oxydation par voie aérobie (**Suschka et Ferreira, 1986**).

4.2. Traitement des eaux usées

En fonction du niveau d'élimination de la pollution et des méthodes utilisées, on distingue différents niveaux de traitement : les prétraitements, le traitement initial et le traitement secondaire. Dans certaines situations, il est nécessaire d'effectuer des traitements tertiaires, en particulier lorsque l'eau épurée doit être rejetée dans un environnement particulièrement sensible (Figure N°2) (**Matehri, 2012**).

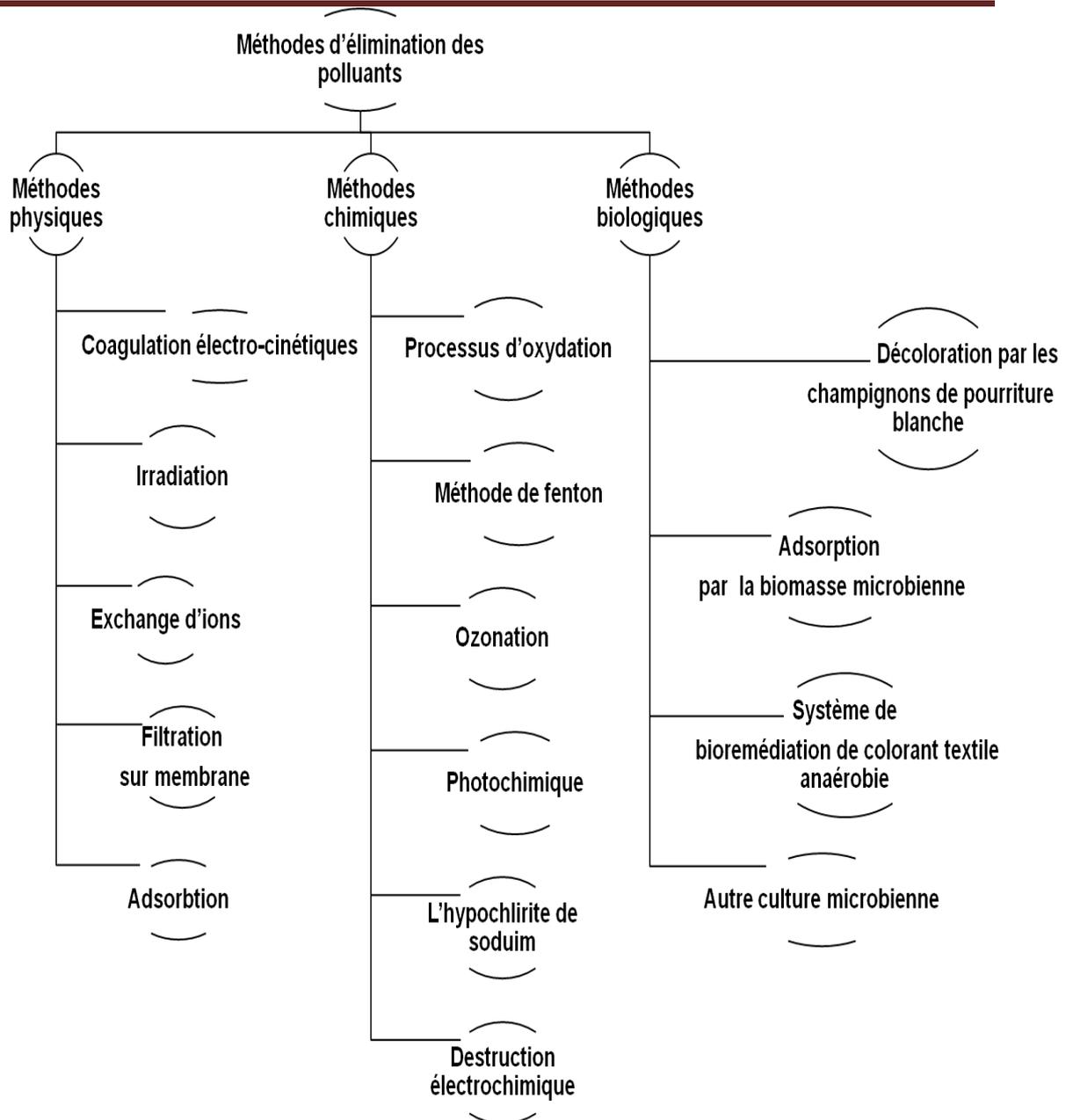


Figure N°2 : Les méthodes d'élimination des polluants (Kaykhali et coll., 2018).

