

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR –

ANNABA



جامعة باجي مختار

عنابة



FACULTÉ DES SCIENCES
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE



Thèse En vue de l'obtention d'un Diplôme de Doctorat

Domaine : SCIENCE DE LA NATURE ET DE LA VIE

Filière : **Ecologie et Environnement**

Spécialité : **Bio-informatique et santé.**

Intitulé

« **Modélisation de l'impact des rejets des déchets au niveau de l'est algérien et estimation des conséquences environnementales** ».

Presentée par : Kaizouri Mohamed

Directeur de thèse : Mesbahi-Salhi Amina (Dr, Université Badji Mokhtar - Annaba)

Co-encadreur de thèse : Madoui Bachir El Mouaz (Dr, Université Badji Mokhtar - Annaba)

Devant un jury composé de :

M ^{me} Habbachi Wafa (Pr)	Présidente	Université Badji Mokhtar - Annaba
M ^{me} Sakraoui Feriel (Pr)	Examinatrice	Université Badji Mokhtar - Annaba
M ^r Boutaghane Hamouda (Pr)	Examinateur	Université Badji Mokhtar - Annaba
M ^r Houhamdi Moussa (Pr)	Examinateur	Université 8 Mai 1945 - Guelma

Année universitaire : 2022/2023

Remerciements

Au premier lieu, Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux. Louange à Allah, Seigneur de l'univers. C'est ALLAH (Seul) que nous adorons, et c'est ALLAH (Seul) dont nous implorons l'aide, qu'il nous guide toujours pour le droit chemin.

J'adresse mes remerciements les plus chaleureux à : Mes parents, (voire que mon père, que Dieux le prend dans sa miséricorde, il est toujours présent) pour tous le soutien et l'encouragement qu'ils m'avaient donné, mes frères **Amar, Alla, Ahmed, Youcef et Mariem**.

J'adresse mes remerciements et mes salutations chaleureuses à ma directrice de thèse **Dr. Mesbahi-Salhi Amina**, pour l'intérêt endurant qu'elle a apporté à l'égard de ce travail, sa contribution en termes de formation et d'orientations fructueuses. Je lui exprime toute ma reconnaissance de m'avoir accordé autant de confiance, Je salue également : le sens humain de partage, de responsabilité et de communication que dote sa personnalité respectueuse.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à **Pr. Bouslama Zihad** directrice du **Centre de Recherche en Environnement**, mon ancien professeur que je lui dois un respect constant, de m'avoir fait bénéficier de ses connaissances scientifiques dont je n'oublierais jamais ses encouragements et ses alpha positifs qui nous a transmis et qui a semée dans notre esprit.

Je tiens à remercier aussi mon Co-encadrant **Dr. Madoui Bachir El Mouaz** que je lui dois un respect profonds. Je lui formule toute ma gratitude de m'avoir accordé sa confiance et ses encouragements et de m'avoir fait bénéficier de ses connaissances scientifiques.

Je tiens à remercier non seulement les responsables mais tout le personnel des trois centres d'enfouissement technique de déchets des wilayas de (Annaba, Guelma et El Taref) qui nous ont ouvert les portes pour la réalisation de ce travail de recherche. J'exprime toute ma gratitude à Monsieur, **Bouaarata Mohamed Saleh** responsable du CET Guelma, qui nous a énormément facilité la tâche en ouvrant non seulement les portes de du centre, mais également pour le sens de partage scientifique. Je remercie également **Mme Guétrai Nadia** responsable de laboratoire Horizon d'analyse de l'eau et de la terre, pour son aide et pour la facilitation de l'investigation.

Mes remerciements vont à **Pr. Habbachi Wafa**, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Badji Mokhtar-Annaba pour l'intérêt qu'il a accordé à ce travail en acceptant de le juger et de présider le jury de cette thèse.

Mes remerciements s'adressent également à **Pr. Sakhraoui Ferial**, Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université Badji Mokhtar-Annaba, pour l'intérêt qu'il a accordé à ce travail et d'avoir pris le temps de l'examiner.

Mes remerciements s'adressent également à Monsieur **Pr. Houhamdi Moussa**, Laboratoire Biologie, Eau et Environnement (LBEE), Faculté SNV-STU, Université 8 Mai 1945 Guelma, d'avoir pris le temps d'examiner ce travail.

Mes remerciements s'adressent également à Monsieur **Pr. Boutaghane Hamouda**, Faculté de Technologie, Département d'Hydraulique, Université Badji Mokhtar-Annaba, pour l'intérêt qu'il a accordé à ce travail et d'avoir pris le temps et de l'examiner.

Dédicace

Je dédie mon travail pour ma chère femme.

Qui m'a armé de leur soutien, qui a trop soufferte, et a trop sacrifiée..

Sans laquelle, je ne serais plus capable de relever le défi et s'investir, afin d'en taper ces mots là,.....Elle doit tous mes respects et mes reconnaissances, elle m'a soutenue quotidiennement et m'a toujours laissé mon espace, elle était présente quand il le fallait, et absente quand il le fallait, et durant ces quatre années, elle a accepté de mettre sa vie, en souffrance, en malaise... Afin pour que je puisse avancer et réaliser cette thèse...

Que dieu leur procure :

Une vie apaisante, entourée

de ses parents, ses frères,

moi et nos enfants

Soulaimane et Sidra,

Surtout une bonne santé et une longue vie,

Et plein de réussite dans sa carrière professionnelle.

Sommaire

Abstract

Liste des abréviations

Listes des tableaux et figures

Introduction Générale 1

Chapitre I : Synthèse bibliographique

Partie. 1. Notions sur les déchets ménagers

I.1.1. Généralités sur les déchets	5
I.1.2. Définitions des déchets	5
I.1.3. Classification des déchets	6
I.1.3.1. Selon la nature des déchets	6
I.1.3.2. Selon l'origine des déchets	6
I.1.3.3. Selon l'état ou la substance	8
I.1.3.4. Classification selon la loi algérienne	8
I.1.4. l'évolution du cadre juridique relatif aux déchets en Algérie.....	9
I.1.5. La Gestion des déchets ménagers	15
I.1.5.1. Qu'est-ce que la gestion des déchets ?.....	15
I.1.5.2. Problématique de gestion des déchets ménagers dans les PED.....	15
I.1.5.3. Problématique de gestion des déchets ménagers en Algérie.....	16
I.1.6. Mode de gestion des déchets	18
I.1.6.1. La gestion directe par la collectivité	18
I.1.6.2. La gestion déléguée	18
I.1.6.3. La gestion communautaire	18
I.1.7. Mode de gestion du service en Algérie	18
I.1.7.1. La gestion directe en régie	18
I.1.7.2. L'établissement public	19
I.1.7.3. Le marché public	19
I.1.7.4. Délégation de service public (concession)	19
I.1.8. Principes et objectif de la gestion de déchets en Algérie	20
I.1.9. Les intervenants dans la gestion des déchets en Algérie	22
I.1.9.1. Secteur public	22
I.1.9.1.1. Au niveau national	22
I.1.9.1.2. Au niveau régional	24
I.1.9.1.3. Au niveau local	24
I.1.9.2. Le secteur privé formel	25
I.1.9.3. Le secteur privé informel	25
I.1.10. Fonctionnement de la gestion des déchets en Algérie	26
I.1.10.1. Production des DMA en Algérie.....	28
I.1.10.2. L'enlèvement des déchets ménagers	28
I.1.10.2.1. La pré-collecte	29
I.1.10.2.2. La collecte	30
I.1.10.3. Le transport des déchets ménagers	32
I.1.10.4. L'enjeu de fin de vie des déchets.....	33
I.1.10.4.1. Traitement des déchets ménagers	33

I.1.10.4.1.1. Traitement par élimination.....	33
I.1.10.4.1.2. Traitement par valorisation	36
I.1.10.5. Quantités des déchets traités en Algérie	43
I.1.11. Caractérisation des DMA en Algérie	45

Partie. 2. Notions sur les lixiviats

I.2.1. Généralités sur les lixiviats	46
I.2.2. Définition des lixiviats de décharges	46
I.2.3. Les phases de dégradation des déchets	47
I.2.4. Genèse des lixiviats.....	50
I.2.5. Composition des lixiviats.....	51
I.2.6. Quantification des lixiviats	53
I.2.7. Types de lixiviats	53
I.2.7.1. Les lixiviats jeunes (< 5 ans)	54
I.2.7.2. Les lixiviats intermédiaires (5 - 10 ans).....	54
I.2.7.3. Les lixiviats stabilisés (> 10 ans)	54
I.2.8. Procédés de traitement des lixiviats	55
I.2.8.1. Les méthodes biologiques.....	55
I.2.8.1.1. Traitement aérobies.....	55
I.2.8.1.2. Traitement anaérobie	56
I.2.8.2. Les méthodes physico-chimiques	56
I.2.8.2.1. Flottation	56
I.2.8.2.2. Coagulation-Floculation	56
I.2.8.2.3. L'adsorption	57
I.2.8.3. Les méthodes membranaires.....	57
I.2.8.3.1. La nanofiltration.....	57
I.2.8.3.2. L'osmose inverse	58
I.2.8.3.2.1. Principe de l'osmose inverse	59
I.2.9. Risques issus des centres de stockage des déchets	59
I.2.9.1. Risque sur les populations riveraines et les travailleurs	59
I.2.9.2. Risques des rejets de décharges sur l'environnement	60
I.2.9.2.1. Les odeurs nauséabondes	60
I.2.9.2.3. Risques liés aux émissions de biogaz dans l'air	61
I.2.9.2.3. Risques de pollutions liées aux rejets des lixiviats	61

Chapitre II. La production des DMA au niveau du Nord-Est Algérien

Partie 1 : Aperçu sur le flux quantitatif des DMA

II.1.1. Introduction	65
II.1.2. Matériels et méthodes	68
II.1.2.1. Présentation de la zone d'étude	68
II.1.2.1.1. La wilaya d'Annaba	69
II.1.2.1.2. La wilaya de Guelma.....	70
II.1.2.1.3. La wilaya d'El Taref.....	70
II.1.2.1.4. La zone d'étude (les trois wilayas, les communes et CETs)	72
II.1.2.1.4.1. CET El Berka Elzarga – Annaba.....	73
II.1.2.1.4.2. CET Bouguerguer – Guelma	74

II.1.2.1.4.3. CET El Matroha El Taref	75
II.1.2. Principaux résultats	76
II.1.2.1. Evolution de la production des DMA	76
II.1.2.2. Production de DMA dans les trois centres	76
II.1.2.2.1 Production de déchets au niveau du CET El Berka El Zerga Annaba	76
II.1.2.2.1.1. Aperçu sur l'évolution démographique et le flux des DMA	78
II.1.2.2.1.2. Aperçu sur l'apport quantitatif intercommunal au flux des DMA	78
II.1.2.2.1.3. Aperçu sur le ratio produit par habitant /jour	79
II.1.2.2.2. Production de déchets au niveau du CET Bouguerguer Guelma	79
II.1.2.2.2.1. Aperçu sur l'évolution démographique et le flux des DMA	81
II.1.2.2.2.2. Aperçu sur l'apport quantitatif intercommunal au flux des DMA	82
II.1.2.2.2.3. Aperçu sur le ratio produit par habitant /jour	83
II.1.2.2.3. Production de déchets au niveau du CET El Matroha El Taref.....	83
II.1.2.2.3.1. Aperçu sur l'évolution démographique et le flux des DMA	85
II.1.2.2.3.2. Aperçu sur l'apport quantitatif intercommunal au flux des DMA	85
II.1.2.2.3.3. Aperçu sur le ratio produit par habitant /jour	86
II.1.3. Discussion	86
5. Conclusion	88

Partie 2 : L'impact de la pandémie de Covid-19 sur la gestion de DMA.

II.2.1. Introduction	91
II.2.1.1. Impact sur la zone d'étude	93
II.2.2. Le statut épidémiologique et les mesures prises en Algérie	93
II.2.2.1. Dates importantes	94
II.2.2. Plan de préparation et de riposte à la menace de l'infection Covid-19	94
II.2.2.1. Axes stratégiques	95
II.2.2.2. Précautions standard en matière d'hygiène et de contrôle	96
II.2.3. Impacts majeurs du Covid-19 sur le secteur de gestion de déchets	97
II.2.3.1. Poids de déchets et principaux enjeux de contrôle	97
II.2.3.2. Impact Covid-19 sur le secteur de gestion des DMA à Guelma	98
II.2.3.3. Covid-19 et les risques associés aux déchets ménagers	99
II.2.3.4. Quantité de déchets dès le premier mois de confinement, (Mars 2020).....	100
II.2.3.5. Déchets produit pendant le confinement (de Mars à juin)	101
II.2.4. Autres implications de la pandémie de Covid -19	102
II.2.4. Problématique de saturation précoce des casiers	102
II.2.4.2. Le débordement des lixiviats des casiers	104
II.2.4.3. Aperçu sur les données du recyclage, les tendances des déchets ménagers sous quatre vagues successives de la pandémie de Covid-19 à Guelma.....	104
II.2.4.3.1. Data covering time.....	104
II.2.4.3.2. DMA produites sous quatre vagues de la pandémie de Covid-19.....	104
II.2.4.3.3. Le recyclage des déchets valorisables	106
II.2.5. Conclusion	109

Chapitre III. Caractérisation des lixiviats

III.1. Introduction	111
III.2. Matériels et méthodes.....	112
III.2.1. Site d'étude.....	112
III.2.1.1. Localisation géographique du CET Bouguerguer- Guelma	112
III.2.1.2. Hydrogéologie locale	114
III.2.1.3. Cadre climatologique	115
III.2.1.3.1. La Température	115
III.2.1.3.2. La Pluviométrie	116
III.2.1.3.3. Relation T/P	117
III.2.1.3.3.1. L'indice d'aridité	117
III.2.1.3.3.2. Diagramme pluvio-thermique	118
III.2.2. Les lixiviats mise en évidence	119
III.2.2.1. La gestion et le réseau de collecte des lixiviats.....	119
III.2.2.2. Les quantités de lixiviats produite.....	120
III.2.2.3. Le traitement des lixiviats	121
III.2.3. Stratégie d'échantillonnage	122
III.2.3.1. Procédure d'échantillonnage des lixiviats.....	122
III.2.4. Méthodes d'analyses	123
III.2.4.1. Mesure des paramètres	123
III.2.4.1.1. <i>In situ</i>	123
III.2.4.1.2. <i>In vitro</i>	123
III.3. Résultats	125
III.3.1. Caractéristiques physico-chimiques des lixiviats	125
III.3.1.1. Teneur des paramètres <i>in situ</i>	126
III.3.1.1.1. Le pH.....	126
III.3.1.1.2. La conductivité Electrique (CE)	127
III.3.1.1.3. La salinité	128
III.3.1.2. Teneur des paramètres <i>in vitro</i>	128
III.3.1.2.1. Teneur en éléments organiques et le rapport DBO5/DCO	128
III.3.1.2.2. Teneur en métaux lourds (Fr, Zn, Pb, Cd et Cr)	130
III.3.1.2.3. Teneur en éléments minérales (Na ⁺ , K ⁺ , NTK).....	133
III.3.1.2.4. Teneur en sels nutritifs (NO ₃ ⁻ , NO ₂ ⁻)	134
III.3.2. Les différents types de lixiviats	137
III.3.3. Comparaison des résultats avec les normes de rejets	137
III.3.3.1. Comparaison des polluants organiques	139
III.3.3.2. Comparaison des polluants métalliques	139
III.3.4. Comparaison des résultats avec quelques données précédents	140
III.4.2. Discussion	140
III.4.1. Evolution des substances produites par la décharge	141
III.4.2. L'influence du pH	144
III.4.3. L'influence de la température	145
III.5. Conclusion	146

Chapitre IV. L'impact des lixiviats sur la qualité des eaux superficielle (Les eaux d'oued Seybouse)

IV.1. Introduction	147
IV.1.1. Les décharges, sources éventuelles de la pollution des eaux	148
IV.1.2. Les lixiviats des décharges menacent les eaux superficielles	149
IV.2. Matériels et méthodes	150
IV.2.1. Description de l'aire d'étude	150
IV.2.1.1. Données sur le CET Bouguerguer-Guelma	150
IV.2.1.2. Description du bassin versant / Oued Seybouse	150
IV.2.1.2.1. Situation géographique	150
IV.2.1.2.2. Ressources hydrique du Bassin versant	151
IV.2.2. L'échantillonnage	152
IV.2.2.1. Site et période de prélèvement	152
IV.2.2.2. Mode de prélèvement	153
IV.2.2.3. Plan et points d'échantillonnages	153
IV.2.2.4. Transport au laboratoire	154
IV.2.3. Les paramètres étudiés	154
IV.2.3.1. Les paramètres physico-chimiques	155
IV.2.3.1.1. Les paramètres de pollution organiques	155
IV.2.3.1.2. Les paramètres de pollution minérale	158
IV.2.3.1.3. Les métaux lourds	160
IV.2.3.2. Les paramètres bactériologiques	161
IV.2.3.2.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux	161
IV.2.3.2.2. Recherche et dénombrement des Streptocoques	162
IV.3. Résultats	163
IV.3.1. Première partie (Axe entre amont et aval)	164
IV.3.1.1. Les paramètres physicochimiques	164
IV.3.1.1.1. Les paramètres organiques	164
IV.3.1.1.2. Les métaux lourds	168
IV.3.1.1.3. Les sels minéraux	170
IV.3.1.2. Les paramètres bactériologiques	173
IV.3.2. Deuxième partie : l'impact en aval (Axe avant et après l'aval).....	175
IV.3.2.1. Les paramètres physicochimiques	175
IV.3.2.1.1. Les paramètres organiques	175
IV.3.2.1.2. Les métaux lourds	179
IV.3.2.1.3. Les sels minéraux	182
IV.3.2.2. Les paramètres bactériologiques	185
IV.4. Discussion	187
IV.4.1. La diminution des concentrations entre amont et aval	187
IV.4.2. L'apport de l'aval dans l'augmentation des teneurs	189
IV.4.3. Remarque sur la qualité des eaux d'Oued Seybouse	190
IV.4.4. L'abondance bactérienne	191
IV.5. Conclusion	191

Chapitre V. La modélisation de l'impact des lixiviats sur les eaux d'Oued Seybouse

V.1. Introduction	194
V.1.1. Le choix du modèle	194
V.1.2. Présentation du modèle (ACP)	194
V.2. Objectif de l'ACP	195
V.3. Structuration de données	195
V.4. Analyse en composantes principales normée	197
V.3. Matériels et méthodes	198
V.3.1. Présentation du logiciel	198
V.3.2. L'analyse statistique du composant principal ACP	198
V.4. Résultats	198
V.4.1. Les paramètres physico-chimiques	198
V.4.1.1. Les paramètres organiques	198
V.4.1.2. Les sels minéraux	200
V.4.1.3. Les métaux lourds	201
V.4.2. Les paramètres bactériologiques	202
V.5. Discussion	203
V.6. Conclusion.....	203
Conclusion Générale et perspectives	205
Références Bibliographiques	210

Liste des abréviations

AGV : Acides Gras Volatils.

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie

AGV : acide gras volatil

AND : Agence Nationale des Déchets

ANRED : Agence Nationale pour la Récupération et l'Élimination des Déchets

ATSDR: Agency for Toxic Substance and Disease Registry

AND : Agence National de Déchets

APC : Assemblée Populaire Communale

CET : Centre d'enfouissement technique.

COD : Le Carbone Organique dissous.

COT : Le Carbone Organique Total.

COVID : **C**orona **V**irus **D**isease

CSD : Centre de stockage de déchets.

Ca²⁺ : Ion de Calcium

Cd : Cadmium

CET : Centre d'enfouissement technique

CFU : Coliformes Fécaux Unité

CH₄ : Méthane

CNC : Combustibles non classés

CO₃²⁻ : Carbonate

COD : Carbone organique dissous

COT : Carbone organique total

Cr : Chrome

Da : dalton (unité de masse des atomes)

DBO₅ : Demande biologique en oxygène au bout de 5 jours

DCO: Demande chimique en oxygène

DHHS: Department of Health and Human Service

DMA : Déchets ménagères et assimilés

DSU : Déchets solides urbains

DBO : Demande Biologique en Oxygène.

DCO : Demande Chimique en Oxygène.

DAÏRA : Sous-préfecture, au pluriel en arabe : Daïrate

DAS : Déchets d'Activités de Soins

DASRI : Déchets d'Activités de Soins à risque infectieux.

DEW : Direction de l'Environnement de Wilaya

DMA : Déchets Ménagers et Assimilés.

DIND : Déchets industriels non dangereux.

H₂ : Dihydrogène

H₂O : Formule chimique de l'eau

HCO₃⁻ : Ion Bicarbonate

ICPE : Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

INC : Incombustible non classés

ISD : Installation de stockage des déchets

ISDND : Installation de stockage des déchets non dangereux

MATE : Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.

MES : Matières en suspension.

ME : Ministère de l'environnement

MM : Matières minérales.

MO : Matière organique.

Mg²⁺ : Ion Magnésium

MH : Masse humide

Mn²⁺ : Ion Manganèse

MODECOM : Méthode de caractérisation des ordures ménagères

MS : Masse sèche

MT : Million de tonne

NTK : l'azote Kjeldhal.

NTU : Turbidité unité NTU (Nephelometric Turbidity Unit).

Na⁺ : Ion Sodium

NF : Nano filtration

NH₄⁺ : Ammonium

Ni : Nickel

NO₃⁻ : Ion Nitrate

NO₂ : Nitrite

NTK: Nitrate test kit

NTU : Nephelometric Turbidity Unit

OM : Les ordures ménagères.

ONS : Office National des Statistiques.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

PEHD : Polyéthylène Haut Densité.

PIB : Produit intérieur brut.

PNAE-DD : Programme National de l'Environnement et du Développement Durable.

Pb : Plomb

PED : Pays en développement

PM : Poids moléculaire

PO₄³⁻ : Ion Phosphate

PROGDEM : Programmes Nationaux de Gestion Intégrée des Déchets Municipaux

Fe²⁺ : Ion de Fer

K⁺ : Ion Potassium

RN : Route nationale

RO : Reverse Osmose (Osmose Inverse)

SO₄²⁻ : Ion Sulfate

UF : Ultrafiltration **UFC :** Unité Formant Colonie

UV : Ultra -Violets

Zn : Zinc

WILAYA : Département ou préfecture, pluriel Wilayate

ONU : Organisation des Nations Unies

ERU : eaux résiduaires urbaines

PVC : Polychlorure de vinyle

WHO: World Health Organization.

MSPRH : Ministère de la Santé, de la Population et de la Réforme Hospitalière

EHS : Etablissement hospitalière spécialisé.

GIR : Le GIR (groupe iso-ressources) correspond au niveau de perte d'autonomie d'une personne âgée.

SEMEP : service épidémiologique médical et préventif.

EPI : Equipement de protection individuelle.

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau 1 : Classe de centres d'enfouissement des déchets	34
Tableau 2 : Caractéristiques physicochimiques des lixiviats d'une décharge	53
Tableau 3 : Caractéristiques et classification des lixiviats.....	55

Chapitre II

Tableau 1 : Présentation des trois centres d'enfouissement technique	72
Tableau 2 : Quantités des DMA reçus au CET d'El Berka El Zerga Annaba	77
Tableau 3 : Quantités des DMA reçus au CET Bouguerguer Guelma	80
Tableau 4 : Quantités des DMA reçus au CET El Matroha El Taref.....	84
Tableau 5 : Quantité des DMA produites sous quatre vagues de coronavirus à Guelma	105

Chapitre III

Tableau 1 : Coordonnées des stations météorologiques et périodes d'observation	115
Tableau 2 : Températures moyennes mensuelles de la station de Guelma	115
Tableau 3 : Précipitations moyennes mensuelles de la station de Guelma	116
Tableau 4 : Quantité de lixiviats produites durant les quatre dernières années	120
Tableau 5 : Caractérisation physico-chimique du lixiviat de CET Bouguerguer	126
Tableau 6 : Teneur et rapport DBO ₅ / DCO des lixiviats 2020.....	130
Tableau 7 : Classification des lixiviats.	137
Tableau 8 : Comparaison des caractéristiques physico-chimiques des lixiviats de CET Bouguerguer, avec quelques résultats antérieurs.	140

Chapitre IV

Tableau 1 : Répartition par surface des bassins hydrographique.	151
Tableau 2 : Répartition par surface des sous bassins de la Seybouse.	151
Tableau 3 : Les coordonnées des points de prélèvements.....	153
Tableau 4 : Classification des eaux selon la conductivité	156

Chapitre V

Tableau 1 : Résultats des paramètres organiques.....	199
Tableau 2 : Résultats des paramètres salines (les sels minéraux)	200
Tableau 3 : Résultats des métaux lourds.	201
Tableau 4 : Résultats des paramètres bactériologiques	202

Liste des figures

Chapitre I

Figure 1 : Fumées et lixiviats produites par des décharges (Décharge Bouchegouf-Guelma)	17
Figure 2 : Les opérateurs chargés de la collecte des DMA	20
Figure 3 : Synoptique de la gestion des DMA en Algérie	27
Figure 4 : Processus de pré-collecte, de collecte et de transport des DMA	29
Figure 5 : Dispositif de pré-collecte	30
Figure 6 : Logistique utilisé pour la collecte des déchets.	31
Figure 7 : Voyage au cœur de l'incinération	36
Figure 8 : Processus de valorisation du papier/carton	37
Figure 9 : Processus de valorisation du verre	38
Figure 10 : Processus de valorisation des métaux ferreux et non-ferreux	39
Figure 11 : Processus de valorisation du plastique	40
Figure 12 : Schéma explicatif de la valorisation des déchets organiques	42
Figure 13 : les grandes lignes du procédé du compostage	42
Figure 14 : Quantités des DMA traités en Algérie par wilaya	44
Figure 15 : Nombre d'installations de traitement des DMA en Algérie	45
Figure 16 : Composition moyenne annuelle des DMA	45
Figure 17 : Les phases de dégradation des déchets au sein d'une décharge	47
Figure 18 : Évolution de la composition des lixiviats au cours de phases de la dégradation	49
Figure 19 : Évolution de la composition du biogaz au cours de phases de la dégradation	50
Figure 20 : Les mécanismes de la genèse des lixiviats au sein d'un casier	51
Figure 21 : Chaîne de traitement les plus utilisées pour l'épuration des lixiviats	58
Figure 22 : Principe de l'osmose et de l'osmose inverse	59

Chapitre II

Figure 1 : Carte de l'Algérie par régions et population	69
Figure 2 : Situation géographique de la zone d'études	72
Figure 3 : Les Communes d'Annaba reliées au CET El Berka El Zerga	73
Figure 4 : Les communes de Guelma relié au CET de Bouguerguer	74
Figure 5 : Les communes d'Eltaref reliées au CET d'El Matroha	75
Figure 6 : Le flux des déchets et l'évolution démographique (Annaba, 2017 à 2020)	78
Figure 7 : Apport quantitatives des DMA par communes (Annaba, 2017 à 2020)	78
Figure 8 : Le ratio produit par habitant dans les quatre communes étudié d'Annaba	79
Figure 9 : Le flux des déchets et l'évolution démographique (Guelma, 2017 à 2020)	81
Figure 10 : Apport quantitatives des DMA par communes (Guelma, 2017 à 2020)	82
Figure 11 : Le ratio produit par habitant dans les treize communes étudié de Guelma	83
Figure 12 : Les flux du déchet et l'évolution démographique à El Taref de 2017 à 2020	85
Figure 13 : Apport quantitatives des DMA par communes (El Taref, 2017 à 2020)	85
Figure 14 : Le ratio produit par habitant dans les six communes étudié d'El Taref	86
Figure 15. Capitaux points d'impact Covid-19 sur le secteur de déchets	98
Figure 16 : Persistance of SARS-CoV-2 sur diffèrent surface	100

Figure 17 : Quantité de déchets produite dès le premier mois de confinement.	100
Figure 18 : La quantité de déchets ménagers produits pendant le confinement (mars à juin) 2020, par rapport à ceux de la même période des deux années précédentes.....	101
Figure 19 : La pression volumineuse des déchets sur le casier, (CET Guelma).	103
Figure 20 : Moyenne des quantités DMA produits sous 4 vagues de Covid-19, Guelma.	106
Figure 21. La quantité de déchets recyclée durant les quatre dernières années, Guelma.	107

Chapitre III

Figure 1 : Carte de Situation du CET de Bouguerguer Guelma.....	113
Figure 2 : Carte hydrogéologique du CET de Bouguerguer Guelma.....	114
Figure 3 : Variation de la température moyenne à la région de Guelma durant l'an 2020. ...	116
Figure 4 : Fluctuation de la pluviométrie moyenne annuelle à Guelma de (2010-2020).....	117
Figure 5 : Diagramme pluviaux-thermique station d'Héliopolis (1985/1986-2019/2020) ...	118
Figure 6 : Casier sujet de prélèvement du CET Bouguerguer Guelma.	119
Figure 7 : Quantité de lixiviats produite au CET Bouguerguer de (2017-2020).....	121
Figure 8 : Station de traitement des lixiviats du C.E.T Bouguerguer, Guelma, Algérie.....	122
Figure 9 : Bassin n°1 de d'échantillonnage (Prélèvement du mois de juin).	123
Figure 10 : Fluctuation mensuelle du pH des lixiviats	127
Figure 11 : Fluctuation mensuelle de la conductivité électrique	127
Figure 12 : Fluctuation mensuelle de la Salinité	128
Figure 13 : Fluctuation mensuelle de la DCO.....	129
Figure 14 : Fluctuation mensuelle de la DBO ₅	129
Figure 15 : Fluctuation mensuelle du (Cd, Cr, Zn, Fe et Pd).	131
Figure 16 : Les principaux périodes caractérisant la fluctuation des métaux lourds.	132
Figure 17 : Fluctuation mensuelle du Sodium (Na)	133
Figure 18 : Fluctuation mensuelle du Potassium (K)	133
Figure 19 : Fluctuation mensuelle de l'Azote Kjeldhal (NTK).....	134
Figure 20 : Fluctuation mensuelle des Nitrates (NO ₃ ⁻).	135
Figure 21 : Fluctuation mensuelle des Nitrites (NO ₂ ⁻).....	135
Figure 22 : Fluctuation mensuelle de l'ammonium (NH ₄ ⁺).	136
Figure 23 : Fluctuation mensuelle de MES.	136
Figure 24 : Teneur en DCO, DBO ₅ , MES des lixiviats prélevés en comparaison.	139
Figure 25 : Comparaison des teneurs de métaux lourds des lixiviats avec la norme.	139

Chapitre IV

Figure 1 : Réseau hydrographique du bassin de la Seybouse.....	152
Figure 2 : Plan d'échantillonnage sur site.	154
Figure 3 : Schéma récapitulatif le protocole de l'étude	163
Figure 4 : Evolution des teneurs de la Turbidité sur le premier axe (amont-aval).....	164
Figure 5 : Evolution des teneurs de pH sur le premier axe (amont-aval).....	165
Figure 6 : Evolution des teneurs de la conductivité CE sur le premier axe (amont-aval).....	165
Figure 7 : Evolution des teneurs de l'oxygène dissous sur le premier axe (amont-aval).	166

Figure 8 : Evolution des teneurs de DCO sur le premier axe (amont-aval).	166
Figure 9 : Evolution des teneurs de DBO ₅ sur le premier axe (amont-aval).	167
Figure 10 : Evolution des teneurs de MES sur le premier axe (amont-aval).	167
Figure 11 : Evolution des teneurs du (Pb) sur le premier axe (amont-aval).	168
Figure 12 : Evolution des teneurs du (Fr) sur le premier axe (amont-aval).	168
Figure 13 : Evolution des teneurs du (Zn) sur le premier axe (amont-aval).	169
Figure 14 : Evolution des teneurs du (Ni) sur le premier axe (amont-aval).	169
Figure 15 : Evolution des teneurs du (Cd) sur le premier axe (amont-aval).	170
Figure 16 : Evolution des teneurs du (Na ⁺) sur le premier axe (amont-aval).	170
Figure 17 : Evolution des teneurs du (K ⁺) sur le premier axe (amont-aval).	171
Figure 18 : Evolution des teneurs du (Ca ²⁺) sur le premier axe (amont-aval).	171
Figure 19 : Evolution des teneurs du (Mg ²⁺) sur le premier axe (amont-aval).	172
Figure 20 : Evolution des teneurs de Chlore (Cl ⁻) sur le premier axe (amont-aval).	172
Figure 21 : Evolution des teneurs de Sulfate (SO ₄ ⁻) sur le premier axe (amont-aval).	173
Figure 22 : Variations des Coliformes totaux sur le premier axe (amont-aval).	174
Figure 23 : Variations des Coliformes fécaux sur le premier axe (amont-aval).	174
Figure 24 : Variations des Streptocoques fécaux sur le premier axe (amont-aval).	175
Figure 25 : Evolution des teneurs de la Turbidité sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).	176
Figure 26 : Evolution des teneurs de pH sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).	176
Figure 27 : Evolution des teneurs de la CE sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).	177
Figure 28 : Evolution des teneurs d'Od sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).	177
Figure 29 : Evolution de la DCO sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).	178
Figure 30 : Evolution de la DBO ₅ sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).	178
Figure 31 : Evolution de la MES sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).	179
Figure 32 : Evolution du Plomb (Pb) sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).	179
Figure 33 : Evolution du Fer (Fr) sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).	180
Figure 34 : Evolution du Zinc (Zn) sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).	180
Figure 35 : Evolution du Nickel (Ni) sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).	181
Figure 36 : Evolution du Cadmium (Cd) sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).	181
Figure 37 : Evolution de Sodium (Na ⁺) sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).	182
Figure 38 : Evolution de Potassium (K ⁺) sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).	183
Figure 39 : Evolution de Calcium (Ca ²⁺) sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).	183
Figure 40 : Evolution du Magnésium (Mg ²⁺) sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).	184
Figure 41 : Evolution de Chlore (Cl ⁻) sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).	184
Figure 42 : Evolution des Sulfates (SO ₄ ⁻) sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).	185
Figure 43 : Variations des Coliformes T. sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).	185
Figure 44 : Variations des Coliformes F. sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).	186
Figure 45 : Variations des Streptocoques F. sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).	186

Chapitre V

Figure 1 : L'ACP des paramètres organiques.	199
Figure 2 : L'ACP des sels minéraux	200
Figure 3 : L'ACP des métaux lourds.	201
Figure 4 : L'ACP des paramètres bactériologiques	202

Résumé

Ces derniers temps, la production nationale des déchets a augmenté de façon inquiétante, ce qui a sollicité une veille soucieuse vu qu'ils constituent une source de menace sur la santé humaine et environnementale. En effet, Ce travail a pour objectif d'étudier l'impact des lixiviats issus des centres d'enfouissement technique de déchets ménagers sur l'eau superficielle (les eaux d'oued Seybouse). L'étude a ciblé trois CETs recevant les déchets de 23 communes à caractère différent, au niveau du nord est Algérien, à savoir Annaba, Guelma et El Tarf. Un examen du système de gestion a montré que presque tous les casiers sont sub-saturés à cause des flux quantitatifs incessants, ainsi un mauvais maniement de lixiviats (fuite et débordement dans le milieu naturel). Le recyclage des déchets valorisable n'assure pas une diminution satisfaisante des quantités des déchets enfouis et n'assure donc pas un gain d'espace au niveau des casiers vu qu'il n'existe pas un tri sélectif à la source.

La variation quantitative de la production des déchets dépend principalement du type de commune (chef-lieu, rural, etc.), dont la masse populaire et les activités socioéconomiques faites un écart important du ratio produit. Notant, que le ratio produit en 2020 par l'ensemble des communes de la zone cible étaient **0,55 kg/hab./j**. L'arrivée de la pandémie de coronavirus a laissé de graves séquelles environnementales, vu qu'elle a engendré une production énorme de déchets ménagers, surtout pendant la première vague et le confinement avec une augmentation de 15 %, mettant une pression sur le système de gestion déjà affaiblie.

Une fois enfouis, les déchets sont soumis à des processus de dégradation aboutissant à la libération de nombreuses substances polluantes contenue dans les lixiviats. Pour cela, on a procédé à une caractérisation physico-chimiques annuelle (2020) des lixiviats qui a dévoilé que : Les lixiviats en question, rentrent dans la catégorie des lixiviats intermédiaires ($DBO_5/DCO = 0,48$) ; Cependant, le pH tend vers l'alcalinité 8,85 ($\pm 0,486$) qui caractérise les lixiviats stabilisés, en peut donc juger que les lixiviats mise en évidence sont presque, en début de la phase de stabilisation. Les valeurs élevées de DBO_5 et de la DCO avec 778,54 et 1603,75 mg d' O_2/l respectivement traduisent une pollution organique importante ; Quant à La pollution minérale, elle est présente avec des teneurs en NO_2^- , NO_3^- et NH_4^+ qui dépasse, aussi les normes et enregistrent respectivement (17,93 ; 15,68 et 122,42 mg/l). Tous les métaux lourds analysés (Cd, Pb, Fe, Cr et Zn) ont enregistré des teneurs très élevées qui dépassent la norme Algérienne, dont le fer est le plus élevé avec ($42,70 \pm 32,26$ mg/l). Un suivi en aval (les eaux d'oued Seybouse où ces lixiviats sont déversés ont montré que l'amont apporte une contamination significative par les polluants (organique, minérale et microbiologique) et témoignent d'une pollution intense.

Mots clés : Centre d'enfouissement technique, lixiviats, déchets, polluants, eaux superficielles.

Abstract

Recently, the national production of waste has increased in a worrying way, which has requested a concerned watch since they constitute a source of threat on the human and environmental health. Indeed, this work aims to study the impact of leachate from landfills of household waste on surface water (water of Oued Seybouse). The study targeted three landfills receiving waste from 23 municipalities of different character, at the level of the Algerian North East, namely Annaba, Guelma and Eltaref. An examination of the management system showed that almost all the pits are sub-saturated because of the incessant quantitative flows, as well as a bad handling of leachates (leakage and overflow in the natural environment). The recycling of recoverable waste does not ensure a satisfactory reduction of the quantities of buried waste and therefore does not ensure a gain of space at the level of the cells since there is no selective sorting at the source.

The quantitative variation of the waste production depends mainly on the type of commune (chief town, rural, etc.), whose popular mass and socio-economic activities make an important difference in the ratio produced. Noting, that the ratio produced in 2020 by all the communes of the target area were 0,55 kg/per./day. The arrival of the coronavirus pandemic has left serious environmental after-effects as it has favored a huge production of household waste, especially during the first wave and the containment recording an increase of 15% putting pressure on the already weakened management system.

Once buried, the waste is subject to degradation processes resulting in the release of many pollutants contained in leachate. For this purpose, an annual physico-chemical characterization (2020) of the leachates was carried out, which led to the conclusion that: The leachates in question fall into the category of intermediate leachates ($BOD_5 / COD = 0,48$). However, the pH tends towards the alkalinity 8,85 ($\pm 0,486$) that characterizes stabilized leachates, so it can be judged that the leachates in question are almost at the beginning of the stabilization phase. The high values of BOD_5 and COD with 778,54 and 1603,75 mg/O₂/L respectively reflect an important organic pollution; as for the mineral pollution is present with contents of NO₂⁻, NO₃⁻ and NH₄⁺ that exceeds, also the norms and register respectively (17,93; 15,68 and 122,42 mg/l). All the heavy metals analyzed (Cd, Pb, Fe, Cr and Zn) recorded very high levels that exceed the Algerian standard, of which iron is the highest with (42,70 \pm 32,26 mg/l). A follow-up downstream (the waters of Oued Seybouse where these leachates are discharged showed that the upstream brings a significant contamination by pollutants (organic, mineral and microbiological) testifying of an intense pollution.

Keywords: Engineering Landfill center, leachate, waste, pollutants, surface water.

الملخص

مؤخرا ، أصبح الإنتاج الوطني للنفايات (بكميات هائلة) مصدرا كبيرا للتلوث، الأمر الذي استوجب مراقبة و دراسة دقيقة ذلك أنها تشكل تهديدا صريحا للصحة العمومية وكذا الصحة البيئية على حد سواء. وعليه جاء هذا العمل خصيصا إلى دراسة مشكل وواقع النفايات في بلادنا بشكل أدق في شمال شرق الجزائر، ويشمل ثلاث ولايات مهمة وهي عنابة، قالمة والطارف. استهدفت الدراسة ثلاث مراكز للردم التقني للنفايات المنزلية تتلقى النفايات من 23 بلدية ذات طابع عمراني مختلف. تشمل الدراسة كذلك تأثير العصاراة المنتجة من مراكز الردم التقني للنفايات المنزلية على المياه السطحية (مياه واد سييوس). أظهرت الدراسة الأولية لنظام إدارة النفايات أن: جميع خنادق الردم تقريباً مشبعة بسبب التدفقات الكبيرة والمستمرة، فضلاً عن سوء التعامل مع العصاراة (التسرب خارج القنوات والخنادق في الوسط الطبيعي المجاور)، ونظرا لعدم وجود فرز انتقائي عند المصدر بإعادة تدوير النفايات القابلة للاسترداد فإن العمر الافتراضي للخنادق يكون جد قصير، وبالتالي لا يضمن ربح في المساحة داخل الخنادق ولا الوقت.

أظهرت الدراسة كذلك أنه يوجد تباين كبير في الإنتاج الكمي للنفايات ويعود بشكل أساسي على نوع البلدية (حضرية، ريفية)، ذلك أن الأنشطة الاقتصادية والعلمية تحدث فرقا كبيرا في نسب التوزيع العمراني وبالتالي في نسبة الإنتاج الخاصة بالنفايات. علما ان النسبة التي تم انتاجها في عام 2020 من قبل جميع البلديات في المنطقة الدراسة قدرت 0,55 كغ / للإنسان / يوم. من جهة أخرى خلف وصول وباء الفيروس التاجي Coronavirus عواقب بيئية كبيرة، حيث سمح بإنتاج كميات هائلة من النفايات المنزلية، خاصة خلال الموجة الأولى والحضر الصحي المفروض بزيادة قدرها 15%. مما أدى إلى إضعاف نظام إدارة النفايات المنهك أصلا بفعل عوامل كثيرة.

بمجرد دفنها، تبدأ النفايات في عمليات تحلل تؤدي إلى انبعاث العديد من المواد الملوثة في العصاراة المنتجة (الليكسيفيا). لهذا الغرض، قمنا بإجراء توصيف فيزيائي كيميائي سنوي يعني متابعة لمدة 12 شهر من سنة (2020) لعصاراة الليكسيفيا سمحت لنا بالقول: أن العصاراة المعنية ملوثة و تدرج في فئة العصاراة الوسيطة ذاك أن العلاقة ($BOD_5/COD = 0,48$) ؛ غير أن الأس الهيدروجيني Hp القاعدي بلغ 8,85 ($\pm 0,486$) التي تميز العصاراة المستقرة ، لذلك يمكن الحكم على أن العصاراة التي تم تسليط الضوء عليها أنها تكاد تكون في بداية مرحلة الاستقرار و تعكس القيم العالية لـ BOD_5 و COD المقدر ب 1603.75 و $778.54 \text{ mg/O}_2/\text{l}$ على التوالي تلوئاً عضويًا كبيرًا ؛ أما بالنسبة للمحتويات NO_2 و NO_3 و NH_4 والتي تتجاوز أيضًا المعايير القياسية وسجلت على التوالي (17.93 ؛ 15.68 و 122.42) ، كما سجلت جميع المعادن الثقيلة التي تم تحليلها (الكاديوم والرصاص والحديد والكروم والزنك) مستويات عالية جدًا تتجاوز المعيار الذي حدده المشرع الجزائري ، والتي كان الحديد أعلى نسبة منها (32.26 ± 42.70) mg/l ، وأظهرت متابعة في اتجاه مجرى النهر (مياه واد سييوس حيث يتم تصريف هذه العصاراة أنها تسبب تلوئاً كبيراً بالملوثات (العضوية والمعدنية والمكروبيولوجية) التي تشهد على التلوث الشديد في المصب.

الكلمات المفتاحية: مركز ردم تقني للنفايات، عصاراة، ملوثات، مياه سطحية.

Introduction

Générale

Introduction Générale

La relation déchets/santé-environnement n'est certes pas récente, c'est un nœud qui date depuis longtemps, vu qu'avant tout, qu'elle soulève des préoccupations humaines sur l'hygiène et la salubrité publiques. En effet, en Algérie cela date de 1983 avec la loi n°83-03, relative à la protection de l'environnement, fixe comme objectif de mettre en œuvre une politique nationale de protection de l'environnement tendant à : la protection, la restructuration et la valorisation des ressources naturelles (**Hamiti, 2022**). Aujourd'hui, la question est constamment présente. Toutefois, elle occupe le devant de la scène sous l'impulsion démographique, le développement socio-économique, à un moment au cours duquel « le concept de durabilité » de la gestion des déchets révèle un certain nombre de contradictions et d'obstacles (**Isabelle, 2013**).

La gestion des déchets ménagers (DM) surnommés aussi, déchets solides municipaux (DSM) constitue l'un des défis environnementaux majeurs dans la majorité des villes, des pays en développement, y compris l'Algérie. Une mauvaise gestion des déchets peut présenter des risques pour l'homme et/ou l'environnement. Le système actuel de gestion des déchets doit être mis à jour pour s'ajuster aux nouvelles données relative à : la qualité, la quantité et à la composition des déchets (**Kalantarifard & Yang, 2011**). Il s'agit donc de maîtriser la quantification du taux de production des déchets et la caractérisation de leur composition, cela paraît essentiel pour planifier et concevoir un système efficace de gestion des déchets dans une région donnée (**Gomez et al., 2008**), (**Monavari et al., 2012**).

Une gestion efficace des déchets dépend non seulement des choix politiques, organisationnels et techniques, mais aussi d'une connaissance préalable, en termes d'indices locales quantitatives et qualitatives, dont ils hypothèquent toute politique mise en place. Ainsi qu'une compréhension des conséquences qui peuvent s'installer lors d'un mauvais management. Plusieurs raisons justifient l'obligation de bien maîtriser cette gestion (**Tabet-Aoul, 2001**) :

- les déchets conçoivent une menace pour la santé humaine et l'environnement, particulièrement pour les populations abords des décharges, à cause des nuisances des émissions gazeuses dont certaines sont toxiques comme la dioxine, les acides chlorhydriques et fluorhydriques et les métaux lourds dont les concentrations dans l'air sont très élevés;
- La menace sur les eaux superficielles contre le ruissellement des eaux contenant les lixiviats provenant de la décomposition organique des déchets ;
- la menace sur nappes phréatiques situées sous ou à proximité des décharges, contre l'infiltration des lixiviats ;

Introduction Générale

- la nécessité de préserver et d'économiser les sols et les ressources naturelles et l'appui sur le concept de la durabilité de déchets.

En Algérie, le secteur de déchets a été quasiment inexploité, (de 1962 à 2000) et les pratiques de mettre les déchets en pleine décharge étaient le plus fréquent. Cependant, dès l'an 2000, l'Algérie s'est engagée dans l'amélioration de la qualité de l'environnement, la protection et la promotion du cadre de vie du citoyen. Dans ce volet, elle a établi en 2002 un plan national d'actions pour l'environnement et le développement durable (PNAE-DD), qui vise surtout de s'engager dans un développement écologiquement durable, dont deux programmes d'action étaient les premiers fruits : Le programme national de gestion intégrée des déchets ménagers (PROGDEM) et le plan national de gestion des déchets spéciaux (PNAGDES), qui seront les piliers de promouvoir une gestion de déchets assurant l'épanouissement environnemental **(Atmane & Bacha, 2017)**.

Progressivement, avec l'accroissement démographique et l'augmentation du pouvoir d'achat, en Algérie, ont engendré une surconsommation des ressources et par conséquent, elles ont accru la quantité de déchets produite et face à l'accumulation des quantités importantes de déchets qui forment parfois des montagnes de déchets à côté des agglomérations...etc., le constat de nouvelles formes de pollution apparaît ; Il est donc de l'intérêt général que la quantité des déchets destinés à l'élimination soit réduite au maximum. De là naissent la nécessité de s'engager dans une vraie politique d'amélioration de la qualité de vie urbaine. En effet, La gestion des déchets ménagers doit être non seulement efficace, mais, elle doit garantir la réduction au maximum de la pollution causée par les deux effluents : les lixiviats et les biogaz **(Mangenda et al., 2020)**.

En 2010, l'Algérie a fait le choix de consacrer des investissements étendus pour réaliser des installations normalisées pour le traitement de ses déchets. A ce jour, 221 installations de traitement ont été réalisées, dont 191 installations en cours d'exploitation, 101 CET classe II et 90 décharges contrôlées. En effet, la réalisation des CET est un axe capital recommandé dans le cadre du PROGDEM au même titre que l'obligation de réaliser le schéma communal de gestion des déchets et la nécessité d'éradiquer les décharges sauvages **(AND, 2020)**.

Aujourd'hui, La gestion des déchets défie les pouvoirs publics en permanence. Par ex : les déchets ménagers et assimilés (DMA) qui est la fraction la plus importante de l'ensemble des déchets, en effet en 2014 les Algériens ont produit 11 millions de tonnes/an, et atteint 13,5 millions de tonnes/an en 2020 **(Ouamane, 2016)**. Face à ces flux, l'Agence nationale des

Introduction Générale

déchets (AND), par son statut d'institution publique qui s'en charge des déchets, tente de promouvoir une gestion optimale et appropriée des déchets à travers la mise en place des filières de traitement, valorisation et de recyclage (AND, 2020).

Compte tenu des problèmes complexes que posent la gestion des déchets ménagers qui ne cesse de croître en quantité, en qualité et en nocivité dans les installations de traitement (les CETs). Une exploitation rationnelle des casiers d'enfouissement dépend principalement de la composition et de quantité des déchets, de la qualité du compactage et du mode d'exploitation. Évidemment, une relation corrélative entre le taux du compactage avec la durée de vie des casiers. En effet, Sur les 197 casiers en exploitation, 87 ont un taux de saturation situé entre 50% et 100%, 24 sont saturés et 25 sursaturés (AND, 2020). Cela reflète une situation critique concernant la durée de vie des installations conçoivent recueillant des déchets.

Au problème de saturation des casiers, s'ajoute le problème de la production des quantités importantes des lixiviats, ou jus de décharges, qui constituent un flux liquide hautement toxique pour la santé environnementale et humaine (Christensen et al., 2001). Donc le traitement de ces effluents est une obligation de premier rang, et elles doivent subir un traitement d'épuration avant d'être rejetés vers le milieu naturel, dont plusieurs types de traitements existent, en fonction de la qualité des lixiviats produits. En effet, dès le dépôt des déchets, ces derniers sont soumis à des processus complexes de dégradation causés par des réactions biologiques et physico-chimiques (Renou et al., 2008), où l'eau s'y infiltre et produit des lixiviats ainsi que des biogaz, chargés de substances organiques et minérales, en causant, une pollution de type organique et métallique surtout (Trabelsi, 2011).

Cependant, les recherches sur les problèmes d'impacts environnementaux causés par les lixiviats des décharges sont en vogue ces derniers temps, et une concentration excessive sur les eaux superficielles, souterraines et sur le sol tell que : (Mangenda et al., 2022), (Sofiane et al., 2022), (Ahouach et al., 2023). Le dénominateur commun entre ces études est que la zone riveraine des décharges serait victime de ces installations et demeure une zone critique avec écosystème fragilisé. C'est pourquoi, de nouvelles prescriptions de sécurisation des zones de stockage et/ou d'enfouissement de déchets apparaissent progressivement dans le monde. Suivant ce volet, notre recherche vise pareillement l'évaluation de l'impact environnemental causé par les lixiviats des décharges.

En outre, le réchauffement de la planète, ou climatique, est devenu un sujet de préoccupation mondiale où, les déchets ménagers sont impliqués sérieusement dans ce redoux,

Introduction Générale

car ces (DM) sont considérés comme une source importante d'émissions anthropiques de gaz à effet de serre (GES) d'origine anthropique (**Khan et al., 2016**).

- **Cadre et objectifs de la thèse**

Ce travail s'inscrit dans le cadre de l'étude d'impact environnementale et comme son intitulé l'indique « **Modélisation de l'impact des rejets des déchets au niveau de l'est algérien et estimation des conséquences environnementale** ». Le travail cible plus précisément, s'intéresse sur trois wilayas voisines du nord est algérien, qui sont : Annaba, Guelma et El Taref, et qui se focalise sur les trois centres d'enfouissement techniques des déchets de ces trois wilayas. Néanmoins, avant d'évaluer et/ou modéliser l'impact environnemental possible, et pour mieux se positionner, on était dans l'obligation d'examiner le système de gestion actuel des déchets ménagers produits par les 23 communes sujettes de notre quête. Où, le suivi des flux des quantités de déchets produits avec les tendances et les ratios ont été évalués pendant quatre ans (2017-2020), les contraintes enregistrées sur les trois sites ont été prises en compte et enfin une caractérisation des lixiviats accusées d'apporter des impacts environnementaux désastreux a été menée. Le choix d'impact était par obligation l'impact sur les eaux d'Oued Seybouse par sa valeur vitale pour la zone (Nord-Est Algérie) ; En plus, qu'il traverse les trois wilayas ciblées avant de se déverser dans la mer Méditerranée, c'est une ressource hydrique pour les activités économiques (irrigation et agriculture, industrie ...etc.). Toutes les actions entreprises étaient dans le but d'apporter la première contribution qui effectue un suivi des tendances de production de déchets sur un spectre spatial et temporel aussi élargie, ainsi d'apporter la première étude sur l'impact des lixiviats sur le site (CET Guelma) sur les eaux d'oued Seybouse.

