

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**



Université Kasdi Merbah Ouargla

Faculté des sciences appliquées

Département d'Hydraulique et Génie Civil

Filière : Hydraulique

Spécialité : Traitement, épuration et Gestion des eaux.

Mémoire présenté par :

LAKEHAL Nadia

En vue de l'obtention du titre de MASTER

Thème

Contribution à la valorisation des boues d'épuration dans le traitement des eaux contaminées par le bleu méthylène(cas de la STEP de Touggourt).

Soutenu Publiquement le : 04/06/ 2017

Devant le jury :

ZEGGANE.H	MAA	UKMO	Président
BELMABDI.A	MAA	UKMO	Examineur
BOUZIANE.L	MAB	UKMO	Encadreur

2016/2017

REMERCIEMENT

Pour j'avoir aidé à cheminer au long de ce travail de fin d'études afin d'obtenir le diplôme de master en traitement des eaux, je tiens et tout d'abord à remercier le bon Dieu le tout puissant qui j'ai donné le courage et la santé pour l'accomplissement de ce modeste travail.

Je tiens également à remercier ma directrice et promotrice du mémoire

Mme Bouziane Lamya

Pour ces conseils avisés ainsi que pour la patience qu'elle lui a fallu pour je guider tout au long de ce travail, pour son constant soutien et pour les nombreuses fois où elle j'ai insufflé l'énergie nécessaire pour suivre mon tâche.

Enfin je souhaite aussi associer à ces remerciements tous ceux qui ont contribues près ou de loin à réaliser ce travail.

Liste des figures

Figure N°	Titre	Page
Chapitre I		
Figure I.1	Enchaînement des opérations unitaires des traitements des boues	05
Figure I.2	Epaississeur gravitaire	06
Figure I.3	Principe du séchage solaire	07
Figure I.4	Boues sèches sur lits de séchage	07
Figure I.5	table d'égouttage/filtre combinée à bande (EMO)	07
Figure I.6	principe de filtre à plateaux	07
Figure I.7	principe de la décanteuse centrifuge	08
Chapitre II		
Figure II.1	Schéma du mécanisme de transport d'un adsorbat au sein d'un grain	14
Figure II.2	Les différentes formes du charbon actif	15
Figure II.3	Schématisation de la structure du charbon actif.	15
Figure II.4	Traitement des eaux par adsorption en mode batch (mode statique) (b) et sur un lit fixe de charbon actif en mode continu (mode dynamique) (a).	20
Chapitre III		
Figure III.1	Schéma général du procès appliqué à la STEP de TOUGGOURT	23
Chapitre IV		
Figure IV.1	la boue sèche de station d'épuration de Touggourt.	34
Figure IV.2	Four pasteur.	35
Figure IV.3	La boue après carbonisation.	36
Figure IV.4	Montage opératoire.	37
Figure IV.5	Spectrophotomètre	40
Figure IV.6	Spectre du bleu de Méthylène	41
Figure IV.7	Courbe d'étalonnage de bleu de méthylène	42
Figure VI.8	Isotherme de Langmuir	45

Liste des tableaux

Figure N°	Titre	Page
Chapitre II		
Figure II.1	Classification et caractéristiques des pores	20
Chapitre III		
Figure III.1	Caractéristiques physico-chimiques des boues	33
Figure III.2	Concentrations des métaux lourds dans les boues de la station d'épuration de Touggourt (2016)	34
Chapitre VI		
Figure III.1	Prélèvements effectués	38

Sommaire

Introduction générale	01
------------------------------	-----------

Chapitre I : Généralité sur les boues

Introduction	04
I.1 définition de la boue	04
I.2 classification des boues	04
I.3 filières de traitement des boues	04
I.3.1 épaississement	05
I.3.2 stabilisation	06
I.3.3 déshydratation	06
I.4 destination finale des boues	08
I.4.1 épandage agricole	08
I.4.2 compostage	09
I.4.3 biogaz	09
I.4.4 réutilisation dans l'industrie	09
I.4.5 incinération	10
I.4.6. mise en décharge	10
I.4.7 alternatives	11
Conclusion	11

Chapitre II : Généralité sur l'adsorption des polluants des eaux

Introduction	13
II.1 définition de l'adsorption	13
II.2 type d'adsorption	13
II.3 mécanisme d'adsorption	14
II.4 charbon actif	14
II.5 méthodes de préparation du charbon actif	16
II.6 matériaux alternatifs	17
II.7 choix des adsorbants	17
II.8 polluants éliminés par l'adsorption	18
II.9 adsorption en mode statique et dynamique	20
Conclusion	20

Chapitre III : caractéristique des boues de la station de Touggourt

Introduction	22
III.1 données fondamentales	22
III.3 chaîne de traitement des eaux usées au niveau de la station de Touggourt	23
III.3 possibilité de la valorisation agricole des boues	31
Conclusion	33

Chapitre IV : expérimentale

Introduction	34
IV.1 Préparation de l'adsorbant	34
IV.2 Préparation des adsorbats	36
IV.3 L'adsorption en Batch	37
IV.4 Planification des expériences	38
1. Etude de l'adsorption en fonction du temps	38
2. Détermination de la capacité maximale du charbon	39
IV.5 Méthode analytique	40
IV.6 Résultats et discussion	42
1. Etude de l'adsorption de bleu de méthylène en fonction du temps	42
2. Détermination de la capacité maximale du charbon	43
3. Surface spécifique	45
Conclusion	45
Conclusion générale	46

INTRODUCTION GENERALE

Les boues de station d'épuration sont des produits résiduels qui résultent du traitement des eaux usées dans les stations d'épuration. Au cours des traitements primaires et secondaires des boues sont produites. Elles sont constituées avant tout de particules solides non retenues par les prétraitements en amont de la station d'épuration ; de matières organiques non dégradées ; de matières minérales ; et de micro-organismes (bactéries dégradatives pour l'essentiel) [1].

Elles se présentent sous forme d'une « soupe épaisse » qui subit ensuite des traitements visant, en particulier, à réduire leur teneur en eau, à dégrader de la matière sèche ou à les stabiliser [1].

Après leurs traitements, les boues de la station d'épuration sont généralement soit valorisées énergétiquement lors de l'incinération des boues soit valorisées dans la production du biogaz produit lors de la méthanisation soit valorisées des composés carbonés, azotés et phosphorés par épandage de boues ou de produits issus du compost des boues (plus précisément, co-compostage avec « mélange » déchets verts, bois et boues) sur les sols agricoles [2].

Dans le contexte actuel national de protection de l'environnement, l'élimination des boues d'épuration constitue un des enjeux majeurs pour notre pays. L'accroissement du nombre de STEP en Algérie s'accompagne de production de quantités non négligeables de boues d'épuration. L'objectif du traitement est de réduire le volume des boues produites, mais également de les valoriser par une réutilisation à des fins agricoles, permettant ainsi d'enrichir les sols sans recourir à des engrais chimiques (Step de Tizi-Ouzou) ou de valoriser leur potentiel énergétique sous forme de biogaz (Step de Annaba et de Oran) [3].

Depuis plusieurs années des chercheurs Algériens se penchent sur le moyen d'utiliser les boues résiduelles des stations d'épuration pour fertiliser les champs. Il apparaît que ces boues constituent un moyen puissant d'augmenter les rendements. En effet, l'utilisation de ces boues ne peut se poursuivre sans la garantie de leur innocuité (teneur en micropolluants et en pathogènes). Mieux, de nouveaux travaux montrent qu'elles pourraient permettre de revitaliser des sols en zone aride (Laghout)[4].

Un travail réalisé par idder abdelhak et al[5], a été pour objectif de tester l'efficacité de l'utilisation des boues résiduaires urbaines issues de la station des eaux usées de Touggourt en agriculture par rapport à l'utilisation des engrais minéraux. Cette étude a également montré l'intérêt de ces boues vis-à-vis du sol de la région et de la culture mise en place.

L'inexistence de texte réglementaire national relatif à la valorisation agricole des boues n'a pas permis de valoriser réellement des boues des stations d'épuration en agriculture [3].

La recherche des nouveaux alternatifs pour la valorisation de ces quantités énormes des boues reste l'objet de plusieurs chercheurs. Dans ce sens, notre travail est dans le but de vérifier la possibilité d'utiliser les boues de la station d'épuration de Touggourt dans la fabrication des charbons actifs utilisables dans le traitement des eaux usées polluées par les métaux lourds ou des composés organiques.

Pour bien présenter notre travail, le présent mémoire se compose de quatre chapitres :

Chapitre 1 : généralité sur les boues

Chapitres 2 : généralité sur l'adsorption des polluants des eaux

Chapitre 3 : présentation de la station d'épuration de Touggourt, les caractéristiques de ses boues et la possibilité d'utiliser les boues de la station d'épuration de Touggourt dans l'agriculture.

Chapitre 4 : fabrication de charbon à partir des boues sèches de la station et le test de ce charbon dans l'élimination des métaux lourds et de colorant présents dans les solutions aqueuses.

Introduction

Le traitement des eaux urbaines ou industrielles génère des déchets liquides pâteux ou solides (boues) qu'il convient de caractériser, de traiter et de valoriser afin de minimiser leur impact environnemental.

I.1 Définition de la boue [1]

Les éléments polluants et leurs produits de transformation retirés de la phase liquide au cours de tout traitement de l'eau, quelle qu'en soit la nature, se trouvent finalement rassemblés dans la grande majorité des cas dans des suspensions plus ou moins concentrées dénommées « Boues ».

I.2 Classification des boues [1]

Elles sont classées en trois catégories:

- Les boues primaires: sont obtenues au niveau du décanteur primaire, après séparation physique des matières en suspension par décantation, de nature fortement organique.
- Les boues mixtes: correspondent au mélange des boues primaires et secondaires.
- Les boues secondaires: proviennent des traitements biologiques des eaux usées.

Les constituants des boues les plus importants sont:

- la matière organique
- les pathogènes
- les métaux
- et les composés organiques traces.

I.3 Filières de traitement des boues

Comme le montre la figure 1, le traitement des boues d'épuration consiste, la plupart du temps, à enchaîner des opérations unitaires de réduction de volume, de dégradation de la matière sèche ou de stabilisation.

•

- La réduction de volume est classiquement obtenue à travers des opérations de séparation de phases liquide/solide par décantation, filtration ou évaporation rencontrées dans les techniques d'épaississement, de déshydratation et de séchage thermique.
- La dégradation des matières organiques de la boue par des procédés biologiques (digestion, compostage) ou thermiques (incinération à 850°C, oxydation par voie humide de boues liquides épaissies sous 45 bar à 250°C) conduira également à un volume final moindre.
- La stabilisation est concrètement obtenue en ralentissant, voire en supprimant, la biodégradation putride des matières organiques de la boue, à travers différentes voies, biologique, chimique ou physique, avant (phase liquide) ou après (phase pâteuse) l'étape de déshydratation.

