

N° d'ordre :

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

-----  
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE CHIMIE



DOMAINE : SCIENCES DE LA MATIERE  
FILIERE : CHIMIE

## MEMOIRE DE MASTER

SPECIALITE : CHIMIE DE L'ENVIRONNEMENT

### *THEME*

**Valorisation des déchets issus des traitements de lixiviat  
de décharge**

*Présenté par :*      **BETTOUM**      **FERROUDJA**  
                                 **BOUANEM**      **KATHIA**

*Soutenu publiquement, le 06/07/2017, devant le Jury composé de :*

<b>MAZARI</b>	<b>Tassadit</b>	<b>MCA</b>	<b>UMMTO</b>	<b>PRESIDENTE</b>
<b>ALI</b>	<b>Oumessaad</b>	<b>MCB</b>	<b>UMMTO</b>	<b>ENCADREUR</b>
<b>CHEIKH</b>	<b>Assira</b>	<b>MCB</b>	<b>UMMTO</b>	<b>EXAMINATRICE</b>
<b>FERRAG</b>	<b>Fatiha</b>	<b>MCB</b>	<b>UMMTO</b>	<b>EXAMINATRICE</b>

**2016 - 2017**

# *Remerciements*

*Nous voudrions premièrement adresser notre respect et reconnaissance à notre promotrice M<sup>lle</sup> ALI OUMESSAAD sans qui ce travail n'aurait vu le jour, sa patience et sa générosité nous ont permis d'avancer avec confiance, nous l'a remercions pour ces orientations et sa présence. Son soutien nous a été précieux.*

*En second lieu, on tient à remercier M<sup>lle</sup> CHEIKH ASSIRA pour son aide inestimable qu'elle nous a apporté tout au long de notre parcours en chimie de l'environnement.*

*Notre reconnaissance à Mme MAZARI TASSADIT d'avoir accepté de présider le jury de notre soutenance et pour tout le savoir qu'elle nous a transmis.*

*On remercie Mme FERAG FATIHA d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nos sincères remerciements vont à l'ingénieur du laboratoire de chimie de l'environnement qui nous a permis de travailler dans de bonnes conditions.*

*Nous remercions le CET de CORSO de nous avoir donné la chance de travailler sur leur lixiviat.*

*Nous tenons à remercier tous nos camarades et spécialement ceux présents au sein du laboratoire pour l'entente, l'ambiance et l'aide qu'ils nous ont apporté, ce fut de bonnes découvertes.*

# *Dédicace*

*Nous dédions ce travail en 1<sup>er</sup> lieu à nos parents qui nous ont soutenus  
durant tout notre parcours scolaire*

*A nos frères et sœurs*

*A tous les membres de nos familles et à nos amis sans exception*

# Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

**Introduction générale..... 1**

## **Chapitre I : Recherche bibliographique**

**I.1. Définition des déchets..... 3**

**I.2. Les différentes classes de décharges..... 3**

**I.3. Définition du lixiviat ..... 3**

**I.4. Composition chimique du lixiviat ..... 4**

**I.5. Différents types de lixiviat..... 4**

I.5.1. Lixiviats jeunes ..... 4

I.5.2. Lixiviats intermédiaires ..... 4

I.5.3. Lixiviats stabilisés..... 4

**I.6. Impacte du lixiviat d'un CET sur l'Homme et l'environnement..... 5**

I.6.1. Les lixiviats une menace pour le sol et les ressources en eau ..... 5

I.6.2. Les lixiviats une menace sur la qualité de l'air..... 5

**I.7. Quelques procédés physico-chimiques de traitement du lixiviat ..... 5**

I.7.1. Adsorption par charbon actif ..... 6

I.7.2. Coagulation-floculation ..... 7

I.7.2.1. Les paramètres influençant la coagulation-floculation..... 11

I.7.2.1.1. Le pH..... 11

I.7.2.1.2. Les sels dissouts ..... 11

I.7.2.1.3. La température de l'eau ..... 12

I.7.2.1.4. Influence des caractéristiques physico-chimique du coagulant.....	12
I.7.2.1.5. Influence de la nature du coagulant .....	12
I.7.2.1.6. Influence de la dose du coagulant.....	12
<b>Conclusion.....</b>	<b>12</b>

## **Chapitre II : matériels et méthodes**

<b>II.1. Echantillonnag.....</b>	<b>13</b>
<b>II.2. Caractérisation du lixiviat.....</b>	<b>14</b>
<b>II.3. Traitement physico-chimique (coagulation-floculation) .....</b>	<b>14</b>
II.3.1. Matériels utilisés.....	14
II.3.2. Les réactifs utilisés .....	15
II.3.3. Mode opératoire.....	15
II.3.3.1. Détermination du pH optimal.....	15
II.3.3.2. Détermination de la dose optimale du coagulant .....	16
II.3.3.3. Détermination de la dose optimale du flocculant.....	16
II.3.3.4. Détermination de la dose optimale du flocculant (sans l’ajout du coagulant) .....	16
II.3.3.5. Détermination de la vitesse d’agitation .....	16
II.3.3.6. Détermination du temps de décantation .....	17
II.3.3.7. Traitement de finition .....	17
II.3.3.8. Valorisation des boues.....	17
<b>II.4. Test d’adsorption.....</b>	<b>18</b>

## **Chapitre III : Résultats et interprétations**

<b>III.1. Caractérisation du lixiviat du CET de CORSO .....</b>	<b>19</b>
<b>III.2. Discussion des paramètres .....</b>	<b>20</b>
<b>III.3. Essais de traitement par coagulation-floculation .....</b>	<b>21</b>

III.3.1. Optimisation du pH .....	21
III.3.2. Optimisation de la dose du coagulant FeCl <sub>3</sub> .....	22
III.3.3. Optimisation de la dose optimale des flocculants utilisés .....	23
III.3.3.1. Les flocculants naturels organiques .....	23
III.3.3.1.1. Alginate de sodium.....	23
III.3.3.1.2. Pectine préparée à froid.....	24
III.3.3.1.3. Pectine préparée à chaud .....	25
III.3.3.1.4. Carraghénane.....	26
III.3.3.2. Influence de la vitesse d'agitation sur l'abattement de la DCO .....	29
III.3.3.3. Influence du temps de décantation sur l'abattement de la DCO.....	30
III.3.3.4. Les flocculants naturels minéraux .....	30
III.3.3.4.1. Le charbon actif.....	30
III.3.3.4.2. La bentonite.....	31
III.3.3.4.3. Le sable.....	32
III.3.3.5. Le flocculant chimique (utilisé à la SEEAL).....	34
<b>III.4. Valorisation des déchets générés.....</b>	<b>36</b>
<b>III.5. Cinétique d'adsorption.....</b>	<b>36</b>
<b>Conclusion générale .....</b>	<b>39</b>

## Liste des figures

<b>Figure I.1:</b> Mécanisme d'adsorption sur charbon actif.....	<b>6</b>
<b>Figure I.2 :</b> La floculation .....	<b>8</b>
<b>Figure I.3:</b> Polyacrylamide.....	<b>8</b>
<b>Figure I.4:</b> Structure de la pectine.....	<b>9</b>
<b>Figure I.5:</b> Structure de l'alginate de sodium .....	<b>9</b>
<b>Figure I.6:</b> Structure du carraghénane.....	<b>10</b>
<b>Figure I .7 :</b> Le charbon actif en poudre .....	<b>10</b>
<b>Figure I.8:</b> La bentonite.....	<b>11</b>
<b>Figure II.1 :</b> Point de prélèvement de notre échantillon dans le bassin de lixiviat de CET de CORSO.....	<b>13</b>
<b>Figure II.2:</b> JAR TEST.....	<b>14</b>
<b>Figure II.3 :</b> Colonnes à charbon actif .....	<b>17</b>
<b>Figure II.4 :</b> Installation d'activation des boues .....	<b>18</b>
<b>Figure III.1 :</b> Variation de la DCO et de la masse de boues en fonction du pH	<b>21</b>
<b>Figure III.2 :</b> Abattement de la DCO en fonction de la variation du pH.....	<b>21</b>
<b>Figure III.3 :</b> Variation de la DCO et de la masse des boues en fonction des doses du coagulant.....	<b>22</b>
<b>Figure III.4 :</b> Abattement de la DCO en fonction de la variation de la dose du coagulant.....	<b>22</b>
<b>Figure III.5 :</b> Variation de la DCO et de la masse de boues en fonction des différentes doses d'alginate.....	<b>23</b>
<b>Figure III.6 :</b> Abattement de la DCO en fonction de la variation des doses d'alginate.....	<b>23</b>
<b>Figure III.7 :</b> Surnageant après décantation .....	<b>24</b>
<b>Figure III.8 :</b> Surnageant après filtre à charbon .....	<b>24</b>

<b>Figure III.9 :</b> Variation de la DCO et de la masse des boues en fonction des doses de la pectine à froid.....	<b>24</b>
<b>Figure III.10 :</b> Abattement de la DCO en fonction des doses de la pectine à froid.....	<b>25</b>
<b>Figure III.11 :</b> Variation de la DCO et la masse des boues en fonction des doses de la Pectine à chaud. ....	<b>25</b>
<b>Figure III.12 :</b> Abattement de la DCO en fonction des doses de la pectine à chaud. ....	<b>26</b>
<b>Figure III.13 :</b> Surnageant après décantation.....	<b>26</b>
<b>Figure III.14 :</b> Surnageant après filtre charbon .....	<b>26</b>
<b>Figure III.15 :</b> Variation de la DCO et la masse des boues en fonction des doses de carraghénane.....	<b>27</b>
<b>Figure III.16 :</b> Abattement de la DCO en fonction des doses de carraghénane..	<b>27</b>
<b>Figure III.17 :</b> Surnageant après décantation.....	<b>27</b>
<b>Figure III.18 :</b> Variation de la DCO en fonction des différents flocculants en présence du coagulant .....	<b>28</b>
<b>Figure III.19 :</b> Variation de la DCO en fonction des doses des différents flocculants sans l’ajout du coagulant.....	<b>28</b>
<b>Figure III.20 :</b> Variation de la DCO en fonction des différentes vitesses d’agitation .....	<b>29</b>
<b>Figure III.21 :</b> Variation de la DCO en fonction des différents temps de décantation .....	<b>30</b>
<b>Figure III.22 :</b> Variation de la DCO et de la masse des boues en fonction des doses du charbon actif. ....	<b>30</b>
<b>Figure III.23 :</b> Abattement de la DCO en fonction des masses du charbon actif en poudre.....	<b>31</b>
<b>Figure III.24 :</b> Surnageant après décantation.....	<b>31</b>
<b>Figure III.25 :</b> Variation de la DCO et la masse des boues en fonction des doses de bentonite. ....	<b>31</b>
<b>Figure III.26 :</b> Abattement de la DCO en fonction des masses de bentonite. ....	<b>32</b>

<b>Figure III.27</b> : Surnageant après décantation.....	<b>32</b>
<b>Figure III.28</b> : Surnageant après filtre à charbon .....	<b>32</b>
<b>Figure III.29</b> : Variation de la DCO et la masse des boues en fonction des doses de sable .....	<b>33</b>
<b>Figure III.30</b> : Abattement de la DCO en fonction des doses de sable .....	<b>33</b>
<b>Figure III.31</b> : Surnageant après décantation.....	<b>33</b>
<b>Figure III.32</b> : Surnageant après filtre à charbon.....	<b>33</b>
<b>Figure III.33</b> : Variation de la DCO en fonction des différents flocculants .....	<b>34</b>
<b>Figure III.34</b> : Variation de la DCO et la masse des boues en fonction des doses du flocculant chimique.....	<b>35</b>
<b>Figure III.35</b> : Abattement de la DCO en fonction des doses du flocculant chimique .....	<b>35</b>
<b>Figure III.36</b> : Variation de la DCO en fonction des flocculants naturels et du flocculant chimique .....	<b>35</b>
<b>Figure III.37</b> : Cinétique du BM sur le charbon issu des boues de l'ONA en fonction du temps .....	<b>36</b>
<b>Figure III.38</b> : Cinétique d'adsorption du BM sur le charbon issu des boues de la coagulation-floculation en fonction du temps.....	<b>36</b>
<b>Figure III.39</b> : BM avant adsorption .....	<b>37</b>
<b>Figure.III.40</b> : BM après adsorption.....	<b>37</b>
<b>Figure III.41</b> : Cinétique du bleu de méthylène sur le charbon issu de l'ONA+ sciure de bois .....	<b>37</b>
<b>Figure III.42</b> : Cinétique d'adsorption du BM sur le charbon issu de la coagulation-floculation+ sciure de bois .....	<b>38</b>
<b>Figure III.43</b> : BM avant adsorption.....	<b>38</b>
<b>Figure III.44</b> : BM après adsorption.....	<b>38</b>

## **Liste des tableaux**

<b>Tableau I.1 : Les analyses à effectuer sur un lixiviat.....</b>	<b>6</b>
<b>Tableau II.1 : Caractéristique du lixiviat.....</b>	<b>14</b>
<b>Tableau III.1: Caractérisation du lixiviat.....</b>	<b>19</b>

## Abréviations

**DIB** : Déchets industriels banals.

**BTP** : Bâtiments et travaux publics.

**ISDI** : Installations de stockage des déchets inertes.

**CNIID** : Centre national d'information indépendante sur les déchets.

**CSDD** : Centre d'enfouissement de déchets dangereux.

**DMA** : Déchets ménagers et assimilés.

**CSDU** : Centre de stockage des déchets ultime.

**CET** : Centre d'enfouissement technique.

**MES** : Matière en suspension.

**AGV** : Acide gras volatil

**DCO** : Demande chimique en oxygène.

**DBO<sub>5</sub>** : Demande biologique en oxygène pendant 5 jours.

**COT**: Matière organique totale.

**CH<sub>4</sub>**: Méthane

**CO<sub>2</sub>**: Dioxyde de carbone

**N<sub>2</sub>**: Diazote

**O<sub>2</sub>** : Oxygène

**MVS** : Matière volatil en suspension

**BM** : Bleu de méthylène

**mg** : milligramme

# *Introduction générale*

## **Introduction générale**

La civilisation et le développement de la technologie ne cessent d'avancer ; l'évolution du mode de vie, l'arrivée de nouveaux besoins et la croissance démographique génèrent une énorme consommation de tout genre engendrant ainsi des quantités incommensurables de résidus divers. Jusque-là laissés à l'abondant dans des décharges incontrôlées et à ciel ouvert où tous types de déchets y sont mélangés, sans se soucier des effets néfastes que cela peut engendrer à long terme sur l'homme et sur l'environnement.

Devant cette situation critique les pouvoirs publics ont décidé de mettre en œuvre un nouveau système national permettant la gestion et l'élimination des déchets dans des conditions saines et écologiques.

Ce système consiste à mettre en place des centres d'enfouissement technique (CET) appelés aussi centres de stockage des déchets pendant un temps limité. Bien que la durée de son fonctionnement soit limitée, son impact ne demeure pas : ces ordures ménagères continuent à se transformer après leur enfouissement créant ainsi d'autres nuisances plus graves; la plus importante reste la production du biogaz issue de leur dégradation, soit en moyenne 150 à 250m<sup>3</sup> de gaz produit par une tonne de déchets décomposés. L'autre souci majeur est celui du liquide formé lors de la percolation des eaux pluviales sur les déchets appelés LIXIVIAT. Cet effluent se charge au fil du temps de matières organiques et métaux lourds ce qui fait de lui un vecteur de pollution des plus dangereux d'où la nécessité de son traitement avant son rejet dans l'écosystème.

De ce fait, notre travail consiste à élaborer un traitement efficace et adéquat pour remédier à cette problématique. Au sein du laboratoire de chimie de l'environnement de L'UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI nous avons opté pour un traitement physico-chimique (coagulation-floculation) sur un lixiviat provenant du CET de CORSO.

