



Université Ibn Khaldoun –Tiaret-
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme de master académique
Domaine : Sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences biologiques
Spécialité : Biotechnologie microbienne

Présenté par :

–Thamer Ilhem

– Omari Halima Asmaa

Thème

*Synthèse et caractérisation d'un biomatériau à base
d'un polymère
pour l'élimination d'un polluant organique*

Soutenu le 12/10/2020

Membres du jury :

– Président : Mr. Acem. K

Grade Pr

– Examineur : Mr.Mettai. K

Grade MAA

– Encadreur :Mr. Fetouhi. B

Grade MCB

–Co-Encadreur: Mr.Kadi. S

Grade MCA

Année universitaire 2019/2020

*R*emerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier **Allah** Tout Puissant et le louer pour nous avoir dotées d'intelligence et nous avoir maintenues en bonne santé pour pouvoir réaliser ce travail.

Nos remerciements vont également à tous nos enseignants qui nous ont accompagnés durant tout notre cursus universitaire et plus particulièrement **M. FetouhiBekhaled**, notre encadreur pour ses conseils, son encouragement et tous les efforts qu'il nous a consenti.

Nous tenons à remercier très sincèrement Monsieur **Acem Kamel**, professeur à l'Université IBN Khaldoun de Tiaret, pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant la présidence de ce jury, ainsi Monsieur **Mettai Kamel** comme examinateur de ce mémoire, qu'il trouve toute nos gratitude et l'honneur d'avoir accepté d'évaluer et juger ce mémoire.

Nous tenons à remercier Messieurs **BenaissaTewfik**, **Ali NehariAbdelkaderet Kadi Samir** qui n'ont ménagé aucun effort pour nous porter aide et assistance. Aussi, nos remerciements vont aux ingénieurs et techniciens responsables des laboratoires de la faculté des sciences de la nature et de la vie pour leurs précieuses aides.



*D*édicace

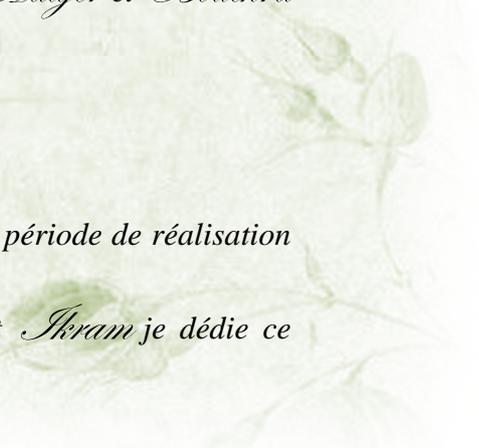
Je dédie ce modeste travail à mes parents que tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense amour que je le porte, ni la profonde gratitude que je leur témoigne. Merci de m'avoir éduqué et donné tant d'amour et de tendresse, merci pour m'avoir soutenu durant toute ma vie.

À feu mon oncle Larbi, mon défunt grand père Tahar, à ma grand-mère Bakhta, à mes tantes, à mon frère Farouk, à mes sœurs Hadjer et Bouckra Amel, à tous mes cousins et cousines je dédie ce travail

À Oumaima, la spéciale.

À ma copine Mhem qui m'a supportée durant toute la période de réalisation de ce modeste travail, ainsi qu'à Souad, Chahinezet Akram je dédie ce modeste travail

Halima Ismaa





Dédicace

Je dédie ce modeste travail. à mes parents que tous les mots du monde ne sauraient exprimer l'immense amour que je le porte, ni la profonde gratitude que je leur témoigne. Merci de m'avoir éduqué et donné tant d'amour et de tendresse, merci pour m'avoir soutenu durant toute ma vie

*À mon défunt père *Slimane*, mon défunt grand père *Belkacem*, à mes tantes, à mon frère *Khaled*, à mes sœurs *Nicha* et *Halima* je dédie ce travail*

*À *Slimane*, le spécial.*

*À ma copine *Halima Asmaa* qui m'a supportée durant toute la période de réalisation de ce modeste travail, ainsi qu'à *Ismahen et Hadjer*.*

Athem

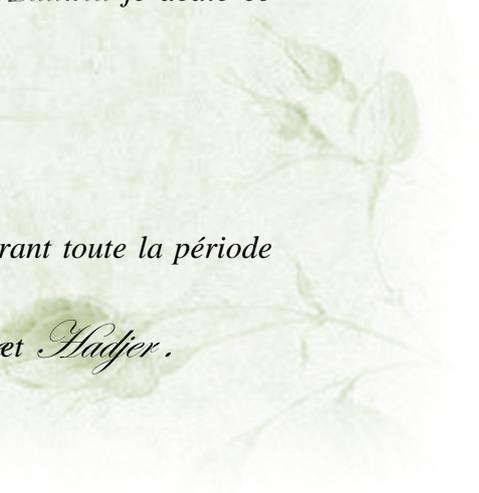


Table des matières

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale	

CHAPITRE I : Synthèse bibliographique

1. L'argile	3
1.1. Généralité sur l'argile.....	3
1.2. Structure des minéraux argileux	3
1.2.1. Couche tétraédrique.....	3
1.2.2. Couche Octaédrique	3
1.3. Classification des argiles	4
1.3.1. Famille du Kaolin ou série 1.1 (T.O) minéraux à 7Å	4
1.3.2. Famille des Smectites et des Micas ou série 2.1 (T.O.T) : minéraux à 10 Å.....	4
1.3.3. Famille des Chlorites ou série 2.1.1 (T.O.T.O) : minéraux à 14 Å.....	5
1.3.4. Argiles inter stratifiées	5
1.4. Bentonite	5
1.4.1. Origine de la bentonite	5
1.4.2. Domaines d'étude.....	6
1.4.3. Microstructure de la bentonite.....	6
1.4.4. Propriétés de la montmorillonite	8
2. L'alginate	11
2.1 Définition	11
2.2. Composition chimique de l'alginate	11
2.3. Propriétés physico-chimiques de l'alginate de sodium.....	12
2.4. Grandeurs caractéristiques de l'alginate	12
2.4.a. Masses molaires moyennes	12
2.4.b. Degrés de polymérisation moyens	12
2.4.c. Indice de polydispersité.....	13
2.4.d. Rapport M/G	13
3. Les colorants	14

3.1. Définition	14
3.2. Classification chimique	15
3.3. Classification tinctoriale.....	18
3.4. Techniques d'élimination des colorants textiles dans les eaux usagées.....	18
3.4.1. Le traitement biologique	19
3.4.2. La filtration sur membrane	19
3.4.3. Le traitement chimique.....	20
3.4.4. L'élimination par adsorption.....	20
3.5. Toxicité des colorants.....	21
3.6. Problèmes environnementaux issus de l'industrie textile	21

CHAPITRE II : Matériels et méthodes

1. Produits et matériels utilisés.....	22
1.1. Produits chimiques	22
1.2. Matériel	22
1.3. Appareillage	22
2. Protocole expérimental.....	23
2.1. La purification de la bentonite	23
2.1.1. Purification par sédimentation	23
2.1.2. Le traitement chimique.....	23
2.2. Préparation des billes de composite alginate/argile modifiée	25
3. Colorant étudié	26
3.1. Bleu de méthylène.....	26
3.1.1. Définition	26
3.1.2. Les principales caractéristiques physico-chimiques du BM	26
3.2.2. Les principales caractéristiques physico-chimiques du VM	27
4.2. Types d'adsorption.....	28
4.3. Facteurs affectant l'adsorption	28
4.3.2. Propriétés de l'adsorbant.....	29
4.4. Cinétique d'adsorption	29
4.4.1. Modèle pseudo-premier ordre	29
4.4.2. Modèle pseudo-second ordre	30
4.5.1. Type d'Isothermes d'Adsorption.....	30
4.6. Modélisation des isothermes d'adsorption.....	32

4.6.1. Modèle de Langmuir	32
4.6.2. Isotherme de Freundlich.....	32
5.1. DRX	33
5.2. Uv-Visible	33
5.3. Spectroscopie infrarouge.....	34
6.3. Influence du pH.....	35
6.4. Effet du temps de contact et la concentration initiale du colorant	35
6.5. Effet de la température sur le processus d'adsorption.....	35

Chapitre III : Résultats et discussions

1.Introduction	36
2. Caractérisation de la bentonite	36
2.1. Caractérisation physique	36
2.1.1 Analyse par diffraction des rayons X (DRX).....	36
2.1.2. Spectroscopie infrarouge.....	37
2.2. Analyses chimiques.....	38
3.Caractérisation des colorants.....	39
3.1. Étalonnage de la solution	39
3.1.1.Vert de malachite	39
3.1.2. Bleu de méthylène.....	39
4.Caractérisation de l'alginate.....	40
4.1. Spectre infrarouge de l'alginate	40
5. Caractérisation du composite	40
5.1. Spectres infrarouge des composites	40
6. Résultat des essais d'adsorption	41
6.1. Effet du pH sur l'absorbance du vert malachite 20 mg/l.....	41
6.2. Effet du temps de contact et de la concentration initiale ki	43
6.2.1. Bleu de méthylène.....	43
6.2.2. Vert malachite	44
6.3. Effet du pH de la solution de colorant sur la capacité d'adsorption	45
6.4. Effet de la température	47
Conclusion générale	
Références bibliographiques	
Résumé	

Liste des abréviations

B :	Bentonite
AM :	Argile modifiée
DRX :	Diffraction des rayons X
IFTR:	Spectrométrie infrarouge à transformée de fourier
UV :	Spectrophotométrie ultra-violet visible
BM :	Bleu de méthylène
VM :	Vert malachite
C_i :	Concentration initiale
C_e :	Concentration à l'équilibre
Q_e :	Quantité adsorbée à l'équilibre
λ :	Longueur d'onde (nm)

Liste des figures

Chapitre I

Figure -I-1 : Structure multi-échelle de la montmorillonite.....	6
Figure -I-2 : Représentation schématique de la couche interfoliaire dans le cas des cations interfoliaires hydratés.....	8
Figure -I-3 : Argile gonflante.....	9
Figure -I-4 : (a) Double couche Gouy-Chapmann. (b) Transport des éléments colloïdes.....	10
Figure -I-5 : Surface externe et interne d'une particule argileuse (smectite).....	10
Figure -I-6 : Présentation d'une structure d'alginate.....	12
Figure -I-7 : structure moléculaire d'un colorant azoïques.....	15
Figure -I-8 : structure moléculaire d'un colorant anthraquinonique.....	16
Figure -I-9 : structure moléculaire d'un colorant indigoïde.....	16
Figure -I-10 : structure moléculaire d'un colorant xanthène.....	16
Figure -I-11 : structure moléculaire d'un colorant phtalocyanines.....	17
Figure -I-12 : structure moléculaire d'un colorant nitrés et nitrosés.....	17
Figure -I-13 : structure moléculaire d'un colorant Mélanines.....	17
Figure -I-14 : Comportement du colorant direct en présence des fibres.....	18
Figure -I-15 : Comportement du colorant à mordant en présence du textile.....	18

Chapitre II

Figure II-1 : agitation d'une bentonite brute et l'eau distillée.....	25
Figure II-2 : décantation de la solution.....	25
Figure II-3 : séchage et récupération de la bentonite.....	25
Figure II-4 : Tamisage de la bentonite.....	25
Figure II-5 : broyage de la bentonite.....	25
Figure II-6 : traitement chimique.....	25
Figure II-7 : Composite alginate/argile sous forme poudre.....	26
Figure II-8 : Structure chimique du bleu de méthylène.....	27
Figure II-9 : Structure chimique de vert malachite.....	28
Figure II-10 : Classification des isothermes d'adsorption.....	31
Figure II-11 : Uv-visible.....	35

Chapitre III

Figure III-1 :Diffractogramme DRX des bentonites brute et purifiée	37
Figure III-2 : Spectre infrarouge de l'argile	38
Figure III-3 : Courbe d'étalonnage de vert malachite à $\lambda_{\max}= 620$ nm	40
Figure III-4 : Courbes d'étalonnage à pH naturel: Bleu de méthylène à 664 nm	40
Figure III-5 : Spectre infrarouge de l'alginate de sodium	41
Figure III-6 :Spectre infrarouge des différents rapports de composite alginate/argile	42
Figure III-7 :Effet du pH sur l'absorbance du vert malachite à 40 mg/L et à $\lambda_{\max}= 620$ nm..	43
Figure III-8 :Structures du colorant vert malachite en milieu acide et en milieubasique..	43
Figure III-9 :Cinétique d'adsorption du BM sur la bentonite.....	44
Figure III-10 : Effet du temps de contact sur l'adsorption du vert malachite sur l'argile activée et sur le composite alginate/argile	45
Figure III-11 : Influence du rapport massique du composite (alginate/argile) sur la capacité d'adsorption du vert malachite	46
Figure III-12 : Effet de pH sur l'adsorption du vert malachite sur alginate/argile	47

Liste des tableaux

Chapitre II

Tableau II-1: Principales caractéristiques physico-chimiques du bleu de méthylène. 27

Tableau II-2: Principales caractéristiques physico-chimiques du vert malachite 28

Chapitre III

Tableau III-1: Principales bandes d'absorption de l'argile 38

Tableau III-2: Analyses chimiques des bentonites 39

Tableau III-3: Principales bandes d'absorption d'alginate 41

Tableau III-4: Principales bandes d'absorption d'alginate : Données thermodynamiques pour l'adsorption du vert malachite sur le composite alginate/argile 2% 48



Introduction générale

Introduction générale

L'eau est à l'origine de notre vie, malheureusement, diverses activités humaines provoquent sa pollution. Parmi ces activités l'utilisation des teintures synthétiques dans diverses industries telles que : papeteries, cosmétiques, agroalimentaires, textiles, produits pharmaceutiques, ainsi que dans des diagnostics médicaux.

La production mondiale des colorants de synthèse est évaluée à 800 000 t /an. Une partie de ces colorants, approximativement 140 000 t/an, est rejetée lors des étapes de fabrication et coloration et directement déversée dans le milieu aquatique. Leur élimination représente un des principaux problèmes dans le processus de traitement des rejets liquides. Plusieurs types sont très toxiques, mutagène et difficilement biodégradables.

Une variété de techniques est aujourd'hui disponible pour traiter ces contaminants. Parmi celles-ci, on peut citer la précipitation chimique, l'échange d'ions, le traitement électrochimique, l'osmose inverse et l'adsorption. L'adsorption s'est révélée être une technique efficace.

L'adsorption est une méthode attractive et très efficace pour traiter les eaux colorées et éliminer les odeurs et les polluants organiques. Malheureusement, la plupart des systèmes d'adsorption conventionnels utilisent le charbon actif malgré son coût de production et ses difficultés de régénération. Ceci a donc encouragé des travaux de recherche en les orientant vers des procédés de traitement faisant appel à des matériaux naturels moins coûteux et largement disponibles[1].

Par ailleurs la recherche et la mise au point de nouveaux adsorbants naturels, abondants économiquement rentables et efficaces pour le traitement des écosystèmes est un grand challenge. Les matériaux d'origine biologique comme les bio-polymère et les minéraux comme les argiles apparaissent porteurs de solution quant au choix d'adsorbants, de faible coût et régénérables [2].

Les argiles peuvent être classifiées comme smectites, kaolinite, mica-vermiculite ... etc et plus particulièrement, la bentonite qui est très abondante avec une haute superficie et une capacité d'échange cationique du fait qu'elle possède des substitutions isomorphiques dans les deux couches de composition de ce matériau (tétraédrique et octaédrique)[3].

En raison de ses propriétés différentes et leurs applications, les chercheurs se sont orientés ces dernières années à la facilité d'encapsuler les polluants entre ses feuillets. Il existe différentes matrices pouvant être utilisées pour l'encapsulation de l'argile telle que les bio polymères.

Les alginates trouvent des applications dans de nombreux domaines et de nombreuses industries, en l'occurrence l'industrie textile, l'industrie alimentaire, l'industrie pharmaceutique et dans l'imprimerie, qui y trouvent une propriété commune à savoir la capacité de gélification. Leurs usages reposent sur leurs propriétés de gélification qui se traduisent par une chélation des cations divalents par les monosaccharides, et principalement par l'acide guluronique, le cation divalent le plus utilisé étant le calcium[4].

