

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Ibn Khaldoun–Tiaret–  
Faculté Sciences de la Nature et de la Vie  
Département Sciences de la Nature et de la Vie



Mémoire de fin d'études  
En vue de l'obtention du diplôme de Master académique  
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie  
Filière : Biotechnologie  
Spécialité : Biotechnologie Microbienne

Présenté par :

SaidatTorkia

**Thème:**

**Biosorption des métaux lourds (plomb) par la boue de  
la STEP de la ville de Tiaret**

**Soutenu le**

15/ 10 / 2020

**Jury:**

**Président:** Mr Hadj Said A

**Encadrant:** Mme Rais S

**Co-encadrant:** Mr Sassi M

**Examineur :** Mr Mettai K

**Année universitaire 2019-2020**

## *Remerciements*

**Au nom d'Allah, le plus grand merci lui revient de m'avoir guidée vers le droit Chemin, de m'avoir aidée tout au long de mes années d'études.**

**Merci ALLAH, le tout puissant qui m'a donné la force, le courage et la possibilité de réaliser ce travail et la chance d'arriver à ce stade d'étude.**

**Je tiens à saisir cette occasion et adresser mon profond remerciement et ma Profonde reconnaissance :**

**A mes enseignants,**

**D'avoir partagé vos connaissances avec moi, et de m'avoir toujours soutenu et aidé.**

**A mes encadreurs,**

**Dr. Mme S. RAIS et Dr .M .Sassi**

**Pour m'avoir accompagné tout au long de la rédaction de ce mémoire,**

**Pour votre encadrement fructueux, votre gentillesse, et votre générosité**

**Pour votre disponibilité sans faille et pour le temps que vous vous m'êtes consacré à relire et améliorer mon travail,**

**Veillez recevoir l'expression de mes profonde gratitude et de m'a sincère Remerciements et reconnaissance,**

**A notre président de jury,**

**DR MrHadj Said**

**Vous m'avez accordé un grand honneur en acceptant de présider le jury de notre thèse, je vous remercie et vous témoigne ma profonde et respectueuse reconnaissance.**

**Au membre de jury,**

**MrMettai K**

**Vous je fais un grand honneur en acceptant de juger ce travail. Soyez assurés de ma respectueuse considération.**

**A tout le personnel du service de laboratoire de Amélioration et valorisation des productions animales locales de Tiaret ; et particulièrement**

**Melle. F Abdellah**

**Pour l'excellent accueil, leur orientation, les conseils avisés, et, pour l'aide qu'elle m'apporté pour la réalisation de cette étude.**

**Enfin, je tiens également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.**

## *Dédicace*

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut...

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance  
...Aussi, c'est tout simplement que je dédie ce projet de fin d'étude...

A mes chers parents : Djilali, Safi Hafssa.

A mes adorables sœurs : Khaira, Khadidja, Maria, Nadjet.

A mes frères:saad, mohamad, Boubaker, Ahmed.

Et tout mis petit familles : Yassine, Mohamad, Solaf, Fatima, Amina, Ritaj.

A tous les membres des familles : Saidat mes oncles, mes tantes ainsi que mes cousins et mes  
cousines.

A mes chers amis : Amina, Hassenia, Fatima

A tous mes enseignants et toutes mes enseignantes.

*Torkia*

Remerciements

Dédicace

## SOMMAIRE

Liste d'abréviations .....	i
Liste des tableaux .....	ii
Liste des figures .....	iii
Introduction .....	1

### Chapitre I : Matériel et méthode

I.1. Objectif : .....	3
I.2. Lieu et période du travail : .....	3
I.3. Présentation du site d'étude : .....	3
I.4. Caractérisation du biosorbant et des biosorbats : .....	3
I.4.1. La boue : .....	3
I.4.2. Biosorbats : .....	3
I.4.2.1. Le plomb : .....	4
I.5. Biosorption par la boue : .....	4
1.5.1. Les boues : .....	4
1.5.2. Propriétés des biosorbants : .....	5
1.5.2.1. Provenances .....	5
I.6. Matériel et Méthodes : .....	5
1.6.1. Méthode instrumental d'analyse : .....	5
1.6.1.1. pH-mètrie : .....	5
1.6.1.2. Généralité sur la spectrométrie d'absorption atomique : .....	5
1.6.1.2.1. Principe : .....	5
I.7. Appareillages et produits utilisés : .....	6
I.8. Protocole expérimental : .....	7
1.9. Méthodologie expérimentale : .....	8
1.9.1. Traitement du biosorbant : .....	8
I.9.2. Préparation des solutions métalliques : .....	8
I.9.3. Courbe d'étalonnage : .....	8
I.10. Paramètres influençant l'adsorption : .....	8
I.10.1. Rapport solide / liquide : .....	9

I.10.2. Effet du pH :.....	9
I.10. 3. La cinétique d'adsorption (temps de contact) :.....	9
I.10.4. Isotherme d'équilibre :.....	10
I.11. Influence de la température.....	10

## **Chapitre II : Résultats et discussion**

II. 1 .Courbe d'étalonnage :.....	12
II. 2. Paramètres influençant l'adsorption :.....	12
II. 2. 1. Le rapport solide/liquide :.....	12
II. 2. 2. L'effet du pH : .....	13
II.2.3. Variation du pH final en fonction du pH initial : .....	14
II. 2. 4. Temps de contact :.....	15
II. 3. Etude cinétique d'adsorption :.....	16
II. 3. 1. Modèle du pseudo second-ordre (PSO) :.....	17
II. 4. Processus de diffusion : .....	19
II. 4 .1 . Processus de diffusion intraparticulaire.....	19
II. 5. Isotherme d'adsorption :.....	21
II. 6. Modélisation des isothermes .....	23
II. 6. 1. Modèle de Langmuir : .....	23
II. 6. 2. Modèle de Freundlich :.....	25
II. 7. Etude thermodynamique (effet de la température).....	26
<b>Conclusion</b> .....	28
<b>Références bibliographiques</b> .....	

ANNEXE

Résumé

## Liste des abréviations

**EH** : équivalents habitants

**h** : heure

**HCl** : l'acide chlorhydrique

**MO** : microorganisme

**nm** : nanomètre

**Pb** : plomb

**pH** : potentiel hydrogène

**pm** : picomètre

**S/l** : Rapport solide / liquide

**STEP** : station traitement des eaux polluées

**T** : temps de contact

**V** : volume (L)

**µm** : micromètre

## Liste des tableaux

<b>Tableau N° 01</b> : Caractéristique physico-chimique .....	<b>05</b>
<b>Tableau N° 02</b> : Exemples d'utilisation des boues de STEP pour la fixation des polluants organiques pages .....	<b>05</b>
<b>Tableau N° 03</b> : Matériels, produits utilisés .....	<b>07</b>
<b>Tableau N° 04</b> : Paramètres de la cinétique de second ordre pour PbII .....	<b>19</b>
<b>Tableau N° 05</b> : Valeurs maximale de la capacité d'adsorption du PbII à l'équilibre à 20, 30, 40, 50°C .....	<b>23</b>
<b>Tableau N° 06</b> : Paramètres de linéarisation du modèle de langmuir du plomb .....	<b>25</b>
<b>Tableau N° 07</b> : Paramètres de linéarisation du modèle de frendlich .....	<b>26</b>
<b>Tableau N° 08</b> : Paramètres thermodynamique relatifs à l'adsorption du Pb .....	<b>28</b>

## Liste des figures

<b>Figure N° 01 :</b> Protocol expérimental .....	<b>08</b>
<b>Figure N° 02 :</b> Courbes d'étalonnage du plomb .....	<b>13</b>
<b>Figure N° 03 :</b> Cinétique de fixation du PbII en fonction de la quantité de biosorbant .....	<b>14</b>
<b>Figure N° 04 :</b> L'effet de pH sur l'adsorption de PbII par la boue de laiterie .....	<b>15</b>
<b>Figure N° 05 :</b> Variations du pH durant la biosorption du Pb II par la boue de laiterie .....	<b>16</b>
<b>Figure N° 06 :</b> Cinétique de fixation du Pb II en fonction de la concentration initiale de la boue de laiterie.....	<b>17</b>
<b>Figure N° 07 :</b> Modèle cinétique "pseudo second – ordre " appliqué à l'adsorption de PbII par la boue de laiterie pour différentes quantités de biomasse.....	<b>18</b>
<b>Figure N° 08 :</b> Modèle cinétique "pseudo second-ordre" appliqué à l'adsorption de Pb II par la boue de laiterie pour différentes concentration .....	<b>19</b>
<b>Figure N° 09 :</b> Effet de concentration en ions PbII sur leur diffusion intraparticulaire .....	<b>21</b>
<b>Figure N° 10 :</b> Effet de la quantité de boue la diffusion intraparticulaire des ions Pb II .....	<b>21</b>
<b>Figure N° 11 :</b> Les isothermes d'adsorption du PbII par la boue .....	<b>22</b>
<b>Figure N° 12 :</b> Isotherme de biosorption du Pb selon le modèle de langmuir à 20 ,30 ,40 et 50°C.....	<b>27</b>
<b>Figure N° 13 :</b> Détermination de l'énergie de biosorption du plomb par la boue .....	<b>30</b>

L'accroissement de la pollution est à l'origine de dégâts dans la biosphère, constituée par l'ensemble des êtres vivants. Elle est causée par des effluents industriels chargés en micropolluants, des produits chimiques agricoles et d'autres polluants présents dans l'atmosphère, l'hydrosphère et la lithosphère. Les métaux lourds rejetés dans l'environnement sont parmi les plus importants polluants présentant une toxicité cumulée le long de la chaîne alimentaire [1].

Les métaux lourds en général, le plomb en particulier, présentent un fort impact toxicologique [2]. Il est l'un des métaux les plus anciennement et les plus largement utilisés par l'homme. Sa toxicité est connue depuis l'antiquité et elle est toujours d'actualité [1].

La dispersion de Pb résultant des activités industrielles (fabrication de peinture, d'accumulateurs au Pb, de piles des plastiques), agricoles et minières affecte les matrices environnement telles le sol, l'eau et l'air et à partir desquelles il migre dans différents maillons de la chaîne alimentaire. La pollution du sol, de l'air et de l'eau, a fait apparaître de nouveaux problèmes de santé. Il est une substance toxique causant des retards de développement intellectuel chez l'enfant [3] et qui a été classée cancérigène possible (2B) [4].

L'élimination des métaux lourds déversés dans l'environnement par les différentes industries selon les procédés classiques n'a pas totalement réglé le problème de la pollution.

Les processus de bio sorption, définis comme étant la fixation des ions métalliques par la biomasse, commencent à être employés comme une technique alternative pour la décontamination des effluents industriels ainsi que la récupération des métaux fixés [5]. L'interaction entre les métaux et la biomasse dépend des groupements fonctionnels des parois cellulaires et des bios polymères des différents microorganismes [6].

La recherche des adsorbants alternatifs et efficaces à faible coût, de préférence issus des substances naturelles et déchets locaux a été mise à l'étude par plusieurs chercheurs [7,8]

Les boues de station d'épuration sont des résidus, principalement organiques, issus du traitement des eaux usées [9]. Chaque année, près d'un million de tonnes de matières sèches sont produites par les stations d'épuration urbaines. Plusieurs filières en assurent la valorisation ou l'élimination.

## *Introduction*

---

Dans la présente étude, nous sommes intéressés à la valorisation de la boue issue de la STEP de Tiaret afin de traiter une eau distillée polluée artificiellement par le plomb par la biosorption.

Cette étude est structurée en deux chapitres :

Le premier chapitre aborde la partie matériels et méthodes, le protocole expérimental, le matériel et les réactifs employés ainsi que les méthodes expérimentales utilisées.

Le second chapitre est consacré aux résultats obtenus avec une discussion.

Une conclusion générale est présentée en fin du document.

# **Chapitre I :**

## **Matériel et méthode**

### **I.1. Objectif :**

L'objectif principal de notre travail est d'évaluer la capacité d'adsorption des boues issus de la STEP de Tiaret vis-à-vis le plomb. Cette étude sera réalisée, en examinant l'effet de plusieurs facteurs sur le pouvoir d'élimination d'un polluant inorganique du matériau utilisé, en particulier, la température, le temps de contact, la masse de l'adsorbant et le pH.

