



UNIVERSITE
JEAN LOROUGNON GUEDE

UFR ENVIRONNEMENT

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE

Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement Supérieur et
de la Recherche Scientifique

ANNEE ACADEMIQUE :
2019-2020

N° D'ORDRE : 0306/2021

N° CARTE D'ETUDIANT :
CI0414002656

LABORATOIRE :
DES SCIENCES ET
TECHNOLOGIES DE
L'ENVIRONNEMENT

MASTER

PHYSIQUE-CHIMIE APPLIQUEE

Option : Environnement

THEME :

**Etude de l'adsorption du bleu de méthylène par deux
argiles de Côte d'Ivoire**

Présenté par :

SYLLA Aliou

JURY

**Président : M. DONGUI Bini Kouamé, Professeur Titulaire,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

**Directeur : M. SEI Joseph, Professeur Titulaire,
Université Felix HOUPHOUET-BOIGNY**

**Encadreur : M. KEDI Atolé Brice Bienvenu, Maître-Assistant,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

**Examineur : M. KOUADIO David Léonce, Maître de Conférences,
Université Jean LOROUGNON GUEDE**

Soutenu publiquement
Le 20/02/2021

REMERCIEMENTS

Je profite de ces quelques lignes pour remercier toutes les personnes qui ont contribué, de près ou de loin, au bon déroulement de ce travail.

Je me fais un agréable devoir de remercier vivement Madame TIDOU Abiba Sanogo épouse Koné, Professeur Titulaire, Présidente de l'Université Jean Lorougnon GUEDE de Daloa pour avoir mis tout en œuvre pour notre formation.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Monsieur KOUASSI Kouakou Lazare, Professeur Titulaire, Directeur de l'UFR Environnement de l'Université Jean Lorougnon GUEDE de Daloa pour la qualité de l'encadrement de notre formation et le bon déroulement des années académiques.

J'adresse mes remerciements à Monsieur SEI Joseph, Professeur Titulaire à l'Université Felix HOUPHOUET-BOIGNY, pour avoir accepté la direction scientifique de ce travail.

Je remercie chaleureusement Monsieur KEDI Atolé Brice Bienvenu, Maître-Assistant, pour son encadrement. Merci Monsieur KEDI pour votre disponibilité et votre enthousiasme ; j'ai énormément appris à votre contact et je mesure la chance que j'ai eue de vous avoir comme encadreur.

J'exprime ma profonde reconnaissance aux membres du jury, notamment le président du jury Monsieur DONGUI Bini Kouamé, Professeur Titulaire à l'Université Jean Lorougnon GUEDE de Daloa, et l'examineur Monsieur KOUADIO David Léonce, Maître de Conférences à l'Université Jean Lorougnon GUEDE de Daloa, qui m'ont fait l'honneur de lire ce travail et d'accepter de le juger.

Toute ma gratitude va à l'endroit de Monsieur AKE Aké Pierre, doctorant à l'UFR SSMT de l'Université Felix HOUPHOUET-BOIGNY, pour les échantillons d'argiles fournis.

J'adresse également ma reconnaissance à tous les enseignants de l'Université Jean Lorougnon GUEDE de Daloa qui ont participé à ma formation.

Mes remerciements les plus vifs sont destinés à mes parents, à mon tuteur et, à mes frères et sœurs. Leur soutien moral et leurs prières m'ont été d'une grande aide tout au long de cette année académique.

Enfin, un grand merci à tout le personnel et à tous mes amis du laboratoire pour leur disponibilité et leur soutien; ainsi qu'à mes amis.

TABLE DES MATIERES	PAGES
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS	VI
LISTE DES TABLEAUX.....	VII
LISTE DES FIGURES.....	VIII
INTRODUCTION.....	1
PARTIE I: GENERALITES	3
I. Colorants	3
I.1. Introduction	3
I.2. Définition.....	3
I.3. Classification des colorants	3
I.3.1. Classification chimique.....	4
I.3.2. Classification tinctoriale	4
I.3.2.1. Colorants directs.....	4
I.3.2.2. Colorants acides (anioniques)	4
I.3.2.3. Colorants basiques (ou cationiques).....	5
I.3.2.4. Colorants de cuve	5
I.3.2.5. Colorants dispersés.....	5
I.3.2.6. Colorants mordants	5
I.4. Impacts environnementaux.....	6
I.5. Toxicité des colorants des rejets industriels	6
I.6. Utilisations et applications des colorants.....	6
I.7. Techniques d'élimination des colorants textiles dans les eaux usées.....	7
I.8. Bleu de méthylène (BM)	7
II. ARGILES.....	7
II.1. Introduction	7
II.2. Définition	8
II.2.1. Roches argileuses	8

II.2.2. Minéraux argileux.....	8
II.3. Classification des Argiles.....	9
II.4. Propriétés.....	10
II.4.1. Charge des surfaces argileuses	10
II.4.2. Capacité d'échange cationique (CEC).....	11
II.4.3. Surface spécifique.....	11
II.4.4. Phénomène de gonflement.....	11
III. PHENOMENE D'ADSORPTION	11
III.1. Introduction.....	11
III.2. Définition	12
III.3. Types d'adsorption.....	12
III.3.1. Adsorption physique (physisorption)	12
III.3.2. Adsorption chimique (chimisorption)	13
III.4. Mécanisme d'adsorption.....	13
III.5. Isothermes d'adsorption.....	14
III.6. Classification d'isothermes d'adsorption.....	14
III.6.1. Isothermes de type C	14
III.6.2. Isothermes de type L	15
III.6.3. Isothermes de type H.....	15
III.6.4. Isothermes de type S	15
III.7. Modélisations des isothermes d'adsorption	15
III.7.1. Modèle de Langmuir	15
III.7.2. Modèle de Freundlich.....	16
III.8. Facteurs influençant l'adsorption.....	17
III.9. Cinétique d'adsorption.....	18
III.9.1. Modèle cinétique de pseudo premier ordre.	18
III.9.2. Modèle cinétique de pseudo second ordre	18

III.9.3. Modèle de diffusion intra-particulaire.....	19
III.10. Domaine d'application de l'adsorption.....	19
PARTIE II: MATERIEL ET METHODES	20
I. Matériel	20
I.1. Matériels utilisés.....	20
I.2. Produits chimiques	20
I.3. Absorbants utilisés.....	20
II. Méthodes.....	21
II.1. Préparation de l'adsorbant.....	21
II.2. Préparation des solutions du bleu de méthylène	22
II.3. Spectre d'absorption du bleu de méthylène	22
II.4. Tests d'adsorption	22
II.4.1. Effet du temps de contact	22
II.4.2. Influence de la masse de l'argile	22
II.4.3. Influence de la concentration initiale du polluant	23
II.4.4. Influence du pH de la solution.....	23
II.5. Séparation du mélange	23
II.5.1. Quantité du bleu de méthylène adsorbée	23
III. Conditions d'analyse du bleu de méthylène	24
III.1. Spectre d'adsorption du bleu de méthylène	24
III.2. Etalonnage du bleu de méthylène	24
PARTIE III: RESULTATS ET DISCUSSION.....	26
I. Adsorption du bleu de méthylène.....	26
I.1. Effet du temps de contact	26
I.2. Influence de la masse d'argile	27
I.3. Influence de la concentration initiale du bleu de méthylène	28
I.4. Influence du pH	29

II. Etude cinétique.....	30
III. Modélisation de l'isotherme d'adsorption	32
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	34
REFERENCES.....	35

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

BET : Brunauer, Emmett, Teller

BM : Bleu de méthylène

CEC : Capacité d'échange cationique

O : Octaédrique

pH : Potentiel d'Hydrogène

T : Tétraédrique

UV : Ultra-violet

LISTE DES TABLEAUX

PAGES

Tableau I : Principaux chromophores et auxochromes.....	4
Tableau II : Matériel d'étude	20
Tableau III : Composition minéralogique des argiles utilisées.....	21
Tableau IV : Paramètres caractéristiques des cinétiques	31
Tableau V : Constantes de Langmuir et de Freundlich.....	33

LISTE DES FIGURES

PAGES

Figure 1 : Structure chimique du bleu de méthylène.....	7
Figure 2 : Les deux structures élémentaires des feuillets d'argiles	9
Figure 3 : Feuille d'argile de type 1:1	9
Figure 4 : Feuille d'argile de type 2 : 1.....	10
Figure 5 : Schéma du mécanisme de transport d'un adsorbat au sein d'un grain	13
Figure 6 : Type d'isothermes	14
Figure 7 : Echantillons d'argiles d'Anyama et de Katiola	21
Figure 8 : Mortier en porcelaine et tamis de 200µm de marque RETSCH.....	21
Figure 9 : Spectre UV du bleu de méthylène	24
Figure 10 : Courbe d'étalonnage du bleu de méthylène.....	25
Figure 11 : Influence de temps de contact sur l'adsorption du BM par l'argile d'Anyama et l'argile de Katiola.....	26
Figure 12 : Influence de la masse d'argile sur l'adsorption du BM par l'argile d'Anyama et l'argile de Katiola	27
Figure 13 : Quantité de BM adsorbée en fonction de la concentration de BM par l'argile d'Anyama et l'argile de Katiola	28
Figure 14 : Influence du pH sur l'adsorption du BM sur l'argile d'Anyama et de Katiola	29
Figure 15 : Représentation du modèle cinétique pseudo premier ordre pour l'adsorption du BM sur l'argile d'Anyama et de Katiola.....	30
Figure 16 : Représentation du modèle cinétique pseudo second ordre pour l'adsorption du BM sur l'argile d'Anyama et de Katiola.....	31
Figure 17 : Isothermes de Langmuir pour l'argile d'Anyama et l'argile de Katiola.....	32
Figure 18 : Isothermes de Freundlich pour l'argile d'Anyama et l'argile de Katiola.....	33

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Utilisés dans de nombreux secteurs industriels, les colorants synthétiques sont évacués avec les effluents liquides vers les eaux de surface, souvent sans aucun traitement préalable, au cours des processus de teintures. Ces rejets colorés constituent un problème pour l'homme et son environnement à cause de leurs faibles biodégradabilités.

Parmi ces colorants de synthèses, le colorant le plus couramment utilisé dans la teinture est le bleu de méthylène. Ce colorant peut provoquer d'énormes nuisances pour la santé humaine telle que les nausées, les transpirations, les cancers et les vomissements (Saoudi & Hamouma, 2013).

Comme tous les composés organiques nocifs, les effluents de colorants synthétiques nécessitent un traitement avant d'être déversés dans la nature (Errais, 2011 ; Saoudi & Hamouma, 2013).

Suite à cette grande menace, plusieurs techniques ont été adoptées pour le traitement de ces rejets tels que l'oxydation chimique, la floculation, la coagulation, l'osmose-inverse, la photolyse, l'adsorption, la décoloration microbienne. Parmi ces techniques, l'adsorption est la plus employée à cause de sa simplicité d'utilisation et sa mise en œuvre facile (Yéo, 2017).

Les matériaux naturels tels que la sciure de bois, les déchets agricoles, de sous-produits, et les argiles sont d'un grand intérêt dans la recherche à cause de leur abondance, leur faible coût et leur efficacité dans l'élimination des polluants organiques et minéraux.

Etant des adsorbants naturels connus pour leur caractère hydrophile, l'importance accordée aux argiles se justifie par leur abondance et leur disponibilité, leur qualité de surface spécifique élevée, une capacité d'échange cationique, la présence des charges négatives sur leur surface ainsi que leur faible coût (Sylla, 2004 ; Ayari *et al.*, 2004). La Côte d'Ivoire dispose de nombreux sites de matériaux argileux dont l'usage peut être envisagée dans la protection de l'environnement. Des investigations ont montré que les argiles de Katiola et d'Anyama pourraient présenter des caractéristiques intéressantes pour leur usage dans la dépollution (Kpangni *et al.*, 2008 ; Coulibaly *et al.*, 2013, 2018).

L'objectif dans ce mémoire est d'étudier la capacité de deux argiles naturelles de Côte d'Ivoire à adsorber un colorant basique, le Bleu de méthylène (BM). De façon spécifique, il s'agit de déterminer la capacité d'adsorption du colorant (BM) par les deux argiles en

fonction de certains paramètres (temps, concentration du polluant, masse d'argile et pH) et de modéliser les isothermes d'adsorption.