Dans ce contexte notre recherche a pour objectif d'élaborer un composé plus performant à base de biomatériaux ayant une très bonne capacité d'adsorption, abondants, faciles à exploiter et moins coûteux ; et se basant sur des recherches précédentes nous avons opté pour l'argile et l'alginate. Nous avons mis en place un protocole de dispersion (composite/polluant), pour déterminer le pouvoir d'adsorption du colorant par le composé (argile/alginate), et étudier l'influence des différents paramètres expérimentaux (pH, la température, le temps de contact) sur le pouvoir adsorbant du composite vis-à-vis les colorants (vert malachite et bleu de méthylène).

Plusieurs techniques de caractérisations sont prises en compte dans ce manuscrit tel que la DRX (diffraction par rayons X), FTIR (spectroscopie infrarouge) et le spectrophotomètre UV (ultra violet).

Nous avons commencé notre étude dans le laboratoire de technologie agro alimentaires (au niveau de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie), le 26 /02 /2020, et vu les circonstances qui ont prévalu : l'apparition de la pandémie Covid-19 et le confinement qui s'en est suivi, nous n'avons malheureusement pas pu poursuivre notre travail expérimental au laboratoire et nous nous sommes contentées à des synthèses bibliographiques des travaux similaires réalisés dans les différents centres de recherches mondiaux.

Ce mémoire est divisé en trois chapitres, le premier chapitre est consacré à la synthèse bibliographique de l'argile, alginate et le colorant, le deuxième chapitre focalise les différentes méthodes utilisées le troisième Chapitre c'est les Résultats et discussion.



Chapitre – I –

Synthèse bibliographique

1 L'argile :

1.1 Généralité sur l'argile

Plusieurs recherches et travaux scientifiques sont orientés vers le développement de procédés de traitement de faible coût en termes de protection des milieux naturels et d'amélioration de la qualité des eaux par l'utilisation des matériaux naturels tels que les argiles qui sont caractérisés par une importante surface spécifique, une excellente propriété d'échanges de cations, une large disponibilité dans la nature et ils sont capables d'éliminer simultanément les polluants organiques et inorganiques[5]

Les domaines d'applications des argiles sont multiples : à l'état brut, sa plus importante application, après cuisson au-dessus de 1000°C, est la production de céramiques (porcelaine, faïence...etc). À l'état modifié, l'argile est utilisée dans l'industrie du papier, des produits cosmétiques, dans l'industrie pharmaceutique (fabrication des médicaments, tels : Smecta et Bedelix) et dans la dégradation de composés polluants. À un degré moindre, l'argile est utilisée dans de nombreux autres processus industriels tels que la fabrication des peintures, l'aménagement des routes en travaux publics, et la fabrication des alvéoles (pour stockage de déchets radioactifs. [6]

1.2 Structure des minéraux argileux :

Les cristallites d'argile sont formées par empilements de feuillets bidimensionnels silicatés tétraédriques condensés avec des octaèdres d'oxyde métalliques dans un rapport 2:1 ou 1:1. Ainsi, les différents groupes de minéraux argileux sont distingués par l'arrangement de leurs couches tétraédriques et octaédriques.

1.2.1 Couche tétraédrique

Cette couche est formée par l'enchaînement de tétraèdres dont les sommets sont occupés par des atomes d'Oxygène et le centre par un atome de Silicium, comme il peut être aussi occupé par un atome trivalent Al^{+3} .

1.2.2. Couche Octaédrique

Elle est constituée par un enchaînement de plusieurs octaèdres dont les sommets sont occupés par des atomes d'oxygènes et des groupements hydroxyles, conférant ainsi, une structure hexagonale compacte. Les centres peuvent être occupés par des atomes variés de valence trois (Al, Fe) ou deux (Fe, Mg).

1.3. Classification des argiles

Selon *Dion. (1998)*, il existe différentes classifications des argiles. La plus classique est basée sur l'épaisseur et la structure du feuillet. Elles sont classées en quatre groupes :

1.3.1. Famille du Kaolin ou série 1.1 (T.O) minéraux à 7Å

De formule de base : $2\text{SiO}_2 \text{ Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ c'est la plus pauvre en silice à deux couches dans le feuillet élémentaire, une couche de $\text{Al}(\text{OH})_6$ octaédrique est disposée au-dessus de chaque couche de SiO_4 tétraédrique. Les minéraux de type 1:1 (ou T-O) possèdent une couche d'octaèdres et une couche de tétraèdres. L'équidistance caractéristique est d'environ 7,1 Å. A ce type correspond le groupe de la kaolinite-serpentine. L'espace interfoliaire de cette classe de minéraux argileux est vide, par conséquent leur cohésion des couches élémentaires est assurée par les forces (assez faibles) de Van der Waals et des liaisons hydrogène entravant l'insertion de toute espèce chimique dans ce groupe.

1.3.2. Famille des Smectites et des Micas ou série 2.1 (T.O.T) : minéraux à 10 Å

Ce sont des phyllosilicates de formule de base : $4\text{SiO}_2 \text{ Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, plus riche en silice que la kaolinite. La montmorillonite fait partie des smectites, correspondant à un feuillet à 3 couches: tétraédrique- octaédrique- tétraédrique (2:1) d'épaisseur est de 10 Å avec des substitutions au sein de la couche octaédrique où Al^{3+} est remplacé par Mg^{2+} .

On peut distinguer deux types de ce matériau : les dioctaédriques et les trioctaédriques (*Decarreau 1990*).

a- Caractère dioctaédrique: deux sites octaédriques adjacents sur trois sont occupés par des cations trivalents.

b- Caractère trioctaédrique: trois sites sur trois sont occupés par des cations divalents. Les feuillets adhèrent les uns aux autres par l'interaction des forces de Van Der Waals et éventuellement par des ponts hydrogènes qui s'établissent entre les hydroxyles de la couche octaédrique et les atomes d'oxygène de la couche tétraédrique du feuillet adjacent (*Taracevitch et Outcharenko, 1975*). L'espace inter feuillet est occupé par des molécules d'eau et les cations de compensations du au défaut de charge du feuillet.

1.3.3 Famille des Chlorites ou série 2.1.1 (T.O.T.O) : minéraux à 14 Å

Elle comprend en plus de la composition du feuillet de la série 2.1, une couche octaédrique de type brucite qui s'insère dans l'espace inter foliaire (On a présence d'un

quatrième feuillet de type octaédrique à base d'aluminium, de magnésium ou de fer) (*Cailléret Hénin, 1982*). La distance entre deux feuillets consécutifs est de 14 Å.

1.3.4 Argiles inter stratifiées

L'empilement de feuillets de même type n'est pas le seul mode d'empilement rencontré dans les formations naturelles : les minéraux argileux identifiés dans la nature résultent souvent de la superposition de feuillets de types différents (*Brindley, Brown 1980; Caillere, 1982*). Trois types sont à distinguer:

- les minéraux à inter-stratification régulière où les feuillets, A et B alternent suivant une séquence régulière (par exemple ABABAB....).
- les minéraux à inter-stratification irrégulière où aucune loi ne régit l'alternance des feuillets;
- les minéraux à inter-stratification avec ségrégation de paquets, pouvant eux-mêmes alterner avec des feuillets inter-stratif[7].

1.4. Bentonite

1.4.1. Origine de la bentonite

L'altération et la transformation hydrothermale de cendres des tufs volcaniques riches en verre entraînent la néoformation des minéraux argileux, qui font partie principalement du groupe des smectites. Les roches argileuses formées portent le nom de bentonite, d'après le gisement situé près de Fort Benton (Wyoming, Etats-Unis). Elle contient plus de 75% de montmorillonite, cette dernière fut découverte pour la première fois en 1847 près de Montmorillon, dans le département de la Vienne (France) [8].

En Algérie, les gisements de bentonite les plus importants économiquement se trouvent dans l'Oranie (ouest algérien). On note en particulier la carrière de Maghnia (Hammam Boughrara) dont les réserves sont estimées à un million de tonnes et de celle de Mostaganem (M'zila) avec des réserves de deux millions de tonnes[9].

1.4.2 Domaines d'étude

Les bentonites se caractérisent par une capacité élevée d'adsorption, d'échange ionique et de gonflement. Elles ont de ce fait de larges applications dans différents domaines (forage, fonderie, céramique, peinture, pharmacie, terres décolorantes, etc..).

1.4.3 Microstructure de la bentonite

Les montmorillonites ont la particularité de présenter différents niveaux d'organisation selon l'échelle d'observation[10]. Nous présentons dans ce schéma les différents "objets" caractéristiques de cette structure multi-échelle.

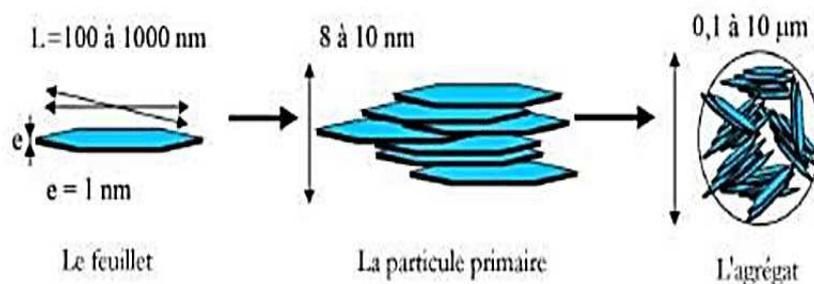


Figure-I-1: Structure multi-échelle de la montmorillonite

1.4.3.a. Les feuillets

Les feuillets sont les unités structurales de base définissant la nature minéralogique, l'appartenance au type d'argile, les propriétés physico-chimiques ainsi que le comportement macroscopique. Séparés les uns des autres par une quantité d'eau variable, ils sont regroupés parallèlement au sein d'édifices que nous appellerons particules.

1.4.3.b. La particule

Les particules constituent le premier niveau d'organisation. Elles sont caractérisées par un empilement de feuillets identiques parallèlement à leur plan de base. Les forces de cohésion entre feuillets sont plus faibles que celles existant au sein du feuillet. La structure de la particule observée dans un plan perpendiculaire au plan des feuillets montre qu'elle peut être ordonnée (distance interfeuillets constante) ou désordonnée (distance interfeuillets variable) (Pons, 1980). Il existe un nombre important de termes pour désigner les particules. Le plus petit élément cristallin (le plus petit volume cohérent) produisant des interférences dans un phénomène de diffraction X a été appelé par Mering et Oberlin (1971) particule

primaire. Il s'agit d'une particule monocristalline qui correspond au « domaine de cohérence interférentiel » (**Drits et Tchoubar, 1990**). La particule plus grossière obtenue après une dispersion dans certaines conditions, constituée par l'association des plusieurs particules primaires qui a été désignée par Mering et Oberlin (1971) comme particule libre.

La montmorillonite est généralement constituée par l'association de plusieurs particules primaires, dont l'extension latérale dans le plan ab, est particulièrement importante. (**Ben Rhaiem, et al., 1986; Pons et al., 1982 et 1987; Tessier, 1984**). Ces auteurs avaient été amenés à concevoir une juxtaposition, par les bords, des cristallites présentant une légère désorientation les unes par rapport aux autres. Toujours dans le cas de la montmorillonite Aylmore et Quirk (1971) avait introduit la formation, par chevauchement face-à face à partir de particules libres ou primaires, d'édifices à extension latérale considérable: les «domaines». Si nous restons limité à la dimension des particules dans la direction perpendiculaire au plan des feuillets, l'épaisseur de ces particules a été évaluée, par l'analyse classique au Rayons X des réflexions 001, à une dizaine de feuillets (**Longuet-Escard et al., 1961; Pedro, 1981**). Dans le cas des montmorillonites calciques fortement hydratées, l'analyse de la diffusion aux petits angles et la microscopie électronique à transmission ont permis à Pons et al. En 1982 et 1987 de définir la particule comme étant un empilement parallèle quel que soit le degré d'ordre dans la répétition de ces feuillets à l'intérieur de l'empilement. Ces particules constituent les «parois» du réseau de pores développé au sein de l'échantillon et ont une épaisseur extrêmement variable en fonction de la teneur en eau de l'échantillon.

1.4.3. c.L'agrégat

L'agrégat est un assemblage de particules dont l'arrangement est gouverné par le type de forces résultant des interactions entre particules (et du degré de compaction). En effet, lorsque les forces répulsives sont dominantes, les particules s'orientent parallèlement et la structure est dite dispersée. Ces particules s'assemblent au sein d'agrégats, plus au moins denses selon la texture et le nombre des particules, ainsi que les distances entre celles-ci. Tessier (1975), en prenant pour référence les données de Mering et Oberlin (1971) et de Van Olphen (1963), portant sur les minéraux expansibles, a proposé une nomenclature pour nommer les différents modes d'association des particules: bord à bord et face-face.

L'agrégat constitué de plusieurs particules primaires a été nommé «unité morphologique». Le dernier niveau d'organisation est constitué par les super-agrégats, où se regroupent les agrégats. Selon la quantité d'eau présente au sein du système et la nature du matériau considéré, l'organisation sera plus ou moins poussée. Il en résulte différents types de

structuration. La montmorillonite est une argile possédant des unités morphologiques très déformables. Ces déformations sont probablement plus aisées que dans les autres phyllosilicates, étant donné qu'il n'existe pas ou peu d'association face-face des particules primaires conduisant à des agrégats, mais seulement des liaisons bord-bord entre particules primaires, qui joueraient un rôle de charnières (Tessier, 1975). Mais cette déformation est certainement limitée du fait que les particules possèdent une certaine rigidité[11].

1.4.4 Propriétés de la montmorillonite

Les substitutions isomorphiques dans la partie cristalline de la montmorillonite sont à l'origine de la charge négative à la surface des feuillets. Cette charge négative, appelée charge permanente, permet à la montmorillonite d'échanger des cations (capacité d'échange cationique, CEC) et d'adsorber des molécules d'eau (capacité de gonflement).

La montmorillonite a plusieurs autres caractéristiques intéressantes qui peuvent être résumées par sa grande surface spécifique, son coût modéré et son état colloïdal.

1.4.4.a. Capacité d'échange cationique (CEC)

La capacité d'échange est la somme du nombre d'ions absorbés entre les feuillets de la structure de l'argile et ceux adsorbés sur la surface externe. Cette capacité se trouve typiquement dans un intervalle de 70 à 160 meq/100 g. Elle permet, étant donné la grande surface de la montmorillonite, de fixer très efficacement les cations des métaux lourds, des cations organiques et quelques hydrocarbures

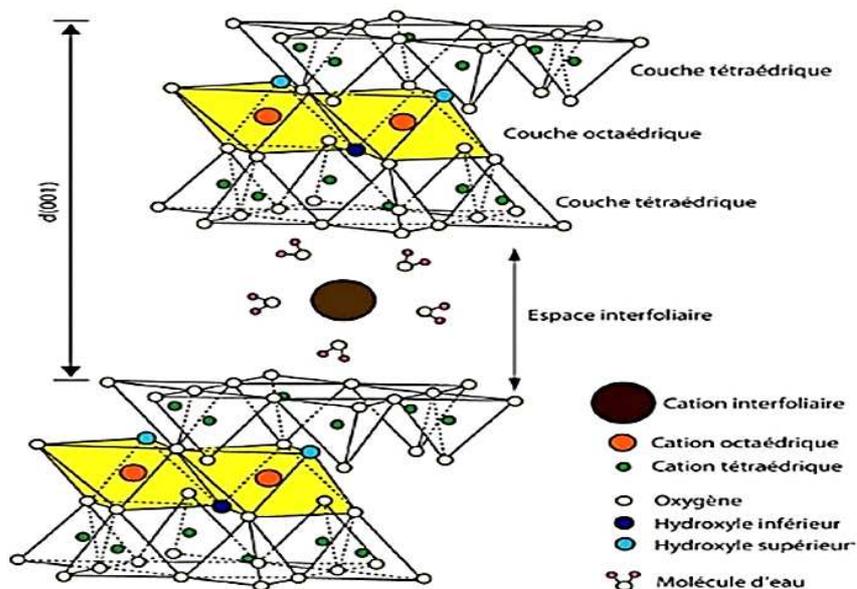


Figure- I- 2 :La couche interfoliaire dans le cas de cations interfoliaires hydratés

1.4.4.b. Capacité degonflement

L'une des propriétés la plus remarquable de la bentonite est sa faculté de se gonfler considérablement dans l'eau pour former des masses visqueuses et gélatineuses. Pour qu'une argile soit vraiment une bentonite au sens commercial du terme, elle doit gonfler au moins cinq fois l'équivalent de son volume au contact de l'eau. Il est admis que le gonflement des montmorillonites est principalement dû au fait que l'absorption de l'eau par la structure de la molécule s'effectue entre les feuillets qui s'écartent les uns des autres.

