

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

**UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA**

**FACULTE DES SCIENCES**

**DEPARTEMENT : 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 ZONES ARIDES ET**  
**SEMI ARIDES**

**Mémoire présenté pour l'obtention**

**Du diplôme de Master Académique**

**Par : KHIR Imane**

**ZEBAR Rachda**

**Intitulé**

**Elimination des micropolluants organiques par**  
**l'adsorption sur les argiles**

**Soutenu devant le jury composé de:**

**BOUNAR Rabah**

**Université de M'sila**

**Président**

**TERCHI Smail**

**Université de M'sila**

**Rapporteur**

**NWIDJEM Yassine**

**Université de M'sila**

**Examineur**

**Année universitaire : 2020 /2021**

## *Remerciements*

*Tout d'abord, nous remercions le Dieu Tout-Puissant qui nous a donné la santé morale et physique ainsi que le courage et la force pour nous permettre de faire ce travail. Notre professeur, M. Ismail TERCHI, a assuré sa formation, ces précieux conseils, sa patience et sa générosité, et je remercie tous ceux qui nous ont enseigné dans notre parcours universitaire. Bien sûr, nous n'oublions pas tous ceux qui nous ont aidés directement ou indirectement à faire ce travail, et enfin un merci spécial à tous les membres de notre famille, ainsi qu'à nos amis et collègues pour leur soutien et leurs encouragements.*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail :*

✚ *A mon exemple éternel, mon soutien moral et source de force et de sagesse mon père tahar*

✚ *A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, ma vie et mon bonheur ma mère khadija*

✚ *A mon cher frère Nedjem-eddine*

✚ *A mon cher fiancé tarek*

✚ *A toute ma famille.*

✚ *A tous ceux qui ont sacrifié leur temps pour la science et à tous ceux qui utilisent la science pour le bien et la prospérité de l'humanité.*

## *Dédicaces*

*Je dédie ce travail :*

- ✚ A mon cher père LAMOURI et ma chère mère WAHIBA.*
- ✚ A mes chers frères WALID et AMJAD ,ma sœurs OMAIMA.*
- ✚ Je dédie ce travail spécialement Badr eddin*
- ✚ A mes amis prouches : Khadidja, Nouara, Widad, Djamila.*
- ✚ A toute ma famille. Zebar .*

## Sommaire

Liste des figures .....	IV
Liste des tableaux .....	V
Introduction générale.....	1

## CHAPITER I: POLLUTION

<b>I.1 Situation environnementale dans le monde.....</b>	<b>3</b>
I. 1.1-3,4 milliards de tonnes de déchets par an en 2050.....	4
I.1.2-0,74 kg de déchets par jour pour chaque habitant de la planète.....	4
I.1.3-44 % de déchets organiques.....	5
I.1.4- 1. 19 % des déchets sont recyclés ou compostés.....	5
I.1.5- 39% de déchets collectes dans les payes en développement .....	5
I.1.6- 5 % des gaz à effet de serre.....	6
I.1.7- Entre 100 et 1.000 ans : la durée de vie d'une bouteille plastique dans la nature.....	7
I.1.8- 15 millions de personnes vivent des déchets.....	8
I.1.9- 18 fois plus de déchet industriel que de déchets ménagers.....	8
<b>I.2 Pollution.....</b>	<b>10</b>
I.2.1- Définition de la pollution.....	10
I.2.2- Définition de la pollution donnée par la Directive européenne 2000/60/CE du 23 octobre 2000 .....	10
I.2.3- Types de pollution:.....	10
I.2.3.1- Pollution de l'air:.....	10.
I.2.3.1.1- Définition Pollution de l'air.....	10
I.2.3.2- Pollution de sol:.....	11
I.2.3.2.1- Définition de la pollution des sols.....	11
I.2.3.2.1. 1-.les causes de la pollution des sols .....	12
I.2.3.3- Pollution de l'eau :.....	13
I.2.3.3.1- Définition de la Pollution de l'eau.....	13
I.2.3.3.2- La nature de la pollution d'eau.....	13
I.2.3.3.2.a.Biologiques.....	13
I.2.3.3.2.b. Physiques .....	13
I.2.3.3.2. c. Chimique.....	13
I.2.3.3.3- Les types de polluants d'eau.....	14

I.2.3.3.3.a. Polluants organiques.....	14
I.2.3.3.3. b. Polluants inorganiques.....	15
I.2.3.3.3- Méthodes de traitement.....	16
I.2.3.3.3.a. traitement biologiques.....	16
I.2.3.3.3.b. traitement chimique.....	16
I.2.3.3.3.C. traitement Physique.....	16

### **I.3. Adsorption.....16**

I.3.1- Définition et la nature de l'adsorption.....	16
I.3.2-Types d'adsorption.....	17
I.3.2.1-Adsorption chimique (ou chimisorption) .....	17
I.3.2.2-Adsorption physique (ou physisorption) .....	17

## **CHAPITER II: LES COLORANTS ET LES ARGILES**

### **II.1- Les colorants.....20**

II.1.1- Généralités sur les colorants.....	20
II.1.2- Origine des colorants .....	20
II.1.3- Classification des colorants .....	21
II.1.3.1- Classification chimique .....	21
II.1.3.1a. Colorants azoïques .....	21
II.1.3.1.b. Les colorants anthraquinoniques.....	21
II.1.3.1.c. Les colorants triphénylméthanes.....	22
II.1.3.1.d. Les colorants indigoïdes.....	22
II.1.3.1.e. Les colorants xanthènes .....	23
II.1.3.1.f. Les phtalocyanines.....	23
II.1.3.1.g. Les colorants nitrés et nitrosés.....	24
II.1.3.2- Classification tinctoriale .....	24
II.1.3.2a. Colorants réactifs.....	25
II.1.3.2.b. Les colorants directs .....	25
II.1.3.2.c. Colorants dispersés.....	25
II.1.3.2.d. Colorants acides ou anioniques.....	25
II.1.3.2.e. Colorants basiques ou cationiques.....	26
II.1.3.2.f. Colorants de cuve.....	26
II.1.3.2.g. Colorants à mordants .....	26
II.1.4- Application des colorants .....	27
II.1.5- Toxicité.....	27

II.1.5.1-Toxicité sur la santé humaine.....	27
II.1.5.2-Toxicité des milieux aquatiques.....	28
II.1.6- Impacts environnementaux .....	28
<b>II.2 – les argiles.....</b>	<b>29</b>
II.2.1-Définition .....	29
II.2.2- Domaines d'études .....	29
II.2.3-Classification des argiles .....	30
II.2.3.1-Argiles phylliteuses .....	30
II.2.3.1a-Famille des minéraux à 7Å, type 1/1.....	31
II.2.3.1.b-Famille des minéraux à 10 Å, type 2/1.....	32
II.2.3.1.c- Famille des minéraux à 14 Å, type2/1/1.....	33
II.2.3.2-Argiles fibreuses.....	33
 <b>Chapitre III : APPLICATION DES ARGILES POUR ELIMINER LES</b>	
<b>COLORANTS DANS LES EAUX</b>	
<b>III.1 Adsorption des colorants par les argiles .....</b>	<b>35</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>59</b>
<b>Références bibliographique.....</b>	<b>60</b>
<b>Résumés .....</b>	<b>69</b>

# Liste des figures

## Chapitre I

<b>Figure I. 1:</b> La production de déchets municipaux par région en 2016, 2030 et 2050. Céline Deluzarche, d'après Banque Mondiale.....	4
<b>Figure I. 2:</b> composition des déchets municipaux. Céline deluzarche , d'après la Banque mondiale.....	5
<b>Figure I. 3 :</b> taux de collecte des déchet selon le niveau de revenu Céline Deluzarche , d'après la Banque mondiale.....	6
<b>Figure I. 4 :</b> La collecte et le traitement des déchets émettent 1,6 milliard de tonnes équivalent carbone par an. juliza09, Fotolia.....	7
<b>Figure I. 5 :</b> La production de déchets spéciaux dans le monde. © Céline Deluzarche, d'après la Banque Mondiale .....	9
<b>Figure I.6 :</b> Pollution de sol vendredi 13 novembre 2015, Publié par Paul MENGUAL.....	12
<b>Figure I.7 :</b> Pollution de l'eau par les colorants par Henry Mastat.....	15

## Chapitre II

<b>Figure II.1:</b> Exemple de colorant azoïque.....	22
<b>Figure II.2 :</b> Exemple de colorant anthraquinonique.....	22
<b>Figure II.3:</b> Exemple de colorant triphénylméthane.....	23
<b>Figure II.4 :</b> Exemple de colorant indigoïde.....	23
<b>Figure II.5:</b> Exemple de colorant xanthène.....	24
<b>Figure II.6 :</b> Exemple de colorant phtalocyanine.....	24
<b>Figure II.7 :</b> Exemple de colorant nitré.....	25
<b>Figure II.8 :</b> Les groupes réactifs de colorant réactif.....	25
<b>Figure II.9:</b> Colorant rouge acide.....	26
<b>Figure II.10 :</b> Colorant de cuve.....	27
<b>Figure II.11 :</b> Exemple de colorant à mordant (Colorant C.I.mordant bleue 9).....	27
<b>Figure II.12:</b> Domaines d'études des argiles.....	31
<b>Figure II.13 :</b> représentation schématique des minéraux phylliteux.....	32
<b>Figure II.14 :</b> Feuillet T : O.....	33
<b>Figure II.15:</b> Feuillet T : O : T.....	34



# Liste des Tableaux

## Chapitre I

**Tableau I. 1.** : Comparaison des compositions de l'atmosphère naturelle et pollué..... 11

**Tableau I .2** : Caractéristiques d'adsorptions physique et chimique..... 18

## Chapitre II

**Tableau II. 1** : principaux groupements chromophores et auxochromes.....21

## Chapitre III

**Tableau III.1:** Application d'argiles (brutes et modifiées) comme adsorbants pour différents types de colorants.....37

# Introduction générale

L'économie de l'eau pour sauver la planète et pour faire l'avenir d'humanité est ce que nous avons besoin maintenant. Avec la croissance de l'humanité, de la science et de la technologie, notre monde atteint de nouveaux horizons mais le coût que nous payerons dans le futur proche va sûrement être trop haut. Parmi les conséquences de cette croissance rapide est le désordre environnemental avec un grand problème de pollution. Sans compter d'autres besoins, la demande de l'eau a augmenté énormément avec la consommation de l'agricole, de l'industriel et des secteurs domestiques qui consomment 70, 22 et 8% de l'eau douce disponible, respectivement et de ceci a eu comme conséquence la génération de grandes quantités d'eau usagées contenant un certain nombre de polluants.

L'un des importants polluants, ce sont les colorants, une fois ils dissous dans l'eau, ils seront parfois difficile à traiter car les colorants ont une origine synthétique et une structure moléculaire complexe qui les rend plus stables et difficiles à être biodégradé, donc peuvent constituer des facteurs de risques pour notre santé et de nuisances pour notre environnement, donc il est nécessaire de limiter la plus possible ces polluants en mettant en place une moyenne de traitement adaptée comme une unité de décoloration.

Il existe plusieurs méthodes physique, chimique et biologique pour traiter et décolorer des effluents pollué tel que la coagulation et la floculation, la biodégradation, la filtration membranaire, l'oxydation chimique, l'ozonation, échange d'ions, les méthodes électrochimiques et l'adsorption

L'objectif de cette étude est.

Ce mémoire comprend trois chapitres :

Le premier chapitre est une recherche bibliographique contenant des rappels sur la pollution, types des polluants, toxicités, impact sur l'environnement, méthodes de traitement des eaux et l'adsorption.

Le deuxième chapitre sera consacré au les colorants et les argiles.

Dans le troisième chapitre, nous avons cité des travaux de recherche liés à l'élimination des colorants par les argiles. Ce travail termine par une conclusion générale.

# CHAPTER I: POLLUTION

## **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 1990. 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 m<sup>3</sup> d'eau sont consommées par un hectare de céréales ;-1,2 millions d'arbres sont transformés en papier toilette uniquement.

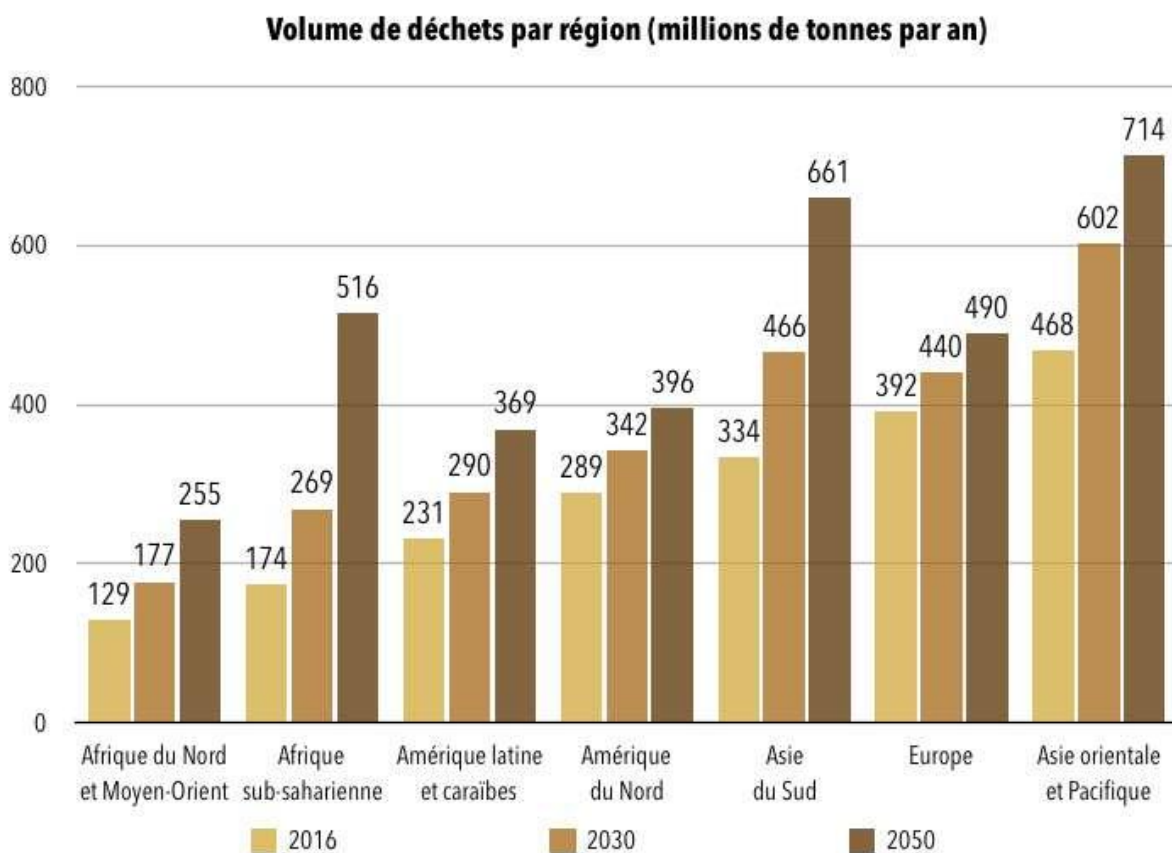
Les grands défis du 21eme siècle sont le développement, la démographie et l'environnement (Benabdeli et Benmansour, 1998).<sup>(1)</sup>

Cette croissance démographique entraîne une augmentation de la quantité de pollution Dans le monde 70 % de déchets en plus d'ici 30 ans ,Cette hausse est d'autant plus alarmante qu'elle se produira en grande partie dans les pays en développement, où les déchets sont souvent mal pris en charge et sources de pollution.<sup>(2)</sup>

### **I. 1.1-3,4 milliards de tonnes de déchets par an en 2050:**

La production annuelle de déchets municipaux (déchets ménagers et autres déchets pris en charge par une commune ou une collectivité territoriale) dépasse déjà les 2 milliards de tonnes par an. En raison de l'urbanisation rapide, de l'augmentation du niveau de vie et de la croissance démographique, ce volume risque d'augmenter de 70 % pour atteindre les 3,4 milliards de tonnes en 2050, d'après la Banque

mondiale. En Afrique subsaharienne, les pays devront même faire face à un triplement de la masse des déchets, avec plus de 516 millions de tonnes contre 174 aujourd'hui. Une catastrophe, d'autant plus que ces pays disposent de peu d'infrastructures pour gérer cet afflux.