- **Structure de la thèse**

C'est un travail pluridisciplinaire, dans lequel nous essayant d'apporter le maximum de débroussaillage possible, afin de bien s'étaler sur le sujet et être en mesure de bien exposer notre réflexion, où elle s'articule et/ou s'appuie sur les cinq chapitres suivants :

Le premier chapitre est une revue bibliographique subdivisée en deux principaux axes, dont la première partie traite les déchets et expose les différentes définitions et les classifications existantes. Ensuite, nous tenterons d'aliéner un aperçu global sur l'évolution du cadre juridique et institutionnel, notamment celles relatives à l'environnement de déchets, l'état des lieux du secteur de déchets en Algérie, le fonctionnement et les modes de gestion, en particulier, dans

Introduction Générale

les centres d'enfouissement techniques : le flux de déchets, leur caractérisation, leur valorisation et élimination. La deuxième partie traite principalement la genèse des lixiviats, les différents procédés de traitement ainsi que les risques de pollutions liées aux rejets de ces lixiviats.

Le second chapitre est également subdivisé en deux parties, à cause de la pandémie coronavirus (Covid-19), dont la première partie (la période pré-pandémique), dans laquelle nous effectuons une analyse de l'évolution des quantités produites par 23 communes, durant les quatre dernières années (de 2017 à 2020). La deuxième partie (la période pandémique et post-pandémique.) traite l'impact de la pandémie de coronavirus sur le secteur de déchets, surtout, pendant le premier confinement. Ensuite, nous analysons le flux quantitatif des déchets ménagers produit sous les quatre vagues de Coronavirus enregistré dans le pays.

Le troisième chapitre traite par nécessité la composition des lixiviats accusées source de pollution. Il effectue ainsi un suivi et/ou une caractérisation physico-chimique annuelle des lixiviats produite au niveau du centre d'enfouissement technique, Bouguerguer, Guelma. Afin évaluer d'une part la charge polluante contenue dans ces lixiviats et d'une autre part d'estimer et de contrôler le degré de maturation des déchets enfouis dans le casier de cette décharge.

Le quatrième chapitre a pour objectif de contrôler l'influence des lixiviats sur la qualité des eaux superficielles (les eaux d'Oued Seybouse), avec la détermination de la typologie de cette pollution. L'objectif englobe aussi la vérification de la fiabilité des équipements techniques utilisés comme interface entre la source de contamination (les lixiviats) et le milieu naturel. D'une autre manière, la finalité attendue, c'est de diagnostiquer au mieux les impacts environnementaux causés par les centres d'enfouissement techniques des déchets.

On clôture notre travail par un cinquième chapitre qui fixe comme objectif : la modélisation de l'impact des déchets sur l'environnement, plus précisément l'impact des lixiviats des décharges sur les eaux superficielles, on se référant au modèle ACP qui permet de modéliser la distribution des données d'un phénomène à partir d'une base d'exemples l'aide d'un petit nombre de variables qui sont en combinaison avec des variables initiales.

Chapitre I

Synthèse bibliographique.

1.1. Généralités sur les déchets

L'urbanisation rapide et le développement industriel des pays d'Afrique a conduit à l'évolution des modes et volumes de consommation et par conséquent à l'augmentation du volume des déchets de toutes formes. Mais, qu'est-ce qu'un déchet ? Au sens courant du mot, c'est un résidu de production ou de consommation, sans valeur d'usage, qui doit être, impérativement éliminé, et cela entraîne un coût individuel et social (**Belaib & Touati, 2012**).

La gestion des déchets dans les pays en développement (PED), rencontre de très nombreuses difficultés, tant du point de vue technique, économique, que méthodologique et organisationnel (**Bouglouf, 2014**). En Algérie, de fortes pressions sur l'environnement ont été enregistrées notamment dans le domaine de service de déchets municipaux. Cette situation se caractérise par une dégradation de plus en plus d'hygiène et de salubrité publique, où l'Algérie vise à travers le schéma national d'aménagement du territoire (SNAT) pour 2025 en matière de la politique de la ville à atteindre des objectifs en matière de sécurité et de qualité des services publics : eau, déchets, éducation, santé... (**MATE, 2008**). L'état de l'environnement actuel relatif aux déchets en Algérie est marqué par cinq coefficients :

- Le problème de la salubrité publique ;
- La saturation des décharges ;
- L'insuffisance des moyens humains et matériels ;
- L'augmentation progressive de la production totale et le ratio par habitant ;
- L'augmentation des coûts d'élimination.

1.2. Définitions du terme « déchets »

La fonction des définitions du terme déchets est particulièrement important voire délicat dans le secteur de déchet où le vocabulaire joue un rôle prépondérant : Irrévocablement, le terme déchet est polysémique, selon le contexte d'utilisation (sociologie, économie, industriel et politique etc.), ceci explique pourquoi certaines définitions de déchets ont souvent évolué en l'espace de quelques années, et gagne plus d'intérêt fonctionnelle. Dans le contexte algérien la définition des déchets est délimitée par des lois juridiques :

D'abord, le législateur par (loi 83-03 de 08 février 1983 relative à la protection de l'environnement) définit le déchet comme étant : "*tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit, plus généralement, tout bien meuble abandonné ou son détenteur destine à l'abandon*" .

Ensuite, la loi n° 01-19 du 12-12-2001 vient pour parachever et augmenter le sens que la politique environnementale donne au terme déchet en ajoutant la notion d'obligation : *"tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, et plus généralement toute substance, ou produit et tout bien meuble dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer"*.

1.3. Classification des déchets

Il n'y a pas une classification universelle des déchets, en effet, la définition des différents types de déchets peut varier d'un pays à l'autre. Ils peuvent être classés de différentes manières selon les objectifs et selon l'intérêt des informations qui peuvent en être tirées, Il existe plusieurs classifications, actuellement pour les déchets dont les plus utilisées sont :

- ✓ Selon la nature des déchets et les risques qu'ils font courir à l'homme et à l'environnement, déchets dangereux et déchets non dangereux.
- ✓ Selon l'origine des déchets : déchets municipaux, déchets des activités économiques, dont la production relevant de la responsabilité élargie du producteur (**Balet, 2016**).

1.3.1. Selon la nature des déchets

a. Déchets dangereux

Les déchets dangereux est défini comme un déchet qui présente une ou plusieurs des propriétés de dangers énumérées. Ce sont des déchets qui contiennent des éléments toxiques pour la santé humaine ou environnementale, en quantités variables. Cette qualité ne tiennent pas compte de l'origine des déchets qui peut être domestique, industrielle ou agricole (**Balet, 2016**).

b. Déchets non dangereux

Les déchets dite « non dangereux » sont définis par rapport aux déchets précédents comme ceux qui ne présentent pas des propriétés qui rendent un déchet dangereux (**Balet, 2016**).

1.3.2. Selon l'origine des déchets

Dont la provenance de ces déchets régissent leur classification que ce soit des secteurs primaire et secondaire, de cela on cite :

a. Déchets agricoles

Désigne tous les déchets qui en découlent des activités agricoles et d'élevage. Ils se composent de déchets organiques tels que les déjections animales et les résidus de récolte et

de déchets dangereux tels que produits phytosanitaires non utilisés, emballages ayant contenus des produits phytosanitaires...etc. (Lamari & Saber, 2017).

b. Déchets ménagers

Désigne tous les déchets qui provient des ménages, de commerce, des administrations communales et de l'industrie assimilables aux déchets ménagers, déchets encombrants, déchets verts (greffage des arbres, espaces verts), déchet de nettoyage des voies publiques dont la collecte de ces déchets est assurée par les collectivités (Abderrezak, 2000).

c. Déchets industriels**• Déchets industriels banals (DIB)**

Ce sont tous des déchets non dangereux comparables aux ordures ménagers, donc ils relèvent du même traitement, provient de l'activité industriels tels que le papier carton, les plastiques, les emballages, les matériaux à base de bois, ...etc.) (Damien, 2004).

• Déchets industriels spéciaux (DIS)

Ils représentent la caractéristique nocive et marquante de l'activité industrielle, car ils contiennent des éléments nocifs en grandes quantités, et présentent des grands risques pour l'homme et/ou environnement et doivent être traité et enfouis avec un protocole précis. Ces déchets sont classés en trois groupes :

- ✓ Déchets organiques : goudron, résidus hydrocarbures, solvants ;
- ✓ Déchets inorganiques liquides ou semi-liquides : bains de traitement des métaux, acides ;
- ✓ Déchets solides : boues hydroxydes métalliques, sable de fonderie (Peya, 2020).

d. Déchets hospitaliers et déchets d'activités de soins (DAS)

Ce sont tous les déchets provenant des établissements de santé tell que : les hôpitaux, les cliniques, les laboratoires d'analyses médicales et les services vétérinaires aussi. Ces établissements produisent des déchets à risque (dangereux) comme : les objets coupants et tranchants, Piles et batteries, films radiologiques, textiles, cultures biologiques de laboratoire, des déchets anatomiques et objet contenant du sang ou des réactifs. Mais ils génèrent aussi des déchets ménagers de leurs cantines, jardins et administration, à moins que ces déchets ne divers ne présentent pas de risques tels que : le plâtre, les papiers, le plastique d'emballage...etc. (Peya, 2020).

1.3.3. Selon l'état ou la substance

a. Déchets solides

Les déchets solides sont les déchets qui sont pelletables, c'est-à-dire qu'on peut charger à la pelle, Ils sont généralement constitués de 1 à 1,5 % de plastique, 9 à 10 % de poussières et cendres, 20 % d'ordures ménagères et 35 à 40 % de papiers, ainsi que : les métaux, bois, verres,... etc. (Drevon & Théry, 1977).

b. Déchets liquides

Les déchets liquides sont des déchets qui sont pompables, donc on peut aspirer et/ou rejeter avec une pompe, Ils sont généralement constitués de :

- ✓ Eaux ménagères, eaux de latrines, de fossés bordant les chemins et de caniveaux d'écoulement ;
- ✓ Eaux des effluents industriels, dont elles doivent être recyclées par le processus « l'épuration biologique » qui est un des procédés de traitement d'eau ;
- ✓ Eaux pluviales et usées, (les eaux de pluie altérées par un usage prolongé par des actions physiques et chargées de substances altérageuses) qui peuvent déséquilibrer surtout, les écosystèmes aquatiques voisines atteinte (Peya, 2020).

c. Déchets gazeux

Ils sont des substances gazeuse résultant d'anneaux de fabrication qui émettent dans l'air par des cheminées propres d'usines ou libérée par l'incinération d'un objet (bois, caoutchouc, incendies à base de carburant...etc.) conduisant à une nuisance environnementale, parmi ces gaz nuisibles on note : monoxyde de carbone, l'ammoniac, dioxyde de soufre, l'oxyde d'azote, des particules solides en suspension dans l'air sous forme de poussière et des atomes des différents métaux. Les principaux producteurs du gaz sont : les automobiles, les brasseries, les cimenteries et les carrières, dans des villes industrielles (Henon, 2008).

1.3.4. Classification selon la loi algérienne

L'article 3 de la loi n°01-19 du 27 Ramadhan 1422 correspondant au 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets (JO N°77 du 15 Décembre 2001), clarifie les concepts et définit six type de déchets :

- **Déchets ménagers et assimilés** : *« tous déchets issus des ménages, ainsi que les déchets similaires provenant des activités industrielles, commerciales, artisanales et autres, qui par leur nature et leur composition sont assimilables aux déchets ménagers ».*
- **Déchets encombrants** : *« tous déchets issus des ménages qui en raison de leur caractère volumineux ne peuvent être collectés dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés. Nous pouvons citer ici, les meubles, les pneus, l'électroménager... ».*
- **Déchets spéciaux** : *« tous déchets issus activités industrielles, agricoles, de soins, de services et toutes autres activités, qui en raison nature et de la composition des matières qu'ils contiennent, ne peuvent être collectés, transportés et traités dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés et les déchets inertes ».*
- **déchets spéciaux dangereux** : *« tous déchets spéciaux qui, par leurs constituants ou par les caractéristiques des matières nocives qu'ils contiennent, sont susceptibles de nuire à la santé publique et/ou à l'environnement ».*
- **Déchets d'activité de soins** : *« tous déchets issus des activités de diagnostic, de suivi et de traitement préventif ou curatif, dans les domaines de la médecine humaine et vétérinaire ».*
- **Déchets inertes** : *« tous déchets provenant notamment de l'exploitation des carrières, des mines, des travaux de démolition, de construction ou de rénovation, qui ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique lors de mise en décharge, et qui ne sont pas contaminés par des substances dangereuses ou autres éléments générateurs de nuisances, susceptibles de nuire à la santé et/ou à l'environnement ».*

1.4. L'évolution du cadre juridique relatif aux déchets en Algérie

Les politiques publiques relatifs aux déchets incitent sur la santé humaine, les problèmes écologiques et l'hygiène publique (**Bertolini, 2005**). La politique environnementale des déchets en Algérie a connu une progression significative au fur et à mesure de l'évolution thématique et problématique. Aujourd'hui, elle compte plusieurs textes très riches qui évoque le sujet « déchet » et qui mette le point sur la clarification du sens, des termes relatifs à ce champ, ainsi que la désignation des objectifs et des responsabilités de chacun des intervenants.

- **La loi n°83-03 du 5 février 1983**, relative à la protection de l'environnement. Il a pour objectif de mettre en œuvre une politique nationale de protection de l'environnement tendant qui tende à : la protection, la restructuration et la valorisation des ressources naturelles, la

prévention et la lutte contre toute forme de pollution et nuisance et l'amélioration du cadre et de la qualité de la vie. Le chapitre 2, de l'article 89 jusqu'à l'article 108 traite le sujet déchets.

- **Le décret n° 84-378, 15 décembre 1984**, fixe les conditions de nettoyage, d'enlèvement et du traitement des déchets solides urbains. Il détermine la notion de déchets solides urbains, les procédés et la fréquence de la collecte des déchets selon la taille des communes. Ainsi, il fixe les normes du choix d'aménagement et d'exploitation du site (décharge surveillée, décharge contrôlée, décharge compostée,...etc.).
- **Le 07 avril 1990**, les codes de la commune et de la wilaya définissent le rôle des collectivités locales en matière de services publics en général. Le financement des divers services publics est organisé par le code des impôts à travers les lois de finances. Le code des douanes est compétent en matière d'importation et d'exportation de déchets.
- **La loi n° 91-25 du 18 décembre 1991**, qui a instaurée l'écotaxe sur les activités polluantes ou dangereuses (**TAPD**) pour l'environnement en fixant des taux et un coefficient multiplicateur. Ces taux ont été modifiés par la loi de finances pour l'année 2000 qui prévoyait son augmentation sans changement du coefficient multiplicateur. En 2001 ce coefficient est modifié (en passant d'un intervalle de 1 à 6, à un intervalle de 1 à 10 en fonction de la nature, de type et de quantité de déchets générés).
- **En 1993**, La loi de finances avait institué une taxe annuelle, forfaitaire sur le service de l'enlèvement des ordures ménagères (**TEOM**), en 1994, la taxe c'est devenu opérationnelle imposée sur toutes les propriétés bâties. La taxe environnementale en Algérie a été adaptée au contexte général du pays dès 2002 à travers : la revalorisation de la TEOM, l'adoption d'une taxe sur les carburants et l'institution d'une taxe sur le déstockage des déchets.
- **Le 10 juillet 1993**, une réglementation concernant quelque produit générateur de déchets qui est le décret exécutif n° 93-162 définit la notion d'huiles usagées et leur mode de transport. Il précise les conditions et les procédés de récupération et de traitement des huiles usagées.
- **Le 29 avril 1998**, l'Algérie a signé le **protocole de Kyoto** sur le changement climatique avec réserve, et entré en vigueur le 16 février 2005. Le protocole incite à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. En matière de déchets, ces gaz peuvent être émis par le brûlage à l'air libre des déchets au niveau des décharges.

- **Décret présidentiel n°98-158 du 16 Mai 1998**, la république Algérienne démocratique et populaire adhère, avec réserve, à **la convention de Bâle** qui porte sur l'élimination et le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux.
- **Décret exécutif n°99-253 du 7 Novembre 1999**, portant sur la composition, l'organisation et le fonctionnement de la commission de surveillance et de contrôle des installations classées.
- **la loi n° 01-20 du 12 décembre 2001**, relative à l'aménagement et au développement durable du territoire, dont l'environnement est considéré comme un axe très important dans les plans d'aménagement du territoire de wilaya (**PATW**) qui visent : l'organisation d'une politique de la ville avec les orientations générales de la protection et de valorisation de l'environnement. La gestion des déchets se décline à travers un axe très important dans la réalisation de ce plan.
- **La loi 01-19 du 21 décembre 2001**, (la loi cadre) l'Algérie adopte cette loi cadre relative à la gestion, le contrôle et l'élimination des déchets, qui organise le service public des déchets en Algérie. Cette loi-cadre définit tous les types de déchets et désigne la commune comme l'organisme compétent pour assurer le service public d'enlèvement et d'élimination des déchets. Elle prévoit les principes de prévention, de réduction à la source, de tri sélectif, de valorisation, d'information et de sensibilisation. Un plan national de gestion des déchets spéciaux (**PNAGDES**), et un schéma communal de gestion des déchets ménagers et assimilés (**SCGDMA**) ont été institués afin d'assurer une gestion efficace. De plus, des mesures financières ont été mises en place pour répondre aux coûts de la gestion de déchets.
- **Le décret exécutif N° 02-175 du 20 Mai 2002**, la création de L'Agence Nationale des Déchets **AND**, qui est un Établissement Public à caractère Industriel et Commercial « EPIC », doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière qui s'en charge de l'accompagnement des collectivités locales ainsi que les CETs dans la gestion technique des déchets ménagers et assimilés. L'AND a une mission de service public en tant qu'agence exécutive sous tutelle du ministère de l'environnement pour appuyer la mise en œuvre des dispositions réglementaires sur les déchets ainsi que, celles inscrites dans les différents programmes ci-dessous :
 - ✓ Programme national de gestion intégrée des déchets municipaux (**PROGDEM**).
 - ✓ Plan national de gestion des déchets spéciaux (**PNAGDES**).
- **Le décret exécutif n° 02-372 du 11 novembre 2002**, relatif aux déchets d'emballages. Il comprend trois chapitres et il vise principalement : la responsabilité des détenteurs d'éliminer

et de valoriser leurs déchets d'emballages et la valorisation par le détenteur ou par des entreprises agréées ou par une adhésion à un système public de reprise. Ce décret oblige les entreprises de dresser un rapport annuel qui comprend : le volume de déchets d'emballages triés, le mode de traitement, le taux de couverture géographique et les indicateurs financiers. Il s'agit surtout d'emballages issus des consommations des ménages pour lesquels la commune peut passer toute convention avec ces entreprises en vue de leur valorisation. En effet, conformément aux dispositions de l'article 13 de ce même décret, un autre décret n° 04-200 du 19 juillet 2004, qui a pour objet de fixer les modalités de création, d'organisation, de fonctionnement et de financement du système public de traitement des déchets d'emballages. La dénomination officielle est « Eco-Jem », il prévoit la création de réseaux de récupération et de valorisation par filière, ainsi que l'organisation, le fonctionnement et le financement du système public de reprise et de valorisation des déchets d'emballages « Eco-Jem ».

- **Loi n° 03-10 du 19 juillet 2003**, relative à la protection de l'environnement dans le cadre du développement durable. En matière de déchets, elle prévient toute forme de pollution et favorise l'amélioration des conditions de vie. Il se fonde sur des principes généraux comme : le principe de précaution, le principe du pollueur payeur, le principe d'action préventive et de correction, par priorité à la source, des atteintes à l'environnement...etc. Elle met le point sur les définitions des termes tels que : Biotope, Pollution et Environnement. Dans son quatrième chapitre, elle insiste sur le développement d'études d'impact environnementales.
- **Décret exécutif n° 03-452 du 1 Décembre 2003**, fixant les conditions particulières relatives au transport routier des matières dangereuses.
- **Décret exécutif n° 03-477 du 9 Décembre 2003**, fixant les modalités et les procédures d'élaboration, de publication et de révision du plan national des déchets spéciaux.
- **Décret exécutif n° 03-478 du 9 Décembre 2003**, définissant les modalités de gestion des déchets d'activité de soins.
- **Décret exécutif n° 2004-199 du 19 juillet 2004**, fixant les modalités de création, d'organisation, de fonctionnement et de financement du système public de traitement des déchets d'emballages.
- **Décret exécutif n° 2004-210 du 28 juillet 2004**, définissant les modalités de détermination des caractéristiques techniques des emballages destinés à contenir directement des produits alimentaires ou des objets destinés à être manipulés par les enfants.

- **Décret exécutif n° 04-409 du 14 Décembre 2004**, fixant les modalités de transport des déchets spéciaux dangereux. Il se rapporte sur les conditions liées à l’emballage des déchets spéciaux dangereux et conditions liées aux moyens de transport des déchets spéciaux dangereux. Il comporte aussi les conditions particulières relatives à l’autorisation de transport et aux documents de mouvement des déchets spéciaux dangereux avec des textes d’application : arrêté interministériel (Art.15), (Art.18).
- **Décret exécutif n° 04-410 du 14 Décembre 2004**, fixant les règles générales d'aménagement et d'exploitation des installations de traitement des déchets et les conditions d'admission de ces déchets au niveau de ces installations.
- **Décret exécutif n° 05-314 du 10 Septembre 2005**, fixant les modalités d’agrément des groupements de générateurs et tous détenteurs de déchets spéciaux.
- **Décret exécutif n° 05-315 du 10 Septembre 2005**, fixant les modalités de déclaration des déchets spéciaux dangereux.
- **Décret présidentiel n° 06-198 du 15 avril 2006**, réglementant l’émission dans l’atmosphère de gaz, fumées, vapeurs, particules liquides ou solides ainsi que les conditions dans lesquelles s’exerce leur contrôle.
- **Décret présidentiel n° 06-198 du 31 Mai 2006**, définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l’environnement.
- **La loi n° 06-06 du 20 février 2006**, portant sur les orientations de la ville. Son objectif est de fixer des dispositions particulières visant à définir les éléments de la politique de la ville dans le cadre du développement durable. Parmi ces dispositions en relation avec le service des déchets, on cite : La promotion et la préservation de l’hygiène et de santé publique, la garantie et la généralisation des services publics et la lutte contre la dégradation des conditions de vie.
- **Décret exécutif n° 06-104 du 28 Février 2006**, fixant la nomenclature des déchets y compris les déchets spéciaux dangereux. Le présent décret a pour objet, en application des dispositions de l'article 5 de la loi n° 03-10 de fixer la nomenclature des déchets, dont ils sont regroupés sous quatre classes, notamment : les déchets ménagers et assimilés, les déchets inertes, les déchets spéciaux et les déchets spéciaux dangereux.
- **Décret présidentiel n° 07-144 du 19 Mai 2007**, fixant la nomenclature des installations classées pour la protection de l’environnement.

- **Décret exécutif n°07-205 du 30 juin 2007**, fixant les modalités et les procédures d'élaboration de publication et de révision du schéma communal de gestion des déchets ménagers et assimilés.
- **Instruction n° 001 MSPRH/MIN du 04 Août 2008**, relative à la gestion de la filière de l'élimination des déchets d'activités de soins.
- **Décret exécutif n° 09-19 du 20 Janvier 2009**, portant sur la réglementation de l'activité de collecte des déchets spéciaux. Il détermine les ordres relatifs à l'agrément des personnes qui désirent exercer cette activité, ainsi leurs droits, les obligations et le contrôle.
- **Arrêté interministériel du 4 avril 2011**, fixant les modalités de traitement des déchets anatomiques.
- **Arrêté interministériel JO n° 35 du 4 Juillet 2012**, relative à la gestion de la filière de l'élimination des pièces et organes anatomiques.
- **Instruction MSPRH /MIN n°4 du 12 Mai 2013**, relative à la gestion de la filière d'élimination des déchets issus d'activités de soins. Elle autorise l'installation de banaliser et n'autorise plus l'installation d'incinérateur à l'intérieur des établissements de soins.
- **Arrêté interministériel du 2 septembre 2013**, fixant le contenu du dossier de demande d'autorisation de transport des déchets spéciaux dangereux, les modalités d'octroi de l'autorisation ainsi que ses caractéristiques techniques.
- **Arrêté interministériel du 2 septembre 2013**, fixant les caractéristiques techniques des étiquettes des déchets spéciaux dangereux.
- **Arrêté du 7 juin 2014**, en application des dispositions de l'article 3 du décret exécutif n° 03-477 du 9 décembre 2003 portant sur la désignation des membres de la commission chargée de l'élaboration du plan national de gestion des déchets spéciaux.
- **Décret exécutif n° 19-10 du 23 janvier 2019**, réglementant l'exportation des déchets spéciaux dangereux.
- **Arrêté du 22 mars 2020**, modifiant l'arrêté du 18 décembre 2019 portant désignation des membres du comité intersectoriel d'exportation des déchets spéciaux dangereux.
- **Arrêté du 8 juin 2020**, portant l'approbation du règlement intérieur du comité intersectoriel d'exportation des déchets spéciaux dangereux.
- **Arrêté du 8 juin 2020**, fixant les modalités d'habilitation de l'exportateur des déchets spéciaux dangereux.

1.5. La Gestion des déchets ménagers

1.5.1. Qu'est-ce que la gestion des déchets ?

La gestion des déchets est une des branches de la rudologie, qui est l'étude systématique des déchets, des biens, des espaces et de l'activité économique, afin de mettre en œuvre des mesures visant d'améliorer l'aménagement de l'espace ainsi que la limitation de la dégradation du milieu, à cause de la pollution. Il est à noter que les procédés de gérance des déchets diffèrent d'un pays à l'autre selon sa politique, son degré d'évolution technologique, voire d'une ville à une autre (urbaine, extra-urbaine et rural.) (Safia, 2015).

Dans le contexte algérien, l'article 3 de la loi 01-19 définit la gestion des déchets comme « *Toute opération relative à la collecte, au tri, au transport, au stockage, à la valorisation et à l'élimination des déchets, y compris le contrôle de ces opérations* ». Elle se concentre sur les opérations relatives à la gestion de déchets : collecte, transport, tri et traitement ainsi que le secteur juridique relatifs. Elle propose des solutions aux problèmes encombrant des déchets tell que : la réduction à la source, le recyclage, la valorisation et l'élimination des déchets.

1.5.2. Problématique de gestion des déchets ménagers dans les PED

« *Le déchet constitue le symbole de la consommation dans les pays développés, et les signes du désespoir (dans la prise en charge) dans les pays en développement*» (Brousse, 2005).

l'analyse d'une telle situation problématique se fait, en adoptant une approche systémique, définit par Tonon : « *l'ensemble de tous les éléments ou facteurs des trois composantes que sont : le sous-système milieu physique, le sous-système milieu socioéconomique et le sous-système moyens matériels et organisationnels qui déterminent la nature et la composition des déchets, les modes de leur production, les moyens de leur collecte, de leur évacuation, leur élimination ou valorisation* » (Tonon, 1987). Tandis, cette définition bien que détaillée, elle focalise sur l'utilisation de l'outil de l'analyse fonctionnel. Effectuant, Bras en une synthèse expose les causes derrière le décalage existant entre les objectifs des services de gestion des déchets ménagers dans les PED et la réalité (Bras, 2010). Ce dernier, a énuméré ces causes à l'aide du diagramme d'Ishikawa (l'une des outils de base du management) et il a pu démontrer les causes principales et secondaires du décalage existant entre l'objectif visé et la réalité sur le terrain. Les causes principales classées en quatre grandes catégories. Il s'agit du jeu des acteurs, de l'organisation, du fonctionnement du service et enfin des pratiques des usagers (Bras, 2010).

L'analyse de la gestion des déchets dans les pays en développement montre quatre difficultés majeures d'ordre : Organisationnel, technologique, institutionnel et financier (**Rapport, 2001**), (**Maghreb, 2003**). Parmi celles-ci, on peut mentionner certaines qui sont communes dans la plupart des PED avec de légères variations selon leur situation :

- ✓ L'insuffisance de la coordination entre les acteurs intervenants dans le secteur, ainsi que, le manque marquant de formalisation des actions qui suscitent un chevauchement des intervenants et l'amélioration de l'organisation institutionnel (**Buenrostro & Bocco, 2003**) ;
- ✓ Le manque des moyens logistiques alloués à la collecte et aux transports des ordures ménagères, due en grande partie, à la déficience des recouvrements des taxes ;
- ✓ Le grand problème dans ce secteur, c'est l'absence d'une politique nationale de gestion des ordures, comme souligner le rapport « Reforming Infrastructure » en Mars 2004, de la Banque Mondiale rapporté par (**ADEME, 2004**) : Le besoin immédiat d'intervention des pouvoirs publics dans le domaine de la gestion des déchets est indispensable en tant qu'instrument de la politique de développement environnemental et urbain ;
- ✓ L'insuffisance des moyens techniques modernes, à cause des coûts élevés et le manque d'investissement dans le domaine déchets. Ainsi, l'inadaptation des recettes occidentales souvent considérées comme alternatives et prêtes à l'emploi qui est dans la majeure des cas ne fonctionne pas, car le contexte n'est plus similaire (**ADEME, 2004**). En effet, l'approche participative est négligée, en dépit du succès dans la plupart des pays dans d'autres domaines comme la préservation et l'approvisionnement d'eau potable (**Alouéimine et al., 2005**).

1.5.3. Problématique de la gestion des déchets ménagers en Algérie

Du fait, de la superficie étendue du pays (2381741 km²), la croissance démographique, le développement des activités socioéconomiques et les mutations du mode de vie et de consommation, entre autres facteurs. Les déchets ménagers sont produits donc dans un grand nombre de conditions climatiques, urbaines et socioéconomiques. Ajoutant à cela, les conditions d'organisation et de fonctionnement techniques d'acteur intervenant. En conséquence, ces facteurs et paramètres, auxquels le service est en rapport, rend l'analyse très alambiquée, et donne une image sur les difficultés rencontrées dans la gestion de ce service.

En 2014, la production de déchets ménagers et assimilés ont atteints les 11 millions de tonnes, selon une étude établie par l'agence national de déchet (**AND, 2014**). En 2020 la

production a dépassé les 13,5 millions de tonnes et elle est en voie progressivement croissante (AND, 2020). Ce qui incite plus d'efforts afin de prendre cette masse évolutive de déchets, en charge en matière de traitement et d'élimination, ainsi que, pour remédier le mauvais fonctionnement des services chargés de la gestion des déchets ménagers qui pose des problèmes multiples, de salubrité publique entre autres conséquences aussi néfastes.

En matière de logistiques, le matériel utilisé pour la gestion des déchets ménagers est insuffisant, où, le nombre de véhicules recensés est de 4100 dont 267 bennes tasseuses et 3833 engins de différentes marques pour 1541 communes. Les moyens humains sont en régression, le nombre d'agents est passé d'un pour 500 habitants en 1980, à un pour 1500 habitants en 2005 (MATE, 2005). Un autre souci majeur qui est : la qualification des agents d'hygiène, dont le taux ne dépasse pas les 4 % dans les villes moyennes et se situe entre 7 et 10 % dans les grandes villes (MATE, 2004).

Selon une enquête réalisée par les services de ministère de l'environnement, il existe plus de 3000 décharges sauvages implantées sur le territoire national et qui occupent une superficie de 4552,47 hectares, qui reste, à ce jour, la destination la plus privilégiée pour l'élimination des déchets ménagers et assimilés du fait, de son faible coût par rapport aux autres filières comme l'incinération ou le compostage. Cela a conduit à provoqué des problèmes d'hygiène et de salubrité publique à la dégradation de la qualité environnementale (odeurs nauséabondes, allergie...etc.). Ajouter à cela, le risque potentiel des lixiviats pour les eaux de surface et/ou souterraines ainsi que les émissions des gaz à effet de serre (Figure 1). Selon les services du Ministère des ressources en eau et de l'environnement (MREE), pour la seule année 2000, les décharges ont émis environ $7\,542\,10^3$ Teq.Co₂ (AND, 2014).



Figure 1 : Fumées et lixiviats produites par des décharges (décharge Bouchegouf-Guelma).

1.6. Mode de gestion des déchets

Le mode de gestion des déchets ménagers dépend du contexte de chaque pays, c'est pour cela qu'il diffère d'un pays à l'autre et d'une ville à l'autre. Chaque collectivité étant différente de l'autre et la gestion de leurs déchets ménagers dépend des paramètres locaux qui les caractérisent (**Charnay, 2005**). En général, il existe trois types de gestion des déchets ménagers.

1.6.1. La gestion directe par la collectivité

Dans les PED, c'est le mode de gestion le plus fréquent et le plus préféré dite aussi : le mode en régie. C'est aux services concernées des collectivités locales de gouverné tous les opérations : collecte, transport et traitement des déchets ménagers.

1.6.2. La gestion déléguée

Il arrive que la collectivité mette une partie ou la totalité de la tâche de gestion (collecte, transport et traitement des déchets ménagers) à des entreprises extérieures privées, sous sa responsabilité. Le traitement comme c'est l'opération la plus compliqué est assuré par des entreprises spécialisées. Quant aux collectes et transport sont confiés à des petites entreprises.

1.6.3. La gestion communautaire

La gestion appelée communautaire fait appel aux associations de quartier et des organisations non-gouvernementales. Mais cette participation se limite à des actions volontaires ponctuelles de nettoyage et de collecte et à l'organisation des programmes de sensibilisations destinées aux populations.

1.7. Mode de gestion du service de déchets en Algérie

En Algérie, on distingue quatre modes de gestion qui se ressemblent et se diverge dans quelques aspects. (**Dahmane, 2012**).

1.7.1. La gestion directe en régie

Dans lequel, les communes pris en charge le service de collecte et transport des déchets, par ses propres fonds, personnel et équipements. Dans son article 151 du nouveau code de la commune : « La commune peut exploiter directement ses services publics sous forme de régie. Les recettes et les dépenses de la régie sont portées au budget communal ». Donc la gérance du service de collecte des déchets ménagers est à la charge des communes, avec un budget autonome, ce mode de gestion est adopté par la majorité des communes algériennes.

1.7.2. L'établissement public

Dans ce mode : un établissement public doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière assure la gestion des déchets ménagers de la/les commune (s). Ils ont été créés par l'article 153 du code de la commune de 2010. Où, on distingue deux types d'établissement, l'**EPA** et l'**EPIC** :

- ✓ les établissements publics administratifs soumis aux règles de la comptabilité publique ;
 - ✓ les établissements publics industriels commerciaux soumis à la comptabilité commerciale.
- Dirigé par un Conseil d'Administration, leur budget n'est pas annexé à celui de la collectivité.

Ce mode de gestion est très répandu actuellement, et se développe constamment d'avantage grâce au PROGDEM et la création de plus de 100 centres d'enfouissement techniques (CET) au niveau national (**AND, 2020**).

1.7.3. Le marché public

Le code des marchés publics, (décret présidentiel n° 02-250 du 24 juillet 2002, modifié par le décret présidentiel n° 03-301 du 11 septembre 2003, modifié et complété par le décret présidentiel n° 08-338 du 26 octobre 2008) indique que la collectivité locale et les entreprises publiques ou privées peuvent se lier dans des contrats. Cette liaison en contrat fait appel à la procédure d'appel d'offre qui se fait par l'une des formes suivantes : l'appel d'offres restreint, la consultation sélective, l'adjudication et le concours (**Djemaci, 2012**). Pour le respect et la négociation des prix, le service contractant peut privilégier la rémunération du marché selon la formule à prix global et/ou forfaitaire. L'article 11 du décret de 2003 définit les opérations qui s'inscrivent dans son champ. On note les opérations suivantes : l'acquisition de fournitures, la réalisation de travaux et la prestation de services (ex : collecte...) et la réalisation d'études environnementales,...etc.

1.7.4. Délégation de service public (concession)

Dans ce cas, la collectivité se réfère à la concession qui est un contrat, par lequel, l'exploitation du service à un tiers, en respectant un cahier des charges. L'article 33 de la loi 01-19 expose que l'assemblée populaire communale peut confier des personnes physiques ou morales de droit public ou de droit privé, tout ou partie de la gestion des DMA, des déchets encombrants et des déchets spéciaux générés en petite quantité par les ménages. Elle intervient lorsque les collectivités locales à cause des défaillances en matière d'équipements et d'agents

de collecte de déchets et ne peuvent dans ce cas, assurer la gestion des déchets, généralement cela arrive dans les grandes villes (**Djemaci, 2012**).

En s'appuyant sur les données actualisées par le centre national des registres de commerce, la (Figure 2) s'affiche les intervenants dans la collecte des déchets ménagers et assimilés.

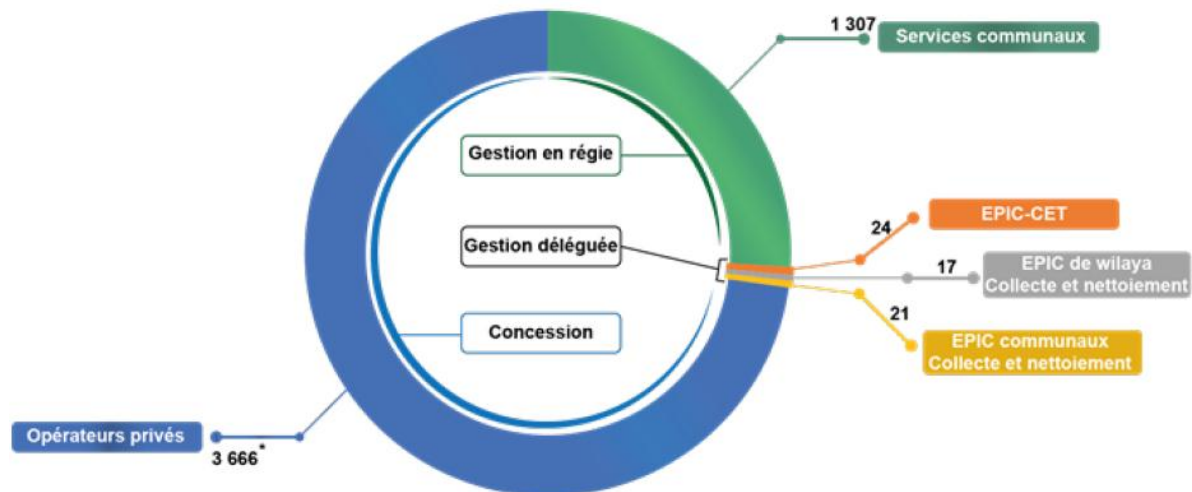


Figure 2 : Opérateurs chargés de la collecte des DMA, (Source CNRC, 2020) (**AND, 2020**).

1.8. Principes et objectif de la gestion de déchets en Algérie

La gestion des déchets ménagers en Algérie est passée de la mise en décharge sauvage à la décharge contrôlée arrivant au centre d'enfouissement technique, traduisant ainsi une réelle évolution et reflète une prise de conscience pour la protection de la santé environnementale dont, la gestion efficace des déchets ménagers prend la part de lion dans ce volet. L'Algérie a signé plusieurs conventions qui ont l'objectif de préserver la santé publique et environnementale, (la convention de Bâle, le Protocole de Kyoto sur les changements climatiques et la Convention de Stockholm relatif à la production de certains polluants organiques persistants). Le programme en cours de réalisation est très ambitieux et devrait se concrétiser à terme par la réalisation des établissements qui permettent de prendre en charge et accueillir le flux de déchets : 146 décharges contrôlées, 126 CET classe II, 54 CET classe III, 32 déchetteries, 29 centres de tri et la réhabilitation des décharges sauvages (**AND, 2014**).

La politique de gestion des déchets se fonde sur trois piliers principaux, le premier est la législation et la réglementation qui définit les objectifs, le deuxième est le cadre économique (tarification, taxation) et le dernier est la sensibilisation, la formation et l'éducation.

Pour répondre aux exigences auxquelles elle s'est engagée, l'Algérie a instauré le **programme national pour la gestion intégrée des déchets ménagers (PROGDEM)**. Ce dernier, constitue le prolongement de la Loi n°01-19 et le point de départ et le cadre de référence de la nouvelle politique en matière de gestion des déchets. Il vise à éradiquer les pratiques de décharges sauvages, à organiser la collecte, le transport et l'élimination des déchets dans des conditions garantissant l'innocuité de l'environnement et la préservation de l'hygiène publique. Le **PROGDEM** traduit une stratégie édifié sur plusieurs principes :

- ✓ Le principe de précaution-prévention ;
- ✓ Le principe du pollueur-payeur ;
- ✓ Le principe de producteur-récupérateur ;
- ✓ La promotion de l'information et de la sensibilisation du citoyen.

Il fixe les objectifs en matière d'amélioration du cadre de vie du citoyen, de la préservation de la salubrité publique et la protection de la santé environnementale, et l'élimination rationnelle des déchets par la valorisation et le recyclage et la création d'emplois verts. Il a touché dans un premier temps les 40 grandes villes algériennes. Les principales actions concernées par **PROGDEM** sont les suivantes :

- ✓ La mise en place des plans municipaux de gestion du déchet, qui sont des instruments d'aide et de planification, permettant d'assurer une organisation et de se projeter dans le temps sur le moyen et le long terme. En effet, les études relatives aux plans de gestion fixent les conditions de présentation, de collecte et d'évacuation de déchets. Elles établissent les cahiers des charges en précisant les obligations que les entreprises chargées de déchets doivent suivre ;
- ✓ L'aménagement des décharges contrôlées pour réduire l'impact environnemental des déchets. Dans le même volet, la réalisation des centres de stockage de déchets à travers toutes les wilayas du pays. Certains sont déjà opérationnels comme : Le Centre d'enfouissement technique d'Ouled Fayet à Alger, le CET d'El Outaya (Biskra). D'autres sont en cours de réalisation. L'objectif étant d'atteindre 300 CET en 2014 (**Mezouari-Sandjakdine, 2011**) ;
- ✓ La promotion des activités de recyclage et de valorisation des déchets en créant des emplois verts et en alimentant l'industrie nationale par la matière première locale. Selon l'ADEME, le manque de tri sélectif en Algérie, ne peut pas constituer un frein réel pour le recyclage sachant que les déchets ménagers inorganique peuvent être recyclés à 30% aussi (**Aude, 2007**);

✓ L'introduction de nouvelles formes de gestion, ex : La wilaya d'Alger la collecte et la gestion des déchets, c'est à la charge de l'EPIC NET COM, créée en 1996 qui opère sous la tutelle de la Direction de l'Environnement. La gestion mixte ou la gestion déléguée sont actuellement en service dans différentes communes comme les communes de Bordj El Kiffan et Kouba qui ont été données en concession à un opérateur privé (Aude, 2007) ;

✓ La formation, l'éducation à travers la création de CNFE qui offre des formations en gestion et valorisation des déchets, entre autres formation à visé environnementales, cela pour les cadres d'état ou pour les particuliers. Aussi, La création d'une maison de l'environnement dans plusieurs wilayas afin de sensibiliser les citoyens et l'éducation des écoliers.

1.9. Les intervenants dans la gestion des déchets en Algérie

En Algérie, comme dans tous les PED, plusieurs intervenants sont marqués dans les différentes parties du service de gestion des déchets, que ce soit au niveau national, régional et local, dont trois secteurs interviennent directement dans ce processus de la gestion des déchets : Secteur public, secteur privé formel et informel. Il existe d'autres acteurs qui participent dans la gestion des déchets ménagers comme : La population, les organisations non gouvernementales et les associations, dont leur participation est moins motivée dans les PED, que celle dans les pays développés (Djemaci, 2012).

1.9.1. Secteur public

Représenté par les autorités nationale, régionale ou locale. Il est responsable du contrôle et de l'application des dispositions relatifs la gestion des déchets ménagers :

1.9.1.1. Au niveau national

1.9.1.1.1. Le Ministère de l'Environnement

ME a été créé en 2020, c'est le premier responsable de la politique environnemental en Algérie. Le secteur de l'environnemental avec une appellation variable dans le temps, dont il longtemps voyagé dans les différents ministères avant d'avoir un Ministère autonome, En 1977, Il a été rattachée au Ministère de l'hydraulique, en 1981, il s'est confié au Secrétariat d'État aux forêts et la réhabilitation des sols. En 1984, il a revenu encore au Ministère de l'hydraulique. En 1988, le Ministère de l'intérieure le prend puis au le Ministère de l'agriculture, avant de retourner, en 1993, de nouveau vers le Ministère de l'intérieure. En 1999, il s'est attaché au Ministère des travaux publics. En 2017, le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de

l'Environnement (MATE) prend l'environnement. En fin, le Ministère de l'Environnement (ME) voir le jour en 2020. Cependant, au cours de la dernière décennie, les directions ministérielles ont été systématiquement transformées (séparées ou fusionnées) à plusieurs reprises et toutes ont transmis leurs pouvoirs, particulièrement ceux liés à la gestion des déchets, aux directions et/ou agences placés sous la tutelle du Ministère de l'Environnement (ME).

1.9.1.1.2. L'agence nationale des déchets

L'**AND** créé par le décret exécutif n°02-175 du 20 mai 2002. C'est un instrument adéquat en mission d'apporter de l'aide aux communes, en matière de mise en œuvre de la politique nationale des déchets. Elle a un statut d'EPIC à double caractères : d'une part commercial, en matière d'études et de recherche dans ses rapports avec les tiers, et d'une autre, elle est au service public avec l'administration en lui confiant essentiellement l'assistance aux communes dans la gestion des déchets. Il lui permet également de promouvoir les activités liées à la gestion intégrée des déchets, particulièrement, les activités de tri, de collecte, de traitement, de valorisation et d'élimination des déchets d'un côté, et de l'autre elle contribue à la réalisation d'études de recherches et de projets de démonstration, en diffusant l'information scientifique et technique. Elle veille à la réalisation aux études de création et de gestion des centres d'enfouissement technique (CET). En plus de ces missions, elle apporte l'aide à la création des micro-entreprises de valorisation et d'élimination des déchets (**Djemaci, 2012**).

1.9.1.1.3. L'observatoire national de l'environnement et du développement durable

L'**ONEDD** créé le 3 avril 2002, comme un établissement public à caractère (EPIC), pourvu de la personnalité morale et de l'autonomie financière. L'ONEDD est régi par les règles et les lois de l'administration publique, et il est réputé commerçant dans ses relations avec les tiers. Il se montre très compétent en matière de production, de collecte, de traitement et de diffusion de l'information relatifs à l'environnement (**Djemaci, 2012**).

1.9.1.1.4. Le conservatoire national des formations à l'environnement

La **CNFE** créé en août 2002. Il a un statut d'EPIC et il assure également : la formation des différents intervenants publics ou privés dans le domaine de l'environnement, ainsi que l'éducation de l'environnement en tant que discipline pour le grand public, notamment pour le milieu scolaire, dont l'année scolaire 2002-2003, plus de 150 établissements ont bénéficié d'une campagne de sensibilisation dans un premier temps (**Djemaci, 2012**).

1.9.1.2. Au niveau régional**1.9.1.2.1. Les Inspections Régionales de l'Environnement**

Créées par le décret n° 88-227 du 5 novembre 1988. Elles sont des organes décentralisés, elles ont été créées pour principale mission : Veiller au respect de la réglementation et de la législation dans le domaine de la protection de l'environnement, de constater et de rechercher les infractions en la matière.

1.9.1.2.2 Les Directions de l'Environnement de Wilaya (DEW)

Créées par le décret exécutif n°96-60 du 27 janvier 1996, sont venues succéder aux inspections de l'environnement de wilaya. Les directions de wilaya ont trois grands axes d'activité : *La coordination* : mettre en liaison les organes de l'État, (les communes) afin d'établir un programme de protection de l'environnement sur l'ensemble du territoire de la wilaya. Le *contrôle* : en matière de la délivrance des permis, des autorisations et des visas dans le domaine de l'environnement prévus par la législation. Le troisième axe est celui de l'*information* qui permet aux directions de l'environnement de promouvoir des actions d'information, d'éducation et de sensibilisation rapportant sur l'environnement. En plus de ces missions, les DEW dispose d'un pouvoir de police : des inspections, des mises en demeure, des procès-verbaux, des fermetures administratives sont prévus en cas d'infraction, sur les installations et établissements producteurs, transporteurs, éliminateurs de déchets dont elles veillent au respect des prescriptions spécifique (production, stockage, traitement).

1.9.1.3. Au niveau local

On distingue deux structures relatives au service local des déchets ménagers :

1.9.1.3.1. Les communes

L'article 07 du code communal stipule que la commune a la charge de préservation de l'hygiène et de la salubrité publique, particulièrement, l'évacuation et le traitement des déchets solides urbains. Donc c'est à la responsabilité des communes d'organiser le service public à leur charge la gestion des déchets ménagers en matière de collecte, de transport et de traitement de ces déchets. Ainsi, qu'exercer un contrôle de ce processus par la puissance publique. La loi 01-19 impose aux communes d'élaborer des plans communaux de gestion des déchets municipaux comme des instruments de planification, elles imposent les conditions et les normes de présentation et de ramassage à la collecte ainsi que l'évacuation des déchets.

1.9.1.3.2. Le regroupement des communes

Où, les communes peuvent s'associer pour la gestion de leurs déchets ménagers, si un ou certaines communes ne disposent pas les moyens nécessaires, pour assurer cette tâche. L'intercommunalité permet aux communes limitrophes de mutualiser leurs moyens et de créer des services et établissements publics communs. Le décret n° 84- 378 du 15 décembre 1984, stipule : « *L'Assemblée populaire communale organise, dans les conditions définies (...), sur son territoire, soit directement, soit en association par l'intermédiaire d'organismes intercommunaux et/ou appropriés, un service de collecte et d'élimination des déchets solides urbain* ». L'article 215 du code de la commune adopté en 2010 prévoit que deux ou plusieurs communes peuvent s'associer pour aménager en commun sur leurs territoires, des services publics de proximité (Djemaci, 2012).

1.9.2. Le secteur privé formel

En Algérie, la participation du secteur privé dans la gestion des déchets est en progrès permanent grâce à la promotion inauguré par la loi 01-19 qui prévoit l'ouverture du service public de gestion des déchets urbains à l'investissement privé. Étant donné de l'insuffisance des moyens en matière d'équipements appropriés, quelques communes ont été amenées à déléguer la collecte des déchets de certains de leurs quartiers. Presque dans toutes les wilayas d'Algérie des petites entreprises qui poussent et qui ont été créées dans le cadre de l'ANSEJ (plus de 50 entreprises en 2005), de l'ANGEM et de l'ADS s'activent dans le domaine du recyclage et de la récupération des déchets. En 2008, plus de 873 récupérateurs agréés et répartis sur l'ensemble du territoire national ont été recensés (Y. Kehila, 2010). Aujourd'hui, le secteur compte plus de 20 mille entreprise privé en activité malgré cela le chiffre reste mineure par rapport à la quantité de déchets produite.

1.9.3. Secteur privé informel

Il caractérise principalement les PED, où, de petites entreprises non officielles interviennent dans la récupération et le recyclage des déchets depuis les dépotoirs, les décharges non contrôlés et les locaux commerciaux de quartiers, rues et marchés. Elles récupèrent également tous matériaux recyclables : Papier, cartons, plastiques, métaux, verres, ...etc. Ces matériaux récupérés sont revendus à des acheteurs ambulants, ces derniers sont des récupérateurs intermédiaires qui effectuent des tournées dans les quartiers afin d'acheter des déchets recyclables collectés par des individus à des prix inférieurs à ceux pratiqués dans les

décharges et revendent ces matériaux aux industries et/ou aux exportateurs spécialisés dans ce domaine (**Pearce & Turner, 1994**).

Pour les villes d'Afrique, d'Asie et d'Amérique latine, ce secteur garantit des emplois pour environ 2% de la population. Ces populations survivent grâce à la récupération de matériaux, exemple des « *Zabbaleen* » au Caire (**Charnay, 2005**). En Algérie, le secteur informel constitue une importante activité économique et fournit des emplois considérables. Le revenu des collecteurs est estimé à environ 1500 DA [15 €] par jour ce qui donne un revenu mensuel entre 40.000DA et 45.000 DA [400 à 450 €] (**Djemaci, 2012**).

Ce secteur joue aussi un rôle important dans l'économie circulaire en assurant :

- ✓ la création d'emploi pour de nombreuses personnes et assurer un revenu pour les familles ;
- ✓ Donner une seconde vie aux matériaux recyclables en valorisant une quantité importante de déchets et réduire ainsi l'impact environnemental de leur dégradation dans les décharges ;
- ✓ Assurer la matière première pour les entreprises locales et réduire donc les coûts d'achat ;
- ✓ Réduire les coûts de transport et de collecte pour les collectivités locales qui s'en charge et augmenter la capacité de recueil des décharges qui profitent d'un gain d'espace important.

1.10. Fonctionnement et état des lieux de la gestion des déchets (DMA) en Algérie

La définition du fonctionnement, renvoie littéralement à la manière de fonctionner ou, à la manière d'accomplir une fonction. Le terme fonction est défini par AFNOR comme étant : « *l'action, réalisée par un produit ou par l'un des constituants, exprimée en terme de finalité, en faisant abstraction de toute référence à des solutions* ». Il convient de présenter le service en question (gestion de déchets), afin de traduire la hiérarchie des actions. En effet, une gestion de déchets efficace dépend non seulement des choix de politiques publiques, organisationnels, maîtrise technique et technologiques, mais aussi d'une connaissance préalable et précise en termes d'indices quantitatifs et qualitatifs des déchets ménagers produits (**Cheniti, 2015**).

