REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE MEDEA

FACULTE DES SCIENCES



Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de **Master**

En Ecologie et Environnement

Spécialité : Ecologie

Par :

DJILLALI Mohamed

Thème :

Traitement des effluents pharmaceutiques dans l'unité SAIDAL – ANTIBIOTICAL de Médéa et leur impact sur l'environnement

Soutenue publiquement le : **25 / 06 /2025**, Devant le jury composé de :

Mr.AIT MOUHEB	**MCB**	U. Médéa	Président
Mme GHALEM	**MCA**	U. Médéa	Examinateur
Mme HAMZA	**MCA**	U. Médéa	Encadreur

Année universitaire 2024/2025

Remerciements

Dieu tout puissant, merci de nous avoir donné le courage, la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude remerciements à ma promotrice, Madame ***HAMZA Imane*** Maitre de Conférences A pour ses précieux conseils et orientation, son encadrement et ses encouragements tout au long de ce mémoire.

Je remercie chaleureusement les membres du jury pour l'honneur qu'ils m'ont fait en acceptant d'évaluer mon travail.

Je remercie tout particulièrement ***AIT MOUHEB Hocine*** Maitre de Conférence B pour avoir accepté de présider le jury et d'avoir consacré de son temps pour évaluer notre travail.

J'adresse mes sincères remerciements à Madame ***Ghalem Naima*** Maitre de Conférence A pour avoir accepté de faire partie du jury en tant qu'examinatrice et pour sa disponibilité

Je tiens également à exprimer ma profonde gratitude aux responsables du complexe SAIDAL Médéa et le chef de département de l'environnement au niveau du SAIDAL Monsieur ***TOUFIK*** ainsi le chef service de prévention Monsieur ***AMIRI Mohamed*** pour leur disponibilité, leur accueil chaleureux et toutes les informations précieuses qu'ils m'ont fournies lors de mes visites.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance envers mes enseignants de la filière écologie, dont les enseignements et les échanges ont enrichi ma réflexion et m'ont permis d'acquérir une solide formation dans ce domaine.

DÉDICACE

À mes chers parents, piliers de ma vie et sources inépuisables d'amour et de sagesse.

À mon père ***DJILALI M'hamed***

Pour sa force, sa sagesse et son soutien indéfectible, qui ont toujours été pour moi un repère et une source d'inspiration.

À ma mère ***ABBOU Yamina***

Pour son amour inconditionnel, ses prières silencieuses et ses sacrifices innombrables, qui ont nourri chaque étape de mon parcours

À travers ces lignes se reflète le fruit de votre amour et de vos sacrifices ; je vous en offre les résultats avec une infinie reconnaissance et un profond respect.

A ma directrice de ce mémoire madame ***HAMZA IMEN*** dont l'encadrement rigoureux, les conseils éclairés et sa guidance inspirante ainsi la bienveillance constante ont été des repères essentiels tout au long de ce travail. Je vous adresse mes vifs remerciements pour votre professionnalisme.

À mes sœurs, FATMA **ZOHRA**, ***Saliha, Ahlem*** et ***SOUHILA, YASSMIN*** ainsi que ***SIHAM*** pour leur présence rassurante, leurs paroles apaisantes et leur amour indéfectible ; ce travail est un hommage à votre soutien silencieux mais si précieux.

À mon oncle ***ABBOU Hichem*** Pour sa bienveillance, ses encouragements sincères et son soutien constant, qui ont marqué de leur présence chaque étape de mon chemin

À **M'hamed, Ibrahim, Akrem, Slimen et Oussama.** Des membres chers de ma famille, dont l'affection, le soutien moral et la présence bienveillante ont été pour moi d'une grande importance

À Madame **Bounoua Khadidja,** Je vous adresse mes sincères remerciements pour votre aide et vos conseils précieux ainsi que votre présence encourageante, qui ont profondément marqué mon parcours.

À mes amis ***BENATTIA Hamid ,TAIHI Abdennour ,TAIBI Mohamed , CHERRATI Abdelghani , BELHACHEMI Walid*** et ***TOUAMI Oussama , REZEG Khaoula*** et ***DAHLOUK Fatma zohra*** .Pour leur fidélité, leur soutien moral et les instants partagés qui ont éclairé mon parcours.

À toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail, je dédie cette modeste œuvre avec toute ma gratitude.

DJILALI Mohamed

Résumé

Les effluents générés par les activités pharmaceutiques présentent un danger potentiel pour la santé et l'environnement, et dans cette optique se mène ce travail. L'objectif de cette étude était d'étudier la qualité physico-chimique des effluents produits par une unité pharmaceutique (SAIDAL), située au niveau de la wilaya de Médéa. Il s'agissait d'une étude analytique sur quarante-huit prélèvements d'effluents pharmaceutiques répartis sur six compagnes. Les paramètres physico-chimiques mesurés et comparés aux normes de la réglementation nationale et international, dévoilent qu'en dehors du potentiel hydrogène, de la température, matières en suspensions, la demande chimique en oxygène étaient conformes aux normes, tandis que la demande biochimique en oxygène sur cinq jours présente quelques valeurs supérieures aux valeurs permissibles de rejet. La température, le pH mesurés varient respectivement entre 18 et 27°C ; 6,78 et 8,90. Les MES comprise entre 10 et 38 mg/l. La DBO5 oscille entre 7 et 23 mg/l. Alors que, la DCO fluctue entre 27,20 et 115,20 mg/l. L'analyse de la composante principale montre que les paramètres DBO5, pH et température sont globalement associés, traduisant une source de pollution organique, et d'une autre part, la DCO et les MES semblent représenter une autre dimension de la pollution, probablement due à des rejets chimiques ou solides non biodégradables. Les résultats révèlent une dépendance à des traitements primaires et secondaires, sans technologies avancées, ce qui limite l'élimination des micropolluants. Il est recommandé d'intégrer des traitements tertiaires et de renforcer le suivi environnemental pour améliorer la durabilité du système.

Mots clés : *Effluents pharmaceutiques, qualité physico-chimique, SAIDAL, Médéa.*

Abstract :

Effluents generated by pharmaceutical activities pose a potential risk to health and the environment, motivating this study. The aim was to investigate the physicochemical quality of effluents from a pharmaceutical unit (SAIDAL) located in Médéa Province. This analytical study examined forty-eight pharmaceutical effluent samples collected over six campaigns. The measured physicochemical parameters, compared against national and international regulatory standards, revealed that—apart from pH, temperature, suspended solids (SS), and chemical oxygen demand (COD)—all complied with standards. However, the five-day biochemical oxygen demand (BOD5) showed some values exceeding permissible discharge limits. Temperature and pH ranged from 18–27°C and 6.78–8.90, respectively. SS ranged between 10–38 mg/L, BOD5 fluctuated from 7–23 mg/L, and COD varied from 27.20–115.20 mg/L. Principal component analysis indicated that BOD5, pH, and temperature were broadly correlated, reflecting organic pollution sources. Conversely, COD and SS appeared to represent another pollution dimension, likely due to non-biodegradable chemical or solid discharges. The results highlight reliance on primary and secondary treatments without advanced technologies, limiting micropollutant removal. Implementing tertiary treatments and strengthening environmental monitoring is recommended to enhance system sustainability.
Keywords: *Pharmaceutical effluents, physicochemical quality, SAIDAL, Médéa.*

ملخص

كل الملوثات السائلة الناتجة عن الأنشطة الصيدلانية خطراً محتملاً على الصحة والبيئة، وهو ما دفع إلى إجراء هذا العمل. هدفت هذه الدراسة إلى تحليل الجودة الفيزيوكيميائية الملوثات السائلة الصادرة عن وحدة صيدلانية (سيدال) بولاية المدية. اعتمدت الدراسة التحليلية على 48 عينة من المواد السائلة الصيدلانية موزعة على ست حملات. كشفت المقارنة بين المعايير الفيزيوكيميائية المقاسة والمعايير الوطنية والدولية أن جميعها تتوافق مع التنظيمات – باستثناء الأس الهيدروجيني ودرجة الحرارة والمواد الصلبة العالقة (MES) والطلب الكيميائي على الأكسجين – (DCO) بينما سجل الطلب البيوكيميائي على الأكسجين لمدة خمسة أيام (DBO5) قيماً أعلى من الحدود المسموح بها للتصريف. تراوحت درجة الحرارة بين 18 و27°م، والرقم الهيدروجيني بين 6.78 و8.90. وتراوحت المواد الصلبة العالقة (MES) بين 10 و38 ملغ/لتر، وتأرجح (DBO5) بين 7 و23 ملغ/لتر، فيما تراوح (DCO) بين 27.20 و115.20 ملغ/لتر. يُظهر تحليل المكونات الرئيسية أن معايير (DBO5)والرقم الهيدروجيني ودرجة الحرارة ترتبط بشكل عام، مما يعكس مصدراً للتلوث العضوي. من جهة أخرى، يبدو أن (DCO) و (MES)يمثلان بُعداً آخر للتلوث، يعود على الأرجح إلى انبعاثات كيميائية أو صلبة غير قابلة للتحلل البيولوجي. تكشف النتائج عن اعتماد المنشأة على المعالجات الأولية والثانوية دون تقنيات متقدمة، مما يحد من إزالة الملوثات الدقيقة. يُوصى باعتماد معالجات ثلاثية وتعزيز الرصد البيئي لتحسين استدامة النظام.
الكلمات المفتاحية :*الملوثات السائلة الصيدلانية، الجودة الفيزيوكيميائية، سيدال، المدية*.

Liste des figures :

Figure 1: Les étapes de la gestion des déchets.....24
Figure 2:le complexe d'antibiotiques Médéa SAIDAL.....38
Figure 3: Extrait d'assemblage des cartes de Médéa et de Lavigerie au1/ 50 000 **(**Dahlouk et al 2024). 39
Figure 4: Plan d'ensemble de l'établissement : Ec1/200ème (Dahlouk et al 2024).....46
Figure 5: Diagramme de laboratoire de contrôle de qualité (Dahlouk et al 2024).....47
Figure 6:schéma plan d'accès au laboratoire cytotoxique (Dahlouk et al2024).....48
Figure 7: Les variations saisonnières de la température de l'eau des rejets de SAIDAL.....62
Figure 8: Les variations saisonnières du pH de l'eau des rejets de SAIDAL.....63
Figure 9: Les variations saisonnières de l'MES de l'eau des rejets de SAIDAL 64
Figure 10: Les variations saisonnières du DBO5 de l'eau des rejets de SAIDAL 65
Figure 11: Les variations saisonnières du DCO de l'eau des rejets de SAIDAL 66
Figure 12: Analyse de la composante principale des cinq variables 68

Liste des Tableaux :

Tableau 1:Les critères de dangerosité d'un déchet **(Mansouri,2019)**.....8
Tableau 2:Toxicité de quelques médicaments sur des groupes taxonomiques vulnérables (Haguenoer, et al. 2008).....34
Tableau 3: Les unités du complexe Antibiotical (**Dahlouk et al2024)** 43
Tableau 4: Analyses physico-chimiques de l'eau.....61
Tableau 5: Aptitude à la biologie en fonction de la température (SEQ-Eau, 2003). 62
Tableau 6: Aptitude à la biologie en fonction du pH (SEQ-Eau, 2003). 63
Tableau 7 : Aptitude à la biologie en fonction de l'MES (**SEQ-Eau, 2003**).....64
Tableau 8: Aptitude à la biologie en fonction du DBO5 (**SEQ-Eau, 2003).** 65
Tableau 9 : Aptitude à la biologie en fonction du DCO **(SEQ-Eau, 2003).:** 66

Liste des Abréviation :

ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
AND	Agence Nationale des Déchets
ANPP	Agence Nationale des Produits Pharmaceutiques
ARIA	Analyse Recherche et Information sur les Accidents
BPF	Bonnes pratiques de fabrication
CEE	Communauté Économique Européenne
CET	Centre d'Enfouissement Technique
CGS	Code de génie sismique
CICR	Comité International de la Croix-Rouge
CINTECH	Centre d'innovation technologique en agro-alimentaire
CMR	Cancérogène, mutagène et reprotoxique
DAOM	Déchets assimilés ordures ménagères
DAOM	Déchets assimilés ordures ménagères
DAS	Déchets d'activités de soins
DASRI	Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux
DBO5	Demande biologique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
DIB	Déchets industriels banals
DIS	Déchets industriels spéciaux
DMA	Déchets ménagers et assimilés
H_2SO_4	Acide sulfurique

HCl	Acide chlorhydrique
HNO_3	Acide nitrique
ISO	Organisation internationale de normalisation
J.O.R.A.D.	Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire
JORA	Journal Officiel de la République Algérienne
MES	Matières En Suspension
NCC	Sarl Nouvelle conception construction environnement
ng/l	nanogramme par litre
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
PE	Polyéthylène
PH	Potentien hydrogène
PVC	Polychlorure de Vinyle
T°	La température
VIH	Virus de l'Immunodéficience Humain

Sommaire

Remerciements

Résumé

Introduction **1**

Chapitre I : Généralités sur les déchets

1. Définition 4

2 Origine de la production des déchets 5

3 Composition chimique des déchets 5

4. Classification des déchets **6**

A. Déchets agricoles 6

B. Déchets ménagers et assimilés 6

C. Déchets industriels 6

D. Déchets spéciaux 6

E. Déchets d'activités de soins 7

- **Classification selon la nature physique** 7
- **Classification selon l'état chimique** 7

1) Déchets basiques 7

2) Déchets acides 7

3) Sels résiduaires 7

4) Métaux 7

5) Déchets organiques 7

6) Déchets polymériques 8

7) Déchets minéraux 8

- **Classification selon la toxicité** 8

5.Caractéristiques des déchets 9

Selon leur nature 9

- **Densité** 9
- **Degré d'humidité** 9
- **Pouvoir calorifique** 9
- **Rapport C/N (carbone/azote)** 9

6 Impacts des déchets 10

II. Les déchets pharmaceutiques **11**

1. Définition et sources 11

2. Classification des déchets pharmaceutiques 12
- **Les déchets pharmaceutiques non dangereux.** 13

3. Risques sanitaires et environnementaux 13
1) Pollution de l'eau 13
2) Pollution du sol 13
3) Pollution de l'air 13
III. Généralités sur les médicaments **14**
1. Définition du médicament 14
2. Cycle de vie du médicament 14
- **Fabrication** **14**
- **Distribution** **14**
- **Consommation** **14**
- **Rejet dans l'environnement :** **14**
  - **Directement** **14**
  - **Indirectement.** **14**

3. Composition d'un médicament 14
4. Origine des médicaments 15
5. Classification des médicaments 15
6. Types de déchets issus des médicaments 16
7. Voies d'administration des médicaments 16
8. Impact des médicaments sur l'environnement 16
9. Impact du médicament dans les prestations de soins 17

Chapitre II : Gestion et traitement des déchets

I. Généralités sur la gestion des déchets 19
B- La collecte des déchets 20
- **Véhicules de collecte** 20

C- Le tri des déchets 20
D- Le transfert et le transport 21
6. Les modes de traitement des déchets 22
- **Traitement biologique : le compostage** **22**
- **Traitement thermique (Incinération)** **23**
- **Prétraitement par désinfection (banalisation)** **23**
- **L'enfouissement** **23**

7.Étapes de la gestion des déchets **23**
II. Gestion des déchets pharmaceutiques **25**

1. Pré-collecte 25
2. Collecte **25**
3. Traitement des déchets pharmaceutiques 25
4. Exemples d'entreprises spécialisées en Algérie **26**
❖ **Géocycle Algérie** **26**
❖ **CINTECH** **26**
❖ **NCC Environnement** **26**

Chapitre III. Risques et impacts des déchets médicamenteux sur l'environnement et l'homme

1. Loi nº 03-10 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable **28**
2. Contamination environnementale **29**
A. Milieux environnementale 29
o **Contamination de l'atmosphère** 29
o **Contamination des sols** 29
o **Contamination des milieux aquatiques et des ressources en eau** 30
❖ **Eaux marines** 30
❖ **Eaux souterraines** 30
❖ **Eaux destinées à la consommation humaine** 31
B. Contamination des Sédiments **31**
C. Contamination des aliments **31**
3. Risques pour l'environnement selon les classes thérapeutiques **31**
a. Anticancéreux **31**
b. Antibiotiques **32**
c. Hormones et composés apparentés **32**
d. Rétinoïdes **33**
e. Hypolipémiants **33**
f. Anti-inflammatoires non stéroïdiens **33**
g. Antidépresseurs **33**
o**Contamination humaine** **34**
1. Modes d'exposition **34**
2. Risques de quelques classes thérapeutiques pour l'homme **34**
2. Antibiotiques 35
c. Dérivés hormonaux 35

Chapitre IV: Présentation de l'entreprise SAIDAL

1. Historique de l'entreprise **38**

2. Transformation juridique **38**

3. Situation géographique de l'établissement **39**

4. Domaine d'activité **39**

5. Sites de production à Médea **40**

- **Secteurs ciblés** **40**

6. Stratégie de partenariats **40**

8. Zones du site de production de Médéa **41**

9. Données topographiques **41**

10. Données géologiques **42**

11. Synthèse de l'environnement naturel **42**

12. Description des installations et des procédés mis en œuvre **43**

Principales unités du complexe : 43

13. Description des zones de stockage **44**

Types de stockage : 44

14. Description des zones d'activité **44**

- **Les unités principales des zones d'activité sont :** 44
- **Historique des incidents :** 45
- **Pollutions :** 45
- **Accidents industriels similaires (selon la base ARIA) :** 45

15. Laboratoire de contrôle qualité (VP90) **46**

16. Laboratoire cytotoxique **47**

II. Traitement des effluents liquides au niveau du Complexe SAIDAL **49**

A. Prétraitement (Réception, stockage et homogénéisation) **49**

1) Dégrillage : 49

2)-Stockage et homogénéisation 49

B. Traitement primaire (physico-chimique) : 50

C. Traitement biologique des effluents : 51

D. Traitement des boues 53

- **L'épaississement** 53
- **L'essorage (déshydratation) :** 53
- **Séchage et l'incinération** 53

B.Analyse des eaux des effluents liquides au niveau du Complexe SAIDAL **54**

- **Echantillonnage et analyses :** 54

1. Mode de prélèvement des échantillons : 54

2. Analyses physico-chimiques : 55
❖ **Température :** **55**
Mode opératoire : **55**
❖ **Potentiel d'hydrogène (pH)** **55**
Mode opératoire 55
❖ **Matière en suspension (MES)** **55**
Appareillage : 55
Mode opératoire : 56
Expression des résultats : 56
❖ **Demande biologique en oxygène (DB05) :** **56**
Appareillage : **56**
Mode opératoire : **57**
❖ **Demande chimique en oxygène (DCO) :** **57**
Appareillage : 57
Mode opératoire : 58
C. **Traitement statistique des données** 59
Chapitre V: Résultats et discussion
1. Analyses des paramètres physico-chimiques de l'eau **61**
a) Température 61
2.Corrélation de Pearson 67
- **ACP (Analyse en Composantes Principales)** 67
Conclusion **69**
Les Références bibliographiques **72**
Annexes **77**

Introduction

Introduction

La qualité des ressources en eau est cruciale pour de nombreux usages : alimentation en eau potable, agriculture, industrie, production d'énergie et activités récréatives. Cependant, l'environnement est soumis à des pressions croissantes dues aux rejets industriels et urbains. Ces apports en contaminants notamment en ce qui concerne les effluents issus de la production médicamenteuse sont souvent chargés en principes actifs, solvants, antibiotiques et résidus de fabrication, affectent ainsi les communautés biologiques. Ces perturbations peuvent entraîner une régression de la biodiversité, par disparition d'espèces sensibles ou prolifération d'espèces tolérantes, modifiant ainsi le fonctionnement écologique **(Weber et al., 2020)**

Le développement croissant de l'industrie pharmaceutique constitue un levier fondamental pour la santé publique. Toutefois, cette expansion s'accompagne d'effets secondaires environnementaux non négligeables, notamment en ce qui concerne la gestion des effluents issus de la production médicamenteuse. Ces effluents, souvent chargés en principes actifs, solvants, antibiotiques et résidus de fabrication, peuvent, en l'absence d'un traitement adéquat, représenter un risque majeur pour l'environnement et la santé humaine**.**

L'impact des substances pharmaceutiques sur les milieux naturels est désormais bien documenté. Leur rejet dans les sols, les eaux de surface ou les nappes phréatiques peut entraîner la contamination de la faune, la flore, et favoriser l'apparition de phénomènes préoccupants comme la résistance bactérienne aux antibiotiques ou les perturbations endocriniennes chez les espèces aquatiques **(Zuercher, 2022 ; Gobert, 2021).** Ce constat souligne la nécessité de mettre en place des stratégies de traitement des effluents pharmaceutiques, efficaces et respectueuses de l'environnement.

