

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة سعد دحلب البليدة 1

Université SAAD DAHLAB de BLIDA

كلية التكنولوجيا

Faculté de Technologie

قسم هندسة الطرائق

Département de Génie des Procédés

Mémoire

De Master pour l'obtention du diplôme de Master  
en science et génie de l'environnement

Spécialité

En Gestion Durable des Déchets et Procédés de Traitement

**Gestion des déchets liquides de  
laboratoires au niveau du  
département Génie de Procédés.**

Réalisé par:

TOUCHI Abdelillah  
ZOUAOUI Mohamed

Proposé par :

M. CHANANE Kamal.

Année universitaire:2021/2022

## *Remerciements*

*Nous remercions Dieu Le Tout Puissant pour m'avoir guidé dans le bon chemin et m'avoir permis de terminer mes études.*

*Nous remercions notre promoteur M. Chââne Kâmal pour son encadrement et sa patience.*

*Nos vifs remerciements sont adressés à la cheffe de département Dr. Boutmak Khâlida.*

*Nos sincères salutations à tous les enseignants du département, les ingénieurs des laboratoires qui ont participé à la réussite de ce mémoire.*

*Nous remercions nos camarades de la promo 2022 Master Gestion durable des déchets.*

# Dédicaces

Je dédie ce modeste travail ...

A toute ma famille, ma mère  
et mon père et ma sœur qui  
m'ont encouragé et soutenu  
durant toutes mes études

Ainsi que tous mes amis

Merci a tous.

# Sommaire

Introduction générale

1

## Chapitre I : Déchets de laboratoires

I.1. Introduction.....	2
I.2. Types des déchets de laboratoires.....	2
I.2.1. Déchets acides, bases et liquides organiques .....	2
I.2.2. Produits cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques (CMR).....	3
I.2.3. Déchets biologiques .....	3
I.2.4. Cadavres d'animaux .....	3
I.2.5. Objets piquants ou coupants.....	3
I.2.6. Déchets de verre, verrerie et emballages .....	3
I.2.7. Produits chimiques purs ou concentrés .....	4
I.3. Classification des déchets de laboratoires.....	5
I.3.1. Classification selon la réglementation algérienne .....	5
a) Critères de dangerosité des déchets.....	5
b) Classe des déchets de laboratoire .....	7
I.3.2. Classification selon la convention de Bâle .....	7
a) Critères de dangerosité des déchets.....	8
c) Classe des déchets de laboratoire .....	8
I.4. Collecte des déchets de laboratoire.....	9
I.5. Procédés de traitement des déchets de laboratoire .....	10
I.5.1. Le recyclage .....	10
I.5.2. Coagulation-floculation .....	12
I.5.3. La neutralisation .....	13
I.5.4. Traitements spécifiques .....	14
I.6. Principes généraux de gestion des déchets .....	14

## Chapitre II : Matériels et Méthodes

II.1. Introduction.....	16
II.2. Compagne de sensibilisation.....	16
II.3. Laboratoires ciblés .....	17
II.4. Caractérisation des déchets collectés.....	18
II.4.1. Caractérisation physique .....	18
a) L'aspect .....	18
b) La densité.....	18
II.4.2. Caractérisation chimique.....	19
a) Le pH.....	19
II.5. Jar test .....	22
II.6. Traitement par coagulation-floculation .....	22

## Chapitre III : Résultats et discussions

III.1. Introduction .....	24
III.2. résultat de la compagne de collecte des déchets liquides .....	24
III.2. Caractérisation des déchets de laboratoire .....	25
III.3. Résultats du Jar test .....	26
III.3.1. Jar test sur les déchets minéraux .....	26
III.3.1. Jar test sur les déchets organiques.....	27
III.4. Résultats de traitement des déchets.....	28
III.4.1. Traitement déchets minéraux .....	29
III.4.2. Traitement déchets organiques.....	30
Conclusion générale .....	31

Liste des figures	Nombre de page
<b>Figure I.1</b> : Déchets de laboratoires.	4
<b>Figure I.2</b> : Coupant du décret 06-104 du 28 février 2006 montrant la rubrique pour déchets de laboratoire.	7
<b>Figure I.3</b> : Récipients de 5 litres de collecte des déchets liquides utilisé dans les laboratoires.	9
<b>Figure I.3</b> : Récipients de 50 litres de collecte des déchets liquides pour le stockage.	10
<b>Figure I.4</b> : Schéma de principe de la distillation discontinu.	11
<b>Figure I.5</b> : Schéma de principe de l'extraction liquide-liquide	11
<b>Figure I.6</b> : Schéma de principe d'un Jar Test.	13
<b>Figure I.7</b> : Schéma de filtration sur membrane et neutralisation par le calcaire	13
<b>Figure II.1</b> : Densimètre lesté et Pycnomètre.	18
<b>Figure II.3</b> : pH-mètre WWTW 7110 pour la mesure du pH.	19
<b>Figure II.4</b> : Turbidimètre WTW TURB IR utilisé pour la mesure de la turbidité.	20
<b>Figure II.5</b> : Conductimètre HANNA utilisé pour la mesure de la conductivité.	21
<b>Figure II.6</b> : Spectrophotomètre utilisé pour la mesure de la densité optique.	22
<b>Figure II.7</b> : Schéma de la mini-station de traitement des déchets liquides de laboratoire.	23

Liste des tableaux	Nombre de page
<b>Tableau II.1</b> : Répartition des laboratoires du pavillon 22.	17
<b>Tableau III.1</b> : Collecte des déchets liquides au niveau des laboratoires du pavillon 22.	24
<b>Tableau III.2</b> : Caractérisations des déchets liquides de laboratoires.	25
<b>Tableau III.2</b> : Variation de la concentration du coagulant sur les échantillons de déchets minéraux liquides.	26
<b>Tableau III.3</b> : Variation du pH pour une concentration en coagulant 200 mg/l sur les échantillons de déchets minéraux liquides.	26
<b>Tableau III.4</b> : Variation de la concentration du coagulant sur les échantillons de déchets organiques liquides.	27
<b>Tableau III.5</b> : Variation du pH pour une concentration en coagulant 200 mg/l sur les échantillons de déchets organiques liquides.	28
<b>Tableau III.6</b> : Paramètres de pollution avant et après traitement pour les déchets minéraux.	29
<b>Tableau III.6</b> : Paramètres de pollution avant et après traitement pour les déchets organiques.	30

**Résumé :**

Ce travail consiste à organiser une campagne de sensibilisation, de collecte et de traitement des déchets liquides de laboratoires, organiques et minéraux. Cette campagne a été réalisée au département de génie des procédés pavillon 22, université de Blida 1. La caractérisation des déchets et leur traitement ont été effectués en mesurant le pH, la densité, la conductivité, la turbidité et la longueur d'onde maximum par spectroscopie UV-Visible. Le traitement des déchets a été effectué par coagulation floculation sur ne mini-station qui comporte aussi des filtres et du charbon actif. Les résultats de ce traitement sont meilleurs pour les liquides minéraux que pour les liquides organiques.

Mots clés : Déchets de laboratoires, coagulation, floculation..

**ملخص:**

يتلخص هذا العمل من تنظيم حملة لجمع ومعالجة نفايات المختبرات السائلة العضوية والمعدنية. نفذت هذه الحملة في قسم هندسة الطرائق جناح 22 ، جامعة البليدة 1. تم توصيف النفايات ومعالجتها عن طريق قياس الأس الهيدروجيني والكثافة والتوصيلية والعكارة وأقصى طول موجي بواسطة التحليل الطيفي للأشعة المرئية وفوق البنفسجية. تم إجراء معالجة النفايات عن طريق التلبد و التخثر في محطة صغيرة تحتوي أيضاً على المرشحات الكربون المنشط. نتائج هذا العلاج أفضل للسوائل المعدنية من السوائل العضوية.

الكلمات المفتاحية: مخلفات المختبر ، التلبد، التخثر .