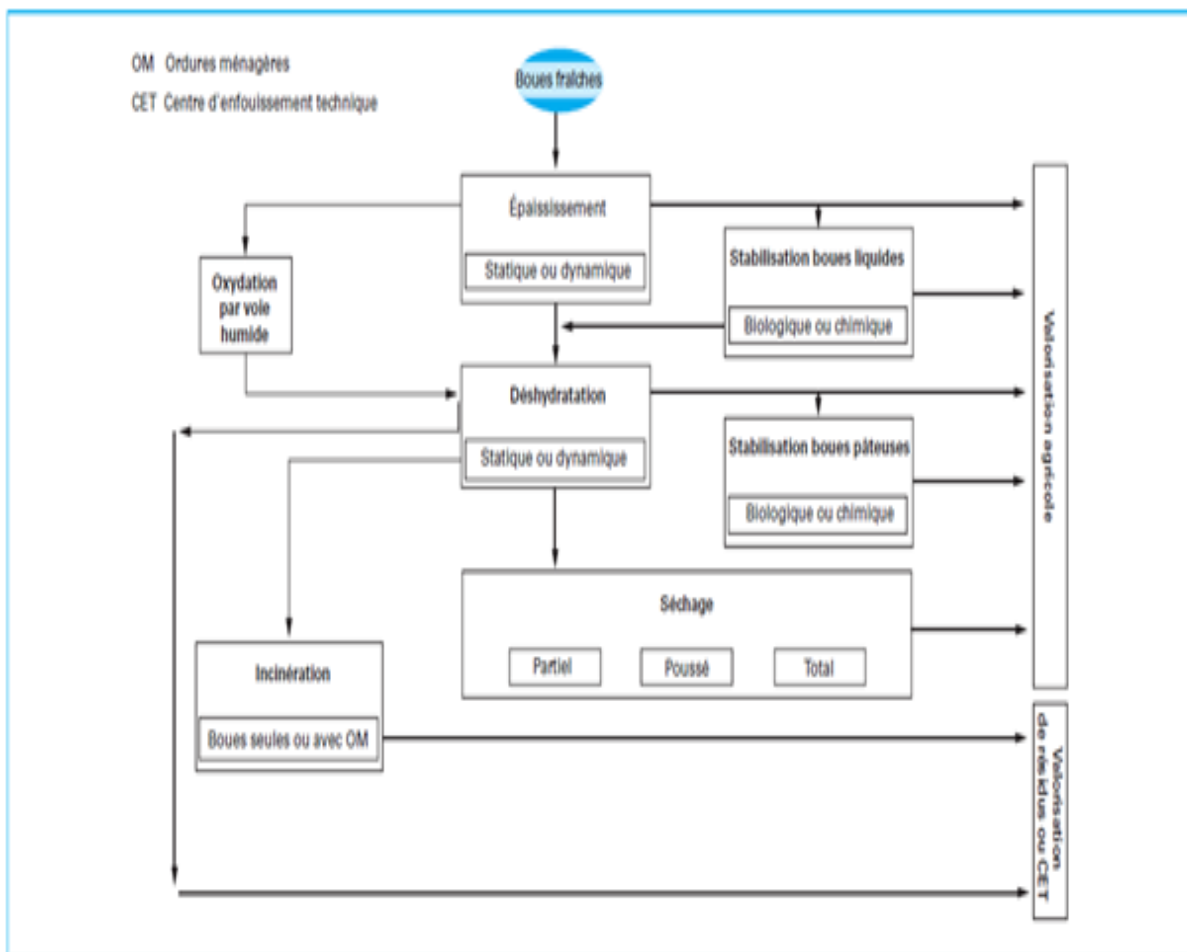


Figure I.1 : Enchaînement des opérations unitaires des traitements des boues [2]

I.3.1 Epaissement [1]

C'est le premier stade d'une réduction importante du volume des boues issues des traitements biologiques ou physicochimiques des effluents urbains. Cette opération peut être effectuée par simple épaissement gravitaire dans un ouvrage cylindrique (épaisseur, on l'appelle aussi décanteur-sédimenteur), ou bien mécaniquement par table, par tambour d'égouttage, par flottation ou par centrifugation.

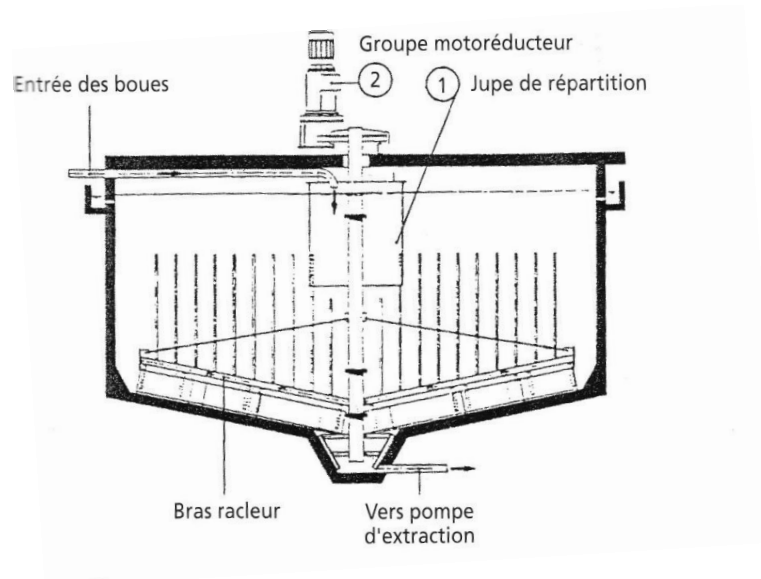


Figure I.2 : Epaisseur gravitaire

I.3.2 Stabilisation [2]

On peut distinguer deux voies de stabilisation :

- l'élimination, ou la destruction, accélérée et contrôlée d'une partie des matières organiques, et plus précisément, des matières à évolution bactérienne rapide ;
- l'inactivation importante des germes pathogènes présents dans la boue et responsables de sa fermentation.

Cette opération minimise la masse de matières et réduit les nuisances olfactives et microbiologiques. La digestion dans un ouvrage anaérobie, moyennant un temps de séjour de l'ordre de 20 jours demeure la technique la plus courante.

I.3.3 Déshydratation[2]

Elle permet de poursuivre l'opération d'épaississement jusqu'à un état pâteux, les boues titrant alors de 15 à 35 % de siccité selon le type de boue et l'appareillage sélectionné. La déshydratation peut se faire par des processus « naturels (lits de séchage, Serres) mais couramment par des moyens mécaniques, tels que la décanteuse centrifuge, le filtre à bande et le filtre-presse à plateaux.

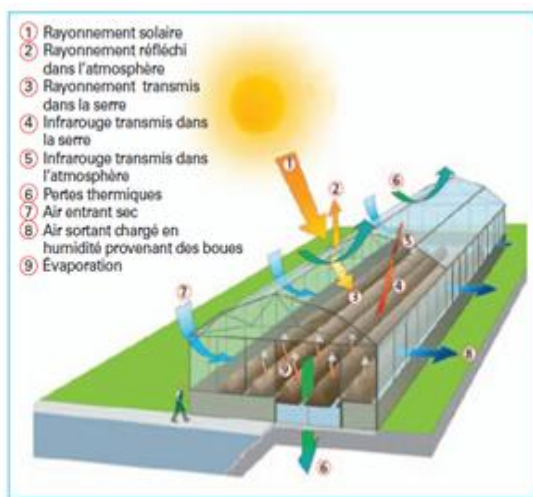
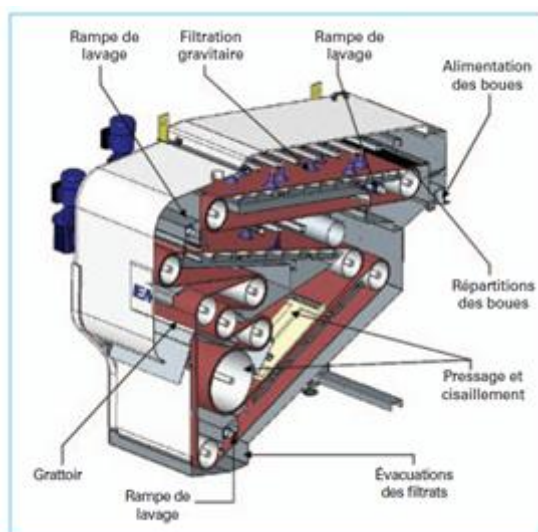


Figure I.3 Principe du séchage solaire



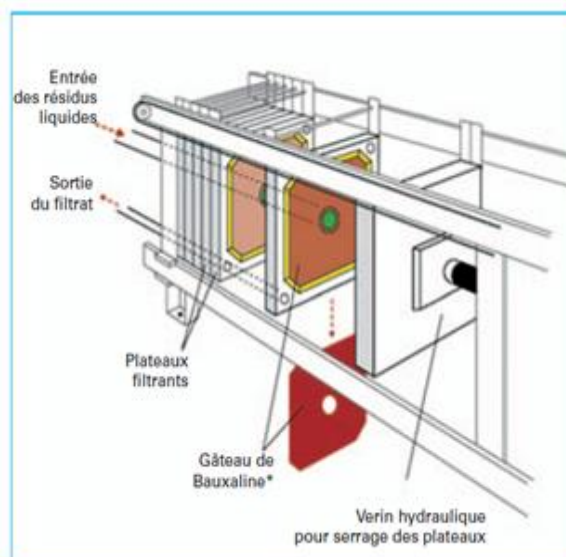
Figure I.4 :Boues sèches sur lits de séchage

Les techniques mécaniques de déshydratation exigent l'ajout de polymère, ou encore de chaux et de chlorure ferrique, dans le cas des filtres à plateaux. Cette étape s'appelle le « conditionnement ». L'ajout de chaux, à hauteur de 200 à 600 kg de Ca(OH)_2 par tonne de matière sèche, est souvent pratiqué et permet une stabilisation chimique de la boue déshydratée.