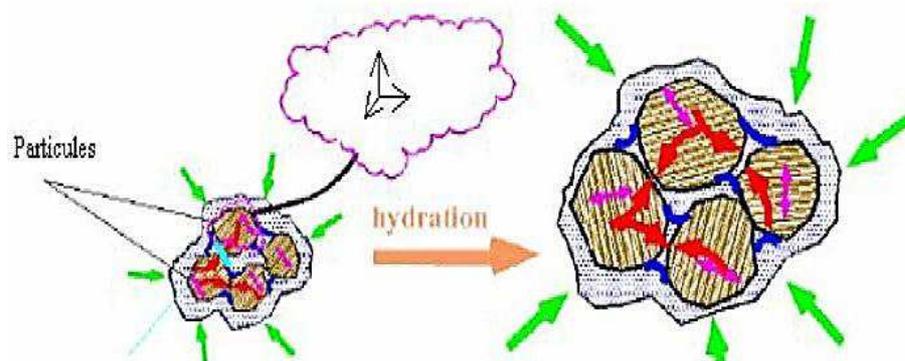


Figure -I -3 :Argile gonflante[12]

1.4.4.c. Colloïdalité

La colloïdalité de l'argile vient du fait des charges négatives présentes à la surface des particules qui sollicitent des forces répulsives entre les grains argileux et les particules n'ont plus tendance à se réunir en agrégats assurant la stabilité de la suspension.

Dans le cas de la montmorillonite, la charge négative est formée par un noyau argileux entouré d'ion O^{2-} et OH fortement liés, autour duquel gravite un nuage d'ions positifs assurant la neutralisation du système (H^+ et cations échangeables)

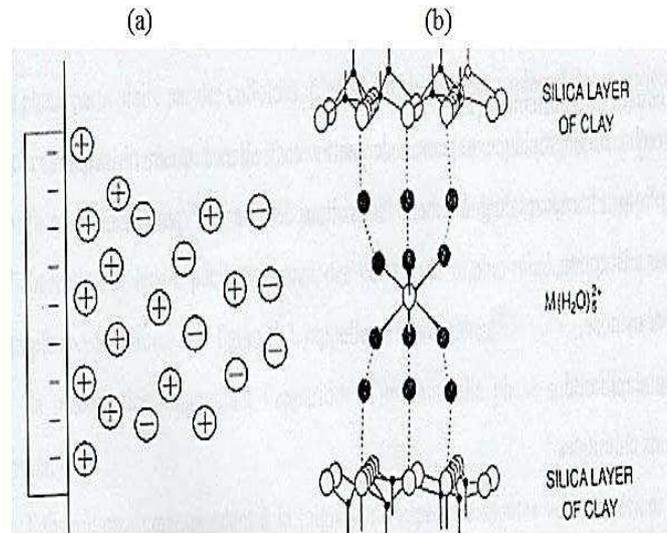


Figure-I-4 : (a) Double couche Gouy-Chapmann. (b) Transport des éléments colloïdes [13]

1.4.4.d. La surface spécifique

La fine taille des argiles leur confère une surface importante par rapport au volume des particules [14].

Les propriétés des argiles sont principalement contrôlées par leur surface interne et externe. La surface totale comprend la surface externe, comprise entre les particules argileuses et la surface interne, correspondant à l'espace interfoliaire.

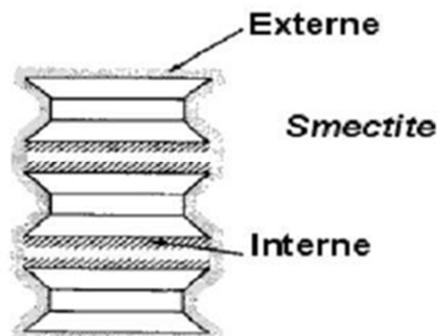


Figure -I -5 : Surface externe et interne d'une particule argileuse (smectite) [15]

2.L'alginat

2.1Définition

L'alginat est un polysaccharide découvert en 1881 par Standford dans la matrice de la paroi cellulaire de l'algue *Laminariadigitata*. Sous la forme d'acide alginique, il constitue une part importante de la structure membranaire des cellules d'algues. L'alginat est produit dans toutes les algues brunes: *Laminaria*, *Macrocystis*, *Fucus*, *Ascophyllum*, *Ecklonia*, *Nereocystis*, etc. L'acide alginique est insoluble dans l'eau alors que les sels de sodium ou de potassium sont solubles.

L'acide alginique est un biopolymère (polyuronide),de structure hétérogène constitué de deux unités monosaccharidiques[16].

Les principales étapes du processus d'extraction de l'alginat sont :

1. **Prétraitement** : les algues sont lavées plusieurs fois à l'eau puis rincées à l'eaudistillée, de façon à retirer d'éventuelles impuretés. Les algues sont ensuite séchées et broyées finement.
2. **Purification**: la poudre d'algue est traitée avec une solution diluée d'acide, capable de dissoudre les sucres autres que l'alginat.
3. **Extraction** : l'acide alginique est redissout dans une solution légèrement basique de NaHCO_3 sous forme d'alginat de sodium alors que les protéines encore présentes en solution sont hydrolysées.
4. **Récupération** : la solution est alors filtrée et un ajout d'éthanol permet de précipiter spécifiquement l'alginat, celui-ci étant insoluble dans ce solvant contrairement aux acides aminés issus des protéines précédemment hydrolysées[17].

Il y a différentes façons d'utiliser l'alginat dans des industries, aussi diverses que celles du textile, des produits alimentaires et pharmaceutiques, ainsi que toutes industries produisant des substances gélifiantes.

2.2Composition chimique de l'alginat

L'acide alginique est un polymère naturel, linéaire, de structure hétérogène, constitué de deux unités monosaccharidiques : l'acide β -D-mannuronique et l'acide α -L-guluronique. Ces acides sont liés entre eux par des liaisons glycosidiques du type β -(1-4). Il est important de noter que la proportion en acide mannuronique (Man A) et en acide guluronique (Gul A) varie d'une espèce à l'autre. L'acide alginique comporte une fraction riche en Man A appelée bloc M, une fraction riche en Gul A appelée G, et une fraction où les deux unités d'acides uroniques sont liées alternativement entre elles, appelée bloc MG ou GM[18].

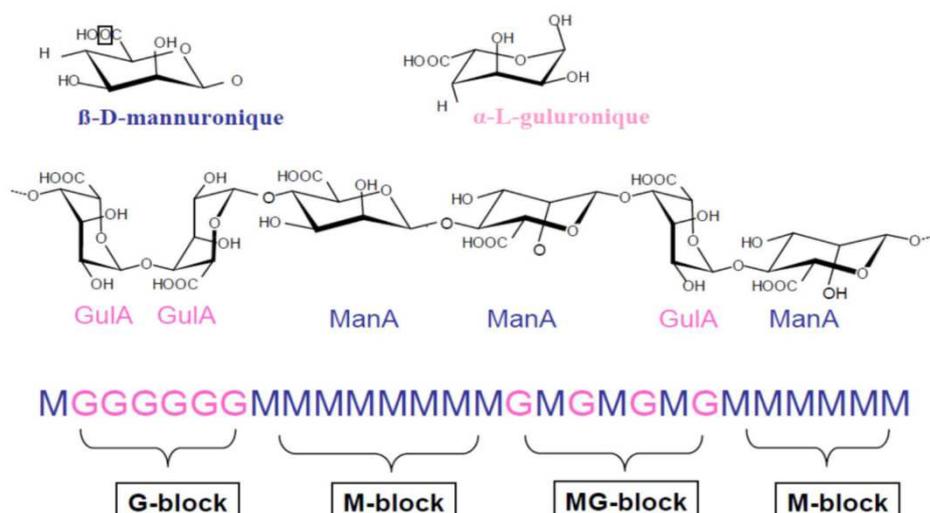


Figure -I -6 : Présentation d'une structure d'alginate

2.3 Propriétés physico-chimiques de l'alginate de sodium

2.3.a. Solubilité de l'alginate de sodium

La solubilité de l'alginate de sodium dépend de plusieurs facteurs comme la nature du sel, la présence des ions et le pH de la solution (**Rehm, 2009**). L'addition des sels, tels que le potassium, le chlorure, défavorisera progressivement la solubilité de la chaîne d'alginate, menant par la suite à la séparation en phase. Cet effet de salage peut être efficacement employé pour le fractionnement des alginates. En outre, la présence des ions pourraient avoir un fort effet (négatif) sur la cinétique de dissolution de l'alginate, puisqu'ils agissent en réduisant la différence du potentiel chimique de l'eau entre particule d'alginate et le liquide environnant.

2.3.b. Gélification

La gélification est un phénomène qui résulte de l'association intermoléculaire. Le rôle des constituants mineurs est essentiel car ils permettent de modifier à la fois les propriétés mécaniques et physiques du gel. Dans le cas des alginates, la gélification conduit à des textures très variées selon le nombre de jonctions entre les macromolécules. Toutefois, elle ne peut se faire sans l'intervention de réactifs susceptibles de neutraliser les charges répulsives des carboxylates. La structure du gel produit une résistance au cisaillement et cette viscosité des alginates dépend de plusieurs facteurs tels que le degré de polymérisation, la concentration, la température, le pH et la présence des ions bi ou trivalents.

Globalement, la viscosité croît rapidement, à la fois, avec la concentration et avec la longueur de la molécule et diminue rapidement avec l'augmentation de la température (Ely, 2010) [19].

2.4 Grandeurs caractéristiques de l'alginate

2.4.a. Masses molaires moyennes

1) La **masse molaire moyenne en nombre** \overline{M}_n est définie comme la masse totale de toutes les macromolécules dans un échantillon divisée par le nombre total de macromolécules de l'échantillon

$$\overline{M}_n = \frac{\sum_i N_i \times M_i}{\sum_i N_i}$$

- N_i est le nombre de chaînes de masse molaire M_i .

2) La **masse molaire moyenne en poids** \overline{M}_w

\overline{M}_w est définie comme le rapport entre la somme des produits de la masse d'une chaîne i par sa masse molaire sur la masse totale des chaînes.

$$\overline{M}_w = \frac{\sum_i m_i \times M_i}{\sum_i m_i} = \frac{\sum_i N_i \times M_i^2}{\sum_i N_i \times M_i}$$

Elle permet de prendre en compte le fait que les molécules de polymère les plus grosses contribuent plus à la masse totale de l'échantillon que les molécules plus petites.

2.4.b. Degrés de polymérisation moyens

A partir de ces masses molaires moyennes, on définit les degrés de polymérisation moyens en masse et en nombre comme le rapport entre la masse molaire moyenne correspondante et la masse molaire du monomère, notée M_0

1) Degré de polymérisation en nombre : $\overline{DP}_n = \frac{\overline{M}_n}{M_0}$

2) Degré de polymérisation en masse : $\overline{DP}_w = \frac{\overline{M}_w}{M_0}$

Les deux monomères constituant les chaînes d'alginate (mannuronate et guluronate) sont des épimères de formule $C_6H_{10}O_7$ et de masse molaire identique valant 194 g.mol^{-1} .

2.4.c. Indice de polydispersité

L'indice de polydispersité I_p permet de qualifier la distribution des masses des différentes macromolécules au sein du polymère. Pour un polymère parfait dont toutes les chaînes sont de même longueur, donc de même masse molaire, l'indice de polydispersité est de 1

$$I_p = \frac{\overline{M}_w}{\overline{M}_n}$$

2.4.d. Rapport M/G

La structure des alginates dépend fortement du rapport M/G, c'est-à-dire le rapport du nombre de monomères mannuronate sur le nombre de monomères guluronate. Celui-ci varie selon l'origine de l'alginate et les traitements effectués sur celui-ci, mais se situe en majorité entre 0,25 et 2,25. Il peut être déterminé de la même façon que les fractions de dimères par RMN ou par chromatographie liquide échangeuse d'ions[20].

3. Les Colorants

3.1 Définition

Un colorant est une matière colorée par elle-même, capable de se fixer sur un support. La coloration plus ou moins intense des différentes substances est liée à leur constitution chimique.

Ces composés sont utilisés pour colorer les textiles, les encres, les peintures, les vernis, les produits alimentaires, etc. La terminologie industrielle moderne définit un colorant comme un produit contenant un colorant organique pur avec différents additifs et agents de coupage, qui facilitent son utilisation.

Les matières colorantes se caractérisent par leur capacité à absorber les rayonnements lumineux dans le spectre visible (400 à 700 nm). Cette absorbance est déterminée grâce à un spectrophotomètre qui donne l'absorbance du colorant en fonction d'une longueur d'onde.

Les colorants constituent un groupe très diversifié de composés ayant en commun la propriété de colorer d'une manière permanente les tissus, cuirs ou papiers. Tous ces colorants sont des composés aromatiques dont les électrons très délocalisés peuvent absorber la lumière pour certaines longueurs d'ondes.

Les propriétés colorantes des composés organiques dépendent de leur structure et de leur composition chimique. En général, les produits utilisés comme colorants sont des composés organiques insaturés et aromatiques.

Les colorants rejetés par les industries textiles et les officines de nettoyage des vêtements, sont peu ou pas biodégradables et résistent bien aux traitements classiques d'épuration. Ils créent surtout une nuisance visuelle dans les eaux contaminées bien qu'un certain nombre d'entre eux est mutagène et cancérigène.

3.2 Classification chimique:

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

3.2.1 Les 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.

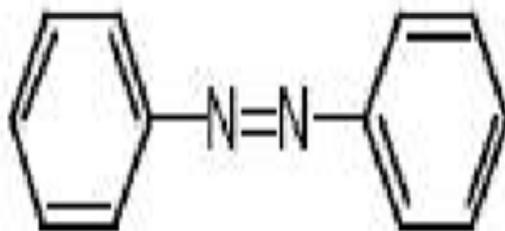


Figure -I -7 : structure moléculaire d'un colorant azoïque

3.2.2 Les colorants anthraquinoniques : sont les plus importants après les colorants azoïques. Leur formule générale dérivée de l'anthracène prouve que le chromophore est un noyau quinonique sur lequel peuvent s'attacher des groupes hydroxyles ou amino. leurs chromophores sont des groupes carbonyles > C = O. on les obtient par la substitution de l'atome d'hydrogène H par des groupements hydroxyles et amino.

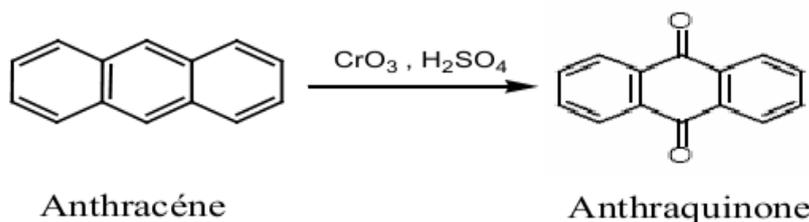


Figure -I -8 :Structure moléculaire d'un colorant anthraquinonique

3.2.3. Les colorants indigoïdes : tirent leur appellation de l'indigo dont ils Dérivent. Ainsi, les homologues sélénié soufré et oxygéné du bleu indigo Entraînent d'importants effets hypochromes avec des coloris pouvant aller de l'orange au turquoise.

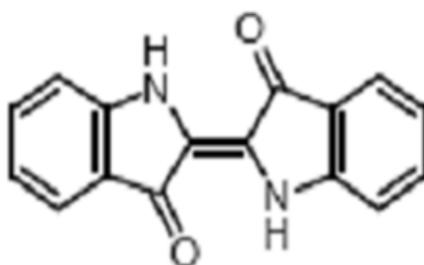


Figure -I -9 :Structure moléculaire d'un colorant indigoïde

3.2.4. Les colorants xanthène : dont le composé le plus connu est la fluorescéine, sont dotés d'une intense fluorescence. Ils sont peu utilisés, mais leur faculté de marqueurs lors d'accident maritime ou de traceurs d'écoulement pour des rivières souterraines est malgré tout bien prouvée.