En Algérie, la question des déchets a pris un nouveau départ en 2001 avec l'adoption du Programme national de la gestion intégrée des déchets municipaux (PROGDEM), dont les objectifs sont, l'éradication des décharges sauvages, et la promotion des activités de recyclages et de tri sélectif afin d'améliorer la qualité de l'environnement et protéger la santé publique. Une série de travaux ont ponctué cette nouvelle approche et ont donné lieu à une quantification relative de la réalité des déchets, en Algérie (**Cheniti, 2015**).

La figure.03 ci-après récapitule la méthode de gestion des DMA en Algérie :

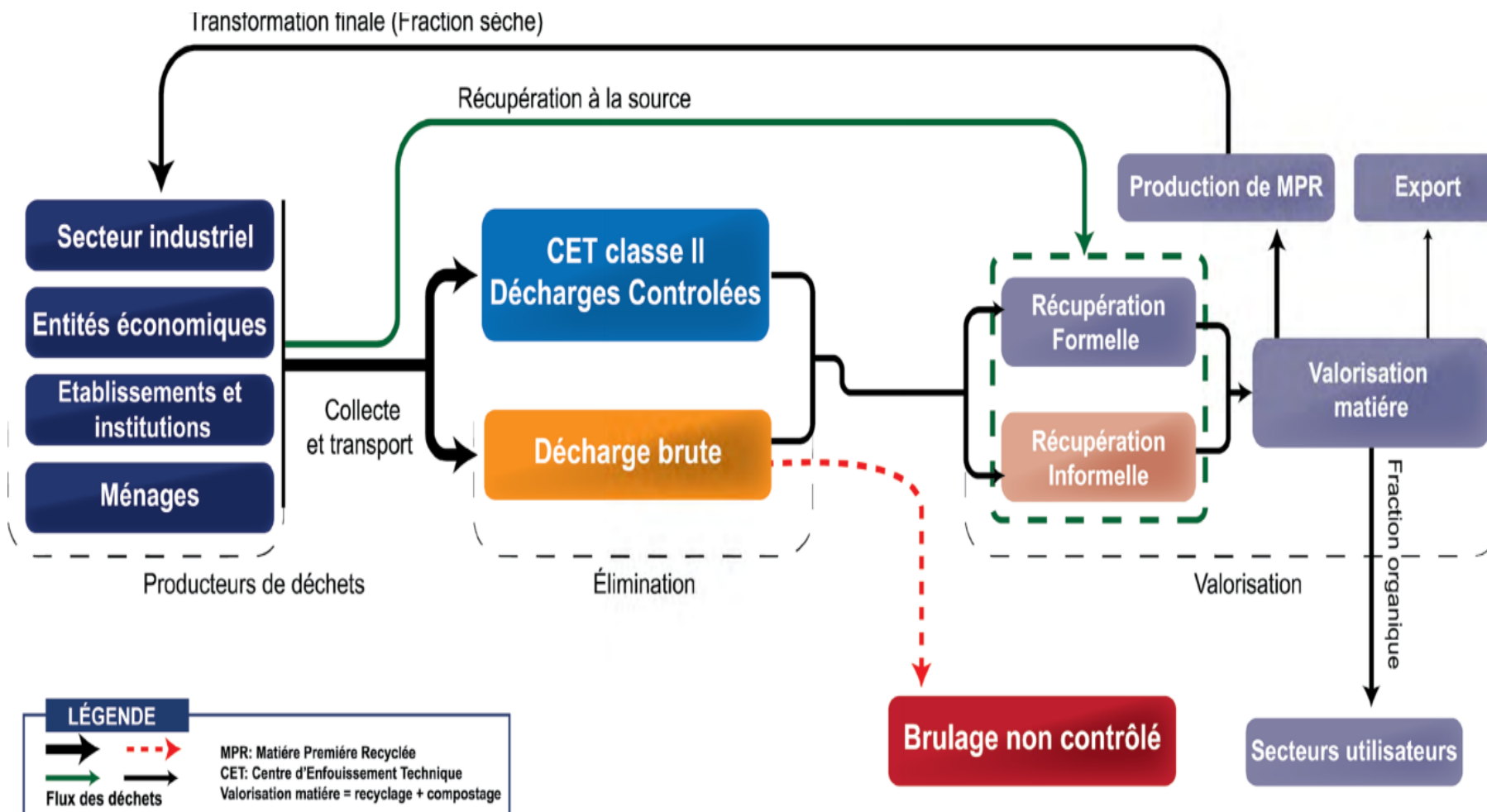


Figure 3 : Synoptique de la gestion des DMA en Algérie ; (Source : AND, 2020)

1.10.1. La production des Déchets Ménagers et Assimilés en Algérie

En Algérie, les DMA sont les flux issus des ménages, petits commerces, restaurants, marchés, administrations et installations industrielles. La quantité des déchets produite peut s'exprimer en masse, mesurable facilement à l'aide d'un pont bascule à l'entrée des centres d'enfouissement technique. On exprime alors les quantités produites en Ratio : kg/habitant/jour. Les déchets ménagers (DM), comme leur nom l'indique, sont issus des ménages. Selon le recensement populaire de 2008, la population est de l'ordre de 35 millions d'habitants (RGPH, 2008). En 2020, l'office national de statistique estime que la population algérienne atteint les 43 millions d'habitants, cette évolution progressive de la population répercute sur la quantité de déchets produite.

Les déchets assimilés (DA) sont des déchets issus des activités économiques et administratives, générant un produit ou un service (l'industrie, la construction, les services marchands et les artisans) ainsi les administrations comme (Wilayas, daïras, communes, écoles, universités, publiques...). Leur nombre selon recensement économique du 2011 a été estimé à 990496 entités. En 2020, la quantité totale des DMA produite touche environ 13,5 millions de tonnes. La croissance démographique et le développement urbain sont à l'origine de l'augmentation de cette quantité de déchets, ce qui a poussé les autorités publiques à mettre en place des systèmes plus adaptés pour une gestion plus efficace des déchets (AND, 2020). Deux facteurs influencent directement la production des DMA :

- ✓ Le nombre de générateurs de déchets (ménages, entités économiques et administratives.) ;
- ✓ Le ratio de production de ces déchets (masse/générateur/jour), qui est relatif à chaque type de générateur (AND, 2020).

1.10.2. L'enlèvement des déchets ménagers

On désigne par l'enlèvement des déchets ménagers, toutes les opérations ayant pour objectif l'évacuation des déchets, ces étapes parcourues sont constituées d'une succession de maillons logistiques, commençant par la pré-collecte ; la collecte par les opérateurs qui s'en charge puis transportés vers les centres de transfert ou vers les installations de traitement spécialisés.

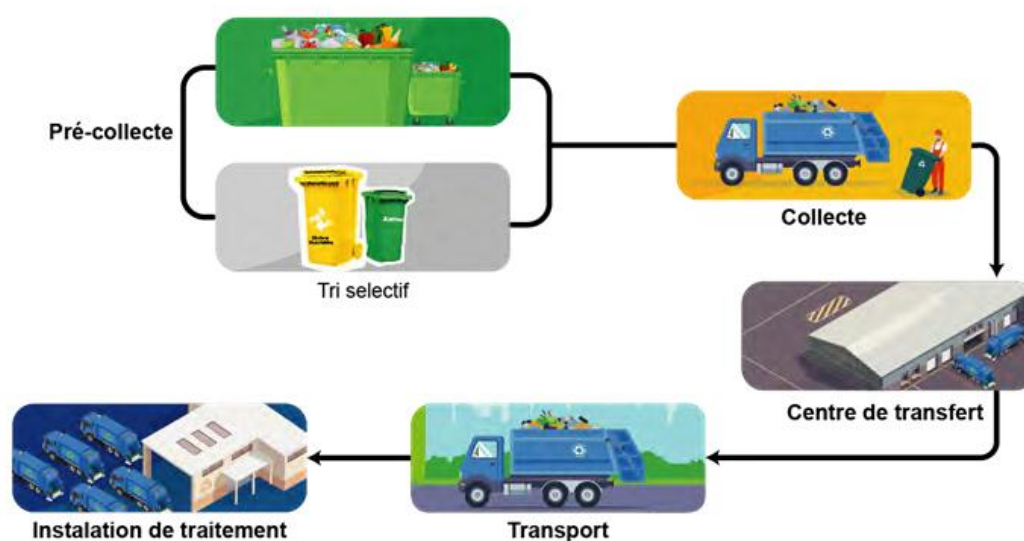


Figure 4 : Processus de pré-collecte, de collecte et de transport des DMA (AND, 2020).

1.10.2.1. La pré-collecte

Le concept de pré-collecte sous-entend toutes les actions qui précèdent l'opération de la collecte concrète des déchets. Elle vise généralement : le recueil, le rassemblement et le stockage des déchets, dans un lieu précis dédié à cet effet (AND, 2020). La pré-collecte des ordures est la phase qui consiste à rassembler les déchets du point de production au point de prise en charge par le service public concerné (Ngnikam & Tanawa, 2006). C'est une pratique commune dans les villes des PED. Elle est souvent réalisée par le producteur même (l'habitat) ou par l'éboueur ; D'où naît une certaine défaillance relative à la gestion des déchets pour le service public local. Cette phase reçoit un intérêt croissant, qui se traduit tant par l'impact environnemental que par son relation à l'organisation de la collecte. Les containers réservées à cet effet sont placées, soit dans un point de transit, puis réorienter à la décharge par moyens de transport, soit directement transportés à la décharge (Cheniti, 2015).

La pré-collecte en Algérie, est un dispositif est très hétérogène où, on enregistre, en plus des sacs à ordures qui jonchent le sol, des conteneurs de différents types et volumes à l'exemple : Des bacs en PEHD (180, 240, 770 et 1100 l), Des caissons métalliques de 6 à 12 m³ et des niches en maçonnerie, métalliques, dévidoirs au niveau de certaines zones inaccessibles aux moyens de roulants de collecte à l'exemple des Casbah, ksour et ruelles trop étroites.

Sur le terrain, on constate plusieurs imperfections du dispositif de pré-collecte utilisé surtout : Sa répartition spatiale, ne couvre pas la totalité du territoire communal, en plus leur nombre, ne répondant pas aux besoins locaux et enfin, l'état des équipements utilisés (vétusté avancée). Ces déficiences représentent pour les collectivités locales des problèmes de la salubrité publique, qui demande ainsi des budgets supplémentaires. Il est à signaler aussi, qu'en dépit des efforts déployés dans certaines expériences, le dispositif de pré-collecte consacré au tri sélectif n'est plus développé, d'où, il est souvent victime de vol, incendie et de détérioration. Une nouvelle approche a été entreprise par l'AND, en reconsidérant les flux prioritaires à mobiliser et le type de dispositif à mettre en place (AND, 2020).



Figure 5 : Dispositif de pré-collecte (contexte Annaba).

1.10.2.2. La collecte

C'est l'évacuation des déchets vers une destination adéquate (centre de tri, décharge, station de transfert, etc.). Une collecte efficace évacue les déchets dans temps minime et libère ainsi l'homme de ces déchets, qui peuvent causer des nuisances graves s'ils persistent en milieu urbain, à cause de leur dissolution rapide qui permette le développement des vecteurs de maladies transmissible comme les rats, les mouches mettant l'hygiène et la santé public en danger (Cheniti, 2015). Raison duquel, la collecte doit être constante et dans des réservoirs bien fermés. Le choix du système de collecte et d'enlèvement des déchets dépend de la catégorie des déchets à ramasser, de l'utilisation ultérieure qu'on veut en faire et enfin de divergents points de vue (économique, hygiénique, propres aux exploitations,...etc.).

1.10.2.2.1 Les types de La collecte

a. La collecte en apport volontaire : se traduit par des actes volontaires dans un lieu particulier pour y déposer ses déchets. Ces actes permettent particulièrement de réduire la gêne dans un lieu de vie donné (quartiers), de protéger l'environnement urbain et de valoriser les produits recyclables.

b. La collecte en porte-à-porte : c'est les collectivités locales qui prennent en charge la collecte des déchets déposés par les producteurs sur la voie publique, une à quatre fois par semaine.

c. La collecte sélective : C'est une gestion écologique des déchets, à visé économiques du fait qu'elle permet une récupération facile des produits recyclable, aussi elle améliore le rendement du compostage en séparant les éléments non fermentescibles gênants ou nuisibles. La collecte sélective à la source, nécessite non seulement une sensibilisation des habitants, mais aussi, la mise en place de moyens de collecte spécifiques qui consiste en la mise en place de points d'apport volontaire à proximité des habitations, chaque point reçoit un type de déchets ; verre, plastique, papier et carton (**Auger, 2008**).

En Algérie, cette opération « la collecte » peut-être déléguée ou céder à des établissements privés sous le contrôle de l'autorité publique. Parfois, des imperfections ou des déficiences sont identifiées au niveau des clauses contractuelles des cahiers charges, telle que la facturation forfaitaire et la non-définition exacte des obligations, induisant un surcout pour les communes. Sur les 48 wilayas, on enregistre une diversité de statuts juridiques des intervenants dans la filière de collecte : (des établissements publics à caractère commercial et industriel **EPIC**, des entreprises privées et des services relevant des communes).

Il est a noté aussi que la performance de la collecte est fortement impacté, un taux plus faible et surexploitation du matériel, ce qui aura une répercussion sur le rendement. Notant que le taux de collecte au niveau des zones urbaines atteint un moyen de 87% tant dis que dans les zones rurales atteint 67%. Il est même l'obligation d'aller vers des mesures techniques plus adaptées aux spécificités locales, afin de de réduire ces imperfections, donc l'amélioration des cahiers des charges est quasi-important, en exigeant du matériel de collecte plus efficace et un atout sur la taille pour une gestion efficace des déchets (**AND, 2020**).



Figure 6 : Logistique utilisé pour la collecte des déchets.

1.10.3. Le transport des déchets ménagers

Le transport est la phase où les ordures sont acheminées vers une destination appropriée : décharge, usine de traitement, etc. Les différents types de collecte de déchets urbains font intervenir des modes de transport allant des plus primitifs telles que les charrettes aux plus sophistiqués, comme les camions-bennes. Le choix du matériel de transport obéit à plusieurs critères tel que : le pouvoir budgétaire des collectivités, le type de pré-collecte et à la quantité produit habituellement (AND, 2020). Dans les villes des PED, on utilise souvent les charrettes, camion-benne et dans les grandes villes ou les capitales on s'investit dans camions-bennes tasseuses. Cependant, des pannes dans ces engins sont fréquents, cela cause trop de problèmes voire impardonnable par les habitants et atteint directement la salubrité publique et/ou environnementale, d'où la nécessité de l'entretien et de la maintenance de ces équipements requiert une importance capitale (Issaadi & Si Guesmi, 2017).

En Algérie, le transport des déchets se fait directement après la collecte et la pré-collecte, ils sont acheminés soit, vers les installations de traitement directement, soit vers des centres de transfert puis vers les installations de traitement (CET et DC). Concernant les moyens logistiques utilisés, on compte plusieurs moyens : bennes tasseuses, bennes satellites (bennes ouvertes), bennes amplirrolls, micros bennes et bennes tractables par engin agricole.

Dans certaines Communes, les camions parcourent un kilométrage qui dépasse parfois la norme (23 km) pour arriver aux installations de traitement, ce qui réduit l'âge prévu des engins, cela pousse les collectivités locales à exploiter un site de manière non réglementaire pour préserver leurs moyens logistiques et réduire les charges liées au transport. Une autre solution pour ce type de problèmes est « les centres de transfert » il s'agit des centres qui reçoivent les déchets collectés des communes pour les traiter (trier, séparer, compacter...etc.) avant de les réacheminer vers les CET (AND, 2020). Ces centres de transfert ont plusieurs avantages, parmi eux on note :

- ✓ Réduire le coût financière de la gestion des déchets en réduisant le nombre de rotations vers les CET, souvent implantés loin des zones urbaines ;
- ✓ Réaliser un gain d'espace, en triant les déchets afin de récupérer le maximum des produits recyclables avant de passer à l'enfouissement.

1.10.4. L'enjeu de fin de vie des déchets (principaux types de traitement)

Aujourd'hui, il existe quatre façons de se débarrasser des déchets : les jeter, les enterrer, les brûler ou les composter (**Berg et al., 2009**). Le traitement final des déchets ménagers obéit à plusieurs critères et raison et le choix se fait par les services concernés qui s'en charge. Linéaire ou circulaire, l'action économique gouverne la fin de vie des déchets soit ils partent sans retour avec un traitement adéquat, soit ils auront une nouvelle vie et/ou une réintégration directe (recyclage) ou indirecte composte (énergétique).

✓ Définition du « traitement des déchets »

La loi cadre 01-19 du 12 décembre 2001, « *le traitement des déchets comme toute mesure pratique permettant d'assurer que les déchets sont valorisés, stockés et éliminés d'une manière garantissant la protection de la santé publique et/ou de l'environnement ...* ». Selon **Leroy**, traiter un déchet : C'est lui permettre soit d'être valorisé : cas de tous les tris, récupération, transformations qui permettront de lui trouver une utilisation, soit d'être rejeté dans le milieu extérieur dans des conditions acceptables (**Leroy, 1981**).

✓ Définition du « valorisation des déchets »

La loi cadre 01-19 du 12 décembre 2001, « *la valorisation des déchets est toutes les opérations de réutilisation, de recyclage ou de compostage des déchets.*».

1.10.4.1. Traitement des déchets ménagers

1.10.4.1.1. Traitement par élimination

1.10.4.1.1.1. La mise en décharge

La mise en décharge est la solution privilégiée pour l'élimination des masses des déchets, parce que c'est l'opération la moins coûteuse par rapport aux autres procédés : (l'incinération, le compostage, la méthanisation...etc.). Il existe de nombreux types de décharge :

a. La décharge brute : C'est un lieu communément connu qui admette ou tolère les déchets, et qui se trouve réservée à cet effet, sur lequel les usagers viennent habituellement déposer ou s'en débarrasser de leurs déchets (**Gillet, 1985**).

b. La décharge sauvage : C'est un lieu qui se crée illégalement, en violation des règlements régissant la gestion et l'élimination des déchets, dans laquelle les usagers ou les habitants viennent déposer leurs déchets "à la sauvette" des autres habitants qui font aussi la même

chose. Donc, elle se caractérise par un jet aléatoire de tous types de déchets, ces décharges peuvent finir parfois, à former des montagnes d’ordures fumantes et malodorantes, génératrices des risques d’incendies, de prolifération des agents pathogènes menaçant la sante des êtres vivants, entre autres conséquences désastreuses (Gillet, 1985).

c. La décharge contrôlée / l’enfouissement : Elle est créée d’une façon légale sur un site approprié avec l’autorisation de l’administration et les services concernées, l’accord vient après une étude approfondie de surtout l’étude impact environnementale. Le principe de ces décharges est l’enfouissement des déchets de façon technique dont le but d’éviter toute impact négatif sur l’environnement (Gillet, 1985).

d. Les centres d’enfouissement technique : Les centres d’enfouissement technique (CET), appelés autrefois, les CSD. ou les installations de stockage de déchets (ISD). La nature et les caractéristiques des déchets admissibles imposent une mise en œuvre et un traitement spécifique aux risques associés. On distingue trois types des centres d’enfouissement technique des déchets (Ngoc, 2009) :

- Classe I : Déchets danger ;
- Classe II : Déchets non dangereux ;
- Classe III : Déchets inertes ;

Tableau 1 : Classement de centres d’enfouissement des déchets (Billard, 2001).

Classe	Déchets	Nature dominante des déchets	Fonction du stockage	Dispositifs pour la protection de l’environnement	Durée
I	DIS ultimes Résidus ultimes stabilisés (seuils d’admission)	Minéraux solubles (métaux, sels)	Stockage Isolement de la pluie Besoins régionaux	Couverture, toit mobile Stabilisation, drainage, géologie $K > 10^{-9}$ m/s ($e = 5$ m)	Réversible Permanent à long terme Autosurveillance sur 30 ans
II	OM ultimes	Organiques	Évolution Minéralisation biologique Maturation	Drainage Isolement du sous-sol : $e = 1$ m, $K = 10^{-9}$ m/s ou $e = 5$ m, $K = 10^{-6}$ m/s	Moyen terme (20 à 30 ans) Site convertible réutilisable ou « abandon »
	Mâchefers Sables de fonderies	Minéraux évolutifs	Besoins départementaux		
III	Déblais Gravats Démolition	Inertes	Gestion Espace géographique	Éviter les dépôts sauvages	Permanent si non récupération

1.10.4.1.1.2. L'incinération

C'est une technique revendiquée par de nombreux militants écologistes, en raison des avantages qu'ils fournissent. L'incinérateur occupe moins d'espace que la décharge et il permet une valorisation énergétique des ordures, en produisant la chaleur, alimentant le réseau de chauffage urbain en eau ou même en électricité (C. Faurie, 2011). Elle a deux effets positifs :

- ✓ D'une part, la quantité de déchets est réduite de 90%, les cendres sont beaucoup plus compactes que les déchets non incinérés ;
- ✓ Et d'autre part, elle permet de valoriser la chaleur produite en chauffage et en électricité.

Dans les pays africains, la teneur en matière organique pour les déchets ménagers est d'environ 56% et sa dégradation par incinération à l'air libre est un contributeur majeur aux émissions de gaz à effet de serre (Labadi & Saadoudi, 2019).

En 2005, les États-Unis comptaient 88 usines d'incinération des ordures ménagères (UIOM) qui traitaient et valorisaient environ 14% des déchets du pays (Berg et al., 2009). Il est préférable de retirer certains matériaux des déchets avant leur incinération comme : (Le verre, les piles, les thermostats et les lampes fluorescentes...etc.). Le papier, les plastiques et le caoutchouc sont les meilleurs combustibles. Bien que les déchets alimentaires brûlent, leur teneur élevée en eau fait souvent baisser le rendement des UIOM, il vaut mieux les retirer (Berg et al., 2009).

Il existe trois types d'usine d'incinération de déchets UIOM (Labadi, 2019) :

- ✓ L'incinérateur à lit fluidisé ou à grille conçus pour valoriser l'énergie produite lors de la combustion ;
- ✓ L'incinérateur modulaire de gabarit plus petit et moins cher que le premier, Il est performant au point qu'il brûle tous types de déchets ;
- ✓ L'incinérateur à combustible dérivé du déchet, Il n'admet pas tous types de déchets où seule la fraction combustible des déchets est brûlée.

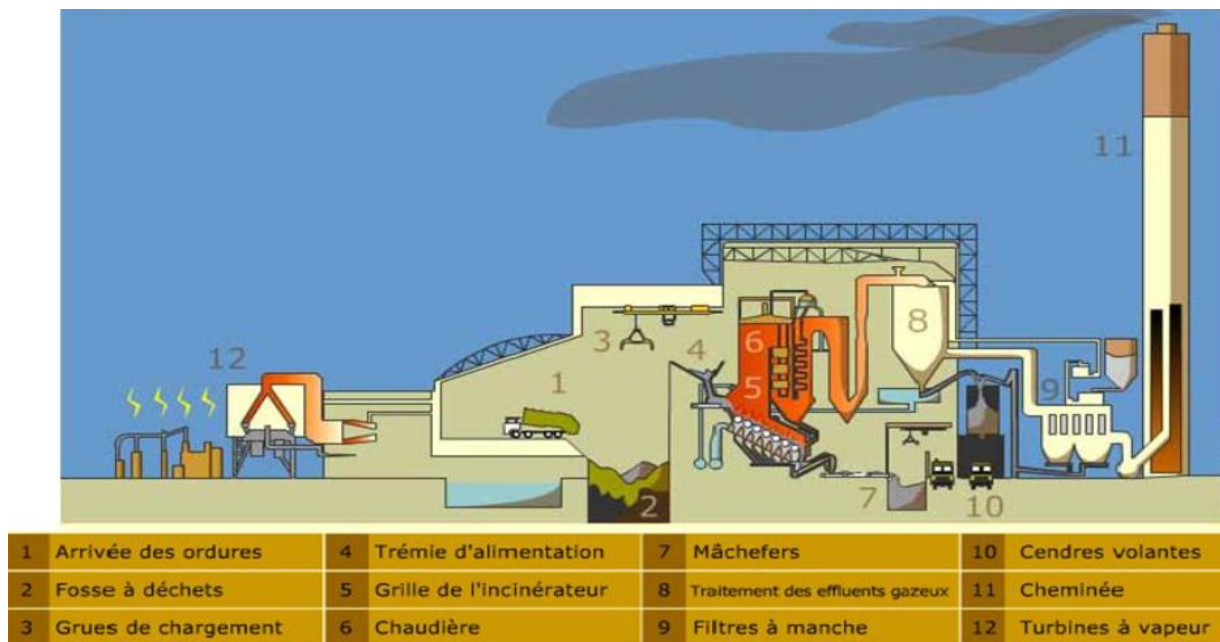


Figure 7: Voyage au cœur de l'incinération (Benaatta Allah, 2013).

1.10.4.1.2. Traitement par valorisation

1.10.4.1.2.1. La valorisation matérielle / Le recyclage

Ce processus consiste à récupérer et à réutiliser plusieurs matériaux présents dans les déchets pour reconstruire de nouveaux produits du même type ou même de caractère divergent (Berg et al., 2009). Cela permet de faire des économies en matière première et surtout en énergie, tout en réduisant les frais de traitement des déchets (C. Faurie, 2011). Le recyclage des produits valorisables, en fin de vie passe par l'organisation de filières spécialisées permettant à toutes les entreprises ou particuliers de la récupération et de la réutilisation des déchets. (Gillet, 1985).

1.10.4.1.2.1.1. Recyclage du papier-carton

Le recyclage du papier commence par le désencrage et se poursuit par une ablution dans une solution chimique afin de défibrer. Les Etats-Unis recyclent environ 50% de leurs papiers et cartons, le Danemark recycle 97% de ses papiers-cartons (Berg et al., 2009).

En Algérie, la récupération du papier/carton se fait au niveau : des petits commerces, des industries et installations de traitement, puis ils sont, conduits vers des hangars de stockage pour le tri et la mise en balle. Toutes les étapes du processus de valorisation du papier/carton se montrent dans la figure 8, ci-après (AND, 2020).

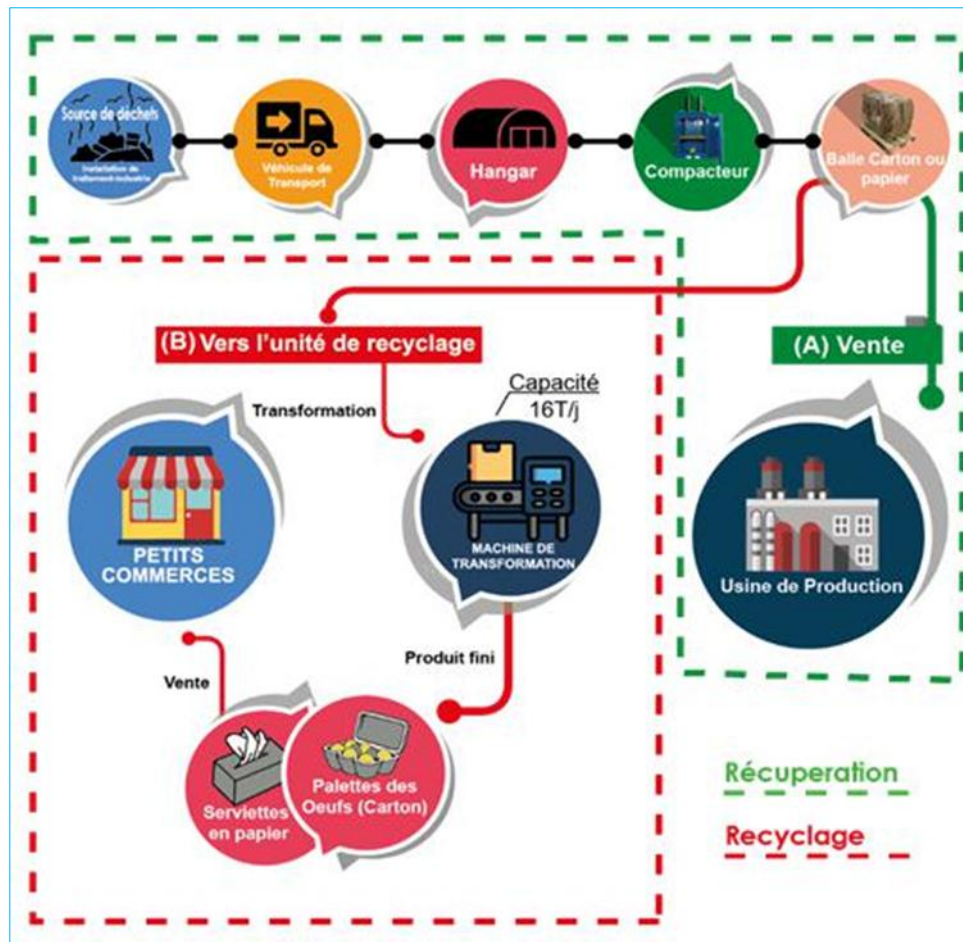


Figure 8 : Processus de valorisation du papier/carton (AND, 2020).

Une fois l'opération terminée, le produit est :

- ✓ Soit vendu aux usines de production (A), c'est la fin de la chaîne de récupération où les usines utilisent les balles de papier/carton comme matière première secondaire.
- ✓ Soit passé à l'unité de recyclage (B), c'est le début du processus de recyclage et de transformation. Les quantités de papier/carton triées et pressées sont transformées en produits finis (palettes pour œufs, serviettes en papier...etc.).

1.10.4.1.2.1.2. Recyclage du verre

C'est le meilleur exemple de recyclage de matériau. Il coûte moins cher de recycler le verre que de le fabriquer à partir de matériaux neufs (Berg et al., 2009). Le verre occupe un pourcentage important dans les déchets ménagers qui peut aller à 10 % (C. Faurie, 2011).

En Algérie, la récupération du verre se fait soit, au niveau des industries et des petits commerces, ou au niveau des installations de traitement. Le processus de valorisation des déchets de verre comprend plusieurs étapes, résumé dans la figure ci-après.

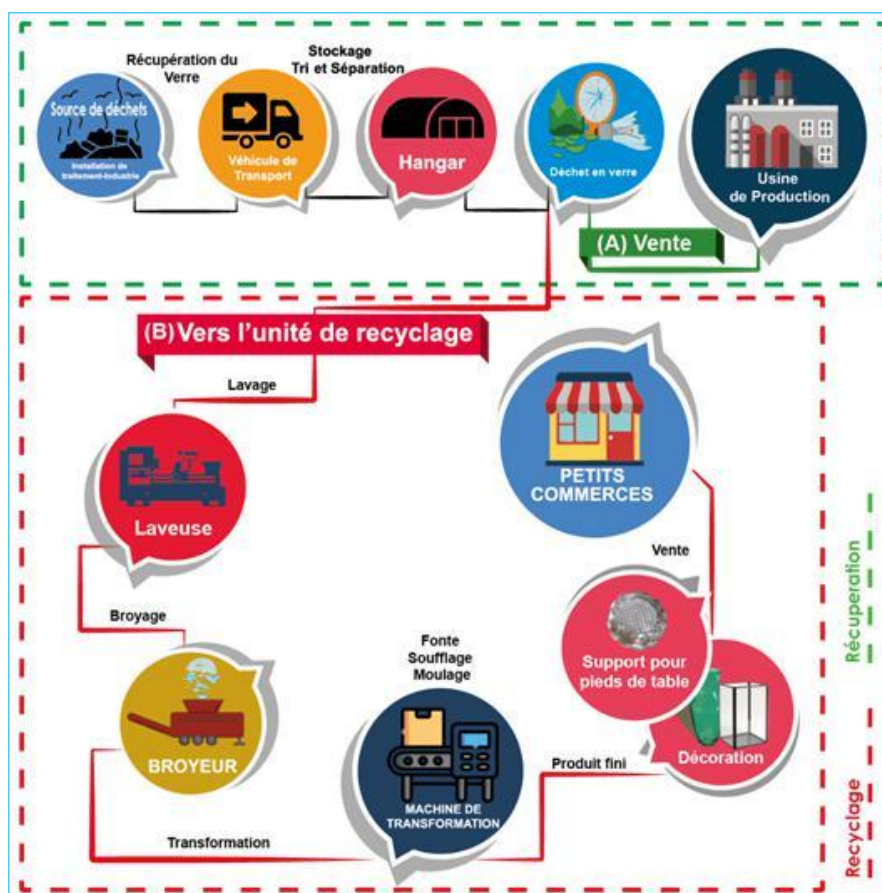


Figure 9 : Processus de valorisation du verre (AND, 2020).

Les quantités récupérées sont acheminées vers des hangars de stockage afin d'être triées selon le type, puis nettoyer pour être ensuite vendues soit :

- ✓ Aux usines de production (A) : c'est la fin de la chaîne de récupération.
- ✓ Aux unités de recyclage (B) : le début du processus de recyclage et de transformation. Les verres récupérés sont lavés, broyés et transformés en produits finis (supports pour les pieds de table, articles de décoration, etc.). Ces derniers sont vendus aux artisans et petits commerces.

1.10.4.1.2.1.3. Recyclage des métaux

Le recyclage des métaux ferreux et non-ferreux représente un potentiel important du recyclage. Cependant, ils nécessitent un tri préalable (Faurie & Ferra, 2006). Les métaux recyclables sont surtout : le plomb, l'or, le fer, l'argent et le Zinc entre autre métaux, dont la valeur économique influe pour que le métal soit recyclé ou jeté. On recycle souvent lorsque le prix est plus élevé. Ainsi, bien que les réserves de déchets métalliques soient assez constantes, la quantité du recyclage varie d'une année à l'autre (Berg et al., 2009).

En Algérie, la récupération des métaux ferreux et non-ferreux se fait au niveau des industries ou des installations de traitement, ainsi que les petits commerces. La figure 09 résume le processus de valorisation des déchets de métaux (AND, 2020).

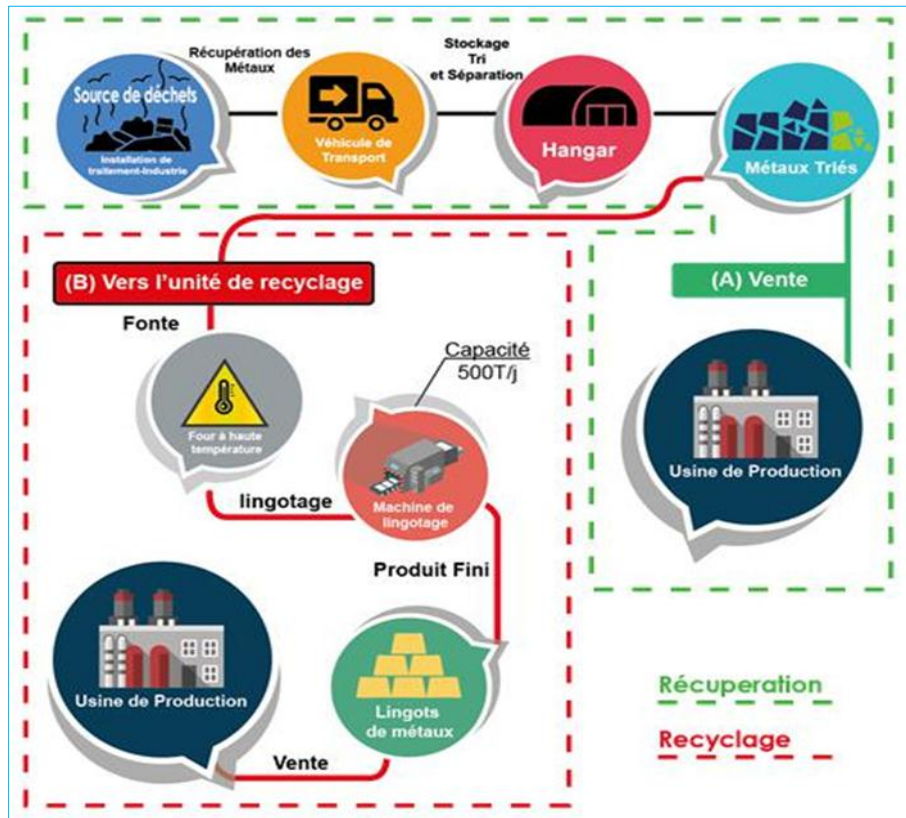


Figure 10 : Processus de valorisation des métaux ferreux et non-ferreux (AND, 2020).

Après la récupération des métaux (Fer, Aluminium, Fonte...etc.), et dès les aires de stockage. Ils sont ensuite, conduits et/ou vendus :

- ✓ Aux usines de production (A) : c'est la fin de la chaîne de récupération.
- ✓ Aux unités de recyclage (B) : c'est le début du processus de recyclage et transformation.

Les plus importants transformateurs sont les grandes usines de métallurgie qui opèrent sur le marché Algérien - TOSYALI à Oran et - le complexe sidérurgique d'El Hadjar à Annaba. Ces deux usines ont le contrôle sur le plus grand flux du pays (AND, 2020).

1.10.4.1.2.1.4. Recyclage du plastique

Le recyclage du plastique par les industriels fait face aux nombreuses difficultés, car l'opération demande des efforts considérables afin de l'obtenir, de le traiter et de le refaçonné, parce que ces matières qui paraît semblables, sont très variables et il en existe des milliers de

matières qui sollicitent des traitements très différents chacun. Pourtant, en dépit de la quantité produite seulement 2 à 3% est recyclée (Faurie & Ferra, 2006).

En Algérie, la récupération du plastique se fait à partir des industries, des petits commerces et les installations de traitement. Puis, ils sont transportés dans des hangars de stockage, afin d'être triés selon le type de plastique (PET, PEHD, film plastique, PP, PS, Caoutchouc, PVC...etc.).

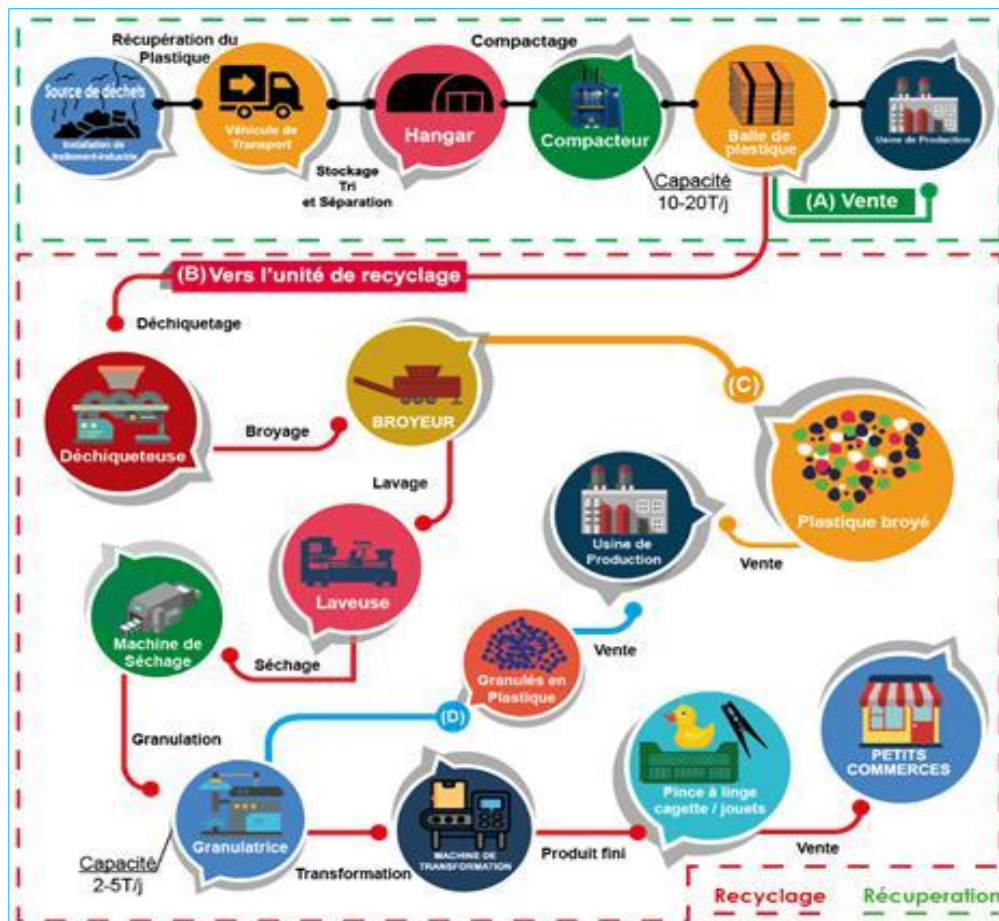


Figure 11 : Processus de valorisation du plastique (AND, 2020).

Une fois le plastique est compacté et mis en balles, il est être conduit ensuite, soit :

- ✓ Aux usines de production (A) : c'est la fin de la chaîne de récupération.
- ✓ Aux unités de recyclage (B) : c'est le début du processus de recyclage, les déchets sont alors broyés à l'aide d'un broyeur, puis laver et sécher avant de passer au granulateur.
- ✓ (D) : Vers les granulés.
- ✓ (C) : les plastiques broyés peuvent être acheminés et vendus comme matière première secondaire aux usines de production. En fonction du type de plastique, les granulés sont ensuite transformés en produits finis.

1.10.4.1.2.2. Le compostage

Le compostage est une pratique qui consiste à produire du compost à partir de déchets végétaux. C'est une méthode biologique aérobie de dégradation de la matière organique contenue dans un produit stabilisé, qui présente des caractéristiques d'un terreau orné, en composés humiques (**Damien, 2004**). La décomposition de la fraction organique fermentescible se fait en aérobie et en présence de micro-organismes (bactéries, champignons...etc.) d'autres conditions aussi sont nécessaires, telle que : la température, l'humidité...etc. (**Le Bozec, 1994**).

Les déchets ménagers comprennent des matières organiques utilisées comme engrais pour enrichir les sols cultivés, en raison de leur valeur nutritif et humique. Les agriculteurs à la campagne, depuis longtemps, reprennent les déchets urbains et les répandent sur leurs terrains après une transformation par fermentation naturelle, en un produit-engrais. Or maintenant la composition des ordures ménagères a changées, elles présentent beaucoup d'inconvénients, difficultés de manipulation, risque imprévu causés par des corps coupants (verre, métaux, couteaux... etc.). Les cultivateurs actuels exigent des produits plus raffinés, contiennent une valeur agronomique visée. Le compostage des déchets urbains consiste à préparer industriellement un produit répondant à ces conditions (**Gillet, 1985**).

En Algérie, les déchets organiques représentent plus de 50% de la quantité totale des DMA générée en Algérie. Malgré cela, le potentiel de valorisation de la fraction organique ne soit plus à démontrer, à peine 1% d'activités de compostage est enregistré annuellement. La filière de valorisation des déchets verts en Algérie se résume dans quelques projets pilotes et des expériences menées par des opérateurs et des associations environnementales.

Les (figures 12-13) résument les différentes étapes de production du compost ainsi que le procédé chimique :

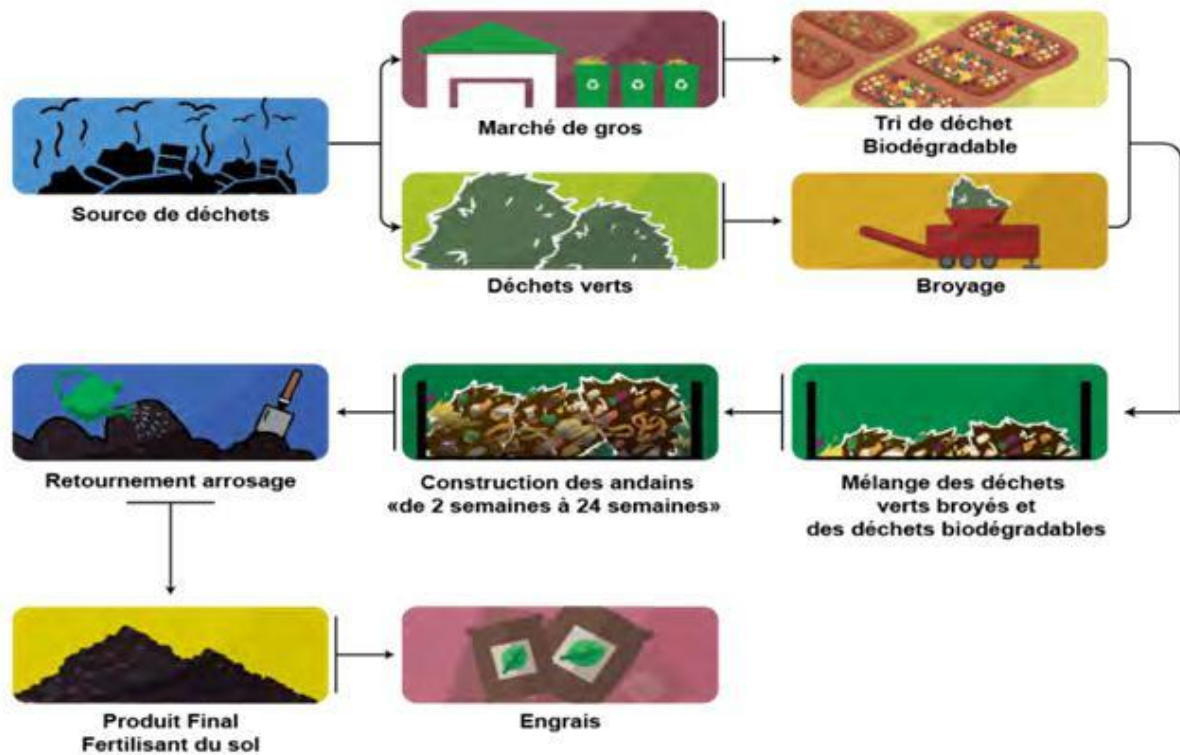


Figure 12 : Schéma explicatif de la valorisation des déchets organiques (AND, 2020).

Les composts montrent des teneurs élevées en matière organique et en éléments nutritifs, NPK contribuent à la nutrition des plantes et à l'augmentation ainsi des rendements agricoles. Aujourd'hui, le compostage est considéré comme un procédé écologiquement durable, dans un système de gestion intégrée des déchets (Compaoré & Nanéma, 2010).

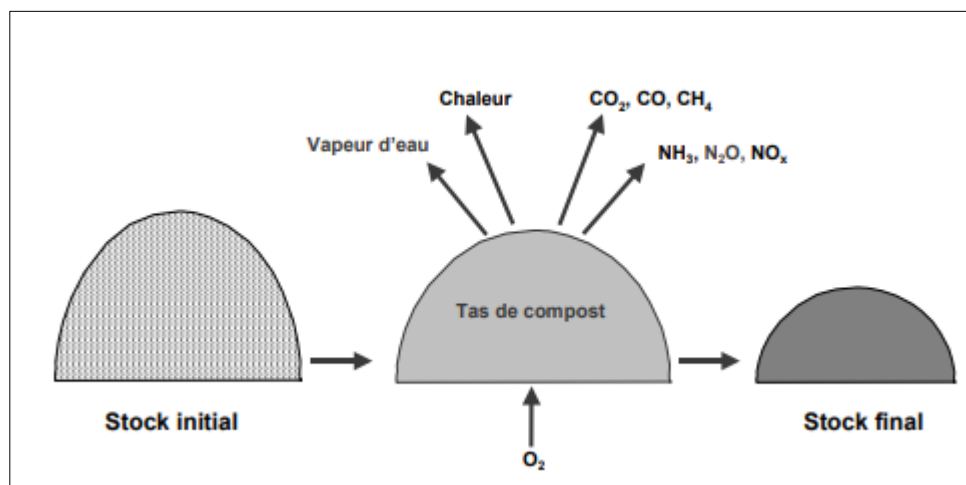
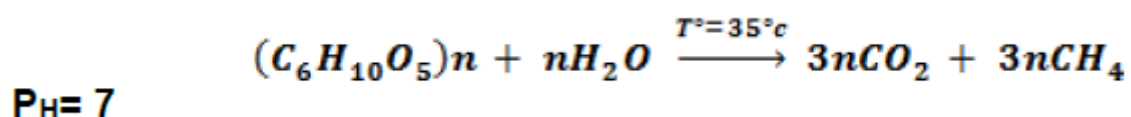


Figure 13 : Les grandes lignes du procédé du compostage (Yulipriyanto, 2001).

1.10.4.1.1.3. La méthanisation (source de biogaz)

La méthanisation est une procédé permettant de transformer les déchets organiques en énergie, à travers la production d'un biogaz riche en méthane (CH₄), récupéré puis transformé en électricité. Elle permet ainsi, d'agir sur l'environnement en éliminant des déchets et de plus, produit une énergie « verte », car la matière utilisée est issue du vivant (animal ou végétal). En utilisant ce biogaz, on économise de l'énergie fossile (**Moletta, 2008**).

Les Américains, les Danois, les Hollandais, les Anglais et les Allemands utilisent le processus de digestion anaérobie pour produire de l'énergie à partir des fumiers que l'on dénommait « gaz de fumier », depuis les années 1940. Actuellement, elle s'est spécialement implantée comme un outil de dépollution très intéressant. Le fait que cela soit couplé à une production d'énergie (le méthane), en a augmenté l'intérêt. Le gaz libéré par fermentation anaérobie de la matière organique selon la réaction suivante :

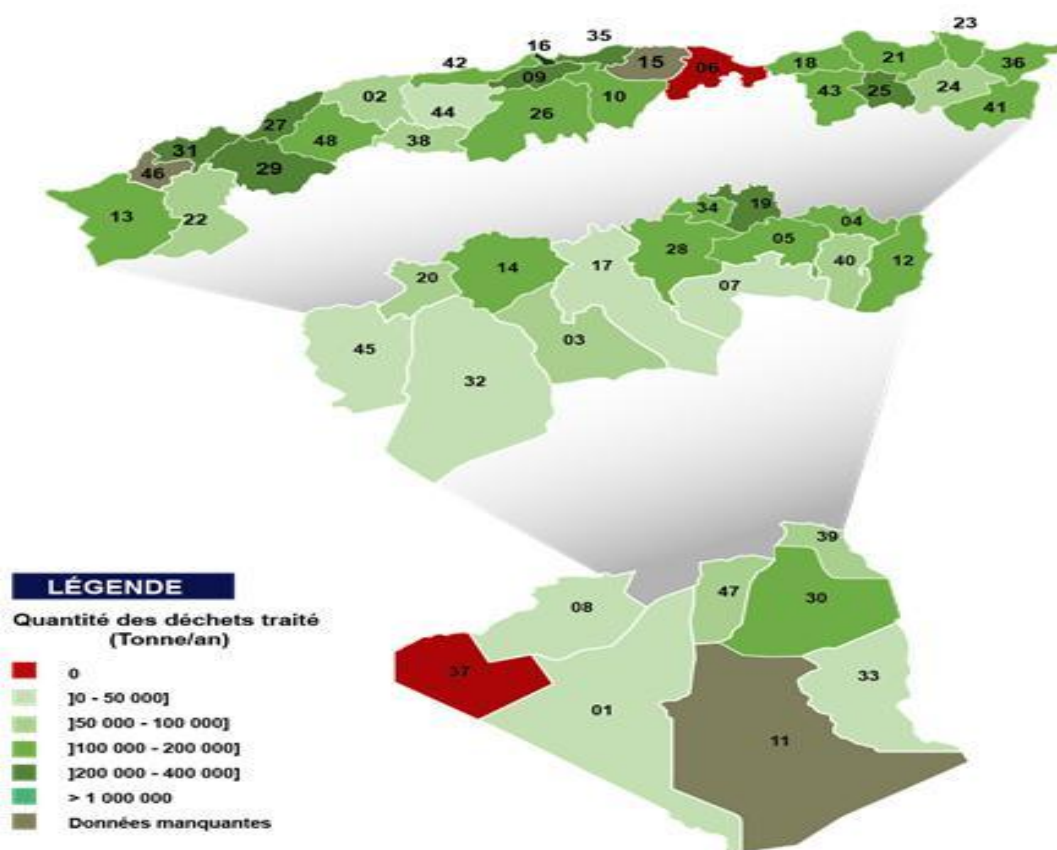


Une tonne de fermentescibles après transformation, fournit 100 m³ de biogaz et 250 Kg de compost. Les résultats sont d'autant plus importants que le gisement de matière organique est pur, c'est-à-dire que le tri a été efficace (**Faurie & Ferra, 2006**).

1.10.5. Quantités des déchets traitées en Algérie

En 2020, la quantité traitée de DMA dans les CET et (DC) a été évaluée à 6 MT, soit un taux de traitement de 45%, par rapport à la quantité totale générée, estimée à 13,5 MT. La figure 14 montre l'estimation des quantités annuelles de DMA traitées par wilaya. Il est à rappeler que le taux de la collecte à l'échelle nationale est nettement inférieur à 100% (entre 85 et 90% dans les zones urbaines et en dessous de 70% dans les zones rurales. Aussi, la capacité installée de traitement des déchets n'est pas suffisante (**AND, 2020**).

Au niveau national, les DMA sont traités seulement dans les CETs de classe II et dans les décharges contrôlées (DC). Étant donné que ces installations sont classées, pour la protection de l'environnement. Ces dernières assurent le traitement et l'élimination des déchets ménagers via la technique d'enfouissement et de valorisation.