Les études effectuées auparavant ont été basées sur l'utilisation de flocculant synthétique à base des polyacrylamide demeurant toujours toxiques, empoisonnants et cancérigène pour l'homme.

La particularité de notre démarche est l'utilisation des flocculants naturels connus pour leurs utilisations dans l'industrie alimentaire et pharmaceutique, inerte et sans danger vis-à-vis de l'homme et de l'environnement ainsi que pour le taux élevé d'abattement que ces derniers présentent, néanmoins ce traitement engendre une quantité importante de boues, de là nous proposons de valoriser ces dernières en charbon actif qui pourra être utilisé dans le traitement des eaux usées afin d'améliorer leurs aspects.

Notre mémoire est structuré ainsi :

Le premier chapitre destiné à la recherche bibliographique comportant des généralités relatives aux déchets et leurs mises en décharge, lixiviat et les différents traitements.

Le deuxième chapitre destiné à la description des méthodes employées dès l'installation des procédés de traitement ainsi que le matériel et les réactifs utilisés.

Le troisième chapitre destiné à l'interprétation des résultats obtenus lors des traitements effectués.

Enfin ce manuscrit s'accompagne d'une conclusion synthétisant les principaux résultats obtenus à l'issue de cette étude.

# Chapitre I: Recherche bibliographique

La protection de l'environnement se caractérise généralement par deux approches : une première qui consiste à réglementer les activités génératrices de nuisances et une seconde qui vise à traiter et à valoriser ces dernières.

### **I.1. Définition des déchets**

Dans le cadre de la législation française (loi du 15 juillet 1975) , définit le mot déchet comme « tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toutes substances, matériaux, produits ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon ».

Dans le cadre de la législation européenne (directive 75/442/CEE), le terme déchet est défini comme suit: « Toute substance ou tout objet qui relève des catégories figurant, dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire » [1].

### **I.2. Les différentes classes de décharges**

Les décharges ou centres d'enfouissement technique CET sont des unités de traitements des déchets, dans lesquelles ceux-ci sont stockés pour un temps limité. Cependant il existe trois classes de décharges selon le centre national d'information indépendante sur les déchets (CNIID) [2].

1. Les décharges de classe 1 pour les déchets dangereux
2. Les décharges de classe 2 pour les déchets dits "non dangereux"
3. Les décharges de classe 3 pour les déchets inertes

### **I.3. Définition du lixiviat**

Autrefois appelés "jus de décharge", les lixiviats résultent pour partie de la percolation des eaux météoriques à travers un massif de déchets et pour une autre partie de celle des eaux contenues dans les déchets eux-mêmes ou issue de leur biodégradation.

Les objectifs de qualité qu'ils doivent remplir pour un rejet dans le milieu naturel sont régis par l'arrêté modifié du 9 septembre 1997. Ils sont donc le fruit de multiples interactions entre l'eau et les déchets à travers laquelle ils percolent et sont issus de processus biologiques aérobies et anaérobies souvent très complexes qui s'enchaînent au sein même de la biomasse, ce qui explique leur caractère éminemment hétérogène.

La nature et la composition des déchets, les conditions dans lesquelles ils ont été enfouis, le mode d'exploitation du site ou encore les conditions climatiques auxquelles ils sont soumis ont une grande influence sur la nature et la quantité de lixiviats produits. [3]

## I.4. Composition chimique du lixiviat

La composition chimique du lixiviat de décharge diffère selon la nature de cette dernière, toutefois sa composition varie étroitement avec les facteurs énumérés ci-dessus.

Au fil du temps sous l'influence des ces divers facteurs, il a été mis en évidence quatre types de polluants présent dans le lixiviat :

- La Matière organique dissoute ou MES,
- Les Micropolluants organiques,
- Les Composés minéraux sous forme ionique,
- Les Métaux lourds.

## I.5. Différents types de lixiviat

Suivant le stade d'évolution biologique des déchets, trois types de lixiviats ont été distingués :

### I.5.1. Lixiviats jeunes

- Une charge organique élevée (DCO > 2000 mg d'O<sub>2</sub>/L).
- Une biodégradabilité moyenne (DBO<sub>5</sub> /DCO > 0,3).
- Un pH de l'ordre de 6,5.
- Une concentration en acide carboxylique importante qui présente plus de 80% de la charge organique.
- Une teneur en métaux élevée (jusqu'à 2g/L).
- Un rapport COT/DCO voisin de 0.3. [4]

### I.5.2. Lixiviats intermédiaires

Au cours du temps la composition des pércolats évolue de celle de type lixiviats jeunes vers celle de lixiviats stabilisés. Ils présentent notamment :

- Une charge organique avec une DCO comprise entre 3000 et 15000 mg d'O<sub>2</sub>/L.
- Une biodégradabilité assez faible (DBO<sub>5</sub> /DCO voisin de 0,2).
- Une concentration en acides carboxyliques représentant 20 à 30% de la charge organique.
- Un pH voisin de la neutralité. [4]

### I.5.3. Lixiviats stabilisés

- Une charge organique assez faible (DCO < 2000 mg d'O<sub>2</sub>/L).
- Une biodégradabilité très faible (DBO<sub>5</sub>/DCO < 0,1).
- Une absence d'acides carboxyliques.
- Une teneur en métaux faible < 50mg/L.

- Un pH légèrement supérieur à 7,5.
- Un rapport COT/DCO de l'ordre de 0,4 qui indique la présence de composés Difficilement oxydable. [4]

## **I.6. Impactes du lixiviat d'un CET sur l'homme et l'environnement**

Les pollutions engendrées par les décharges et leur impact sanitaire et environnementaux sont difficile à détecter avec certitude car ils sont diffus dans le temps et dans l'espace, néanmoins on peut déterminer certains impactes qui sont directes ou indirectes sur l'homme ou l'environnement.

### **I.6.1. Les lixiviats une menace pour le sol et les ressources en eau**

☞ Certains centres de stockage ne sont pas équipés de membranes de protection au fond des casiers, les lixiviats pénètrent donc directement dans le sol et peuvent rejoindre une nappe phréatique, polluant ainsi les sources d'eau ce qui engendre un danger pour l'homme et la flore.

☞ L'efficacité de cette membrane ne peut être qu'à court terme car il n'existe pas de matériaux synthétiques à durée de vie infinie. Aussi, même si elle est installée, la pollution est simplement déplacée dans le temps ou retardée [5].

### **I.6.2. Les lixiviats une menace sur la qualité de l'air**

La décomposition des bios déchets entassés dans des casiers produit également du biogaz, principalement composé de méthane. La loi oblige les exploitants à mettre en place des systèmes de captation de ce gaz. Cependant, ces systèmes ne sont que partiellement efficaces et une partie des gaz s'échappe dans l'atmosphère. Le biogaz capté et non utilisé est quand à lui brûlé dans des torchères, pour lesquelles la réglementation est peu exigeante, entraînant dans l'air le rejet de fumées dans lesquelles disparaissent des polluants, notamment des métaux lourds et entraînant ainsi la formation de nuage de pollution [5].

## **I.7. Quelques procédés physico-chimique de traitement du lixiviat**

Pour pouvoir traiter efficacement le lixiviat, il faut choisir un traitement adapté à ses caractéristiques. Il existe plusieurs indicateurs de la composition du lixiviat qui permettent d'évaluer son évolution. Le Tableau I.1 détaille les indicateurs physico-chimiques les plus utilisés pour caractériser un lixiviat.

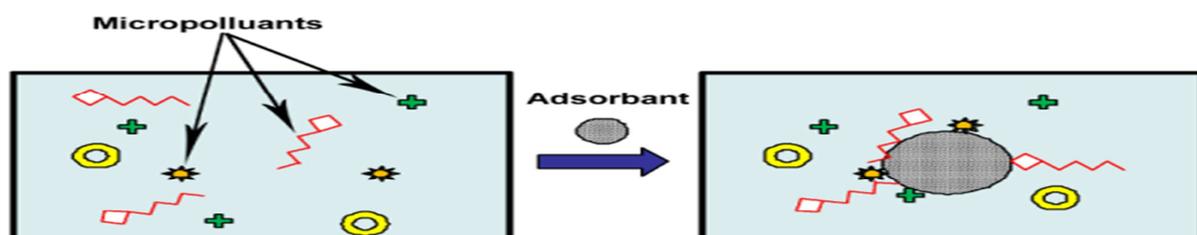
**Tableau I.1** Les analyses à effectuer sur un lixiviat

Paramètres	Définition
<b>pH</b>	Mesure l'acidité du lixiviat
<b>Carbone organique dissous</b>	Mesure le carbone dissout disponible pour la biodégradation
<b>Demande chimique en oxygène (DCO)</b>	Correspond à la quantité d'oxygène en (mg) qui a été consommée par voie chimique pour oxyder l'ensemble des matières oxydables présentes dans un échantillon de 1L d'effluent. C'est un indicateur d'oxydabilité du milieu, et donc la quantité de carbone oxydable par les bactéries.
<b>Demande biologique en oxygène sous 5 jours (DBO<sub>5</sub>)</b>	Mesure la quantité d'oxygène consommée en 5 jours à 20 °C par les microorganismes vivants présents dans l'effluent. Cela permet d'estimer la quantité de matière biodégradable dans le lixiviat.
<b>Rapport de biodégradabilité DBO<sub>5</sub>/DCO</b>	Ce rapport donne une indication sur la fraction biodégradable d'un effluent. En général, on considère que si le rapport DBO <sub>5</sub> /DCO > 0,3 l'effluent est biodégradable. Si le rapport DBO <sub>5</sub> /DCO < 0,3 l'effluent est peu biodégradable. [6]
<b>Conductivité</b>	La conductivité de l'eau est proportionnelle à la concentration en ions (sels minéraux principalement) dissouts dans l'eau. Plus une eau a une conductivité importante, plus elle comportera d'ions. C'est un indicateur qui permet de mesurer la charge saline de l'eau.
<b>Matières en suspension (MES)</b>	Il s'agit de l'ensemble des particules minérales et/ou organiques présentes dans une eau naturelle ou polluée.

### I.7.1. Adsorption par charbon actif

L'adsorption sur charbon actif en poudre ou en grain résulte un meilleur taux d'abattement de la DCO par rapport aux méthodes chimiques et ce quel que soit sa concentration initial de la solution en matière organique. Cela consiste à faire passer un effluent à travers le charbon de ce fais les molécules vont s'adsorbées sur les divers porosités du charbon.

Selon plusieurs travaux, le procédé d'adsorption sur charbon actif a été utilisé en conjonction avec des procédés biologiques pour le traitement du lixiviat. [5]



**Figure I.1: Mécanisme d'adsorption sur charbon actif**

Néanmoins la régénération du concentrât et le cout dans le cas d'utilisation d'une grande quantité du charbon restent les deux inconvénients du traitement.

### I.7.2. Coagulation floculation

La coagulation et la floculation sont les processus qui permettent l'élimination des colloïdes [7].

#### a) Coagulation

La coagulation consiste à ajouter une substance coagulante à la suspension sous l'effet d'une forte agitation, ce qui permettra une rapide diffusion de la substance dans tout le volume d'où l'augmentation de contact entre les particules colloïdales et les particules coagulantes.

L'ajout d'un réactif (coagulant) conduira au bout d'un certain temps à des réactions de neutralisation de charges électriques. L'utilisation de ces réactifs permet soit de précipiter certains composés soit de former un hydroxyde susceptible de fixer par adsorption les colloïdes présents dans le milieu et faciliter ainsi leur séparation. [7]

Les coagulants principalement utilisés sont à base de sels d'aluminium tels que  $Al_2SO_4$  ou de fer tels que  $FeCl_3$  et  $FeSO_4$  ces trois coagulants ont été couramment utilisés.

On peut également, dans certains cas, utiliser des produits de synthèse, tels que les polyélectrolytes cationiques ou naturels.

Le choix du coagulant se fait selon des considérations :

- ✓ Économiques (coût, quantité de boue générée, coût de valorisation des boues, etc.);
- ✓ Sécurité (effets indésirables sur l'homme);
- ✓ Capacités d'entrepôts.

#### b) Floculation

Après avoir été déstabilisées par le coagulant, les particules colloïdales s'agglomèrent lorsqu'elles entrent en contact ; c'est la floculation. Le floc ainsi formé peut décanter, flotter ou filtrer.

L'expression de Smoluchowski permet de comprendre ce phénomène :

$$\ln \frac{N}{N_0} = - \frac{4}{\pi} \alpha \cdot \omega \cdot G \cdot t$$

$N$  et  $N_0$  sont les nombres de colloïdales libre à l'instant  $t$  et  $t_0$ .

$\alpha$  représente le facteur de fréquence de collision efficace.

La stratégie pour obtenir une bonne floculation se résume en une augmentation des facteurs : temps de contact  $t$ , du volume de particules  $\Omega$  et du gradient de vitesse  $G$ .

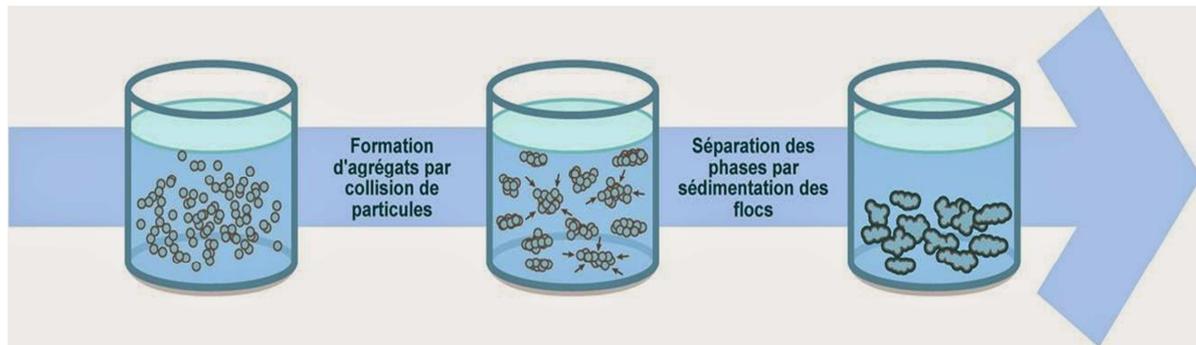


Figure I.2 : La floculation

**b.1 Les flocculants:** se sont des polymères à haut poids moléculaire présentant des groupes réactionnels de charge inverse de celle de la suspension à traiter.

On distingue des flocculant **naturels** et **synthétiques** :

- ∞ Les flocculant synthétiques sont très nombreux tels que les **polyacrylamides**.
- ∞ Les flocculant naturels, ceux de nature organique comme l'**alginate**, la **pectine** et le **carraghénane** extraient des algues et ceux de nature minérale telle que la **bentonite**, le **charbon** et le **sable** [7].

### b.1.1. Flocculants synthétiques

#### b.1.1.1 Les polyacrylamides

Au sens strict, le polyacrylamide est un polymère synthétique hydrosoluble formé à partir d'acrylamide. Ce monomère, également appelé propénamide 2, est un composé chimique de formule  $C_3H_5NO$ , qui se présente sous la forme d'un solide cristallin inodore et blanc, soluble dans l'eau.

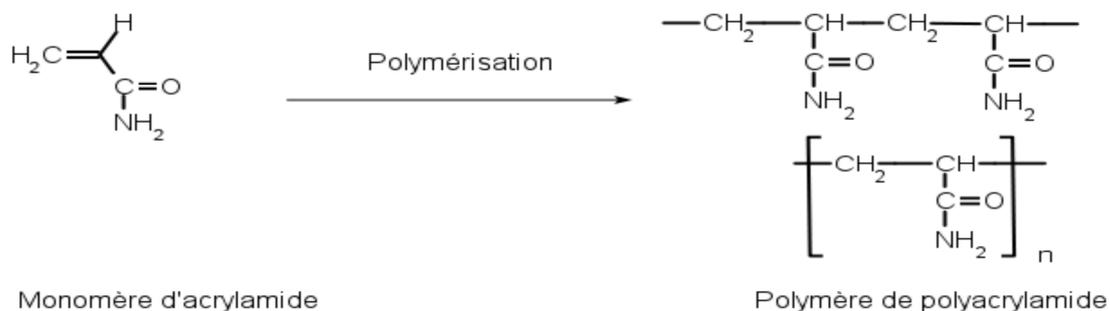


Figure I.3: Polyacrylamide

Le polyacrylamide est un polymère de haut poids moléculaire plus de 6 million d'unités monomère, de la famille des vinyles.