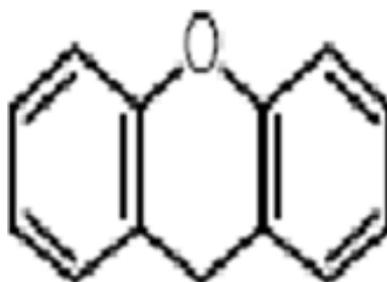


Figure -I -10 :Structure moléculaire d'un colorant xanthène

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

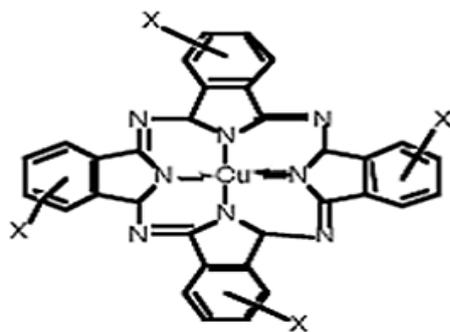


Figure -I -11: Structure moléculaire d'un colorant phtalocyanine

3.2.6. 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_2) en position ortho d'un groupement électro donneur (hydroxyle ou groupes aminés).

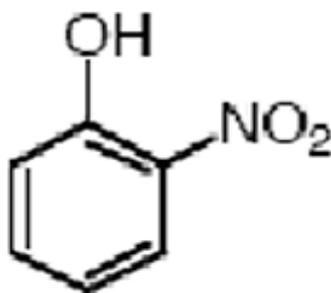


Figure -I -12: Structure moléculaire d'un colorant nitré

3.2.7. Les caroténoïdes : Ils concernent les teintures jaunes et rouges et sont constitués de polyterpènes. Parmi eux le β - carotène ($\text{C}_{40}\text{H}_{56}$) forme avec ses isomères la provitamine A et se trouve dans les carottes, l'huile de palme, les grains de citrouille, la luzerne, les orties et les brocolis. Cette provitamine est obtenue à partir de ces plantes sèches par l'éther ou le trichloréthylène.

3.2.8. Les Mélanines : Ce sont des pigments naturels bruns et noirs résistants dont la structure de base est la tyrosine[21].

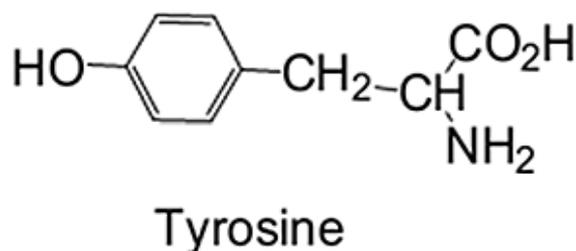


Figure -I -13 : Structure moléculaire d'un colorant mélanine (Tyrosine)

3.3. 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.

3.3.1. Colorants acides ou anioniques

Ils sont solubles dans l'eau grâce à leurs groupes 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.

3.3.2. Colorants basiques ou cationiques

Sont des sels d'amines organiques, ce qui leur confère une bonne solubilité dans l'eau. Les liaisons se font entre les sites cationiques des colorants et les sites anioniques des fibres.

3.3.3. Colorants directs

Contiennent ou sont capables de former des charges positives ou négative électrostatiquement attirées par les charges des fibres. Ils se distinguent par leur affinité pour les fibres sans application de mordant, liée à la structure plane de leurs molécules.

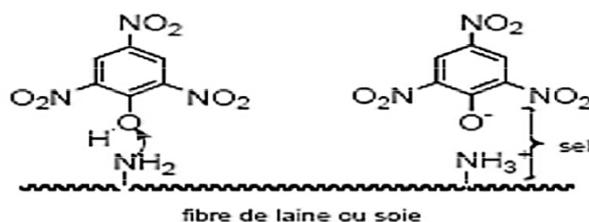


Figure -I -14: Comportement du colorant direct en présence des fibres.

3.3.4. 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.

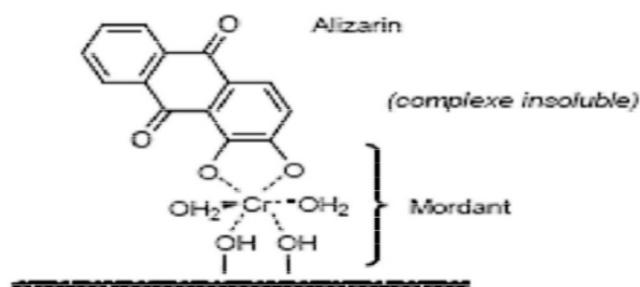


Figure I-15 : Comportement du colorant à mordant en présence du textile

3.3.5. Colorants réactifs

Contiennent des groupes chromophores, leur appellation est liée à la présence d'une fonction chimique réactive, assurant la formation d'une liaison covalente forte avec les fibres.

3.3.6. Colorants dispersés

Sont très peu solubles dans l'eau et sont appliqués sous forme d'une fine poudre dispersée dans le bain de teinture. Ils sont en mesure, lors d'une teinture à haute température, de diffuser dans les fibres synthétiques puis de s'y fixer[22].

3.4. Techniques d'élimination des colorants textiles dans les eaux usagées

Dans les pays développés, les eaux usagées provenant des industries des colorants et du textile sont soumises à plusieurs techniques d'élimination des polluants avant leurs rejets. Les principales techniques utilisées pour l'élimination des colorants présents dans les eaux usagées sont :

3.4.1. Le traitement biologique

C'est la technique la plus utilisée dans le traitement des effluents colorés. Il y a deux types de traitement biologique, l'aérobie et l'anaérobie. En mode aérobie, les bactéries ont besoin de la présence de l'oxygène (eau) pour dégrader les colorants. A l'inverse, pour le mode anaérobie la dégradation des colorants a lieu en l'absence d'oxygène. Les boues activées détruisent environ 10 à 20 % de la couleur.

3.4.2. La filtration sur membrane

La filtration sur membrane pilotée par pression hydraulique se décline en micro filtration, ultra filtration, nano filtration et osmose inverse. L'effluent passe à travers une membrane semi-perméable qui retient en amont les contaminants de taille supérieure au diamètre des pores, pour produire un perméat purifié et un concentré qui contient les impuretés organiques. Selon Taylor et Jacobs (1996), parmi les quatre types de procédés, la nano filtration et l'osmose inverse sont les plus adaptées pour réduire partiellement de la

couleur et retenir les petites molécules organiques. L'osmose inverse reste le procédé le plus répandu.

La nano filtration s'applique surtout au traitement des bains de teinture de colorants réactifs, en agissant comme un filtre moléculaire tandis que la micro filtration retient les matériaux colloïdaux tels que les colorants dispersés ou de cuve grâce à une membrane écran".

L'ultra filtration ne s'applique qu'à la réduction de la DCO (demande chimique en oxygène) et des solides en suspension et ne se montre réellement efficace que combinée à la technique de la coagulation/floculation.

Ces procédés limités dans leurs applications, nécessitent des investissements importants et le retraitement du concentré est jusqu'à six fois plus cher que celui de l'effluent original.

3.4.3 Le traitement chimique

Le traitement chimique de l'effluent avec un agent de floculation est généralement la technique la plus efficace et la plus robuste pour enlever la couleur. Le processus implique l'ajout d'un agent de floculation, tel que les ions ferriques (Fe^{3+}) ou d'aluminium (Al^{3+}) à l'effluent.

De nos jours, l'oxydation chimique est une méthode récente pour le traitement des effluents, particulièrement les effluents chimiques. Ce procédé emploie des oxydants forts tels que l'ozone, le peroxyde d'hydrogène, le chlore, ou le permanganate de potassium pour forcer la dégradation même de certaines molécules organiques très résistantes.

L'oxydant réagit avec l'effluent à traiter de façon rapide et sélective par fission d'une double liaison. La technique est ainsi très efficace pour traiter une DCO dure et une coloration résiduelle que l'on peut difficilement traiter par d'autres techniques. Les deux inconvénients principaux de cette technique sont :

- Installation coûteuse ; elle nécessite l'utilisation d'une grande quantité de réactifs
- L'autre technique de traitement chimique est la décoloration par voie électrochimique ou électro-oxydation.

3.4.4.L'élimination par adsorption

Actuellement, il s'avère que la technique d'adsorption est efficace pour l'élimination des colorants des eaux usagées de l'industrie textile.

L'utilisation du charbon actif comme adsorbant est toujours très prisée en raison de sa grande surface spécifique, de sa structure micro poreuse, de sa capacité d'adsorption élevée

et de sa réactivité extérieure importante. Cependant, son coût de production élevé et sa régénération ou réutilisation très coûteuse, ont poussé les chercheurs à rechercher d'autres adsorbants moins coûteux, abondants et facilement régénérables, ou d'autres techniques d'épuration des eaux moins onéreuses[23].

3.5. Toxicité des colorants

Depuis la moitié du dix-neuvième siècle les chercheurs ont synthésé des milliers de colorants correspondant à la teinte des différentes fibres, mais parallèlement à cette recherche, les toxicologues ont voulu vérifier les effets physiologiques et surtout toxiques de ces colorants de synthèse.

Les expériences réalisées sur les animaux ont révélé que nombreux sont les colorants toxiques. C'est la raison pour laquelle les pouvoirs publics ont interdit l'utilisation de certains colorants alimentaires et industriels.

Actuellement de nombreuses stations d'épuration des industries textiles rejettent des quantités importantes d'eau et de boues colorées dans la nature. Ces rejets peuvent se transmettre à l'être humain par action de vent, infiltration des colorants dans les nappes phréatiques ou par la chaîne alimentaire. L'accumulation des doses des colorants sur certains sites de l'organisme provoque des cancers.

En plus du problème de la toxicité que posent les colorants dans l'industrie textile, s'ajoute le problème de leur élimination soit par traitement physico chimique ou biologique à cause de leur non biodégradabilité [24].

3.6. Problèmes environnementaux issus de l'industrie textile

Le principal problème environnemental qui se pose dans l'industrie textile est celui des quantités d'eau rejetées et de leur charge chimique. Les autres impacts pour le traitement des eaux usées de ces industries sont la consommation énergétique, les émissions dans l'atmosphère, les déchets solides et les odeurs qui peuvent représenter des nuisances significatives lors de certains traitements.

Les émissions dans l'atmosphère sont habituellement captées à la source. Comme elles sont contrôlées depuis longtemps dans différents pays, on dispose de bonnes données historiques sur les rejets atmosphériques pour chaque procédé spécifiques. Ce n'est pas le cas pour les émissions dans l'eau. En effet, les flux provenant des différents procédés sont mélangés et donnent un effluent final dont les caractéristiques résultent d'une combinaison complexe de facteurs, tels que les types de fibres et les matières traitées, les techniques mises en œuvre et les types de produits chimiques et d'adjuvants utilisés[25].



Chapitre – II–

Matériel et méthodes

1 Produits et matériels utilisés

1.1 Produits chimiques :

- a) Acide chlorhydrique (HCl)
- b) La soude (NaOH).
- c) Nitrate d'argent (AgNO_3)
- d) Chlorure de sodium (NaCl).
- e) Alginate ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$)_n
- f) Bleu de méthylène $\text{C}_{16}\text{H}_{18}\text{N}_3\text{ClN}_3\text{S}$
- g) Vertmalachite $\text{C}_{52}\text{H}_{54}\text{N}_4\text{O}_{12}$

1.2 Matériel

- a) Verrerie de laboratoire : fioles jaugées, entonnoirs, béchers, pipettes, tubes à essai, éprouvettes, flacons...
- b) Tamis
- c) cristalliseur
- d) Papier filtre
- e) Mortier

1.3 Appareillage

- a) Etuve
- b) Agitateur magnétique chauffant.
- c) Balance de précision
- d) pH mètre
- e) Centrifugeuse
- f) Spectrophotomètre Infrarouge FT-IR
- g) Spectrophotomètre UV-Visible
- h) Diffraction des rayons X (DRX)

2 Protocol expérimental :

2.1 La purification de la bentonite

2.1.1 Purification par sédimentation

L'argile brute utilisée au cours de notre étude provient de la wilaya du Maghnia , après un traitement mécanique l'échantillon brut est réduit en grains de diamètre inférieur ou égal à 0,2 mm .

La bentonite brute renferme de ce fait des impuretés qui doivent être éliminées. La majeure partie de l'argile se trouvant dans la fraction inférieure à $2\mu\text{m}$, la séparation est effectuée par sédimentations successives à partir d'une suspension d'argile dispersée.

Pour la sédimentation de la bentonite, 20g de bentonite sont dispersés dans un bécher de 1 L contenant 1 L d'eau distillée sous agitation pendant 2 heures. Le contenu a été versé dans une éprouvette et laissé pendant 24h pour la décantation.

La partie surnageant est récupérée par le siphonage et séché dans l'étuve pendant 24h à une température de 100°C puis broyé par un mortier et tamisés.

2.1.2 Le traitement chimique

Un traitement chimique a été effectué selon le protocole suivant :

- Le lavage de l'argile (10g) dans (250ml) de la solution acide chlorhydrique ($\approx 8,5$ ml HCL (0,1 M) dans 1 L d'eau distillée) a froid avec une agitation de 4h pour la destruction de carbonates et l'élimination du sulfure de fer, l'hydroxyde et l'oxyde d'aluminium déposés.
- Filtration de la solution et lavage avec l'eau distillée et confirmation par la solution d' AgNO_3 (1,09g dans 100ml d'eau distillée)
- séchage, broyage et tamisage
- L'homo-ionisation sodique par une solution NaCl (1 M) (58,44 g de NaCl dans 1L d'eau distillée), sous agitation mécanique pendant 4h à une température ambiante, on obtient la bentonite sodique. Les ions Cl gênants sont éliminés par lavage à l'eau.
- Un test à AgNO_3 confirme l'absence des ions Cl^- .
- En fin la bentonite sodique (bentonite- Na^+) recueilli est séché à 60°C dans l'étuve pendant 24h puis broyer et tamisé.

Images illustrant le protocole de purification de la bentonite (photos originales)

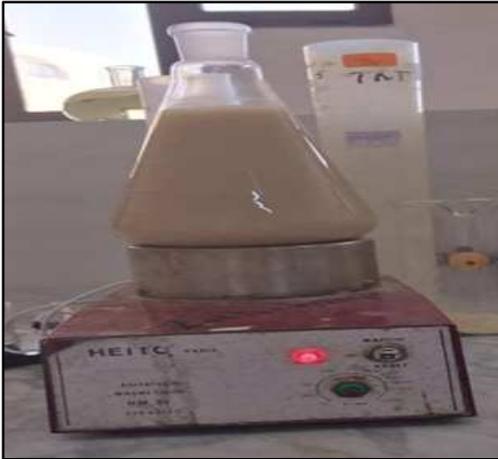


Figure II-1 : Agitation d'une bentonite brute



Figure II-2 : décantation de la solution

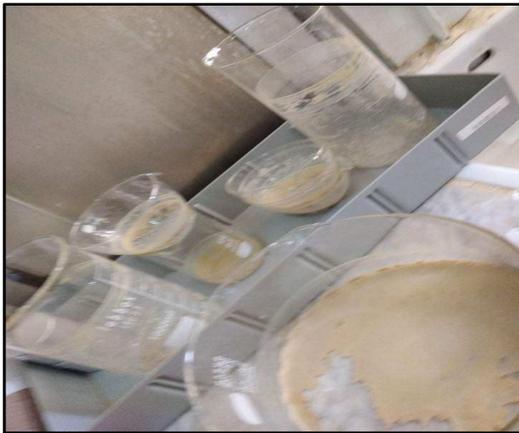


Figure II -3: séchage et récupération de la bentonite



FigureII -4: broyage de la bentonite récupérée



Figure II-5 : Tamisage de la bentonite



Figure II-6 : traitement chimique

2.2. Préparation des billes de composite Alginate/Argile modifiée

D'après une étude intitulée « *Elimination d'un colorant d'un rejet industriel par un composite " Argile modifiée / polymère"* », pages 6-7, faculté SNV- Université de Tiaret »,

Pour la préparation des billes mixtes alginate /argile modifiée, une masse d'argile activée de 1g est dispersée dans un volume de 1000 ml d'eau distillée. Cette suspension est agitée pendant 24 heures, le temps nécessaire pour qu'elle soit homogène

- 1g d'alginate a été mis dans 1000ml d'eau distillée et laissé sous agitation magnétique pendant 1heure.
- La solution d'alginate déjà préparé est ajoutée goutte à goutte dans la suspension argileuse qui a été maintenue sous agitation pendant 2 heures.
- Le produit obtenu sous forme précipité est ajouté goutte à goutte dans 200 ml d'une solution de chlorure de calcium CaCl_2 0,1M sous agitation moyenne et continue.
- Des billes de composite (alginate/argile) sont obtenues puis filtrées et lavées avec de l'eau distillée après 3heures de maturation dans la solution de chlorure de calcium.
- L'opération de lavage est répétée autant de fois jusqu'à ce que le pH des eaux de lavage soit neutre. Les composites obtenus sont séchés à l'air libre pendant 24h, et finalement broyées [26].