En Algérie, le groupe public SAIDAL joue un rôle stratégique dans la production nationale de médicaments. Parmi ses unités les plus actives, le complexe **Antibiotical** spécialisé dans la fabrication d'antibiotiques génère des effluents liquides à haute charge polluante, dont la gestion demeure un défi environnemental. Bien que des traitements soient mis en place, leur efficacité mérite d'être évaluée à la lumière des normes nationales et internationales, notamment en matière de pollution des eaux, de gestion des déchets dangereux et d'émissions résiduelles **(Mansour & Naït, 2022).**

Dans ce contexte, notre travail a un objectif d'analyse le système de gestion et de traitement des effluents pharmaceutiques courant à SAIDAL – Médéa afin d'évaluer et d'analyser les impacts potentiels sur l'environnement et des recommandations valides par des données internes et des observations sur site et des recherches bibliographiques pour établir et proposer des améliorations qui sont possibles dans le contexte de l'industrie pharmaceutique en Algérie.

Le présent document se structure en quatre chapitres.

- Le premier chapitre représente les généralités sur les déchets.
- Le deuxième chapitre on s'est intéressé sur une revue bibliographique sur la gestion et les moyens de traitement des déchets et évaluer les risques environnementaux liés aux rejets, notamment sur les eaux, les sols et les écosystèmes aquatiques.
- Le troisièmes chapitre consiste sur une représentation sur le complexe du saidal Médéa et les traitements des effluents au niveau de saidal ainsi que les modes opératoires et les matériels utiliser pour chaque type de traitements.
- Le dernier chapitre représente l'interprétation et la discussion des résultats obtenus par Comparer les pratiques en vigueur à SAIDAL avec les standards environnementaux nationaux.
- Enfin nous avons terminé notre travail par une conclusion et des perspectives

Chapitre I : Généralités sur les déchets

Chapitre I : Généralités sur les déchets

1. Définition

A- Définition algérienne

Selon la loi n° 01-19 du 12 décembre 2001, publiée dans le Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire du 15 décembre 2001, relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, un déchet est défini comme : « Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, et plus généralement toute substance, produit ou bien meuble, dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire ou est obligé de s'en défaire ou de l'éliminer».

B- Définition européenne

L'Union européenne, dans le règlement 1013/2006, stipule que : « Un déchet est toute substance ou tout objet relevant de catégories spécifiques dont le détenteur se défait, a l'intention ou l'obligation de se défaire. »

L'article 1er de la directive-cadre 75/442/CEE de 1975 définit un déchet comme : « Toute substance ou objet dont le détenteur se défait ou est tenu de se défaire en vertu des dispositions nationales en vigueur » (Directive n° 75/442/CEE, citée par Thierry, 2021).

Selon le dictionnaire Larousse (2023) , un déchet est : « Un débris ou tout reste sans valeur de quelque chose, ou encore tout ce qui tombe d'une matière que l'on travaille (exemple : un déchet radioactif). »

C-Cas du Brésil et de l'Allemagne

Ces deux pays disposent de lois spécifiques pour encadrer la gestion des déchets solides. Le Brésil a promulgué la loi 12.305/2010, tandis que l'Allemagne applique la loi sur l'économie circulaire, mettant l'accent sur la durabilité dans la gestion des déchets.
La définition allemande précise : « Est considéré comme déchet tout bien mobilier dont le propriétaire souhaite se débarrasser, ainsi que tout résidu dont l'élimination est requise dans l'intérêt de la santé publique ou de la protection de l'environnement. »

D- Définition environnementale et systémique

D'un point de vue environnemental, il est pertinent d'inclure sous le terme « déchet » toutes les formes liquides, solides et gazeuses. Toutefois, cette généralisation présente des limites pratiques. Il convient donc de distinguer :

- Les déchets dilués dans un fluide destiné à les évacuer ;
- Les déchets solides ou confinés dans un récipient (lorsqu'ils sont liquides ou boueux). **(Maystre, 1994)**

2 Origine de la production des déchets

Selon **Saadani (2010),** la production de déchets est inévitable pour plusieurs raisons :

- **Biologiques** : tout cycle de vie génère des métabolites.
- **Chimiques** : toute réaction chimique obéit au principe de conservation de la matière ; dès qu'un produit est obtenu à partir de deux autres, un résidu est également produit.
- **Technologiques** : tout procédé industriel aboutit à la formation de déchets.
- **Économiques** : les produits ont une durée de vie limitée.
- **Écologiques** : les activités de dépollution (eau, sol et air) produisent inévitablement d'autres déchets nécessitant une gestion spécifique.
- **Accidentelles** : les dysfonctionnements des systèmes de production et de consommation génèrent également des déchets.

3 Composition chimique des déchets

Les déchets contiennent souvent les mêmes molécules chimiques que les produits dont ils dérivent. Ce qui les différencie est leur contexte d'apparition et leur composition parfois altérée. Certains déchets proviennent du traitement involontaire de molécules habituelles, générant des sous-produits de composition incertaine. Parfois, un déchet se retrouve dans un environnement auquel il n'était pas destiné. En outre, le mélange aléatoire de différents déchets peut produire des composés nouveaux **(J.O.R.A.D.P., 2001).**

4. Classification des déchets

- **Classification selon l'origine**

A. Déchets agricoles

Ils proviennent du secteur agricole et agroalimentaire (Moleta, 2009). Damien (2004) identifie cinq types principaux :

- Sacs ou bidons vides d'engrais, herbicides et pesticides ;
- Produits phytosanitaires périmés ou inutilisables ;
- Résidus d'élevage ;
- Films plastiques agricoles ;
- Déchets verts (pailles, tontes de pelouse, etc.).

B. Déchets ménagers et assimilés

Ces déchets proviennent des foyers et d'activités similaires (commerces, bureaux, écoles…). Ils incluent :

- Déchets non recyclables issus de la vie quotidienne ;
- Déchets organiques (épluchures de fruits et légumes) ;
- Déchets liés aux activités de bureau (papier, cartouches d'encre, etc.).

C. Déchets industriels

En raison de leur volume ou de leur toxicité, ils ne peuvent être éliminés avec les ordures ménagères. Les **déchets industriels banals (DIB)** sont des déchets non dangereux issus d'activités économiques (industrie, commerce, artisanat…). Ils sont comparables aux déchets ménagers et peuvent être éliminés de manière similaire. **(Hiolle, 1997)**

D. Déchets spéciaux

Issus d'activités diverses (industrielles, agricoles, médicales), ces déchets contiennent des polluants en forte concentration et nécessitent des filières de traitement spécialisées (Hakkoum, 2014). Les **déchets industriels spéciaux (DIS)** potentiellement toxiques, ils présentent un risque environnemental s'ils ne sont pas traités correctement **(ADEME, 2009 cité par Bensebbane, 2022).**

E. Déchets d'activités de soins

D'après **(BENKHALED et Bellil ,2021)** Les déchets d'activités de soins (DAS) sont représentés par l'ensemble des déchets qui résultent d'un établissement de santé, et de traitement préventif, curatif ou palliatif, dans les domaines de la médecine humaine et vétérinaire. On distingue les déchets d'activités de soins assimilés aux déchets ménagers et les déchets d'activités de soins à risques. Ces derniers comportent plusieurs catégories qui correspondent à des filières d'élimination distinctes.

Selon l'article 3 de la loi algérienne 01-19 du 12/12/2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets, définit les déchets d'activités de soins comme suit : « Tous déchets issus des activités de diagnostic, de suivi et de traitement préventif ou curatif, dans les domaines de la médecine humaine et vétérinaire **(Anonyme, 2001).**

- **Classification selon la nature physique**

Selon le *Guide des techniques communales pour la gestion des déchets ménagers et assimilés* (Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, 2003), les déchets peuvent être classés en trois grandes catégories selon leur état physique :

- **Déchets liquides** : huiles usagées, peintures, eaux de lavage, etc.
- **Déchets solides** : ordures ménagères, emballages, gravats, etc.
- **Déchets gazeux** : biogaz, fumées d'incinération, etc.

- **Classification selon l'état chimique**

D'après Murat (1981), cité par **Benchikha et Boulkhessaim (2024),** on distingue :

1) **Déchets basiques** : soude résiduaire, liqueurs ammoniacales, chaux usée (boues carbonées).
2) **Déchets acides** : solutions résiduaires d'acides divers (HCl, H_2SO_4, HNO_3, acides organiques, etc.) y compris sous forme gazeuse.
3) **Sels résiduaires** : sulfates de calcium, carbonates de calcium, sulfates ferreux, etc.
4) **Métaux** : ferraille, carcasses de véhicules, câbles, déchets de métaux précieux, etc.
5) **Déchets organiques** : solvants usés, huiles usagées, boues d'hydrocarbures, liqueurs résiduaires à base de phénols, etc.

6) **Déchets polymériques** : plastiques (PVC, PS, PE, polyuréthane...), caoutchouc usagé.
7) **Déchets minéraux** : silice, silicates (schiste, cendres), verre, calcaire (déchets de marbre, carbonate de calcium), résidus de sucrerie.

- **Classification selon la toxicité**

1-Déchets dangereux

Selon l'article R541-8 du Code de l'environnement français, un déchet dangereux est un déchet présentant une ou plusieurs propriétés de dangerosité. Ces propriétés sont au nombre de 15 :

Tableau 1:Les critères de dangerosité d'un déchet **(Mansouri,2019)**

Code de déchet	**Critères de dangerosité**
H1	Explosif
H2	Comburant
H3-A	Facilement inflammable
H3-B	Inflammable
H4	Irritant
H5	Nocif
H6	Toxique
H7	Cancérogène
H8	Corrosif
H9	Infectieux
H10	Toxique pour la reproduction
H11	Mutagène
H12	Substances qui au contact de l'eau dégagent un gaz toxique
H13	Sensibilisant
H14	Ecotoxique
H15	Substances susceptibles, après élimination de produire une autre substance ayant les caractéristiques précédentes

2-Déchets inertes

Ce sont des déchets qui ne subissent aucune transformation physique, chimique ou biologique notable. Ils ne sont ni biodégradables, ni combustibles, et n'interagissent pas avec d'autres matières de façon nuisible à la santé ou à l'environnement.

Les déchets inertes qui se composent de matières qui ne se dégradent pas par l'action des micro-organismes, nous avons les verres, les pierres, les plastiques non biodégradables. **(Ouedraogo;2024).**

3.Déchets non dangereux

Un déchet non dangereux est « tout déchet qui ne présente aucune des propriétés qui rendent un déchet dangereux ».**(Benabdallah et Hammaoui 2019).**

5.Caractéristiques des déchets

Selon leur nature

D'après **(BERKAT et TABIB. 2023)**

- **Densité**

Comme les déchets sont compressibles, la densité n'a un sens que si on définit les conditions dans lesquelles on la détermine. C'est pourquoi on peut avoir une densité en poubelle, une densité en benne, une densité en décharge, une densité en fosse, etc. La densité en poubelle est mesurée en remplissant les ordures fraîches dans un récipient de capacité connue sans tassement. **(BERKAT et TABIB. 2023)**

- **Degré d'humidité**

La teneur en eau varie selon les saisons et affecte la décomposition et le pouvoir calorifique.

- **Pouvoir calorifique** : Quantité de chaleur produite par la combustion d'un kilogramme de déchets bruts.
- **Rapport C/N (carbone/azote)** : Le rapport C/N est un paramètre qui permet d'apprécier aussi bien l'aptitude des ordures au compostage que la qualité du compost. **(DJOUABRI et REKKACH.2020)**

Selon Sotamenou (2010), ce rapport est idéalement :

  - Entre 25 et 40 dans les déchets frais ;

- Entre 12 et 20 dans le compost mûr.

ADEME (1999) a mesuré un rapport C/N de 45,75 en France, contre 24,40 en Tunisie **(Hassen et al., 2001).**

6 Impacts des déchets

a) Impacts sur l'environnement

Les premiers effets nuisibles apparaissent dès la phase de collecte, directement sur les lieux de production des déchets. Les véhicules de ramassage intensifient la circulation dans les quartiers urbains, les zones de transfert et les centres de traitement **(Turlan, 2003),** causant :

- Dégradation des voiries,
- Embouteillages,
- Pollution de l'air liée à la combustion des carburants. Les dioxines, faiblement volatiles, s'accumulent dans les sols et les plantes. Par la chaîne alimentaire, elles finissent par contaminer l'homme, principalement via l'alimentation (95 % des dioxines absorbées) **(Fantan, 2003).**

➢ **Pollution de l'air**

La décomposition naturelle des déchets produit des gaz comme :

- Méthane (CH_4),
- Dioxyde de carbone (CO_2),
- Hydrogène (H_2),
- Ammoniac (NH_3),
- Chlorofluorocarbones (CFC).

Ces gaz contribuent à des phénomènes environnementaux majeurs, tel que, effet de serre, pluies acides, et Dégradation de la qualité de l'air **(Dorbane, 2004).**

➢ **Pollution de l'eau**

Le rejet anarchique des déchets peut entraîner la contamination des eaux de surface et des nappes phréatiques par infiltration des lixiviats, notamment après les pluies. Cette pollution est une source de maladies à transmission hydrique **(Dorbane, 2004).**

- **Pollution des sols**

D'après **Nollet (1995)** et **Ramade (2009),** les déchets industriels et les décharges non contrôlées entraînent la contamination des sols par :

- Dépôts volontaires ou involontaires de résidus toxiques,
- Pénétration des lixiviats dans le sol,
- Épandage non maîtrisé de boues ou autres composants chimiques.

b). Risques pour la santé humaine et animale

Selon Moutassi et Haddad (2016), plusieurs polluants issus des déchets affectent la santé :

- **Dioxyde de soufre (SO_2)** : se transforme en acide sulfurique, provoquant des troubles respiratoires (bronchites...).
- **Particules fines** : pénètrent profondément dans les voies respiratoires. Leur toxicité dépend de leur taille, forme et composition (hydrocarbures, métaux lourds...).
- **Monoxyde d'azote (NO)** : se fixe sur l'hémoglobine, avec des effets mutagènes.
- **Dioxyde d'azote (NO_2)** : altère les fonctions respiratoires et favorise les allergies.
- **Ozone (O_3)** : irrite les muqueuses oculaires et pulmonaires.
- **Monoxyde de carbone (CO)** : se substitue à l'oxygène sur l'hémoglobine, pouvant causer syncope, asphyxie, voire décès.

II. Les déchets pharmaceutiques

1. Définition et sources

Le terme **« pharmaceutique »** englobe une grande variété de substances actives et de préparations, allant des infusions simples à des médicaments complexes contenant des métaux lourds. En raison de cette diversité, la gestion de ces déchets nécessite une approche différenciée. **Addou (2009).**

D'après l'OMS (2018), les principales sources de déchets pharmaceutiques sont :

- Les hôpitaux et établissements de soins ;
- Les laboratoires et centres de recherche ;
- Les morgues et centres d'autopsie ;

- Les établissements vétérinaires et de soins pour animaux ;
- Les banques de sang et les services de collecte ;
- Les maisons de retraite.

Selon **Addou (2009),** ces déchets peuvent être toxiques :

- Par leur nature intrinsèque ;
- Par les réactions physico-chimiques lors du traitement ou du stockage ;
- Par les métabolites ou produits de dégradation ;
- Par incinération (production de dioxines et furanes).

2. Classification des déchets pharmaceutiques

Selon l'OMS (2018)

L'Organisation Mondiale de la Santé, en accord avec la Convention de Bâle, distingue trois grandes catégories :

1. **Déchets pharmaceutiques sans risque**
   Ce sont les déchets non infectieux tels que : les déchets de bureaux, les emballages vides, et les restes alimentaires. Ces déchets sont assimilés aux ordures ménagères (DAOM) et peuvent être traités par les services municipaux. Ils représentent entre 75 % et 90 % des déchets produits par les établissements médicaux.
2. **Déchets biomédicaux nécessitant une attention particulière**
   Ils comprennent : les déchets anatomiques humains, les déchets tranchants et piquants, et les déchets pharmaceutiques.
3. **Déchets pharmaceutiques radioactifs**
   Incluent liquides, solides ou gaz contaminés par des radionucléides émettant des rayonnements ionisants à effet génotoxique **(Allaoua, 2020).**

- **Déchets pharmaceutiques dangereux**

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé Ces déchets comprennent les éléments contenant des métaux lourds ainsi que les désinfectants contenant ces mêmes métaux qui à cause de leur composition requièrent un traitement spécial. Ils doivent être considérés comme déchets dangereux et leur gestion doit se faire dans des unités d'élimination appropriées**.(BARKAT et HARBI 2021).**

- **I Les déchets pharmaceutiques non dangereux** :
  comme les comprimés, vaccins et sérums périmés.

3. Risques sanitaires et environnementaux

A. Risques traumatiques et infectieux

Les déchets pharmaceutiques peuvent contenir des micro-organismes pathogènes. Les voies d'exposition sont multiples : blessures (piqûres, coupures), contact cutané ou muqueux, par inhalation, et par Ingestion.