Le présent mémoire est organisé en trois chapitres. Le premier chapitre est consacré aux généralités sur les colorants, les argiles et l'adsorption. Le second chapitre présente le matériel et les méthodes expérimentales utilisés. Le troisième chapitre enfin concerne les résultats et discussion. Une conclusion achève ce travail.

PARTIE I : GENERALITES

PARTIE I: GENERALITES

I. Colorants

I.1. Introduction

Les rejets liquides issus des procédés d'extraction ou de transformation des matières premières en produits industriels sont appelés effluents industriels (Melquiot & Bertolini, 2005). Ces rejets sont extrêmement hétérogènes. La variation de leurs compositions chimiques est fonction des procédés mis en œuvre et notamment du domaine industriel. Ils couvrent un large spectre de polluants chimiques de nature différente : matières organiques (hydrocarbures, phénol, pesticides, colorants...) et minérales (métaux lourds, radioéléments, fluorures, phosphore...) à divers degrés de toxicité.

Un groupe des composés chimiques organiques que l'on rencontre dans la vie quotidienne est représenté par les colorants synthétiques. Plus de 700 000 tonnes/ans de colorants sont produits dans le monde dont 140 000 sont rejetés dans les effluents au cours des différentes étapes d'application et de fabrication (Barka, 2008).

La grande diversité des effluents requiert un traitement spécifique pour chaque type de polluant. Dans cette étude nous nous intéressons plus particulièrement à l'élimination des colorants industriels en raison de leurs implications dans plusieurs problèmes environnementaux et sanitaires.

I.2. Définition

Etant défini comme un produit capable de teindre une substance d'une manière durable, le colorant est un composé organique qui absorbe fortement la lumière (Bilal *et al.*, 2016) dans le domaine du visible (400 à 800 nm) et peut fermement s'attacher à la fibre par une ou plusieurs forces physiques comprenant la liaison hydrogène, de Van Der Waals, ou les forces ioniques ainsi que dans certains cas, chimiquement lié par des liaisons covalentes (Moody & Needles, 2004).

I.3. Classification des colorants

Les colorants sont classés selon la couleur, l'utilisation prévue, le nom commercial, la constitution chimique et la base de l'application (Moody & Needles, 2004). Les plus utilisées sont les classifications selon la structure chimique et la méthode d'application.

Le tableau I représente les principaux groupes chromophores et auxochromes.

Tableau I : Principaux chromophores et auxochromes

Groupes chromophores	Groupes auxochromes
Azo (-N=N-)	Amino (-NH ₂)
Nitroso (-N=O)	Méthylamino (-NHCH ₃)
Carboyl (>C=O)	Diméthylamino (-N(CH ₃) ₂)
Vinyl (-C=C-)	Hydroxyl (-OH)
Nitro (-NO ₂)	Alkoxy (-OR)
Sulphure (>C=S)	Groupes donneurs d'électrons

Source : (Azbar *et al.*, 2004)

I.3.1. Classification chimique

Dans cette méthode de classification, les colorants sont regroupés selon certaines structures chimiques communes. Suivant cette méthode de classification un colorant textile peut être classé selon son groupement chromophore qui lui confère la couleur (Hunger, 2003).

I.3.2. Classification tinctoriale

Les méthodes pour teinter varient avec la structure chimique de la fibre à colorer. Un colorant approprié aux laines et la soie peut être insuffisant pour le coton. Selon cette méthode les classes des colorants les plus importantes sont ci-dessous.

I.3.2.1. Colorants directs

Ils contiennent souvent un ou plusieurs groupes azoïques reliant les chromophores aromatiques (Moody & Needles, 2004). Ces colorants sont souvent employés pour teindre la laine, la soie, la rayonne, le coton, le papier, le cuir et le nylon (Hunger, 2003 ; Bilal *et al.*, 2016).

I.3.2.2. Colorants acides (anioniques)

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

fibres est le résultat de liaisons ioniques entre la partie acide sulfonique du colorant et les groupements amino des fibres textiles (Errais, 2011).

I.3.2.3. Colorants basiques (ou cationiques)

Les colorants basiques ou cationiques sont des 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. Ces colorants ont bénéficié d'un regain d'intérêt avec l'application des fibres acryliques, sur lesquelles ils permettent des nuances très vives et résistantes (Errais, 2011).

I.3.2.4. Colorants de cuve

Ils sont habituellement des colorants insolubles dans l'eau qui peuvent être chimiquement réduits en présence d'une base pour former un dérivé hydrosoluble et sans couleur. Ces colorants sont généralement des indigoïdes (tel que l'indigo) ou des dérivés d'antraquinone qui s'appliquent à basses températures ($30^{\circ} \leq T \leq 60^{\circ}$) (Moody & Needles, 2004).

I.3.2.5. Colorants dispersés

Ces colorants sont de petites molécules polaires, qui contiennent habituellement de l'antraquinone ou des groupes azotiques, qui n'ont pas chargé les groupes cationiques ou anioniques dans la structure. Ils sont économiquement solubles dans l'eau et doivent être dispersés à l'aide d'un agent tensioactif (phénol, le crésol, ou l'acide benzoïque) dans le bain de teinture.

Ils sont employés pour teindre des fibres thermoplastiques hydrophobes comprenant l'acétate, le tri-acétate, le polyester, les rayonnées d'acétate, le nylon et d'autres fibres synthétiques (Moody & Needles, 2004 ; Bilal *et al.*, 2016).

I.3.2.6. Colorants mordants

Ce type de colorants exige un traitement préparatoire de la fibre avec un matériau mordant engendré pour lier le colorant (Moody & Needles, 2004 ; Bilal *et al.*, 2016). Les mordants utilisés généralement sont les oxydes d'aluminium, de cuivre, de fer, d'étain et de cobalt (Moody & Needles, 2004). Cette classe de colorants est généralement employée pour teindre la laine, la soie, le coton, le papier, l'encre et le cuivre (Hunger, 2003).

I.4. Impacts environnementaux

Plusieurs colorants sont visibles dans l'eau même à de très faibles concentrations ($< 1 \text{ mg.L}^{-1}$). Ainsi, ils contribuent aux problèmes de pollution liés à la génération d'une quantité considérable d'eau usée contenant des colorants résiduels (Benguella, 2009). Le rejet de ces eaux résiduaires dans l'écosystème est une source de pollution, d'eutrophisation et de perturbation non esthétique dans la vie aquatique et par conséquent présente un danger potentiel de bioaccumulation qui peut affecter l'homme par transport à travers la chaîne alimentaire.

I.5. Toxicité des colorants des rejets industriels

Les rejets d'effluents chargés en colorants des industries textiles, dans les rivières, peuvent nuire grandement aux espèces animales, végétales ainsi qu'aux divers microorganismes vivant dans ces eaux. Cette toxicité est liée à la diminution de l'oxygène dissout dans ces milieux. Par ailleurs, leur très faible biodégradabilité, due à leur poids moléculaire élevé et à leurs structures complexes, confère à ces composés un caractère toxique pouvant être élevé ou faible (toxicité aiguë et toxicité chronique). De ce fait, ils peuvent persister longtemps dans le milieu, engendrant ainsi des perturbations importantes dans les différents mécanismes naturels existant dans la flore (pouvoir d'autoépuration des cours d'eau, inhibition de la croissance des végétaux aquatique, etc...) ainsi que dans la faune (destruction d'une catégorie de poissons, de microorganismes, etc...) (Zepp & Cline, 1977). Il y a plus de 30 ans, l'industrie des colorants en Europe occidentale a commencé à étudier les propriétés toxicologiques des colorants. Actuellement, des lois et des règlements exigent des fabricants, d'évaluer le potentiel de risque de chacune de leurs substances (Hunger, 2003).

I.6. Utilisations et applications des colorants

Les grands domaines d'application des colorants sont les suivants: dans l'industrie textile de la fourrure, du cuir (textile à usage vestimentaire, de décoration de bâtiment, de transport, textile à usage médical...), des matières plastiques (pigments), pharmaceutique (colorants), des cosmétiques, agroalimentaire (colorants alimentaires), dans diverses industries utilisées pour des carburants et des huiles, dans l'imprimerie (encre, papier).

I.7. Techniques d'élimination des colorants textiles dans les eaux usées

Dans les pays développés les eaux usées des usines de colorants et de textiles sont traitées par plusieurs techniques d'élimination avant de quitter l'usine (Hunger, 2003). Les principales techniques d'élimination des colorants dans les eaux usées sont le traitement biologique, le traitement chimique, le traitement physique et la photo-décomposition.

Parmi ces techniques, l'adsorption qui est un traitement physique, est la technique la plus largement utilisée dans le traitement des eaux usées industrielles vu sa mise en œuvre facile et peu coûteuse par rapport aux autres techniques.

I.8. Bleu de méthylène (BM)

Le colorant bleu de méthylène est un colorant basique d'indice CI 52015, sa formule est $C_{16}H_{18}ClN_3S$ et sa masse molaire est de 319.85 g/mol. C'est une molécule organique appartenant à la famille des Xanthines (Madani, 2014 ; Lakhache, 2017). Ce colorant est choisi comme modèle représentatif des polluants organiques de taille moyenne et sa structure chimique est représentée sur la figure 1.

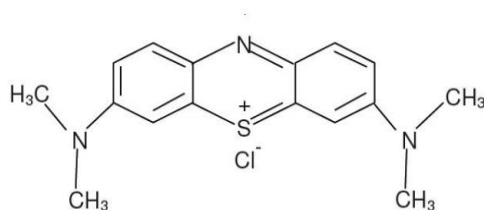


Figure 1 : Structure chimique du bleu de méthylène

II. ARGILES

II.1. Introduction

Les adsorbants microporeux sont abondamment utilisés dans l'extraction d'espèces chimiques en phase aqueuse à cause de leur excellente capacité d'adsorption, capacité liée à leur grande surface spécifique et au développement de leur porosité. A cet effet, le charbon actif est le premier matériau adsorbant utilisé à grande échelle. Les argiles, grâce à leur abondance, sont appliquées dans différents problèmes environnementaux. De nos jours, l'utilisation des argiles, notamment celles qui sont riches en SiO_2 et Al_2O_3 , connaît un nouvel essor dans la construction, la céramique industrielle et artisanale, l'industrie pharmaceutique, la poterie et dans divers autres applications.

II.2. Définition

L'argile est une matière première utilisée depuis la plus haute antiquité. Le mot argile vient du grec "argilos" dérivé de "argos" qui veut dire blanc, ou du latin "argila"; c'est la couleur du matériau utilisé en céramique qui a conduit les anciens à lui donner ce nom. A l'état de fines particules, les minéraux argileux sont les constituants de nombreuses formations géologiques et des sols particulièrement recherchés pour certains types de cultures.

II.2.1. Roches argileuses

Les argiles, ou roches argileuses sont un mélange de minéraux et d'impuretés cristallines. Souvent hydratés, de forme lamellaire ou fibreuse. Telle que les argiles sableuses, les argiles calcaires ou marnes, les argiles bitumeuses. Le terme argile désigne aussi un domaine granulométrique comprenant une proportion élevée des particules minérales (plus de 50%), dont le diamètre des grains est inférieur à deux micromètre ($< 2 \mu\text{m}$) (Cojan & Renard, 2013). Les principales propriétés de ce matériau sont : Finesse, fragilité, plasticité, adsorption, durcissement au cuisant. Il est indispensable de distinguer les constituants qui sont minéraux argileux de leur assemblage que sont les argiles.

II.2.2. Minéraux argileux

Les argiles sont des aluminosilicates plus ou moins hydratés et la majorité des minéraux argileux appartiennent au groupe des phyllosilicates. Les minéraux argileux sont formés par l'empilement de feuillets. Ces feuillets sont constitués d'un empilement de couches planes infinies caractérisées par l'équidistance basale d et constituées d'unités structurales tétraédriques et octaédriques reliées par leurs sommets. La structure de base des phyllosilicates comme de tous les silicates est l'ion SiO_4^{4-} , où le silicium est tétra coordonné par rapport à l'oxygène. L'ion aluminium Al^{3+} peut être éventuellement tétra coordonné, jouant ainsi le même rôle que Si^{4+} , mais il est le plus souvent le centre d'un octaèdre et est alors hexa coordonné comme sur la figure 2 (Caillere *et al.*, 1982). Ce type de structure à très grande surface spécifique associée à des caractéristiques physico-chimiques très particulières, explique la capacité des argiles à admettre de nombreux échanges de cations et d'anions dans le réseau ou adsorbés en surface.