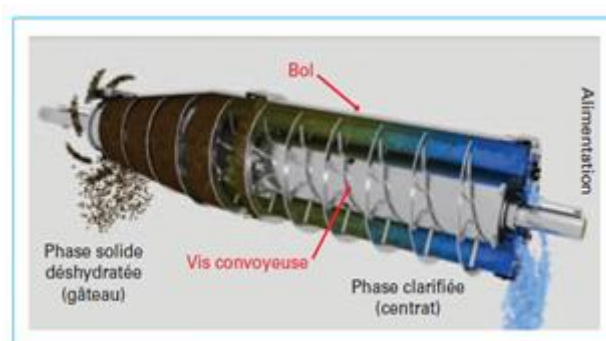
Figurier I.5 table d'égouttage/filtre combinée

à bande (EMO)



Figurer I.6 principe de filtre à

plateaux



Figurer I.7 : principe de la décanteuse centrifuge

I.4 Destination finale des boues

La valorisation des boues se fait le plus souvent soit par voie énergétique lors de l'incinération des boues, soit par production du biogaz produit lors de la méthanisation, soit par la valorisation des composés carbonés, azotés et phosphorés par épandage de boues ou de produits issus du compost des boues (plus précisément, co-compostage avec « mélange » déchets verts, bois et boues) sur les sols agricoles[3].

I.4.1 Epandage agricole

L'utilisation agricole est aujourd'hui la solution la plus satisfaisante sur le plan de l'environnement (la voie la plus pratique en France et même en Europe) et la plus

économique. Les boues sont épandues dans les champs, directement sous forme liquide ou pâteuse (après déshydratation).[1]

Les boues sont généralement intéressantes par les matières humiques qu'elles apportent et par l'amélioration du pouvoir de rétention d'eau du sol en plus de leur apport de matières nutritives. [1]

En dehors de la présence excessive dans certains cas de graisses ou fibres, le risque potentiel le plus important de l'utilisation des boues en culture est celui lié à la présence de métaux lourds dont l'origine est essentiellement industrielle. Les cations dangereux les plus fréquemment rencontrés sont Zn, Cd, Cu, Ni, Cr, Hg. [1]

Cette activité doit être soumise à une procédure de déclaration si la quantité de matière sèche est $>$ à 3 tonnes/an (soit environ 100 m³ de matière brute) ou la quantité d'azote total $>$ 0,15 tonnes/an ; ou a une autorisation au-delà de 800 tonnes/an de matière sèche ou 40 tonnes/an d'azote total.[2]

L'épandage agricole est interdit à moins de 50 m des sources (puits et forages, des sources, des aqueducs transitant des eaux potables en écoulement libre, de toutes installations souterraines ou semi-enterrées utilisées pour le stockage des eaux. Que ces dernières soient destinées à l'alimentation en eau potable ou à l'arrosage des cultures maraichères [2].

I.4.2 Compostage

Le compostage qui nous intéresse est un procédé de traitement biologique aérobie(en présence d'oxygène) des matières fermentescibles. Il produit du dioxyde de carbone (CO₂), de la chaleur et du compost. Au cours de ce processus, les micro-organismes aérobies décomposent la matière organique et produisent : du gaz carbonique (CO₂), de l'ammoniac, de l'eau, de la chaleur et de l'humus, qui est le produit organique final relativement stable. Bien que le compostage aérobie puisse produire des composés organiques intermédiaires, comme certains acides organiques, ceux-ci sont ensuite décomposés par des micro-organismes aérobies. La chaleur générée accélère la décomposition des protéines, des graisses et des sucres complexes tels que la cellulose et l'hémicellulose, et réduit la durée du processus. De plus, ce processus détruit de nombreux micro-organismes, qui sont des pathogènes pour les humains ou les plantes, ainsi que les graines d'adventices, dans la mesure où la température atteinte est suffisamment élevée [3].

I.4.3 Biogaz

Le biogaz est principalement constitué de méthane combustible et de gaz carbonique. D'autres gaz peuvent venir s'ajouter de façon minoritaire dans la composition du biogaz : hydrogène sulfure d'hydrogène (H₂S). La teneur de ces gaz dépend étroitement du déchet traité et du degré d'avancement de la méthanisation [3].

I.4.4 Réutilisation dans l'industrie [3]

Un produit considéré par un industriel comme un déchet peut devenir soit une matière première, soit un combustible. ci-dessous des, des exemples de réutilisation des boues dans l'industrie :

- **Boues de papeteries**

Grâce à leur forte teneur en cellulose, ce sont des boues facilement valorisables dans une autre industrie. Elles peuvent par exemple être utilisées en cimenterie, briqueterie, remblai routier, fabrication de litières pour chat, etc.

- **Boues rouges de l'industrie de l'aluminium**

Grâce à leur texture extrêmement fines (7 à 8 mm), elles peuvent être utilisées en formulation de mortiers ou de béton, en coulis de rembourrage en remplacement de la bentonite...

I.4.5 Incinération [3]

Elle réduit enfin la quantité finale de boues aux seules matières minérales. Elle peut être réalisée sur l'usine d'épuration ou en Co-incinération avec les ordures ménagères (OM) dans certaines conditions (proximité du four).

La combustion complète, dite « stœchiométrique », d'une boue type organique dont la « formule brute » est, par exemple, C₅H₇O₂N₁S_{0,03} est la suivante :



Les fumées de combustion ne se limitent pas cependant au CO₂, H₂O, N₂, SO₂ et N₂ produits. En effet, d'autres polluants s'apparaissent : NO_x, CO, HCl, HF, métaux lourds, poussières, ...etc.

I.4.6. Mise en décharge [3]

Le terme « décharge » a d'abord été remplacé par « centre de stockage » ou « centre d'enfouissement technique » (CET), puis en « installation de stockage de déchets » (ISD) mettant ainsi en évidence le souci de préservation de l'environnement : dépôt des déchets en alvéole, protection du sous-sol par géomembranes, captation et traitement du biogaz généré et des lixiviats drainés...

Pour les déchets pharmaceutiques, chimiques, hydrocarbures et autres une destruction préalable du potentiel organique par incinération est possible.

Seuls les résidus issus de l'incinération de boues contenant des matières dangereuses (métaux lourds, autres produits toxiques...) peuvent se retrouver au niveau d'un centre d'enfouissement technique.

I.4.7 Alternatives[2]

L'utilisation des boues en reconstitution de sols et végétalisation à la suite de gros travaux d'aménagement, comme les talus routier et autoroutier, la réhabilitation de friches industrielles, de friches urbaines ou de décharges, la création de pistes de ski, permet un apport de matière organique en grande quantité, nécessaire à la réinstallation du couvert végétal et à la cicatrisation du paysage.

L'utilisation des boues en sylviculture permet d'utiliser les propriétés fertilisantes des boues pour la production de biomasse ligneuse. Des matières fertilisantes commerciales peuvent aussi être fabriquées à partir de la matière sèche des boues d'épuration.

Les voies évoquées ci-dessus restent cependant peu exploitées en France.

Conclusion

La production des boues par les stations d'épuration représente une pollution importante sur plusieurs niveaux. Le développement des technologies de traitement et la valorisation de ces déchets restent toujours le souci des chercheurs.

La préparation des adsorbants issus des déchets de stations d'épuration afin de les tester dans l'élimination des polluants présents dans les eaux usées est un autre axe de recherche suivi par plusieurs chercheurs autour du monde.

Dans le chapitre suivant, on va présenter la technique de traitement des eaux par adsorption, la technique utilisée dans notre pratique pour éliminer des métaux lourds (cadmium et le zinc) et du colorant (bleu de méthylène) des solutions aqueuses.

[

Introduction

De nombreuses activités industrielles versent leurs rejets des métaux lourds et des colorants dans la nature sans aucun traitement. L'élimination de ces polluants est facile et performante en utilisant la technique de l'adsorption.

II.1 Définition de l'adsorption [6]

L'adsorption, à ne pas confondre avec l'absorption, est un phénomène de surface par lequel des molécules de gaz ou de liquides se fixent sur les surfaces solides des adsorbants. Les molécules ainsi adsorbées constituant l'adsorbat. Si les molécules peuvent pénétrer au sein de la phase adsorbante, dans ce cas, il s'agit de l'absorption.

A l'aide de l'adsorption, les constituants d'une solution peuvent être séparés en se concentrant spécifiquement à la surface des adsorbants. Ce phénomène est complexe et au cours duquel des interactions physique ou chimique entre l'adsorbat et l'adsorbant sont mises en jeu.

II.2 Type d'adsorption [6]

La nature des forces mises en jeu permet de distinguer deux types d'adsorption

Adsorption physique:

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 liquide ou gazeuse. Ces forces attractives sont de nature physique, comprenant les forces dites de Van Der Waals ne détruisant pas la nature des molécules et lorsqu'elles opèrent, correspondent à des énergies faibles qui sont de l'ordre de quelques kilojoules 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 .

Adsorption chimique:

Elle consiste en une interaction chimique. Les énergies de liaison mises en jeu sont de l'ordre de 40 kJ.mole⁻¹ et plus. C'est un phénomène qui s'apparente à une réaction chimique entre molécule en solution et la surface du solide. Il y a une formation de fortes liaisons entre

adsorbant et adsorbé. La couche adsorbée est au mieux mono moléculaire. Ce phénomène est plus lent que l'adsorption physique.

II.3 Mécanisme d'adsorption [6]

Au cours de l'adsorption d'une espèce sur un solide, le transfert de masse des molécules se fait de la phase liquide ou gazeuse vers le centre de l'adsorbant. Ce processus s'opère au sein d'un grain d'adsorbant en plusieurs étapes.

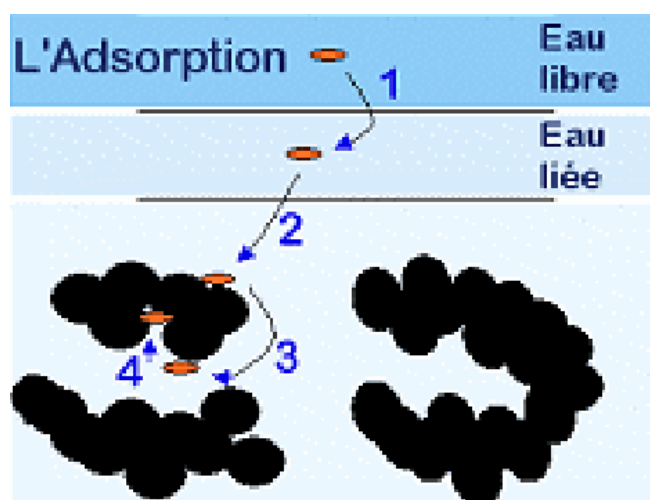


Figure II.1 Schéma du mécanisme de transport d'un adsorbant au sein d'un grain

II.4 Charbon actif [7]

Les charbons actifs à base de bois ou de noix de coco, sont les adsorbants industriels les plus couramment utilisés. Il présente une surface spécifique importante de l'ordre de 500 à 1500 m² par gramme de charbon. Il est considéré comme un filtre chimique. Son utilisation en traitement des eaux permet l'élimination du chlore, des odeurs, des couleurs, des résidus médicamenteux, la matière organique naturelle ou polluante, etc.