Les déchets tranchants/piquants sont les plus dangereux. Selon le **CICR (2011),** en 2000, les déchets piquants ont causé :

- 66 000 cas d'hépatite B,
- 16 000 cas d'hépatite C,
- 200 à 5 000 cas de VIH, principalement chez le personnel soignant.

B.Risques environnementaux

1) Pollution de l'eau

L'enfouissement non contrôlé des déchets peut entraîner la contamination : des eaux de surface, et des nappes souterraines utilisées pour l'eau potable.

2) Pollution du sol

Les médicaments périmés sont souvent éliminés par enfouissement. Ce procédé répandu est une source de pollution des sols, surtout en l'absence de contrôle, pouvant : Détériorer les cultures, **et** Répandre des substances toxiques **(Benkhaled & Bellil, 2021)**

3) Pollution de l'air

Selon **Alaraby (2024),** une étude publiée dans *The Lancet* montre un lien entre pollution atmosphérique et **résistance aux antibiotiques**. L'analyse, menée dans plus de 100 pays, révèle que des niveaux élevés de pollution sont associés à une propagation accrue des gènes de résistance bactérienne.

III. Généralités sur les médicaments

1. Définition du médicament

Un **médicament** est une substance ou une composition possédant des propriétés curatives, préventives ou diagnostiques, destinée à être administrée à l'homme ou à l'animal. Il peut aussi servir à corriger, restaurer ou modifier des fonctions physiologiques, immunologiques ou métaboliques, chaque médicament est défini par un **rapport bénéfice/risque,** et son usage doit s'inscrire dans des conditions strictes **(Togola et al., 2006).**

2. Cycle de vie du médicament

Le cycle de vie d'un médicament comprend :

- **Fabrication** : par l'industrie pharmaceutique selon différentes formes galéniques et classes thérapeutiques.
- **Distribution** : par les pharmacies et officines.
- **Consommation** : par les patients.
- **Rejet dans l'environnement** :
    - **Directement** : lorsqu'il est jeté dans les décharges sauvages ou avec les ordures ménagères ;
    - **Indirectement** : après consommation, via les urines ou selles, les résidus atteignent les stations d'épuration, souvent incapables de traiter ces substances.

Les conséquences du cycle de vie d'un médicament engendrent : une Contamination des milieux aquatiques, une bioaccumulation dans les organismes vivants, et des effets écotoxiques à long terme.

3. Composition d'un médicament

a) Principe actif

Molécule d'origine biologique, minérale, organique ou synthétique, qui possède une activité pharmacologique propre **(P. Allain, 1996 ; Yvan, 2013).** Il peut exister sous différentes formes (sels, hydrates…) selon la voie d'administration et les exigences de stabilité, de solubilité ou de biodisponibilité.

b) Excipient

Substance auxiliaire (naturelle ou synthétique) facilitant la fabrication ou l'absorption du médicament, sans activité thérapeutique propre **(Boukreris, 2021).**

Exemples :

- **Dans les sirops** : éthanol, saccharose, lactose, sorbitol.
- **Dans les comprimés** :
    - *Délitants* : favorisent la désintégration (amidon, bicarbonate, acide citrique…).
    - *Lubrifiants* : facilitent la fabrication (talc, silice…).
    - *Diluants* : remplissage (lactose, amidon…).
    - *Liants* : cohésion des particules (gommes, gélatine, amidon…).

***c)* Récipient**

Emballage contenant le médicament, le protégeant de l'environnement, accompagné d'une notice d'utilisation**.(Boukreris, 2021).**

4. Origine des médicaments

Les principes actifs utilisés peuvent être issus **(Lajarte, 2000)** :

- Du **règne biologique** : extraits d'organismes vivants (plantes, animaux, humains).
- Du **règne minéral** : substances naturelles (sels, minéraux).
- De **synthèse chimique** : élaborés par réactions contrôlées.

5. Classification des médicaments

On distingue quatre grandes catégories selon leur finalité :

- **Médicaments symptomatiques** : soulagent les symptômes sans traiter la cause (ex. : antalgiques).
- **Médicaments curatifs** : Traitent la cause de la maladie (ex. : antibiotiques, antiviraux).
- **Médicaments préventifs** : Protègent l'individu sain (ex. : vaccins, contraceptifs).
- **Médicaments substitutifs** : Remplacent une substance que l'organisme ne produit plus (ex. : insuline, vitamines).

6. Types de déchets issus des médicaments

Selon **Pavy (2014),** les déchets issus des médicaments se présentent sous différentes formes :

- Matières premières utilisées en fabrication,
- Emballages primaires (blisters, flacons…),
- Notices explicatives,
- Médicaments issus d'essais thérapeutiques,
- Médicaments hors cytotoxiques et cytostatiques,
- Médicaments cytotoxiques et cytostatiques,
- Médicaments radiopharmaceutiques,
- Stupéfiants.

7. Voies d'administration des médicaments

Les médicaments peuvent être administrés à l'organisme par différentes voies, en fonction de leur nature, de leur action thérapeutique et de l'effet recherché :

- **Voie orale ou peros** (comprimés, sirops),
- **Voie parentérale** (injections intraveineuses, intramusculaires…),
- **Voie cutanée ou transdermique** (crèmes, patchs),
- **Voie pulmonaire** (aérosols),
- **Voie rectale ou vaginale** (suppositoires, ovules),
- **Voie ophtalmique, nasale ou auriculaire (gouttes).**

8. Impact des médicaments sur l'environnement

Les médicaments rejetés dans l'environnement (directement ou après métabolisation) peuvent causer des effets écotoxiques importants :

- **Effets génotoxiques** : observés chez certains mollusques exposés à des molécules telles que la carbamazépine, le diclofénac, le paracétamol, etc.
- **Perturbations endocriniennes** : 20 % des poissons mâles exposés aux hormones développent des caractères féminins (ovaires, infertilité).
- **Extinctions d'espèces** : le diclofénac a provoqué l'extinction quasi totale d'une espèce de vautours en Inde en raison de sa toxicité rénale **(Zuercher, 2022).**

Jusqu'à **90 % des antibiotiques** sont excrétés dans l'environnement par l'humain ou l'animal. Or, les stations d'épuration ne les éliminent pas complètement, ce qui favorise :

- La **résistance génétique** chez les microorganismes environnementaux,
- La transmission de gènes de résistance aux bactéries pathogènes.

Un rapport sur les concentrations des gènes de résistance (tétracycline, sulfamides, érythromycine) en amont et en aval des stations d'épuration montre une **augmentation significative** après traitement **(Stamm et al., 2017).**

9. Impact du médicament dans les prestations de soins

Le médicament joue un rôle central dans les systèmes de santé :

- **Sauvegarde de vies humaines,**
- **Amélioration de la santé publique,**
- **Renforcement de la confiance dans les services médicaux,**
- **Réduction du recours à d'autres soins médicaux coûteux.**

Cependant, leur usage génère des dépenses significatives, cependant, une **gestion efficace et une sélection rigoureuse** des médicaments sont donc essentielles pour assurer une utilisation rationnelle des ressources disponibles **(Ziani, 2010).**

Chapitre II : Gestion et traitement des déchets

Chapitre II : Gestion et traitement des déchets

I. Généralités sur la gestion des déchets

1. Définition

Selon **Leroy (1997),** traiter un déchet signifie soit lui permettre d'être valorisé (par tri, récupération ou transformation en vue d'une réutilisation), soit de l'éliminer dans des conditions acceptables pour l'environnement dont on parle alors de déchet ultime.

2. Objectifs de la gestion des déchets

La gestion des déchets vise à :

- Préserver les ressources naturelles et limiter la pollution ;
- Sensibiliser les citoyens et les acteurs économiques aux enjeux de la gestion durable des déchets.
- Valoriser les déchets comme une ressource par le recyclage ;

3. La gestion des déchets en Algérie

En Algérie, six wilayas dont : Alger, Béjaïa, Skikda, Annaba, Tlemcen et Oran, qui génèrent à elles seules 283 000 tonnes par an de déchets spéciaux, et détiennent environ 1,9 million de tonnes en stock, soit 95 % du stock national.

- La région Est, avec ses industries pétrochimiques (Azzaba), sidérurgiques (El-Hadjar), produit à elle seule 45 % des déchets spéciaux du pays.
- La région Centre génère 77 000 tonnes/an et en stocke 378 000 tonnes.

Certains de ces déchets sont toxiques (plomb, mercure…), et peuvent provoquer des atteintes aiguës ou chroniques à la santé : troubles cutanés, irritations, allergies, voire des intoxications graves ou mortelles **(Oki, 2010 in Brik & Guerriche, 2021).**

4. Les traitements des déchets

A- Pré-collecte

La pré-collecte regroupe les opérations préalables à la collecte officielle : les déchets sont rassemblés et stockés par les habitants ou le personnel (foyers, immeubles, entreprises) dans des points dédiés, en attente de leur enlèvement. En Algérie, elle varie selon les types d'habitation et l'accessibilité aux équipements.

B- La collecte des déchets

Types de collecte :

- **Porte-à-porte** : méthode la plus courante pour les déchets ménagers, avec passage régulier des camions.
- **Apport volontaire (PAV)** : conteneurs publics destinés à des déchets spécifiques (verre, plastique, papier…).
- **Collecte sélective** : séparation des déchets à la source, facilitant recyclage et valorisation ; assurée par les services municipaux ou des entreprises privées.
- **Collecte des encombrants** : concerne les objets volumineux (meubles, électroménager), collectés à des dates spécifiques sur demande.

➢ **Véhicules de collecte**

Le choix du véhicule dépend de plusieurs critères : type d'habitat, la quantité de déchets, type de récipients, et enfin, la distance et relief du terrain.

D'après Desachy (2001), ils existent quatre Types de véhicules :

- **Remorques tractées / camions légers** : capacité de 2 à 15 m³ (0,5 à 3,5 tonnes), adaptés aux zones rurales.
- **Bennes à compression** : munies d'un système de tassement, capacité de 6 à 25 m³ (2 à 12 tonnes).
- **Bennes à compression avec préhension** : identiques aux précédentes, avec système de levage adapté aux bacs roulants.
- **Camions à caissons amovibles** : utilisés pour les conteneurs de grande capacité ; déchargent les bacs pleins au centre de traitement.

C- Le tri des déchets

Le tri consiste à séparer les déchets selon leur nature, leur dangerosité et les modes de traitement ou d'élimination appropriés. Dans les établissements de soins, une méthode efficace consiste à utiliser des codes couleur et des conteneurs étiquetés pour identifier les différentes catégories de déchets médicaux.

D- Le transfert et le transport

1) Transport hors site (ex-situ)

Lorsque les déchets doivent être traités en dehors du site de production (exp : hôpitaux), le producteur est responsable de leur conditionnement et étiquetage. Conformément aux recommandations de **l'OMS (2004),** l'étiquette doit inclure :

- La classification des substances selon les Nations Unies ;
- La désignation correcte du contenu ;
- La masse ou le volume total ;
- La date de collecte.

En cas d'accident, ces informations permettent une identification rapide du contenu et une intervention appropriée.

2) Transport sur site (in-situ)

Les déchets d'activités de soins (DAS) sont transportés à l'intérieur de l'établissement à l'aide de chariots ou conteneurs spécifiques, répondant aux critères suivants **(Benghenima & Debba, 2020)** :

- Facilité de chargement/déchargement ;
- Absence d'arêtes tranchantes pouvant endommager les sacs ;
- Nettoyage aisé.

5. Traitement et élimination

a. Recyclage

Le recyclage consiste à réintroduire des matériaux dans le cycle de production à partir de déchets (industriels ou ménagers). Exemple : fabrication de nouvelles bouteilles en verre à partir de bouteilles usagées.

Avantages environnementaux

D'après (**Ben Silette et al ;2016),** les avantages environnementaux du recyclage son représenté par :

- Une réduction du volume de déchets à traiter (certains matériaux prennent des siècles à se dégrader) ;
- Préservation des ressources naturelles ;
- Valorisation des déchets : en Algérie, sur les 13,5 millions de tonnes/an de déchets ménagers produits (soit 1 kg/hab./jour), 6,1 millions de tonnes sont recyclables (45 % du total).

b. Le stockage des déchets

Le stockage représente la dernière étape de la chaîne de traitement **(Balet, 2005),** et s'effectue selon la nature des déchets :

- **Classe 1** : déchets industriels spéciaux,
- **Classe 2** : déchets ménagers et assimilés,
- **Classe 3** : déchets inertes.

6. Les modes de traitement des déchets

- **Traitement biologique : le compostage**

Selon l'Agence Nationale des Déchets **(AND, 2020),** le **compostage** est un procédé thermique de transformation des déchets organiques en matière stable, inerte et utile. Il repose sur la chaleur et la présence d'oxygène, permettant la décomposition complète des déchets organiques. Les résidus solides générés les cendres et mâchefers, qui représentent 25 % à 30 % du poids initial des déchets, et peuvent être valorisés comme ajouts dans les matériaux cimentaires.

- ✓ **Avantages du compostage (Djemaci, 2012)** :

- Réduction de 55 % de la quantité de déchets à enfouir ;
- Prolongation de la durée de vie des centres d'enfouissement ;
- Réduction des lixiviats (liquides polluants) grâce à une moindre présence de matières organiques dans les CET.

- ▪ **Traitement thermique (Incinération)**

L'incinération permet la minéralisation complète des déchets par combustion, particulièrement des matières organiques, dans des fours spécialisés, et sans récupération d'énergie. Elle permet de réduire jusqu'à 70 % de la masse des déchets, et 90 % de leur volume. Les résidus solides, produits (mâchefers) sont considérés comme des déchets ultimes. Néanmoins, ils peuvent, sous conditions, remplacer les granulats naturels dans certains matériaux. Pour une meilleure gestion d'incinération, elle doit : se faire à capacité optimale, et intégrer un traitement des gaz (dépoussiérage, neutralisation, piégeage des métaux lourds), afin d'éviter le transfert de pollution vers l'atmosphère **(S.I.G, 2009).**

- ▪ **Prétraitement par désinfection (banalisation)**

Ce procédé vise à désinfecter les Déchets d'Activités de Soins à Risques Infectieux (DASRI) après modification de leur apparence (par broyage), les rendant ainsi méconnaissables. Pour cela, les méthodes utilisées sont : Autoclavage (vapeur d'eau sous pression), et Micro-ondes.

- ▪ **L'enfouissement**

Méthode réservée principalement aux Déchets Assimilables aux Ordures Ménagères (DAOM), mais aussi, exceptionnellement, aux DASRI (en cas d'épidémie, par exemple). Ce mode de traitement de déchets est soumis à des conditions strictes : enfouissement éloigné du CET, sol imperméabilisé.

7.Étapes de la gestion des déchets

Les étapes de la gestion des Déchets sont représenté dans l'organigramme de la figure 01

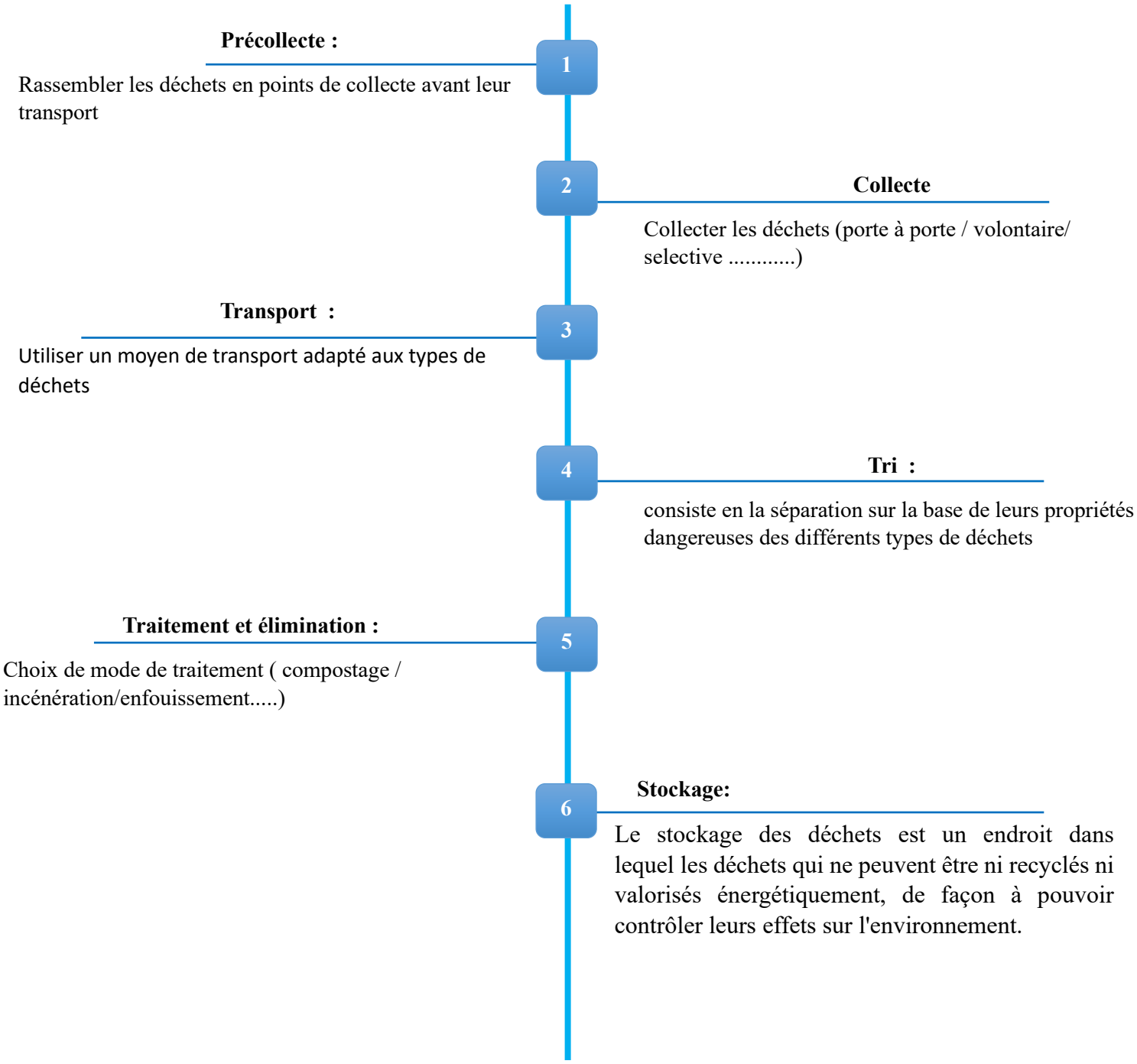


Figure 1: Les étapes de la gestion des déchets **(Djilali 2025 travail personnel)**

II. Gestion des déchets pharmaceutiques

1. Pré-collecte

La pré-collecte des déchets pharmaceutiques débute au niveau du patient, qui trie les médicaments non utilisés ou périmés, et les rapportera par la suite à un pharmacien pour traitement approprié. Quant aux emballages en carton et notices en papier peuvent être jetés dans la poubelle de recyclage destinée aux déchets papier/carton**.(Baloul et Tafer 2022).**