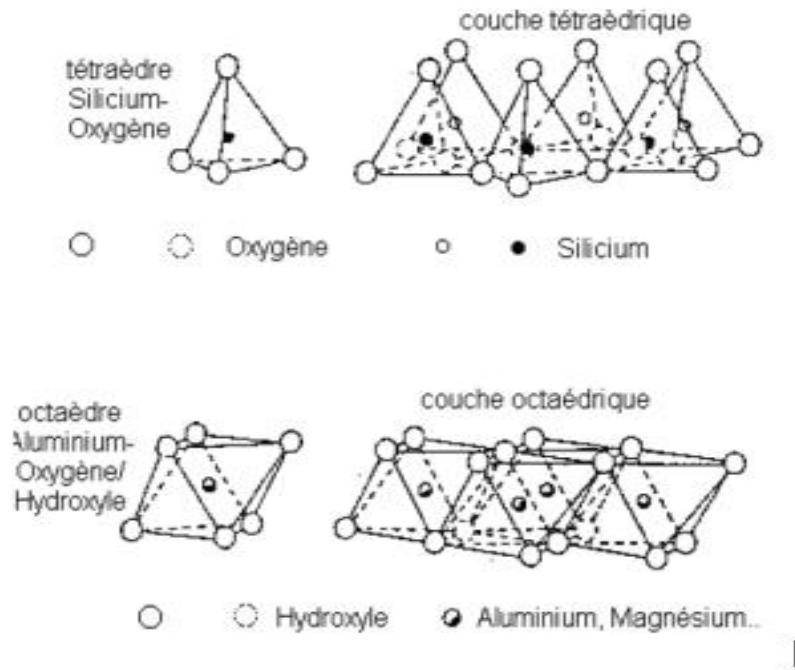


Figure 2 : Les deux structures élémentaires des feuillets d'argiles

Source : (Calvet, 2003)

II.3. Classification des Argiles

Il existe différentes classifications des argiles. La plus classique est basée sur l'épaisseur de la structure du feuillet. On distingue ainsi deux groupes (Mouaziz, 2012).

- **Minéraux de type 1 : 1 ou (T-O)**

Ils sont constitués d'une couche tétraédrique et d'une couche octaédrique. La distance inter feuillets est de l'ordre de 7 \AA (figure 3). Les principaux représentants de cette famille sont les Kaolinites $(\text{Si}_2)(\text{Al})\text{O}_5(\text{OH})_4$ et Halloysites.

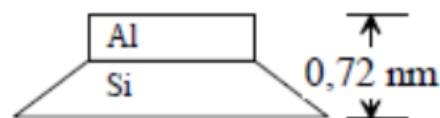


Figure 3 : Feuillet d'argile de type 1:1

- **Minéraux de type 2 : 1 (ou T-O-T)**

A ce type correspond deux sous-groupes à savoir les minéraux sans couche brucitique et les minéraux avec couche brucitique :

- *Minéraux 2 :1 sans couche brucitique*

Leur feuillet est constitué de deux couches tétraédriques de silice et d'une couche octaédrique alumineuse. L'équidistance caractéristique est de **10 Å** selon le contenu de l'inter feuillet (figure 4). Les principaux minéraux de ce sous-groupe sont les smectites, les vermiculites, les micas et le talc.

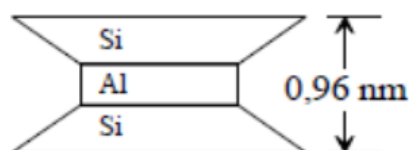


Figure 4 : Feuillet d'argile de type 2 : 1.

- *Minéraux 2 :1 avec couche brucitique*

Leur feuillet est constitué par l'alternance de feuillet T-O-T et de couche octaédrique inters foliaire. L'équidistance caractéristique est alors d'environ **14 Å**. A ce type correspond les minéraux du groupe des chlorites.

II.4. Propriétés

Les propriétés bien particulières des minéraux argileux sont dues à la petite taille, à la structure en feuillet et à la charge négative des particules. Ces minéraux forment avec l'eau des solutions colloïdales qui flocculent lorsque les charges de surfaces des particules sont neutralisées par des ions. Ce phénomène est réversible et les particules retrouvent l'état dispersé lorsque les ions sont éliminés par rinçage (Nouzha, 2007).

II.4.1. Charge des surfaces argileuses

Les études menées sur les argiles indiquent que celles-ci portent une charge négative à leur surface neutralisée par des cations dits "compensateurs". Ces cations compensateurs sont localisés sur les surfaces externes des particules ainsi qu'entre les feuillets unitaires. La principale origine de cette charge de surface provient de substitutions isomorphiques au sein du réseau cristallin, réseau de remplacement des cations métalliques de réseau par des cations

de même taille mais de charge inférieure. Cette charge négative est couramment notée charge structurale permanente. Aussi, les sites en bordure de feuillet sont des groupements silanols Si-OH et aluminols Al-OH pouvant s'ioniser plus ou moins selon le pH de la solution ; certains auteurs parlent alors de charge dépendant du pH (Errais, 2011).

II.4.2. Capacité d'échange cationique (CEC)

Les argiles sont caractérisées par une capacité d'échange cationique, qui est définie comme étant le nombre de cations monovalents qu'il est possible de substituer aux cations compensateurs présents dans leurs espaces inter-foliaire, pour équilibrer la charge électrique de 100 g d'argile calcinée. La CEC des minéraux argileux est exprimée en méq/100. Les argiles ont la propriété d'adsorber certains anions et cations et de les retenir dans un état où ils sont échangeables avec d'autres ions en solution. Cette capacité d'échange cationique dépend du pH de la solution. Dans les argiles, les cations échangeables les plus communs sont Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ , K^+ , NH^+ , et Na^+ (Bouna, 2012).

II.4.3. Surface spécifique

La surface spécifique d'un matériau est la surface totale accessible aux molécules d'adsorbat par unité de masse d'adsorbant, elle comprend la surface externe et constituée par les parois des mésopores et des macropores ainsi que par la surface non poreuse. La surface interne correspond uniquement à la surface des parois des micropores (Wakim, 2005).

II.4.4. Phénomène de gonflement

Le gonflement consiste en une séparation des feuillets jusqu'à une distance inter-foliaire d'équilibre sous une pression donnée. La propriété de gonflement est due au caractère hydrophile de toute sa surface, en raison de la présence de cations hydratables dans les galeries inter-folaires, des molécules d'eau peuvent pénétrer entre les feuillets et les écarter (Bilgiç, 2005).

III. PHENOMENE D'ADSORPTION

III.1. Introduction

L'adsorption est un phénomène physico-chimique se traduisant en particulier par une modification de concentration à l'interface de deux phases non miscibles. L'adsorption, c'est un phénomène de surface, à distinguer de l'absorption, phénomène de profondeur. Il existe

cinq types d'interfaces selon la nature des deux phases contiguës : (gaz/liquide), (gaz/solide), (liquide/liquide), (liquide/solide), (solide/solide), et pour chacun de ces types d'interfaces, on peut distinguer le cas où ces phases sont pures de celui où elles constituent des mélanges.

Les phénomènes d'adsorption se rapportent aux interfaces liquide/solide, à savoir donc l'adsorption des liquides, purs ou en mélange, par les solides considérés généralement comme des phases pures.

III.2. Définition

L'adsorption est un phénomène de surface par lequel des molécules (gaz ou liquides) se fixent sur les surfaces solides des adsorbants selon divers processus plus ou moins intenses. La substance qui se fixe est appelée adsorbat et le solide qui est le siège de l'adsorption est nommé adsorbant. Ce phénomène spontané provient de l'existence de forces non compensées à la surface de l'adsorbant (Naidja, 2010).

L'adsorption est donc un procédé de traitement, bien adapté pour éliminer une très grande diversité de composés toxiques dans l'environnement, essentiellement pour le traitement de l'eau et l'air. Les adsorbants les plus utilisés dans les applications de traitements des eaux sont le charbon actif, l'argile, le gel de silice, l'alumine et le tamis moléculaire (Dae *et al.*, 2008).

III.3. Types d'adsorption

Selon la nature des forces qui retiennent la molécule adsorbée à la surface du solide, on distingue deux types d'adsorption :

III.3.1. Adsorption physique (physisorption)

L'adsorption physique est un phénomène réversible qui résulte de l'attraction entre les molécules d'adsorbant composant la surface du solide et les molécules du soluté de la phase fluide. Ces forces attractives sont de nature physique, comprenant les forces dites de Van Der Waals ne déterminant pas l'individualité des molécules et lorsqu'elles opèrent, correspondent à des énergies faibles qui sont de l'ordre de quelque Kilocalories par mole. Ce phénomène consiste essentiellement dans la condensation de molécules sur la surface du solide et il est favorisé en conséquence par un abaissement de la température (Kouloughli, 2007).

III.3.2. Adsorption chimique (chimisorption)

Elle met en jeu une ou plusieurs liaisons chimiques covalentes ou ioniques entre l'adsorbat et l'adsorbant. C'est un phénomène résultant d'une interaction chimique qui se traduit par un transfert d'électron entre l'adsorbat et le solide. Contrairement à la physisorption, la chimisorption est irréversible, produisant une modification des molécules adsorbées. Ces dernières ne peuvent pas être accumulées sur plus d'une monocouche. Seules sont concernées par ce type d'adsorption, les molécules directement liées au solide (Chitour, 1992).

III.4. Mécanisme d'adsorption

Au cours de l'adsorption d'une espèce sur un solide, le transfert de masse des molécules se fait de la phase fluide vers le centre de l'adsorbant. Ce processus se fait en plusieurs étapes (Cherraye, 2012) schématisées sur la figure 5:

1. Transfert de masse externe (diffusion externe) qui correspond au transfert du soluté au sein de la solution à la surface externe des particules.
2. Transfert de masse interne dans les pores (diffusion interne) qui a lieu dans le fluide remplissant les pores. En effet, les molécules se propagent de la surface des grains vers leur centre à travers les pores.
3. Diffusion de surface : pour certains adsorbants, il peut exister également une contribution de la diffusion des molécules adsorbées le long des surfaces des pores à l'échelle d'un grain d'adsorbant (Kanouri & Labide, 2013).

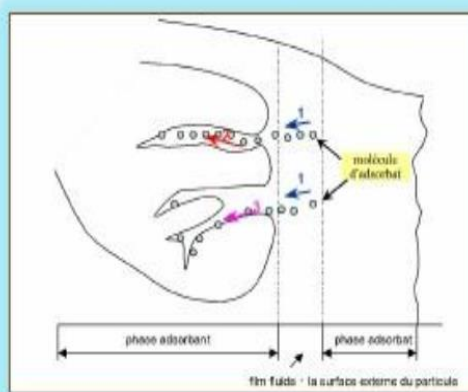


Figure 5 : Schéma du mécanisme de transport d'un adsorbat au sein d'un grain

Source : (Cherraye, 2012)

III.5. Isothermes d'adsorption

L'étude d'un fluide sur un solide (l'adsorption) est décrite par des isothermes, autrement dit les fonctions qui relient la quantité d'adsorbat sur l'adsorbant, avec la pression (pour un gaz) ou la concentration (pour un liquide). L'isotherme d'adsorption est la variation de la quantité adsorbée sur un solide en fonction de la concentration du composé adsorbable à l'équilibre, à une température donnée. Un grand nombre de modèles d'isotherme d'adsorption a été développé et ces isothermes ont été classés suivant leur forme (Ramesh *et al.*, 2005).

III.6. Classification d'isothermes d'adsorption

Une classification des isothermes d'adsorption a été proposée par plusieurs auteurs, dont Giles et collaborateurs, qui est basée sur leurs formes et leur pente initiale. Une synthèse plus ou moins détaillée de cette classification est présentée par la revue de Limousin *et al.* (2007a). Parmi ces formes, on distingue les isothermes représentés sur la figure 6.