**Abstract :**

This work consists of organizing a campaign to raise awareness, collect and treat liquid, organic and mineral laboratory waste. This campaign was carried out at the Department of Process Engineering flag 22, University of Blida 1. The characterization of the waste and its treatment were carried out by measuring the pH, density, conductivity, turbidity and maximum wavelength by UV-Vis spectroscopy. Waste treatment was carried out by coagulation flocculation on a mini-station which also includes filters and activated carbon. The results of this treatment are better for mineral liquids than for organic liquids.

Keywords: Laboratory waste, coagulation, flocculation.

## Introduction générale

Les déchets des laboratoires des établissements de formation ou de la recherche peuvent entrer dans la catégorie des déchets toxique. Ils peuvent être des produits assimilables aux déchets industriels toxiques et dangereux. Ils sont susceptibles de provoquer des effets indésirables pour l'environnement et/ou sur l'homme, soit en raison de leur toxicité directe ou indirecte soit parce qu'ils peuvent donner lieu à des réactions diverses. Il existe des laboratoires dans de nombreux secteurs d'activités : pharmaceutique, laboratoire de recherche, laboratoire d'analyse, université, etc. Les déchets qu'ils génèrent sont le reflet de la diversité des procédés et méthodes d'analyses employées.

La réglementation stipule que les fabricants, importateurs ou vendeurs portent à la connaissance des établissements et les utilisateurs de ces substances ou préparations dangereuses, les renseignements nécessaires à la prévention et la sécurité concernant ces produits tels qu'ils sont mis sur le marché.

Tous les produits utilisés en laboratoire doivent donc être accompagnées de leur fiche de données de sécurité. Outre des informations sur le produit et ses dangers, elles précisent les possibilités d'élimination des déchets. Par ailleurs, l'utilisateur de ces produits est responsable des déchets produits jusqu'à leur élimination.

Notre travail de fin d'étude cherche à mettre l'accent sur les types et quantités des déchets générés par les laboratoires. Nous avons pris comme exemple notre département Génies des procédés pour collecter analyser et traiter ou stocker les déchets produits par l'activité pédagogique et l'activité de recherche scientifique.

Pour atteindre notre but, nous avons développé dans le premier chapitre des généralités sur les déchets. Nous avons examiné la réglementation en vigueur pour identifier et classer ces déchets. Dans le deuxième chapitre, nous avons exposé les méthodes d'analyse et de traitement en général, pour cela nous avons classé les résidus de laboratoire en deux grandes catégories à savoir les déchets organiques et les déchets minéraux liquides. Le troisième chapitre est consacré aux résultats et leurs interprétations quant aux produits traités.

Enfin, nous avons achevé notre analyse par une conclusion et une évaluation du plan de collecte mis en place au niveau de notre département. Ce travail s'achève par une série de recommandations que nous proposons afin que les déchets de laboratoires ne soient plus dans le circuit des eaux usées.

# CHAPTER I :

## Déchet de laboratoire

## I.1. Introduction

Le cycle de vie de toute substance chimique commence avec la réception de cette substance de son dépôt par l'employé ou l'assistant et arrive au chercheur ou l'étudiant en cours de laboratoire. Ensuite, ces matériaux sont utilisés en synthèse ou en analyse. Une fois l'objet de travail achevé ces produits se présentent sous forme de déchets de laboratoire.

Solvants, solutions de titrage, filtrats ou toutes autres substances de synthèse, un produit chimique de laboratoire peut être dangereux sur l'homme ou sur l'environnement. Son élimination doit être prise en compte parce que certains produits de recherche sont extrêmement dangereux.

La totalité des déchets dangereux nécessite une prise en charge particulière. La complexité des déchets de laboratoire réside dans leur diversité et dans leur quantité : **une grande variété de déchet en très petites quantités** [1].

## I.2. Types des déchets de laboratoires

En général, les déchets de laboratoire dépendent du type de laboratoire et de son activité de recherche ou d'analyse. On parle alors de déchets biologiques, chimiques ou des emballages souillés contenant des restes de produits purs ou mélanges [2].

### I.2.1. Déchets acides, bases et liquides organiques

Ce type de déchets présente un risque chimique de toxicité sur la peau et les muqueuses. Ils comportent les acides, les bases et les produits organiques comme les solvants, les détergents les acides carboxyliques, les alcools ou les autres substances organiques soufrées, chlorées ou autres.

Les déchets liquides organiques sont stockés dans des bidons portant la mention en rouge « déchets organiques chlorés » ou « déchets organiques non-chlorés ».

Les déchets acides sont stockés dans des récipients en plastique portant la mention en jaune « Acide fort ».

Les déchets basiques sont eux aussi stockés dans des récipients en plastique portant la mention en vert « Base forte ».

### **I.2.2. Produits cancérogènes, mutagènes ou reprotoxiques (CMR)**

Ces déchets présentent un risque de toxicité par ingestion, inhalation, pour les yeux, les voies respiratoires et la peau selon le produit considéré. Ils sont contenus dans des gels, des tubes, des pointes ou pipettes en plastique ou verre... souillés.

Ils sont stockés dans des seaux blancs portant la mention en rouge « Déchets toxiques liquides ».

### **I.2.3. Déchets biologiques**

Pour les déchets liquides biologiques, il s'agit de milieux de cultures récupérés. Ils doivent être neutralisés à l'eau de javel avant leur élimination.

Pour les déchets solides : Boîtes de pétri, gants, papier absorbant, flacons de culture, tubes divers, corps de seringues, pointes et pipettes... contaminés doivent être jetés dans les poubelles jaunes quels que soient le niveau de confinement et l'espèce d'origine de la souche bactérienne ou de la lignée cellulaire.

### **I.2.4. Cadavres d'animaux**

Habituellement des souris ou des rats, ils sont stockés dans des réfrigérateurs avant leur incinération. Ces déchets

### **II.2.5. Objets piquants ou coupants**

Aiguilles, scalpels, lames de cutter, ces déchets, s'ils sont souillés par des cellules ou des tissus infectés présentent alors un risque d'infection par une blessure ou une piqûre associée à une contamination chimique ou biologique.

Ces déchets sont stocker dans les emballages jaunes de type « boîtes à aiguilles ».

### **II.2.6. Déchets de verre, verrerie et emballages**

Les déchets de verre ordinaire comportent les bouteilles en verre de différentes couleurs contenant des produits chimiques ou pas. Ces déchets sont inertes et sont recyclés avec les déchets de verre à condition qu'ils ne soient pas souillés par des produits toxiques. .avant de les recycler ils doivent être rincés à l'eau.

La verrerie de laboratoire cassée, éprouvette, erlenmeyer, bécher etc. sont des déchets qui peuvent être recyclés pour faire de nouvelle verrerie de chimie. Le verre de laboratoire est du verre borosilicate dont les propriétés sont différentes des autres types de verre ordinaire. La verrerie cassée est stockée à part dans des boxes en bois généralement.

Les emballages en verre, métal ou plastique souillés par des produits chimiques dangereux ou pas dangereux sont stockés avec bouchon fermé. Ils ne doivent pas être rincés à l'eau avant de les jeter.

### II.2.7. Produits chimiques purs ou concentrés

Certains produits sont périmés ou inutiles sont classés par le laboratoire comme étant des déchets à éliminer. Ces produits doivent restés dans leurs emballages d'origine pour faciliter leur stockage et leur élimination. Ils doivent porter la mention « déchets de laboratoire » sur une étiquette en rouge.



Déchets de produits chimiques



Boite de pétri usée



Déchets biologiques



Déchets piquants et tranchants



Déchets de verrerie



Produits chimiques périmés

**Figure I.1** : Déchets de laboratoires.

### **I.3. Classification des déchets de laboratoires**

#### **I.3.1. Classification selon la réglementation algérienne**

*Décret exécutif 06-104 du 28 février 2006 fixant la nomenclature des déchets, y compris les déchets spéciaux dangereux [3].*

La classification des déchets selon ce décret se fait en attribuant pour chaque déchet un numéro de code structuré comme suit ; le premier chiffre représente la catégorie qui retrace le secteur d'activité ou le procédé dont le déchet est issu, le second représente la section qui retrace l'origine ou la nature du déchet appartenant à la catégorie et le troisième représente la rubrique qui retrace la désignation du déchet.