2. Collecte

Le pharmacien est chargé de Contrôler le contenu des sacs rapportés par les usagers, de plus, écarter les éléments non conformes ou dangereux, et enfin, Garantir que les médicaments collectés ne soient jamais réutilisés, qu'ils soient périmés ou non. Les médicaments collectés ne sont jamais réutilisés (qu'ils soient primés ou pas) ni envoyés pour une seconde vie..**(Baloul et Tafer 2021).**

3. Traitement des déchets pharmaceutiques

A. Incinération à moyenne température

Cette méthode est recommandée à titre transitoire, Ce type d'incinérateur n'est pas conçu pour brûler dans de bonnes conditions les composés halogénés. Cependant, compte tenu de la très faible teneur en produits halogénés de la plupart des médicaments, il est peu probable que la teneur en composés halogénés des gaz de combustion dépasse un niveau négligeable.**(Mansour & Nait, 2022).**

B. Incinération à haute température :

Certaines industries (cimenteries, centrales thermiques au charbon, fonderies) disposent de systèmes de combustion adaptés aux déchets pharmaceutiques, grâce à : des températures supérieures à 850 °C, une durée de combustion prolongée, et une dispersion efficace des gaz grâce à des cheminées de grande hauteur **(Mansour & Nait, 2022)**

4. Exemples d'entreprises spécialisées en Algérie

- **Géocycle Algérie**

Filiale du réseau mondial Géocycle, cette entreprise est spécialisée dans la gestion et la valorisation des déchets, y compris pharmaceutiques. Sa stratégie s'aligne sur celle du ministère de l'Environnement, visant à développer de nouvelles filières de valorisation **(Géocycle, 2022).**

- **CINTECH**

Entreprise agréée par le ministère de l'Environnement, CINTECH est spécialisée dans la collecte et transport et traitement des déchets spéciaux dangereux (produits chimiques, déchets d'activité de soin et médicaments périmés), en utilisant les techniques les plus performantes et les plus propres. Grâce à une équipe pluridisciplinaire formée en environnement et en gestion des déchets, CINTECH assure un service conforme aux exigences réglementaires, sécuritaires et écologiques.**(Baloul et Tafer 2021).**

- **NCC Environnement**

Société Algérienne par action à 100 %, elle est devenue l'un des acteurs les plus performants du territoire national dans la gestion et la valorisation des déchets dangereux ; elle est spécialisée également dans l'identification ; le tri ; la collecte et le traitement des déchets pharmaceutique ; elle est considérée aussi comme l'une des entreprises les plus impliqué en termes de la protection de l'environnement **(Baloul et Tafer 2021).**

Chapitre III : Risques et impacts des déchets médicamenteux sur l'environnement et l'homme

ChapitreIII. Risques et impacts des déchets médicamenteux sur l'environnement et l'homme

Certaines substances médicamenteuses peuvent avoir un impact significatif sur la faune et la flore, notamment en matière d'antibiorésistance ou de modulation endocrinienne qui Peuvent survenir à doses faibles. Cependant de tels impacts écologiques, à faibles concentrations et surtout en association ont été insuffisamment évalués à ce jour. L'éventualité de risques sanitaires pour l'homme, dus à l'exposition des populations aux résidus de substances médicamenteuses, n'est pas encore suffisamment documentée et leur présence dans les eaux superficielles et souterraines voire dans l'eau du robinet, peut inquiéter. L'exposition à de tels résidus par des eaux destinées à la consommation humaine dépend à la fois de la qualité des ressources utilisées et de l'efficacité de leur traitement de potabilisation **(Haguenoer, et al. 2008).**

1. Loi nº 03-10 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable

Cette loi a pour objet la mise en œuvre d'une politique nationale de protection de l'environnement dans le cadre du développement durable. Elle fixe les principes fondamentaux et les règles de gestion de l'environnement : la protection, la restructuration et la valorisation des ressources naturelles ; la restauration des milieux endommagés, la prévention et la lutte contre toute forme de pollution et nuisance ; l'amélioration du cadre et de la qualité de la vie, la promotion de l'utilisation rationnelle des ressources naturelles disponibles. Elle est formée par 114 articles répartis en 8 titres, à savoir :

- Dispositions générales ;
- Instruments de gestion de l'environnement ;
- Prescriptions de protection environnementale ;
- Protection contre les nuisances ;
- Dispositions particulières ;
- Dispositions pénales ;
- Recherche et constatation des infractions ;
- Dispositions finales.

La gestion de l'environnement se base sur l'organisation d'un système d'information, sur la définition de normes environnementales, sur la planification, sur l'évaluation des incidences environnementales des projets de développement, sur la définition de régimes juridiques particuliers et sur l'intervention des individus et des associations au titre de la protection de l'environnement. La loi institue les prescriptions de protection de la diversité biologique, de l'air et de l'atmosphère, de l'eau et des milieux aquatiques, de la terre et du sous-sol, des milieux désertiques, de la mer et du cadre de vie. Elle institue aussi les prescriptions de protection contre les nuisances que ce soit des substances chimiques ou des nuisances acoustiques **(Jora, 2003).** Pour plus de détails sur la loi citée se référer à la loi n° 03-10 du 19 Joumada El Oula 1424 correspondant au 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.

2. Contamination environnementale

A. Milieux environnementale

- **Contamination de l'atmosphère**

La contamination de l'atmosphère peut se faire soit directement par les rejets atmosphériques de médicaments, comme les anesthésiques volatils, ou des médicaments comme l'eucalyptol qui sont éliminés par voie pulmonaire. Les hydrofluoroalcanes sont connus pour s'oxyder dans l'atmosphère pour donner l'acide trifluoroacétique qui est un produit fortement persistant, toxique et susceptible d'intervenir dans les mécanismes de l'effet de serre, même si cette source est relativement faible , ou par la Contamination lors de l'incinération des déchets médicamenteux, il n'existe aucune donnée estimative sur la totalité de ces émissions, il n'existe que quelques études partielles sur les émissions d'effluents gazeux de médicaments après incinération ou co-incinération **(Haguenoer, et al. 2008).**

- **Contamination des sols**

Les sols peuvent être contaminés par les aliments, par les déjections des animaux traités par des médicaments vétérinaires directement dans les prairies mais aussi par l'épandage sur les champs des boues des stations d'épuration ou des fumiers et purins produits dans les étables. Enfin, les résidus de médicaments peuvent agir sur les composants écologiques des sols, notamment sur la microflore. Il est ainsi possible d'affecter directement les micro- organismes de ces sols en particulier avec les résidus d'antibiotiques. Les animaux qui se nourrissent du fumier comme les oiseaux, les vers, les mouches peuvent subir une exposition immédiate aux substances médicamenteuses ou à leurs métabolites et subir à priori des effets indésirables ou

encore accumuler les produits qui peuvent ensuite se concentrer dans les chaînes alimentaires. La mobilité des substances médicamenteuses dans les sols est influencée par une combinaison de plusieurs facteurs incluant la structure chimique, la solubilité dans l'eau, le pH des sols, leur capacité d'échanges de cations, leurs teneurs en calcaire, leur teneur en matière organique ou encore la température. La rétention des médicaments dans les sols peut aussi être affectée par les modifications de pH et d'apports de matière organique liés aux amendements par les purins. La dégradation dans les sols est plus en rapport avec l'activité microbienne et surtout avec les activités enzymatiques qui transforment les composés par hydroxylation et décarboxylation oxydative **(Haguenoer, et al. 2008).**

- **Contamination des milieux aquatiques et des ressources en eau**

Le rejet en continu de médicaments et de leurs métabolites dans le milieu aquatique confère à ces molécules un caractère de pseudo-persistance **(Zuercher, 2022).**

- **Eaux résiduaires**

Les eaux résiduaires urbaines sont amenées aux stations d'épuration par le réseau. Ces stations n'ont pas été conçues pour traiter spécifiquement des composés organiques à l'état de traces comme le sont les médicaments. Dans les STEP, la biodégradation conduit à des transformations très variables selon les molécules. Il y a des médicaments qui sont très persistants dans l'environnement car très peu biodégradables **(Haguenoer, et al. 2008).**

❖ **Eaux de surface**

Les résidus de médicaments non retenus ou non éliminés directement dans les stations d'épuration sont rejetés dans les eaux de surface par leurs effluents. Leurs concentrations sont abaissées soit par dilution soit par photo-dégradation **(Haguenoer, et al. 2008).**

❖ **Eaux marines**

En « offshore » aux USA à 74 km au nord d'Arecibo (Porto Rico) il existait un site d'enfouissement de déchets en eaux profondes qui recevait de 30 à 280 millions de litres de déchets pharmaceutiques par an. Ce dépôt avait été établi entre 1972 et 1983 et couvrait environ 500 km² sans que l'on puisse en connaître les conséquences environnementales **(Haguenoer, et al. 2008).**

❖ **Eaux souterraines**

Des teneurs en diazépam d'environ 10 à 40 µg/L ont été mesurés dans les eaux souterraines d'un puits de surveillance près d'Atlantic City dans le New Jersey (USA) probablement en relation avec une décharge où des industries pharmaceutiques qui déposaient des produits chimiques **(Daughton et Ternes, 1999 in Haguenoer, et al.2008).**

❖ **Eaux destinées à la consommation humaine**

Les eaux domestiques analysées ne contiennent pas de résidus pharmaceutiques en générale, mais plusieurs chercheurs ont retrouvé des molécules médicamenteuses dans les eaux de boisson, notamment des anticancéreux la bléomycine, la carbamazépine, le diazépam 19,6 - 23,5 ng/L, à travers le monde **(collectifs d'auteurs, in Haguenoer, et al. 2008).**

B. Contamination des Sédiments

Les études sont assez peu nombreuses, mais elles sont très intéressantes en raison des concentrations qui y sont observées. Les connaissances sur le devenir des molécules médicamenteuses dans les sédiments sont très limitées. De nombreux antibiotiques ont été mesurés dans les sédiments à des concentrations parfois élevées : la tylosine jusqu'à 578 ng/kg et même 2 640 ng/kg en Italie ; l'ibuprofène (220 ng/kg) dans les sédiments de la rivière Lambro. Les résidus d'antibiotiques qui restent dans les sédiments peuvent altérer la composition de la microflore et y sélectionner des bactéries antibiorésistantes **(Cabello, 2006 in Haguenoer, et al. 2008).**

C. Contamination des aliments

Il n'existe pratiquement pas d'étude sur la contamination des aliments, mais le transfèrt des médicaments dans les végétaux est envisageable en raison de plusieurs facteurs : Certains médicaments sont administrés à des fins de production comme les antibiotiques ou des hormones et il est probable que des résidus soient présents dans la chair des animaux destinés à la consommation ou dans le lait et produits dérivés ; Les sols contaminés par les excréments des animaux d'élevage sont parfois utilisés pour des productions végétales ; Les sols peuvent aussi être contaminés par les médicaments ou leurs métabolites encore présents dans les boues des stations d'épuration qui sont épandues sur les champs ; **(Haguenoer, et al. 2008).**

3. Risques pour l'environnement selon les classes thérapeutiques

a. Anticancéreux

Les rejets de ces médicaments peuvent être considérés comme générateurs de risques pour les animaux mais aussi pour l'homme car ce sont des composés appartenant à la classe des « CMR », c'est-à dire cancérogènes, mutagènes et toxiques pour la reproduction. Certains sont des agents alkylants qui peuvent agir sur de nombreux types de récepteurs et d'organismes **(Haguenoer, et al. 2008).**

b. Antibiotiques

Ils ont un impact sur les écosystèmes aquatiques et terrestres. De nombreux antibiotiques comme la doxycycline sont excrétés par l'organisme sous forme inchangée et peuvent donc rester actifs et présenter des risques pour l'environnement. Ces antibiotiques peuvent aussi se concentrer dans les chaînes environnementales. Les antibiotiques peuvent induire des effets liés à leurs cibles spécifiques, c'est à-dire influencer les biomasses bactériennes de l'environnement, Dans ce cas, des perturbations peuvent se produire au sein des cycles épurateurs naturels ou artificiels et des dysfonctionnements apparaître au sein des systèmes d'assainissement. Mais, il est actuellement impossible de faire un lien direct entre la présence de bactéries antibiorésistantes et la présence de résidus d'antibiotiques dans les eaux. Des échanges de gènes de résistance peuvent se produire entre les bactéries de l'environnement des fermes piscicoles et les bactéries de l'environnement terrestre, y compris des bactéries pathogènes pour les animaux et pour l'homme. La présence d'antibiotiques peut aussi affecter la qualité des sols, en perturbant la communauté bactérienne par leurs activités antibiotiques, et en créant des résistances parmi les bactéries environnementales ou en apportant des bactéries résistantes transmises par les fumiers et purins, c'est-à-dire créées dans le tube digestif des animaux traités. Une revue sur l'acquisition de gènes codant pour la résistance de bactéries dans les sols a été publiée par **(Collectifs d'auteurs, in Haguenoer, et al. 2008).**

c. Hormones et composés apparentés

La présence de ces derniers dans l'environnement peut affecter la reproduction et le développement des invertébrés (Zuercher, 2022). La présence de poissons hermaphrodites dans un grand nombre de pays a été associée à la proximité de sources d'eaux usées. Ces poissons hermaphrodites peuvent avoir des conduits reproductifs féminins et/ou un développement d'oocytes dans leurs testicules. Ils peuvent encore présenter des concentrations anormalement élevées d'hormones sexuelles stéroïdiennes, et souvent des concentrations sanguines élevées de vitellogénine, une protéine sanguine dépendante des estrogènes et normalement produite par les poissons femelles. Cette féminisation est un phénomène qui a été observé pour la première

fois chez les poissons des lagunes de traitement d'eaux usées au milieu des années 1980. Chez les poissons sévèrement féminisés, la fertilité est réduite. Ce qui contribue à la réduction du taux de croissance des poissons. Les fœtus et embryons d'amphibiens, d'oiseaux et de reptiles sont vulnérables à l'exposition environnementale aux estrogènes puisque les descendants d'animaux adultes exposés à ces contaminants peuvent présenter des anomalies de la reproduction comme une réduction de la fertilité, une altération du comportement sexuel, une baisse de l'immunité et l'apparition de cancers **(Collectifs d'auteurs, in Haguenoer, et al. 2008).**

d. Rétinoïdes

Sont des dérivés de la vitamine A, dont les effets sur le développement de divers systèmes embryonnaires sont déjà connus en particulier chez les amphibiens pour lesquels on présume que les récepteurs de l'acide rétinoïque jouent un rôle dans les malformations des grenouilles **(Maden, 1996 in Haguenoer, et al. 2008).**

e. Hypolipémiants

L'acide clofibrique diminue le taux de testostérone et dérégule les défenses anti- oxydantes chez le poisson, *Carrassius auratus* (Mimeault et al. 2006 in Haguenoer, et al. 2008).

f. Anti-inflammatoires non stéroïdiens

Les anti-inflammatoires comme le Diclofénac, sont considérés comme très toxiques pour les bactéries et toxiques pour les invertébrés et les algues **(Hernando et al, 2006 in Haguenoer, et al. 2008).**

g. Antidépresseurs

Chez les mollusques, la sérotonine joue un rôle dans un grand nombre de fonctions physiologiques : fonction de reproduction (maturation des oocytes et influence sur la parturition), rythme cardiaque, battement des cils, induction de la métamorphose larvaire et stimulation de diverses hormones **(Haguenoer, et al. 2008).**

Tableau 2:Toxicité de quelques médicaments sur des groupes taxonomiques vulnérables (Haguenoer, et al. 2008).

Classe de médicaments	Extrêmement toxique	Très toxique	Toxique	Nocif	Non toxique
CE50 (mg/l)	< 0,1	0,1-1	1-10	10-100	> 100
Analgésiques			Crustacés	Crustacés, poissons	
Antibiotiques	Microorganismes	Algues			
Antidépresseurs		Crustacés			
Anticonvulsivants			Cnidaires		Crustacés, poissons
Cardio-vasculaires		Crustacés			
Cytostatiques			Microorganismes		Crustacés, poissons

CE50 = Concentration Efficace pour 50 % des individus de l'espèce testée.

- **Contamination humaine**

1. Modes d'exposition

L'exposition peut se faire par diverses voies de pénétration :

- L'inhalation et le contact cutanéo-muqueux sont vraisemblablement négligeables, sauf pour les activités liées à l'élevage ; au traitement des eaux résiduaires ; aux boues ou aux sédiments.

- L'absorption des eaux destinées à la consommation humaine et la consommation d'aliments contaminés du fait des traitements des animaux (viandes, lait et produits laitiers et dérivés) ou de la contamination des végétaux suite à la pollution des sols (Haguenoer et al. 2008).

2. Risques de quelques classes thérapeutiques pour l'homme

D'après les études, les risques pour l'homme liés à l'absorption éventuelle de petites doses de résidus de médicaments pendant la vie entière sont totalement inconnus. La présence de mélanges de ces résidus dans l'eau du robinet, certes à des concentrations extrêmement faibles, montre qu'il y a des voies directes d'absorption et des effets, peut-être synergiques. Aucun bilan complet des apports de résidus de médicaments à l'homme n'a été réalisé, ce qui empêche d'évaluer les risques réels pour la population **(Gobert, 2021).**

2. Antibiotiques

- Nocivité directe

Un des risques pour l'homme est l'ingestion de résidus d'antibiotiques par les poissons et les coquillages commercialisés avec le risque d'altérer la flore intestinale normale ce qui augmenterait la sensibilité aux infections bactériennes et le risque de sélection de bactéries antibiorésistantes. Cette ingestion, qui concerne aussi les viandes, peut également générer des problèmes d'allergie et de toxicité qui sont difficiles à diagnostiquer en l'absence d'information préventive. Les mêmes problèmes d'allergie et de toxicité peuvent aussi apparaître chez les ouvriers qui manipulent ces poissons dans les fermes piscicoles où ces antibiotiques sont au contact cutané, intestinal et pulmonaire. L'ingestion d'antibiotiques par l'eau du robinet est également possible puisqu'une étude Italienne a montré que la tylosine y est présente à des teneurs de 0,6 à 1,7 ng/L **(collectif d'auteurs in Haguenoer, et al. 2008)**

-Nocivité indirecte

Un des problèmes posés est celui de la sécurité alimentaire car il peut se produire une colonisation du tube digestif humain par des bactéries résistantes à certains antibiotiques. Mais le risque le plus important, voire le danger principal, de l'utilisation des antibiotiques dans l'alimentation des animaux ne provient pas des résidus ingérés par le consommateur mais bien de la sélection de bactéries résistantes susceptibles de se transmettre à l'homme par l'alimentation ou du transfert de gènes de résistance à l'homme. Les quinolones qui sont des antibiotiques efficaces dans les affections humaines, ont été totalement bannies en aquaculture du fait qu'elles ont la capacité d'engendrer des résistances croisées mais aussi en raison de leur durée de vie prolongée dans les sédiments liée à leur faible biodégradabilité **(collectif d'auteurs in Haguenoer, et al. 2008).**

c. Dérivés hormonaux

Ces produits chimiques affectent la faune sauvage, et aussi le développement des organes féminins et la lactation et jouent un rôle dans l'apparition de la fibrose utérine et de l'endométriose. À une certaine concentration dans l'environnement, ces dérivés contribuent à un effet néfaste chez l'homme, mais aussi à des effets hermaphrodites chez le poisson **(Haguenoer et al. 2008).**

Chapitre IV : Matériels et Méthodes

Chapitre IV: Présentation de l'entreprise SAIDAL

1. Historique de l'entreprise

En 1997, l'entreprise SAIDAL a mis en œuvre un plan de restructuration, concrétisé le 2 février 1998 par sa transformation en Groupe Industriel SAIDAL. Le complexe d'antibiotiques, auparavant intégré à l'entreprise, devient alors une entité autonome sous le nom d'ANTIBIOTICAL Médéa. Situé à Médéa, à 100 km au sud d'Alger, le complexe s'étend sur une superficie de 25 hectares, dont plus de 19 hectares sont constructibles. Il est spécialisé dans la production d'antibiotiques pénicilliniques et non pénicilliniques, et dispose de toutes les installations nécessaires à la fabrication des médicaments, depuis la synthèse du principe actif jusqu'à la mise en forme galénique des produits.