4.2.1. Prétraitement (physique)

En règle générale, les eaux brutes doivent être soumises à un prétraitement qui implique plusieurs opérations, qu'elles soient physiques ou mécaniques. Il est conçu pour extraire de l'eau brute, la plus grande quantité d'éléments dont la nature ou la taille pourront être un obstacle aux traitements ultérieurs. Le prétraitement peut inclure différentes opérations en fonction de la nature des eaux à traiter et de la conception des installations: le dégrillage, principalement pour les déchets

L'eau et la pollution

volumineux, le dessablage pour les sables et les graviers et le dégraissage-déshuilage ou le d'écumage-flottation pour les huiles et les graisses (**Matehri, 2012**).

4.2.2. Le traitement primaire (physico-chimique)

Il s'agit d'une décantation qui est utilisée pour l'élimination de la majorité des MES environ 90% des matières en suspension par sédimentation et une réduction de 35% de la DBO.

Les colloïdes vont être éliminés d'une manière complémentaire en utilisant un traitement physico-chimique qui entraîne une coagulation ou une floculation avant d'appliquer une séparation liquide-solide par décantation ou flottation [(**Le Hyaric, 2009**) ; (**cardot, 2010**)].

4.2.3. Le traitement secondaire (biologique)

Des eaux usées impliquent le traitement biologique, qui améliore la réduction des matières réductrices réellement dissoutes, comme les composés organiques (Nitrification, Dénitrification). Il est plus efficace que les traitements physiques et physicochimiques (**Alkanej, 2017**).

4.2.4. Traitement tertiaire (la désinfection)

C'est une étape supplémentaire et complémentaire au traitement secondaire. Il est essentiel de réaliser de telles opérations afin de garantir une protection de l'environnement. Différentes méthodes peuvent être utilisées pour désinfecter les eaux usées, comme la chloration, l'ozonation et le rayonnement ultraviolet (**Ghadbane, 2007**).

4.2.5. Traitement des boues

Chaque méthode d'épuration entraîne la formation d'un « résidu de pollution » que l'on retrouve dans ce qu'on appelle les boues. Au sein de la station d'épuration, ces boues sont déshydratées à l'aide de divers appareils tels que les filtres-presses, les filtres à bandes presseuses comme la super presse, les centrifugeuses et les vis presseuses. Il est important que le traitement de l'eau prenne également en compte l'avenir de ces boues déshydratées. La mise en décharge est actuellement la destination la plus courante (70 %), mais elle est coûteuse et de plus en plus difficile à maintenir. L'incinération (5 %), la valorisation agricole (25 %) et le recyclage comme matériau de remblai sont d'autres options qui nécessitent un suivi du sol et des nappes phréatiques (**Delporte et Berardo, 2004**).

L'eau et la pollution

Il est possible de réduire la production des boues en réduisant les pertes dans les ateliers et les usines, en limitant autant que possible l'utilisation des réactifs, en privilégiant les procédés biologiques qui conduisent à une production réduite la boue **(Dégrement, 2005)**.

II. Les colorants

Les colorants

La production annuelle des colorants est estimée à 800 000 t/an, en raison de leurs utilisations dans de nombreux domaines tels que la papeterie, l'imprimerie, la production des aliments comme additifs alimentaires et surtout dans l'industrie des textiles. Ils sont parmi les causes les plus courantes de la pollution de l'environnement, dont les résidus sont présents dans les eaux usées (**Ben Mansour et coll., 2011**).

En général, les colorants ont une propriété de teindre, due à une forte affinité entre le colorant et la fibre, ce qui les rend résistants aux traitements de décoloration, notamment pour les colorants synthétiques (**Guivarch, 2004**).

Les matières colorées ont la capacité d'absorber les rayonnements lumineux dans un domaine visible à une longueur d'onde de 380 à 750 nm. Après cette absorption, la coloration va subir des transitions entre les différents niveaux d'énergie (**Capon, 1999**).

