

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministères de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

UNIVERSITE DE KASDI MERBAH OUARGLA



Faculté des sciences appliquées

Département de Génie Civil et Hydraulique



Option : Traitement, épuration et Gestion des eaux

Mémoire Fin d'étude

Master professionnel

**VALORISATION DES BOUES DE LA STEP DE
TOUGGOURT DANS LA PRODUCTION DE
CHARBON ACTIF**

Présenté par :

- ❖ **Rezzag Hebla Safaa**
- ❖ **Mimouni Messaouda**

Devant le jury composé de :

NETTARI. K	MAA	UKMO	Président
BELMABDIA	MAA	UKMO	Examinatrice
BOUZIANE.L	MAB	UKMO	Encadreur

Année universitaire 2018/2019

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, merci
Notre Dieu qui nous a donné force et courage.
En conséquence, nous voudrions remercier **Mme Bouziane Lamya**, la
superviseure, qui a fourni
Des efforts énormes, à travers leurs informations, conseils et
encouragements.
Nous tenons également à remercier les messieurs
Membres du jury Mme Belmaabdi Amel et M. Nettari Kamel pour
l'honneur qu'ils nous ont fait
En acceptant de siéger à notre défense
Nos sincères remerciements à **M.Kebaili Nabil**, qui a sacrifié son
temps pour nous.
Et tous les professeurs du département de génie
Civil et Hydraulique
Pour tous ceux qui étaient dans un moment ou tous
Une partie de ce travail.
Nos plus sincères remerciements à tous
Qui de près et de loin a contribué à
Atteindre cette mémoire.

Dédicace

Pour qui m'a appris que les expériences de vies et le succès de
L'effort honnête.

Qu'est-ce que vous aimez ce monde si elle.

Du paradis sous leurs pieds. Mon ma mère Aimé bon Dieu.

Pour mon père Arrêtez-moi dans la vie Et fatigué de moi, alors qui a
Continué à cet endroit.

Pour les bougies qui éclairaient ma carrière mes frères et soeurs.

Pour mes chères soeurs privées

A mes amis de, mes collègues d'études et tous les autres sans
exception.

A mes amis,

L'université de Kasdi merbah Ouargla

Pour tous les étudiants du Département de génie civil et hydraulique.

SAFAA ET MESSAOUDA

Liste des figures

Figure N°	Titre	Page
Chapitre I		
Figure I.1	Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration	04
Figure I.2	Enchaînement des opérations unitaires des traitements des boues	05
Figure I.3	Épaississeur gravitaire	06
Figure I.4	Principe du séchage solaire	08
Figure I.5	Boues sèches sur lits de séchage	08
Figure I.6	table d'égouttage/filtre combinée à bande (EMO)	09
Figure I.7	principe de filtre à plateaux	09
Figure I.8	principe de la décanteuse centrifuge	09
Figure I.9	Différentes étapes de traitement des boues avant épandage	
Figure I.10	Épandage agricole	
Chapitre II		
Figure II.1	Schéma du mécanisme de transport d'un adsorbat au sein d'un grain	18
Figure II.2	Les différentes formes du charbon actif	20
Figure II.4	Schéma général de fabrication des charbons actifs	24
Chapitre III		
Figure III.1	Schéma général du procès appliqué à la STEP de Touggourt	28
Chapitre IV		
Figure IV.1	la boue sèche de station d'épuration de Touggourt.	40
Figure IV.2	Four a moufle.	40
Figure IV.3	La boue après carbonisation.	41
Figure IV.4	Solution mère de bleu de m 5 mg/l	42
Figure IV.5	Montage opératoire	43
Figure IV.6	Spectrophotomètre.	43
Figure IV.7	Courbe d'étalonnage de bleu de méthylène	44
Figure IV.8	étalonnage de bleu de méthylène	44

Figure IV.9	Montage opératoire	45
Figure IV.10	Histogramme de concentration à la fonction du temps	47
Figure IV.11	Histogramme de rendement la fonction du temps	48

Liste des tableaux

Figure N°	Titre	Page
Chapitre II		
Figure II.1	Classification de la taille des différents pores selon l'IUPAC	20
Chapitre III		
Figure III.1	Caractéristiques physico-chimiques des boues	37
Figure III.2	Concentrations des métaux lourds dans les boues de la station d'épuration de Touggourt (2016)	38
Chapitre VI		
Figure IV.1	Prélèvements effectués	43
Figure IV.2	concentration à la fonction du temps	43
Figure IV.3	Caractéristiques de l'échantillon prélevé	45

Sommaire

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I : Généralité sur les boues

Introduction.....	Erreur ! Signet non défini.
-------------------	-----------------------------

Signet non défini.

I.1 Définition de la boue.....	Erreur ! Signet non défini.
--------------------------------	-----------------------------

I.2 Origine des boues.....	Erreur ! Signet non défini.
----------------------------	-----------------------------

I.3 Classification des boues.....	Erreur ! Signet non défini.
-----------------------------------	-----------------------------

I.4 Filières de traitement des boues.....	Erreur ! Signet non défini.
---	-----------------------------

1.4.1 Épaississement.....	Erreur ! Signet non défini.
---------------------------	-----------------------------

1.4.2 Stabilisation et hygiénisation.....	Erreur ! Signet non défini.
---	-----------------------------

I.4.3 Déshydratation.....	Erreur ! Signet non défini.
---------------------------	-----------------------------

I.5 Destination finale des boues.....	Erreur ! Signet non défini.
---------------------------------------	-----------------------------

I.5.1 Épandage des boues.....	Erreur ! Signet non défini.
-------------------------------	-----------------------------

I.5.2 compostage.....	Erreur ! Signet non défini.
-----------------------	-----------------------------

I.5.3 Biogaz.....	Erreur ! Signet non défini.
-------------------	-----------------------------

I.5.4 Réutilisation dans l'industrie.....	Erreur ! Signet non défini.
---	-----------------------------

I.4.5 Incinération.....	Erreur ! Signet non défini.
-------------------------	-----------------------------

I.4.6. Mise en décharge.....	Erreur ! Signet non défini.
------------------------------	-----------------------------

I.4.7 Alternatives.....	Erreur ! Signet non défini.
-------------------------	-----------------------------

Conclusion.....	15
-----------------	----

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

Introduction.....	16
-------------------	----

II.1. Définition de l'adsorption.....	16
---------------------------------------	----

II.2. Types d'adsorption	16
II.2.1. Adsorption physique	16
II.2.2. Adsorption chimique	17
II.3. Description du mécanisme d'adsorption	17
II.4. Facteurs influençant l'adsorption	18
II.5. charbon actif	19
II.6 Les différentes formes du charbon actif	19
II.7.Élaboration de charbon actif	20
II.7.1. Matières premières	20
II.7.2. La pyrolyse.....	21
II.7.3. L'Activation.....	22
II.8 Polluants éliminés par l'adsorption.....	25
II.8.1. Définition des métaux lourds.....	25
II.9 Paramètres suivi dans l'adsorption des polluants organiques	26
Conclusion.....	27

Chapitre III : caractéristique des boues de la station de Touggourt

Introduction:.....	28
III.1.Présentation de la station d'épuration :	28
III.2. Qualité des eaux usées brutes.....	29
III.3.Possibilité de la valorisation agricole des boues	2Erreur ! Signet non défini.
Conclusion	38

Chapitre IV : Expérimentale

Introduction.....	Erreur !
Signet non défini.	
IV.1. Préparation de l'adsorbant.....	Erreur ! Signet non défini.
IV.2.Élimination du bleu de méthylène.....	Erreur !
Signet non défini.	
IV. 3 Test sur le traitement des eaux huileuses.....	Erreur !
Signet non défini.	
IV. 4 Résultats et discussion.....	Erreur !
Signet non défini.	
Conclusion.....	51

Introduction générale

Le traitement des eaux usées conduit à la production de boues, qui contiennent des composés inertes et organiques, des polluants et des pathogènes. Un traitement adapté et performant de ces boues est donc indispensable pour maîtriser de façon globale l'assainissement des eaux usées.

On appelle « boues d'épuration » les sédiments résiduels issus du traitement des eaux usées ; les boues d'épuration urbaines résultent du traitement des eaux usées domestiques qui proviennent de l'activité des particuliers et éventuellement des rejets industriels dans les réseaux des collectivités après avoir suivi un prétraitement obligatoire. Les eaux usées sont collectées puis acheminées vers les stations d'épuration où elles sont traitées. En fin de traitement, à la sortie de la station, l'eau épurée est rejetée généralement vers le milieu naturel et il reste au niveau de la station que des boues résiduelles qui sont composées d'eau et de matières sèches contenant des substances minérales et organiques [1].

Dans le contexte actuel 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 et de valoriser leur potentiel énergétique sous forme de biogaz [1].

Le travail réalisé par IDDER A et al 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. 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 [3].

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 colorants (Blue Méthylène) et les eaux huileuses.

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 : préparation de charbon à partir des boues sèches de la station et le test de ce charbon dans l'élimination de colorant présent dans les solutions aqueuses et les eaux huileuse.

Introduction

Les stations d'épuration urbaines assurent le traitement des eaux usées urbaines et/ou industrielles acheminées par les réseaux d'assainissement. Ce traitement, s'il a pour objet, le rejet d'une eau épurée acceptable par le milieu récepteur, produit également un résidu polluant, désigné sous le terme de boues d'épuration [3].

I.1 Définition de la boue

Les boues sont définies comme un mélange d'eau et de matières solides, séparé par des procédés naturels ou artificiels des divers types d'eau qui le contiennent. Elles sont issues du traitement des eaux usées domestiques et/ou industrielles. En effet, l'eau consommée ou utilisée par l'homme à l'échelle domestique ou industrielle génère inévitablement des déchets. Les eaux usées sont recueillies par les égouts et dirigées vers les stations d'épuration afin d'être purifiées avant leur réintroduction dans le milieu naturel [3].

I.2 Origine des boues

Généralement, le traitement des eaux usées au sein d'une station d'épuration comporte quatre étapes successives (Figure1).

- Les prétraitements : ils consistent à éliminer les éléments grossiers (dégrillage), à enlever le sable (dessablage) ainsi que les graisses (désuilage).
- La décantation primaire : elle permet la capture des éléments en suspension.
- La digestion aérobie ou traitement biologique : réduction de la charge en matière organique de l'eau usée par des micro-organismes regroupés en « floccs » et production de boues dites « activées ». Cette phase nécessite une aération conséquente.
- La clarification : elle permet la séparation du « flocc » bactérien de la phase aqueuse.

L'eau traitée est alors rejetée dans le milieu naturel, tandis que les boues résiduelles sont collectées puis traitées en vue de leur valorisation ou de leur élimination [4].



Figure I.1: Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration

Par ailleurs, d'autres matières plus ou moins chargées, sont également traitées en station : eaux de pluie (en cas de réseau de collecte des eaux usées unitaire), matières de vidange de fosses sceptiques (lorsque la station y est autorisée), etc.

Les boues produites par les stations d'épuration sont essentiellement des particules solides non retenues par les prétraitements et les procédés de traitement de l'eau (dégradation et séparation des polluants de l'eau).

Ces boues se composent de matières organiques non dégradées, de matières minérales, de micro-organismes et d'eau (environ 99%).

I.3 Classification des boues

- 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 [4].

I.4 Filières de traitement des boues

À la sortie des filières de traitement des eaux, les boues contiennent environ 95-99% d'eau.

Cette dernière se présente normalement sous deux formes :

- eau libre : faiblement absorbée, peut être éliminée par déshydratation mécanique,
- eau liée : attachée avec des bactéries ou d'autres particules, peut être éliminée par Séchage thermique (>105°C).