Le charbon actif est vendu en poudre et en granules. La figure suivante représente les différentes formes du charbon actif.

Le charbon actif

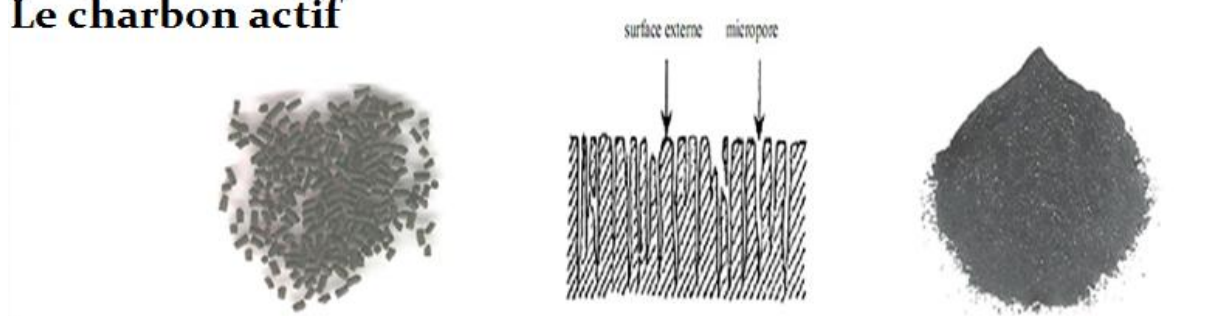


Figure II.2 Les différentes formes du charbon actif

La plus grande partie de la surface adsorbante est située dans les pores engendrés par l'activation du charbon. DUBININ a classé ces pores en trois catégories différentes : macropore, mésopore et micropore (Figure II.3 et Tableau II.1).

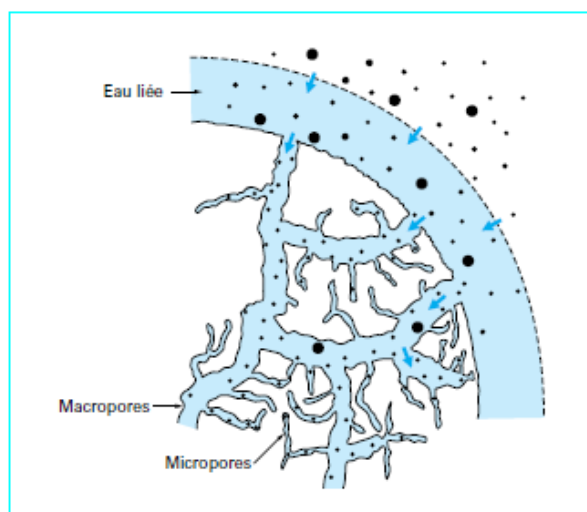


Figure 6 - Adsorption sur une particule de charbon actif. Principe

Figure II.3 : Schématisation de la structure du charbon actif.

Tableau II.1 : Classification et caractéristiques des pores.

	Macropore	Mésopore	Micropore
Rayon en nm	50-100	1,8-2	<1,8
Volume en mL.g-1	0,2-0,8	0,02-0,1	0,15-0,5
Surface massique en m ³ .g-1	0,5-2	25-75	95% surface totale

Les qualités adsorbantes du charbon actif sont fonction des matières premières (bois, argiles, noix de coco, etc.), des procédés de transformation (pyrolyse) et des procédés d'activation (chimique ou physique).

II.5 Méthodes de préparation du charbon actif [8]

La préparation du charbon actif se déroule en deux étapes : la pyrolyse et l'activation. Fondamentalement, il existe deux méthodes différentes pour l'activation des charbons actifs, à savoir : l'activation physique et l'activation chimique .

Pyrolyse

La pyrolyse est la décomposition thermique d'un matériau organique sous vide ou sous atmosphère inerte à des températures habituellement comprises entre 400 et 850°C. Au cours de cette étape, le réarrangement des atomes de carbone dans une structure semblable au graphite se produit. La pyrolyse libère sous l'effet de la chaleur la plupart des éléments non-carbonés du charbon particulièrement l'hydrogène, l'oxygène, l'azote, sous forme de gaz et de goudrons ce qui engendrera par la suite un squelette carboné.

Cette étape fait naissance d'une porosité primaire du produit carbonisé qui va se développer encore mieux dans l'étape suivante de l'activation.

Activation

Le but de l'activation est essentiellement de développer davantage la porosité et de créer un certain ordre de structure qui résulte en un solide très poreux du charbon actif. Le développement de pores dans le processus d'activation est divisé en trois phases : ouverture des pores auparavant inaccessibles, développement de nouveaux pores par activation sélective, et élargissement des pores existants.

Activation physique

La température d'activation physique qui se déroule en présence d'une vapeur d'eau ou du dioxyde de carbone est généralement de l'ordre de 600 à 900°C. L'utilisation du CO₂ a été souvent préférée en raison de sa propreté, facile à manipuler et le processus d'activation peut être facilement contrôlé à la température autour de 800 °C. Une plus grande uniformité des pores peut également être réalisée avec de CO₂ par rapport à la vapeur.

Activation chimique

L'activation chimique nécessite en premier lieu un agent oxydant qui va être imprégné dans le matériau de départ. Les agents oxydant qui sont habituellement utilisés sont ZnCl₂, H₃PO₄, H₂SO₄, K₂S, KCNS, HNO₃, H₂O₂, KMnO₄, (NH₄)₂S₂O₈, NaOH, KOH, et K₂CO₃.

Le matériau imprégné est ensuite carbonisé à des températures relativement faibles de 300 à 800 °c et cela dépend fondamentalement des agents de l'imprégnation.

Chapitre II : Généralité sur l'adsorption des polluants des eaux

L'étape finale dans la préparation de charbon actif par activation chimique est l'étape de lavage. Dans cette étape, le charbon actif est lavé à fond avec de l'acide ou l'alcalin, selon les réactifs chimiques utilisés dans la préparation, et suivie d'un lavage avec de l'eau. L'étape de lavage éliminerait les composants chimiques dans le charbon actif. La porosité du charbon actif qui en résulte est essentiellement occupée par les produits chimiques dans la structure de carbone. Par conséquent, l'étape de lavage est une des mesures les plus importantes dans l'activation chimique pour développer dans la porosité du charbon actif.

II.6 Matériaux alternatifs

D'autres matériaux adsorbants peuvent être trouvés sur le marché qui sont les zéolithes, les adsorbants synthétiques (résines, macromolécules) et le gel de silice.

Beaucoup de recherches étudient la possibilité de remplacer ces adsorbants commerciaux par d'autres moins coûteux. La conversion de déchets riches en matières carbonées en charbons actifs est une voie exploitée par plusieurs auteurs. Les déchets agricoles et agroalimentaires les plus étudiés sont le bois, les noyaux d'olive, les noix de coco, les noyaux des dattes, etc[8].

II.7 Choix des adsorbants

Au sens strict, tous les solides sont des adsorbants. Cependant, seuls les adsorbants ayant une surface spécifique suffisante ($> 100 \text{ m}^2/\text{g}$) peuvent avoir des intérêts pratiques [6].

D'une manière générale, le choix des adsorbants peut être basé sur plusieurs critères [7] :

Capacité : plus la capacité d'élimination des polluants, plus les productivités seront importantes et moins les coûts d'investissement seront élevés.

Sélectivité : c'est la capacité relative d'adsorption des constituants par rapport à d'autres constituants. Plus ces sélectivités sont grandes, plus la séparation sera facile et plus les procédés seront performants.

Régénérabilité : pour les procédés avec régénération in situ, les adsorbants doivent être faciles à régénérer. La régénérabilité d'un adsorbant affecte directement la respiration (différence

Chapitre II : Généralité sur l'adsorption des polluants des eaux

entre les quantités adsorbées à la fin de la phase de l'adsorption et à la fin de la désorption. Et détermine la capacité utile d'un adsorbant.

Cinétique : la recherche des meilleurs coûts pour les procédés d'adsorption conduits à l'utilisation de cycle d'adsorption de plus en plus rapides afin d'augmenter les productivités horaires et diminuer les investissements.

Résistances mécanique, chimique et thermique : les adsorbants doivent être résistants à l'attrition, au changement de conditions opératoires (pression et température), aux éventuelles attaques de différentes impuretés présentes pour assurer des durées de vie suffisantes.

Coût de fabrication : le coût des adsorbants peut représenter une part importante de l'investissement global d'un procédé et il peut même devenir un critère primordial dans certaines applications de traitement des eaux.

II.8 Polluants éliminés par l'adsorption

Différents types de polluants organique et inorganiques des solutions aqueuse sont éliminés par adsorption. On peut citer : les composés phénoliques, les composés pharmaceutiques, le fluor F, les colorants, les métaux lourds, etc.

Métaux lourds [9]

Les « Métaux lourds » les métaux qui ont une forte masse atomique. Ils sont présents à l'état naturel en faible concentration dans l'environnement. Certains n'ont aucune fonction biologique et peuvent devenir toxiques s'ils sont absorbés en trop grandes quantités (cadmium, plomb, mercure).

Toxicité du cadmium [9]

Le cadmium est un élément chimique de symbole Cd et de numéro atomique 48. C'est un métal blanc argenté ayant de propriétés physiques proches de celle de zinc. Il fond à 320.9°C et bout à 767°C. Lors de l'ébullition du cadmium. Il se dégage des vapeurs jaunes toxiques. Il résiste à la corrosion atmosphérique raison pour laquelle il est utilisé pour le revêtement des

Chapitre II : Généralité sur l'adsorption des polluants des eaux

métaux ferreux (couche protectrice).Le cadmium provient du milieu naturel et également de sources industrielles et agricoles.les denrées alimentaires sont la principale source d'exposition au cadmium pour la population des non fumeurs

Le cadmium est essentiellement un sous produit qui se forme durant l'exposition minière. La fusion des métaux et le traitement des minerais de zinc.de plomb et du cuivre.10% environ du cadmium est obtenu durant le recyclage du fer et de l'acier.