1. Origine de la couleur

La première remarque qui a été faite par Witt (chimiste allemand), 1876 concernant les colorants et leurs groupements, c'est qu'ils portent un groupe chromophore qui va donner de la couleur pour les molécules non colorées en raison de leurs doubles liaisons (Tableau N°2) (**Lamri, 2010**).

Tableau N°2: les groupements chromophores et auxochromes (**Guivarch, 2004**).

Groupements chromophores	Groupements auxochromes
Groupe azoïque :(-N= N)	Amino : (-NH ₂)
Groupe nitroso: (-NO ou-N-OH)	Méthylamino :(-NHCH ₃)
Groupe carbonyle (-C=O)	Diméthylamino :(-N(CH ₃) ₂)
GroupeVinyle :(-C=C-)	Hydroxyle :(-HO)
GroupeNitro :(-NO ₂ ou =NO-OH)	Alkoxy : (-OR)
Sulphure (> C=S)	Groupements donneurs d'électrons

2. Les types des colorants

2.1. Les colorants naturels

Sont obtenus par des méthodes simples notamment le chauffage ou le broyage, en utilisant des herbes, des fruits, des arbres, des lichens, des insectes ou des mollusques. Les couleurs naturelles les plus abondantes dans le règne végétal sont le jaune, l'indigo et le pourpre (**Chetioui, 2010**).

2.1.1. Origine végétale

L'alizarine et la purpurine, sont des pigments rouges extraits des racines de *Rubia tinctorum*, également appelée Garance, une plante herbacée des régions chaudes et tempérées. D'autres plantes telles que la betterave, certains arbres ou lichens produisent d'autres colorants rouges.

2.1.2. Origine animale

La pourpre de Tyr, la couleur des vêtements des hauts dignitaires du monde oriental et romain, est issue d'un mollusque de la Méditerranée, le murex. La cochenille du Mexique, *Coccus cacti* (car elle se rencontre sur les cactus), produit un rouge écarlate. Le carmin, utilisé pour la teinture de la laine et de la soie, est maintenant incorporé dans l'industrie agroalimentaire (E120) et dans la fabrication des produits cosmétiques (**Chetioui, 2010**).

2.2. Les colorants synthétiques

2.2.1. Définition

Ces colorants sont des substances minérales ou organiques qui ont la capacité d'absorber certaines radiations du spectre de la lumière et de réfléchir des radiations supplémentaires. Les composés organiques, ont une caractéristique de coloration due à l'incorporation des groupes chromophores. Les molécules ainsi modifiées se transforment en chromogènes qui ont des propriétés tinctoriales et qui ne se manifestent qu'en interaction avec d'autres groupements auxochromes (**Damardji, 2011**).