**Figure I. 1:** La production de déchets municipaux par région en 2016, 2030 et 2050. Céline Deluzarche, d'après Banque Mondiale

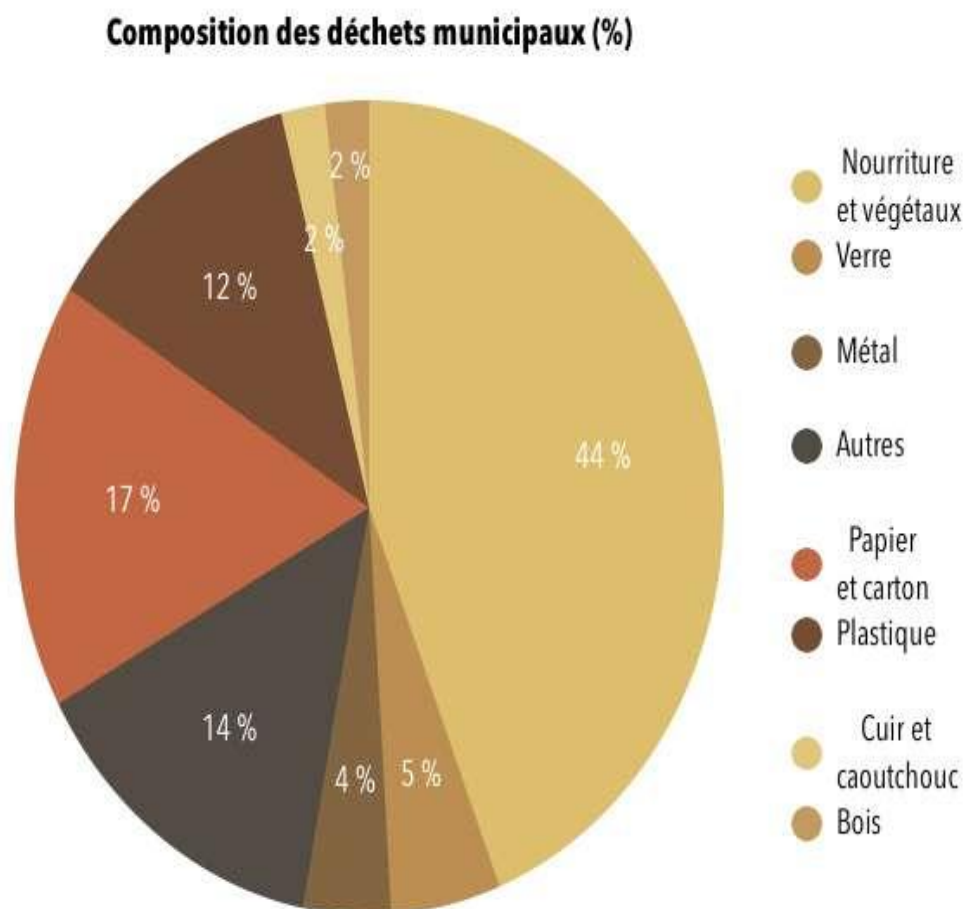
### I .1.2-0,74 kg de déchets par jour pour chaque habitant de la planète

Chaque habitant produit en moyenne 0,74 kg de déchets par jour. Un chiffre qui cache de fortes disparités, de 0,11 kg au Lesotho à 4,50 kg aux Bermudes. Ces écarts sont fortement liés au niveau de développement : plus le niveau de vie est élevé, plus la population consomme des produits préparés, générant plus d'emballages à jeter. Bien qu'ils ne représentent que 16 % de la population mondiale, les pays développés génèrent ainsi 34 % de déchets de la planète. Cette production progresse aussi avec l'urbanisation.

### I .1.3-44 % de déchets organiques

Les déchets alimentaires ou végétaux représentent la plus grosse partie (44 %) du volume total. Le plastique arrive deuxième, avec 17 % du volume de déchets. Là encore, de fortes disparités sont observables en fonction du niveau de développement. Les pays à faible revenu produisent davantage de

déchets alimentaires, tandis que les pays développés produisent davantage de déchets « secs » (plastique, papier, métal, ou verre), issus notamment de l'industrie et des produits de consommation.



**Figure I. 2** : composition des déchets municipaux. Céline deluzarche , d'après la Banque mondiale<sup>(2)</sup>

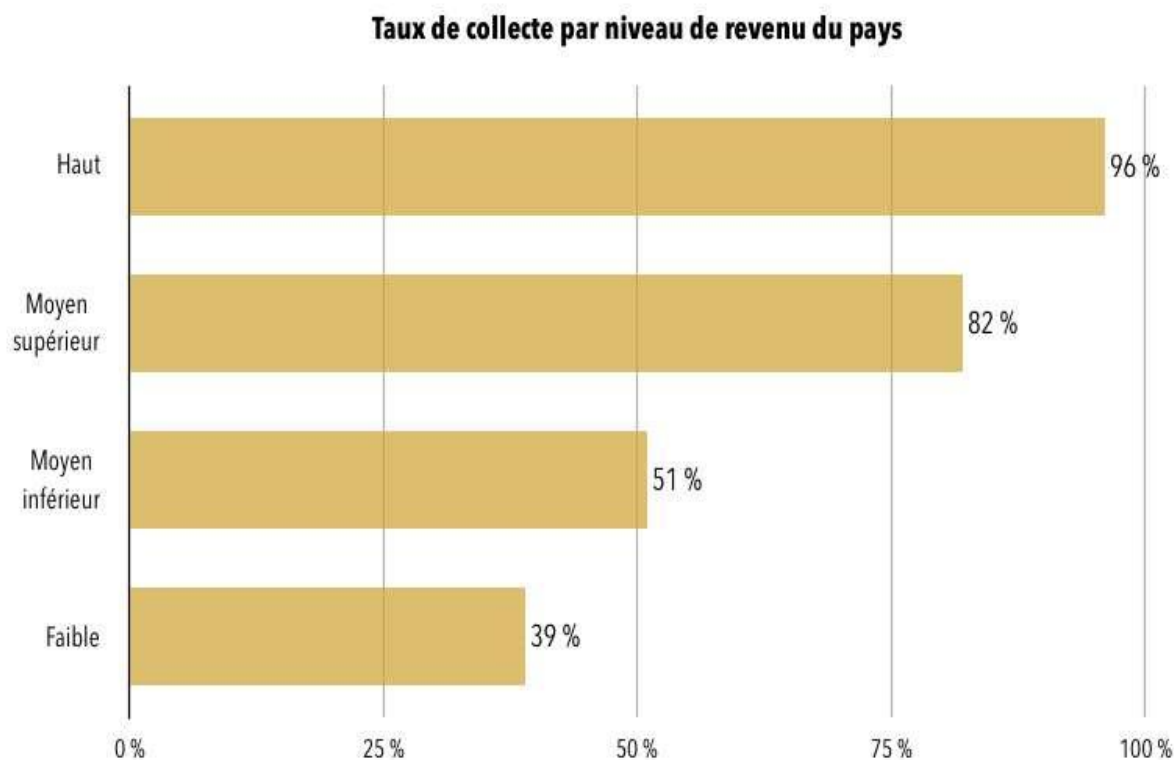
#### **I.1.4- 19 % des déchets sont recyclés ou compostés**

Aujourd'hui, la grande majorité des déchets municipaux sont mis en décharge : 37 % sont enfouis et 33 % sont laissés à ciel ouvert. À peine 19 % sont recyclés ou compostés et 11 % sont incinérés. Le recyclage est encore une prérogative des pays riches : dans les pays à faible revenu, il ne concerne que 4 % des déchets, l'écrasante majorité (93 %) finissant dans des décharges en plein air plus ou moins bien gérées, avec parfois une fuite de composés toxiques dans les sols, dangereusement nocive pour l'environnement et la santé humaine<sup>(2)</sup>.

#### **I .1.5-39 % de déchets collectés dans les pays en développement**

Dans les pays développés, il est habituel de voir le camion poubelle passer plusieurs fois par semaine devant son domicile. Hélas, c'est loin d'être une généralité ailleurs dans le monde. À peine 39 % des déchets font l'objet d'une collecte organisée dans les pays à faible revenu. Très souvent, ils sont brûlés à l'arrière d'une maison ou jetés

dans la rue par les ménages, ce qui entraîne des problèmes de trafic dans les villes et favorise la propagation de maladies.



**Figure I. 3 :** taux de collecte des déchets selon le niveau de revenu Céline Deluzarche , d'après la Banque mondiale

### **I.1.6- 5 % des gaz à effet de serre**

La collecte et le traitement des déchets génèrent 1,6 milliard de tonnes d'équivalent carbone par an, soit 5 % des émissions totales de gaz à effet de serre. Si rien n'est fait, ce chiffre pourrait atteindre 2,6 milliards de tonnes en 2050, aggravant d'autant le réchauffement climatique, prévient en substance la Banque mondiale. Ces émissions proviennent en grande partie du méthane dégagé par la décomposition des ordures dans les décharges. Un gaspillage d'autant plus révoltant que ce méthane pourrait être récupéré comme ressource énergétique pour le chauffage des bâtiments<sup>(2)</sup>.



**Figure I. 4** : La collecte et le traitement des déchets émettent 1,6 milliard de tonnes équivalent carbone par an.  
juliza09, Fotolia

### **I.1.7 Entre 100 et 1.000 ans : la durée de vie d'une bouteille plastique dans la nature**

Le plastique représente seulement 12 % des déchets municipaux, mais il a une durée de vie particulièrement longue. Alors que les déchets végétaux disparaissent en quelques jours ou quelques semaines, une bouteille en plastique met entre 100 et 1.000 ans pour se dégrader. De plus, les sacs plastiques peuvent étouffer les animaux en cas d'ingestion, les particules de microplastique contaminent les océans et les organismes marins. Selon la Fondation Ellen MacArthur, il y aura plus de plastique que de poissons dans les océans en 2050 si aucune action n'est entreprise.



### **I.1.8 15 millions de personnes vivent des déchets**

Le « marché informel » des ordures fait travailler 15 millions de personnes. Ce sont souvent les populations les plus pauvres et les plus vulnérables (femmes, enfants, immigrés...) qui collectent, trient et revendent les ordures en échange de quelque menue monnaie. Ces travailleurs alimentent, dans certains cas, une véritable économie locale qui prive ainsi les enfants d'éducation et les expose aux produits dangereux et aux maladies.

### **I.1.9 18 fois plus de déchet industriel que de déchets ménagers**

Les ménages ne sont pas, de loin, la première source de déchets. L'industrie en génère ainsi 18 fois plus, soit 12,7 kg de déchets par jour et par habitant. Ces déchets non dangereux (ferraille, papier-carton, verre, textile, bois, plastique...) peuvent être valorisés, par exemple comme combustible en remplacement du pétrole. Le problème provient surtout des déchets dangereux (matériaux contenant de l'amiante, déchets médicaux, appareils contenant des PCB et PCT...), particulièrement difficiles à traiter et qui présentent un haut niveau de toxicité pour l'environnement. L'agriculture est également une importante productrice de déchets, mais il s'agit souvent de détritiques organiques faisant l'objet d'une collecte séparée et pouvant être réutilisés comme engrais ou pour la nourriture du bétail.

## Production de déchets spéciaux (kg/personne/jour)

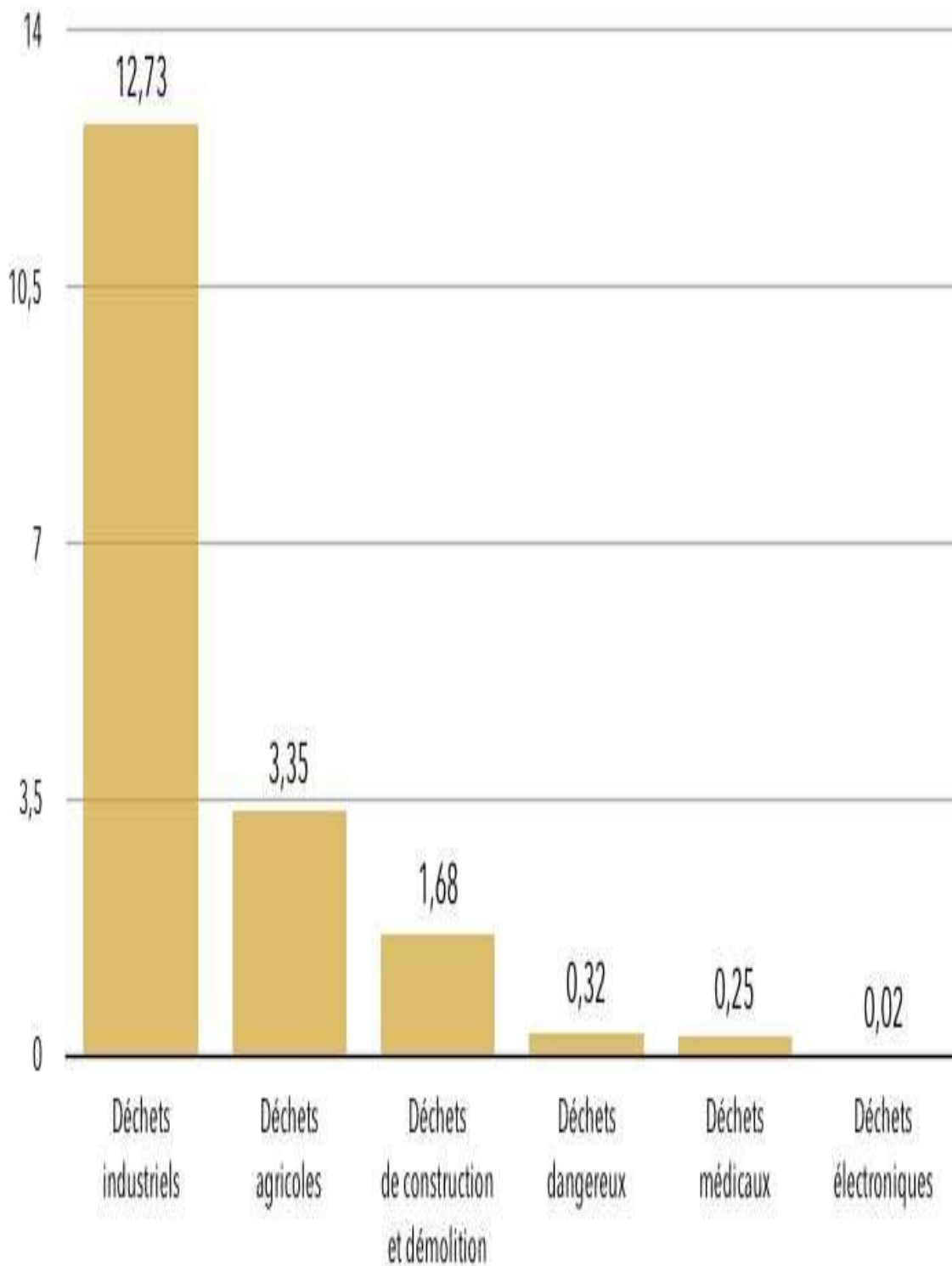


Figure I. 5 : La production de déchets spéciaux dans le monde. © Céline Deluzarche, d'après la Banque Mondiale

## **I.2 Pollution**

### **I.2.1 Définition de la pollution**

La définition officielle de la pollution est la suivante: c'est « une dégradation de l'environnement par l'introduction dans l'air, l'eau ou le sol, de matières n'étant pas présentes naturellement dans le milieu. Elle entraîne une perturbation de l'écosystème dont les conséquences peuvent aller jusqu'à la migration ou l'extinction de certaines espèces incapables de s'adapter au changement. »<sup>(3)</sup>