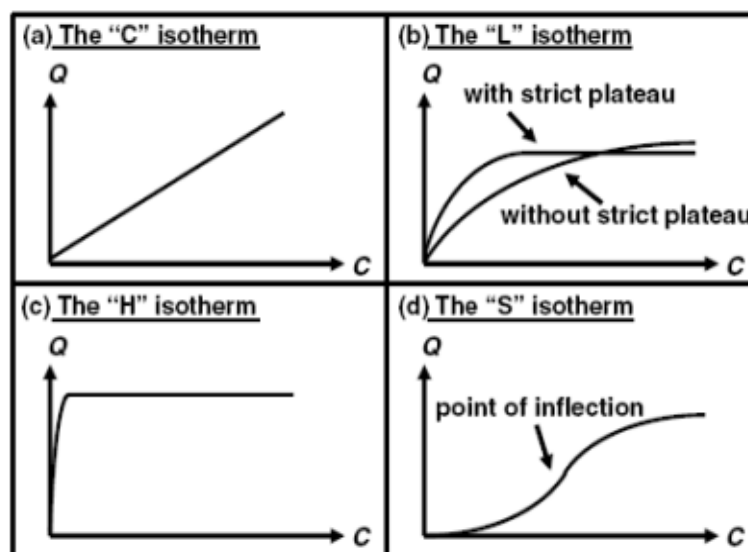


Figure 6 : Type d'isothermes

Source : (Limousin *et al.*, 2007b)

III.6.1. Isothermes de type C

Les courbes sont sous formes de ligne droite avec zéro comme origine. Elle signifie que le rapport entre la concentration dans la solution aqueuse et la quantité adsorbée est le même à n'importe quelle concentration. Ce rapport est appelé coefficient de distribution K_d (1/Kg) (Limousin *et al.*, 2007b). Ce type concerne les molécules flexibles pouvant pénétrer loin dans les pores.

III.6.2. Isothermes de type L

Elles sont dites de Langmuir et indiquent une adsorption à plat de molécules bifonctionnelles. Lorsque la concentration du soluté augmente, le rapport de la concentration dans la solution aqueuse par la quantité adsorbée diminue, décrivant ainsi une courbe concave, cette courbe suggère une saturation progressive de l'adsorption (Limousin *et al.*, 2007b).

III.6.3. Isothermes de type H

C'est un cas particulier de l'isotherme de type L. Ce cas est distingué des autres parce que le soluté montre parfois une affinité si élevée pour le solide que la pente initiale ne peut pas être distinguée de l'infini, même si cela n'a pas de sens du point de vue thermodynamique.

III.6.4. Isothermes de type S

La courbe est sigmoïdale et elle présente un point d'inflexion. Ce type est toujours le résultat d'au moins deux mécanismes opposés. Les composés organiques non polaires sont un cas typique, ils ont une basse affinité avec les argiles, mais dès qu'une surface d'argile est couverte par ces composés, d'autres molécules organiques sont adsorbées plus facilement, ce phénomène est dit adsorption coopérative (Limousin *et al.*, 2007b).

III.7. Modélisations des isothermes d'adsorption

La description des isothermes d'adsorption peut se faire au moyen de plusieurs modèles. Chacun de ces modèles est donné sous forme d'une équation pouvant comporter plusieurs paramètres.

III.7.1. Modèle de Langmuir

Ce modèle repose sur plusieurs hypothèses. Langmuir a considéré que l'adsorption des molécules au contact d'une surface sur laquelle elles peuvent s'adsorber aura les caractéristiques suivantes :

- Les molécules sont adsorbées sur des sites identiques ;
- Les molécules sont adsorbées seulement en une seule couche ;
- Il n'y a qu'un composé qui peut s'adsorber ;
- Il n'y a pas d'interaction entre les molécules adsorbées.

L'équation de Langmuir à l'équilibre (adsorption en monocouche) est exprimée par la relation suivante (Bouazza & Benguella, 2018) :

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{Q_{\max} \times K_L} + \frac{C_e}{Q_{\max}} \quad (1)$$

Où Q_e = Quantité d'adsorbat adsorbée par gramme d'adsorbant à l'équilibre (mg/g)

C_e = Concentration en adsorbat dans la solution à l'équilibre (mg/L)

Q_{\max} = Capacité maximale d'adsorption à l'équilibre (mg/g)

K_L : constante de Langmuir (L/mg)

Le facteur de séparation est déterminé par la relation suivante :

$$R_L = 1 / (1 + K_L * C_0) \quad (2)$$

Avec ; R_L : facteur de séparation

C_0 : concentration initiale (mg/L).

Selon les valeurs de R_L obtenues le procédé d'adsorption est jugé comme suit :

Défavorable : si $R_L > 1$

Linéaire : si $R_L = 1$

Irréversible : si $R_L = 0$

Favorable : si $0 < R_L < 1$

III.7.2. Modèle de Freundlich

Le modèle de Freundlich est un modèle empirique qui permet de modéliser des isothermes d'adsorption sur des surfaces hétérogènes (dont les sites d'adsorption ne sont pas tous équivalents). Ce modèle est uniquement utilisable dans le domaine des faibles concentrations car il n'a pas de limite supérieure pour les fortes concentrations, ce qui est contradictoire avec l'expérience. L'expression mathématique associée à ce modèle est donnée par l'équation 3 (Bouazza & Benguella, 2018).

$$Q_e = K_L C_e^{1/n} \quad (3)$$

La linéarité de cette équation donne l'équation (4) suivante :

$$\ln Q_e = \ln K_F + \frac{1}{n} \ln C_e \quad (4)$$

Q_e = Quantité d'adsorbat adsorbée par gramme d'adsorbant à l'équilibre (mg/g)

C_e = Concentration de l'adsorbat dans la solution à l'équilibre (mg/g)

K_F = Constante de Freundlich (L/g) qui indique la capacité de sorption du sorbant,

$1/n$ = facteur d'hétérogénéité.

III.8. Facteurs influençant l'adsorption

L'équilibre d'adsorption entre un adsorbant et un adsorbat, dépend de nombreux facteurs dont les principaux sont décrits ci-après (Errais, 2011) :

- **pH** : il a un effet non négligeable sur les caractéristiques de l'adsorption. Les meilleurs résultats sont acquis aux pH faibles, particulièrement lors de l'adsorption de substances acides.
- **La nature de l'adsorbat** : l'adsorption dépend de l'affinité entre le soluté et le solide. Dans la règle générale, les solides polaires, adsorbent préférentiellement d'autres corps polaires. Par contre les solides non polaires, adsorbent préférentiellement des substances non polaires et l'affinité pour le substrat croît avec la masse molaire de l'adsorbat.
- **La nature de l'adsorbant** : l'adsorption d'une substance donnée croît avec la diminution de la taille des particules de l'adsorbant. Cependant, si les dimensions des pores sont inférieures aux dimensions des molécules de l'un des composants de la solution, l'adsorption de ce composé ne se fait pas, même si la surface de l'adsorbant a une grande affinité.
- **La surface spécifique** : c'est une donnée essentielle de la caractérisation des solides et des matériaux poreux. Elle désigne la surface accessible rapportée à l'unité de masse d'adsorbant et est proportionnelle à l'adsorption.
- **Température** : l'adsorption étant un phénomène exothermique, son déroulement doit être favorisé à basse température.

III.9. Cinétique d'adsorption

La connaissance des paramètres de l'équilibre d'adsorption permet de déduire les capacités d'adsorption d'un support. La détermination des paramètres cinétiques doit en plus être réalisée pour la prévision de l'allure des courbes. Trois modèles sont généralement proposés par plusieurs auteurs :

III.9.1. Modèle cinétique de pseudo premier ordre.

Ce modèle est basé sur une relation linéaire entre la quantité de soluté fixée à la surface du matériau en fonction du temps. Ce modèle est irréversible et a été utilisé par nombreux auteurs pour décrire l'adsorption de solutés organiques ou inorganiques sur des surfaces solides hétérogènes (Ely, 2010).

L'expression de la vitesse dépend directement de la quantité adsorbée, soit :

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t \quad (6)$$

k_1 : constante cinétique de premier ordre (min^{-1}) ;

q_t : capacité d'adsorption au temps t (mg/g d'adsorbant) ;

q_e : capacité d'adsorption à l'équilibre (mg/g d'adsorbant) ;

t : temps (min).

La valeur de k_1 est obtenue à partir du tracé linéaire $\ln(q_e - q_t) = f(t)$. Après intégration avec les conditions initiales $q_t=0$ à $t=0$, on peut écrire l'équation 6 sous la forme :

$$q_t = q_e(1 - \exp(-k_1 t)) \quad (7)$$

Dans la plupart des études sur les cinétiques d'élimination, ce modèle n'est pas adapté à toute gamme de temps de contact, mais il est généralement applicable au début de l'adsorption, soit pour les 20 ou 30 premières minutes. Au-delà, les capacités expérimentales ne sont plus correctement extrapolées.

III.9.2. Modèle cinétique de pseudo second ordre

Développé par Ho et Mckay (1999), ce modèle est celui qui est le plus utilisé pour décrire les données expérimentales de cinétique pour de nombreux biosorbants. Il suggère que la réaction d'adsorption est l'étape limitante qui contrôle le procédé d'adsorption. Ce modèle

permet de rendre compte des données expérimentales sur toute la gamme de temps de contact (Crini & Badot, 2008).

L'équation de la vitesse s'écrit donc de la manière suivante :

$$q_t = \frac{k_2 t q_e^2}{1 + k_2 t q_e} \quad (8)$$

Où q_t : quantité adsorbée à l'instant (mg/g),

q_e : quantité adsorbée à l'équilibre (mg/g),

t : temps de contact (min),

k_2 : constante de vitesse de l'ordre 2 (g/mg.min).

La linéarisation de cette équation donne :

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (9)$$

Lorsqu'on trace $(t/q_t) = f(t)$, on trouve une droite de pente $1/q_e$ et d'ordonnée à l'origine $1/(k_2 q_e^2)$.

III.9.3. Modèle de diffusion intra-particulaire

Les deux modèles précédents ne peuvent pas décrire exactement le mécanisme de diffusion, un modèle théorique basé sur la diffusion intra-particulaire a été proposé, décrit par l'équation suivante (Tsai *et al.*, 2005) :

$$q_t = k_D t^{1/2} + C \quad (10)$$

Où k_d : constante de vitesse de diffusion intra-particulaire (g/mg.min^{-1/2}),

C : constante liée à l'épaisseur de la couche limite (mg/g),

K_d est déterminé à partir de la représentation de $q_t=f(t)$.

III.10. Domaine d'application de l'adsorption

Les applications de l'adsorption sont nombreuses. Elle est utilisée dans le traitement des huiles, le traitement des gaz, le séchage, l'industrie textile, la décoloration et le traitement des eaux. Parfois elle est utilisée pour extraire un produit précieux qui se trouve à l'état d'impureté dans une solution (Bougdah, 2007).

PARTIE II : MATERIEL ET METHODES

PARTIE II: MATERIEL ET METHODES

I. Matériel

I.1. Matériels utilisés

L'ensemble du matériel utilisé est présenté dans le tableau suivant ;

Tableau II : Matériel d'étude

L'appareillage	La verrerie
Mortier en porcelaine	Fiolle
Tamis	Pipettes
Balance	Béchers
Agitateur magnétique	Pissette
pH-mètre	Tubes
Spectrophotomètre	
Centrifugeuse	

I.2. Produits chimiques

- Acide chlorhydrique (HCl), pureté 37 %, densité 1,19 et de masse molaire égale à 36,5 g/mol.
- Soude (NaOH), pureté 98 % , et de masse molaire égale à 40 g/mol.
- Bleu de méthylène (C₁₆H₁₈ClN₃S), pureté 82%, solubilité 1% dans l'eau et de masse molaire égale à 319,85 g/mol (ApplicChem Panreac).

I.3. Absorbants utilisés

Les argiles utilisées proviennent des régions d'Hambol et de la lagune précisément dans la ville de Katiola et d'Anyama au nord et au sud de la Côte d'Ivoire. Ces deux échantillons d'argiles nous ont été fournis par le laboratoire de Constitution et Réaction de la Matière (LCRM) de l'Université Felix Houphouët-Boigny de Cocody Abidjan. Les différents minéraux constituant ces deux d'argiles sont consignés dans le tableau III.

Tableau III : Composition minéralogique des argiles utilisées.

Argiles	Minéraux argileux (%)				Autres minéraux (%)		Total minéraux argileux (%)
	Illites	Chlorite	Smectites	kaolinite	Rutile	Quartz	
Argile d'Anyama	26,31	23,31	14,40	-	1,03	29,73	64,02
Argile de Katiola	14,94	-	12,81	22,38	-	17,11	50,13

II. Méthodes

II.1. Préparation de l'adsorbant

Les échantillons d'argile d'Anyama et Katiola (figure 7) ont été finement broyés dans un mortier en porcelaine. La poudre obtenue est ensuite tamisée avec un tamis de marque *Retsch* de 200 μm (figure 8).