Ces polymères peuvent se lier à la matière particulaire, aux colloïdes de manière à accélérer leur décantation. Ainsi ils sont utilisés dans un nombre important d'applications (imperméabilisation des textiles et des papiers, pour stabiliser les sols, réduire l'érosion, augmenter l'infiltration de l'eau ou la croissance et le taux de rendement des cultures, ou dans la purification de l'eau potable) [8].

Le polyacrylamide peut toutefois contenir des résidus d'acrylamide ce qui leur donne des propriétés toxiques et très dangereuses vis-à-vis de l'environnement faune et flore [8,9].

### b.1.2. Flocculant naturels

#### b.1.2.1. Flocculant naturels organiques

##### ❖ La pectine

La pectine désigne une substance organique sous forme de glucide d'origine végétale, issue des végétaux, dont le pouvoir gélifiant est très largement utilisé par l'industrie agroalimentaire et pharmaceutique. Présente en abondance dans les pommes (peau et pépins) et les zestes de groseille et agrumes, la pectine est également utilisée dans le domaine médical pour sa capacité à absorber des métaux lourds.

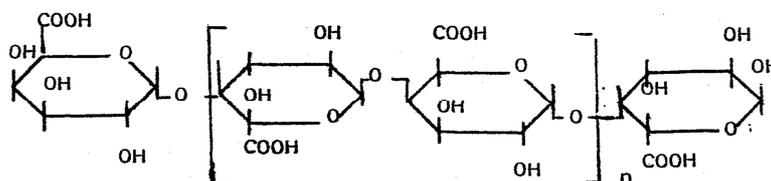
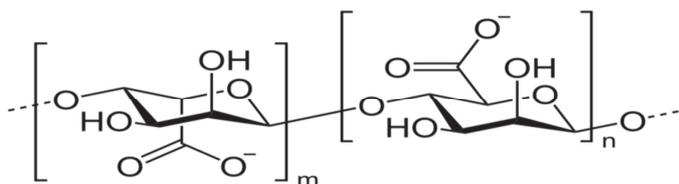


Figure I.4: Structure de la pectine

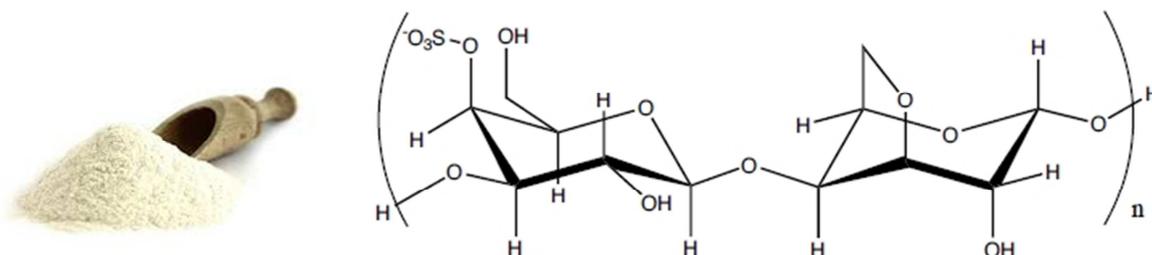
##### ❖ Alginate de sodium

L'alginate de sodium ou polymannuronate sodique, de formule  $(C_6H_7Na_{1/2}O_6)_n$ , est un additif alimentaire (E401), utilisé dans les boissons, constitué d'alginate et de sodium. Il se présente sous forme de poudre blanche à blanc crème, inodore et sans saveur, très soluble dans l'eau. Il s'agit d'une longue molécule synthétisée à partir de l'acide alginique, extraite d'algues brunes, constituée d'unités glucidiques formant une chaîne.



**Figure I.5 : Structure de l'alginate de sodium**❖ **Carraghénane**

Le carraghénane est un polymère anionique naturellement présent dans trois espèces d'algue rouge. Cette substance fait depuis longtemps l'objet d'utilisations chez l'homme et il est très largement employé par les industries alimentaires, pharmaceutiques et cosmétiques comme stabilisant et émulsifiant. En effet, ce sont des polysaccharides, ou plus précisément des galactanes.

**Figure I.6: Structure de le carraghénane****b.1.2.2. flocculant naturels de nature minérale**❖ **Charbon actif**

Le charbon actif est un carbone microporeux inerte qui a subi un traitement pour augmenter sa surface. Il possède ainsi une très grande surface spécifique pouvant aller de 100 à 2000 m<sup>2</sup>.g<sup>-1</sup> d'où sa grande capacité d'adsorption [10].

**Figure I.7 : Le charbon actif en poudre**

Sa structure est proche de celle du graphite, ordonnée sous la forme d'un empilement de couches successives planes d'atomes de carbone disposés en hexagones réguliers.

En particulier, le charbon actif en poudre présente une granulométrie inférieure à 100 µm avec un diamètre moyen situé entre 15 et 25 µm [10]. Possédant une large surface externe et une faible profondeur de diffusion lui permettant d'engendrer une vitesse d'adsorption très rapide [10].

### ❖ Bentonite

La bentonite est une argile naturelle contenant une forte proportion de montmorillonite, un silicate d'aluminium hydraté natif dans lequel quelques atomes d'aluminium et de silice ont été remplacés naturellement par d'autres atomes tels que le magnésium et le fer ou autres [10].



**Figure I.8: La bentonite**

Il existe quatre types courants de bentonite :

La bentonite sodique naturelle, la bentonite calcique naturelle, la bentonite activée au sodium et la bentonite activée à l'acide [10].

### ❖ Le sable

Le sable est une substance minérale qui provient de la désagrégation, par les eaux, des roches calcaires, granitiques, siliceuses... formant ainsi un matériau granulaire dans la dimension est comprise entre 0,063 et 2 mm [11]. Sa faible granulométrie lui permet d'avoir une grande surface spécifique d'adsorption, ce qui fait de lui un flocculant minérale [12].

#### **I.7.2.1. Les paramètres influençant la coagulation floculation**

Dans le but d'optimiser la coagulation floculation, on prend en compte plusieurs variables qui sont en interaction continue tels que le pH, la concentration des sels dissouts, la température de l'eau, les caractéristiques physico-chimique du coagulant mais aussi des conditions du mélange. Nous citerons alors :

##### **I.7.2.1.1. pH**

Le pH est un facteur important dans la coagulation floculation car pour chaque eau à traiter un pH ou une plage de pH pour laquelle le traitement est meilleur [13].

##### **I.7.2.1.2. Les sels dissouts**

Durant la coagulation floculation la quantité et la qualité des sels dissouts peuvent modifier :

- La plage du pH ;

- Le temps du traitement ;
- La quantité du coagulant qu'il faut utiliser [13].

#### **I.7.2.1.3. La température de l'eau**

La température de l'eau influe directement sur sa masse volumique et ainsi sur sa viscosité, deux facteurs influant considérablement sur la décantation. A des températures très basses la décantation devient très difficile [13].

#### **I.7.2.1.4. Influence des caractéristiques physico-chimique du coagulant**

Le poids moléculaire et les sites actifs du coagulant influent directement sur l'efficacité de la coagulation floculation [13].

#### **I.7.2.1.5. Influence de la nature du coagulant**

L'efficacité des coagulants est directement liée à la valence des cations utilisés. Les ions monovalents sont moins efficaces que les bi ou trivalents. La référence étant le  $\text{Na}^+$  et le  $\text{Ca}^{2+}$  d'une part et les ions trivalents  $\text{Al}^{3+}$  et  $\text{Fe}^{3+}$  d'autre part, présentent respectivement une efficacité 7 à 200 fois et 500 à 10000 fois plus importante [7].

#### **I.7.2.1.6. Influence de la dose du coagulant**

Il est évident que les doses de coagulant à mettre en œuvre sont fonction de leur efficacité relative. Dans le cas des ions monovalents, la quantité nécessaire est de 100 pour une dose de 1 pour les ions trivalents. En conséquent, les coagulants utilisés sont des sels cationiques trivalents [7].

### **Conclusion**

Cette recherche bibliographique nous a permis de faire un récapitulatif sur les déchets, leurs compositions. Le plus grand risque lié au fonctionnement d'un CET est la production de lixiviat qui reste un liquide extrêmement dangereux qui peut avoir plusieurs impacts sur l'environnement et sur l'être humain notamment en contaminant la nappe phréatique. Au-delà de ces considérations, les lixiviats doivent être traités comme des substances extrêmement sensibles d'où la nécessité d'assurer le bon fonctionnement des casiers et un meilleur acheminement du lixiviat et pour finir un traitement adéquat et efficace. Ce dernier fera l'objet d'étude.

# Chapitre II: Matériels et méthodes

Dans ce chapitre, nous allons décrire le matériel et les méthodes expérimentaux utilisés lors de cette étude.

Les lixiviats de décharge ont été identifiés en tant que sources potentielles de contamination de l'environnement causant la pollution de diverses sources. Dans le but de limiter celle-ci la coagulation-floculation (procédé physico-chimique) a été appliqué pour le traitement, en utilisant le coagulant  $\text{FeCl}_3$  et différents flocculants dans le but de déterminer les conditions optimales permettant un meilleur abattement de la pollution. Ainsi au cours de ces manipulations seront déterminés :

- Le taux d'abattement pour chaque réactif ;
- Le pH optimal ;
- L'efficacité des coagulants ;
- Le rôle du flocculant ;
- La masse de la boue formée ;

L'efficacité du traitement sera estimée en suivant la DCO de l'effluent après 20min de décantation. Ces indications peuvent être complètes avec d'autres renseignements (pH, masse de boues après décantation, rendement d'élimination).

Nous finirons cette étude par la valorisation des boues produites au cours de la coagulation floculation, en fabricant du charbon actif qui pourra être utilisé par la suite dans des cinétiques d'élimination de bleu de méthylène.

## II.1. Echantillonnage

Pour déterminer les différents paramètres contenus dans les lixiviats étudiés, nous avons choisis un point de prélèvement qui se situe au niveau du bassin provenant de casier.



**Figure II.1** : Point de prélèvement de notre échantillon dans le bassin de lixiviat de CET de CORSO

## II.2. Caractérisation du lixiviats

Les paramètres d'analyses pour caractériser lixiviats, les méthodes et les normes sont résumés dans le tableau II.1.

**Tableau II.1 :** Caractéristique du lixiviats

Paramètres	Méthodes	Normes
Température	Mesure directe avec thermomètre	-
pH	Mesure directe avec pH mètre	NFT 90-008
Conductivité	Mesure directe avec conductimètre	NFT 90-008
MES/MVS	Par différence de pesée	NFT 90-015
DCO	Oxydation par bichromate + spectrométrie	MA. 315-DCO
DBO	Respiromètre	-
Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	Spectrophotométrie	ISO 6060-1989
Nitrites (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	Spectrophotométrie	NFT 90-013
Métaux lourds	Spectroscopie d'absorption atomique	-

## II.3. Traitement physico-chimique (Coagulation-floculation)

Lors du traitement par coagulation-floculation le jar test à quatre postes est capital pour sa réalisation. La figure ci-dessous montre le dispositif utilisé dans notre étude.



**Figure II.2:** JAR TEST

Chaque essai a été réalisé sur un volume de 500 ml de lixiviats. L'ajustement du pH a été fait en ajoutant HCl (4N) et NaOH (2N).

### II.3.1. Matériels utilisés

- pH mètre
- Agitateur

- JAR TEST
- DCO mètre
- Spectrophotomètre
- Etuve
- Réfrigérant ;
- Ballon ;
- Pompe à vide ;
- Four à moufle
- La verrerie courante (bêchers, fioles, éprouvettes, pipettes...)

### II.3.2. Les réactifs utilisés

- a. **L'effluent à traiter** : Lixiviat
- b. **Coagulant utilisé** : Chlorure ferrique  $\text{FeCl}_3$
- c. **Floculant utilisés** :

#### c.1 Floculants naturels organiques

- ❖ Alginate de Sodium;
- ❖ Pectine préparée à chaud et à froid;
- ❖ Carraghénane.

#### c.2 Floculants naturels de nature minérale

- ❖ Charbon actif en poudre;
- ❖ Bentonite;
- ❖ Sable.

#### c.3 Floculant synthétique

Nous avons utilisés aussi le polymère qui est utilisés comme floculant dans la SAAL (polymère anionique (COSMELOC 910)).

- d. **Réactifs pour ajuster le pH**: HCl (4N), NaOH (2N)

### II.3.3. Mode opératoire

Lors du traitement par coagulation floculation le même processus a été suivi pour les différents floculant afin de pouvoir faire une comparaison entre le taux d'efficacité.

#### II.3.3.1 Détermination du pH optimal

Dans le but de déterminer le pH optimal de la coagulation floculation de lixiviat, nous l'avons ajusté dans les bêchers à l'aide d'une solution de HCl à 4N de pH= 8 à pH= 4,5 et cela tout en fixant la dose du coagulant à 3 g/L.

Nous avons ensuite placé les béchers dans le Jar-test sous une agitation de 120 tr/min puis injecté un volume de 15mL de FeCl<sub>3</sub> à une concentration de 3 g/L que l'on a laissé agiter pendant 2 min, puis nous avons réduit la vitesse d'agitation à 30 tr/min pendant 20 min. Une fois le temps écoulé, nous avons arrêté le Jar-test tout en laissant décanter les béchers pendant 20 min.

À la fin de la décantation nous avons prélevé un volume du surnageant sur lequel différentes mesures seront effectuées (DCO, pH) et nous avons déterminé la quantité de boue obtenue après filtration.

### **II.3.3.2 Détermination de la dose optimale du coagulant**

Après avoir déterminé le pH optimal les mêmes étapes ont été réalisées mais pour cet essai le pH a été fixé tout en variant la dose du coagulant de 1 g/L à 5 g/L.

### **II.3.3.3 Détermination de la dose optimale du flocculant**

Nous avons fixé le pH et la dose du coagulant à leurs valeurs optimales, puis nous avons fait varier la dose du flocculant comme suit :

- **Flocculant naturels organiques**
  - **L'alginate** : 500 à 400mg/L ;
  - **La pectine préparée à chaud** : 50 à 200mg/L ;
  - **La pectine préparée à froid** : 50 à 200mg/L ;
  - **Le carraghénane** : 50 à 200mg/L.
- **Flocculants naturels minéraux**

Pour cela nous avons varié leurs doses entre 0,2 et 1,6g. Les flocculant utilisés étaient :

- Le charbon actif.
- La Bentonite.
- Le sable.
- **Flocculant chimique (synthétique)** : 50 à 200mg/L.

### **II.3.3.4 Détermination de la dose optimale du flocculant (sans l'ajout du coagulant)**

Nous avons fait varier les doses des différents flocculants cités précédemment après fixation du pH optimal, c'est -à-dire lancé le traitement sans l'ajout du coagulant.

### **II.3.3.5 Détermination de la vitesse d'agitation**

Pour cette étape nous avons gardé les mêmes conditions opératoires en variant la vitesse d'agitation à 180 ; 240 ; 300 tr/min. Nous avons ensuite mesuré la DCO de surnageant après la décantation.

### II.3.3.6 Détermination du temps de décantation

Cette étape consistait à faire varier les temps de décantation entre 10 et 50 minutes après la coagulation-floculation et cela en fixant les différentes valeurs optimales trouvées auparavant.