A cause du confinement, Covid 19, on n'a pas terminé la partie expérimentale. Donc on a présenté dans le chapitre deux des études similaires sur l'adsorption du plomb par une boue de laiterie.

### **I.2. Lieu et période du travail :**

Ce travail est réalisé au niveau du laboratoire de recherche : Amélioration et valorisation des productions Animales locales (AVPAL) de l'université IBN KHALDOUN, Tiaret et cela dans une période allant du 01/03/ 2020 au 15/ 03/ 2020.

### **I.3. Présentation du site d'étude :**

La station de traitement des eaux usées (STEP), utilisée pour ce travail, est celle de Tiaret, cette dernière se situe au nord-ouest d'Algérie. La STEP se localise dans la commune d'Ain bouchakif, à 6 km au sud de la ville de Tiaret.

### **I.4 .Caractérisation du biosorbant et des biosorbats :**

#### **I.4.1 . La boue :**

On appelle boues d'épuration les boues qui se forment lors des traitements biologiques des eaux usées dans la station d'épuration (Avant tout dans le bassin de clarification et le bassin de décantation).Elles sont composées d'eau et de matière sèches dont les quelles se trouve des éléments polluants lourd. [10, 11, 12]

#### **I.4.2.Biosorbats :**

Le plomb est un élément naturel mais rarement sous forme libre. Il est principalement utilisé dans les batteries automobiles, mais également dans les pigments, les munitions, les alliages, l'enrobage de câbles, la protection contre les rayonnements, la soudure... et anciennement dans les carburants et les peintures. [13]

Selon le règlement (CE) (n° 1272/2008), les composés du plomb sont généralement classés reprotoxiques, nocifs par inhalation et dangereux pour l'environnement.

### I.4. 2.1. Le plomb :

L'essentiel des caractéristiques physico-chimiques du Pb est mentionné dans le tableau N° 01.

**Tableau N°01** : Caractéristiques physico-chimiques du plomb. [14]

<b>Symbole chimique</b>	<b>Pb</b>
Numéro atomique (z)	82
Masse atomique	207,2
Masse volumique (g.cm <sup>-3</sup> ) à 20°C	11,34
Température de fusion (°C)	327
Température d'ébullition (°C)	1755
Densité à 20 °C	11,34
Etapes d'oxydations	+2et +4
Rayon de covalence (pm)	147
Rayon ionique (pm)	120

### I.5. Biosorption par la boue :

#### 1.5.1. Les boues :

Les boues activées produites lors des traitements biologiques sont considérées comme de bons biosorbants de polluants des effluents industriels [15,16]. Quelques exemples d'utilisation des boues de STEP pour la fixation des polluants organique et inorganique sont mentionnés dans le tableau N° 02

**Tableau N°02** :Exemples d'utilisation des boues de STEP pour la fixation des polluants organique et inorganique

<b>Boue</b>	<b>Polluant</b>	<b>qmax(mg/g)</b>	<b>Réf</b>
Boue de station urbaine	Cd	84,3	[17]
	Pb	131,6	
Boue de station urbaine	Basic Red18	285,7	[18]
	Basic Blue9	256,4	
Boue de station industrielle	Reactive Blue2	250	[19]
	ReactiveYellow 2	333,3	

### **1.5.2. Origine des biosorbants :**

La boue utilisée pour le piégeage des micropolluants provient du Station d'épuration des eaux usées d'Ain Bouchekif- Tiaret. Elle est obtenue après traitement biologique des eaux usées domestiques ou industrielles. Son choix comme matériaux de dépollution réside dans sa richesse en microorganismes.

#### **1.5.2.1. Provenances**

La boue est récoltée au niveau de différents points des lits de séchage au niveau de station d'épuration.

### **1.6. Matériel et Méthodes :**

#### **1.6.1. Méthode instrumental d'analyse :**

##### **1.6.1.1. pH-métrie :**

Les mesures du pH des différentes solutions ont été réalisées à l'aide d'un pH –mètre (HANNA) de laboratoire. Au préalable, l'étalonnage a été effectué à l'aide de solutions tampons

##### **1.6.1.2. Généralité sur la spectrométrie d'absorption atomique :**

###### **1.6.1.2 .1 . Principe :**

L'absorption atomique est un processus qui se produit lorsqu'un atome appartenant à l'état fondamental passe à l'état excité par l'absorption d'une énergie, sous la forme d'un rayonnement électromagnétique, qui correspond à une longueur d'onde spécifique. Le spectre d'absorption atomique d'un élément est constitué d'une série de raies de résonance, tous originaires de l'état électronique fondamentale et finissent dans différents états excités.

En général, la raie de la transition entre l'état fondamental et le premier état excité définit la plus forte capacité d'absorption, et c'est la raie habituellement utilisée. Les transitions entre l'état fondamental et l'état excité se produisent uniquement lorsque le rayonnement incident, provenant d'une source lumineuse, est exactement égal à la fréquence d'une transition spécifique. Une partie de l'énergie de la radiation incidente  $I_0$  est absorbée.

Le rayonnement émis est donné par  $I$

$$I = I_0 \cdot e^{(\epsilon l)}$$

Où

$\epsilon$  est le coefficient d'absorption de l'élément à analyser

$l$  est la longueur du trajet horizontal du rayonnement à travers la chambre d'absorption.

L'absorption atomique est déterminée par la variation de la puissance rayonnante du faisceau incident en présence et en absence d'atomes analysés dans l'atomiseur. La largeur de la raie émise par la source lumineuse doit être plus petite que la largeur de la raie absorbée de l'analyse. La quantité d'énergie absorbée, à partir d'un faisceau de rayonnement pour la longueur d'onde d'une raie de résonance, augmentera avec l'augmentation du nombre d'atomes de l'élément sélectionné dans la chambre d'absorption. La relation entre la quantité de lumière absorbée et la concentration de l'analyse présente dans les standards peut être déterminée. On peut déterminer les concentrations des échantillons en comparant les quantités de rayonnement absorbé par ces derniers avec la quantité de radiation absorbé par les standards. La Lecture de l'instrument peut être calibrée de façon à afficher les concentrations de l'échantillon directement [20].

### I.7. Appareillages et produits utilisés :

Les produits et réactifs, matériels et verreries utilisés sont présentés dans le tableau n° 03.

**Tableau n°03 : Matériels, produits utilisés.**

Verrerie et autre matériel	Appareillage	Réactifs et étalons
-Eprouvettes graduées.	-PH-mètre (OHAUS).	-Eau distillée.
-Béchers.	-Agitateur magnétique(IKAMAG).	- acide chlorhydrique(HCL).
-Entonnoirs.	-balance(OHAUS).	- les boues de STEP.
-Micropipettes.	-Spectrophotomètre d'absorption atomique.	-Tamis 250 $\mu$ m.
-Erlenmeyer.		-Acide nutritive.
-Pipetes gradué.		
-Fiole juges.		
-Spatule.		
-Tube à essai.		
-Papier filtre.		

## I.8. Protocole expérimental :

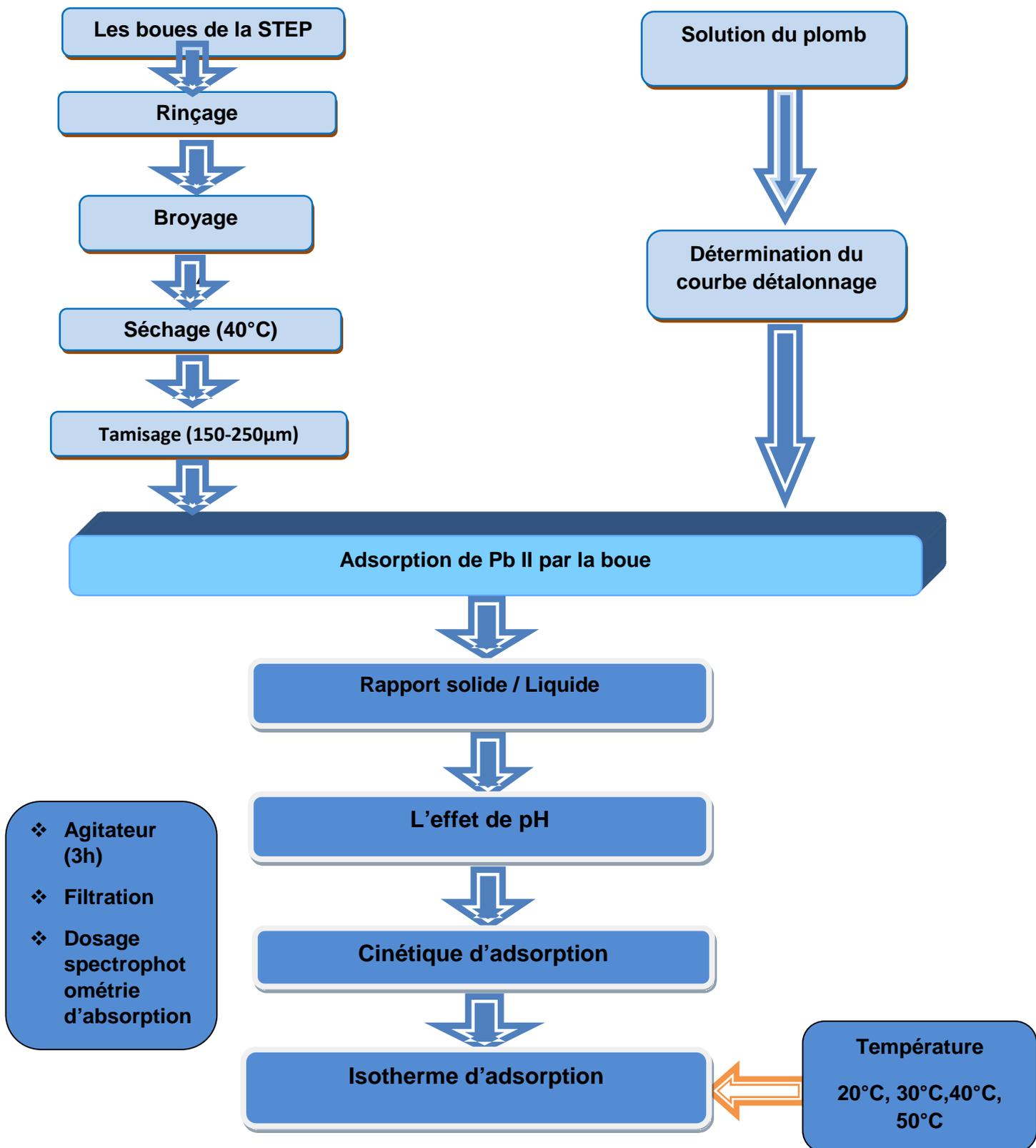


Figure N° 01 : protocole expérimental

## **1.9.Méthodologie expérimentale :**

### **1.9.1. Traitement du biosorbant :**

Un traitement préliminaire a comporte 4 étapes :

a-Lavage : il a été effectué avec une quantité d'eau distillée.

b– Séchage : c'est la déshydratation des boues en étuve à 40°C pendant 24h.

c- Broyage : le broyeur utilisé est un mortier.

d- Tamisage : par un tamis d'épaisseur de pores de 150 à 250µm.

### **I.9.2. Préparation des solutions métalliques :**

Des solutions mères de 100mg/L de Pb(II) à partir de  $Pb(NO_3)_2$  est préparée et acidifiées à pH 5 avec du  $HNO_3$  concentré pour éviter la précipitation des métaux sous forme d'hydroxyde. [21]

Ces solutions mères sont utilisées pour préparer des solutions diluées.

$$C1v1=C2V2$$

Ou

C1 : la concentration de la solution mère  $Pb(NO_3)_2$ .

V1 : le volume de la solution mère.

C2 : la concentration de la solution fille dilue.

V2 : le volume de la solution dilue.

Effectuer les lectures à la longueur d'onde de 28 3,3nm. [22]

### **I. 9.3. Courbe d'étalonnage :**

Afin d'estimer la quantité fixée du Pb(II), il est nécessaire de tracer une courbe d'étalonnage  $DO=f(C)$  avec une gamme des concentrations de 0,2 à 10mg/l. La quantité de métal non fixé est déterminée par spectrophotomètre absorption atomique à la longueur d'onde de 28 3,3nm.