Anyama



Katiola

Figure 7 : Echantillons d'argiles d'Anyama et de Katiola

Figure 8 : Mortier en porcelaine et tamis de 200 μm de marque RETSCH

II.2. Préparation des solutions du bleu de méthylène

Une masse de 0,305 g de poudre de bleu de méthylène a été dissoute dans un volume de 500 mL d'eau distillée. Le mélange a été agité jusqu'à l'obtention d'une solution homogène. La concentration de la solution mère du bleu de méthylène est de 500 mg/L. Les solutions pour les tests d'adsorption ont été préparées par dilution à partir de cette solution mère.

II.3. Spectre d'absorption du bleu de méthylène

Le spectre d'absorption a été étudié en vue de déterminer la valeur de la longueur d'onde maximale d'absorption (λ_{\max}) du bleu de méthylène. Le spectre est obtenu par analyse d'une solution du bleu de méthylène de concentration 5 mg.L⁻¹, au spectrophotomètre UV visible. Les mesures de l'absorbance sont effectuées en fonction des longueurs d'onde de (500-750 nm).

II.4. Tests d'adsorption

II.4.1. Effet du temps de contact

Dans des béchers de 50 mL, des volumes de 30 mL de solution de bleu de méthylène de pH = 6,6 ($\pm 0,02$) et de concentration 30 mg/L, ont été mis en contact avec une masse de 0,02 g d'argile. Des prélèvements sont effectués selon les temps définis suivant : 5 min ; 10 min ; 20 min ; 30 min ; 40 min ; 60 min ; 120 min. Le mélange est ensuite mis dans une centrifugeuse à 4000 rpm pendant 10 min pour la séparation et le surnageant est analysé par le spectrophotomètre pour déterminer la concentration résiduelle de bleu de méthylène.

II.4.2. Influence de la masse de l'argile

L'effet de la masse d'argile a été étudié à température ambiante (25°C), au pH de la solution, en mettant en contact 30 mL de la solution du bleu de méthylène de concentration de 30 mg/L avec différentes masses d'argile (0,01 g ; 0,02 g ; 0,035 g ; 0,05 g ; 0,07 g ; 0,095 g) pour chaque types d'argiles. Des prélèvements sont effectués au temps optimum déterminé précédemment.

II.4.3. Influence de la concentration initiale du polluant

L'effet de la concentration du polluant a été étudié selon le mode opératoire suivant : des solutions de concentrations différentes (2 mg/L ; 5 mg/L ; 10 mg/L ; 15 mg/L ; 25 mg/L ; 40 mg/L ; 60 mg/L) préparées à température ambiante et au pH de la solution, sont ajoutées à différents flacons contenant la masse d'argile optimum obtenue précédemment au temps optimum indiqué. Le volume utilisé est de 30 mL.

II.4.4. Influence du pH de la solution

L'étude de l'influence du pH du milieu permet de connaître le comportement des différentes formes ioniques du bleu de méthylène vis-à-vis de l'adsorption. Des solutions de concentration initiale correspondant à la meilleure adsorption, sont préparées en ajustant le pH initial des solutions du bleu de méthylène aux différentes valeurs (3 ; 5 ; 6 ; 8 ; 10 ; 12). Le pH est ajusté avec des solutions de chlorure d'hydrogène (HCl) à 0,1 N et de la soude (NaOH) à 0,1 N. La masse d'argile utilisée est la même que celle utilisée précédemment et est mis dans un volume de 30 mL au temps optimum indiqué.

Le pH a été suivi à l'aide d'un pH-mètre de type Hanna *instrument* muni d'une électrode préalablement étalonnée. L'étalonnage de l'appareil est effectué avec des tampons à pH=4,01 et pH=7,01.

II.5. Séparation du mélange

La séparation du mélange (colorant, argile) a été réalisée à l'aide d'une centrifugeuse de marque SIGMA. Cette séparation a été effectuée à une vitesse de 4000 rpm avec un rotor 1192 pendant 12 min.

II.5.1. Quantité du bleu de méthylène adsorbée

La quantité du bleu de méthylène adsorbée est déterminée selon le calcul suivant :

$$q_t = \frac{C_0 - C_e}{m} \times V \quad (11)$$

Avec :

q_t : quantité de polluant par unité de masse d'argile (mg/g)

C_0 : concentration initiale du bleu de méthylène (mg/L)

C_e : concentration résiduelle à l'équilibre (mg/L)

V : volume de la solution du bleu de méthylène (L)

m : masse de l'argile (g)

III. Conditions d'analyse du bleu de méthylène

III.1. Spectre d'adsorption du bleu de méthylène

Le spectre d'adsorption obtenu après analyse d'une solution du bleu de méthylène de concentration 5 mg/L est présenté sur la figure 9 suivante. Une absorbance maximale du bleu de méthylène est observée à la longueur d'onde de 663 nm. Par conséquent, toutes les mesures d'absorbance dans ce travail ont été faites à cette longueur d'onde.

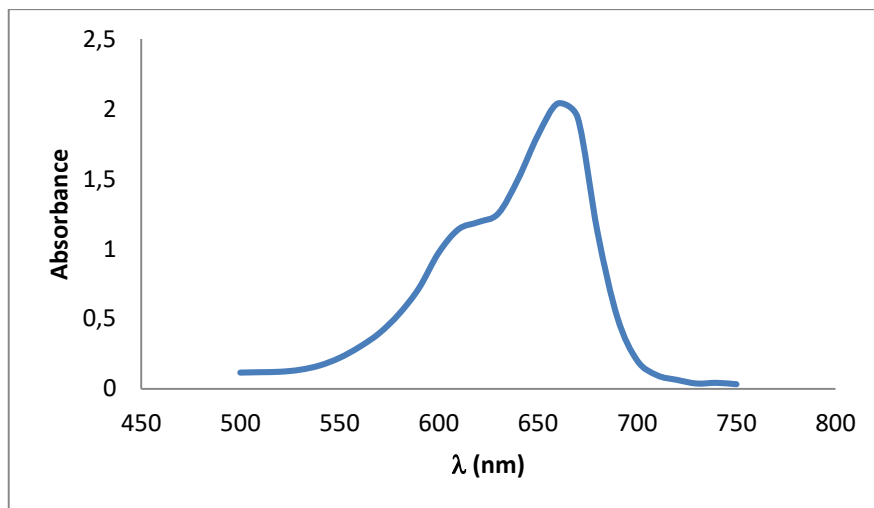


Figure 9 : Spectre UV du bleu de méthylène

III.2. Etalonnage du bleu de méthylène

L'étalonnage a été réalisé avec des concentrations variant de 0 à 30 mg/L. Les résultats obtenus nous ont permis de réaliser la courbe d'étalonnage (Figure 10), avec les caractéristiques suivantes :

- Equation de la courbe d'étalonnage : $y = 0,0947x + 0,0102$
- Coefficient de corrélation : $R^2 = 0,9985$

Cette équation permet de calculer la concentration d'une solution de bleu de méthylène donnée (C_e en mg/L).

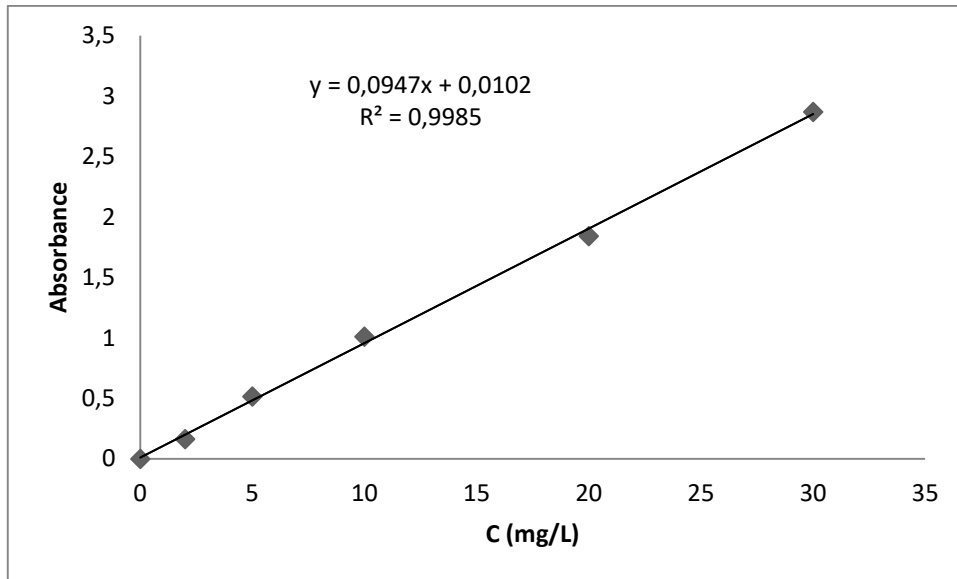


Figure 10 : Courbe d'étalonnage du bleu de méthylène

PARTIE III : RESULTATS ET DISCUSSION

PARTIE III: RESULTATS ET DISCUSSION

Ce chapitre est consacré à la présentation des résultats expérimentaux suivie des discussions. Nous faisons d'entrée une description générale des données acquises, observées et manipulées, puis nous apportons des éléments de réponse argumentés aux questions spécifiques de notre recherche.

I. Adsorption du bleu de méthylène

I.1. Effet du temps de contact

Cette étude permet de déterminer le temps nécessaire pour atteindre l'équilibre d'adsorption. Elle a été réalisée au pH de la solution et à température ambiante, en faisant varier le temps de 0 à 120 min pour une masse de 0,02g d'argile. Les résultats obtenus sont illustrés sur la figure 11 qui représente l'évolution de la quantité adsorbée en fonction du temps de contact.

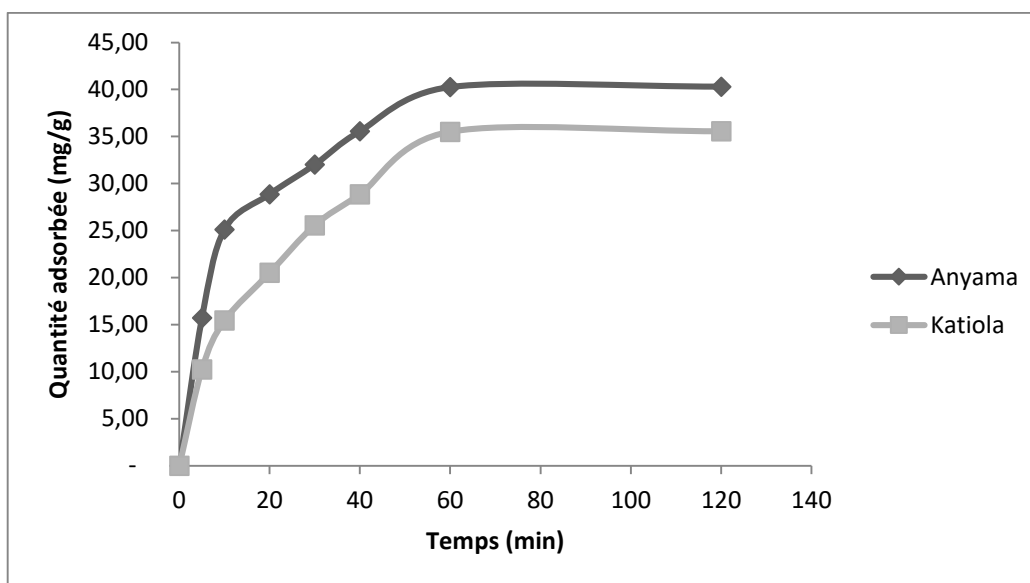


Figure 11 : Influence de temps de contact sur l'adsorption du BM par l'argile d'Anyama et l'argile de Katiola

On constate que la vitesse d'adsorption est rapide au début et devient lent au cours du temps pour atteindre l'équilibre. L'étape rapide est due à l'abondance et la disponibilité des sites actifs sur la surface des argiles et l'étape lente s'explique par l'occupation et la saturation progressive des sites (Al-Heetimi *et al.*, 2017).