### II.3.3.7 Traitement de finition

Dans le but d'améliorer la qualité des effluents récupérés nous avons choisis les flocculants qui ont donné un meilleur abattement à savoir la pectine préparée à chaud, bentonite, sable et l'alginate.

Un essai d'adsorption sur une colonne a été effectué où 100ml d'effluent ont traversé un lit de charbon actif en grain de hauteur de 5 cm en flux descendant. Le liquide est récupéré à la sortie de colonne afin de mesurer sa DCO.



**Figure II.3 :** Colonnes à charbon actif

### II.3.3.8 Valorisation des boues

Lors de traitement du lixiviat par coagulation –floculation, des boues ont été générées. Notre travail consiste à valoriser ces boues en les utilisant pour préparer du charbon actif et comparer ce dernier à celui préparé à partir des boues issues de l'ONA.

Dans un ballon de 500mL, nous avons introduit 20g de boues séchées que nous avons mélangé à 317,4 mL de  $\text{HNO}_3$  (3N) comme agent activant qui favorisera la formation des pores, ce ballon est mis dans un bain de sable maintenu à température variable entre 150 et 160°C.

Après 2h, nous avons filtré, lavé puis récupéré notre boue que nous l'avons mis dans l'étuve 105 °C.

Après 24h, les boues séchées ont été pesées puis mises dans le four durant 60 minutes dans le but de les calciner et éliminer le  $\text{CO}$ , le  $\text{CO}_2$ , les acides organiques ainsi que tout autres matières volatiles pour être ensuite pesées une seconde fois et lavées jusqu'à atteindre un pH neutre.



**Figure II.4 : Installation d'activation des boues**

## **II.4. Test d'adsorption**

Après l'obtention des différents charbons :

- Charbon 1 (boue de la coagulation-floculation)
- Charbon 2 (boue de la coagulation-floculation + sciure de bois)
- Charbon 3 (boue de l'ONA)
- Charbon 4 (boue de l'ONA + sciure de bois)

Ces charbons ont été utilisés dans des cinétiques d'élimination de bleu de méthylène.

Nous avons mis 1,5 g de charbon actif préparé dans un litre d'une solution de bleu de méthylène à (0,5, 1,5 mg/L) sous agitation, des prélèvements ont été effectués chaque quart d'heure jusqu'à atteindre le palier. Les échantillons ont été analysés et leurs concentrations ont été déterminées par le biais de la courbe d'étalonnage. Cette étape a été effectuée pour chaque charbon.

# Chapitre III: Interprétation des résultats

Avant de passer à l'interprétation des résultats, rappelons que l'objectif de notre étude est traitement et valorisation des déchets issus du traitement du lixiviat de décharge par le procédé de coagulation-floculation.

Notre attention se focalise sur l'utilisation de divers flocculants naturels (organiques et minéraux) tout en prenant en considération les variations suivantes :

- Doses du coagulant;
- Doses du flocculant;
- Nature du flocculant;
- Temps de décantation après la coagulation-floculation;
- Vitesse d'agitation de la coagulation-floculation;

L'efficacité de ce traitement est transmise par un bon abattement de la DCO après 20 minutes de décantation.

Pour une bonne finition de ce dernier, une valorisation des boues est établit.

### III.1. caractérisation du lixiviat du CET de CORSO

Jour de prélèvement : 15 /03 /2017

Notre lixiviat a été prélevé d'un point précis au niveau du bassin de récupération du lixiviat et il a été conservé à une température ambiante et à l'abri de la lumière.

Etant donné que sa composition en contaminants toxiques est diverse, nous l'avons caractérisé en effectuant des analyses physico-chimiques tel-que : la DCO, le pH, les MES, les nitrates et les nitrites....

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau III.1.** Caractérisation du lixiviat

Paramètres à analyser	Résultats	Normes
<b>Couleur</b>	Marron	-
<b>Odeur</b>	Désagréable	-
<b>Température (°C)</b>	27	30
<b>pH</b>	8,16	6,5-8,5
<b>Turbidité (NTU)</b>	353	-
<b>Conductivité (ms/cm)</b>	24,2	-
<b>DCO (mg d'O<sub>2</sub>/L)</b>	7516,66	120
<b>DBO<sub>5</sub> (mg d'O<sub>2</sub>/L)</b>	1450	35
<b>DBO<sub>5</sub>/DCO</b>	0,19	-
<b>MES (g/L)</b>	0,009	35
<b>MVS (mg/L)</b>	-	-
<b>MM (mg/L)</b>	-	-
<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/L)</b>	643,12	-
<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (µg /L)</b>	148	-
<b>Pb (ppm)</b>	0,098	-
<b>Zn (ppm)</b>	0,529	-

<b>Cu (ppm)</b>	0,093	-
<b>K (ppm)</b>	12171	-
<b>Co (ppm)</b>	0,223	-
<b>Cd (ppm)</b>	6,347	-
<b>Fe (ppm)</b>	6,347	-
<b>Mg (ppm)</b>	24,5	-

### III.2. Discussion des paramètres

#### ➤ La couleur

La couleur marron du lixiviat revient essentiellement à la présence des MES.

#### ➤ L'odeur

Notre lixiviat figure parmi les lixiviats intermédiaire, par ailleurs son odeur nauséabonde revient à la fermentation anaérobie des microorganismes dégradant les déchets organiques.

#### ➤ Le pH

Notre lixiviat présente un pH= 8,16 ce qui fait qu'il est en période de méthanogène, ce caractère basique revient à l'appauvrissement de ce dernier en composés organiques volatils.

[14]

#### ➤ Conductivité

La conductivité de notre lixiviat est de 27 ms.cm<sup>-1</sup> ce qui approuve une charge de pollution minérale très importante. [14]

#### ➤ La demande chimique en oxygène

L'analyse effectuée sur notre lixiviat a montré une DCO de 7516,66 mg d'O<sub>2</sub>/L, une valeur très élevée par rapport à la norme de rejet qui est de 120 mg d'O<sub>2</sub>/L. Cela explique la présence d'une charge de pollution organique oxydable très importante.

#### ➤ La demande biologique en oxygène

La valeur de la DBO<sub>5</sub> obtenue pour notre lixiviat est de 1450 mg d'O<sub>2</sub>/L, cette valeur marque une énorme élévation par rapport à la norme qui est de 35 mg d'O<sub>2</sub>/L.

#### ➤ Le rapport DBO<sub>5</sub>/DCO

Notre lixiviat présente une valeur du rapport DBO<sub>5</sub>/DCO de 0,19. Cela confirme qu'il est modérément stable ce qui fait de lui un lixiviat intermédiaire dont la biodégradabilité est faible, d'où l'application du traitement physico-chimique. [6]

#### ➤ Les nitrates et les nitrites

Les concentrations moyennes mesurées pour les nitrates sont de 643.12 mg/L et celles des nitrites sont de 148µg/L. Ceci explique la présence du phénomène de dénitrification.

### III.3. Essais de traitement par coagulation-floculation

Afin que notre traitement soit le plus efficace nous avons effectué plusieurs essais dans le but d'optimiser au mieux les paramètres et ainsi avoir un meilleur abattement de la DCO.

Une fois les paramètres fixés nous avons procédé à plusieurs variations (vitesse d'agitation, temps de décantation).

#### III.3.1. Optimisation du pH

Toute coagulation-floculation a une plage de pH dans laquelle cette dernière est meilleure. Pour cela une série d'expériences a été faite en fixant la dose du coagulant  $\text{FeCl}_3$  à 3g/L et en variant le pH de 4 à 8 comme le montre le graphe ci-dessous :

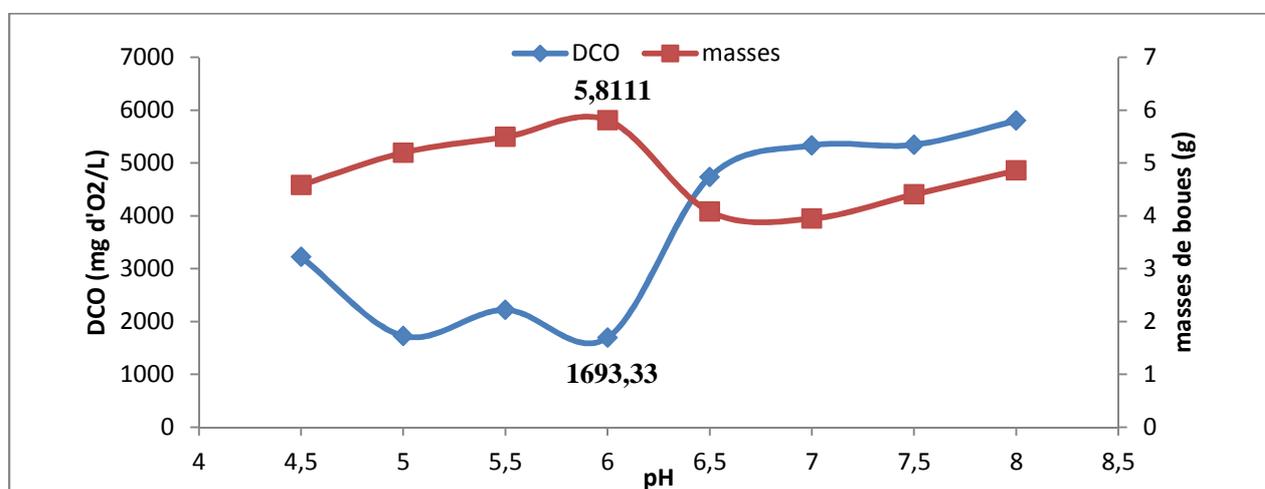


Figure III.1 : Variation de la DCO et de la masse de boues en fonction du pH

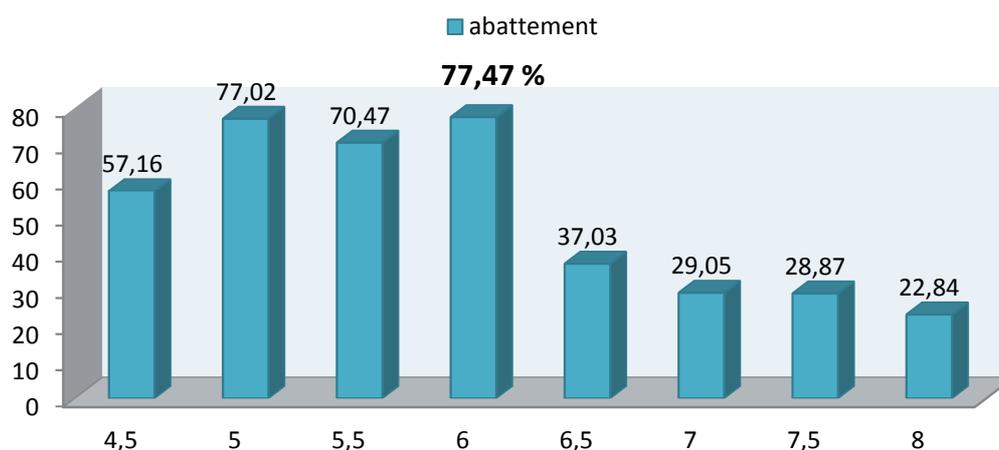


Figure III.2: Abattement de la DCO en fonction de la variation du pH

La figure III.1 représente la variation de la DCO et la masse des boues en fonction du pH, cette dernière montre une diminution de la DCO jusqu'à atteindre une valeur de 1693,33 mg/L d'O<sub>2</sub> soit un abattement de 77,47% (Figure III.2) pour un pH optimal de 6 entrainant une masse de boue assez importante de 5,81 g. Cela est lié à la nature des colloïdes et à la croissance du floc d'hydroxyde de fer.

### III.3.2 : Optimisation de la dose du coagulant FeCl<sub>3</sub>

Pour étudier l'influence de la dose du coagulant, une série d'expériences a été réalisé en variant celle-ci de 1g/L à 5g/L en fixant le pH à 6.

Les résultats obtenus sont représentés sur le graphe suivant :

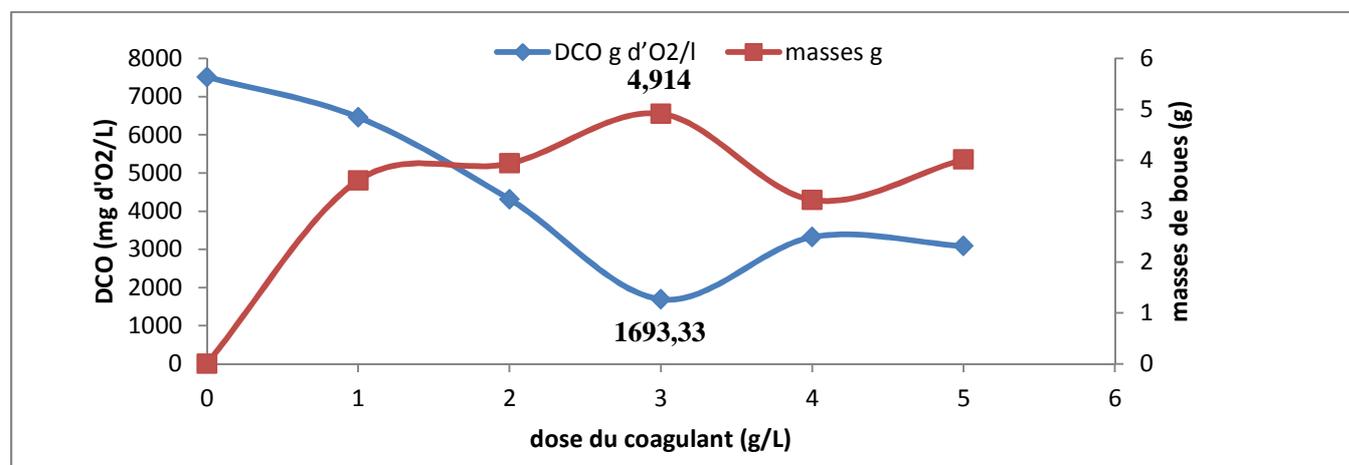


Figure III.3 : variation de la DCO et de la masse des boues en fonction des doses du coagulant

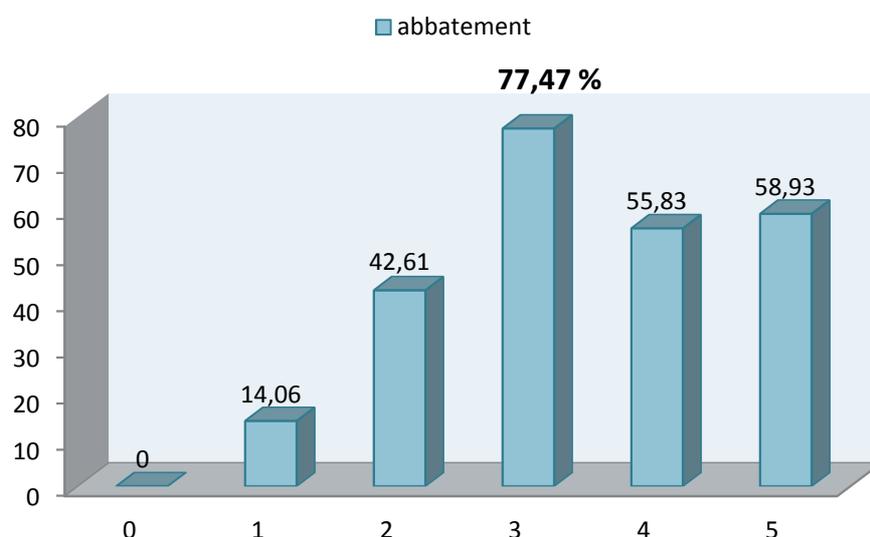


Figure III.4 : abattement de la DCO en fonction de la variation de la dose du coagulant

D'après les figures ci-dessus qui représentent la variation de la DCO en fonction des doses du coagulant  $FeCl_3$  et l'abattement de la DCO, nous remarquons une diminution de la DCO arrivant à **1693,33 mg/L** (77,47%) pour une dose de **3g/L** ce qui peut être expliquer par le rôle que joue le coagulant lors de son ajout qui est de déstabiliser

Toutes les particules en suspension entraînant une élimination maximale à **3g/L** qui représente la dose optimale.