Les colorants

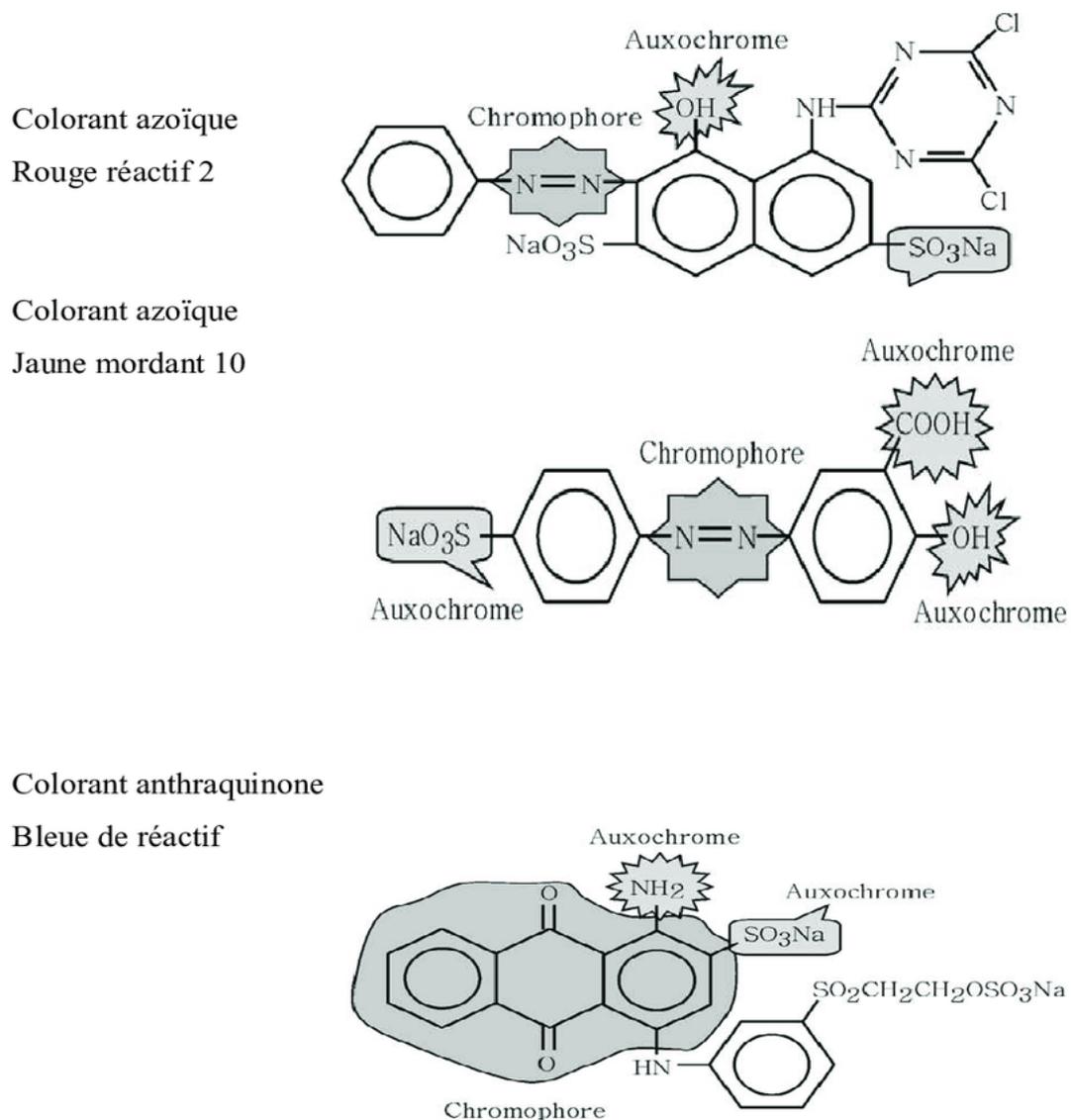


Figure N°3 : Exemples des groupes chromophores et auxochromes (**Ben Mansour et coll., 2011**).

3. Classification des colorants

Les colorants synthétiques sont classés en fonction de leur composition chimique et de leur utilisation.

3.1. Classification Chimique

Ce type de classification dépend de la composition chimique du colorant, en particulier de la nature de son groupe chromophore. La classification tinctoriale

repose sur la méthode dont la couleur est utilisée, ce qui dépend à son tour du groupe auxochrome (**Boucherit, 2016**).

3.1.1. Les colorants azoïques

Les colorants azoïques sont caractérisés par le groupe fonctionnel azoïque (-N=N-). Les systèmes aromatiques ou pseudo-aromatiques, qui sont généralement basés sur le squelette de l'azobenzène, sont liés par un groupe chromophore azoïque (la figure N°4) [(**Hammami et coll., 2008**) ; (**Sandhya, 2010**)].

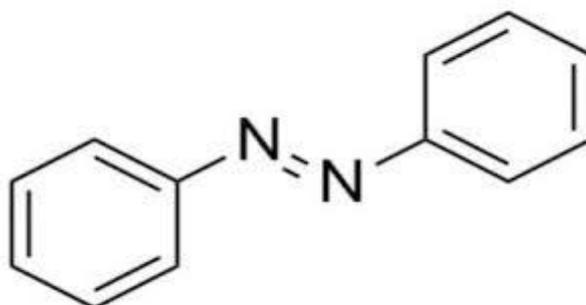


Figure N°4 : structure générale des colorants azoïques (**Dalhatou, 2016**).

