

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCE

**DEPARTEMENT DES SCIENCES DE LA
NATURE ET DE LA VIE**

N° :.....



**DOMAINE : SCIENCES DE LA
NATURE ET DE LA VIE**

FILIERE : ECOLOGIE

OPTION : Ecologie Des Milieux Naturels

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique**

Par: BEN MADANI Hadjira

KHAREF Rebeh

Intitulé

**Utilisation des résidus secs (noyaux
d'abricot dans M'sila) dans le domaine
de traitement des eaux**

Soutenu devant le jury composé de:

NOUIDJEM. Y

Université M'sila

Président

TERCHI . S

Université M'sila

Rapporteur

BOUNAR . R

Université M'sila

Examineur

Année universitaire : 2018 /2019

Remerciements

Nous remercions tout d'abord ALLAH tout puissant qui nous a donné la santé,
le courage et la patience afin de pouvoir accomplir ce modeste travail.

Nous tenons à présenter nos profondes gratitudee à notre encadreur Mr.TERCHI
SMAIL pour son aide, son encouragement, son bon comportement et sa
modestie et qui nous a fait bénéficier de son savoir son expérience et de ses
précieux conseils, et qui nous a réservé beaucoup de son temps, et n'a ménagé
aucun effort pour nous soutenir et nous donner de précieuses informations.

Nos sincères remerciements vont également s'adressent à monsieur le président
Mr.NOUIDJEM YACINE pour son aide, sa disponibilité, ses compétences
scientifiques, son soutien et sa
gentillesse.

Nous sommes également très honorés Mr.BOUNAR RABEH pour avoir accepté
d'examiner ce travail.

Nous remercions aussi l'ingénieur de laboratoire MOUNIR pour son aide et
pour le partage de son expertise au quotidien et son temps accordé, aussi
ingénieur HALIMA pour sa bonne éthique et qui n'a ménagé aucun effort pour
nous servir.

Dédicaces

Je dédie ce travail aux êtres les plus chers qui sont mes parents que DIEU te protège.

Ma mère masouda pour son affection, sa patience, sa compréhension, son écoute et son soutien.

Mon père mohamed pour être mon plus haut exemple de persévérance pour aller toujours de l'avant et ne jamais baisser les bras.

À mes soeurs , Et mes frères omar,amer,aymen,islam.

À mes grand-mères Aïcha et om hani,et ma grand-père omar que DIEU te protège .

À toutes mes tantes et oncles paternels et maternels surtout ma tante noura .

À toutes mes cousines surtout aicha et aldja.

À toute la famille ben madani et rahmouni.

À ma binôme de ce travail ‘’ rebeh kharef’’ qui a été la meilleure amie dans son comportement et son éthique, et qui n'a ménagé aucun effort pour préparer cette mémoire .

À mes amis proches : Meryem,abir ,Sara,houda,souaad et .

À tous mes collègues de promotion 2018/2019 de Master « Ecologie des milieux naturels (EMN) ».

hadjira

Dédicaces

Je dédie ce travail aux êtres les plus chers qui sont mes parents que DIEU te protège.

Ma mère fatima pour son affection, sa patience, sa compréhension, son écoute et son soutien.

Mon père attia pour être mon plus haut exemple de persévérance pour aller toujours de l'avant et ne jamais baisser les bras.

À mes soeurs , Et mes frères boubaker, abderehman,said ,abdennacer.

À toutes mes cousines surtout fatiha et naima ,omhani et aicha ,samia,fayza,halima,et omhani .

À toute la famille kharef .

À ma binôme de ce travail “hadjira ben madani” qui a été la meilleure amie dans son comportement et son éthique, et qui n'a ménagé aucun effort pour préparer cette mémoire.

À mes amis proches :fatima ,meryam,safia,hada,fatiha, ,Sara,houda,souaad et .

À tous mes collègues de promotion 2018/2019 de Master « Ecologie des milieux naturels (EMN) ».

Rebeh

Sommaire

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale 01

Chapitre I

Analyse bibliographique

I.1.Situation environnementale dans le monde..... 04

I.2.Généralités sur les facteurs de dégradation..... 04

I.3.Pollution..... 05

I.3.1.Définition de la pollution..... 05

I.3.2.Déférents types de pollution..... 05

I.3.2.1.Pollution de l'air..... 06

I.3.2.1.1.définition de la Pollution de l'air 06

I.3.2.1.2. Principales causes de la pollution atmosphérique..... 06

I.3.2.1.2.1. causes naturelles de la pollution atmosphérique..... 06

I.3.2.1.2.2.causes artificielles de la pollution atmosphérique..... 07

I.3.2.2.Pollution de sols..... 08

I.3.2.2.1.définition de la Pollution de sols..... 08

I.3.2.2.2.les causes de la pollution des sols..... 09

I.3.2.3.Pollution de l'eau 09

I.3.2.3.1.définition de la Pollution de l'eau..... 09

I.3.2.3.2.les causes de la pollution des eaux..... 10

I.3.2.3.3.les sources de la pollution des eaux..... 13

I.3.2.3.4.Les types de la polluants d'eau..... 13

I.3.2.3.5. La toxicologie environnementale des polluants..... 14

I.4. Pollution engendrée par les colorants textiles et leurs détections 14

I.4.1. Historique des colorants..... 15

I.4.2. Classification des colorants..... 15

I.4.2.1. Classification selon la constitution chimique..... 16

I.4.2.1.1. Les colorants azoïques..... 16

I.4.2.1.3. Les colorants indigoïdes..... 17

I.4.2.1.4. Les colorants xanthène..... 17

I.4.2.1.5. Les phtalocyanines.....	17
I.4.2.1.6. Les colorants nitrés et nitrosés.....	18
I.4.2.1.7. Les colorants triphénylméthanes.....	18
I.4.3. Les colorants et leurs impacts environnementaux.....	18
I.4.3.1. Bio-accumulation.....	19
I.5. Procédés de traitement des colorants.....	19
I.5.1. Méthodes physiques.....	20
I.5.1.1. Adsorption sur charbon actif.....	20
I.5.1.2. Filtration membranaire.....	20
I.5.1.3. Coagulation/floculation.....	20
I.5.2. Méthodes chimiques.....	21
I.5.3. Méthodes biologiques.....	21
I.6 Les différents adsorbants.....	23
I.6.1. Charbon actif.....	23
I.6. 2.Argile.....	23
I.6.3.Les biosorbants.....	23

Chapitre II

Matériel et méthodes

II.1.Description de la zone d'étude m'sila.....	29
II.1.1.Le milieu physique.....	29
II.1.2. Le relief.....	30
II.1.3. Les sols.....	30
II.1.4.Les ressources hydriques.....	31
II.1.5.Le climat.....	31
II.1.5.1. Les températures.....	31
II.1.5.3.L'insolation.....	34
II.2. Généralités sur l'abricot.....	26
II.2.1. Description du fruit.....	26
II.2.2. Classification botanique.....	26
II.2.3.Histoire et origine.....	27
II.2.4. Importance Economique.....	27
II.2.4.1. Alimentation.....	27
II.2.4.2.Cosmétique.....	28

II.2.5 .Production mondiale.....	28
II.2.6.Production des abricots en Algérie.....	28
II.2.7.Production de la région m'sila.....	28
II.3.Méthode et matériels.....	34
II.3.1.Matière végétale.....	34
II.3.2.Purification du noyaux d'abricot.....	34
II.3.3.Méthodes d'analyse.....	35
II.3.3.1.pH mètre.....	35
II.3.3.2. La spectrophotométrie UV-Visible.....	35
II.3.3.2.1. Définition de la spectrophotométrie UV-Visible.....	35
II.3.3.2.2 Principe de la spectrophotométrie UV-visible.....	36
II.3.3.2.3.Applications.....	37
II.3.4.Produits chimiques utilisés.....	37

Chapitre III

Résultats et Discussions

III.1.Choix des colorants.....	40
III .2. le crystal violet (Ethyl violet).....	40
III .2.1.définition.....	40
III.2.2.Caractéristiques physico-chimiques du colorant de cristal violet.....	41
III.2.3 .La synthèse du crystal violet.....	41
III.2.4.Conservation.....	42
III.3.Nécessité de traiter les effluents (colorants) textiles.....	42
III.4.Méthodologie expérimentale.....	43
III.4.1.Préparation des solutions.....	43
III.4.2.Processus d'adsorption.....	43
III.5 . Méthode d'analyse.....	44
III.5 .1.PH mètre	44
III.5 .2.Analyse par spectrophotométrie UV/visible.....	44
III.5 .3.Etalonnage.....	44
III .6.Protocole expérimental d'adsorption en « batch ».....	45
III.6 .1. Cinétique brut d'adsorption du Crystal violet sur poudre de noyaux d'abricot.....	46
III.6.2.Effet de la quantité d'adsorbant.....	47

III.6.3. Effet du pH sur l'adsorption de colorant CV.....	48
III.6.4 .Effet de la concentration initiale vs température.....	49
III.6.5 .Effet de la concentration initiale vs salinité.....	51
III.7. Adsorption du crystal violet sur une argile (montmorillonite brute MMTB)....	52
III.7.1. Cinétique d'adsorption de Crystal violet sur la MMTB.....	52
III.7.2. Isothermes d'adsorption du cristal violet sur MMTB vs Température.....	53
III.7.3. Effet de la quantité d'adsorbant.....	54
III.7.4.Effet du pH sur l'adsorption de colorant CV sur la MMTB.....	55
Conclusion.....	57
Références bibliographiques.....	59
Résumé	

Liste des figures

Figure01	Déférents types de pollution.....	06
Figure02	Exemples pour la pollution d'air(usine Ain kbeira à setif).....	08
Figure03	Pollution de sol	09
Figure04	Pollution de l'eau par les colorants.....	10
Figure05	Conséquences de la bioaccumulation après déversement de substances toxiques (insecticides) dans un cours d'eau.....	19
Figure06	Aptitude de diverses technologies de traitement des eaux usées selon leur teneur en DCO.....	22
Figure07	Abricots à maturité; entier et en coupe.....	26
Figure08	Circonscriptions administratives de la wilaya de M'Sila. (Wilaya de M'Sila,2011).....	29
Figure09	Variations des températures moyennes mensuelles ; des moyennes, des maxima, et des minima en °C (1988-2008).....	32
Figure10	Variations mensuelles des précipitations (mm) (1988-2008).....	32
Figure11	Variations annuelles des précipitations (mm) (1988-2008).....	33
Figure12	Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1988-2008) de la région de m'sila.....	33
Figure13	pH-mètre WTW SERIES (pH 720).....	35
Figure14	L'appareild'UV/Visible (SHIMADZU UV-1240).....	36
Figure15	Structure du Cristal violet.....	40
Figure16	courbe d'étalonnage de Crystal violet.....	45
Figure17	Cinétique d'adsorption de crystal violet (CV) sur la poudre d'abricot à 20 C ⁰	47
Figure18	Le pourcentage d'adsorption du Crystal violet sur poudre d'abricot en fonction de la dose d'adsorbant (pH=6, à 20°C).....	48
Figure19	Les variations des quantités de colorant adsorbé par poudre d'abricot à l'équilibre en fonction du pH.....	49
Figure20	Isotherme d'adsorption du Crystal violet sur poudre d'abricot à T=20,30 et 40 °C.....	50
Figure21	Isotherme d'adsorption du Crystal violet sur poudre d'abricot à [NaCl]= 0, 0,01 et 0,1 M.....	51
Figure22	Cinétique d'adsorption de Crystal violet (CV) sur la MMTB à 20 C ⁰ ..	52
Figure23	Isotherme d'adsorption du Crystal violet sur poudre MMTB à T=20, 30 et 40 °C.....	53
Figure24	Le pourcentage d'adsorption du Crystal violet sur la MMTB en fonction de la dose d'adsorbant (pH=6, à 20°C).....	54
Figure25	Les variations des quantités de colorant (C ₀ =60 mg/L) adsorbé par la MMTB à l'équilibre en fonction du pH.....	55

Liste des tableaux

Tableau 1: Caractéristiques physico-chimiques de Crystal violet.....	41
---	----

Introduction

INTRODUCTION

Introduction

La protection de l'environnement est devenue une préoccupation majeure de notre société et motivée, à côté d'études sur la réduction des facteurs créateurs de pollution, le développement croissant de recherches pour l'amélioration des méthodes de dépollution.

Les sociétés occidentales consomment des quantités d'eau très importantes, pour un usage domestique ou industriel et l'utilisation de cette eau entraîne sa contamination par divers éléments (particules solides, bactéries, molécules organiques et minérales...). Une fois utilisée, l'eau est encore souvent rejetée dans le milieu naturel, malgré le développement de la pratique de la réutilisation. Cependant, le rejet direct dans l'environnement est exclu du fait de l'impact de la pollution contenue dans les eaux sur le milieu récepteur (faune et flore) et la santé humaine avant d'être rejetée, l'eau doit donc être traitée afin de minimiser son impact sur le milieu naturel. (Rengoat, 2007)

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et l'Union Européenne, quant à elles, ne fixent pas de lois mais donnent des orientations pour la fixation des concentrations maximales admissibles (CMA). Elles donnent des recommandations qui tiennent compte de risques et fixent un seuil de tolérance et une CMA. (Bouras, 2003)

L'organisation mondiale de la santé (OMS) considère que 80 % des maladies qui affectent la population mondiale sont directement véhiculées par l'eau : 400 millions de personnes sont atteintes en permanence de gastro-entérites, 160 millions de paludisme et 30 millions d'onchocercose (Desjardins, 1997). Malgré les apparences, la transmission des maladies par une eau polluée n'est pas l'apanage des pays en voie de développement et l'élaboration de normes sur les eaux de consommation vise à fournir aux consommateurs une eau qui ne constitue pas un risque pour la santé. (Zawlotzki, 2004)

Actuellement, les rejets de l'industrie du textile sont lourdement chargés en colorants. Ces derniers sont souvent utilisés en excès pour améliorer la teinture ; de ce fait les eaux de rejet se trouvent fortement concentrées en colorants dont la faible biodégradabilité rend les traitements biologiques difficilement applicables, ce qui constitue une source de dégradation de l'environnement.

Plusieurs techniques ont été employées pour l'élimination des polluants des effluents industriels. L'adsorption est l'une des techniques les plus utilisées pour cette élimination. Le charbon actif est l'adsorbant le plus communément employé, mais il reste très onéreux et nécessite en plus une régénération. Cela limite son utilisation dans les pays en voie de développement. Les recherches se sont alors orientées vers des procédés de traitement faisant appel à des matériaux naturels moins coûteux, concrètement à partir des déchets végétaux.

INTRODUCTION

L'objectif de cette étude est l'exploitation des propriétés adsorbantes des noyaux d'abricot pour adsorber le Crystal violet en solution aqueuse.

Ce mémoire comprend trois chapitres :

Le premier chapitre est une recherche bibliographique contenant des rappels sur la pollution, les adsorbants, les colorants et leurs méthodes de traitement.

Le deuxième chapitre sera consacré au choix des polluants et au traitement du matériau utilisés ainsi les différents méthodes d'analyses.

Dans le troisième chapitre, nous avons étudié l'effet de paramètres influençant l'adsorption tels que, temps de contact, le pH de la solution, dose d'adsorbant, la température, et la salinité. En fin nous avons comparé la capacité d'adsorption de ces noyaux d'abricot par une argile, c'est la montmorillonite, et ce travail termine par une conclusion générale.

Chapitre I

Analyse

Bibliographique

I.1.Situation environnementale dans le monde

La terre comptait un milliard d'individus il y a deux siècles ,2 milliards en 1960, 5,3 milliards en 1960. Les habitants des pays en voie de développement constituent 79% de la population mondiale .les projections des nations unies prévoient 8.5 milliards d'individus en 2025 et une stabilisation de la population au niveau de 11 milliards vers 2100 ; 95% de l'accroissement se fera dans les pays en voie de développement. (bureau des populations des nations unies, 1992)

Une trop forte pression démographique est incompatible avec un développement harmonieux, les ressources de la terre ne sont pas inépuisables. Toutes les activités humaines dont l'objectif reste le même :le développement socio-économique, dégradent et altèrent quelque soit la technologie utilisée.

BENABDELI(1995)notera ce sujet :« pendant les 25 dernières années on a pu observer partout dans le monde une augmentation sensible du taux de croissance économique.la production industrielle mondiale à été multiplié par 5,3 soit une augmentation de 6,6% par an en moyenne. Cette croissance entraîne nécessairement une large utilisation des ressources naturelles».

Annuellement les activités humaines se soldent par un déversement de polluants dans la nature estimé en tonne par BOYER(1990) à :

-100 millions d'anhydride sulfureux,-1 million de chloro-fluoro-carbone,-1,7 millions d'oxyde d'azote,-730 milliards d'ordures ménagères,-20 milliards de gaz carbonique,-400 millions de déchets toxiques, -500 millions de méthane,-10 milliards de carbone,-1,8 millions d'hydrocarbure,-14.000 milliards de mètre cube de gaz d'échappement automobile.

L'exploitation des ressources naturelles a atteint un stade alarmant conduisant à une surexploitation qui tend à se généraliser. Annuellement il est retiré de l'espace naturel :

-3 milliards de mètre cube de bois,
-12 milliards de tonnes de pétrole,
-10000 m³ d'eau sont consommées par un hectare de céréales ;
-1,2 millions d'arbres sont transformés en papier toilette uniquement.

Les grands défis du 21eme siècle sont le développement, la démographie et l'environnement.

I.2.Généralités sur les facteurs de dégradation

Protéger l'environnement passe nécessairement par une connaissance des règles qui régissent le fonctionnement de la biosphère et le maintien de l'équilibre global dans ce vaste écosystème. Les interactions entre les activités humaines et le milieu constituent un aspect

obligatoire qu'il faut maîtriser convenablement pour identifier avec le maximum de précision les facteurs d'altération et de pollution de l'environnement sous tous ses aspects et ses formes.