La diminution de la DCO entraine avec elle la formation des floccs de ce fais on remarque que la courbes représentant les boues est inversement proportionnellement à la DCO. Affichant **4,91g** de boues pour **3g/L** du coagulant.

### III.3.3. Optimisation de la dose optimale des flocculants utilisés

#### III.3.3.1. Les flocculants naturels organiques

##### III.3.3.1.1. Alginate de sodium

Une fois le pH et la dose du coagulant fixés, vient la variation de la dose de l'alginate. Les résultats sont comme suit :

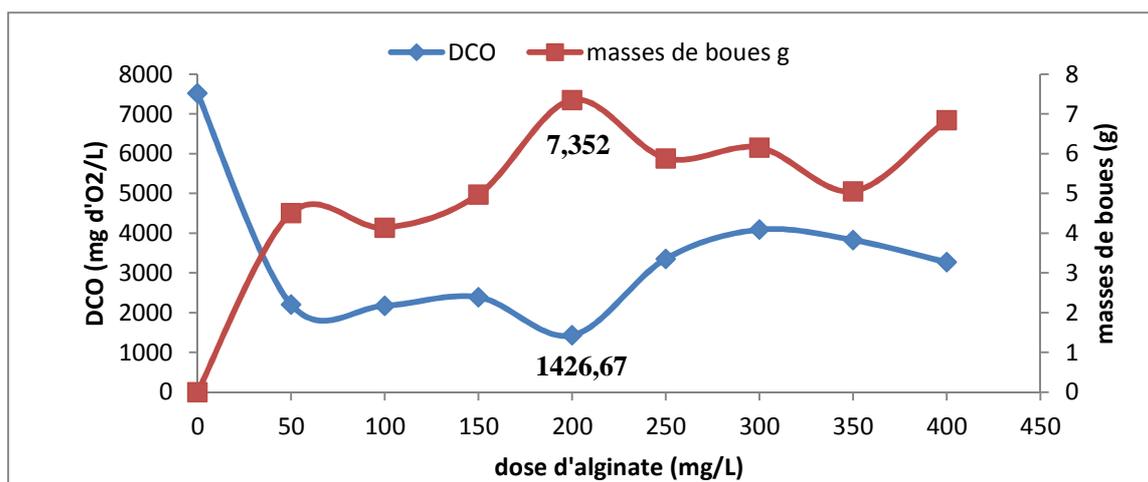


Figure III.5 : variation de la DCO et de la masse de boues en fonction des différentes doses d'alginate

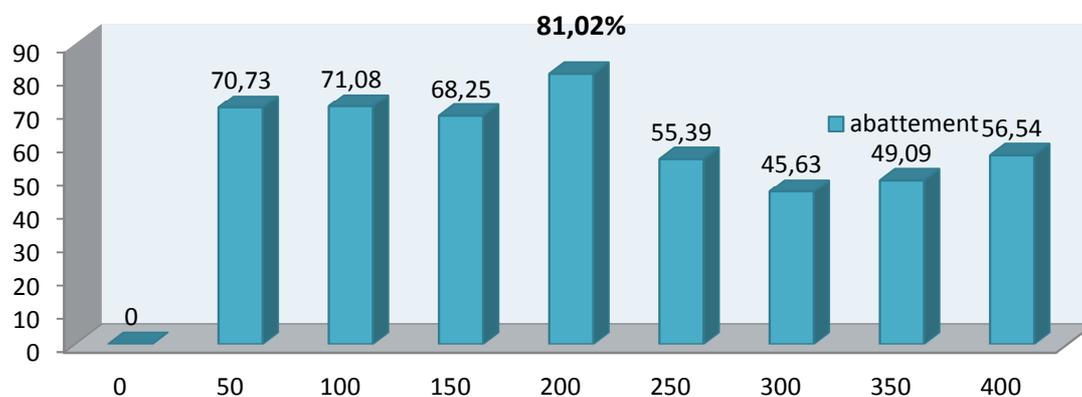
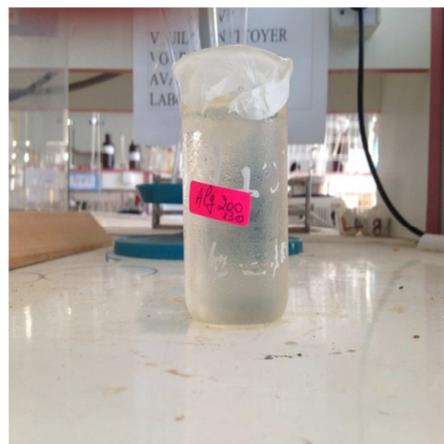
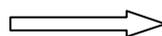


Figure III.6 : Abattement de la DCO en fonction de la variation des doses d'alginate

**Figure III.5** représente la variation de la DCO et la masse de boues en fonction des différentes doses d'alginate. On constate que la DCO décroît à l'inverse des doses du flocculant jusqu'à atteindre une valeur optimale de **1426,67 mg d'O<sub>2</sub>/L** pour **200 mg/L** d'alginate, soit **81,2%** d'abattement de la DCO (**figure III.6**) correspondant à une masse de boue de **7,35g**. Ce résultat peut être expliqué par l'affinité qu'a l'alginate avec les sels ferriques.

Afin d'améliorer l'aspect de notre échantillon et de même diminuer la DCO nous avons fais passer notre surnageant à travers un filtre a charbon ce qui nous a donner une DCO de **520 mg d'O<sub>2</sub>/L**.

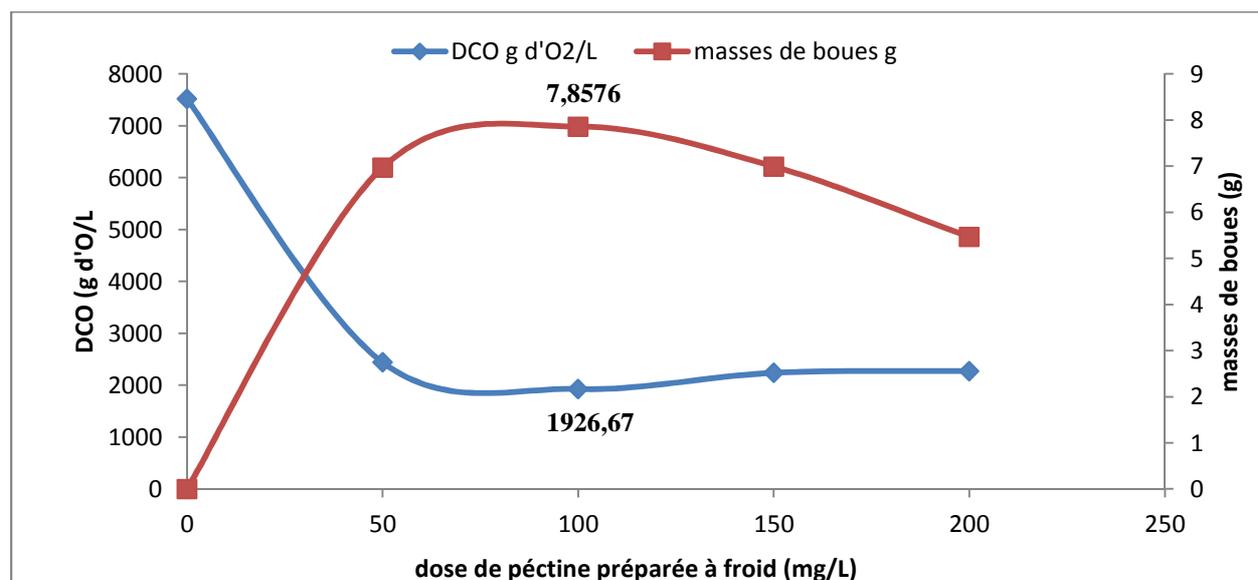


**Figure III.7.** Surnageant après décantation

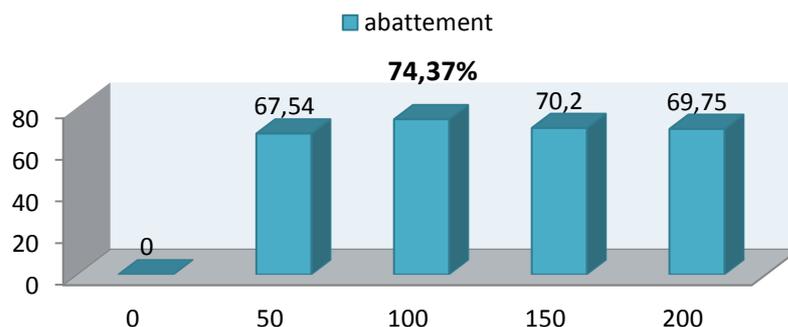
**Figure III.8.** Surnageant après filtre à charbon

### III.3.3.1.2. Pectine préparée à froid

Comme pour l'essai précédant, le pH et la dose du coagulant ont été fixés, puis nous avons varié la dose de la pectine préparée à froid.



**Figure III.9 :** variation de la DCO et de la masse des boues en fonction des doses de la pectine préparée à froid

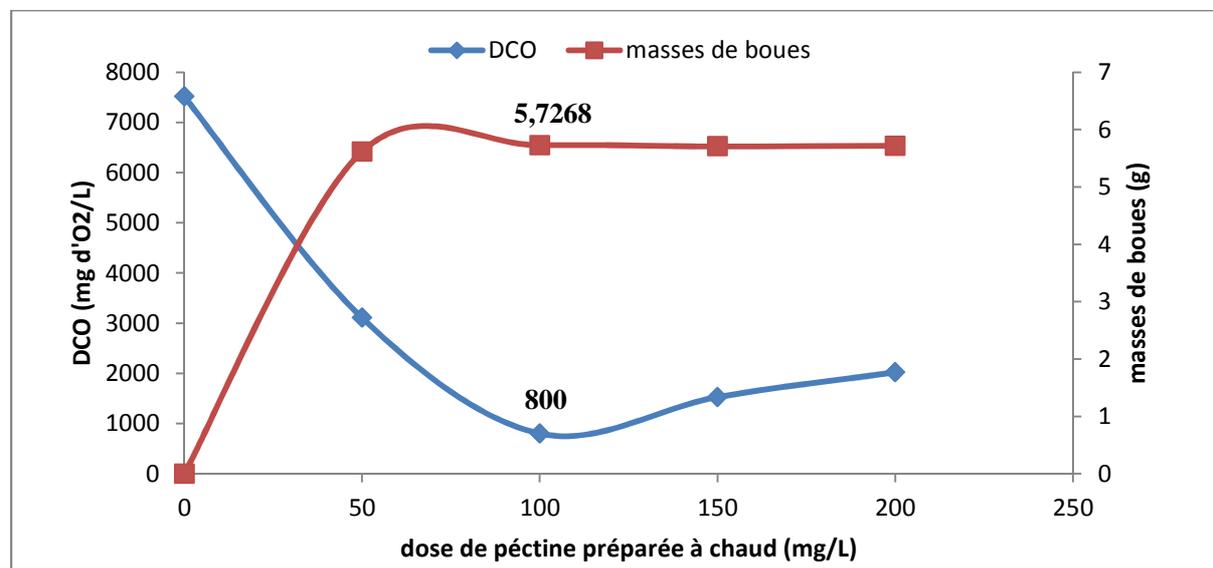


**Figure III.10 :** Abattement de la DCO en fonction des doses de la pectine préparée à froid

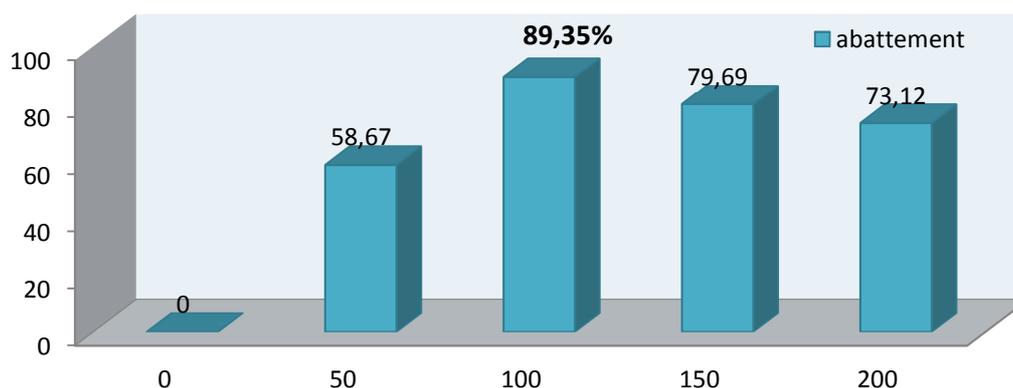
La figure III.9 représente la variation de la DCO et de la masse des boues en fonction de la variation des doses de pectine préparée à froid. On remarque que celle-ci fait diminuer la DCO à **1926,67mg d'O<sub>2</sub>/L** à une dose de **100 mg/L** contrairement à la masse des boues qui augmente jusqu'à atteindre une valeur maximal de **7,85g** et ce pour la même dose. Ce résultat peut revenir au fait que la chaîne polymérique n'a pas été complètement formée.

### III.3.3.1.3. Pectine préparée à chaud

Nous avons varié la dose de la pectine préparée à chaud tout en fixant le pH et la dose du coagulant à leurs doses optimales.



**Figure III.11.** Variation de la DCO et la masse des boues en fonction des doses de la Pectine préparée à chaud.

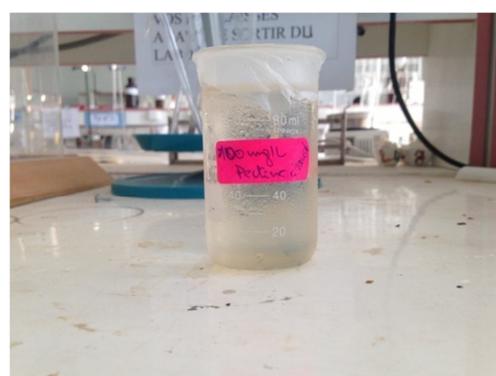
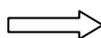
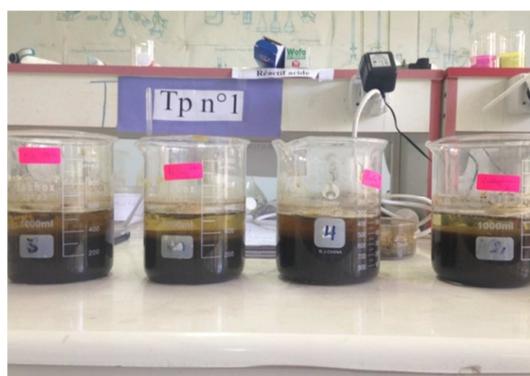


**Figure III.12.** Abatement de la DCO en fonction des doses de la pectine préparée à chaud.

Contrairement à la pectine à froid, la pectine à chaud a donné un meilleur résultat tels que le montre la **figure III.11** et la **figure III.12** pour la même dose cette dernière a baissé la DCO jusqu'à **800 mg d'O<sub>2</sub>/L** pour une masse de boue maximal de **5,72g**.

Ce résultat peut être expliqué par la méthode de préparation de celle-ci d'où la formation complète de la chaîne polymérique sur laquelle se fixe les particules en suspension.