### **I.2.2 Définition de la pollution donnée par la Directive européenne 2000/60/CE du 23 octobre 2000**

Introduction directe ou indirecte, par suite de l'activité humaine, de substances ou de chaleur dans l'air, l'eau ou le sol, susceptibles de porter atteinte à la santé humaine ou à la qualité des écosystèmes aquatiques ou des écosystèmes terrestres, qui entraînent des détériorations aux biens matériels, une détérioration ou une entrave à l'agrément de l'environnement ou à d'autres utilisations légitimes de ce dernier".<sup>(4)</sup>

### **I.2.3 Types de pollution**

#### **I.2.3.1 Pollution de l'air**

Cet air est composé d'environ 78 % d'azote, 21 % d'oxygène et 1 % de gaz divers dont des composés émis par l'Homme. Les polluants représentent moins de 0,05 % de la composition de l'air, mais cette fraction, si faible puisse-t-elle paraître, peut avoir un impact important sur la santé et les écosystèmes. Voies respiratoires, bronches, cœur : les polluants franchissent les barrières de défenses naturelles avec de multiples conséquences sur la santé

##### **I.2.3.1.1 Définition Pollution de l'air**

D'après la définition du Conseil de l'Europe:« Il y a pollution de l'air lorsque la présence d'une substance étrangère ou une variation importante de la proportion de ses constituants est susceptible de provoquer un effet nuisible, compte tenu des connaissances scientifiques du moment, ou de créer une gêne. »<sup>(5)</sup>

La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30 décembre 1996, définit la pollution de l'air comme « l'introduction par l'homme, directement ou indirectement, dans l'atmosphère et les espaces clos, de substances ayant des conséquences préjudiciables de nature à mettre en danger la santé humaine, à nuire aux ressources biologiques et aux écosystèmes, à influencer sur les changements

climatiques, à détériorer les biens matériels et à provoquer des nuisances olfactives excessives ». (Article 220-2 « ex-art 2 » du code de l'environnement France)

**Tableau I. 1. : Comparaison des compositions de l'atmosphère naturelle et polluée<sup>(6)</sup>.**

<b>Polluants</b>	<b>Atmosphère naturelle (ppb)</b>	<b>Atmosphère polluée (ppb)</b>
<b>Dioxyde de soufre</b>	<b>1-10</b>	<b>20-200</b>
<b>Monoxyde de carbone</b>	<b>120</b>	<b>1000-10000</b>
<b>Monoxyde d'azote</b>	<b>0.01-0.05</b>	<b>50-750</b>
<b>Dioxyde d'azote</b>	<b>0.1-0.5</b>	<b>50-250</b>
<b>Ozone</b>	<b>20-80</b>	<b>100-500</b>
<b>Acide nitrique</b>	<b>0.02-0.03</b>	<b>3-50</b>
<b>Ammoniac</b>	<b>1</b>	<b>10-25</b>
<b>Formaldéhyde</b>	<b>0.4</b>	<b>20-50</b>
<b>Acide formique</b>	<b>/</b>	<b>1-10</b>
<b>Acide nitreux</b>	<b>0.001</b>	<b>1-8</b>
<b>PAN</b>	<b>/</b>	<b>5-35</b>
<b>NMHC</b>	<b>/</b>	<b>500-1200</b>

### **I.2.3.2 Pollution de sol**

#### **I.2.3.2.1 Définition de la pollution des sols**

On 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 des sols pollués dans l'atmosphère).

### I.2.3.2.1. 1.-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'infiltrent 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



**Figure I.6** : Pollution de sol (vendredi 13 novembre 2015, Publié par Paul MENGUAL)

### **I.2.3.3 Pollution de l'eau**

#### **I.2.3.3.1 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<sup>(7)</sup>.

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<sup>(8)</sup>. 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.<sup>(9)</sup>

#### **I.2.3.3.2 La nature de la pollution d'eau**

##### **I.2.3.3.2.a. Biologiques**

La cause plus fréquente et la plus importante de pollution résulte du rejet dans les eaux continentales ou littorales d'une grande variété de substances organiques fermentescibles. Celles-ci peuvent être d'origines diverses : effluents urbains renfermant des résidus ménagers et des matières fécales ou industrielles telles par exemple des lessives de sucreries, de papeteries, etc<sup>(10)</sup>.

##### **I.2.3.3.2.b. Physiques**

La pollution physique est due essentiellement aux substances en suspension (matières solides) ; Bien que sa forme commune est la pollution thermique<sup>(11)</sup>. Elle peut englober également plusieurs autres aspects : couleur, transparence, pH dont on peut citer :

- Les matières en suspension désignent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l'eau et la troublent.
- Les déchets solides divers (objets d'origines variés) posent des problèmes d'esthétiques.
- Les matières colorantes modifiant la transparence du milieu.
- La pollution thermique due au rejet des eaux utilisées pour le refroidissement des installations industrielles diverses.
- Les acides et les alcalins déchargés par l'industrie chimique et d'autres installations Industrielles<sup>(12)</sup>.
- Les risques nucléaires résultent des accidents divers ou des rejets des centrales nucléaires, Ou dans le pire des cas, à partir d'une explosion nucléaire. Ces polluants sont notamment une Série d'éléments et des composés radioactifs y compris les éléments dérivés de l'uranium, le Plutonium, le césium, et l'iode<sup>(13)</sup>

##### **I.2.3.3.2.c. Chimique**

La pollution chimique est engendrée par des rejets de produits chimiques à la fois d'origine industrielle et domestique. Elles peuvent résulter notamment de l'utilisation de pesticides, de détergents ou encore de métaux lourds.

Les métaux lourds sont des métaux dont le numéro atomique est supérieur à 20. Les métaux lourds sont présents dans tous les compartiments de l'environnement, mais en général en quantités très faibles. On dit que les métaux sont présents « en traces ». On assimile souvent métaux lourds à métaux toxiques, mais ce n'est pas toujours le cas : des éléments comme le cuivre, le zinc, le cobalt sont des métaux lourds indispensables au métabolisme de certains organismes. La toxicité des métaux lourds a conduit les pouvoirs publics à réglementer les émissions en fixant des teneurs limites. Cette réglementation n'est cependant d'aucun secours pour déterminer sans ambiguïté une liste de métaux à surveiller car la liste varie selon les milieux considérés : émissions atmosphériques, rejets dans l'eau, règles sur l'épandage des boues ou la mise en décharge... Les métaux lourds les plus toxiques sont le mercure, le plomb, le cadmium, le titane et le chrome (ASE, 2010) <sup>(1)</sup>.

#### **I.2.3.3.3. 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) libre 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) <sup>(14)</sup>

##### **I.2.3.3.3.a. Polluants organiques**

Les polluants organiques sont les plus nombreux et les plus dangereux. Certaines de ces substances sont même cancérigènes 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 agroalimentaires. 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<sub>4</sub>-2), qu'elles réduisent en sulfure, qui se dégage sous forme de sulfure d'hydrogène, engendrant une odeur d'œufs pourris. <sup>(14)</sup>





**Figure I.7 :** Pollution de l'eau par les colorants ( par Henry Mastat)

#### **I.2.3.3.3.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<sup>(15)</sup>.



### **I.2.3.3.3 Méthodes de traitement**

#### **I.2.3.3.3.a. traitement biologiques**

Les procédés d'épuration par voie biologique 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, 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<sup>(16)</sup>

#### **I.2.3.3.3.b. traitement chimique**

Les procédés d'oxydation avancée (POA), sont fondés sur la formation d'une entité radicalaire extrêmement réactive : le radical hydroxyle ( $\bullet\text{OH}$ ) qui possède un temps de vie très court, un potentiel d'oxydation élevé et une forte réactivité vis-à-vis de nombreux composés organiques<sup>(17)</sup>

#### **I.2.3.3.3.C. traitement Physique**

- Méthodes de précipitation (coagulation, floculation, sédimentation),
- Osmose inverse, filtration,
- Incinération.
- Adsorption (sur charbon actif, argile ....).

## **I.3. Adsorption**

L'adsorption est un procédé de traitement, bien adapté pour éliminer une très grande diversité de composés toxiques dans notre environnement. Elle est essentiellement utilisée pour le traitement de l'eau et de l'air<sup>(18)</sup>

### **I.3.1. Définition et la nature de l'adsorption**

L'adsorption est un phénomène physico-chimique inter facial et réversible provoquant l'accumulation des molécules de soluté dans l'interface solide-liquide ou solide-gaz<sup>(19)</sup>. Qualitativement, l'adsorption est définie comme le passage d'espèces chimiques d'une phase liquide ou gazeuse vers une surface solide. Elle implique dans tous le cas l'existence d'attractions plus ou moins fortes des solutés par les surfaces, avec des énergies mises en jeu, très variables selon la nature de ces interactions.

Cette technique permet de mesurer une disparition des molécules de la phase liquide, mais elle ne permet pas d'identifier les phénomènes mis en jeu. L'adsorption est certainement impliquée, mais on ne peut pas écarter les autres phénomènes de rétention <sup>(19)</sup>.

L'adsorption est un procédé de traitement, bien adapté pour éliminer une très grande diversité de composés toxiques dans notre environnement <sup>(20)</sup>, elle peut être physique ou chimique.

### **I.3.2-Types d'adsorption**

Suivant la nature des liaisons entre le substrat et les particules adsorbées, les forces responsables du phénomène d'adsorption peuvent être de nature physique ou chimique, Conduisant ainsi à deux types d'adsorption : l'adsorption physique "physisorption" et l'adsorption chimique "chimisorption".

#### **I.3.2.1-Adsorption chimique (ou chimisorption)**

La chimisorption s'accompagne d'une profonde modification de la répartition des charges électroniques des molécules adsorbées qui conduit à la rupture de liaisons chimiques entre l'adsorbant et l'adsorbat. Celle-ci peut être covalente ou ionique <sup>(21)</sup>. La chimisorption est donc complète lorsque tous les centres actifs présents à la surface ont établi une liaison avec les molécules de l'adsorbat, les forces mises en jeu sont du même type que celles qui sont impliquées lors de la formation des liaisons chimiques spécifiques <sup>(22)</sup>.

La chimisorption est essentiellement irréversible et engendre une couche monomoléculaire, on peut mesurer la chaleur d'adsorption chimique à partir des isothermes et isobares; généralement la chaleur de chimisorption n'est pas constante mais diminue lorsque la quantité de gaz adsorbée augmente <sup>(23)</sup>. Ce phénomène peut provenir de l'hétérogénéité de la surface et de l'existence d'une répulsion entre les molécules adsorbées.

#### **I.3.2.2-Adsorption physique (ou physisorption)**

La physisorption met en jeu des liaisons faibles du type forces de Van der Waals, il se produit bien avant que le gaz n'atteigne une pression égale à sa tension de vapeur saturante, à des températures assez basses et voisines du point d'ébullition de la phase adsorbée. Elle est non spécifique et en général réversible, où l'équilibre est obtenu lorsque les vitesses d'évaporation et de condensation sont égales <sup>(24 ;25)</sup>

Les majeures caractéristiques des deux types d'adsorption sont résumées dans le tableau suivant :

**Tableau I.2** : Caractéristiques d'adsorptions physique et chimique<sup>(26)</sup>.

<b>Caractéristiques Adsorption</b>	<b>Adsorption physique</b>	<b>Adsorption chimique</b>
<b>prise de saturation</b>	Phénomène multicouche	Phénomène monocouches
<b>Énergie d'activation</b>	Aucune énergie d'activation	Peut-être impliquée
<b>Température</b>	Le rendement est plus appréciable pour une température plus basse que celle du point d'ébullition de l'adsorbant.	L'adsorption a lieu même à une plus haute température.
<b>Nature du support</b>	Le rendement dépend de l'adsorbant plus que l'adsorbat.	Dépend du support et de l'adsorbat (affinité spécifique)
<b>Chaleur d'adsorption</b>	De l'ordre de 40 Kcal/mole.	50-100 kcal/mole

## **CHAPTER II: Les Colorants et les argiles**

## II.1- Les colorants

### II.1.1-Généralités sur les colorants

Un colorant est défini comme étant un produit capable de teindre une substance d'une manière durable. Les colorants furent, pendant très longtemps, extraits du milieu naturel : plantes, animaux et minéraux. Le coût d'obtention était souvent très élevé, et les procédés d'application plus ou moins reproductibles et très fastidieux. Les premiers colorants synthétiques datent du milieu du 19<sup>ème</sup> siècle. L'évolution de l'industrie des colorants a été étroitement liée au développement de la teinture synthétique et de la chimie en général. Un colorant proprement dit est une substance qui possède deux propriétés spécifiques, indépendantes l'une de l'autre, la couleur et l'aptitude à être fixée sur un support tel qu'un textile<sup>(27)</sup>.

### II.1.2 Origine des colorants

Les produits utilisés comme colorants sont des composés organiques insaturés et aromatiques. Leur coloration intrinsèque est principalement due à la présence de groupes chimiques insaturés appelés chromophores<sup>(26)</sup>.

Les colorants doivent pouvoir pénétrer dans la matière à colorer et s'y fixer durablement. Certains radicaux chimiques, les auxochromes, fixent avec efficacité le colorant souhaité sur le support. Ces radicaux sont issus des groupes NH<sub>2</sub>, OH, COOH, SO<sub>3</sub>H.

Les auxochromes sont acides ou basiques et donnent des sels de colorants. L'addition d'un groupe auxochrome à certains composés incolores peut leur apporter de la couleur.

Au final, pour qu'un composé soit un colorant, il est nécessaire que ses molécules possèdent des groupes chromophores et des auxochromes.

Un composé est bleu s'il absorbe toutes les ondes électromagnétiques de la lumière à l'exception de celles qui correspondent à la couleur bleu.

Le tableau suivant présente les différents groupes chromophores et auxochromes.

**Tableau II. 1** : principaux groupements chromophores et auxochromes<sup>(29)</sup>.

<b>Groupements chromophores</b>	<b>Groupements auxochromes</b>
Azo (-N=N-)	Amino (-NH <sub>2</sub> )
Nitroso (-NO ou -N-OH)	Méthylamino (-NHCH <sub>3</sub> )
Carbonyl (=C=O)	Diméthylamino (-N(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> )
Vinyl (-C=C-)	Hydroxyl (-HO)

Nitro (-NO <sub>2</sub> ou =NO-OH)	Alkoxy (-OR)
Sulphure (>C=S)	Groupements donneurs d'électrons

## II.1.3 Classification des colorants

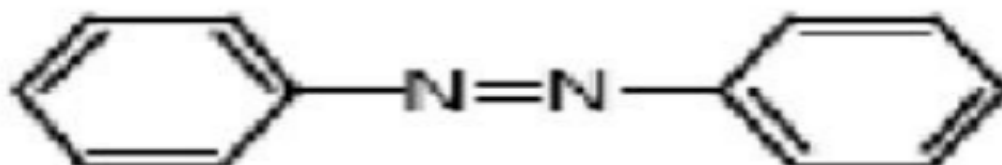
Les colorants synthétiques sont classés selon leur structure chimique et leur méthode d'application aux différents substrats (textiles, papier, cuir, matières plastiques, etc.).

### II.1.3.1 Classification chimique

Le classement des colorants selon leur structure chimique repose sur la nature des groupements chromophores.

#### II.1.3.1.a. Colorants azoïques

Les colorants azoïques sont caractérisés par la présence au sein de la molécule d'un groupement azoïque (-N=N-) reliant deux noyaux benzéniques. Cette catégorie de colorant est actuellement la plus répandue sur le plan de l'application, puisqu'ils représentent plus de 50% de la production mondiale de matières colorantes. Les colorants azoïques se répartissent en plusieurs catégories: les colorants basiques, acides, directs et réactifs solubles dans l'eau, et les azoïques dispersés et à mordant non-ioniques insolubles dans l'eau. Il est estimé que 10-15 % des quantités initiales sont perdues durant les procédures de teinture et sont évacués sans traitement préalable dans les effluents. Or ces composés organiques cancérogènes sont réfractaires aux procédés de traitements habituellement mis en œuvre et sont très résistants à la biodégradation<sup>(30)</sup>.