Les trois éléments indispensables à l'équilibre de la biosphère sont l'eau, l'air, le sol et bien sûr le végétal qui constitue maillon prépondérant et déterminant dans la protection de l'environnement. La santé de l'être humain et la salubrité de son environnement sont liés et indissociables, pour notre santé tant physique que psychique il nous faut de l'eau propre, de l'air pur et des sols non contaminés.

La problématique environnementale peut être résumée dans cette trilogie vitale qu'il faut prendre en charge pour une gestion rigoureuse et surtout intelligente des problèmes d'altération de la biosphère. L'objectif fondamental est que le citoyen puisse, aujourd'hui et demain, disposer d'un air pur, d'une eau propre et de sols non contaminés permettant de lui assurer une alimentation saine.

I.3.La Pollution

I.3.1.Définition de la pollution

La pollution est la dégradation d'un milieu naturel par des substances extérieures, introduites de manière directe ou indirecte qui affecte et modifie parfois de façon durable la santé humaine, la qualité des écosystèmes et la biodiversité aquatiques ou terrestre. On considère ainsi une pollution lorsqu'un écosystème ne peut pas ou plus dégrader les substances introduites dans son milieu par conséquent le seuil critique de sa capacité à éliminer naturellement les substances est dépassé l'équilibre de l'écosystème est dit brisé. En outre une définition contemporaine du terme pollution le désigne comme étant un phénomène ou élément perturbateur d'un équilibre établi et plus particulièrement si cet élément est nuisible à la vie. (John et al, 1983)

I.3.2.Différents types de pollution

Pollution d'air, sol, eau



Figure 01 : Déférents types de pollution(<https://www.slideshare.net>)

I.3.2.1.Pollution de l’air

I.3.2.1.1.définition de la Pollution de l’air

La pollution de l'air désigne l'ensemble des rejets de composés toxiques libérés par l'homme dans l'atmosphère, mais aussi les substances malodorantes qui, sans être vraiment dangereuses dans l'immédiat pour les organismes vivants, exercent tout de même une action perturbatrice sur l'environnement.

I .3.2.1.2 Principales causes de la pollution atmosphérique

Selon (Bosert, 2000) ; On distingue deux causes; naturelles et artificielles.

I.3.2.1.2.1 causes naturelles

A- L'érosion du sol

Sous l'action du vent, des particules de poussières sont entraînées dans l'atmosphère. L'importance de l'érosion dépend de la vitesse du vent, de la couverture végétale et de l'humidité du sol.

B- L'activité volcanique

Les éruptions volcaniques rejettent de quantités importantes de cendres qui peuvent parcourir des milliers de kilomètres. Ces éruptions dégagent aussi différents gaz dérivés du carbone (CO, CO₂) ou de soufre (H₂S, SO₂).

C- Les incendies

Chaque année, des millions d'hectares de forêt, principalement tropicales sont brûlés. Ces incendies provoquent, entre autres, l'émission de plusieurs millions de tonnes d'oxydes de carbone dans l'atmosphère.

I.3.2.1 .2.2.causes artificielles (anthropiques)**A- Les industries**

Constituent un foyer important de la pollution. Elles propagent une variété de poussières et de gaz dans l'air.

B- Les véhicules à moteur et les transports maritimes et aériens

Particulièrement pour une bonne part à la pollution atmosphérique, ils offrent un cocktail empoisonné à base d'hydrocarbures non brûlés, d'oxydes (de carbone, de soufre et d'azote).

C- Les fumés domestiques et industriels

Sont chargées généralement d'une quantité plus ou moins importante d'impuretés (suie, goudron, oxyde de soufre...etc.) qui varie en fonction de la nature du combustible (charbon, fuel).



Figure 02 : Exemples pour la pollution d'air usine(Ain kbeira à Sétif)

I.3.2.2.Pollution de sols

I.3.2.2.1.définition de la Pollution de sols

La pollution du sol est le résultat de la condensation de toxines et de substances pothigènes qui peuvent être d'origine naturelle (présence du mercure, de métaux lourds ou de composants radio actifs dans le sol) mais souvent d'origine anthropique :déchets ménagers ou industriels, utilisation d'engrais et insecticides, entre autres, ont dit qu'un sol est pollué lorsqu'il contient une concentration anormale de composés chimiques potentiellement dangereux pour la santé, des plantes ou des animaux . La contamination se fait alors soit par voie digestive (consommation d'eau polluée par exemple) ou par voie respiratoire (poussières sols pollués dans l'atmosphère).



Figure 03 : Pollution de sol vendredi 13 novembre 2015, Publié par Paul MENGUAL

I .3.2.2.les causes de la pollution des sols

La pollution du sol peut être diffuse ou locale, d'origine industrielle, agricole (suite à l'utilisation massive d'engrais ou de pesticides qui s'infiltrant dans des sols) parmi les quelles :

- Industrie : dont ses sous produits sont une des sources de pollution de l'eau parmi les plus importante, il s'agit essentiellement de produits chimiques et d'hydrocarbures (dégazage).
- L'érosion accélérée due à la perte de couverture végétale par exemple en cas de déforestation ou incendie de forêts qui se traduit par une dégradation et une transformation du relief.
- L'agriculture est la première utilisatrice des sols.

I.3.2.3.Pollution de l'eau

I.3.2.3.1.définition de la Pollution de l'eau

L'eau est la deuxième en importance après l'air pour la vie humaine sur Terre. Notre eau est composée d'eau de surface telle que les rivières, les lacs, les mers et d'eau souterraine. (Jeng, 2007)

La pollution de l'eau décrit généralement l'introduction ou la présence des substances nocives ou inacceptables dans l'ampleur suffisante pour modifier les indices de qualité de l'eau naturelle (Nsikak,2008). La pollution de l'eau douce (par exemple par le biais de l'eutrophisation, l'acidification, et la pollution des eaux souterraines) est celle qui diminue sa pureté. (Park,2007)



Figure 04 : Pollution de l'eau par les colorants par Henry Mastat

I .3.2.3.2.Les causes de pollution des eaux

a- Les matières en suspension (MES)

Elles désignent toutes les matières organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau pour donner une eau trouble. Les MES diminuent la luminosité dans l'eau, donc freinent la photosynthèse. Les espèces végétales se développent plus difficilement, l'oxygène qu'elles produisent diminue dans le milieu, et les espèces animales en souffrent. (Emilian 2004)

b- Les sels minéraux

Les sels minéraux représentent des polluants majeurs d'eau par les masses mises en jeu ainsi que par leurs effets biologiques. Ils affectent la potabilité des eaux superficielles, même pour usages industriels si leur concentration est assez importante.(Emilian 2004)

c- Les éléments nutritifs

L'agriculture n'est pas la seule responsable des rejets dans l'environnement d'azote, de phosphates et d'autres éléments nutritifs bien que dans les pays développés, elle joue un rôle majeur à cet égard et est d'environ les 2/3 des rejets d'azotes dans les masses superficielles d'eau douce et de mer et d'environ 1/3 de phosphore .(Edition OCDE,zurich,2001)

L'azote est déjà présent en abondance dans la nature comme résidu de la vie des végétaux (humus du sol), des animaux (lisiers) et des hommes (rejets d'eaux usées industrielles ou domestiques). Il peut aussi être apporté par des engrais minéraux de synthèse. Les nitrites sont rarement présents dans les eaux de surface (moins de 1mg/l), mais leur présence peut être suspecte car elle est souvent liée à une détérioration microbiologique de l'eau. En revanche, les nitrates (stade final de l'oxydation de l'azote) sont beaucoup plus abondants. Ils sont très solubles et peuvent s'infiltrer dans le sol et dans les eaux souterraines ou se déverser dans les

cours d'eau par ruissellement. Les limites imposées en 2001 sont de 50 mg/L et de 0.1 à 0.5 mg/L pour les nitrates et nitrites, respectivement.(Joel et Eic,2007)

d- Les micro-organismes

L'origine de la pollution microbiologique peut être au niveau de la ressource (eau brute, ouvrage de captage), mais elle peut être aussi dans le réseau ou dans les ouvrages de stockage. Aussi comme mentionné auparavant, au cours de son transport, l'eau peut subir des dégradations et notamment des contaminations microbiologiques. Ce sont, par exemple, les intrusions de pollutions extérieures par des retours d'eau ou des fuites, des phénomènes de corrosion ou de perméabilisation liés à la nature des matériaux .(Joel et Eic,2007)

e- Les matières colorantes

Dans la pollution de l'eau industrielle, la couleur produite par les petites concentrations de colorants synthétiques dans l'eau est importante, car en plus d'avoir les effets toxiques possibles, la couleur de l'eau est visiblement désagréable. Les effluents de la teinture textile sont généralement très colorés, avec de grandes quantités des matières en suspensions organiques. Les colorants synthétiques sont conçus pour être récalcitrants à la biodégradation et donc les processus de traitement biologique sont inefficaces pour éliminer la couleur des eaux usées .(Tamez et al,2009)

1.3.2.3.3. Les sources de la pollution de l'eau

L'eau dans la nature et à fortiori celle qui est employée à des usages industriels et domestiques n'est jamais pure, de par les impuretés qu'elle peut renfermer sous les 3 états: solides, liquides ou gazeux et qui peuvent être caractérisées par la taille qu'elles prennent en milieux aqueux.

a. Source urbaine

L'origine des eaux résiduaires urbaines est principalement domestique où les populations génèrent les $\frac{3}{4}$ des eaux usées. Ces effluents sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines telles que les urines, fèces, eaux de toilette et de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères).

Les eaux usées urbaines peuvent aussi contenir des eaux résiduaires d'origine industrielle, mais normalement, ces dernières doivent avoir subi un prétraitement pour atteindre des caractéristiques comparables à celles des eaux usées domestiques pour permettre un traitement en commun .(Gerard, 1999)

b. Source industrielle

Elle constitue les déchets liquides obtenus lors de l'extraction et de la transformation de matières premières en produits industriels.

Les eaux résiduaires proviennent principalement de l'eau consommée dans de nombreuses opérations de fabrication par voie humide, comme par exemple: la précipitation, le lavage, le nettoyage des appareils, les ateliers, les filtrations, les distillations, etc...(Meinck et al,1977)

Les effluents industriels peuvent causer des pollutions organiques (industries agroalimentaires, papeteries), chimiques (tanneries, usines textiles...) ou physiques (réchauffement par les centrales thermiques, matières en suspension des mines ou de la sidérurgie). Ils sont responsables de l'altération des conditions de clarté et d'oxygénation de l'eau, pouvant aussi causer l'accumulation de certains éléments dans la chaîne alimentaire (métaux, pesticide, radioactivité). La pollution peut aussi être due à l'infiltration de produits toxiques mal entreposés, à des fuites dans les réservoirs ou à des accidents lors du transport de matières dangereuses menant à des concentrations dans les eaux qui peuvent aisément atteindre 1g/l .(Olivier,2005)

c. Source agricole

La pollution d'origine agricole provient surtout des engrais et pesticides épandus dans le sol sur de très grandes surfaces à proximité ou pas de cours d'eau. Ce type de pollution s'est intensifié depuis que l'agriculture est entrée dans un stade d'industrialisation assez avancé. La concentration des élevages entraîne un excédent de déjections animales qui finissent par enrichir les cours d'eau et les nappes souterraines en dérivés azotés, encourageant ainsi une source de pollution bactériologique. L'utilisation massive des engrais chimiques (nitrates et phosphates) altèrent aussi la qualité des nappes souterraines vers lesquelles ils sont entraînés.

d. Source naturelle

Ce phénomène se retrouve pour toute eau en contact avec l'atmosphère car celle-ci contient du gaz carbonique CO_2 qui est soluble dans l'eau pour donner de l'acide carbonique de formule H_2CO_3 . On comprend ainsi qu'une concentration de CO_2 dans l'atmosphère conduit à une acidification de l'eau à son contact. Ainsi, même avant l'existence des pluies acides d'origine anthropique, les pluies naturelles étaient légèrement acides, ceci étant toujours le cas dans des zones protégées telles que les forêts amazoniennes .

e. Source microbiologique

La qualité microbiologique de l'eau peut aussi être à l'origine de problèmes, qu'ils soient aigus ou chroniques. Des accidents peuvent avoir lieu lors d'une mauvaise désinfection des canalisations, donnant une eau de mauvaise qualité microbiologique qui peut être un facteur de risque de plusieurs pathologies, surtout digestives. (Guy pierre ,1997)

1.3.2.3.4 Les types de polluants d'eau

Les eaux usées véhiculées par le réseau d'assainissement contiennent toutes sortes de résidus rejetés par les utilisateurs de l'eau courante, industriels, mais aussi de l'eau de pluie après ruissellement sur les chaussées, trottoirs et toitures de la ville. Ces eaux résiduaires peuvent contenir des flottants, des matières en suspension et des matières dissoutes. La pollution chimique (minérale) libère dans ces dernières divers composés tels que les nitrates, les phosphates, des sels utilisés en agriculture ainsi que divers résidus rejetés par la métallurgie (Pb, Cd, Hg) et d'autres activités (hydrocarbures). (Emilian, 2004)

a. polluants organiques

Les polluants organiques sont les plus nombreux et les plus dangereux. Certaines de ces substances sont même cancérogènes ou mutagènes, d'où l'importance de les éliminer. Ils peuvent être classés en phénols, hydrocarbures, colorants, détergents et pesticides, formant de loin, la première cause de pollution des ressources en eaux. Ces matières organiques sont notamment issues des effluents domestiques (déjections animales et humaines, graisses, etc.) mais également des rejets industriels. Elles provoquent l'appauvrissement en oxygène des milieux aquatiques, avec des effets bien évidents sur la survie de la faune. Ce sont aussi tous les déchets carbonés tels que la cellulose produite par les papeteries, le sucre ou le lactosérum des industries agro-alimentaires. À l'inverse des matières en suspension (MES), elles constituent une nourriture de choix pour les microorganismes de l'eau et provoquent leur prolifération. Les matières organiques se mettent alors à vider le milieu de son oxygène, ce qui s'avère fatal pour la vie aquatique et les micro-organismes vont le chercher dans les sulfates dissous (SO_4^{2-}), qu'elles réduisent en sulfure, qui se dégage sous forme de sulfure d'hydrogène, engendrant une odeur d'œufs pourris. (Emilian, 2004)

b. Polluants inorganiques

Les éléments sous forme de traces, présents à l'état solide dans les sols, sont mis en circulation par l'érosion qui les met en solution ou suspension. Le ruissellement sur les surfaces imperméables (sols, chaussée) ainsi que les sources anthropiques s'ajoutent à ces sources naturelles liées à l'érosion. Les métaux lourds sont présents le plus souvent dans l'environnement sous forme de traces: mercure, plomb, cuivre, arsenic, nickel, zinc, cobalt, manganèse. Les plus toxiques d'entre eux sont le plomb, le cadmium et le mercure.

De nombreuses activités industrielles telles l'électronique, les traitements de surface, l'industrie chimique, utilisent des métaux d'où la possibilité de rejets dans l'environnement. (Edition, OCDE, Zurich, 2001)

Généralement, l'implantation d'unités industrielles privilégie les sites à proximité des fleuves pour le transport de matières premières, pour l'alimentation en eau de refroidissement des installations et aussi pour les possibilités de rejets des effluents industriels. En effet l'eau a longtemps été l'exutoire qui permettait d'évacuer ces déchets, sans respect des normes.

I.3.2.3.5. La toxicologie environnementale des polluants

La toxicologie environnementale est l'étude qualitative et quantitative des effets indésirables ou des effets toxiques des contaminants et d'autres matériaux d'origine anthropique sur les organismes vivants. (Baker,2000)

La toxicologie implique l'exposition d'un organisme ou un système biologique à un facteur de stress afin de déterminer toute réponse (par exemple, la toxicité) et / ou, dans le cas d'un produit chimique, l'absorption de cette substance par les tissus biologiques (bioaccumulation). La toxicologie est un vaste domaine de rodage de la biochimie, l'histologie, la pharmacologie, la pathologique et de nombreuses autres disciplines.(In encyclopedia Britanica,2009)

I.4. Pollution engendrée par les colorants textiles et leurs détections

En vue de leur production à grande échelle (plus de 10^5 de colorants et plus d'un million de tonnes sont produits annuellement) et de leur application très répandue, ils sont à l'origine d'une pollution environnementale considérable et représentent un facteur de risque très sérieux pour la santé publique. En effet, au cours des différentes étapes de teintures, une bonne quantité de colorants (2% pour les colorants basique à 50% pour les colorants réactifs) est perdue, par manque d'affinité avec les surfaces à teindre(Carmen et Daniela,2012), représentant ainsi une source de pollution esthétique (certains colorants sont visibles en solution à une concentration inférieure à 1 mg.L^{-1}) et de phénomène d'eutrophisation et de perturbation du milieu aquatique . (Q.Husain,2010)

L'industrie textile est parmi les industries anciennes et technologiquement complexes dans le monde, cette industrie utilise un grand volume en eau et en matières colorantes . Cependant, les effluents textiles sont classés parmi les effluents les plus pollués dans les différents secteurs .(F.Drumond ,2013) Ce sont des mélanges complexes contenant plusieurs substances polluantes : colorants, métaux lourds, et des additives chimiques utilisés au cours des opérations de teinture et d'impression .(Ratna,2012) Ces composés sont caractérisés par une très bonne stabilité à la lumière, à la température, aux détergents et aux attaques chimiques et microbiologiques .(Abuponunusami et Muthukmar,2014)

Les colorants dégagés dans le milieu aquatique sont caractérisés par leur très faible biodégradabilité, due à leur poids moléculaire élevé et à leurs structures complexes, confère à ces composés un caractère toxique pouvant être élevé ou faible. De ce fait, ils peuvent persister longtemps dans ce milieu, engendrant ainsi des perturbations importantes dans les différents mécanismes naturels existant dans la flore (pouvoir d'auto épuration des cours d'eau, inhibition de la croissance des végétaux aquatiques...) et dans la faune (destruction d'une catégorie de poissons, de microorganismes...).

Face à ce problème de pollution, les entreprises du secteur textile algérien respectent la réglementation publiée dans le journal officiel 06-141. A cet effet, et afin de limiter la charge polluée des rejets liquides.