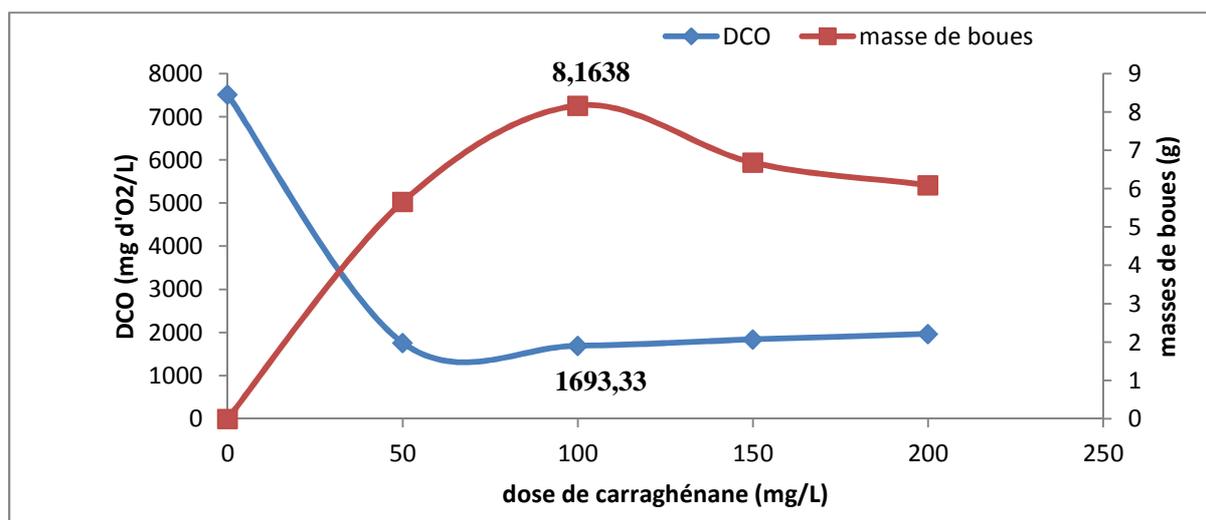
L'utilisation du filtre à charbon après la coagulation-floculation a baissé la DCO jusqu'à **60mg d'O<sub>2</sub>/L**.



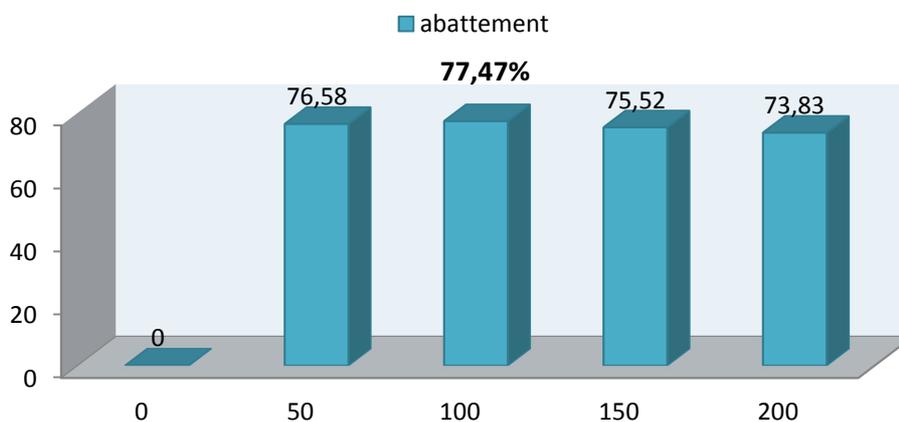
**Figure III.13.** Surnageant après décantation      **Figure III.14.** Surnageant après filtre à charbon

#### III.3.3.1.4. Le carraghénane

Nous avons varié les doses du carraghénane en fixant le pH et la dose du coagulant.



**Figure III.15.** Variation de la DCO et la masse des boues en fonction des doses de carraghénane.



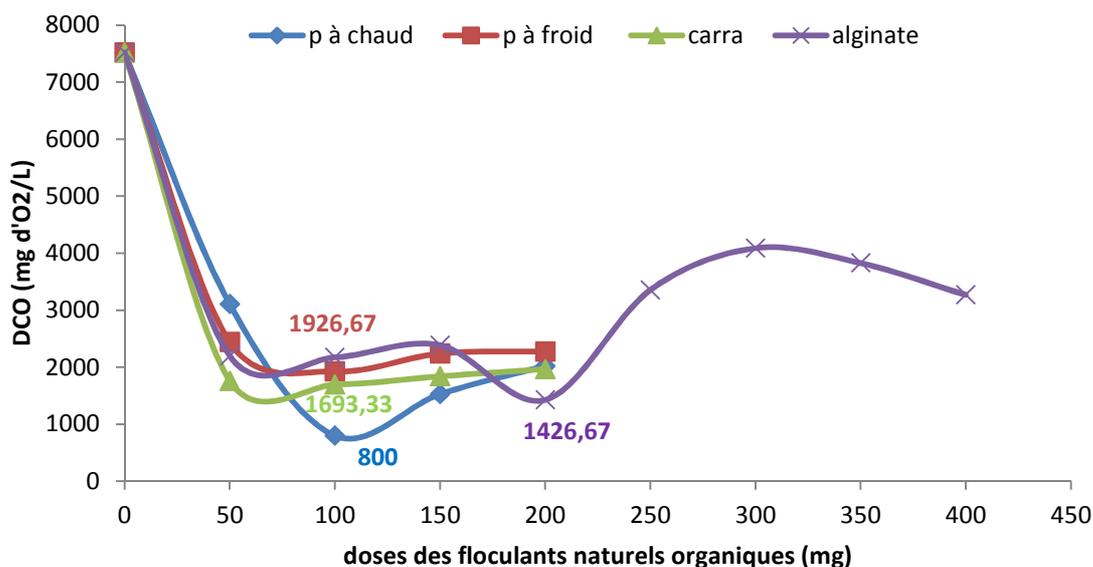
**Figure III.16.** Abattement de la DCO en fonction des doses de carraghénane.

Les figures ci-dessus montrent un abattement de **77,47%** soit une DCO de **1693,33 mg d'O<sub>2</sub>/L** correspondant à une masse de boue maximale de 8.16g pour une dose de **100 mg /L** de carraghénane.



**Figure III.17.** Surnageant après décantation

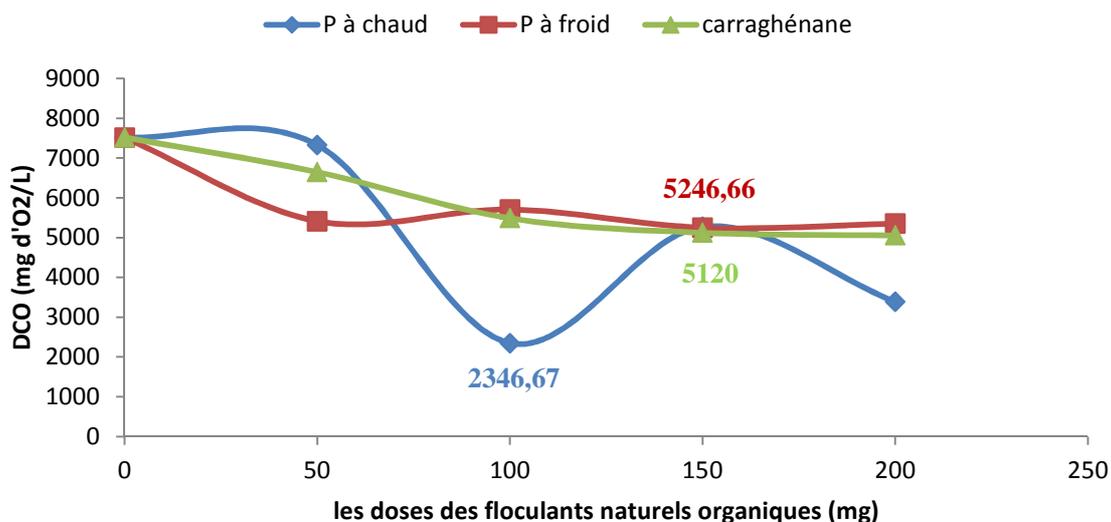
En résumé, la figure ci-dessous montre le meilleur flocculant utilisé.



**Figure III.18.** Variation de la DCO en fonction des différents flocculants naturels organiques en présence du coagulant

La **figure III.18** montre qu'en présence du coagulant, la pectine préparée à chaud reste le meilleur flocculant.

Cependant, après détermination des doses optimales des flocculant en présence du coagulant, nous avons testé l'efficacité des flocculant sans l'ajout du coagulant ; en fixant le pH à 6 et en variant la dose des différents flocculant. Les résultats sont rapportés sur la figure suivante :



**Figure III.19.** Variation de la DCO en fonction des doses des différents flocculants naturels organiques sans l'ajout du coagulant

La figure III.19 montre la variation de la DCO en fonction des doses des flocculant en absence du coagulant, cette addition engendre une diminution de la DCO pour tous les flocculant néanmoins le meilleur taux revient à la pectine à chaud avec **2346,67 mg d'O<sub>2</sub>/L** pour une dose de **100mg/L**.

En comparant les figures III.18 et III.19 on constate qu'en présence et en absence de coagulant la pectine préparée à chaud reste le meilleur flocculant donnant le plus grand abattement. Cependant l'efficacité de la pectine préparée à chaud est meilleure quand elle est associée au coagulant FeCl<sub>3</sub>.

### III.3.3.2. Influence de la vitesse d'agitation sur l'abattement de la DCO

Le gradient de vitesse est l'un des paramètres les plus importants qui agissent sur la probabilité de rencontre des particules durant la coagulation-floculation.

Par ailleurs, nous avons fixé tous les paramètres de la coagulation floculation à leurs valeurs optimales, la vitesse d'agitation de cette dernière a été variée. Les résultats obtenus sont mentionnés ci-après :

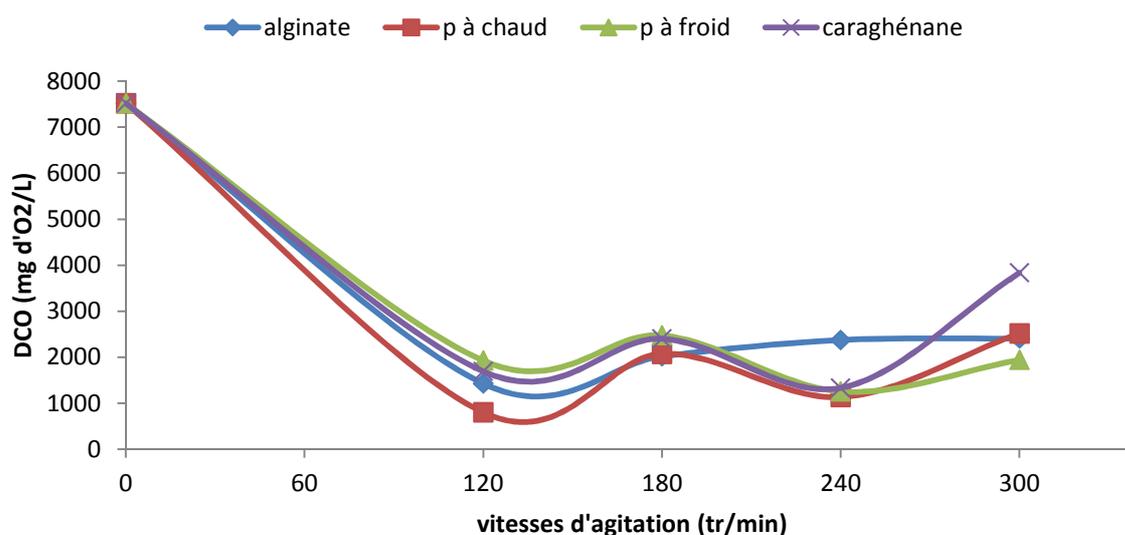


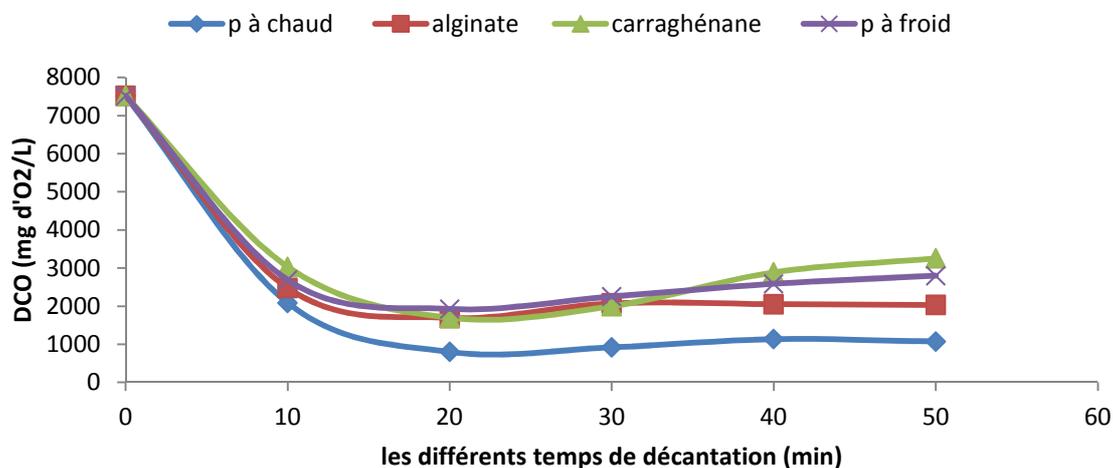
Figure III.20. Variation de la DCO en fonction des différentes vitesses d'agitation

La figure III.20 montre la variation de la DCO en fonction des différentes vitesses d'agitation. Les quatre essais ont montré que les meilleures valeurs de la DCO ont été obtenues à la vitesse d'agitation la plus petite qui est de **120 tr/min**.

Cela peut être expliqué par le fait que l'augmentation de la vitesse d'agitation entraîne la destruction des floccs formés par un cisaillement mécanique.

### III.3.3.3. Influence du temps de décantation sur l'abattement de la DCO

En fixant tous les paramètres de la coagulation-floculation à leurs valeurs optimales, nous avons fait varier le temps de décantation. Les résultats obtenus sont interprétés ci-dessous :



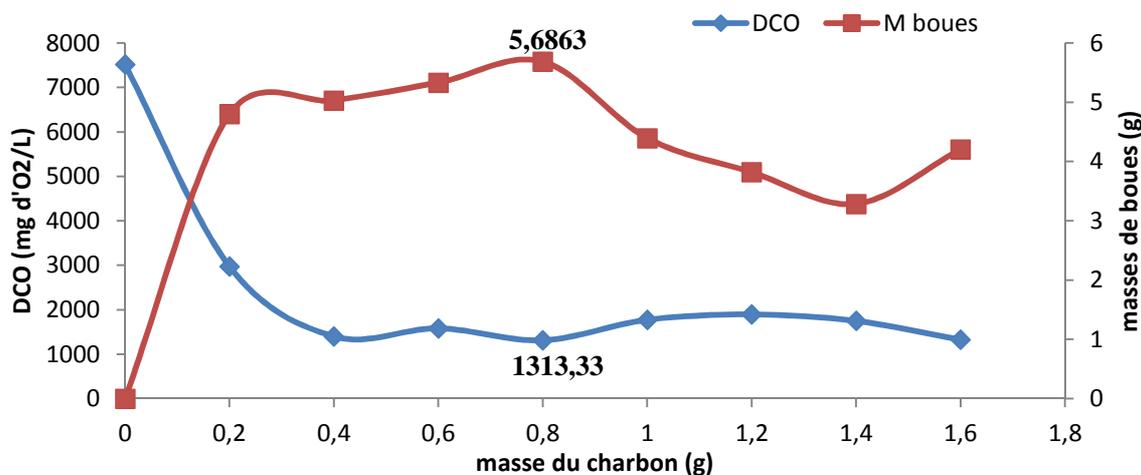
**Figure III.21.** Variation de la DCO en fonction des différents temps de décantation

La figure III.21 représente la variation de la DCO en fonction des différents temps de décantation. Pour tous les flocculant utilisés, la meilleure valeur de la DCO a été enregistrée à 20min de décantation.