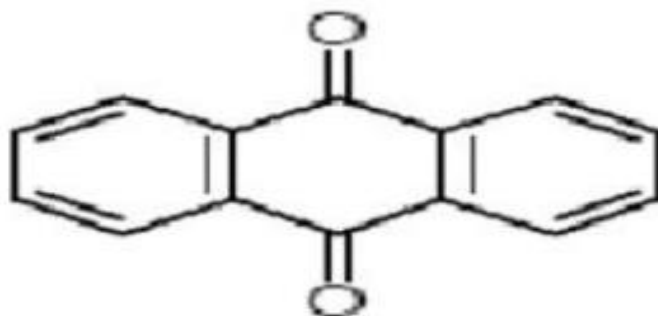


**Figure II.1:** Exemple de colorant azoïque.

#### II.1.3.1.b. Les colorants anthraquinoniques

Ils représentent, après les colorants azoïques, le plus important groupe de matières colorantes. Avec leurs nuances bleue et turquoise, ils complètent les colorants azoïques jaunes et rouges. La molécule

de base de ce groupe de colorants est l'antraquinone qui présente le groupe chromophore carbonyle C=O sur un noyau quinonique qui est le chromogène<sup>(31)</sup>.

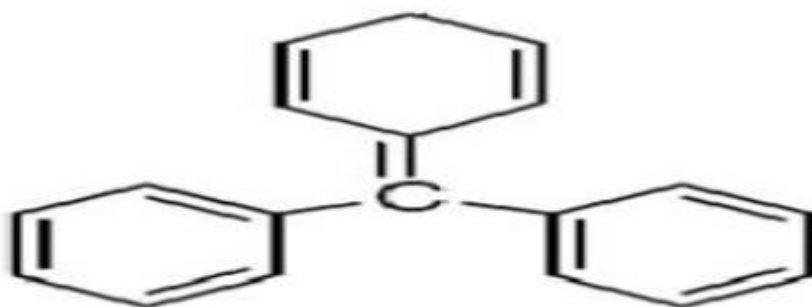


**Figure II.2 :** Exemple de colorant anthraquinonique<sup>(32)</sup>.

Les chromogènes anthraquinoniques constituent la base de la plupart des colorants naturels bleu, dont le plus célèbres est la garance, qui après détermination de la formule chimique (dihydroxy-1,2-antraquinone), a été fabriquée synthétiquement sous le nom d'alizarine.

#### II.1.3.1.c. Les colorants triphénylméthanés:

Et leurs dérivés hétérocycliques constituent la plus ancienne classe de colorants synthétiques. Actuellement bien moins importants que les colorants azoïques et anthraquinoniques, ils ont néanmoins conservé une certaine valeur commerciale, car ils permettent de couvrir la totalité de la gamme de nuances. La coloration intense des triphénylméthanés provient du large système conjugué de l'ion cationique. Le carbocation central est en conjugaison avec les trois noyaux benzéniques, par lesquels la charge positive est fortement délocalisée<sup>(29)</sup>.

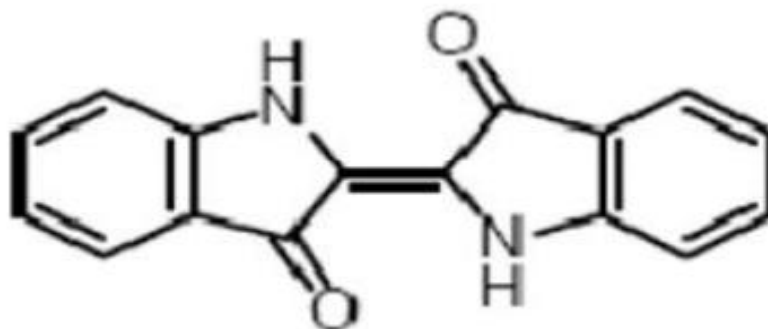


**Figure II.3:** Exemple de colorant triphénylméthane<sup>(32)</sup>.

#### II.1.3.1.d. Les colorants indigoïdes

Les colorants indigoïdes tirent leur appellation de l'indigo dont ils dérivent. Ainsi, les homologues sélénés, soufrés et oxygénés du bleu indigo provoquent d'importants effets hypochromes avec des coloris pouvant aller de l'orange au turquoise<sup>(29)</sup>.

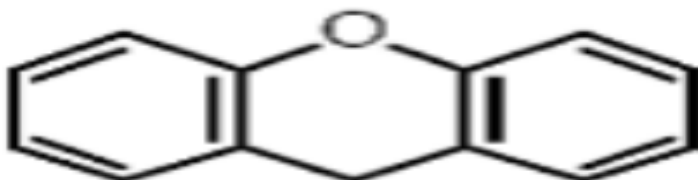
Le plus important des colorants indigoïdes est l'indigo servant principalement à la coloration des jeans, de formule chimique  $C_{16}H_{10}N_2O_2$ <sup>(33)</sup>.



**Figure II.4 :** Exemple de colorant indigoïde<sup>(32)</sup>.

#### II.1.3.1.e. Les colorants xanthènes

Les colorants xanthènes sont des composés qui constituent les dérivés de la fluorescéine halogénée. Ils sont dotés d'une intense fluorescence. Leur propriété de marqueurs lors d'accident maritime ou de traceurs d'écoulement pour des rivières souterraines est malgré tout bien établie. Ils sont aussi utilisés comme colorant en alimentaire, cosmétique, textile et impression<sup>(34)</sup>.



**Figure II.5:** Exemple de colorant xanthène<sup>(32)</sup>.

#### II.1.3.1.f. Les phtalocyanines

Les phtalocyanines ont une structure complexe possédant un atome métallique central. Les colorants de ce groupe sont obtenus par réaction du dicyanobenzène en présence d'un halogénure métallique (Cu, Ni, Co, Pt, etc.)<sup>(35)</sup>.



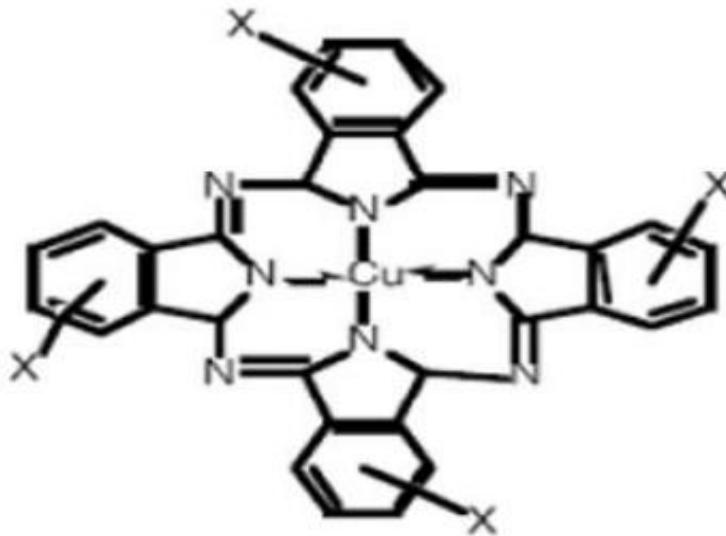


Figure II.6 : Exemple de colorant phtalocyanine<sup>(29)</sup>.

### II.1.3.1.g. Les colorants nitrés et nitrosés

Les colorants nitrés et nitrosés forment une classe de colorants 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 (NO<sub>2</sub>) en position ortho d'un groupement électro-donneur (hydroxyle ou groupes aminés).

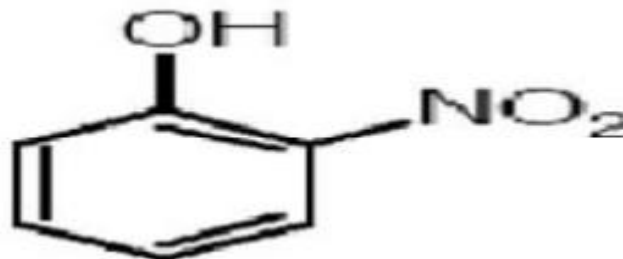


Figure II.7 : Exemple de colorant nitré<sup>(29)</sup>.

### II.1.3.2. Classification tinctoriale

Si la classification chimique présente un intérêt pour le fabricant de matières colorantes, le teinturier préfère le classement par domaines d'application. Ainsi, il est renseigné sur la solubilité du colorant dans le bain de teinture, son affinité pour les diverses fibres et sur la nature de la fixation. Celle-ci est de force variable selon que la liaison colorant/substrat est du type ionique, hydrogène,

de Van der Waals ou covalente. On distingue différentes catégories tinctoriales définies cette fois par les auxochromes.

### II.1.3.2.a. Colorants réactifs

Ce sont des colorants de synthèse constitués d'une partie colorante chromogène (groupe chromophore) sur laquelle est (sont) fixé(s) un (ou plusieurs) groupement (s) réactif(s) électrophile(s) destiné(s) à former une liaison chimique stable, covalente avec les fonctions hydroxyles de la cellulose et les NH<sub>2</sub> et NH des polyamides, voire plus rarement avec les fonctions amines ou sulfures des protéines de la laine <sup>(36)</sup>.



Figure II.8 : Les groupes réactifs de colorant réactif.

### II.1.3.2.b. Les colorants directs

Les colorants directs contiennent ou sont capables de former des charges positives ou négatives électro statiquement attirées par les charges des fibres. Ils se distinguent par leur affinité pour les fibres cellulosiques sans application de mordant, liée à la structure plane de leur molécule.

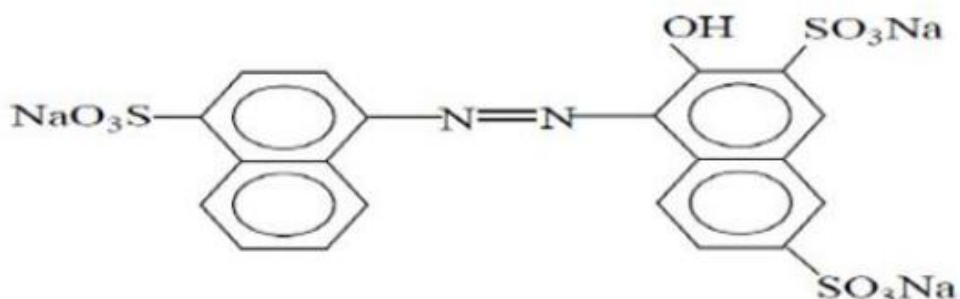
### II.1.3.2.c. Colorants dispersés

Les colorants dispersés (ou dispersifs) donnent des couleurs stables à la lumière, aux acides, au formaldéhyde et aux actions thermiques. Ils sont non-ioniques, utilisés pour la coloration sous forme de dispersion aqueuse. Ils sont pratiquement insolubles dans l'eau, ils sont par contre solubles dans la phase organique des fibres dépourvues de groupements acides ou basiques (fibres synthétiques telles que polyester, polyamide, poly acrylonitrile...).

### II.1.3.2.d. Colorants acides ou anioniques

Ils sont solubles dans l'eau grâce à leurs groupements sulfonates ou carboxylates, ils sont ainsi dénommés parce qu'ils permettent de teindre les fibres animales (laine et soie) et quelques fibres acryliques modifiées (nylon, polyamide) en bain légèrement acide <sup>(37)</sup>. L'affinité colorant-fibre est le

résultat de liaisons ioniques entre la partie acide sulfonique du colorant et les groupements amino des fibres textiles<sup>(33)</sup>.



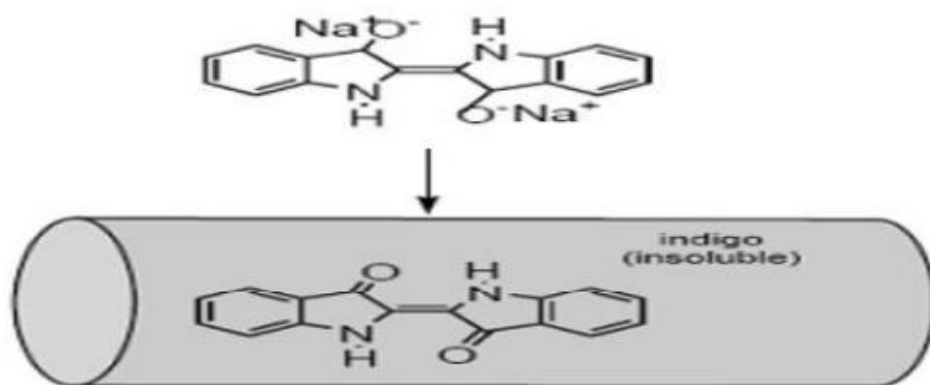
**Figure II.9:** Colorant rouge acide<sup>(32)</sup>.

#### II.1.3.2.e. Colorants basiques ou cationiques

Qui sont caractérisés par une grande vivacité des teintures. Cependant ils résistent mal à l'action de la lumière et de ce fait. Ils ne peuvent pas être utilisés pour la teinture des fibres naturelles. On note qu'avec les fibres synthétiques, par exemple, les fibres acryliques, ils donnent des coloris très solides<sup>(38)</sup>.

#### II.1.3.2.f. Colorants de cuve

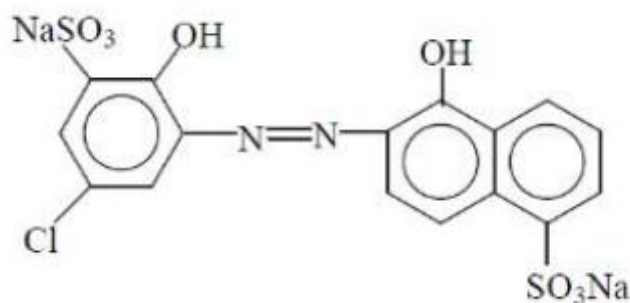
Les colorants de cuve sont insolubles et doivent être transformés en leucodérivés par réduction alcaline. La teinture se termine par la réoxydation in situ du colorant sous sa forme insoluble initiale. Réputés pour leur bonne résistance aux agents de dégradation, les colorants de cuve sont encore utilisés, à l'image de l'indigo pour la teinture des articles jean ou denim.



**Figure II.10 :** Colorant de cuve

#### II.1.3.2.g. Colorants à mordants

Les colorants à mordants contiennent généralement un ligand fonctionnel capable de réagir fortement avec un sel d'aluminium, de chrome, de cobalt, de cuivre, de nickel ou de fer pour donner différents complexes colorés avec le textile<sup>(33)</sup>.



**Figure II.11** : Exemple de colorant à mordant (Colorant C.I.mordant bleue 9)<sup>(32)</sup>

#### II.1.4. Application des colorants

Les colorants présentent de nombreuses applications<sup>(39)</sup> :

- Teinture et impression sur fibre et tissus de tous genres
- Teinture du bain de filage des fibres chimiques
- Teinture du cuir et des fourrures
- Teinture du papier et du parchemin
- Teinture des caoutchoucs, des feuilles et des matières plastiques
- Colorants pour toutes les techniques de la peinture
- Préparation des couleurs à la chaux pour les pré-colorations et enduits sur bâtiments
- Colorants pour l'impression des papiers peints
- Préparation des encres
- Colorations des denrées alimentaires
- Colorants pour les emplois médicaux et cosmétiques.

#### II.1.5- Toxicité

Les colorants sont des composés difficilement biodégradables par les micro-organismes, ils sont toxiques ou nocifs pour l'homme et les animaux.

##### II.1.5.1-Toxicité sur la santé humaine

Plusieurs travaux de recherche sur les effets toxiques des colorants sur la santé humaine ont été développés. Des réactions allergiques, asthme quelque fois et surtout des dermatites eczémateuses

ont été observés avec divers colorants aminés azoïques, anthraquinoniques, ainsi qu'avec certains colorants du groupe des naphthalènes (chélite de rouge)<sup>(40)</sup>.

Les colorants de synthèse à base d'amines entraînent des risques cancérigènes, des tumeurs urinaires et plus spécialement les tumeurs de la vessie. D'autres recherches ont signalé que la tartrazine développe un certain nombre de réactions adverses chez certains individus comme le purpura, l'œdème, l'urticaire, l'asthme et la rhinite. Les colorants azoïques sont aussi responsables d'apparition d'hépatomes chez l'homme<sup>(41)</sup>.

### **II.1.5.2-Toxicité des milieux aquatiques**

Les rejets d'effluents des industries textiles, chargés en colorants, dans les rivières, peuvent nuire grandement aux espèces animales, végétales ainsi qu'aux divers microorganismes vivant dans ces eaux. Cette toxicité, pourrait être liée à la diminution de l'oxygène dissout dans ces milieux. Par ailleurs, 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<sup>(42)</sup>. 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...).