Cette étude a montré que 60 min est suffisante pour atteindre l'équilibre pour l'argile d'Anyama et Katiola. Le maximum d'adsorption est atteint avec une quantité de 40,29 mg/g

pour l'argile d'Anyama et 35,54 mg/g pour l'argile de Katiola. Ce temps sera fixé comme temps d'équilibre adsorbant-adsorbât. A travers ces deux courbes, nous pouvons conclure que l'adsorption est plus importante avec l'argile d'Anyama qu'avec l'argile de Katiola. La capacité d'adsorption est importante avec l'argile d'Anyama. Ceci peut s'expliquer par le fait que le pourcentage total des minéraux argileux de l'argile d'Anyama (64,02%) est supérieur à celui de l'argile de Katiola (50,13%) voir tableau III.

I.2. Influence de la masse d'argile

L'influence de la masse a été mise en évidence en utilisant une solution du BM de concentration 30 mg/L, un temps de contact de 60 min et au pH de la solution (pH = 6,6) pour chaque argile. Les courbes exprimant l'effet de la masse d'adsorbant sont représentées sur la figure 12.

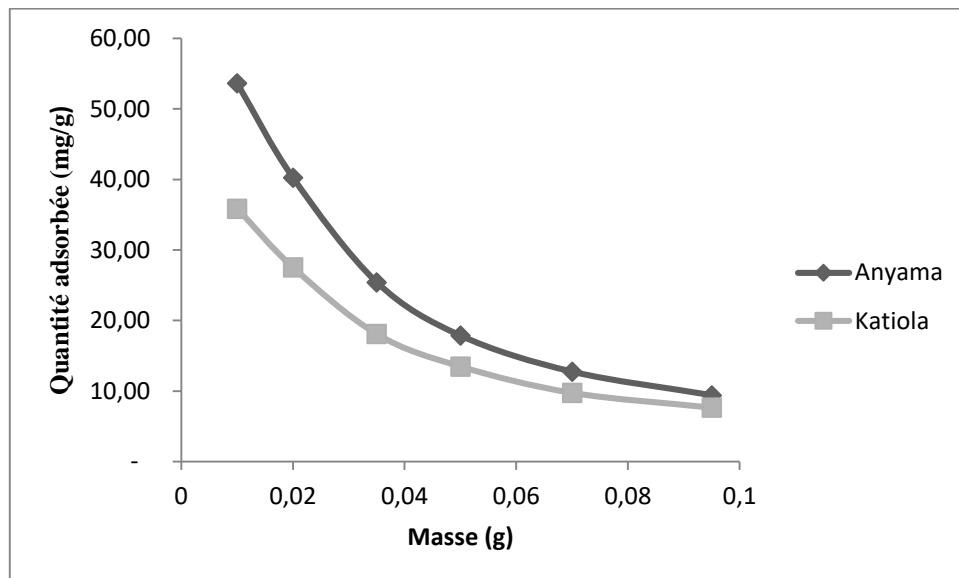


Figure 12 : Influence de la masse d'argile sur l'adsorption du BM par l'argile d'Anyama et l'argile de Katiola

D'après la figure 12 ci-dessus, on remarque que la quantité adsorbée du BM décroît avec l'ajout de la masse d'argile pour les deux argiles. Une quantité optimale de 0,02 g pour les argiles sera nécessaire pour l'adsorption. Selon (Saoudi & Hamouma, 2013), ce comportement peut être expliqué :

- ❖ Tant que la quantité d'adsorbant ajoutée à la solution de colorant est faible, les cations du colorant peuvent accéder facilement aux sites d'adsorption. L'ajout d'adsorbant

permet d'augmenter le nombre de sites d'adsorption mais les cations du colorant ont plus de difficultés à approcher ces sites à cause de l'encombrement ;

- ❖ Une grande quantité d'adsorbant peut créer des agglomérations de particules, d'où une réduction de la surface totale d'adsorption et, par conséquent, une diminution de la quantité d'adsorbât par unité de masse d'adsorbant.

La figure 12 montre aussi que l'argile d'Anyama a une capacité d'adsorption meilleure que l'argile de Katiola avec une valeur de 53,62 mg/g. Ceci grâce à la composition minéralogique de l'argile d'Anyama (voir tableau III).

I.3. Influence de la concentration initiale du bleu de méthylène

L'étude de l'influence de la concentration initiale du BM a pour but de déterminer la concentration du BM pour laquelle on obtient l'adsorption maximale pour les deux argiles au temps d'équilibre (60 min), à une masse de 0,02 g et au pH de la solution (pH = 6,6). La quantité adsorbée exprimé en fonction de la concentration initiale est représentée par la figure 13.

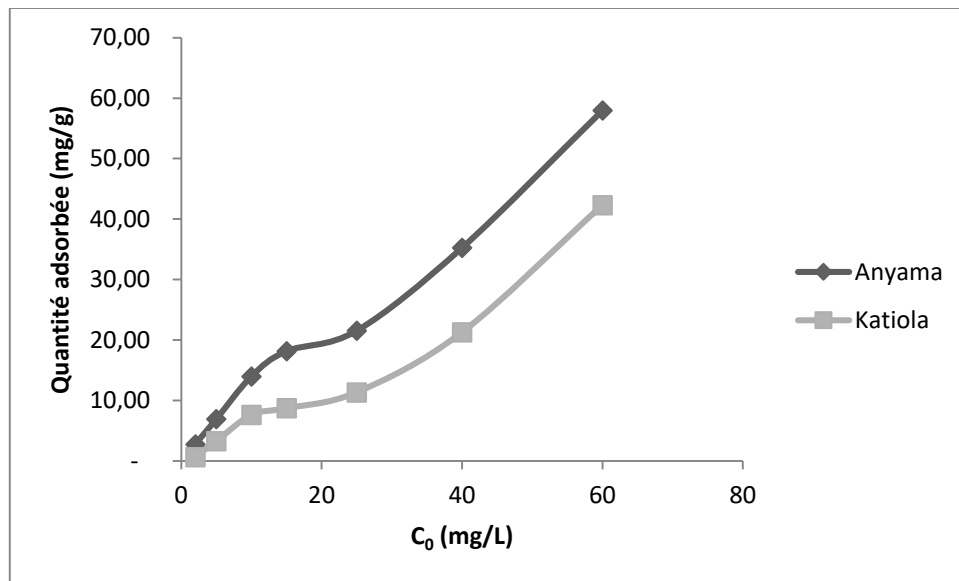


Figure 13 : Quantité de BM adsorbée en fonction de la concentration de BM par l'argile d'Anyama et l'argile de Katiola

Les résultats de la figure 13 montrent que la capacité d'adsorption croît avec l'augmentation de la concentration initiale du BM pour les deux argiles.

Al-Heetimi *et al.* (2017) expliquent cette augmentation par le fait que l'augmentation de la concentration initiale fournit une force motrice importante ce qui accélère la diffusion de

la molécule à travers la surface de l'adsorbant. On remarque aussi qu'il n'y a pas de palier dans la gamme de concentrations étudiées. Ceci signifie que le taux de saturation n'est pas atteint et que les argiles pourront adsorbées des quantités de BM plus importantes.

Nous remarquons également que la capacité d'adsorption de l'argile d'Anyama est supérieure à la capacité d'adsorption de l'argile de Katiola.

I.4. Influence du pH

L'adsorption du bleu de méthylène par les argiles (d'Anyama et de Katiola) a été étudiée à des pH différents, dans les conditions expérimentales suivantes : $C_0 = 30 \text{ mg/L}$, masse $m_{\text{argile}} = 0,02 \text{ g}$ et temps de contact = 60 min. La figure 14 illustre les résultats obtenus.

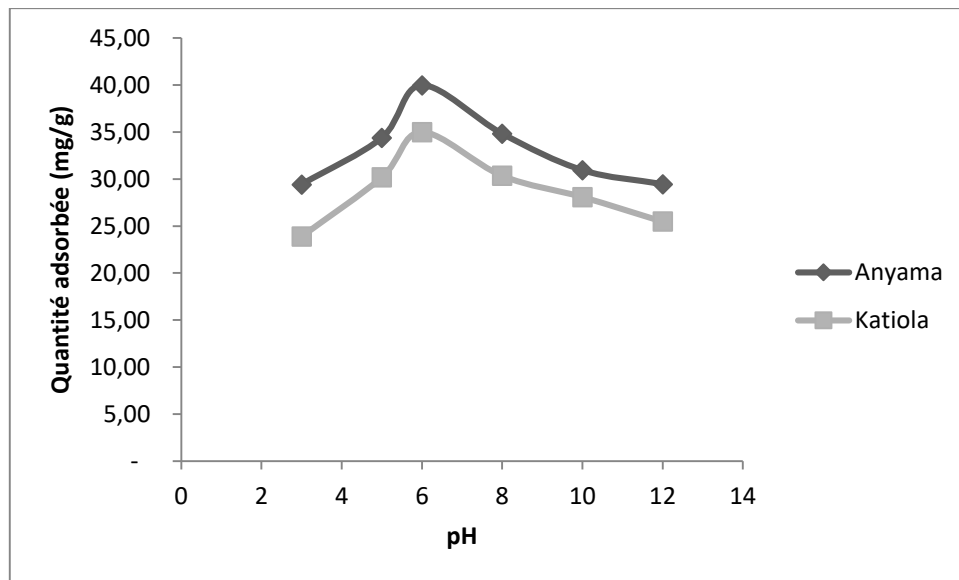


Figure 14 : Influence du pH sur l'adsorption du BM sur l'argile d'Anyama et de Katiola

Ces résultats montrent que :

- L'adsorption du BM sur les argiles est fortement influencée par le pH.
- L'influence du pH sur l'adsorption du BM est similaire avec les deux argiles.
- L'adsorption croît avec le pH jusqu'au pH = 6,6 puis décroît. L'adsorption est optimale au pH = 6,6.

Ces évolutions peuvent s'expliquer comme suit :

- **A pH faible**, la quantité d'ions H^+ augmente dans le système aqueux et la surface de l'argile acquiert une charge positive suite à l'adsorption des ions H^+ , ce qui ne favorise pas l'adsorption du colorant cationique en raison de la répulsion électrostatique.

- **A pH plus élevé**, les charges positives sur les molécules du colorant cationique seront neutralisées par les ions OH^- présent en solution, par conséquent la diffusion du colorant vers la surface négative de l'argile diminue d'où la diminution de la quantité (Bahia, 2015).

La courbe de l'argile d'Anyama est au-dessus de la courbe de l'argile de Katiola, ce qui signifie que l'argile d'Anyama adsorbe mieux que celle de Katiola.

II. Etude cinétique

La cinétique d'adsorption du colorant a été étudiée à différentes concentrations initiales. Deux modèles ont été appliqués pour décrire le mécanisme de la cinétique d'adsorption : le pseudo premier ordre et le pseudo second ordre. Les cinétiques d'adsorption du pseudo premier ordre et du pseudo second ordre sont représentées par les figures 15 et 16.

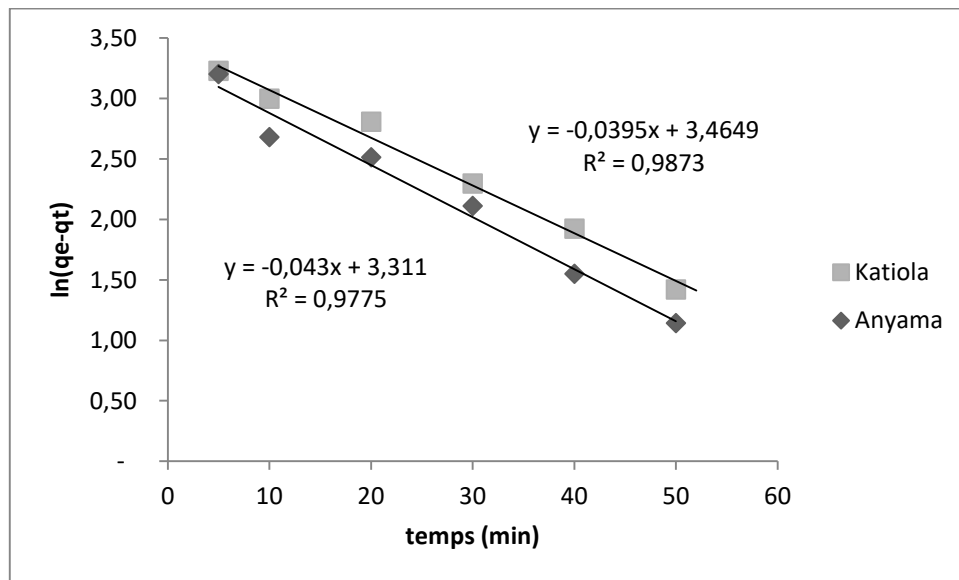


Figure 15 : Représentation du modèle cinétique pseudo premier ordre pour l'adsorption du BM sur l'argile d'Anyama et de Katiola.