Toxicité du zinc [9]

Le zinc est un élément chimique de symbole Zn et de numéro atomique 30, avec un état d'oxydation courant égal à 2.Les réserves mondiales de zinc sont estimées à 250 millions de tonnes , il est de couleur bleu gris. Moyennement réactif. Qui se combine avec de l'oxygène et autre non métaux. En contact avec de l'eau stagnant.il forme des taches blanchâtres constituées notamment d'hydroxyde et d'oxyde de zinc. Le zinc est utilisé pour la protection de l'acier contre la corrosion(galvanisation), l'acier galvanisé est utilisé dans l'automobile. La construction, l'électroménager, les équipements industriels. Il est utilisé aussi pour la couverture de immeubles, pour les gouttières et les décentes pluviales, dans l'agriculture comme apport d'oligo-élément essentiellement en zone de sols fortement calcaires. Le zinc est un oligo-élément qui intervient dans de nombreuses réactions enzymatiques et joue un rôle important dans le métabolisme de protéines, des glucides et des lipides. La carence en zinc peut entrainer un retard de croissance, des anomalies de la maturation sexuelle.

Bleu de méthylène[10]

Le bleu de méthylène est une molécule organique. Elle est souvent choisie comme modèle représentatif des polluants organiques de taille moyenne. L'adsorption du bleu de méthylène est utilisée depuis longtemps en vue d'évaluer les performances du charbon actif avant son emploi dans une installation d'épuration des eaux. C'est une molécule qui est utilisée aussi pour tester les pouvoir adsorbants des solides, et pour déterminer leur surface spécifique. La formule chimique est $C_{16}H_{18}N_3S$, avec un masse molaire correspondant à 319 ,5g/mol. Sa formule développée est représentée dans la figure ci dessous.

II.9 Adsorption en mode statique et dynamique [11]

Le traitement au charbon actif se fait soit en mode dynamique par un écoulement de l'eau sur un lit tassé de charbon actif (Figure II.4.a) ou en mode statique où une quantité donnée de charbon actif est maintenue en contact avec un volume donné d'eau pour une période de temps déterminée (Figure II.4.b). Dans le procédé en mode dynamique la concentration de sortie atteint lentement la concentration à l'entrée lorsque la capacité d'adsorption de carbone est dépassée. Le lit est ensuite régénéré ou remplacé.

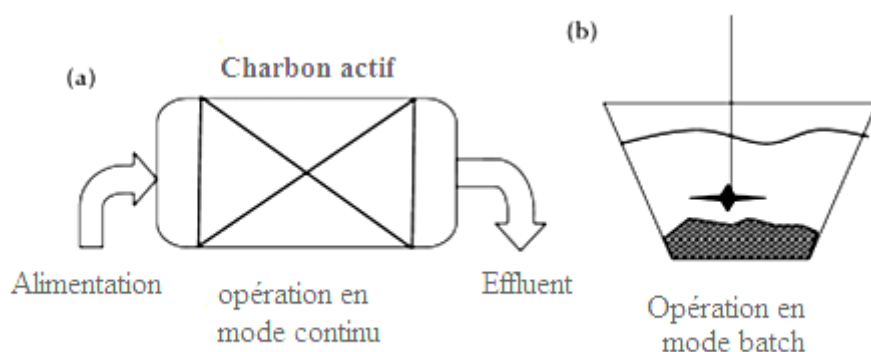


Figure II.4: Traitement des eaux par adsorption en mode batch (mode statique) (b) et sur un lit fixe de charbon actif en mode continu (mode dynamique) (a).

Conclusion

L'adsorption est une technique simple et économique pour traiter ce problème, surtout si on utilise un déchet solide comme adsorbant. Dans le chapitre expérimental, la boues de la station d'épuration de la station de Tougourt est le déchet testé après carbonisation dans l'élimination du zinc et du cadmium et de bleu de méthylène présents dans des solutions aqueuses.

Introduction

La station d'épuration des eaux usées de Touggourt est située à Ben Yass Oued, dans APC Tebesbest, sur la route d'El-Oued. Elle s'étend sur une superficie de 5 Hectares. Elle a été mise en service le 20/11/1993, réhabilitée en 2003 et traite aujourd'hui une partie des rejets des eaux usées déversées par la ville de Touggourt. la station est de faible charge. Le procédé appliqué dans le traitement des eaux usées est le procédé à Boues activées. Le volume des boues de la station est préalablement réduit au niveau de l'épaississeur ensuite sur les lits de séchage naturel. La quantité de boues déshydratée produite est de :6656 Kg/J soit 208 m³/J. Leur Siccité est de : 31.14 % [12].

III.1 -DONNEES FONDAMENTALES [12]

1. Débits :

- Nombre d'équivalent habitant : 62.500 EH
- Débit moyen journalier : 9.360 m³/j
- Débit de point horaire : 670 m³/h
- Débit moyen : 390m³/h

La figure ci-dessous représente le procédé appliqué à la STEP de TOUGGOURT

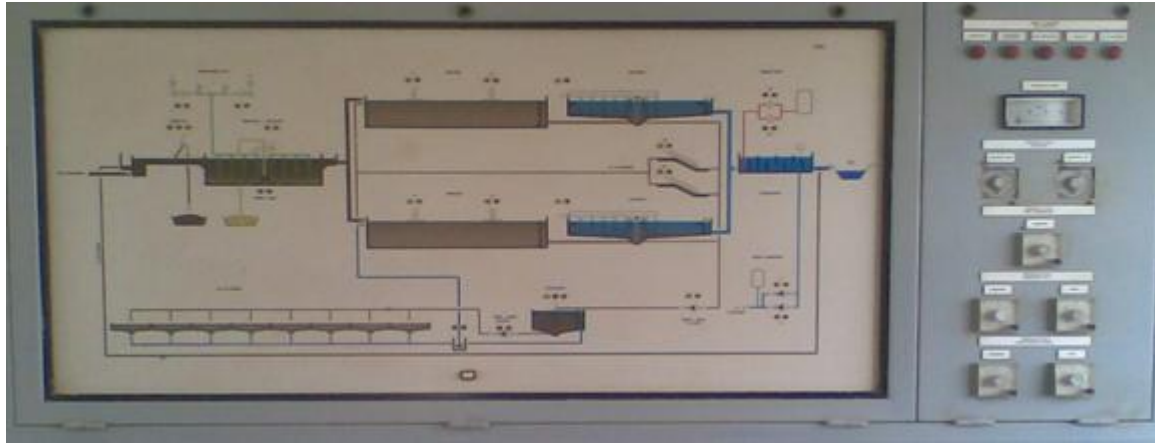


Figure III.1 : Schéma général du procès appliqué à la STEP de TOUGGOURT

III.3 Chaine de traitement des eaux usées au niveau de la station de Touggourt

1-Le relevage:

L'eau brute arrivée sous pression par une conduite de refoulement a partir de réseau de la ville, l'eau chargée coule gravitaire ment dans un canal de 800 mm de large. Au moment ou le débit se présente, on démarre une seule pompe de relevage.



Hauteur manométrique totale : 06 m

Débit de chaque pompe : 540 m³/h

Marque : HOM -Puissance : 55 K

2-Le Dégrillage :

Chapitre III :caractéristique des boues de la station de Touggourt

Ce dégrillage prendra place dans un regard en tête de la station, après le poste de relevage. L'installation comporte:

- Une grille mécanisée, type inclinée.
- Une grille de by-pass à raclage manuel.



Largeur du canal : 800 mm

Hauteur d'eau : 400 mm

Surface mouillée : 0.32 m²

Espace entre barreaux : 20 mm

Epaisseur des barreaux : 40 mm

Angle d'inclinaison : 60°

3-Dessablage-déshuilage:

L'eau dévrillée passe dans le dessaleur-déshuileur aéré. L'aération du dessaleur-déshuileur est assurée par 02 suppresseurs d'air.

Le sable décanté est évacué par une pompe à sable submersible portée par un pont racleur qui fait le " va- et- vient", il est évacué dans un container en acier galvanisé.

Les huiles sont piégées dans une zone de tranquillisation, elles sont raclées en surface pour être récupérées dans un container à huile.



Longeur: 15 m

Largeur du dessaleur: 2 m

Largeur du déshuileur: 1.10 m

Hauteur d'eau maximum: 2.65 m

Dispositif d'aération (Suppresseur): 02

Débit: 70 m³/h

Puissance: 3 kw

14 cannes d'injection d'air

Dispositif d'évacuation automatique:

Débit de pompe a sable: 5 m³/h

Puissance: 0.6 kw submersible

Racleur :

Longueur: 2500 mm

Largeur: 900 mm

Vitesse de translation: * aller: 2 cm/sec

* retour: 4 cm/sec

4- Le bassin d'aération :

L'eau est répartie dans deux bassins d'aération rectangulaires. L'apport en oxygène est assuré par 04 turbines d'aération, l'eau aérée est transférée vers les deux décanteurs à partir de deux goulottes installées latéralement.



Type de traitement : biologique

Capacité de traitement en DBO5: 3.375 kg/j

Volume utile du 02 bassin : 7.200 m³

Longueur: 40 m

Largeur: 20 m

Profondeur d'eau: 4.5 m

Temps de passage moyen: 18.5 h

Charge massique moyenne: 0.078 kgDBO5/kg.M.S.J

Charge volumique moyenne: 0.47 kgDBO5/kg.M.S.J

Apport oxygène : 80 kg O₂/h

Vitesse entrée/sortie: 1450/31 tour/min

Concentration: 6 mg/l

5- *décanteur secondaire :*

L'eau décantée est évacuée par des lames déversâtes crantée disposées réglementer sur le pourtour du bassin de décantation. L'eau se déverse dans une goulotte circulaire qui débouche dans un puisard au bassin de chloration.



Hauteur périphérique: 2.60 m

Diana ex.: 24 m

Surface unitaire: 452 m²

Volume cylindrique : 1.175 m³

Temps de passage moyen: 3.5 h

6-*Bassin de chloration:*

Le désinfection dans le bassin de chloration rectangulaire, il est assurée par de l'hypochlorite de sodium "Naocl". Le passage obligé imposé par la chicane entre l'entrée et la sortie du bassin de chloration garantit le respect de ce temps de contact pour l'intégralité de l'effluent à épurer.

L'eau désinfectée est évacuée à partir d'un puisard une conduite. Elle passe ensuite dans un regard avant d'être rejetée dans l'oued Rih.



Longueur: 15.7 m

Largeur: 6 m

Profondeur utile: 2.96 m

Profondeur totale: 3.20 m

Volume utile: 278.8 m³

Temps de séjour pour le débit de pointe: 27 min

7-Vis d'Archimède (boues de recirculation):

les boues proviennent des fonds des deux décanteur. Elles sont raclées et collectées dans la fosse centrale à partir de laquelle, elles sont transférées gravitaire ment vers une bêche à boues par une conduite. La plus grande partie, dite " boues recirculation" est recyclée vers le bassin d'aération et l'autre partie, dite "boues en excès" est pompée vers l'épaississeur.