3.1.2. Les colorants indigoïdes

Les colorants indigoïdes sont nommés d'après l'indigo dont ils proviennent. Ils sont employés comme colorants dans le domaine de textile, comme additifs dans les produits pharmaceutiques, la confiserie ainsi que les tests médicaux (la figure N°5) [(**Moncada et coll., 1991**) ; (**Stolte et coll., 2001**)].

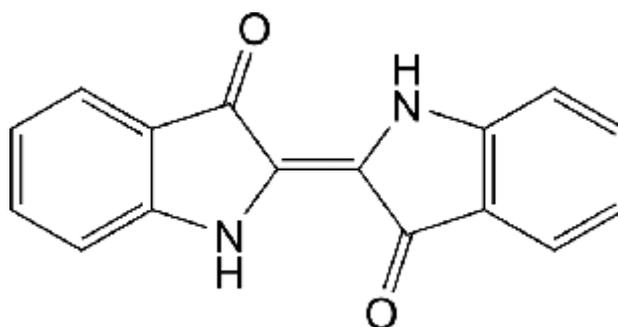


Figure N°5 : structure générale des colorants indigoïdes (**Dalhatou, 2016**).

3.1.3. Les colorants xanthènes

Les colorants xanthènes sont des composés qui constituent des dérivés de la fluorescéine halogène. Ils sont fortement fluorescents et ont de nombreuses

utilisations comme colorants alimentaires, cosmétiques, textiles et pour l'impression (la figure N°6) [(Ghosh et Bhattacharyya, 2002) ; (Lamri, 2010)].

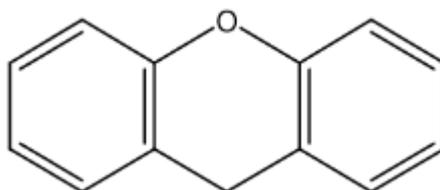


Figure N°6: structure générale des colorants xanthènes (Dalhatou, 2016).

3.2. Classification tinctoriale

Le fabricant des colorants peut être intéressé par la classification chimique, le teinturier privilégie le classement par domaines d'applications. De cette manière, on fournit des informations sur la capacité du colorant à se dissoudre dans le bain de teinture, son affinité pour les différentes fibres et la nature de la fixation. La force de cette liaison colorant/substrat varie en fonction de la nature de la liaison ionique, hydrogène, de Van der Waals ou covalente. Différentes catégories tinctoriales sont identifiées, cette fois-ci, par les auxochromes (Ararem, 2010).

3.3. Les colorants acides ou anioniques

Parmi les propriétés de ces colorants la solubilité dans l'eau grâce à leurs groupes carboxyles et sulfonâts. Ils ont également la capacité de teindre les fibres animales comme la laine et la soie et de certaines fibres acryliques modifiées (nylon, polyamide) (Ben Mansour et coll., 2011).

3.4. Les colorants basiques ou cationiques

Ils ont une faible résistance à la lumière et sont solubles dans l'eau. De plus, ils ont la capacité de créer des liaisons entre leurs sites cationiques et anioniques des fibres (Moumni, 2013).

3.5. Les colorants à mordants

Les colorants à mordants renferment un ligand fonctionnel qui peut réagir intensément avec un sel d'aluminium, de chrome, de cobalt, de cuivre, de nickel ou de fer afin de créer divers complexes colorés avec le textile (Ben Mansour et coll., 2011).