### III.3.3.4. Les flocculant naturels minéraux

#### III.3.3.4.1. Le charbon actif

Nous avons varié la dose du charbon actif on fixant le pH et la dose du coagulant à leurs valeurs optimales.



**Figure III.22.** Variation de la DCO et de la masse des boues en fonction des doses du charbon actif.

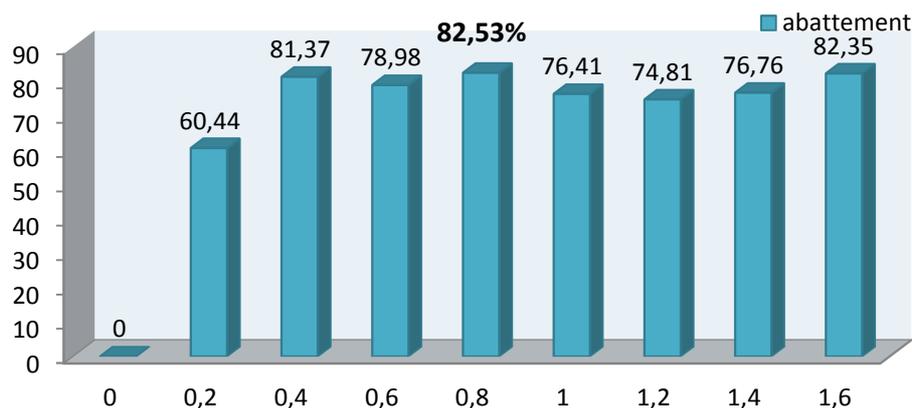


Figure III.23. Abattement de la DCO en fonction des masses du charbon actif en poudre.



Figure III.24. Surnageant après décantation

Les figures ci-dessus représentent la variation de la DCO et la masse des boues en fonction des doses du charbon actif (Figure III.22) et l'abattement de la DCO (Figure III.23). Ces dernières montrent que l'ajout du charbon actif diminue la DCO jusqu'à atteindre **1313,33 mg d'O<sub>2</sub>/L** soit **82,53%** d'abattement pour une dose de 0.8g du charbon engendrant une masse de boue maximal de **5,68g**. Cela revient à la capacité d'adsorption du charbon actif.

### III.3.3.4.2. La bentonite

Pour cet essai on a procédé à la variation des doses de la bentonite tout en fixant le pH et la dose du coagulant à leurs valeurs optimales.

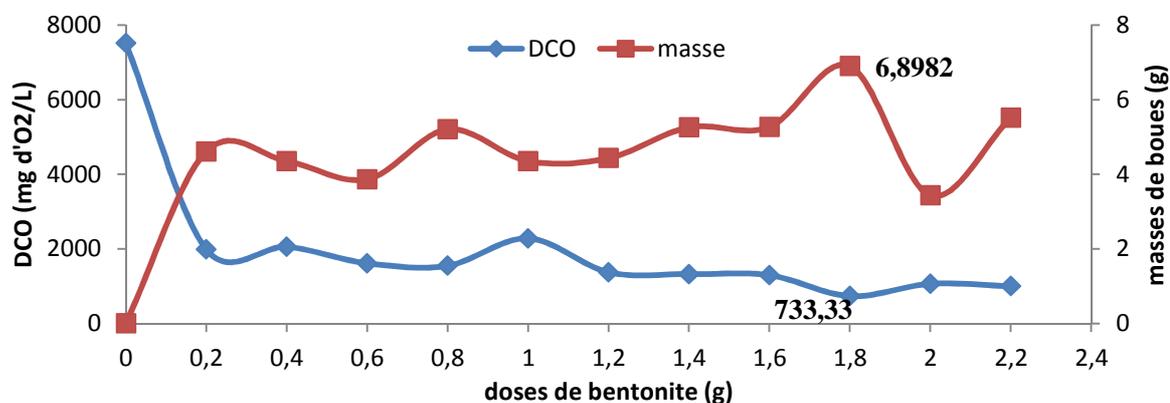
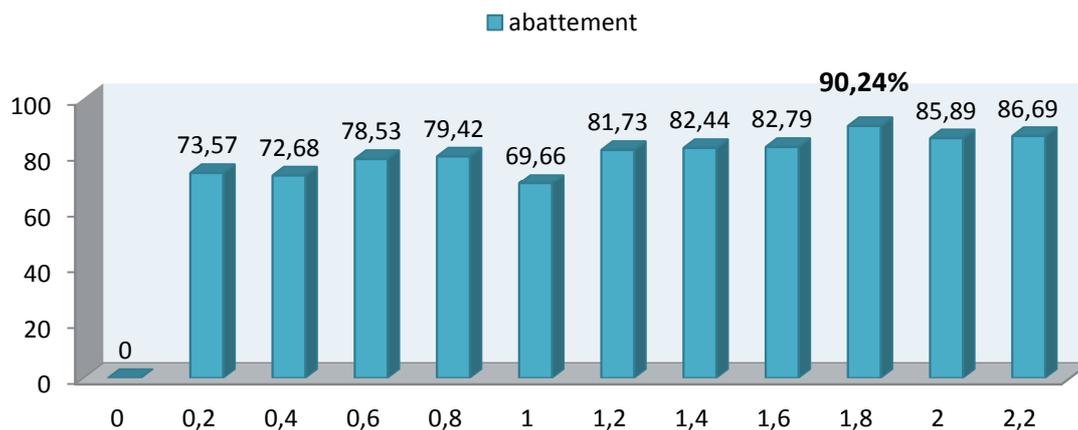


Figure III.25. Variation de la DCO et la masse des boues en fonction des doses de bentonite



**Figure III.26.** Abattement de la DCO en fonction des masses de bentonite



**Figure III.27.** Surnageant après décantation



**Figure III.28.** Surnageant après filtre à charbon

La **figure III.25** montre la variation de la DCO et de la masse des boues en fonction de la variation des doses de bentonite. On constate une réduction de la DCO initiale à **733,33 mg d'O<sub>2</sub>/L** ce qui fait un abattement de **90,24%** et la formation de **6,8982 g** de boues.

Cela est dû à l'augmentation de la surface spécifique, d'où la grande disponibilité des sites adsorbants.

L'utilisation du filtre à charbon (**Figure III.28**) après la coagulation-floculation a baissé la DCO jusqu'à **100 mg d'O<sub>2</sub>/L**.

#### III.3.3.4.3. Le sable

On varie la dose du sable et on fixe le pH et la dose du coagulant.

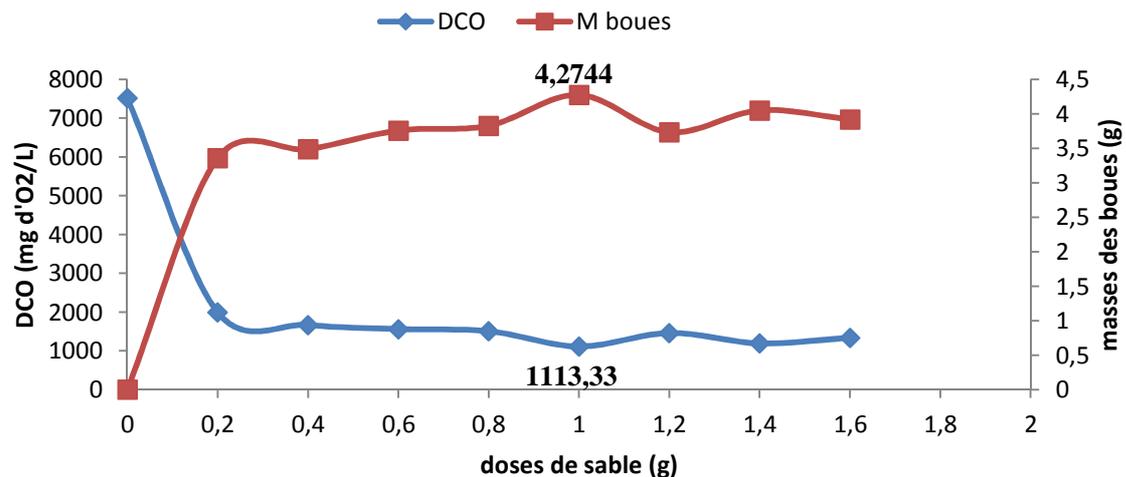


Figure III.29. Variation de la DCO et la masse des boues en fonction des doses du sable

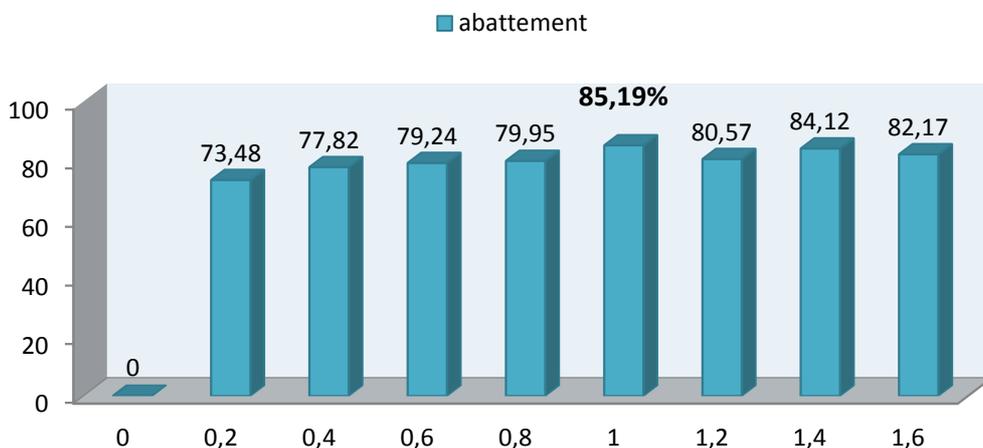


Figure III.30. Abatement de la DCO en fonction des doses de sable

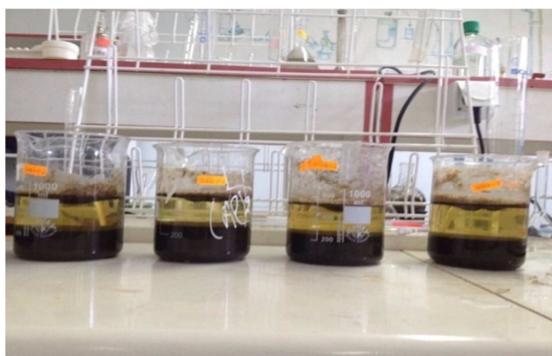


Figure III.31. Surnageant après décantation

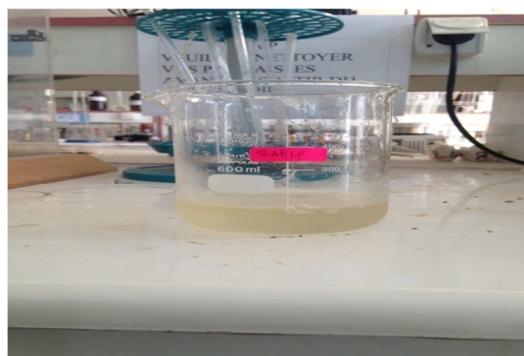
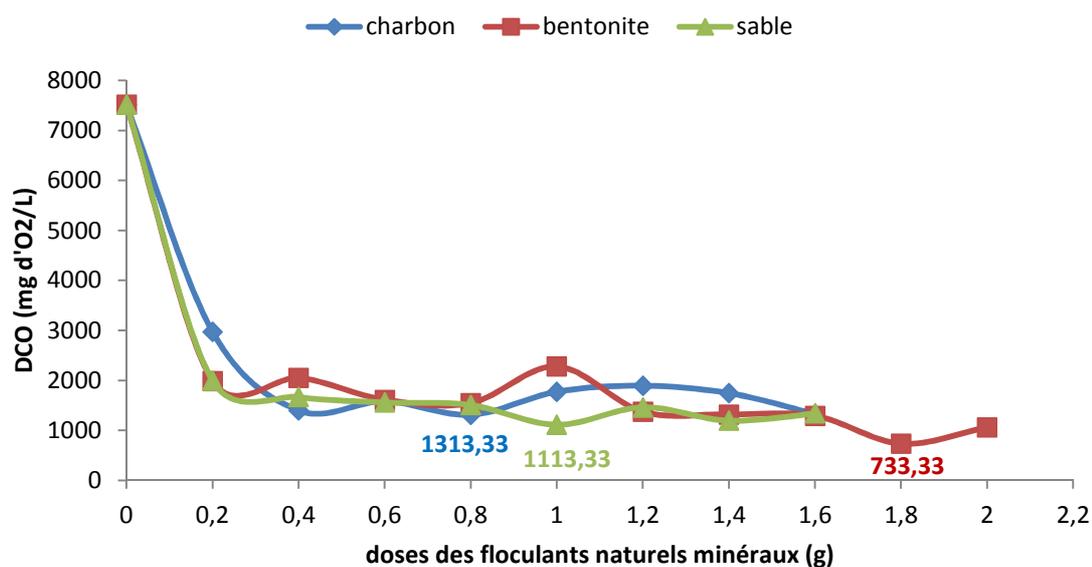


Figure III.32. Surnageant après filtre à charbon

La figure III.29 représente la variation de la DCO et de la masse des boues en fonction des différentes doses de sable. Nous remarquons une diminution de la DCO jusqu'à atteindre une valeur de **1113,33 mg d'O<sub>2</sub>/L**, voir un abattement de **85,19%** qui a été amélioré par un filtre à charbon pour ensuite atteindre **730 mg d'O<sub>2</sub>/L**. Ce résultat revient au fait que le sable est un adsorbant présentant une forte polarité électrique et ions Fe<sup>+3</sup>, ces derniers contribuent à la neutralisation des charges négatives des matières organiques contenues dans les lixiviats. [12]

En résumé, les trois flocculant cité ci-dessus sont assemblés sur la figure suivante :

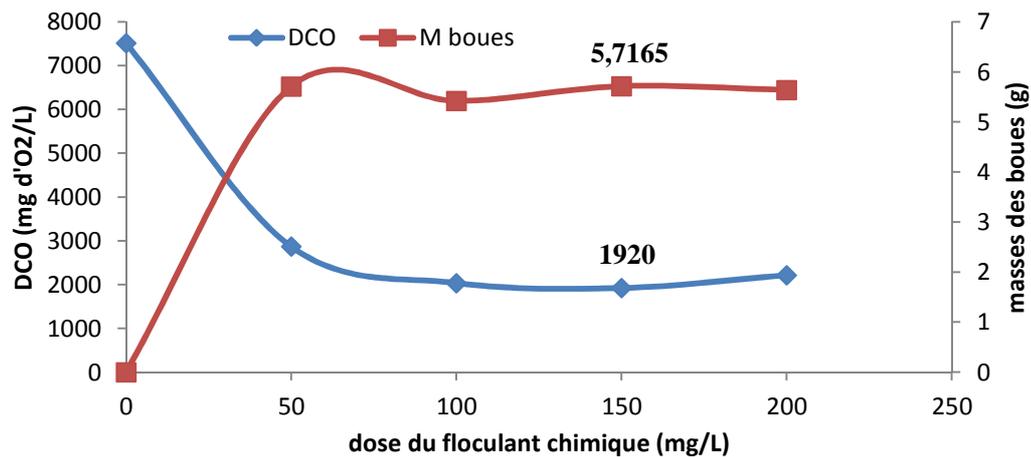


**Figure III.33.** Variation de la DCO en fonction des différents flocculants naturels minéraux

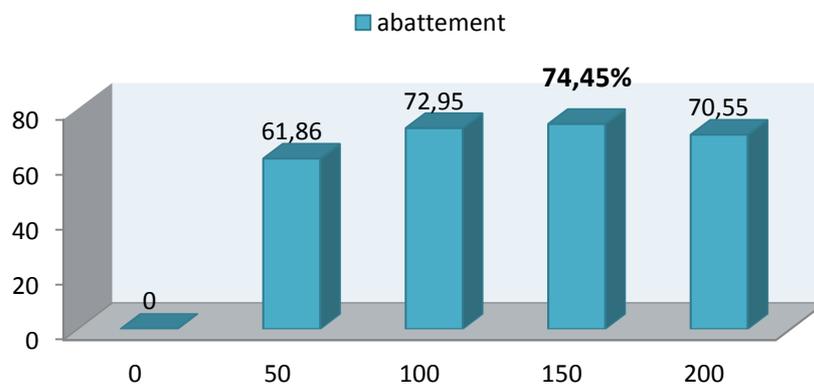
On constate que la bentonite est le meilleur flocculant minéral utilisé.