Le traitement des boues consiste donc tout d'abord à diminuer leur teneur en eau et à réduire de manière efficace leur charge polluante et fermentescible. Il s'agit de les préparer à une étape ultime de valorisation ou d'élimination.

Il existe quatre principales techniques qui peuvent être complémentaires : l'épaississement, la stabilisation (souvent associée à une hygiénisation), la déshydratation et le séchage.

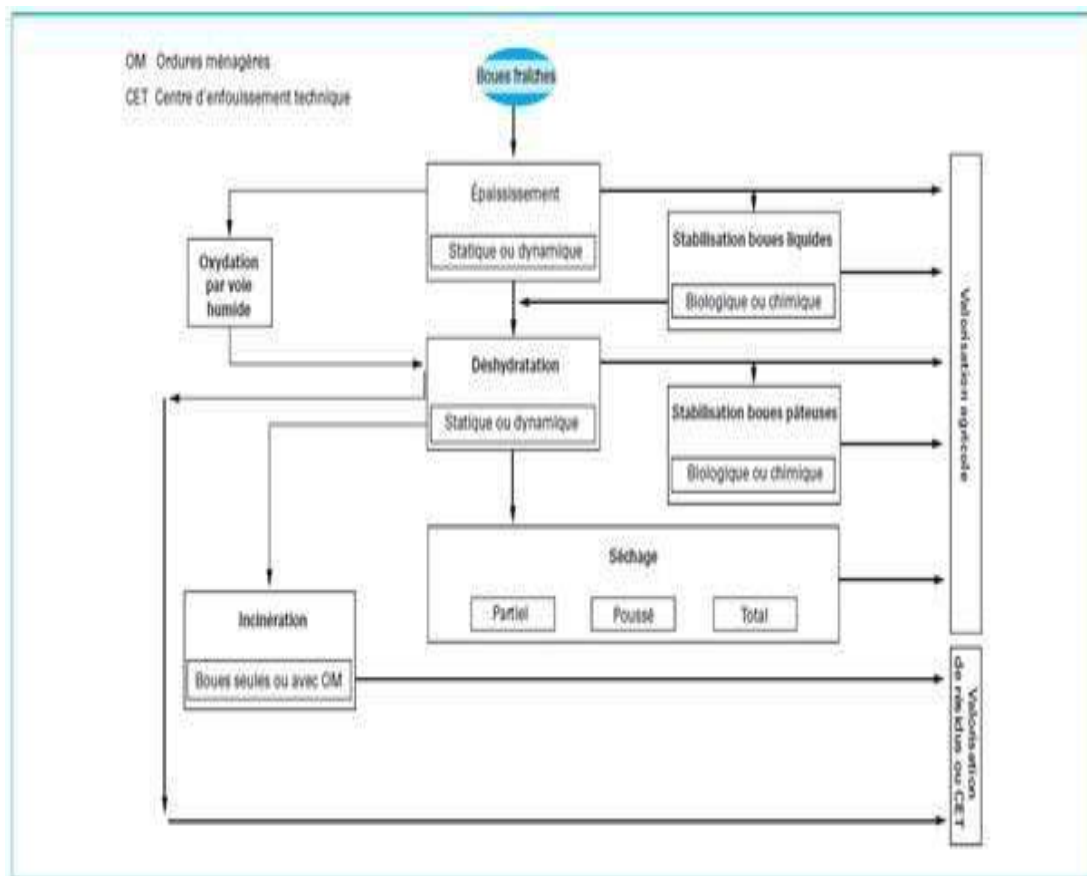


Figure I.2 : Enchaînement des opérations unitaires des traitements des boues

1.4.1 Épaississement

L'épaississement est généralement la première étape du traitement des boues. C'est un Procédé simple, consommant peu d'énergie. Il sert principalement à réduire le volume des boues brutes et constitue une étape préalable aux traitements suivants. Le taux de siccité obtenu peut

atteindre jusqu'à 10% de MS. Quelle que soit la technique utilisée, l'eau récupérée doit être recyclée en tête de station.

Diverses méthodes sont utilisées pour épaissir les boues :

- Épaississement gravitaire : la décantation (ou sédimentation)
- Épaississement dynamique :
 - la flottation,
 - la centrifugation
 - un système de drainage (grilles et table d'égouttage)

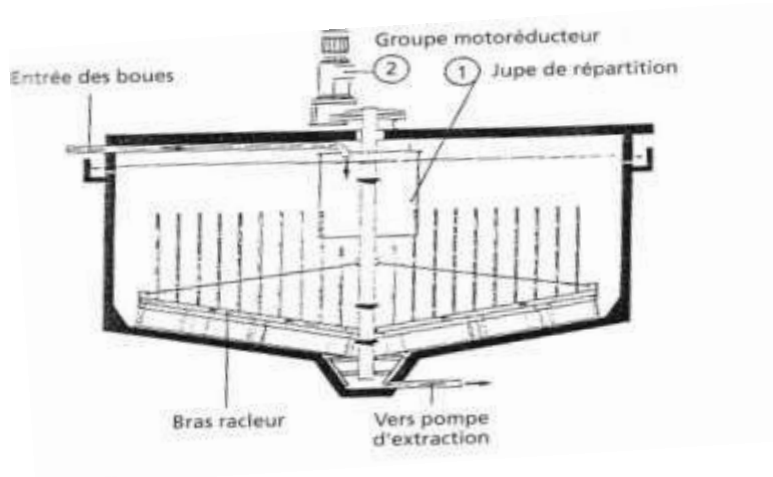


Figure I.3 : Épaisseur gravitaire

Le tableau I.1 présente une comparaison des techniques d'épaississement sur quelques paramètres.

Tableau I.1 : Performances et consommation en énergie des différentes techniques d'épaississement

Type d'épaississement	Énergie (kWh/t MS)	Conditionnement	Siccité (%)
Décantation	10 à 20	-	1,5 à 2,5
Flottation	60 à 100	-	3,5 à 5
Centrifugation	150 à 300	Polymère (5kg/t MS)	4 à 6
Drainage	30 à 60	Polymère (1,5kg/t MS)	4,5 à 6

L'épaississement par drainage est donc la technique la plus performante, elle produit des boues avec une siccité assez élevée en consommant moins d'énergie.

1.4.2 Stabilisation et hygiénisation

Bien que la stabilisation et l'hygiénisation présentent chacune une finalité différente, on peut les regrouper au sein d'une seule étape visant à réduire au maximum toutes les nuisances de natures biologiques que peuvent produire les boues déshydratées. Ces deux traitements sont souvent assurés par un même procédé.

La stabilisation consiste à réduire au maximum l'activité biologique de dégradation des boues et plus particulièrement leur fermentation. Elle réduit fortement la nuisance olfactive, les émissions de méthane, les risques de lixiviation, les populations bactériennes et la Demande Biologique en Oxygène (DBO5).

L'hygiénisation est, quant à elle, destinée à réduire la présence d'agents pathogènes dans les boues afin d'éviter une contamination éventuelle dans le cas d'une utilisation pour la valorisation d'un écosystème (épandage ou revégétalisation par exemple). Ces deux étapes peuvent être assurées de manière biologique, chimique ou physique.

1.4.3 Déshydratation [2]

La déshydratation constitue la seconde étape de réduction du volume des boues sur les boues épaissies, stabilisées ou non, afin d'obtenir une siccité des boues plus poussée (en moyenne comprise entre 20 et 30 % selon la nature des boues).

La déshydratation présente plusieurs avantages : elle facilite le stockage et réduit donc le coût du transport, elle améliore la stabilisation (temps de séjour augmenté) et facilite une utilisation en agriculture.

Il existe plusieurs techniques de déshydratation mécanique :

- Filtres presses
- Filtre à plateaux
- Filtre à plateaux membranes
- Filtre à bande
- Presse à vis
 - Centrifugeuse
 - Autres procédés
- Panier rotatif
- Pressoir Fournier
- Sacs filtrants

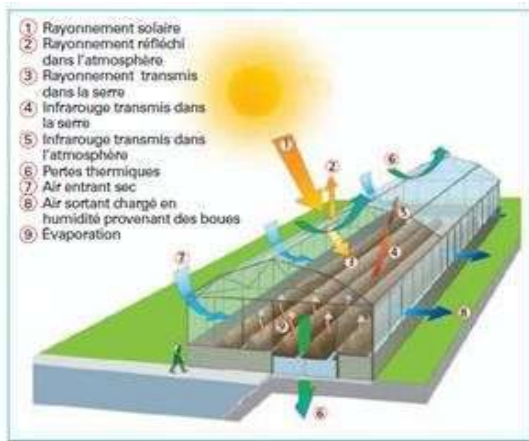


Figure I.4 Principe du séchage solaire



Figure I.5 Boues sèches sur lits de séchage

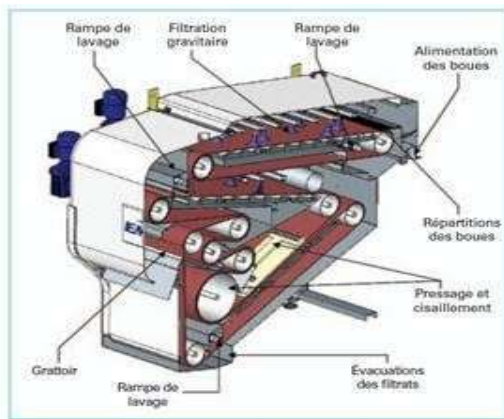


Figure I.6 : table d'égouttage/filtre combinée à bande (EMO)

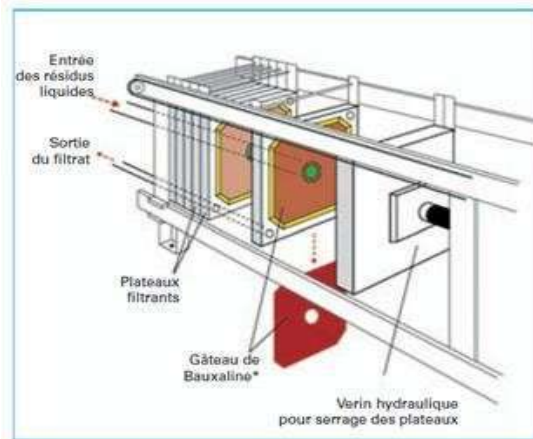


Figure I.7 : principe de filtre à plateaux

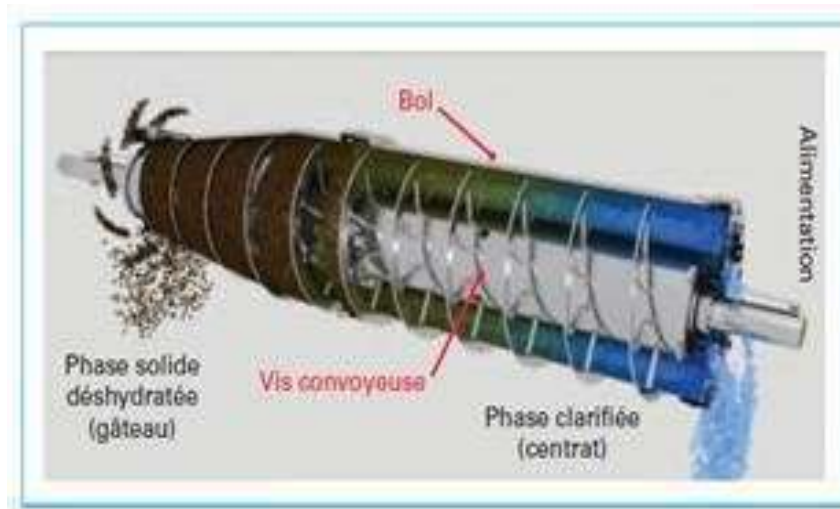


Figure I.8 : principe de la décanteuse centrifuge

I.5 Destination finale des boues

I.5.1 Épandage des boues

D'après la directive européenne du 12 Juin 1986 transposée dans le code de l'environnement (articles R211-25 à R 211-47), les boues ont le statut de déchets avant celui de fertilisants potentiels. Ces textes réglementaires définissent précisément toutes les modalités techniques d'épandage que doivent respecter les producteurs de boues pour prévenir tout risque sanitaire et écologique de contamination du sol et des cultures.