### **II.1.6- Impacts environnementaux**

Les principales questions environnementales soulevées par les activités de l'industrie textile concernent essentiellement les rejets dans l'eau, les émissions dans l'air ainsi que la consommation d'énergie. Parmi celles-ci, l'eau représente la préoccupation première<sup>(43)</sup>.

A l'exception d'une faible quantité d'eau évaporée pendant le séchage, la majeure partie de l'eau utilisée est rejetée sous forme d'effluents aqueux. Par conséquent, la quantité d'eau évacuée et la charge chimique qu'elle véhicule constituent un problème majeur. La charge de pollution produite par les activités de l'industrie textile est majoritairement imputable aux substances contenues dans la matière première avant qu'elle n'entre dans la phase du processus d'ennoblissement. On retrouve généralement les produits d'encollage, de préparation les impuretés des fibres naturelles et matières associées<sup>(44)</sup>. La quantité de produits chimiques et auxiliaires ajoutée en ennoblissement peut s'élever jusqu'à 1 kg par kilogramme de textiles traités, ce qui s'avère être élevé. Il existe un très grand nombre de substances chimiques parmi les produits utilisés pendant le processus, les impacts les plus importants sur l'environnement sont dus aux sels, détergents et aux acides organiques. Le rejet de ces eaux résiduaires dans l'écosystème source dramatiques 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.

## II.2 – les argiles

Le terme argile vient du mot grec "argilo", dont la racine Argos signifie blanc, ce sont des aluminosilicates dont la structure est formée d'un empilement de feuillets <sup>(45)</sup>. Le terme "argile" désigne non seulement une formation rocheuse et la matière première qui en résulte, et dont les caractéristiques sont présentées ci-après, mais il définit aussi un domaine granulométrique comprenant des particules minérales, dont le diamètre des grains est inférieur à deux micromètres (< 2µm) <sup>(46)</sup>

.L'argile est donc un mélange de minéraux argileux et d'impuretés cristallines sous forme de débris rocheux de composition infiniment diverse<sup>(47)</sup>.

### II.2.1-Définition

Dans la bibliographie, il existe différentes propositions de définitions, par exemple, Eslinger et Peaver <sup>(48)</sup> définissent les argiles comme un minéral qui domine la fraction fine < 2 microns des roches et des sols. Les argiles, ou roches argileuses sont un mélange de minéraux et d'impuretés cristallines. Souvent hydratés, de forme lamellaire ou fibreuse. Telles que les argiles sableuses, les argiles calcaires ou marnes et les argiles bitumeuses <sup>(49)</sup>.

L'intérêt accordé ces dernières années à l'étude des argiles par de nombreux laboratoires dans le monde se justifie par :

- Leur abondance dans la nature,
- L'importance des surfaces spécifiques qu'elles développent,
- La présence de charges électriques sur ces surfaces,
- Capacité d'échange cationique, hydratation et gonflement, ce qui confèrent à ces argiles des propriétés hydrophiles <sup>(50)</sup>.

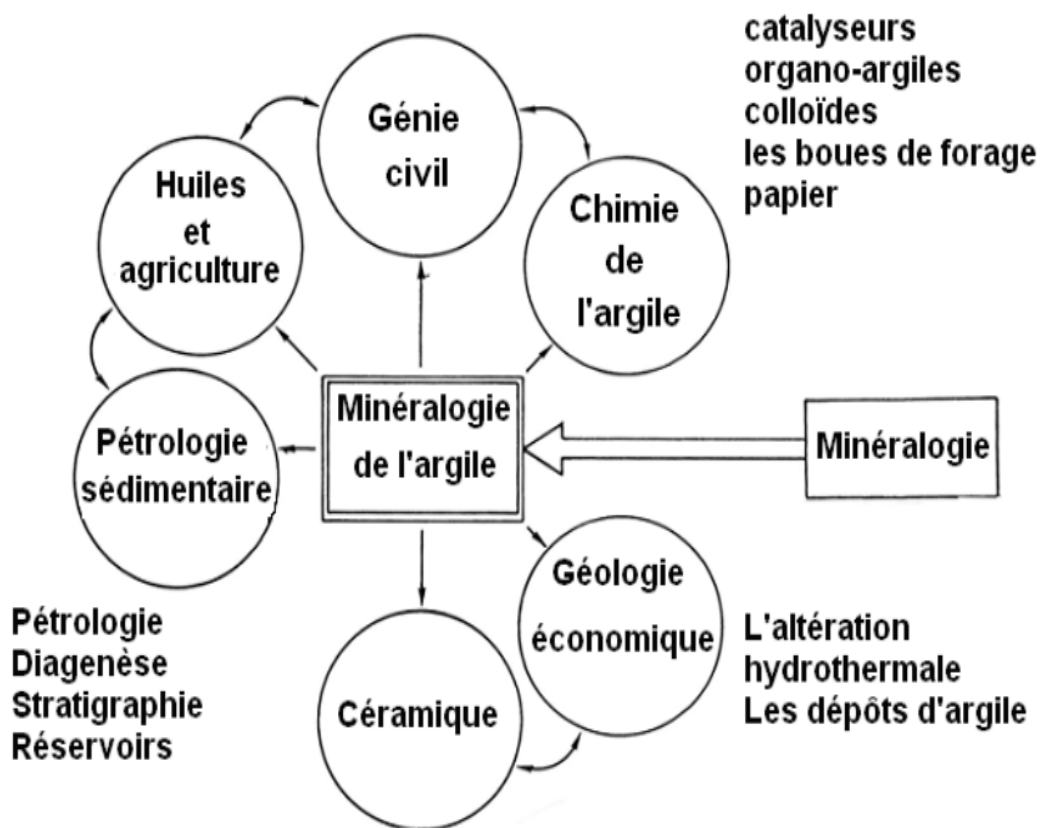
L'argile brute est constituée généralement d'un composant minéral de base (kaolinite, montmorillonite, etc...) et de certaines impuretés <sup>(51)</sup>.

Les impuretés sont constituées de :

- Oxydes de silicium : (le quartz et la cristobalite).
- Minéraux ferrifères : l'hématite Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, la magnétite Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>.
- Carbonates : la calcite CaCO<sub>3</sub>, la dolomite CaMg (CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.
- Oxydes et hydroxydes d'aluminium : La gibbsite Al(OH)<sub>3</sub>.
- Matières organiques

### II.2.2- Domaines d'études

Selon sa variété, l'argile se révèle être un minéral très utile. On peut faire ainsi des tuiles et briques, des poteries en jouant sur sa capacité de modelage une fois mélangé à l'eau. L'argile sert aussi à la fabrication du ciment. Les argiles apportent aux géologues des informations sur les conditions environnementales (source, condition de formation, diagenèse...). Les ingénieurs pétroliers déduisent les conditions thermiques des gisements (degré de maturation). Les ingénieurs en génie civil s'intéressent aux propriétés des argiles en tant que matériel industriel (réfractaires, matériaux de construction). Les agronomes analysent les propriétés d'hydratation et d'adsorption des argiles pour concevoir les fertilisants<sup>(32)</sup> (Figure II.12)



**Figure II.12:** Domaines d'études des argiles<sup>(32)</sup>

### II.2.3-Classification des argiles

Les critères de classification des minéraux argileux sont basés essentiellement sur des notions structurales. La classification actuellement retenue est celle adoptée successivement par Brindley, Brown, Caillere et Henin et Millot. <sup>(52)</sup>.

#### II.2.3.1-Argiles phyllosilicate

Les phyllosilicates résulteraient de l'assemblage des couches octaédriques et tétraédriques ayant en commun le plan  $(4O^{2-} + 2OH^-)$ . Les positions respectives de ces couches et leur nombre permettent de distinguer essentiellement trois grandes familles.

Dans une même famille, les minéraux se distinguent par les substitutions pouvant avoir lieu. La principale d'entre elles met en œuvre le magnésium et l'aluminium.

Les notions de dioctaédrie et de trioctaédrie introduite par Stevens ont conduit à une classification plus détaillée des minéraux phylliteux. On dira qu'un minéral est dioctaédrique si deux sites octaédriques sur trois sont occupés par  $Al^{3+}$  ou par un autre métal trivalent. Il sera trioctaédrique si trois sites octaédriques sur trois sont occupés par  $Mg^{2+}$  ou un autre métal divalent. Les principaux types de minéraux phylliteux sont représentés dans la figure II.13.

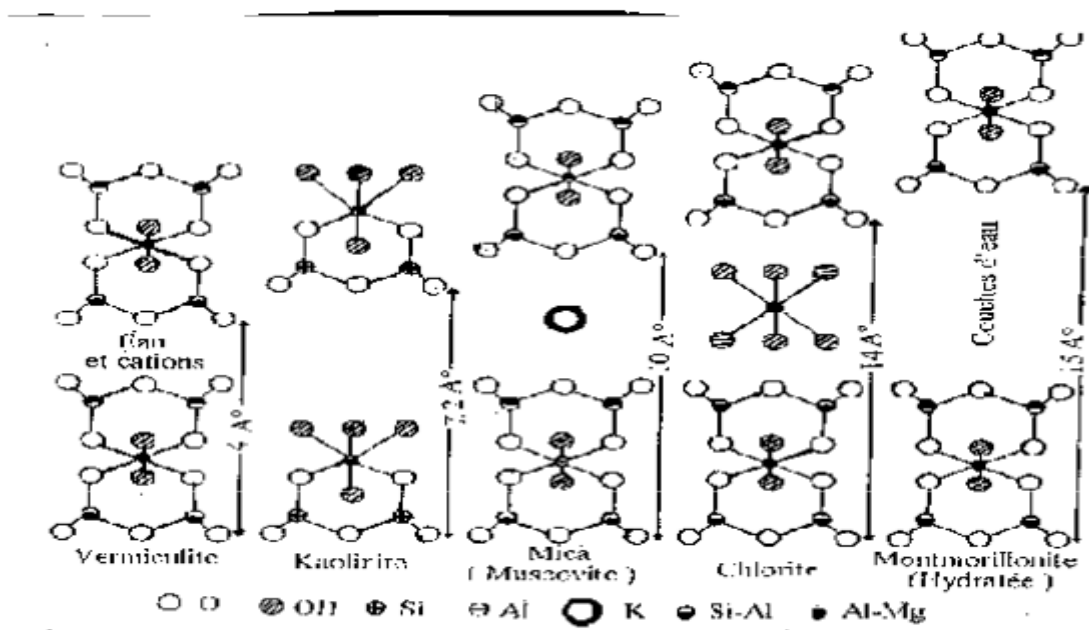


Figure II.13 :représentation schématique des minéraux phylliteux<sup>(52)</sup>

### II.2.3.1.a-Famille des minéraux à 7Å, type 1/1

Chaque feuillet est constitué par l'association d'une couche tétraédrique et d'une couche octaédrique, figure II.14, la kaolinite constitue le minéral le plus important de cette famille. C'est un minéral dioctaédrique où il se produit très peu de substitutions.

Cette famille contient entre autres :

- La serpentine qui est trioctaédrique où tous les sites octaédriques sont occupés ( 6 Mg par maille ).
- La dombassite .
- L'halloysite est une variété hydratée de la kaolinite.



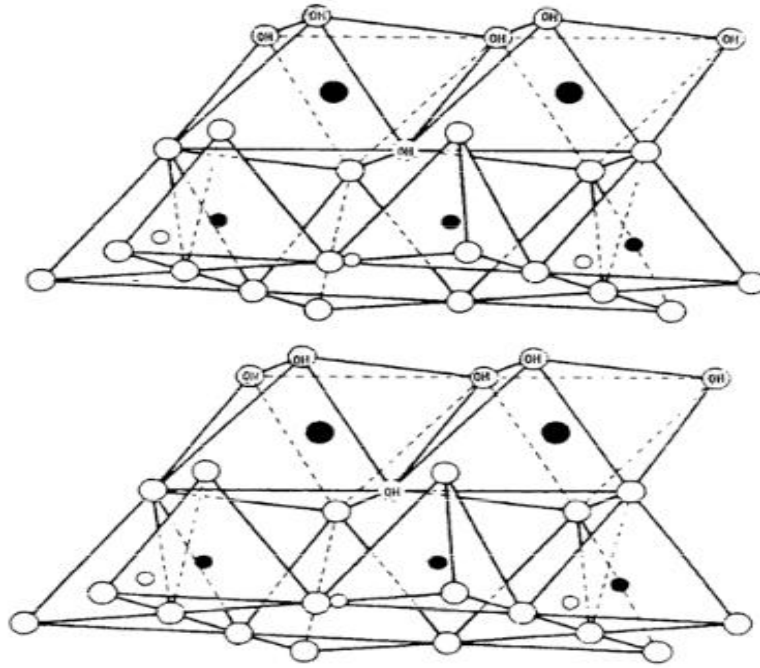


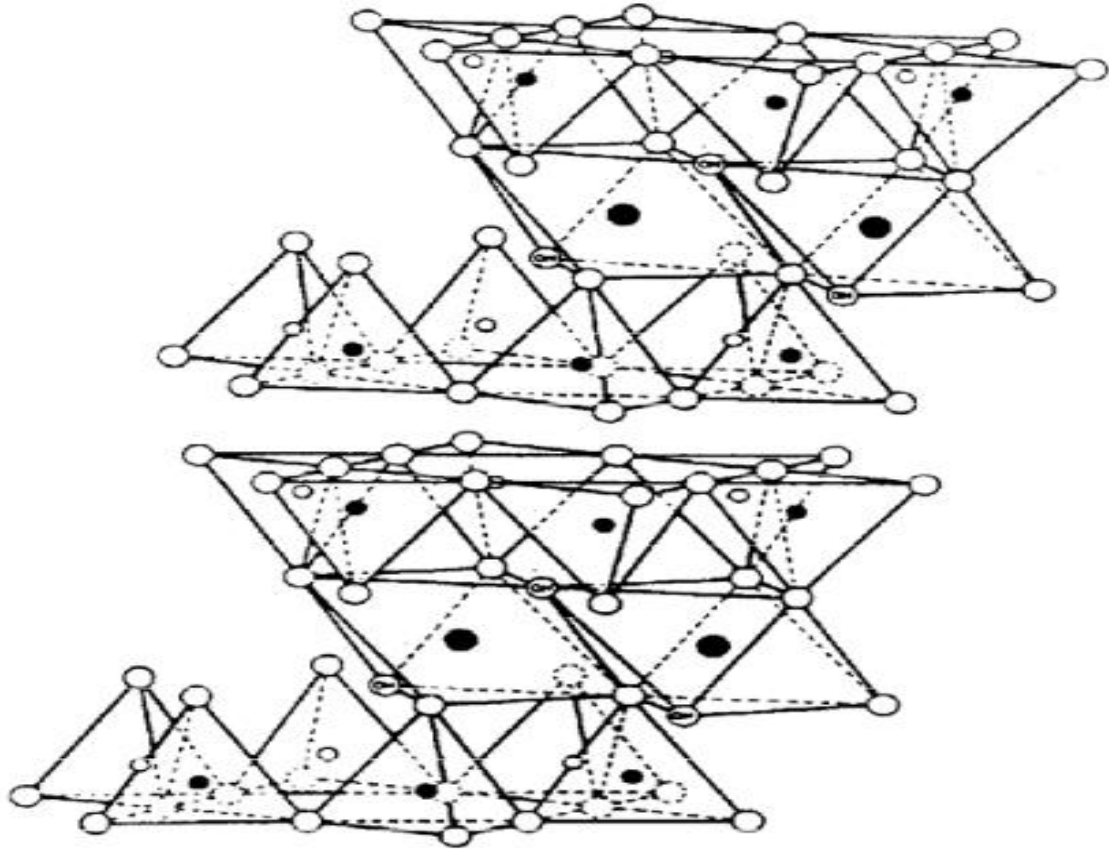
Figure II.14 :Feuillet T : O<sup>(52)</sup>

### II.2.3.1.b-Famille des minéraux à 10 Å, type 2/1

C'est une famille où chaque feuillet est constitué par une couche octaédrique, prise en « sandwich » par deux couches tétraédriques, figure II.15.