01 ADRAR	13 TLEMCEM	25 CONSTANTINE	37 TINDOUF
02 CHLEF	14 TIARET	26 MEDEA	38 TISSEMSILT
03 LAGHOUAT	15 TIZI OUZOU	27 MOSTAGANEM	39 EL OUED
04 OUM EL BOUAGHI	16 ALGER	28 M'SILA	40 KENCHELA
05 BATNA	17 DJELFA	29 MASCARA	41 SOUK-AHRAS
06 BEJAIA	18 JIJEL	30 OUARGLA	42 TIPAZA
07 BISKRA	19 SETIF	31 ORAN	43 MILA
08 BECHAR	20 SAIDA	32 EL BAYADH	44 AIN-DEFLA
09 BLIDA	21 SKIKDA	33 ILLIZI	45 NAAMA
10 BOUIRA	22 SIDI BEL ABBES	34 BORDJ BOU ARRERIDJ	46 AIN-TEMOUCHENT
11 TAMANRASSET	23 ANNABA	35 BOUMERDES	47 GHARDAIA
12 TEBESSA	24 GUELMA	36 EL-TARF	48 RELIZANE

Figure 14 : Quantités des DMA traités en Algérie par wilaya (AND, 2020).

Le traitement des déchets est très important dans les wilayas du Nord, tandis que, dans les wilayas du Sud n'est plus le cas. Cela est dû à plusieurs raisons, principalement la quantité des déchets produite. Cependant, plusieurs problématiques relatives au traitement des déchets sont enregistrées, notamment, dans les communes non desservies créent des écarts importants entre la production et le traitement des déchets, c'est le cas des wilayas de Djelfa, Biskra et Ain Defla qui ont une production des déchets nettement plus élevée que leur traitement, en comparaison avec les autres wilayas. Les wilayas de Tindouf et de Bejaia sont des cas particuliers, dans la mesure où l'absence de traitement est due à l'inexistence d'installations opérationnelles. La décharge contrôlée de Tindouf est sursaturée et le CET de Bejaia est fermé depuis 2016, juste après son inauguration, suite à l'opposition des citoyens (AND, 2020).

Au cours, des deux dernières décennies, l’Etat algérienne a consacré des investissements importants pour la réalisation des installations du traitement de déchets. A ce jour, 221 installations de traitement ont été réalisées, dont 191 installations en cours d’exploitation, 101 CET classe II et 90 décharges contrôlées (Figure 15).

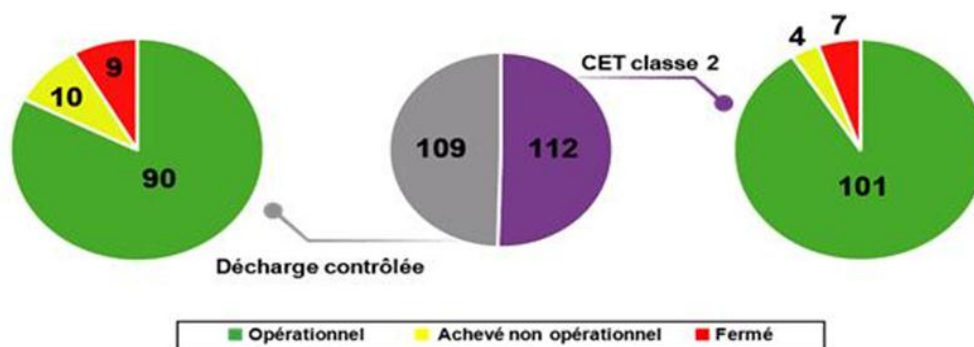


Figure 15 : Nombre d’installations de traitement des DMA en Algérie (AND, 2020).

1.11. Caractérisation des DMA en Algérie entre 2018 / 2019

Mené par l’AND, la campagne de caractérisation des DMA a été lancée en Avril 2018 jusqu’au Mars 2019. Elle avait pour objectif de cerner davantage la composition des DMA à l’échelle nationale, pour pouvoir identifier les filières de traitement les plus appropriées sur les 5 à 10 années à venir. Les résultats montrent que la fraction organique occupe 53,61% des DMA, le plastique représente 15,31% et la fraction papier/carton de 6,76%. L’étude a signalé le problème des couches jetables qui occupe une fraction importante avec environ 11.76%, ce qui nécessite de mettre en place un mode de traitement adéquat pour ce déchet (AND, 2020).

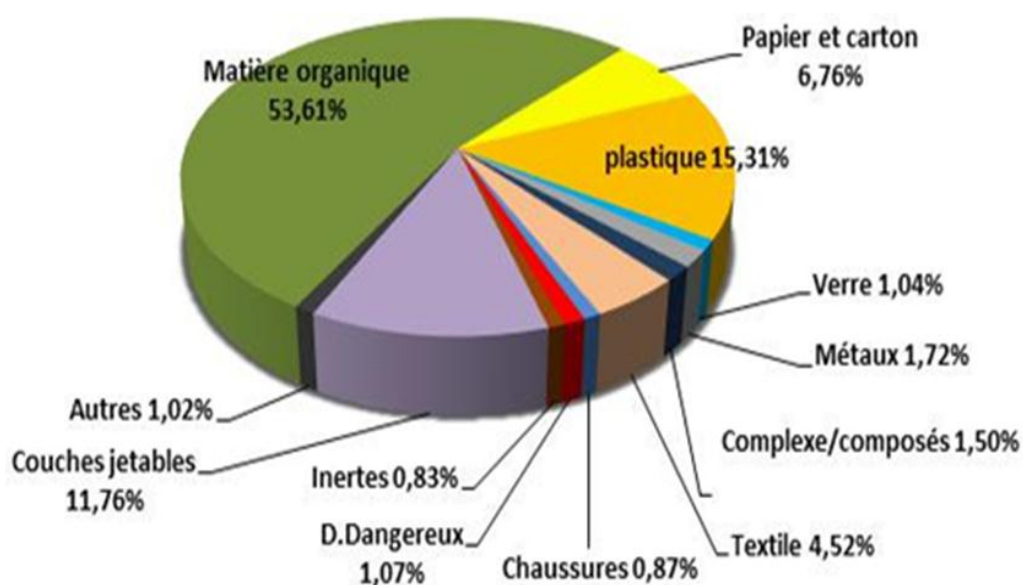


Figure 16 : Composition moyenne annuelle des DMA ; (Source : AND, Année 2018/2019)

2.1. Généralités sur les lixiviats

Les lixiviats des centres d'enfouissement technique des déchets constituent un vrai malaise et lassitude, que ce soit dans le coût de la gestion et le traitement, ou pour le coût environnemental qui l'engendre où plusieurs études ont essayé d'en mettre en évidence de différents aspects chimiques, hydrologiques, toxicologiques et environnementaux.

Les eaux de précipitation s'enfuient à travers la masse des déchets, dont la vitesse dépende surtout de la porosité, de la perméabilité et de l'épaisseur des déchets. Elles constituent le vecteur principal de l'évolution d'une décharge auxquelles s'ajoute l'eau apportée par les déchets eux-mêmes et les eaux de ruissellement qui entrent dans les casiers de stockage. Dans le cas des décharges de classe II, donc des déchets ménagers et assimilé. Les eaux favorisent la biodégradation des matières organiques fermentescibles et produisent des lixiviats, qui proviennent de cette percolation de l'eau (météorique ou contenue dans les déchets) à travers le massif, en se chargeant en matières en suspension et composants solubles (organiques ou minérales) issus des déchets et en sous-produits de la dégradation des déchets. (Belle, 2008).

2.2. Définition des lixiviats de décharges

Selon le dictionnaire de l'environnement : Le lixiviat désigne « *les jus de décharge issus de la fermentation des déchets et de la percolation sous l'effet des précipitations atmosphériques. Ils contiennent de nombreux polluants (métaux lourds). Les exploitants de décharge doivent assurer la collecte et le traitement de la totalité des eaux de percolation. Ces structures drainantes doivent être opérationnelles pendant toute la durée de l'exploitation et jusqu'à épuisement des eaux de percolation après la mise en place d'une couverture étanche en fin d'exploitation* » (Dictionnaire de l'environnement, 2023).

Le terme lixiviat désigne les eaux météoriques qui en percolant à travers la décharge qui s'en chargent d'éléments polluants minéraux et organiques et bactériologiques. Cependant, la lixiviation est la migration des substances solubles (Khattabi, 2002). Le lixiviat ou « jus des poubelles » c'est : l'eau qui percole à travers les déchets en se chargeant microbiologiquement et chimiquement de substances organiques et minérales. La production massive des lixiviats dans les décharges engendre des risques multiples de pollution des sols, des rivières et des nappes phréatiques, il est donc indispensable de collecter et de traiter ces lixiviats avant leur rejet dans la nature. La composition du lixiviat dépend de plusieurs paramètres : La composition des déchets enfouis, leur degré de décomposition, leur taux d'humidité et l'âge de la décharge entre autres facteurs (Colin, 1984).

2.3. Les phases de dégradation des déchets

Des quantités importantes de déchets contiennent un mélange de constituant : organiques et inorganiques, aux propriétés physico-chimiques variables. Une fois enfouit, des processus physiques, chimiques et microbiologiques s'opèrent au sein du massif de déchets, entraînant une dégradation des déchets jusqu'à un état dit « stabilisé ». Les déchets organiques se dégradent facilement, tandis que les autres matériaux, tels que le caoutchouc, le plastique, le verre se décomposent très lentement (Robinson et al., 1986). Généralement, on distingue cinq phases de décomposition des déchets enfouit au sein d'une décharge des ordures ménagères (Gettinby et al., 1996).

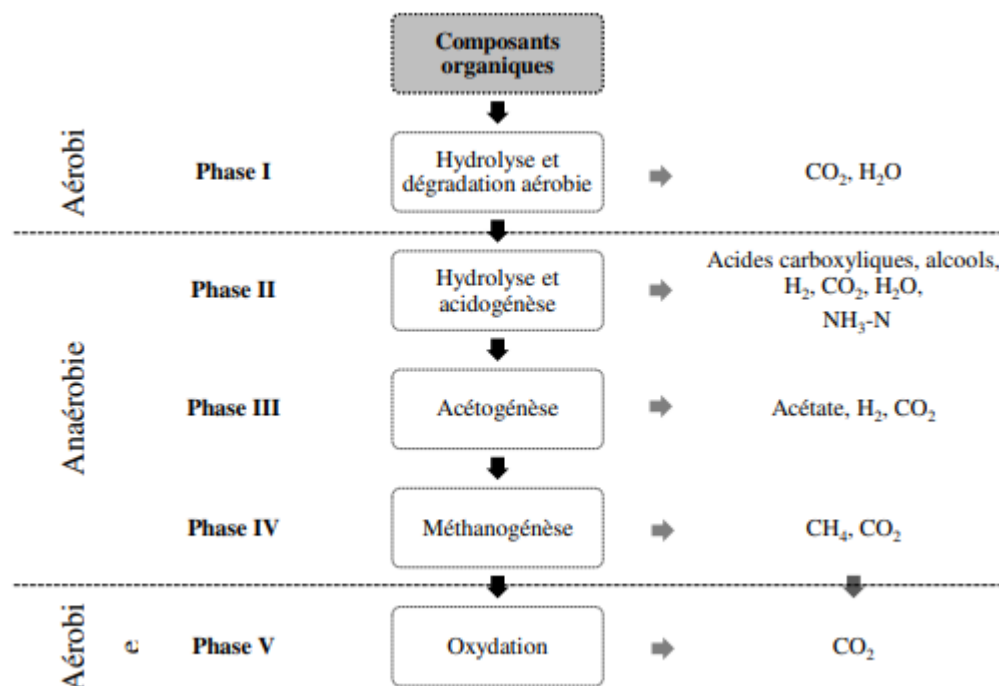


Figure 17: les phases de dégradation des déchets au sein d'une décharge (Kjeldsen et al., 2002), (Williams, 2005).

2.3.1. Phase I : la dégradation aérobie

Cette phase se déclenche une fois les déchets sont mise en place. L'activité des bactéries aérobies strictes consomme rapidement de l'oxygène présent dans les pores des déchets, et dégradent ainsi la matière organique en CO₂, H₂O et en résidus organiques partiellement dégradés, cette phase est caractérisée par une élévation de la température qui atteint les 60°C. (Renou et al., 2008). Après recouvrement des déchets, le stock d'oxygène n'étant pas renouvelé la phase aérobie n'excède pas quelques jours dans les décharges classiques (Kjeldsen et al.,

2002). Si, les déchets ne sont pas recouverts et sont mis en couches peu épaisses, cette phase peut se poursuivre pendant plusieurs mois.

2.3.2. Phase II : Fermentation acide (hydrolyse et acidogénèse)

Elle se manifeste dans un premier temps par l'hydrolyse de la matière organique complexe en molécules simples, qui sont fermentées lors de l'acidogénèse en acides carboxyliques (ou acides gras volatils (AGV)), gaz et alcools (20 % d'hydrogène et 80 % de dioxyde de carbone). Elle se caractérise aussi, par la diminution de la température interne qui atteint 30 à 50 °C. Le pH diminue (jusqu'à 5) et entraîne une solubilisation des éléments minéraux et métalliques (Rouez, 2008). La forte charge organique dans les lixiviats produits et le faible teneur en pH (5-6) sont dû à la formation d'AGV (Barlaz et al., 2002).

2.3.3. Phase III : Acétogénèse

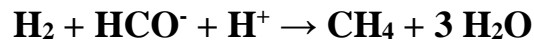
Elle est caractérisée par la présence de bactéries dites "acétogènes" qui hydrolysent et transforment la matière organique par fermentation produisant des molécules simples et solubles (acides gras, ammoniac). Les bactéries acétogènes convertissent les sous-produits de l'acidogénèse en acétate, hydrogène et dioxyde de carbone, qui sont les précurseurs directs du méthane. Les volumes en dioxyde de carbone et hydrogène tendent à diminuer durant cette phase (Williams, 2005). Cette phase s'accompagne d'une augmentation du pH jusqu'à la neutralité suite au développement de bactéries anaérobies strictes (Rouez, 2008). Ces propriétés métabolique facilitent la dissolution d'autres composés tels que : Fe, Mn, Zn, et Mg (Wu et al., 2011).

2.3.4. Phase IV : Méthanogénèse

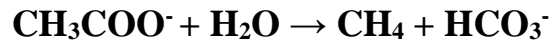
Les faibles teneurs en hydrogène promeuvent le développement des bactéries méthanogènes qui dégradent les produits organiques issus des étapes métaboliques précédentes en biogaz (60 % méthane et 40 % dioxyde de carbone). Ces bactéries sont des bactéries anaérobies strictes qui font partie de la classe des *Archaeobactéries* (Woese, 1987). Les températures varient entre 30 et 65 °C, favorisent à la formation du biogaz. Le rapport DBO₅/DCO devient faible car la population microbienne indigène consomme la matière organique dissoute. (Barlaz et al., 2002). Au cours de cette étape, la concentration en acide acétique (principal substrat de la méthanogénèse) diminue rapidement conduisant à une augmentation progressive des valeurs de pH (autour de 7-8) (Ross, 1990).

Il existe deux voies métaboliques de production du méthane (Graindorge, 1990) :

- ✓ La réduction du CO₂ des carbonates ou bicarbonates (respiration anaérobie) en méthane (en présence de dihydrogène) par les bactéries méthanogènes selon la réaction suivante :



- ✓ La production de méthane à partir de l'acétate (acétoclastie) :



2.3.5. Phase V : Oxydation ou phase humique

C'est la phase finale de maturation et de stabilisation de la matière organique. En fin de méthanogénèse, la production de biogaz devient minime et continue à diminuer pendant cette phase, qui est aussi marquée par une entrée progressive d'air au sein du milieu. Ce qui aura comme conséquence de voir réapparaître des conditions oxydantes, qui provoque une production de CO₂ résultant de la réaction d'oxydation du méthane résiduel (**Kjeldsen et al., 2002**). L'oxydation au sein du massif peut entraîner le relargage des métaux lourds ou à des forme réduites (sulfures) fortement retenus aux composés organiques. Cette phase ne reste qu'hypothétique à large échelle car la majorité des anciennes décharges surveillées se situent en phase méthanogène stable (**Thomas et al., 1995**).

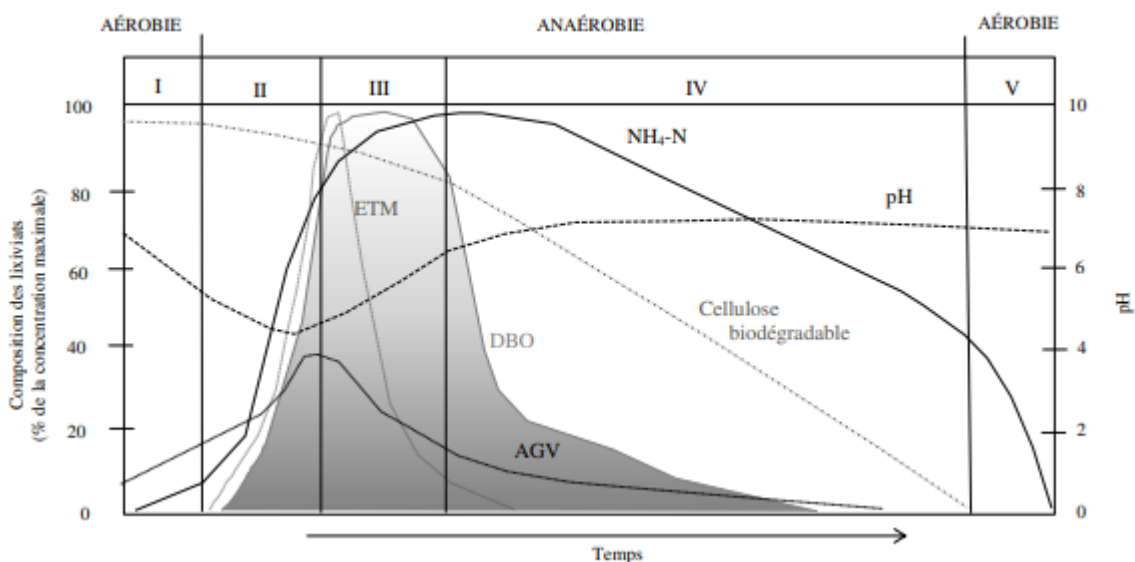


Figure 18 : Évolution de la composition des lixiviats au cours de différentes phases de la dégradation des déchets (**Grisey, 2013**).

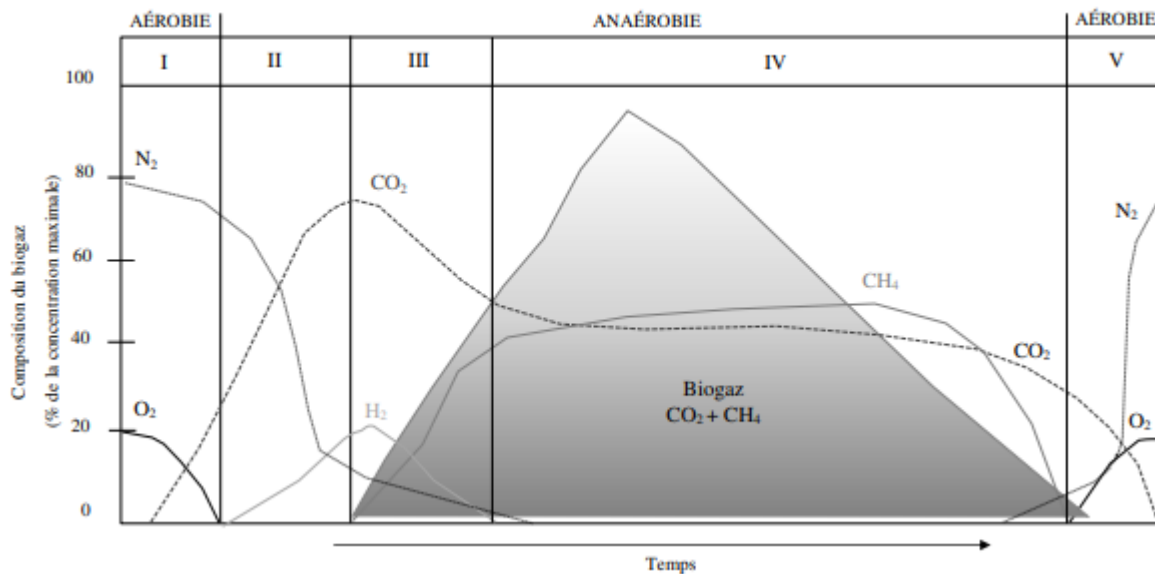


Figure 19 : Évolution de la composition du biogaz au cours de différentes phases de la dégradation des déchets (Grisey, 2013).

2.4. Genèse des lixiviats

Les lixiviats sont produites lorsque la teneur en humidité dépasse la valeur maximale de rétention dans le casier qui est définie comme la valeur maximale de liquide que peut retenir un milieu poreux sans produire de percola (El-Fadel et al., 2002). Cependant, il existe de nombreux facteurs affectant la quantité et la qualité des lixiviats (Glandier, 2002), (Trabelsi, 2011), parmi eux on note:

- ✓ Des conditions environnementales : les paramètres climatiques (température, la neige, humidité précipitation...etc.) à part la géologie, l'hydrogéologie et la topographie du site étant maîtrisés puisque le site est choisi selon ces critères avant la réalisation même ;
- ✓ La nature et la qualité des déchets et les conditions d'exploitation : l'âge des déchets, la perméabilité, la teneur initiale en humidité, le mode d'enfouissement des déchets, la phase d'avancement du site et le matériau de la couverture finale ;
- ✓ Les phénomènes physiques, chimiques et biologiques, qui s'opèrent dans la masse des déchets et génèrent les lixiviats en fonction de l'âge des déchets.
- ✓ L'exploitation et la gestion du site : compactage, végétation, couverture, irrigation ;

Tous ces processus sont gouvernés par la présence d'eau au sein du système. D'après Lefebvre (1998), l'humidité des déchets a plusieurs rôles (Belle, 2008) :

- ✓ Elle permet l'hydrolyse de la matière lignocellulosique, principal constituant des déchets organiques, impliquant une consommation de 0,1 g d'eau par gramme de cellulose ;

- ✓ Elle est un vecteur de colonisation bactérienne de la surface externe et de la macroporosité des particules solides, et un vecteur de diffusion des enzymes hydrolytiques, des nutriments, des métabolites extracellulaires et de l'oxygène ;
- ✓ Elle constitue 80 % du matériel massique d'un micro-organisme.

Les effets de l'activité microbiologique peuvent être multiples, directs ou indirects et provoquent des phénomènes physico-chimiques secondaires. Au début de l'enfouissement, la première dégradation est aérobie, la première phase de décomposition anaérobie est une fermentation acide ; les percolats « jeunes » sont riches en acides gras volatils (AGV) qui représente jusqu'à 95% du carbone organique total (COT), ce caractère acide du lixiviat permet de solubiliser les métaux présents dans les déchets. Au cours du temps, l'évolution biologique complémentaire consiste en une digestion anaérobie pendant laquelle les AGV sont métabolisés. Les produits résultants de cette métabolisation sont des gaz (essentiellement du CO₂ et CH₄) et des molécules stabilisées (acides fulviques et humiques). Dès lors, et au fur et à mesure de son vieillissement (facteur temps), une décharge produira des lixiviats de plus en plus pauvre en AGV et/ou petites molécules biodégradables. Parallèlement, le phénomène d'humification se produit pendant lequel le lixiviat se charge pleinement en molécules de hauts poids moléculaires (**Kang et al., 2002**).

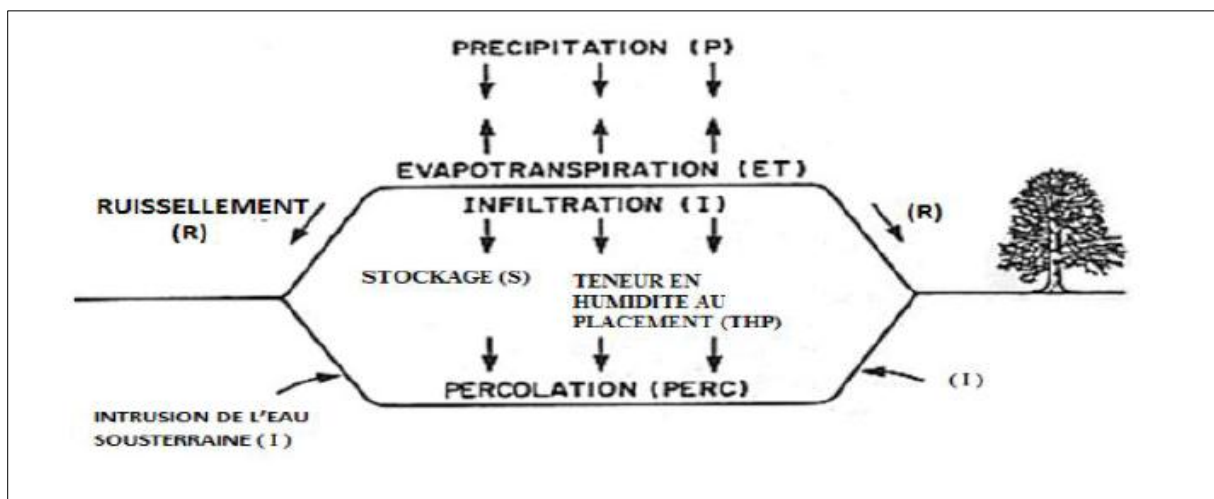


Figure 20 : les mécanismes de la genèse des lixiviats au sein d'un casier (**Colin, 1984**).

2.5. Composition des lixiviats

La composition ou plus précisément, le caractère physico-chimique et microbiologiques des lixiviats est spécifique à chaque décharge. En effet, elle dépend principalement de plusieurs facteurs voire la nature de la décharge (sauvages, contrôlées, ...etc.), l'âge de la décharge, le

type de déchets et leur degré de décomposition, la méthode de mise en décharge, la nature du site d'enfouissement et les conditions climatiques (**Bennama et al., 2010**).

La composition des lixiviats est très diverse dans le temps et dans l'espace. Quatre types de polluants sont omniprésents (**Pronost & Matejka, 2000**):

- ✓ La matière organique en suspension, issue de la biomasse, exprimée généralement en DCO ou la Demande Chimique en Oxygène (les AGV, les substances humiques et fulviques...);
- ✓ Les micropolluants organiques (hydrocarbures, composés aromatiques...);
- ✓ Les composés minéraux majeurs sous forme ionique (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , NH_4^+ , ...) ainsi que d'autres composés, tels que les borates, les sulfites (**Xu et al., 2006**);
- ✓ Les cations de métaux lourds à l'état de traces, sous forme majoritairement complexée par des ligands minéraux (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-}) ou organiques (macromolécules de type humique et fulviques).

De nombreuses études qui ont été faites sur les lixiviats des décharges focalisent sur la caractérisation des lixiviats. Le plus fréquemment déterminée grâce à des analyses physico-chimiques et bactériologiques, ont révélé que plus de 200 familles de composés organiques ont pu être identifiées dans ces lixiviats. (**C. B. Öman & Junestedt, 2008**) et (**C. Öman & Hynning, 1993**). La caractérisation bactériologique des lixiviats a prouvé qu'ils contiennent dans la plupart des cas certains micro-organismes pathogènes (**Sillet et al., 2001**). La composition des lixiviats dépend de plusieurs facteurs (**Trabelsi, 2011**). Cependant, il est difficile de prédire vraiment la composition moyenne du lixiviat d'un site donné. Car comme c'est mentionné précédemment, elle varie dans le temps et l'espace et dépend de plusieurs facteurs dont on connaît certains et les études nous montrent de nouveaux, jour après l'autre. Le (Tableau. 2) donne les valeurs extrêmes qui peuvent atteindre dans un lixiviat.

Tableau 2 : Caractéristiques physicochimiques des lixiviats d'une décharge (Berthe, 2006).

	Paramètres	Valeurs limites
Paramètres globaux	pH	4,5 – 9
	Conductivité	2500 - 25000 $\mu\text{S}/\text{cm}$
	COD	30 - 27700 mg C/L
	DBO5	20 - 57000 mg O2/L
	DCO	140 - 90000 mg O2/L
	NTK	14 - 2500 mg N/L
Principaux ions (mg/l)	Ammonium	50 – 1800
	Calcium	10 - 7200
	Fer	1 - 5
	Manganèse	0,03 - 1400
	Potassium	50 - 3700
	Sodium	70 - 7700
	Carbonate	610 - 7320
	Chlorure	150 - 4500
Sulfate	8 – 7750	

2.6. Quantification des lixiviats

Afin, d'évaluer les volumes de lixiviats produits au sein d'un casier d'une décharge, on utilise le bilan hydrique ci-dessous, en tenant compte des conditions naturelles et du mode d'exploitation

$$P + E_D + R_1 = I + E + E_{TR} + R_2$$

- **P** est le volume des précipitations ;
- **E_D** est le volume d'eau apporté par les déchets ;
- **R₁** est le volume d'eau apporté par ruissellement ;
- **I** est le volume de lixiviats infiltrés dans le sous-sol à travers le fond de la décharge ;
- **E** est le volume de lixiviats collectés ;
- **E_{TR}** est le volume d'eau éliminé par évapotranspiration réelle ;
- **R₂** est le volume d'eau exporté de la décharge par ruissellement.

Notant, que cette approche quoique très conceptuelle ne rend pas compte de la complexité des phénomènes réels. Pourtant, elle permet de prévoir l'évolution du système dans le temps à partir de modèles calés sur les observations de terrain. Elle fournit aussi des indications sur la sensibilité des systèmes à travers l'analyse paramétrique (Trabelsi, 2011).

2.7. Types de lixiviats

On distingue trois types de lixiviats, Suivant le stade d'évolution biologique des déchets dont la fonction temps ou (l'âge de la décharge) joue le rôle majeur :

2.7.1. Les lixiviats jeunes (< 5 ans)

Ces lixiviats se caractérisent par une grande charge organique (**Kulikowska & Klimiuk, 2008**), principalement d'acides gras volatils, les acides carboxyliques représentent environ 80% de la charge organique. Le rapport indicateur $DBO_5/DCO > 0,3$ (seuil de biodégradabilité). Ces lixiviats se caractérisent par un pH acide (6 - 6,5) et ils peuvent dans ce cas, être chargés en métaux (jusqu'à 2 g L^{-1}). Ils correspondent aux premières périodes non méthanogènes de l'évolution d'une décharge (**Trabelsi, 2011**), et un traitement préalable est fortement recommandé pour ce genre de liquide avant son rejet (**C. Öman & Hynning, 1993**).

2.7.2. Les lixiviats intermédiaires (5 - 10 ans)

Comme son nom l'indique, c'est une phase de transition entre le lixiviat jeune et le lixiviat stabilisé. Le rapport indicateur DBO_5/DCO se situe entre $< 0,1$ et $0,5$. Au fur et à mesure du vieillissement de la décharge et que les déchets passent à la stabilisation, la charge organique se réduit (entre 3 000 et 15 000 mg/l) et les acides gras volatils se raréfient (20 à 30 % de la charge du lixiviat) au profit de composés de hauts poids moléculaires. L'émergence de ces composés tend à diminuer la biodégradabilité du lixiviat. Le pH s'approche de la neutralité (7 - 7,5). Ces lixiviats correspondent globalement à la phase méthanogène stable (**Trabelsi, 2011**).

2.7.3. Les lixiviats stabilisés (> 10 ans)

Appelé aussi, lixiviats vieux, c'est la phase finale qui correspond à la phase de maturation de la décharge. Ces lixiviats se caractérisent par une faible charge organique, composée essentiellement de substances humiques (acides fulviques et humiques) de hauts poids moléculaire (la DCO dépasse 3000 mg L^{-1}) (**Kulikowska & Klimiuk, 2008**), qui sont réfractaires à la biodégradation où le rapport indicateur ($DBO_5/DCO < 0,1$). Ces lixiviats stabilisés sont marqués par un pH légèrement basique (7,5 à 8,5) (**Chang, 1988**).

Tableau 3 : Caractéristiques et classification des lixiviats (Baig et al., 1999) , (Alvarez-Vazquez et al.,2004)

	Lixiviats jeunes	Lixiviats intermédiaires	Lixiviats stabilisés
Age de la décharge	< 5 ans	5 à 10 ans	> 10 ans
PH	< 6,5	6,5 à 7,5	> 7,5
DCO (mg L⁻¹)	> 10000	4000-10000	< 4000
DBO₅/DCO	> 0,5	0,1 à 0,5	< 0,1
AGV (% du COT)	> 70	5 à 30	< 5
Composés organiques	80% AGV	5-30% AGV+AH+AF	AH+AF
NH₄⁺ (mg .L⁻¹)	< 400	400	> 400
N Kjeldhal (mg .L⁻¹)	100-200	nd	nd
ETM (mg .L⁻¹)	< 2000	nd	< 50
biodégradabilité	importante	moyenne	faible

AGV* : acides gras volatils ; AH : acides humiques ; AF : acides fulviques ; nd non disponible.

2.8. Procédés de traitement des lixiviats

2.8.1. Les méthodes biologiques

Le traitement biologique reste le moins coûteux que ce soit aérobie ou anaérobie, le plus simple et fiable, pour la majeure partie du traitement des lixiviats contenant surtout des concentrations élevées en DBO₅ (Kargi & Pamukoglu, 2003). Les micro-organismes sont les principaux acteurs dans ce procédé, et ils assurent ainsi la biodégradation des composés organiques, pour donner du dioxyde de carbone et des boues, et dans des conditions anaérobies du biogaz (un mélange composé principalement de CO₂ et CH₄) (Lema et al., 1988). Pour éliminer les matières organiques et azotées des jeunes lixiviats, les traitements biologiques se sont prouvés très efficaces, surtout lorsque le rapport DBO₅/DCO a une valeur élevée (>0,5). Au fur et à mesure, l'omniprésence des composés réfractaires (Les acides humiques et fulviques) tend à limiter l'efficacité de ce type de traitement.

2.8.1.1. Traitement aérobie

Les micro-organismes omniprésents dans le milieu naturel sont utilisés pour dégrader les polluants présents dans les lixiviats dans ce type de traitement biologique aérobie. Les micro-organismes peuvent être libres comme le lagunage ou les boues activées (Bae et al., 1999) ou ils peuvent être fixés comme : les filtres plantés, les filtres à sable et le lit bactérien (Kornaros & Lyberatos, 2006). L'écot d'oxygène dans ce type de traitement dite aérobie peut aussi être artificiel comme dans le cas de turbine de diffusion de microbulles et dans les stations d'épuration de type "boues activées, aussi il peut être naturel comme le vent ou le système de

cascade dans les lagunes. La limite de ce processus peuvent être ces principaux inconvénients suivants :

- ✓ La limite du temps, il demande d'une grande période d'aération (**Loukidou & Zouboulis, 2001**) ;
- ✓ Il est gourmand énergétiquement en plus qu'il provoque l'excès de la production de boues (**Hoilijoki et al., 2000**) ;
- ✓ La haute teneur en azote ammoniacal provoque une inhibition microbienne (**Lema et al., 1988**) ;
- ✓ Dans certain cas, les lixiviats peuvent déborder des lagunes surtout en période pluvieuse (**Mohamed et al., 2021**).

2.8.1.2. Traitement anaérobies

Il demande peu d'énergie et produit à leur tour très peu de matières solides. Il est possible d'utiliser le méthane produit (la méthanisation résultant de la digestion de la fraction organique) pour réchauffer le digesteur qui fonctionne habituellement à 35 °C. La limite de ce procédé est sa sensibilité aux substances toxiques (**Sung et al., 1997**).

2.8.2. Les méthodes physico-chimiques

2.8.2.1. Flottation

La flottation a été largement utilisée en raison du coût élevé des équipements modernes, de la faible production de boues et de la grande efficacité des schémas de séparation déjà disponibles, elle est basée sur l'élimination des colloïdes, des ions, des macromolécules, des micro-organismes et des fibres (**Rubio et al., 2002**). Cependant, ce procédé sera bientôt incorporé comme technologie dans l'industrie des minéraux pour traiter les eaux usées (pour recycler l'eau de traitement et les matériaux). Ce procédé de traitement est beaucoup plus utilisé pour traiter les eaux usées. Jusqu'à ce jour, peu d'études ont été consacrées à l'application de la flottation pour le traitement des lixiviats.

2.8.2.2. Coagulation-Floculation

La Coagulation-floculation peut être utilisée avec succès dans le traitement des lixiviats dite stabilisés. Elle est largement utilisée comme un prétraitement avant l'osmose inverse ou avant les procédés biologiques ou encore comme la dernière étape de traitement afin d'éliminer la matière organique bio-récalcitrante et réduire le contenu en ions de fer (**Amokrane et al.,**

1997). Les principaux coagulants fréquemment utilisés sont : le sulfate d'aluminium, le sulfate ferreux, le chlorure ferrique et le chloro-sulfate ferrique (**Ehrig, 1984**). Néanmoins, une étude intéressante de Zouboulis et al, a montré que les biofloculants sont plus efficaces que les floculants inorganiques (**Zouboulis et al., 2004**). Cependant, la limite de ce procédé est surtout les inconvénients suivants : la réduction de la concentration de l'aluminium et/ou du fer dans la phase liquide, la production d'une grande quantité de boues.

2.8.2.3. L'adsorption

L'adsorption est l'une des procédés physicochimiques les plus rentables car elle donne un bon taux d'abattement de la DCO par rapport aux méthodes et ce quelle que soit la concentration initiale de la solution en matière organique. L'adsorption des polluants sur charbon actif, en colonne (**Lim et al., 2009**) ou sous forme de poudre (**Aghamohammadi et al., 2007**). Le procédé d'adsorption sur charbon actif a été utilisé en assemblage avec des procédés biologiques pour le traitement des lixiviats (**Bu et al., 2010**). Une étude intéressante a montré que le charbon actif présente la plus forte capacité d'adsorption, en étudiant l'efficacité de différentes résines pour l'élimination de la matière organique bio-récalcitrante (**Rodriguez et al., 2004**). Parmi les inconvénients relatifs à cette méthode de traitement dite « adsorption » sont : La forte consommation de charbon actif, ainsi que la nécessité de régénérer continuellement les colonnes (**Renou et al., 2008**).

2.8.3. Les méthodes membranaires

2.8.3.1. La nanofiltration

La nanofiltration est l'une des méthodes de traitement des lixiviats utilisées ; Elle se situe entre l'ultrafiltration et l'osmose inverse, elle a montré une efficacité marquante dans l'élimination des métaux lourds et des composés organiques récalcitrants provenant des lixiviats (**Linde & Jönsson, 1995**). La nanofiltration utilise fréquemment des membranes en polymère moléculaire de coupure entre 200 et 2000 Da (**Pronost & Matejka, 2000**). En effet, le taux d'élimination de la DCO peut aller jusqu'à 70-80 % (**Trebouet et al., 2001**). Ce procédé de traitement a aussi, la capacité de chasser les particules à faible poids moléculaire ainsi que les substances inorganiques grâce à des interactions électrostatiques entre les ions et les membranes. En effet, lors du traitement des lixiviats, les composés en suspension présents dans la matrice peuvent colmater la membrane. Cependant, la réussite de la technologie membranaire sollicite un bon contrôle contre le colmatage.

2.8.3.2. L'osmose inverse

L'osmose inverse est l'une des méthodes de traitement des lixiviats les plus fructueuses et les plus utilisées. En effet, de nombreuses études ont montré l'efficacité de ce procédé dans l'élimination des contaminants présents dans les lixiviats. Ce procédé de traitement réalise un taux d'élimination arrivant à 98 et 99 % de la DCO et des métaux lourds (**Linde et al., 1995**), (**Ushikoshi et al., 2002**). L'eau traitée par l'osmose inverse est exempte de bactérie et de quelques virus aussi (**Sardi, 2014**).

Des modules tubulaires et spiraux ont été les initiaux utilisés pour le traitement des lixiviats daté dès l'an 1984. Puis, en 1988 un grand succès réalisé par la technologie innovante introduite par Pall-Exekia (**Renou et al., 2008**), représenté par le disque-tube-module (DT-module). A côté de ces avantages. La limite de la technique de l'osmose inverse est :

- ✓ Il est gourmand en consommation énergétique dont le coût énergétique occupe environ 60 à 80% du coût de traitement global (**Peters, 1999**).
- ✓ Contrairement, aux grandes molécules la rétention des petites molécules est très faible, ces derniers passent à travers la membrane. Aussi, la potentialité de dépôt de substances en suspension à la surface externe de la membrane (**Choo & Lee, 1996**).

Il est important aussi de signaler qu'en dépit de l'utilisation des membranes certaines études classe l'osmose inverse comme un traitement physico-chimique. Ci-dessous, une illustration explicative de la chaîne de traitement des lixiviats les plus utilisées pour l'épuration.

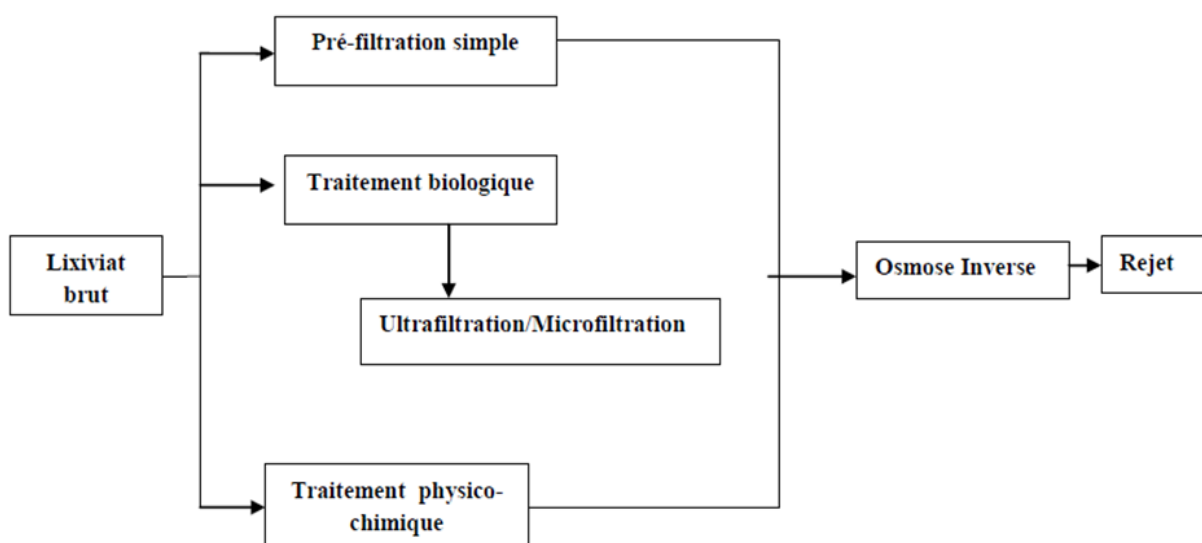


Figure 21 : Chaîne de traitement les plus utilisées industriellement pour l'épuration des lixiviats (**Renou et al., 2008**).

2.8.3.2.1. Principe de l'osmose inverse

L'osmose est le transfert de solvant à travers une membrane sous l'effet d'un gradient de concentration. Le système contient deux compartiments séparés par une membrane semi-perméable sélective et contenant deux solutions de concentrations différentes. Le solvant (lixiviat dans notre cas) s'écoule à travers la membrane du compartiment de la solution moins concentrée vers le compartiment contenant la solution la plus concentrée, c'est le phénomène d'osmose. Si on met graduellement une pression sur le compartiment de la solution la plus concentrée, le flux d'eau qui traverse la membrane va diminuer, puis s'annuler quand la pression appliquée atteindra à ce qui est appelé la pression osmotique. Si on applique une pression supérieure à la pression osmotique, l'eau va traverser la membrane dans le sens inverse, c'est le phénomène d'osmose inverse (Tansakul, 2009).

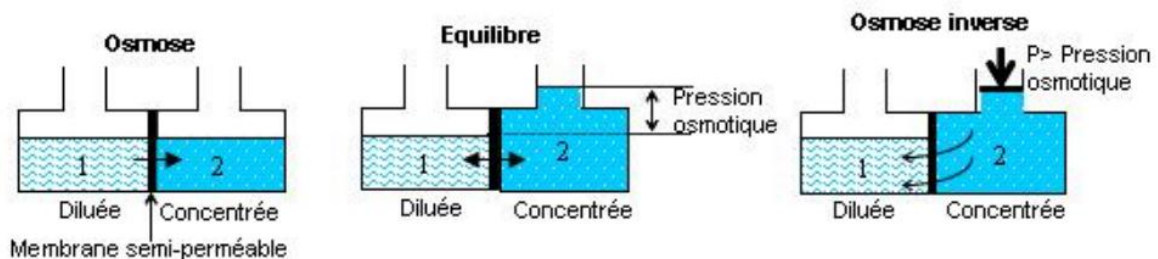


Figure 22 : Principe de l'osmose et de l'osmose inverse (Tansakul, 2009).

2.9. Risques issus des centres de stockage et d'enfouissement des déchets

2.9.1. Risque sur les populations riveraines et les travailleurs

Deux études très intéressantes se sont focalisées sur l'exposition des travailleurs des décharges dont la première concerne des travailleurs français, où une symptomatologie fonctionnelle, témoignant d'une atteinte irritative ou immun-allergique des voies respiratoires et du revêtement cutanéomuqueux est observée chez ces travailleurs, sans qu'il y ait perturbation de la fonction respiratoire. Aucun trouble clinique n'est mis en évidence. Il est à noter qu'une étude d'exposition chronique aux déchets consomme beaucoup de temps afin d'évaluer le risque sanitaire associé (Hours et al., 2001). La deuxième concerne les employés de la décharge de New York qui présentent plus de symptômes d'ordre dermatologique, neurologique, respiratoire et des maux de gorge (Gelberg, 1997).

2.9.2. Risques potentiels des rejets de décharges sur l'environnement

Les centres de stockages et de traitement des déchets sont exploités comme des réacteurs biologiques et physico-chimiques complexes caractérisés par des risques multiples certains sont aigus, tels que : (les risques d'incendie ou d'explosion, liés au stockage du méthane), d'autres sont chroniques, tels que : les odeurs nauséabonds, l'émission de gaz...etc.

Plusieurs études ont été publiées sur l'exposition et l'impact environnemental des déchets et ses retombés, en Algérie, des études et de résultats de travaux voir le jour progressivement. Or, la gestion des déchets varie d'un pays à l'autre et l'impact environnementale varie, en conséquence, ce qui rend la comparaison pratiquent irréalisable.

En général, les centres de stockages et de traitement des déchets engendrent ce qui suit :

- ✓ Les odeurs nauséabondes qui caractérisent la plupart des décharges et considérées comme des nuisances particulières ;
- ✓ le lixiviat, constitué par l'eau des déchets et par les eaux de pluie et de ruissellement qui ont traversé la décharge ;
- ✓ Le biogaz issu de la fermentation des composants organiques fermentescibles des déchets ménagers.

La composition des lixiviats de décharge est très variable car elle dépend de facteurs caractéristiques du site comme la nature des déchets enfouis, le mode d'exploitation de la décharge ou encore les conditions climatiques du site. De plus, pour le même site, la composition des lixiviats évolue dans le temps dont les plus jeunes lixiviats étant généralement les plus riches en composant organiques et métalliques (**Pronost & Matejka, 2000**). Par conséquent, le risque potentiel qui en découle, varie en fonction de la charge polluante contenu dans ces lixiviats ainsi que l'efficacité du mode de traitement employé. Le biogaz représente une source d'énergie et de chaleur. Cependant, il a cependant un impact non négligeable sur l'environnement .En effet, le méthane participe en grande partie à l'effet de serre et l'émission issue des décharges d'ordures ménagères est l'une des sources anthropogéniques les plus importantes.

2.9.2.1. Les odeurs nauséabondes

Les odeurs sont considérées au même titre que le bruit, comme des nuisances particulières. C'est le cas presque de tous les centres d'enfouissement ou de stockages des déchets, où les casiers sont en court d'exploitations, les casiers fermés et les réacteurs fermés contenant des

unités de méthanisation transformant la matière organique ne doivent pas générer d'odeurs. Plusieurs composés chimiques contenus dans le biogaz brut comportent un caractère odorant marqué tels que : l'hydrogène sulfuré, mercaptans, ammoniac, aldéhydes et cétones, alcools et esters. Plusieurs études ont montré que le compostage aérobie présente plus de nuisances dans ce domaine que le compostage des résidus anaérobies car la digestion anaérobie permet d'éliminer de nombreux COV entre autres composés (**De Bere, 2000**).

D'une façon générale, pour les odeurs, il n'y a pas de liens systématiques entre la perception d'odeur et un risque sanitaire (une substance peut sentir et ne pas présenter de risque au seuil de perception olfactive). Bien entendu, il existe des moyens de prévention de ces odeurs, et de traitement par voie biologique ou physico-chimique. Au bilan, le risque d'odeurs n'est pas lié stricto-sensu à la méthanisation (**Saint-Denis & Syctom, 2009**).

2.9.2.3. Risques liés aux émissions de biogaz dans l'air

Le biogaz est un sous-produit de la dégradation de la matière organique fermentescible contenu dans les déchets des décharges. Il doit être absorbé par une chaîne de conduites de captage qui traversent le massif des déchets entassés. Ensuite, ce biogaz peut être stocké ou utilisé dans une chaudière, brûlé dans une torchère, valoriser énergétiquement avec une turbine ou un moteur ou même transféré pour un usage en dehors du site. Durant les 10 premières années la décharge produit la majeure partie du biogaz (**Cossu et al., 1996**). En France, le biogaz contribuait avec 17% aux émissions annuelles de méthane pour l'année 2007 (**CITEPA, 2009**). Le biogaz contient principalement du méthane (CH₄) et du gaz carbonique (CO₂), mais aussi du CO, SO₂, HCl, HF, H₂S, des COV, des métaux et des poussières...etc. En revanche, il n'existe pas de moyen d'estimer les flux massiques de composés organiques volatiles, qui caractérisent en abondance les décharges pendant les opérations de déversement des déchets. Ces COV non méthaniques du biogaz susceptibles de générer des risques chroniques pour la voie inhalation.

2.9.2.3. Risques de pollutions liées aux rejets des lixiviats

Le premier cas célèbre, Love Canal, Woburn, ont évalué les risques sanitaires d'une population exposée à une eau contaminée par l'enfouissement des déchets dangereux. En réponse à cette inquiétude, l'U.S. Département of Health and Human Service (**U.S.DHHS**), créait en 1980, l'Agency for Toxic Substance and Disease Registry (**ATSDR**), une organisation qui s'en charge d'évaluer les impacts sanitaires des 1158 décharges de déchets dangereux existantes (**Mohammedi, 2016**).

Ces derniers temps, de nombreuses études Algérienne fournit des résultats d'analyses de lixiviats bruts de centres d'enfouissement d'ordures ménagères et se déploient clarifier les risques possibles qui peuvent s'engendrer. Approximativement, la quasi-totalité de la littérature qui porte sur l'impact sanitaire des lixiviats issus des décharges sauvages ou contrôler examine, principalement deux risque : l'impact sur les eaux souterraines et/ou de surface et l'impact sur les sols voisins en contact avec les lixiviats. A part, quelques études qui ont portées sur le risque d'exposition respiratoire, par l'inhalation des contaminants volatils de l'eau contaminée, lors du bain ou surtout de la douche ou même les inhalations des directes des contaminants des fumées proviennent de la pratique d'incinération des déchets (**Wissing et al., 2005**).

Les bio-déchets stockés dans les casiers de la décharge libèrent les jus appelés (lixiviats). Ils concentrent les polluants et substances toxiques contenus dans les déchets mélangés, notamment les métaux lourds entre autres polluants :

- ✓ Certains centres de stockage des déchets ne sont pas dotés de géo-membranes de protection au fond des casiers, les lixiviats produites pénètrent directement à travers le sol et peuvent atteindre la nappe phréatique, en polluant ainsi la ressource en eau potable ;
- ✓ Pour les décharges qui possèdent la géomembrane de protection disposée au fond des casiers, peut limiter la pollution des sols, mais ceci ne dure pas sur le long terme ; Car, il n'existe pas de matériau synthétique à durée de vie infinie.

Un accident dans la géomembrane (Déchirure) ou même le rehaussement successive des déchets dans les casiers peut engendrer des débordement de lixiviats trop chargés en polluants (Substances toxiques) peuvent donc mettre l'environnement autour du site en danger (les végétaux, les animaux, voire même atteindre d'une manière ou d'une autre, le sommet de la chaîne trophique (l'homme) (**Mohamed et al., 2021**), (**Mohammedi, 2016**).

Sur les sites (les décharges), on rencontre essentiellement quatre types de pollution :

- ✓ pollution par les matières organiques, exprimée généralement en DCO, les acides gras volatiles (AGV), les substances humiques et fulviques (**Mejbri et al., 1995**) ;
- ✓ pollution par les métaux lourds (**Al Ashoor, 2016**) ;
- ✓ pollution par les microorganismes (**Adjiri et al., 2008**) ;
- ✓ pollution par les composés minéraux, majoritairement sous forme ionique (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Fe^{2+} , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} ...etc.) (**Xu et al., 2006**).

2.9.2.3.1. Pollution par les matières organiques

La caractérisation du lixiviat donne l'image momentanée qui correspond à l'état des déchets dans leur phase de dégradation. Plusieurs études ont mis en évidence la caractérisation des lixiviats, dans les quatre coins du monde. Ces études ont défini nettement les fourchettes de fluctuations de la composition physico-chimique des lixiviats d'ordures ménagères (**E. Grisey, 2013**), (**Berthe, 2006**). La partie organique est liée à l'âge des déchets (principalement, la DCO et le DBO₅). Néanmoins, même si les décharges sont dotées des géo-membranes pour protéger les sols, la durabilité de ces matériaux est inconnue vu qu'ils sont soumis à l'agressivité chimique permanente des lixiviats. Aussi, dans certains cas des fuites accidentelles dans ces membranes peut occasionner la contamination de la nappe phréatique et donc, les polluants peuvent se retrouver dans les eaux de surface voire potable (**Thomas et al., 2001**).