Afin de mieux gérer l'utilisation agronomique des boues de STEP, l'arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles, (pris en application du décret n°97-1133) a rassemblé ces prérogatives dans le cadre d'un **Plan d'épandage** qui contient :

- une **étude préalable**
- un « **registre d'épandage** ».
- un **programme prévisionnel annuel**
- un **bilan annuel de programme d'épandage**

Enfin, une solution alternative à l'épandage doit être prévue, au cas où l'exploitant aurait à gérer un lot de boues non conforme aux exigences réglementaires d'épandage.

Malgré les coûts croissants de traitement des boues nécessaires à une valorisation agricole, l'épandage reste la filière la plus économe.

Avant d'être épandues, les boues peuvent avoir subi un ou plusieurs traitements (**Figure I.9**)

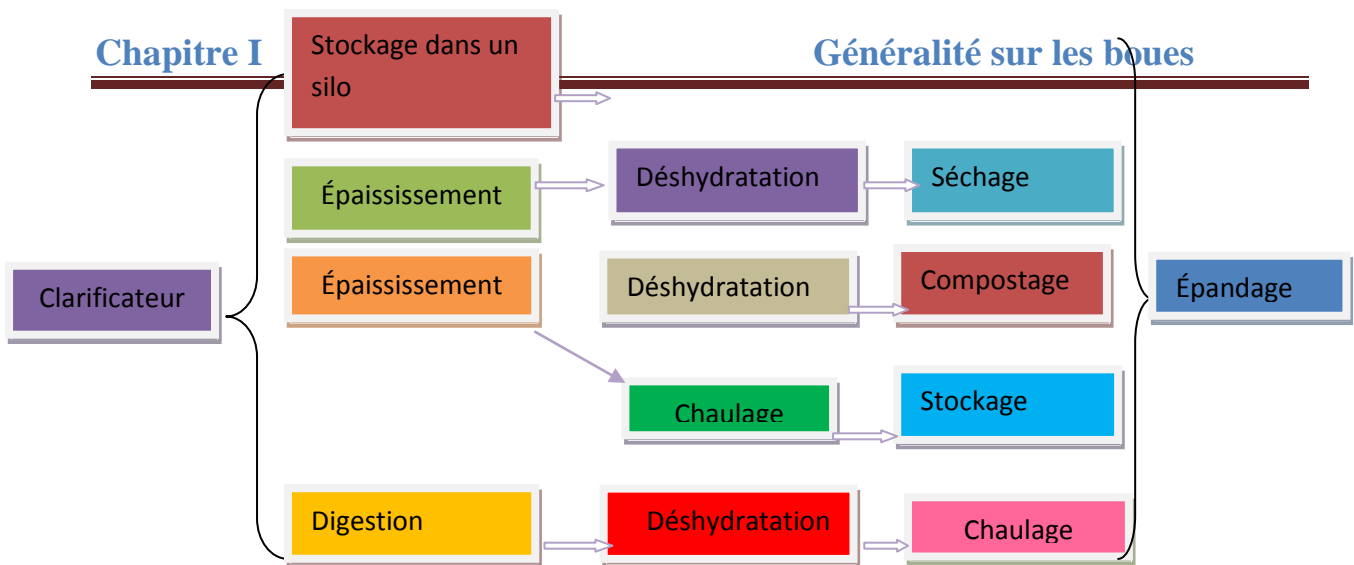


Figure I.9: Différentes étapes de traitement des boues avant épandage



Figure I.10 : Épandage agricole

I.5.2 compostage

Comme indiqué précédemment, le compostage est d'abord un procédé de stabilisation de la matière organique puis un procédé de valorisation organique produisant un compost soumis aux mêmes contraintes réglementaires que l'épandage agricole.

Cependant, le compostage présente plusieurs avantages par rapport à l'épandage après chaulage :

- réduction du volume des boues et de leur teneur en eau,
- réduction des odeurs,
- meilleure maniabilité (meilleure structure que les boues non compostées),
- stabilisation et hygiénisation naturelles sans additifs chimiques,
- plus grand intérêt agronomique (une grande quantité d'humus riche en éléments fertilisants).

La valorisation agricole après compostage est garantie en raison de la qualité du produit final, qui, s'il est commercialisé, peut garantir la rentabilité de l'opération.

L'utilisation du compost fournit aux végétaux un support aéré, un réservoir d'eau et de nutriments.

Ceci permet un enracinement important des végétaux, favorise leur productivité et diminue les risques d'érosion.

I.5.3 Biogaz

Le biogaz est principalement constitué de méthane combustible et de gaz carbonique inerte. D'autres gaz peuvent venir s'ajouter de façon minoritaire dans la composition étroitement du déchet traité et du degré d'avancement de la méthanisation.

Tableau I.2 : composition du biogaz

Nature du gaz	Proportion (en%)
Méthane (CH ₄)	50 - 80
Dioxyde de carbone (CO ₂)	20 - 50
Hydrogène sulfuré (H ₂ S)	0 - 0,5

I.5.4 Réutilisation dans l'industrie

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... [3]

I.4.5 Incinération

L'incinération des boues est un procédé de traitement des déchets présentés sous formes de boues, destiné à en réduire le poids et le volume par combustion. Les boues incinérées sont principalement les boues issues du traitement des eaux usées, produites en stations d'épuration. L'incinération, et plus

particulièrement la capacité à brûler d'une boue, est définie par sa composition et sa teneur en eau. Cette capacité à brûler est définie par un indice que l'on appelle PCI.

Il existe trois types principaux de boues incinérables, qui sont les boues issues de traitement primaires (qui est le résultat de la décantation des matières en suspension dans l'eau), les boues issues de traitement physico-chimique, et les boues issues de traitement biologique. Les boues sont constituées pour leur plus grande partie de matières organiques. L'incinération des boues s'opère dans un incinérateur, qui permet de contrôler la température de combustion et de récupérer les gaz émis pendant cette combustion [1].

I.4.6. Mise en décharge

C'est encore sans doute la destination finale la plus fréquente des boues produites. Le résidu peut être plus ou moins important, mais même dans le cas d'incinération il demeure un sous-produit de volume non négligeable et rassemblant normalement tous les métaux lourds contenus dans les boues. Cette décharge peut aller de la simple "lagune à boues liquides" alimentée en boues stabilisées et dont le drainage et l'évaporation nécessitent des mois ou des années, jusqu'au remblaiement d'excavations ou de dépressions à l'aide de boues sèches dont le compactage est plus rapide.

Une solution parfois envisagée, en particulier sur les boues toxiques, est, avant décharge, d'incorporer aux boues liquides des produits solidifiant (silicates, ciments, etc.). Ce mode de traitement présente l'inconvénient de condamner définitivement des surfaces aux sols importants. De plus, les risques lixiviation par les eaux ruissellement ne semblent pas totalement écartés.

Enfin, la mise en décharge commune des boues avec les ordures ménagères est une pratique encore fréquente. Les législations en la matière varient suivant les pays. Il convient de ne pas dépasser une teneur maximale en eau du produit, de veiller à son homogénéité et de prendre les dispositions nécessaires à la protection de la nappe, avec collecte et traitement de la lixiviation [2].

I.4.7 Alternatives [3]

🚦 L'oxydation par voie humide (OVH)

L'oxydation par voie humide consiste à traiter thermiquement des boues en s'affranchissant des étapes de déshydratation et de séchage. Il s'agit de chauffer les boues à 200-250°C, sous pression (jusqu'à 50 bars) et en présence d'oxygène pur, pour éviter une évaporation de l'eau. Le temps de séjour varie entre 30 et 60 minutes. La réaction détruit jusqu'à 95% de la matière organique en la transformant principalement en dioxyde de carbone et en ammoniac.

On obtient ainsi :

- une solution aqueuse, renvoyée en tête de station pour être recyclée,

- des gaz de combustion traités ultérieurement dans un réacteur catalytique,
- un résidu solide minéral à 50% de siccité contenant moins de 5% de MO.

Cette technique permet de traiter des boues sortant directement de l'épaississeur (siccité inférieure à 10%).

Elle présente également les avantages :

- de simplifier le traitement de l'air par rapport à l'incinération (diminution de moitié des émissions de CO₂ et de fumées dépourvues de poussières, de métaux lourds et de dioxines),
- d'être bien adaptée aux stations de capacité moyenne (50 000 à 150 000 EH).

Le coût moyen de cette technique en cours de développement est d'environ 50€/t de boues brutes.

La Co-combustion en cimenterie

Encore au stade expérimental, cette technique offre une possibilité d'élimination des boues d'épuration déshydratées ou séchées. En effet, les boues de siccité supérieure à 90% ont un pouvoir calorifique important (de 10 à 12 MJ/kg). Elles peuvent donc être utilisées comme combustible et remplacer une partie de la consommation en énergie fossile. De plus, la chaleur produite par le processus peut être utilisée pour le séchage des boues.

Cependant, pour pouvoir profiter de cette chaleur, la station d'épuration doit être à proximité de la cimenterie. En outre, la teneur en phosphore des boues peut être un élément limitant de cette technique. En effet, une teneur supérieure à 0,5% de phosphore peut entraîner une diminution de la résistance mécanique.

La pyrolyse ou thermolyse

Ce procédé correspond à une dégradation des boues séchées en l'absence d'air (O₂ < 2%) et à une température comprise entre 400 et 700°C. A la fin de ce procédé, un gaz combustible et un composé solide (cendres), aussi appelé « coke », sont obtenus.

Le gaz récupéré peut être réutilisé comme une source d'énergie, mais il nécessite une structure supplémentaire pour exploiter le potentiel énergétique de ces gaz formés.

La technique mycélienne

Cette technique consiste à utiliser un cocktail de certaines souches mycéliennes (moisissures), pour une réduction naturelle du volume de boues. La matière réduite est transformée sous forme d'eau et d'élément gazeux, sans générer de pollution.

Le mélange mycélien est adapté à l'installation et élaboré in situ dans un bioréacteur. Ce dernier alimente automatiquement les cuves de traitement aérobie et il permet l'autoentretien des espèces ainsi que leur bio-augmentation. Le temps de séjour dans la cuve est d'environ 5 à 10 jours minimum avec 1-3 mg d'oxygène dissous par litre.

La gazéification

La gazéification consiste à convertir à forte température (900-1100°C) une énergie contenue dans un matériau solide en un résidu inerte et un gaz calorifique valorisable sous forme de chaleur ou d'électricité, avec des rendements énergétiques et un bilan environnemental favorables. Cependant, cette technique nécessite des boues préalablement séchées à 90%, ce qui grève pour le moment le coût de cette solution alternative.

Conclusion

Durant ces dernières années la quantité de boues connaît une importante augmentation. Le problème majeur dont on se confronte tout le temps, consiste à trouver une solution pour éliminer ces résidus dans les conditions les plus économiques tout en respectant les contraintes liées à la protection de l'environnement et l'hygiène publique.