Figure 2:le complexe d'antibiotiques Médéa SAIDAL **(photo personnel)**

2. Transformation juridique

De 1982 à 1994**,** SAIDAL a été créée par le décret officiel n° 82-161 du 24 avril 1982. Elle a pour mission le développement de l'industrie pharmaceutique nationale. ANTIBIOTICAL est une filiale du Groupe SAIDAL, constituée en société par actions avec un capital de 1 187 500 000 DZD.

3. Situation géographique de l'établissement

L'usine de Médéa est implantée sur le territoire de la commune de Harbil, daïra de Draâ Smar, dans la wilaya de Médéa. Elle se trouve à environ 12 km à l'ouest du chef-lieu de wilaya et à 6 km de la commune de Harbil, sur la route nationale reliant Médéa à El Khemis. Le site est distant d'environ 100 km du port et de l'aéroport international Houari Boumediene d'Alger.

- **Au nord** : la wilaya de **Blida**, par des montagnes de l'Atlas blidéen, avec la route nationale reliant Médéa à Blida par les gorges du Chiffa .
- **À l'ouest** : bordée par les wilayas de **Aïn Defla** et **Tissemsilt**
- **Au sud** : elle touche la wilaya de **Djelfa**, marquant une transition vers les Hauts-Plateaux steppiques
- **À l'est** : elle est limitrophe des wilayas de **M'Sila** et **Bouira**
    - Les limites géographiques du complexe sont :

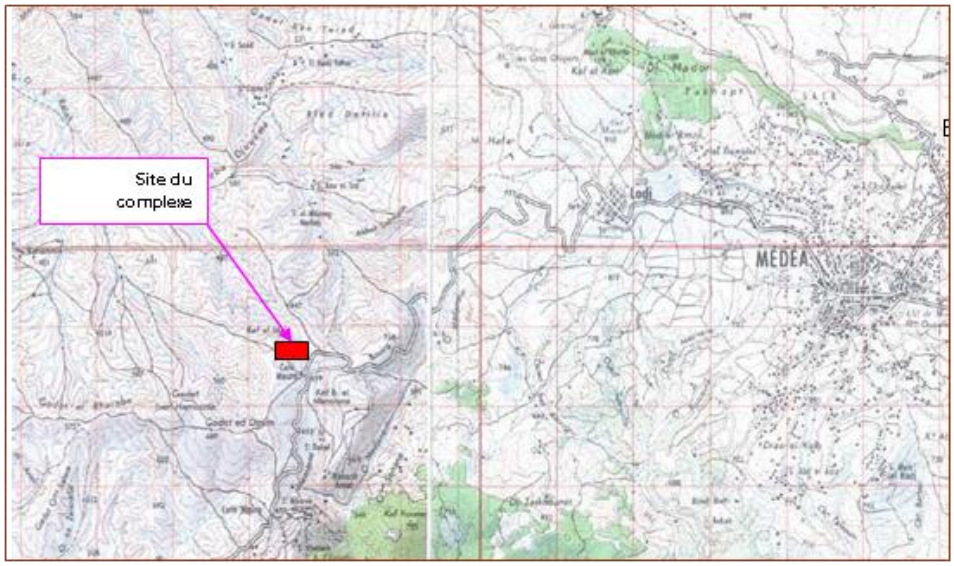


Figure 3: Extrait d'assemblage des cartes de Médéa et de Lavigerie au1/ 50 000 **(Dahlouk et al 2024).**

4. Domaine d'activité

Le groupe SAIDAL est actif dans la production de médicaments destinés à la médecine humaine et vétérinaire.

5. Sites de production à Médea

Adresse : Route d'El Khemis, Médéa.

Téléphone : 025 85 56 78 / 040 58 16 00.

Fax : 025 58 16 00 / 025 61 01 21

I.5. Secteurs ciblés

SAIDAL dessert plusieurs marchés :

- **Marché algérien** : établissements hospitaliers et officines pharmaceutiques
- **Marché africain** : Tchad, Sénégal, Burkina Faso, Niger, Zimbabwe
- **Marché arabe** : Yémen, Irak, Libye
- **Marché européen** : Italie

6. Stratégie de partenariats

Avec un marché estimé à plus de 2,2 milliards de dollars, le secteur pharmaceutique algérien attire fortement les investisseurs nationaux et étrangers. Le Code des investissements algérien offre par ailleurs des avantages significatifs pour encourager les partenariats.

Le Groupe SAIDAL représente un pôle industriel crédible, capable de répondre rapidement aux attentes de ses partenaires grâce à :

- Son potentiel industriel,
- Le savoir-faire de son personnel,
- Une politique de management dynamique,
- Une volonté affirmée en matière de coopération.

Cette stratégie s'est traduite par la signature de plusieurs partenariats industriels (joint-ventures) avec des laboratoires de renommée internationale (Pfizer, Sanofi Aventis, JPE), arabes (Dar El Dawa, SPIIMACO, JPM) et algériens (Soluphan Pharmaceutique, Générique Lab., AGD). Plusieurs contrats de façonnage ont également été signés avec ces mêmes laboratoires.(**DAHLOUK et al 2024)**

7. Les objectifs de SAIDAL

- ✓ La recherche de la satisfaction totale du client, par ma mise en place progressive du management de la qualité.
- ✓ La diversification de la gamme de production par le biais d'une politique de recherche et de développement de nouveaux génériques dans des formes galéniques de nouvelles générique et la mise en place d'une vielle technologique.
- ✓ Le développement du portement du partenariat déjà à travers des projets avec des laboratoires de notoriété internationale soit sous la forme de sociétés en joint-venture, soit par le biais d'accords de façonnage.
- ✓ La préservation et l'augmentation des parts du marché national, assurera la pérennité de groupe, la pénétration de Marchés à l'exportation et la recherche permanente de l'accroissement des performances économiques et financières, tout en intégrant les préoccupations de la santé publique du pays.

8. Zones du site de production de Médéa

Le complexe a été construit conformément aux normes des bonnes pratiques de fabrication (BPF) et est certifié ISO 9002 versions 2000.

Le site comprend deux types de zones :

- **Zone classée dangereuse** : en raison de l'utilisation de solvants et de produits chimiques, elle est construite en matériaux antidéflagrants (ADF).
- **Zone normale** : destinée aux activités classiques sans risques particuliers.

9. Données topographiques

Le complexe est situé dans une région montagneuse et de plateaux, avec une altitude variante entre 500 et 1000 mètres. Il est ceinturé par l'Atlas mitidjien au nord et les monts du Titteri au sud. À l'est, se trouve la dépression de Beni Slimane, et à l'ouest le plateau de Médéa, un synclinal perché à une altitude moyenne de 800 m. Localement, le terrain se situe entre Kef El Maïz (700 m) au nord-ouest et Kef B. El Mentenne (720 m) au sud-est. Il présente une pente douce du nord vers le sud, en direction de la station de traitement des effluents, qui constitue le point le plus bas du site**. (DAHLOUK et al 2024).**

10. Données géologiques

La zone d'implantation du complexe relève du bassin tertiaire montagneux de Mouzaïa, caractérisé par deux synclinaux successifs :

- **Au nord** : massif de Blida Sud (Vessoul Benian)
- **Au sud** : mont Gontas, se prolongeant vers la chaîne crétacée des Matmata

Ces formations sont séparées par un anticlinal visible dans la vallée de l'oued Zeboudj, révélant la superposition discordante des strates du Miocène. Les formations géologiques observées comprennent :

- **Argiles inférieures** : dominantes au nord et à l'ouest de la commune.
- **Grès de Vessoul-Benian** : épaisseur pouvant atteindre 50 m, traversant les argiles inférieures.
- **Terrains caillouteux rouges de l'Aquitanien** : restes alluvionnaires en bordure du Djurdjura.
- **Cénomanien** : marnes et calcaires disposés en strates.
- **Alluvions récentes** : limons le long de l'oued Harbil.
- **Albien** : argiles grises/ noires et quartzites au sud de la commune.

Le sous-sol du site est constitué d'argiles miocènes épaisses (jusqu'à 200 m), imperméables, jouant un rôle important dans la rétention des eaux.

11. Synthèse de l'environnement naturel

L'étude de l'environnement naturel du complexe ANTIBIOTICAL de Médéa révèle les éléments suivants :

- **Risque de foudre** : 4,3 jours/an, insignifiant ;
- **Risque sismique** : zone de catégorie 3 (CGS), possible ;
- **Canicule (juillet-août)** : températures de 32,2 °C, insignifiant ;
- **Vents forts (NO et SO)** : vitesse moyenne de 1,6 m/s, insignifiant ;
- **Risque d'inondation** : faible (pluies, orages, boues), insignifiant.

12. Description des installations et des procédés mis en œuvre

Ce chapitre présente une vue d'ensemble du site, de ses installations et des procédés de production. Le complexe ANTIBIOTICAL de Médéa produit des médicaments à partir de matières premières préparées sur place. Après transformation, ces matières permettent la fabrication de diverses spécialités pharmaceutiques à usage humain et vétérinaire. Le site dispose de toutes les infrastructures nécessaires pour :

- La préparation des matières premières (vrac),
- La fabrication des formes galéniques finales.

Le complexe s'étend sur 25 hectares, dont 17 sont couverts. Il comprend plusieurs unités de production, ateliers, zones de stockage, magasins, bureaux, services techniques et annexes.

Principales unités du complexe :

Les principales unités du complexe d'Antibiotical sont résumé dans le tableau suivant.

Tableau 3: Les unités du complexe Antibiotical (**Dahlouk et al2024)**

	Unités	
	Symbolisation	**Désignation**
G1	VP 59	Stockage des solvants épuisés
G2	VP 59	Distillation des solvants récupérés
G3	VP 59	Stockage des solvants frais
G4	VP 59	Stockage acides, bases
E1	VP 50	Sous station électrique
E2	VP 50	Production vapeur, stockage eau brute
E3	VP 50	Salle des compresseurs
E4	VP 50	Production eau adoucie et déminéralisée
F1	VP 22.	Extraction et semi- synthèse pénicilliniques
F2	VP 21	Fermentation pénicilliniques et non pénicilliniques
F3	VP 10	Stockage matières premières
F4	VP 11	Extraction non pénicilliniques
F5	VP 30	Oxytétra cycline chlorhydrate
L1	VP 81	Intervention sécurité
L2	VP 81	Maintenance
L3	VP 86	Cantine
L4	VP 80	Administration

L5	VP 90	Laboratoire de contrôle de la qualité
H1	VP 45	Imprimerie
H2	VP 41	Magasin pénicilliniques matières premières et produits finis
H3	VP 41	Spécialités pharmaceutiques pénicilliniques
H4	VP 40	Magasin non pénicilliniques matières premières et produits finis
H5	VP 40	Spécialités pharmaceutiques non pénicilliniques
M1	VP 70	Traitement des boues
M2	VP 70	Traitement des eaux de rejet
M3	VP 70	Four d'incinération des boues
M4	VP 91	Animalerie

13. Description des zones de stockage

Les magasins assurent l'approvisionnement des ateliers en matières premières et produits intermédiaires. Ils sont gérés par un chef magasinier assisté de deux magasiniers, tous habilités à :

- La conduite de chariots élévateurs,
- Le prélèvement d'échantillons,
- Le dépotage de matières premières,
- La préparation des expéditions.

Types de stockage :

- Produits finis (zones A et B)
- Matières premières et articles de conditionnement (zones A et B)
- Vrac (VP10)
- Eau brute et eau déminéralisée
- Azote liquide (VP21)
- Solvants (frais, épuisés, en attente d'analyse)
- Produits chimiques (soude caustique, acide sulfurique, huiles, sels, ammoniac)

14. Description des zones d'activité

❖ **Les unités principales des zones d'activité sont :**

- Récupération de solvants (VP59)

- Utilités (VP50)
- Extraction pénicilline (VP22)
- Fermentation et culture (VP21, VP10)
- Extraction pleuromutiline (VP11)
- Synthèse oxytétracycline (VP30)
- Contrôle qualité (VP90)
- Conditionnement médicaments (VP41 et VP40)
- Maintenance et imprimerie (VP81, VP45)
- Administration et service santé (VP84, VP91)

❖ **Historique des incidents :**

Depuis 1987, plusieurs incidents ont été enregistrés :

- Incendies (dont explosion)
- Départs de feu à l'incinérateur
- Travaux à chaud
- Défauts électriques
- Implosion de chaudière

❖ **Pollutions :**

- Fuites : acide sulfurique, triméthylchlorosilane, méthanol, ammoniac
- Inondations

❖ **Accidents industriels similaires (selon la base ARIA) :**

- Dépotage accidentel de produits toxiques
- Incendies de stocks pharmaceutiques
- Réactions chimiques incontrôlées
- Explosions liées à des vapeurs inflammables, les sources d'inflammation courantes sont les surfaces chaudes, étincelles, électricité statique, frottements mécaniques.

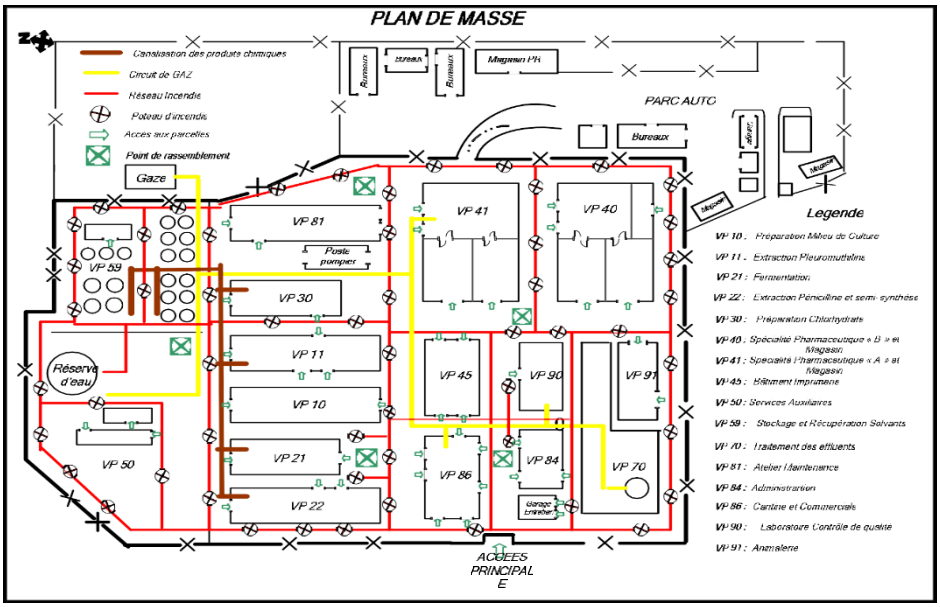


Figure 4: Plan d'ensemble de l'établissement : Ec1/200ème (Dahlouk et al 2024)

15. Laboratoire de contrôle qualité (VP90)

Le laboratoire central de contrôle qualité est une structure clé dans la conformité pharmaceutique. Construit en dur sur 455 m², il s'étend sur trois niveaux entièrement climatisés, avec traitement de l'air. Un effectif de 53 personnes spécialisées dans les activités de laboratoires pharmaceutiques est affecté aux différents secteurs de contrôle qualité.

Rez-de-chaussée :

- Laboratoires semi-industriels, contrôle qualité, inspection ;
- Salles d'analyses, équipements spécialisés, lavage, métrologie ;
- Magasin et sanitaires.

1er étage :

- Laboratoires physico-chimiques, microbiologie, stérilité ;
- Chambre stérile, magasin d'échantillonnage.