Débit : 500 m³/h

Hauteur de relevage : 1.05 m

Angle: 30

Diam. Vis : 0.85 m

Diam. Poutre: 0.455

Hauteur de remplissage : 0.565
m

Longueur vis : 3.23 m

Vitesse d'entrée/sortie :
1500/50 T/min

Rendement de réducteur : 97
%

Rendement accouplement : 98
%

8-L'épaisseur (boues en excès):

Les boues en excès subissent l'épaississement avant d'être séchées. L'épaississement, dont l'objectif premier est d'augmenter la concentration des boues en vue de les rendre plus pelle tables.

Chapitre III :caractéristique des boues de la station de Touggourt



Débit de pompe : 20 m³/h

Hauteur cylindrique : 4.3 m

Hauteur d'eau en périphérie
: 4 m

Diamètre : 8 m

Profondeur conique : 0.5 m

Surface: 50 m²

Volume: 208 m³

Temps de stockage: 3.3 jour

Vitesse de rotation : 450
T/min

Concentration atteinte : 4 à 6
%

Volume moyen des boues
épaissies: 62.5 m³/j

9-Les lits de séchage:

Après épaissement, les boues sont transférées vers les lits de séchage par une pompe. Les boues expansées à l'air libre subissent une double déshydratation : par percolation interstitielle (drainage) et évaporation. Au bout d'un temps qui peut être plus ou moins long (en fonction de la température et de l'humidité).



Longueur: 25 m

Largeur: 8 m

Surface unitaire : 200 m²

Nombre de lits: 16

Haute de remplissage: 0.4 m

Volume total annuel vers le lit de séchage: 18.250 m³/an

III.3 Possibilité de la valorisation agricole des boues

Le travail réalisé par IDDER A. et al.[13] a montré que l'utilisation des boues des stations d'épuration des eaux usées s'avère une alternative pour l'amélioration des propriétés du sol de la région.

D'après la même référence, l'application de ces boues a en effet permis d'améliorer la richesse du sol en matière organique et d'augmenter la production de la culture expérimentée qui est passée de 2 tonnes sur un sol non amendé à 15 tonnes sur un sol recevant 25 tonnes de boues résiduelles par hectare.

Chapitre III :caractéristique des boues de la station de Touggourt

Elle a augmentée aussi la capacité de sol à retenir de l'eau passant de 16,07 à 20,49%. Par ailleurs, le séchage des boues sous des températures très élevées des durées assez longues suggère une diminution très significative des germes pathogènes.

Enfin, les boues issues de la station d'épuration de Touggourt se sont distinguées par de très faibles concentrations en métaux lourds par rapport à la norme AFNOR, ce qui n'a pas engendré un transfert significatif vers le sol et la biomasse végétale produite.

Le tableau ci-dessous représente les caractéristiques physicochimiques des boues de la station d'épuration de Touggourt selon la référence précédente.

Tableau III.1 : Caractéristiques physico-chimiques des boues [13]

Paramètres	Valeurs
Matière suspension(%)	93,69
PH(%)	7,96
H(%)	6,13
Matière organique(%)	23,62
Carbon(%)	14,42
Azote(%)	1,55
Carbon et l'azote(%)	9,30
Potassium(%)	0,52
K(%)	0,20
Magnèsum (ppm)	0,32
Fere (ppm)	2,16
Zinc (ppm)	0,25
Cadmium (ppm)	0,31
Cuivre (ppm)	0,46
Plomp (ppm)	0 ,05
Manganèse (ppm)	0,69
Sodium (ppm)	150 ,00
Chlorures (ppm)	720 ,00
Calcium (ppm)	955 ,00

Chapitre III :caractéristique des boues de la station de Touggourt

Le tableau ci-dessous regroupe les résultats d'analyses plus récentes qu'on a récupéré de l'ONA de Touggourt. Ils montrent également que les concentrations des boues en métaux lourds sont très faibles.

Tableau III.2 : Concentrations des métaux lourds dans les boues de la station d'épuration de Touggourt (2016).

<i>Paramètres</i>	<i>Résultats</i>	<i>Norme</i>	<i>Unité</i>
<i>CHROME</i>	<i>19</i>	<i>300</i>	<i>mg /Kg</i>
<i>NICKEL</i>	<i>18</i>	<i>200</i>	<i>mg/Kg</i>
<i>CUIVRE</i>	<i>84</i>	<i>1000</i>	<i>mg/Kg</i>
<i>CADMIUM</i>	<i>1,3</i>	<i>10</i>	<i>mg/Kg</i>
<i>PLOMB</i>	<i>1,3</i>	<i>800</i>	<i>mg/Kg</i>
<i>ZINC</i>	<i>373</i>	<i>3000</i>	<i>mg/Kg</i>

Conclusion

Les boues de la station de Touggourt représentent une bonne qualité pour l'utilisation en agriculture (métaux lourds, agents pathogènes, matière organique, azote, phosphore). L'absence des programmes et législation nationaux mène à ne pas exploiter ces boues de façon légale et réelle dans l'agriculture.

Afin de valoriser leurs quantités énormes, on essaye dans le chapitre expérimental suivant de préparer à partir de ces boues un matériau très intéressant dans le domaine de traitement des eaux qui est le charbon actif.

/Introduction

Dans ce chapitre, la méthode de préparation du charbon à partir des boues de la station d'épuration de Touggourt et les expériences d'élimination du cadmium, zinc et du bleu de méthylène seront présentées.

IV .1Préparation de l'adsorbant

Le matériau utilisé dans la préparation de charbon a été la boue sèche provenant de la station d'épuration des eaux usées urbaines de la ville de Touggourt. Les échantillons sont collectés en Février 2017.



Figure IV.1 : la boue sèche de station d'épuration de Touggourt.

Avant utilisation, la boue préalablement puisée dans les lits de séchage (désinfectée) a été broyée et tamisée pour obtenir une granulométrie comprise entre 0,5 et 1 mm. Ensuite, des traitements successifs de carbonisation (à 250 pendant 4h, à 400°C pendant 4h et encore

Chapitre expérimental

400°C pendant 4h) ont été effectués sur des échantillons de boue afin d'éliminer toute odeur émise. La carbonisation a été faite dans un four pasteur Vulcan 3-1750A du laboratoire de centre de recherche Ouargla.(Laboratoire du Génie de l'Eaux et de l'Environnement)



Figure IV.2 :four pasteur.

Le carbonisat final est retamisé afin de garder la même granulométrie précédente.



Figure IV.3 : La boue après carbonisation.

IV.2V Préparation des adsorbats

Tous les produits chimiques employés dans ce travail sont des réactifs purs pour analyse. Le cadmium, le zinc et le bleu de méthylène sont produits dans les solutions aqueuses à traiter à partir de la dissociation dans l'eau distillée de $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ et CHNS respectivement.



Solution mère de bleu de m 50 mg/L

IV.3L'adsorption en Batch

Pour éliminer les ions du cadmium du zinc et de bleu de méthylène présents dans la solution à traiter, l'expérience consiste à mettre en contact la boue préparée avec la solution aqueuse qui contient l'un des polluants. A l'aide d'un agitateur magnétique, la solution caractérisée par la suspension du solide, est parfaitement agitée dans un bécher de 600 mL. La température est maintenue constante durant les expériences (20°C). Des prélèvements sont effectués en fonction de temps afin de mesurer la diminution de la concentration du polluant en solution au cours du temps.



Figure IV.4: Montage opératoire.

IV.4Planification des expériences

1. 4Etude de l'adsorption en fonction du temps

Chapitre expérimental

Dans l'adsorption, le temps d'équilibre est le temps qui correspond à l'équilibre d'adsorption ou à un état de saturation de l'adsorbant par l'adsorbat. Des prélèvements à différents temps d'adsorption permettent de connaître les concentrations résiduelles ainsi que le temps d'équilibre qui permet à son tour d'établir les isothermes d'adsorption utilisées dans la détermination de la capacité maximale d'adsorption.

Conditions opératoires :

V = 100 mL

m= 1g

T= 20°C

C0 = 100mg/L pour le cadmium et le zinc et 5 mg/L pour le Bleu de méthylène.

Tableau1 :Prélèvements effectués

Adsorbat	Prélèvements (min)				
Zn	5	10	15	30	60
Cd	5	10	15	30	60
Bleu Méthylène	5	-	15	30	60

Le rendement d'élimination par adsorption a été calculé à partir de l'équation suivante :

$$Rdt\% = \frac{(C_0 - C_t) \times 100}{C_0}$$

Où : C₀ : concentration initiale de l'adsorbat (mg/L)

C_t : concentration de l'adsorbat à un temps t (mg/L)

Rdt% : rendement d'élimination.

2. Détermination de la capacité maximale du charbon

L'établissement des isothermes d'adsorption permet de déterminer de la capacité maximale d'adsorption.

En effet, un isotherme d'adsorption est une courbe qui représente la variation de la quantité de l'adsorbat éliminée à l'équilibre par unité de masse d'adsorbant Q_e en fonction de la concentration restante en solution à l'équilibre C_e .

La quantité éliminée à l'équilibre est donc donnée par la formule :

$$Q_{eq} = \frac{(C_0 - C_{eq}) \times V}{m}$$

Où : C_0 : concentration initiale de l'adsorbat (mg/L)

C_{eq} : concentration de l'adsorbat à l'équilibre (mg/L)

Q_{eq} : quantité de l'adsorbat éliminée à l'équilibre (mg/g)

m : masse de l'adsorbant (g)

V : volume de la solution (L)

Conditions opératoires :

Polluant : bleu de méthylène

$V = 100$ mL

$T = 20^\circ\text{C}$

$C_0 = 5$ mg/L

$m = 1$ g ; 0,3g ; 0,05g et 0,02g.

$t = 15$ min.

IV. 5 Méthode analytique

L'analyse de cadmium et de zinc fait par spectrophotométrie d'absorption atomique est encore en cours de réalisation.