Dans le chapitre suivant, on va présenter la technique de traitement des eaux par adsorption, la technique utilisée dans notre pratique pour éliminer le colorant (bleu de méthylène) des solutions aqueuses et les huiles dans les rejets industriels.

Introduction [5]

Aujourd'hui, le phénomène d'adsorption est devenu un outil incontournable pour la purification et la séparation des substances indésirables.

Le terme adsorption a été proposé pour la première fois par Kayser en 1881 pour différencier entre une condensation de gaz à la surface et une adsorption de gaz, processus dans lequel les molécules de gaz pénètrent dans la masse.

II.1. Définition de l'adsorption [5]

Le procédé d'adsorption, un phénomène de surface, est l'une des méthodes les plus largement utilisées pour l'élimination des polluants. Simple, peu coûteux (par rapport à d'autres procédés de séparation), et sans formation de boue, ce procédé fournit une alternative intéressante pour le traitement des eaux contaminées, en particulier si l'agent d'adsorption est bon marché et ne nécessite pas d'étapes de prétraitement supplémentaires avant son application.

D'une manière générale, l'adsorption est un procédé de séparation par lequel certains composants d'une phase sont fixés à la surface d'un adsorbant solide par des liaisons chimiques ou physiques. L'adsorption peut être classée comme physique ou chimique en fonction de la nature des forces mises en jeu.

II.2. Types d'adsorption [6]

II.2.1. Adsorption physique

Ce type d'adsorption résulte de l'établissement d'un échange de forces de faible énergie entre la surface d'un solide et des molécules à proximité de cette surface. Dans ce cas, la rétention est le résultat des liaisons de nature électrostatique de type Van Der Waals.

Du point de vue énergétique, la physisorption se produit aux basses températures avec des énergies de l'ordre de $10 \text{ Kcal}\cdot\text{mol}^{-1}$ tout au plus. Elle correspond à un processus réversible (équilibre dynamique d'adsorption et de désorption) et ne conduit pas à une modification de l'identité chimique de la molécule adsorbée.

court et la surface adsorbante peut être recouverte de multiples couches moléculaires de produit adsorbé.

II.2.2. Adsorption chimique

Dans ce cas, l'adsorption est due à la formation d'une liaison chimique, covalente plus permanente, entre l'adsorbat et la surface de l'adsorbant. Par rapport au premier, l'adsorption chimique se distingue par des énergies d'adsorption plus élevées (2 à 100 Kcal mol⁻¹ contre quelques Kcal mol⁻¹) et par une fixation irréversible de l'adsorbat sur des sites d'adsorption très spécifiques. Elle est aussi favorisée à température élevée.

Dans ce type d'adsorption, le temps de rétention est long et seule la première couche liée à la surface adsorbante est chimiquement adsorbée, les autres couches, dans le cas où elles existent, sont retenues par physisorption.

Il est à noter également que le phénomène d'adsorption constitue la première étape des réactions nécessitant l'emploi d'un catalyseur solide. Ce phénomène peut alors jouer un rôle prédominant dans la cinétique de réaction chimique.

II.3. Description du mécanisme d'adsorption [7]

Il s'agit d'un transfert d'une phase liquide ou gaz contenant l'adsorbat vers une phase solide avec rétention des solutés à la surface de l'adsorbant. Ce processus se déroule en trois étapes (Figure II.1).

- 1- **Diffusion externe:** elle correspond au transfert du soluté du sein de la solution à la surface externe de l'adsorbant. Ce transfert de matière externe dépend des conditions hydrodynamiques de l'écoulement d'un fluide dans un lit d'adsorbant. Cette étape est rapide.
- 2- **Diffusion interne:** les particules du fluide diffusent dans la structure poreuse de la surface externe des grains vers les sites actifs sous l'influence du gradient de concentration du soluté. Cette étape est lente.
- 3- **Réaction d'adsorption:** elle correspond à la fixation des molécules sur la surface des pores. Une fois adsorbées, les molécules sont considérées comme immobiles. Cette étape est très rapide.
- 4- **l'adsorption dans un micropore.**

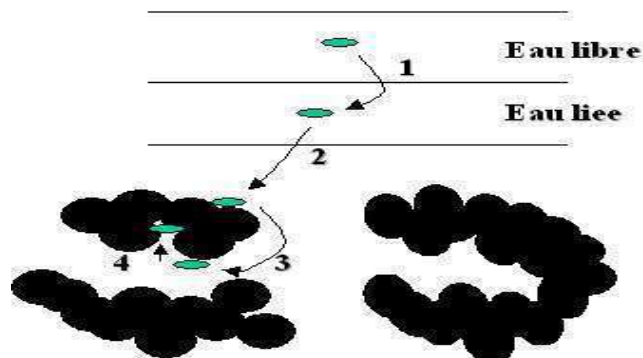


Figure II. 1. Mécanisme d'adsorption en phase aqueuse sur charbon actif

II.4. Facteurs influençant l'adsorption [8]

Le processus d'adsorption peut être influencé par différents facteurs liés soit à l'adsorbant, l'adsorbat ou les conditions opératoires.

Facteurs liés à l'adsorbant:

- La nature des groupements fonctionnels;
- La surface spécifique;
- La distribution des diamètres des pores;
- La masse de l'adsorbant.

Facteurs liés à l'adsorbat:

- La solubilité de l'adsorbat;
- La polarité;
- La masse molaire;
- La taille des particules.

Facteurs liés aux conditions opératoires:

- Le pH;
- La température du milieu ;
- La vitesse d'agitation du milieu réactionnel;
- La compétition entre les espèces présentes dans le milieu;
- Le temps de contact entre l'adsorbat et l'adsorbant;
- La force ionique;

II.5. Charbon actif [9]

Le charbon actif est un produit adsorbant obtenu à partir de matières premières riches en carbone (le bois, la tourbe, le charbon, le lignite, l'écorce de coco...). Toutes matières premières organiques qui contiennent du carbone, est a priori susceptible de convenir pour l'obtention de charbon actif. Le choix de la matière première sera essentiellement dicté par des possibilités d'approvisionnement locales permettant des prix de revient compétitifs. Néanmoins, les matières premières utilisées conditionneront en grande partie la qualité finale du charbon actif. Une fois ces matières premières sélectionnées, elles

sont active physiquement ou chimiquement dans des fours d'activation. Par cette activation on obtient, une structure de carbone hautement poreuse et très active.

II.6 Les différentes formes du charbon actif [9]

Les formes du charbon actif les plus utilisés sont :

- **Charbon actif en poudre (CAP):** Les charbons actifs en poudre présentent une granulométrie inférieure à 100 μm avec un diamètre moyen situé entre 15 et 25 μm . Ils ont une large surface externe et une faible profondeur de diffusion, ce qui engendre une vitesse d'adsorption très rapide.
- **Charbon actif en grain (CAG):** La forme granulaire du charbon est caractérisée par une taille des particules supérieure à 1mm, un faible diamètre des pores, une grande surface interne et une externe relativement faible.

Il en résulte que les phénomènes de diffusion à l'intérieur des pores prennent une grande importance dans le processus d'adsorption.

- **Charbon actif texture:** Le charbon actif extrudé est de forme cylindrique avec des diamètres allant de 0.8 mm à 5 mm. il est principalement utilisé pour des applications en phase gazeuse à cause de sa faible perte de charge, de sa grande résistance mécanique et de sa faible teneur en poussières.



Figure II.2 : Les différentes formes du charbon actif

Selon la classification de l'IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) les tailles de pores sont réparties en 3 groupes :

Tableau II.1 : Classification de la taille des différents pores selon l'IUPAC

Pores	Diamètre (nm)	Volume poreux (cm ³ /g)
Macropores	Supérieur 50	0,2 - 0,8
Mésopores	Comprise entre 2-50	0,02 - 0,1
Micropores	Inférieur 2	0,2 - 0,6

II.7.Élaboration de charbon actif [9]

II.7.1. Matières premières

La fabrication du charbon actif passe nécessairement par l'identification et le choix de la matière première. Les matières premières peuvent être obtenues partir d'un grand nombre de matériaux contenant le carbone d'origine végétale, animale ou minérale.

Origine végétale

Il existe une multitude de produits d'origine végétale qui peuvent intervenir dans la synthèse des charbons actifs et sous différentes formes vari est :

- Déchets agricoles non utilisables exemple : Noyaux de fruit, coque de noix de coco, bagasse de canne sucre
- Paille et enveloppes de céréales exemple : blé et riz
- Arbre sous forme de copeaux ou de sciure de bois exemple : Bouleau, chêne, eucalyptus, lignite.

Origine animale

Les charbons activés sont essentiellement obtenus partir d'ossements d'animaux, mais aussi partir de leur sang voire de leur chair.

Origine minérale

Les charbons actifs sont obtenus en grandes majorité partir de matériaux combustibles comme le charbon minéral (houille, coke) ou la tourbe.

II.7.2. La pyrolyse [9]

La pyrolyse ou la carbonisation est un craquage thermique sans produits oxydants. Sous l'action de la chaleur, elle décompose la biomasse en en trois principales phases dont l'importance relative varie suivant les conditions opératoires.

Une fraction de gaz non condensable ;(CO, CO₂, CH₄, C_nH_m.)

Une fraction de gaz condensable, elle même séparée deux phases : une phase aqueuse et organique, les goudrons ;

Une fraction de résidu solide : le char composé majoritairement carboné.

La quantité, la composition et les propriétés des produits de la pyrolyse diffèrent en fonction des paramètres opératoires, en particulier de la température et de la vitesse de chauffage. D'après les études d'Elena Fernandez.

Selon la littérature nous distinguons généralement deux types de pyrolyse.

- La pyrolyse conventionnelle (ou lente), généralement réalisée des vitesses températures comprises entre 550 et 950 K avec des vitesses de chauffages comprises entre 0,1 et 1k/s.
- La pyrolyse rapide (ou flash), généralement réalisée des temp ratures comprises entre 1050 et 1250 K avec des vitesses de chauffages supérieures 1000K/s.

La pyrolyse est une étape nécessaire pour transformer la matière en carbone.

Le charbon issu de la matière organique d'origine végétale est très caractéristique : c'est une matière fibreuse qui présente une infinité de pores (quelques Angströms) obstrués par la matière organique. Pour être transformée en charbon activé , la matière organique d'origine végétale doit être débarrassée de tous ces pores. Pour cela, on chauffe de très haute température entre 400 et 1000°C. La matière organique est détruite et on obtient un squelette carboné qui lui possède des propriétés particulières.

II.7.3. L'Activation [10]

Deux procédés d'activation peuvent être rencontrés pour la fabrication des charbons actifs.

- **Activation physique**

Au cours de ce procédé la matière carbonisée est activée à des températures de l'ordre de 850 - 1100 °C dans des fours rotatifs ou des fours cuve, sous atmosphère oxydante. Les gaz oxydants

généralement utilisés sont le dioxyde de carbone, le dioxygène, la vapeur d'eau ou le mélange de ces deux. Yang et al ont comparé l'activation du noyau de pêche et du bois d'eucalyptus, la vapeur d'eau et du CO₂. Ils concluent que la vapeur d'eau favorise à la fois le développement des micros et des mésopores tandis que le CO₂ favorise sélectivement le développement des micropores. Un mélange de CO₂ et de vapeur d'eau est souvent utilisé pour l'activation à l'échelle industrielle. Les charbons activés physiquement ne présentent pas d'impuretés liées l'agent d'activation utilisé. Leurs propriétés texturales dépendent fortement de la réactivité de l'atmosphère oxydante.