Figure II-7 : Composite alginate/argile sous forme poudre[27]

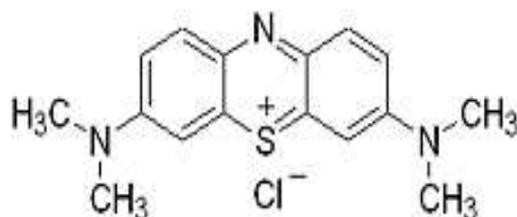
3. Colorant étudié

3.1. Bleu de méthylène

3.1.1. Définition

Le Bleu de méthylène (ou chlorure de méthylthionium) est un composé organique dont le nom en nomenclature systématique est 3,7-bis-(diméthylamino) phénazathionium. Il est le colorant le plus couramment utilisé dans la teinture du coton, du bois et de la soie[28].

Il fut synthétisé la première fois par Heinrich Caro en 1876 .Ce composé peut être préparé en traitant la diméthyle-4-phénylènediamine avec du sulfure d'hydrogène dissous dans de l'acide chlorhydrique, puis on l'oxyde avec du chlorure ferrique[29].



FigureII-8 : Structure chimique du bleu de méthylène

3.1.2 Les principales caractéristiques physico-chimiques du BM :

Tableau II -1:- Les principales caractéristiques physico-chimiques du bleu de méthylène [30]

Dénomination	Bleu de méthylène chlorure de tétraméthylthionine. Bleu basic952015 (I.C)
Appellation chimique	Chlorure de 3,7- bis (diméthylamino) phénazathionium
Famille	Colorant basique
Formule brute	$C_{16}H_{18}N_3ClS$
Masse molaire (mg/l)	319,85
Solubilité dans l'eau (g/l) à 20°C	40
Point de fusion (°C)	180
Pureté(%)	≥ 85
pH	5,9

pKa	3,8
$\lambda_{\max}(\text{nm})$	664

3.2. Le vert de malachite

3.2.1. Définition

Le vert de malachite est un colorant se présentant sous forme de cristaux verts, aux reflets métalliques, très solubles dans l'eau. Bien que la solution ait une couleur proche de celle du sulfate de cuivre, ce corps chimique est exempt de cuivre. Seul, le vert de malachite pur sera employé en thérapeutique pisciaire. La présentation destinée à la teinturerie est à rejeter, car elle contient du chlorure de zinc, toxique pour le poisson [31].

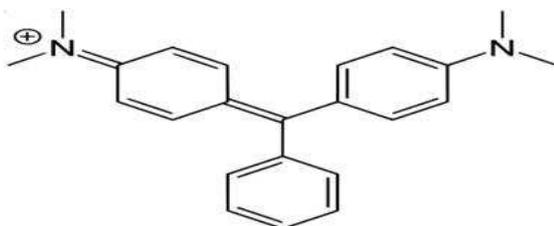


Figure II-9 : La structure chimique de vert malachite

3.2.2 Les principales caractéristiques physico-chimiques du VM

Tableau II-2: Les principales caractéristiques physico-chimiques du vert malachite

Dénomination	Vert malachite Triphénylméthane diamine
Formule chimique	$\text{C}_{52}\text{H}_{54}\text{N}_4\text{O}_{12}$
Masse moléculaire	927,00g /mol
λ_{\max} (nm)	620
Solubilité dans l'eau	110g/l

pH : le vert malachite possède deux zones de virages, un en milieu très acide et un en milieu très basique ($\text{pKa}_1 : 1,3, \text{pKa}_2 : 12,5$) [32].

4.Adsorption

4.1.Définition

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. Au cours de ce processus les molécules d'un fluide (gaz ou liquide), appelé adsorbat, viennent se fixer sur la surface d'un solide, appelé adsorbant. Ce procédé définit la propriété de certains matériaux de fixer à leur surface des molécules (gaz, ions métalliques, molécules organiques, etc.) d'une manière plus ou moins réversible. Au cours de ce processus, il y aura donc un transfert de matière de la phase aqueuse ou gazeuse vers la surface solide. Le solide acquiert alors des propriétés superficielles (hydrophobie ou hydrophilie) susceptibles de modifier l'état d'équilibre du milieu (dispersion, floculation)[33].

4.2.Types d'adsorption

4.2.1. Physisorption

Elle résulte des forces de Van Der Waals. La molécule adsorbée est fixée sur un site spécifique et peut se déplacer librement à l'interface. La physisorption est prédominante à basses températures, elle est caractérisée par une énergie d'adsorption faible (la molécule adsorbée n'est pas donc fortement liée).

4.2.2.Chimiosorption

Elle résulte d'une interaction chimique entre l'adsorbant et l'adsorbat. Elle conduit à la formation, entre la surface du solide et les molécules adsorbées, de liaisons covalentes ou électrovalences du même type que celles qui lient entre eux les atomes d'une molécule. Les molécules chimisorbées ne peuvent pas, dans ce cas, bouger librement à la surface. Elle génère de fortes énergies d'adsorption et est favorisée par les températures élevées[34].

4.3.Facteurs affectant l'adsorption

Les facteurs qui affectent le procédé d'adsorption sont les propriétés de l'adsorbant et de l'adsorbât.

4.3.1. Propriétés de l'adsorbât

Le taux d'adsorption augmente lorsque:

- La polarité diminue;
- La concentration de l'adsorbât augmente;
- L'ionisation ou la dissociation diminue;
- La solubilité diminue;
- La température augmente: l'adsorption chimique est endothermique, le taux est donc plus élevé à haute température (cependant l'adsorption physique est exothermique).

4.3.2. Propriétés de l'adsorbant

Pour déterminer si un contaminant sera adsorbé et selon quel ordre de grandeur, les propriétés suivantes de l'adsorbant doivent être considérées:

- La surface spécifique;
- La distribution des tailles de pores;
- La nature physico-chimique de la surface;
- Le pH: le taux d'adsorption est maximal au point isoélectrique de l'adsorbant (neutralité électrique).

4.4. Cinétique d'adsorption

La cinétique d'adsorption, exprimée en terme de taux de rétention de soluté en fonction du temps de contact, est l'une des plus importantes caractéristiques définissant l'efficacité d'une adsorption. La célérité avec laquelle l'équilibre thermodynamique est atteinte en fonction de la vitesse de diffusion de l'adsorbât et de l'interaction adsorbât-adsorbant.

La cinétique d'adsorption est en général du premier ou du second pseudo-ordre.

4.4.1 Modèle pseudo-premier ordre

Le modèle cinétique du premier ordre connu par l'équation de Lagergren est basé sur la supposition que le taux de rétention d'un soluté, au cours du temps, est proportionnel à la différence entre la quantité adsorbée à l'équilibre et celle adsorbée à un instant t, soit:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1(q_e - q_t) \quad (1)$$

Avec : q_e : quantité d'adsorbât à l'équilibre par gramme d'adsorbant (mg g^{-1})

t: le temps de contact (min)

k_1 : constante de vitesse d'adsorption pour le premier ordre (min^{-1})

L'intégration de l'équation (1) donne:

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - k_1 t \quad (2)$$

4.4.2. Modèle pseudo-second ordre

Le modèle cinétique du second ordre ou modèle de Ho et McKay peut être exprimé par l'équation :

$$\frac{dq_t}{dt} = k_2(q_e - q_t)^2 \quad (3)$$

L'intégration de l'équation (3) donne :

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad (4)$$

Avec k_2 constante de vitesse d'adsorption pour le pseudo-second ordre ($\text{g mol}^{-1} \text{min}^{-1}$), q_e : la quantité d'adsorbât à l'équilibre par gramme d'adsorbant (mg.g^{-1}).

La quantité d'adsorption à l'équilibre (q_e) et la constante du pseudo-second ordre taux k_2 peuvent être déterminées expérimentalement à partir de la pente et de l'ordonnée à l'origine de t/q_t en fonction de t .

4.5. Isotherme d'adsorption :

Plusieurs chercheurs ont proposés des molécules, théoriques ou empiriques, pour d'écrire la relation entre la masse d'adsorbât fixée à l'équilibre (q_e) est la concentration sous laquelle elle a lieu (C_e). Il s'agit de relation non cinétique $q_t = f(C_e)$, que l'on nomme isothermes.

4.5.1. Type d'Isothermes d'Adsorption

Selon la classification de l'U.I.C.P.A pour le cas de l'adsorption en phase gazeuse, cinq formes d'isotherme peuvent être distinguées :

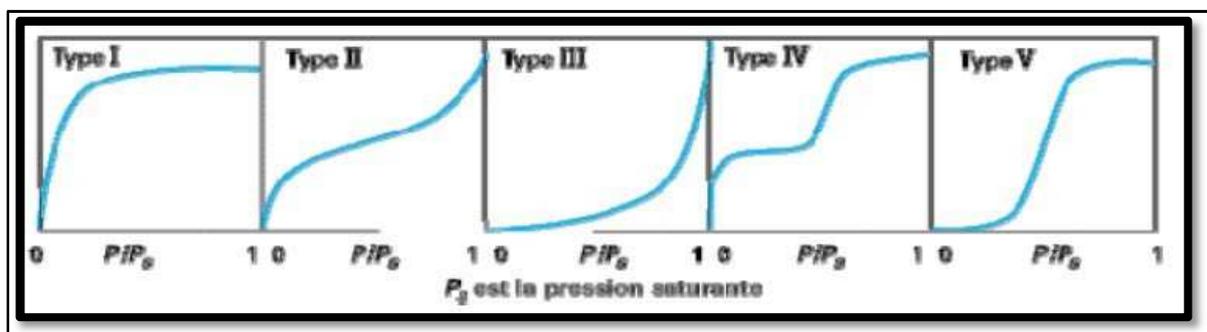


Figure II-10: Classification des isothermes d'adsorption

4.5.1.a. Une isotherme de type I est caractérisée par un adsorbant dont le volume microporeux est particulièrement élevé. La saturation des sites d'adsorption se fait progressivement à faibles concentrations. La forme de l'isotherme est caractérisée par un long plateau indiquant une faible formation de multicouches. Cette forme est à rapprocher du modèle mathématique de Langmuir qui sera abordé plus loin. On considère dans ce cas que les sites d'adsorption sont équivalents.

4.5.1.b. Les isothermes de type II et III sont observées dans le cas d'adsorbant ayant un volume macroporeux important. L'adsorption se fait d'abord en monocouche puis en multicouche jusqu'à une condensation capillaire. L'isotherme de type III met en évidence une formation de multicouches dès des faibles concentrations. Ce comportement traduit l'existence d'interactions intermoléculaires fortes comparées à l'interaction entre les molécules et le solide.

4.5.1.c. Les isothermes de type IV sont associées aux adsorbants plutôt mésoporeux. La présence de deux paliers peut résulter de la formation de deux couches successives d'adsorbât à la surface du solide quand les interactions entre les molécules et la surface sont plus fortes que celles entre les molécules. Dans ce cas, les sites d'adsorption de la seconde couche ne commencent à se remplir que lorsque la première couche est pleine.

4.5.1.d. Les isothermes de types V sont aussi caractérisées par des échantillons microporeux avec formation de multicouches dès des faibles concentrations. Comme c'est le cas des isothermes de type III, ce comportement est représentatif d'interaction plus forte entre les molécules qu'entre les molécules et l'adsorbant. Il est important de préciser que le lien entre la forme de l'isotherme et le mode d'adsorption s'applique dans le cas des gaz, mais cette vision apparaît moins adaptée au cas de l'adsorption en solution aqueuse. En effet, les interactions mises en jeu sont beaucoup plus diverses et les caractéristiques physiques de l'adsorbant ne sont plus aussi prépondérantes. La nature des fonctions de surface et celle des molécules jouent dans ces conditions un rôle important.

$$q_e = (C_e)^{35}$$

4.6. Modélisation des isothermes d'adsorption

Plusieurs lois ont été proposées pour l'étude d'adsorption, elles expriment la relation entre la quantité adsorbée et la concentration en soluté dans un solvant à une température donnée, nous citons ci-dessous les deux principaux types.

4.6.1. Modèle de Langmuir

Le modèle de Langmuir (Langmuir 1916) rend compte de l'équilibre thermodynamique entre la quantité adsorbée et les concentrations libres du couple adsorbât/adsorbant. Ce modèle repose sur les hypothèses suivantes :

- L'adsorption maximale correspond à un recouvrement monocouche de la surface de l'adsorbant,
- Les sites d'adsorption sont homogènes avec une énergie d'adsorption constante quelle que soit la quantité adsorbée,
- les molécules adsorbées ne présentent pas d'interactions entre elles.

L'équation de Langmuir s'écrit :

$$q_e = q_m \frac{K_L \times C_e}{1 + K_L \times C_e}$$

Où

- C_e : la concentration du soluté à l'équilibre en solution (mol.l^{-1} ou g.l^{-1})
- Q_e : la concentration du soluté à l'équilibre dans le solide (mol.L^{-1} ou g.g^{-1})
- q_m : la capacité maximale d'adsorption (mol.l^{-1} ou g.g^{-1})
- k_L : la constante d'équilibre ($\text{l.mol}^{-1}\text{L.g}^{-1}$)

4.6.2. Isotherme de Freundlich

C'est une équation empirique largement utilisée pour la représentation pratique de l'équilibre d'adsorption. Elle se présente sous la forme :

$$Q = K_f C_e^{1/n_f}$$

Q : Quantité adsorbée par gramme du solide.

C_e : Concentration de l'adsorbât à l'équilibre d'adsorption.

K_f et $1/n_f$: constantes de Freundlich caractéristiques de l'efficacité d'un adsorbant donné vis-à-vis d'un soluté donné [36].

5. Les méthodes de caractérisations

5.1. DRX

La Diffraction des Rayons X (DRX) est une technique de caractérisation des matériaux cristallisés, qu'ils soient massifs, sous forme de poudre ou de dépôts. En laboratoire, cette technique est principalement appliquée aux matériaux inorganiques : minéraux, métaux, alliages, céramiques....

Le principe est le suivant : les faisceaux de Rayons X produits par le tube sont envoyés sur l'échantillon dans lequel ils sont déviés par les atomes. Ces faisceaux diffractés interfèrent entre eux, conduisant à la production d'un signal intense dans certaines zones précises de l'espace. C'est ce signal qui est collecté par le détecteur, et tracé sous forme d'une courbe (diffractogramme) qui présente des pics à des angles bien spécifiques de diffraction. La position de ces pics est une véritable signature de l'arrangement des atomes à l'intérieur d'un cristal (distance entre atomes, entre plans intracristallins). La relation empirique qui relie les angles auxquels sont observés les pics et les distances entre plans atomiques est la loi de Bragg [37].

5.2. Uv-Visible

La spectroscopie uv-visible permet d'accéder qualitativement à des renseignements quant à la nature des liaisons présentes au sein de l'échantillon mais également de déterminer quantitativement la concentration d'espèce absorbant dans ce domaine spectral .non destructive et rapide .cette spectroscopie est largement réponde en travaux pratiques de chimie ainsi qu'en analyse chimique ou biochimique [38].

la quantité de lumière absorbée est proportionnelle à la concentration du composé coloré recherché comme le montre la loi de Béer Lambert :

$$\text{Log}(I_0/I)=A=DO=\varepsilon.C.I$$

I_0 : intensité de lumière entrante.