Partie expérimentale

I. Matériel et méthodes

Matériel et méthodes

II. Résultats et discussion

Conclusion Générale

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Références bibliographie

- 1. Aliouche S. (2017)** Etude de l'élimination d'un colorant par différentes méthodes photochimiques en milieu aquatique. Mémoire de Magister. Université Mentouri, Constantine.
- 2. Alkanej Y. (2017)** Recherche sur les méthodes et les techniques appliquées au séchage des boues. Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar-Annaba.
- 3. Ararem F. (2010)** Synthèse et caractérisation de biopolymères : Application au piégeage de colorants. Mémoire de magister. Université d'Oran Es-Sénia.
- 4. Ashizawa A., Faroon O., Ingerman L., Jenkins K., Tucker P. & Wright S. (2012)** Toxicological Profile for cadmium. *Toxic Substances and Disease Registry*, 9(3):351–424.
- 5. Atef S.A. (2009)** Adsorption of methylene blue from aqueous solution onto a low-cost natural Jordanian Tripoli. *American Journal of applied sciences*, 5(3): 197-208. DOI: <http://www.doi.10.3844/ajessp>.
- 6. Anctil F., Rousselle J., Lauzon N. (2013)** Hydrologie : cheminements de l'eau. Edition : Presses internationales polytechnique Canada.
- 7. Barka N. (2008)** L'élimination des colorants de synthèse par adsorption sur un phosphate naturel et par dégradation photocatalytique sur TiO₂ supporte. Thèse de doctorat. Université d'Alger.
- 8. Ben Mansour H., Boughzala O., Dridi D., Barillier D., Chekir-Ghedira L. et Mosrati R. (2011)** Les colorants textiles sources de contamination de l'eau : criblage de la toxicité des méthodes de traitement. *Revue des sciences de l'eau*, 24 (3) :209-238.

Références bibliographiques

- 9. Ben Messaoud N. (2019)** Possibilité d'élimination d'un colorant diazoïque (Rouge Congo) par coagulation-floculation. Thèse de doctorat. Université Mohamed Khider-Biskra.
- 10. Benguella B., Makhouki B. (2023)** Valorisation des argiles Algériennes: application à l'adsorption des colorants textiles en solution. *Water Sciences and Environment Technologies*, 7(4) :5-12.
- 11. Bennani k. A., Mounir B., Hachkar M., Bakasse M. & Yaacoubi A. (2010)** Élimination du colorant basique «Bleu de Méthylène» en solution aqueuse par l'argile de Safi. *Revue des sciences de l'eau*, 23(4): 375-388.
- 12. Bertrand G. (2008)** Utiliser l'eau de pluie. Edition: Eyrolles.
- 13. Boeglin J.C. (1997)** Analyse des eaux résiduaires: Mesure de la pollution. *Technologies de l'eau*, (2): 39-40.
- 14. Botta A., Bellon. (2001)** Pollution de l'eau et la santé humaine. Laboratoire de biogénotoxicologie et mutagenèse environnementale. Thèse de doctorat. Université Euro Méditerranée.
- 15. Boucherit N. (2016)** Traitement des colorants textiles par procédés de couplage: Fenton-Enzyme. Thèse de doctorant. Université de Tizi Ouzou-Mouloud Mammeri.
- 16. Bouziani M. (2000)** L'eau: de la pénurie aux maladies. Edition: Ibn-Khaldoun.
- 17. Capon M., Courilleu V., Valtte C. (1999)** Chimie des couleurs et des odeurs, culture et technique. Edition : Nantes.
- 18. Cardot C. (2010)** Les traitements de l'eau: procédés physico-chimiques et biologiques. Edition : Ellipses, Paris, France.

Références bibliographiques

- 19. Chang J. S., Chou C., Lin Y. C., Lin P. J., Ho J. Y. & Hu T. L. (2001)** Kinetic characteristics of bacterial azo-dye decolorization by *Pseudomonas*. *Water research*, 35(12) : 2841-2850.
- 20. Chebli D. (2012)** Traitement des eaux usées industrielles: dégradation des colorants azoïques par un procédé intégré couplant un procédé d'oxydation avancée et un traitement biologique. Thèse de doctorat. Université de Sétif 1-Ferhat Abbas.
- 21. Chetioui S. (2010)** Structures et propriétés physico-chimiques de substances colorantes de synthèse. Mémoire de Magister. Université Mentouri Constantine.
- 22. Dalhatou S. (2016)** Application des techniques d'oxydation avancée pour la dépollution des effluents organiques dans les eaux de rejets industriels. Thèse de doctorat. Université de Grenoble.
- 23. Damardji B. (2011)** Dégradation photocatalytique en phase hétérogène dans l'élimination des colorants organiques. Thèse de doctorat. Université de Blida.
- 24. Dégerment S. (2005)** Technique de l'eau, technique en documentation. Édition : science international, Paris.
- 25. Delporte C., Berardo P. (2004)** Le traitement Biologique des effluents industriels liquides. *Revue OndeolIndustrial Solution*, 20(3):203-207.
- 26. Doğan M., Özdemir Y. & Alkan M. (2007)** Adsorption kinetics and mechanism of cationic methyl violet and methylene blue dyes onto sepiolite. *Dyes and Pigments*, 75(3): 701-713.
- 27. Duguet J.P ., Bernazeau F ., Cleret D ., Gaid A .,Laplanche A ., Moles J., Monteil A ., Riou G .,Simon P. (2006)** Réglementation et traitement des eaux destinées à la consommation humaine. Edition : ASTEE (Association Scientifique et Technique pour L'environnement), Paris.
- 28. François R. (2000)** Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Edition : science international, Paris.