Les déchets sont identifiés selon leur appartenance et sont désignés par MA pour les déchets assimilés aux déchets ménagers, I pour les inertes, par S pour les déchets spéciaux et par SD pour les déchets spéciaux dangereux.

On définit également un critère de dangerosité pour les déchets spéciaux et spéciaux dangereux qui comporte les propriétés suivantes ; déchets explosible, comburant, extrêmement inflammable, facilement inflammable, inflammable, irritant, nocive, toxique, cancérigène, corrosif, infectieux, toxique vis-à-vis de la reproduction, mutagène et dangereux pour l'environnement.

#### **a) Critères de dangerosité des déchets**

**Explosible** : est explosible une substance ou un déchet solide, liquide, pâteux ou gélatineux qui, mime sans la présence de dioxygène atmosphérique, peut présenter une réaction exothermique avec développement rapide de gaz et, qui dans des conditions d'essai déterminés, détone, déflagre rapidement ou, sous l'effet de la chaleur, explose en cas de confinement partiel [3].

**Comburante** : est comburante une substance ou un déchet qui, au contact d'autres substances, notamment des substances inflammables, présente une réaction fortement exothermique.

**Extrêmement inflammable** : est extrêmement inflammable une substance ou un déchet dont le point D'éclair est extrêmement bas et le point d'ébullition bas, ainsi qu'une substance ou une préparation gazeuse qui, à température et pression ambiantes, est inflammable à l'air.

**Facilement inflammable** : est facilement inflammable une substance ou un déchet pouvant surchauffer au point de s'enflammer à l'air à température ambiante sans apport d'énergie ou à l'état solide qui peut s'enflammer facilement par une brève action, d'une source inflammation et qui continue à brûler ou à se consumer après l'élimination de cette source; ou à l'état liquide, dont le point d'éclair est très bas, ou qui, au contact de l'eau ou de l'air humide, produit des gaz extrêmement inflammables en quantités dangereuses.

**Inflammable** : est inflammable une substance ou un déchet liquide dont le point d'éclair est bas.

**Irritante** : est irritante une substance ou un déchet non corrosive qui, par contact immédiat, prolongé ou répété avec la peau ou les muqueuses, peut provoquer une réaction inflammatoire.

**Nocive** : est nocive une substance ou un déchet qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peut entraîner la mort ou des risques aigus ou chroniques.

**Toxique** : est toxique une substance ou un déchet qui par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, en petites quantités, peut entraîner la mort ou des risques aigus ou chroniques.

**Cancérogène** : est cancérogène une substance ou un déchet qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peut produire le cancer ou en augmenter sa fréquence

**Corrosive** : est corrosive une substance ou un déchet qui, en contact avec les tissus vivants, peut exercer une action destructrice avec ces derniers.

**Infectieuse** : est infectieuse une matière ou un déchet contenant des micro-organismes viables ou leur toxines, susceptibles de causer une maladie chez l'homme ou chez d'autres organismes vivants.

**Toxique vis-à-vis de la reproduction** : est toxique vis-à-vis de la reproduction une substance ou un déchet qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peut produire ou augmenter la fréquence d'effets indésirables non héréditaires dans la progéniture ou porter atteinte aux fonctions ou capacités reproductives.

**Mutagène** : est mutagène une substance ou un déchet qui, par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée, peut produire des défauts génétiques héréditaires ou en augmenter la fréquence.

**Dangereuse pour l'environnement** : est dangereuse pour l'environnement une substance ou un déchet qui, présente ou peut présenter des risques immédiats ou différés pour une ou plusieurs composantes de l'environnement, susceptible de modifier la composition de la nature, de l'eau, du sol, ou de l'air, du climat, de la faune, de la flore ou des micro-organismes.

### b) Classe des déchets de laboratoire

Selon le décret exécutif 06-104 du 28 février 2006, les déchets de laboratoires sont classés comme étant des déchets spéciaux dangereux avec deux critères « **Toxique** » et « **Dangereux pour l'environnement** » suivant la rubrique **16.5.3** comme indiqué sur la figure suivante.

Un déchet toxique peut provoquer la mort ou un risque aigu ou chronique.

Un déchet dangereux pour l'environnement est susceptible de modifier la composition de la nature, de l'eau, du sol, ou de l'air, du climat, de la faune, de la flore ou des micro-organismes.

<b>16.5</b>	<b>Gaz en récipients à pression et produits chimiques mis au rebut</b>		
16.5.1	Gaz en récipients à pression (y compris les halons) contenant des substances dangereuses	SD	Explosible dangereuse pour l'environnement
16.5.2	Gaz en récipients à pression autres que ceux visés à la rubrique 16.5.1	S	
<b>16.5.3</b>	<b>Produits chimiques de laboratoire à base de ou contenant des substances dangereuses, y compris les mélanges de produits chimiques de laboratoire</b>	<b>SD</b>	<b>Toxique dangereuse pour l'environnement</b>

**Figure I.2** : Coupant du décret 06-104 du 28 février 2006 montrant la rubrique pour déchets de laboratoire.

### I.3.2. Classification selon la convention de Bâle

La Convention de Bâle, officiellement Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination est un traité international qui a été conçu afin de réduire la circulation des déchets dangereux entre les pays. Il s'agissait plus particulièrement d'éviter le transfert de déchets dangereux des pays développés vers les pays en voie de développement [4].

La convention a aussi pour but de minimiser la quantité et la toxicité des déchets produits, et d'aider les pays en voie de développement à gérer de façon raisonnable les déchets, nocifs ou pas, qu'ils produisent.

La Convention a été ouverte à la signature le 22 mars 1989 et est entrée en vigueur le 5 mai 1992. Actuellement 166 pays ont signé et ratifié la convention. L'Algérie l'a fait par décret présidentiel n°06-170 du 22 mai 2006 portant ratification de l'amendement de la convention de Bâle [5].

#### **a) Critères de dangerosité des déchets**

Selon la convention de Bâle, annexe III, les critères de dangerosités sont les suivants [4].

- Matières explosives
- Matière inflammables
- Matières solides inflammables
- Matières spontanément inflammables
- Matières ou déchets qui, au contact de l'eau, émettent des gaz inflammables
- Matières comburantes
- Peroxydes organiques
- Matières toxiques (aigües)
- Matières infectieuses
- Matières corrosives
- Matières libérant des gaz toxiques au contact de l'air ou de l'eau
- Matières toxiques (effets différés ou chroniques)
- Matières écotoxiques
- Matières après dégradation libère des matières ayant un critère dangereux

#### **c) Classe des déchets de laboratoire**

La classification se fait selon 8 critères, on attribue pour chaque critère une lettre :

- Q : Déchet destiné à l'élimination ou le recyclage
- D : Opération d'élimination (traitement physique, chimique, biologique etc.)
- R : Recyclage
- S : Code convention de Bâle (SO : Code OCDE)
- C : Constituants de déchets (composés chlorés, soufrés, cyanures etc.)

- H : Caractères des déchets (Toxique, inflammable etc.)
- A : Activité (Transformation du lait, métallurgie etc.)
- Y : Listes des déchets (déchets de cliniques, hydrocarbures etc.)

Chaque déchet doit avoir sur son code les lettres de classification avec un numéro indiquant le type. Cette classification permet une identification du déchet, son origine, le type de traitement qu'il doit subir et son caractère de dangerosité.

#### **I.4. Collecte des déchets de laboratoire**

Les déchets de laboratoires sont fréquents dans les laboratoires de recherche et pédagogique. Des produits usagés ou périmés s'accumulent au fil des expériences réalisées. Ces déchets chimiques solides et liquides doivent être pris en charge, transportés et éliminés selon la réglementation en vigueur.

Collecte, transport, destruction et suivi des déchets chimiques sont nécessaires pour préserver l'environnement des déchets toxiques.

Chaque déchet de laboratoire est caractérisé par sa nature minérale ou organique pour commencer, puis on peut distinguer entre l'état solide ou liquide. Pour organiser une collecte au sein d'un laboratoire de chimie ou de biologie, on met à la disposition des étudiants ou des chercheurs des récipients de 5 litres de collecte avec une liste de produits à mettre dans chaque récipient.