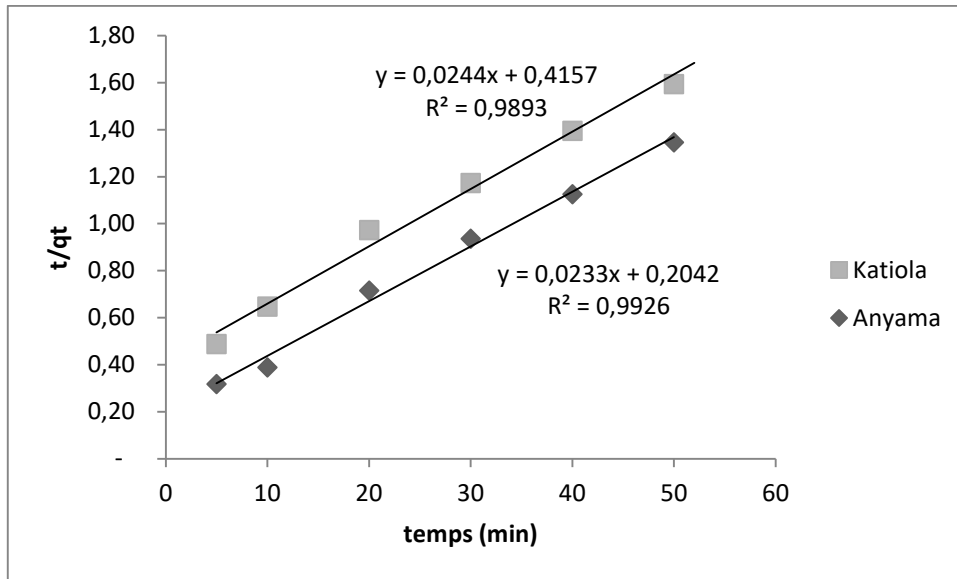


Figure 16 : Représentation du modèle cinétique pseudo second ordre pour l’adsorption du BM sur l’argile d’Anyama et de Katiola.

On constate, d’une façon globale, que la représentation du pseudo second ordre (figure 16) donne une meilleure linéarité que celle du pseudo premier ordre (figure 15).

Les quantités adsorbées à l’équilibre et les coefficients de corrélation calculés pour les deux modèles sont représentés dans le tableau IV :

Tableau IV : Paramètres caractéristiques des cinétiques

Argiles	q _e _{exp} (mg/g)	Pseudo premier ordre			Pseudo second ordre		
		q _e _{cal} (mg/g)	k ₁ (min ⁻¹) 1)	R ²	q _e _{cal} (mg/g)	k ₂ (g/mg.min)	R ²
Argile Anyama	40,25	27,41	0,043	0,9775	42,91	0,0026	0,9926
Argile Katiola	38,49	31,97	0,0395	0,987	40,98	0,0014	0,9893

Les capacités d’adsorption à l’équilibre et les coefficients de corrélation calculés pour le modèle du pseudo second ordre montrent que ce modèle décrit mieux le comportement cinétique de l’adsorption du BM sur l’argile d’Anyama et celle de Katiola. En effet, on remarque que les coefficients de corrélation R² calculés pour le modèle du pseudo second ordre sont supérieurs à ceux calculés pour le modèle pseudo premier ordre, et les valeurs des quantités adsorbées calculées (q_e_{cal}) à partir du modèle du pseudo second ordre sont proches

des valeurs obtenues expérimentalement ($q_{e_{exp}}$). Des résultats similaires ont été observés (Gürses *et al.*, 2006 ; Tsai *et al.*, 2007).

III. Modélisation de l'isotherme d'adsorption

L'étude des isothermes consiste à modéliser la courbe, ou plus précisément à rendre compte par une équation mathématique de l'ensemble de la courbe. Les modèles classiques de Langmuir et de Freundlich caractérisant la formation des monocouches seront utilisés pour leurs simplicités de mise en œuvre.

La modélisation des isothermes d'adsorption a été réalisée avec la forme linéaire (Equation 1 et 4, voir page 17 et 18). Les figures 17 et 18 représentent les graphes des isothermes de Langmuir et de Freundlich pour les deux argiles.

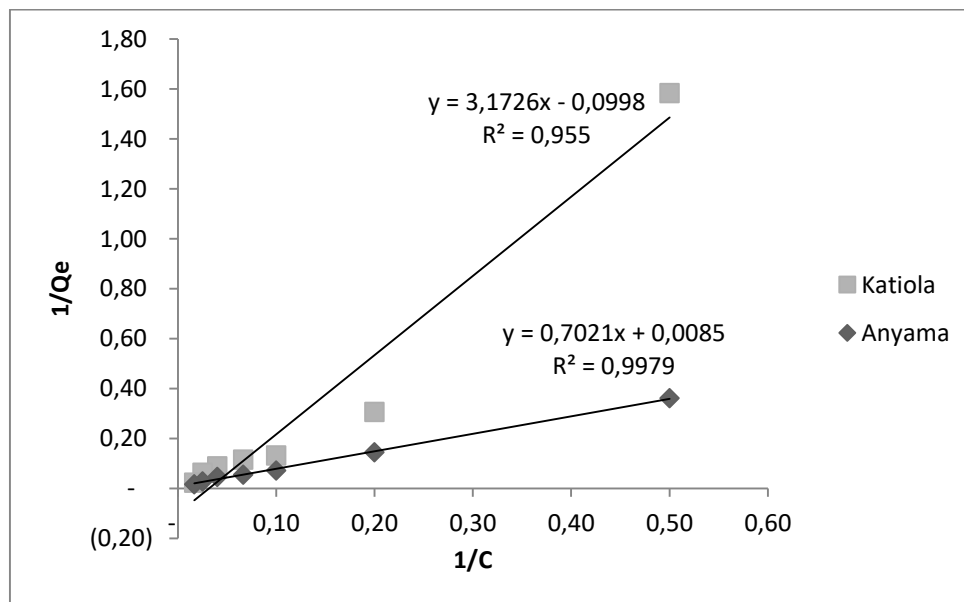


Figure 17 : Isothermes de Langmuir pour l'argile d'Anyama et l'argile de Katiola.

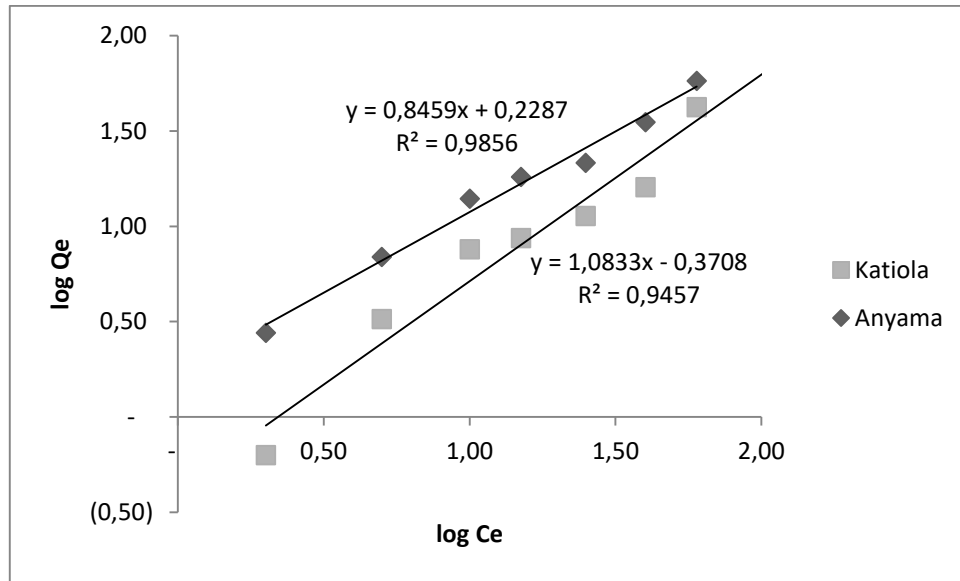


Figure 18 : Isothermes de Freundlich pour l'argile d'Anyama et l'argile de Katiola.

Les constantes de Langmuir et de Freundlich déduites des équations de droites obtenues et les coefficients de corrélation sont donnés dans le tableau V.

D'après les résultats présentés sur les figures 17 et 18, et le tableau V, on constate que les coefficients de corrélation R^2 du modèle de Langmuir sont supérieurs aux coefficients de corrélation R^2 du modèle de Freundlich pour les deux argiles. Cette bonne corrélation entre les données d'adsorption et le modèle de Langmuir indique la nature homogène de la surface de ces deux argiles (Karagozoglu *et al.*, 2007 ; Selvam *et al.*, 2008).

Tableau V : Constantes de Langmuir et de Freundlich.

Argiles	Langmuir				Freundlich		
	Q_{max} (mg/g)	K_L (L/mg)	R_L	R^2	K_F (mg/g)	1/n	R^2
Argile Anyama	117,64	0,12	0,21	0,997	1,26	0,84	0,985
Argile Katiola	10,02	0,03	0,52	0,955	1,45	1,08	0,945

La valeur calculée de R_L ($0 < R_L < 1$) pour les argiles montre que l'adsorption est favorable pour ces deux argiles. Le modèle de Langmuir présente un meilleur coefficient de corrélation que celui de Freundlich; ceci indique que l'isotherme de Langmuir décrit mieux l'adsorption que celui de Freundlich (Lakhache, 2017).

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La présente étude s'est portée sur l'adsorption d'un colorant basique (Bleu de méthylène par deux argiles de Côte d'Ivoire (Argile d'Anyama et Argile de Katiola).

Elle a permis d'une part de déterminer la cinétique d'adsorption du colorant (BM) en mettant en évidence l'influence de certains paramètres (masse d'argile, concentration initiale du polluant et pH) et d'autre part de modéliser les isothermes d'adsorption des deux argiles.

L'étude de la cinétique et de l'influence des paramètres sur la capacité d'adsorption du colorant (Bleu de méthylène) sur les argiles a montré que :

- l'équilibre d'adsorption du colorant est atteint en 60 minutes de temps de contact adsorbant-adsorbat ;
- la capacité d'adsorption décroît avec l'augmentation de la masse d'argile ;
- la capacité d'adsorption augmente avec l'augmentation de la concentration initiale du colorant (BM) ;
- l'adsorption est optimale au pH = 6,6 ;
- l'adsorption du colorant suit la cinétique du modèle pseudo second ordre.

Les isothermes d'adsorption du colorant (BM) sur les argiles sont décrites de manière satisfaisante par le modèle de Langmuir.

Les capacités d'adsorption maximales déterminées à partir de l'isotherme de Langmuir montrent que l'argile d'Anyama présente une meilleure capacité d'adsorption comparée à l'argile de Katiola.

Il ressort de ces résultats que les argiles ivoiriennes sont des matériaux naturels efficaces pour la décoloration d'une solution de BM. Celles-ci peuvent jouer un rôle important dans la dépollution des effluents colorés.

Afin de mieux apprécier ces résultats, il est important d'approfondir cette recherche par d'autres études tels que :

- L'influence de la température
- La composition chimique de l'argile,
- La fraction des différents pores à la surface de l'argile
- Le mécanisme d'adsorption.