I : intensité de lumière sortante.

ε : coefficient d'extinction molaire.

I : chemin optique, longueur de la cuve d'échantillon (cm).

C : concentration de la solution (mol/l)



FigureII-11 :Uv-visible

5.3. Spectroscopie infrarouge

La spectroscopie infrarouge est une technique qui demeure très utilisée pour la caractérisation des phases argileuses .elle permet de rendre compte des modifications à l'intérieur d'un réseau cristallin surtout lors de l'insertion de molécules organique dans l'espace interfoliaire[39].

La bande spectrale d'infrarouge IR est subdivisée en trois régions :

- IR Proche : 12500cm^{-1} - 4000cm^{-1}
- IR Proche : 4000cm^{-1} - 400cm^{-1}
- IR lointain : inférieur à 400cm^{-1}

6. Les paramètres influençant l'adsorption

La capacité d'adsorption d'un matériau est influencée par les propriétés physico-chimiques de l'adsorbant (surfaces spécifique ,granulométrie ,fonctions de surface ,porosité,...) ,de l'adsorbat (concentration dans la solution ,solubilité, taille , fonctions chimiques présentes ,compétition entre les différentes molécules) et celles du milieu (force ionique ,pH, température ,agitation, caractéristiques hydrodynamiques[40].

6.1. Détermination de la longueur d'onde d'adsorption maximale (λ_{max})

La longueur d'onde maximale d'adsorption (λ_{max}), a été déterminée par l'établissement du spectre visible d'un échantillon d'une solution de concentration de 40 mg/L en colorant. Le spectre obtenu est présenté dans la partie résultats et discussion.

6.2.Vérification de la loi de Beer-Lambert

Pour établir la courbe d'étalonnage, nous avons mesuré à la longueur d'onde maximale (λ_{\max}), les absorbances des échantillons des solutions de colorant de différentes concentrations, préparées à partir de la solution mère.

6.3. Influence du pH

20 ml d'une solution de vert malachite (100 mg/l) est mis en contact avec 50 mg d'adsorbant. Le pH des solutions de colorant a varié entre 2 et 8 en utilisant une solution de soude NaOH à (0,1M ou 1M) ou une solution d'acide sulfurique H₂SO₄ (0.1M ou 1M). Pendant les expériences, nous avons respecté les temps d'équilibres pour les l'interaction du colorant avec les différents adsorbants.

6.4. Effet du temps de contact et la concentration initiale du colorant :

Les concentrations en colorant et la masse de l'adsorbant sont des facteurs très importants pour une adsorption efficace.

a) **Vert malachite** : Pour démontrer l'effet de la concentration en colorant sur l'adsorption, des expériences ont été effectuées à différentes concentrations en colorant.

Une masse 50 mg d'adsorbant est mise en contact avec 20 ml de la solution de colorant, pendant

45 minutes, temps d'équilibre déterminé après les expériences d'effet du temps de contact.

b) **Bleu de méthylène**

La cinétique d'adsorption du bleu de méthylène par les billes argile /alginate a été étudiée pour sept concentrations initiales différentes en bleu de méthylène (20, 50, 100, 200, 300, 400 et 500 mg.L⁻¹). La quantité du bleu de méthylène adsorbé au temps t (qt) en fonction du temps (t).

6.5. Effet de la température sur le processus d'adsorption

La température joue un rôle essentiel dans la détermination des chaleurs d'adsorption du colorant sur les différents adsorbants, en général, le taux d'adsorption augmente avec l'augmentation de la température.

Après l'optimisation du temps de contact à l'équilibre, le pH du milieu et la masse d'adsorbant utilisé, on a testé l'adsorption à 24, 35,45 et 55°C pour voir l'influence de la température sur l'adsorption du vert malachite [41].



Chapitre – III–

Résultats et discussion

1. Introduction

Dans ce chapitre, tous les résultats expérimentaux obtenus sont présentés et discutés. En effet, comme mentionné auparavant le programme expérimental réalisé a considéré l'étude de l'adsorption du vert malachite et le bleu de méthylène comme polluant organique, sur les composites alginate/argile comme matériaux naturels adsorbants, une étude expérimentale a été menée considérant l'influence de quelques paramètres physico-chimiques sur la capacité d'adsorption des matériaux utilisés, la détermination de la nature de l'isotherme d'adsorption ainsi que la détermination de la cinétique d'adsorption.

L'objectif étant de mettre en évidence la rentabilité et l'efficacité des supports solides.

2. Caractérisation de la bentonite :

2.1. Caractérisation physique

2.1.1 Analyse par diffraction des rayons X (DRX)

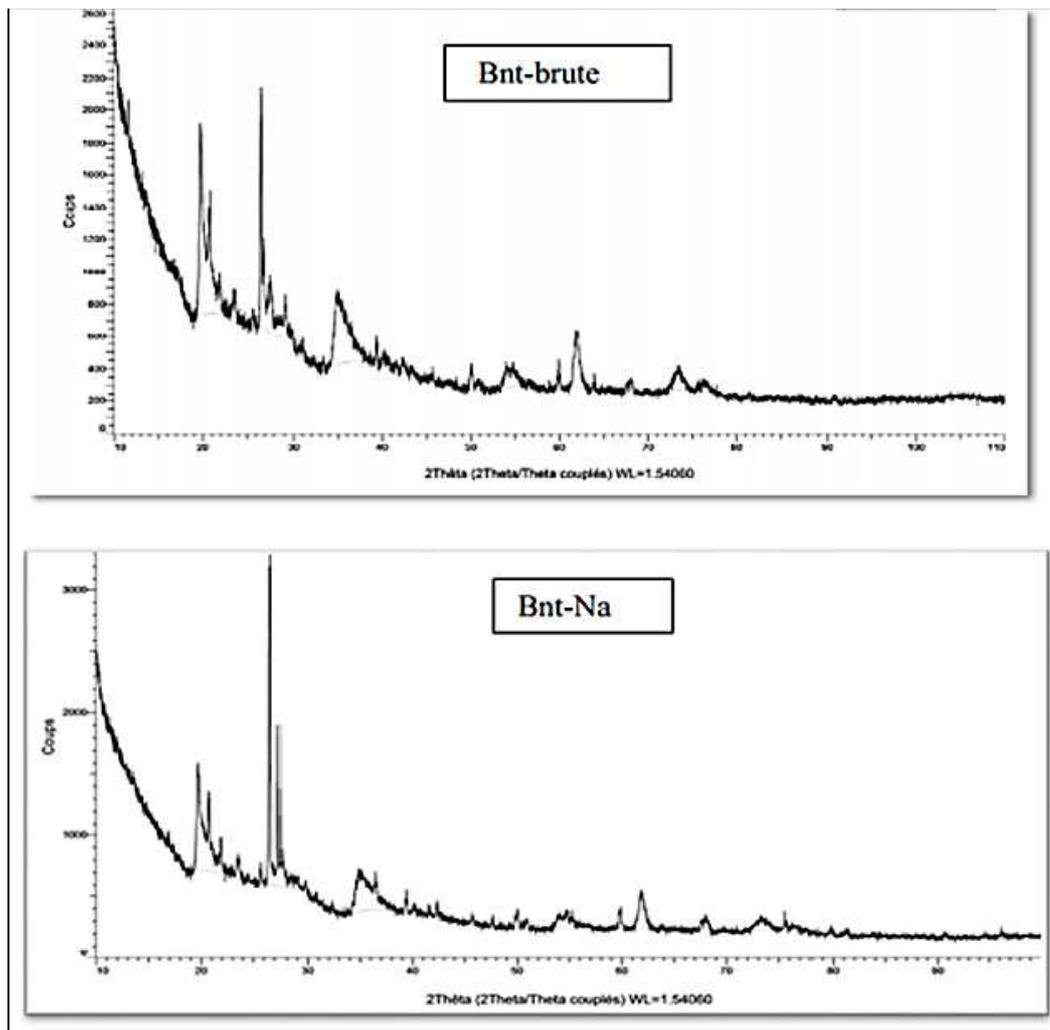


Figure III-1- : Diffractogramme DRX des bentonites brute et purifiée[42]

Les résultats de DRX présentés sur **Figure III-1** montrent que le traitement chimique a causé des changements dans la structure de l'argile brute. ce traitement a affecté principalement quelques réflexions. il conduit à un déplacement vers les faibles angles où on remarque l'apparition d'un nouveau pic principal sur le diffractogramme de la Bnt Na situé à ($2\theta=29^\circ$). ceci peut être dû à la décomposition partielle de l'espace interfoliaire causé par le traitement chimique et la sodification.

2.1.2 Spectroscopie infrarouge

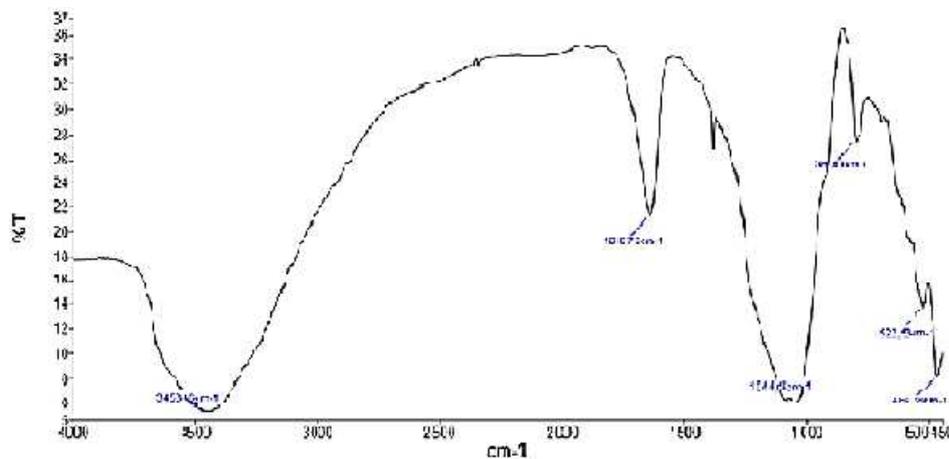


Figure III-2-: Spectre infrarouge de l'argile

Sur le spectre infrarouge, on remarque la présence des bandes d'absorption de la phase argileuse et des impuretés provenant de la phase cristalline. L'examen de ce spectre fait apparaître des bandes d'absorptions caractéristiques regroupées dans le tableau III-1.

Tableau III-1: Principales bandes d'absorption de l'argile

Bandes (cm ⁻¹)	3453	1638	1044	796
Groupement	OH	OH	Si-O	Si-O-Al

- **Bandes d'absorption caractéristiques de la phase argileuse :**

Ces bandes correspondent aux liaisons Si–O, Si–O–M, M–O–H où (M= Al, Fe et Mg) existantes entre les anions et les cations situés en sites octaédriques ou tétraédriques, ainsi qu'un grand nombre des groupements OH :

- Liaisons O–H :

La bande moyenne qui est centrée à 1638 cm^{-1} est attribuée aux vibrations de valence (allongement) de la liaison O-H de l'eau de constitution.

La bande large située dans l'intervalle $3200\text{-}3600\text{ cm}^{-1}$, avec un pic intense à 3453 cm^{-1} et un épaulement à 3630 cm^{-1} est très caractéristique des montmorillonites. Ce dernier pic correspond aux vibrations d'allongement de la liaison des groupements OH de la couche octaédrique, soit à un atome d'aluminium et un atome de magnésium soit à deux atomes d'aluminium (3453 cm^{-1}).

-Les liaisons Si-O :

La bande moyenne située entre $900\text{-}1200\text{ cm}^{-1}$ et centrée vers 1043 cm^{-1} correspond aux vibrations de valence de la liaison Si-O.

• Bandes d'absorption caractéristiques des impuretés cristallines :

Une très faible bande à 796 cm^{-1} correspond aux vibrations des liaisons Si-O du quartz

2.2 Analyses chimiques :

Les tableaux III-2 montre les résultats de l'analyse chimique des bentonites naturelle et purifié.

Tableau III-2: Analyse chimique de la bentonite

Oxydes	Bentonite brute	Bentonite sodifiée (%)
SiO ₂	61,0	62,4
Al ₂ O ₃	16,10	17,33
Fe ₂ O ₃	2,80	1,2
MgO	3,53	2,56
CaO	3,15	0,81
Na ₂ O	1,50	1,59
K ₂ O	1,60	1,50
MnO	0,04	0,04
TiO ₂	0,22	0,20
H ₂ O	10,16	12,37
Total	100,01	100,0

Perte au feu	12,1	
--------------	------	--

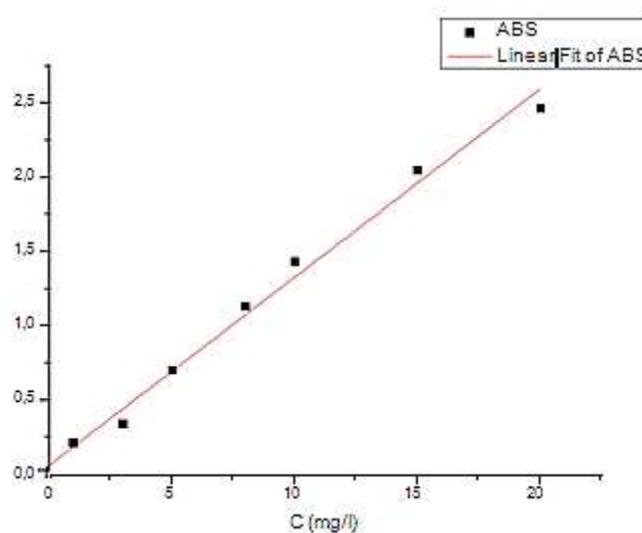
Les analyses chimiques des échantillons des bentonites montrent que le total alcalinoterreux après la purification atteint le même niveau qu'avant. Par contre, et contrairement dans le cas de la prépondérance persistance du calcium. On remarque aussi une diminution de la teneur en fer après purification. L'élimination des impuretés alumineuses (hydroxydes) et siliceuses (quartz) augmente sensiblement les teneurs en Al et Si (réseau argileux). La bentonite sodifiée contient un pourcentage important de sodium comme le montre le tableau III-2[43]

3. Caractérisation des colorants

3.1 Étalonnage de la solution

3.1.1 Vert de malachite

Nous avons établi une courbe d'étalonnage qui nous a permis de déterminer le domaine de concentration pour lequel la loi de Beer Lambert est respectée. Dans ce but, nous avons mesuré les absorbances des échantillons de solutions de colorant à différentes concentrations, à la longueur d'onde maximale (620 nm).