La collecte se fait au niveau de chaque laboratoire pédagogique ou de recherche. Une fois les récipients remplis, leurs contenus sont collectés dans des récipients plus grands de 50 litres.



**Figure I.3 :** Récipients de 5 litres de collecte des déchets liquides utilisé dans les laboratoires.



**Figure I.3 :** Récipients de 50 litres de collecte des déchets liquides pour le stockage.

## **I.5. Procédés de traitement des déchets de laboratoire**

Dans les établissements produisant des déchets de laboratoire, le traitement commence par :

- Assurer l'identification des déchets ;
- Séparer les produits incompatibles ;
- Stocker séparément les produits dans récipients étanches.
- Traiter ces déchets suivant la réglementation en vigueur en faisant appel à des sociétés agréées.

Les produits de laboratoire recouvrent une large gamme de substances selon aussi des spécialités des laboratoires. La diversité des substances entraîne une diversité des propriétés : inflammabilité, toxicité, corrosivité, potentiel comburant, caractère nocif, irritant, etc.

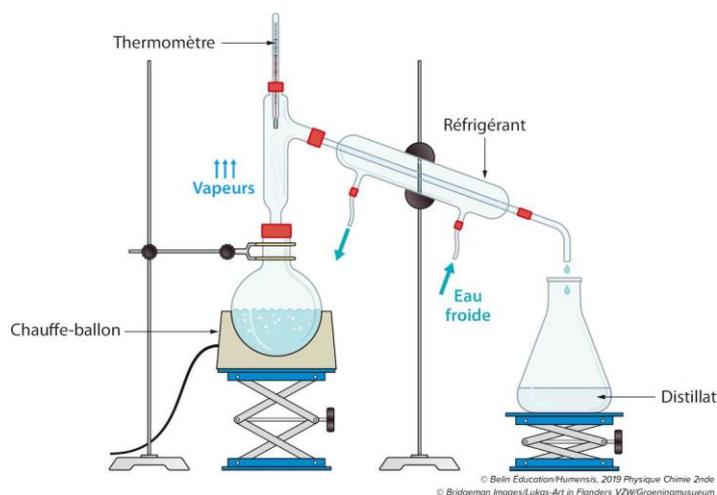
Il existe plusieurs modes de traitement des déchets en général et des produits de laboratoire en particulier.

### **I.5.1. Le recyclage**

Certains déchets peuvent être recyclés comme les solvants organiques, pour cela deux méthodes sont à préconiser : la distillation et l'extraction liquide-liquide.

### a) Distillation

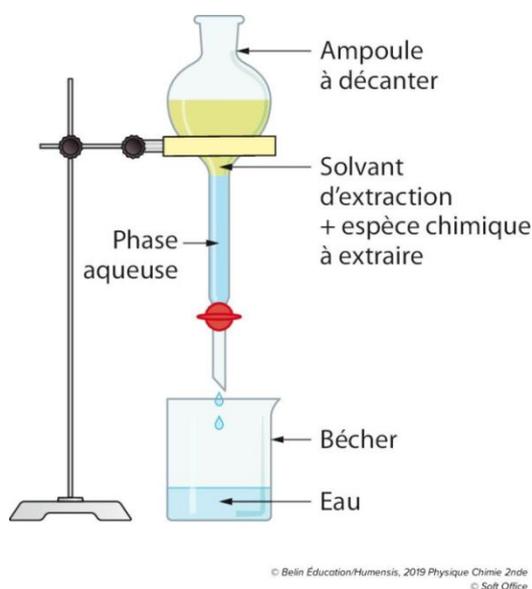
La distillation est un processus physique qui consiste à séparer, par la chaleur, les différents éléments constituant un liquide ou un solide, et à les recueillir sous forme gazeuse, Cette vaporisation peut être suivie d'une condensation par refroidissement. Le solvant organique liquide est récupéré pour être recyclé.



**Figure I.4 :** Schéma de principe de la distillation discontinu [5].

### b) Extraction liquide-liquide

Par contre l'extraction liquide-liquide n'utilise pas la chaleur, la séparation consiste en une extraction par transfert entre deux phases liquides. Le produit recherché est séparé par décantation.



**Figure I.5 :** Schéma de principe de l'extraction liquide-liquide [5].

### **I.5.2. Coagulation-floculation**

La coagulation-floculation est un procédé de traitement physico-chimique d'épuration de l'eau, utilisé pour le traitement de potabilisation ou le traitement d'eau usée [6]. Son principe repose sur la difficulté qu'ont certaines particules à se décanter naturellement.

Il s'agit des colloïdes qui sont caractérisées par deux points essentiels : un diamètre très faible (de 1 nm à 1 µm) et une charge négative. Ces deux caractéristiques contraignent ces particules à se décanter difficilement.

La coagulation-floculation permet d'éliminer la charge négative par l'introduction d'un agent coagulant et augmenter le diamètre des particules par l'introduction d'un agent flocculant. Les agents coagulant utilisés sont des cations métalliques comme  $Al^{3+}$  et  $Fe^{3+}$  et les agents flocculant sont des polymères synthétiques ou naturels comme les polyacrylamides ou l'amidon.

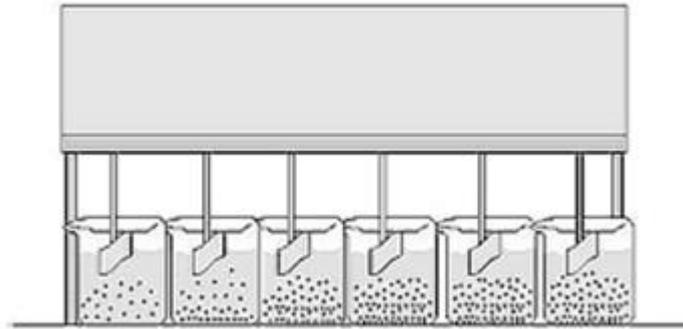
#### **a) Jar test**

La détermination des concentrations des agents de coagulations et des agents de floculation dans les solutions à traiter est réalisée par le Jar test [6]. Il consiste en une rangée de béchers alignés sous un appareillage permettant de tous les agiter à la même vitesse. On introduit dans les différents béchers une dose différente d'un réactif qu'on laisse agiter durant un certain temps à une certaine vitesse.

On détermine quels sont les couples quantités de réactifs / vitesse et temps d'agitation qui permettent d'obtenir l'eau la plus limpide possible.

La coagulation nécessite une vitesse d'agitation plus rapide pour bien mélanger les agents  $Al^{3+}$  et  $Fe^{3+}$  avec les colloïdes pour neutraliser la charge négative. La floculation par contre nécessite une agitation lente pour permettre au flocculant de bien s'agglomérer et former de grosses particules.

Le temps de la coagulation dure 5 à 15 minutes et le temps de la floculation environ 30 minutes. La vitesse d'agitation durant la coagulation est de 100 tr/min et durant la floculation elle est égale à 30 tr/min. Cette vitesse lente assure une formation des flocons et empêche leur destruction.



**Figure I.6 :** Schéma de principe d'un Jar Test [6].

### **b) Application de la Coagulation-Floculation**

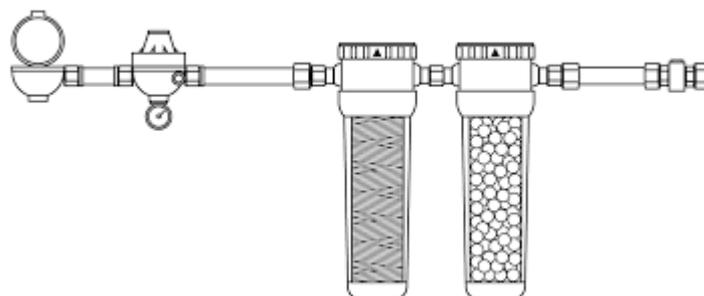
Cette méthode est utilisée pour le traitement des eaux et améliorer sa turbidité pour la rendre potable. Elle est aussi utilisée comme un traitement tertiaire dans les stations d'épuration dans l'élimination des produits phosphorés [6].