REFERENCES

REFERENCES

- Al-Heetimi D.T.A., Kadhum M.A.R. & Alkhazrajy O.S. (2017). Adsorption of Ciprofloxacin Hydrochloride from Aqueous Solution by Iraqi Porcelinaite Adsorbent. *Journal of Al-Nahrain University Science*, 17(1) : 41–49.
- Ayari F., Srasra E. & Trabelsi-Ayadi M. (2004). Application des modèles de Langmuir et Freundlich aux isothermes d'adsorption des métaux lourds par l'argile purifiée. *Journal de Physique IV (Proceedings)*, 122 : 229–234.
- Azbar N., Yonar T. & Kestioglu K. (2004). Comparison of various advanced oxidation processes and chemical treatment methods for COD and color removal from a polyester and acetate fiber dyeing effluent. *Chemosphere*, 55(1) : 35–43.
- Bahia M.-Z. (2015). Adsorption des polluants organiques et inorganiques sur des substances naturelles : Kaolin, racines de Calotropis procera et noyaux de dattes. Thèse De Doctorat, Université de Lorraine (Lorraine, France), 179 p.
- Barka N. (2008). L'élimination des colorants de synthèse par adsorption sur un phosphate naturel et par dégradation photocatalytique sur TiO₂ supporté. Thèse De Doctorat, Université Constantine 1, Faculté des Science Exactes (Agadir, Algérie), 155 p.
- Benguella B. (2009). Valorisation des argiles algériennes application à l'adsorption des colorants textiles en solution. Thèse De Doctorat, Université de Lorraine (Lorraine, France), 195 p.
- Bilal M., Asgher M., Iqbal M., Hu H. & Zhang X. (2016). Chitosan beads immobilized manganese peroxidase catalytic potential for detoxification and decolorization of textile effluent. *International Journal of Biological Macromolecules*, 89 : 181–189.
- Bilgiç C. (2005). Investigation of the factors affecting organic cation adsorption on some silicate minerals. *Journal of Colloid and Interface Science*, 281(1) : 33–38.
- Bouazza F. & Benguella B. (2018). Élimination des polluants organiques par des argiles naturelles Valorisation des argiles Algériennes : Application a l'adsorption des colorants textiles en solution. Editions Universitaires Européennes, 96 p.

- Bougdah N. (2007). Etude de l'adsorption de micropolluants organiques sur la bentonite. Mémoire De Magister, Université de Skikda (Algérie), 90 p.
- Bouna L. (2012). Fonctionnalisation des minéraux argileux d'origine marocaine par TiO₂ en vue de l'élimination par photocatalyse de micropolluants organiques des milieux aqueux. Thèse De Doctorat, Institut national Polytechnique de Toulouse (Toulouse, France), 285 p.
- Caillere S., Henin S. & Rautureau M. (1982). Minéralogie des argiles 1 : Structures et Propriétés Physico-chimies. 8, Masson, Paris, France, 184 p.
- Calvet R. (2003). Le sol : propriétés et fonctions. France agricole, Paris, France, 456 p.
- Cherraye R. (2012). Préparation par voie chimique d'un charbon actif à partir des déchets de café (Effet de taux d'adjuvant). Mémoire De Master, Université Kasdi Merbah-Ouargla (Algérie), 86 p.
- Chitour S. (1992). Physico-Chimie des surfaces : Les interfaces gaz-solide et liquide-solide. Office des Publications Universitaires, Algérie, 464 p.
- Cojan I. & Renard M. (2013). Sédimentologie. Dunod, Paris, France, 512 p.
- Coulibaly V., Kouame N., Kedi A.B., Sei J. & Oyetola S. (2018). Reactivity of Clays Consummated in Côte d'Ivoire in Digestive Conditions : Bioavailability of Mineral Elements. *Asian Journal of Applied Sciences*, 6(5) : 321–332.
- Coulibaly V., Sei J., Oyetolas S., Jdid E.-A., Thomas F. & Yvon J. (2013). Mineralogy and Physicochemical Properties of the Green Clay of Anyama (Côte d'Ivoire) used up for its Healing Properties. *European Journal of Scientific Research, EuroJournals*, 99(2) : 261–270.
- Crini G. & Badot P.-M. (2008). Application of chitosan, a natural aminopolysaccharide, for dye removal from aqueous solutions by adsorption processes using batch studies : A review of recent literature. *Progress in Polymer Science*, 33(4) : 399–447.
- Dae Y.K., Namgoo K., Wang G.S. & Seoung H.K. (2008). Isothermal adsorption equilibrium and dynamics of binary mixture gasoline constituents on honeycomb monoliths. *Chemical Eng. Journal*, 137(2) : 244–250.

- Ely A. (2010). Synthèse et propriétés de biosorbants à base d'argiles encapsulées dans des alginates : application au traitement des eaux. Thèse De Doctorat, Université de Limoges (France), 156 p.
- Errais E. (2011). Réactivité de surface d'argiles naturelles : Etude de l'adsorption de colorants anioniques. Thèse De Doctorat, Université de Strasbourg (Strasbourg, France), 210 p.
- Gürses A., Doğar Ç., Yalçın M., Açıkyıldız M., Bayrak R. & Karaca S. (2006). The adsorption kinetics of the cationic dye, methylene blue, onto clay. *Journal of Hazardous Materials*, 131(1) : 217–228.
- Ho Y.S. & McKay G. (1999). Pseudo-second order model for sorption processes. *Process Biochemistry*, 34(5) : 451–465.
- Hunger K. ed. (2003). Industrial dyes : chemistry, properties, applications. Wiley-VCH, Weinheim, 660 p.
- Kanouri R. & Labide A. (2013). Adsorption du phénol sur la bentonite de Maghnia. Mémoire De Master Académique, Université Kasdi Merbah-Ouargla (Ouargla, Algérie), 75 p.
- Karagozoglu B., Tasdemir M., Demirbas E. & Kobya M. (2007). The adsorption of basic dye (Astrazon Blue FGRL) from aqueous solutions onto sepiolite, fly ash and apricot shell activated carbon: Kinetic and equilibrium studies. *Journal of Hazardous Materials*, 147(1) : 297–306.
- Kouloughli S. (2007). Etude expérimentale des mélanges sable bentonite - Leurs Performances comme Barrière ès de Confinement dans les CET. Thèse De Doctorat, université Mentouri Constantine (Constantine, Algérie), 154 p.
- Kpangni E.B., Andji Y.Y.J., Adouby K., Oyetola S., Kra G. & Yvon J. (2008). Mineralogy of Clay Raw Materials from Cote d'ivoire : Case of the Deposit from Katiola. *Journal of Applied Sciences*, 8(5) : 871–875.
- Lakhache S. (2017). Adsorption de bleu de méthylène sur des argiles brute et sodée. Mémoire De Master En Chimie Inorganique & Environnement, Université Dr Tahar-Saida (Algérie), 82 p.

- Limousin G., Gaudet J.-P., Charlet L., Szenknect S., Barthès V. & Krimissa M. (2007a). Sorption isotherms : A review on physical bases, modeling and measurement. *Applied Geochemistry*, 22(2) : 249–275.
- Limousin G., Gaudet J.-P., Charlet L., Szenknect S., Barthès V. & Krimissa M. (2007b). Sorption isotherms: A review on physical bases, modeling and measurement. *Applied Geochemistry*, 22(2) : 249–275.
- Madani M.A. (2014). Adsorption d'un colorant basique (Bleu de méthylène) Sur différents adsorbants (charbon actif en poudre, charbon en grain et la bentonite). Mémoire De Master, Université Mohamed khider-Biskra (Biskra, Algérie), 90 p.
- Melquiot P. & Bertolini G. (2005). 1001 mots et abréviations de l'environnement et du développement durable. Recyconsult, Lyon, France, 192 p.
- Moody V. & Needles H.L. (2004). Tufted carpet: textile fibers, dyes, finishes, and processes. William Andrew Pub, Norwich, NY, 249 p.
- Mouaziz S. (2012). Préparation et caractérisation des bentonites modifiées par des sels de Bisimidazolium : application à l'adsorption du bleu de Telon. Mémoire De Master, Université Abou Bekr Belkaid-Tlemcen (Tlemcen, Algérie), 86 p.
- Naidja L. (2010). Elimination du colorant en solution aqueuse, par voie photochimique et par adsorption. Mémoire De Magister, Université de Mentouri Constantine (Constantine, Algérie), 74 p.
- Nouzha B. (2007). Elimination du 2-Mercaptobenzothiazole par voie photochimique et par adsorption sur la bentonite et le charbon actif en poudre. Mémoire De Magister, Université Mentouri de Constantine (Constantine, Algérie), 184 p.
- Ramesh A., Lee D.J. & Wong J.W.C. (2005). Thermodynamic parameters for adsorption equilibrium of heavy metals and dyes from wastewater with low-cost adsorbents. *Journal of Colloid and Interface Science*, 291(2) : 588–592.
- Saoudi S. & Hamouma O. (2013). Adsorption d'un colorant basique bleu de méthylène sur une argile acidifié. Mémoire De Master En Chimie, Analyse, Université A. MIRA – Bejaïa (Algérie), 40 p.

-
- Selvam P.P., Preethi S., Basakaralingam P., N.Thinakaran, Sivasamy A. & Sivanesan S. (2008). Removal of rhodamine B from aqueous solution by adsorption onto sodium montmorillonite. *Journal of Hazardous Materials*, 155(1) : 39–44.
- Sylla F. (2004). Caractérisation de trois échantillons d'argile en provenance de Djenné et du pays Dogon. Mémoire De DEA, Université de Bamako (Bamako, Mali), 33 p.
- Tsai W.T., Chang Y.M., Lai C.W. & Lo C.C. (2005). Adsorption of basic dyes in aqueous solution by clay adsorbent from regenerated bleaching earth. *Applied Clay Science*, 29(2) : 149–154.
- Tsai W.-T., Hsu H.-C., Su T.-Y., Lin K.-Y., Lin C.-M. & Dai T.-H. (2007). The adsorption of cationic dye from aqueous solution onto acid-activated andesite. *Journal of Hazardous Materials*, 147(3) : 1056–1062.
- Wakim J. (2005). Influence des solutions aqueuse sur le comportement mécanique des roches argileuses. Thèse De Doctorat, Ecole nationale supérieure des Mines de Paris. (Paris, France), 154 p.
- Yéo K.M.-M. (2017). Elimination des résidus pharmaceutiques du milieu aqueux par adsorption sur l'argile locale : Application sur la ciprofloxacine. Mémoire De Master En Science Et De Gestion De L'Environnement, Université Nangui Abrogoua (Abidjan, Côte d'Ivoire), 42 p.
- Zepp R.G. & Cline D.M. (1977). Rates of direct photolysis in aquatic environment. *Environmental Science & Technology*, 11(4) : 359–366.

RESUME

Le présent travail porte sur l'étude de l'adsorption d'un colorant basique (Bleu de méthylène) par deux argiles de Côte d'Ivoire (Argile d'Anyama et Argile de Katiola). L'adsorption a été étudiée en fonction de certains paramètres tels que l'effet du temps de contact, la masse d'argile, la concentration initiale du colorant et le pH de la solution. Les essais d'adsorption ont montré que l'équilibre est atteint en 60 minutes pour les deux argiles. Les résultats expérimentaux ont montré que l'adsorption dépend de la masse d'argile, de la concentration en colorant et du pH de la solution. La cinétique d'adsorption du colorant (BM) a été étudiée en utilisant les modèles du pseudo premier ordre et du pseudo second ordre. L'adsorption du colorant (Bleu de méthylène) sur les argiles peut être décrite par la cinétique du pseudo second ordre. La capacité maximale a été déterminée en utilisant les isothermes de Langmuir et de Freundlich. L'isotherme de Langmuir décrit de manière satisfaisante l'adsorption du bleu de méthylène sur les argiles. L'adsorption est favorable pour les deux argiles. Toutefois, l'argile d'Anyama présente une meilleure capacité d'adsorption comparée à l'argile de Katiola.

Mots clés : Adsorption, colorant, argile, isotherme d'adsorption, bleu de méthylène.

Abstract

The present work concerns the study of the adsorption of a basic dye (methylene blue) by two clays from Côte d'Ivoire (Anyama clay and Katiola clay). The adsorption of the dye was studied according to certain parameters such as the effect of the contact time, the clay mass, the initial concentration of the dye and the pH of the solution. The experimental results have shown that the adsorption depends on the clay mass, the dye concentration and the pH of the solution. Adsorption test showed that equilibrium is reached in 60 minutes for the two clays. The adsorption kinetics of the dye (methylene blue) was studied using the pseudo first order and pseudo second order models. The adsorption of the methylene blue on the clays can be described by the kinetics of the pseudo second order. The maximum capacity was determined using the Langmuir and Freundlich isotherms. The Langmuir isotherm satisfactorily describes the adsorption of the methylene blue on clays. Adsorption is favorable for both clays. However, Anyama clay has better adsorption capacity compared to Katiola clay.

Keywords: Adsorption, dye, clay, adsorption isotherm, methylene blue.