FigureIII-3- : Courbe d'étalonnage de vert malachite à $\lambda_{\max}= 620$ nm

3.1.2 Bleu de méthylène

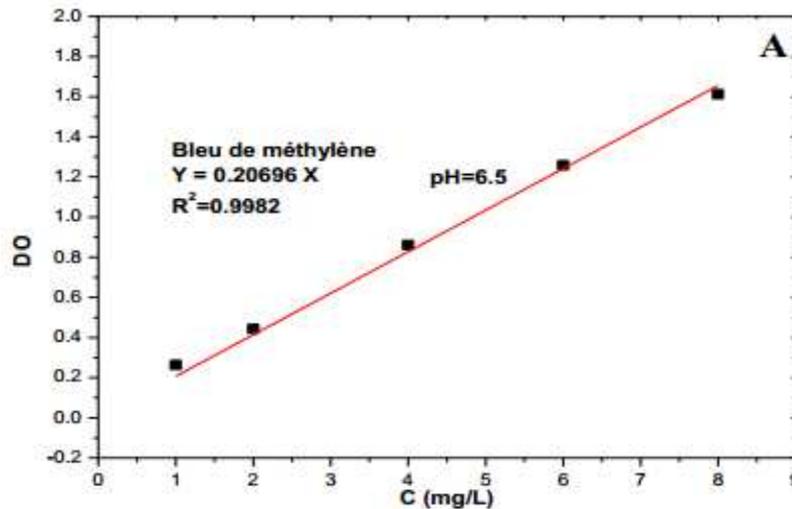


Figure III – 4- : Courbes d’étalonnage à pH neutre: Bleu de méthylène à 664 nm.[44]

4. Caractérisation de l’alginate

4.1. Spectre infrarouge de l’alginate :

La figure (III-5) représente le spectre infrarouge de l’alginate utilisée. L’attribution des principaux pics à l’alginate est présentée sur le tableau **Tableau III-3** :

Tableau III-3: Principales bandes d’absorption d’alginate :

Bandes (cm-1)	3452	1637	1384
Groupements	OH	COO-asymétrique	COO- symétrique

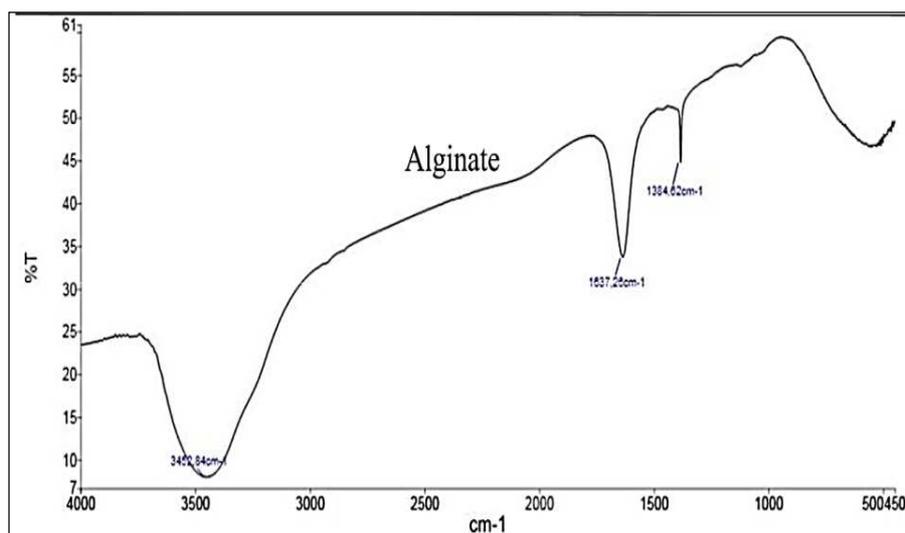


Figure III-5-: Spectre infrarouge de l’alginate de sodium. [45]

Le spectre infrarouge d’alginate est présenté sur la figure (III-5-)les bandes

Caractéristiques sont :

- 3452 cm^{-1} : une large bande caractéristique des groupements OH.
- 1637 cm^{-1} : bande caractéristique des groupements carboxylate COO^- asymétriques.
- 1384 cm^{-1} : bande caractéristique des groupements carboxylate COO^- symétriques.
- 1037 cm^{-1} : faible bande caractéristique des liaisons C-O-C.

5 Caractérisation du composite :

5.1 Spectres infrarouge des composites :

D'après la figure qui représente les spectres infrarouge des composites de différents rapports alginate/argile (2%, 10%, 30%, 50% et 100%), on remarque la présence de Plusieurs bandes caractéristiques.

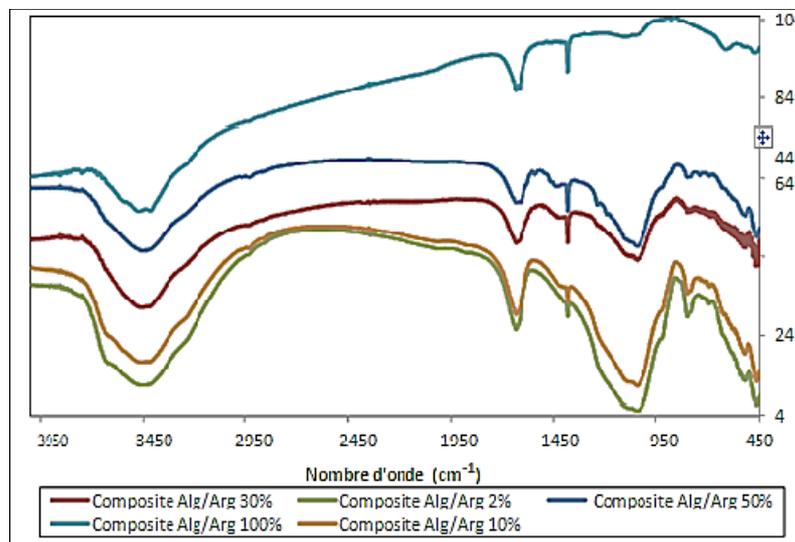


Figure III-6- : Spectre infrarouge des différents rapports de composite alginate/argile.[46]

Les spectres montrent l'évidence claire de la présence simultanée de l'alginate, et de l'argile activée. La Figure montre une large bande allant de ($3457\text{ à }3470\text{ cm}^{-1}$) attribuée aux groupements OH. Cette bande augmente et varie proportionnellement à la quantité d'alginate utilisée dans la préparation des différents composites.

La bande à 3650 cm^{-1} de l'argile activée, caractéristique des liaisons OH disparaît au fur et à mesure que le rapport alginate/argile augmente.

On remarque la même chose pour les bandes à 795 cm^{-1} et à 1042 cm^{-1} attribuées aux liaisons Si-O-Al et Si-O respectivement qui disparaissent en augmentant le rapport alginate/argile.

Les bandes à 1637 cm^{-1} et à 1334 cm^{-1} observées sur les spectres sont attribuées aux bandes des carboxylates asymétriques et symétriques de l'alginate respectivement.

6. Résultat des essais d'adsorptions

6.1 Effet du pH sur l'absorbance du vert malachite à 20 mg/l

D'après une étude réalisée sur l'adsorption du vert malachite sur une montmorillonite, le pH initial de la solution du vert malachite n'a aucune influence sur la longueur d'onde maximale d'absorption. Nous avons suivi l'évolution de l'absorbance en fonction du pH pour voir l'influence de l'acidité et de la basicité du milieu sur la structure de vert malachite

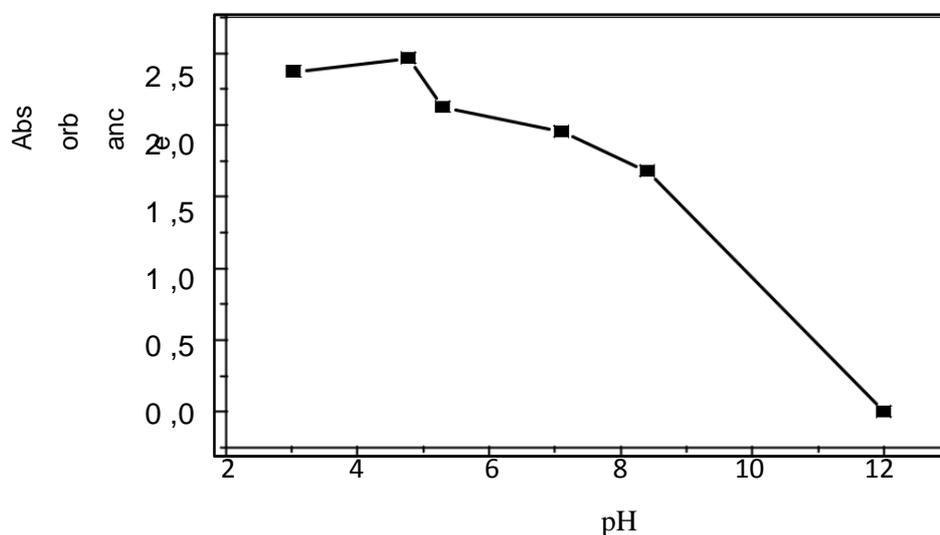
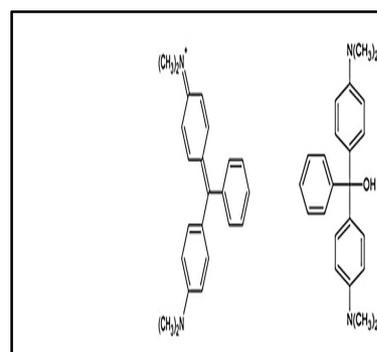
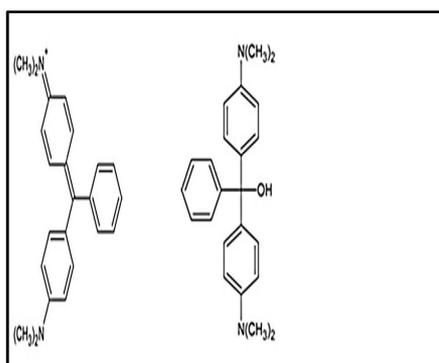


Figure III-7- : Effet du pH sur l'absorbance du vert malachite à 40 mg/l et à $\lambda_{\text{max}} = 620\text{ nm}$

On remarque que l'absorbance diminue en fonction de l'augmentation du pH. En effet en milieu acide, la structure du colorant est affectée par la présence des ions H^+ . L'intensité de la couleur diminue en fonction du milieu, cela est dû à la prédominance de la forme protonnée du vert malachite en milieu acide (liaisons $\text{C}=\text{N}^+(\text{CH}_3)_2$ de couleur jaune) qui passe à une autre forme déprotonnée (carbinol incolore) à des pH plus élevés



Milieu acide : forme protonée

Milieu basique: forme carbinol (déprotonée)

Figure III-8- : Structures du colorant vert malachite en milieu acide et en milieu basique

6.2. Effet du temps de contact et de la concentration initiale

6.2.1. Bleu de méthylène :

D'après des études ultérieures, pour la préparation des billes mixtes alginate/bentonite organon-activée (A-OAB) prouvé par la variation des paramètres, l'étude des cinétiques d'adsorption des composés par les billes biomatériaux est menée en déterminant la quantité d'adsorbant adsorbé par les billes pour des temps de contact variables. Plusieurs concentrations initiales en chaque adsorbant C_0 (mg.l^{-1}) ont été utilisées de façon à observer l'influence de ce paramètre sur les cinétiques d'adsorption par les billes.

La cinétique d'adsorption du bleu de méthylène par les billes argile /alginate a été étudiée pour sept concentrations initiales différentes en bleu de méthylène (20, 50, 100, 200, 300, 400 et 500 mg.l^{-1}). La quantité du bleu de méthylène adsorbé au temps t (q_t) en fonction du temps (t) est représentée sur la Figure III-9

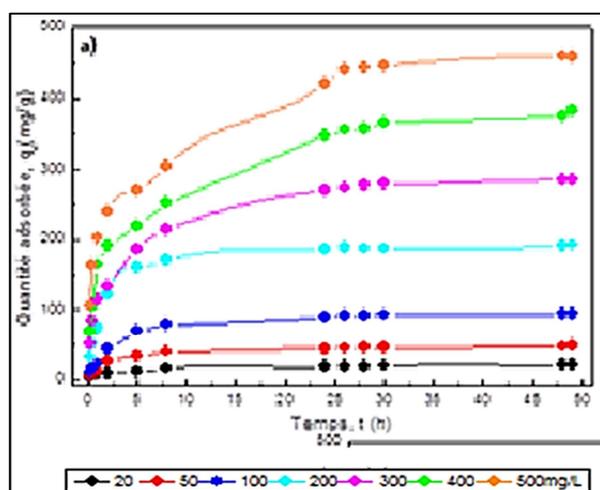


Figure III-9- Cinétique d'adsorption du BM sur la bentonite

Les courbes ont une allure similaire. Dans un premier temps, l'adsorption augmente rapidement puis plus lentement jusqu'à atteindre un plateau correspondant à l'état d'équilibre

où au minimum 90% du bleu de méthylène sont adsorbés. Le temps pour atteindre l'équilibre dépend de la concentration initiale en bleu de méthylène.

Il est observé également que l'augmentation de la concentration initiale du BM entraîne une augmentation de la quantité adsorbée à l'équilibre. Donc, ce phénomène peut s'expliquer par l'augmentation de transfert de masse, donc la vitesse à laquelle les molécules du BM passent de la solution vers les particules du solide, ce qui contribue à l'augmentation de la quantité adsorbée par unité de masse d'adsorbant. L'équilibre est atteint en 60 minutes pour la concentration la plus faible et en 24 heures pour la concentration la plus élevée. Il est à noter qu'il ne faut que 15 min pour atteindre 50% d'adsorption pour la concentration la plus faible alors que 1 heure est nécessaire pour la concentration la plus forte. Les temps nécessaires pour atteindre l'équilibre lors de l'adsorption des colorants par les billes d'alginate sont proches de ceux reportés dans la littérature pour des systèmes similaires. [47]

6.2.2. Vert malachite

La figure III-10 suivante représente l'effet du temps de contact sur l'adsorption du vert malachite sur les trois supports: argile activée, composites alginate/argile de rapports massiques de 2% et de 100%.

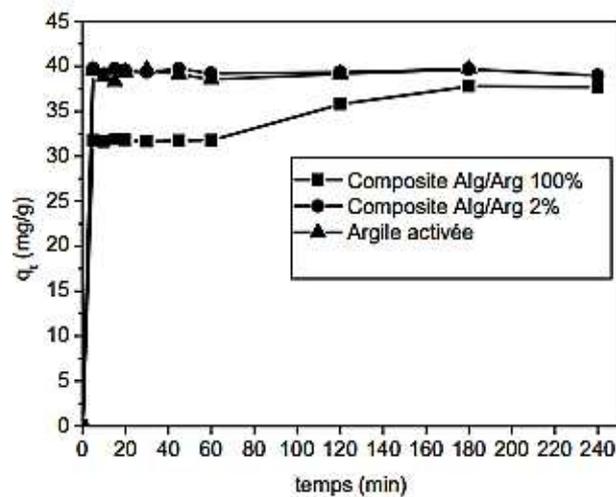


Figure III-10- : Effet du temps de contact sur l'adsorption du vert malachite sur l'argile activée

(▲) et sur le composite alginate/argile (rapport 100%

(■) et 2% (●)); pH=3.65; C₀=100mg/l; m (adsorbant)=50 mg; V=20 ml; T=24°C

On remarque qu'il ya une forte adsorption de colorant par les différents adsorbants dès les premières minutes de l'interaction. Le temps d'équilibre est atteint au bout de 45 minutes et il est identique pour les deux adsorbants et 120 minutes pour le rapport 100%.

On peut soulever aussi que la quantité adsorbée diminue en augmentant le pourcentage de l'alginate dans le composite. Ce phénomène est probablement dû à l'explication de la saturation de la surface de l'argile en molécules d'alginate à partir d'un pourcentage de 2.

Pour étudier l'influence du rapport massique alginate/argile activée sur le taux d'adsorption, des méthodes physico-chimiques plus performantes seront nécessaires. On a essayé l'adsorption du vert malachite sur les différents composites préparés :

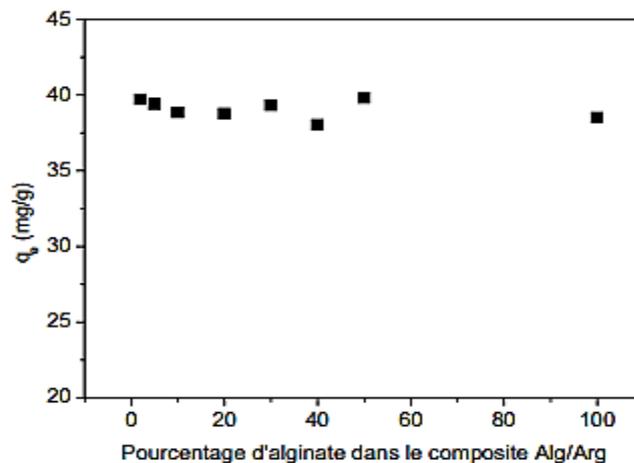


Figure III-11- Influence du rapport massique du composite (alginate/argile) sur la capacité d'adsorption du vert malachite

($C_0=100$ mg/l; pH= 3.65; V=20 ml; m (adsorbant)=50 mg ; temps (45 min); T=24°C

La figure III-11- montre l'effet du rapport alginate/argile sur le taux d'adsorption du colorant. On distingue aussi que la quantité adsorbée ne dépend pas fortement de la quantité d'alginate utilisée dans l'élaboration des différents composites. Ce résultat nous a orientés sur le choix du composite alginate/argile 2% pour étudier l'adsorption du vert malachite.