I.4.1. Historique des colorants

Depuis le début de l'humanité, les colorants ont été appliqués dans pratiquement toutes les sphères de notre vie quotidienne pour la peinture et la teinture du papier, de la peau et des vêtements, etc. Jusqu'à la moitié du 19ème siècle, les colorants appliqués étaient d'origine naturelle. Des pigments inorganiques tels que l'oxyde de manganèse, l'hématite et l'ancre étaient utilisés. Par ailleurs, des colorants naturels organiques ont été appliqués, surtout dans l'industrie de textile. Ces colorants sont tous des composés aromatiques qui proviennent essentiellement des plantes, tel que l'alizarine et l'indigo.

L'industrie des colorants synthétiques est née en 1856 quand le chimiste anglais W. H. Perkin, dans une tentative de synthèse de la quinine artificielle pour soigner la malaria, a obtenu la première matière colorante synthétique qu'il appela "mauve" (aniline, colorant basique). Perkin a breveté son invention et a installé une chaîne de production, qui serait bientôt suivie par d'autres. De nouveaux colorants synthétiques commencent à paraître sur le marché. Ce processus a été stimulé par la découverte de la structure moléculaire du benzène en 1865 par Kékulé. En conséquence, au début du 20ème siècle, les colorants synthétiques ont presque complètement supplantés les colorants naturels.(Welham,1991)

La production mondiale des colorants synthétiques est estimée à 700 000 tonnes/an en 1991.(Zolliger ,1991)

On dénombre environ 8000 colorants synthétiques chimiquement différents, répertoriés dans le Colour Index(Revised third edition ,UK,1975) sous 40000 dénominations commerciales. Chaque colorant y est classé sous un nom de code indiquant sa classe, sa nuance ainsi qu'un numéro d'ordre (par exemple : CI Acid Orange 7)

I.4.2. Classification des colorants

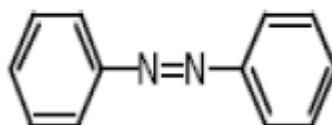
Tous les composés aromatiques absorbent l'énergie électromagnétique mais seulement ceux qui ont la capacité d'absorber les rayonnements lumineux dans le spectre visible (de 380 à 750 nm) sont colorés. En outre, les colorants consistent en un assemblage de groupes chromophores (Gwivarch, 2004) (groupes aromatiques conjugués (liaison π), comportant des liaisons non liantes (électron n) ou des complexes de métaux de transition), auxochromes et de structures aromatiques conjuguées (cycles benzéniques, anthracène, perylène, etc.). Lorsque le nombre de noyau aromatique augmente, la conjugaison des doubles liaisons s'accroît et le système conjugué s'élargit. L'énergie des liaisons π diminue tandis que l'activité des électrons π ou n augmente et produit un déplacement vers les grandes longueurs d'onde. De même, lorsqu'un groupe auxochrome donneur d'électrons (amino, hydroxy, alkoxy, ...) est placé sur un système aromatique conjugué, ce groupe se joint à la conjugaison du système p, la molécule absorbe dans les grandes longueurs d'onde et donne des couleurs plus foncées. Les chromophores et auxochromes habituels.

I.4.2.1. Classification selon la constitution chimique

Le classement des colorants selon leur structure chimique repose sur la nature du groupe chromophore.

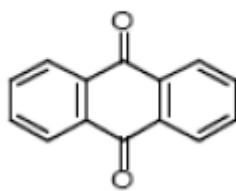
I.4.2.1.1. Les colorants azoïques

Les colorants "azoïques" sont caractérisés par le groupe fonctionnel azo ($-N=N-$) unissant deux groupements alkyles ou aryles identiques ou non (azoïque symétrique et dissymétrique). Ces structures qui reposent généralement sur le squelette de l'azobenzène, sont des systèmes aromatiques ou pseudo aromatiques liés par un groupe chromophore azo.



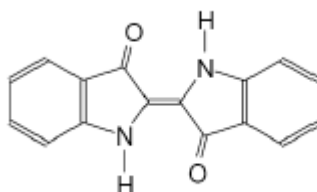
I.4.2.1.2. Les colorants anthraquinoniques

D'un point de vue commercial, ces colorants sont les plus importants après les colorants azoïques. Leur formule générale dérivée de l'anthracène montre que le chromophore est un noyau quiconque sur lequel peuvent s'attacher des groupes hydroxyles ou amines.



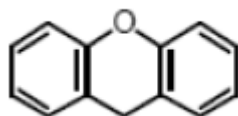
I.4.2.1.3. Les colorants indigoïdes

Ils tirent leur appellation de l'Indigo dont ils dérivent. Ainsi, les homologues sélénié, soufré et oxygéné du Bleu Indigo provoquent d'importants effets hypochromes avec des coloris pouvant aller de l'orange au turquoise.



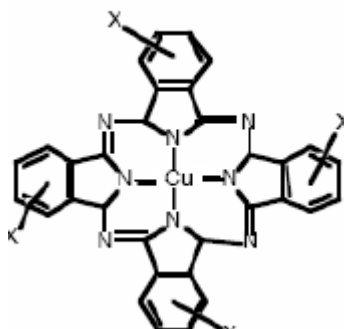
I.4.2.1.4. Les colorants xanthène

Ces colorants sont dotés d'une intense fluorescence. Le composé le plus connu est la fluorescéine. Peu utilisé en tant que teinture, leur faculté de marqueurs lors d'accident maritime ou de traceurs d'écoulement pour des rivières souterraines est malgré tout bien établie.



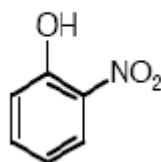
I.4.2.1.5. Les phtalocyanines

Ils ont une structure complexe basée sur l'atome central de cuivre. Les colorants de ce groupe sont obtenus par réaction du dicyanobenzène en présence d'un halogénure métallique (Cu, Ni, Co, Pt, etc.).



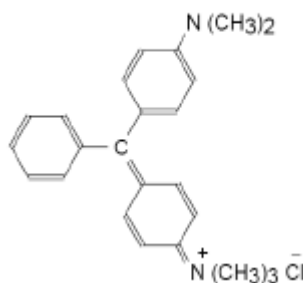
I.4.2.1.6. Les colorants nitrés et nitrosés

Ces colorants forment une classe très limitée en nombre et relativement ancienne. Ils sont actuellement encore utilisés, du fait de leur prix très modéré lié à la simplicité de leur structure moléculaire caractérisée par la présence d'un groupe nitro (-NO₂) en position ortho d'un groupement électro donneur (hydroxyle ou groupes aminés).



I.4.2.1.7. Les colorants triphénylméthanes

Les triphénylméthanes sont des dérivés du méthane pour lesquels les atomes d'hydrogène sont remplacés par des groupes phényles substitués dont au moins un est porteur d'un atome d'oxygène ou d'azote en para vis-à-vis du carbone méthanique. Le triphénylméthane et ses homologues constituent les hydrocarbures fondamentaux d'où dérivent toute une série de matières colorantes.



I.4.3. Les colorants et leurs impacts environnementaux

Beaucoup de colorants sont visibles dans l'eau même à de très faibles concentrations (< 1 mg L⁻¹). Ainsi, ils contribuent aux problèmes de pollution liés à la génération d'une quantité considérable d'eau usée contenant des colorants résiduels. (Zollinger, 1991)

Le rejet de ces eaux résiduaires dans l'écosystème est une source dramatique de pollution, d'eutrophisation et de perturbation non esthétique dans la vie aquatique et par conséquent présente un danger potentiel de bioaccumulation qui peut affecter l'homme par transport à travers la chaîne alimentaire.

I.4.3.1. Bio-accumulation

Si un organisme ne dispose pas de mécanismes spécifiques, soit pour empêcher la résorption d'une substance, soit pour l'éliminer une fois qu'elle est absorbée, alors cette substance s'accumule. Les espèces qui se trouvent à l'extrémité supérieure de la chaîne alimentaire, y compris l'homme, se retrouvent exposées à des teneurs en substances toxiques pouvant aller jusqu'à cent mille fois plus élevées que les concentrations initiales dans l'eau (illustration du phénomène de bioaccumulation de pesticides).

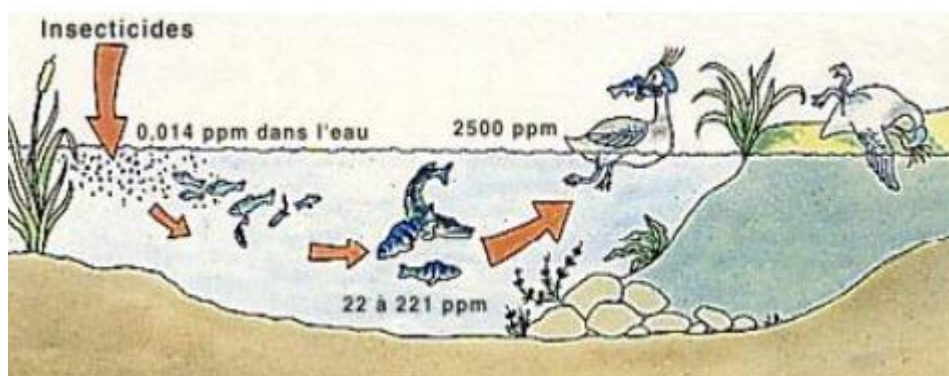


Figure 05: Conséquences de la bioaccumulation après déversement de substances toxiques (insecticides) dans un cours d'eau (Servais, 1999)

I.5. Procédés de traitement des colorants

Des quantités plus ou moins importantes de colorants sont rejetées dans l'environnement. Ceci est dû en grande partie au degré de fixation des colorants aux fibres cellulosiques. Les colorants azoïques représentent la plus grande classe des colorants du Colour Index (60 – 70%) et leur majorité est constituée par des colorants acides, réactifs et directs, ils peuvent être considérés parmi les colorants les plus polluants (les plus déversés dans les eaux résiduaires de textile). Ainsi, des systèmes technologiques pour l'élimination des polluants organiques tels que les colorants sont actuellement bien maîtrisés à l'échelle du laboratoire et appliqués à grande échelle incluant les traitements physiques (adsorption, les technologies membranaires et les procédés de séparation solide-liquide: précipitation, coagulation, floculation et décantation), chimiques (résine échangeuse d'ions, oxydation par: oxygène, ozone, oxydants tels que NaCl, H₂O₂, réduction (Na₂S₂O₄), ...) et biologiques (traitement aérobie et anaérobie). Les techniques de dépollution des eaux usées chargées des colorants les plus importants, sont brièvement discutées dans les sections qui suivent.

I.5.1. Méthodes physiques

I.5.1.1. Adsorption sur charbon actif

Le charbon actif ou d'autres matériaux adsorbants peuvent être utilisés pour éliminer plusieurs colorants des eaux usées. Comme les colorants ne sont pas tous ioniques, la plupart des adsorbants ne peuvent pas réduire tous les colorants. Le charbon actif, adsorbant le plus communément utilisé pour la réduction de la couleur (à cause de sa capacité d'adsorption élevée), est capable d'adsorber la plupart des colorants. (Lambert et al,1997)

Toutefois, cette technique ne résout pas le problème, elle ne fait que déplacer la pollution de l'état liquide à l'état solide. De plus, ces techniques, non destructives, nécessitent des opérations postérieures onéreuses de régénération et de post traitement des déchets solides.(Mckay et al,1987)

I.5.1.2. Filtration membranaire

La filtration sur membrane pilotée par pression hydraulique se décline en microfiltration, ultrafiltration, nano filtration et osmose inverse. Parmi les quatre types de procédés, la nano filtration et l'osmose inverse sont les plus adaptés à la réduction partielle de la couleur et des petites molécules organiques (Taylor et Jakobs,1996) , mais l'osmose inverse reste la plus répandue .(Calabro et al,1990) La nano filtration 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 grâce à une "membrane écran" . 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.

I.5.1.3. Coagulation/floculation

La coagulation/floculation est souvent appliquée pour le traitement des eaux usées de l'industrie de textile pour enlever davantage la demande chimique en oxygène (DCO) et la couleur avant d'un traitement biologique. Elle peut aussi être utilisée comme procédé principal de traitement. Ce procédé est basé sur l'addition d'un coagulant qui va former des floccs avec les polluants organiques. Ces floccs sont ensuite éliminés par décantation et filtration.

Les principaux coagulants utilisés pour déstabiliser les particules en suspension et produire des floccs, sont : le sulfate d'aluminium (alun) $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, l'aluminate de sodium NaAlO_2 , le chlorure ferrique $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, le sulfate ferrique $\text{FeSO}_4 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$.

Toutefois, ce procédé génère des quantités énormes de boues en fin de traitement (Papic et al,2000), ce qui nécessite des investissements supplémentaires pour leur traitement en vue de valorisation.

I.5.2. Méthodes chimiques

Les techniques d'oxydation chimique sont généralement appliquées quand les procédés biologiques sont inefficaces. Elles peuvent être ainsi utilisées en étape de prétraitement pour les procédés biologiques. L'oxydation chimique est souvent appliquée pour le traitement des eaux usées contenant des polluants non biodégradables et /ou toxiques et de fortes concentrations que les autres procédés ne peuvent pas traiter ou transformer en produits biodégradables et/ou non toxiques. Ainsi, l'oxydation chimique se révèle un procédé efficace de traitement des eaux usées. On distingue:

- les procédés classiques d'oxydation chimique
- les procédés d'oxydation avancée.
- Les procédés classiques d'oxydation chimique sont basés sur l'ajout d'un agent oxydant dans la solution à traiter. Les principaux agents oxydants sont:
 - Cl_2 : représente un oxydant moyennement fort et est utilisé pour le traitement des eaux usées ou plutôt pour la désinfection comme l'ozone. En revanche, ils présentent l'inconvénient de produire des sous produits halogénés cancérogènes pour l'homme;
 - O_2 : il est considéré comme un oxydant modéré, le coût tolérable de ce procédé le rend fréquemment choisi;
 - H_2O_2 : il est considéré parmi les oxydants les plus appropriés et les plus recommandés pour une grande variété de procédé, utilisé avec ou sans catalyseur. Toutefois, l'utilisation de cet oxydant seul n'est pas efficace pour la plupart des produits organiques;
 - O_3 : c'est un oxydant très fort qui a presque le même avantage que l'oxygène ou le peroxyde d'hydrogène. Le problème majeur lié à l'utilisation de cet oxydant est son instabilité, d'où la nécessité de production sur le site.

Il a été observé que l'oxydation chimique avec l'un de ces oxydants n'est pas toujours efficace pour le traitement des polluants organiques persistants. Dans ce cas, on fait appel aux procédés d'oxydation avancée.

I.5.3. Méthodes biologiques

Les procédés d'épuration par voie biologique (Adosinda et al, 2003) sont basés sur la biotransformation microbienne des colorants. En outre, la majorité des colorants sont très stables et non biodégradables. Néanmoins, beaucoup de recherches ont démontré la biodégradation partielle ou complète des colorants par voie biologique. Si ces techniques sont adaptées à un grand nombre de polluants organiques, elles ne sont pas toujours applicables sur les effluents industriels en raison des fortes concentrations de polluants, de leur toxicité qui entraînerait la

mort des microorganismes ou de leur très faible biodégradabilité. De plus, ces techniques génèrent des quantités importantes de boues biologiques à retraiter.

Selon Loehr (Loher,1997) , la biodégradation est favorable pour les eaux usées présentant un rapport DCO/DBO5 $> 0,5$, par contre elle est très limitée lorsque ce rapport dépasse 0,2. Le rapport DBO5/DCO, appelé degré de dégradation biochimique, sert de mesure pour la dégradation biochimique des polluants dans les eaux usées.

Les eaux usées biorécalcitrantes nécessitent alors d'autres techniques d'épuration. Parmi les choix basés sur l'oxydation des polluants, plusieurs possibilités s'offrent pour ce genre de situation, telles que l'incinération, l'oxydation par voie humide, ainsi que les procédés d'oxydation avancée (POA). Au regard des deux premières, les POA ont l'avantage de pouvoir fonctionner à température ambiante et en condition de pression normale. De plus, les potentialités offertes par ceux-ci peuvent être combinées avec un traitement biologique en procédant, en aval ou en amont de ce dernier, à une dégradation oxydante des substances toxiques réfractaires. En effet, l'inconvénient majeur est leur coût relativement élevé comparé à un traitement biologique. Dès lors, quand les produits intermédiaires d'oxydation peuvent être facilement biodégradés, il est alors recommandé de coupler ces procédés avec des procédés biologiques, cela afin de réduire les coûts de traitement.

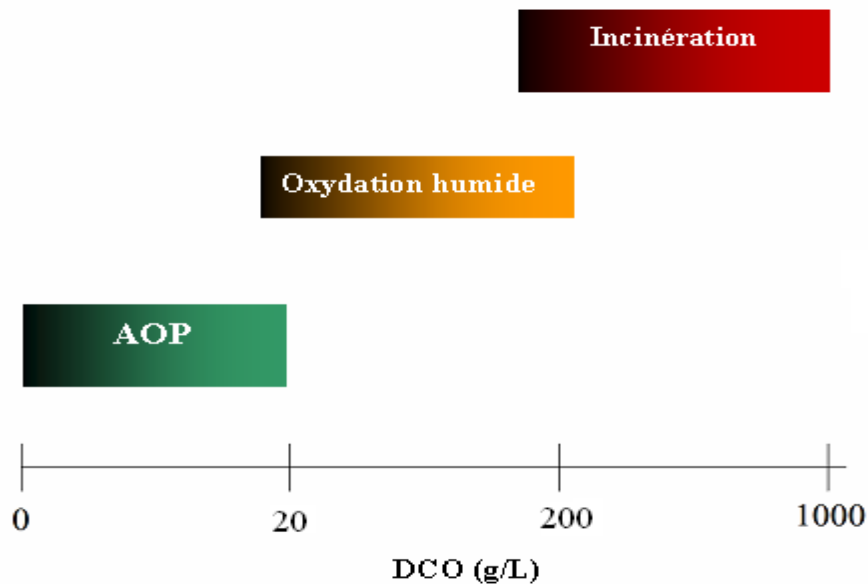


Figure 06: Aptitude de diverses technologies de traitement des eaux usées selon leur teneur en DCO.(Androeozi et al,1999)

I.6 Les différents adsorbants

I.6.1. Charbon actif

Le charbon actif est l'adsorbant le plus utilisé industriellement. Il est considéré par l'US (Environmental Protection Agency) comme une des meilleures technologies de « control environnemental ». Il est caractérisé par une surface quasi non polaire, qui lui permet d'adsorber préférentiellement les composés organiques ou non polaires par rapport aux composés polaires tels que l'eau. Il peut ainsi être utilisé pour des opérations de séparation/purification de gaz sans déshumidification préalable contrairement à la plupart des autres adsorbants. L'énergie de liaison adsorbat/adsorbant est généralement plus faible pour le charbon actif que pour les autres adsorbants, ce qui diminue la quantité d'énergie nécessaire pour la phase de régénération .