### III.3.3.5. Le flocculant chimique (utilisé à la SEAAL)

Afin qu'on puisse comparer les résultats donnés par les flocculant naturel, on a utilisé le flocculant chimique utilisé au sein de la SEAAL on gardant le pH et la dose du coagulant à leurs doses optimales.

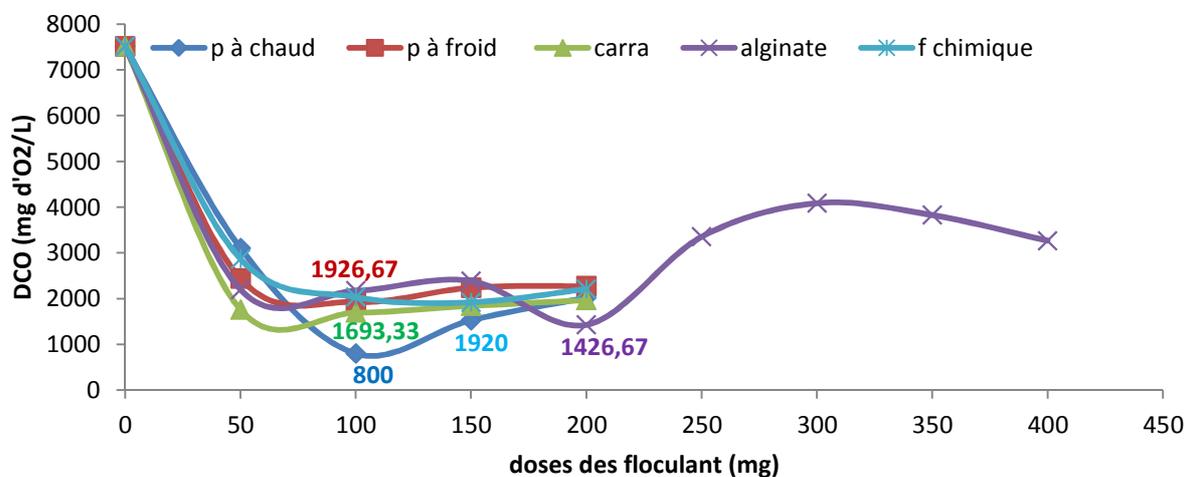


**Figure III.34.** Variation de la DCO et la masse des boues en fonction des doses du flocculant chimique



**Figure III.35.** Abattement de la DCO en fonction des doses du flocculant chimique

D'après les graphes ci-dessus, nous remarquons que l'addition du flocculant chimique à provoquer une diminution de la DCO arrivant à une valeur optimal de **1920 mg d'O<sub>2</sub>/L** soit un abattement de **74,45%** avec une masse de boue de **5,71g**.



**Figure III.36.** Variation de la DCO en fonction des flocculant naturel et chimique

On comparant les résultats donnés par les flocculant naturels et les résultats donnés par le flocculant chimique, on remarque que les flocculant naturels sont nettement meilleurs.

### III.4. Valorisation des déchets générés

Comme tout traitement, la coagulation-floculation génère des déchets sous forme de boues, qui sont généralement acheminées vers des CET qui dans la majorité du temps les renvoies. A ce fait nous avons proposé une solution à cette problématique qui est de transformer et de valoriser ces dernières en charbon actif.

### III.5. Cinétique d'adsorption

Pour tester la capacité d'adsorption des charbons produits, une série d'expériences d'élimination de bleu de méthylène est réalisée.

Sachant que:

- ❖ 240g de boues issus du traitement ont données 2,3933g de charbon après activation.
- ❖ 240g des boues issus de l'ONA ont été activées pour donner 89,72g de charbon actif.

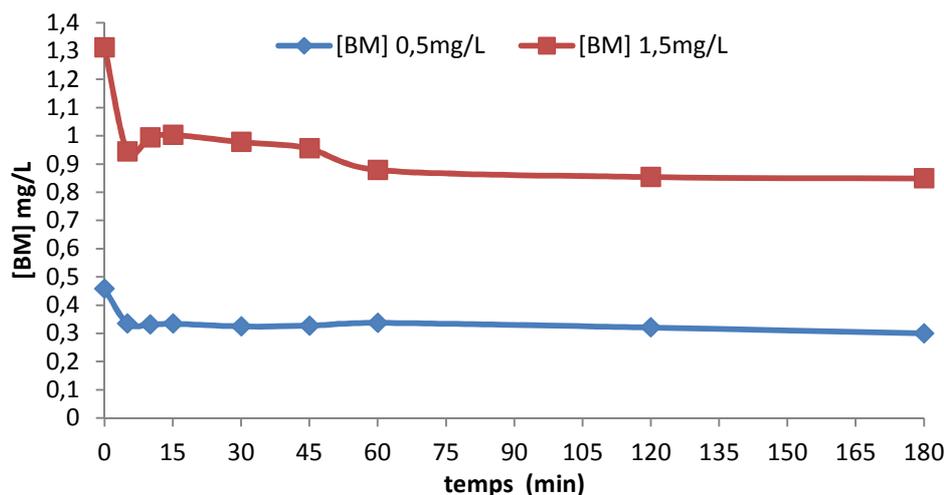


Figure III.37. Cinétique du BM sur le charbon issu des boues de l'ONA en fonction du temps

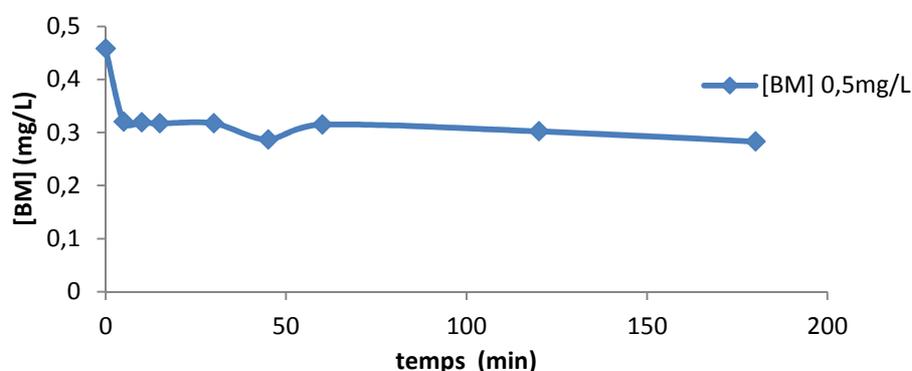


Figure III.38. Cinétique d'adsorption du BM sur le charbon issu des boues de la coagulation-floculation en fonction du temps

Les figures ci-dessus montrent la cinétique d'adsorption du BM à 0,5 mg/L et 1,5 mg/L sur le charbon issu des boues de l'ONA et du BM à 0,5 mg/L sur le charbon issu des boues de la coagulation-floculation. On constate une diminution de la concentration du BM jusqu'à atteindre un palier avec un rendement respectivement de 30% et 35% pour le charbon issu de l'ONA et un rendement de 38% pour le charbon issu de la coagulation-floculation. La capacité de leur adsorption a permis la décoloration quasi-totale de la solution comme le montre les figures suivantes :



Figure III.39. BM avant adsorption



Figure.III.40. BM après adsorption

Pour améliorer l'efficacité du charbon synthétisé, on a récupéré un autre déchet qui est la sciure de bois, comme source de matière organique, que nous avons mélangé à notre boue. Les résultats de la cinétique sont donnés comme suit :

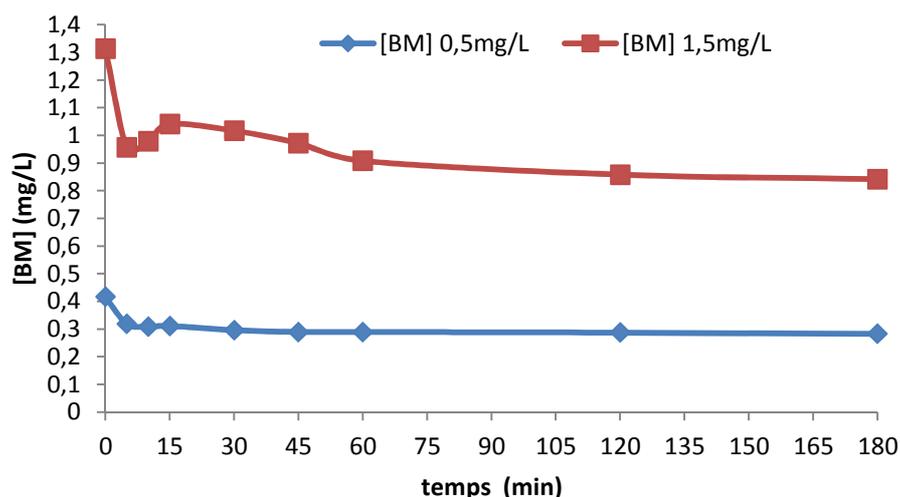
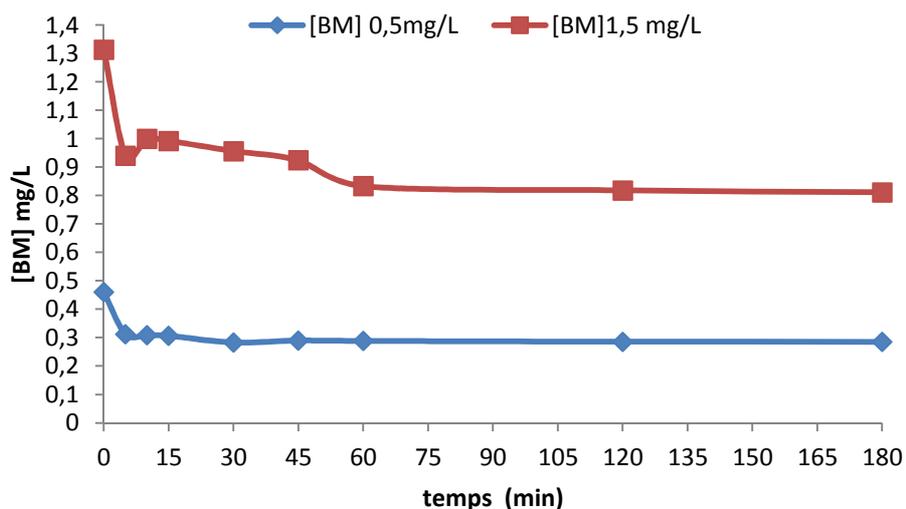


Figure III.41. Cinétique du bleu de méthylène sur le charbon issu de l'ONA+ sciure de bois



**Figure III.42.** Cinétique d'adsorption du BM sur le charbon issu de la coagulation-floculation+ sciure de bois

Les deux figures précédentes représentent l'adsorption du BM à 0,5 mg/L et 1,5 mg/L sur le charbon issu des boues de l'ONA + sciure de bois (**Figure III.41**) et le charbon issu des boues de la coagulation-floculation + sciure de bois (**Figure III.42**) avec des rendements respectivement de 31% et 35% pour le 1<sup>er</sup> charbon et 38% dans les deux cas pour le 2<sup>ème</sup> charbon. Cette évolution des rendements d'élimination du BM en fonction du temps de contact montre une disparition de sa couleur. Ce qui explique que les deux charbons ont un pouvoir adsorbant.



**Figure III.43.** BM avant adsorption



**Figure III.44.** BM après adsorption

# *Conclusion générale*

## ***Conclusion générale***

Ce travail pluridisciplinaire repose sur l'étude de la composition des lixiviats de la décharge de Corso, l'a traité puis valoriser les déchets issus de ce dernier.

Les lixiviats provenant de cette décharge présentent des caractéristiques atypiques dépassant les normes de rejets admises d'où la nécessité d'agir efficacement.

D'une DCO initial de 7516,66 mg d'O<sub>2</sub>/L notre lixiviat se classe parmi les lixiviats intermédiaires dont la DCO est comprise entre 3000 mg d'O<sub>2</sub>/L et 15000 mg d'O<sub>2</sub>/L.

D'un rapport DBO<sub>5</sub>/ DCO proche de 0,2 le lixiviat est difficilement biodégradable d'où le choix d'un traitement physico-chimique.

L'application de la coagulation-floculation s'avère être adéquat en abattant la DCO jusqu'à 90,24% en utilisant différents flocculants naturels qui ont la particularité de ne pas être toxiques. Les différents essais ont montré que la DCO diminue avec l'augmentation de la dose des flocculant en montrant une nette amélioration avec la pectine préparée à chaud et la bentonite.

Afin de s'assurer des conditions opératoires nous avons procédé à des variations de la vitesse d'agitation ainsi que le temps de décantation ce qui nous a confirmé que nous avons bien opéré dans les conditions optimales soit 120tr/min et 20min de décantation.

Comme tout traitement, la coagulation-floculation sur le lixiviat engendre des déchets (boues), notre deuxième but été de valoriser celle-ci en produisant du charbon actif qui pourra être utilisé comme adsorbant dans le traitement des eaux usées.

En effet la cinétique sur le bleu de méthylène du charbon issu de la coagulation-floculation a donné des résultats satisfaisant par rapport aux autres charbons utilisés avec des rendements allant jusqu'à 38%, ce qui montre l'existence des pores.

## **Références bibliographiques**

- [1] BLIEFERT P. 2001. Chimie de l'environnement : air, eau, sol, déchets. 1<sup>ère</sup> édition, page 405.
- [2] CIIND centre national d'informations indépendantes sur les déchets.
- [3] BOUCHET C.2014. Traitement des lixiviats : des effluents complexes qui nécessitent un traitement complexe.
- [4] ISMAIL A.R. 2008. Caractérisation et traitement des lixiviats générés par les déchets du centre d'enfouissement technique d'OULED FAYET. Ingéniorat : génie de l'environnement : Ecole nationale polytechnique Algérie.
- [5] BIYADA S.2015. Traitement des lixiviats de la décharge publique contrôlée de la ville de Fès par voie biologique et physique. Faculté des sciences et techniques de Fès
- [6] GIS-BioSTEP. 2004. Dysfonctionnements biologiques des stations d'épuration : origines et solutions. CEMAGRAF Lyon.
- [7] CARDOT C. Génie de l'environnement, les traitements de l'eau pour l'ingénieur : procédés physico-chimiques et biologiques cours et problèmes résolus. Nouvelle édition.
- [8] Bilan des études menées sur l'utilisation de flocculant à base de polyacrylamides dans les carrières. Ecole des mines d'Alès.2007-2011.
- [9] Cancer environnement comprendre informer prévenir.
- [10] GUERRADI I., HECHACHNA A., 2013. L'utilisation industrielle du charbon actif. Université Amar telidji, Laghouat.
- [11] Journal Le monde.fr.Edition globale.
- [12] MERZOUKI M<sup>ed</sup>., FADEL H., BENLEMLIH M<sup>ed</sup>., 2014. Traitement des effluents urbains et industriels: originalité et performances. Laboratoire de biotechnologie, faculté des sciences Dhar El Mahraz, Fès, Maroc.
- [13] KADOUCHE S.2016. Cours master 1 chimie de l'environnement, traitement des eaux, université MOULOUD MAMMERI Tizi ouzou.
- [14] Colin F .1984. Etude des mécanismes de la genèse des lixiviats.Iventaire et examen critique des tests de laboratoire, rapport. Université de Nancy.