Cette opération est suivie d'une filtration sur lit de sable pour éliminer d'une façon rigoureuse les flocons formés.

### **I.5.3. La neutralisation**

Le traitement des eaux par neutralisation consiste à ramener l'eau à un pH neutre c'est-à-dire  $\text{pH}=7$ . Le traitement s'applique pour des solutions très acides, corrosives et qui ont un impact sur la santé ou sur l'environnement.

Le traitement consiste à faire passer la solution par un filtre de calcaire pour éliminer le  $\text{CO}_2$  responsable de l'acidité dans les eaux potables ou introduire une solution basique pour la neutraliser. Un pH mètre est utilisé pour mesurer le pH des solutions traitées.



**Figure I.7 :** Schéma de filtration sur membrane et neutralisation par le calcaire [7].

#### **I.5.4. Traitements spécifiques**

En pratique la diversité des déchets issus des laboratoires est très grande, et les traitements sont parfois spécifiques à chaque type de déchets. Il faut savoir qu'il existe aussi des méthodes destructives des déchets comme la pyrolyse ou l'incinération [8].

- Le broyage : pour des déchets solides fibreux
- La co-incinération : pour les déchets minéraux
- L'incinération : pour les déchets organiques solides ou liquides
- La pyrolyse : pour des résidus huileux ou pâteux
- La gazéification : pour les résidus fibreux organiques.

#### **I.6. Principes généraux de gestion des déchets**

En matière de déchets, une bonne gestion passe par quelques étapes clés et par une démarche bien structurée. Afin d'y voir plus clair, nous proposons quelques principes fondamentaux que nous avons appris au cours de notre formation universitaire [9].

-Principe premier : ***BIEN CONNAITRE LES DÉCHETS***

Bien connaître les déchets est une étape incontournable pour améliorer leur gestion. Cette connaissance s'acquiert notamment par un suivi régulier des quantités. Pour cela, il faut dresser un état des lieux qui identifie les différents déchets, les quantités produites.

-Principe deuxième : ***BIEN CONNAITRE LA LEGISLATION APPLICABLE***

Il est important de réaliser un inventaire des législations en matière de déchets qui concernent notre cas comme le décret 06-104 du 28 février 2006 et la convention de Bâle de 1989.

-Principe troisième : ***PRENDRE DES MESURES DE PREVENTION***

Il est important de mettre en place des mesures de prévention qui consistent à adopter des comportements et des attitudes éco-responsables. La prévention agit à la source en suivant le principe : « ***Le meilleur déchet est celui qui n'existe pas !*** »

-Principe quatrième : ***OPTIMISER LA GESTION***

Une bonne gestion des déchets permet de maîtriser chaque type de déchet de sa production à son élimination. L'amélioration de la gestion passe donc par l'application de mesures curatives permettant notamment d'optimiser le tri, les collectes sélectives, le recyclage, le choix des modes d'élimination/traitement, ...

-Principe cinquième : ***SENSIBILISER LE PERSONNEL***

La sensibilisation et l'adhésion du personnel des enseignants et des étudiants pour la réussite de toute démarche en matière de gestion des déchets de laboratoire. Gardez à l'esprit que la réussite d'une action de sensibilisation repose sur l'adhésion du personnel à de nouveaux gestes. Changer les habitudes et vaincre et convaincre les résistants est une action nécessaire pour obtenir leur adhésion au projet. La communication interne doit dès lors être claire, positive, dynamique, motivante et s'organiser autour d'un plan de sensibilisation.

# CHAPITRE II :

## Matériels et méthodes

## **II.1. Introduction**

Nous nous sommes proposé de collecter les déchets liquides organiques et minéraux au niveau de notre département Génie des procédés de la faculté de technologie pavillon 22. Cette collecte à été suivi d'une campagne de sensibilisation au niveau des laboratoires pédagogiques et de recherche du département. Les déchets collectés sont triés, mesurés caractérisés et enfin traiter avant leur rejet.

Notre but dans ce travail est d'instaurer un système de collecte au niveau de chaque laboratoire pour éviter que les déchets liquides ne soient plus jetés dans le levier de la pailleasse. Les méthodes et le matériel utilisés sont énumérés dans cette partie du travail.

## **II.2. Campagne de sensibilisation**

La sensibilisation au tri des déchets en laboratoire permet de lutter contre le gaspillage des produits chimiques et aussi contre l'élimination non conforme. Pour cela nous avons réalisé une affiche avec deux récipients en plastique portant les deux mentions en rouge « Déchet minéral » et en verre « Déchet organique ». Sur l'affiche (Annexe 1) nous avons inscrit les différentes solutions à mettre dans les récipients que nous avons distribués au niveau de tous les laboratoires.

En tout 40 récipients sont répartis dans les locaux et 20 affiches autocollants accrochés sur les paillasse ou sur les murs au vu de l'ensemble des étudiants ou des ingénieurs de laboratoires.

L'opération de sensibilisation s'est déroulée durant les travaux pratiques pédagogiques pour les étudiants en L2, L3, M1 et M2 ou les travaux de recherche pour les doctorants et les étudiants en PFE. Nous avons pris 5 à 10 minutes de la séance pour sensibiliser et expliquer aux étudiants les risques chimiques des rejets liquides et leur impact sur l'environnement.

Nous avons également demandé aux étudiants et aux responsables du laboratoire de mettre en place ce protocole de collecte et de le respecter à chaque fois qu'il est question de rejeter une solution chimique.

### II.3. Laboratoires ciblés

La collecte s'est faite au niveau des laboratoires du département, elle a duré environ 2 mois. Les quantités collectées sont consignés dans un tableau pour chaque laboratoire. Le tableau suivant résume les affectations des locaux par laboratoire.

**Tableau II.1 : Répartition des laboratoires du pavillon 22.**

Bloc	Niveau	N°	Laboratoire
Bloc A	Rez-de-chaussée	101	Labo de recherche pollution atmosphériques EEDD
		102	Laboratoire DRX
		112	Laboratoire de mécanique des fluides
		113	Laboratoire absorption atomique
		116	Laboratoire de recherche AFPC
	Premier étage	202	Laboratoire de recherche AFPC
		206	Laboratoire chimie des solutions
		211	Laboratoire traitement des eaux
	Deuxième étage	306	Laboratoire électrochimie
		311	Laboratoire chimie minérale
		316	Laboratoire de recherche GC
Bloc B	Rez-de-chaussée	126	Laboratoire de recherche adsorption EEDD
		131	Laboratoire de chimie organique
		140	Laboratoire d'analyse physico-chimique
	Premier étage	226	Laboratoire de recherche GC
		231	Laboratoire instrumentation
		232	Laboratoire de chimie organique
	Deuxième étage	340	Laboratoire de chimie pharmaceutique
Bloc C	Rez-de-chaussée	151	Laboratoire matériaux 1
		152	Laboratoire matériaux 2
		156	Laboratoire calcul de réacteurs
		163	Laboratoire de recherche GC
		166	Laboratoire de recherche AEH
	Premier étage	251	Laboratoire opérations unitaires 1
		252	Laboratoire de biochimie
		256	Laboratoire opérations unitaires 2

## II.4. Caractérisation des déchets collectés

### II.4.1. Caractérisation physique

#### a) L'aspect

Afin d'identifier les solutions collectées au niveau des laboratoires du département, nous nous sommes intéressés à leurs aspects visuel, c'est-à-dire :

- La couleur de la solution
- Sa consistance (aqueuse ou huileuse)
- Son odeur (caractéristique alcool, éther cétone COV en général...)
- Contenant des suspensions ou pas
- Contenant une ou plusieurs phases

#### b) La densité

La densité notée  $d$ , elle n'a pas d'unité et elle est égale à la masse volumique de la substance divisée par la masse volumique du corps de référence à la même température. Pour les liquides et les solides, l'eau est utilisée comme référence, pour les gaz, la mesure s'effectue par rapport à l'air.

Comme la densité varie avec la température, il est souvent indiqué sur cette valeur deux températures comme  $d_4^{20}$  qui signifie que la densité est prise à 20°C par rapport à l'eau à 4°C. On mesure la densité des liquides par un densimètre en verre lesté au plomb avec une précision moyenne de 3% ou avec un pycnomètre beaucoup plus précis de l'ordre de 0,1% de précision.