## **I.10. Paramètres influençant l'adsorption :**

L'adsorption des polluants inorganiques sur un matériau solide tel que les boues dépend de plusieurs paramètres qui influent sur leur fixation, dont le but d'obtenir une bonne fixation et un meilleur taux d'élimination du plomb par ce matériau et pour optimiser les performances d'adsorption, nous devons étudiés au cours de ce travail l'influence de cinq paramètres suivants : le rapport solide/liquide, le pH , le temps de contact, la température et l'effet de la concentration

**I.10 .1.Rapport solide / liquide :**

Le rapport solide – liquide est la concentration du solide dans un volume donné. A partir de la formule suivante, on peut déterminer la masse de boue nécessaire pour chaque rapport étant le volume fixe.

$$R(S / l) = m/v.$$

Afin d'étudier la masse de la boue brute, en utilisant 100 ml de la solution de plomb de concentration 100mg/l avec trois masses de boue 50mg, 100mg, 200mg sous une agitation modérée pendant 3h à la température ambiante 25 °c. Ensuite une filtration, le surnageant est analysé par spectrophotométrie d'absorption atomique à une longueur d'onde spécifique de 283,3 nm [22].

**I.10.2. Effet du pH :**

Le pH est un paramètre essentiel à prendre en compte dans les processus de l'adsorption. Il joue un rôle important sur la cinétique d'adsorption généralement les composés acides s'adsorbent à faible pH et les composés basiques à un pH élevé.

Le pH du plomb est un des facteurs qui influent le plus sur la mobilité et la biodisponibilité du plomb. Les risques de mobilité sont plus grands dans les milieux acides.

Dans un bécher, on introduit 50mg de la boue à laquelle on ajoute 100 ml de solution de plomb de concentration 100 mg / l et cela à différents pH (1, 2, 3, 4, 5,6). L'ajustement du pH est contrôlé par des micro-ajouts de l'acide chlorhydrique (NO<sub>3</sub>)=0 .1.

Après l'ajustement de pH initial, les échantillons sont mis dans un bain marie secoué pendant trois heures à une température de 25°C et sous une agitation modérée.

Ensuite, le pH est mesuré et les solutions filtrées, la quantité de métal non fixé est déterminée par spectrométrie d'absorption atomique.

**I.10. 3. La cinétique d'adsorption (temps de contact) :**

La cinétique d'adsorption est l'étude de l'évolution de l'adsorption au cours du temps. L'étude cinétique permet de déterminer le temps d'équilibre atteint lors de la fixation du plomb sur le matériau adsorbant. Elle est réalisée dans les conditions opératoires suivantes : à une température de 25°C, 50mg de boue est mise en suspension avec 100ml d'une solution de plomb à une concentration de 100mg/l, à un pH optimal 5. Les mélanges sont agités pendant des durées

variables allant de 3h. Le temps d'équilibre pour les tests d'adsorption est évalué par la mesure de la quantité du plomb fixé sur les boues à différents temps de contact en mesurant la concentration résiduelle par Spectrophotomètre d'absorption atomique à la longueur d'onde de 283,3nm.

La quantité fixée est déterminée par la relation suivante :

$$Q_e = (C_i - C_e) * V / m$$

Où :

$Q_e$  : La quantité fixée à l'équilibre en (mg/g).

$C_i$  : La concentration initiale de l'adsorbat en (mg/l).

$C_e$  : La concentration résiduelle (concentration à l'équilibre) de l'adsorbat en (mg/l).

$V$  : le volume de la solution en (ml).

$M$  : La masse de l'adsorbant en (g).

#### **I.10.4. Isotherme d'équilibre :**

Les isothermes d'adsorption sont très utiles pour la compréhension du mécanisme d'adsorption.

En générale, les isothermes d'adsorption fournissent des informations sur l'amélioration des adsorbants, une description sur l'affinité et sur l'énergie de liaison entre l'adsorbant (existence des interactions latérales entre molécules ou non) et sur la capacité d'adsorption L'isotherme permet aussi de donner des informations sur le mode d'adsorption (adsorption en monocouche ou en multicouches).

Les isothermes biosorption jouent un rôle important dans la détermination des capacités fixation et réalisées à pH 5 en mélangeant 100ml de la solution métallique du Pb II de concentration initiale ( $C_0$ ) variant de 10 à 500 mg/L avec 50mg (m) de biosorbant. Après agitation (3 h, 200 tr/min et à 25 °C) et filtration, la quantité de métal fixé est déterminée :

#### **I .11. Influence de la température**

L'adsorption du soluté est un phénomène qui présente de point de vue thermodynamique un caractère exo ou endothermique suivant les couples adsorbat-adsorbant considérés. Pour cela on peut dire que la température est un paramètre très important pour le processus d'adsorption [23] .

L'effet de la température sur la fixation des plombs sur la boue a été étudié à températures : 20, 30, 40, 50°C. Les échantillons sont préparés en dispersant une quantité de 50 mg de matériau adsorbant dans 100ml de solution de plomb à une concentration 100mg/l et un pH optimal. Ils sont ensuite placés dans un bain-marie thermostaté pour préserver la température désirée constante. Le temps de contact est de 3h.

# **Chapitre II :**

## **Résultats et discussion**

## II. 1 .Courbe d'étalonnage :

La courbe d'étalonnage montre l'évaluation de l'absorbance en fonction de la concentration du plomb est représentée dans la figure 02.

La courbe a été obtenue en employant des solutions du Pb II de concentration entre 1 et 10 mg/l. Les valeurs obtenues, montrent qu'il y a une variation linéaire entre l'absorbance et la concentration du plomb suivant l'équation suivante :

$$Y = a x$$

Ou :

Y : absorbance à  $\lambda = 283,3$  nm.

X : concentration de plomb

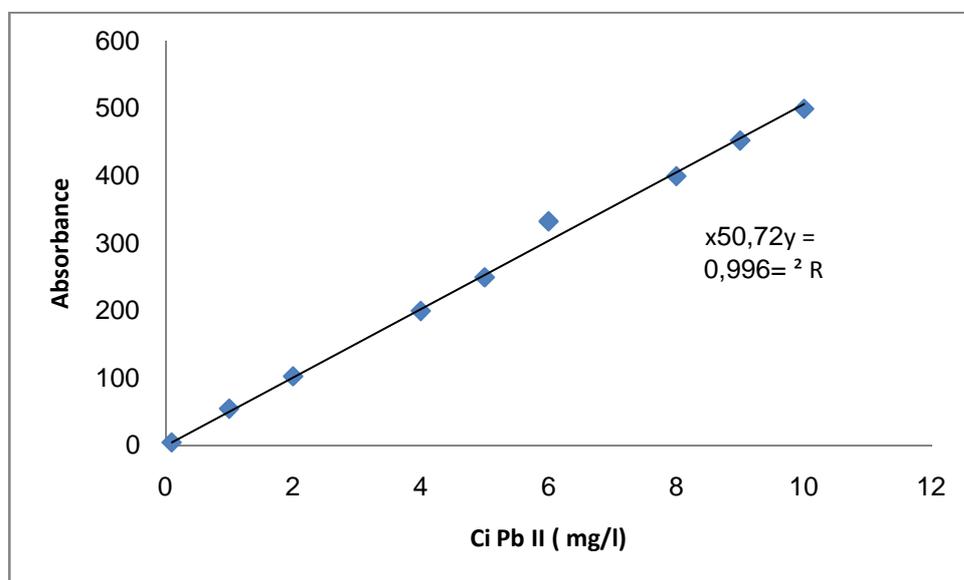


Figure N° 02 : La courbe d'étalonnage du plomb

## II. 2. Paramètres influençant l'adsorption :

### II. 2. 1. Le rapport solide/liquide :

L'influence du rapport S/L sur l'adsorption du Pb II par la boue de laiterie est représentée sur la figure N° 03. On remarque que la meilleure quantité adsorbée du plomb est obtenue pour un rapport solide/liquide égal à 1/2, ce qui correspond à une masse optimale égale à 0,5 g.

L'augmentation de la quantité de biomasse diminue légèrement le temps d'équilibre et empêche les ions métalliques d'atteindre les différents sites de biosorption[24].

Lorsque la quantité de biomasse passe de 0,5 à 2 g la capacité de fixation diminue d'environ 50%.

L'efficacité d'adsorption diminue avec l'augmentation de la masse de la boue. La réduction de la capacité d'adsorption peut être due à l'agrégation de particules, résultant d'une masse élevée d'adsorbant [25] Une telle agrégation conduirait à une diminution des sites actifs totaux sur la surface de l'adsorbant et conduirait aussi à une augmentation de la longueur du trajet de diffusion [25].

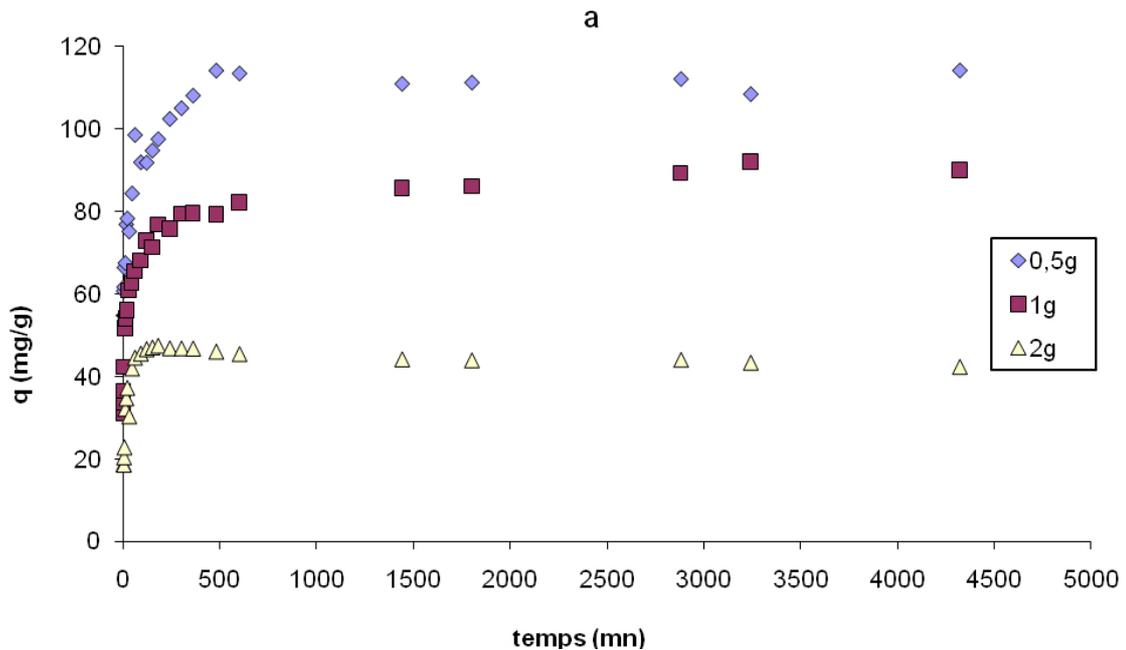


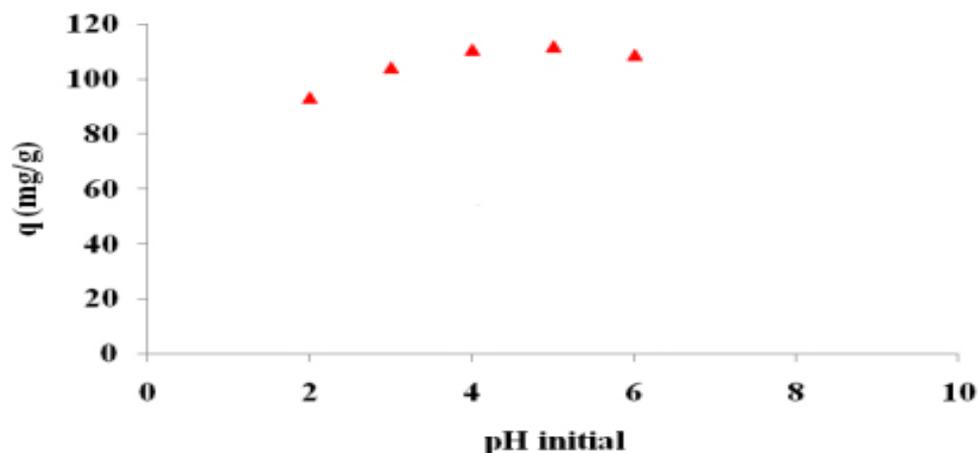
Figure N° 03 : Cinétique de fixation du Pb II en fonction de la quantité de biosorbant.