Les éléments les plus communs de cette famille, sont entre autres :

- La montmorillonite : dioctaédrique
- L'illite : dioctaédrique
- La beidellite :dioctaédrique avec remplacement en site octaédrique<sup>(52)</sup>



**Figure II.15:**Feuillet T : O : T<sup>(52)</sup>.

### II.2.3.1.c- Famille des minéraux à 14 Å, type 2/1/1

Cette famille se caractérise par une structure composée de deux couches octaédriques, et deux couches tétraédriques,

On distingue deux sous groupes :

- les chlorites vrais à équidistance stable
- les chlorites gonflants ou pseudo-chlorite à équidistance variable<sup>(52)</sup>.

### II.2.3.2-Argiles fibreuses

L'élément fondamental de ces argiles est une fibre élémentaire, constituée par deux rubans sepiolitiques disposés symétriquement, et réunis entre eux par l'intermédiaire d'ions aluminium ou magnésium, dont les valeurs excédentaires sont saturées par des ions qui se logent dans les vides de la maille ou latéralement<sup>(52)</sup>.

On distingue deux familles d'argiles fibreuses,

-La famille de la sépiolite dont la distance interfoliaire est de 12 Å, de formule structurale :  $\text{Si}_{12} \text{Mg}_5 \text{(OH)}_6 \text{(H}_2\text{O)}_6$ .

-La famille de l'attapulгите a une distance interfoliaire de 10 Å et une formule structurale :  $\text{Si}_8 \text{Mg}_5 \text{O}_{20} \text{(OH)}_2 \text{(H}_2\text{O)}_4$ .

## **Chapitre III : Application des argiles pour éliminer les colorants dans les eaux**

### III.1 Adsorption des colorants par les argiles

**Tableau :** Application d'argiles (brutes et modifiées) comme adsorbants pour différents types de colorants

	Argile (adsorbants)	Modifi- -cation	Colorant	pH	Efficacit é	Etude d'équili bre	Cinétique étude	TDS *	Caract é- risatio n	Ref
1	Montmorillonite	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> / activé montmorillonite (Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> /Mt) Nanocomposite	Méthylène Bleu	7.3	99.47%	1	2	-	FTIR, XRD	53
2	Argile brute	Modifications ont été réalisés par calcination à différentes températures (S2, S3), acide l'activation, et	Rouge basique 46 (BR46) et Réactif Jaune 181 (RY181)	-	2.805, 4.232, 1.968, et 2,756 mmol / g pour CI Rouge basique 46 0,031, 0,030, 0,046 et 0,050 mmol / g pour CI Réactif	1	2	-	FTIR, XRD	54

		acétylation			Jaune 181					
3	Montmorillonite	-	Vert de méthyle et bleu de méthyle	5	68,35% pour le vert de méthyle 95,95% pour le bleu de méthyle	-	2	2	XRD	55
4	Montmorillonite	-	De base Jaune 2 (BY2)	11	434.196 mg g <sup>-1</sup>	1	2	2	XRD, FTIR	56
5	Argile bentonite	Le plasma froid traitement	Méthylène Bleu	12	303mg/g	1	2		FT-IR, XRD, SEM	57
6	Tunisienne crue Argile	-	Direct orange 34	-	7.75mg/g	1	2	1	XRD, XRF, FT-IR	58
7	La vermiculite	Étendu vermiculite	Rouge de base 9	6.8	7.66 ×10 <sup>-5</sup> mol.g <sup>-1</sup>	2	2	1	XRD, FTIR	59
8	Attapul	Amino	Bleu de	10.	215.73	1	2	1	XRD	60

	gite	fonctio nnalisé argile attapul gite nanopa rticule	méthylèn e	0	mg g <sup>-1</sup>				,FTIR ,SEM	
9	Bentoni te y	Cationi que tensioa ctif (Hexad écyltri me nthyla mmoni um chlorur e) /argile organiq ue	Méthylè ne bleu (Mo), Cristal violet (CV) et Rhodami ne B (RB)	9.0	399,74 µmol / g pour MB	2	2	-	XRD, FTIR	61
10	Montm orillonit e	Gémea ux tensioa ctifs	Méthyl orange	-	161.03 à 271.74 mg g <sup>-1</sup>	1	2	2	XRD, FTIR	62
11	Montm orillonit	Montm orilloni	bleu de méthylèn	-	686.94 mg g <sup>-1</sup>	1	2	-	XRD, FTIR,	63

	e	te	e (MB)						SEM		
12	Bentoni te	te support é poreux carbon e nanosp hères	Benton ite (Bt) modifi cation en utilisan t (ortho, méta et para) bis- imidaz olium cations	Telon- Orange, Telon- Rouge et Telon- Bleu	-	108.3 mg/g pour Telon- Orange 43796.7 mg/g pour Telon- Rouge 82.4 mg/g pour Telon- Bleu	2	1	1	FTIR, XRD TGA	64
13	Montm orillonit e	Nouve au kappac arraghé nane/p oly (alcool vinyliq	Cristal violet	-	151 mg g <sup>-1</sup>	1	2	-	FTIR , SEM, XRD ,Et TEM	65	

		ue) nanoco mposit e hydrog els								
14	Maroca in illitique	-	Méthylè ne Bleu (MB)	-	13, 698 mg / g	1	2	1	XRD	66
15	Bentoni te	Hexadé cyltrim et hylam moniu m chlorur e (HDT MA)- intercal é argile bentoni te	Acide rouge (AR)	3	140.84 µmol/g	1	1	2	FTIR, SEM, XRD, TGA et potent iomètr e titrage s c	67
16	Bentoni te	Nouve aux adsorb ants	Rouge Congo (CR), méthyle	-	900 mg/g pour CR 750 mg/g pour MO	1	2	-	FTIR , SEM, et	68



		dérivé de gomme adragante gumgrafterpoly(méthyl acrylate) et bentonite (TG-gPMM A/B)	Orange (MO) et bleu acide 113 (AB-113)		8.5 mg g <sup>-1</sup> pour AB-113				TG/D TA	
17	Zéolite	Zéolite réduite oxyde de graphène (zéolite-rGO) (réduit oxyde de graphène)	méthylène bleu et malachite verte	-	53,3 mg g <sup>-1</sup> pour bleu de	1	-	-		69

18	Illitique naturel argile minérale	-	méthylène bleu (MB)	-	24.87 mg g <sup>-1</sup>	1	2	2		70
19	Sodium Montmorillonite, bentonite	Nano argile hydrogels composés remplis de polyacide acrylique et polyéthylène glycol	Rouge Congo et violet de méthyle	7	110 mg/g pour RC 111 mg/g pour VM	4	1	1	FTIR, SEM, XRD, DTA-TGA	71
20	Montmorillonite	Amidomontmorillonite/polyaniline (StMM T/PAN)	Colorant réactif	-	91.74 mg g <sup>-1</sup>	1	2	-	FT-IR, XRD, SEM, TGA et TEM	72

		D) nanoco mposit e								
21	Kaolini te	Pâte polymè re compo site	Bromoph ène vieux bleu	5,895 mg/g.	2	1	-	FTIR, SEM, XRD et Ther mique Analy se.	73	
22	Naturel non traité argile	-	Jaune basique 2	833.33 mg/g	1	2	1	FTIR, PSD, TEM, XRD et BET	74	
23	Montm orillonit e	Dodéc yl sulfobé taïne. tensioa ctif modifi é montm orilloni	méthylèn e bleu	150.2 mg/g	1	2	2	XRD, FTIR, TG	75	

24	Smectite	Un alginat e nanocomposit e hydrogel amélioré par organoillite/smectite argile	méthylène bleu	10	1843.46 mg/g	-	2	-	FTIR, XRD Et SEM	76
25	Argile activée		Méthyl orange (MO)	<7	13.624–16.779 mg/g	1	2	1	-	77
26	Bentonite	Modifié avec chlorure de fer	Brilliant blue FCF	-	6,16 mg/g pour argile naturelle 14,22 mg/g pour fer-modifié argile	1	1.2	1	XRD et SEM	78

27	Montmorillonite	Lignocellulose-poly(acrylique acide)/montmorillonite (LNC-gPAA/MMT) hydrogel nanocomposites	méthylène bleu (MB)	-	1994.38 mg/g	1	2	-	FTIR, XRD, SEM, et TEM	79
28	Montmorillonite	N-vinyl-2-pyrrolidone/itaconic acid/organoclay nanocomposite hydrogel	Safranin e-T	6	550.0 mg g <sup>-1</sup>	1	2	-	XRD, FTIR, SEM	80

29	Montmorillonite	els	Rouge de base 18	4	530.643 mg g <sup>-1</sup>	2	2	2	-	81
30	Montmorillonite	Comme du papier composite de cellulose acétate-organomontmorillonite	Acide écarlate G	5.5	85.7 mg/g	1	1	2	XRD, FTIR, TGA et SEM	82
31	Laponite RD Argile	Roman à base de carrageenane hydrogel nanocomposites contenant laponite	Violet cristallisé (VC)	-	79.8 mg g <sup>-1</sup>	1	2	-	XRD, SEM TEM	83

32	Bentoni te	e RD Modifi é par thermi que et acide Activat ion	Rouge Congo	5.5	95%	2	2	1	SEM	84
33	Ghasso ul	-	Méthyl violet	10	625 mg/g	1	2	2	XRD	85
34	Bentoni te	Glycol bis- Ncétyl nicotin at e dibrom ure, Cétyltri méthyl e lammo nium bromur e	Méthyle Orange	-	99.02% pour GN-Bt 80.12%p our C-Bt	-	-	-	FTIR et XRD	86
35	Argile Palygor	Traite ment	Méthylè ne	7	78.11 mg/g	1	-	-	XRD et	87

	skite	thermique Palygorskite	Bleu						BET	
36	Argile Activée	Modifié par le fer oxyde (Fe-argile)	Rouge alizarine s (ARS)		32.7 mg g <sup>-1</sup>	1	2	-	-	88
37	Argile biotite	Chitosan-poly (acrylique acide)/biotite (CTS-gPAA/BT) hydrogels avec argile unique biotite (BT)	méthylène bleu	-	2,125.70 mg/g	1	2	1		89
38	Boule d'argile	Boule d'argile calcinée et	violet cristallisé (VC)	-	1.6×10 <sup>-4</sup> mol g <sup>-1</sup> pour calciné	1.3	-	-	XRD FTIR GTA	90



		pâte à modeler non calcinée			$1.9 \times 10^{-4}$ mol g <sup>-1</sup> pâte à modeler non calcinée					
39	Minéraux d'argile de Halloysite	Halloysite nanotube	Méthyl violet	11	113.64 mg/g	1	2	1	TEM	91
40	Bentonite	Piliers de fer bentonite	Rhodamine	5.0	98.62 mg/g	1	2	-	XRD, FTIR	92
41	Argile smectite	Organo fonctionnel Amazone smectite	Brillant Orange 3R	4	1.26 mmol g <sup>-1</sup> pour SMC	1	2	1	XRD, FTIR	93

		(SMC et SMCA MP.)								
42	Montmorillonite	Montmorillonite/ CoFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> composite	Méthylène bleu	9	97.75 mg g <sup>-1</sup>	1	2	2	XRD, SEM ,VSR	94
43	Montmorillonite	Diphosphonim intercalé montmorillonite	teintures au télon (Rouge Bleu et orange)	2	11-26 à 110-160 mg g <sup>-1</sup>	2	1	1	XRD	95
44	Argile naturelle	-	Acide rouge 88 (AR88)	2	1133.10 mg g <sup>-1</sup>	1	2	SEM et zéta potentiel Analyse	96	

45	Argiles à piliers	Alginat e encapsulé argiles à piliers	Safranin e	6.9	963 $\mu\text{mol.g}$	1	2	-	FTIR et thermique Analyse	97
46	Matériaux d'argile (bentonite, kaolin et zéolite)	Chaux	Congo rouge	12	94%	2	2	-	XRD, SEM, BET	98
47	Granulière inorganico-organo argiles à piliers	Humide à fort cisaillement granulation	jaune basique	6	514 mg/g	1	1	-	XRD, FTIR, SEM	99
48	Halloysite	Halloysite nanotubes	Rouge naturelle	7	54.85, 59.24 et 65.45 mg/g à 298, 308	1.2	2	2	XRD, FT-IR, TEM and	100

					et 318 K				BET	
49	Marocain purifié Argile minérale	Activation acide	Méthylène bleu		500 mg/g	5	-	-	Diffraction des rayons X	101
50	Riche en smectite argileux rocher (AYD)	Argile activée (acide sulfurique activé des produits) (AYDS)	Indanthrène Bleu RS (C.I. TVA Bleu 4)	6.0 pour AYDS et 7.3 pour AYré	13,92 mg/g pour AYDS	1	-	2	XRD, FT IR	102
51	Argile naturelle	-	Nil Bleu (NB) et brillant Bleu Crésyl		25 mg/g pour NB 42 mg/g pour BCB				XRF	103

52	marocain argile brute	-	(BCB Rouge de base 46 (RB46)	9.5	54 mg/g	1	2	1	XRD	10 4
53	Bentoni te	Acide humiqu e immob ilisé modifi é aux amines polyacr ylamid e/b entonit e compo site	Cationiq ue colorants (Malachi te Vert (MG), Méthylè ne Bleu (Mo) et cristal Violet (CV))	8	99.0%	2	2	-	SEM	10 5
54	Bentoni te	Revête ment d'oxyd e de magnés ium	Crystal violette (CV <sup>+</sup> )	6.5	496 mg/g	1	2	-	XRD	10 6

55	Minéraux d'argile de bentonite, kaolin et zéolite	-	Congo rouge	7	19.9 mg g <sup>-1</sup> by Sodium bentonite 5.6 mg g <sup>-1</sup> par kaolin 4.3mg g <sup>-1</sup> par zeolite	Pour kaolin 1, bentonite et zéolite par le 2l	2	1	SEM, XRD	107
56	Montmorillonite	-	Méthylène bleu	11	292.15 mgg <sup>-1</sup> 97.38%	1	2	2	XRD	108
57	Bentonite brute (BB)	Manganèse modifié à l'oxyde (MMB)	Cristal violet (CV+)	11.0	0.32 mmol/g pour BB 1.12 mmol /g pour MMB	1	2	-	XRD	109

58	Bentoni te	Acide humiqu e immob ilisé polymè re/bent onite e compo site	Colorant s basiques (Malachi te Vert, Méthylè ne Bleu et Cristal Violet)	8	99.0%	2	2	-	XRD, condu cteur métriq ue et potent iomètr e titrage s c	11 0
59	Bentoni te	Ca- bentoni te	Congo rouge	10	95.92%	2	2	1	-	11 1
60	Kaolin	-	Cristal violette et brillant vert	7	47,27 mg/g pour Violet cristallis é	1	2	1	BET , XRD	11 2
61	Montm orillonit e	Sodiu m montm	Rhodami neB	7	42.19 mg/g					11 3

		orillonite argile								
62	Montmorillonite	Chitosan-glycolic acid)/montmorillonite (CTS-gPAA/MMT) nanocomposites	Méthylène blue (MB)	6.5	1859 mg/g	1	2	-	IR	114
63	Argile d'attapulgite	Sonicationsurfactant modifié argile attapulgite	Rouge MF-3B	1	81.96, 82.64, and 85.47 mg/g à 30, 50, et 70 °C	2	2	2	XRD, FTIR, superficie Analyse	115
64	Méthylène		Méthylène bleu	5.5	2.44 × 10 <sup>-4</sup>	2		2	SEM	116



	bleu				mol/g					
65	Bentoni te	Intercal ation of bentoni te with a layered double hydrox ide, Mg- Al-Cl LDH	Réactif Jaune 2 (RJ2)	-	64.1 mg/g	1	-	-	XRD, SEM	11 7
66	Bentoni te	-	Malachit e vert		91%	12.5 et 6	-	-	UV- Vis spectr ophot o mètre	11 8

67	Montmorillonite	Cr(III)-intercalé montmorillonite	Supranol Jaune 4GL,	2.5	58,47 mg/g	1	2	1	XRD	119
68	Bentonite	Organobentonite (modifié à l'aide cationique tensioactifs)	Acide rouge 151	3	354.14 mg g <sup>-1</sup> pour CDDBA coudé	1	2	-	XRD et FT-IR	120
69	Naturel mésoporeux	-	Acide rouge 57	-	135 × 105 mol g <sup>-1</sup>	1	-	-	XRD	121

70	Bentoni te	Dodéc yltrimé thyle ammon ium bromur e modifi é bentoni te (DTM A- bentoni te ET Na- bentoni te.	Acide Blue 193	1.5	740.5 mg g-1 pour DTMA- bentonite	2	2	1	EDX, XRD	12 2
----	---------------	---	----------------------	-----	---	---	---	---	-------------	---------

## **CONCLUSION GENERALE**

Les rejets colorés des industries du textile présentent un risque de toxicité. Comme tous les composés organiques dangereux pour l'homme, les colorants synthétiques réclament des traitements spécifiques.