**Figure II.1** : Densimètre lesté et Pycnomètre.

La masse volumique de l'eau à 4°C est maximale, elle est égale à 0,9999 kg/l.

La masse volumique de l'air à pression normale (1.013,25 hPa) est égale à 1,293 kg/m<sup>3</sup> à 0°C et 1,204 kg/m<sup>3</sup> à 20°C.

**-Mode opératoire :**

La solution à mesurer est remplie dans une éprouvette de 1000 ml, jusqu'à une hauteur à 900 ml par exemple. Le densimètre est introduit dans l'éprouvette jusqu'à ce qu'il soit stable et ne doit pas coller à la paroi. La lecture se fait sur la partie graduée du densimètre.

L'opération est effectuée 2 à 3 fois pour avoir une valeur la plus précise possible.

**II.4.2. Caractérisation chimique**

**a) Le pH**

Le pH correspond à la concentration en ions H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> dans la solution. Si le pH est supérieur à 7 la solution est basique, si le pH est égal à 7 la solution est neutre et si le pH est inférieur à 7 la solution est acide.

**-Mode opératoire :**

On Plonge la sonde dans la solution à mesurer le pH. Il faut Attendre la stabilité de la mesure c'est-à-dire quelques secondes. On Lit la valeur du pH. On Sort la sonde de la solution, la rincer et la plonger dans l'eau distillée en attendant la prochaine mesure.

L'appareil est étalonné avant la mesure par deux solutions la première acide de pH=4 et la deuxième basique de pH=9.



**Figure II.3 :** pH-mètre WWTW 7110 pour la mesure du pH.

### a) La turbidité

La turbidité désigne la teneur d'une eau en matières qui la troublent. Elle est généralement causée par des matières en suspension et des particules colloïdales qui absorbent, diffusent ou réfléchissent la lumière.

La turbidité est principalement mesurée par une méthode de photométrie, une turbidimétrie. Elle est exprimée en UTN (unité de turbidité néphélométrique). L'étalonnage se fait à l'aide de témoins pour différentes turbidités à mesure. Des solutions de 1, 10 100 et 1000 NUT sont utilisées pour étalonner l'appareil.

#### **Mode opératoire :**

Vérification de l'appareil : Avant toute mesure ou série de mesure, il faut vérifier le fonctionnement électrique et mécanique de l'appareil conformément aux préconisations de son constructeur.

Nettoyer avec le plus grand soin la cuve de mesure avant toute détermination. Prendre toutes les précautions utiles pour éviter l'introduction de poussières dans l'appareil, opérer à une température aussi voisine que possible de 20°C. Homogénéiser l'échantillon à analyser et l'introduire, avec précautions. Le produit à mesurer dans la cellule de mesure en évitant un mouvement qui conduirait à la formation de bulles d'air et effectuer la mesure fosse. Attendre une minute si la valeur de l'indice est stable, noter l'indice de turbidité obtenu.



**Figure II.4 :** Turbidimètre WTW TURB IR utilisé pour la mesure de la turbidité.

### **b) La conductivité**

La conductivité est la capacité d'une solution, à faire passer un courant électrique. Dans une solution, ce sont les anions et les cations qui transportent le courant. La mesure se fait par un conductimètre de paillasse.

#### **Mode opératoire :**

Amener l'échantillon à analyser à 20 °C par immersion dans un bain d'eau. Contrôler la température à 0,1 °C près. Rincer deux fois la cellule de mesure du conductimètre avec la solution à examiner. Mesurer la conductivité exprimée en micro-Siemens par centimètre. Attendre que la valeur soit fixe pour la prendre.



Figure II.5 : Conductimètre HANNA utilisé pour la mesure de la conductivité.

### **c) Densité optique maximum par spectroscopie UV-visible**

Cette analyse à été effectuée pour déterminer la bande d'absorption en UV des solutions collectées. Un balayage de 200 à 800 nm est réalisé par un appareil UV-Visible Shimadzu pour déterminer la longueur d'onde maximum d'absorption. Des échantillons de solutions sont analysés avant et après traitement pour déterminer le rendement d'épuration.

#### **Mode opératoire :**

Le spectrophotomètre que nous avons utilisé est un appareil qui permet de mesurer directement les densités optiques (Absorbance) des échantillons. Les longueurs d'ondes maximales sont obtenues directement par balayage automatique entre 200 et 800 nm. Des cuves en quartz de 1 cm de trajet optique sont utilisées. La cuve une fois remplie par la solution est introduite et la densité optique s'affiche sur le cadran de l'appareil. On mesure cette densité au maximum d'absorption avant et après traitement.



**Figure II.6 :** Spectrophotomètre utilisé pour la mesure de la densité optique.

## **II.5. Jar test**

Le Jar test est appliqué sur des échantillons collectés de déchets liquides organiques et de déchets liquides minéraux. Pour cela 6 béchers de 500 ml sont préparés pour introduire des quantités différentes de 0, 10 20, 30 40 et 50 ml de solution de  $Al_2(SO_4)_3$  et de  $FeCl_3$  en fixant le  $pH=7$ . Après 30 minutes d'agitation lente et décantation on mesure la turbidité des solutions pour les coagulants.

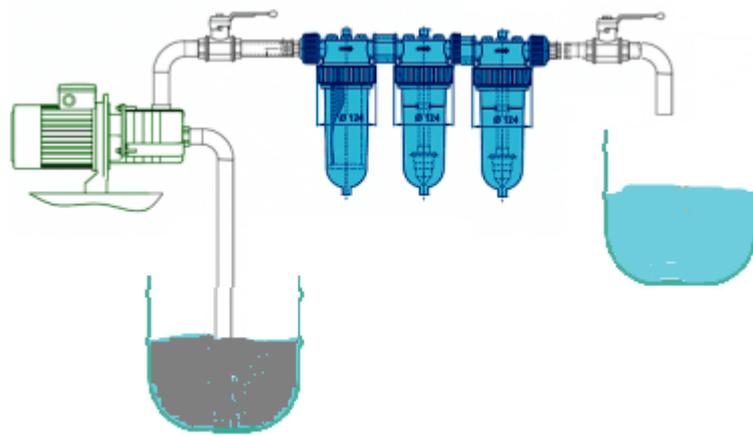
La même opération est reconduite cette fois –ci pour des  $pH$  différents 3, 5, 7, 9 et 11 et pour la solution qui a présentée la plus faible turbidité.

L'objectif de ce test est de trouver la combinaison concentration en coagulant et  $pH$  pour une turbidité minimum. En ce point, notre traitement peut être alors effectué.

## **II.6. Traitement par coagulation-floculation**

Pour traiter les déchets liquides de laboratoire nous avons réalisation une mini-station dépuración. Cette station comporte :

- Un bac de coagulation-floculation
- Une pompe électrique de 50 litres par minute
- Un kit de filtration comportant 3 cartouches
- Filtre 200 microns
- Filtre à charbon
- Bac de récupération du liquide traité



**Figure II.7 :** Schéma de la mini-station de traitement des déchets liquides de laboratoire.

Le traitement dure environ 60 minutes pour traiter 50 litres de déchets liquides. Des mesures de paramètres sont effectuées avant et après analyse à savoir :

- Le pH
- La conductivité
- La turbidité
- La densité optique au maximum d'absorption
- La densité

# CHAPITRE III :

## Résultats et discussions

## II.1. Introduction

Ce chapitre est consacré aux résultats que nous avons réalisés durant 2 mois de travail de collecte de déchets puis les analyses effectués et enfin le traitement des déchets liquides que nous avons réalisés.

Le résultat le plus important de ce travail est d’instaurer un système de collecte au niveau de chaque laboratoire du département pour gestion qui respecte l’environnement et la santé.

## II.2. résultat de la campagne de collecte des déchets liquides

La collecte des déchets au niveau des laboratoires a donné les résultats suivants.