T=20 °C ; [PbII]= 100mg /l ; temps de contact= 72h ; pH = 5 ; V=1L [26].

### II. 2. 2. L'effet du pH :

Le pH initial est un paramètre important qui doit être prise en considération pendant une étude d'adsorption [25].

L'effet de ce facteur sur l'évolution de la capacité d'adsorption du Pb II par la boue a été analysé sur une gamme de pH allant de 2 jusqu'au 6. La quantité de métal non fixé est déterminée par spectrométrie d'émission atomique couplée à un plasma inductif.



**Figure N° 04** : L'effet de pH sur l'adsorption de Pb II par la boue de laiterie; T=20 °C ; [PbII]= 100mg /l ; temps de contact= 48h ; R(S/L)=0,8g/l 1[26].

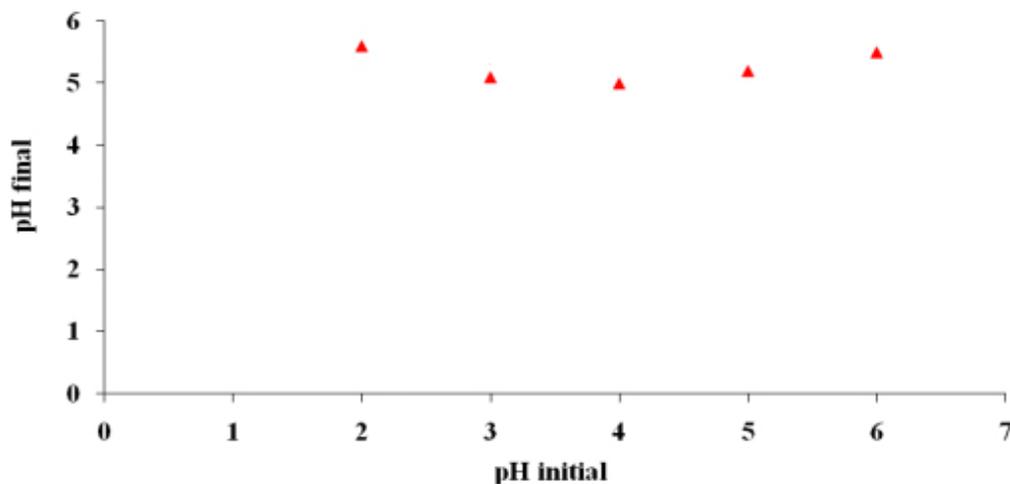
D'après les résultats consignés dans la figure N° 04, l'élimination des ions Pb(II) est fortement affectée par le pH du milieu. La capacité de fixation de l'adsorbant augmente avec le pH de 2 jusqu'à 5. Le maximum de biosorption de Pb II à pH 5 est d'environ 112 mg/g.

Cela peut être expliqué du fait qu'à des faibles valeurs du pH [ 27,28], la surface du biosorbant est entourée par les ions H<sup>+</sup> ce qui diminue l'interaction des ions du plomb avec les sites du biosorbant, par contre au pH élevé, la concentration du plomb par boue diminue ce qui engendre une augmentation de la fixation des ions du plomb par la surface de la boue. Au-delà de pH 5 le phénomène de précipitation des ions métalliques s'ajoute à la biosorption[29].

### II.2.3. Variation du pH final en fonction du pH initial :

La figure ci-dessous met en évidence l'évolution du pH final en fonction du pH initial.

Les résultats illustrés sur la figure 05 montrent que le pH à l'équilibre se stabilise autour de 5 quel que soit le pH initial testé (2, 3, 4, 5 et 6).



**Figure N° 05 :** Variation du pH durant la bio sorption du Pb II par la boue de laiterie

$T=20\text{ °C}$  ;  $[PbII]=100\text{mg/l}$  ; temps de contact= $48\text{h}$  ;  $R(S/L)=0,8\text{g/l}$  [26].

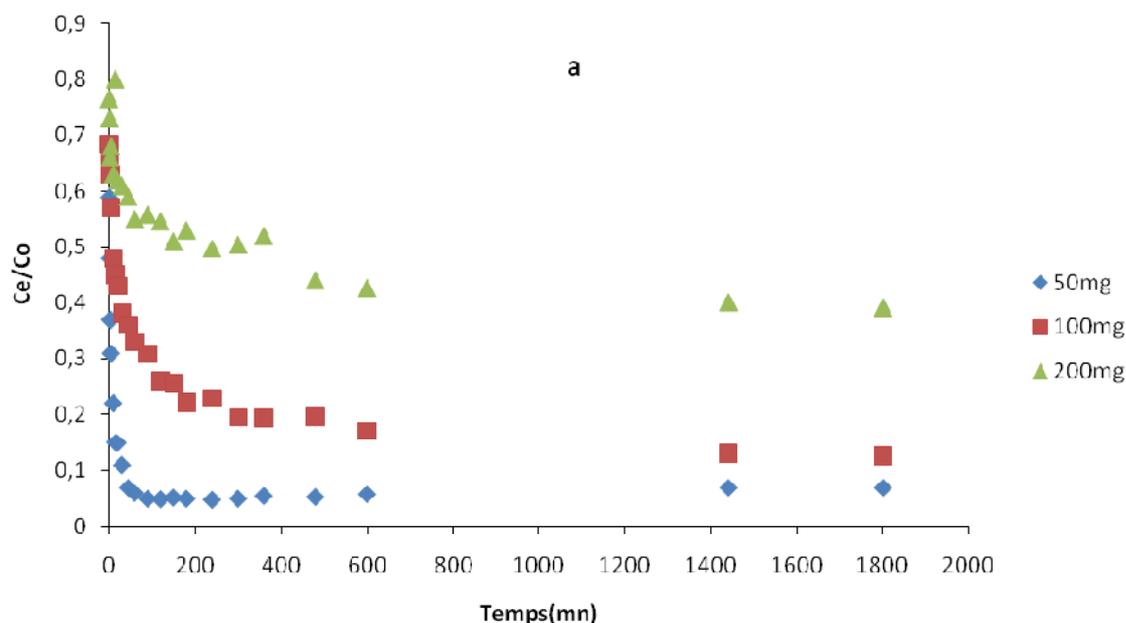
L'augmentation de pH peut être expliquée par la fixation des protons par la boue. Les biosorbants exprimeraient un faible effet tampon en modifiant le pH du milieu à l'occasion des échanges protoniques entre la solution et l'adsorbant [30,31].

#### **II. 2. 4. Temps de contact :**

Après la détermination de rapport solide/liquide et l'effet de pH, nous avons étudiés le temps de contact qui est l'un des facteurs les plus importants à contrôler.

L'adsorption a été étudiée en fonction du temps pour déterminer la quantité de plomb adsorbé à différents intervalles de temps. Les différents résultats obtenus sont tracés sous forme de courbe  $Q_e=f(C_e)$ , ils sont représentés dans la figure N° 06.

La concentration initiale en métal constitue une importante force motrice et composée deux phases (phase aqueuse et la phase solide) permettant le transfert de masse des ions métalliques [32, 33].



**Figure N° 06** : Cinétique de fixation du Pb II en fonction de la concentration initiale de la boue de laiterie.

$T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$  ; temps de contact= 72 h ;  $R(S/L)=0,8\text{g/l}$  ;  $\text{pH}= 5$  [26].

La figure ci-dessus représente la variation de la quantité adsorbée de Pb II par la boue de laiterie en fonction de temps de contact. L'analyse des courbes montre que l'adsorption se fait selon deux étapes : une première rapide et une seconde plus lente [34].

Une augmentation rapide de la capacité d'adsorption de Pb II à lieu pendant les premiers 5 heures (la première phase), qui correspond à la fixation des ions métalliques à la surface du biosorbant. On observe ainsi une seconde phase plus lente qui peut durer de 6 à 17 heures. Dans la seconde étape l'occupation des sites profonds nécessite une diffusion de l'adsorbat au sein des micropores de l'adsorbant [35,36,37].

L'augmentation de la concentration initiale en métal (Pb II) augmente légèrement le temps d'équilibre [26].

### II. 3. Etude cinétique d'adsorption :

L'étude en fonction du temps de l'adsorption d'un composé sur un adsorbant nous permet d'examiner l'influence de temps de contact sur sa rétention [38].

Plusieurs modèles cinétiques peuvent être utilisés pour modéliser le mécanisme d'adsorption, ces

modèles ont été utilisés afin d'interpréter les données expérimentales [34]. Les données de l'étude cinétique d'adsorption du plomb par la boue de laiterie sont analysées en utilisant le modèle pseudo second ordre (PSO).

### II. 3. 1. Modèle du pseudo second-ordre (PSO) :

Le modèle pseudo second ordre suppose que la capacité d'adsorption est proportionnelle aux nombres de sites actifs occupés par l'adsorbat.

Le modèle est donné par l'expression suivante [39]:

$$dQ_t/dt = K_2 (Q_e - Q_t)^2$$

Ou ;

$k_2$  : constante de vitesse de réaction de second ordre d'adsorption du VG par les boues en (g/mg/min).

$Q_e$ : quantité adsorbée à l'équilibre en (mg/g).

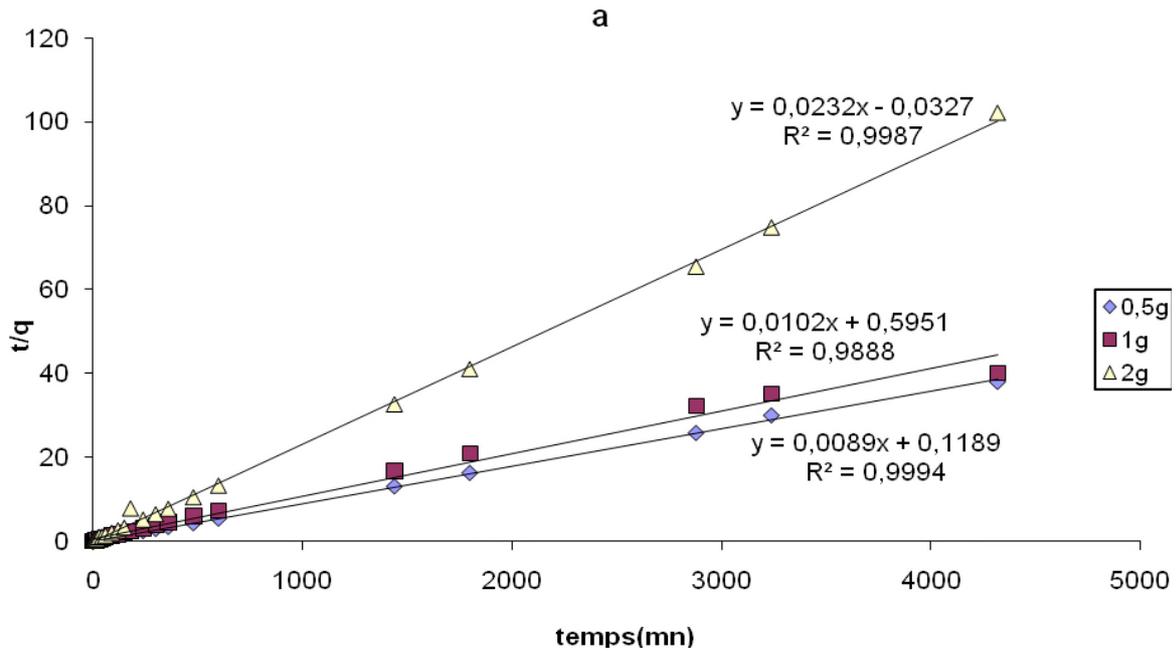
$Q_t$ : quantité adsorbée au temps  $t$  en (mg/g).

$t$  : temps de contact en (min).