- **Activation chimique**

L'activation chimique est une activation en phase liquide : le matériau traité préalablement est imprégné dans l'agent activant puis pyrolyse sous atmosphère inerte. Les agents utilisés sont :

H₃PO₄, ZnCl₂, KOH, H₂SO₄ etc.

La carbonisation et l'activation proprement dite sont réunies en une seule étape. Elle ne nécessite qu'un seul traitement thermique des températures comprises entre 400 et 800 C, valeurs inférieures aux températures usuelles d'activation physique.

L'agent activant, le taux d'imprégnation, la température et la durée de l'activation sont les principaux paramètres de l'activation chimique ; ils conditionnent les propriétés des charbons obtenus en terme de volume poreux, de répartition de taille de pore et de composition chimique de la surface. Le contrôle de tous ces paramètres et la détermination de leur impact respectif sur les propriétés finales du produit activé ne sont pas aisés ; les caractéristiques chimiques et texturales des charbons activés chimiquement sont en réalité difficilement prévisibles.

L'acide phosphorique, le chlorure de zinc et l'acide sulfurique comptent parmi les agents d'activation chimiques les plus utilisés.

Le choix de l'agent activant est bien souvent dicté par la nature des matériaux précurseurs (pour un précurseur donné certains agents activant sont mieux adaptés) et par les propriétés requises par le produit final. Tsang et al. ont montré que l'activation par KOH est plus efficace que par les agents classiques H₃PO₄ et ZnCl₂

- **Comparaison des deux procédés des d'activation**

L'activation chimique apparait être plus une méthode plus avantageuse que l'activation physique pour les raisons suivantes :

La synthèse de charbons actifs par activation chimique est réalisée en une seule étape alors que l'activation physique nécessite deux étapes distinctes de carbonisation et d'activation.

Vu leurs températures d'activation, l'activation physique occasionne un cout énergétique plus important. Par compte, avec l'activation chimique le rendement de charbon actif est meilleur puisque la carbonisation à très haute température est évitée. L'inconvénient majeur de cette technique réside dans les traitements de lavage, Indispensables pour l'élimination de l'agent activant, qui constituent des étapes supplémentaires dans le procédé d'élaboration des charbons actifs. A partir de ce qui a été détaillé précédemment, nous optons pour la fabrication de nos charbons actifs le procédé d'activation chimique.

Les différentes étapes de fabrication de charbon actif se résument dans le tableau qui suit :

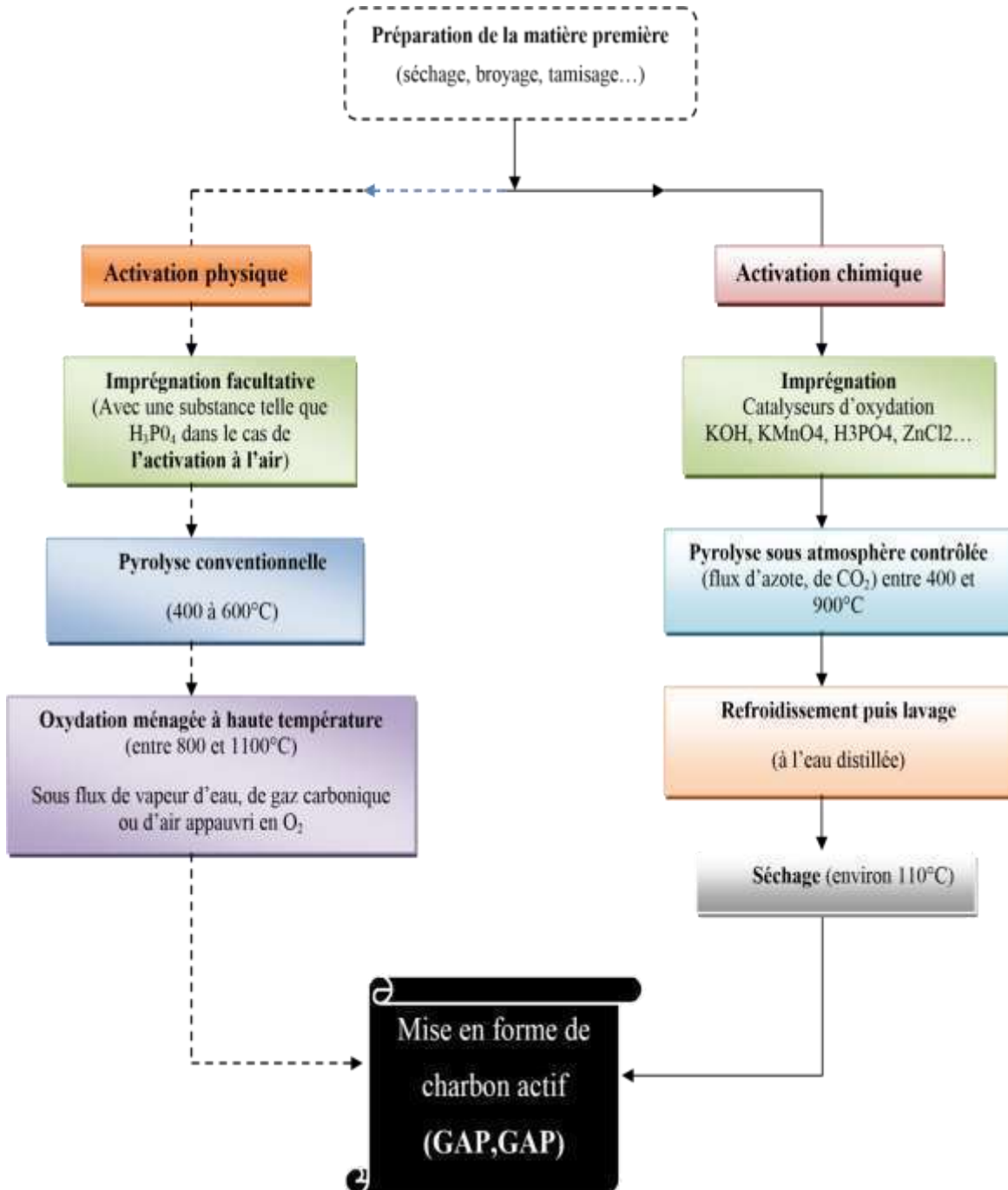


Figure II.3 : Schéma général de fabrication des charbons actifs.

L'activation peut être suivie par un paramètre qui s'appelle : « Burn-off ». Ce paramètre représente la perte de masse au sein du matériau après activation. Il se calcule par la formule suivante :

$$\text{Burn-off} = \frac{\text{masse}_{\text{initiale}} - \text{masse}_{\text{finale}}}{\text{masse}_{\text{initiale}}} \times 100$$

Le taux de « Burn-off » est en fonction des conditions d'activation. Plus le BO% est grand plus la carbonisation est efficace.

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, les hydrocarbures, etc.

- **Métaux lourds [11]**

Depuis plusieurs décennies, le terme « métaux lourds » est abondamment utilisé pour définir un groupe de métaux et métalloïdes liés à la contamination des sols et des eaux et à leur toxicité. L'expression « métaux lourds », assez imprécise, se base sur la densité chimique des métaux et est associée aux éléments dont la densité est supérieure à 3.5g/cm³ et qui ont un nombre atomique supérieur à 20. Les métaux lourds regroupent classiquement le cadmium (Cd), le chrome (Cr), le cobalt (Co), le cuivre (Cu), l'étain (Sn), le fer (Fe), le manganèse (Mn), le mercure (Hg), le molybdène (Mo), le nickel (Ni), le plomb (Pb), le zinc (Zn). L'arsenic (As), qui est un métalloïde, et le sélénium (Se), bien que non métallique, sont souvent classés comme métaux lourds à cause de leur toxicité. La plupart des scientifiques préfèrent à l'appellation « métaux lourds » celle d'« éléments en traces métalliques » ETM, qui caractérise les éléments qui sont principalement présents sous forme de traces dans l'environnement comme le cuivre, le chrome, le nickel, le plomb, le zinc et le cadmium.

- **Bleu de méthylène**

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 $C_{16}H_{18}ClN_3S$, avec une masse molaire correspondant à 319,5 g/mol.

Hydrocarbures

Les hydrocarbures (pétrole brut et gaz naturels) sont des molécules composées uniquement d'atomes de carbone et d'hydrogène. La pollution par les hydrocarbures résulte de plusieurs activités liées à l'extraction du pétrole, à son transport et en aval à l'utilisation de produits finis, ainsi qu'aux rejets effectués par les navires. Les effets des hydrocarbures dans le milieu marin sont considérables. Ils dépendent largement de leur composition.

II.9 Paramètres suivi dans l'adsorption des polluants organiques [11]

- **DCO** : Ce paramètre désigne la quantité d'oxygène, exprimée en mg/l, consommée par les matières oxydables contenues dans les eaux. Elle permet l'estimation des matières organiques dissoutes ou en suspension dans une eau résiduaire et susceptible d'être oxydées par un oxydant chimique puissant. Les matières organiques oxydées ne correspondent pas nécessairement à des matières biodégradables.
- **MES** : La turbidité et la couleur d'une eau sont principalement causées par des particules très petites, dites particules colloïdales, qui se déposent très lentement et elles sont caractérisées par deux points essentiels : d'une part, elles ont un diamètre très faible (compris entre 0.1 et 10 μm) - d'autre part, elles ont la particularité d'être chargées électro-négativement, engendrant des forces de répulsions inter-colloïdales. Ces deux points confèrent aux colloïdes une vitesse de sédimentation extrêmement faible.
- **Turbidité** : La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales : argiles, limons, grains de silice, matières organiques, etc. L'appréciation de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité. Celui-ci sera d'autant plus faible que le traitement de l'eau aura été plus efficace.

Conclusion

Le procédé d'adsorption, un phénomène de surface, est l'une des méthodes les plus largement utilisées pour l'élimination des polluants. Simple, peu coûteux (par rapport à d'autres procédés de séparation), et sans formation de boue, ce procédé fournit une alternative intéressante pour le traitement des eaux contaminées, en particulier si l'agent d'adsorption est bon marché. Dans la partie expérimentale, on s'intéresse à l'élimination des polluants organiques par adsorption sur des déchets solides qui sont les boues de la step de Touggourt après carbonisation.

Introduction :

Touggourt est la plus grande ville de la vallée d'Oued Righ qui est une entité géographique située sur un axe Nord sud (Biskra-Ouargla) .Cette grande ville renferme quatre communes qui sont comme suit : la commune de Touggourt, la commune de Tebesbest et la commune de Nezla, la commune de Zaouïa Sidi l'Abed .Ces dernières constituent la daïra de Touggourt que distant de 160Km de la ville d'Ouargla chef lieu de la wilaya .