Le charbon actif présente une faible sélectivité (capacité à séparer deux composés) par rapport aux autres adsorbants du fait de sa large distribution de tailles de pores.

Cependant cette grande distribution permet d'adsorber de nombreuses espèces chimiques en particuliers les composés organiques volatiles (COV) . Il peut être obtenu à partir d'un grand nombre de matériaux contenant du carbone organique d'origine animale, végétale ou minérale. (Djidel,2011)

I.6. 2.Argile

Il existe plusieurs définitions des argiles, le terme « argile » n'aura pas le même sens en mécanique des sols et des roches, ou en physique du sol; il désigne, selon les cas, un ensemble d'espèces minérales, une famille de roches, une catégorie de sols ou encore une classe granulométrique comprenant des particules minérales, dont le diamètre des grains est inférieur à 2 micromètres .L'argile est un mélange de minéraux argileux et d'impuretés cristallines sous forme des débris rocheux de formule générale (Al_2O_3 , XSiO_2 , YH_2O).

Les argiles jouent un rôle significatif pour réduire les problèmes de pollution de l'environnement et leurs applications augmentent sans cesse. Parmi celles-ci :

- Le rôle des argiles dans les sols contaminés dans le transport des isotopes radioactifs (rétention du Cs 137 après l'accident de Tchernobyl) ;
- Leur rôle vis à vis des pesticides et des éléments métalliques dans les sols ;
- Le rôle de barrière d'étanchéité dans les décharges.

I.6.3.Les biosorbants

Les biosorbants sont des squelettes organiques, constitués pour la plupart de polysaccharides, de formule brute générale $\text{Cx} (\text{H}_2\text{O})_y$. 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. Les biosorbants sont disponibles généralement au niveau des exploitations agricoles et des installations industrielles, notamment les industries agroalimentaires, du bois et de la pêche.

L'utilisation de ces sous-produits en tant que matériau vise à les valoriser et à prévenir d'éventuelles conséquences néfastes pour l'environnement et la santé. En ce qui concerne la biosorption des cations métalliques et des colorants.

Les principaux avantages de la biosorption, comparativement aux autres méthodes de traitement conventionnelles sont surtout son faible coût, son rendement élevé, la minimisation des boues chimiques et/ou biologiques, la régénération du biosorbant, aucune condition nutritive additionnelle, etc.

En général, des biosorbants lignocellulosiques crus ont été modifiés par de diverses méthodes pour augmenter leurs capacités de sorption parce que la liaison d'un ion métallique aux biosorbants lignocellulosiques, peut souvent avoir lieu par le biais de groupements fonctionnels chimiques comme les groupements carboxylique, aminé, ou des composés phénoliques.(Khalfaoui ,2012)

Chapitre II
Présentation de
La zone d'étude
Matériel et Méthodes

II.1. Description de la zone d'étude (M'sila)

II.1.1. Le milieu physique

La wilaya de M'Sila est située à 250 Km au sud-est d'Alger. Elle est limitée au Nord par les wilayas de Bouira, Borj-Bou-Arregerij et Sétif, à l'Est par les wilayas de Batna et Biskra, au Sud par les wilayas de Biskra et Djelfa, et à l'Ouest par les wilayas de Djelfa et Médéa. La wilaya est constituée de 47 communes regroupées en 15 daïras. Sa superficie totale est de 18 175 Km², soit 0,76 % du territoire national.

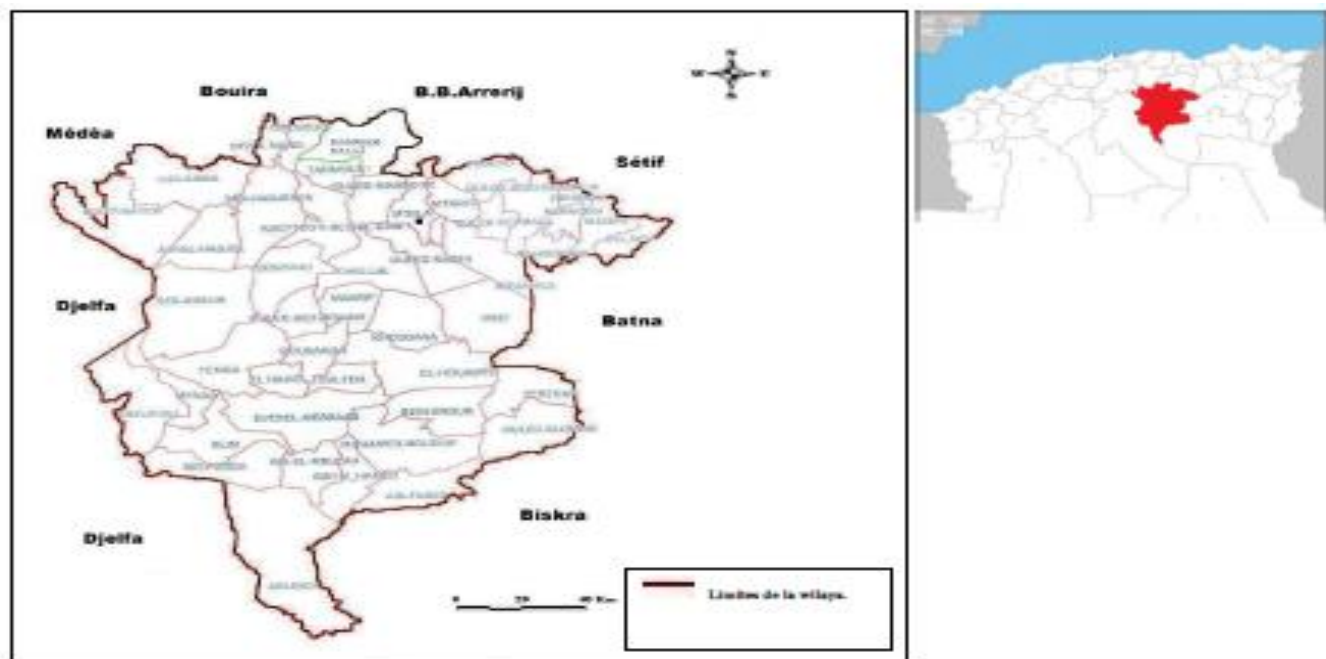


Figure 07: Circonscriptions administratives de la wilaya de M'Sila. (Wilaya de M'Sila, 2011)

II.1.2. Le relief

La structure physique de la wilaya de M'Sila est très hétérogène. Elle se caractérise par trois régions naturelles bien distinctes (D.S.A., 2008):

- Zone de steppe couvre la plus grande partie du territoire et se caractérise par un couvert végétal clairsemé, traduisant le degré de dégradation des parcours ;
- Zone de la plaine du Hodna où se concentre la grande part de l'activité agricole de la wilaya (céréales, maraîchage, arboriculture) ;

- Zone de montagnes, réservée à une agriculture de montagne de type extensif avec quelques massifs forestiers.

II.1.3. Les sols

Du Nord au Sud, les grandes zones pédologiques se caractérisent par (D.S.A., 2008) :

- Une zone de montagne xérique avec des reliefs qui dépassent parfois 1 900 m. Les sols sont des minéraux bruts d'érosion en association avec des sols bruns calcaires. Ils ne sont pas aptes à l'agriculture compte tenu de leur faible profondeur et leur relief et sont destinés beaucoup plus au reboisement. Néanmoins, il existe des dépressions avec des sols profonds bien structurés qui peuvent être exploités pour les cultures arboricoles, maraîchères, céréalières et cultures industrielles ;
- Une zone steppique de dépôts quaternaires anciens et moyens avec des reliefs compris entre 400 et 1 000 m d'altitude avec succession de glacis à composition granulométrique et chimique différentes. Les sols sont de groupe sierozems sur croûte calcaire à encroûtement et à nodules calcaires. On trouve également des sols gypseux, minéraux bruts d'érosion et peu évolués ;
- Une zone steppique de dépôts alluviaux récents avec des passages plats et une altitude de 400 à 500 m. les sols sont surtout peu évolués, d'apport alluvial en différents degrés affectés par des sels ;
- Une zone sub-désertique sableuse avec des dunes de sable. Elle est située au sud du chott El Hodna avec une altitude de 400 à 600 m, et des microreliefs ondulés dus à la présence de dunes et de sebkhas. On rencontre deux types de sols : l'un à texture minérale, il est le plus répandu, l'autre à texture moyenne ou variable en profondeur ;
- Une zone sub-désertique sablo-caillouteuse qui comprend la partie septentrionale de l'atlas saharien. Les reliefs sont compris entre 600 et 1 000 m, avec de nombreux cônes et glacis d'accumulation à matériaux grossiers. Les sols dominants sont de type minéraux bruts d'érosion sur croûte et encroûtement, ils ne sont pas recommandés pour l'agriculture, mais plutôt pour le pâturage. Il existe aussi des sols peu évolués ou sierozems à nodules calcaires qui peuvent être utilisés pour les cultures en irrigué.

Ainsi, la moitié des terres de la S.A.T(sol agricole) de la wilaya est composée de sols squelettiques, sensibles à la dégradation et qui ne sont pas aptes à l'agriculture. Sauf au niveau des dépressions et dayas.

II.1.4. Les ressources hydriques

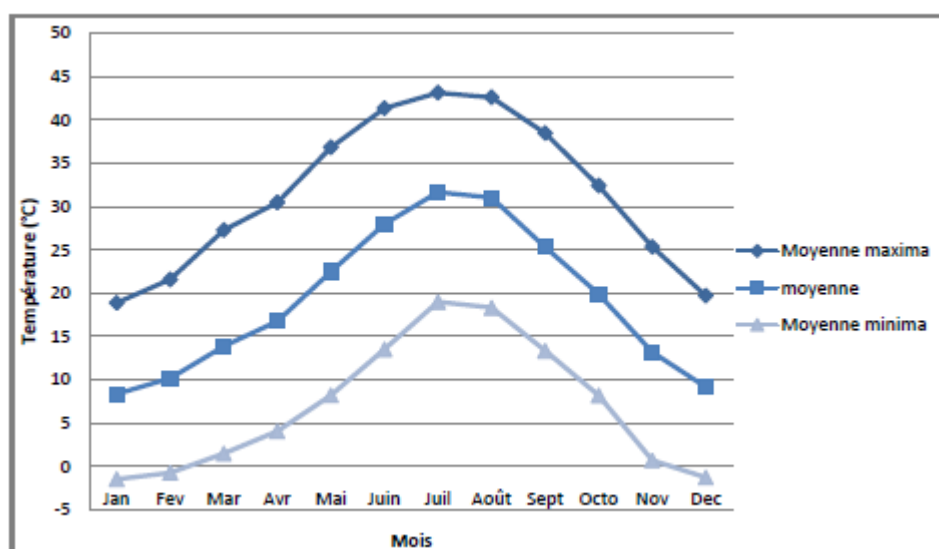
Le territoire de la wilaya de M'Sila est un immense bassin versant qui reçoit le flux pluvial grâce aux différents oueds qui sont alimentés à partir des bassins versants de la wilaya et ceux des wilayas limitrophes particulièrement au Nord (Bouira et Borj Bou Arrerijj). Selon la D.S.A., (2008) les capacités hydriques sont estimées à 540 millions de m³ dont 320 millions de m³ en eaux superficielles (soit 59,25% de la capacité totale), et 220 millions de m³ en eaux souterraines (soit 40,74%).

II.1.5. Le climat

Le climat de la région de M'Sila est un climat de type continental, il est caractérisé par un été sec, très chaud et un hiver très froid. Les données climatiques exploitées sont issues de la station météorologique de M'Sila.

II.1.5.1. Les températures

Les températures estivales les plus élevées sont celles des mois de juillet et août. Le mois le plus chaud est juillet (31,62 °C). Les températures hivernales les plus basses sont enregistrées durant les mois de décembre et janvier. La température moyenne mensuelle la plus basse est celle du mois de janvier (8,34°C). La température moyenne des maxima varie de 18,85°C (janvier) à 43,11°C (juillet), et celle des minima varie entre - 1,48°C (janvier) à 18,96°C (juillet)

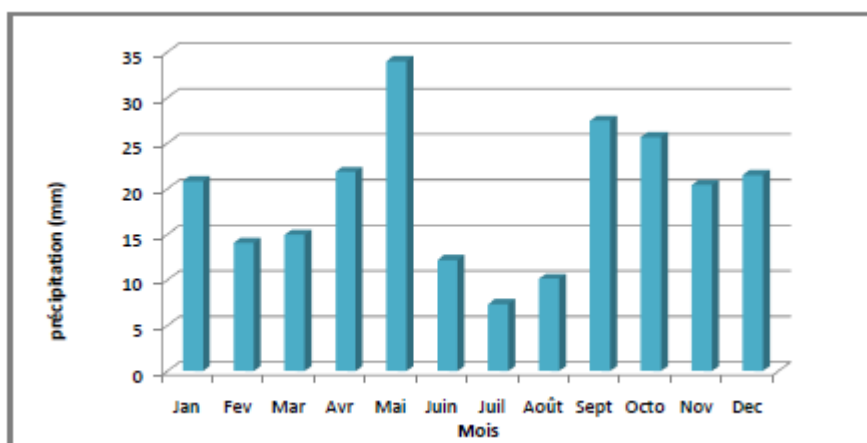


Source : Station météorologique M'Sila (2008).

Figure 08 : Variations des températures moyennes mensuelles ; des moyennes, des maxima, et des minima en °C (1988-2008)

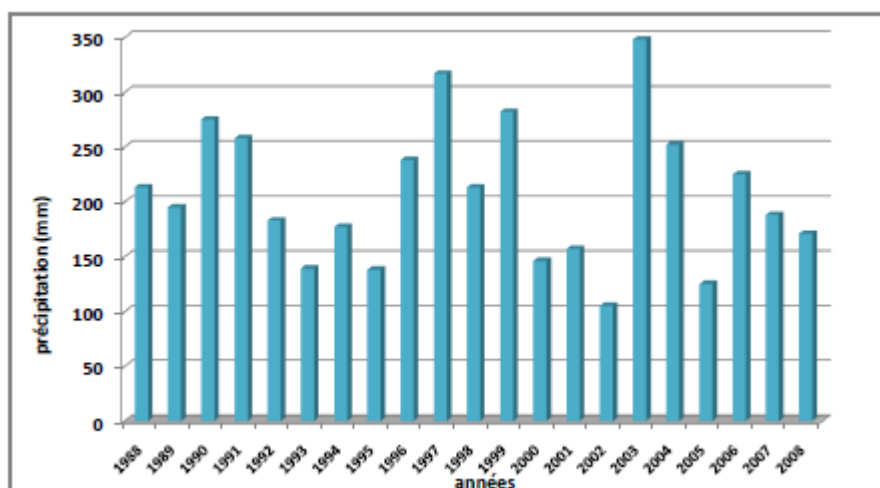
II.1.5.2. La pluviométrie

La figure N°09 montre que la région est caractérisée par une pluviométrie faible et irrégulière. Les mois les plus pluvieux sont respectivement mai, septembre et octobre. La quantité annuelle des pluies varie de 105 mm à 348 mm, et la moyenne annuelle est de **206,9 mm** (figure N°10). La pluviométrie moyenne mensuelle la plus élevée est celle du mois de mai (34 mm) et la plus basse est enregistrée durant le mois de juillet (7,33 mm).



Source : Station météorologique M'Sila (2008).

Figure 09 : Variations mensuelles des précipitations (mm) (1988-2008).

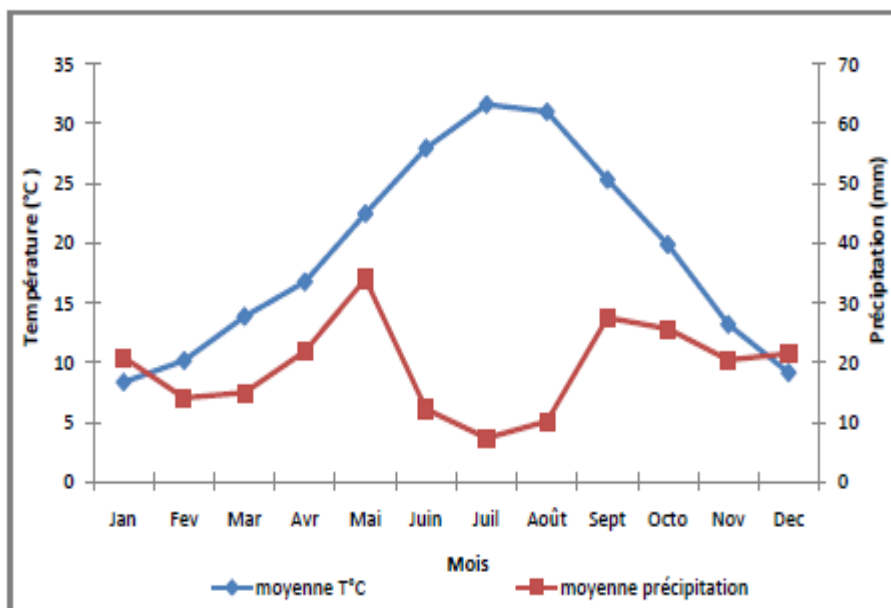


Source : Station météorologique M'Sila (2008).