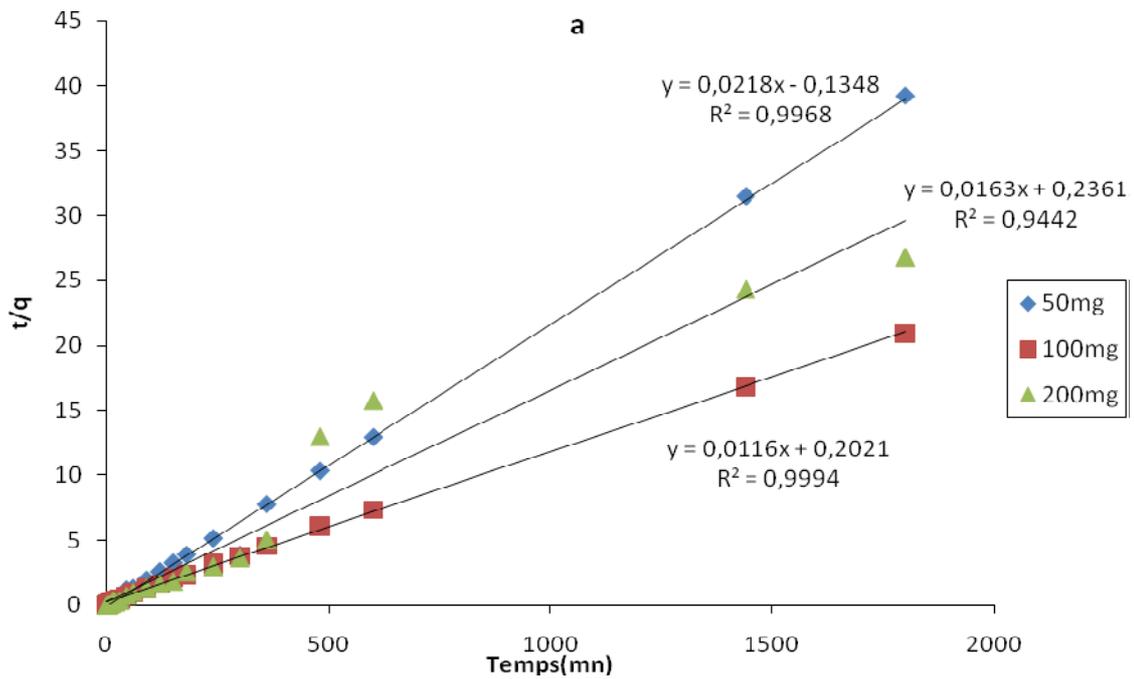
$Q_e$  et  $K_2$  sont obtenus à partir de la pente et de l'ordonnée à l'origine du tracé linéaire de  $t/Q_t$  en fonction de  $t$ .

$$t/Q_t = (1/K_2 \cdot Q_e^2) + t/Q_e$$

Les figures N° 07 et 08 illustrent les résultats de l'application du modèle cinétique du pseudo-second ordre relatifs à l'adsorption de pb II par la boue. Les valeurs calculées des quantités adsorbées  $Q_e$ , les constantes de pseudo-second ordre  $K_2$  et les coefficients de régression  $R^2$  sont donnés sur le tableau N° 04.



**Figure N° 07 :** Modèle cinétique « pseudo second-ordre » appliqué à l'adsorption de Pb II par la boue de laiterie pour différentes quantités de biomasse. [26]



**Figure N° 08 :** Modèle cinétique « pseudo second-ordre » appliqué à l'adsorption de Pb II par la boue de laiterie pour différentes concentrations. [26]

**Tableau N° 04** : Paramètres de la cinétique de second ordre pour Pb(II)

		Equations	Q <sub>e</sub> (mg/g)	K <sub>2</sub> (mg/g.mn <sup>-1</sup> ).10 <sup>-3</sup>	R <sup>2</sup>
<b>Quantité de boue (g)</b>	0,5	Y= 0,0089x + 0,1189	112,4	0,67	0,999
	1	Y= 0,0102x + 0,5951	98	0,18	0,9888
	2	Y= 0,0232x – 0,0327	4 3,1	16,5	0,9987
<b>Concentration initiale.(mg/L)</b>	50	Y= 0,0318x – 0,1348	45,87	3,5	0,9968
	100	Y= 0,0116x + 0,2021	88,5	0,49	0,9992
	200	Y = 0,0163x + 0,2361	117,6	0,27	0,9985

Ces résultats montrent une variation linéaire de  $t/Q_t$  en fonction de  $t$ . Au vu de ces résultats, il apparaît que les valeurs de R<sup>2</sup> (coefficients de corrélation) sont supérieures à 0,98 ce qui montre que ces études cinétiques suivent bien le modèle de pseudo second ordre.

#### II. 4. Processus de diffusion :

Le transfert d'un soluté d'une phase aqueuse (le plomb dans notre cas) sur une phase solide suit généralement quatre étapes, qui peuvent être soit indépendantes les unes des autres, ou simultanées. La première représente la migration du soluté à partir de la phase aqueuse vers la surface du solide. La deuxième représente la diffusion à travers les espaces inter-particulaires (diffusion externe). La troisième concerne la diffusion intra-particulaire, et enfin, la réaction chimique de surface entre les fonctions de surface de l'adsorbant et les groupements actifs du colorant [40].

Les processus de diffusion sont les plus susceptibles d'être des étapes limitatives qui contrôlent l'adsorption.

##### II. 4.1 . Processus de diffusion intraparticulaire

Afin d'identifier le mécanisme de diffusion, les résultats cinétiques ont ensuite été analysés en utilisant le modèle de diffusion intra-particulaire.

Selon Webber et Morris [41], l'expression cinétique de diffusion intra-particulaire est souvent présentée par l'équation [42] :

$$Q_t = K_{id} * t^{1/2} + C$$

Où :

$K_{id}$  : Constante de diffusion intra-particulaire.

C : L'épaisseur de la couche limite.

Les tracés de  $Q_t$  en fonction de  $t^{1/2}$  illustrés sur les figures N° 09 et N° 10 pour laboue .

Pour les trois paramètres étudiés (concentration initiale et quantité de boue), les courbes représentées ci-dessous présentent trois parties distinctes : une première phase rapide correspondant à la diffusion externe, une deuxième phase plus longue et qui est expliquée par la diffusion intra particulaire et l'étape d'équilibre correspondant au plateau [43]. D'autre part, selon Han et al (2010) [44], lorsqu'il existe plus d'une phase la diffusion intraparticulaire n'est pas la seule étape limitant du processus de biosorption.

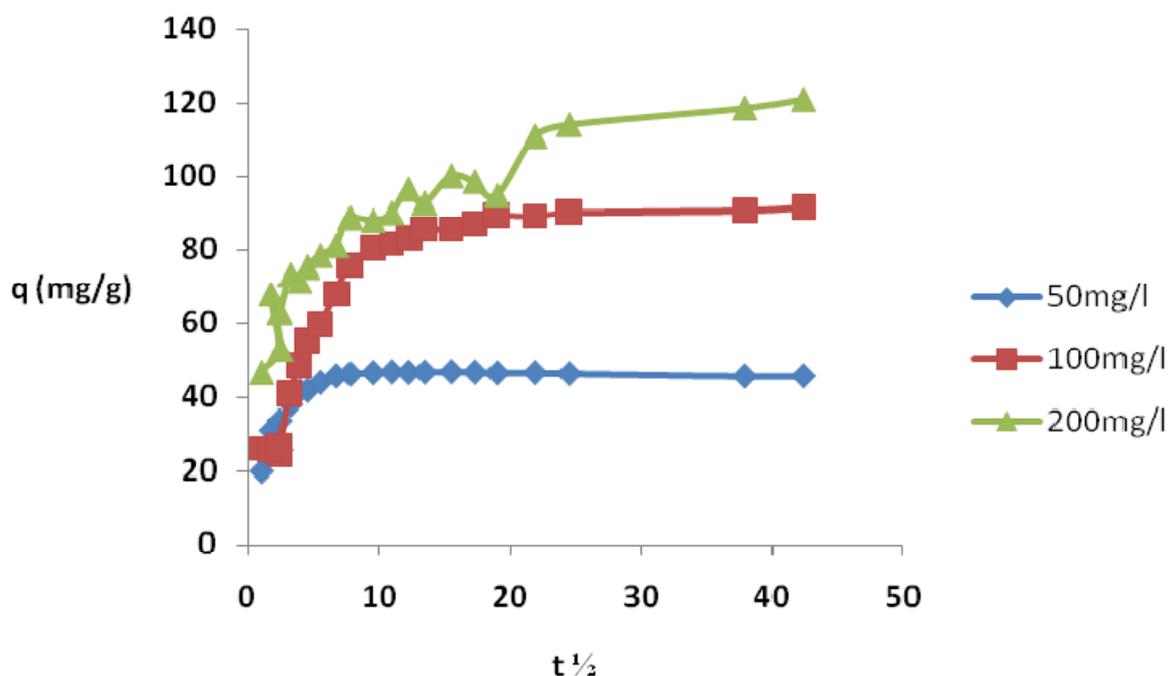


Figure N° 09 : Effet de la concentration en ions Pb(II) sur leur diffusion intra particulaire

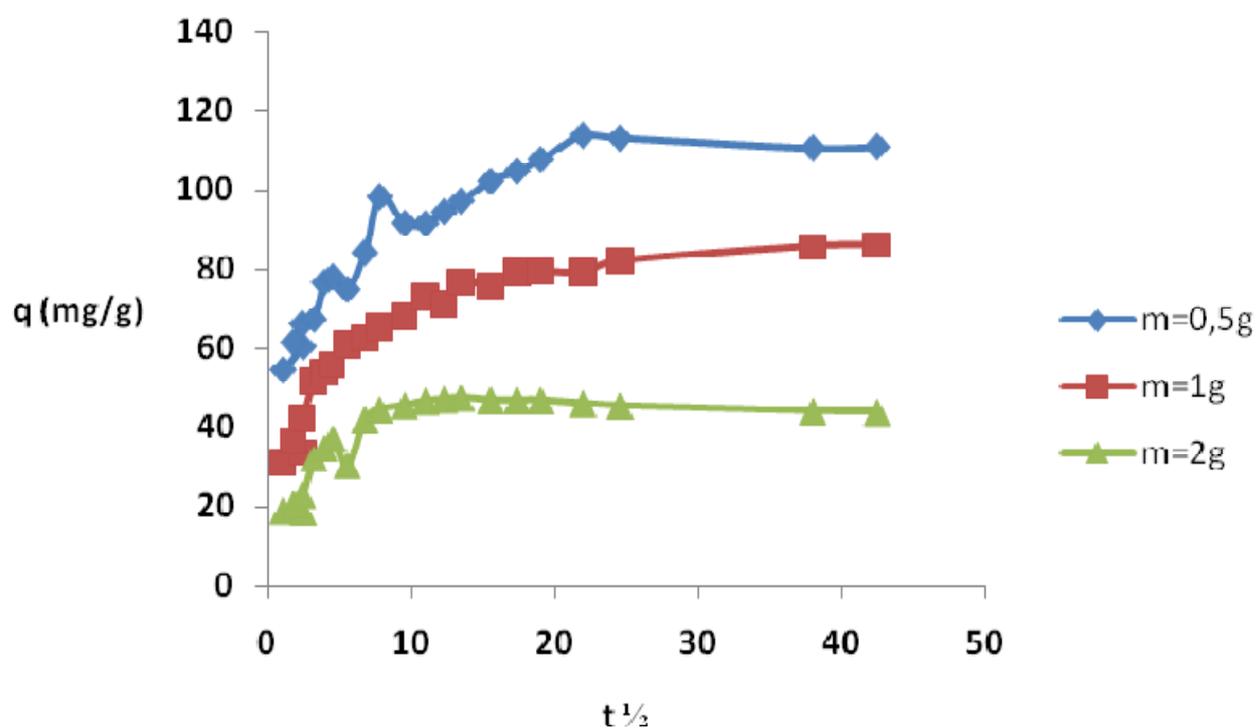


Figure N°10 : Effet de la quantité de boue sur la diffusion intra particulaire des ions Pb II

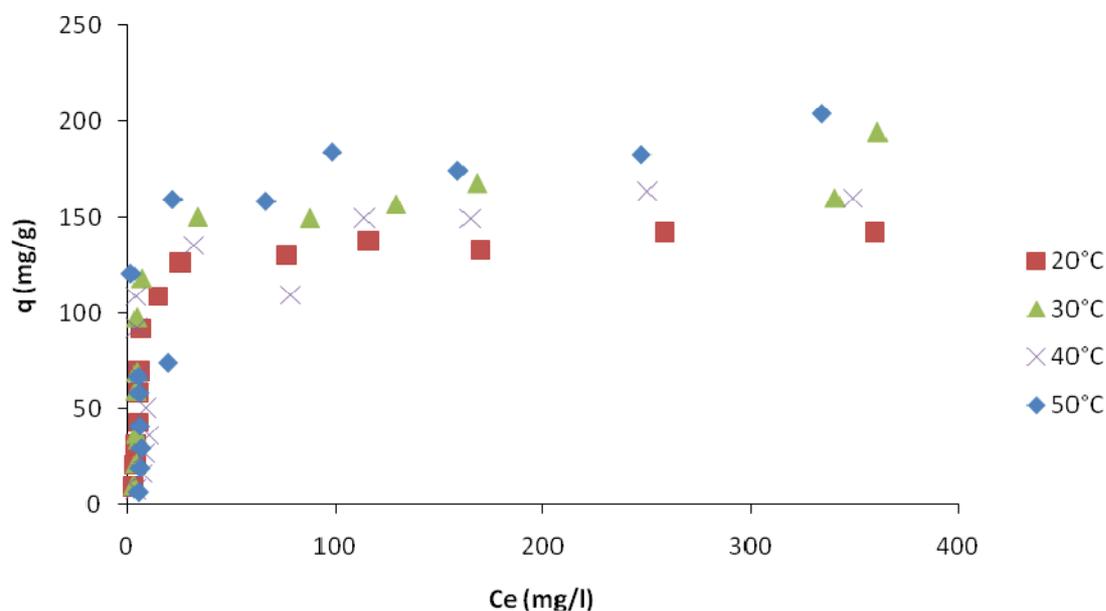
## II. 5. Isotherme d'adsorption :

Les isothermes d'adsorption jouent un rôle important dans la détermination des capacités maximales d'adsorption et dans la conception de nouveaux adsorbants [45].