2.9.2.3.2. Pollution par les composés minéraux

Sous forme ionique, la fraction minérale des lixiviats est essentiellement constituée de sodium, potassium, sulfates, magnésium, chlorures, bicarbonates et ammonium, (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} ...) entre autres composés tels que : les borates, les sulfites.

2.9.2.3.3. Pollution par les métaux lourds

Plusieurs études, qui ont porté sur la caractérisation des lixiviats des décharges ont montré les teneurs élevées des métaux lourds, où dans la quasi-totalité des cas, ces teneurs dépassent les normes de rejets et atteignent des fois des records inquiétants. La fraction métallique recherchée dans les lixiviats est essentiellement : Zn, Fr, Cr, Cu, Cd, Mg et Ni. (**Mejraoua & Zine, 2017**) ; (**Kouassi et al., 2014**) et (**Razak & Adamou, 2020**).

Les métaux lourds sont apportés par les plastiques (Cd), les piles et les batteries (Hg, Zn, Mn, Ni, Pb), les ferrailles (l'acier galvanisé est très abondant) (Pb), le caoutchouc (Zn), le cuir (Cr), des verres (Cr), du textile (Cu, Zn), des papiers, cartons (Pb, Cu, Cr). Les substances organiques ont pour origine les peintures, les solvants, les produits d'entretien et la dégradation de la matière organique des déchets (**Glandier, 2002**).

Dans les PED, où les décharges sauvages persistent encore, et/ou même quelques CETs n'ont pas doté de station d'épuration de lixiviat, le constat aucune précaution n'est prise pour protéger la santé humaine et environnementale contre les risques massives de contamination. L'enjeu de la pollution est effrayant, les contaminants affectent d'abord, les sols en contact, ensuite, ils atteignent la nappe phréatique (ce qui met en danger l'alimentation en eau potable)

(**Matjeka & Mamma, 2007**) avant d'arriver aux cours d'eaux superficielles, dont certain cours d'eaux seront victimes de leurs localisation en voisinant les décharges. Plusieurs études ont montré l'impact massive des lixiviats sur la qualité d'eaux et la vie aquatique (**Belle, 2008**), (**Al Ashoor, 2016**), (**Chofqi et al., 2007**).

La migration des métaux lourds contenus dans les lixiviats dans les sols ainsi que l'infiltration vers les eaux est essentiellement, en relation avec les différents compartiments minéral, organique et biologique des milieux récepteurs. Par conséquent, le processus est complexe et il met en jeu un grand nombre de phénomènes : précipitation à pH basique, la matière organique de type humique, processus d'échange d'ions, rétention de matière en suspension sur des particules du sols, adsorption des ions à la surface des grains de matrice poreuse, solubilisation à pH acide, ...etc. (**Matjeka & Mamma, 2007**).

I.2.9.2.3.4. Pollution par les microorganismes

la caractérisation bactériologiques dans la major parti d'études réalisées sur les lixiviats des décharges, ont montré des concentrations élevées en effectif bactérien dans le lixiviat brut qui oscille entre $0,04 \cdot 10^6$ et $0,34 \cdot 10^6$ bactérie /ml et la biomasse bactérienne varie entre 8,78 et 77,51 $\mu\text{g C/L}$ (**Matjeka & Mamma, 2007**). Dans les PED, les eaux de rivières contaminées demeurent une source principale de déclenchement des épidémies. Plusieurs maladies hydriques sont causées par la consommation des eaux contaminées par les lixiviats qui contiennent des microorganismes pathogènes.

Durant la dernière décennie, les problèmes relatifs à l'eau sont devenus de plus en plus inquiétants, cela est dû l'émergence de nouvelles maladies d'infection relatives à l'eau ou la réémergence d'autres germes fréquemment repérés (Salmonelle, Choléra, Shigellose) (**Matjeka & Mamma, 2007**). Les déchets de soins et assimilés à risque infectieux (véhiculant surtout les bactéries pathogènes) bien qu'ils ne doivent plus être présents dans les ordures ménagères. Les casiers en exploitation sont caractérisé par la présence dominante des bactéries à gram positif et des levures *Aspergillus* et *Penicillium*. Avec la présence aussi des champignons et des bactéries (**Thomas et al ., 2001**).

Chapitre II

**La production des DMA au niveau du
Nord-Est Algérien.**

1.1. Introduction

Les déchets ménagers sont généralement générés à partir de plusieurs sources, où l'on rencontre des activités anthropiques diverses. Plusieurs recherches ont montré qu'une grande partie des déchets ménagers des PED sont générés par les maisons (55-80%), puis par le commerciale (10-30%), avec des quantités variables découlant des institutions, des rues...etc.; (Nagabooshnam, 2011), (Okot-Okumu, 2012). Ces déchets provenant de ces sources variables sont de nature hétérogène. En plus, ils présentent des caractéristiques physiques variables, notamment en ce qui concerne leur composition chimique. En général ces déchets se composent de : de la fraction organique (alimentaire), du plastique, du papiers, des déchets de jardin, du bois, des métaux, du cuir, des caoutchoucs, des matériaux inertes, des piles, des récipients de peinture, du textiles, des matériaux de construction et de démolition et bien d'autres déchets qui sont difficiles à classer, où l'hétérogénéité des déchets produits constitue un obstacle majeur pour leur réutilisation, en tant que matière première (Miezah et al., 2015).

A l'heure actuelle, la gestion des déchets ménagers demeure l'une des difficultés majeures des PED. Ces pays, ce sont face d'une part, à ces préoccupations mondiales et d'une autre à l'évolution démographique et à l'urbanisation forcée près des grandes villes qui provoque des quantités importantes, voire inquiétantes de déchets ménagers. Par conséquent, l'évacuation et le traitement de la masse de déchets produite se complique d'avantage. Notant, qu'un volume important de déchets n'est pas collecter d'une manière régulière et d'autres abandonnées dans les décharges sauvages, ce qui démontre que le développement des services relatifs au déchets n'a pas suivi le rythme de l'urbanisation (Botta et al., 2002).

Il est important de souligner que la nature et la quantité des déchets générés par les sociétés sont des indicateurs socio-économiques de grande valeur traduisant le degré de développement des nations. Un écart remarquable entre, le ratio de production des déchets produit dans les villes des pays développés oscille de (1,5 à 2,1 kg/hab./jour), et celui produit par les villes des PED (fréquemment, moins 0,9 kg/hab./jour) (Cheniti, 2014); Cette grande différence est dû à plusieurs raisons, citons : le niveau de développement des sociétés, le niveau d'alimentation, les modes de consommation, la culture, la scolarisation et l'industrie...etc. Avec une différence dans la production de déchets entre les zones rurales et les zones rurales dans les PED (Ojeda-Benitez et al., 2003).

Beaucoup, pensent que la question de déchets se limite dès, qu'elle est collecté près de chez eux et être débarrassé dans les décharges ou ailleurs, omettant les risques potentiels sur la santé publique et environnementale, générés par ces décharges. La problématique est assez

compliqué, multisectoriels et c'est aux scientifiques et aux responsables publiques de trouver une solution satisfaisante, minimisant aux moins les effets néfastes sur la santé publique.

Aujourd'hui, la question des déchets a changé de règles ; d'une vision, descendante de service public commandé à l'amont (hygiène publique), à une vision ascendante environnementale orientée pour l'aval, car *«le rejet traditionnel du déchet au nom de l'hygiène doit composer avec une convoitise économique plus actuelle, mais aussi avec des exigences écologiques contemporaines qui sont en train de considérablement modifier les règles»* (Diawara, 2009). Cependant, sans doute l'échec est presque total aux PED de la question de traitement des déchets, car de même avec l'importation de technologies, sans maîtrise de base de conception et du fonctionnement des systèmes de traitement, n'est plus une solution radicale (Ben Ammar, 2006). Ajoutant à ces échecs, l'échec de connaissance relative des gisements, moyens et modes de gestion des déchets.

Les déchets ménagers se composent de plusieurs produits, dont un mélange hétérogène de composition qui peut varier en fonction de la source de provenance, du niveau socio-économique, des habitudes alimentaires, de la situation géographique et le déplacement des populations (Manga et al., 2008). Sept catégories de déchets sont souvent admises dans la classification des déchets ménagers qui sont : la matière organique, le plastique, le verre, le papier-carton, le textile le métal et les divers où, tous ces matière peut être valorisé, sans technologie préalable, à part, la fraction organique qui demeure un grand problème, à cause de leur dégradation rapide, en donnant des lixiviats et des odeurs nuisibles (Cheniti, 2014).

Une gestion efficace dépend de plusieurs facteurs, commençant par une connaissance préalable en termes d'indice quantitatif et qualitatif de ces déchets. Simultanément, la finalité attendue prescrit le choix de la mode de gestion, par ex : Si on vise le compostage, l'incinération ou bien la minimisation en amont des déchets, il est nécessaire de savoir et d'avoir les données réelles sur la caractérisation et la quantification. Ce qui peut être acquis par une méthode opérationnelle adaptée aux contraintes locales. Il existe plusieurs démarches pour le choix d'un mode de gestion de déchets, notant par ex : la démarche R&D se traduit par une démarche expérimentale prenant en compte, les paramètres réels, mesurés et analysés localement (Charnay, 2005). En Algérie, cette démarche se heurte à une démarche décisionnelle descendante (dite *top-down*) (Maystre, 1997), où, les procédures administratives lourdes (en termes de références, appels d'offre, manipulation logistique... etc.), ce qui laisse peu de place à l'adaptation d'une approche analytique du monde scientifique (Cheniti, 2014).

Dans la majorité des PED, les chercheurs ont du mal à avoir et d'accéder à des données de précision relatifs aux déchets et son enjeu de gestion (**Chaoui & Boukhemis, 2018**). Tandis que, les données correspondantes aux déchets relève du domaine public. Par ex : l'Allemagne valorise et recycle 80% de ces déchets. La Hollande a réussi à en valoriser 60%. L'Angleterre recycle 50 % de ces déchets depuis l'an 2000 déjà (**AbdelJawad, 1997**) dans (**Chaoui & Boukhemis et al., 2018**). Le succès de ces pays revient principalement à l'existence au niveau étatique et des localités, des plans exécutifs étudiés et complets pour la gestion des déchets ménagers produits dans toutes ces phases (collecte, transport et l'élimination). Ces plans n'ont pas pu être mis en valeur, sans la disposition d'une base de données complète et la disponibilité de recherches techniques, scientifiques, sociales et technologiques. Pareillement, la gestion efficace dépend non seulement des choix de politiques, mais aussi d'une connaissance préalable et précise en termes d'indices quantitatifs et qualitatifs des déchets produits.

Depuis, l'an 2000, l'Algérie s'est embauchée pleinement dans l'amélioration de la qualité environnementale et l'amélioration du cadre de vie des citoyens. En effet, des efforts marquants ont été montrés pour une gestion efficace des déchets. En 2001, l'Algérie a adopté le (**PROGDEM**) Programme national de la gestion intégrée des déchets municipaux qui constitue un vrai prise en conscience étatique, pour un essor de résolution de la question des déchets. Le programme a tracé beaucoup d'objectifs citons : L'éradication des décharges sauvages, la promotion des activités de recyclages et de tri sélectif afin d'améliorer la qualité de l'environnement et protéger la santé publique. Dans le même volet, une série de travaux ont donnés lieu à une quantification relative de la réalité des déchets, en Algérie. En 2009, le Ministère de l'Aménagement du Territoire a fait état de lieu sur la potentialité de récupération de 385000 T/an de papier ; 130000 T/an de plastique ; 100000 T/an de métaux et 50000 T/an de verre (**MATET-CNFE, 2009**). L'objectif opte que le pays poursuive sa transition environnementale vers une économie circulaire et verte qui devra être un levier et/ ou un pédale important de la relance de la croissance économique.

Dans ce volet, notre investigation vise, principalement, d'aborder la question de déchets en Algérie, focalisant sur le côté Nord-Est du pays, en visant trois importantes wilayas qui sont : Annaba, El Tarf et Guelma, l'étude cible et focalise sur trois centres d'enfouissement technique de ces wilayas (El Berka El Zerga, Bouguerguer et El Matroha, respectivement). L'objectif de ce chapitre est d'apporter une connaissance sur les flux quantitatifs des déchets ménagers et assimilés qui rentrent aux trois CETs en question, (cela, pendant la période pré-pandémique, pandémique et post-pandémique), les ratios produits par les différentes communes, ainsi qu'un

aperçu sur la gestion des déchets ménagers au niveau de ces trois centres d'enfouissements et les différents modes d'élimination appliqués.

1.2. Matériels et méthodes

Une recherche bibliographique, bien étalée, a été menée afin de se localiser et s'orienter dans le volet d'investigation convoité. Cette phase constitue le début de la recherche, elle-même et ouvre son chemin, afin de répondre aux préoccupations posées. Après cela, des sorties sur le terrain a été mené, où, des données et des informations très importantes ont été prises, au cours de cette enquête, des données statistiques qui vont construire et édifier cette étude et leur donner un sens. En basant sur la quantification des déchets ménagers enfouis quotidiennement dans les trois centres d'enfouissement technique des déchets de la région de l'Est Algérien occupant trois états importants wilayas : Annaba, Guelma et El Tarf.

Ces données concernant le flux des déchets ménagers rentrant aux décharges ont été prises directement, auprès des services techniques des centres(CETs). Après, la collecte de ces données, une analyse statistique a été réalisée à l'aide du logiciel Excel 2013, afin de les visualiser et suivre les tendances des flux de déchets ménagers, ainsi d'en tirer les conclusions préalables. Notant que, la pandémie de COVID-19 a fortement impacté notre travail vu que la pandémie a touché tous les aspects de la vie humaine, au point de tout mettre en difficulté : la santé, l'emploi et les conditions de travail, la scolarité et les interactions sociales, le transport, l'accès aux institutions publiques et privées, la communication et l'information des services compétents, ce qui a fait de cette étude un véritable défi. Surtout, en période de contagion ; où les courbes d'incidence de la maladie augmentent de manière exponentielle au niveau national ainsi qu'à l'international (**Cartwright et al., 2020**).

1.2.1. Présentation de la zone d'étude

L'Algérie est un grand pays situé au Nord du continent Africain. Elle occupe un vaste territoire avec 2381741 km² est réparti en trois ensembles distincts ; le Sahara (zone aride), les hauts plateaux (zone semi-aride) et l'ensemble Tellien au nord (Figure. 1). Selon l'Office national des statistiques (ONS), le nombre d'habitants en 2020 est estimé à 43 millions. La population est majoritairement concentrée dans le Nord, avec environ 65 % de la population globale d'où, un très fort taux d'urbanisation dans cette région et une densité d'occupation dépassant 270 hab./km². Notre étude focalise sur la région du Nord-Est Algérien qui compte plusieurs wilayas, dont trois wilayas constitue le corpus de notre étude et acquièrent notre

intervention au sein des services des établissements d'éliminations des déchets « les centres d'enfouissement technique » qui sont Annaba, Guelma et El Taref.

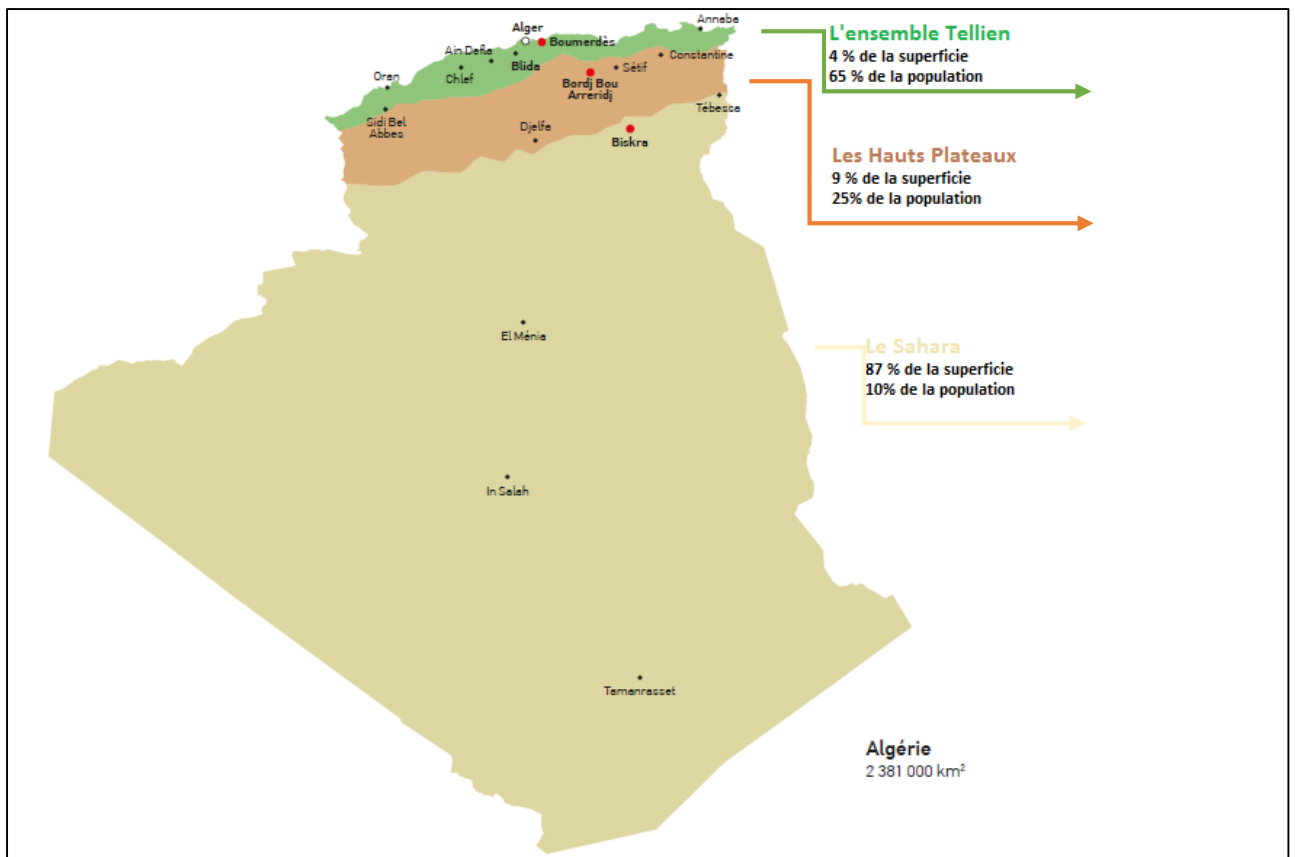


Figure 1 : Carte de l'Algérie par régions et population (Ouamane, 2016).

1.2.1.1. La wilaya d'Annaba

La Wilaya d'Annaba se situe au Nord-Est Algérien à 600 km de l'est de la capitale. C'est la troisième ville principale du pays après, la capitale et Oran. Géographiquement, elle est limitée par: la mer Méditerranée avec un littoral de 80 km au nord, la wilaya de Guelma, au sud, la wilaya d'El-Taref, à l'est, la wilaya de Skikda à l'ouest. C'est la quatrième ville d'Algérie en nombre d'habitants, avec une agglomération de 609499 habitants en 2008 (RGBH, 2008). Elle s'étend sur 1439 km² soit 0,06% du territoire national. Son relief est constitué principalement de : Montagnes à vocation forestière avec 52,16 %, des collines et piémonts avec 25,82 % et des plaines avec 18,08 %. Le potentiel agro-pédologique représente près de 58600 ha, localisé dans les plaines de la Seybouse et du Lac de Fetzara et près de 58 % des terres cultivables se situent dans les zones de piémont (38700 ha). Elle compte 5 barrages importants qui assurent sa ration en eau potable ainsi que pour l'irrigation (Merabet-Nouri, 2014).

Annaba est dotée d'un port important voire un des vaisseaux de l'économie du pays. Également, elle compte un important pôle industriel : le complexe sidérurgique d'El Hadjar, le complexe phosphatier d'Asmidal, le complexe métallurgique d'Allelik et de l'industrie privée qui se concentre sur l'agro-alimentaire, la transformation métallique, le bois et ses dérivés et de la pêche. En plus, de sa position géographique sur le littoral, son relief montagneux et sa corniche, Annaba dispose d'infrastructures touristiques importantes dont 13 hôtels classés, 30 autres non classés, 60 en voie d'achèvement, 20 restaurants classés, 14 agences de voyage font d'elle un pôle touristique majeur qui offre les meilleures opportunités de tourisme.

Elle compte 12 communes dont Annaba la ville elle-même compte 257 359 habitants (**RGBH, 2008**) soit 42,22% de la population totale de la Wilaya. Un volume de population qui génère des déchets ménagers, estimés en 2006 entre 91 t/j et 130 t/j de déchets solides urbains (**Cheniti, 2014**). Notant, qu'Annaba reçoive chaque jour, près du double de sa population qui s'en dirige pour multiples raison : travaux, voyage, tourisme, santé et éducation supérieure.

1.2.1.2. La wilaya de Guelma

La wilaya de Guelma est située au Nord-Est du pays. Elle constitue d'un point de vue géographique, voire un carrefour entre les pôles industriels du Nord (Annaba - Skikda) et les centres d'échanges du Sud (Oum-El-Bouaghi et Tébessa), outre la proximité du territoire tunisien à l'Est. Elle couvre une superficie de 3686,84 km² et a une population (estimée à la fin de 2009) de 594079 habitants répartis différemment dans ces 34 municipalités (**Andi, 2015**). Elle compte 34 communes qui constituent les unités territoriales et 10 dairates (dès 1990). Son relief est constitué principalement de : Montagnes à vocation forestière, tel que : la Montagne Beni Saleh en partage avec la wilaya d'El Taref (**Grairia et al., 2022**).

En dépit de quelques activités industrielles marquantes à l'image de : textile, raffinerie de sucre et la céramique, cette wilaya est à vocation agricole de premier rang, vue sa production importante en : Olive et huile d'olive, céréales (blé, orge...), tomate et de légumes, bien qu'elle est doté seulement de deux barrages. L'activité touristique est balnéaire relié principalement aux Hammamet tel que : Hammam Meskhoutine et Hammam Ouled Ali.

1.2.1.3. La wilaya d'El Tarf

La wilaya d'El Tarf est située à l'extrême Nord-Est de l'Algérie, avec une superficie de 3339 km² et une population d'environ 411784 habitants, en 2011, répartis dans ces 24 communes. Elle est délimitée par la frontière algéro-tunisienne à l'est et à l'ouest par la wilaya

d'Annaba et au sud par les wilayas de Guelma et Souk-Ahras, et au nord par la mer Méditerranée avec un littoral d'environ 90 km (Andi, 2015). La wilaya d'El Tarf est de création récente (1984). Elle abrite une population totale de 353 686 habitants, soit une densité de 116 hab. /km². Elle est caractérisée par deux principales vocations, le tourisme et l'agriculture. Elle dispose d'un peu plus de 72 000 hectares avec 3 barrages (Chaffia, Meksa et Bougous). Le rendement varie entre les 15 à 20 quintal par hectare pour les céréales, ainsi qu'elle se dote de nombreux vergers produisant de divers fruits (raisin, orange et pêche...) (Hamzaoui, 2011). La vocation touristique apparaît à travers la diversité de ses nombreuses et potentialités, ainsi que les sites historiques et archéologiques. Elle recèle des atouts certains, uniques en Algérie et rares à travers le monde.

Pour le domaine continental, d'une façon générale, elle peut être schématiquement découpée en trois ensembles principaux :

- ✓ Une bande littorale regroupant cinq communes avec des altitudes qui s'élèvent de l'Ouest vers l'Est en direction de la frontière tunisienne. (Hamzaoui, 2011) ;
- ✓ La zone des plaines sublittorales à moins de 100 m à 50 m, d'altitude et caractérisée par de graves problèmes de drainage avec des inondations récurrentes. Cette zone est très originale en raison de la présence de riches zones humides dont certaines bénéficient de classements internationaux (lac des Oiseaux, lac Mellah,...etc.). (Hamzaoui, 2011) ;
- ✓ La zone méridionale, la plus étendue, elle est caractérisée par l'existence de reliefs de moyennes montagnes. Ces chaînons montagneux orientés SW-NE sont le plus souvent boisés et atteignent 1200 m au Kef Rokba sur la ligne frontalière, mais souffrent parfois des défrichements au profit de l'exploitation agricole. C'est sur ce territoire que se trouvent les espaces forestiers, les plus vastes (1700 km² pour l'ensemble de la wilaya).

Dans un domaine bioclimatique où les précipitations annuelles moyennes varient entre 600 et 700 mm, la végétation naturelle est caractérisée par la dominance du chêne liège (*Quercus zen*), la présence du pin maritime (*Pinus maritima*), d'oléastre (olivier sauvage) avec une flore très particulière dans les zones humides avec notamment les aulnaies (arbre de la classe des plantes ayant des fleurs sans corolle, croissant dans les lieux humides). Sur les 1700 km² d'espaces boisés de la wilaya, près de 40 % sont représentés par des boisements de chênes (chêne liège et chêne zen) (Hamzaoui, 2011).

1.2.1.4. La zone d'étude (les trois wilayas, les communes et CET, en question)

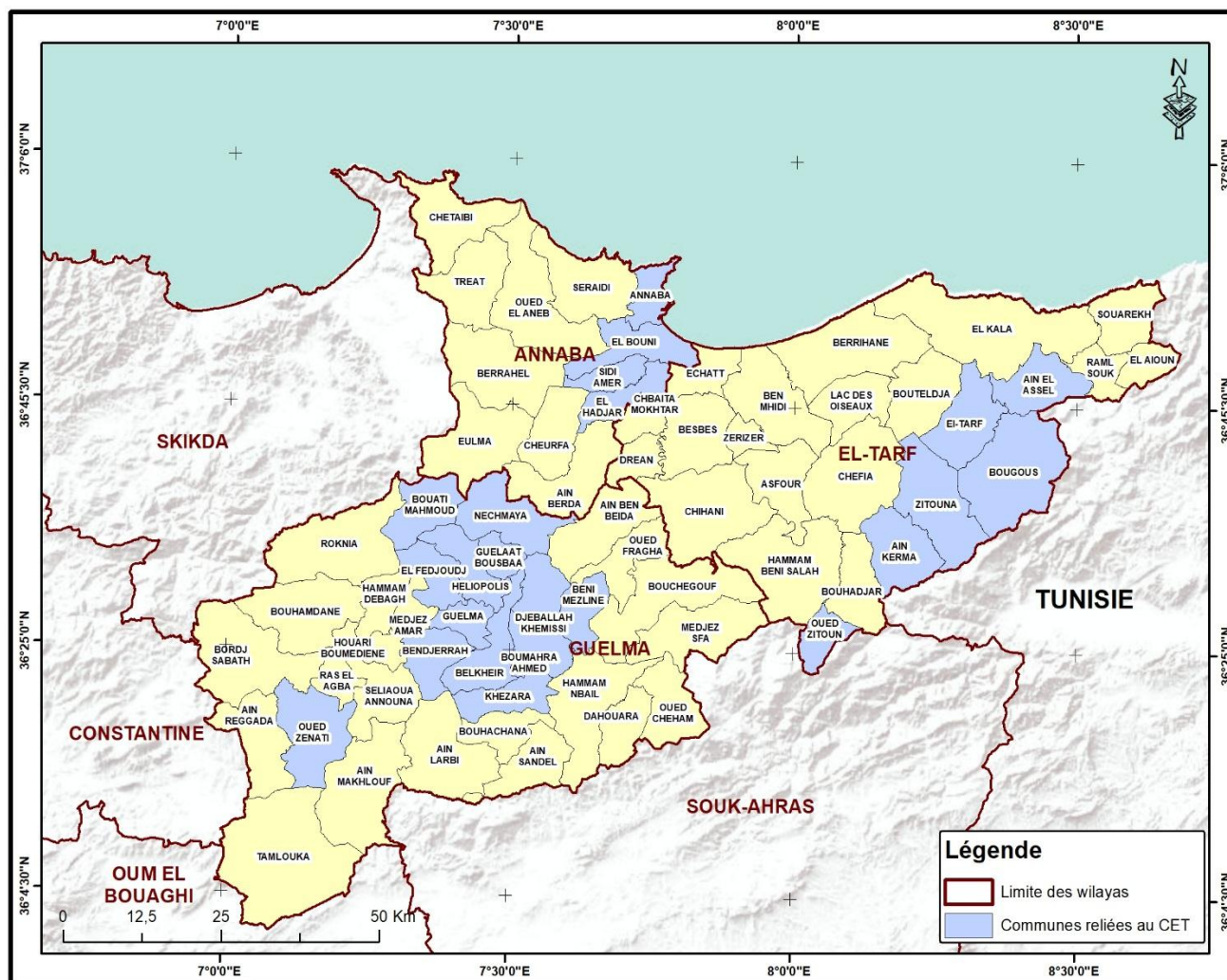


Figure 2. Situation géographique de la zone d'étude (23 communes) (Kaizouri, 2022).

Les principales informations relatives aux trois centres qui ont accueilli notre intervention, sont présentées dans le (Tableau.1), ci-dessous :

Tableau 1 : Les trois centres d'enfouissement (Service technique des CETs, 2020).

Centre d'enfouissement	Wilaya	Municipalités connecté	Location	Date d'ouverture	Moyen j. T/d
CET Bouguerguer	Guelma	13	36°29'12.2"N 7°28'19.6"E	janvier 2012	210
CET El Matroha	El Taref	6	36°43'29.5"N 8°17'55.2"E	janvier 2011	47
CET El Berka El Zerga	Annaba	4	36°49'14.2"N 7°37'18.6"E	March 2010	405

1.2.1.4.1. Le CET El Berka Elzarga - Annaba

Le CET de la wilaya de Annaba est implanté au niveau d’El Berka Zerga qui se situe à 13 Km au l’ouest du chef-lieu de la wilaya de Annaba et à environ 04 Km à l’Est de la ville Berrahal (Figure. 3). Ouvert depuis Mars 2010. C’est un centre intercommunal regroupant les communes suivantes : Annaba, Elbouni, El-Hadjar et Sidi Amar. Il n’assure donc pas la couverture totale des déchets de la wilaya. L’ensemble du site s’étend sur une superficie de 30 ha divisés entre : casiers de stockage des déchets, lagunes de traitement des lixiviats et aux bâtiments annexes (déchèterie et centre de valorisation et de transfert des déchets.). Il compte cinq casiers dont quatre sont déjà sub-saturé et quatre bassins de lixiviat (CET Annaba, 2020).

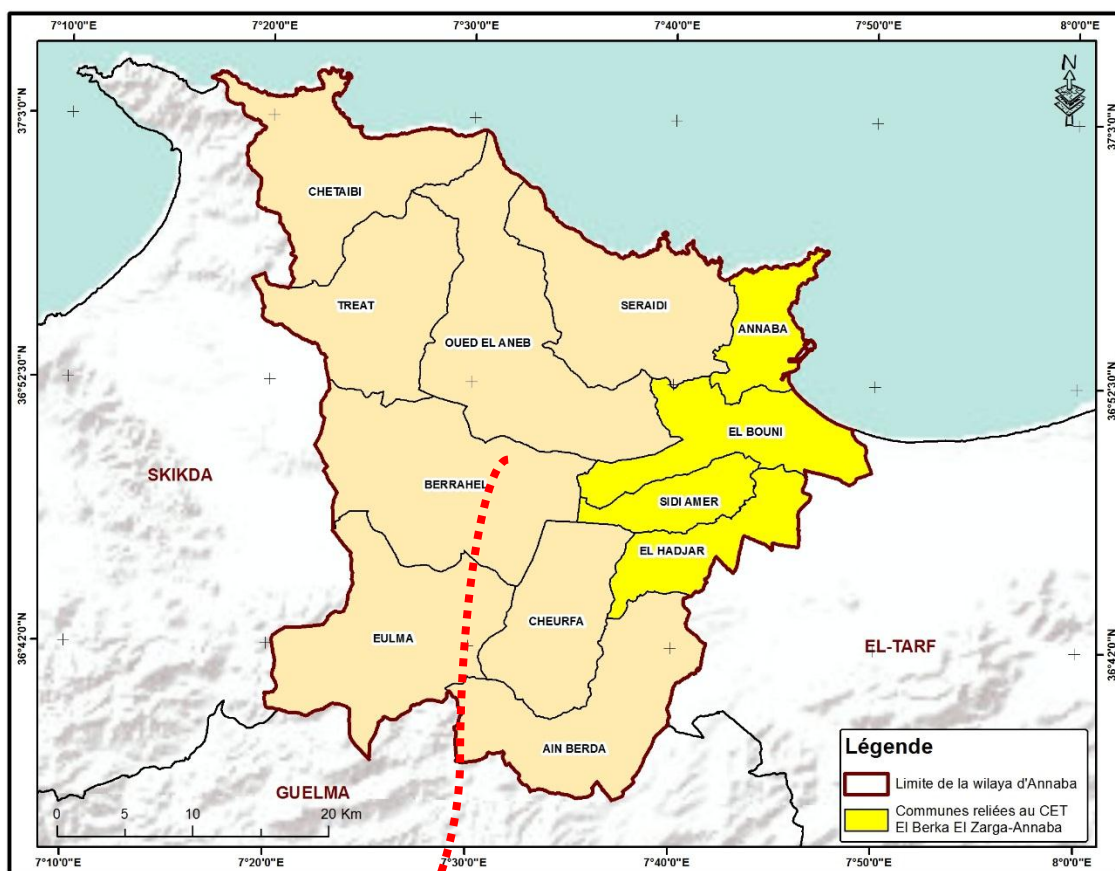


Figure 3 : Les Communes d’Annaba reliées au CET El Berka El Zerga (Google Maps, 2022).

1.2.1.4.2. Le CET Bouguerguer - Guelma

Le Centre d’Enfouissement Technique (CET) de la wilaya de Guelma est implanté au niveau de Bouguerguer qui se situe à 05 Km au Nord-est du chef-lieu de la wilaya de Guelma et à environ 04 Km à l’Est de la ville d’Héliopolis (Figure. 4). Il est exploité depuis 15/01/2012, avec une autorisation de réalisation n°374 du 23/04/2005. C’est un centre intercommunal regroupant les communes suivantes : Guelma, Héliopolis, Belkhir, Boumahra Ahmed, Bendjerah, Beni Mezline, Bouati Mahmoud, Elfedjouje, Djebalah khemissi, Guelât Bousba, Khezara et Nechmaia. Le CET de Bouguerguer s’étale sur une superficie de 12,5 hectares, il compte deux casiers et deux bassins de lixiviat (CET Guelma, 2020).

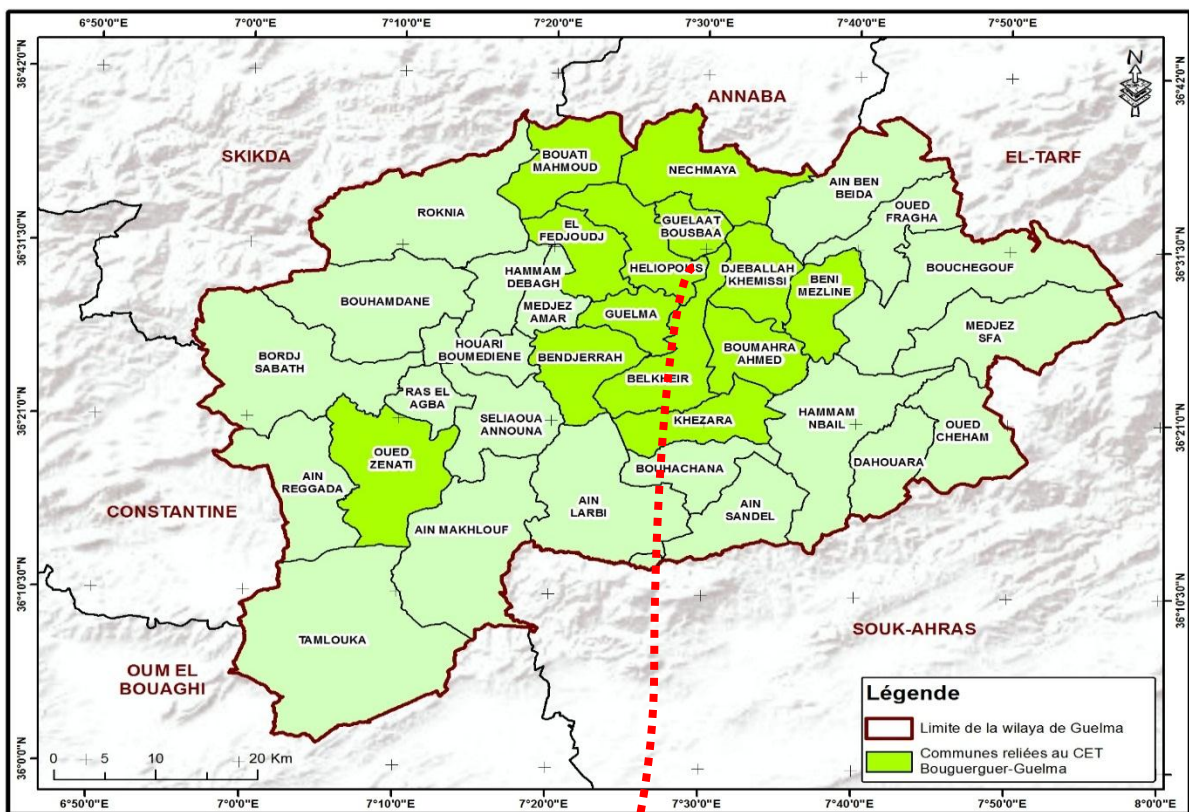


Figure 4 : Les communes de Guelma relié au CET de Bouguerguer (Google Maps, 2022).

1.2.1.4.3. Le CET El Matroha El Tarf

Le Centre d’Enfouissement Technique de la wilaya de d’El Taref est implanté au niveau d’Elmetroa qui se situe à 04 Km au Sud-ouest du chef-lieu de la wilaya d’El Taref et à environ 09 Km à l’ouest de la ville d’Héliopolis (Figure. 5). Il est mis en exploitation depuis, Janvier 2011. C’est un centre intercommunal regroupant 6 communes : Bougous, Ain Assel, Oued Elzitoune, El Taref, El Zitouna et Ain karma. Le CET de El Matroha s’étale sur une superficie de 5 hectares, il ne compte qu’un seule casier actuellement en service et un seul bassin de lixiviat traité seulement avec le lagunage (CET El Taref, 2020).

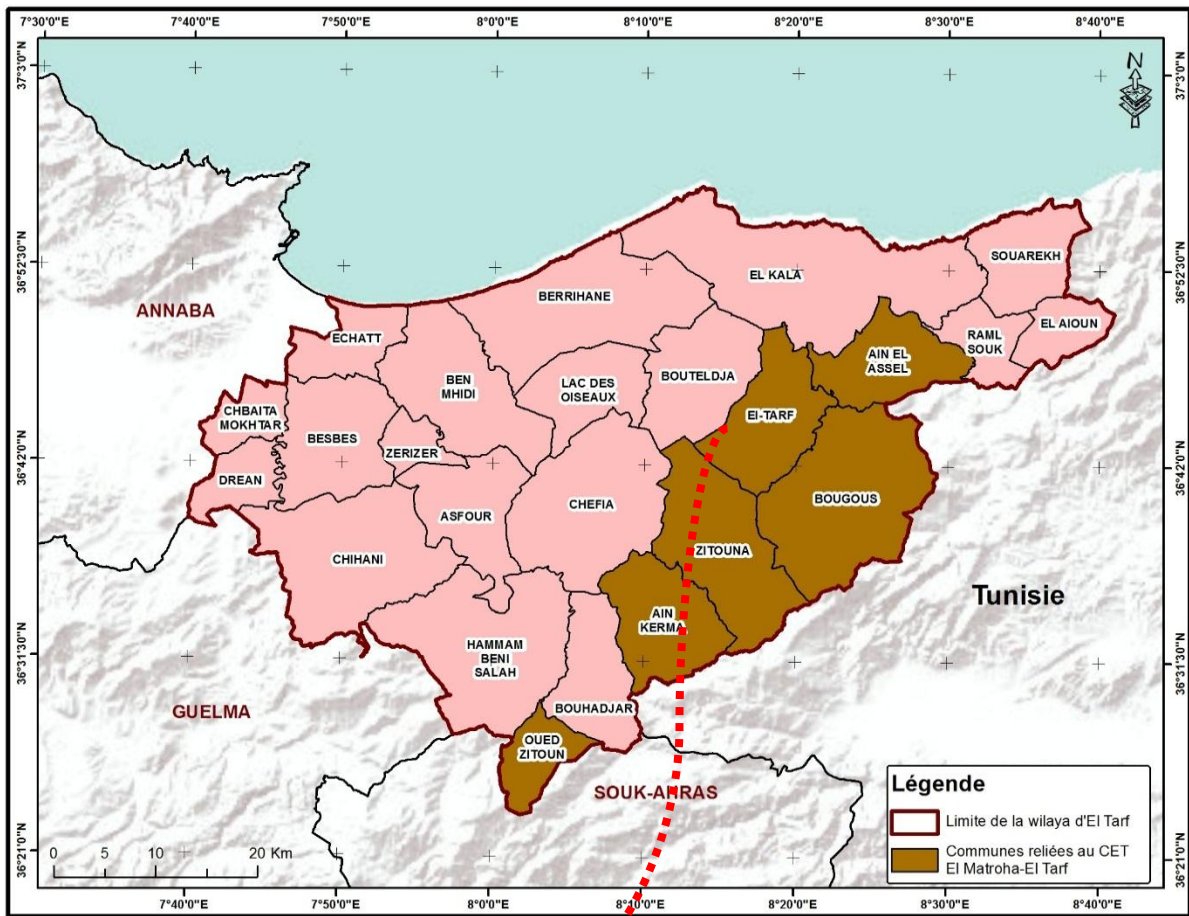


Figure 05 : les communes d’El Taref reliées au CET El Matroha (Google Maps, 2022).

1.2. Principaux résultats**1.2.1. Evolution de la production des DMA**

Les déchets ménagers résultent des ménages ainsi que les déchets similaires provenant des activités industrielles, commerciales, artisanales...etc. Et qui, par leur nature et leur composition, sont assimilables aux déchets ménagers. Les quantités enfouis dans les trois centres d'enfouissement technique en question sont en progression continue (année après l'autre) dû à l'évolution de la société Algérienne en général vers une société consommatrice, au développement de l'activité commercial, industriel et agricole, l'augmentation du pouvoir d'achat du citoyen (réduction du taux de chômage, mouvement saisonnier de la population pour les zones côtières).

Notant que, la production des déchets ménagers et assimilés (DMA) dépend principalement de deux facteurs (AND, 2020) :

- ✓ le nombre de générateurs de déchets (ménages, entités économiques et administratives).
- ✓ le ratio de production de ces déchets (masse/générateur/jour) relatif à chaque type de générateur et / ou producteur.

1.2.2. Production des DMA dans les trois centres d'enfouissement technique**1.2.2.1. Production de déchets au niveau du CET El Berka El Zerga Annaba**

Le flux des DMA rentrant au CET Elberka El Zerga d'Annaba durant les quatre dernières années (de l'an 2017 à 2020), ainsi que les principales tendances sont présentées dans le (Tableau. 2)

Tableau 2 : Quantités des déchets ménagers reçus au CET d'El Berka Zerga-Annaba par les 4 municipalités de 2017 à 2020 (CET Annaba, 2020).

Commune ^s	Ex 2017			Ex 2018			Evoluti on 2017- 2018 (%)	Ex 2019			Evolution 2018- 2019 (%)	Ex 2020			Evoluti on 2019- 2020 (%)
	Pop (Hab)	Quantité (Tonne)	Ratio Kg/j/h ab	Pop (Hab)	Quantité (Tonne)	Ratio Kg/j/ha b		Pop (Hab)	Quantité (Tonne)	Ratio Kg/j/ hab		Pop (Hab)	Quantité (Tonne)	Ratio Kg/j/ hab	
Annaba	286526	75299,02	0,72	289964	76202,61	0,72	+1,02	293444	79226,42	0,74	+ 3,97	296965	81294,22	0,75	+ 2,61
Elbouni	139462	33087,24	0,65	141135	33999,44	0,66	+2,75	142829	35278,48	0,68	+ 3,76	144543	36930,64	0,70	+ 4,64
Sidi Amar	92689	16915,80	0,50	93801	17461,17	0,51	+3,22	94927	17130	0,50	- 1,90	96066	18233,40	0,52	+ 6,41
El- Hadjar	41599	9110,07	0,60	42098	9219,40	0,60	+1,20	42603	9411,76	0,61	+ 2,09	43114	9914,09	0,63	+ 5,33

Le CET El Berka El Zerga d'Annaba reçoit les déchets ménagers des quatre municipalités suivantes : Annaba (chef-lieu), Sidi Amar, El Bouni et El Hadjar. Comme le montre le tableau ci-dessus, les quantités produites ont dépassées les 134 mille tonne, en 2017, avec un moyen journalier de 368 t/j et ont atteint 136 mille t/j en 2018, puis elles ont sauté en 2019 à 141 mille tonne. Afin, de s'augmenter de nouveau et atteindre 146 mille tonne, en 2020, avec un moyen journalier de 403 t/j (Cette augmentation progressive provoque une pression énorme, d'une part logistique sur le secteur de la gestion et aussi économique du fait que le coût financier des opérations de l'enfouissement prend plus de budgets). Une évolution importante et logique des quantités des déchets ménagers entre 2018 et 2019 avec un taux de croissance moyen de 8 %. En 2020, l'on assiste à une augmentation importante aussi avec un taux de croissance moyen de 19 %, cela coïncide avec la pandémie de coronavirus. Et on devrait s'attendre à une augmentation de la quantité durant les années qui viendront. Hors, le seul casier qui est en exploitation est rempli et même la pratique du rehaussement successive ont atteint ses limites.

1.2.2.1.1. Aperçu sur l'évolution démographique et le flux des DMA

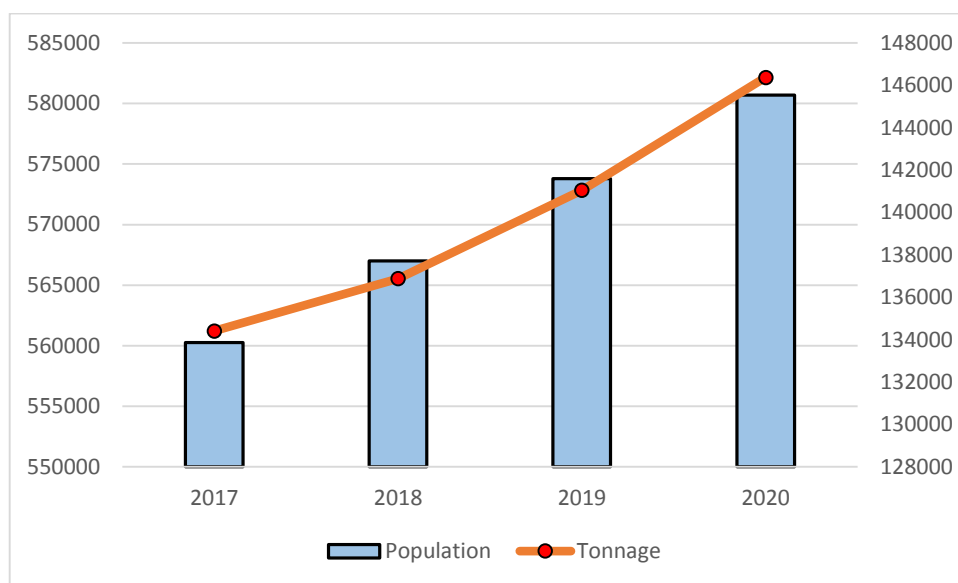


Figure 6 : Les flux du déchet et l'évolution démographique de 2017 à 2020.

En 2017, la population d'Annaba (les quatre communes reliées au centre d'El Berka El Zerga était de 560276 habitants, ces derniers ont produit 87890,72 t. En 2018, l'on assiste une augmentation remarquable où, la population a touché les 566999 habitants. Et qui ont donné une production de déchets fixé à 89938,01 t. L'augmentation continue de nouveau, en 2019, jusqu'à atteindre 92508,69 t produit par 573803 habitants. Et en fin, l'an 2020, où l'on assiste à une surproduction de déchets avec 96875,84 t d'une autre manière la population de 2020 (les 580689 habitants) ont produit plus de déchets que les années précédentes.

1.2.2.1.2. Aperçu sur l'apport quantitatif intercommunal au flux des DMA

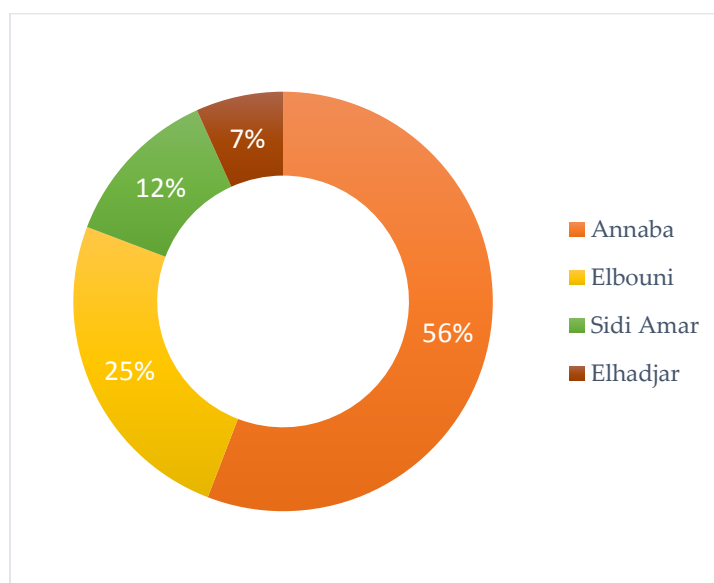


Figure 7 : Apport quantitatives des DMA par communes (Annaba, 2017 à 2020).

La (Figure .7) présente les apports quantitatives des DMA enfouis dans le CET d'El Berka El Zerga produits par les communes relié (Annaba, El Bouni, Sidi Amar et El Hadjar), durant les quatre dernières années, voire de 2017 à 2020. Une différence marquante s'illustre où, la commune de Annaba (chef-lieu) se montre le maximum d'apport avec 56 % des déchets enfouis suivie par la commune d'El Bouni avec 25 %, à son tour la commune de Sidi Amar apporte 12 % et enfin, la commune d'El Hadjar avec 7% seulement.

1.2.2.1.3. Aperçu sur le ratio produit par habitant /jour

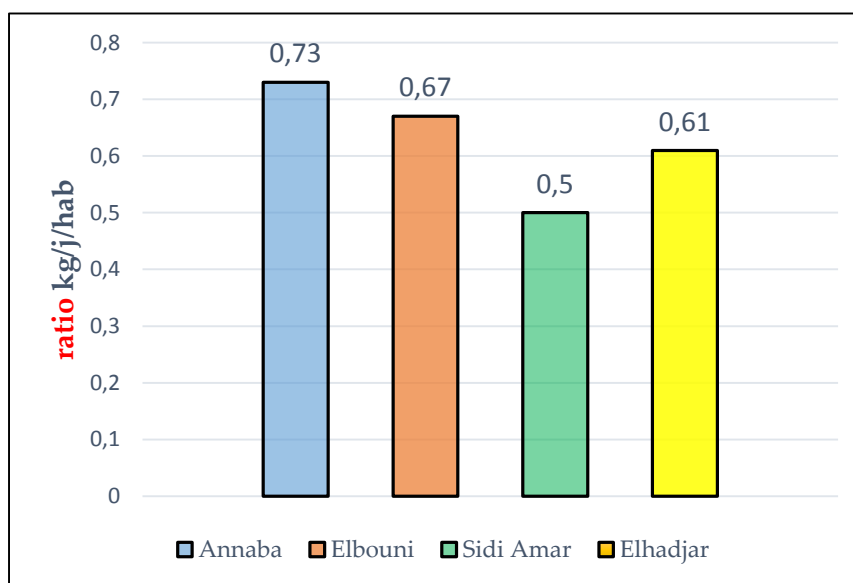


Figure 8 : Le ratio produit par habitant dans les quatre communes étudié à Annaba.

Le ratio est calculée directe à base de la quantification des déchets enfouis au CET d'Elberka Zerga en rapporte avec la population reliée des quatre communes (Annaba, El Bouni, Sidi Amar et El Hadjar). Et il est à noter aussi que le ratio calculé est le moyen des ratios des quatre années (de 2017 à 2020), et cela a donné que : Annaba (chef-lieu) : inscrit le ratio le plus élevé avec 0,73 kg/hab./j. et traduit ainsi, une qualité de vie socioéconomique apaisante. A son tour, l'habitant d'El Bouni produit 0,67 kg/j évoque un record important aussi. Et à son tour l'habitant d'El Hadjar inscrit un ratio de 0,61 kg/hab./j. Et enfin, l'habitant de la commune de Sidi Amar produit 0,5 kg/hab./j. Notant que, le ratio de la production de déchets est un indice très important à l'échelle internationale du fait qu'il traduit le niveau de vie des différentes populations à travers le monde.

1.2.2.2. Production de déchets au niveau du CET Bouguerguer Guelma

Le flux des DMA rentrant au CET de Guelma durant les quatre dernières (de l'an 2017 à 2020), ainsi que les principales tendances sont présentées dans le (tableau.3).

Tableau 3 : Quantités des déchets ménagers reçus au CET Bouguerguer- Guelma par 13 municipalités de 2017 à 2020 (CET Guelma, 2020).