2e étage :

- Salles d'analyses, bureaux, équipements ;
- Actuellement en arrêt d'activité

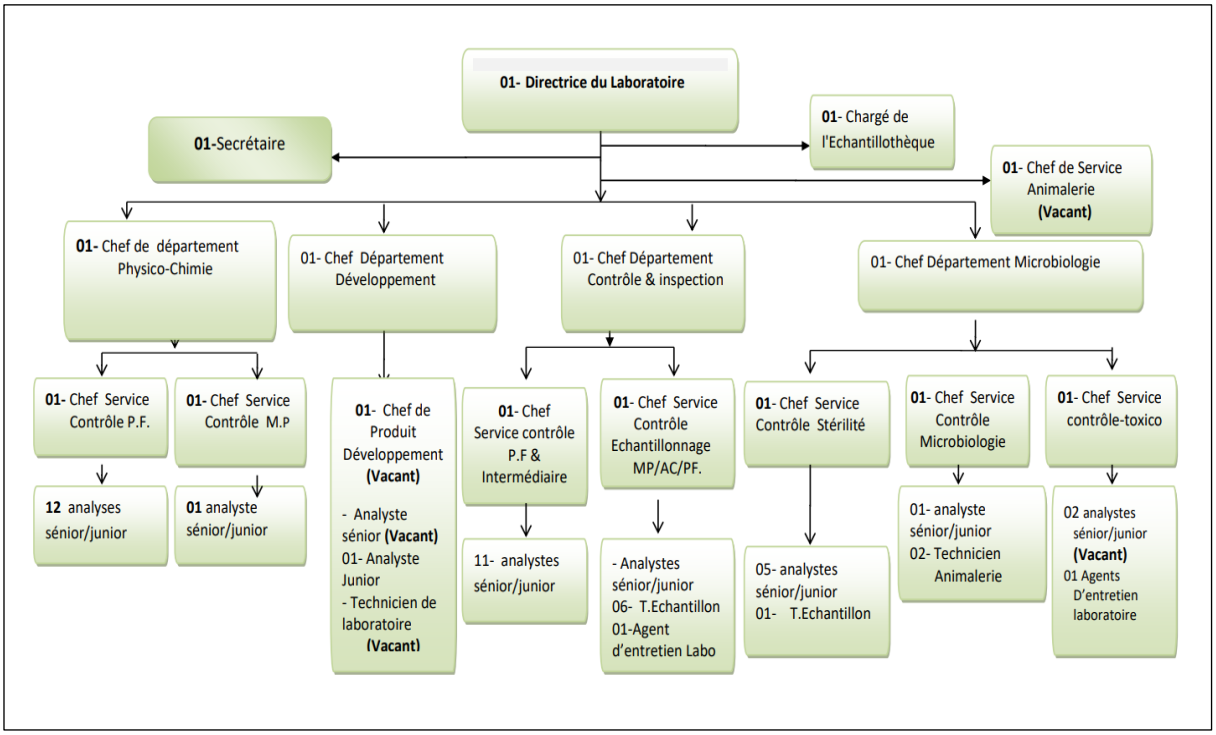


Figure 5: Diagramme de laboratoire de contrôle de qualité **(Dahlouk et al 2024)**

16. Laboratoire cytotoxique

Ce laboratoire a été réalisé dans le cadre d'un partenariat technologique avec la société coréo-indonésienne CKD OTTO, en collaboration avec l'Agence Nationale des Produits Pharmaceutiques (ANPP), parmi ces objectifs :

- Contrôle qualité des médicaments anticancéreux
- Analyse de 6 produits, dont :
    - Paclitaxel-SAIDAL 100 mg / 300 mg
    - Pemetrexed-SAIDAL 500 mg
    - Bortezomib-SAIDAL 3,5 mg
    - Docetaxel-SAIDAL 20 mg / 80 mg

Le laboratoire est situé dans un bâtiment de deux étages au sein du complexe, dédié aux analyses et au contrôle qualité des cytotoxiques, doter de trois locaux :

- **Salle bureau** : gestion administrative
- **SAS 01 et 02** : sas d'accès sécurisé
- **Salles HPLC et PSM** :

- **HPLC** (chromatographie en phase liquide haute performance) : contrôle de la pureté des médicaments
- **PSM** (poste de sécurité microbiologique) : manipulation sécurisée de substances cytotoxiques

Les PSM assurent une protection contre les contaminants biologiques et chimiques grâce à un flux d'air descendant, limitant tout rejet externe.

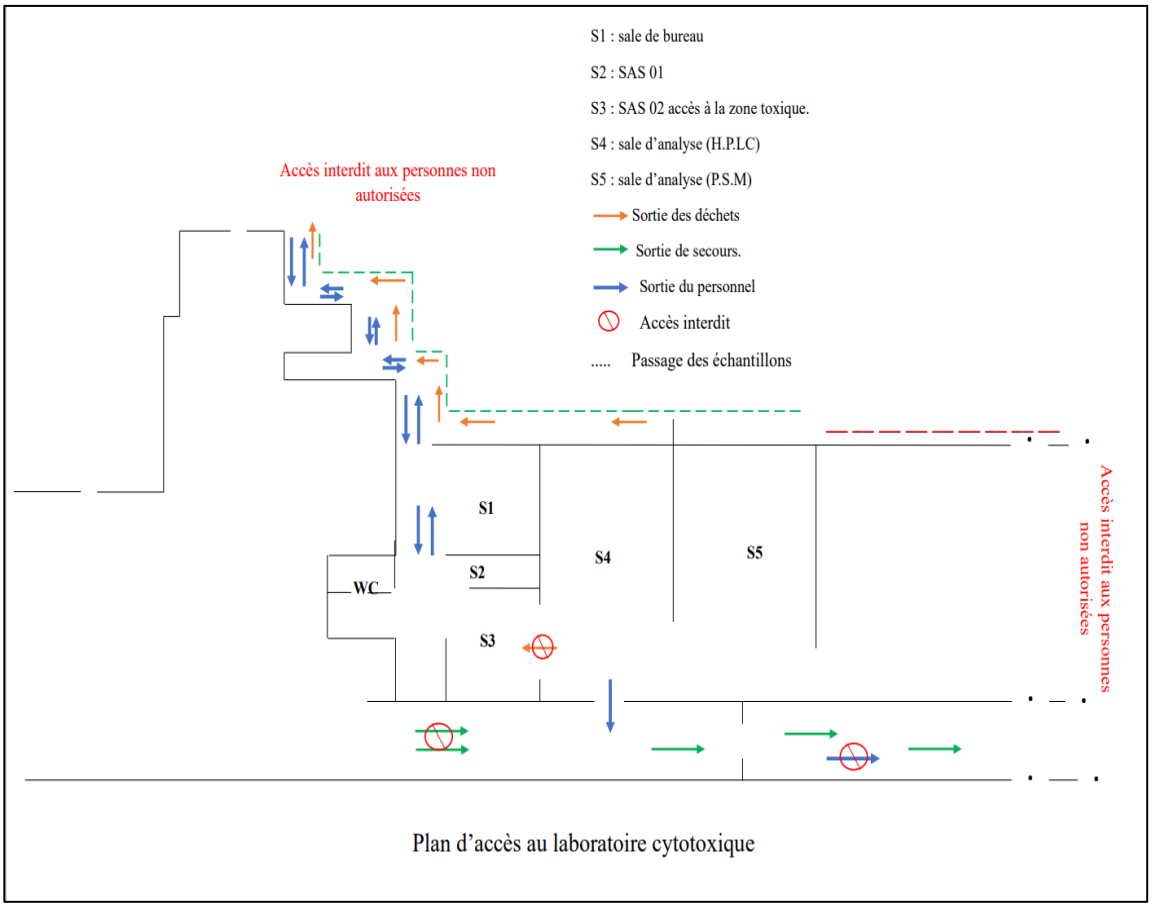


Figure 6:schéma plan d'accès au laboratoire cytotoxique **(Dahlouk et al2024)**

II. Traitement des effluents liquides au niveau du Complexe SAIDAL

A. Prétraitement (Réception, stockage et homogénéisation)

1) Dégrillage :

Le but de dégrillage est d'éliminer les éléments grossiers contenus dans les eaux usées. Cet appareil se présent sous forme d'une grille à barreaux profilés, et les eaux résiduaires seront canalisées par l'égout organique en aval de la grille.



Figure 7:Dégrilleur des rejets industriel

(Photo personnel)



Figure 8:Dégrilleur des rejets sanitaires

(photo personnel)

2)-Stockage et homogénéisation : Au moyen des pompes de soulèvement les eaux sont envoyées vers un réservoir d'une capacité de stockage de 2400 m3 et un autre de secours d'une capacité de stockage de 600 m3, l'homogénéisation c'est effectué par barbotage (les pompes) d'air à l'intérieur.



Figure 9: Bassin de stockage avec système de barbotage (Photo personnel)

B. Traitement primaire (physico-chimique) :

C'est une séparation physique liquide solide, dont l'objectif est de retenir le maximum de MES présent dans les effluents.

1-Coagulation :

Consiste à enlever la stabilité des MES colloïdales dans l'eau pour la neutralisation de leur charge électrique superficielles. Elle est réalisée par dosage à l'aide d'une pompe doseuse de la solution sulfate d'alumine.

2-Floculation :

Elle se réalise par l'ajout d'un polymère organique la solution de poly électrolyte. Le but est l'agglomération de ces particules pour la formation des flocs volumineux décantables.

3-Neutralisation :

La neutralisation est l'addition des sels d'aluminium vont résulter la formation d'un précipite d'hydroxyde et une chute d'alcalinité. La chaux est ajoutée pour l'obtention d'un PH optimale.




Figure 10: Bac de neutralisation, coagulation et floculation (photo personnel).

4-La décantation primaire :

Le but de la décantation est l'élimination autant que possible les matières en suspension MES.



Figure 11:Décanteur primaire

C. Traitement biologique des effluents :

Les procédés biologiques font intervenir les microorganismes pour la transformation des matière organiques en matières décantables, le processus s'est effectué en culture libre (boues activées) à travers deux stades biologiques :

-Le premier stade biologique est étudié de façon à permettre l'élimination de 60% de la charge organique présente, tandis que le deuxième apporte une réduction ultérieure de plus de 95% de la charge résiduel, ce qui rend l'eau sortant du traitement en condition d'être envoyée au rejet final. Le mélange passe ensuite dans le premier clarificateur où les boues peuvent décanter, et d'où on obtient au déversoir périphérique, un courant des eaux clarifiées qui consiste l'alimentation du deuxième stade de traitement des boues. Enfin, les boues déposées sur le fond du

clarificateur sont soutirées et renvoyées au premier bac d'aération sauf en excédent, envoyé au système de traitement des boues.

-Le deuxième stade biologique est conçu d'une façon semblable au précédent, il reçoit également les eaux sanitaires, qui ont été préalablement soumises à un traitement mécanique de dégrillage.



Figure 12: Bassin d'aération et clarificateur (décantation secondaire)

- **Stérilisation :**

A la sortie de la décantation secondaire, les eaux dites épurées, sont envoyées vers le bassin de stérilisation par mesure de sécurité.

Ce stade de stérilisation par addition de NaCIO a été prévu avant ce rejet, de façon à éviter toute possible contamination des eaux à l'extérieur par des microorganismes pathogènes qui pourraient être entrainés.

La capacité du bac est calculée pour un temps de séjour de 25 minutes, correspondant à un volume utile de 42 m3.



Figure 13: Bac de stérilisation et le point finale de sortie d'eau traité.

D. Traitement des boues

Le but de l'opération de traitement des boues est de les rendre stables (minéralisation) et réduire leur volume. Ce traitement s'est effectué en trois étapes.

- **L'épaississement**

Le but de l'épaississement des boues pour les rendre stables, c'est-à-dire minimisation les nuisances microbiologiques et réduire la concentration en matière car se tasse entre elle par épaississement gravitaire.

- **L'essorage (déshydratation) :**

Elle se fait couramment par moyen mécanique (une centrifugeuse (essoreuse) continue à axe horizontale), ainsi que l'évacuation du centrifugat et du sédiment sont continués comporte essentiellement un bol cylindro-conique à axe horizontale tournant à grande vitesse, une vis hélicoïdale d'extraction. La séparation des phases se fait par décantation centrifuge suivie du transport par vis en dehors de la phase liquide du sédiment qui parcourt en quatre plage d'essorage complémentaire.

- **Séchage et l'incinération**

Les boues déshydratées sont envoyées par le tapie roulent, à l'incinération. En amont de l'incinérateur est prévu un stockage pour les boues au moyen de deux silos équipés des systèmes

d'alimentation et soutirage correspondants. L'incinérateur est un four à soles multiples ou les boues, soumises à une température supérieure à 700°C, sont complètement oxydées, en donnant lieu à les cendres et à des gaz de fumées tout à fait inertes. Les fumées avant la décharge à l'atmosphère sont dépoussiérées et lavées par un système de Scrubber humide afin d'éliminer totalement le risque de pollution atmosphérique, les fumées sont déchargées à l'atmosphère par une cheminée de 25 m de haut.



Figure 14: Incinération

B. Analyse des eaux des effluents liquides au niveau du Complexe SAIDAL

Dans le respect des normes environnementales, l'entreprise SAIDAL a mis en place une station de traitement des eaux industrielles usées générées par ses processus de production. Cette station a pour but d'éliminer les polluants physiques, chimiques et biologiques afin de permettre le rejet ou la réutilisation de l'eau traitée de manière sécurisée. Dans cette optic nous avons traité et analysés tous les paramètres physico chimiques des eaux usée industrielle (des effluents) au niveau de complexe tel que, la température (T), le potentiel d'hydrogène (pH), la matière en suspension (MES), la demande biologique en oxygène (DBO5) et la demande chimique en oxygène (DCO).

- **Echantillonnage et analyses :**

Le prélèvement doit faire l'objet d'une attention particulière, et en général, on utilise des flacons en plastiqués de capacité 150 ml, bouchés avec des bouchons en polyéthylène, utilisé au niveau de laboratoire d'analyse de l'unité SAIDAL. Ces flacons son nettoyé, lavé soigneusement à de l'eau, puis rincé à l'eau distillée et enfin séchée après chaque utilisation.

1. Mode de prélèvement des échantillons :

- Ouvrir le robinet et laisser l'eau s'écoule pendant 5 min.

- Rincer les flacons avec l'eau à analyser trois fois.
- Remplir jusqu'au bord les flacons puis fermer, d'une sorte qu'il n'y est aucune bulle d'air.
- Faire des étiquettes sur les flacons avec les renseignements suivants :
    - ✓ La date et l'heure de prélèvement.
    - ✓ Le nom du point de prélèvement

Les échantillons doivent être conservés dans une glacière à 04 °C.

2. Analyses physico-chimiques :

❖ **Température :**

pour la prise de la température en aura besoin d'un bécher en verre et thermomètre électronique

Mode opératoire :

Avant tout mesure, il est nécessaire de rincer la sonde plusieurs fois avec l'eau distillé. Puis par la suite plonger la sonde à l'intérieur de récipient et lire la valeur.

❖ **Potentiel d'hydrogène (pH)**

C'est la détermination potentiométrique de la concentration des ions hydronium dans l'eau afin de déterminer l'acidité, la neutralité ou la basicité de l'eau, pour cela en aura besoin d'un bécher en verre et pH mètre de paillasse.

Mode opératoire

Procéder à un rinçage de l'électrode du pH mètre avec l'eau distillé et on laisse stabiliser, puis on rince sur l'échantillon l'eau traité par la suite, la valeur du pH est affichée directement par l'appareil.

❖ **Matière en suspension (MES)**

La matière en suspension permet de déterminer la teneur en matières colloïdales (suspension).

Appareillage :

- Entonnoir
- Fiole JJ
- Papier filtre ;
- Pince ;
- Etuve de séchage ;
- Balance de précision ;

- Dessiccateur ;
- Pompe d'air :
- Erlenmeyer ;

Mode opératoire :

On utilise cette méthode pour l'eau traitée car elle est de faible charge. On pèse le papier filtre à l'aide d'une balance analytique puis on place ce papier filtre dans le dispositif de filtration. Ensuite verser progressivement un volume bien déterminé d'eau à analyser (200ml) sur le filtre, et on lance le système d'aspiration. On filtre par percolation sur un papier sans cendres (forcé par pompe d'air qui pousse l'eau afin de crée un passage à traverse le papier filtre), préalablement séché à 105°C pendant 02 heures environ jusqu'à poids constant (matières en suspension totales), en fin, on laisse refroidir dans un dessiccateur et on pèse.

Expression des résultats :

La teneur de l'eau en matières en suspension (mg/L) est donnée par l'expression :

$$\mathbf{MES} = \frac{\mathrm{M1} - \mathrm{MO}}{V} * 100$$

M0 : masse du disque filtrant avant utilisation (mg).

M1 : masse du disque filtrant après utilisation (mg).

V : volume d'eau utilisé (L).

❖ **Demande biologique en oxygène (DB05) :**

La demande biologique en oxygène (DBO), constitue une mesure de la pollution des eaux par les matières organiques. C'est la quantité d'oxygène nécessaire aux microorganismes vivants pour assurer l'oxydation et la dégradation des matières organiques présentes dans l'eau usée.

Appareillage :

- Réfrigérateur conservant à 20 °C;
- Un agitateur magnétique pour bouteilles "OxiTop";
- Bouteilles "OxiTop" avec accessoires.
- Pastilles hydroxydes de sodium NaOH

Mode opératoire :

-On choisit le volume de l'échantillon qui correspond à la gamme de mesure adéquate suivant le tableau suivant :

DBO estimée (mg/L)	Volume (ml)	Facteur
0-40	432	1
0-80	365	2
0-200	250	5
0-400	164	10
0-800	97	20
0-2000	43.5	50

On verse le volume d'échantillon dans le flacon DBO

-On ajoute deux pastille soude dans le goulot pour adsorber le CO_2 formé.

-On ajoute un barreau magnétique pour assurer l'agitation et insérer le flacon dans un incubateur de DBO.

-On met une étiquette sur chaque bouteille contenant la date du prélèvement et d'analyse, ainsi que l'identification de l'échantillon.

-On met le DBO en marche à 20°C pendant 5 jours.

Exploitation des résultats

La lecture de la DBO est effectuée après 5 jours d'incubation à 20°C, on calcule la concentration en DBO par la formule suivante :

DBO5 = V * F (mg/l)

V : correspond à la valeur indiquée après cinq jours sur l'afficheur du flacon.

F : est le facteur qui correspond aux volumes.

- **Demande chimique en oxygène (DCO) :**

La DCO consiste à une mesure de la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation des matières oxydables présentes dans l'eau (d'origine organique ou minérale, biodégradables ou non) pendant 2 heures à l'ébullition (150°C), elle est mesurée par vole photométrique.

Appareillage :

- DCO mètre ;
- Hotte ;

- Agitateur magnétique ;
- Billes en verre ;
- L'indicateur féroïen ;
- Chronomètre ;
- Solution de dichromate de potassium K2Cr2O7 à 0.04 mol/l (contenant sulfate de mercure (II)HgSO).
- Solution d'acide sulfurique H2SO, et sulfate d'argent Ag :SO4 ;
- Témoins : hydro phtalate de potassium KCaHSO4 à 2.0824 mmol/l ;
- Solution sulfate de fer (II) et d'ammonium (sel de Mohr) à 0.12 mol/l ;

Mode opératoire :

Pour mesurer la DCO, on doit suivre les étapes suivantes :

-Transvaser 10 ml de l'échantillon dans un tube à DCO mètre (toujours le volume total est de 10 ml).

-Mettre 10 ml d'eau distillé dans un tube à DCO mètre (c'est le blanc) (effectuer 2 essais à blanc).

-Mettre 10 ml d'hydrophtalate de potassium dans un tube à DCO mètre (c'est le témoin).

-Ajouter pour chaque tube 5 ml de dichromate de potassium et quelques billes en verre (Régulateur d'ébullition) et agiter soigneusement ;

-Ajouter lentement 15 ml d'acide sulfurique et Sulfate d'argent sous hotte ;

-Mettre le DCO mètre en marche à une température 150 °C pendant 120 min ;

-Une fois les 120 min entamées, éteindre le DCO mètre et laisser les tubes refroidir ;

-Diluer le contenu de chaque tube dans une éprouvette de 100 ml à environ 75 ml ;

-Mettre 1 à 2 gouttes de l'indicateur ferroine, et titrer avec la solution sulfate de fer (II) et d'Ammonium (sel de Mohr).

La demande chimique en oxygène est exprimée en milligramme d'oxygène par litre est donnée par L'équation qui suit :

$$\mathbf{DCO} = \frac{(\mathrm{VT} - \mathrm{Ve}) * \mathrm{CFc} * 8000}{\mathrm{E}}$$

Où:

VT: est le volume en millilitres de la solution de sulfate de fer et d'ammonium titré pour l'essai à blanc.

Ve: est le volume en millilitres, de la solution de sulfate de fer (II) et d'Ammonium titré pour l'échantillon.