L'isotherme d'adsorption représente la quantité adsorbée en fonction de la concentration du soluté à l'équilibre à une température donnée. L'allure de la courbe isotherme varie selon le couple adsorbat-adsorbant étudié, les isothermes d'adsorption des solutés à solubilité limitée ont été classées par Giles et al (1960) en quatre principales classes : la forme H, dite de « haute affinité », - la forme L, dite de « Langmuir », - la forme C, dite de « partition constante », - la forme S, dite « sigmoïdale ». Cette classification est basée sur la forme et sur la pente initiale de l'isotherme [46].

L'étude expérimentale des variations de concentration permet de déterminer des isothermes d'adsorption [34].

L'isotherme d'adsorption de Pb(II) à 20, 30, 40 et 50°C par la boue de laiterie est représentée sur la figure N°11, en coordonnées quantités adsorbées par gramme d'adsorbant q (mg/g) en fonction de la quantité de plomb restante en solution à l'équilibre C<sub>e</sub> (mg/l).



**Figure N°11 :** Les Isothermes d'adsorption du PbII par la boue de laiterie à 20, 30, 40, 50°C.  
 T=20 °C ; m= 20mg ; temps de contact= 48h ; pH = 5 ; R(S/L)=0,8g/l ; [26]

Les isothermes de biosorption représentent la quantité de métal fixé en fonction de la concentration en solution à l'équilibre. Elles correspondent au partage à l'équilibre des cations métalliques entre les deux phases liquide et solide. [47]

Initialement la capacité de fixation du Pb augmente linéairement avec l'augmentation de la concentration à l'équilibre pour atteindre un plateau correspondant à la saturation des sites de fixation du biosorbant et qui correspond à la capacité de fixation maximale ( $q_{max}$ ) du biosorbant.

D'après les résultats consignés dans la figure N°11, on remarque, une augmentation de la quantité adsorbée du Pb II à l'équilibre au fur et à mesure que la température augmente. Les valeurs maximales de la capacité d'adsorption du Pb II à différentes température sont représentées au tableau N° 05.

**Tableau N° 05 :** Les valeurs maximales de la capacité d'adsorption du Pb II à l'équilibre a 20, 30, 40, 50 °C

	20°C	30°C	40°C	50°C
<b>q<sub>max</sub> (mg/g)</b>	148,6	185,2	178,6	223,6

Des résultats similaires ont été reportés pour d'autres biosorbants[48,49].L'augmentation de la biosorption avec la température serait due soit à l'apparition de nouveaux sites disponibles pour la fixation soit à la diminution de la couche entre le sorbat et le sorbant[50].

## II. 6. Modélisation des isothermes

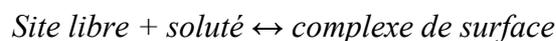
La modélisation des équilibres d'adsorption consiste à représenter, par des lois mathématiques, la relation à l'équilibre entre la quantité de polluant en phase liquide ( $C_e$ ) et celle adsorbée sur le matériau ( $Q_e$ ) [51-52]. Elle permet d'obtenir un certain nombre d'informations qualitatives et quantitatives comme le type d'interaction (mécanisme d'adsorption, mono ou multi couches, sites d'adsorption...), le phénomène de saturation (quantité maximale de polluant adsorbé, comportement des sites actifs) ou encore la chaleur d'adsorption (données thermodynamiques) [53].

### II. 6. 1. Modèle de Langmuir :

La théorie de l'isotherme de Langmuir suppose que l'adsorption est monocouche et a lieu aux sites homogènes spécifiques de l'adsorbant [54].Le solide est supposé avoir une capacité d'adsorption limitée  $Q_{max}$  liée à un nombre limité de sites d'adsorption (couche monomoléculaire). En outre, tous les sites d'adsorption sont supposés :

- ✓ être identiques (possédant la même énergie) ;
- ✓ ne pouvant retenir chacun qu'une molécule ;
- ✓ avoir une énergie de liaison avec la molécule qui reste constante, quelle que soit la quantité adsorbée ;
- ✓ ne pas être spatialement limités par l'adsorption d'une autre molécule (pas d'interaction entre les molécules adsorbées) [54].

A partir de ces hypothèses, on considère la réaction suivante :



Les résultats des tests d'adsorption du Pb II par la boue a été traité par le modèle de Langmuir représenté par l'équation suivante :

$$\frac{Q_e}{Q_m} = \frac{K.C_e}{1+k.C_e}$$

La transformée linéaire de ce modèle a pour équation :

$$\frac{1}{Q_e} = \frac{1}{Q_m} + \frac{1}{k \cdot Q_m} \cdot \frac{1}{C_e}$$

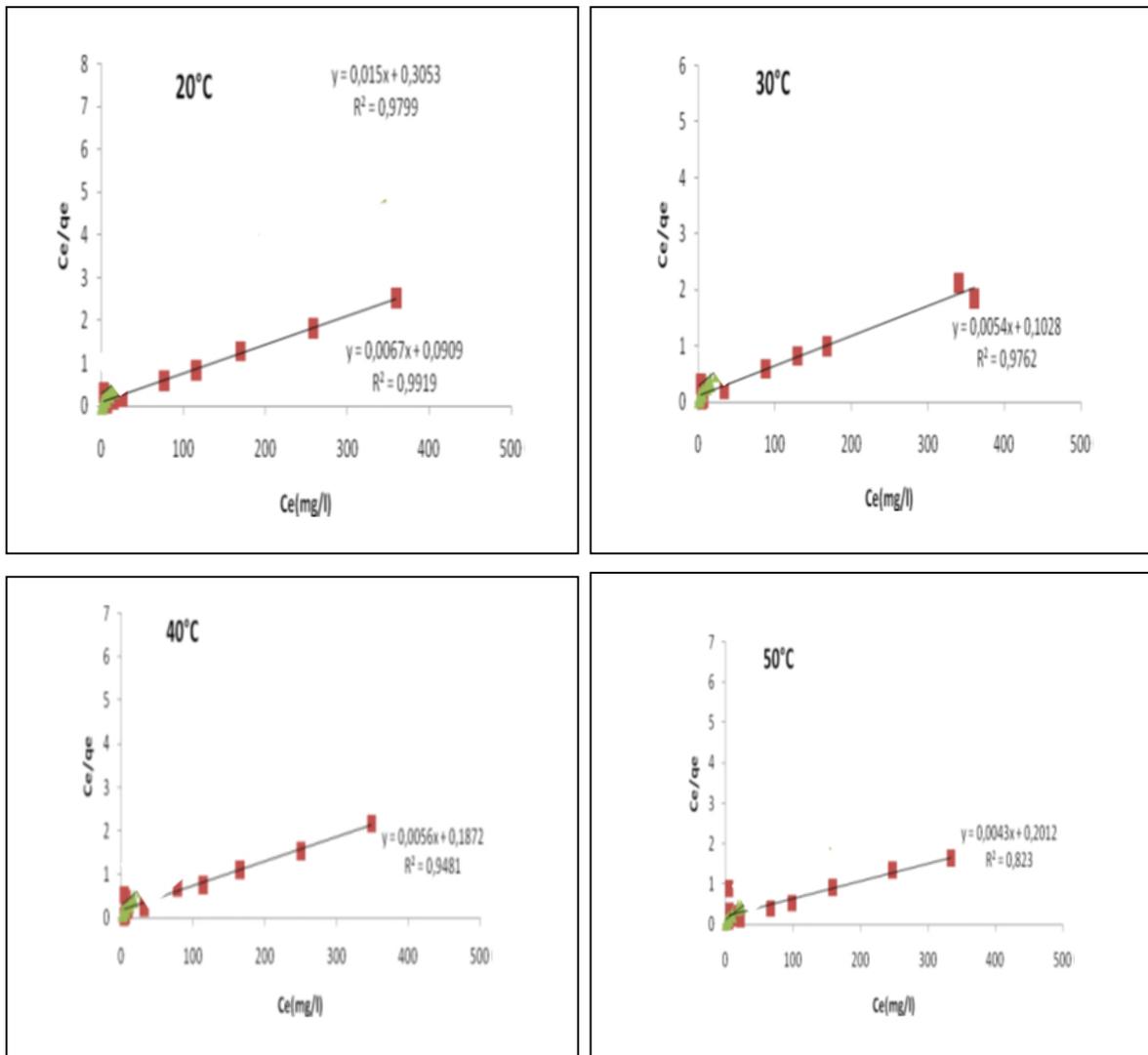
Où :

$C_e$  : concentration à l'équilibre (mg/l) ;

$Q_e$  : quantité adsorbée à l'équilibre (mg/g) ;

$Q_m$  : capacité maximale d'adsorption par unité de masse de l'adsorbant (mg/g), pour former une monocouche complète sur la surface.

$k$  : constante d'équilibre d'adsorption adsorbat-adsorbant (l/mg), liés à l'affinité des sites de liaison et est donc liée à l'énergie d'adsorption.



**Figure N° 12 :** Isothermes de biosorption du Pb selon le modèle de Langmuir à 20, 30, 40 et 50 °C [26]

L'application de ce modèle sur l'adsorption du plomb par la boue de laiterie est illustrée sur la figure N° 12. Le tableau 06 représente les paramètres de linéarisation du modèle de Langmuir du Pb.

**Tableau N°06** : Paramètres de linéarisation du modèle de Langmuir du Plomb

Température (°C)	Equations	Qm (mg/g)	K <sub>L</sub> (l/mg)	R <sup>2</sup>
20	Y= 0,0067x + 0,0909	148,6	0,07	0,99
30	Y= 0,0054x + 0,1028	185,2	0,05	0,98
40	Y= 0,0056x + 0,187	178,6	0,03	0,95
50	Y= 0,0043x + 0,2012	223,6	0,02	0,82

Tableau N° 06 présente les valeurs des constantes de Langmuir à partir de l'utilisation de la droite de régression linéaire de ce modèle. En ajustant les points expérimentaux, et en se basant sur les valeurs du coefficient de régression ( $0,82 < R_2 < 0,99$ ), il apparaît que le modèle de Langmuir exprime mieux le type d'adsorption, les ions du plomb pourraient être adsorbés en monocouches, sans qu'il y ait d'interactions entre les ions du Pb.

### II. 6. 2. Modèle de Freundlich :

Ce modèle établit une relation entre la quantité adsorbée et la quantité restante en phase liquide [18], l'isotherme de Freundlich suppose que l'adsorption est multicouche et que la surface de l'adsorbant est hétérogène. Elle peut s'exprimer par l'équation suivante [55] :

$$Q_e = k_f \cdot C_e^{1/n}$$

La linéarisation de cette équation donne :

$$\log Q_e = \log k_f + (1/n) \log C_e$$

Ou :

$K_F$ ,  $n$  : des constantes de Freundlich,  $K_f$  est une indication de la capacité d'adsorption de l'adsorbant

$n$  : représente l'intensité d'adsorption et indique si l'adsorption est favorable.