6.3.Effet du pH de la solution de colorant sur la capacité d'adsorption

Le pH de la solution de colorant joue un rôle important dans le processus entier d'adsorption et en particulier sur la capacité d'adsorption, influençant non seulement la charge extérieure de l'adsorbant, le degré d'ionisation du matériel actuel dans la solution et la dissociation des groupes fonctionnels sur les emplacements actifs de l'adsorbant mais également la chimie de colorant de solution.

En particulier, le pH est connu pour affecter la stabilité structurale du vert malachite, et donc, son intensité de couleur. La molécule de vert malachite est sous forme protonée dans le milieu acide et deprotonée à des pH plus élevés. En conséquence, elle a la densité élevée de charges positives à des pH inférieurs

La figure III-12 montre et affirme que la capacité d'adsorption n'est pas affectée par la variation du pH.

L'argile activée est composée de plusieurs oxydes de métaux qui créent des charges positives ou négatives en surface. Ces charges sont proportionnelles au pH. Le pH de charge nulle (pHZPC, zéro point charge) est le paramètre déterminant qui contrôle la charge en surface. A un pH supérieur à 2.2 [4], la surface d'argile dispose d'une charge négative qui favorise fortement l'interaction électrostatique avec les molécules de colorant qui sont chargées positivement par la présence des azotes sous forme cationique en milieu acide.

Les liaisons Si-O et Al-O sont responsables de l'interaction avec les molécules de colorant. A faible pH et dans le cas des Si-O, la réaction suivante est prépondérante :



En faisant augmenter le pH, le Si-OH se transforme plutôt en ions SiO^- , selon la réaction suivante :



Dans le domaine étudié du pH du milieu, les avis des chercheurs sont contradictoires. Par exemple, Tahir et Rauf ont montré que la capacité d'adsorption du vert malachite augmente avec le pH du milieu. D'un autre côté, les études de Bilgic sont contradictoires. Ils ont prouvé que la capacité d'adsorption n'est que très faiblement influencée par l'augmentation du pH dans le domaine de 2 à 11,5. Dans notre étude, on partage l'avis de dernier.

Pour le composite, il est très probable que l'alginate ne joue pas un grand rôle dans l'adsorption puisque son pourcentage est très faible. La capacité d'adsorption n'est pas significativement affectée par la variation du pH du milieu. On peut conclure que c'est l'argile

activée qui gère le mécanisme d'adsorption plutôt que l'alginate. On adopte alors les mêmes explications que pour l'argile activée seule

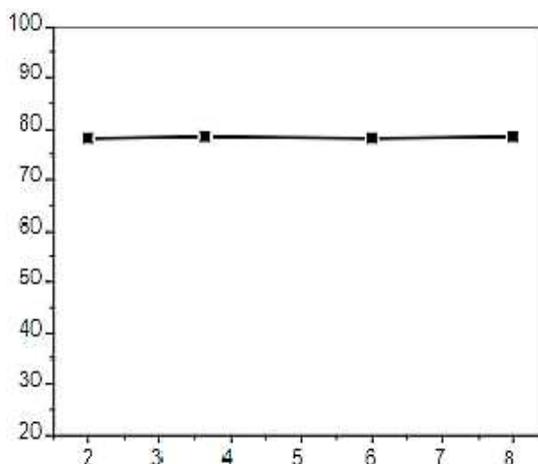


Figure III-12- Effet de pH sur l'adsorption du vert malachite sur alginate/argile (■) ($C_0=100$ mg/l; pH=3.65; m(composite 2%)=25mg; V=20 ml; T=24°C)[48].

6.4.Effet de la température

Dans la plupart des cas, l'augmentation de la température fait augmenter la diffusion des molécules d'adsorbant et provoque une meilleure capacité d'adsorption en fonction de la température.

L'effet de la température sur l'adsorption du vert malachite sur le biomatériau a été étudié dans le mémoire de Boudergameriem et elle a prouvé que quand la température de la solution augmente de 35 à 55°C, la capacité d'adsorption de vert malachite augmente de 77.8 mg/g à 78.83 mg/g pour le composite alginate/argile 2%.

Tableau III-4: Principales bandes d'absorption d'alginate: Données thermodynamiques pour l'adsorption du vert malachite sur le composite alginate/argile 2% à pH= 3.65, temps d'agitation (45min), (V solution, m adsorbant) (20ml, 25 mg), concentration initiale en colorant 100 mg/l.[49]

Adsorbant	- ΔG (kJ/mol)				ΔH (kJ/mol)
	297,15	308,15	318,15	328,15	
Argile active	8,72	9,66	10,93	12,2	29,43
Composite Alg/Arg 2%	7,3	8,58	9,74	10,9	27,18



Conclusion générale

Conclusion générale

Dans le présent travail, nous avons fait la synthèse de différents travaux sur l'adsorption du colorant bleu de méthylène et le vert malachite sur le composite alginate/argile et ce après avoir entamé le procédé de purification de la bentonite, mais la pandémie et le confinement nous ont empêché de poursuivre le travail expérimental. Toutes les études, objet de notre travail, ont été faites sur le Bentonite du gisement hammam Boughrara de Maghnia

Notre étude est réalisée en trois grandes parties: Étude par spectrophotométrie UV-visible, caractérisation de l'argile, préparation et caractérisation du composite (alginate/argile) et enfin suivi des différents paramètres influençant la fixation des colorants (vert malachite, et bleu de méthylène) sur nos adsorbants (pH, température, temps de contact et la concentration initial du colorant).

Au terme de cette investigation nous avons pu constater qu'en solution aqueuse, le vert malachite présente deux formes, une en milieu acide où il est sous forme cationique et la deuxième en milieu basique où la molécule de colorant présente une forme neutre, que le rapport alginate/argile 2% est le meilleur choix pour les tests d'adsorption.

Selon l'analyse infrarouge, ce rapport représente la quantité maximale d'alginate qui peut s'adsorber à la surface de l'argile activée.

L'influence sur l'adsorption de différents paramètres tels que l'effet de masse, l'effet du temps de contact, l'effet du pH et de la température a été étudié en détails. Les paramètres ont été optimisés pour l'obtention de la meilleure capacité d'adsorption.

Le pH du milieu n'a pas une influence notable sur le taux d'adsorption.

Seulement 25 mg d'argile activée ou de composite sont nécessaires pour adsorber plus que 98% de colorant.

L'effet de la concentration initiale a eu une influence positive sur la capacité d'adsorption du vert malachite sur les deux types d'adsorbants.

On peut dire que les résultats de notre étude, peuvent être qualifiés d'importants, encourageants et originaux, notamment qu'ils mettent l'accent sur l'utilisation de produits naturels biodégradables dans la préservation de l'environnement.

Comme perspective à cette étude, nous incitons à mettre en pratique ces résultats par l'essai de traitement d'effluents industriels réels par les mêmes matériaux utilisés.

Dans cette étude, il est étudié le comportement des biomatériaux-billes d'alginate et composites vis-à-vis de l'extraction de molécules organiques représentées par un colorant chargé, le bleu de méthylène. L'étude des cinétiques indique que le temps optimal

Conclusion générale

nécessaire pour atteindre l'équilibre est de 48 à 50 h. Ainsi que la capacité de rétention augmente avec la concentration initiale.

Les résultats trouvés de cette étude peuvent être qualifié car l'aspect d'encapsulation de la bentonite est un aspect originale notamment qu'ils mettent l'accent sur l'utilisation des produits naturels biodégradables dans la préservation de l'environnement et mérite d'être approfondi dans des études ultérieures afin d'optimiser un traitement réel à l'échelle industriels par ces matériaux.



Références Bibliographiques

Références bibliographique

- [1]BoudergaM., adsorption du vert malachite par des composites alginate /bentonite, Mémoire de Master, 2015,p. 23.
- [2] Bourahla A.,élimination de deux colorants cationiques BM et VM par une Zéolithe du type 4A, 2018 p. 1.
- [3] CherrakH., élimination d'un colorant d'un rejets industriel par un composite argiles /alginate, mémoire de Master, 2018
- [4] DjebriN., les alginates et leurs applications en ingenierie: application à laconstruction d'unbiomateriaun,*Algerian journal of arid environment*vol.8 , 2018, pp 65-71.
- [5] Thomas. N. W., The Physics of selecting ball clays. *Ceramic Forum International/* Ber. DKG, vol. 85, 2008p. 29-40.
- [6]Drafa. G.,Synthèse et caractérisation de montmorillonite modifiée : Application à l'adsorption des colorants cationiques, Magister,2014, p 10
- [7]Bouزيد. S.,Adsorption de polluants organiques sur une argile échangée aux phosphoniums, thèse de doctorat, 2015, pp 9,10,11
- [8] Bougdah.N .,Étude de l'adsorption de micropolluants organique sur la bentonite, 2007 pp 30-32.
- [9] Memou .C.,Chimie et physico-chimie Organiques Macromoléculaires ,p, 41
- [10]Belbachir .I.,Modification de la Bentonite de Maghnia et Applications dans l'adsorption de colorants textiles et de métaux lourds, 2018, p8.
- [11] Nevila .J., Étude de matériaux argileux albanais. Caractérisation "multi-échelle" d'une bentonite magnésienne, p 15.
- [12] Belbachir.I.,Modification de la Bentonite de Maghnia et Applications dans l'adsorption de colorants textiles et de métaux lourds, 2018, p11.
- [13]Belbachir. I., modification de la bentonite de Maghnia et applications dans l'adsorption de colorants textiles et de métaux lourds, 2018, p 13.
- [14]Velde. B., Origin and mineralogy of clays, *Clays and the environment*,Springer,1995.
- [15]Belbachir .I., modification de la bentonite de Maghnia et applications dans l'adsorption de colorants textiles et de métaux lourds, 2018, p13.
- [16]Djebri .N., Les alginates et leurs applications en ingenierie: application à la construction d'un biomateriau, *Algerian journal of aridenvironment*, 2018,p 65-71
- [17]Bouderga.M .,Adsorption du vert malachite par des composites alginate/bentonite , 2015,p11
- [18]Bouderga. M .,adsorption du vert malachite par des composites (alginate/bentonite) mémoire de Master. 2015,p 9

Références bibliographique

- [19] Aichour. A., Synthèse et propriétés de bioadsorbants encapsulés dans l'alginate : application à l'élimination des colorants du milieu aqueux, Thèse de doctorat, p12-13
- [20] Vincent.R., Synthèse et caractérisation de billes d'alginate magnétiques pour l'élimination de polluants organiques dans les effluents par séparation magnétique, Université Pierre et Marie Curie Paris VI, 2008.p 52
- [21] Belbachir. I., modification de la bentonite de Maghnia et applications dans l'adsorption de colorants textiles et de métaux lourds, thèse de doctorat Tlemcen, 2018, p 34- 35
- [22] Ararem. F., Synthèse et caractérisation de biopolymères Application au piégeage de colorants, mémoire de Magister, 2010, p11-12
- [23] Dib.G., Etude de la dégradation d'un colorant synthétique par photocatalyse en présence de dioxyde de titane en suspension, mémoire de magister, 2012, p 30-31
- [24] Barka.N., L'élimination des colorants de synthèse par adsorption sur un phosphate naturel et par dégradation photocatalytique sur TiO₂ supporté, thèse de doctorat, Université Ibn Zohr faculté des Sciences, 2008.
- [25] Elodie Z. G., Traitement des polluants organiques en milieux aqueux par procédé électrochimique d'oxydation avancée Electro-Fenton "Application à la minéralisation des colorants synthétiques» thèse de doctorat ,l'université de Marne-la-vallée, 2004
- [26] Cherrak. H., Elimination d'un colorant d'un rejet industriel par un composite Argile modifiée / polymère, mémoire de master, 2019, p 6-7.
- [27] Bouderga. M., adsorption du vert malachite par des composites (alginate/bentonite) mémoire de Master, 2015,p 35
- [28] Baghriche, O., Djebbar, K., Sehili, T., étude cinétique de l'adsorption d'un colorant cationique (vert de méthyle) sur du charbon actif en milieu aqueux, 2008.
- [29] Wiklund.L., Basu. S., Miculescu. A., Wiklund. P., Ronquist. G., Sharma. H. S., Neuro and cardioprotective effects of blockade of nitric oxide action by administration of methylene blue. *Annals of the New York Academy of Sciences* 2010, 1122 (1), 231-244
- [30] Drafa. G., Synthèse et caractérisation de montmorillonite modifiée : Application à l'adsorption des colorants cationiques, Magister, 2014, p66.
- [31] Bouderga . M., adsorption du vert malachite par des composites alginate/bentonite) mémoire de Master, Juin 2015,p 35.
- [32] Gnaoui. S. A ., Magister séparation de vert malachite à partir de solution aqueuse par les argiles modifiées.
- [33] ElAzzouzi. B., Adsorption de polluants organiques sur une argile échangée aux Phosphoniums, Thèse de doctorat, 2015.

Références bibliographique

- [34]Bouderga. M., Adsorption du Vert Malachite par des Composites Alginate/Bentonite, 2015, p 23
- [35]Belbachir.I., Modification de la Bentonite de Maghnia et Applications dans l'adsorption de colorants textiles et de métaux lourds,thèse de doctorat, 2018, pp 24,25
- [36]Barka.N., Etude comparative des propriétés d'adsorption de quelques micro--polluants sur les phosphates naturels et le charbon actif, études supérieures appliquées de chimie 2004.
- [37] Article de Laboratoire interdisciplinaire des environnements continentaux UMR 7360 CNRS Université de Lorraine
- [38] Antoine. E.,article de chimie en classes préparatoire BCPST) édité par Nicolas Lévy (responsable éditorial de culture science-chimie)
- [39] Bouzid. S., Adsorption de polluant organique sur une argile échangée aux phosphoniums thèse doctorat, 2015, p 146.
- [40]Abouzaid.M., étude des différents traitements des effluents de l'industrie textile,thèse de doctorat , université ChouaibDoukali Maroc, 2001
- [41]Bouderga.M., adsorption du vert malachite par des composites « alginate/bentonite) mémoire de master,2015,p 36-37.
- [42]Necib.B., Élimination d'un colorant basique en solution aqueuse par une Bentonite purifiée, mémoire de master 2019, p51
- [43] Belbachir I., Modification de la Bentonite de Maghnia et Applications dans l'adsorption de colorants textiles et de métaux lourds, thèse de doctorat, 2018, p 55
- [44] Aichour.A., Synthèse et propriétés de bioadsorbants encapsulés dans l'alginate : application à l'élimination des colorants du milieu aqueux, Thèse de doctorat,p 34.
- [45]Bouderga.M., Adsorption du vert malachite Par Des Composites « Alginate/Bentonite mémoire de master, 2015, p 41.
- [46] Bouderga. M., Adsorption du Vert Malachite par des Composites « Alginate/Bentonite mémoire de master,2015, p 41.
- [47]Djebri. N., Les alginates et leurs applications en ingénierie : application à la construction d'un biomatériau,*Algerian journal of arid environment*65 vol. 8, 2018, p 65-71.
- [48]Bouderga. M., Adsorption du vert Malachite par des Composites Alginate/Bentonite mémoire de master, 2015, p 55.
- [49] Bouderga. M., Adsorption du vertmalachite par des Composites « Alginate/Bentonite mémoire de master, 2015, p 62

Références bibliographique

Résumé

Notre étude, avait pour but d'utiliser un biomatériau abondant facile à exploiter et moins coûteux pour l'élimination de deux colorants cationiques à savoir le « bleu de méthylène » et le « vert malachite » contenus dans les eaux polluées des industries textiles. Ce biomatériau composé de la bentonite de Maghnia et l'alginate de sodium, il est caractérisé par le DRX et le FTIR. Des différents paramètres, tels que le temps de contact, la température, le pH et la concentration initiale sont pris en considération. Les résultats trouvés montrent que les deux polluants organiques étudiés ont des caractéristiques différentes selon le paramètre, par exemple le vert malachite présente deux formes, une cationique dans le milieu acide, et une forme neutre dans le milieu basique. Le rapport alginate /argile 2% est utilisé pour les testes d'adsorption de vert malachite. Après synthèse de ces travaux et analyse des résultats obtenus on déduit que ce biomatériau rassemble toutes les caractéristiques requises pour l'élimination des colorants contaminants du milieu aquatique