Dans cette étude nous avons réalisé une étude théorique sur la pollution spécialement des eaux par les colorants et les méthodes de traitement largement utilisés en détaillant la méthode de l'adsorption sur les argiles.

Comme l'adsorption est considérée une méthode la plus alternatives et efficace pour le traitement des effluents colorés, nous avons cité plusieurs travaux liés à l'élimination des colorants par les argiles.

## LES REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- (1) AICHA,N et DILMI,N.2018 : utilisation des résidus végétaux secs (noyaux de rhamnus d'une zone de hodna. m'sila. algérie) dans le domaine préservation environnemental. mémoire master académique : ecologie des milieux naturels. universite mohamed boudiaf - m'sila, faculte des sciences ,departement des sciences de la nature et de la vie.
- (2) Céline Deluzarche 2018: 01/11/2018,Diplômée de l'Institut Français de Presse en 2004, Céline a créé et alimenté la rubrique Science sur le site L'Internaute jusqu'en 2007 avant de travailler pour la rubrique Business du Journal du Net
- (3) Bouchibti K. 2016 .La pollution. [http://www.pollution.com.sitew.com/#definition\\_de\\_la\\_polution.A](http://www.pollution.com.sitew.com/#definition_de_la_polution.A) (site consulté le 05/11/2016)
- (4) Jean-Marie 2016 : le 22 May 2016 Boucher est le fondateur de consoGlobe en 2005 avec le service de troc entre particuliers digitroc. Rapidement, il convertit ses proches et sa
- (5) Atmosud : Votre observatoire de la qualité de l'air
- (6) AOURAGH, L.2015 : Etude de la Qualité de l'Air Urbain au Niveau de la Ville de Batna : Cas du Transport Routier. Thèse de doctorat : Gestion des Risques. Université Hadj-Lakhdar, Batna, Institut d'Hygiène & Sécurité Industrielle, Dép Hygiène & Sécurité Industrielle.
- (7) JengH ., (2007)Encyclopedia of Cancer and Society. Ed. Graham Colditz. , Los Angeles: Sage Publications Inc.
- (8) Nsikak Benson.,(2008). Encyclopedia of Global Warming and Climate Change. Ed. S.Philander. Vol 3. Thousand Oaks. CA: Sage Publications Inc.
- (9) 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](http://www.oxfordreference.com.edlis.ied.edu.hk/views/ENTRY.html?subview=Main&entry=t244.e8816).
- (10) Ramade F.,(2005).Eléments d'écologie : écologie appliquée 6 e d'éd. Belgique : SNEL Grafics, Dépôt légal, pp 223-30
- (12) Nsikak B.,(2008). Encyclopedia of Global Warming and Climate Change. Ed. S
- (13) koller E .,(2004). Trainement des pollutions industrielles, Dunod, Paris. P23
- (14) Bridgman Howard A.,(2001).Encyclopedia of Global Change : Pollution . Ed. Andrew
- (15) EmilianKoller .,(2004). « Traitement de pollutions industrielles ».
- (16) BEN MADANI ,H et KHAREF ,R.2019 : utilisation des résidus secs (noyaux d'abricot dans m'sila) dans le domaine de traitement des eaux mémoire. master académique : ecologie des milieux naturels. universite mohamed boudiaf - m'sila, faculte des sciences, departement des sciences de la nature et de la vie.

- (17) Hammami S.,(2008). Étude de dégradation des colorants de textile par les procédés d'oxydation avancée. Application à la dépollution des rejets industriels. Diplôme de doctorat : Géomatériaux. l'Université Paris-Est et Tunis El Manar ,
- (18) M . SALLEH., K .MAHMOUD., W A.KARIM., IDRIS A., (2011). Cationic and anionic dye adsorption by agricultural solid wastes: a comprehensive review, *Desalination*, Vol 280,p1-13.
- (19) J. Febrianto, A. N. Kosasih, J. Sunarso, Y. Ju, N. Indraswati, S. Ismadji, "Equilibrium and kinetic studies in adsorption of heavy metals using biosorbent: a summary of recent studies", *Journal of Hazardous Materials*. (2009).162, 616–645
- (20) W.J.Weber, B.M. vanvielt, *Ann. Arbor. Sci. Publ, Ann.Arbor*, 1,15,1980.
- (21) S. Arris, « Etude expérimentale de l'élimination des polluants organiques et inorganiques par adsorption sous produits de céréale » Thèse de doctorat, l'université de Constantine -Algérie, 2008.
- (22) N. Bouziane, « Elimination du 2-mercaptobenzothiazole par voie photochimique et par adsorption sur la bentonite et le charbon actif en poudre » Thèse de magister, l'université Mentouri de Constantine-Algérie, 2007.
- (23) S.E. Chitoure, « Chimie des surfaces introduction a la catalyse » 2eme adition, "Chimie physique des phénomènes de surface", 1981.
- (24) R. Huchon, « Activité photocatalytique de catalyseurs déposés sur différents supports (medias) application a la conception d'un photoréacteurs pilote » Thèse de doctorat, Université Claude Bernard – Lyon, 2006.
- (24) M.A. Slasli, « Modélisation de l'adsorption par les charbons micro poreux : Approches théorique et expérimentale ». Thèse de doctorat ; Université de Neuchâtel, 2002.
- (25) C. D. S. Tomlin, *The pesticide manual: a world compendium*, British Crop Protection Council, Farnham, Surrey, 11ème edition, 1997.
- (26) AIT SALEM, Dj.2018: Adsorption d'un colorant sur un matériau naturel. Mémoire De Master :Chimie Physique. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, faculté des sciences, département de chimie.
- (27) H. Nozet, « Textiles chimiques - Fibres modernes ». Edition Eyrollès, Paris, 1976.
- (28) D.ROBERT., S. PARRA., C., PULGARIN A., KRZTON WEBER J.V., *ApplSurf.Sci*,(2000). Vol 167, p51-58.
- (29) BOUANIMBA,N.2014 : etude comparative de la dégradation photochimique et photocatalytique de quatre colorants: impact de la structure chimique et corrélation entre l'adsorption et l'activité photocatalytique de tio. these de doctorat : chimie physique et analytique , universite - constantine 1,faculte des sciences exactes,departement de chimie.205p+ref
- (30) M. Stolte, M. Vieth, *Acta Endosc*. 31 (2) (2001) 125–130.
- (31) Ayalri, *Journal of Hazardous Materials*, Chen, (1996).

- (32) ZAHAF, F. 2017 : étude structurale des argiles modifiées appliquées à l'adsorption des polluants. thèse de doctorat : chimie des matériaux. université mustapha stambouli de mascara, faculté des sciences exactes, département de chimie. 277p+ref
- (33) . (Errais Réactivité de surface d'argiles naturelles étude de l'adsorption de colorants anioniques. (2011). Thèse Université de Strasbourg, France, p75-86.
- (34) JR W J., WEBER B. VANVLIET, Fundamental concepts for applications of Activated Carbon Adsorption of Organics from the Aqueous Phase. Ann Arbor Science, Michigan, U.S.A. (1980)
- (35) R. BECADER. L'élimination des colorants de synthèse par adsorption sur un matériau naturel et par dégradation photocatalytique. Thèse Université Ibn zohr Agadir. (2006). N°65, p30-34.
- (36) M. SALLEH, K. MAHMOUD., W. A. KARIM., IDRIS A., (2011). Cationic and anionic dye adsorption by agricultural solid wastes: a comprehensive review, Desalination, Vol 280, p1-13.
- (37) S. Shore. Colorant and auxiliaries, organic chemistry and application properties. Volume 1-colorants. BTTG-Shirley, Society of dyers and colourists, Manchester, Angleterre. (1990).
- (38) ALIOUCHE, S. 2007 : étude de l'élimination d'un colorant par différentes méthodes photochimiques en milieu aqueux. mémoire magister : chimie analytique, physique et environnement. université mentouri – constantine, faculté des sciences exactes, département de chimie. 110p+ref
- (39) A. Benaïssa, Étude de la faisabilité d'élimination de certains colorants textiles par certains matériaux déchets d'origine naturelle. Thèse de doctorat, Université de Tlemcen, 2012.
- (40) D.M. Young, D. Maridassoug, Cinétique des réactions hétérogènes, Ed Masson, (1982).
- (41) K. E., Noll, V., Gouranis, Hou. "Adsorption Technology for Air and water Pollution Control" LEWIS Publishers Ed., INC, USA (1992).
- (42) A., Manceau, H. Marcus, and Tamura, N., (2002). Quantitative speciation of heavy metals in soils and sediments by synchrotron X-ray techniques. In: Fenter.
- (43) A.K. Chowdhury, A.D. Sarkar, A. Bandyopadhyay, Rice husk ash as a low cost adsorbent for the removal of methylene blue and congo red in aqueous phases. Clean, 37 (2009) 581–591.
- (44) S. Bouafia, Dégradation des colorants textiles par procédés d'oxydation avancée basée sur la réaction de fenton, application à la dépollution des rejets industriels. Thèse de doctorat, Université Paris-Est, 2010.
- (45) M. Harrat, Contribution à l'amélioration du procédé de fabrication de la céramique Etude sur site : unité Maghreb céramique de Touggourt, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2007.
- (46) N. Bougdah, Etude de l'adsorption de micropolluants organiques sur la bentonite. Université 20 Août 55, Skikda, 2007.
- (47) K. Batouche, intercalation de liquides ioniques dans les argiles, Université Mentouri Cotentine, 2010.
- (48) N. Khaldoun, « Effet de la rotation des contaminantes sur le comportement des sols argileux » Ecole nationale des ponts et chaussées, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, 2011.

- (49) F. Belaib, « Etude expérimentale de l'effet de la l'enrobage de supports solides par des polymères conducteurs sur leur capacité de rétention des cations métalliques en solution aqueuse par adsorption » Thèse de doctorat de l'université de Constantine- Algérie, 2006.
- (50) S.Caillers, S.Henin et M.Rautureau, *Minéralogie des argiles*, Tomes I, 2eme édition masson et cie, 1982.
- (51) O. Bouras, « Propriétés adsorbantes d'argiles pontées organophiles » synthèse et caractérisation. Thèse de doctorat de l'Université de Limoges, 2003.
- (52) HOCINE, OU.2004 : utilisation d'une argile modifiée en vue de l'élimination de polluants organiques. Mémoire magister : chimie et physique des matériaux inorganiques. université des sciences et de la technologie houari boumedienne (u.s.t.h.b) – alger, faculte de chimie, departement de chimie.81p+ref
- (53) J. Chang, J. Ma, Q. Ma, D. Zhang, N. Qiao, M. Hu, H. Ma, Adsorption of methylene blue onto Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/activated montmorillonite nanocomposite, *Appl. Clay Sci.* 119 (2016) 132-140.
- (54) F. Bouatay, S. Dridi-Dhaouadi, N. Drira, M. Farouk Mhenni, Application of modified clays as an adsorbent for the removal of Basic Red 46 and Reactive Yellow 181 from aqueous solution, *Desalin. Water Treat.* 57 (2015) 13561-13572.
- (55) P. Sharma, D.J. Borah, P. Das, M.R. Das, Cationic and anionic dye removal from aqueous solution using montmorillonite clay: evaluation of adsorption parameters and mechanism, *Desalin. Water Treat.* 57 (2015) 8372-8388.
- (56) O. Sözüdoğru, B.A. Fil, R. Boncukcuoğlu, E. Aladağ, S. Kul, Adsorptive removal of cationic (BY2) dye from aqueous solutions onto Turkish clay: Isotherm, kinetic, and thermodynamic analysis, *Particul. Sci. Technol.* 34 (2015) 103-111.
- (57) Ö. Şahin, M. Kaya, C. Saka, Plasma-surface modification on bentonite clay to improve the performance of adsorption of methylene blue, *Appl. Clay Sci.* 116 (2015) 46-53.
- (58) A. Olad, F.F. Azhar, Eco-friendly biopolymer/clay/conducting polymer nanocomposite: Characterization and its application in reactive dye removal, *Fiber. Polym.* 15 (2014) 1321-1329.
- (59) O. Duman, S. Tunç, T.G. Polat, Determination of adsorptive properties of expanded vermiculite for the removal of C. I. Basic Red 9 from aqueous solution: Kinetic, isotherm and thermodynamic studies, *Appl. Clay Sci.* 109-110 (2015) 22-32.
- (60) Q. Zhou, Q. Gao, W. Luo, C. Yan, Z. Ji, P. Duan, One-step synthesis of aminofunctionalized attapulgite clay nanoparticles adsorbent by hydrothermal carbonization of chitosan for removal of methylene blue from wastewater, *Colloid. Surf. A: Physicochem. Eng.Aspect.* 470 (2015) 248-257.
- (60) T.S. Anirudhan, M. Ramachandran, Adsorptive removal of basic dyes from aqueous solutions by surfactant modified bentonite clay (organoclay): Kinetic and competitive adsorption isotherm, *Proces. Saf. Environ. Protect.* 95 (2015) 215-225.



- <sup>(61)</sup> Z. Luo, M. Gao, Y. Ye, S. Yang, Modification of reduced-charge montmorillonites by a series of Gemini surfactants: Characterization and application in methyl orange removal, *Appl. Surf. Sci.* 324 (2015) 807-816.
- <sup>(62)</sup> J. Yin, M. Pei, Y. He, Y. Du, W. Guo, L. Wang, Hydrothermal and activated synthesis of adsorbent montmorillonite supported porous carbon nanospheres for removal of methylene blue from waste water, *RSC Adv.* 5 (2015) 89839-89847.
- <sup>(64)</sup> B. Makhoukhi, M. Djab, M. Amine Didi, Adsorption of Telon dyes onto bis-imidazolium modified bentonite in aqueous solutions, *J. Environ. Chem. Eng.* 3 (2015) 1384-1392.
- <sup>(65)</sup> H. Hosseinzadeh, S. Zoroufi, G.R. Mahdavinia, Study on adsorption of cationic dye on novel kappa-carrageenan/poly (vinyl alcohol)/montmorillonite nanocomposite hydrogels, *Polym. Bull.* 72 (2015) 1339-1363.
- <sup>(66)</sup> O. Amrhar, H. Nassali, M. Elyoubi, Adsorption of a cationic dye, Methylene blue, onto Moroccan illitic clay, *J. Mater. Environ. Sci.* 6 (2015) 3054-3065.
- <sup>(67)</sup> M.D. Mullassery, N.B. Fernandez, T.S. Anirudhan, Adsorptive removal of acid red from aqueous solutions by cationic surfactant-modified bentonite clay, *Desalin. Water Treat.* 56 (2015) 1929-1939.
- <sup>(68)</sup> S. Sadeghi, A.Z. Moghaddam, M. Massinaei, Novel tunable composites based on bentonite and modified tragacanth gum for removal of acid dyes from aqueous solutions, *RSC Adv.* 5 (2015) 55731-55745.
- <sup>(69)</sup> J. Zhu, Y. Wang, J. Liu, Y. Zhang, Facile One-Pot Synthesis of Novel Spherical Zeolite-Reduced Graphene Oxide Composites for Cationic Dye Adsorption, *Ind. Eng. Chem. Res.* 53 (2014) 13711-13717.
- <sup>(70)</sup> D. Ozdes, C. Duran, H.B. Senturk, H. Avan, B. Bicer, Kinetics, thermodynamics, and equilibrium evaluation of adsorptive removal of methylene blue onto natural illitic clay mineral, *Desalin. Water Treat.* 52 (2014) 208-218.
- <sup>(71)</sup> R. Bhattacharyya, S.K. Ray, Removal of congo red and methyl violet from water using nano clay filled composite hydrogels of poly acrylic acid and polyethylene glycol, *Chem. Eng. J.* 260 (2015) 269-283.
- <sup>(72)</sup> A. Olad, F.F. Azhar, Eco-friendly biopolymer/clay/conducting polymer nanocomposite: Characterization and its application in reactive dye removal, *Fiber. Polym.* 15 (2014) 1321-1329.
- <sup>(73)</sup> A.A. El-Zahhar, N.S. Awwad, E.E. El-Katori, Removal of bromophenol blue dye from industrial waste water by synthesizing polymer-clay composite, *J. Mol. Liq.* 199 (2014) 454-461.
- <sup>(74)</sup> A. Öztürk, E. Malkoc, Adsorptive potential of cationic Basic Yellow 2 (BY2) dye onto natural untreated clay (NUC) from aqueous phase: Mass transfer analysis, kinetic and equilibrium profile, *Appl. Surf. Sci.* 299 (2014) 105-115.