Communes	Ex 2017			Ex 2018			Evolution 2017-2018 (%)	Ex 2019			Evolution 2018-2019 (%)	Ex 2020			Evolution 2018-2019 (%)
	Pop (Hab.)	Quantité (Tonne)	Ratio Kg/j/ Hab.	Pop (Hab.)	Quantité (Tonne)	Ratio Kg/j/ Hab.		Pop (Hab.)	Quantité (Tonne)	Ratio Kg/j/ Hab.		Pop (Hab.)	Quantité (Tonne)	Ratio Kg/j/ Hab.	
Guelma	136 158	33 267,14	0,66	137 791	35 950,61	0,71	+ 08	139 445	36089,16	0,70	+ 0.51	141 118	36 600	0,71	+ 1,42
Héliopolis	27 515	5 983,15	0,59	27 846	6 372,70	0,62	+ 06.50	28 180	6187,76	0,59	- 2.13	28 518	6500	0,62	+ 5,04
Belkhir	19 885	3 446,32	0,47	20 124	3 708,22	0,50	+ 07.60	20 366	3613,92	0,48	+ 3.98	20 610	3 850	0,50	+ 6,53
Boumahra	20 090	3 502,86	0,47	20 331	3 800,60	0,51	+ 08.50	20 575	3586,32	0,47	- 4.89	20 822	3 900	0,51	+ 8,75
Guelât BouSbaà	6 348	1 082,14	0,46	6 425	1 225,46	0,52	+ 13.25	6 502	1247	0,52	+ 6.03	6 580	1 300	0,52	+ 4,25
Djebalah	5 055	802,64	0,43	5 116	900,08	0,48	+ 12.14	5 177	909,28	0,47	+ 3.53	5 239	950	0,48	+ 4,48
Bendjerah	7 383	1 282,05	0,47	7 472	1 481,08	0,54	+ 15.52	7 561	1471,24	0,53	+ 0.30	7 652	1 550	0,54	+ 5,35
El Fedjoudj	10 278	1 785,74	0,47	10 401	1 951,98	0,51	+ 09.30	10 526	2042,96	0,53	+ 7.72	10 652	2 100	0,53	+ 2,79
Beni Mezline	5 502	611,74	0,30	5 568	662,90	0,32	+ 08.36	5 634	651,76	0,31	- 0.32	5 702	700	0,32	+ 7,40
Khezara	11 708	1 520,54 3 Tri	0,47	11848	2 033,12	0,47	*****	11 990	1949,24	0,44	- 3.60	12 134	2 100	0,47	+ 7,73
Bouati Mahmoud	*****	*****	****	*****	*****	****	*****	11 144	1499,84	0,36	****	11 278	1 700	0,40	*****
Nechmaia	*****	*****	****	*****	*****	****	*****	11 497	327,96 / 4 mois	0,23	*****	11 635	1 700	0,40	*****
Oued Zenati	*****	*****	****	*****	*****	****	*****	37479	2976,98 5mois	0,53	*****	37928	7 233,10	0,53	*****

Le CET Bouguerguer de Guelma reçoit les déchets de 10 municipalités, jusqu'à l'an 2019, avec l'intégration de trois nouvelles communes, depuis, le CET Bouguerguer compte 13 communes. Comme le montre le (Tableau. 3), des quantités très importantes sont produites par ces communes ; OÙ, l'an 2017 a enregistré un exercice final de 53284,32 t, avec 10 communes seulement ce qui donne un taux moyen journalier de 146 t/j. L'an 2018, la production de déchets a atteint les 58086,75 t, ce qui donne un taux moyen journalier de 149 t/j. En 2019, trois nouvelles communes (Oued Zenati, Bouati Mahmoud et Nechmaia) ont fait l'intégration en conventionnant avec le CET, ce qui provoqué une augmentation considérable où, l'exercice annuel de cette année est fermé à 62553,42 t, avec un taux moyen journalier de : 172 t/j. Enfin, en 2020, l'on assiste aussi à une augmentation importante en réalisant un exercice annuel de 67595,98 t.

1.2.2.1. Aperçu sur l'évolution démographique et le flux des DMA à Guelma

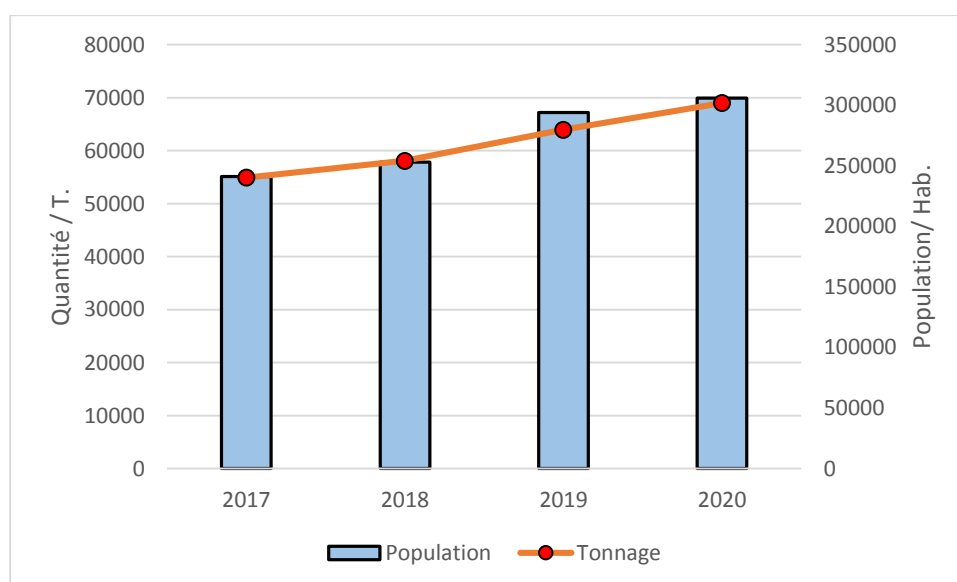


Figure 9 : Les flux du déchet et l'évolution démographique à Guelma de 2017 à 2020.

En 2017, la population des 10 communes reliées au centre de Bouguerguer a été 249923 habitants. Ces derniers ont produit 53284,32 t. En 2018, l'on assiste une augmentation remarquable où, la population a touché les 252921 habitants, et qui ont produit à leurs tours une quantité de déchets fixé à 58086,75 t. L'an 2019, l'augmentation continue de nouveau, surtout, au deuxième semestre avec l'intégration de trois nouvelles communes volumineuse afin d'atteindre les 294077 habitants, qui ont donné naissance à 62553,42 t de déchets. Et enfin l'an 2020 l'augmentation continue où il enregistre un exercice annuel fermé à : 67595,98 t produit par 309870 personne.

1.2.2.2. Aperçu sur l'apport quantitatif intercommunal au flux des DMA à Guelma

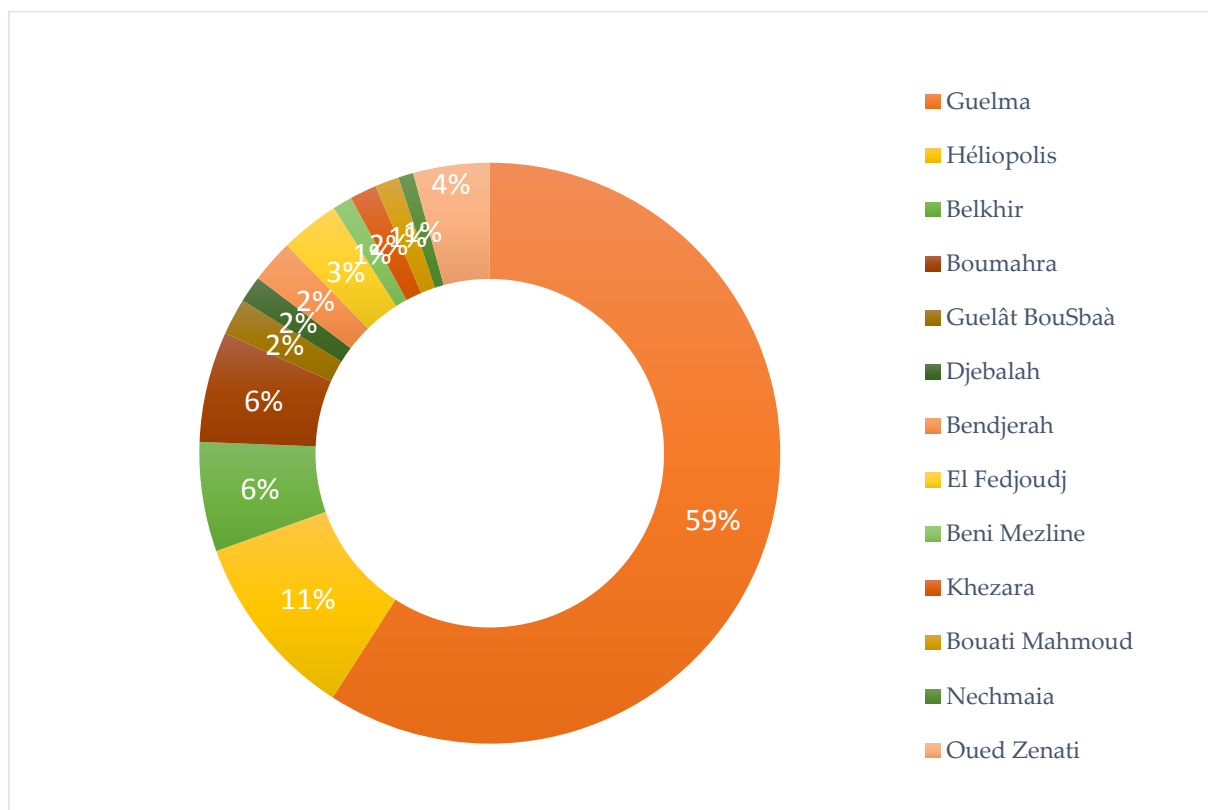


Figure 10 : Apport quantitatives des DMA par communes (Guelma, 2017 à 2020).

L'illustration ci-dessus présente les apports quantitatives des DMA enfouis dans le CET Bouguerguer-Guelma produits par les communes reliés (13), durant les quatre dernières années voire de 2017 à 2020. Une différence marquante s'illustre, où, la commune de Guelma (chef-lieu) occupe la plus grande part avec un apport de 59 % des déchets enfouis suivie par la commune d'Héliopolis avec 11 %. Puis la commune de Belkhir et Boumahra qui apportent 6 % chacune des quantités enfouis en fin les neuf communes restantes (Guelât BouSbaà, Djebalah, Bendjerah, El Fedjoudj, Beni Mezline, Khezara, Bouati Mahmoud, Nechmaia et Oued Zenati) apportent moins de 5% chacune.

1.2.2.2.3. Aperçu sur le ratio produit par habitant /jour

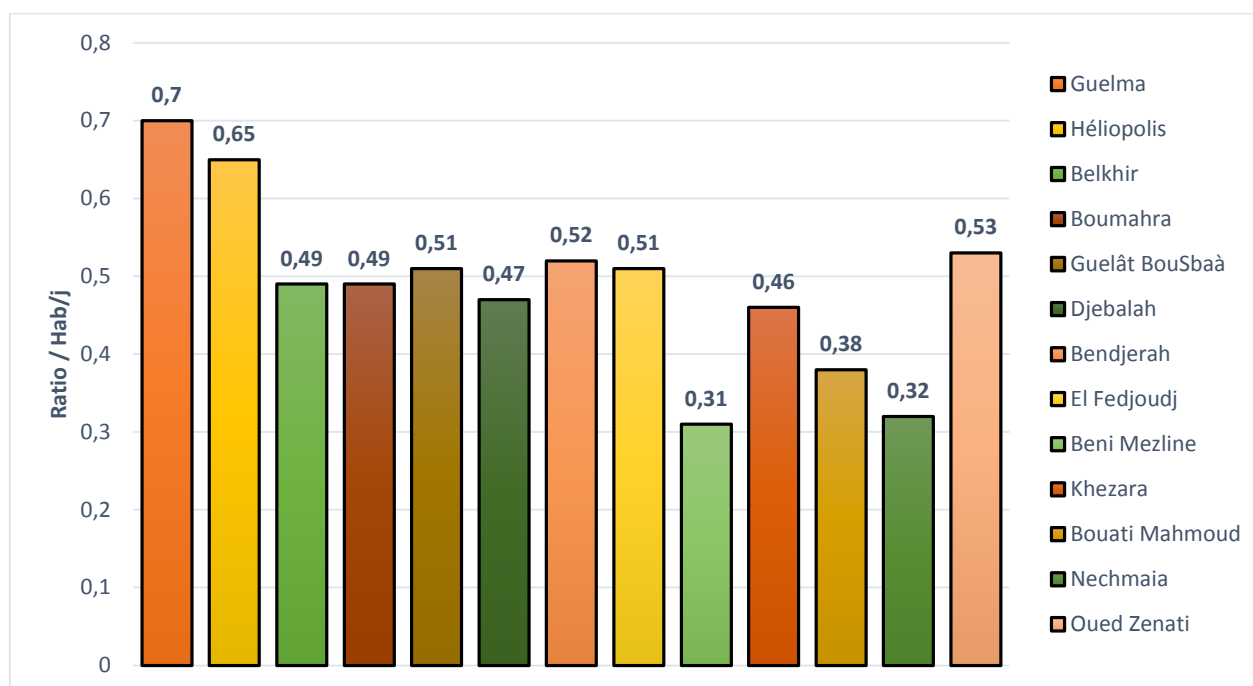


Figure 11 : Le ratio produit par habitant dans les treize communes étudié de Guelma.

Une divergence marquant du ratio de la population (des treize communes), qui dévoile ce qui suit : Guelma (chef-lieu) : inscrit un ratio élevé avec 0,70 kg/j/hab., et traduit ou présente donc une qualité de vie socioéconomique apaisante. L’habitant d’Héliopolis produit 0,65 kg/j qui représentent un record important aussi ; Suivie par la commune de Bendjerah qui produit 0,52 kg/j/hab. Et à leur tours, les habitats des deux communes Guelât BouSbaà et El Fedjoudj partage un ratio de 0,51 kg/j/hab. Boumahra et Belkhir enregistre un ratio de 0,49 kg/j/hab. Et les communes restante inscrit un ratio moins de 0,46 kg/j/hab. Notant que la commune de Beni Mezline qui est une commune rurale, produit seulement 0,31 kg/j/hab., qui représente le plus faible ratio produit de la zone.

1.2.2.3. Production de déchets au niveau du CET El Matroha El Taref

Le flux des DMA rentrant au CET de El Matroha durant les quatre dernières (de l’an 2017 à 2020), ainsi que les principales tendances relatives aux déchets (Quantification, population, Ratio, communes, exercice, évolution...etc.) sont présentées dans le (Tableau.4).

Tableau 4 : Quantités des déchets ménagers reçus au CET El Matroha- El Taref par 6 municipalités (CET El Taref, 2020).

Communes	Ex 2017			Ex 2018			Evolution 2017-2018 (%)	Ex 2019			Evolution 2018-2019 (%)	Ex 2020			Evolution 2019-2020 (%)
	Pop (Hab.)	Quantité (Tonne)	Ratio Kg/j/hab.	Pop (Hab.)	Quantité (Tonne)	Ratio Kg/j/hab.		Pop (Hab.)	Quantité (Tonne)	Ratio Kg/j/ hab		Pop (Hab.)	Quantité (Tonne)	Ratio Kg/j/ hab	
Eltaref	28495	7072,36	0,68	28837	7262,48	0,69	2,69	29183	7349,63	0,69	1,2	29533	7653,42	0,71	4,13
Ain Assel	18131	4235,31	0,64	18348	4286,13	0,64	1,20	18568	4405,34	0,65	2,78	18791	4595,38	0,67	4,31
El zitouna	10839	2294,70	0,58	10969	2282,20	0,57	-0,54	11101	2350,10	0,58	2,98	11234	2419,31	0,59	2,94
Ain kerma	16006	3622,24	0,62	16198	3606,58	0,61	-0,43	16393	3709,70	0,62	2,86	16590	3814,77	0,63	2,83
Oued Elzitoune	6548	932,04	0,39	6626	943,22	0,39	1,20	6706	979,02	0,4	3,8	6786	1015,53	0,41	3,73
Bougous	12507	2693,42	0,59	12657	2679,54	0,58	-0,51	12809	2758,45	0,59	2,9	12963	2838,86	0,6	2,92

Le CET, El Matroha d'El Tarf reçoit les déchets de six municipalités : El Tarf (chef-lieu), Ain Assel, Elzitoune, Bougous et Oued Elzitoune). Comme le montre le tableau ci-dessus, les quantités produites en 2017 ont été fermés à 20850,07 t comme exercice annuel, avec un taux moyen journalier de 57 t/j. En 2018, le centre réalise un exercice de 21060,16 t/j. Donc pas d'augmentation significative entre (2017-2018). L'an 2019, l'on assiste à une augmentation d'environ 500 t, soit 2,5 % d'augmentation, en atteignant les 21552,24 t. L'arrivée de l'an 2020 a été marquante pour le centre où, la production a atteint un taux de 22337,27 t. Cela signifie une augmentation d'environ 4 % entre (2019 et 2020). Il est à noter que cette augmentation coïncide avec la pandémie de coronavirus.

1.2.2.3.1. Aperçu sur l'évolution démographique et le flux des DMA à El Taref

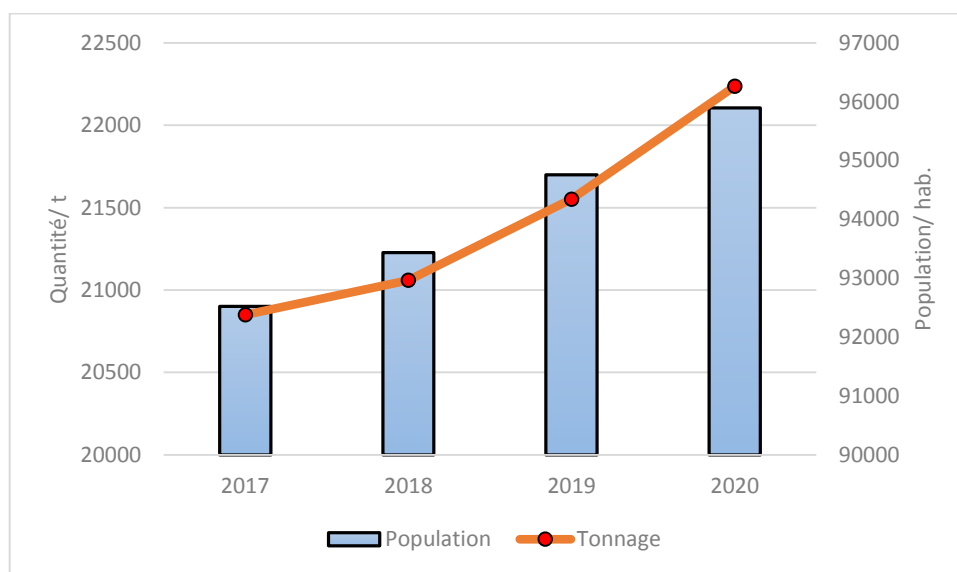


Figure 12 : Le flux du déchet et l'évolution démographique à El Taref de 2017 à 2020.

La figure ci-dessus, illustre l'évolution démographique, ainsi qu'en quantité de déchets qui paraît en parfaite concordance. En effet, l'an 2017, la population des 6 communes reliées au centre de D'El Matroha a été 92526 hab. Ces derniers ont produit 20850,07 t. En 2018, l'on assiste une augmentation remarquable où, la population a touché les 93636 hab., qui ont produit à leurs tours une quantité annuelle de déchets fixé à 21060,16 t. L'an 2019, la population continue d'hausser afin d'atteindre les 94760 hab., qui ont donné naissance à 21552,24 t de déchets. Et enfin, l'an 2020, l'augmentation continue, où, le centre a enregistré un exercice annuel fermé à : 22337,27 t produit par 95897 habitants.

1.2.2.3.2. Aperçu sur l'apport quantitatif intercommunal au flux des DMA à El Tarf

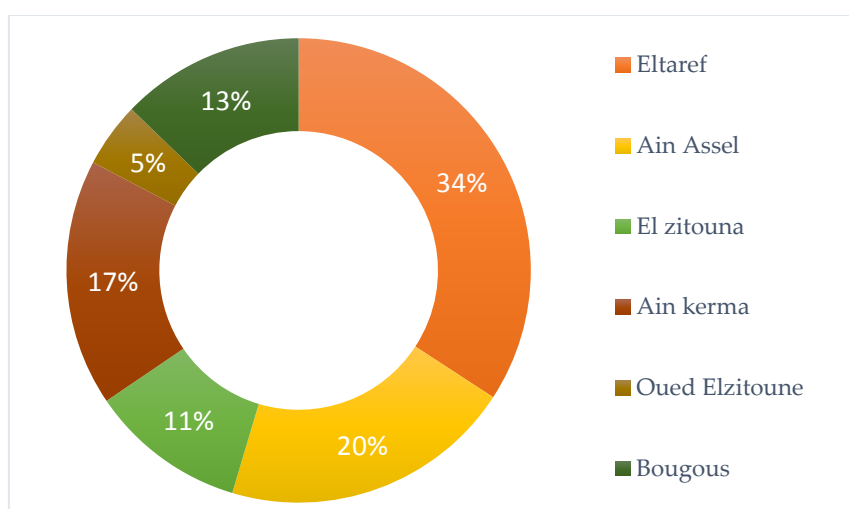


Figure 13 : Apport des DMA par les six communes (El Tarf, 2017 à 2020).

La (Figure.13) présente les apports quantitatives des DMA enfouis dans le CET El Matroha produits par les communes relié (6) durant les quatre dernières années voire de 2017 à 2020. Une différence marquante s'illustre où la commune d'El Tarf (chef-lieu) occupe un tiers des quantités enfouis en occupant, la plus grande parti avec un apport de 34 %, suivie par la commune d'Ain Assel avec 20 %. Puis la commune d'Ain Karma qui occupe 17 % des quantités enfouis, suivie par la commune de Bougous qui apporte 13%, et enfin les communes d'El Zitouna et d'oued elzitoune qui enregistre 11% et 5 % respectivement.

1.2.2.3.3. Aperçu sur le ratio produit par habitant des communes d'El Tarf

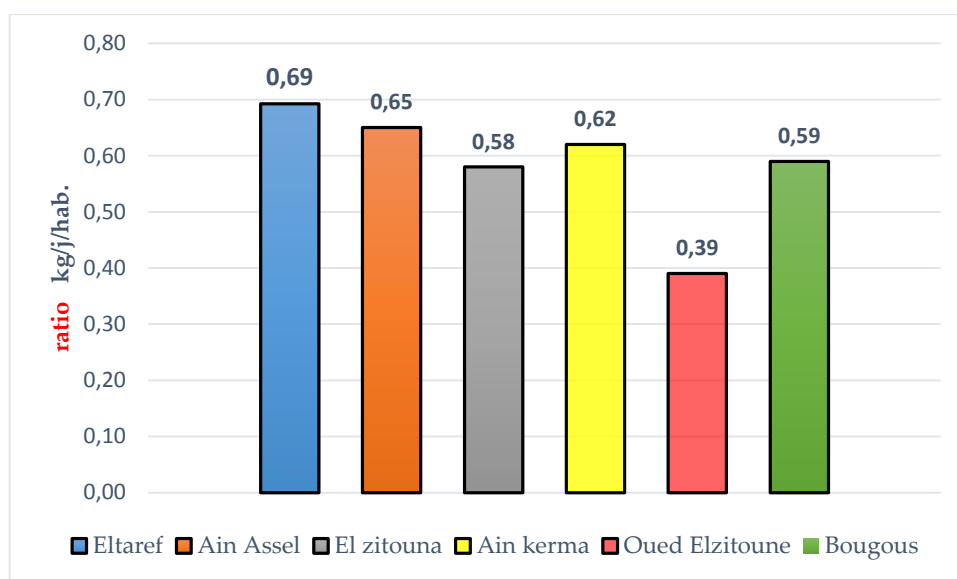


Figure 14 : le ratio produit par habitant dans les six communes étudié d'El Tarf.

Le ratio est calculée à base de la quantification des déchets enfouis au CET de d'ElMatroha, dont les résultats ont dévoilé, ce qui suit : la commune d'El Tarf (chef-lieu) : inscrit le ratio le élevé avec 0,69 kg/j/hab. Les habitants de la commune d'Ain Assel ont fait un ratio 0,65 kg/j/hab., qui demeure un record important aussi ; Suivie par la commune de d'Ain Karma qui ont produit 0,62 kg/j/hab., et à leurs tours les habitats de la commune de Bougous inscrit un ratio de 0,59 kg/j/hab. Notant que la commune d'Oued Elzitoune a produit seulement 0,39 kg/j/hab., qui représente le plus faible ratio produit dans la zone.

1.3. Discussion

Certes, la production des déchets est en rapport directe avec le niveau socio-économique du producteur de ces déchets (**Bandara et al., 2007**). Les tableaux 2, 3 et 4 illustrent en détail la production des déchets dans les 23 communes des trois wilayas, sujettes de notre quête. En effet, les résultats divulguent que la génération des déchets ménagers varie en quantité en

fonction de deux principaux facteurs : le temps et l'espace qui conditionne la taille de la population. Les résultats montrent clairement que la production de déchets augmente successivement dans l'axe temporel, et elles démontrent aussi que l'espace ou l'endroit joue un rôle prépondérant ; En effet, dans la zone d'étude qui comprend 23 municipalités de différentes tailles populaires et de localisation entre autres différences. Les quantités produites par la zone d'étude étaient 208546,52 t en 2017, avant de passer à 238892,72 t, en 2020, cette élévation est proportionnelle au nombre de la population, soit un taux d'augmentation annuelle de 3,64 %. En distingue trois types de municipalités : d'une taille populaire importante, moyenne et faible. Par conséquent on enregistre, trois types de ratios, la première catégorie qui dépasse 0,7 kg/hab./j enregistré dans les communes (chef-lieu), ou capitale provinciale qui sont Annaba, Guelma et El Taref avec les ratios suivants : (0,73 kg/hab./j) (0,7 kg/hab./j) et (0,69 kg/hab./j) respectivement pour les trois wilayas. Ces derniers traduisent une qualité de vie apaisante et un niveau socioéconomique marquant. La deuxième catégorie des ratios intermédiaires $< 0,5 - 0,6 >$ kg/hab./j qui regroupe les communes suivantes : (Elbouni 0,49 kg/hab./j), (Sidi Amar 0,49 kg/hab./j), (Elhadjar 0,49 kg/hab./j), (Elfedjouje 0,51 kg/hab./j), (Bendjerah 0,52 kg/hab./j), (Guelât BouSbaâ 0,51 kg/hab./j), (Bougous 0,53 kg/hab./j), (Ain Karma 0,52 kg/hab./j), (Ain Assel 0,58 kg/hab./j), (Elzitoune 0,59 kg/hab./j), (Héliopolis 0,65 kg/hab./j) et (Oued Zenati 0,53 kg/hab./j). En fin, la troisième catégorie, qui sont : les ratios les plus bas ou faibles enregistré dans les communes suivantes : (Djebalah 0,39 kg/hab./j), (Khezara 0,46 kg/hab./j), (Bouâti Mahmoud 0,38 kg/hab./j), (Beni Mezline 0,31 kg/hab./j), (Nechmaïa 0,32 kg/hab./j), (Belkhir 0,49 kg/hab./j), (Boumahra 0,49 kg/hab./j) et (Oued Elzitoune 0,39 kg/hab./j). Ces derniers sont des municipalités, de petits villages de faibles consommations avec des activités plutôt agricoles et donc peu génératrices de déchets. Cette grande différence pourrait s'expliquer par la taille de la population qui se concentre dans les grandes villes par ex : en 2020, on enregistre dans les communes chefs-lieux (29533 à El Tarf, 141118 à Guelma et 296965 à Annaba) habitant. Cependant, les autres municipalités comptent moins de population, et par conséquent moins de production de déchets qui dépend principalement de cette concentration populaire, comme c'est mentionné précédemment dans les (Figures 6 - 9 et 12), s'ajoutant à cela, l'agrégation des administrations, des universités, l'industrie et les grandes surfaces entre autres séduisants de la jonction populaire, comme rapporté (**Medina, 1997**). A titre comparatif, Pour la première catégorie, nos résultats sont comparables à celui de la ville de Mostaganem (0,73 kg/hab./j) (**Safia, 2015**), et proche de la capitale (0,75 kg/hab./j) (**Mezouari-Sandjakdine, 2011**), ainsi qu'en Syrie dans un travail de (**Noufal, Yuanyuan et al., 2020**) mais

plus élevée par rapport à celle de la moyenne nationale à celle des grandes villes qui se fixe à 0,8 kg/hab./j (**Ouamane, 2016**). Pour la deuxième catégorie, est le plus cité dans la littérature tel que : (**Abdelli et al., Addou, 2017**) à Mostaganem, (**Abdelli et al., 2017**) à Batna, (**Miezhah et al., 2015**) à Ghana, (**Noufal et al., 2020**) en Syrie, qui enregistrent des ratios pareille que les notre. Pour la troisième catégorie, nos résultats sont comparables à (**Guermoud et al., 2009**) pour les valeurs 0,47 kg/hab./j et à celle trouvé par (**Slimani et al., 2022**), et également inférieures à celle cité par le rapport national du l'AND qui se fixe à 0,6 kg/hab./j pour les zones rurales (**Ouamane, 2016**).

Il est important de signaler aussi que le ratio de production est en évolution progressive et graduelle, surtout dans les grandes municipalités où, en enregistre : A El Tarf, le ratio était 0,68 kg/hab./j en 2017 puis il saute à 0,69 kg/hab./j, en 2019, afin d'atteindre 0,71 kg/hab./j en 2020. A Guelma, on enregistre un ratio de 0,66 kg/hab./j, en 2017, pour passer à 0,71 kg/hab./j en 2018, puis il rétrécie, en 2019, vers les 0,70 kg/hab./j, afin d'augmenter de nouveau, en 2020, et atteint 0,71 kg/hab./j. Annaba enregistre le record où, en 2018, elle a enregistré déjà 0,72 kg/hab./j, avant de passer à 0,74 kg/hab./j, en 2019, puis il atteint 0,75 kg/hab./j, en 2020. Ces indices traduisent une qualité de vie apaisante et amélioratrice dû à l'évolution de la société algérienne, en général, vers une société consommatrice, l'augmentation du pouvoir d'achat du citoyen (augmentation des salaires, réduction du taux de chômage, développement du secteur industriel et agricole surtout ces derniers temps...etc.).

1.4. Conclusion

La présente étude a permis en premier lieu d'évaluer quantitativement l'évolution de la production des déchets ménagers dans trois wilayas du Nord Est Algérien qui sont (Annaba, Guelma et El Tarf) focalisant sur trois CET qui regroupe 23 communes. Nous avons effectué une analyse des flux de déchets qui rentrent aux centres de 2017 jusqu'au 2020, où, nous avons relevées toutes les tendances relatives aux déchets (ratio, quantité et évolution...etc.), pour chaque commune séparément. L'étude a permis de dire que les quantités de déchets ménagers produites dépend principalement de la taille populaire des communes, où une parfaite simultanéité a été enregistré. Suivant ce volet, nous avons identifiés trois types de commune : des communes de taille populaire importante, d'autres faibles et en fin des communes de population moyenne. Par conséquent, nous pouvons déduire trois types de ratio : un ratio élevé dans les municipalités chef-lieu, un ratio intermédiaire pour les communes d'agglomération moyenne et ratio faible pour les communes rurales d'une petite taille populaire. Notant que le

ratio produit par la zone d'étude est fixé à 0,55 kg/hab./j. Or, le ratio est un indice de la qualité de vie et de rang socioéconomique des pays. Pour notre cas, dans la majorité des municipalités étudiées, le ratio est en évolution progressive, cela traduit l'amélioration du niveau de vie du citoyen de la zone d'étude graduellement, cela se manifeste autant dans les grandes communes.

L'un des problèmes majeurs à surmonter par ces trois centres sujettes de notre investigation, dès l'année suivante, reste la gestion des volumes impressionnant des déchets ménagers qui coulent quotidiennement, et qui requête un effort de gestion impressionnant (de l'entrer aux ponts bascule à l'entassement dans les casiers.). Le problème se complique surtout avec la sub-saturation de tous les casiers en activité, face à cela, les responsables devront agir vite et mettre un plan d'urgence pour l'aménagement de nouveaux casiers qui vont accueillir les masses de déchets et la réalisation de nouveaux centres d'enfouissement. Pour cela, sur le plan moyen nous recommandons vivement :

- ✓ La réévaluation du système de gestion actuelle qui a prouvé son échec, Car l'enfouissement dans des casiers consomme chaque année 400 hectares (en Algérie) en plus de la saturation rapide des casiers et de la pollution causés ;
- ✓ La meilleure solution à l'heure actuelle reste le tri à la source, ou le tri sélectif au niveau des ménages, car la valorisation des déchets est subordonnée, en premier lieu à la réussite du tri sélectif que doit effectuer le citoyen ;
- ✓ La sensibilisation par tous moyens possibles : des campagnes de sensibilisations aux écoles, dans les mosquées et les lieux publiques, par des actions scientifiques, associative dans les villes ou à travers les médias ;
- ✓ Se tourner vers une vraie économie verte ou circulaire par l'encouragement des jeunes à s'investir dans ce domaine avec la création de petites entreprises de recyclage et déchetteries et s'engager à récupérer tous les déchets valorisables, cela peut offrir des postes d'emploi (vert) en premiers lieu et amorti l'impact sur la gestion dans les centres d'enfouissement et enfin préserver l'environnement et les ressources naturelles pour les générations futures dans le cadre du développement durable.

Le problème de la gestion de déchets ménagers demeure un défi multidisciplinaire et multisectorielle, à partir de là nous recommandons vivement d'ouvrir un débat scientifique nationale, voire déboucler les portes de ce domaine à tous les secteurs et tous ce qui peut apporter les clés, car la solution peut être : culturelle, éthique, économique, éducative, technique ou numérique...etc., ou même une équation qui réunit plusieurs conjonctures.

La pandémie de covid-19 et l'impact sur le secteur de déchets.

2.1. Introduction

L'an 2020, le monde entier est soumis à une crise sanitaire jamais vu depuis la grippe espagnole (1918). Le 11 mars, l'OMS l'a répertorié comme une urgence de santé publique de Préoccupation « PHEIC » (WHO, 2020), (Kandel et al., 2020). La maladie de coronavirus (Covid-19) est une infection respiratoire aiguë causée par le coronavirus nouvellement découvert (le virus SRAS-CoV-2) qui se transmet rapidement et facilement entre population par les gouttelettes émises par une personne infectée par la bouche ou le nez (W. Chen et al. 2020). L'origine remonte à sa première détection, dans la ville de Wuhan en Chine, en décembre 2019. Depuis lors, le coronavirus 2019 (Covid-19) s'est propagé de manière alarmante dans le monde entier. Le 25 février, l'Algérie a enregistré le premier cas dans la base de vie à Hassi Messaoud dans la wilaya d'Ouargla. A partir du 02 mars 2020, un nouveau foyer a été découvert dans la wilaya de Blida, suite à une alarme lancée depuis la France après la confirmation de deux cas du Covid-19, il s'agit de deux algériens résidés en France, ayant venu en Algérie. Depuis, l'épidémie s'est étendue à l'ensemble du territoire national avec une prédominance dans les wilayas du nord (Nguessan et al., 2020). Au cours de cette pandémie, l'Algérie a adopté d'importantes mesures, pour en assurer une gestion rationnelle de la situation sanitaire et socioéconomique. Pour ce faire, un confinement partiellement évolutif selon la prévalence de la maladie dans les différentes régions, du 22 mars jusqu'au 14 juin 2020, assurer la demande en fourniture médicales un défi à relever, la fermeture des établissements éducatifs et scolaires de toutes genre, les lieux de prière (les mosquées), la diminution des effectifs de travailleurs entre autres mesures préventifs (Ministère de la Santé, 2020).

À l'échelle mondiale, la pandémie a imposé de nombreux défis dans le secteur de la santé, où le nombre de cas nécessitant des hôpitaux et des unités de soins intensifs, qui ont augmenté significativement en mobilisant parfois d'autres structures (Remuzzi & Remuzzi, 2020). La situation a exercé une pression énorme et tous les pays ont été contraints d'intensifier les procédures d'achat de ressources médicales, d'EPI (équipement de protection individuel), de lits d'hôpitaux, de gel hydro-alcoolique et d'équipements supplémentaires (Ranney et al., 2020).

Pendant le confinement, le comportement de l'achat et de la consommation alimentaire des gens a eu un changement profond, le recours aux achats en ligne et la livraison à domicile de produits essentiels. Hyun rapporte que la pandémie de coronavirus a mené à un stockage irrationnel des aliments et d'autres produits d'épicerie, la demande de ces produits emballés a eu une augmentation dans plusieurs pays à l'exemple du Corée du Sud qui a enregistré 92,5%

Chapitre II. Partie 2 : L'impact de la pandémie de Covid-19 sur la gestion de DMA.

des achats en ligne de nourriture et 44,5% sur les produits de première nécessité a été marqué pendant la pandémie, par rapport à l'année précédente (**Hyun & Net, 2020**). Dans un travail de Van Fan et al, voire un update concernant l'impact de Covid-19 sur le changement de la quantité, la composition, le moment et la distribution des déchets ménagers et sur le risque d'infection aussi. Ils rapportent également qu'à Singapour, 1334 tonnes supplémentaires de déchets plastiques ont été produites en avril 2020, ce qui peut s'expliquer par les changements de comportement des consommateurs pendant la pandémie Covid-19 (**Van Fan et al., 2021**).

Hari Bhakta et al (**2020**), ont signalé aussi une augmentation des achats en ligne dans de plusieurs pays comme : Le Vietnam (57%), l'Inde (55%), la Chine (50%), l'Italie (31%) et l'Allemagne (12%) pendant la période de confinement (**Sharma et al., 2020**). Cependant, une augmentation dans la production de déchets alimentaires ménagers pendant le confinement total. Les fermetures et les achats de panique provoqués par le Covid-19 ont conduit les gens à stocker des denrées périssables sans tenir compte de leur durée de vie (**Jibri et al., 2020**).

Ainsi la pandémie a introduit un changement dans la dangerosité des déchets ménagers qui sont mutés donc potentiellement infectieux, puisqu'ils contiennent des déchets médicaux (EPI : masques, gants, tissus jetés, kit de test,...etc.). Vu ces nouvelles données, les déchets infectieux ne se localisent pas seulement aux hôpitaux, en effet, comme rapportent de nombreuses recherches, le coronavirus peut persister dans le plastique, le métal et le carton (composants des déchets) pendant quelques heures ou quelques jours (**Kampf et al., 2020**). Par conséquent, d'énormes quantités d'EPI à base de plastique, comme les gants, les masques, les écrans faciaux, les vêtements de protection, les bouteilles et les emballages de désinfection des mains en polypropylène et en polyéthylène, sont produites chaque jour dans le monde. Ces déchets peuvent être contaminés par le virus, de sorte qu'une mauvaise manipulation de ces déchets par le personnel de traitement peut potentiellement augmenter la propagation de la maladie virale (**Mol et Caldas, 2020**). Donc, il est quasi urgent, pour limiter la propagation du virus de prendre en compte les problèmes de la gestion des déchets liés à la génération d'EPI à base de plastique (**Klemeš et al., 2020**). Face à cela, la vie des travailleurs chargés de la gestion et la manipulation des déchets est vraiment en danger, surtout, dans les pays en développement où, le tri se fait à la main et les chiffonniers et les collecteurs ne sont pas équipés d'une bonne protection individuelle (**Sharma et al., 2020**).

Le système existant de collecte et de gestion des déchets a subi une pression énorme pendant cette pandémie et a entraîné un changement global de la nature et de la quantité du flux

Chapitre II. Partie 2 : L'impact de la pandémie de Covid-19 sur la gestion de DMA.

des ménages ainsi que des stratégies de gestion des déchets inappropriées, telles que le dépôt direct, le brûlage local et l'incinération mobile (Adyel, 2020).

L'objectif de cette partie d'étude est d'inspecter les tendances et les implications du coronavirus sur le domaine de la gestion des déchets ménagers dans la zone d'étude, en contrôlant principalement les quantités de déchets ménagers produits sous deux années successives de la pandémie, commençant par la période de confinement, puis la quatre vagues de la pandémie de coronavirus qu'a connu l'Algérie, en focalisant sur la wilaya de Guelma.

2.1.1. Impact sur la zone d'étude

Au départ de notre étude, nous nous sommes intéressées sur l'Est Algérien focalisant sur les wilayas (Guelma, El Tarf et Annaba). Cependant, au fur et à mesure, on s'est limité à Guelma, car la pandémie de COVID-19 a mis tout en difficulté, suite aux confinements imposés entre autres restrictions massives : le transport, l'accès aux établissements, communiquer et avoir des informations d'après des services concernées. Ce qui a rendu, vraiment difficile de conduire un tel travail et serait un défis à relever pour en réaliser, particulièrement dans ce temps de contagions, où, les courbes d'incidences sont exponentiellement ascendantes à l'échelle nationale et internationale. Malgré cela, on a pu détailler principaux points saillants concernant le flux des déchets ménagers au cours de la pandémie COVID-19.

2.2. Situation épidémiologique et principales mesures en Algérie

Le 23 octobre 2022, le nombre total de personnes infectées a atteint les 271 771 cas, avec 6881 décès. De nombreux facteurs influencent significativement le développement de l'infection : l'état de santé, l'âge et l'activité physique, le non-respect des mesures de prévention promues par l'OMS, le tabagisme en plus de la vaccination (Aouissi et al., 2022). Depuis le début de cette pandémie, l'Algérie a mis en place un plan de réponse national pour faire face à cette nouvelle menace. Un dispositif basé sur un plan de gestion de crise qui ordonne principalement : La limitation des transports publics, la limitation de la circulation d'une zone touchée vers des zones exemptes de cas, la fermeture des établissements scolaires, sportifs et religieux, un confinement discontinu à domicile, le renforcement du contrôle aux frontières et la mise en place d'un système de surveillance, (cellule de crise mise en place au niveau national et local) (DGPPS, 2020). L'Algérie fait partie des pays pionniers qui ont adopté le protocole hydroxychloroquine (HQC). Après avoir bénéficié de l'appui des alliés chinois. Les soins médicaux étaient administrés gratuitement, où, tous les patients étaient traités de la même

Chapitre II. Partie 2 : L'impact de la pandémie de Covid-19 sur la gestion de DMA.

manière, indépendamment de leur classe sociale ou de leur âge (Aouissi et al., 2021). Le 31 décembre 2020, aussi elle a lancé une campagne de vaccination de masse, en commençant par le personnel et les travailleurs de la santé et les personnes souffrant de comorbidités. Le 20 février 2022, plus de 7,46 millions de personnes ont reçu au moins une dose de COVID-19, ce qui représente environ 16,7 % de la population totale (Lounis et al., 2022).

2.2.1. Dates importantes

De son apparition à Wuhan en Chine une chronologie de Covid-19 a marqué son parcours, d'après : (World Health Organization (WHO), 2020) et (Ministère de la Santé, 2020).

- ✓ **31 décembre 2019**, la Chine a déclaré des cas de pneumonie d'étiologie inconnue à l'OMS, détectés dans la ville de Wuhan - province du Hubei.
- ✓ **7 janvier 2020**, en Chine, un nouveau virus de type coronavirus dénommé SRAS-CoV-2 (virus de type Syndrome Respiratoire Aigu Sévère) responsable de cette infection.
- ✓ **13 janvier 2020**, plusieurs pays signalent le COVID-19, (COronaVIrusDisease2019) sans passer au stade de déclaration d'une pandémie par l'OMS.
- ✓ **11 Février** : l'OMS annonce que la maladie sera nommée officiellement Covid-19.
- ✓ **25 février 2020**, l'Algérie signale le premier cas, suite à ce premier cas confirmé de Covid-19, l'Algérie prend des mesures urgentes, afin de limiter la propagation du virus.
- ✓ **15/03/2020** : Fermeture des établissements scolaires et universitaires.
- ✓ **17/03/2020** : Fermeture des mosquées et lieux de cultes.
- ✓ **22/03/2020** : Fermeture des lieux publics : cafés, restaurants et arrêt de transports public.
- ✓ **23/03/2020** : Confinement totale de la wilaya de Blida et confinement partiel (couvre-feu : de 19h à 07h du matin) de la wilaya d'Alger.
- ✓ **29/03/2020** : confinement partiel (de 19h à 07h du matin) des wilayas : Oran, Constantine, Batna, TiziOuzou, Sétif, Médéa, El Oued et Tipaza.
- ✓ **01/04/2020** : début de fin de confinement des voyageurs au niveau de 18 wilayas, venus de l'étranger (Maroc, Tunisie, Espagne, France... etc.).
- ✓ **02/04/2020** : confinement partiel : (de 19h à 07h du matin) dans plusieurs wilayas.
- ✓ **18/04/2020** : prolongement du confinement total de Blida et partiel des autres wilayas.

2.2. Plan de préparation et de riposte à la menace de l'infection Covid-19

Le présent plan national de préparation et de riposte est mis en place par le Ministère de la Santé. Il a pour principal objectif de lutter contre cette nouvelle menace et d'organiser les

Chapitre II. Partie 2 : L'impact de la pandémie de Covid-19 sur la gestion de DMA.

interventions du secteur de la sante, en collaboration avec les autres secteurs à l'échelle nationale. Il s'appuie sur le plan de préparation à une ancienne pandémie de grippe H1N1 (DGPPS, 2020), élaboré en 2009, accompagner des ajustements nécessaires, liés aux caractéristiques de ce nouvel agent. Ce plan fait également référence au plan national de préparation, d'alerte et de reposte mis en place pour faire face aux différentes menaces émergentes d'envergure internationale, où les principales recommandations étaient :

2.2.1. Axes stratégiques

a. Détection précoce des cas d'infection au Covid-19

- ✓ Mise en place de la cellule de crise multisectorielle au niveau du MICL ;
- ✓ Mise en place de la cellule de crise au niveau du MSPRH ;
- ✓ Mise en alerte des structures de santé ;
- ✓ Renforcement des mesures de surveillance épidémiologique et virologique ;
- ✓ Mise en mesures d'isolement dans les structures hospitalières pour les cas infectés.

b. Prise en charge des cas

- ✓ Mise en alerte de tous les structures hospitalières pour la prise en charge en urgent des cas confirmé ou suspect Covid-19 ;
- ✓ Les EHS en infectiologie et les services d'infectieux, de Médecine Interne et d'USI sont en alerte et prennent en charge les malades ;
- ✓ Distribution du matériel nécessaire à la prise en charge d'un patient infectée par le Covid-19 au niveau des différents services concernés.

c. Recherche des sujets contacts ou Co-exposés

- ✓ Réaliser une enquête épidémiologique par le SEMEP territorialement compétant autour de cas d'infection au Covid-19.

d. La formation

- ✓ Formation du personnel de santé : GIR... (Préparation et riposte) ;
- ✓ Formation pour les autres secteurs.

e. Information et sensibilisation de la population

- ✓ Conférences de presse bihebdomadaire pour informer de la situation sanitaire en matière d'infection au Covid-19 ;

- ✓ Réalisation d'affiche sur les conseils aux voyageurs, dépliants ;
- ✓ Mise en place d'un numéro vert le 3030 ;
- ✓ Renforcement de la communication envers les voyageurs ;
- ✓ Information et sensibilisation de la population.

f. Mesures sectorielles

- ✓ Mise en place d'une cellule de crise multisectorielle ;
- ✓ Renforcement du contrôle au niveau des frontières ;
- ✓ Restriction des voyages en direction des zones touchées de manière importante par l'épidémie ;
- ✓ Mise en alerte de la protection civile : transport des malades ;
- ✓ Mise en alerte du Ministère des affaires religieuses pour la sensibilisation de la population par le biais des mosquées.

2.2.2. Précautions standard en matière d'hygiène et de contrôle de l'environnement

Les mesures de lutte contre l'infection s'articule autour de quatre axes :

- ✓ Les mesures de protection individuelles : qui comprennent les mesures de protection du sujet malade, de son entourage et de l'équipe soignante prenant en charge le patient ;
- ✓ Les mesures de protection environnementale ;
- ✓ La désinfection de l'environnement des patients ;
- ✓ L'élimination des déchets d'une façon saine et adéquate.

a. La gestion du linge

Tout le linge utilisé pour un malade suspect ou infecté par le virus Covid-19 doit être de préférence à usage unique. Il est traité comme un DASRI et suit le circuit DASRI.

a. La gestion de la vaisselle

La vaisselle utilisée pour un cas (malade) suspect ou confirmé à virus Covid-19 doit être de préférence à usage unique et/ou doit être désinfectée à l'eau de Javel. Elle est gérée comme un DASRI et suit le circuit DASRI.

b. La gestion des déchets

La gestion des déchets doit obéir aux principes suivants :

- ✓ Tous les déchets doivent être gérés comme des DASRI et suivent le circuit DASRI ;

Chapitre II. Partie 2 : L'impact de la pandémie de Covid-19 sur la gestion de DMA.

- ✓ Les EPI sont éliminées dans la filière des DASRI avant la sortie de la chambre, sauf pour les lunettes, le masque et la coiffe qui seront retirés après la sortie de la chambre ;
- ✓ Tous les matériels jetables doivent être placés dans un container à déchets contaminés et éliminer selon la filière de DASRI ;
- ✓ Si un traitement par autoclavage est réalisé, il ne faut pas de désinfection préalable à l'eau de javel. L'autoclave portable peut être une alternative ;
- ✓ Les déchets sont collectés dans un sac jaune DASRI, ensuite incinérés le plus vite possible ;
- ✓ La traçabilité de ces sacs jusqu'à leur incinération doit être réalisée selon la procédure en vigueur dans l'établissement.

d. Mise en place d'un système de surveillance

L'objectif général de la surveillance est d'assurer une détection précoce des cas d'infection Covid-19, afin de pouvoir intervenir rapidement et interrompre la chaîne de transmission. Les objectifs spécifiques de ce système de surveillance sont :

- ✓ Recueillir, analyser les infos les plus pertinentes pour connaître les caractéristiques épidémiologiques de l'infection Covid-19, à tout moment à l'échelle de territoire national.
- ✓ Identifier les sources de contamination ;
- ✓ Rechercher l'existence de sujets ayant partagé la même exposition et/ou ayant été en contact avec la personne confirmée ;
- ✓ Détecter une transmission active du Covid-19 sur le territoire national ;
- ✓ Evaluer les actions de prévention.

2.3. Impacts majeurs de la pandémie Covid-19 sur le secteur de gestion de déchets

2.3.1. Poids de déchets et principaux enjeux de contrôle

Les véhicules transportant les déchets entrant aux CET, seront pesés en charge et à vide à leur sortie, à l'aide d'une bascule. Une tolérance quant au pesage à vide pourra être admise pour les véhicules fréquentant de façon régulière (Figure .15). Chaque véhicule entrant au CET recevra un ticket de contrôle de passage au pesage, sur ce ticket seront notés toutes les informations nécessaires (tonnage, date, nature de déchets et lieu de provenance...etc.), afin de calculer et analyser les statistiques de chaque commune séparément puis globalement.

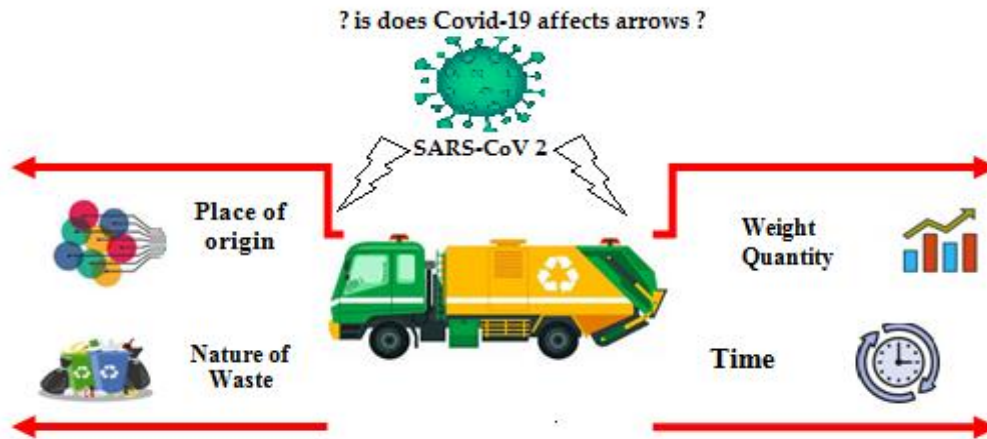


Figure 15 : Capitaux points d'impact Covid-19 sur le secteur de déchets (Mohamed et al., 2021)

2.3.2. Impact de la pandémie Covid-19 sur le secteur de gestion des DMA à Guelma

Les communes sont chargées de l'organisation et du transport des déchets ménagers. Les habitants, quant à eux, sont responsables de la pré-collecte. Les masses de déchets générés sont collectées quotidiennement afin d'éviter l'encombrement des déchets ainsi que leur dégradation sur place ; la collecte se fait, en rotation (un camion de collecte de déchets à bene équipé d'un chauffeur et de deux ouvriers effectue sa trajectoire quotidienne entre les quartiers, en passant par des points précis de collecte). Il faut également noter que le tri à la source n'est pas pratiqué dans les zones résidentielles ou commerciales de toute la zone d'étude y compris la wilaya de Guelma. Ce qui ralentis le traitement des déchets et pèse sur les délais et les coûts. Il est historiquement bien connu que le secteur de la gestion des déchets ménagers est essentiel pour prévenir la propagation des maladies. (Paleologos et al., 2018). Cette situation est d'autant plus critique dans les PED où, une gestion rationnelle des déchets ménagers ne concerne que 30 à 35 % de la population, vivant principalement dans les zones urbaines (Vaverková et al., 2020). La pandémie de coronavirus, en Algérie a modifié la quantité, la composition et le calendrier des déchets ménagers dans la plupart des régions du pays, y compris dans la ville de Guelma (Mohamed et al, 2021). Cependant, une fois la pandémie Covid-19 s'est propagée à Guelma, la répercussion a été lourde sur le système de gestion des déchets, déjà affaibli. Celui-ci, devant faire face à une augmentation des déchets générés par les ménages, ce qui poussé les municipalités à augmenter le nombre de rotation, afin d'assurer une bonne collecte. Cependant, la mesure pèse sur les ressources humaines et logistiques des municipalités, dont la plupart souffrent financièrement. En outre, le recyclage des déchets a été suspendu, à titre de mesure sanitaire. Cependant, l'arrêt du recyclage n'a pas duré longtemps et un retour a été établie avec

l'apaisement de la situation sanitaire, tandis que le tri et le recyclage dans le secteur informel n'ont pas marqué l'arrêt, étant donné que les prix du plastique ont flambé pendant la période critique (Ebner & Iacovidou, 2021).