La représentation graphique de  $\log(Q_e)$  en fonction de  $\log(C_e)$  pour l'adsorption du Pb par la boue de laiterie est une droite dont la pente est  $1/n$  et d'ordonnée à l'origine  $\log(K_f)$  [22]. La valeur de  $1/n$  donne une indication sur la validité de l'adsorption du système adsorbant-adsorbât. Une valeur de  $1/n$  comprise entre 0 et 1 indique une adsorption favorable [56].

Les valeurs numériques de  $K_F$  et de  $1/n$  calculées respectivement, à partir de l'intersection avec l'ordonnée à l'origine et la pente de la droite de l'isotherme, sont représentées sur le tableau N° 07.

**Tableau N° 07 : Paramètres de linéarisation du modèle de Freundlich du Pb**

Température (°C)	$K_f$	1/n	$R^2$
20	21,9	0,38	0,61
30	24,3	0,38	0,59
40	18,6	0,46	0,41
50	13,6	0,53	0,60

Selon les résultats obtenus (Tableau 07), les valeurs de  $K_f$  sont faibles, et la valeur numérique de 1/n est trouvée entre 0,38 et 0,53, le coefficient de corrélation  $R^2$  est entre 0,41 et 0,61, il est inférieur à celui du modèle de Langmuir. Ceci confirme que l'adsorption du Pb par la boue de laiterie suit bien le modèle de Langmuir que celui de Freundlich.

## II. 7. Etude thermodynamique (effet de la température)

Les paramètres thermodynamiques ont été déterminés pour pouvoir qualifier le phénomène de l'adsorption du VG sur les boues [57].

L'étude thermodynamique reflète la faisabilité et la nature spontanée du processus d'adsorption. Les paramètres tels que l'énergie libre ( $\Delta G^\circ$ ), la variation d'enthalpie ( $\Delta H^\circ$ ) et la variation d'entropie ( $\Delta S^\circ$ ) peuvent être estimées à partir des constantes d'équilibres à différentes températures. La variation d'énergie libre de la réaction d'adsorption est donnée par [58]:

$$\Delta G^\circ = -RT \cdot \ln K_d$$

Où

$\Delta G^\circ$  est la variation d'énergie libre (kJ.mol<sup>-1</sup>) ;

R est la constante universelle des gaz (8,314 J. mol<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>);

T est la température absolue (K) ;

$K_d$  est la constante d'équilibre.

$$K_d = Q_e / C_e \text{ (en L/g)}$$

Les valeurs de  $\Delta H^\circ$  et  $\Delta S^\circ$  peuvent être calculées à partir de l'équation de Van'tHoff comme suit :

$$\ln K_d = \Delta S^\circ / R - \Delta H^\circ / RT$$

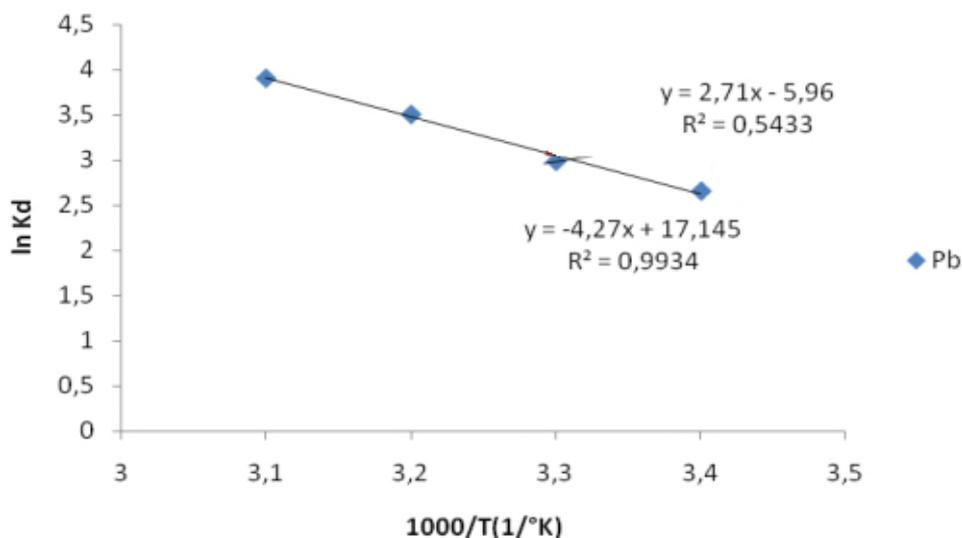
$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$$

$K_d$  : coefficient de distribution, défini comme  $q_e/C_e$  ou  $1/b$ , et reflétant la distribution des ions métalliques entre les phases solide et liquide à l'équilibre.

T : Température (°K)

R : Constante des gaz parfaits (8,314 J/mol .K)

Le tracé de  $\ln(K_d)$  en fonction de  $1/t$  (Figure N° 13) est une droite de pente  $(\Delta H^\circ/R)$  et d'ordonnée à l'origine  $(\Delta S^\circ/R)$ . Les paramètres thermodynamiques de l'adsorption ont été déterminés à partir des résultats expérimentaux obtenus aux différentes températures (tableau N° 08)



**Figure 13 :** Détermination de l'énergie de biosorption du plomb par la boue [26].

**Tableau N° 08 :** Paramètres thermodynamiques relatifs à l'adsorption du Pb.

		<b>Pb</b>
<b><math>\Delta H</math> (kJ/mol)</b>		+ 35,5
<b><math>\Delta S</math> (J /Kmol)</b>		145,08
<b><math>\Delta G</math> (kJ /mol)</b>	293k	-42,47
	303K	-4 3,92
	313k	-44,75
	32 3k	-46,8 3

D'après le tableau N°08, nous remarquons que le taux de rétention du plomb augmente avec l'augmentation de la température. Ce phénomène, laisse supposer que la réaction de surface est

endothermique et dont chaque augmentation de la température défavorise son déroulement [57]. Ce qui confirme le résultat obtenu concernant l'augmentation de la capacité de fixation avec celle de la température indiqué sur la Figure N° 11. Par ailleurs, les valeurs de  $\Delta H$  sont supérieures à 20 KJ/mol, ceci indique de manière claire qu'il s'agit bien d'une chimisorption[57]. Les valeurs négatives de  $\Delta G^0$  indiquent la spontanéité du processus de biosorption[59].

# **Conclusion**

## Conclusion :

---

La production des boues, augmente avec le développement des stations d'épuration. Le problème majeur 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.

Le plomb est l'un des métaux les plus anciennement et les plus largement utilisé par l'homme. Sa toxicité est connue depuis l'antiquité et elle est toujours d'actualité [1].

L'adsorption constitue une solution très intéressante, en raison de son cout réduit, sa grande efficacité et la facilité de sa mise en œuvre. Ses autres avantages sont l'applicabilité aux concentrations très basses et la possibilité de régénération.

L'étude de l'absorption du plomb par boue de laiterie a mis en évidence l'efficacité des boues pour éliminer un polluant inorganique en milieu aqueux. L'influence des paramètres liés aux conditions opératoires tels que le temps de contact, la quantité de l'adsorbant, le pH et la température a été examinée [26].

- ✓ La capacité d'adsorption du plomb est maximal pour un rapport  $=1/2$  ( $m = 20\text{mg}$ ) et un pH égale à 5.
- ✓ L'étude cinétique montre que l'équilibre s'établit au bout de 3 heures pour une solution du Pb II à 50 mg/l et que le mécanisme d'adsorption peut être décrit par une cinétique du pseudo-second-ordre.
- ✓ Le tracé des isothermes d'adsorption montre que le modèle de Langmuir représente parfaitement l'adsorption du plomb sur la boue.
- ✓ L'augmentation de la biosorption avec celle de la température avec une capacité d'adsorption maximale à 50 °C d'environ 223,6 mg/g.
- ✓ Les paramètres thermodynamiques obtenus indiquent que l'adsorption du plomb sur les boues est un processus chimisorption spontané et endothermique.

## **Références bibliographiques**

## Référence bibliographique

---

- [1] Pichard .A. Plomb et ses dérivés. Fiche INERIS-DRC-01-25590. ETSC Api/SD-N° code 257-Version2. Doc, p. 1-83. (2002).
- [2] Thèse de doctorat, université de Nantes., khetouta M, 1 7987 comment se soigner par les plantes medicinalesmarocarnes et intertionales p. 281.
- [3]Jusko et al, 2008,raunkiaer c , 1904, biological types withrefernces the adaptation of plants to suivre the unfavorablesseas on , in raunkiaer 1934
- [4] Health canada, 2012
- [5]Z. Aksu, D. Akpinar, Modelling of simultaneous bio sorption of phenol and nickel(II) onto dried aerobic activated sludge, Separation and Purification Technology 21 (2000) 87-99
- [6] G. Naja, C. Mustin, J. Berthelin, B. Volesky, Lead bio sorption study with Rhizopusarrhisus using a metal –based titration technique, Journal of Colloid and Interface Science, 292 (2005) 537-543.
- [7]. Fayoud N., Tahiri S., AlamiYounssi S., Albizane A., Gallart-Mateu D., CerveraM.L., de la GuardiaM. Desalination and Water Treatment.1-15 (2015).
- [8]. Zhanga W., Yana H., Li H., Jianga Z., Donga L., Kana X., Yanga H., Li A., Cheng R., Chem. Eng. J. 168 (2011) 1120.
- [9] .A .F .E .E,(1979) : Utilisation agricole des boues dorigine urbaine , paris , p10
- [10] .Adler, (2002) : Le maire et les boues d'épuration " guide pratique pour les collectivités locales" ,EdAMF ,Paris ,p101 .
- [11] Guy. C, (2002) : Un outil collectif de valorisation thermique des boues, Ed. SMIB, France, pp4-20.
- [1 2]Bliefert.Oet perraud.R, (2009) : chimie denvironnement : air, eau, sol, déchet, Ed. De Boeck et larcier, p3 30.
- [13] michele. PLOMB ET SES DERIVES INORGANIQUES, INERIS- DRC-09-10 3112-08910c p5
- [14]G .Derafa. (2014). « Synthèse et caractérisation de montmorillanite modifiée : Application à ladsorption des colorants cationique ». Mémoire de Magister. Université Farhat Abbas, Sétif.
- [15] A. Iddou (2007), Contribution à l'étude de la bio sorption de certains polluants par des matériaux d'origine biologique, Th. Doctorat, DépartementChimieIndustrielle/USTO MB, P
- [16] W. Xuejiang, et al, Technical note, Bio sorption of Cu(II) and Pb(II) from aqueous solutions by dried activated sludge, Minerals Engineering 19 (2006) 968-971.
- [17]J .Wang, C, Chen, Biosorbents for heavy metals removal and their future, Biotechnology Advances27(2009) 195-226.
- [18]O .Gulnaz, A Kaya, F. Matyar, B, Arikan Sorption of basic dyes from aqueous solution by activated sludge Journal of Hazardous Materials B 108(2004) 18 3-188
- [19]Z .Aksu, Application of biosorption for the removal of organic pollutants a review process Biochemistry 40(2005)997-1026