III.1. Présentation de la station d'épuration :

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. L'étude a été ébeborée par le B.N.E.H (Bureau National Des Études Hydrauliques) et par S.E.E de Belgique (Société D'épuration Des Eaux) 1982.[12]

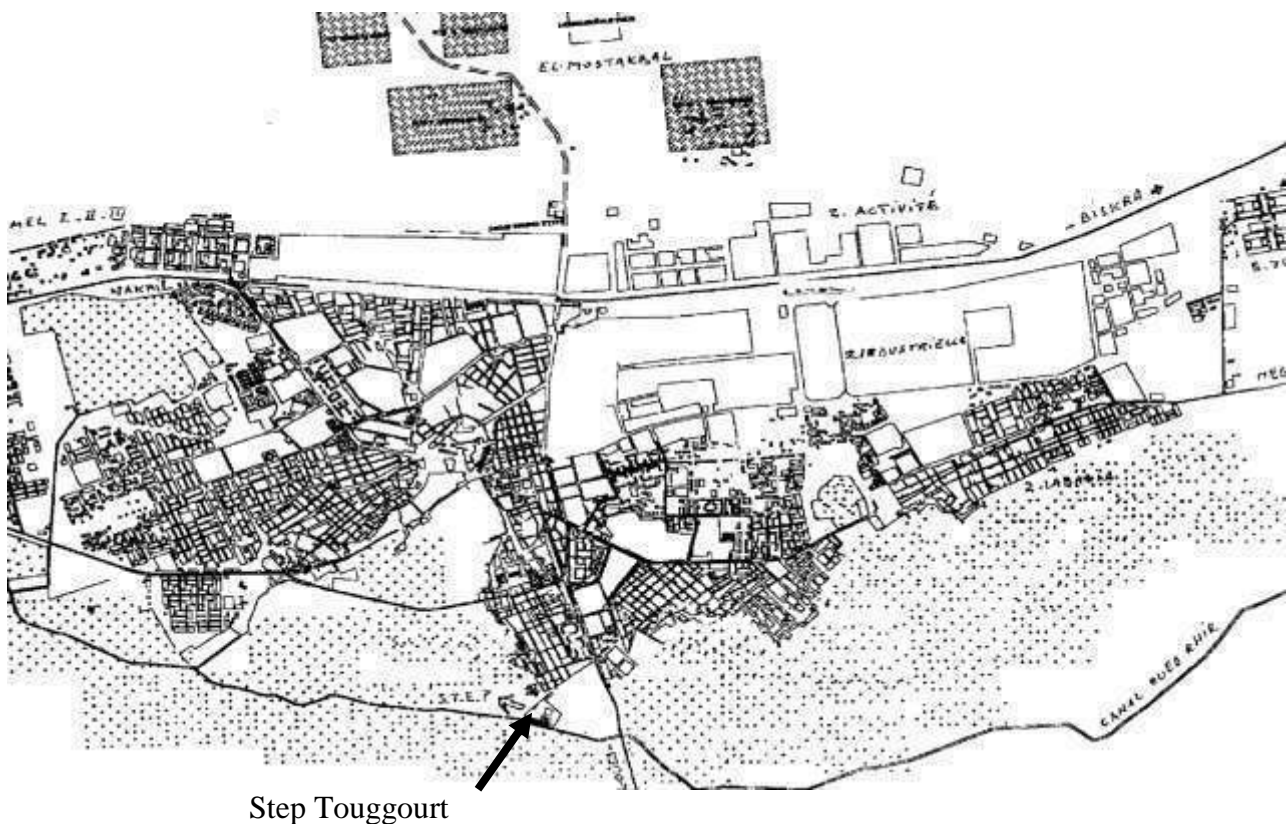


Figure III. 1. Carte de la station d'épuration de Touggourt

III.2. Qualité des eaux usées brutes.

La station d'épuration de Touggourt traite les eaux usées de la ville de Touggourt ; ces eaux proviennent de diverses origines: Ce sont bien les eaux usées industrielles que domestiques qui sont acheminées à la station dans une conduite principale des eaux usées.

DONNEES FONDAMENTALES:

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

1- Principe de traitement :

Les eaux brutes arrivant à la station par refoulement subissent les différents traitements conventionnels d'un effluent urbain (Figure III.2).



Figure III. 2: Chaîne de traitement des eaux usées.

Les étapes par les quelles passants les eaux usées dans la station sont les suivantes :

2- Traitement primaire :

La filière d'épuration des eaux usées utilisée dans la station est la suivante:

- Dégrillage grossier par grilles avec râteau Manuel.
- Dessablage et dégraissage par le biais de canaux des sableurs aérés, avec écumage.
- Traitement biologique dans des réservoirs aérés à boues activées.
- Décantation dans des décanteurs secondaires, circulaires à racleur.
- Dégrillage moyen par grilles avec râteau Manuel dans le canal des boues activées de retours.

Désinfection au chlore (de la proportion du débit destiné à l'irrigation) cependant cette phase n'est pas encore réalisée.

- Les boues excédentaires provenant du procédé d'épuration subissent le Traitement suivant:
- Épaississement dans des épaisseurs à grille racleuse.
- Séchage par évaporation naturelle dans des lits de séchage des boues.

- **Le dégrillage :**

Il s'agit de séparer des eaux brutes, les matières les plus volumineuses, en faisant passer l'effluent d'entrée à travers des barreaux dont l'espacement est déterminé en fonction de la nature de l'effluent. Largeur du canal : 800 mm.

Hauteur d'eau : 400 mm et Surface mouillée : 0.32 m^2 et espace entre barreaux : 20 mm.

Épaisseur des barreaux : 40 mm et angle d'inclinaison : 60°

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



Figure III. 3: vue du Dégrillage

- **Dessablage -désuilage:**

L'eau dévrillée passe dans le des sableur-désuileurs aéré. L'aération du des sableur-désuileur est assurée par 02 sur presseurs 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.

Longueur: 15 m et largeur du des sableurs: 2 m. et largeur du désuileur: 1.10 m

Hauteur d'eau maximum: 2.65 m et dispositif d'aération (Suppresseur): 02 Débit: 70 m³/h et puissance: 3 kW et 14 cannes d'injection d'air. Dispositif d'évacuation automatique: et débit de pompe a sable: 5 m³/h et puissance: 0.6 kW submersible .Racleur et: longueur: 2500 mm .Largeur: 900 mm et vitesse de translation: * aller: 2 cm/sec² . * retour: 4 cm/sec .



Figure III. 4: vue Dessablage

- **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 et capacité de traitement en DBO5: 3.375 kg/j. Volume utile du 02 bassin : 7.200 m³ et longueur: 40 m. Largeur: 20 m et profondeur d'eau: 4.5 m. Temps de passage moyen: 18.5 h et charge massique moyenne: 0.078 kgDBO5/kg. M.S.J.Charge volumique moyenne: 0.47 kgDBO5/kg. M.S.J et apport oxygène : 80 kg O₂/h. Vitesse entrée/sortie: 1450/tour/min et concentration: 6 mg/l.



Figure III. 5: vue Le bassin d'aération

- **décanteur secondaire**

L'eau décantée est évacuée par des lames déversantes crantées disposées réglementé sur le pourtour du bassin de décantation. L'eau se déverse dans une goutte circulaire qui débouche dans un puisard au bassin de chloration.

Hauteur périphérique: 2.60 m

Diam ext: 24 m. Surface unitaire: 452 m². Volume cylindrique : 1.175 m³. Temps de passage moyen: 3.5 h



Figure III .6: vue décanteur secondaire

- **Bassin de chloration et d'Archimède:**

La 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 Rhir.

Longueur: 15.7 m et largeur: 6 m .Profondeur utile: 2.96 m et profondeur totale: 3.20 m

Volume utile: 278.8 m³ et temps de séjour pour le débit de pointe: 27 min.

Les boues proviennent des fonds des deux décanteurs. Elles sont raclées et collectées dans la fosse centrale à partir de laquelle, elles sont transférées gravitairement vers une bache 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 et hauteur de relevage : 1.05 m .Angle: 30 et diam. Vis : 0.85 m. Diam. Poutre: 0.455 et hauteur de remplissage : 0.565 m. Longueur vis : 3.23 m et vitesse d'entrée/sortie : 1500/50 T/min. Rendement de réducteur : 97 % et rendement accouplement : 98 %



Figure III. 7: vue Bassin de chloration et d'Archimède

- **L'épaississeur (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 pelles tables.

Débit de pompe : 20 m³/h et Hauteur cylindrique : 4.3m. 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



Figure III. 8: vue L'épaississeur

- **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 et largeur: 8 m. Surface unitaire : 200 m² et nombre de lits: 16

Hauteur de remplissage: 0.4 m et volume total annuel vers le lit de séchage: 18.250 m³/an.



Figure III.9: vue Les lits de séchage.

III.3.Possibilité de la valorisation agricole des boues

Le travail réalisé par IDDER A [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.

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
Carbone(%)	14,42
Azote(%)	1,55
Carbone et l'azote(%)	9,30
Potassium (%)	0,52
K (%)	0,20
Magnèsium (ppm)	0,32
Fer (ppm)	2,16
Zinc (ppm)	0,25
Cadmium (ppm)	0,31
Cuivre (ppm)	0,46
Plomb (ppm)	0,69
Manganèse (ppm)	150 ,00
Sodium (ppm)	720 ,00
Chlorures (ppm)	955 ,00
Calcium (ppm)	

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 (2018).

Paramètres	Résultats	Norme (OMS)	Unité
CHROME	22	300	mg /Kg
NICKEL	20	200	mg/Kg
CUIVRE	91	1000	mg/Kg
CADMIUM	1	10	mg/Kg
PLOMB	89	800	mg/Kg
ZINC	635	3000	mg/Kg

Conclusion

Malgré la qualité des boues et les composants importants nécessaires au sol, la station d'épuration des eaux usées fait l'objet de contrats, mais il n'y a pas de législation et de lois qui utilisent des boues de manière 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 bleu de méthylène et des eaux huileuses sont présentés.

IV.1. Préparation 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 2019.



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

Avant utilisation, la boue préalablement puisée dans les lits de séchage désinfectés a été broyée et tamisée pour obtenir une granulométrie comprise entre 0,5 et 2 mm. Ensuite, elle a subi de la carbonisation à différentes conditions :

Tableau IV.1 : Conditions de la carbonisation

	Température (° C)	Temps (h)	Poids (g)	Le poids après la carbonisation(g)
Échantillon 1	400	4	100	52.79
Échantillon 2	400	8	100	42.33
Échantillon 3	800	4	100	40.38
Échantillon 4	800	8	100	39.71

Ont été effectués sur des échantillons de boue afin d'éliminer toute odeur émise. La carbonisation a été faite dans un four à moufle du laboratoire de centre de recherche Touggourt(CRSTRA).

**Figure IV.2** : Four à moufle

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

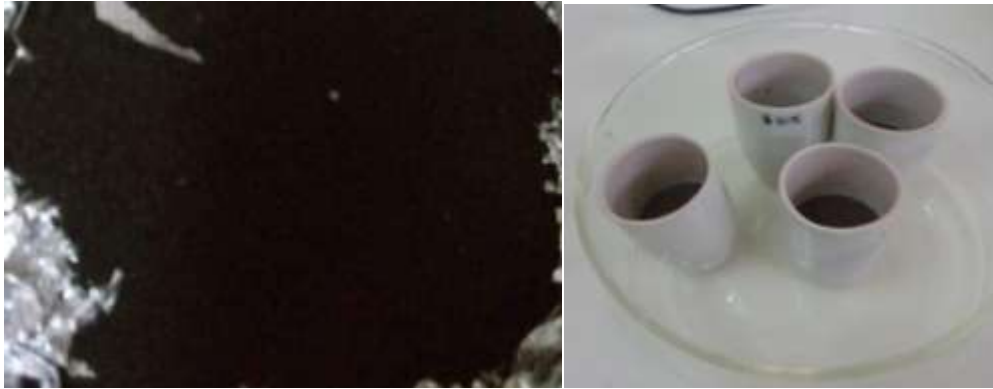


Figure IV.3 : La boue après carbonisation.

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

IV.2.Élimination du bleu de méthylène

IV.2.1 Préparation des solutions de bleu de méthylène

Le bleu de méthylène est produit dans la solution en introduisant une quantité de bleu de méthylène poudre dans de l'eau distillée.



Figure IV.4 : Solution mère de bleu de m 5 mg/L

IV.2.2 L'adsorption en Batch

Pour éliminer le bleu de méthylène présent dans la solution à traiter, l'expérience consiste à mettre en contact la boue préparée avec la solution aqueuse qui contient le polluant. A l'aide d'un agitateur magnétique, la solution caractérisée par la suspension du solide, est parfaitement agitée dans un bécher de 500 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.