2.3.3. Covid-19 et les risques associés aux déchets ménagers

De nombreuses études rapportent que le changement de la composition des déchets ménagers pendant la pandémie de coronavirus 2019 (Covid-19) (Mohamed et al. 2021), (Van Fan et al., 2021). Ils mentionnent la présence d'EPI (masques, gants...etc.) dans les déchets ménagers. Par conséquent, ce changement pourrait affecter la nature et la sécurité des déchets ménagers. Il est probable que la grande quantité d'EPI éliminés, quotidiennement pendant la pandémie, soit contaminée et se retrouve dans le flux des déchets ménagers, posant des risques sérieux pour la santé humaine (Kampf et al., 2020). En outre, Kampf signale que le virus SRAS-CoV-2 peut persister dans différents types de déchets, par exemple : 3 heures dans le papier, 2 jours dans les tissus et que tous les types de déchets et de matériaux biodégradables peuvent être facilement contaminés par le virus SRAS-CoV-2. Ainsi, l'élimination inappropriée des bouteilles en plastique usagées peut être une source potentielle de la propagation du virus SRAS-CoV-2, car ces bouteilles peuvent être infectées. Par conséquent, toute réutilisation augmente le risque de transmission virale (Iyer et al., 2021), (Nzediegwu et Chang, 2020). Dans ce contexte, il est essentiel de prendre les précautions nécessaires pour minimiser la propagation du virus qui peut être transmis par les déchets, en garantissant des protocoles sûrs et efficaces, pour les systèmes de gestion des déchets (Klemeš et al., 2020).

En raison de la forte ineffectivité et de la pathogénicité du SRAS-CoV-2, et par mesure de protection de la santé, le recyclage des déchets a été suspendu car les déchets peuvent contenir des déchets médicaux susceptibles de contaminer et de constituer une menace réelle de propagation du Covid-19 dans les centres de traitement des déchets et les installations de recyclage du pays (Chin et al., 2020).

De nombreuses recherches ont indiqué que le virus du SRAS-CoV-2 peut vivre et persister dans différentes sortes de déchets, par ex : 7 jours dans les bavettes, 1 jour dans le carton et 3 jours dans les récipients, comme le montre (la Figure .16). Cependant, la mesure d'arrêt du recyclage n'a pas duré longtemps et un retour a été imposé avec l'atténuation de la situation sanitaire, tandis que, le tri et le recyclage dans le secteur informel n'ont pas marqué un arrêt principalement dans les PED, où, les praticiens de ce métier, mettant leur santé, en réel danger (Ebner et Iacovidou, 2021).



Figure 16 : Persistance du virus SARS-CoV-2 sur les différentes surfaces (Chin et al., 2020), (Nghiem et al., 2020), (Suman et al., 2020).

2.3.4. Quantité de déchets dès le premier mois de confinement, (Mars 2020)

Les quantités totale des déchets produits dans les trois CET en question, dès le premier mois de confinement, (Mars, 2020) est représenté dans la (Figure.17) ci-dessous :

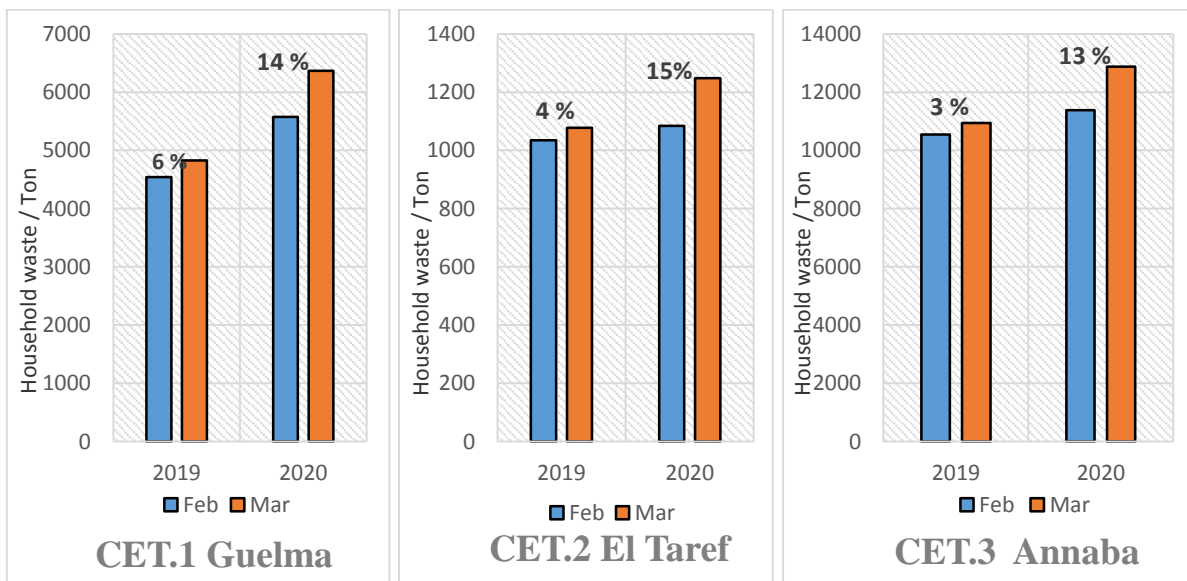


Figure 17 : Quantités de déchets produites dès le premier mois de confinement.

CET : Centre d'Enfouissement Technique

Chapitre II. Partie 2 : L'impact de la pandémie de Covid-19 sur la gestion de DMA.

Comme le montre la (Figure .17), une augmentation a été enregistrée dans les trois centres, dès le premier mois de confinement (Mars), par rapport au mois de (Février), selon le taux de population de chaque Wilaya. Toutefois, on remarque une corrélation marquante entre les taux d'augmentation qui oscillent entre : 13 et 15 % dont le CET.1 de Guelma a enregistré une augmentation de 791,28 tonne, soit 14 % d'augmentation. Tandis que, le CET.2 d'El Tarf a fait, à son tour, un taux de 164,03 tonne, soit 15 % d'augmentation et enfin le CET.3 d'Annaba qui a enregistré un taux de 1494,35 tonne, qui signifie 13 % d'augmentation. Cependant, l'année précédente (2019), on a enregistré une augmentation de seulement 6 %, 4 % et 3 % respectivement pour les trois centres d'enfouissement au cours de la même période.

2.3.5. Déchets produits pendant le confinement (de Mars à juin)

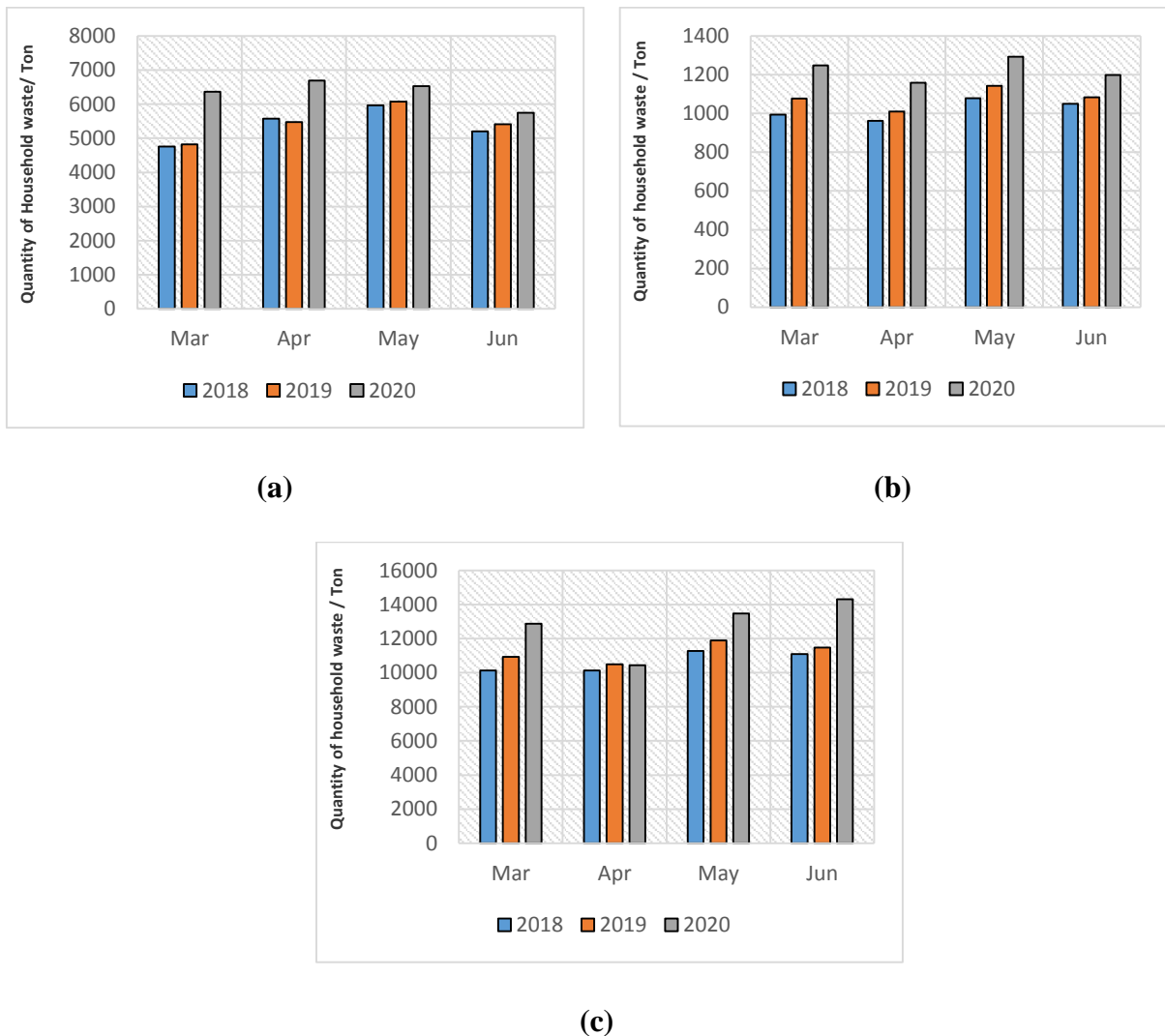


Figure 18 : La quantité de déchets ménagers produits pendant le confinement (mars à juin) 2020, par rapport à ceux de la même période des deux années précédentes (a) CET.1 de Guelma. (b) CET.2 d'El Taref. (c) CET.3 d'Annaba.

Chapitre II. Partie 2 : L'impact de la pandémie de Covid-19 sur la gestion de DMA.

Une augmentation considérable de la production des déchets ménagers enregistrés durant la période de confinement. Cela au niveau des trois centres d'enfouissement, en question, avec 3549,6 tonne soit un taux de 20 % d'augmentation dans le premier centre (CET de Guelma) par rapport à la même période de l'année précédente, contre 581,7 t, soit un taux de 11 % d'augmentation tonnes dans le deuxième centre (CET d'El Taref). Par contre le troisième centre (CET d'Annaba) a enregistré des quantités supplémentaires de 6298,03 tonne, soit un taux d'augmentation de 14 % par rapport à la même période de l'année précédente. La zone d'étude confondue a enregistré un taux de 15% d'augmentation pendant la période de confinement (Mars à Juin -2020) toujours en comparant à la même période de l'année 2019.

A l'échelle internationale, le constat de la production des déchets ménagers produits pendant le confinement paraît divergent d'un pays à l'autre, les travaux suivants précisent :

- À Singapour., la moyenne des déchets quotidiens collectés a augmenté de 3 % pendant la période du confinement, passant de 7 avril au 1^{er} juin 2020 (**Low & Koh, 2020**).
- Dans la ville de Brno, en Tchèque, une augmentation des quantités de déchets est visible lors du confinement (mars 2020), puis une baisse lorsque la mesure de confinement est levée. Or, la quantité de déchets est généralement constante entre 2019 et 2020 (**Van Fan et al., 2020**).
- À Milan (Italie) **Sarkodie et al** ont prouvé qu'avec l'instauration d'un confinement strict une diminution de la production totale de déchets a été enregistré avec 27,5 % (**Sarkodie & Owusu, 2020**).

Entre une augmentation et une baisse des quantités générées, pendant le confinement, plusieurs études ont tentées d'examiner l'impact de la pandémie du Coronavirus sur le secteur de la gestion des déchets, dont la majorité inclus la nôtre signalent une augmentation du flux de déchets ménagers. L'origine se rapport à de multiples facteurs : Les achats de panique provoqués par les médias et la situation sanitaire critique (Pendant la propagation du virus), les habitudes alimentaires et comportementales des sociétés et enfin le degré de progrès dans le domaine de la gestion des déchets dans chaque pays peuvent faire aussi la différence ...etc.

2.4. Autres implications de la pandémie de Covid -19

2.4.1. Problématique de saturation précoce des casiers

Suite au mauvais dimensionnement des volumes des casiers et la sous-estimation des quantités des déchets produites par la ville de Guelma, le casier en cours d'exploitation a atteint

Chapitre II. Partie 2 : L'impact de la pandémie de Covid-19 sur la gestion de DMA.

son point de saturation en moins de 03 ans d'exploitation seulement. Or, il devait maintenir 05 ans, comme il a été prévu par l'étude d'expertise de réalisation, en 2018. Les quantités déchets étaient estimées à 100 t/j. Alors qu'en 2020, le CET de Guelma a reçu un moyen de 191,5 t/j. (CET Guelma, 2020).

Il semblerait qu'il n'a pas été tenu en compte l'évolution des quantités de déchets qui iront être générées entre 2012 et 2020, la poussée démographique, le développement de la ville, et avec un taux de croissance de la production des déchets ménagers qui dépasse les (6 %) par an (CET Guelma, 2020). Notant que, le seul CET existant ne couvre pas l'intégralité de la Wilaya. Et les 21 communes se livrent aux décharges sauvages jusqu'à présent (2022), pour se débarrasser de leurs déchets ménagers, en provoquant un désastre écologique important.

Une telle augmentation des quantités de déchets pourrait affecter non seulement le coût de la gestion énergétiques, matérielle et personnelle ; Mais aussi, elle va également provoquer une diminution de la durée de vie potentielle des casiers d'enfouissement (Figure .19). La pression volumineuse serait encore plus critique avec l'arrêt du processus de recyclage, vu que la dangerosité infectieuses des déchets a connu un update avec le Covid-19 et elles demeurent susceptibles d'être infectieux, vu que les déchets peuvent contenir des produits médicaux tels que : les masques, les gants, les thermomètres, les désinfectants et les produits de nettoyage, les papiers hygiéniques avec les denrées alimentaires (Sarkodie & Owusu, 2020).

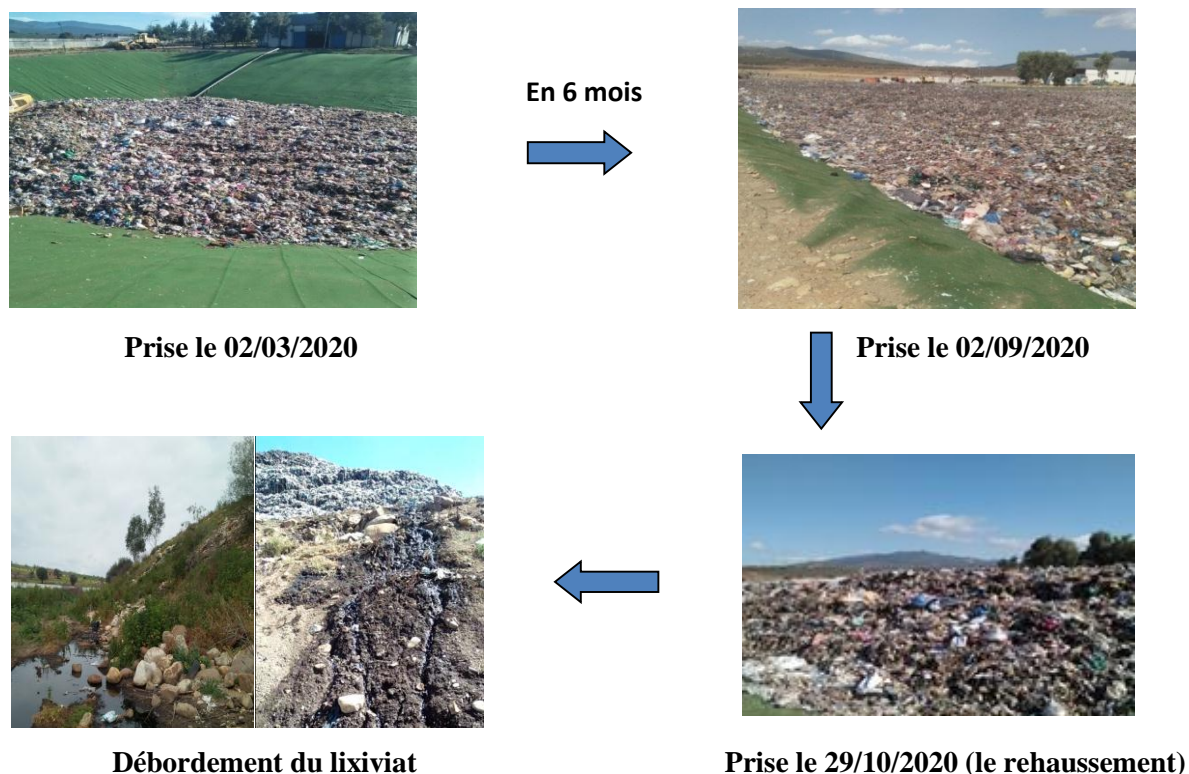


Figure 19 : La pression volumineuse des déchets sur le casier, CET Guelma (Kaizouri, 2020).

2.4.2. Le débordement des lixiviats des casiers

La surélévation successive est une mesure temporaire pour recevoir plus de quantités de déchets, une solution pour avoir un gain d'espace et de temps, mais elle va provoquer un phénomène dangereux, qui est « *le débordement des lixiviats des casiers* ». Ce qui aura un lourd impact environnemental, menaçant les ressources, puisque le lixiviat peut contenir des polluants et des contaminants, tels que des germes pathogènes (Sillet et al., 2001), outre, il peut également contenir des métaux lourds, des toxines qui induisent une microtoxicité et une phytotoxicité importantes, mettant la faune et la flore environnantes en réel danger (Smaoui & Bouzid, 2019). Et comme, le centre d'enfouissement de Guelma est construit sur une petite colline, à l'extrémité d'une terre agricole, et qui devient en par conséquent victime de cette installation. De plus, en l'absence d'un système de récupération de ces lixiviats qui débordent, le terrain agricole voisin reste le récepteur principal d'une grande charge polluante. L'effet pourrait être pesant, en affectant la santé environnementale du lieu. Un grand problème aussi, c'est que ces lixiviats en question peut atteindre Oued Seybouse à 2,5 km, or cette dernière constitue la source majeure de l'irrigation agricoles de la région de Guelma (Reggam, 2015).

2.4.3. Aperçu sur les données du recyclage, les tendances des déchets ménagers et leur impact sous quatre vagues successives de la pandémie de Covid-19, à Guelma

Certes, la propagation de la pandémie de coronavirus (Covid-19) a eu un impact important sur l'augmentation de la production des déchets ménagers surtout au début de la crise sanitaire, à point de repenser l'efficacité du système actuel de la gestion des déchets, afin d'adopter les choix stratégiques les plus appropriés. Etant donné que, la pandémie se caractérise par des vagues consécutives, ce qui pousse à s'interroger sur la tendance de la production de déchets ménagers sous ces différents vagues. Ce qui suit permet de percevoir l'état de la gestion des déchets dans la zone d'étude (Guelma), en période : pandémique, pré et post-pandémique

2.4.3.1. La couverture temporelle des données

Les données obtenues auprès du service technique du centre, portent principalement sur la quantité de déchets ménagers reçus du **01/01/2017** au **15/07/2022**, avec plus de détails à partir de février 2020 (Période d'apparition de la maladie à Coronavirus en Algérie).

2.4.3.2. Déchets ménagers produits sous quatre vagues de la pandémie de Covid-19

La quantité de déchets enfouis dans le CET Guelma, depuis la première vague jusqu'à la fin de la quatrième vague, avec les moyennes sont présentées dans le (Tableau. 5).

Tableau 5. Quantité de déchets ménagers produits sous les quatre premières vagues de coronavirus à Guelma (CET Guelma, 2022).

	Quantité	Moyen mensuel	Moyen journalier
Première vague 20/02/2020 → 31/12/2020	65814,84	6174	205,80
Deuxième vague 01/01/2021 → 02/05/2021	23906,20	5967,6	198,92
Troisième vague 03/05/2021 → 30/11/2021	41304,9	5900,7	196,69
Quatrième vague 01/12/2021 → 15/07/2022	37523,85	5772,9	192,43

Il est vraiment difficile de trouver une comparaison aussi significative avec les mêmes périodes précédentes, vu que les déchets sont produits sur des périodes inégales sur l'axe temporel et selon la durée consommée par chaque vague de la pandémie coronavirus (de 4 à 10 mois). Pour cette raison, nous essayons de suivre uniquement l'évolution de la production moyenne journalière des déchets produits lors de chaque vague séparément, et cela, pour les quatre vagues de la pandémie, comme moyen unique du suivi de l'impact sur le secteur de la gestion des déchets ménagers. Ce contrôle reste un outil très important de planification et d'aide à la décision. Lors de la première vague, qui a duré 316 jours, nous avons enregistré la plus grande quantité de déchets produits avec une moyenne de 205,80 t/j, une quantité jamais reçue auparavant. La deuxième vague n'a duré que 122 jours, pendant lesquels nous avons enregistré 198,92 t/j, ce qui signifie une légère diminution du flux de déchets ménagers par rapport à la première vague. La troisième vague a occupé plus de temps 212 jours et a produit moins de déchets avec 196,69 t/j ; la tendance continue à diminuer, par rapport aux deux vagues précédentes. Enfin, la quatrième vague a occupée 227 jours confirme l'hypothèse et la courbe continue a diminué, où, nous avons enregistré 192,43 t/j (Tableau. 5). L'augmentation de la quantité rapportée surtout dans la première vague est l'une des répercussions de la pandémie sur le secteur de la gestion des déchets a été enregistrée dans plusieurs régions du monde comme : En Tunisie, une augmentation de la production de déchets alimentaires ménagers pendant le confinement, avec une enquête, en ligne, réalisée pendant les 2 premières semaines du confinement. (Jribi et al., 2020). Au Singapour, les déchets ménagers quotidiens collectés ont augmenté de 3 % pendant la période de confinement, du 7 avril au 1er juin 2020, par rapport à mars 2020 (Low et Koh, 2020). Singapour a produit 1334 t supplémentaires de déchets plastiques (fourchettes, récipients et cuillères jetables...etc.) au cours de la période de confinement (Low et Koh, 2020). De nombreuses études expliquent que : Les fermetures et les

achats de panique provoqués par la pandémie de coronavirus ont conduit à un stockage irrationnel de la nourriture, en raison de la crainte d'une pénurie de denrées périssables sans tenir compte de leur durée de conservation, et par conséquent, cela a conduit à produire davantage de déchets (Jribi et al., 2020), (Hyun, 2020). Jibri ajoute que : la crise du coronavirus a motivé une amplification des connaissances du public sur le gaspillage alimentaire, en raison des pénuries d'approvisionnement alimentaire qui se produisent (Jribi et al., 2020). Ceci peut expliquer la diminution de la production journalière de déchets, au cours des trois vagues qui suivent la première dans laquelle elle a été enregistrée (W2 : 198,92 t/d ; W3 : 196,69 ; W4 : 192,43) comme le montre (Figure. 20). Par suite, la tendance est en repli successif, ce qui est positif pour le secteur de la gestion des déchets ménagers, en réduisant la pression sur les centres d'enfouissement technique qui souffre en grande partie de la saturation. D'une manière générale, après l'apaisement de la situation sanitaire, le retour à la vie habituelle et la levée des mesures de restriction sanitaire (la fermeture, l'arrêt des études et l'utilisation de masques et de gants), qui ont imposé un effet psychologique sur le grand public, en générant de l'anxiété, de la peur, du stress public et une surconsommation de denrées alimentaires (Q. Chen et al., 2020), (Yang et al., 2020). Par conséquent, un retour à la situation initiale, avec une diminution de la production quotidienne de déchets, a également été marqué à Guelma.

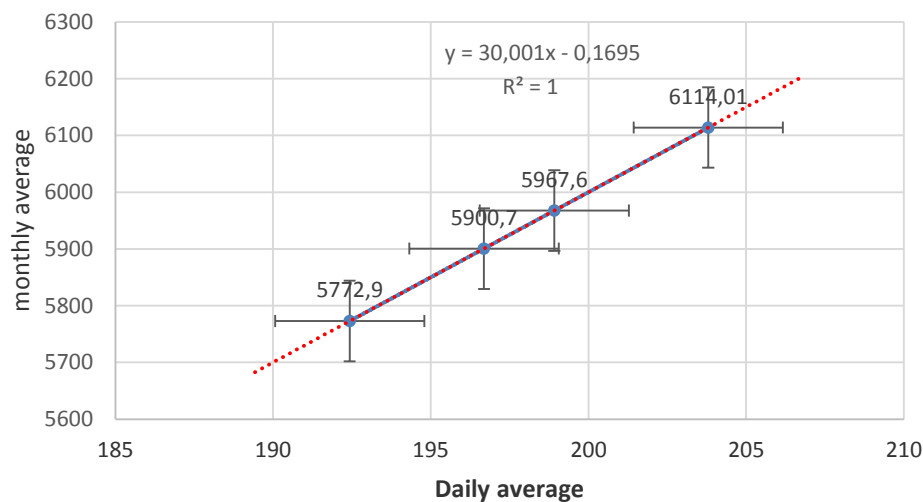


Figure 20 : Moyennes des quantités de déchets ménagers produits sous les quatre premières vagues de Covid-19, à Guelma.

2.4.3.3. Le recyclage des déchets valorisables

L'un des enjeux, les plus importants de l'économie circulaire est sans doute le recyclage, une des solutions majeures qui vise à réduire les coûts de la matière première et aussi à réduire

Chapitre II. Partie 2 : L'impact de la pandémie de Covid-19 sur la gestion de DMA.

les impacts environnementaux causés par les différents matériaux contenus dans les déchets ménagers (Plastique, Métaux,...etc.). La pandémie de Covid-19 a mis en évidence la vulnérabilité du secteur du recyclage aux chocs macroéconomiques, entre autres circonstances. (Ebner & Iacovidou, 2021). En général, la récupération des déchets valorisables se fait, directement au niveau de la cellule, ou mécaniquement au niveau des centres de tri, qui disposent de chaînes de tri et d'équipements spécialisés. En Algérie, le taux de valorisation des déchets ménagers est de l'ordre de 9,83%, toutes filières confondues. Ce taux reste relativement faible par rapport à la production annuelle de ~13,5 millions de tonnes (2020), qui pourrait dépasser les 20 millions de tonnes en 2035. Dans la ville de Guelma, la récupération en 2021 dépasse légèrement 1% auprès du secteur formel alors que le secteur informel dépasse 4% (AND, 2020). Les quantités de déchets valorisables au cours des quatre années précédentes au CET Bouguerguer, Guelma sont résumées dans la (Figure .21).

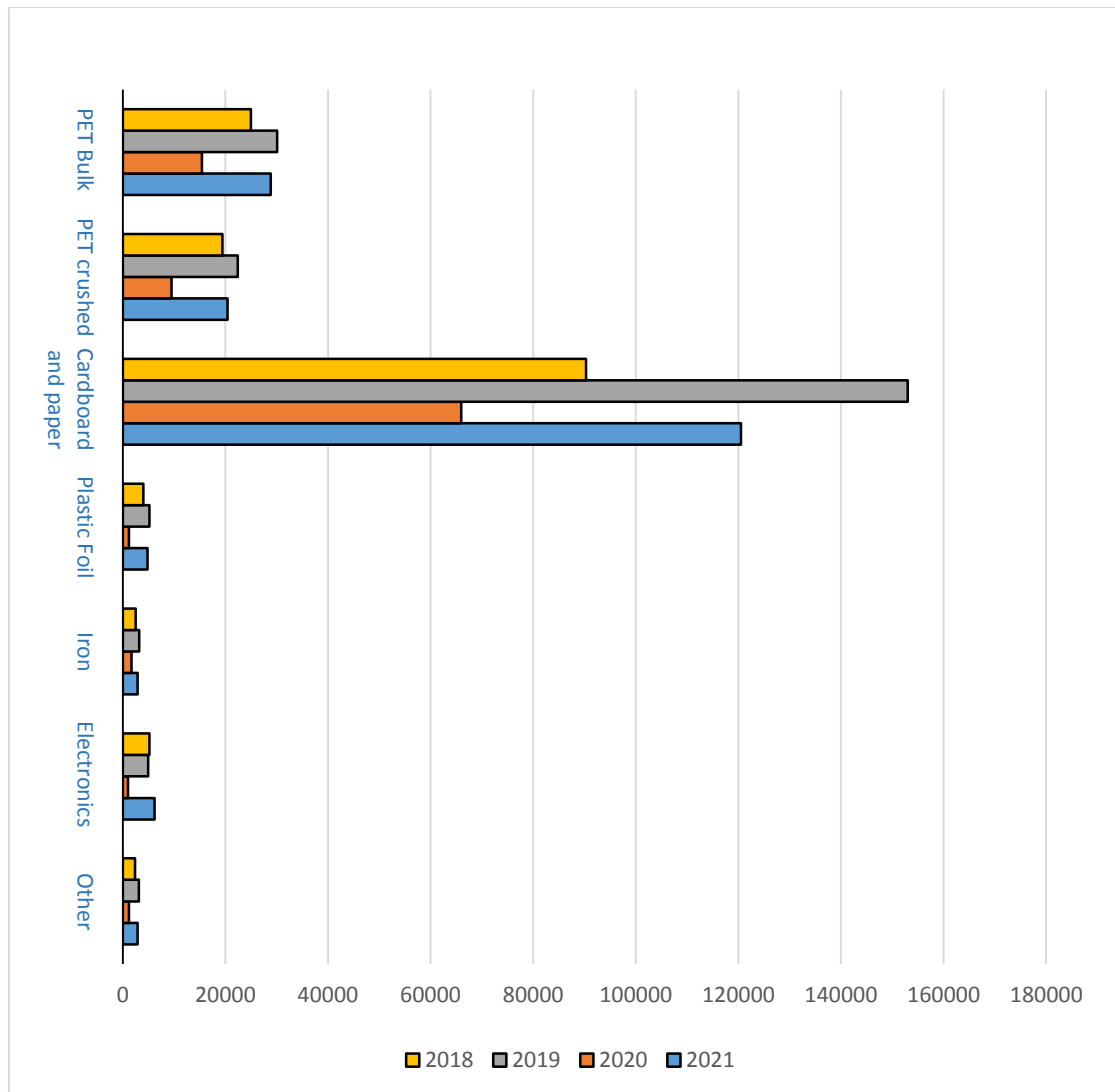


Figure 21. Quantité des recyclables déchets produite du 2018 à 2021 au CET, Guelma.

Chapitre II. Partie 2 : L'impact de la pandémie de Covid-19 sur la gestion de DMA.

Le PET en vrac (les bouteilles, les sacs, etc.). Une diminution des quantités récupérées, au cours de l'année 2020 est clairement remarquable, (qui correspond à la période critique de Covid-19), comme le montre (Figure .21). Cependant, la période pré-pandémique représentée par les années 2018 et 2019 a enregistré une quantité importante avec 24960 et 30126 kg respectivement, où, une augmentation de 21% a été marquée, suivant ce rythme d'augmentation et avec une quantité réalisée en 2020 (le pic de la pandémie) de 15456 kg. Une perte de 20996,46 kg a été manquée, soit 58% de la quantité estimée (hors pandémie). Un apaisement avec le retour du recyclage, où le centre a réalisé 28845 kg, ont marqué l'an 2021.

Pour le carton et le papier qui sont les matériaux les plus récupérés dans le centre, en question. En outre, comme le montre la (Figure. 21), les quantités récupérées au cours des années 2018 et 2019, qui correspondent à la période pré-pandémique ont été 90 315 et 153 000 kg respectivement, où, une augmentation de 69% a été marquée. La période pandémique (2020) une diminution massive a été enregistrée, réalisant seulement 66 000 kg, avec cette quantité et selon le taux précédent, nous pouvons estimer une perte de 192570 kg, soit 75% de la quantité estimée (hors pandémie). L'année 2021 a été marquée par le retour du recyclage, où, le centre a réalisé 120500 kg. La même tendance et les mêmes remarques caractérisent les autres produits (Plastique, PVC, Fer, Aluminium, PEHD et Caoutchouc), avec une fluctuation importante durant la période pré-pandémique (2018-2019). Puis, une diminution du flux quantitative durant la période pandémique (2020), et un retour de nouveau en (2021), si on peut l'apostropher durant la période post-pandémique. En termes d'impact environnemental, le recyclage amortit l'impact et améliore la durabilité des systèmes de gestion des déchets. (**Amin et al., 2022**), (**D. M.-C. Chen et al , 2020**) ; Comme cela permet un gain d'espace et d'espèces.

Dans notre cas, en termes d'impact environnemental ou sur le système de gestion, l'année 2020 (pendant la pandémie de Covid-19) étaient un moment critique, où le recyclage est interrompu. Le recyclage est considéré comme la meilleure solution, tandis que, l'incinération est considérée comme la deuxième meilleure technologie (**Roy et al., 2021**). Il est à noter qu'il n'existe pas d'infrastructures adéquates de gestion des déchets spécialisées dans le recyclage, notamment pour les déchets organiques (compostage) et que tout traitement se fait par élimination dans des casiers d'enfouissement. La stratégie de gestion des déchets en Algérie, à l'horizon 2035, fixe comme objectif d'atteindre un taux de recyclage supérieur à 50% des déchets ménagers et assimilés (Séparer les déchets organiques propres des déchets recyclables secs) (**Ghennam, 2020**).

2.5. Conclusion

En mai 2020, un tiers de la population mondiale est sous le confinement à cause du coronavirus. Une nouvelle maladie à coronavirus, officiellement nommée Covid-19 par l'OMS a provoqué une pandémie, avec des changements dramatiques dans de nombreux domaines de la vie humaine (**Ramteke & Sahu, 2020**). Cette étude soulève des préoccupations importantes sur les défis émergents dans le secteur de la gestion des déchets ménagers, en raison de cette pandémie de coronavirus, dans le nord-est de l'Algérie. Où, la pandémie a laissé d'énormes séquelles dans le domaine de la gestion des DMA, accélérant surtout, la saturation des casiers d'enfouissements entre autres problèmes techniques, financiers et surtout environnementaux. Des données précises relatives à la gestion des DMA constituent la clé principale dans la planification et la prise de décision, en particulier pendant les crises sanitaires.

La présente étude s'est faite au niveau du Nord-Est Algérien, focalisant sur trois centres d'enfouissement des déchets implanté au niveau de (Annaba, Guelma et El Tarf). Les résultats divulguent une augmentation quantitative considérable des flux de déchets, pendant le premier confinement instauré par les directives du pays (Mars, Avril et Mai, 2020). Où, cette augmentation de déchets est dû principalement aux : achats de panique, stockage irrationnel des aliments et de l'augmentation de la consommation alimentaire ménagers.

Un changement dans la dangerosité des déchets ménagers du fait que le virus de corona peut persister dans le plastique, les métaux et le carton, pendant quelques heures voire quelques jours (**Kampf et al., 2020**), surtout, au cours de l'année 2020 où, la pandémie de coronavirus a marqué son apogée. La situation a impliqué l'arrêt du processus de récupération et du recyclage du fait que la santé des travailleurs impliqués dans la manipulation directe des déchets est risquée. Ce qui nous a permis de dire que, la pandémie à affecter le concept de la durabilité. Le recyclage ressouffle de nouveau, pendant l'an 2021 avec l'apaisement de la situation sanitaire.

Finalement et contrairement au recherches traitant l'équation (Covid-19 / déchets), cette étude focalise sur un nouveau détail qui est le suivi des flux quantitatifs des déchets pendant chaque vague séparément, Ce qui nous a permis de déterminer la tendance de la production des déchets ménagers. Ainsi, l'étude démontre et/ou dévoile une diminution successivement vague après l'autre et un retour à l'état productive initial (pré-pandémique) sera proche. En effet, cela permet d'amortir l'impact sur le secteur de la gestion des déchets (déjà affaiblie) d'une part et sur l'environnement d'une autre, Cela marque ainsi un retour significatif à la durabilité.

Chapitre II. Partie 2 : L'impact de la pandémie de Covid-19 sur la gestion de DMA.

La prévalence de la pandémie Covid-19 et la potentialité que d'autres pandémies inconnues à l'avenir, sont pareillement convenues comme une menace sérieuse pour la santé publique, et au risque que le scénario de la crise de gestion de déchets sera récidive. Toutes, les stratégies de lutte à court et à long terme proposent et incitent, dans l'ordre de priorité dans la hiérarchie de la gestion des déchets ménagers : la réutilisation et le recyclage, donc s'efforcer de soutenir et de mettre en œuvre l'économie circulaire, qui paraît l'une des stratégies de base qui peuvent créer une stabilité relative dans la gestion de déchets et pour l'industrie et le marché recyclage aussi (**Mahyari et al., 2022**).

Une évaluation complète de la production de déchets, tenant en compte d'autres régions du pays, ou même des études de coopération l'échelle international focalisons sur la même équation permettre d'aller à une compréhension, plus concluante, pour une meilleure gestion du secteur des déchets en temps pandémique. C'est l'occasion même de revoir et de réexaminer le système de gestion des déchets ménagers (DMA) actuel qui a prouvé son échec, cela à l'échelle inter/nationale afin de mieux gérer des futures crises similaires possibles.

Chapitre III

**La caractérisation physico-chimique des
lixiviats.**

1. Introduction

La gestion et l'élimination des déchets ménagers pose un problème voire un défi environnementale majeur, dans le monde entier et se complique d'avantages dans les PED. Les pratiques de mise en décharge des ordures ménagères entraînent généralement la production des lixiviats dont les conséquences sont affreux pour l'environnement (**Khattabi, 2001**). Ces lixiviats produite, constituent un grand vecteur de la charge polluante et rentre dans la même catégorie que les eaux usées communales et industrielles (**Kitambala & Phuku, 2018**).

Les lixiviats sont des eaux usées complexes produite de la percolation de l'eau de pluie à travers la masse des déchets enfouis dans les casiers d'enfouissement et/ou les décharges sauvages. Où, elle résulte également de processus biologiques, physiques et chimiques ayant lieu au sein de la décharge (**El Bada et al., 2010**).

La composition des lixiviats (caractère physico-chimique et microbiologique), révèle notamment, de grandes valeurs qui est spécifique à chaque décharge. En effet, elle dépend principalement de plusieurs facteurs : la nature de la décharge (sauvages, contrôlées,...etc.), l'âge de la décharge, le type de déchets, leur degré de décomposition, la méthode de mise en décharge, la nature du site d'enfouissement et les conditions climatiques (précipitations, température) (**Bennama et al., 2010**), (**Adam & Vasel, 1997**). L'examen de la fluctuation des paramètres physico-chimiques des lixiviats dans le temps reflète des informations importantes, sur l'évolution de la dégradation des déchets voire l'âge de la décharge. Les résultats sont utilisés comme outil d'aide à la décision en matière de gestion (**Belle, 2008**).

Une fois enfouis, le massif du déchet, rentre en phase de dégradation et des réactions biologiques et physico-chimiques se déclenchent causé surtout, par les microorganismes. Cette dégradation est évolutif et prolonge durant toute la phase d'exploitation et même après l'arrêt des dépôts et la mise en place d'une couverture finale (**Kjeldsen et al., 2002**). L'eau des précipitations s'y infiltre et il résulte des lixiviats et du biogaz chargés de multiples substances minérales et organiques. Le rejet des lixiviat à l'état brut sans traitement adéquate peut affecter la santé environnementale en contaminant les sols, les eaux de surface voire la nappe phréatique et par conséquent va menacer la santé humaine (**Chiguer et al., 2016**) , (**Mohammedi, 2016**).

Le centre d'enfouissement, en question, comprend deux casiers dotés de caractéristiques morphologiques et conceptuelles différentes. Cependant, leur implantation sur le même site permet de s'affranchir des variabilités liées aux paramètres environnementaux, notamment les

conditions météorologiques et climatiques. Le suivi de la qualité des lixiviats du centre d'enfouissement technique, Bouguerguer- Guelma a été réalisé sur une période de douze mois (durant l'an 2020) permet d'apprécier l'évolution de la dégradation des déchets enfouis.

En Algérie, Il n'existe plus de données disponibles sur la production et la caractérisation de lixiviats en conditions réelles sur de longues périodes parce que : les préoccupations et la mise en place des centres d'enfouissement technique se date récemment (Bouguerguer en 2012). Notant aussi, que très peu d'études dans le même volet existe à l'échelle international, sur ce suivi de la caractérisation des lixiviats, à long terme (**Kylefors, 2002**).

Le centre d'enfouissement technique de Bouguerguer-Guelma est bâti sur l'ancien décharge appelé aussi Bouguerguer, dont il porte son nom, il vient donc, remplacer une décharge sauvage. Son exploitation a commencé le 01 janvier 2012. C'est le seule centre d'enfouissement dans la wilaya de Guelma, dont il accueille seulement les déchets ménagers de 13 communes conventionnées avec et les 21 communes restantes se refaire à la décharge sauvages pour se débarrasser de leurs déchets. Notant, qu'il a reçu les trois dernières années (2019-2021) : 207909,61 t de déchets ménagers (**CET Guelma, 2021**).

L'objectif de cette étude est d'évaluer la charge polluante des lixiviats, en effectuant, une caractérisation physico-chimique, pendant une année entière (durant l'an 2020) des lixiviats produite au niveau du centre d'enfouissement technique, Bouguerguer, Guelma ; A travers ces données, on peut estimer le degré de maturation des déchets enfouis dans cette décharge. Tout en essayant, d'apporter la première contribution scientifique qui traite l'endroit et qui pourrait être référence pour des recherches postérieures. Autrement, afin d'estimer les risques d'impact environnemental possible que présentent ces lixiviats sur la qualité des eaux de surface (Oued Seybouse) qui sera traiter entièrement dans le chapitre suivant.

2. Matériels et Méthodes

2.1. Site d'étude

2.1.1. Le CET Bouguerguer- Guelma (démonstration géographique)

Le Centre d'Enfouissement Technique (CET) est implanté au niveau de Bouguerguer, à 05 Km au nord-est du chef-lieu de la ville de Guelma. Il reçoit les déchets ménagers de 13 communes. L'accès au site se fait par une route communale asphaltée, en bon état. Les abords de ce chemin son jonchés de part et d'autre de quelque déchets. Le centre lui-même est bien clôturé en dur avec une zone d'accueil parfaitement ordonnée verte est propre.

À l'entrée, on trouve le bâtiment d'accueil (l'administration) et le pont-bascule qui sont fonctionnels. La zone d'exploitation est constituée de deux casiers. Le premier casier arrive à bord, mais présente un potentiel d'optimisation en montant encore de quelque mètre vers le haut (le rehaussement). Le compactage et le recouvrement semblent être faits assez correctement et des efforts ont été entrepris, dans la collecte du biogaz (puits de dégazage réalisé au fur et à mesure de l'exploitation), les lixiviats constitue aussi un souci majeur, où, un réseau de collecte est installé.

Le deuxième casier a été réalisé sur le site de l'ancienne décharge, par conséquent, la terre excavée est contaminée par les anciens déchets et un dégagement d'odeur notable sur le site se fait sentir. Les deux bassins de lixiviats sont saturés, avec une difficulté de les accédés. La contamination du cours d'eau séparant la zone des bassins du reste du site et plus que probable des mesures de réhabilitation sont prévue par la DEW et le site a bénéficié du programme d'acquisition des stations de traitement de lixiviats par le ministère. Le hangar de tri est grand et fonctionnel, le site est doté de toutes les infrastructures nécessaire pour une gestion autonome (station d'essence, puits de contrôle d'infiltration).

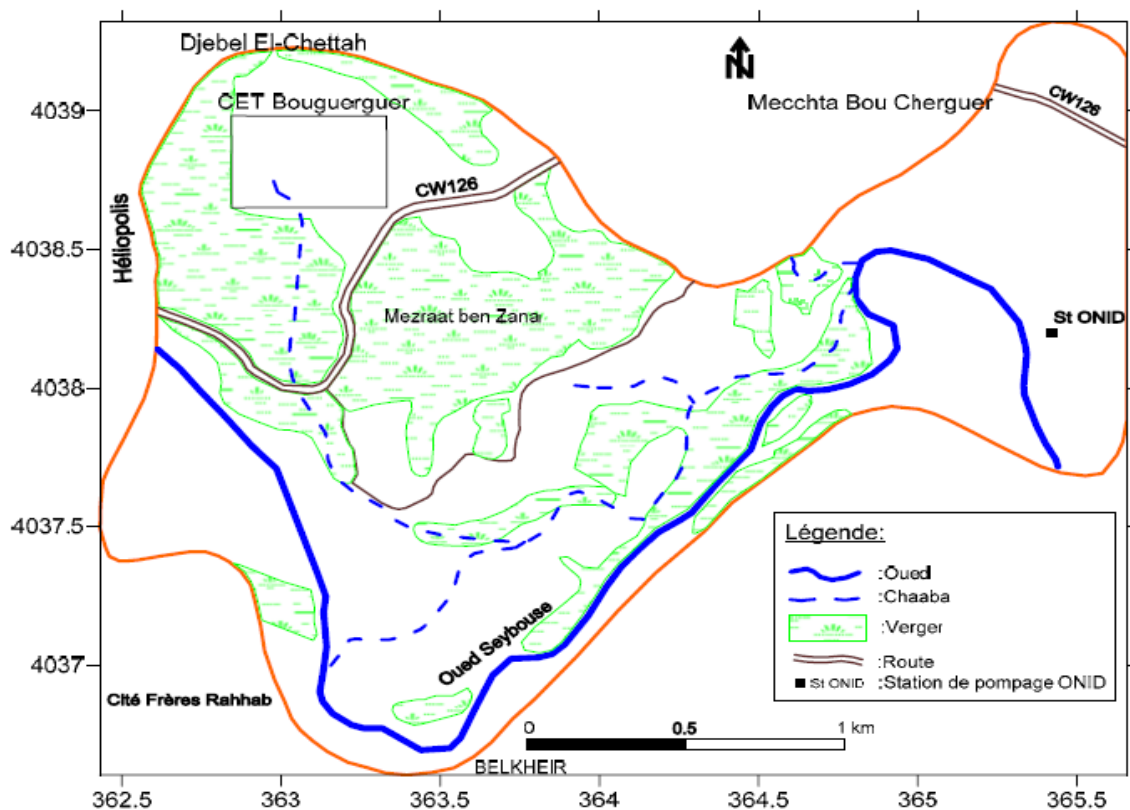


Figure 1 : Carte de Situation du Centre d'enfouissement technique de Bouguerguer-Guelma (Boulahia & Walid, 2018).

2.1.2. Hydrogéologie locale

Le site est implanté dans une petite colline, à bord de la plaine de Guelma, cette dernière est sillonnée par l’oued Seybouse d’Ouest en Est, depuis Medjez Ammar jusqu’à Nador. C’est une zone d’effondrement comblée par des dépôts miocènes (argiles et marnes à gypse) et quaternaires (alluvions hétérogènes sous forme de terrasses). Ces alluvions sont perméables et sont alimentés par les eaux d’infiltrations des pluies et les apports latéraux du bassin versant de l’oued Seybouse. Elle est constituée de trois terrasses distinctes (basses, moyennes et hautes). Dans le site même, les alluvions argilo-limoneuse du pliocène récent constituant la surface du sol du centre d’enfouissement de Bouguerguer sont perméables, elles ont une porosité d’interstices et constituent dans le périmètre étudié, une nappe aquifère dont l’écoulement semble être d’Est en Ouest, en direction de la chaaba (Figure. 2). Celle-ci renferme un chenal qui draine les eaux de la nappe vers l’aval ,en direction de la peine de Guelma et aboutit à Oued Seybouse (Boulahia & Walid, 2018).

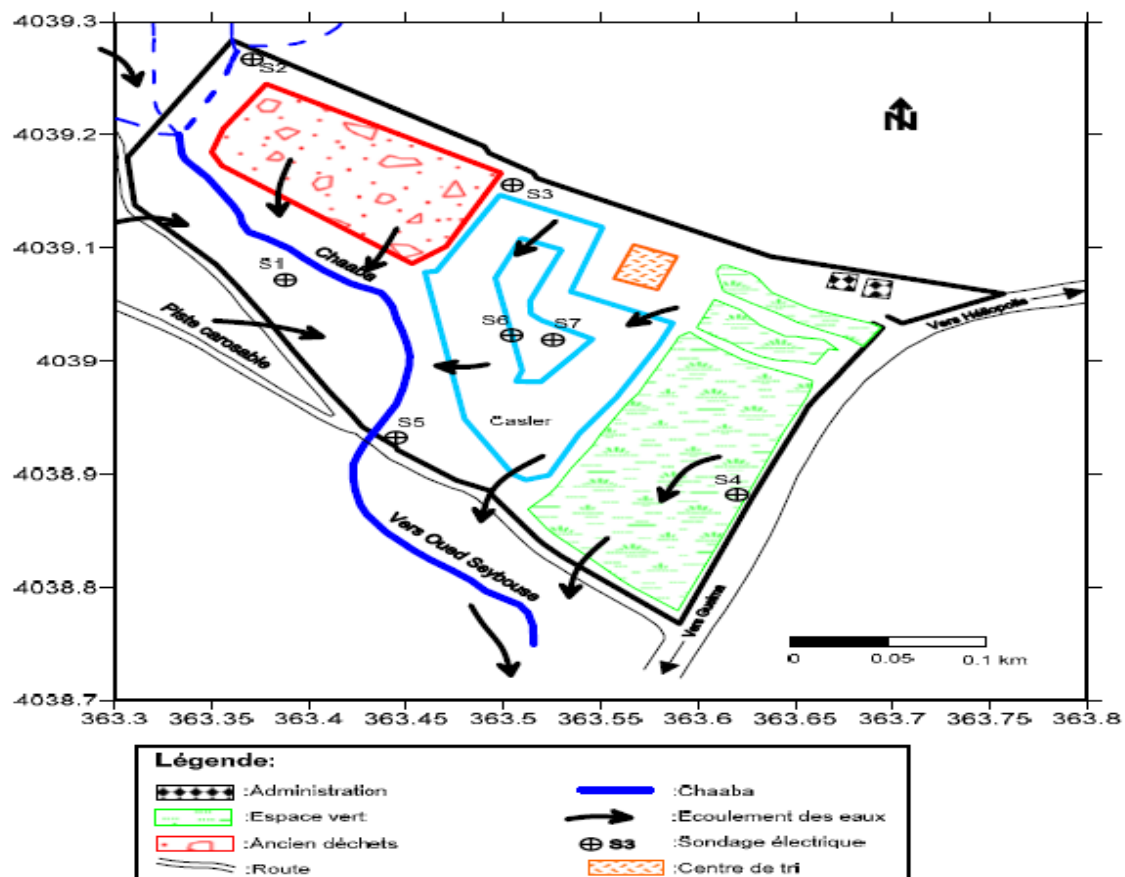


Figure 2 : Carte hydrogéologique du Centre d’enfouissement technique de Bouguerguer-Guelma. (Boulahia & Walid, 2018).

D'après une étude menée par le bureau d'étude AQUA-SOL, pour la réalisation du sondage électrique, ils ont pu noter, l'existence de deux puits peu profond, le premier estimé de 4 m de profondeur et avec un niveau statique est de 0,5 m et le second de 2,5 m avec un niveau statique de 1,4 m. La protection de cette petite nappe perchée est particulièrement importante, car les lixiviats chargés de polluants organiques, minéraux et métalliques alimente la nappe. Or que, ces nappes aquifères sont exploitées pour l'irrigation et l'alimentation, en eau potable (Boulahia & Lamrous, 2018).