**Tableau III.1** : Collecte des déchets liquides au niveau des laboratoires du pavillon 22.

Bloc	Niveau	N°	Laboratoire	Déchet minéral	Déchet organique
Bloc A	RDC	101	Labo de recherche pollution atmosphériques EEDD	0	0
		102	Laboratoire DRX	0	0
		112	Laboratoire de mécanique des fluides	0	0
		113	Laboratoire absorption atomique	2	1
		116	Laboratoire de recherche AFPC	10	5
	Etage 1	202	Laboratoire de recherche AFPC	5	5
		206	Laboratoire chimie des solutions	5	5
		211	Laboratoire traitement des eaux	5	5
	Etage 2	306	Laboratoire électrochimie	2,5	0
		311	Laboratoire chimie minérale	1	0
316		Laboratoire de recherche GC	0	0	
Bloc B	RDC	126	Laboratoire de recherche adsorption EEDD	10	0
		131	Laboratoire de chimie organique	5	5
		140	Laboratoire d’analyse physico-chimique	20	10
	Etage 1	226	Laboratoire de recherche GC	0	0
		231	Laboratoire instrumentation	0	0
	232	Laboratoire de chimie organique	5	10	
Etage 2	340	Laboratoire de chimie pharmaceutique	0	0	
Bloc C	RDC	151	Laboratoire matériaux 1	0	0
		152	Laboratoire matériaux 2	5	0
		156	Laboratoire calcul de réacteurs	0	0
		163	Laboratoire de recherche GC	10	5
		166	Laboratoire de recherche AEH	25	5
	Etage 1	251	Laboratoire opérations unitaires 1	0	0
		252	Laboratoire de biochimie	0	0
		256	Laboratoire opérations unitaires 2	0	0
<b>Total</b>				<b>110,5</b>	<b>56</b>

**Commentaire :**

La campagne a été réalisée avec une adhésion complète des ingénieurs de laboratoire et des étudiants qui ont trouvé l'opération très intéressante et respectueuse de l'environnement. Nous n'avons trouvé aucune difficulté pour convaincre ou expliquer l'opération. L'adhésion était instantanée. Les doctorants chercheurs et les ingénieurs des laboratoires ramenaient eux-mêmes les jerricans remplis pour les vider au laboratoire 152 où nous avons stocké les déchets liquides.

Les laboratoires qui produisent des déchets liquides sont principalement les laboratoires de recherche qui ont une activité quasiment quotidienne suivi du laboratoire d'analyse surtout la spectroscopie UV-Visible et l'HPLC.

**III.2. Caractérisation des déchets de laboratoire**

Les analyses effectuées sur les déchets collectés sont consignés sur le tableau suivant :

**Tableau III.2 :** Caractérisations des déchets liquides de laboratoires.

<b>Paramètres</b>	<b>Déchets minéraux</b>	<b>Déchets organiques</b>
Aspect	Liquide aqueux de couleur verte claire sans odeurs	Liquide huileux de couleur marron claire sans odeurs
Densité	1,00	0,98
Turbidité (NUT)	1,11	8,90
pH	1,64	3,17
Conductivité (mS)	23,7	0,55
Longueur d'onde et Densité optique UV-Visible	602 nm (DO=0,006)	623 nm (DO=0,067) 429 nm (DO=0,178)

**Commentaire :**

Les solutions minérales collectées sont très acides elles proviennent principalement des laboratoires de recherches. Elles sont caractérisées par une densité proche de 1, une turbidité faible et un pH acide. La longueur d'onde associée elle aussi n'est très intense, elle est dans le domaine visible à 602 nm avec une intensité très faible.

Les solutions minérales quant à elles présentent une densité inférieure à l'eau mais très proche. Le pH est acide et la turbidité élevée. Sa conductivité est faible vu la nature des déchets organiques qui ne sont pas forcément ioniques. La longueur d'onde associée est de 623 et 429 nm, mais la plus intense est la deuxième avec une intensité égale à 0,178.

### III.3. Résultats du Jar test

#### III.3.1. Jar test sur les déchets minéraux

Les résultats obtenus du Jar test sur les déchets minéraux sont consignés sur le tableau suivant.

**Tableau III.2 :** Variation de la concentration du coagulant sur les échantillons de déchets minéraux liquides.

FeCl <sub>3</sub> (ml)	Initial	5	10	20	30	40	<b>50</b>
mg/l	-	20	40	80	120	160	<b>200</b>
pH	1,64	1,21	2,05	7,75	8,28	9,66	<b>9,86</b>
Turb (NUT)	1,11	0,66	0,48	0,52	0,43	0,22	<b>0,15</b>
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (ml)	Initial	5	10	20	30	40	<b>50</b>
mg/l	-	20	40	80	120	160	<b>200</b>
pH	1,64	1,19	3,03	11,65	12,51	12,65	<b>13</b>
Turb (NUT)	1,11	0,11	0,32	0,21	0,16	0,25	<b>0,14</b>

**Tableau III.3 :** Variation du pH pour une concentration en coagulant 200 mg/l sur les échantillons de déchets minéraux liquides.

FeCl <sub>3</sub> (ml)	Initial	<b>50</b>	50	50	50	50
mg/l	0	<b>200</b>	200	200	200	200
pH	1,64	<b>3,00</b>	5,00	7,00	9,00	11,00
Turb (NUT)	1,11	<b>0,32</b>	0,45	0,85	0,62	0,55
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (ml)	Initial	<b>50</b>	50	50	50	50
mg/l		<b>200</b>	200	200	200	200
pH	1,64	<b>3,00</b>	5,00	7,00	9,00	11,00
Turb (NUT)	1,11	<b>0,13</b>	0,34	0,51	0,85	2,00

#### Commentaire :

Le tableau II.2 montre que la concentration en coagulant FeCl<sub>3</sub> et la concentration du coagulant Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> qui correspond pour les deux au minimum de turbidité est égale à 200 mg/l. C'est la valeur qui a donné le minimum de turbidité pour les 2 coagulants.

Le tableau II.3 quant à lui la turbidité minimum obtenue est au pH acide égal à 3. Ce pH est caractéristique des solutions acides avec une forte concentration en charge négative. Cette charge est neutralisée par les cations  $Fe^{3+}$  et  $Al^{3+}$  pour amorcer la coagulation dans la solution.

Le sulfate d'aluminium est plus efficace pour le Jar test sur les déchets minéraux que le chlorure de fer. La valeur de la turbidité la plus faible est obtenue égale 0,13 NUT alors que pour le second coagulant elle est de 0,32 NUT. Nous avons obtenu pour les deux coagulants de bons résultats puisqu'on admet qu'une eau épurée à une turbidité inférieure à 1 NUT.

Le couple recherché pour le traitement des déchets minéraux est donc :

Concentration en coagulant :	<b>FeCl<sub>3</sub></b>	<b>200 mg/l</b>
	<b>Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub></b>	<b>200 mg/l</b>
pH	<b>3</b>	

### III.3.1. Jar test sur les déchets organiques

Les résultats obtenus du Jar test sur les déchets organiques sont consignés sur le tableau suivant.

**Tableau III.4 :** Variation de la concentration du coagulant sur les échantillons de déchets organiques liquides.

FeCl <sub>3</sub> (ml)	Initial	<b>5</b>	10	20	30	40	50
mg/l	0	<b>20</b>	40	80	120	160	200
pH	3,17	<b>2,92</b>	2,80	2,75	2,70	2,65	2,59
Turb (NUT)	8,90	<b>0,35</b>	1,81	0,76	0,69	0,57	0,40
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (ml)	Initial	5	10	20	30	40	<b>50</b>
mg/l		20	40	80	120	160	<b>200</b>
pH	3,17	3,05	2,93	2,63	2,92	2,96	<b>3,00</b>
Turb (NUT)	8,90	0,73	1,58	0,46	0,55	0,38	<b>0,40</b>

**Tableau III.5 :** Variation du pH pour une concentration en coagulant 200 mg/l sur les échantillons de déchets organiques liquides.