Figure 10 : Variations annuelles des précipitations (mm) (1988-2008).

Diagramme ombrothermique (figure N°11) établi à partir du système de BAGNOULS et GAUSSEN (1957) montre que la saison sèche s'étale presque sur toute l'année. Elle débute du

mois de février jusqu'à fin novembre (un mois est considéré comme étant sec si la pluviosité (mm) est égale ou inférieure au double de sa température moyenne mensuelle).



Source : Station météorologique M'Sila (2008).

Figure 11 : Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1988-2008) de la région de m'sila

II.1.5.3.L'insolation

Les rayonnements solaires atteignant le sol ont un impact important sur le monde animal et végétal. La durée d'insolation moyenne est de 8,5 heures par jour et le nombre d'heures d'ensoleillement est de 3099,5 heures/an. La durée d'insolation la plus longue est celle du mois de juillet (11,1 heures/jour), et la durée la plus courte est celle du mois de décembre (5,5 heures/jour) .

II.1.5.4. Les vents

En général, les vents ont une vitesse plus ou moins faible, et ne dépassent pas 5,49 m/s. Les vents dominants de l'hiver et du printemps de direction nord-ouest sont relativement humides. Ceux de l'été soufflant de l'Est sont chauds et secs, et parfois accompagnés de sable .

II.1.5.5.L'évaporation

L'évaporation est influencée essentiellement par la température. Elle est très importante en été et faible en hiver, respectivement 399,66 mm et 88,72 mm. En résumé, les caractéristiques du climat de la zone de M'Sila sont :

- Les températures sont élevées en été notamment en juillet (31,62°C en moyenne), et basses en hiver surtout aux mois de décembre et janvier (8,34°C en moyenne) ;
- La pluviométrie est faible et irrégulière avec une moyenne annuelle de 206,9 mm ; L'humidité relative est élevée en novembre, décembre et janvier (77,5% en maximum) et basse en juillet (36,5%) ;
- Les chutes de grêle sont rares (1,9 jours/an) ;
- Les gelées sont plus ou moins importantes (10 jours/an) avec une grande variabilité de nombre de jours entre les années ;
- Les vents sont relativement faibles, humides en hiver et au printemps, et en été sont secs et parfois accompagnés de sable.

II.2. Généralités sur l'abricot

II.2.1. Description du fruit

L'abricot est le fruit d'un arbre généralement de petite taille appelé abricotier, de la famille des Rosacées. Le nom scientifique de l'abricotier est : *Prunus armeniaca* (Prune d'Arménie), (Lahbari, 2015)

II.2.2. Classification botanique

Selon **LICHOU** et **AUDBERT (1989)** l'abricot est classé comme suite :

Règne : Plantae

Sous-règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Rosidae

Ordre : Rosales

Famille : Rosaceae

Sous-famille : Amygdaloideae

Tribu : Prunées

Genre : Prunus

Nom binomial : Prunus armeniaca

Nom commun : Abricotier



Figure 12: Abricots à maturité; entier et en coupe.(Lahbari,2015)

C'est un fruit charnu, une drupe, de forme arrondie, possédant un noyau dur contenant une seule grosse graine (Figure12), ou amande.

La chair est sucrée, peu juteuse, jaune orangée et ferme, la teneur en carotène ou provitamine A est élevée, c'est elle qui donne la couleur orangée et l'abricot est riche en pectines qui se gonflent facilement d'eau et qui lui confèrent son côté moelleux. L'abricot se sépare aisément en suivant le sillon médian.

La peau veloutée, dont la couleur peut aller du jaune au rouge, est parfois piquetée de « taches de rousseur » et se mange.

La couleur rouge n'est pas gage de maturité (le degré de maturité est apprécié par le parfum et la souplesse du fruit) et l'abricot mûrit après sa cueillette, il est climactérique.

II.2.3.Histoire et origine

L'abricot et la pêche sont les deux fruits à noyaux du genre *Prunus* originaires de l'Asie. Ce sont les Chinois qui, les premiers, l'ont domestiqué, il y a au moins 4000 ans.

De la Chine, l'abricot a gagné l'Inde puis l'Italie et la Grèce, en suivant la Route de la Soie, un siècle avant notre ère. En Afrique du nord et en France, il a été introduit aux environs du XV^{ème} siècle.

II.2.4. Importance Economique

II.2.4.1. Alimentation

On consomme l'abricot frais, mais aussi séché (abricot sec) ou préparé de diverses façons: compote, confitures, tartes, abricots au sirop (en conserves), ainsi que dans des plats salés.

□ **Abricot frais** : l'abricot est extrêmement aisé à manger, c'est l'aliment parfait pour les petits, il est tendre et ne coule pas.

□ **Abricot sec**: Venant essentiellement de Turquie (goût de muscat, belle couleur), de Californie (peu sucré, goût acidulé), d'Australie (acidulé, parfois trempé dans un bain de sucre) ou d'Iran (de couleur jaune-pâle). Ce genre d'abricot est largement consommé seul comme par les sportifs et les cosmonautes ou associé comme on l'utilise par exemple ici en Algérie dans nos recettes des Tajines lors des occasions, dans les fêtes ou pendant le mois Ramadhan.

Parmi les régions célèbres pour leurs abricots séchés: le Ladakh en Inde et les Aurès en Algérie (abricot très sec se dit **Afermasen** Chaoui ou **Fermas** en arabe parlée, on l'utilise presque à l'échelle de toute l'Algérie comme ingrédient lors de la préparation de plusieurs recettes traditionnelles tel que le Couscous à gros grains).

□ **Abricot confit** : c'était l'une des spécialités de la conserverie Doxa en suisse.

Jus d'abricot : il en faut un grand nombre pour produire du jus. c'est le jus de fruit à base d'abricot produit à la conserverie de N'gaous qui a rendu célèbre cette ville.

□ L'abricot se retrouve également dans la confection du pain à l'abricot, en conserve, en tarte et bien sûr, en confiture.

II.2.4.2. Cosmétique

Ce sont pour 2/3 des acides oléiques et pour 1/3 des acides linoléiques.

Les acides gras insaturés assurent l'état liquide du corps gras à température ambiante. Ils ont des fonctions de défense, de préservation et de réparation vitales pour l'organisme. De plus, les acides gras essentiels permettent de rééquilibrer l'apport lipidique de la peau. Ainsi, l'huile de noyau d'abricot est nourrissante, convient bien pour les massages et revitalise les peaux fatiguées.

II.2.5 .Production mondiale

La culture de l'abricotier s'est développée autour du bassin méditerranéen et en Asie centrale, aujourd'hui encore, c'est dans ce périmètre que se situent les principaux pays

L'huile de noyau d'abricot est composée de 90 % d'acides gras insaturés (vitamines F).

producteurs. Nous trouvons ailleurs quelques bassins secondaires, dont les plus importants sont les USA, la Chine et l'Afrique du Sud.

En Afrique, l'Algérie occupe la première place avec 25 % de la production africaine, la deuxième et la troisième place reviennent au Maroc et à l'Afrique du Sud avec des tonnages représentant respectivement 21,5% et 20,8% de la production africaine (F.A.O., 2009).

II.2.6. Production des abricots en Algérie

L'Algérie avec une production, en 2009 de 202806 tonnes, qui correspond à 3,5% de la production mondiale, occupe la cinquième place mondiale. Malgré cette situation qui paraît favorable, la production algérienne d'abricots demeure faible par rapport au nombre d'abricotier existant et celui implanté récemment dans le cadre du fond de soutien destiné aux agriculteurs et encore loin d'atteindre celle enregistrée dans certains pays du monde.

II.2.7. Production de la région M'sila

La région du M'sila est l'une des zones les plus productives d'abricot en Algérie, cette culture stratégique est héritée d'une génération à une autre. Plusieurs variétés cultivées sont très adaptées et très productives, une partie du surplus de production est transformé en abricot sec.

La wilaya de M'Sila qui constitue l'une des régions les plus prometteuses en matière de production. Elle occupe la deuxième place à l'échelle nationale derrière la wilaya de Batna avec une superficie qui est passée de 2 386 ha en 1994 à 6310 ha en 2004. L'abricot dans le Hodna, a une place très importante dans la vie quotidienne de la population locale.

Chaque année, le surplus de la production est transféré hors de la wilaya vers les villes limitrophes ou bien passé au séchage, grâce à une production qui a fortement augmenté de 4899 quintaux en 1994 à 216000 quintaux en 2004, soit une augmentation de 97,6 % en 10 ans. Les régions de Nouara et Boukhmissa constituent les principales zones productrices d'abricot dans la wilaya de M'sila.

II.3. Matériel et méthodes

II.3.1. Matière végétale

Le matériel végétal utilisé est représenté par noyaux d'abricot. Dans cette étude, noyau d'abricot qui sont des déchets d'origine agricole sous forme solide, ont été collectées dans la cité M'sila .

II.3.2. Purification des noyaux d'abricot

Avant de l'utiliser ,nous avons lavé le résidu solide des noyaux d'abricot avec l'eau distillée ,nous l'avons également placé dans de l'eau distillée et ajouté de l'eau oxygénée pour enlever le résidu organique pendant trois jours ,puis séchés dans l'étuve à 80° C pendant 24h,

quand l'échantillon sèche ,après séchage ,noyaux d'abricot ont été broyés et tamisés (tamis de 100 μm).

II.3.3.Méthodes d'analyse

II.3.3.1.pH mètre

L'instrument WTW SERIES pH 720 est un pH-mètre de laboratoire à microprocesseur conçus pour la mesure du pH, L'instrument est équipé de larges afficheurs à cristaux liquides, permettant d'afficher simultanément le pH. L'étalonnage a été effectué à l'aide de solutions tampons commerciales de pH 4 et 10



Figure 13: pH-mètre WTW SERIES (pH 720)(Originale ,2019)

II.3.3.2. La spectrophotométrie UV-Visible

II.3.3.2.1. Définition

La spectrophotométrie UV-visible est une technique analytique fondée sur l'étude du changement de l'intensité de la lumière traversant une solution colorée, dans un domaine d'application comprise entre 200 et 800 nm, en effet pour pouvoir déterminer les concentrations des substances absorbantes.(Yahiaoui,2012)

Le résultat correspond à des spectres d'émission ou d'absorption,(Ramdani,2003) qui ressemble à des courbes de variation d'absorption en fonction de la longueur d'ondes, il est obtenu par un spectrophotomètre à une lumière sensiblement monochromatique, ou le chromophore est le site dont la structure de l'élément à étudier possède l'aptitude à absorber les photons UV ou visible. Il est caractérisé par la longueur d'onde la plus absorbée (λ_{max}), et l'aptitude la plus importante à absorber les photons à cette longueur d'onde (ξ_{max}) .(Meyer et Denier,1996)



Figure 14: L'appareil d'UV/Visible (SHIMADZU UV-1240.(Originale ,2019)

II.3.3.2.2 Principe de la spectrophotométrie UV-visible

Le spectrophotomètre est un appareil permettant de mesurer l'absorbance d'une solution, pour différentes longueurs d'ondes. Pour cela, il fait passer un rayon d'une longueur d'onde choisie à travers une cuve contenant la solution à étudier. Les molécules de la solution absorbent plus ou moins le rayon lumineux, on définit alors l'absorbance pour cette longueur d'onde.

Les molécules qui présentent un spectre d'absorption UV-visible sont celles qui absorbent des photons dont l'énergie correspond à des longueurs d'onde se situant dans le domaine 190 nm – 800 nm. Lorsque des molécules absorbent des photons de l'UV-Visible, l'énergie des électrons de valence augmentent. Le phénomène d'absorption dans le domaine UV-Visible est lié aux variations de l'énergie moléculaire de transitions électroniques. (Boukemara,2009)

a) La loi de Beer-Lambert

Le domaine spectral de l'UV-Visible est largement exploité en analyse quantitative. La loi de Beer- Lambert est une loi additive qui s'applique aux différentes molécules présentes en solution ou pour une même molécule aux différentes formes qu'elle peut prendre. (Yahiaoui,2012)

La loi de Beer-Lambert sert à établir une relation entre l'absorbance, l'épaisseur de l'échantillon et la concentration des espèces absorbantes.

Cette relation s'écrit : $\text{Log}(I_0/I) = \epsilon Cl$

Ou bien sous sa forme actuelle est : $A : \epsilon Cl$

Avec:

A : absorbance

ϵ : Coefficient d'extinction ($\text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{L}$).

C : Concentration (mol/L)

l : Epaisseur de la cuve (cm).

I_0 : Intensité de l'énergie d'irradiation arrivant sur l'échantillon (Lumière incidente)

I : Intensité de la radiation qui a traversé l'échantillon (Lumière transmise)

La loi de Beer-Lambert n'est vérifiée que si les conditions suivantes sont respectées : (une lumière monochromatique, des solutions très diluées et pas de réflexion, diffusion ou fluorescence du faisceau incident.)

II.3.3.2.3.Applications

La spectrophotométrie UV-visible est une méthode facile à mettre en oeuvre. Elle est utilisée aussi bien pour l'analyse qualitative que quantitative.(Boukemara,2009)

a) Analyse qualitative (identification des substances)

La méthode détecte les groupements fonctionnels chromophores mais ne permet pas l'identification certaine des molécules. Elle doit toujours être complétée par d'autres méthodes spectrales (IR, RMN, spectrométrie de masse) ou chimiques.

b) Analyse quantitative

Les mesures en UV/Visible reposent sur la loi de Beer et Lambert ; qui relie dans certaines conditions, l'absorption de la lumière à la concentration d'un composé en solution.

II.3.4.Produits chimiques utilisés

Les expériences menées dans le cadre de cette recherche et dans diverses conditions ont nécessité les produits de qualités analytiques ci après :

- Colorant Éthyle Violet ($\text{C}_{31}\text{H}_{42}\text{ClN}_3$),
- Peroxyde d'hydrogène non stabilisé (H_2O_2)
- Hydroxyde de sodium (NaOH)
- Chlorure de sodium (NaCl)
- Acide nitrique (HNO_3)
- l'eau distillée
- Argile (La montmorillonite)

-Autre matériaux utilisés :

-des béchers en verre de (250 mL,100 mL,50mL,25 mL)

-un parafilm, Entonnoir, verre de montre, balance, agitateur, papier filtre, pipette graduée

-l'étuve, tamis (100um), mortier et pilon, DBO, Fiole jaugée, Pipette graduée

Chapitre III
Résultats et
Discussions

Dans ce chapitre nous avons appliqué ce matériau préparé au domaine d'adsorption du colorant choisi (Crystal violet).

III.1.Choix des colorants

Le choix du colorant répond aux critères suivants :

- Solubilité élevée dans l'eau,
- Analyse par spectrophotomètre UV/visible,
- Tension de vapeur faible voire nulle,
- Stabilité permanente.

III .2. Le Crystal violet (Ethyl violet)

III .2.1.définition

Le Crystal violet ou violet de gentiane fait partie des triphénylméthanés (cf. fig. 1). Ce composé peut être plus ou moins méthylé (deux, quatre ou six groupements méthyle). La forme avec quatre méthyles se nomme le violet de méthyle ou méthyle violet 2B et celle avec six méthyles est appelée le cristal violet ou méthyle violet 10B. Il présente une coloration violette lorsque le pH est supérieur à 1,8 d'autant plus prononcée que le nombre de groupement méthyle est important. Le composé est jaune en dessous de ce pH qui varie légèrement en fonction du nombre de groupements méthyle

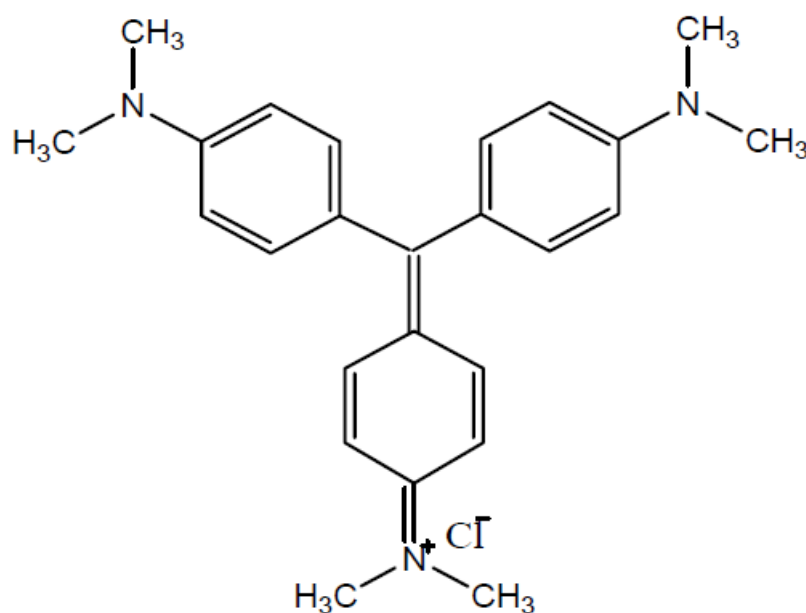


Figure 15 : Structure du Cristal violet

III.2.2.Caractéristiques physico-chimiques du colorant de cristal violet

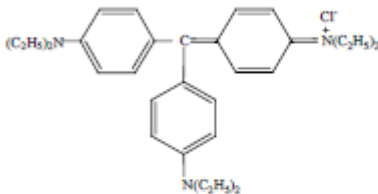
Nom Usuel	Éthyle Violet
Nom chimique	Ethanaminium, N-(4-(bis (4-(diethylamino) phényle) méthylène)-2,5-cyclo hexadien-1-ylidene)-N- éthyle-, chlorure
Formule empirique	$C_{31}H_{42}ClN_3$
Structure	
Masse molaire	492.158 g
Densité	1.10
Classe	Triarylméthane
Ionisation	Basic
Absorption maximale	596 nm
Visuel transition	pH 0.1 - 3.5, jaune- bleu pH 3.5- 14, bleue- violet
Aspect	Solide vert violet foncé
Odeur	Inodore
Solubilité dans l'eau	9 g/l dans l'eau à 20 °C
Volatilité	Négligeable
Utilité	Textile

Tableau01: Caractéristiques physico-chimiques de cyistal violet

III.2.3 .La synthèse du Crystal violet

Afin de synthétiser ce colorant, nous allons d'abord utiliser un procédé de traitement (noyaux d'abricot), puis une purification, et enfin analyser par spectrophotométrie le résultat obtenu

III.2.4.Conservation

Il convient de les conserver dans un flacon bien fermé. Ce sont des solutions très stables, à longue durée.