Cfc: est la concentration de la solution de sel de Mohr déterminée par étalonnage, soit dans le cas présent 0,12 mol/1.

E: est le volume en millilitres, de la prise d'essai.

8000: est la masse molaire en mg/L.

C. **Traitement statistique des données**

Toute étude statistique peut être décomposée en deux phases au moins : le rassemblement ou collecte des données, d'une part, et leur analyse ou leur interprétation, d'autre part. La statistique descriptive a pour but de mesurer et de présenter les données observées d'une manière telle qu'on puisse en prendre connaissance aisément, par exemple sous la forme de tableaux ou de graphiques. L'étude statistique des données a été réalisée moyennant l'Excel et le logiciel d'analyse et de traitement statistique des données « SPSS version 23 ».

Résultats et discussion

Résultats et discussion

Dans ce chapitre, les résultats de la description des données obtenues journalières et saisonnières des eaux des effluents de l'unité de SAIDAL, pour chacune des variables mesurées sont présentés, on a alors réalisé 48 prélèvements à raisons de 6 campagnes de janvier 2024 à mai 2025. Cette description des résultats sera commentée et confrontée, d'une part, aux informations récoltées dans la bibliographie et, d'autre part, aux normes internationales et algériennes.

1. Analyses des paramètres physico-chimiques de l'eau

L'étude actuelle a été menée sur les rejets liquides traités de l'unité pharmaceutique SAIDAL, située à Médéa (Algérie), cette étude a porté sur cinq paramètres essentiels : **température, pH, MES, DBO5 et DCO**. Ces indicateurs sont fondamentaux pour évaluer la **qualité de l'eau** après traitement et son **impact potentiel sur l'environnement naturel.**

Tableau 4: Analyses physico-chimiques de l'eau

Paramètre	Moyenne	Écart-type	Minimum	Maximum
Température (°C)	22.58	1.28	20.92	24.27
pH	7.58	0.27	7.21	7.79
MES (mg/L)	25.92	3.68	21.33	29.67
DBO5 (mg/L)	13.99	5.92	10.11	25.94
DCO (mg/L)	75.25	10.33	65.01	92.80

a) Température

Les fluctuations saisonière de la température de l'eau sont illustrées par la (figure 07). D'une manière générale, l'eau est en moyenne de 22.6 °C avec un faible écart-type (Tableau 04), suggérant une **stabilité saisonnière relative**. Les valeurs extrêmes relevées sont enregistré en période estivale et automnale conforme à la variation naturelle des températures, ils de l'ordre de 24,3 et 23,9 °C respectivement en été et automne 2024, Ces valeurs demeurent bien en dessous du seuil critique de **30 °C** au-delà duquel l'oxygénation de l'eau diminue fortement, affectant la faune aquatique. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air.

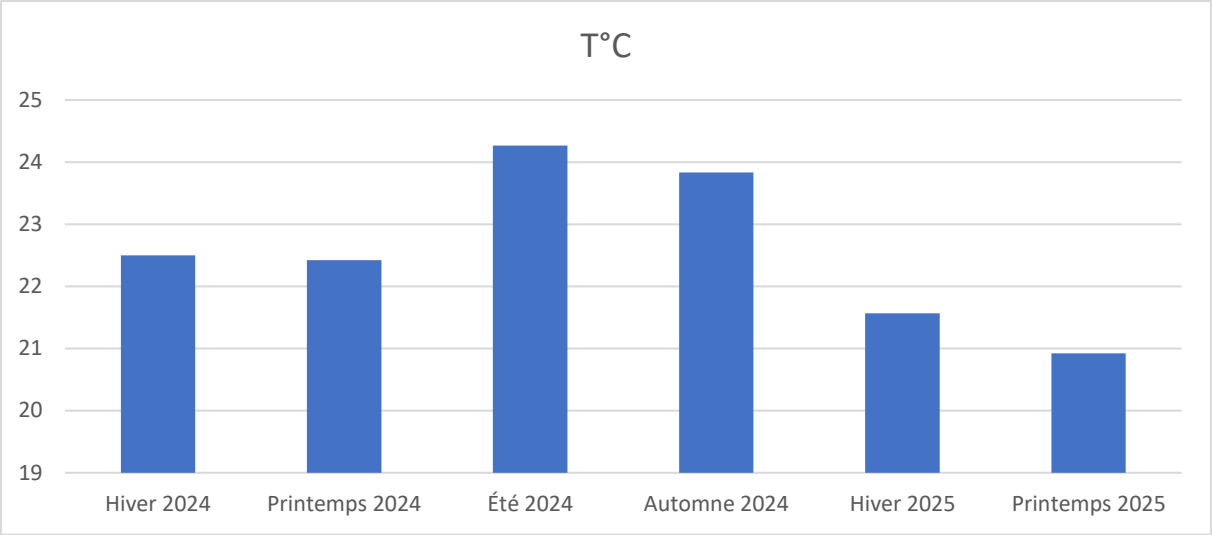


Figure 15: Les variations saisonnières de la température de l'eau des rejets de SAIDAL

Par ailleurs, il apparaît que les températures des eaux présentent des valeurs plus ou moins hétérogènes (figure). Une température inférieure à 30 °C est considérée comme **non dommageable** pour les rejets dans le milieu naturel, selon les recommandations OMS (OMS, 2017) et algériennes (Arrêté, 2020). Une température trop élevée (>30–35 °C) pourrait réduire la **teneur en oxygène dissous** et **nuire aux écosystèmes aquatiques (**Tableau 3.6**)**, ce qui **n'est pas le cas ici**. En France, l'Agence de l'eau Loire-Bretagne recommande de ne pas dépasser **25 °C** pour les rejets directs dans les cours d'eau (AELB, 2020).

Tableau 5: Aptitude à la biologie en fonction de la température (SEQ-Eau, 2003).

Qualité	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
T (°C)	20	21,5	25	28	> 28

b) PH

L'évolution du pH de l'eau de la station des rejets de SAIDAL des 6 campagnes de prélèvements est représentée par la figure 08 , l'examen de cette dernière et du (tableau05), montre que le pH des eaux est légèrement basique. Ce pH est compatible avec un rejet en milieu aquatique sans danger (SEQ-Eau, 2003). Les valeurs du pH oscillent entre 7,21 et 7,79, ce qui indique un milieu légèrement basique, mais parfaitement conforme aux normes environnementales.

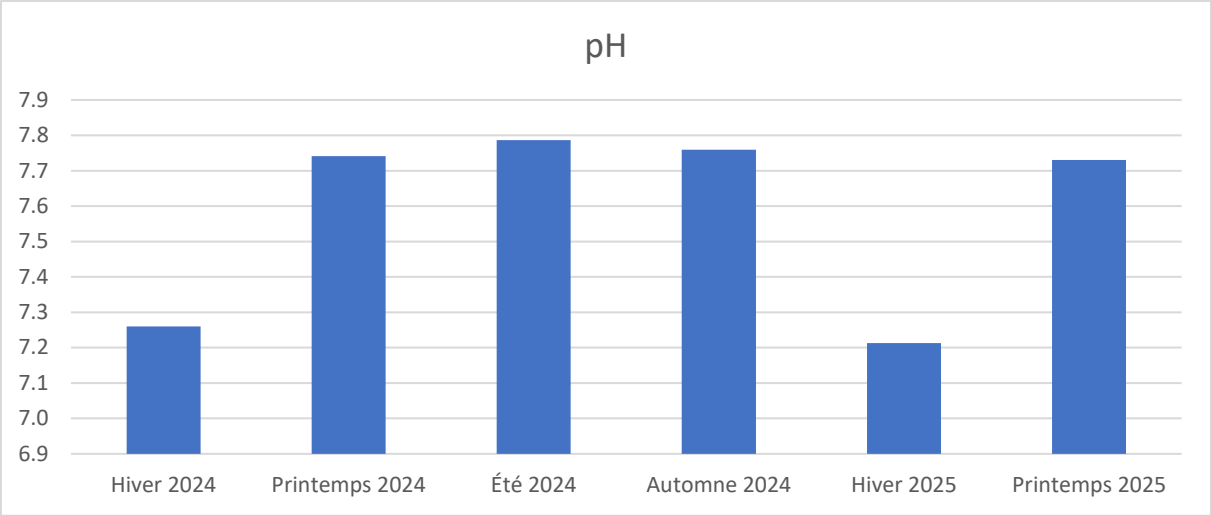


Figure 16: Les variations saisonnières du pH de l'eau des rejets de SAIDAL

Un pH compris entre 6,5 et 8,5 est recommandé par l'OMS (2017) et la réglementation algérienne (Arrêté, 2002), UNECE (2021) souligne que les rejets industriels avec pH extrêmes sont responsables d'importants déséquilibres biologiques dans les rivières. Ces résultats peuvent être attribués aux types de médicaments préparé dans cette unité. Cette variabilité est située dans la fourchette des normes (6,5 < pH < 8,5) (**OMS, 2005**). Les valeurs de pH comprises entre 5 et 9 confèrent aux eaux la compatibilité avec la vie des poissons (**Rodier et al. 2009**).

Tableau 6: Aptitude à la biologie en fonction du pH (SEQ-Eau, 2003).

Qualité	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
pH	8	8,5	9,0	9,5	> 9,5

c) MES (Matières en suspension)

La concentration moyenne en MES est de 25,9 mg/L (figure 09), avec un maximum observé à 29,7 mg/L en hiver 2024. Ces valeurs sont inférieures à la limite réglementaire algérienne (Arrêté du 4 novembre 2002) fixée à 30 mg/L pour les rejets industriels dans le milieu naturel.

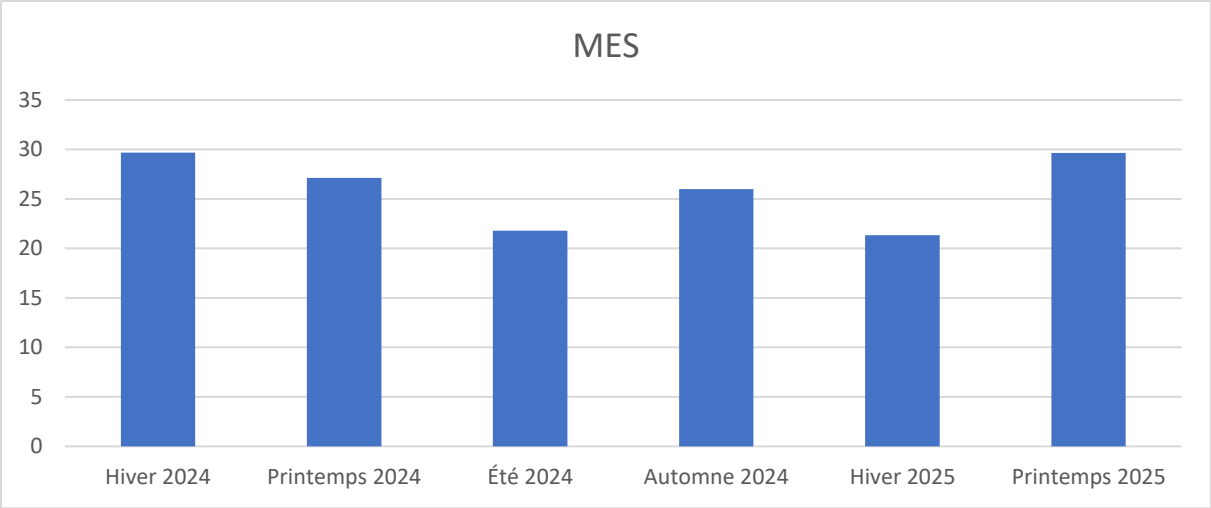


Figure 17: Les variations saisonnières de l'MES de l'eau des rejets de SAIDAL

D'après les résultats obtenues (tableau 06 et figure 17), toutes les valeurs sont inférieures à 30 mg/L, ce qui nous amène à dire que le traitement des rejets été efficace pour éliminer les solides, et cela, confirme une bonne efficacité de la filtration et décantation des boues dans le système de traitement de SAIDAL. Au Maroc, la norme pour les MES dans les eaux usées industrielles est de 50 mg/L (Norme NM 03.7.001), tandis qu'en Tunisie, elle est également de 30 mg/L (Arrêté du 28/12/2005).

Tableau 7 : Aptitude à la biologie en fonction de l'MES (**SEQ-Eau, 2003**).

Qualité	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
MES mg/L	25	50	100	150	> 150

d) DBO5 (Demande Biologique en Oxygène sur 5 jours)

D'après le tableau 07 et la figure 10 , la moyenne du DBO5 observé été 13,99 mg/L, ce résultat est nettement inférieur à la norme maximale tolérée de 25 mg/L en Algérie (Arrêté du 4 novembre 2002). La valeur maximale (25,94 mg/L) reste juste au seuil, ce qui mérite une vigilance accrue durant les périodes estivales, où les températures élevées favorisent l'activité microbienne.

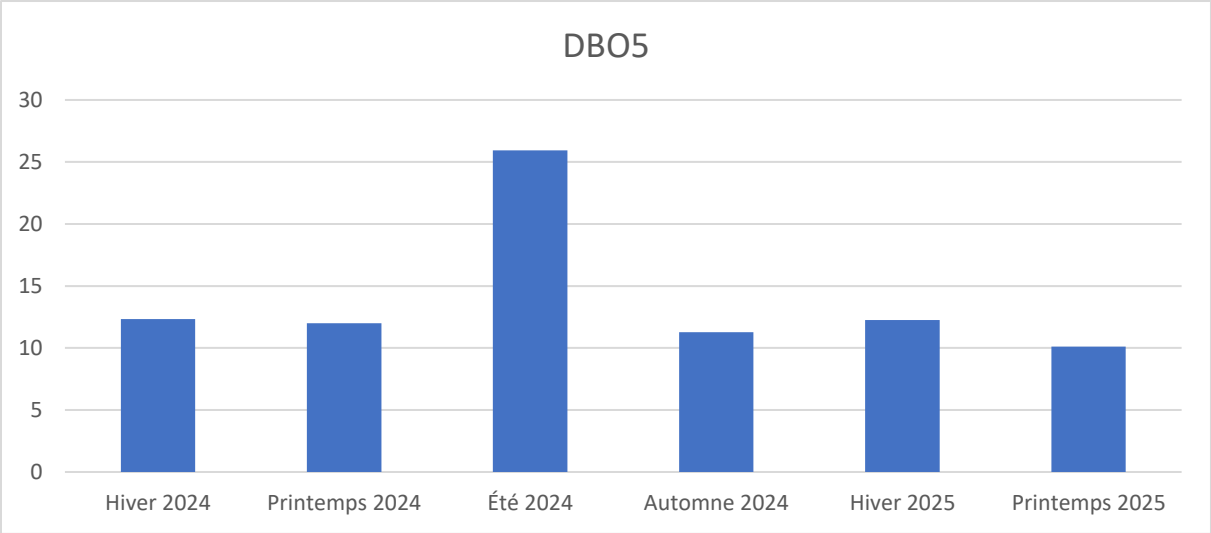


Figure 18: Les variations saisonnières du DBO5 de l'eau des rejets de SAIDAL

La DBO5 reflète la charge organique biodégradable. Toutes les valeurs notées sont passables (**SEQ-Eau, 2003**) et conformes l'arrêté du 4 novembre 2002, donc pas de pollution organique excessive. Par ailleurs, un pic à 25.9 mg/L en été 2024 nécessite une surveillance recommandée. En Europe, la directive 91/271/CEE fixe la DBO5 maximale à 25 mg/L pour les rejets industriels. Par contre, en Égypte, les normes autorisent jusqu'à 40 mg/L dans certains cas (EEAA, 2021).

Tableau 8: Aptitude à la biologie en fonction du DBO5 **(SEQ-Eau, 2003).**

Qualité	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
DBO5 mg/L	3	6	10	25	> 25

e) DCO (Demande Chimique en Oxygène)

Les valeurs de la DCO vari de 65.01 en automne à 92.80 mg/l en hiver 2024 (figure 11), tandis que, la moyenne obtenue de la demande chimique en oxygène est de 75,25 mg/L (tableau08) est très satisfaisante, car elle reste bien en deçà de la limite algérienne de 125 mg/L.

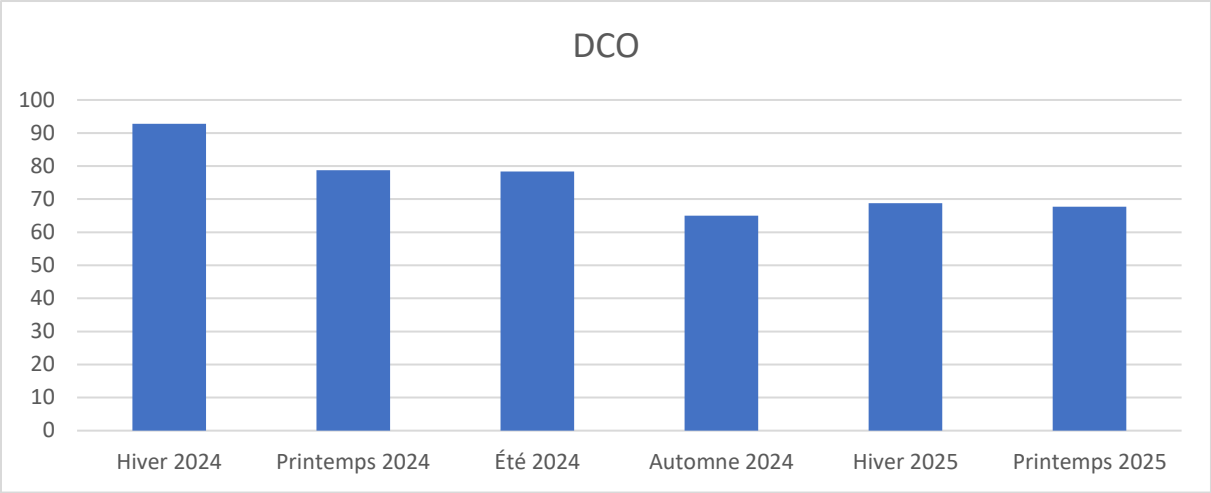


Figure 19: Les variations saisonnières du DCO de l'eau des rejets de SAIDAL

La DCO reflète la pollution organique globale, incluant les composés non biodégradables. Les valeurs de notre étude sont nettement inférieures au seuil. Ces valeurs témoignent d'un traitement chimique performant, probablement basé sur l'oxydation avancée ou le traitement par charbon actif. Les normes françaises (Arrêté du 2 février 1998) : DCO ≤ 125 mg/L, alors que les normes canadiennes (Environnement Canada, 2020) : ≤ 75–100 mg/L selon l'usage, une norme plus proche à la norme Algérienne. Par contre cette eau est considérée comme passable à mauvaise selon Système d'évaluation de la qualité des eaux (**SEQ-Eau, 2003)**

Tableau 9 : Aptitude à la biologie en fonction du DCO **(SEQ-Eau, 2003).:**

Qualité	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
DCO mg/L	20	30	40	80	> 80

2.Corrélation de Pearson

La matrice de corrélation entre les cinq paramètres montre les relations linéaires entre chaque paire de variables, plus la valeur est proche de ±1, plus la corrélation est forte.