FeCl <sub>3</sub> (ml)	Initial	<b>50</b>	50	50	50	50
mg/l	0	<b>200</b>	200	200	200	200
pH	3,17	<b>3,00</b>	5,00	7,00	9,00	11,00
Turb (NUT)	8,90	<b>2,23</b>	4,64	3,28	4,26	2,26
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (ml)	Initial	<b>50</b>	50	50	50	50
mg/l		<b>200</b>	200	200	200	200
pH	3,17	<b>3,00</b>	5,00	7,00	9,00	11,00
Turb (NUT)	8,90	<b>0,45</b>	0,65	0,91	1,20	2,20

### Commentaire :

Le tableau II.4 montre que la concentration en coagulant FeCl<sub>3</sub> et la concentration du coagulant Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>) qui correspond respectivement à 20 et 200 mg/l. C'est les valeurs qui ont donné le minimum de turbidité. Avec les deux coagulants nous avons obtenu une turbidité inférieure à 1 NUT ce qui traduit l'efficacité du traitement.

Le tableau II.5 quant à lui, la turbidité minimum obtenue est toujours au pH acide égal à 3. La présence des ions H<sup>+</sup> dans la solution a accéléré la neutralisation des anions chargés négativement responsable des colloïdes dans la solution. Cette charge est neutralisée par les cations Fe<sup>3+</sup> et Al<sup>3+</sup>.

Le couple recherché pour le traitement des déchets organique est donc :

Concentration en coagulant :	<b>FeCl<sub>3</sub></b>	<b>20 mg/l</b>
	<b>Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub></b>	<b>200 mg/l</b>
pH	<b>3</b>	

### **III.4. Résultats de traitement des déchets**

Pour traiter les déchets collectés nous avons choisi les paramètres qui ont indiqué la turbidité la plus faible avec une valeur de pH=3. Nous avons également fait le choix entre les deux coagulants à savoir le sulfate d'aluminium Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>). Ce coagulant est le plus utilisé pour sa qualité de charge cationique et sa couleur neutre après traitement.

Nous avons également utilisé un agent flocculant pour cette partie de l'étude pour accélérer le traitement. Notre choix s'est porté sur un polymère naturel le plus utilisé également l'Amidon.

Les conditions de traitements pour les deux déchets sont les suivantes :

- Quantité de liquides traités : 35 litres
- pH 3
- Quantité de coagulant  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  7 g
- Quantité de flocculant Amidon 7 g
- Durée d'agitation lente 30 minutes
- Débit de la pompe 20 litres/ min

Après la fin de l'opération les déchets liquides traités sont neutralisés par une solution basique d'hydroxyde de sodium NaOH pour ne pas corroder la pompe et le circuit de traitement. La mini-station comporte un filtre à 200 microns et une cartouche de charbon actif pour éliminer le reste des polluants.

Les liquides traités sont analysés avant et après l'opération.

#### III.4.1. Traitement déchets minéraux

Le tableau suivant résume les paramètres étudiés pour les déchets minéraux.

**Tableau III.6** : Paramètres de pollution avant et après traitement pour les déchets minéraux.

Paramètres	Déchets minéraux Avant traitement	Déchets Minéraux Après traitement
Aspect	Liquide huileux de couleur marron claire sans odeurs	Liquide clair
Densité	0,98	0,98
Turbidité (NUT)	5,5	4,5
pH	1,70	6,98
Conductivité (mS)	20,00	20,00
Densité optique UV-Visible à 602 nm	0,006	0,009

#### Commentaire :

On peut voir sur ce tableau que les déchets minéraux liquides traités présentes quelques améliorations sur les paramètres de pollutions. L'aspect du liquide est amélioré, sa turbidité et son pH. La densité optique elle très faible pour les deux cas de figure.

### III.4.2. Traitement déchets organiques

Le tableau suivant résume les paramètres étudiés pour les déchets organiques.

**Tableau III.6 :** Paramètres de pollution avant et après traitement pour les déchets organiques.

Paramètres	Déchets Organiques Avant traitement	Déchets Organiques Après traitement
Aspect	Liquide huileux de couleur verte claire sans odeurs	Liquide huileux de couleur marron claire sans odeurs
Densité	0,98	0,98
Turbidité (NUT)	32,5	41,5
pH	5,4	7,0
Conductivité (mS)	33,10	33,80
Densité optique UV-Visible à 429 nm	0,178	0,003

#### Commentaire :

Pour les déchets organiques certains paramètres ont nettement changé comme l'intensité de la longueur d'onde à 429 nm. Elle est passée de 0,178 à presque 0. Le polluant qui est responsable de cette longueur de bande d'adsorption a été éliminé.

La solution est neutralisée par une solution concentrée de NaOH. La turbidité n'est pas conforme aux normes de rejet, ce qui conforte la présence de substances organiques difficilement éliminées par la coagulation et la floculation.

Pour le traitement des déchets liquides organiques, ce procédé ne peut pas réduire tout les paramètres de pollutions. Les polluants organiques qui sont peu chargés ou pas du tout n'adhèrent pas à la coagulation.

Le traitement par adsorption sur charbon actif peut être mieux adapté.

## Conclusion générale

Nous avons réalisé au terme de ce travail une campagne de sensibilisation et de collecte au niveau du département génie des procédés au pavillon 22. La collecte des déchets de laboratoire a été suivie durant 2 mois et une quantité de plus de 160 litres a été stockée sous forme de déchet minéral et déchet organique liquide. Les laboratoires de recherche et le laboratoire d'analyse ont cumulé le plus de déchet vu leur activité de recherche intense.

Nous saluons l'adhésion des ingénieurs de laboratoires, les chercheurs et l'ensemble des étudiants qui ont trouvé l'action très importante et souvent ramener leurs déchets au laboratoire 152 où nous avons stocké ces déchets.

Nous avons caractérisé ces déchets par des analyses physico-chimiques (Aspect, pH, Conductivité et densité) et par des analyses de pollution (Turbidité et UV). Les résultats nous ont montré que ces déchets ne sont pas conformes aux normes de rejets et qui pourraient constituer un danger sur l'environnement.

Le Jar test a révélé que les meilleures conditions de traitement sont obtenues pour le sulfate d'aluminium à 200 mg/l et un pH égal à 3. Avec le chlorure de fer nous avons obtenu également de bon résultat mais notre choix s'est basé sur le premier vu son utilisation et sa transparence en solution.

Nous avons également traité deux quantités de 35 litres chacune minérale et organique sur la mini-station que nous avons réalisée. Les paramètres de pollutions entre l'entrée et la sortie ont été améliorés pour les déchets minéraux. Pour les déchets organiques nous avons eu une turbidité non conforme vu la nature des polluants qui ne sont pas chargés négativement ou peu chargés.

Nous proposons à la fin de cette étude que des consignes de gestion des déchets liquides de laboratoire soient introduites dans les travaux pratiques et les protocoles expérimentaux pour les travaux de recherches.

## Références bibliographiques

- [1] Lise Boudreau, Sylvie Cloutier, Isabelle Guay, « Position technique sur le rejet d'eaux chlorées dans le milieu aquatique », Direction du suivi de l'état de l'environnement (DSEE), Ministère du développement durable de l'environnement et des parcs Québec, Rapport, 2009.
- [2] Ali Hannouche, Ghassan Chebbo, Gwena el Ruban, Bruno Tassin, Claude Joannis, « Techniques Sciences Méthodes », ASTEE/EDP Sciences, 2011.
- [3] Décret exécutif 06-104 du 28 février 2006, JORADP n°13, année 2006.
- [4] Traité de la Convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination, 1989.
- [5] Manuel numérique de chimie, fiche Distillation, 2022
- [6] Manuel numérique de chimie, fiche Extraction-liquide liquide, 2022
- [7] Pierre-Antoine VERSINI, Claude JOANNIS, Ghassan CHEBBO, « Guide technique sur le mesurage de la turbidité dans les réseaux d'assainissement » Onema, LEESU et IFSTTAR/LEE, 2015.
- [8] Grégorio Crini, Pierre-Marie Badot « Traitement et épuration des eaux industrielles polluées: Procédés membranaires, bio-adsorption et oxydation chimique », Presses Universitaires Franche-Comté, 2007.
- [9] Philippe Thonart, Sory Ibrahim, Diabaté Serge Hiligsmann, Mathias Lardinois, « Guide pratique de la gestion des déchets », IEPPF, 2005.