III.3.Nécessité de traiter les effluents (colorants) textiles

Pourquoi les rejets textiles sont-ils dangereux ?

Les dangers évidents

- La couleur, turbidité, odeur

L'accumulation des matières organiques dans les cours d'eau induit l'apparition de mauvais goûts, prolifération bactérienne, odeurs pestilentielles et colorations anormales. (Willmott et al, 1998) ont évalué qu'une coloration pouvait être perçue par l'oeil humain à partir de 5-6 g/L. En dehors de l'aspect inesthétique, les agents colorants ont la capacité d'interférer avec la transmission de la lumière dans l'eau, bloquant ainsi la photosynthèse des plantes aquatiques .

-Eutrophisation

Sous l'action des microorganismes, les colorants libèrent des nitrates et des phosphates dans le milieu naturel. Ces ions minéraux, introduits en quantité trop importante, peuvent devenir toxiques pour la vie piscicole et altérer la production d'eau potable. Leur consommation par les plantes aquatiques accélère leur prolifération anarchique et conduit à l'appauvrissement en oxygène par inhibition de la photosynthèse dans les strates les plus profondes des cours d'eau et des eaux stagnantes.

- La sous-oxygénation

Lorsque des charges importantes de matière organique sont apportées au milieu via des rejets ponctuels, les processus naturels de régulation ne peuvent plus compenser la consommation bactérienne d'oxygène. (Manahan, 1994) estime que la dégradation de 7 à 8 mg de matière organique, par des micro-organismes, suffit pour consommer l'oxygène contenu dans un litre d'eau.

Les dangers à long terme

- La persistance

Les colorants organiques synthétiques sont des composés impossibles à épurer par dégradations biologiques naturelles,(Pagga et Brown, 1986). Cette persistance est en étroite relation avec leur réactivité chimique. Ainsi :

Les composés insaturés sont moins persistants que les saturés,

- Les alcanes sont moins persistants que les aromatiques,
- La persistance des aromatiques augmente avec le nombre de substituants,
- Les substituants halogènes augmentent plus la persistance des colorants que
- les groupements alkyles.

- Bio-accumulation

Si un organisme ne dispose pas de mécanismes spécifiques, soit pour empêcher la résorption d'une substance, soit pour l'éliminer une fois qu'elle est absorbée, alors cette substance s'accumule. Les espèces qui se trouvent à l'extrémité supérieure de la chaîne alimentaire, y compris l'homme, se retrouvent exposées à des teneurs en substances toxiques pouvant être jusqu'à mille fois plus élevées que les concentrations initiales dans l'eau .

- Cancer

Si la plupart des colorants ne sont pas toxiques directement, une portion significative de leurs métabolites le sont, Leurs effets mutagènes, tératogène ou cancérigène apparaissent après dégradation de la molécule initiale en sous-produits d'oxydation : amine cancérigène pour les azoïques, leuco-dérivé pour les triphénylméthanes.(Culp et al,2002)

- Sous produits de chloration (SPC)

Le chlore utilisé pour éliminer les microorganismes pathogènes réagit avec la matière organique pour former des trihalométhanes (THM) pouvant atteindre plusieurs centaines de mg/L. Les SPC sont responsables des développements du cancer du foie, des poumons, des reins et de la peau chez l'homme.(Mills et al,1998)

III.4.Méthodologie expérimentale

III.4.1.Préparation des solutions

Les solutions mères de Crystal violet ont été préparées par dissolution respective de leur sel dans l'eau distillée. Nous avons préparé des volumes importants (1 litre) de solution mère de colorant à une concentration de 1 g.L^{-1} . Les solutions filles devant servir à l'analyse, ont été obtenues par des dilutions successives jusqu'aux concentrations désirées. La droite d'étalonnage représentant la densité optique D.O, au maximum de la bande d'absorption, en fonction de la concentration initiale, a été établie pour déterminer les concentrations résiduelles.

III.4.2.Processus d'adsorption

En adsorption, le mode opératoire comporte les étapes suivantes :

- La préparation des solutions en colorant (Crystal violet).
- L'introduction de la poudre d'abricot dans les différents béchers
- La mise en agitation à température contrôlée.
- Les prélèvements effectués aux temps de réactions requis et filtrés sur des empules permettant la séparation des phases solides et liquides.
- L'analyse du filtrat par spectrophotomètre UV/ visible.

III.5. Méthodes d'analyse

III.5 .1.pH mètre

Le pH des solutions a été mesuré à l'aide d'un pH-mètre de type (PH720). Le pH a été ajusté à différentes valeurs en utilisant l'acide sulfurique HNO_3 et la soude NaOH .

III.5 .2.Analyse par spectrophotométrie UV/visible

Le spectrophotomètre que nous avons utilisé est un appareil qui permet de mesurer directement les densités optiques. Les analyses sont effectuées sur un spectrophotomètre (SHIMADZU U-1240). La longueur d'onde obtenue à 590 nm. Des cuves en quartz de 1 cm de trajet optique sont utilisées. Les mesures des concentrations résiduelles ont été obtenues par interpolation à l'aide de la courbe d'étalonnage.

III.5 .3.Etalonnage

L'étalonnage se fait par une méthode simple, qui consiste à préparer une série de solutions de concentrations bien déterminées. Celles-ci sont, par la suite analysées par spectrophotométrie. la droite d'étalonnage représentant la densité optique $D.O$, au maximum de la bande d'absorption, en fonction de la concentration initiale C .

Pour tracer la courbe d'étalonnage du colorant, nous avons déterminé les valeurs de l'absorbance correspondant aux différentes concentrations des solutions de colorant. Nous avons utilisé une méthode qui consiste à préparer d'abord une solution mère de concentration 100 mg.L^{-1} , à partir de cette solution mère, nous préparons par dilutions successives une série de solutions étalons "filles", de concentration comprise entre 2,5 à 15 mg.L^{-1} . Celles-ci sont, par la suite, analysées par spectrophotométrie (SHIMADZU UV-1240) à une longueur d'onde de 590 nm.

Nous établissons la droite d'étalonnage représentant l'absorbance en fonction de la concentration en colorant ($A = f(C)$) et qui obéit à la relation de Béer- Lambert. La courbe d'étalonnage du colorant est montrée sur la figure16.

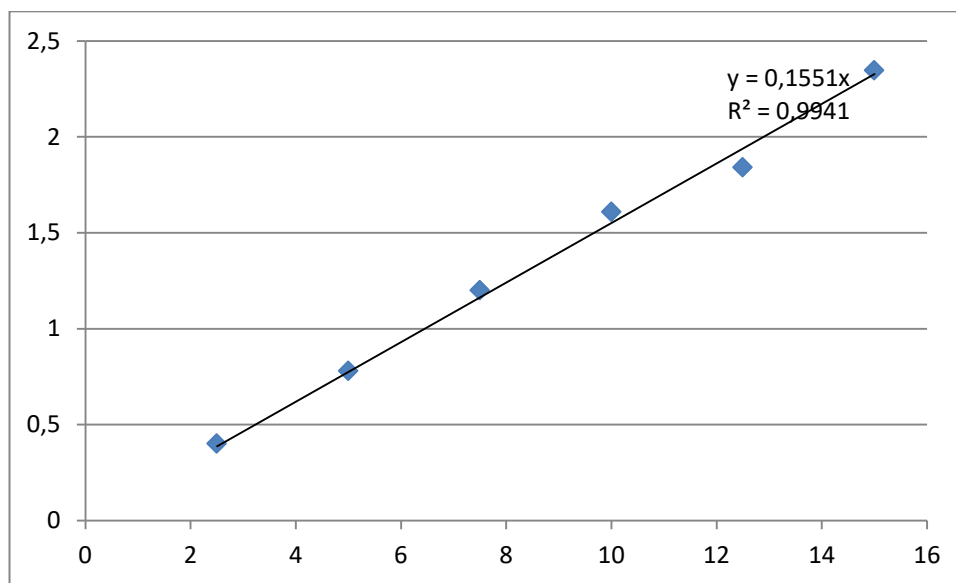


Figure 16: Courbe d'étalonnage de Crystal violet

La courbe obtenue est linéaire ; les données expérimentales rapportées dans la figure 16. Indiquent une relation linéaire entre l'absorbance et la concentration avec un coefficient de corrélation plus élevé ($R^2 = 0,994$). La valeur haute du coefficient de corrélation de la courbe d'étalonnage observée nous permet de considérer que le coefficient d'extinction molaire est constant sur la gamme de concentration étudiée. La concentration en colorant déterminée à partir de l'équation de la droite de régression linéaire est : $C \text{ (mg.L}^{-1}\text{)} = [\text{ABS}/0,155]$ ou Abs est l'absorbance.

III .6. Protocole expérimental d'adsorption en « batch »

Les essais d'adsorption de colorant Crystal violet sur poudre des noyaux d'abricot , ont été réalisés dans des béchers en verre de 100 mL, un échantillon de 0.1 g poudre d'abricot étudiés sont introduits dans 50 mL des solutions de Crystal violet de concentrations initiales connues C_0 (en mg.L^{-1}). Le pH initial des solutions a été ajusté à l'aide d'un pH-mètre du type «WTW SERIES PH 720 », en utilisant des solutions d'acide nitrique (1 M et 0,1M) et d'hydroxyde de sodium (1 M et 0,1M). La série de béchers fermés avec un parafilm est disposée sur des agitateurs magnétiques de température constante contrôlée. Dans la majorité des tests d'adsorption, pour assurer l'équilibre nous avons choisi un temps de 18 heures. Les suspensions sont filtrées à l'aide de papier filtre. Les filtrats sont ensuite analysés par une spectrophotométrie UV-visible (SHIMADZU UV-1240) à 590 nm afin de déterminer les concentrations résiduelles du colorant en solution. La quantité (q) de colorant adsorbée par noyau d'abricot est obtenue par la relation suivante :

La quantité du colorant adsorbée par la poudre des noyaux d'abricot est obtenue par la relation suivante :

$$q_t = (C_0 - C_t) \times V / m$$

Avec :

q_t : quantité adsorbée de colorant par gramme d'adsorbant (mg. g^{-1}) ;

C_0 : concentration initiale du colorant (mg. L^{-1}) ;

C_t : concentration résiduelle en colorant à l'instant t (mg. L^{-1}) ;

V : volume de la solution (L);

m : masse de l'adsorbant (g).

Par cette méthode, nous avons réalisé :

- En premier lieu les cinétiques d'adsorption.
- En deuxième, l'effet de masse sur l'équilibre d'adsorption
 - En suite, l'influence du pH sur l'équilibre d'adsorption.
- Enfin, l'influence de concentration initiale de colorant, température et salinité.

III.6 .1. Cinétique d'adsorption du Crystal violet sur poudre des noyaux d'abricot

L'étude cinétique de l'adsorption est indispensable pour la détermination du temps nécessaire pour atteindre l'équilibre d'adsorption ou à un état de saturation d'adsorbant par l'adsorbat. Elle permet également de déterminer, de façon comparative, les quantités de colorant adsorbées en fonction du temps de contact. L'étude de l'adsorption d'un composé sur un adsorbant nous permet d'examiner l'influence du temps de contact sur sa rétention.

La procédure expérimentale suivie est simple (en batch) et consiste à mettre en contact, 0,1g de poudre des noyaux d'abricot avec 50 mL de solution du colorant à de concentration variée 20 ,40,60 mg.L^{-1} . Les suspensions sont agitées à 20 °C pendant des durées variables allant de 5 à 360 min. La quantité de colorant adsorbée en fonction du temps $q_t = f(t)$ sont indiqués sur la figure17.

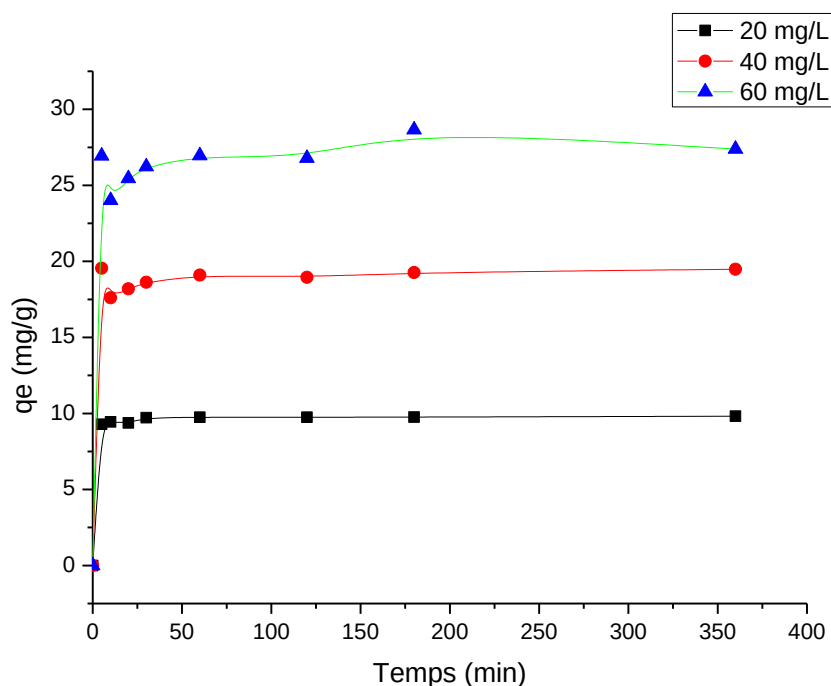


Figure 17: Cinétique d'adsorption de Crystal violet (CV) sur la poudre d'abricot à 20 °C.

Cette figure montre qu'une augmentation du temps de contact (poudre-solutions) entraîne à une augmentation de la quantité adsorbée du colorant par cet adsorbant, ainsi que l'adsorption se fait rapidement en début du processus et devient de plus en plus lente au cours du temps d'agitation pour atteindre l'équilibre. D'où après 60 minutes de contacte plus de 98% de la quantité de Crystal violet sont adsorbé.

On peut diviser cette cinétique en trois étapes:

- Une première étape courte qui correspond à une adsorption très rapide inférieure à 20 minutes.
- La seconde est lente et montre un équilibre progressif, Elle se situe dans l'intervalle compris entre 20 et 60 minutes.
- Dans la troisième étape, l'adsorption du soluté est très lente et stable.

D'après ces courbes, l'équilibre d'adsorption est atteint après une heure de contact.

III.6.2.Effet de la quantité d'adsorbant

Afin de déterminer l'équilibre du système adsorbant- adsorbat et pour prévoir le coût de modification d'adsorbant étudié par unité de solution de colorant, il est nécessaire d'étudier L'effet de dose d'adsorbant.

La dépendance de l'adsorption de Crystal violet sur la dose d'adsorbant a été étudiée en changeant la dose poudre de NA de 0,05 à 0.2 g dans 50 ml de solution maintenant tous autres paramètres constants (pH=6, t=18h, T=20°C). Les résultats obtenus sont représentés sur la figure18.

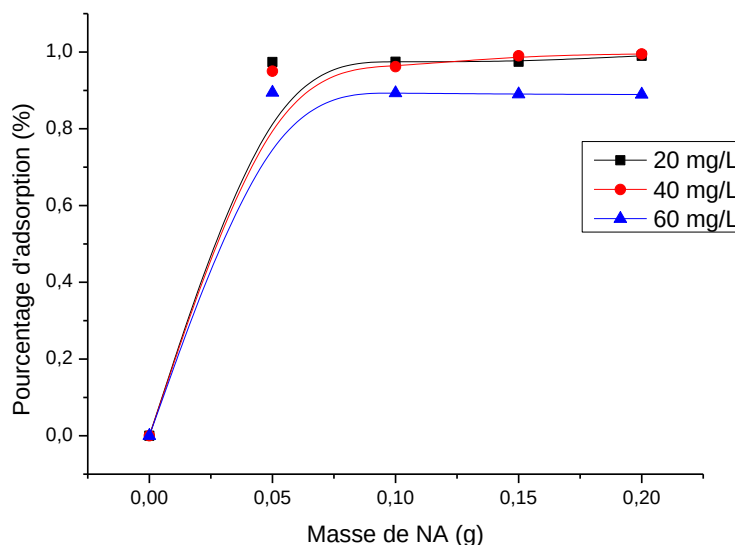


Figure 18: Le pourcentage d'adsorption du Crystal violet sur poudre d'abricot en fonction de la dose d'adsorbant (pH=6, à 20°C).

Comme montré dans figure18, le maximum d'adsorption était atteint à une dose d'adsorbant de 0,1 g. après cette dose il devient stable.

Indiquant que la plupart du colorant (> 99.9%) a été enlevé. Ce résultat montre que la dose d'adsorbant a une influence important sur le pourcentage d'adsorption.

III.6.3. Effet du pH sur l'adsorption de colorant CV

Généralement l'adsorption des colorants dépend du pH, qui peut modifier l'état de la surface d'un adsorbant (influence de la charge de surface) ainsi que l'état moléculaire dans lequel se trouve le composé présent dans la solution. Il peut donc affecter la capacité d'adsorption du solide. Nous avons étudié l'influence du pH sur l'équilibre d'adsorption de Cristal violet sur le noyau d'abricot. Le pH initial des solutions du colorant de concentration 60 mg.L^{-1} a été varié aux valeurs désirées de 3 à 10 par ajustement par addition de HNO_3 (1M et 0.1M) ou NaOH (1M et 0.1M). Les expériences d'adsorption ont été réalisées dans les conditions opératoires suivantes :

- Volume des solutions 20 mL.
- Masse d'adsorbants 0,04 g.
- Température T = 20 °C.
- Temps de contact = 18h.