- <sup>(75)</sup>H. Fan, L. Zhou, X. Jiang, Q. Huang, W. Lang, Adsorption of Cu<sup>2+</sup> and methylene blue on dodecyl sulfobetaine surfactant-modified montmorillonite, *Appl. Clay Sci.* 95 (2014) 150-158.
- <sup>(76)</sup>Y. Wang, W. Wang, A. Wang, Efficient adsorption of methylene blue on an alginate-based nanocomposite hydrogel enhanced by organo-illite/smectite clay, *Chem. Eng. J.* 228 (2013) 132-139.
- <sup>(77)</sup>Q. Ma, F. Shen, X. Lu, W. Bao, H. Ma, Studies on the adsorption behavior of methyl orange from dye wastewater onto activated clay, *Desalin. Water Treat.* 51 (2013) 3700-3709.
- <sup>(78)</sup>K.A. Hernández-Hernández, M. Solache-Ríos, M.C. Díaz-Nava, Removal of Brilliant Blue FCF from Aqueous Solutions Using an Unmodified and Iron-Modified Bentonite and the Thermodynamic Parameters of the Process, *Water Air Soil.* 224 (2013) 1562-1569.
- <sup>(79)</sup>Y. Shi, Z. Xue, X. Wang, L. Wang, A. Wang, Removal of methylene blue from aqueous solution by sorption on lignocellulose-g-poly (acrylic acid)/montmorillonite three-dimensional cross-linked polymeric network hydrogels, *Polym. Bull.* 70 (2013) 1163-1179.
- <sup>(80)</sup>G. Çöle, M.K. Gök, G. Güçlü, Removal of basic dye from aqueous solutions using a novel nanocomposite hydrogel: N-vinyl 2-pyrrolidone/itaconic acid/organo clay, *Water Air Soil Poll.* 224 (2013) 1760-1765.
- <sup>(81)</sup>B.A. Fil, Z. Karcioglu Karakas, R. Boncukcuoglu, A.E. Yilmaz, Removal of cationic dye (basic red 18) from aqueous solution using natural Turkish clay, *Global Nest J.* 15 (2013) 529-541.
- <sup>(82)</sup>C.-H. Zhou, D. Zhang, D.-S. Tong, L.-M. Wu, W.-H. Yu, S. Ismadji, Paper-like composites of cellulose acetate-organomontmorillonite for removal of hazardous anionic dye in water, *Chem. Eng. J.* 209 (2012) 223-234.
- <sup>(83)</sup>G.R. Mahdavinia, A. Massoudi, A. Baghban, B. Massoumi, Novel carrageenan-based hydrogel nanocomposites containing laponite RD and their application to remove cationic dye, *Iran. Polym. J.* 21 (2012) 609-619.
- <sup>(84)</sup>M. Toor, B. Jin, Adsorption characteristics, isotherm, kinetics, and diffusion of modified natural bentonite for removing diazo dye, *Chem. Eng. J.* 187 (2012) 79-88.
- <sup>(85)</sup>K. Ellass, A. Laachach, A. Alaoui, M. Azzi, Removal of methyl violet from aqueous solution using a stevensite-rich clay from Morocco, *Appl. Clay Sci.* 54 (2011) 90-96.
- <sup>(86)</sup>T. Kan, X. Jiang, L. Zhou, M. Yang, M. Duan, P. Liu, X. Jiang, Removal of methyl orange from aqueous solutions using a bentonite modified with a new gemini surfactant, *Appl. Clay Sci.* 54 (2011) 184-187.
- <sup>(87)</sup>H. Chen, J. Zhao, A. Zhong, Y. Jin, Removal capacity and adsorption mechanism of heat treated palygorskite clay for methylene blue, *Chem. Eng. J.* 174 (2011) 143-150.
- <sup>(88)</sup>F. Fu, Z. Gao, L. Gao, D. Li, Effective adsorption of anionic dye, alizarin red S, from aqueous solutions on activated clay modified by iron oxide, *Ind. Eng. Chem. Res.* 50 (2011) 9712-9717.

- <sup>(89)</sup>Y. Liu, Y. Zheng, A. Wang, Effect of biotite content of hydrogels on enhanced removal of methylene blue from aqueous solution, *Ionics*. 17 (2011) 535-543.
- <sup>(90)</sup>P. Monash, R. Niwas, G. Pugazhenthii, Utilization of ball clay adsorbents for the removal of crystal violet dye from aqueous solution, *Clean Technol. Environ.l Policy*. 13 (2011) 141-151.
- <sup>(91)</sup> R. Liu, B. Zhang, D. Mei, H. Zhang, J. Liu, Adsorption of methyl violet from aqueous solution by halloysite nanotubes, *Desalination*. 268 (2011) 111-116.
- <sup>(92)</sup> M.F. Hou, C.X. Ma, W.D. Zhang, X.Y. Tang, Y.N. Fan, H.F. Wan, Removal of rhodamine B using iron-pillared bentonite, *J. Hazard. Mater.* 186 (2011) 1118-1123.
- <sup>(93)</sup> D.L. Guerra, W.L. Silva, H.C. Oliveira, R.R. Viana, C. Airoidi, Organofunctionalized Amazon smectite for dye removal from aqueous medium--kinetic and thermodynamic adsorption investigations, *J. Hazard. Mater.* 186 (2011) 675-682.
- <sup>(94)</sup> L. Ai, Y. Zhou, J. Jiang, Removal of methylene blue from aqueous solution by montmorillonite/CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> composite with magnetic separation performance, *Desalination*. 266 (2011) 72-77.
- <sup>(95)</sup> B. Makhoukhi, M.A. Didi, H. Moulessehou, A. Azzouz, D. Villemin, Diphosphonium ion-exchanged montmorillonite for Telon dye removal from aqueous media, *Appl. Clay Sci.* 50 (2010) 354-361.
- <sup>(96)</sup> S.T. Akar, R. Uysal, Untreated clay with high adsorption capacity for effective removal of C.I. Acid Red 88 from aqueous solutions: Batch and dynamic flow mode studies, *Chem. Eng. J.* 162 (2010) 591-598.
- <sup>(97)</sup> M. Lezehari, J.-P. Basly, M. Baudu, O. Bouras, Alginate encapsulated pillared clays: removal of a neutral/anionic biocide (pentachlorophenol) and a cationic dye (safranin) from aqueous solutions, *Colloid. Surf. A: Physicochem. Eng. Aspect.* 366 (2010) 88-94.
- <sup>(98)</sup> V. Vimonses, B. Jin, C.W. Chow, Insight into removal kinetic and mechanisms of anionic dye by calcined clay materials and lime, *J. Hazard. Mater.* 177 (2010) 420-427.
- <sup>(99)</sup> B. Cheknane, O. Bouras, M. Baudu, J.-P. Basly, A. Cherguie, Granular inorganoorgano pillared clays (GIOCs): Preparation by wet granulation, characterization and application to the removal of a Basic dye (BY28) from aqueous solutions, *Chem. Eng. J.* 158 (2010) 528-534.
- <sup>(100)</sup> P. Luo, Y. Zhao, B. Zhang, J. Liu, Y. Yang, J. Liu, Study on the adsorption of Neutral Red from aqueous solution onto halloysite nanotubes, *Water Res.* 44 (2010) 1489-1497.
- <sup>(101)</sup> Y. El Mouzdahir, A. Elmchaouri, R. Mahboub, A. Gil, S.A. Korili, Equilibrium modeling for the adsorption of methylene blue from aqueous solutions on activated clay minerals, *Desalination*. 250 (2010) 335-338.

- <sup>(102)</sup> I. Chaari, M. Feki, M. Medhioub, J. Bouzid, E. Fakhfakh, F. Jamoussi, Adsorption of a textile dye "Indanthrene Blue RS (C.I. Vat Blue 4)" from aqueous solutions onto smectite -rich clayey rock, *J. Hazard. Mater.* 172 (2009) 1623-1628.
- <sup>(103)</sup> T.B. İyim, G. Güçlü, Removal of basic dyes from aqueous solutions using natural clay, *Desalination.* 249 (2009) 1377-1379.
- <sup>(104)</sup> A.B. Karim, B. Mounir, M. Hachkar, M. Bakasse, A. Yaacoubi, Removal of Basic Red 46 dye from aqueous solution by adsorption onto Moroccan clay, *J. Hazard. Mater.* 168 (2009) 304-309.
- <sup>(105)</sup> T.S. Anirudhan, P.S. Suchithra, Adsorption characteristics of humic acid-immobilized amine modified polyacrylamide/bentonite composite for cationic dyes in aqueous solutions, *J. Environ. Sci.* 21 (2009) 884-891.
- <sup>(106)</sup> E. Eren, Investigation of a basic dye removal from aqueous solution onto chemically modified Unye bentonite, *J. Hazard. Mater.* 166 (2009) 88-93.
- <sup>(107)</sup> V. Vimonses, S. Lei, B. Jin, C.W.K. Chow, C. Saint, Kinetic study and equilibrium isotherm analysis of Congo Red adsorption by clay materials, *Chem. Eng. J.* 148 (2009) 354-364.
- <sup>(108)</sup> C.A. Almeida, N.A. Debacher, A.J. Downs, L. Cottet, C.A. Mello, Removal of methylene blue from colored effluents by adsorption on montmorillonite clay, *J. Colloid. Interface Sci.* 332 (2009) 46-53.
- <sup>(109)</sup> E. Eren, Removal of basic dye by modified Unye bentonite, Turkey, *J. Hazard. Mater.* 162 (2009) 1355-1363.
- <sup>(110)</sup> T.S. Anirudhan, P.S. Suchithra, P.G. Radhakrishnan, Synthesis and characterization of humic acid immobilized-polymer/bentonite composites and their ability to adsorb basic dyes from aqueous solutions, *Appl. Clay Sci.* 43 (2009) 336-342.
- <sup>(111)</sup> L. Lian, L. Guo, C. Guo, Adsorption of Congo red from aqueous solutions onto Cabentonite, *J. Hazard. Mater.* 161 (2009) 126-131.
- <sup>(112)</sup> B. Nandi, A. Goswami, M. Purkait, Removal of cationic dyes from aqueous solutions by kaolin: Kinetic and equilibrium studies, *Appl. Clay Sci.* 42 (2009) 583-590.
- <sup>(113)</sup> P.P. Selvam, S. Preethi, P. Basakaralingam, N. Thinakaran, A. Sivasamy, S. Sivanesan, Removal of rhodamine B from aqueous solution by adsorption onto sodium montmorillonite, *J. Hazard. Mater.* 155 (2008) 39-44.
- <sup>(114)</sup> L. Wang, J. Zhang, A. Wang, Removal of methylene blue from aqueous solution using chitosan-g-poly(acrylic acid)/montmorillonite superadsorbent nanocomposite, *Colloid. Surf. A: Physicochem. Eng. Aspect.* 322 (2008) 47-53.
- <sup>(115)</sup> J. Huang, Y. Liu, Q. Jin, X. Wang, J. Yang, Adsorption studies of a water soluble dye, Reactive Red MF-3B, using sonication-surfactant-modified attapulgite clay, *J. Hazard. Mater.* 143 (2007) 541-548.

- <sup>(116)</sup> C.H. Weng, Y.F. Pan, Adsorption of a cationic dye (methylene blue) onto spent activated clay, *J. Hazard. Mater.* 144 (2007) 355-362.
- <sup>(117)</sup> Q. Hu, Z. Xu, S. Qiao, F. Haghseresht, M. Wilson, G.Q. Lu, A novel color removal adsorbent from heterocoagulation of cationic and anionic clays, *J. Colloid Interface Sci.* 308 (2007) 191-199.
- <sup>(118)</sup> S.S. Tahir, N. Rauf, Removal of a cationic dye from aqueous solutions by adsorption onto bentonite clay, *Chemosphere.* 63 (2006) 1842-1848.
- <sup>(119)</sup> Z. Bouberka, A. Khenifi, N. Benderdouche, Z. Derriche, Removal of Supranol Yellow 4GL by adsorption onto Cr-intercalated montmorillonite, *J. Hazard. Mater.* 133 (2006) 154-161.
- <sup>(120)</sup> P. Baskaralingam, M. Pulikesi, D. Elango, V. Ramamurthi, S. Sivanesan, Adsorption of acid dye onto organobentonite, *J. Hazard. Mater.* 128 (2006) 138-144.
- <sup>(121)</sup> M. Alkan, O. Demirbas, S. Celikcapa, M. Dogan, Sorption of acid red 57 from aqueous solution onto sepiolite, *J. Hazard. Mater.* 116 (2004) 135-145.
- <sup>(122)</sup> A.S. Ozcan, B. Erdem, A. Ozcan, Adsorption of Acid Blue 193 from aqueous solutions onto Na-bentonite and DTMA-bentonite, *J. Colloid Interface Sci.* 280 (2004) 44-54.

## ملخص

في هذه الدراسة، قمنا بإجراء دراسة نظرية حول تلوث المياه عن طريق الأصباغ التي تشكل خطر كبير على البيئة. ولهذا السبب، استخدمت عدة طرق لمعالجة المياه للحد من هذا التلوث، بما في ذلك الأساليب البيولوجية والكيميائية والفيزيائية والامتزاز.

يعتبر الامتزاز طريقة أكثر بديلة وفعالة لعلاج النفايات السائلة الملونة، لهذا استشهدنا بالعديد من الدراسات المتعلقة بإزالة الأصباغ بواسطة الطين. هذا العمل يظهر فعالية ملحوظة من الطين في إزالة أصباغ النسيج.

## كلمات مفتاحية

التلوث، البيئة، الأصباغ، الطين، الامتزاز

## Résumé

Dans cette étude, nous avons réalisé une étude théorique sur la pollution des eaux par les colorants, qui constitue un danger grave pour l'environnement. Pour cette raison, plusieurs méthodes ont été utilisées pour traiter les eaux afin de réduire cette pollution, y compris des méthodes biologiques, chimiques et physiques et l'adsorption.

comme l'adsorption est considérée une méthode la plus alternatives et efficace pour le traitement des effluents colorés, nous avons cité plusieurs travaux liés à l'élimination des colorants par les argiles. Ces travaux montrent une efficacité remarquable des argiles pour éliminer les colorants de textile.

## Motsclés

Pollution, environnement, colorants, argiles, adsorption

## Abstract

In this study, we carried out a theoretical study on water pollution by dyes, which is a serious danger to the environment. For this reason, several methods have been used to treat water to reduce this pollution, including biological, chemical and physical methods and adsorption.

as adsorption is considered a most alternative and effective method for the treatment of colored effluents, we cited several studies related to the removal of dyes by clays. This work shows a remarkable effectiveness of clays in removing textile dyes.

## Keywords

Pollution, environment, dyes, clays, adsorption