Références bibliographiques

- 29. Ghadbane N. (2007)** Les eaux usées urbaines. Mémoire de magister. Université de M'sila.
- 30. Ghosh D., Bhattacharyya G. (2002)** Adsorption of methylene blue on kaolinite. *Journal Elsevier*, 20(3): 295 – 300.
- 31. Goldstein B.D. (2002)** Encyclopedia of Public Health. Edition: Lester Breslow.
- 32. Guivarch E. (2004)** Traitement des polluants organiques en milieux aqueux par procédé électrochimique d'oxydation avancée" Electro-Fenton": application à la minéralisation des colorants synthétiques. Thèse de doctorant. Université de Marne-la-Vallée.
- 33. Hammami S., Bellakhal N., Otura N., Oturan, M. A., Dachraoui M. (2008)** Degradation of Acid Orange 7 by electrochemically generated •OH radicals in acidic aqueous medium using a boron-doped diamond or platinum anode mechanistic study. *Chemosphere*, 73(5) : 678-684.
- 34. Hillel D. (2004)** Introduction to Environmental Soils Physics. *Elsevier Science*, 30(2): 391–392.
- 35. Hourri R., Mogdad S., & Kebaili M. (2020)** Elaboration d'un biofiltre pour la dépollution des eaux contaminées par des colorants. Thèse de doctorant. Université Kasdi-Merbah Ouargla.
- 36. Kabita D., Subrata M., Sekhar B., Basab, Ch. (2001)** Chemical oxidation of methylene blue using a Fenton-like reaction. *Journal of Hazardous Materials*, 7(3): 57–71.
- 37. Kaykhaili M., Sasani M., Marghzari S. (2018)** Removal of Dyes from the Environment by Adsorption Process. *Chemical and Materials*, 6(2) : 31-35.
- 38. Kifuani K.M.A. (2013)** Adsorption des composés organiques aromatiques sur charbon actif à base des déchets agroindustriels. Thèse de doctorat. Université de Kinshasa.

Références bibliographiques

- 39. Koller E.(2004)** Traitement des pollutions industrielles :Eau. Air. Déchets. Sols. Boues. Edition : Dunod.
- 40. Lamri N. (2010)** Elimination du colorant orange en solution aqueuse, par voie photochimique et par adsorption. Mémoire de magister. Université Mentouri de Costantine.
- 41. Le Hyaric, R. (2009)** Caractérisation, traitabilité et valorisation des refus de dégrillage des stations d'épurations. Thèse de doctorat. Université de Lyon, France.
- 42. Lévêque, C. (1996)** Ecosystèmes aquatiques Edition : Hachette.
- 43. Lounnas A. (2009)** Amélioration des procédés de clarification des eaux de la station Hamadi Kroma de Skikda. Mémoire de Magister. Université de Skikda (Algérie).
- 44. Marillys M., (2010)** Connaissances pédagogiques sur l'eau distribuée et sur la gestion de l'eau en France, d'analyser les comportements des consommateurs et d'analyser le discours des medias. *Information sur l'eau*, 20(3):203-205.
- 45. Marsily G., Besbes M. (2017)** Les eaux souterraines. In *Annales des Mines-Responsabilité et environnement*, (86) : 25-30. DOI : 10.3917/re1.086.0025.
- 46. Matehri M. S. (2012)** Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- 47. Mechaty F. (2006)** Etude des paramètres physico-chimiques avant et après traitements des rejets liquides de la raffinerie de SKIKA. Mémoire de magister. Université de Skikda.
- 48. Michard G. (2002)** Chimie des eaux naturelles : Principes de géochimie des eaux. Edition : Publisud, Paris.