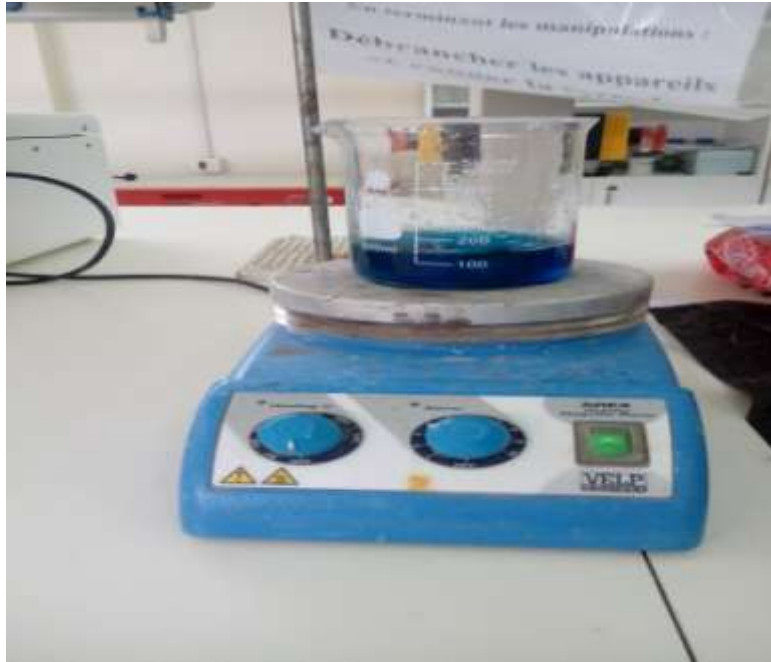


Figure IV.5: Montage opératoire.

IV.2.3 Etude de l'adsorption en fonction du temps

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

Conditions opératoires : $V = 100 \text{ ml}$, $m = 1 \text{ g}$, $T = 20^\circ\text{C}$, 5 mg/L pour le Bleu de méthylène.

Tableau IV.2 : Prélèvements effectués

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

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

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

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

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

Rdt % : rendement d'élimination.

IV.2.4 Méthode d'analyse

Concernant le bleu de méthylène, l'analyse des échantillons a été faite par spectrophotomètre UV-Visible au niveau de centre de recherche Touggourt (CRSTRA).



Figure VI.6 : Spectrophotomètre

La courbe d'étalonnage utilisée pour la détermination des concentrations de Bleu de Méthylène dans les solutions et tracée à la longueur d'onde 660 nm.

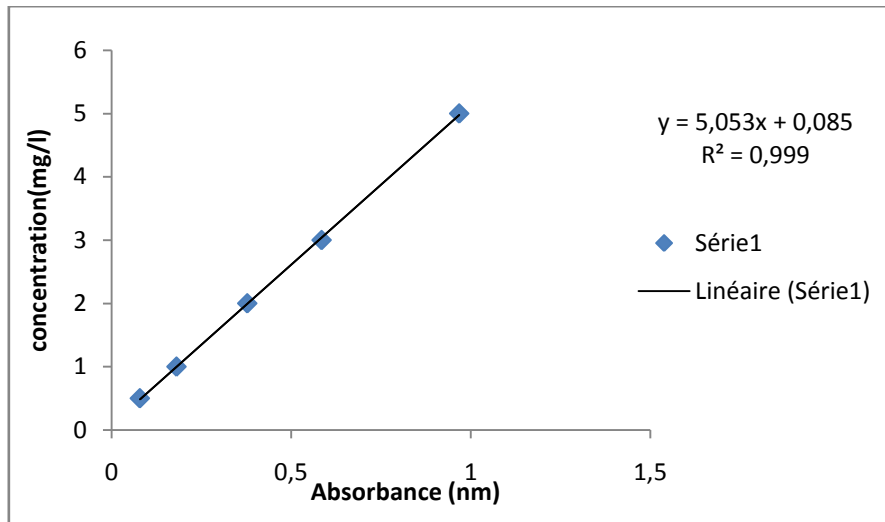


Figure IV.7 : Courbe d'étalonnage de bleu de méthylène

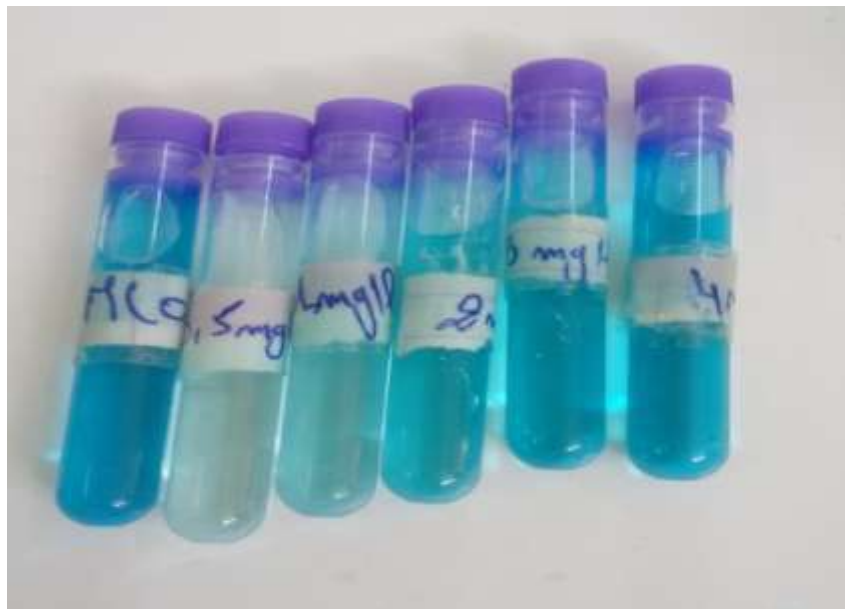


Figure IV.8 : étalonnage de bleu de méthylène

IV.3 Test sur le traitement des eaux huileuses.

IV.3.1 Échantillon de l'eau huileuse

L'échantillon d'eau huileuse à traiter dans cette partie représente les eaux usées prélevées à l'entrée de la station de déshuilage de Haoud Berkaoui. Il présente les caractéristiques suivantes :

Tableau IV.3 : Caractéristiques de l'échantillon prélevé

DCO (mg/L O ₂)	MES (g/L)	Turbidité (NTU)	pH
7100	353	277	6.64

IV.3.2 L'adsorption en Batch

Le même montage expérimental que le bleu de méthylène est utilisé dans le traitement des eaux huileuses.

**Figure IV.9:** Montage opératoire.

IV.3.3 Expériences de l'adsorption

Pour les quatre échantillons de la boue, une masse de 1g est introduite dans un bécher de 600 ml contenant 500 ml de l'eau huileuse. Après une heure de contact, le prélèvement est effectué afin de quantifier la quantité de l'huile restante après adsorption.

Conditions opératoires : V = 500 ml, m = 0.5g, T = 20°C, vitesse d'agitation (300tr/min),
prélèvement : 60 min

IV.3.4 Méthodes d'analyses

Les analyses ci-après sont effectuées au niveau de laboratoire de corrosion de la division exploitation, Haoud Berkaoui, Sonatrach.

Tableau IV.4 : méthodes et appareil d'analyse

Analyse	DCO (mg/L O ₂)	MES (g/L)	Turbidité (NTU)	conductivité
Méthode/appareil	DCO-mètre de type :	Méthode pondérale	Turbidimètre de type :	Conductimètre de type :

IV.4 Résultats et discussion

IV.4.1 Expériences de bleu de méthylène

D'après le

tableau (IV.5), (IV.6) et les figures (IV.11), (IV.12), on observe que la quantité de bleu méthylène se réduit de façon très rapide. Le maximum de l'adsorption pour les quatre échantillons de la boue est obtenu pour un temps de contact de 5 min pour des rendements de (90-97%).

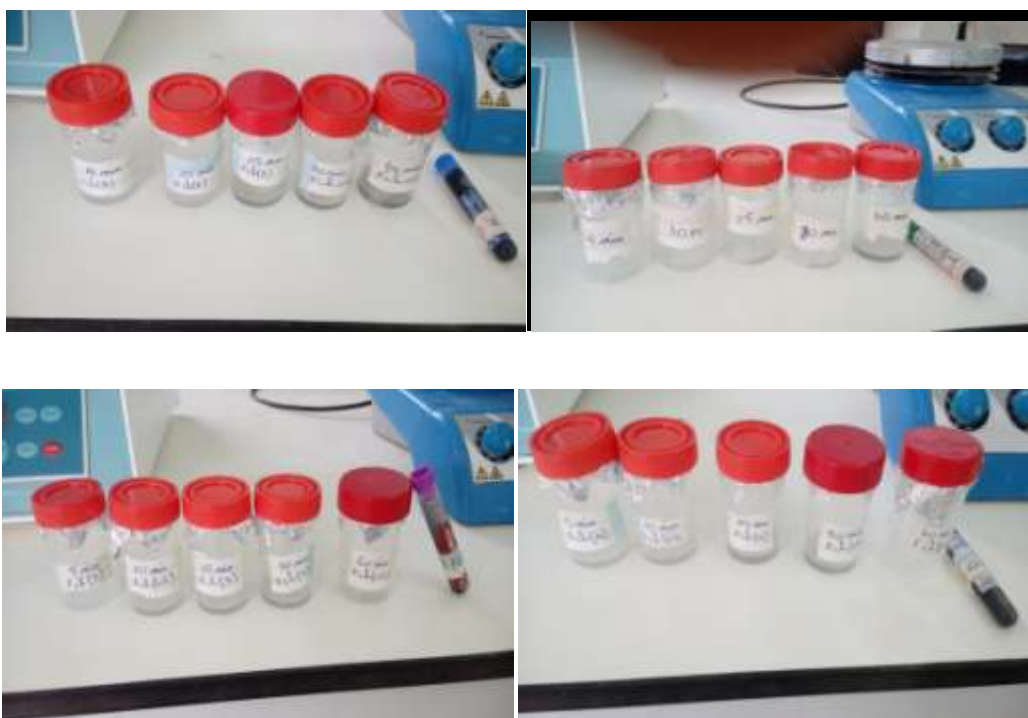


Figure IV.10 : les échantillons après le traitement

Tableau IV.5 : concentration de bleu de méthylène en fonction du temps

Concentration (mg/l)	Temps de contact (min)					
	0	5	10	15	30	60
Échantillon 1	5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,20
Échantillon 2	5	0,2	0,2	0,2	0,2	0,25
Échantillon 3	5	0,2	0,4	0,4	0,4	0,5
Échantillon 4	5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,15