	T°	**pH**	**MES**	**DBO5**	**DCO**
Température	1.00	0.20	-0.11	0.23	0.13
pH		1.00	0.16	0.36	-0.07
MES			1.00	-0.26	0.17
DBO5				1.00	-0.19
DCO					1.00

- Une corrélation modérée positive à été détecté entre le pH et DBO5 (**r ≈ 0.36**), et entre température et DBO5 (**r ≈ 0.23**).
- Des corrélations négatives ont été observé entre la température, DBO5 avec la MES, aussi, entre le pH, DBO5 avec la DCO.

- ## ACP (Analyse en Composantes Principales)

L'analyse en composantes principales, permet d'observer les regroupements ou dispersions éventuelles entre les échantillons en fonction de leurs caractéristiques chimiques et physiques.

- **Composante principale 1 (PC1)** : 32,1 % de la variance
- **Composante principale 2 (PC2)** : 24,7 % de la variance
- Ensemble, les deux expliquent **56,9 %** de la variance totale, cela signifie que les 2 premières dimensions de l'ACP capturent une bonne partie de l'information globale.

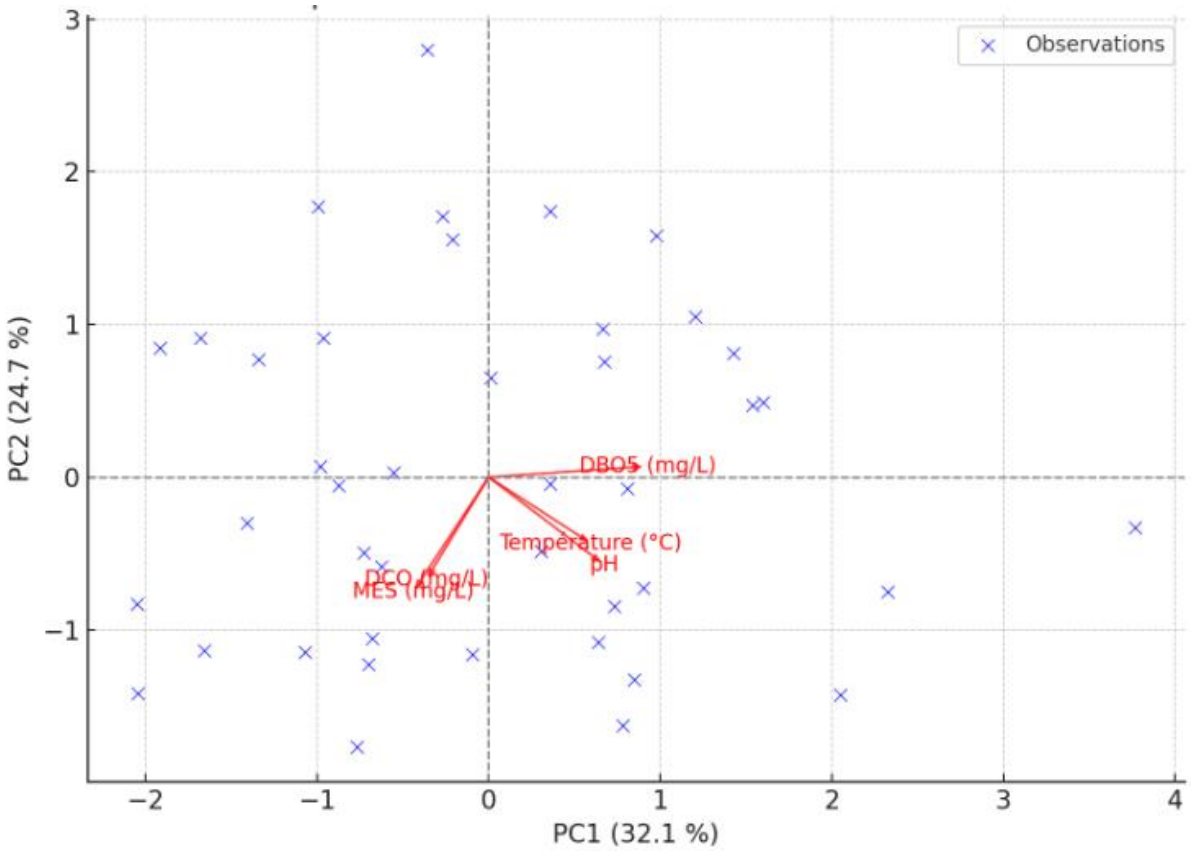


Figure 20: Analyse de la composante principale des cinq variables

L'ACP montre que les paramètres DBO5, pH et température sont globalement associés, traduisant une source de pollution organique chaude (peut-être liée aux procédés de fabrication ou de nettoyage dans l'unité pharmaceutique). D'une autre part, la DCO et les MES semblent représenter une autre dimension de la pollution, probablement due à des rejets chimiques ou solides non biodégradables.

Conclusion

Conclusion

L'industrie pharmaceutique, bien qu'indispensable au développement sanitaire, génère des effluents à haute charge polluante qui représentent un véritable défi environnemental. À travers l'étude du cas du complexe Antibiotical du groupe SAIDAL à Médéa, nous avons mis en évidence l'importance cruciale d'une gestion rigoureuse et d'un traitement adapté des eaux usées industrielles issues de la production d'antibiotiques.

Les analyses ont montré que ces effluents contiennent des substances actives, des solvants et des résidus chimiques susceptibles d'impacter négativement les écosystèmes aquatiques, les sols, la qualité de l'air ainsi que la santé humaine, notamment par la propagation de l'antibiorésistance. Malgré la mise en place de systèmes de prétraitement, de dégrillage, d'incinération et d'autres procédés, l'efficacité globale du dispositif reste à améliorer selon les standards nationaux et internationaux en vigueur.

Face à cette situation, il est impératif de renforcer les dispositifs de contrôle, d'optimiser les technologies de traitement (notamment en introduisant des traitements tertiaires et des méthodes de dépollution avancées), et de promouvoir une culture environnementale au sein de l'industrie pharmaceutique. L'intégration de la notion de développement durable, dans la stratégie industrielle de SAIDAL, est essentielle pour concilier impératifs de santé publique, rentabilité économique et préservation de l'environnement.

Ainsi, ce travail souligne l'urgence d'une modernisation des infrastructures de traitement des effluents et d'une gouvernance environnementale proactive pour garantir un avenir sain et durable à la fois pour les populations et pour les écosystèmes.

Ce travail mérite d'être poursuivi dans le but de la biosurveillance et la conservation des écosystèmes aquatiques ou la biocénose sera affectée directement par les perturbations naturelles ou anthropiques qui favorisent un déséquilibre de ces milieux naturels.

Finalement nous proposons quelques perspectives qui pourraient contribuer à améliorer la qualité des effluents pharmaceutiques avant les rejeter dans l'environnement :

- Mettre en place des petites stations d'épuration des eaux usées

- L’évaluation des risques pour l’homme et l’environnement, en fait recours au suivi de ces rejets et leurs effets sur les biocénoses par le biais des bioindicateurs et les tests écotoxicologiques

- L’utilisation des traitements préalables très efficaces qui peuvent être onéreux

- L’élaboration d’un classement des substances pharmaceutiques en fonction du risque environnemental encouru qu’elles présentent, et un système d’information sur ce classement.

Les Références bibliographiques

- Addou a. 2009. Traitement des déchets : valorisation et élimination. 2009.
- Adem, 1994. Les déchets en chiffres. Données et références, 1994. 146p.
- Afnor.T 2007..Réglementation sur les déchets P 90-103
- Agence nationale des déchets 2020. Rapport sur l'états de la gestion des déchets en Algérie p 79.
- Agence nationale des déchets, 2014. Caractérisation des déchets ménagers et assimiles dans les zones nord, semi-aride et aride d'Algérie p 07.
- Arrêt algérien du 4 novembre 2002 relatif aux rejets industriels.
- Baloul et tafer 2022. La gestion des déchets pharmaceutiques au niveau de la wilaya de Tizi-Ouzou et la wilaya de Boumerdes. Université de mouloud Mammeri tizi Ouzou p 14
- Barkat et Harbi 2021 gestion des déchets pharmaceutiques de saidal université Badji Mokhtar - Annaba
- Benchikha et boulkhessaim.2024, contribution à l'étude de la gestion des déchets au niveau de crbt. Université Constantine 1 frères mentouri faculté des sciences de la nature et de la vie p 06
- Berkat.h et tabib.m,2023. Gestion des déchets industriels (étude de cas). Université d'Oran 2 Mohamed ben Ahmed. P11.
- Boukreris,2021 cours analyse et contrôle des médicaments université des sciences et de la technologie d'Oran p 12.
- Brik.L et Guerriche.A ,2021 la valorisation des déchets. Université des frères mentouri Constantine. P 12.
- Cervantes, et al . La revue du centre Michel de l'hôpital [Edition électronique], 2021, n° 23, pp. 8-17. Ffhal-03450960 p 03.
- Cyclamed. 2014. Gestion des déchets médicamenteux aux pays- bas. Www.cyclamed.org. [en ligne] 2014.
- Dahlouk. F ; Taihi. A et Djillali.M . 2024 étude et analyse des risques professionnels lies à la production de paclitaxel au niveau de laboratoire (cytotoxique) a saidal INSFP Médéa p 53
- Décret exécutif nº 03-477 du 09 décembre 2003. Jora 2003
- Desachy c., 2001 les déchets : sensibilisation a une gestion ecologique. Ed. Tec doc. Paris.

- Directive européenne 2000/60/ce ; normes algériennes
- Directive européenne 91/271/CEE.
- Directive n° 75/442/CEE de 1975 relative aux déchets
- Djouabri.A et Rekkach.k,2020 gestion et traitements des déchets ménagers dans la wilaya de Médéa université Yahia farés de Médéa faculté des sciences p12.
- Dorbane, n. (2004). Gestion des déchets solides urbains dans la ville de Tizi-Ouzou (doctoral dissertation, thèse de magister en science économiques. Ummto, 212p.
- Dufaure de lajarte priscille, 2000, « medicament, droit de substitution et impact sur la communication des laboratoires pharmaceutique », thèse en pharmacie, uni. Lyon.
- Eeaa (egyptian environmental affairs agency), 2021.
- Environnement canada, effluents industriels – lignes directrices, 2020.
- Fantan j., 2003-les polluants de l'air les connaitre pour les combattre. Ed. Vuibert, 198p
- Gestion des déchets solides ménagers et dynamiques territoriales dans une ville intermédiaire : cas de la ville de Koudougou au Burkina Faso. Thèse de doctorat en géographie. Université Clermont auvergne université Norbert Zongo p 38.
- Gobert j. 2021. L'impact environnemental des déchets d'activités de soins à risques infectieux : comment le diminuer . Sciences de l'homme et société. 56p
- Guide régional des déchets dangereux, rapport 2007.
- Haguenoer j. M., Rouban A et Aurousseau M.2008. Médicament et environnement. Rapport de l'académie nationale de pharmacie, France. 103p.
- Hakkoum A, 2014.contribution à l'évaluation de la gestion des déchets spéciaux au sein de l'entreprise énième- complexe d'oued aïssi (Tizi-Ouzou) p 03.
- J.o.r.a.d.p. (2001). Journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire (loi n°01/09 relatif à la gestion, au control et a l'élimination des déchets de 12/12/2001)2001, p53.
- Koller., 2004. Traitement des pollutions : eau, air, déchets, sols, boues, Ed. Dunod, paris, 424p
- Leroy. Jb., (1997). Les déchets et leurs traitements : les déchets solides industriels et ménagers. Edition : presse universitaire de France, paris, 3eme édit. 127 p.
- Loi nº 03-10 relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable. Jora, 2010

- Mansour et nait 2022. Gestion des déchets pharmaceutiques au niveau de quelques daïras de la wilaya de Tizi-Ouzou (Ain el hammam, boughni, maatkas). Université mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou p 10.
- Mansouri.r,2019 étude de l'influence de l'implantation d'une décharge non-contrôlée sur la qualité d'une source de captage université 08 mai 1945 de Guelma. P17
- Manuel organisation mondiale de la sante programme des nations unies pour l'environnement / scb.p7
- Maystre ly., 1994.dechets urbains, naturel et caracterisation, lausanne., pp 01et 02.
- Moutassi.H et Haddad.R 2016 . La gestion des déchets spéciaux dangereux université m'hammed bougara Boumerdes p 22.
- Murate, M ,1981 valorisation des déchets et de sous-produits industriels. Ed, Masson. Paris.326p.
- Oms – lignes directrices qualité des eaux de rejet, 2017
- Oms (2006), normes européennes (directive 91/271/CEE)
- Oms, directives sur la qualité de l'eau destinée a la consommation humaine, 2017.
- P. Allain, 1996, « les médicaments, pharmacologie », Ed. Ester, paris.
- Ramade f., 2005- élément d'écologie, écologie appliquée 6eme Edition, Dunod, paris, 2005. 864p.
- Raouf. B ,2022. Etude évaluative de mode de gestion des déchets solides urbains dans la wilaya de Constantine université des frères mentouri Constantine 1.p 10.
- Rodier j., Bernard l et Nicole m., 2009. L'analyse de l'eau. 9eme Edition dunod, paris, 1529p.
- Rogaume, 2006.gestion des déchets : règlementation, organisation, mise en œuvre
- Saadani.S. 2010.comportement des bétons à base de granulats recycles université mentouri Constantine. P 04
- Seq-eau. Système d'évaluation de la qualité des cours d'eau., 2003. Version 2. Agences de l'eau/min. Envir. Développement durable, paris, 106 p.
- Sotamenou.j,2010. Thèse de doctorat le compostage : une alternative soutenable de gestion publique des déchets solides au Cameroun université de Yaoundé ii. P17
- Stamm c, et al. Einfluss von mikroverunreinigungen. Aqua gas 2017 ;6 :90-5.
- Thierry.W pulum de ouedraogo. 2021 "le déchet : sa définition juridique et ses enjeux de droit international" - dossier : le septième continent de plastique. Quelle appréhension juridique

pour quelle réalité écologique Actes du colloque de Clermont-Ferrand du 28 janvier 2021, j-c.

- Togola a et Budzinski h. May 2006. Pharmaceuticals in aquatic environment: study of a marine coastal system (cortiou rocky inlet, mediterranean sea) setac Europe, 15th annual meeting. May 2006.
- Turlan t., 2003. Les déchets. Paris : Dunod. 215p.
- Unece, water and industrial pollution, 2021.
- Weber.F.A., Beek.T., Bergmann a. 2020. Les produits pharmaceutiques dans l'environnement – perspective a l'échelle mondiale. German environnement agency. 12p
- Ziani. F : analyse de la consommation des médicaments en Algérie : cas de la wilaya de Sétif, mémoire de magister en science économie, option : économie de la sante et développement durable, université de bejaia,2010 p10.
- Zuercher dB. 2022. Impact des médicaments sur l'environnement. Rev Med suisse ; 18 : 1471. 3p.

Annexes

Annexe 1 : Quelques exemples des effets nocifs des produits pharmaceutiques sur les organismes animale et végétale (Cakpo, 2015).

				
Produit pharmaceutique	**Diclofenac**	**Éthinyloestradiol 17α**	**Diclofenac**	**Sulfonamide**
Classe thérapeutique	Analgésiques	Œstrogène synthétique	Analgésiques	Antibiotique
Organisme non cible	Vautour (Gyps bengalensis)	Embryons de tête-deboule (Pimephales promelas)	Truite arc-en-ciel (Oncorhynchus mykiss	Maïs (Zea mays) Saule (Salix fragilis)
Effets	Effondrement de la population en raison d'une maladie énale	Effondrement de la population en raison de la féminisation de poissons mâles	Fortes réactions du foie, des reins et des branchies	Effets nocifs sur la croissance des racines Dégénérescence du maïs à des concentrations élevées
Type d'étude	Faune et flore	Expériences sur des lacs entiers	Laboratoire	Serre
Référence	(Oaks JL, et al., 2004)	(Kidd KA, et al., 2007)	(Triebskorn R, 2007)	(Michelini LA, Reichel RB, Werner WC, Ghisi RA, & S, 2012)

				
Produit pharmaceutique	**Fluoxetine**	**Oxazépam**	**Ivermectine**	**Enrofloxacine, ciprofloxacine**
Classe thérapeutique	Antidépresseur	Anxiolytiques	Parasiticides vétérinaires	Antibiotique
Organisme non cible	Grenouille léopard (Rana pipiens)	Perche européenne (Perca fluviatilis)	Mouche à ordure et scarabée bousier	Cyanobactérie (Anabaena flosaquae) Lentille d'eau (Lemna minor)
Effets	Développement retardé des têtards	Comportement et taux d'alimentation altérés	Mortalité des œufs et des larves	Inhibition de la croissance
Type d'étude	Laboratoire	Laboratoire	Laboratoire et terrain	Laboratoire
Référence	(Foster HR, Burton GA, Basu N, & EE, 2010)	(Brodin T, Fick J, Johnsson M, & Klaminder J, 2013)	(Liebig M, et al., 2010)	(Ebert I, et al., 2011)

Annexe 2 : Comparaison des différents procédés classiques de dépollution. (Capko, 2015)

Procédé	Biologique	Physico-chimiques	Incinération
Avantages	-Approprié pour les polluants insolubles.	- Utilisation simple et rapide.	-Efficacité de traitement exceptionnelle. - Approprié pour les petits volumes de concentration élevée.
Inconvénients	-Grandes quantités de boues biologiques générées. - Besoins énergétiques importants. - Non élimination des composés toxiques ou non dégradés. -Nécessite des grands réservoirs d'aération. - Besoins de terrain Important.	- Formation de boues pré et post traitements nécessaires. - Ajouts de produits chimiques nécessaires. - Produits d'oxydation inconnus.	- Coût de traitement très élevé. - Production de dioxines. - Délai d'attente longue. - Transport jusqu'à l'usine d'incinération.

Annexe 3 : Les normes d'analyses de la réglementation (JORA, 2006)

Paramètres	**Unités**	**Valeurs limites**	**Normes d'analyses**
Température	C°	30	Instrumentale (Multi paramètres)
pH	-	6,5-8,5	
DCO	Mg/L	120	ISO 6060 :1989
DBO	Mg/L	35	Oxytop
MES	Mg/L	35	ISO : 11923 ; 1997
Huiles et graisses	Mg/L	20	JIS 0102.24.2
Cuivre	Mg/L	0,1	ISO 8288-1986F
Plomb	Mg/L	0,2	ISO 8288-1986F
Zinc	Mg/L	0,03	ISO 8288-1986F
Nickel	Mg/L	0,2	ISO 8288-1986F
Cadmium	Mg/L	0,03	ISO 8288-1986F
Chrome Totale	Mg/L	0,2	ISO 8288-1986F
Fer	Mg/L	0,2	ISO 8288-1986F