Références bibliographiques

- 49. Møller A.P., Mousseau T.A. (2006)** Biological consequences of Chernobyl: 20 years on. *Trends in ecology & evolution*, 21(4): 200-207.
- 50. Moncada S. R. M., Palmer R. M. L., Higgs E. (1991)** Nitric oxide: physiology, pathophysiology and pharmacology. *Pharmacological reviews*, 43(2) : 109-142.
- 51. Moumni O. (2013)** Traitement sonochimique des eaux contaminées par le vert de malachite. Thèse de doctorat. Université Badji Mokhtar- Annaba.
- 52. Nehme N. (2014)** Evaluation de la qualité de l'eau du bassin inférieur de la rivière de Litani, Liban: approche environnementale. Thèse de doctorat. Université de Lorraine (France).
- 53. Ngo C., Régent A. (2004)** Déchets et pollution. Edition : Dunod, Paris.
- 54. Ramade F., Papigny A. G. (2000)** Dictionnaire encyclopédique de pollution : les polluants de l'environnement. Edition : science international, Paris.
- 55. Rangabhashiyam S., Anu N. & Selvaraju N. (2013)** Sequestration of dye from textile industry wastewater using agricultural waste products as adsorbents. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 1(4): 629-641.
- 56. Raven P. H., Berg L. R., Hassanzahl D. (2009)** Américaine par marie pascale la ceannehancock Guy Iemperiere. Edition : science international.
- 57. Rehman M. S. U., Kim I., Han, J. I. (2012)** Adsorption of methylene blue dye from aqueous solution by sugar extracted spent rice biomass. *Carbohydrate polymers*, 90(3) : 1314-1322.
- 58. Rejsek F. (2002)** Analyse des eaux : aspects réglementaires et techniques. Edition : Scérén, France.
- 59. Rodier J. (2005)** L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires et eaux de mer. Edition : Dunod, Paris.

Références bibliographiques

- 60. Saidi F. (2013)** Elimination du Bleu de Méthylène par des Procédés d'Oxydation Avancée. Magister en chimie. Université Abou Bakr Belkaid – Tlemcen.
- 61. 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 biomaterial using cactus), *Journal of materials and Environmental Science*, 6(2) : 397-406.
- 62. Sandhya S. (2010)** Biodegradation of Azo Dyes under Anaerobic Condition: Role of Azoreductase and Biodegradation of Azo Dyes. *Environmental Chemistry*, 9(3): 39-57.
- 63. Sbai G., Oukili K., Loukili M. (2016)** Etude de la dégradation des colorants de textile et l'application sur le Bleu de Méthylène. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 20(3): 272–279.
- 64. Singh N. & Yadav A. (2024)** Sustainable adsorption of methylene blue (MB) dye using individual and combined ratios of *Trigonella foenum-graecum* (F) seed galactomannan and *Linum usitatissimum* (L) seed. *Water Practice & Technology*, 19(4): 1513-1541.
- 65. Stolte M., Vieth M. (2001)** Pathologic basis of mucosal changes in the esophagus. *Acta Endoscopica*, 31(3): 125-130.
- 66. Sukumaran V. S., Ramalingam A. (2011)** Third Order Optical Nonlinearities and Spectral Characteristics of Methylene Blue. *Journal of Quantum Information Science*, 7(3):69–72.
- 67. Suschka J., Ferreira E. (1986)** Activated sludge respirometric measurements. *Water Research*, 20(2): p137-144.
- 68. Taleb F. (2013)** Bioremediation d'un effluent industriel contenant du méthyle orange, à l'aide d'un consortium de microorganismes issus de la betterave rouge. Mémoire magister. Université de Blida.

Références bibliographiques

69. Terdputtakun A., Arqueropanyo O. A., Sooksamiti P., Janhom S. & Naksata W. (2017) Adsorption isotherm models and error analysis for single and binary adsorption of Cd (II) and Zn (II) using leonardite as adsorbent. *Environmental Earth Sciences*, 7(6): 1-11.

70. Varjani S., Rakholiya P., Ng H. Y., You S. & Teixeira J. A. (2020) Microbial degradation of dyes: an overview. *Bioresource Technology*, 314:123-728. Doi: 10.1016/j.biortech.2020.123728.