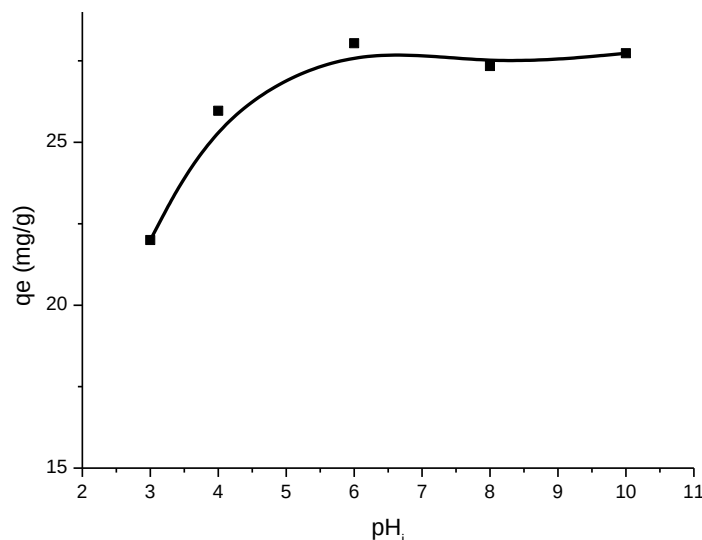


Figure19: Les variations des quantités de colorant adsorbé par poudre d'abricot à l'équilibre en fonction du pH.

Les résultats ont montré que l'efficacité d'élimination la plus élevée du Crystal violet (28 mg/g) a été observée à des valeurs de $\text{pH} \geq 6$. Cette efficacité diminue à des $\text{pH} \leq 6$ (atteint à 22 mg/g à $\text{pH}=3$). Lorsque le pH initial de la solution diminue, le nombre de groupes chargés négativement à la surface de l'adsorbant diminue, alors que les groupes chargés positivement augmentent. Ce comportement ne favorise pas l'adsorption d'un colorant cationique, en raison de la présence de répulsion électrostatique entre le colorant et l'adsorbant. (C. Namasivayam et K. Kadirvelu, 1994)

III.6.4 .Effet de la concentration initiale à différent températures

Les isothermes d'adsorption ont été réalisées suivant le mode opératoire présenté auparavant, avec les conditions expérimentales suivantes :

- Les concentrations initiales du crystal violet varient de 20 à 400 mg.L^{-1} , pour une quantité en poudre d'abricot de 0,1g dans 50 mL de solution de crystal violet.
- Le pH initial a été fixé à 6.
- Les isothermes d'adsorption sont réalisées à trois différentes températures (20, 30 et 40 °C). 18 heures de contact de poudre-colorant sont suffisantes pour atteindre (assurer) l'équilibre d'adsorption.

Après l'équilibre, les filtrats sont analysés dans les mêmes conditions par la spectrophotométrie UV-visible (SHIMADZU UV-2401PC) à la longueur d'onde maximale appropriée ($\lambda_{\text{max}} = 590 \text{ nm}$).

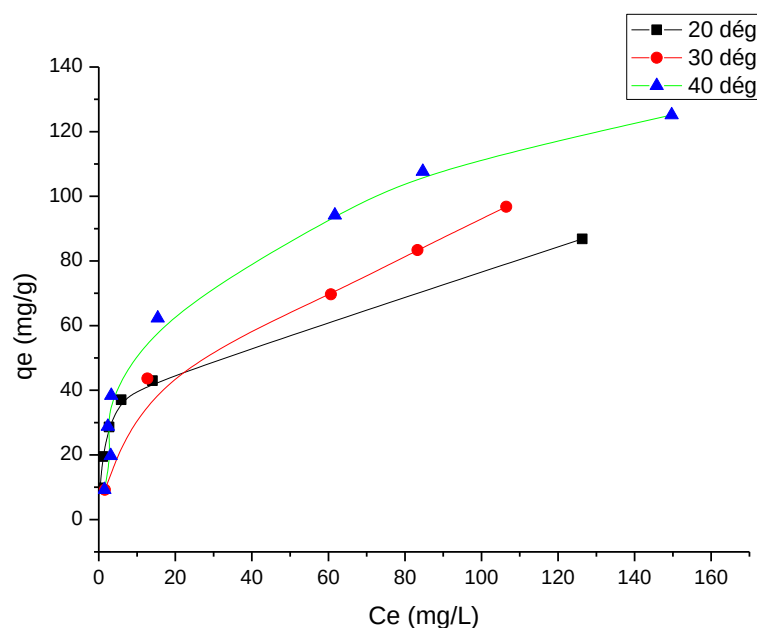


Figure 20: Isotherme d'adsorption du Crystal violet sur poudre d'abricot à T=20,30 et 40 °C.

Les isothermes d'adsorption ont été obtenues en traçant la quantité du Crystal violet adsorbée par la phase solide (poudre d'abricot) (q en mg.g^{-1}), en fonction de concentration de phase liquide de CV à l'équilibre C_e (en mg.L^{-1}) (figure 20).

Les isothermes obtenues montrent une forme de type - H - (Giles et al, 1960), qui indique que le CV a une affinité élevée pour le poudre d'abricot avec des concentrations relativement basse ($<60 \text{ mg.l}^{-1}$) elle a été complètement adsorbée. Par conséquent, la partie initiale d'isotherme était verticale le plateau a atteint après la formation de la monocouche. D'après l'isotherme effectuée à 20 °C la capacité d'adsorption maximale de cette poudre d'abricot est de 80 mg/g. L'élévation de la température à 40 °C a entraîné à une augmentation importante de la capacité maximale d'adsorption (120 mg/g). Alors, adsorption de crystal violet par des noyaux d'abricot est endothermique.

III.6.5 .Effet de la concentration initiale et salinité

Les isothermes d'adsorption et salinité ont été réalisées suivant le mode opératoire présenté auparavant, avec les conditions expérimentales suivantes :

- Les concentrations initiales du crystal violet varient de 20 à 400 mg.L^{-1} , pour une quantité en poudre d'abricot de 0,1g dans 50 mL de solution de crystal violet.
- Le pH initial a été fixé à 6.
- Les isothermes d'adsorption sont réalisées à trois concentrations de NaCl (0, 0,01 et 0,1 M). 18 heures de contact de poudre-colorant sont suffisantes pour atteindre (assurer) l'équilibre d'adsorption.

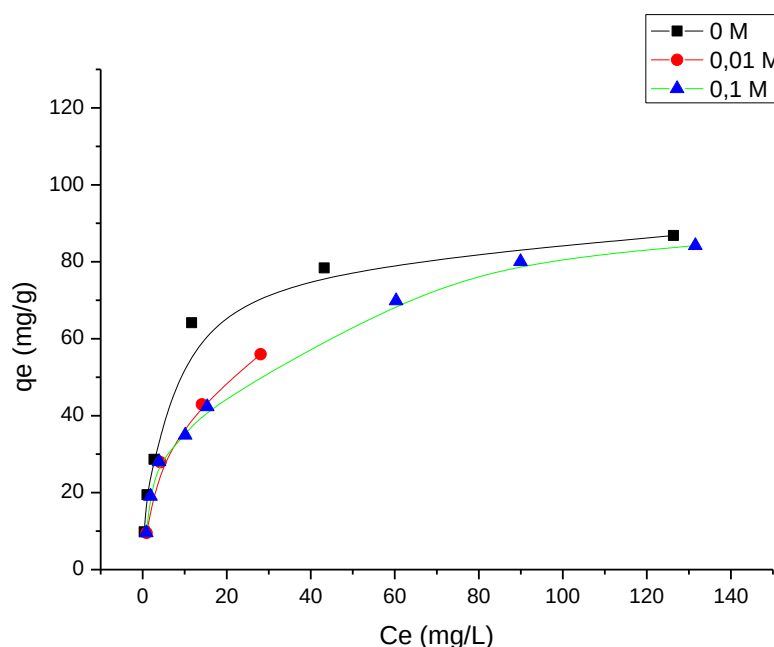


Figure21: Isotherme d'adsorption du Crystal violet sur poudre d'abricot à $[\text{NaCl}] = 0, 0,01 \text{ et } 0,1 \text{ M}$.

Lorsque les forces électrostatiques entre la surface adsorbante et les ions colorants sont attractives, comme dans notre système, une augmentation en force ionique va diminuer la capacité d'adsorption. Cela peut être dû à la compétition ionique de Na^+ , Cl^- et le colorant cationique. (Al-Degs, Y.S,et al,2000).

III.7. Adsorption du crystal violet sur une argile (montmorillonite brute MMTB)

III.7.1. Cinétique d'adsorption de Crystal violet sur la MMTB

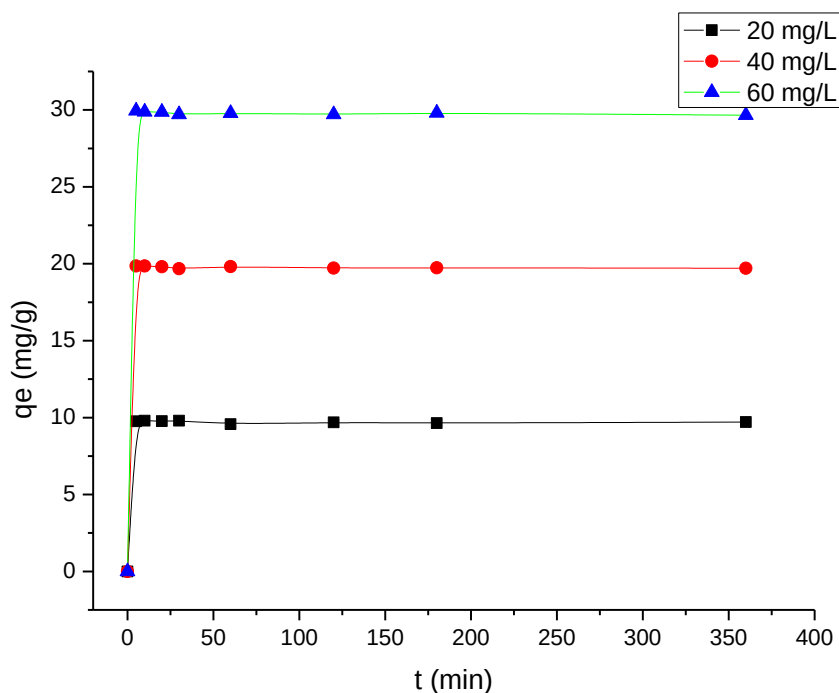


Figure22: Cinétique d'adsorption de Crystal violet (CV) sur la MMTB à 20 C⁰.

Cette figure montre qu'une augmentation du temps de contact entraîne à une augmentation de la quantité adsorbée du colorant par cet adsorbant, ainsi que l'adsorption se fait rapidement en début du processus et devient de plus en plus lente au cours du temps d'agitation pour atteindre l'équilibre. D'où après 60 minutes de contacte plus de 98 % de la quantité de Crystal violet sont adsorbé.

On peut diviser cette cinétique en trois étapes:

- Une première étape très courte qui correspond à une adsorption très rapide inférieure à 10 minutes.
- La second est lente et montre un équilibre progressif, Elle se situe dans l'intervalle compris entre 10 et 60 minutes.
- Dans la troisième étape, l'adsorption du soluté est très lente et stable.

D'après ces courbes, l'équilibre d'adsorption est atteint après une heure de contact.

III.7.2. Isothermes d'adsorption du cristal violet sur MMTB à différent Températures

Les isothermes d'adsorption ont été réalisées suivant le mode opératoire présenté auparavant, avec les conditions expérimentales suivantes :

- Les concentrations initiales du Crystal violet varient de 20 à 800 mg.L⁻¹, pour une quantité en argile de 0,1g dans 50 mL de solution de Crystal violet.
- Le pH initial a été fixé à 6.
- Les isothermes d'adsorption sont réalisées à trois températures 20, 30 et 40 °C. 18 heures de contact d'argile sont suffisantes pour atteindre (assurer) l'équilibre d'adsorption.

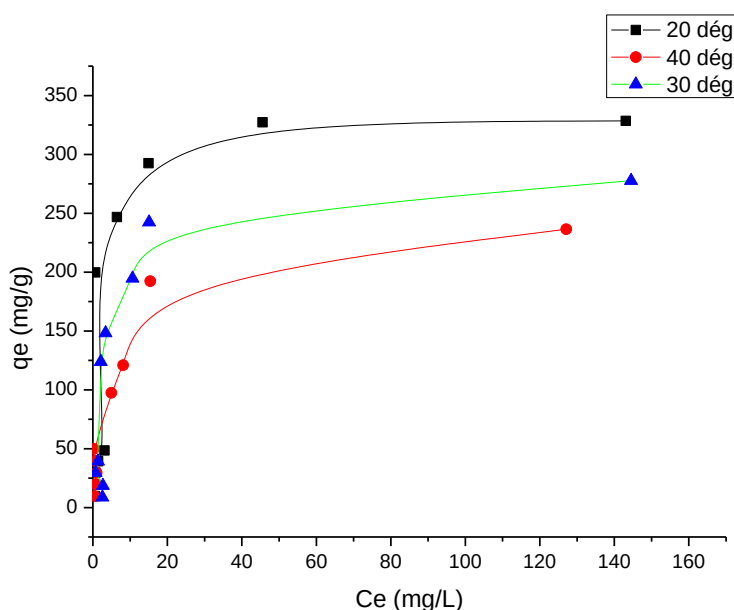


Figure23: Isotherme d'adsorption du Crystal violet sur poudre MMTB à T=20, 30 et 40 °C.

Les isothermes d'adsorption ont été obtenues en traçant la quantité du Crystal violet adsorbée par la phase solide (l'argile MMTB) (q en mg.g⁻¹), en fonction de concentration de phase liquide de CV à l'équilibre C_e (en mg.L⁻¹) (figure23).

Les isothermes obtenues montrent une forme de type - H - (Giles et al,1960), qui indique que le CV a une affinité élevée pour l'argile MMTB avec des concentrations (<400mg.l-1) elle a été complètement adsorbée. Par conséquent, la partie initiale d'isotherme était verticale le plateau a atteint après la formation de la monocouche. D'après l'isotherme effectuée à 20 °C la capacité d'adsorption maximale de cette argile est de 326 mg/g. L'elevation de la temperature à 40 °C a entraîné à une diminution importante de la capacité maximale d'adsorption (226mg/g). Alors, adsorption de crystal violet par l'argile MMTB est exothermique.

III.7.3. Effet de la quantité d'adsorbant

Afin de déterminer l'équilibre du système adsorbant- adsorbat et pour prévoir le coût d'adsorbant étudié par unité de solution de colorant, il est nécessaire d'étudier l'effet de dose d'adsorbant.

La dépendance de l'adsorption de cristal violet sur la dose d'adsorbant a été étudiée en changeant la dose de la MMTB varie de 0,05 à 0,2 g dans un volume de la solution égale à 50 ml maintenant tous autres paramètres constants (pH=6, t=18h, T=20°C). Les résultats obtenus sont représentés sur la figure24.

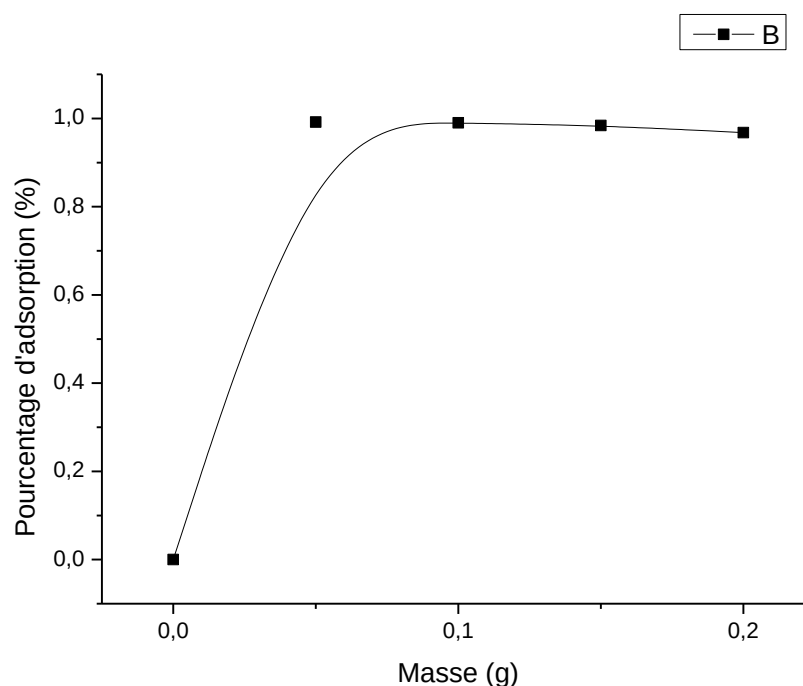


Figure24: Le pourcentage d'adsorption du Crystal violet sur la MMTB en fonction de la dose d'adsorbant (pH=6, à 20°C).

Comme montré dans figure24, le maximum d'adsorption était atteint à une dose d'adsorbant de 0,05g. Après cette dose il devient stable, indiquant que la plupart du colorant (> 98%) a été enlevé. Ce résultat montre que la dose d'adsorbant a une influence important sur le pourcentage d'adsorption.