Chapitre expérimental

Concernant le bleu de méthylène, l'analyse des échantillons a été faite par spectrophotomètre UV-Visible au niveau de laboratoire de génie des procédés (Pr Ladjel Segni)



Figure VI.5 : Spectrophotomètre

La longueur d'onde utilisée est de 660 nm comme indique le spectre du bleu de méthylène présenté sur la figure suivante :

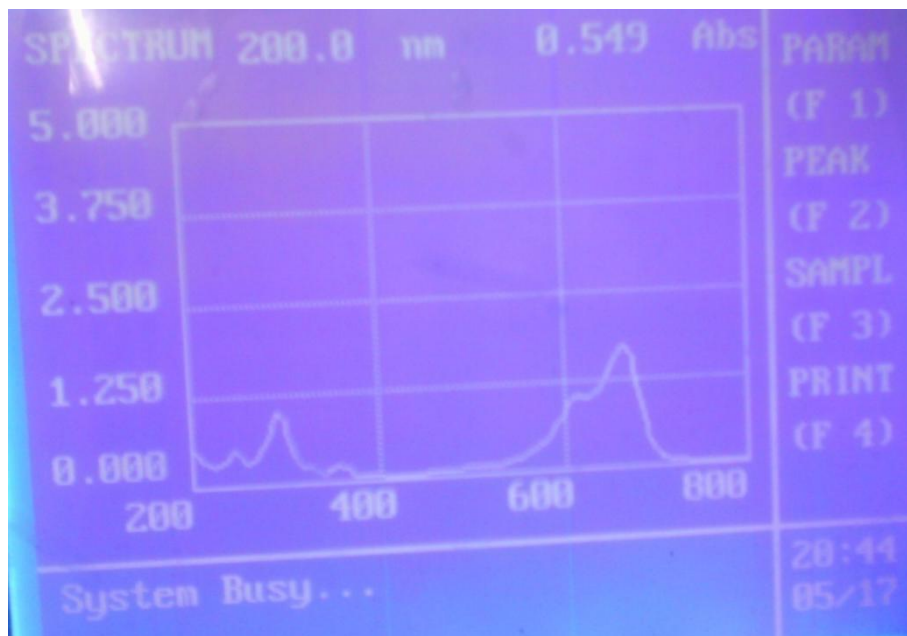


Figure VI .6 : Spectre du bleu de Méthylène

La courbe d'étalonnage utilisée pour la détermination des concentrations de Bleu de méthylène dans les solutions est présentée sur la figure ci-dessous.

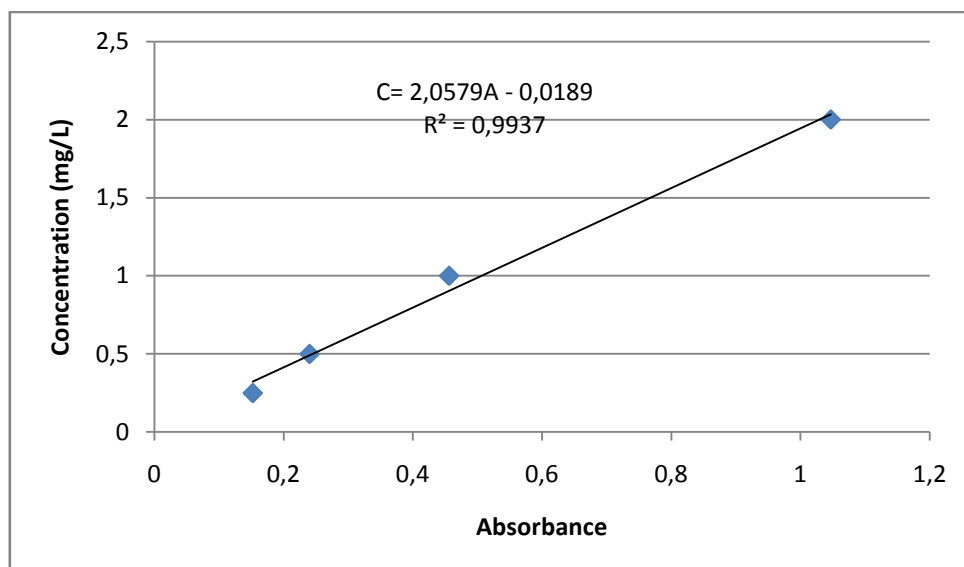


Figure IV.7 : Courbe d'étalonnage de bleu de méthylène

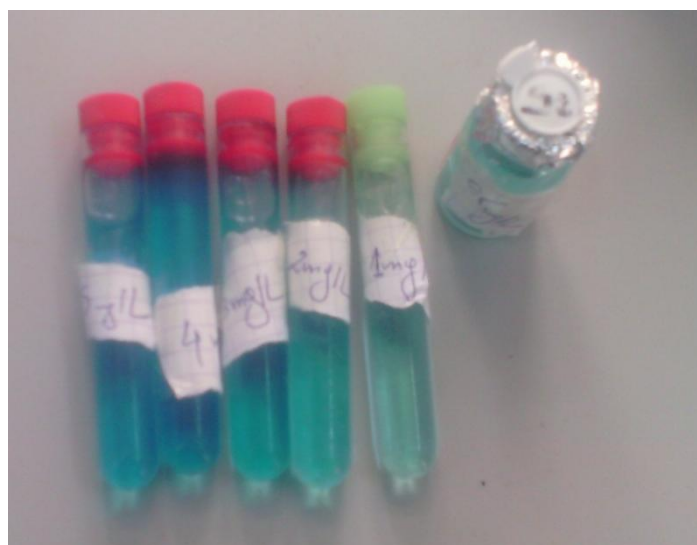


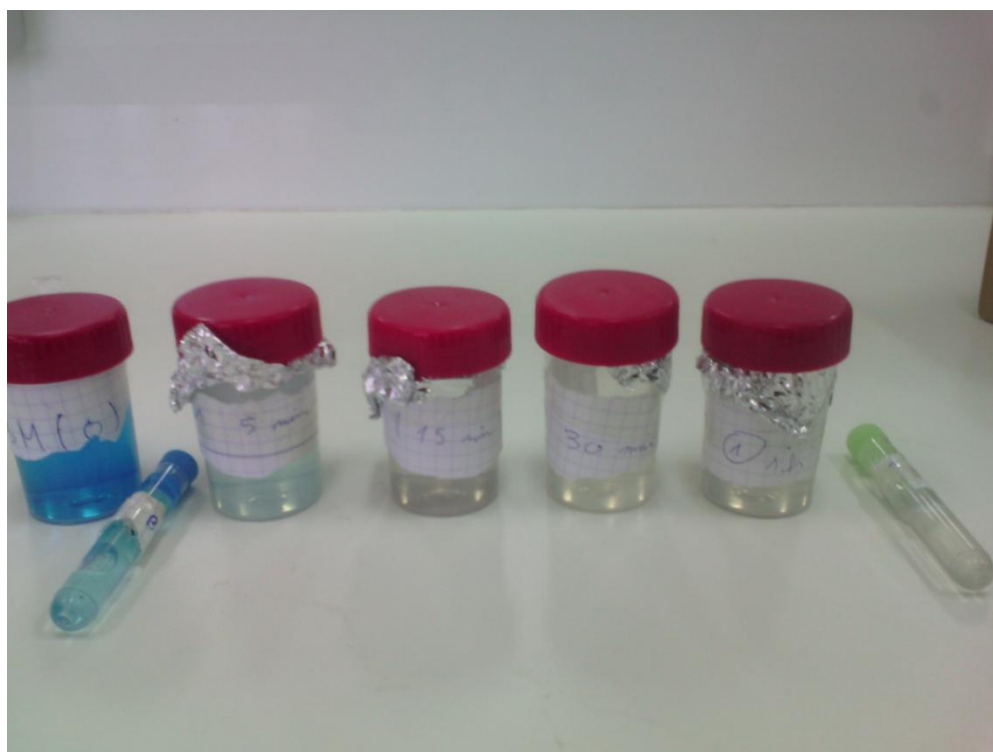
Figure IV.8 : étalonnage de bleu de méthylène

IV.6 Résultats et discussion

1. Etude de l'adsorption de bleu de méthylène en fonction du temps

Tableau2 : fonction du temps

Temps de contact (min)	0	5	15	30	60
Concentration (mg/L)	5	0,32	0,11	0,10	0,09
Rendement (%)	-	93%	98%	98%	98%



Les résultats obtenus à l'issue de ces expériences ont montré que, le temps de contact est de 15 minutes et correspond à une élimination quasi totale de ce colorant. Ce qui montre que la

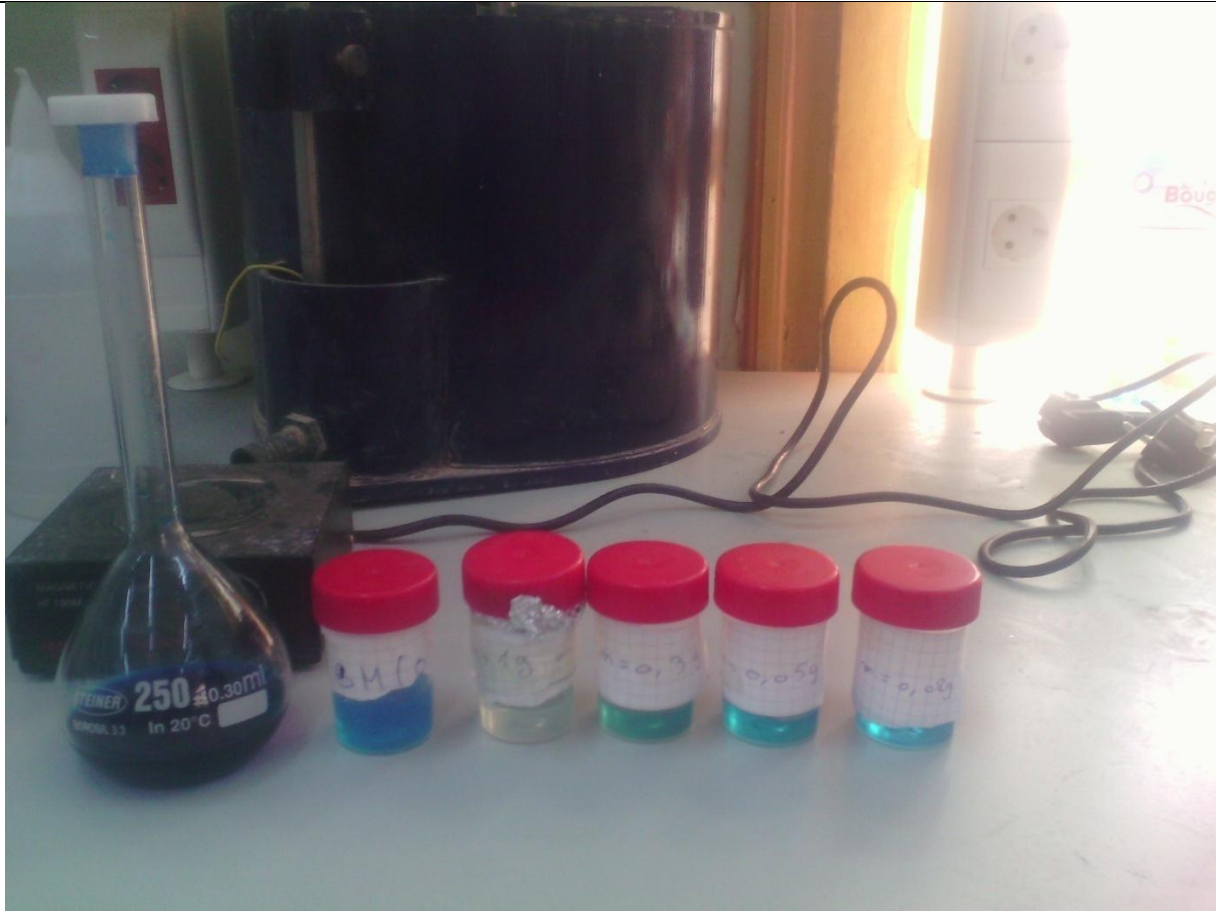
cinétique d'adsorption du bleu de méthylène sur la boue est très rapide, donc, une forte affinité de cet adsorbat pour cet adsorbant.