- [20] Pradyt ,patnaik Deans Analytical chemistry Handbook ( Mcgraw – Hill Handbook/ . Second edition 114 P 2004.ISBN : 0071410600.
- [21] M. Charrier, Bio sorption d'ions métalliques (uranium et vanadium) sur chitosane, th.Doc. Univ. Montpellier II pp 184.
- [22] Jean Rodier avec la collaboration de C .Bazin , J .P .Broutin , p.Chambon , H . Champsaur L .Rodiet coll., L'ANALYSE DE L'EAU( eaux naturelles , eaux résiduaires , eau de mer) p 325 ,année 31 /12 /2006, 8 édition
- [23] Benaida.M,Antar.H Mémoire mester Biosorption d'un colorant( violet de gentiane) par les boues traitées de la STEP de Tiaret p 10, année 2017-2018 .
- [24] J Febrianto, A N Kosasih, J Sunarso, Y H Ju, N Indraswati, S Ismadji, Equilibrium and kinetic studies in adsorption of heavy metals using biosorbent: A summary of recent studies Journal of Hazardous Materials 162 (2009) 616–645
- [25]. Safa Y, Bhatti H.N “ Adsorptive removal of direct textile dyes by low cost agricultural waste: application of factorial design analysis” ChemEng ,2011.
- [26] Sassi M. « Etude de la biotoxicité du plomb et du cadmium et leur rétention par la boue ». Mémoire Doctorat. 2010 .Université Mostaganem
- [27].D. Zhou, L. Zhang, S. Guo, Mechanisms of lead bio sorption on cellulose/chitin beads, Water Research 39 (2005) 3755-3762.
- [28]. U. K. Saha, S. Taniguchi, and K. Sakurai, Adsorption Behavior of Cadmium, Zinc, and Lead on Hydroxyaluminum– and Hydroxyaluminosilicate–Montmorillonite Complexes, SOIL SCI. SOC. AM. J., VOL. 65, MAY–JUNE 2001.
- [ 29] .N. Fiol, I. Villaescusa, M. Martinez, N. Miralles, J. Poch, J. Serarols, Sorption of Pb(II), Ni(II), Cu(II) and Cd(II) from aqueous solution by olive stone waste, Separation and Purification Technology 50 (2006) 132–140
- [30]. Z. Al-Qodah, Bio sorption of heavy metal ions from aqueous solutions by activated sludge, Desalination 196 (2006) 164-176.
- [31] L. Svecova, M. Spanelova, M. Kubal, E. Guibal, Cadmium, lead and mercury bio sorption on waste fungal biomass issued from fermentation industry. I. Equilibrium studies, Separation and purification Technology 52 (2006) 142-153.
- [32]. O.S. Lawal, A.R. Sanni, I.A. Ajayi, O.O. Rabiou, Equilibrium, thermodynamic and kinetic studies for the bio sorption of aqueous lead(II) ions onto the seed husk of Calophyllum inophyllum, Journal of Hazardous Materials 177 (2010) 829–835.
- [33]. J Febrianto, A N Kosasih, J Sunarso, Y H Ju, N Indraswati, S Ismadji, Equilibrium and kinetic studies in adsorption of heavy metals using biosorbent: A summary of recent studies Journal of Hazardous Materials 162 (2009) 616–645.
- [34]. Refas Abdelkader, “Etude de l'adsorption de colorant organique (rouge nylosan et bleu de méthylène) sur des charbons actifs préparés à partir de marc de café, Université Mentouri Constantine, 2010.
- [35]. V.J.P. Vilar, C.M.S. Botelho, R. A.R. Boaventura, Copper removal by algae Gelidium, agar

extraction algal waste and granulated algal waste: Kinetics and equilibrium, *Bio resource Technology* 99 (2008) 750–762.

[36]. L Zheng, Z Dang, X Yi, H Zhang, Equilibrium and kinetic studies of adsorption of Cd(II) from aqueous solution using modified corn stalk, *Journal of Hazardous Materials* 176 (2010) 650–656.

[37].Fayoud N, Alami Younssi S, Tahiri S et Albizane A, “ etude cinétique et thermodynamique de l’adsorption de bleu de methylene sur les cendres du bois” *J. Mater Environ*, 3295-3306, 2015.

[38]. A. Seker, T. Shahwan, A. E. Eroglu, S. Yilmaz, Z. Demirel, M. C. Dalay, Equilibrium, thermodynamic and kinetic studies for the bio sorption of aqueous lead(II), cadmium(II) and nickel(II) ions on *Spirulina platensis*, *Journals of Hazardous Materials* 154 (2008) 973-980.

[39]. Y.S.HO,G.Mckay.sorption of dye from aqueous solution by peat.*Chem.Eng.J*,70 (1998) 115-154.

[40].Belaid Dj et Kacha S, “ Etude cinétique et thermodynamique d’un colorant basique sur la sciure de bois”, *Revue de science de l’eau*, 2017.

[41].BasriSenturk, H., Ozdes, D., Duran C., *Desalination*. 252 (2010) 81.

[42].Gherbi, N, Faculté des sciences de l’Ingénieur, Département de Chimie Industrielle, Université de Constantine, (2008

[43]. R. Nadeem, M. H. Nasir, M. S. Hanif, Pb (II) sorption by acidically modified *Cicerarietinum* biomass, *Chemical Engineering Journal* 150 (2009) 40–48.

[44]. R. Han, L. Zhang, C. Song, M. Zhang, H. Zhu, L. Zhang, Characterization of modified wheat straw, kinetic and equilibrium study about copper ion and methylene blue adsorption in batch mode, *Carbohydrate Polymers* 79 (2010) 1140–1149.

[45].AlaAbdesamed, “Etude de l’élimination de l’ethyle violet par adsorption sur la kaolinite et la charbon actif et par des methodsphtochimiques en milieu aqueux”, Université Mentouri Constantine, 2009.

[46]. Giles. C.H,Mceman .T.H,Nakhwa S.N et Smith D).Studies in adsorption .System of classification of solution adsorption isotherm and it uses in diagnosis of adsorption mechanism and measurement of specific surface area of solids.*journal of chemical society*, (1960) 3972-3993.

[47]. A. Seker, T. Shahwan, A. E. Eroglu, S. Yilmaz, Z. Demirel, M. C. Dalay, Equilibrium, thermodynamic and kinetic studies for the bio sorption of aqueous lead(II), cadmium(II) and nickel(II) ions on *Spirulina platensis*, *Journals of Hazardous Materials* 154 (2008) 973-980.

[48]. V. J.P. Vilar, C. M.S. Botelho, R. A.R. Boaventura, Influence of pH, ionic strength and temperature on lead bio sorption by *Gelidium* and agar extraction algal waste, *Process Biochemistry* 40 (2005) 3267–3275.

- [49]. A.R. Kul, H. Koyuncu, Adsorption of Pb (II) ions from aqueous solution by native and activated bentonite : kinetic, equilibrium and thermodynamic study, Journal of Hazardous Materials Volume 179, Issues 1-3, 15 July 2010, Pages 332-339.
- [50]. V.K. Gupta, A. Rastogi, Bio sorption of lead(II) from aqueous solutions by non-living algal biomass *Oedogonium* sp. And *Nostoc* sp. – A comparative study, Colloids and Surfaces B :Biointerfaces 64(2008) 170-178.
- [51].Moussavi G., Khosravi R., Chem. Eng. Res. Des. 89 (2011) 2182.
- [52]. Zhang Z., O'Hara I.M., Kent G.A., Doherty W.O.S., Ind. Crop. Prod. 42 (2013) 41.
- [53]. Refas Abdelkader, “Etude de l'adsorption de colorant organique (rouge nylosan et bleu de methylene) sur des charbons actifs preparaes partir marc du café, Université Mentouri Constantine, 2010
- [54]. Zhang Z., O'Hara I.M., Kent G.A., Doherty W.O.S., Ind. Crop. Prod. 42 (2013) 41.
- [55]. Kumar Djamel Belaid et Smail Kacha « etude cinétique et thermodynamique de l'adsorption d'un colorant basique sur la sciure de bois », Université du Québec INRS, 2011.
- [56].Y.S.HO,G.Mckay.sorption of dye from aqueous solution by peat.Chem.Eng.J,70 115154 (1998
- [57]. Ncibi M.C, Borhane M et Mongi S, “ Etude de la biosorption du Chrome (VI) par une biomasse méditerranéenne *Posidoniaoccanico* (L.) delile” Erudit, P 441-449, 2008.
- [58]. John U. K. Oubagaranadin, Z. V. P. Murthy and P. S. Rao .Applicability of Three parameter Isotherm Models for the Adsorption of Mercury on Fuller's Earth and Activated Carbon' Indian Chemical Engineer,49 (2007) 196-204.
- [59]. T. Fan, Y. Liu, B. Feng, G. Zeng, C. Yang, M. Zhou, H. Zhou, Z. Tan, X. Wang, Bio sorption of cadmium(II), zinc(II) and lead(II) by *Penicilliumsimplicissimum*: Isotherms, kinetics and thermodynamics, J. Hazard. Mater, Volume 160, Issues 2-3, 30 December 2008, Pages 655-66.

# **ANNEXE**

# Annexe

## Méthode par spectrophotométrie d'absorption atomique avec flamme

### Etablissement de la courbe détalonnage

Préparer à partir de la solution étalon  $\text{pbNO}_3$ , Quinze dilution couvrant la gamme des concentrations de 0,2 à 10 mg/L.

### Mode opératoire

Effectuer la lecture à la longueur d'onde de 283,3nm.

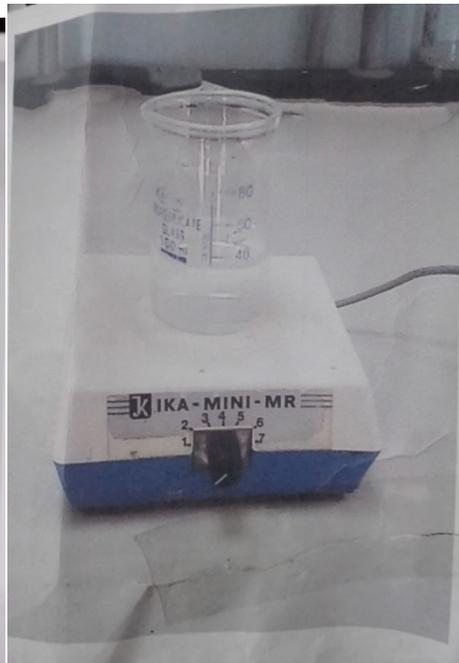
### Etablissement de la courbe détalonnage

Dans une série de fioles de 100ml numérotées, préparer les dilutions citées dans le tableau suivant :

Numéro des fioles	T	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
Solution étalon de potassium à 2mg (ml)	0	5	10	25	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Eau permutée (ml)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Acide nitrique (ml)	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Correspondance en mg/ L de potassium	0	0,1	0,2	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10



Boue



acide nitrate

## Résumé :

L'objectif de ce travail est la valorisation de la boue, afin de mettre en évidence leur potentiel comme adsorbant à faible coût pour le traitement des eaux distillées polluées artificiellement par le plomb. L'influence des divers paramètres a été étudiée. La capacité d'adsorption du plomb est maximale pour un rapport  $=1/2$ , et  $\text{pH} = 5$ . L'adsorption du plomb sur les boues est décrite parfaitement par une cinétique du pseudo second-ordre. La capacité maximale d'adsorption déterminée par le modèle mathématique de Langmuir. Les paramètres thermodynamiques relatifs au système adsorbant/adsorbât étudié indiquent que le processus d'adsorption est spontané et endothermique. Donc, les résultats obtenus lors de cette étude montrent l'efficacité de ces matériaux « les boues », en matière de dépollution des milieux aqueux contaminés par le plomb.

**Mots-clés:** Adsorption; Plomb; Les boues; Paramètres d'adsorption.

الهدف من هذا العمل هو استعادة الحمأة ، لإثبات إمكاناتها كمتماز منخفض التكلفة لمعالجة المياه المقطرة الملوثة صناعياً بالرصاص. تمت دراسة تأثير العوامل المختلفة, قدرة امتصاص الرصاص هي الحد الأقصى لنسبة  $= 1/2$  ، ودرجة الحموضة  $= 5$ .

يتم وصف امتزاز الرصاص إلى الحمأة بشكل مثالي بواسطة حركيات الدرجة الثانية الزائفة. تم تحديد قدرة الامتصاص القصوى بواسطة نموذج Langmuir الرياضي. تشير المعلمات الديناميكية الحرارية المتعلقة بنظام الممتزات / الممتزات المدروسة إلى أن عملية الامتصاص تلقائية وممتصة للحرارة. لذلك ، أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها خلال هذه الدراسة فعالية هذه المواد "الحمأة" من حيث إزالة تلوث الوسط المائي الملوث بالرصاص.

الكلمات الرئيسية: امتزاز ؛ قيادة؛ الحمأة الناتجة؛ معلمات الامتزاز .

## Abstract

The objective of this work is the recovery of sludge, in order to demonstrate their potential as a low-cost adsorbent for the treatment of distilled water artificially polluted by lead. The influence of the various parameters has been studied. The adsorption capacity of lead is maximum for a ratio  $= 1/2$ , and  $\text{pH} = 5$ . The adsorption of lead to sludge is described perfectly by pseudo-second-order kinetics. Maximum adsorption capacity determined by Langmuir's mathematical model. Thermodynamic parameters relating to the adsorbent / adsorbate system studied indicate that the adsorption process is spontaneous and endothermic. Therefore, the results obtained during this study show the effectiveness of these "sludge" materials in terms of depolluting aqueous media contaminated with lead.

Keywords: Adsorption; Lead; Sludge; Adsorption parameters.