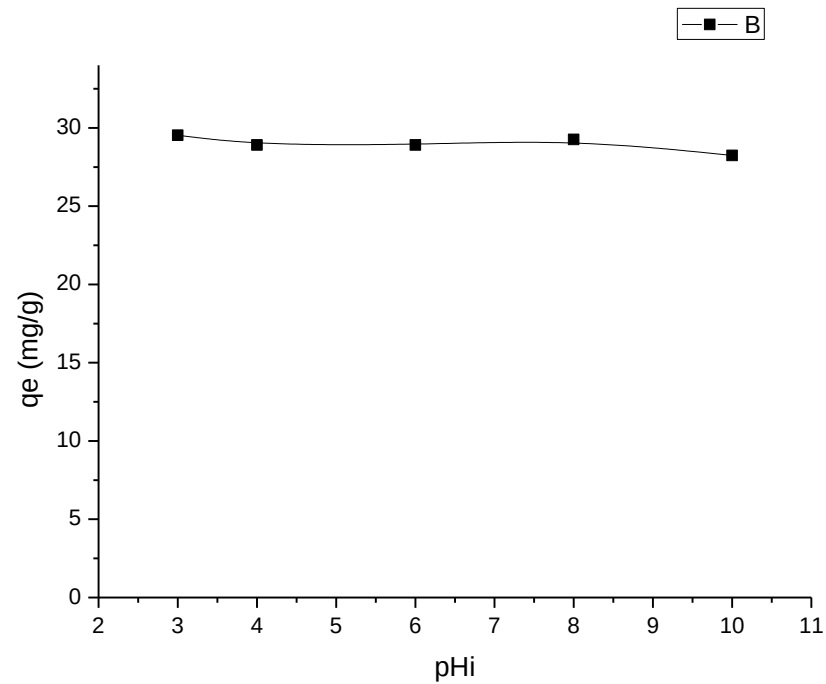
III.7.4.Effet du pH sur l'adsorption de colorant CV sur la MMTB

Figure25: Les variations des quantités de colorant ($C_0=60$ mg/L) adsorbé par la MMTB à l'équilibre en fonction du pH.

Les résultats ont montré que l'efficacité d'élimination du Crystal violet est élevée dans une gamme importante de pH (3-10). Cette efficacité montre une grande affinité et compétition de CV avec les ions H^+ et OH^- vers l'argile.

Conclusion

CONCLUSION

Conclusion

Les industries du textile rejettent de grandes quantités d'eaux usées présentant un risque de toxicité. Ces rejets colorés posent un problème esthétique, mais également sanitaire car un grand nombre de ces colorants est toxique. Comme tous les composés organiques dangereux pour l'homme, les colorants synthétiques réclament des traitements spécifiques

Cependant les procédés classiques utilisés par les usines de traitements des eaux usées sont mal et parfois même pas adaptés à la dépollution de ces polluants biocides.

Il existe déjà des traitements tels que l'adsorption sur charbon actif qui est un processus efficace mais onéreux et qui produit une boue constituant elle même une menace environnementale et la régénération difficile. Les co-produits végétaux pourraient être des matériaux adsorbants alternatifs à la fois économiques et moins polluants.

Beaucoup d'auteurs ont étudié l'adsorption de colorants cationiques par les co-produits végétaux ou le processus a été effectué par le phénomène d'adsorption.

Le but de ce travail est l'étude d'adsorption d'un colorant cationique (Crystal violet) sur un co-produit végétal (noyaux d'abricot).

Nous avons étudié certains paramètres d'adsorption comme: pH de la solution, cinétique (temps de contact), la dose d'adsorbant, la concentration initiale du colorant, salinité et température. Les résultats montrent que l'adsorption est maximale en milieu neutre et basique ($\text{pH} \geq 6$).

La cinétique d'adsorption est rapide qui se déroule au bout de 60 minute. À partir des isothermes d'adsorption à 20 °C; la capacité maximale d'adsorption de poudre noyaux d'abricot est de 85 mg/g. L'élévation de la température à 40 °C a entraîné à une augmentation importante de la capacité maximale d'adsorption (120 mg/g). La salinité a conduit à une diminution de la capacité d'adsorption.

Une étude d'adsorption du Crystal violet sur une argile (montmorillonite) a été également effectuée. La cinétique d'adsorption est rapide qui se déroule au bout de 60 minute. La capacité maximale d'adsorption de cette argile brute est de 390 mg/g. L'élévation de la température à 40 °C a entraîné à une diminution de la capacité maximale d'adsorption.

Alors d'après ces résultats obtenus, nous pouvons adapter les résidus secs des noyaux d'abricot à la dépollution des eaux.

Les références bibliographiques

Référence bibliographique

Actes d'une réunion d'experts de l'OCDE.,(2001) . « indicateurs environnementaux pour l'agriculture » volume 3, édition OCDE, Zurich, Suisse .

Al-Degs, Y.S., Khraisheh, M.A.M., Allen, S.J., Ahmad, N.A.,(2000).Effect of carbon surface chemistry on the removal of reactive dyes from textile effluents. *Water Research* 34 (3), 927-935.

Adosinda M., Martins M., Nelson L., Silvestre A. J.D., Queiroz M. J.,(2003). Comparative studies of fungal degradation of single or mixed bioaccessible reactive azo dyes, *Chemosphere* 52 967–973.

Andreozzi R.,Caprio V., Insola A., Marotta R., (1999).Advanced oxidation process (AOPs) for water purification and recovery, *Catal Today* 53 51-59.

Anonyme,Encyclopedia Britanica.,(2009) .online.

Baker J. H., (2000).The Oxford Companion to the Earth: environmental toxicology. Ed Paul Hancock and Brian J. Skinner.Oxford University Press.Oxford Reference Online. <http://0www.oxfordreference.com.edlis.ied.edu.hk/views/ENTRY.html?subview=Main&entry=t112.e272> .

Benabdeli K.,benmansourS., (1995).Protection de l'environnement.réalisé avec le concours financier de l'assemblée populaire de la Wilaya de Sidi Bel –Abbès.237p.

BosertJ-PH.,(2000). *La pollution de l'air*.

BOYER E., (1990).priorities of the professional, scholarship reconsidered.

Brown M.A., DeVito S.C., (1993).Predicting azo dye toxicity, *Crit. Rev. Env. Sci. Tec.* 23 249-324. 16.

Cartwright R.A., (1983).Historical and modern epidemiological studies on populations exposed to N-substituted aryl compounds, *Environ. Health Persp.*4913-4919.

Calabro V., Pantano G., Kang R., Molinari R., Drioli E.,(1990) .Experimental study on integrated membrane processes in the treatment of solutions simulating textile effluents. Energy and exergy analysis, *Desalination* 78 ; 257-277.

Colour Index.,(1975). The Society of Dyers and Colourists. Revised third edition, UK.

Culp S.J., Beland F.A., Heflich R.H.,(2003). Mutagenicity and carcinogenicity in relation to DNA adduct formation in rats fed leucomalachite green, *Mutation research*, **506**, 55-63.

C. Torres-Duarte, R. Vazquez-Duhalt.,(2010). Applications and Prospective of Peroxidase Biocatalysis in the Environmental Field, Chapter 8, Biocatalysis Based on Heme Peroxidases, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 179-206.

C. Namasivayam, K. Kadirvelu, Coirpith.,(1994). an agricultural waste by-product, for the treatment of dyeing wastewater, *Bioresour.Technol.* 48,79–81.

Référence bibliographique

- Djidel T ., (2011).** Etude de la preparation d'un charbonactif a partir des grain d'olives et application sur des rejets industriels. thèse de magister ,université Mohamed Boudiaf d'Oran .
- D.S .A, 2008.** Direction des Services Agricoles de la wilaya de M'Sila Rapport sur la wilaya de M'Sila, 12 p.
- Elodie ZawlotzkiGuivarach.,(2004).** Traitement des polluants organiques en milieux aqueux parprocédé électrochimiqued'oxydation avancée "Electro-Fenton".Application à la minéralisation des colorants synthétiques. Institut Francilien des Géosciences, Université de Marne-La-Vallée.
- EmilianKoller .,(2004).** « Traitement de pollutions industrielles ».
- F. Meinck, H. Stooff, H. Kohlschutter.,(1977).** « Les eaux résiduaires industrielles », 2ème édition MASSON .
- F.M. DrumondChequer, G.A.R. de Oliveira, E.R. AnastácioFerraz, J.C. Cardoso, M.V.B. Zanon, D.P. de Oliveira.,(2013)** .Textile Dyes: DyeingProcess and Environmental Impact, Chapter 6Eco-Friendly Textile Dyeing and Finishing,151-176 .
- Gérard Groscaude. ,(1960).** « L'eau ». Volume 1, éditions Quae, ISBN : 9782759211975
- (1999).Giles et al. C.H. Giles, T.H. Mac Ewan, S.N. Nakwa, D. Smith,** Studies in adsorption. Part.XI. A system of classification of solution adsorption isotherms, and its use in diagnosis of adsorption mechanisms and in measurement of specific surface areas of solids, Journal of the Chemical Society 3, 3973–3993.
- Greene J.C., Baughman G.L.,(1996).** Effects of 46 dyes on population growth of freshwater green alga *Selenastrumcapricornutum*, Text. Chem. Color. 28.
- GuivarchE.,(2004).**Traitement des polluants organiques en milieux aqueux par le procédé électrochimique d'oxydation avancée « Electro-Fenton ». Application à la minéralisation des colorants synthétiques, Thèse de doctorat de l'université de Marne-la-Vallée.
- Guy Pierre Martineau ., (1997).**« Maladies d'élevage des porcs » France agricole éditions.
- JengH ., (2007)**Encyclopedia of Cancer and Society. Ed. Graham Colditz. , Los Angeles: Sage Publications Inc.
- JoelGraindorge, EicLandot.,(2007).** « La qualité de l'eau potable, techniques et responsabilités » Territorial Editions.
- John D. Spengler et K. A. Sexton.,(2006).** « Indoor Air Pollution: A Public Health Perspective », [Science](#), vol. 221, n° 4605, (1983), p. 9–17 .Journal Officiel de La République Algérienne N° 26 23, Décret exécutif n° 06-141 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels, du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril .

Référence bibliographique

- Julien Reungoat.,(2007).** Etude d'un procédé hybride couplant adsorption sur zéolithes et oxydation par l'ozone: Application au traitement d'effluents aqueux industriels. thèse de doctorat. Institut national des sciences appliquées de toulouse, Université de toulouse .
- Khalfaoui,A .,(2012).** Etude Expérimentale de L'élimination de Polluants Organiques et Inorganiques par Adsorption sur des Matériaux Naturels: Application aux Peaux d'Orange et de Banane .Thèse de doctorat ,Université Mentouri de Constantine .
- Koulouchi salim ,**« Etude expérimentale des mélanges sable-bentonite leur performance comme barrières de confinement dans CET » Thèse de doctorat de l'universitéMentouri de Constantine-Algérie.
- Lahbari,M.,(2015).**Etude et simulation du sechage de l'abricot :application a quelques varietes de la region des aures .. Thèse de doctorat,Université Hadj lakhdar de Batna .
- Lambert S.D., Graham N.J.D., Sollars C.J., Fowler G.D., (1997).**Evaluation of inorganic adsorbents for the removal of problematic textile dyes and pesticides, *Water Sci. Technol.* 36 173-180.
- Lamia Boukemara., (2009).**mémoire magister « étude de l'adsorption des ions phosphate sur des oxy-hydroxydes cas de l'hydroxyde de fer, UniversitéMentouri de Constantine.
- Loehr R.C.,(1977).** Pollution Control for Agriculture. Academic Press, New York, NY, p. 382.
- Manahan S.E.,(1994)** .Environmental chemistry, *6e Ed, U.S.A.* : Lewis publisher.
- Meyer et Denier.,(1996).** « spectroscopie pratique dans le domaine du visible et de l'ultraviolet », *Bull. Un. Phys.* 784. P (895 – 908).
- Mills C., Bull R.J., Cantor K.P.,(1998).** Risques pour la santé liés à la consommation de sousproduitsde la chloration de l'eau potable : rapport d'un groupe d'experts. *Maladiechroniqueau canada*, 19, 3.
- McKay G., Ramprasad G., Mowli P.,(1987).** Desorption and regeneration of dye colours from low-cost materials. *Water Res.* 21 375-377.
- Md. TamezUddin, Md. Akhtarul Islam, Shaheen Mahmud, Md. Rukanuzzaman.,(2009)** «Adsorptive removal of methylene blue by tea waste», *Journal of Hazardous Materials* 164, 53–60 .
- Nsikak Benson.,(2008).** Encyclopedia of Global Warming and Climate Change. Ed. S. Philander. Vol 3. Thousand Oaks. CA: Sage Publications Inc.
- Omar Bouras.,(2003).** Propriétés adsorbantes d'argiles pontées organophiles : synthèse et caractérisation. Ph, D, thèse, E.D.S.T.S, Université de limoges, 02.

Référence bibliographique

- Olivier Atteia .,(2005).**«Chimie et pollution des eaux souterraines », Tec et Doc Lavoisier.
- Pagga U., brown D.,(1986).** The degradation of dyestuffs part II: behaviour of dyestuffs in aerobic biodegradation tests, *Chemosphere*, **15**, 4, 479-491.
- Papic S., Koprivanac N., Bozic A. L. C.,(2000).** Removal of reactive dyes from wastewater using Fe(III) coagulant, *Color. Technol.* 116 352-358.
- Park Chris.,(2007).** A Dictionary of Environment and Conservation : water pollution. Oxford University Press. Oxford Reference Online
www.oxfordreference.com.edlis.ied.edu.hk/views/ENTRY.html?subview=Main&entry=t244.e8816.
- Q. Husain.,(2010).** Peroxidase mediated decolorization and remediation of wastewater containing industrial dyes: a review, *Review of Environmental Science and Biotechnology*, 9 117–140 .
- Ramdani S., Soltana F., (2003).**mémoire ingénieur « Détermination simultanée de l'aluminium et du fer par spectrophotométrie dérivée à l'aide de la méthode Zero- Crossing », Université A. M Bejaia,.
- Ratna, B.S. Padhi., (2012).**Pollution due to synthetic dyes toxicity & carcinogenicity studies and remediation, *International Journal of Environmental Sciences*, 3(3)940-955.
- Servais P.,(1999).** La matière organique dans les milieux naturels. Presse de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, octobre p. 49.
- Taylor J.S., Jacobs E.P.,(1996).** Water treatment membrane processes, New York, McGraw-Hill, pp. 9.1-9.70.
- Welham A.,(2000).** The theory of dyeing (and the secret of life). *J. Soc. Dyers Colour.* 116 140-143.
- Willmott N.J., Guthrie J.T., Nelson G.,(1998).** The biotechnology approach to colors removal from textile effluent, *JSDC*, **114**, 38-41.
- Yahiaoui N ., (2012).**Mémoire de magister « Etude de l'adsorption des composés phénoliques des margines d'olive sur carbonate de calcium, hydroxyapatite et charbon actif », Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou.
- Zhenwang L., Zhenlu C, Jianyan L., (2000).**The PT dye molecular structure and its chromophoric luminescence mechanism. 15th World Conference on Non-Destructive Testing, 15-21 October , Rome.
- Zollinger H.,(1991).** Color Chemistry. Synthesis, Properties and Applications of Organic Dyes and Pigments, 2nd Ed, VCH.

Référence bibliographique

Z. Carmen, S. Daniela.,(2012) .Textile Organic Dyes – Characteristics, Polluting Effects and Separation/Elimination Procedures from Industrial Effluents-A Critical Overview, Organic Pollutants Ten Years Afterthe Stockholm Convention-Environmental and Analytical Update, Edition Dr. Tomasz Puzyn, 55-87 .

Résumé

ملخص

في هذه الدراسة قمنا باستعمال نوى المشمش في مجال معالجة المياه عن طريق الامتزاز ، الملوث المدروس هو كريستال البنفسجي . تمت دراسة عدة عوامل الامتزاز مثل حمضية محلول ، زمن التلامس ، تركيز الممتز و التركيز الاولي للملون المدروس .الملوحة ودرجة الحرارة .في هذه الدراسة كانت النتائج ان الوسط المعتدل والقاعدي اكثر ملائمة لامتزاز الملون . بينت الدراسة الحركية ان الامتزاز يكون سريع وبعد ساعة يصل نظام الصبغة – الممتز الى حالة التوازن . التركيز المثالي للممتز هو 0.5 غرام في محلول حجمه 50 مل . من خلال منحنيات متساوية الحرارة للامتزاز ، قدرة الامتصاص القصوى لنوى المشمش هي 85 مغ / غ .

تمت مقارنة هذه النتائج مع النتائج المتحصل عليها عند استعمال الطين كمادة ممتزة ، حيث ان الحد الاقصى لقدرة الامتزاز لهذه الاخيرة هو 320 مغ/ غ في درجة حرارة 20 درجة مئوية

الكلمات المفتاحية : معالجة المياه ، الامتزاز ، البقايا النباتية ، الطين ، نوى المشمش .

Résumé

Dans cette étude, nous avons utilisé les noyaux d'abricot dans le domaine dépollution des eaux par adsorption. Le polluant étudié est le Crystal violet ; plusieurs paramètres d'adsorption telle que le pH de la solution, temps de contact, dose d'adsorbant, concentration initiale du colorant, le salinité et la température ont été étudiés. Les résultats de cette étude montre que le milieu neutre ou basique est favorise mieux l'adsorption du colorant. L'étude cinétique montre que l'adsorption est rapide ou se déroule ou bout d'une heure le système adsorbant-colorant atteint à l'équilibre. La dose optimale d'adsorbant est de 0,5g dans 50 ml de solution. D'après les isotherme d'adsorption ; la capacité maximale d'adsorption des noyaux d'abricot est de 85 mg/g Ces résultats sont comparés avec celle une argile (la MMTB) ou la capacité maximal d'adsorption de cette adsorbant est de 320mg/g à 20 °c

Mots clé : dépollution, adsorption, co-produits, argiles, noyaux d'abricot.

Abstract

In this study, we used apricot nuclei in the field of water cleansing by adsorption. The pollutant studied is purple Crystal; several adsorption parameters such as the pH of the solution, contact time, dose of adsorbant, initial concentration of the dye, salinity and temperature were studied. The results of this study show that the neutral or basic medium is better promotes dye adsorption. The kinetic study shows that the adsorption is fast or takes place or after an hour the adsorbant-coloring system reaches to balance. The optimal dose of adsorbant is 0.5g in 50 ml of solution. According to adsorption isotherms; the maximum adsorption capacity of apricot nuclei is 85 mg/g These results are compared with that of clay (MMTB) or the maximum adsorption capacity of this adsorbant is 320 mg/g.in 20 °c

Keywords: clean-up, adsorption, co-products, clays, apricot kernels.