2. Détermination de la capacité maximale du charbon

Les résultats des expériences des isothermes d'adsorption à 20°C sont regroupés dans le tableau et présentés sur la figure

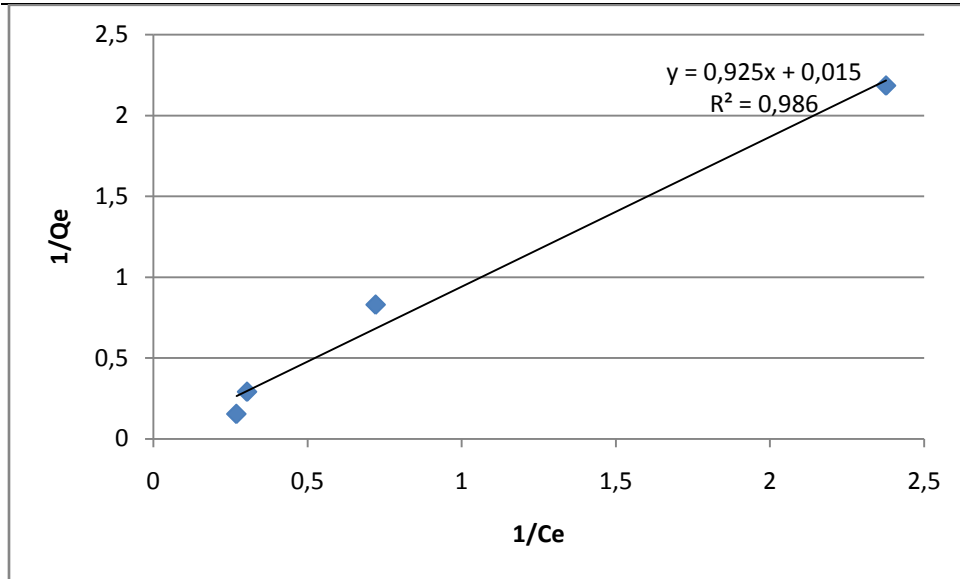
Tableu3 :
is

Masse initiale du charbon m (g)	1	0,3	0,05	0,02
Concentration initiale C0	5 mg/L			
Concentration à l'équilibre Ce(mg/L)	0 ,43	1 ,24	2 ,55	2 ,96
Quantité à l'équilibre Qe (mg/g)	0,46	1 ,25	4 ,89	10,22



En traçant $1/Q_e$ en fonction de $1/C_e$, on peut tracer les isothermes de Langmuir et déterminer la quantité maximale d'adsorption :

$$\frac{1}{Q_e} = \frac{1}{Q_{max}} + \frac{1}{Q_{max} K_L C_e}$$



FigureVI .8 : Isotherme de Langmuir

D’après la figure précédente, la quantité maximale d’élimination de bleu de méthylène par la boue carbonisée est égale à $1/0,0158 = 68\text{mg}$ de bleu de méthylène par gramme de charbon.

3. Surface spécifique

Pour déterminer la surface spécifique S_s de la boue carbonisée on fait appel à l’équation suivante :

$$S_s = \frac{\text{nbre d'Avogadro} \times \text{aire couverte par une molécule de bleu de méthylène}}{\text{poids moléculaire du bleu de méthylène}}$$

Application numérique :

$$S_s = 6,02 \times 10^{23} \text{ atomes} \times 132 \text{ \AA}^2/\text{g}_{\text{charbon}} = 373,91 \approx 2125 \text{ m}^2/\text{g de charbon}.$$

Conclusion

D’après les résultats expérimentaux, on a trouvé que la boue de la station de Touggourt peut être un bon adsorbant pour l’élimination du bleu de méthylène grâce à sa surface de contact très grande se qui accélère la fixation rapide d’une grande quantité de bleu de méthylène sur la boue carbonisée.

CONCLUSION GENERALE

Les objectifs de cette étude ont été premièrement la préparation du charbon à partir des boues de la station d'épuration de Touggourt et deuxièmement le test de l'efficacité du charbon préparé dans l'élimination des colorants.

La boue sèche de la station d'épuration a subi des traitements successifs de carbonisation (250, 400, 400°C).

La boue carbonisée a été utilisée dans l'élimination du cadmium, du zinc et du bleu de méthylène. Seuls les échantillons du bleu de méthylène sont analysés à cause de la non disponibilité de l'appareil d'analyse.

Les résultats obtenus à l'issue de ces expériences ont montré que, le temps de contact est de 15 minutes et correspond à une élimination quasi totale de ce colorant. Ce qui montre que la cinétique d'adsorption du bleu de méthylène sur la boue est très rapide, donc, une forte affinité de cet adsorbant pour cet adsorbant.

Enfin, les résultats expérimentaux ont montré que la boue de la station de Touggourt peut être un bon adsorbant pour l'élimination du bleu de méthylène grâce à sa surface de contact très grande qui accélère la fixation rapide d'une grande quantité de bleu de méthylène sur la boue carbonisée.

Références

- [1] Jean-Marc BERLAND, Traitement des boues d'épuration, C 5 221v2, Techniques de l'Ingénieur, 2014.
- [2] Éric GUIBELIN, Elimination finale des boues d'épuration, G1451 Techniques de l'Ingénieur, 2014.
- [3] Mr LADJEL Farid & Mme ABBOU Sonia, Perspectives de valorisation agricole et énergétique des boues issues des STEP en Algérie , ONA, Oran le 25 Mars 2014
- [4] Djamel Belaid, Utilisation des boues résiduelles de station d'épuration en Algérie, collection dossier agronomiques, édition 2015.
- [5] IDDER A., CHELOUFI H., IDDER T., MAHMA S. A., Action des boues résiduelles de la station d'épuration des eaux usées de Touggourt (Algérie) sur un sol sableux cultivé, Algerian journal of arid environment, vol. 2, n°1, Juin 2012:77-81
- [6] Traitement des pollutions industrielles. Eau, Air, Déchets, Sols, Boues. DUNOD. E Koller. Paris. 2004.
- [7] Jean-Marc BERLAND, Traitement des boues d'épuration, C 5 221v2, Techniques de l'Ingénieur, 2014.
- [8] Éric GUIBELIN, Elimination finale des boues d'épuration, G1451 Techniques de l'Ingénieur, 2014.
- [9] Lian-Ming SUN, Francis MEUNIER, Adsorption - Aspects théoriques, Techniques de l'ingénieur, Référence J2730 | Date de publication : 10 mars 2003.
- [10] Lian-Ming SUN, Francis MEUNIER, Gino BARON, Adsorption - Procédés et applications – Généralités, Techniques de L'ingénieur, Référence J2731 | Date de publication : 10 déc. 2005.

[11] Agricultural bio-waste materials as potential sustainable precursors used for activated carbon production: A review, Mohd Adib Yahya a, Z. Al-Qodah b,n, C.W. Zanariah Ngah a, Renewable and Sustainable Energy Reviews 46 (2015) 218–235.

[12] Noureddine BARKA, Etude comparative des propriétés d'adsorption de quelques micro-polluants sur les phosphates naturels et le charbon actif, Diplome d'études supérieures appliquées de chimie, Université Ibn Zohr, Agadir – 2004.

[13] Kalliat T. Valsaraj. Elizabeth M. Melvin. Elements of Environmental Engineering : Thermodynamics and Kinetics, P173.

[14] Office National de l'Assainissement ONA, Touggourt.

[15] IDDER A., CHELOUFI H., IDDER T., MAHMA S. A., Action des boues résiduaire de la station d'épuration des eaux usées de Touggourt (Algérie) sur un sol sableux cultivé, Algerian journal of arid environment, vol. 2, n°1, Juin 2012:77-81.

Résumé :

L'objectif de travail réel est la contribution à la valorisation des boues de la station d'épuration de Touggourt dans le traitement par adsorption des eaux contaminées par les métaux lourds et du colorant. Le principe de l'essai de l'adsorption repose sur la base d'échanges ioniques ayant lieu entre les cations d'argile facilement échangeables de la boue et les cations (métaux lourds, bleu de méthylène) présents dans l'eau.

L'utilisation de la boue de la station dans l'adsorption ne se fait qu'après ses caractérisations physique, chimique et biologique afin de garantir avant tout l'absence des métaux lourds et des agents biologiques dans cette boue.

Les expériences d'adsorption effectuées montrent que la boue carbonisée est un charbon très intéressant pour la décontamination des eaux usées.

Les mots clés : boue, adsorption, bleu de méthylène, charbon .

ملخص :

الهدف من العمل الحقيقي هو المساهمة في تامين الحمأة الناتجة من محطة معالجة تقرت في العلاج عن طريق امتصاص المياه الملوثة بلصغ. مبدأ اختبار امتصاص تستند على أساس التبادل الأيوني التي تجري بين صرف بسهولة الطين الموجبة والكاتيونات (الميثيلين الأزرق) في الماء.

استخدام الطين من المحطة في امتصاص يحدث إلا بعد لها خواص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية قبل كل شيء لضمان عدم وجود والمواد البيولوجية في الوحل.

تبين التجارب الامتزاز أن الطين هو متفحمة الفحم مثيرة جدا للاهتمام لإزالة التلوث من مياه الصرف الصحي.

- الكلمات المفتاحية: الوحل، الميثيلين الأزرق، والفحم.