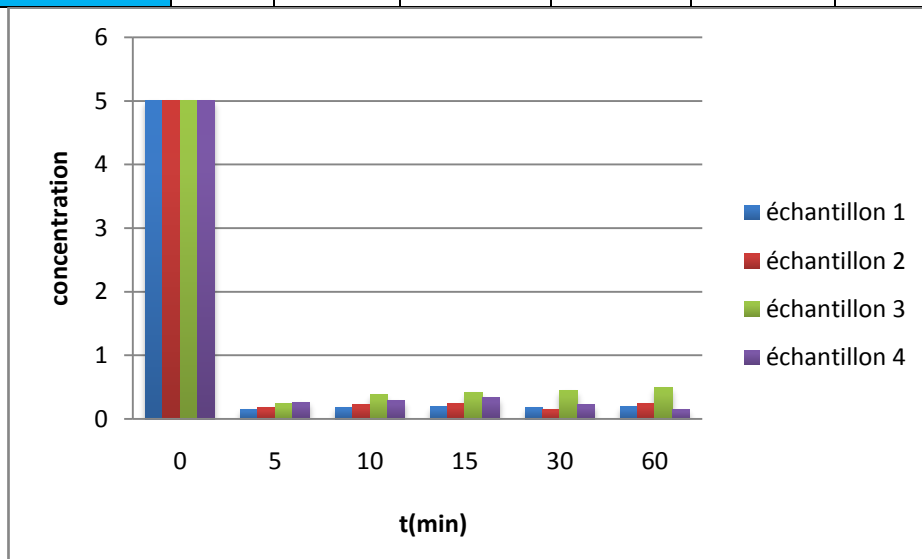


Figure IV.11 : Histogramme de concentration en fonction du temps

Tableau6 : le rendement en fonction du temps

	Temps (min)					
	0	5	10	15	30	60
Échantillon 1	0	97	96	96	96	96
Échantillon 2	0	96	95	95	97	95
Échantillon 3	0	95	92	92	91	90
Échantillon4	0	95	94	93	95	97

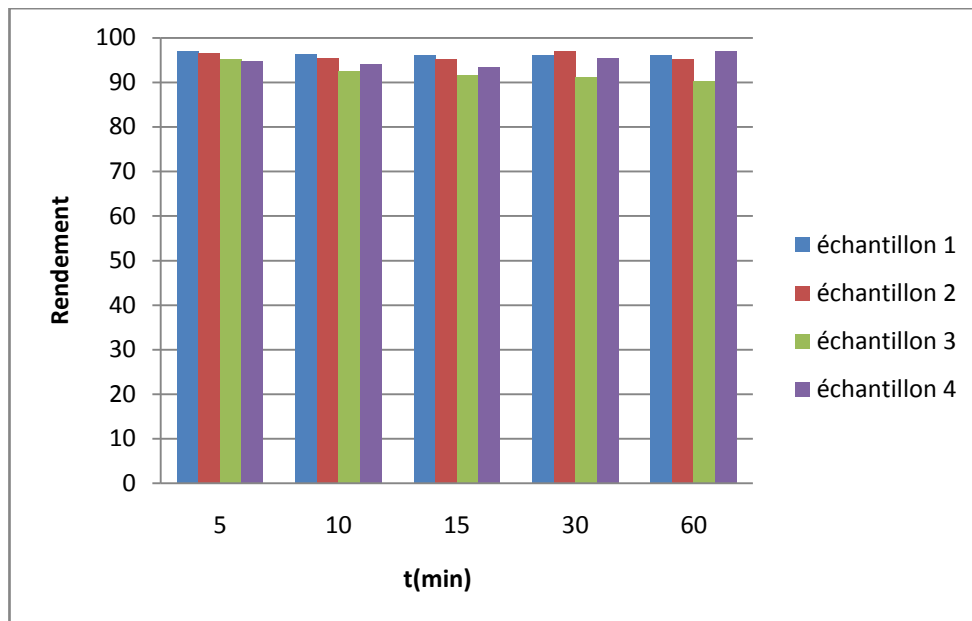


Figure IV.12 : Histogramme de rendement la fonction du temps

Ces résultats sont presque les mêmes obtenus dans un travail précédent de Lakhehal Nadia [13] où elle a trouvé un rendement d'élimination de bleu de méthylène 93-98% avec une cinétique très rapide aussi 5-15 min de contact. D'après ce travail aussi, la surface de contact de la boue préparée a été très grande ce qui la rend un bon adsorbant pour éliminer les polluants organiques. Pour cela, on a testé nos échantillons dans l'élimination des huiles.

IV.4.2 Expériences des eaux huileuses

a) La couleur

D'après les figures (IV.13), (IV.14), on observe presque une dispersion totale de la couleur d'échantillon d'eau brute, ce qui nous encourage de parler de l'efficacité du traitement par adsorption.



Figure IV.13 : échantillon des eaux huileuses avant le traitement



Figure IV.14 : les échantillons après le traitement

b) DCO, Turbidité, MES, Conductivité

Tableau IV.7 : Caractéristiques des échantillons après le traitement

Échantillon	01	02	03	04
MES	6	12	15	18
Turbidité	14	0	20	0
conductivité	2170	2290	2310	2290
DCO	1000	5100	1400	2000

Tableau IV.8 : rendement des échantillons

Échantillon	1	2	3	4
MES	98	97	96	95
Turbidité	95	100	93	100
conductivité	4	-1	-2	-1
DCO	86	28	80	72

La lecture dans les résultats des tableaux (IV.7), (IV.8) indique que :

- La turbidité est très faible voire nulle entre (0, 20)
- La quantité de DCO a diminué considérablement ce qui exprime un abattement important dans la quantité de la matière organique qui sont dans notre cas «les hydrocarbures ».
- Les MES sont très faible dans l'eau traitée ce qui montre que le charbon accélère la chute des matières en suspensions présentes préalablement dans l'eau brute.
- La conductivité augmente après traitement par adsorption ce qui montre que le phénomène mis en jeu est un échange entre la surface du charbon et l'eau où la surface libère des constituants qui augmente la quantité des sels et donc la conductivité de l'eau et fixe au même temps les huiles présente dans l'eau.
- En plaçant une réservation sur la valeur de la DCO d'échantillon N°2 de la boue, on remarque que l'augmentation dans la température et le temps de la carbonisation décroît le rendement et l'efficacité des boues préparées. Ca peut être expliqué par le

fait qu'au-delà de 400°C, le traitement thermique peut déformer la structure du charbon et diminuer par conséquent son efficacité.

Conclusion

Les résultats expérimentaux montrent que le traitement des eaux huileuses par adsorption sur la boue carbonisée élimine le maximum de la pollution et les conditions optimale de la carbonisation sont les plus basses : 400°C et 4h.

Conclusion générale

L'objectif de ce travail est l'étude de la valorisation de la boue de la station d'épuration de Touggourt pour préparer le charbon et de tester leur efficacité dans l'élimination des polluants organiques.

La boue sèche de la station d'épuration a subi des différents traitements de carbonisation (400°C (4h), 400°C (8), 800°C (4h) 800°C (8h)).

Les résultats obtenus à l'issue de ces expériences ont montré que, le temps de contact est de 5 minutes et correspond à une élimination quasi totale de ce colorant sur les quatre échantillons préparés dans les différentes conditions. 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 ces adsorbants.

L'efficacité d'élimination des huiles par l'adsorption sur les quatre charbons préparés a été éprouvée par les points suivants: DCO, MES, Turbidité, Conductivité.

Le temps de contact de 60 min a été suffisant pour les quatre échantillons de la boue pour obtenir des rendements d'élimination de la pollution de 80 à 100%.

Les conditions optimales de la carbonisation sont les plus basses : 400°C et 4h.

En conclusion, nous pouvons dire que cette étude que la boue de la station de Touggourt peut être un bon adsorbant pour l'élimination de la matière organique présente dans les eaux usées.

Références bibliographiques:

- [1] **Jean-Marc BERLAND**, Traitement des boues d'épuration, Techniques de l'Ingénieur, 2014.
- [2] **Favreau G.**, Traitement et valorisation des boues de station d'épuration, 2011, p 15
- [3] **AFNOR**, *La Filière des Boues*, 1999
- [4] **Jean-Marc BERLAND**, Traitement des boues d'épuration, C 5 221v2, Techniques de l'Ingénieur, 2014
- [5] **BOUCHELKIA. N.** Etude de l'élimination du Plomb, du Zinc et du cadmium par adsorption sur un charbon actif préparé à base des noyaux de jujube. 2015.p(17-18-19)
- [6] **BOUZIANE.N.** ELIMINATION DU 2-MERCAPTOBENZOTHIAZOLE PAR VOIE PHOTOCHEMIQUE ET PAR ADSORPTION SUR LA BENTONITE ET LE CHARBON ACTIF EN POUDRE 2007.P(3.4)
- [7] **MAZOUZ.M.** ELUATION DU POUVOIR D'ADSORPTION D'UN CHARBON ACTIF COMMERCIAL
- [8] **LADJAL.N.** ELABORATION, CRACTERISATION DE CHARBON ACTIFS FONCTIONNALISES ET ETUDE DE LEURS PROPRIETES EN ADSORPTION DE COMPOSES ORGANIQUES 2013P(9-13-14)
- [9] **SIDO.M.** SYNTHESE ET ETUDE DES CHARBONS ACTIFS POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USEES D'UNE TANNERIE 2009 P(5-6-7)
- [10] **BOUNACEUR. A.** ADSORPTION DU FER, NICKEL ET COBALT PAR LA MARNE ARGILEUSE EN SOLUTION AQUEUSE 2015.
- [11] **D. Philippe**, « Renaturation des berges de cours d'eau et phytoremédiation », Edition les presses agronomiques de Gembloux 2013.
- [12] **Lian-Ming SUN**, Francis MEUNIER, Gino BARON, Adsorption - Procédés et applications – Généralités, Techniques de L'ingénieur, Référence J2731 | Date de publication. 2005.

[13] LAKEHAL.N Contribution à la valorisation des boues d'épuration dans le traitement des eaux contaminées par le bleu méthylène (cas de la step de Touggourt.2017

Résumé

L'épuration des eaux usées génère plusieurs sous-produits constitués principalement par les boues. A cet effet, notre travail est la valorisation de cette boue dans la production de charbon actif et étudier son comportement vis-à-vis des eaux contaminées par des polluants organiques. Pour cela on s'est intéressé à l'adsorption sur la Boue de Touggourt de bleu de méthylène comme un modèle type qui représente les polluants organiques de grande taille.

Les résultats de l'interaction de la boue avec le Bleu de Méthylène montrent que la cinétique d'adsorption est très rapide avec un rendement de 97 %. Les expériences d'adsorption effectuées montrent que la boue carbonisée est un charbon très intéressant pour la décontamination des eaux usées.

Abstract

Les mots clés : boue, adsorption, Blue de méthylène, charbon, eaux huileuses.

Sewage treatment generates several by-products consisting mainly of sludge. To this end, our works the valuation of this sludge in the production of activated carbon and study its behavior vis-à-vis the water contaminated by organic pollutants. For this purpose, the adsorption of methylene blue on the Touggourt Mud was considered as a standard model representing large organic pollutants.

The results of the mud interaction with Methylene Blue show that the adsorption kinetics are very fast with a yield of 97%. The adsorption experiments carried out show that the carbonized sludge is a very interesting coal for decontamination waste water.

Key Word: sludge, adsorption, methylene blue, coal, oily water.

ملخص

معالجة مياه الصرف الصحي تولد العديد من المنتجات الثانوية تتكون أساسا من الحمأة. تحقيقا لهذه الغاية يتمثل عملنا في تقييم هذه الحمأة في إنتاج الفحم المنشط ودراسة سلوكه تجاه المياه الملوثة بالملوثات العضوية. لهذا الغرض، تم اعتبار امتصاص أزرق الميثيلين على حمأة تقرت نموذجا قياسيا يمثل الملوثات العضوية الكبيرة.

تظهر نتائج تفاعل الحمأة مع أزرق الميثيل أن حركيات الامتزاز سريعة للغاية مع عائد قدره 97 %، وتظهر تجارب الامتزاز التي أجريت أن الحمأة المكربنة هي فحم مهم للغاية لإزالة التلوث من مياه الصرف الصحي

الكلمات المفتاحية: مياه الصرف، الحمأة، الامتزاز، الميثيلين الأزرق، الفحم.