2.1.3. Cadre climatologique

Le climat est un facteur abiotique très important qui cadre l'étude typologie et fonctionnelle d'un milieu donné. Il influence non seulement la dégradation des déchets (Al Ashoor, 2016), mais il agit aussi, sur le cycle des eaux et la distribution des éléments dans l'environnement. Donc, on ne peut plus s'en passer du cadre climatologique dans une étude d'impact environnementale. Pour la zone étude, les caractéristiques climatiques (température, précipitation, etc.) sont obtenues à partir des données de la station météorologique (Belkhir-Guelma) dont ses principales coordonnées sont indiquées dans le (Tableau.1), ci-dessous :

Tableau 1 : Coordonnées et périodes d'observation (Station Belkhir, 2020),(Reggam, 2015)

Station	Coordonnées		Altitude (m)	Période d'observations
	Longitude	latitude		
Guelma (Belkhir)	07°28'E	36°28'N	227	1988-2020

2.1.3.1. La Température

La température figure parmi les facteurs climatiques les plus importants, car elle agit directement sur le processus d'évapotranspiration des eaux et donc elle agit directement sur l'écoulement saisonnier et annuel (Bambara et al., 2013). La température est liée au régime thermique saisonnier, de chaque zone et elle dépend de plusieurs facteurs : l'altitude, le sol, la présence des plateaux d'eau (les mers, les lacs) et la végétation présente (les végétaux amortissant les variations de températures). Les données de températures disponibles, auprès de la station météorologique de Belkhir, Guelma sont des moyennes mensuelles mesurées sur une période de 33 ans. Ces valeurs sont présenté (tableau 2, Figure 3).

Tableau 2 : Températures moyennes mensuelles de la station de Guelma (1988 - 2020).

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
T(°C)	9,81	10,20	12,41	14,95	19,89	24,21	27,92	28,01	23,86	20,11	14,57	11,09

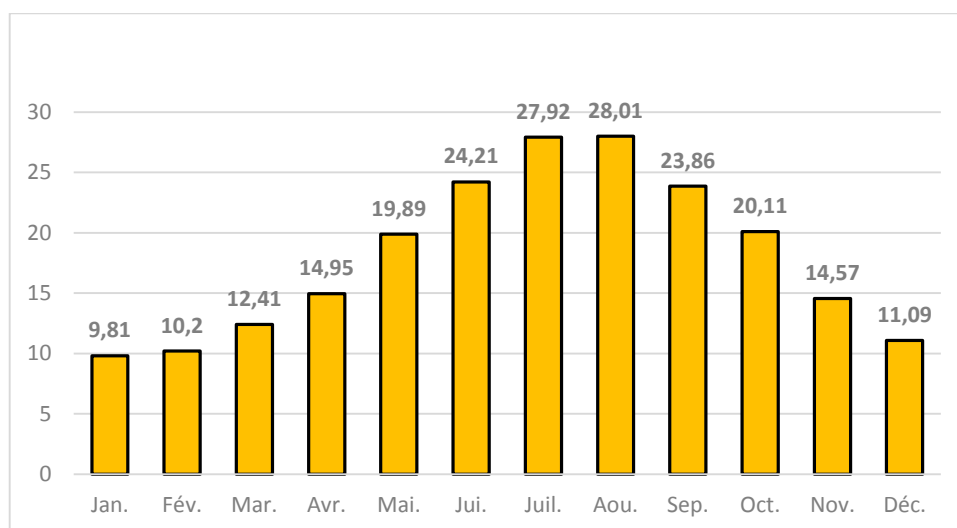


Figure 3 : Températures moyennes mensuelles, Station de Belkhir (la période 1988/2020).

Les températures sont variables d'une saison à l'autre voire d'un mois à l'autre, les plus fortes valeurs sont enregistrées aux mois de juin, juillet et août avec un pic au mois d'août (28,01°C), tandis que les plus faibles caractérisent les mois de janvier et février où la plus basse température celle du mois de janvier avec (9,81 °C). La moyenne du semestre des mois froids (Novembre- Avril) est 12,17 °C, alors que pour le semestre chauds (Mai-Octobre) est 24,00 °C. Alors que, la température moyenne annuelle enregistrée est de 18,09 C°.

2.1.3.2. Précipitations

Le bilan hydrique de chaque pays ou région est capitale, voire critique, parce qu'il hypothèque plusieurs secteurs (agriculture, industrie...etc.). Les précipitations sont donc un élément très important, étant donné qu'elles reflètent la circulation des eaux de surface et même souterraines (le cycle d'eau). Ainsi, chaque étude climatologique sollicite un examen bien détaillé des précipitations, car c'est le facteur qui conditionne l'écoulement saisonnier des cours d'eaux. Les données pluviométriques enregistrés auprès de la station de météorologique de Belkhir, Guelma sont des valeurs moyennes mensuelles mesurées sur une période de 33 ans. Ces valeurs sont récapitulées et présentés dans (Tableau 4, Figure 3).

Tableau 3 : Précipitations moyennes mensuelles, station de Guelma (la période 1988/2020).

Mois	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Aou.
P(mm)	50,03	42,20	72,23	76,95	100,05	72,21	65,92	68,87	45,48	15,98	3,97	17,23

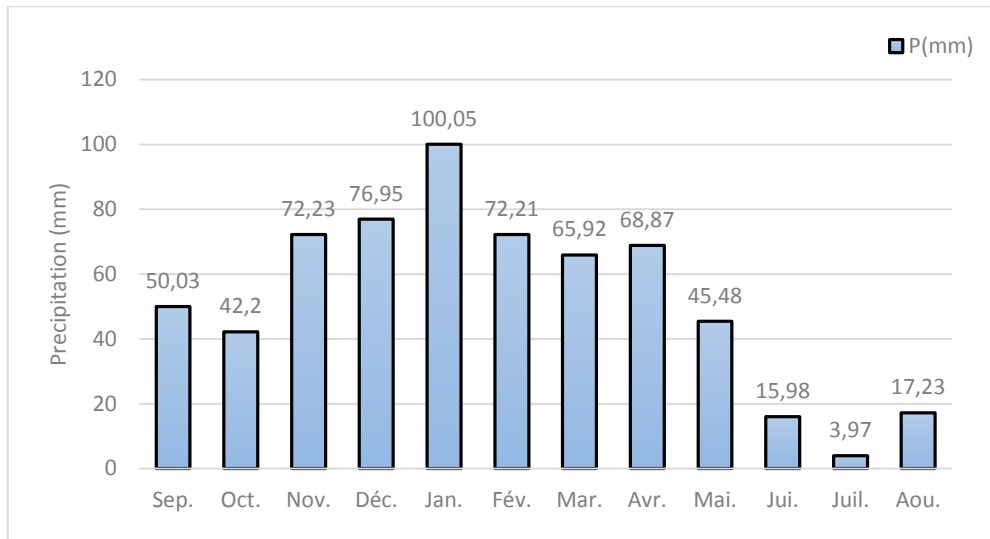


Figure 4 : Précipitations moyennes mensuelles, station de Belkhir (la période 1988/2020).

Les précipitations sont variables. La saison humide (Novembre- Avril) se caractérise par des teneurs importants où, la plus forte valeur des précipitations est marquée au mois de janvier avec 100,05 mm, tandis que la plus faible caractérise le mois de juillet avec 3,97 mm, en plein saison estivale. Le cumule de la précipitation moyenne annuelle enregistrée est de 631,12 mm.

2.1.3.3. Relation température et précipitation

2.1.3.3.1. L'indice d'aridité

L'indice de l'aridité est un indicateur quantitatif du degré du manque d'eau présente dans un endroit donné (Ghodbane & Berrached, 2020). Le calcul de cet indice (A) par la formule de DE MARTONNE qui se fait comme suit :

$$\text{Indice d'aridité : } I = P/T + 10$$

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

T : température moyenne annuelle (C°).

Si : I est compris entre

- 5-10 : milieu très sec.
- 10-20 : milieu semi-aride.
- 20-30 : milieu tempéré.

Pour notre cas, P= 618,64 mm et T= 17,83 °C

$$I = 631,12 / 18,09 + 10$$

$$I = 22,47$$

L'indice de DE MARTONNE, de la zone cible est de 22,47 ce qui traduit *un milieu tempéré*.

2.1.3.3.2. Diagramme pluvio-thermique

Le diagramme pluvio-thermique de Gausсен illustre et détermine la période sèche et la période humide relative à une région donnée, où les précipitations (P) et les températures (T) sont étalés sur les douze mois de l'année, et sont ordonnées l'échelle de la précipitation soit le double de celle des températures ($P=2T$) [120/60]. Le diagramme pluvio-thermique (Gausсен) a été établi à partir des valeurs de la température et la précipitation moyenne mensuelle pour la période (1988-2020), obtenu auprès de la station de Belkhir, Guelma. (Tableau.1).

On peut clairement distinguer deux saisons à partir de ce diagramme (Figure.5).

- ✓ Du mois d'octobre jusqu'à la fin d'avril, une saison humide.
- ✓ Du mois de mai jusqu'à de mois d'août, une saison sèche et chaude.

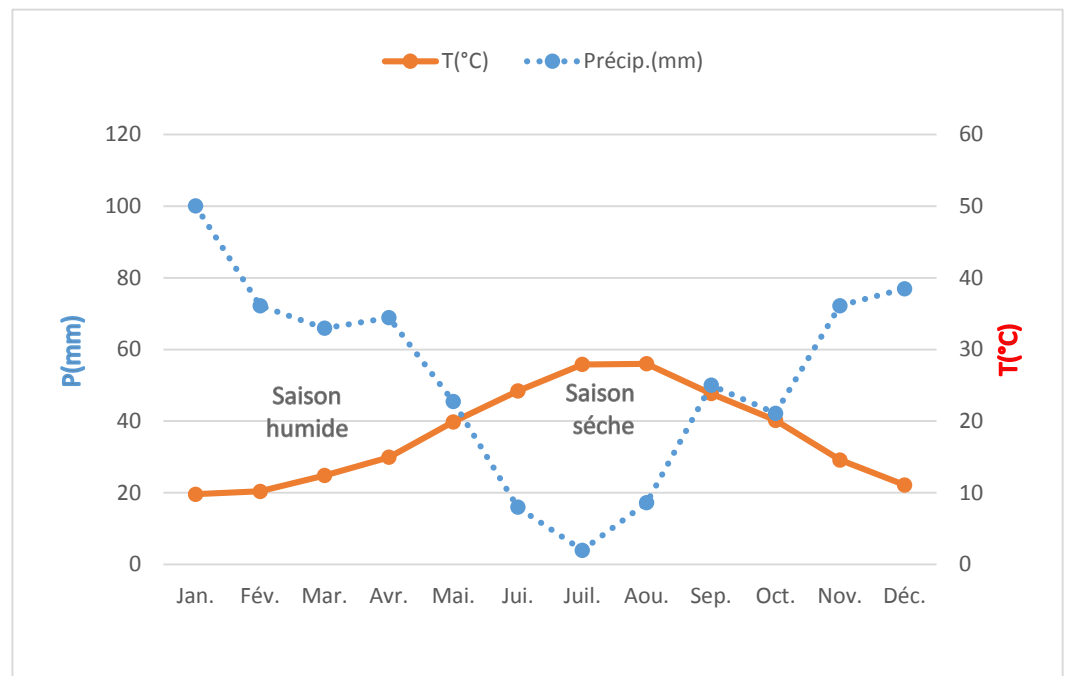


Figure 5 : Régime pluvio-thermique de la région de Guelma (1988-2020) (Station Belkhir).

2.2. Les lixiviats mise en évidence



Figure 6 : Casier sujet de prélèvement du CET Bouguerguer, Guelma (Kaizouri, 2020).

2.2.1. La gestion et le réseau de collecte des lixiviats

La production des lixiviats au sein d'une décharge est permanente, ce qui implique une surveillance vigilante, d'où la gestion des lixiviats consiste à garantir la collecte, le stockage et le traitement de ces lixiviats. Dans le cas du centre d'enfouissement technique de Bouguerguer-Guelma, les lixiviats sont actuellement stockés dans deux bassins sans être traités (Figure. 6), (il existe une station d'épuration doté par la technique osmose inverse actuellement n'est pas mise en marche). Notant que l'évacuation des lixiviats vers les bassins de stockage peut s'effectuer de deux manières :

- ✓ Par le pompage avec les pompes immergées en utilisant de l'énergie.
- ✓ Par la gravité simplement (réseaux de collecteurs) si les clauses techniques permettent.

La décharge de Bouguerguer produit environ 2500 m³ de lixiviats mensuellement qui sont pompés vers les deux bassins de stockage (CET Guelma, 2020). Une quantité aussi importante qui reflète la pression exercée par le flux des quantités des déchets rentrant au centre d'enfouissement Bouguerguer-Guelma. Ceux qui engendrent de nombreux problèmes, que ce soit dans la gestion des déchets ou dans la gestion des lixiviats. Parmi les embarras les plus rencontrés au niveau de notre décharge, en additionnant aux pannes techniques des engins et des pompes, on enregistre :

- ✓ Du fait, des quantités de déchets énormes reçus chaque jour, les deux casiers sont remplis et même la pratique du rehaussement successive atteint presque sa limite ;
- ✓ Cette quantité de déchets reçus a provoqué la production de quantités énormes de lixiviats malgré l'implantation des regards pour la collecte de lixiviats et un réseau de drainage des eaux pluviales ;
- ✓ Le plus grand problème rencontré c'est le débordement des lixiviats produite, signalé dans plusieurs points du premier casier de stockage de déchets en plus l'existence de plusieurs points de fuite due aux accidents de la membrane causée peut être par les objets tranchants contenus dans les déchets ménagers et assimilées enfuis ;
- ✓ L'imperfection du système de lagunage, où les quantités de lixiviats pompées vers les bassins provoquent le débordement du bassin même, et atteint l'environnement proche et lointain, chose qui nous permet de remise en question sa construction avec ce volume.

2.2.2. Les quantités de lixiviats produite

Les quantités de lixiviats produites au sein du centre d'enfouissement technique durant les quatre dernières années sont présentées dans le (Tableau. 4), les quantités sont exprimées en m³. Il est à signaler aussi, qu'un volume important de lixiviats débordent hors canalisation de captage des lixiviats.

Tableau 4 : Quantité de lixiviats produites mensuellement durant les quatre dernières années (m³).

	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Total
2017	4562,7	2316,2	1634,1	2394,6	1169,3	1981,3	2096,6	1890,6	2615	3430,6	3717,28	4728,6	32536,88
2018	4231,2	3952,5	3289,4	2836,5	1828,6	1745,6	1536,5	1208,5	1914	2925,7	3029,03	3306	31803,53
2019	5032,2	5160,3	4644,2	3637,8	2143,7	3023,2	4038,8	3012,8	4147	1254,4	1263,36	1187,2	44344,96
2020	1028,2	1075,2	1612,8	1007,2	1243,2	1366,4	971,2	847	1008	2822,4	4032,1	3520,4	20534,1

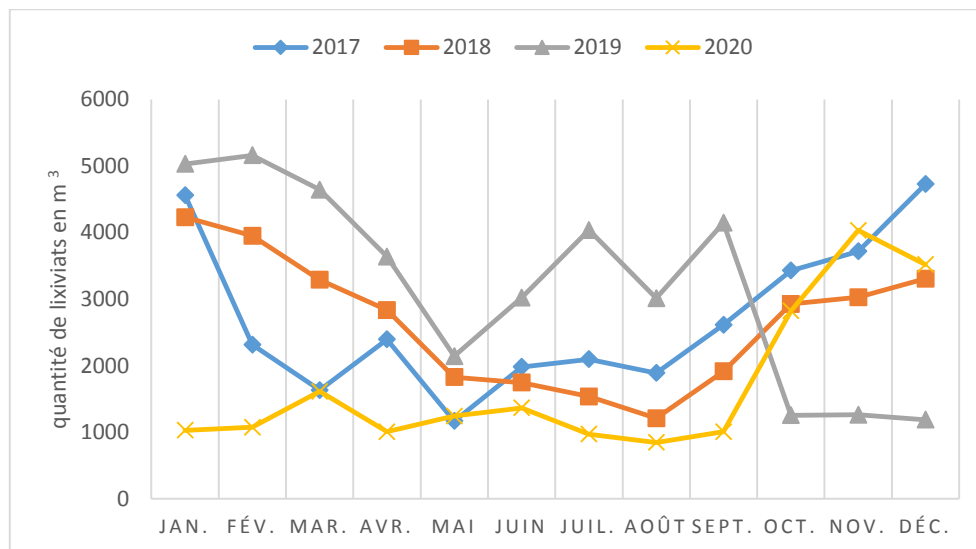


Figure 7 : Quantité de lixiviats produite au CET Bouguerguer Guelma (la période 2017-2020).

Le graphique ci-dessus, présente les quantités brutes des lixiviats produite au niveau du centre d'enfouissement technique de Bouguerguer-Guelma, durant la période de 2017-2020. On constate, tout d'abord, que la production n'est plus stable durant la période, en question (interannuelle) et même au cours de chaque année (intra-annuelle) où, la production enregistre une fluctuation marquante, elle diminue en saison sèche et s'accroît ou augmente en saison pluvieuse, cela prouve que la production des lixiviats est en rapport directe avec la pluviométrie.

L'année 2019 a marqué le record avec 44344,96 m³, en corrélation avec cette quantité, la même année enregistre une grande précipitation pendant cette période et atteignant les 688,3 mm. Tandis que, les années 2017 et 2018 enregistrent 32536,88 et 31803,53 m³, avec une précipitation de 508,6 et 598,5 mm respectivement. Enfin, l'an 2020 enregistre une diminution marquante de la production des lixiviats où, elle a enregistré 20534,1 m³ seulement. Cette diminution peut être expliquée par la cessation d'enfouir les déchets car le casier est rempli et atteint sa limite de réception en plus de débordement incontrôlable.

2.2.3. Le traitement des lixiviats

La récupération des lixiviats de l'intérieur des casiers grâce à des canalisations, qui elles-mêmes sont connectées à des regards et aux bassins de lagunage. Le traitement des lixiviats se fera par lagune naturelle dont le stockage se fera dans les deux bassins aménagés en partie comme les casiers (talus 1/3, étanchéité par de l'argile et de la géo membrane en PEHD 2 mm...). La méthode reste inefficace (surtout en temps pluvieux) où, les lixiviats débordent et atteignent les bassins hydrauliques voisins (un ruisseau qui mène à Oued Seybouse). Notant qu'une station de

traitement des lixiviat (Figure.8) est installée récemment, (janvier 2019) dans le CET Bouguerguer doté de la technique d'osmose inverse, mais pas encore mise en marche.



Figure 8 : Station de traitement des lixiviat du CET Bouguerguer Guelma (**Kaizouri, 2020**).

2.3. Stratégie d'échantillonnage

Dans le cadre de cette étude, la qualité des lixiviat a été suivie sur une période de douze mois (janvier-décembre 2000), selon une fréquence d'échantillonnage mensuel (Au total, 12 échantillons ont été prélevés). Notant que, les résultats obtenus sont, la première caractérisation réalisée dans cette décharge (CET de Bouguerguer-Guelma). Les lixiviat ciblés concernent l'ancien casier, actuellement fermé, après que les procédés de rehaussement atteignent sa limite.

2.3.1. Procédure d'échantillonnage des lixiviat

Compte tenu de la diversité des eaux résiduaires ainsi que des systèmes de transfert et de dilution, il n'existe pas de technique de prélèvement satisfaisante, en toutes circonstances (**Rodier et al., 2009**). Les lixiviat ont été collectés directement du bassin de lixiviat, comme illustré (Figure. 9), juste à la sortie des tuyaux de drainage. Les échantillons ont été prélevés dans des bouteilles, en polyéthylène de 500 ml à son extrémité préalablement lavées à l'acide nitrique puis à l'eau distillé (**Rodier, 1996**). Sur le terrain, avant le remplissage des bouteilles, celles-ci, ont été lavées avec l'échantillon à prélever. Le remplissage des bouteilles a été fait à ras bord, puis le bouchon vissé pour éviter tout échange gazeux avec l'atmosphère. Ensuite, conservés en glacière pendant le transport. Ils ont été ensuite maintenus à 4° dans l'obscurité jusqu'au moment de l'analyse. Enfin, les échantillons de lixiviat ont été conservés dans une glacière pendant le transport au laboratoire qui se situe à 42 Km du site d'étude (+ 4°C) puis ont été analysés dans les 24 heures qui suivent.



Figure 9 : Bassin n°1 de d'échantillonnage des lixiviats (Kaizouri, 2020).

2.4. Méthodes d'analyses

Toutes les méthodes d'analyses utilisées afin de réaliser ce travail sont mentionnées dans le (Tableau. 5). Les données enregistrées ont été analysées avec le logiciel Microsoft Office Excel 2013 et également un bon sondage dans la littérature paraît crucial dans le but de se positionner et de comparer nos résultats obtenues avec celle réalisées antérieurement, surtout qu'il s'agit des paramètres communes.

2.4.1. Mesure des paramètres

2.4.1.1. *In situ*

Les paramètres in-situ, c'est des valeurs qui changent au cours du temps. Ils ont été mesurés directement sur le terrain à l'aide d'une sonde multi paramètres de marque WTW de modèle Multi Line P3 et en utilisant une cellule de conductivité standard Tetra Con ® 325 et une électrode combinée de pH à sonde de température intégrée SenTix. Trois paramètres ont été testés, il s'agit de la conductivité, le pH, la salinité.

2.4.1.2. *In vitro*

Au laboratoire, nous avons procédé aux dosages des paramètres suivant :

✓ **Les composants organiques**

Les deux paramètres (DCO et DBO₅) permettent d'évaluer la charge polluante dissoute :

L'analyse de la demande biologique en oxygène (DBO₅) a été effectuée selon la norme **DIN EN 1899-1-H51 (AFNOR, 1998)** sur des échantillons dilués par la méthode d'oxymétrie.

La DBO₅ exprime la quantité d'oxygène consommée par les bactéries pour dégrader la matière organique biodégradable, pour une durée de cinq jours.

La demande chimique en oxygène (DCO) a été déterminée à partir de la méthode **DIN ISO 15705 : 2002**. Elle représente la quantité d'oxygène nécessaire à oxyder la matière organique, biodégradable ou non, contenue dans une eau. C'est la méthode, en tube fermé. L'essai est empirique et est applicable aux échantillons aqueux (eaux usées, lixiviat...etc.). La méthode est applicable aux échantillons ayant une ST-DCO inférieure à 1 000 mg/l et une concentration en chlorure ne dépassant pas 1000 mg/l.

✓ **Les matières en suspension MES**

La détermination de MES s'est faite par la méthode de centrifugation, donc en utilisant une centrifugeuse de laboratoire dotée de godets de 100 ml. Ce dernier est rempli avec 80 ml de lixiviat. Puis centrifuger pendant 10 minutes à 4 000 t/min. Enfin, on récupère soigneusement tout le surnageant et le mettre dans l'étuve à 105 °C pour sécher, (pendant 12 heures).

$$\text{MES} = M \times 1000 / V \text{ g.l}^{-1}$$

✓ **Teneur en éléments minérales (NTK, Na⁺, K⁺)**

Le dosage du NTK ou l'azote Kjeldhal s'est fait en utilisant la méthode DIN EN ISO 11905-1 H 36. ISO 7890-1 ; DIN 38405 D9. La détermination des cations Na⁺ et k⁺ a été effectuée en utilisant, un photomètre à flamme de marque **Jenway** modèle **PFP7** à basse température.

✓ **Les anions majeurs (NO₂⁻ et NO₃⁻)**

Ils ont été dosés en se référant à la méthode **DIN EN 26777-D10** par chromatographie ionique après filtration à 0,45 µm avec des membranes en acétate de cellulose de marque Whatman (incertitude ≤ 5% pour Cl et SO₄²⁻ et comprise entre 15 et 2% pour des valeurs de NO₃⁻ variant entre 0 et ≥ 37 mg.L-1).

✓ **L'azote ammoniacal (NH₄⁺)**

L'ammoniaque (NH₄⁺) a été dosée en se référant à la méthode **DIN 38406-E5**. Cette procédure est applicable à l'analyse des suspensions aqueuses (l'eau potable et les eaux brutes et usées, les lixiviats...). Une concentration d'ammoniac allant jusqu'à 1 mg/l déterminée en

utilisant une portion d'essai maximale de 40 ml. Des concentrations beaucoup plus élevées peuvent être déterminées en utilisant des volumes d'essais plus petits.

✓ **Eléments traces métalliques**

Les éléments traces métalliques (Fr, Zn, Pb, Cd et Cr) ont été dosés séparément, en utilisant plusieurs techniques : Le dosage du zinc, nous nous référons à la méthode de la Dithizone. Le zinc donne avec la Dithizone en milieu faiblement alcalin (pH 8,3) ou faiblement acide (pH 4,75) un complexe coloré en rouge clair (Keto-forme de Dithizone), soluble dans le tétrachlorure de carbone et le chloroforme et absorbant optiquement à 530 MP. Ensuite, Nous référons à la méthode de coloration mixte, et on mesure optiquement le Dithizone de zinc, la réaction se fait en milieu faiblement alcalin. (**Chapman & Pratt, 1961**). Cette méthode a été utilisée aussi pour le dosage du Plomb (Pb) et pour le Cadmium (Cd). Pour le dosage du Fer (Fr) on s'est référé à la méthode à la triazine (Tableau.4) et enfin pour le dosage du Chrome (Cr) on utilisant la méthode DIN EN ISO 7393 G4-2.

3. Résultats

3.1. Caractéristiques physico-chimiques des lixiviats

Il est difficile de déterminer avec précision les propriétés des lixiviats vu que ces derniers évoluent dans le temps et l'espace (**Farquhar, 1989**), et vu qu'ils s'enrichissent, au cours du temps, en composés biodégradables et non biodégradables. Pour notre cas, les lixiviats étudiés proviennent d'un CET de classe II, en activité depuis 9 ans et qui acquiert des déchets ménagers. Les variations de la qualité physico-chimique des lixiviats de la décharge en question sont présentées dans le (Tableau. 5) où, dix-sept paramètres ont été dosés avec un suivi mensuel de (12 mois) de janvier à décembre, 2020. A part, la concentration du Sodium (Na^+), la totalité des matières dosées traduit une qualité physico-chimique qui se situe dans la fourchette de variations de qualité citée dans des références antérieures.

Tableau 5 : Caractérisation physico-chimique du lixiviat de CET, Bouguerguer, Guelma. Variations cité en littérature (Grisey, 2013).

	Paramètres	unités	moyenne	Ecart type	Méthodes	Gamme en Littérature
In situ	pH	à 25°C	8,85	± 0,486	NF T 90 - 008	3,5 - 9,1
	Conductivité (CE)	ms/cm à 20°C	31,38	± 12,965	NF T 90 - 031	937 - 41500
	Salinité	g/l à 20°C	18,94	± 8,478	NF T 90 - 031	-
In vitro	Nitrite (NO ₂ ⁻)	mg/l	17,93	± 15,282	DIN EN 26777-D10	0 - 469
	Nitrate (NO ₃ ⁻)	mg/l	15,68	±12,496	DIN EN 26777-D10	0,1 - 1824
	Ammonium (NH ₄ ⁺)	mg/l	122,42	± 194,468	DIN 38406-E5	10 - 13000
	Azote Kjeldhal (NTK)	mg/l	276,13	± 165,436	DIN EN ISO 11905-1 H 36. ISO 7890-1 ; DIN 38405 D9.	26 - 10558
	Sodium (Na ⁺)	mg/l	15700,00	± 12840,84	Photomètre à Flamme	70 - 7700
	Potassium (K ⁺)	mg/l	4101,67	± 3706,706	Photomètre à Flamme	50 - 3700
	DCO	mg d'O ₂ /l	1603,75	± 1462,754	DIN ISO 15705 :2002	131 - 152000
	DBO ₅	mg d'O ₂ /l	778,54	± 819,049	DIN EN 1899-1-H51	9 - 80795
	MES	mg/l	5397,92	± 4336,374	Méthode de centrifugation	4 - 60 000
	Plomb (Pb)	mg/l	5,97	± 5,435	Méthode à la Dithizone.	0 - 5
	Cadmium (Cd)	mg/l	4,37	± 2,984	Méthode à la Dithizone.	0,00009 - 6,5
	Chrome (Cr)	mg/l	8,27	± 4,579	DIN EN ISO 7393 G4-2	0,004 - 8,3
	Zinc (Zn)	mg/l	10,44	± 6,715	APHA 3500-Zn F	0,0001 - 5310
Fer (Fe)	mg/l	42,70	± 32,263	méthode à la triazine.	0,1 - 6220	

3.1.1. Teneur des paramètres *in situ*

Les résultats de la caractérisation physico-chimique des lixiviats du CET Bouguerguer Guelma figurant dans le (Tableau. 5) nous montrent :

3.1.1.1. Le pH

Le pH est évolutif au cours de la dégradation des déchets surtout, en fonction de la production des acides gras volatils AGV, en mesure que la teneur en pH est propre à chaque phase, indiquant sur le long terme la phase de dégradation (Williams, 2005). La fluctuation du pH des lixiviats, en question est présentée dans la (Figure.10). Elle varie également entre 7,88 à 9,68 avec une moyenne de 8,85 (± 0,486) (Tableau.5), sachant que cette valeur rentre dans la

limite de la référence comprise entre ($< 3,7$ et $8,9 >$). Le potentiel d'hydrogène (pH) pour notre site dépasse la neutralité vers l'alcalinité.

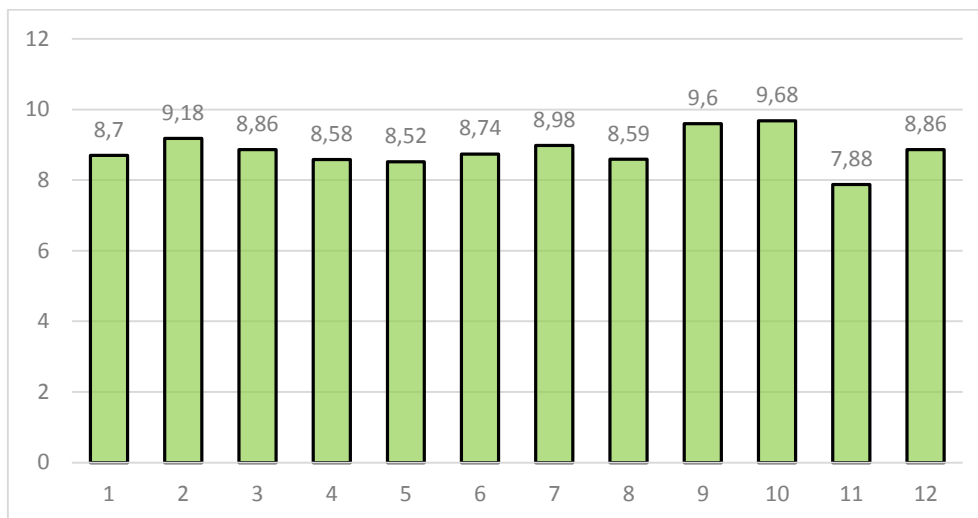


Figure 10 : Fluctuation mensuelle du pH des lixiviats du CET Bouguerguer-Guelma, 2020.

3.1.1.2. La conductivité Electrique (CE)

La conductivité électrique (CE) renseigne sur la quantité de caractères ioniques dissous dans les lixiviats et permet donc d'évaluer leur minéralisation. Le suivi de (CE) des lixiviats affiche les valeurs qui oscillent entre 9,49 et 44,5 mS/cm avec une moyenne annuelle de 31,38 ($\pm 12,965$) mS/cm (Tableau.5, Figure.11). Les fortes valeurs ont été enregistrées en été avec des conductivités qui atteignent les : 42,2 / 44,5 / 43,9 mS/cm respectivement pour les mois : juin, juillet et Août successivement. Par contre, c'est pendant la saison hivernale qu'on a obtenu des faibles conductivités (9,49 mS/cm en décembre et 12,57 mS/cm en janvier 2020).

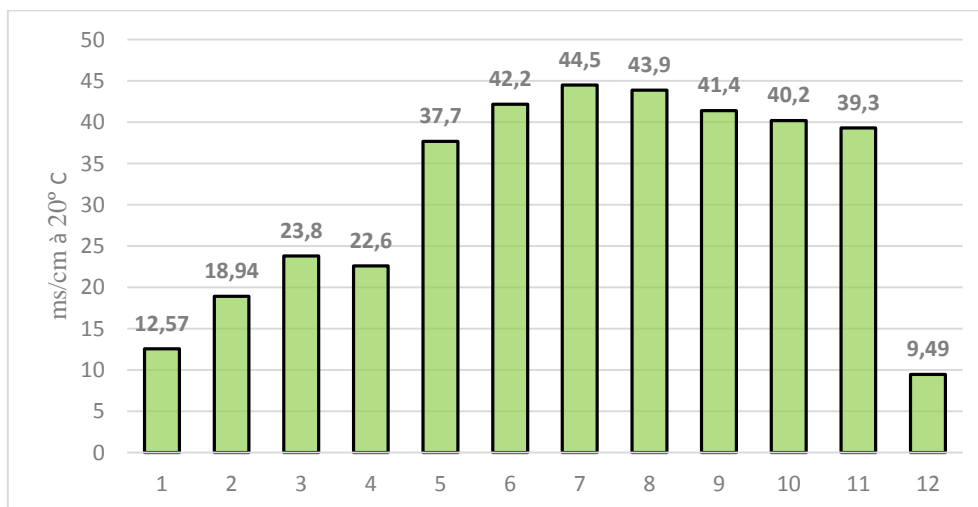


Figure 11 : Fluctuation mensuelle de la CE des lixiviats du CET Bouguerguer-Guelma, 2020.

3.1.1.3. La Salinité

Les lixiviats présentent une salinité (à 20°) importante qui oscille entre 5,12 à 27,7 g/l, avec une moyenne de 18,94 ($\pm 8,478$) g/l. (Tableau.5, Figure 12).

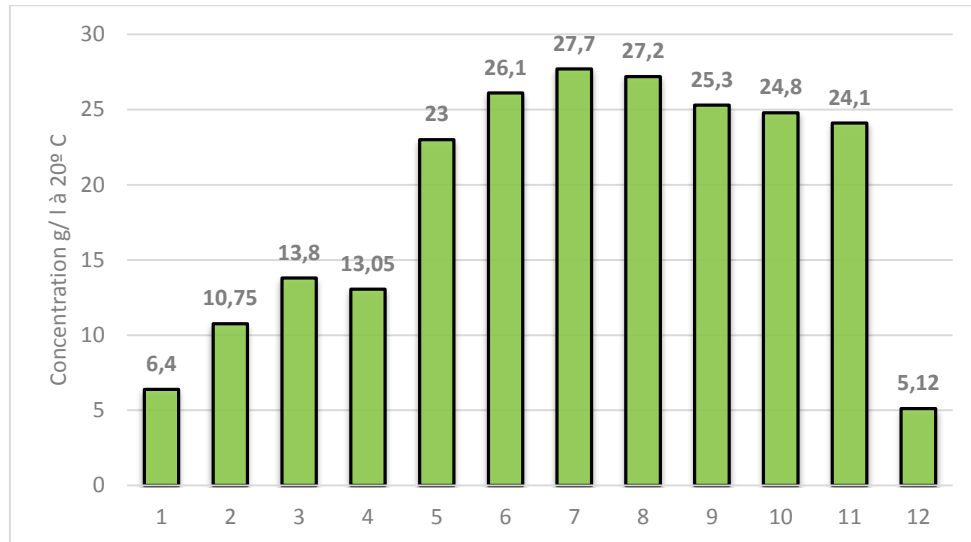


Figure 12 : Fluctuation mensuelle de la Salinité des lixiviats du CET Bouguerguer Guelma, 2020.

3.1.2. Teneur des paramètres *in vitro*

3.1.2.1. Teneur en éléments organiques et le rapport DBO₅/DCO

✓ La DCO

La demande chimique en oxygène désigne principalement la quantité d'oxygène consommée par les matières oxydables chimiquement contenues dans l'eau. Elle représente la majeure partie des composés organiques et des sels minéraux oxydables contenu dans l'échantillon (**Kouassi et al., 2014**). Les valeurs enregistrées oscillent de 675 à 5900 mg d'O₂/l. La teneur moyenne est de 1603 ($\pm 1462,754$) mg d'O₂/l (Tableau.5). Cette teneur est 5 fois supérieure à la valeur de référence qui se limite à (DCO = 300 mg d'O₂/l). La valeur élevée de la DCO montre une charge organique très élevée.

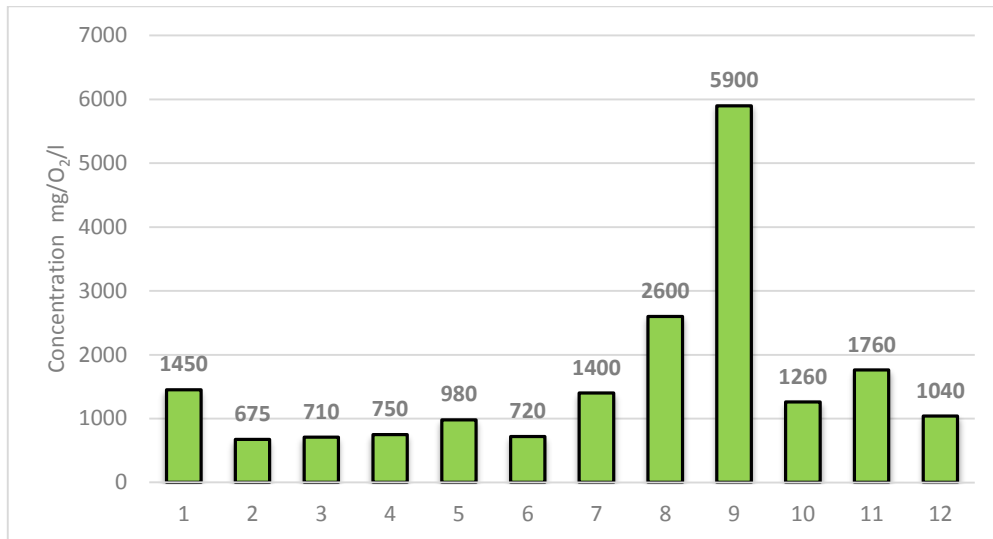


Figure 13 : Fluctuation mensuelle du DCO des lixiviats du CET Bouguerguer Guelma, 2020.

✓ La DBO₅

La demande biochimique en oxygène pendant cinq jours est l'un des indicateurs de la pollution organique et/ou qualité des eaux. Elle exprime surtout le niveau de biodégradabilité d'un effluent (Makhoukh et al., 2011). Les résultats montrent un DBO₅ qui oscille entre 127,5 à 2840 mg d'O₂/l. La valeur moyenne est d'environ 778,54 mg d'O₂/l. Cette valeur est 7 fois plus supérieure de la valeur référence (DBO₅ = 100 mg d'O₂/l).

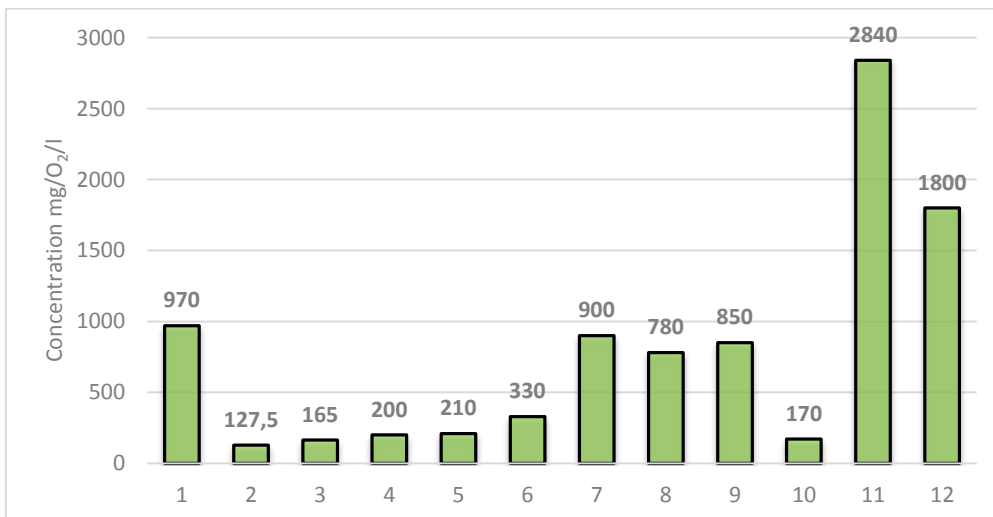


Figure 14 : Fluctuation mensuelle du DBO₅ des lixiviats du CET Bouguerguer-Guelma, 2020.

✓ **Le rapport (DBO₅/DCO)**

Cette fraction organique renseigne sur la biodégradabilité des particules organiques (La proportion de matière organique biodégradable par rapport à la matière organique totale). Avec l'évolution de l'âge des déchets, la biodégradabilité de la matière organique se réduit, ce qui se manifeste par une diminution du rapport DBO₅/DCO (**Kjeldsen et al., 2002**). Ce rapport fournit également : des informations sur la nature des transformations biochimiques qui règnent au sein de la décharge et l'âge relatif des lixiviats étudiés (**Emilien, 2008**). Ainsi, Selon (**Amokrane, 1994**) le rapport DBO₅ / DCO est : > 0,5 pour les lixiviats jeunes ; < 0,1 pour les lixiviats stabilisés ; < 0,1 et 0,5 > pour les lixiviats intermédiaires.

Tableau 6 : Teneur et rapport DBO₅ /DCO des lixiviats, 2020.

Paramètre	Moyenne	Littérature
DCO (mg O ₂ /l)	1603,75	131 - 152000
DBO ₅ (mg O ₂ /l)	778,54	9 - 80795
DBO ₅ / DCO	0,48	0,006 - 0,91

Pour notre cas, le résultat obtenu fait partie de la gamme citée antérieurement qui s'étale de 0,006 à 0,91 (**Grisey, 2013**). Les lixiviats se montrent dans la phase de biodégradabilité moyenne (DBO₅/DCO < 0,5). Toutefois, la moyenne du rapport DBO₅ / DCO donne la valeur de 0,48 (Tableau. 6) ce qui justifie que les lixiviats étudiés sont des lixiviats intermédiaires ou de biodégradabilité moyenne ; Cela signifie que les molécules organiques contenues dans les lixiviats n'ont pas encore atteint le stade final de leur dégradation.

3.1.2.2. Teneur en métaux lourds (Fr, Zn, Pb, Cd et Cr)

Les lixiviats de la décharge, en question, présentent des concentrations très élevées en métaux lourds (tableau. 5) et varient de 1,3 à 108,4 mg/l ; Toutefois la présence des métaux lourds comme (Al, Ni, Cr, Pb, Fr...) dans les lixiviats pourraient être liées à la mise en décharge des objets, tels que : les accumulateurs électriques divers, les boîtes en métal de toute genre, le PVC, l'emballage, etc. Par ailleurs, l'élément le plus abondant dans ces lixiviats est le fer, car il enregistre des teneurs qui oscillent entre 3,62 et 108,4 mg/l avec une teneur moyenne est de 42,70 (±32,263) mg/l. Le zinc (Zn) vient au second lieu et enregistre aussi des valeurs très importantes voire un intervalle de 3 à 27,5 mg/l et avec une moyenne de 10,44 (±6,715) mg/l.

Les métaux lourds toxiques enregistrent des teneurs relativement importantes :

Plomb (Pb) = 5, 97 (±5,435) mg/l.

Cadmium (Cd) = 4, 37(±2,984) mg/l.

Chrome (Cr) = 8, 27(±4,579) mg/l.

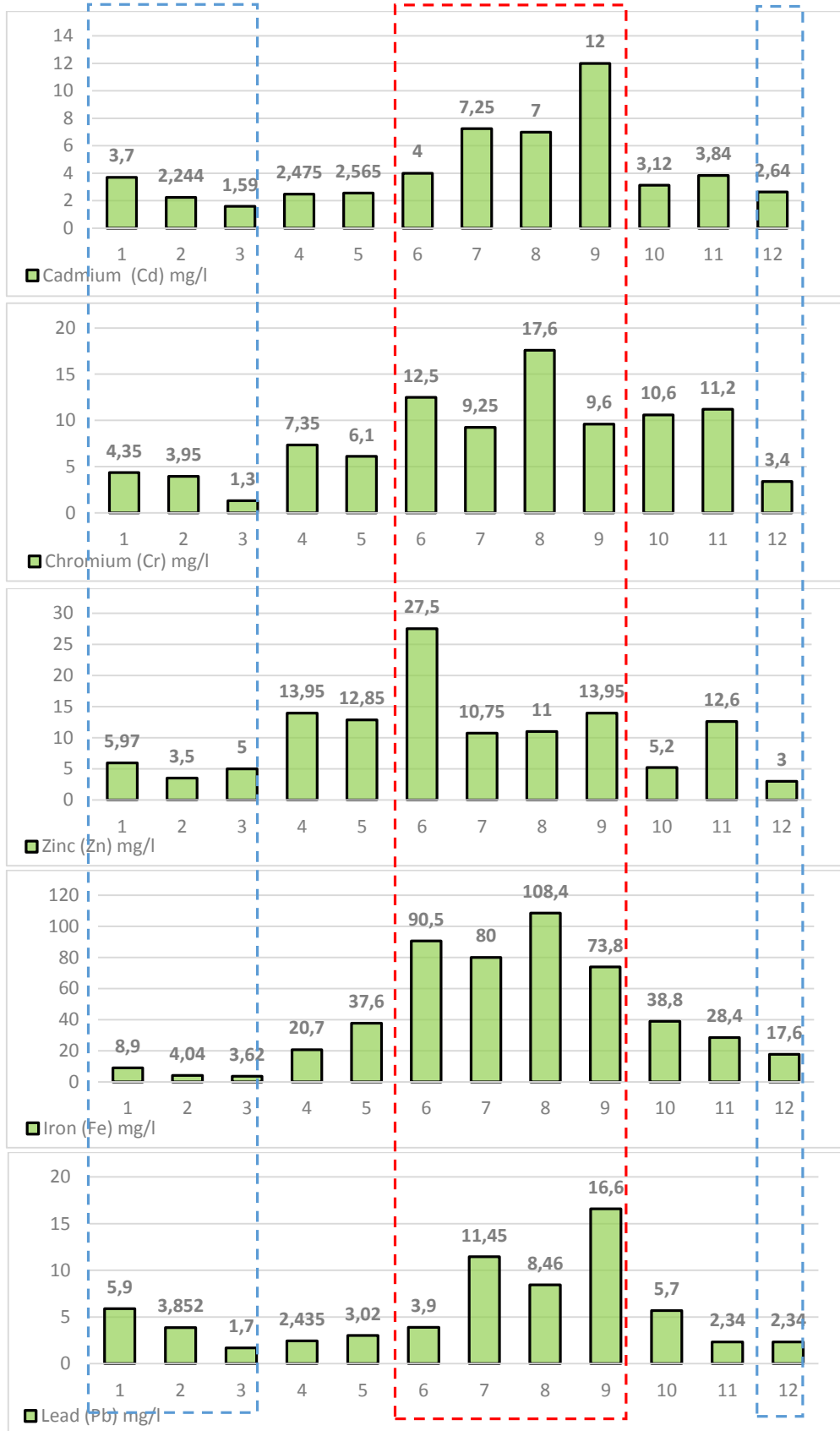


Figure 15 : Fluctuation mensuelle du (Cd, Cr, Zn, Fe et Pd) des lixiviats du CET Bouguerguer-Guelma, 2020.

L'illustration précédente (Figure. 15), affiche la fluctuation mensuelle des métaux lourds des lixiviats cibler, à savoir : Cd, Cr, Zn, Fe et Pd, durant, l'année 2020, et qui enregistrent par conséquent les moyennes suivent (4, 37 ; 8,27 ; 10,44 ; 42,70 et 5, 97) mg/l respectivement, le fer semble l'élément le plus abondant avec un teneur aussi important (42,70 mg/l).

Ce qui est marquant, c'est que la période estivale véhicule les concentrations les plus importantes, cette période semble la plus critique. Elle s'étale du mois de Juin jusqu'au Septembre où on enregistre respectivement les teneurs suivants : (12,50 ; 09.25 ; 17,60 et 09,60) mg/l, pour le Cadmium (Cd), (04,00 ; 07,25 ; 07,00 et 12,00) mg/l, pour le Chrome (Cr), (27,50 ; 10,25 ; 11,00 et 13,95) mg/l, pour le Zinc (Zn), (90,50 ; 80,00 ; 108,4 et 73,80) mg/l et des teneurs fortement important du Fer (Fe) et le Plomb (Pd) avec des concentrations suivantes : (03,90 ; 11,45 ; 08,46 et 16,60) mg/l.

Tandis que, pendant la période hivernale on enregistre les concentrations les moins faibles, cela est marqué à partir du mois de Décembre jusqu'au mois de Mars, où on enregistre respectivement les teneurs suivantes : (02,64 ; 03,60 ; 02,24 et 01,59) mg/l, pour le Cadmium (Cd), (03,40 ; 04,35 ; 03,95 et 01,30) mg/l, du Chrome (Cr). Le Zinc (Zn) présente des teneurs de (03,00 ; 05,97 ; 03,50 et 05,00) mg/l, (17,60 ; 08,90 ; 04,04 et 03,62) mg/l, pour le Fer (Fe), et enfin le Plomb (Pd) (02,34 ; 05,90 ; 03,85 et 01,70) mg/l.

Un écart très important entre les deux périodes a été enregistré durant cette caractérisation, entre les périodes (estivale et hivernale) deux autres période transitoires (Figure.16), avec des concentrations intermédiaires, de deux mois chacune, la première comprend le mois d'avril et Mai, le deuxième presque en fin d'année, le mois d'Octobre et Novembre.

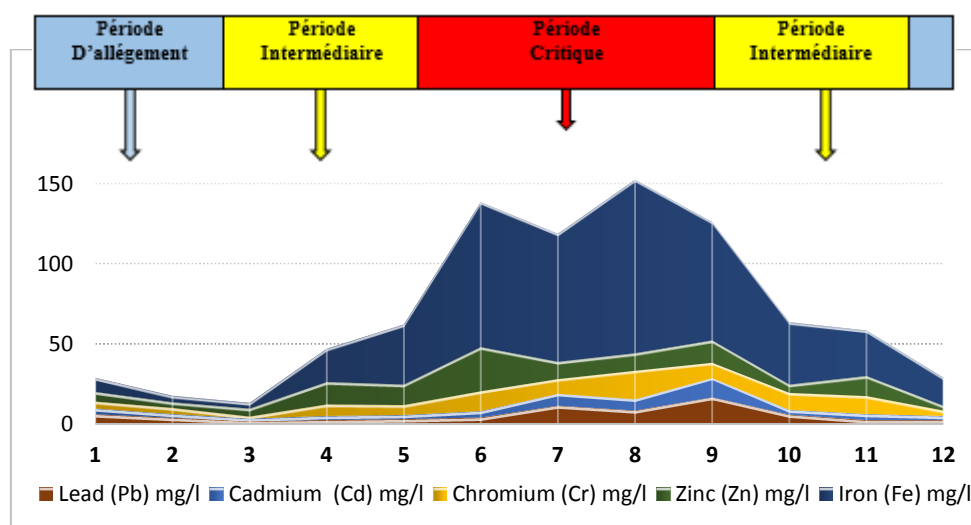


Figure 16 : Les principaux périodes caractérisant la fluctuation des (Cd, Cr, Zn, Fe et Pd) des lixiviats du CET Bouguerguer-Guelma, 2020.

3.1.2.3. Teneur en éléments minérales (Na⁺, K⁺ et NTK)

Les lixiviat affichent des résultats importants des teneurs en éléments minéraux qui sont :

✓ Le Sodium (Na⁺)

Il enregistre des teneurs minimales et maximales oscillant respectivement de 2400 à 37500 mg/L, avec une moyenne de 15700 mg/l (Tableau .5, Figure .17). Cette valeur est très élevée par rapport à la norme de rejet de l'Union Européenne (UE) qui est de l'ordre de 200 mg/l.

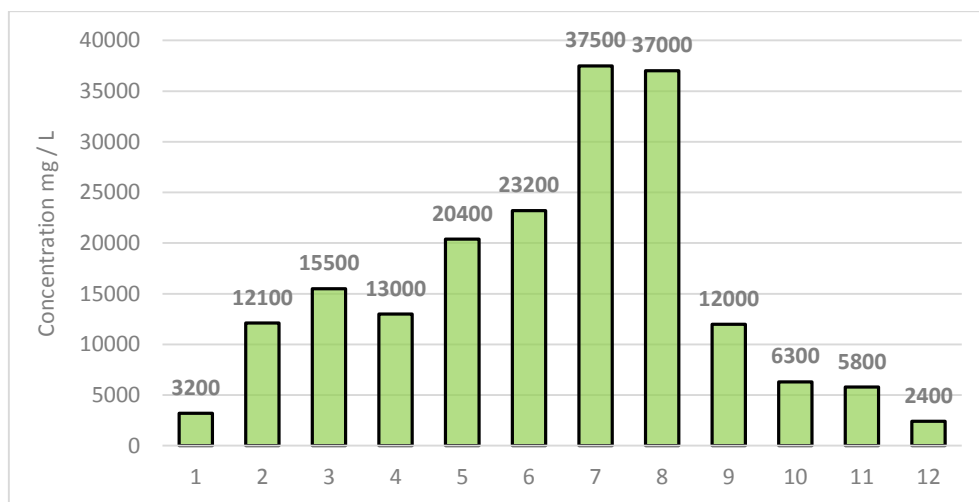


Figure 17 : Fluctuation mensuelle du (Na⁺) des lixiviats du CET Bouguerguer-Guelma, 2020.

✓ Le potassium (K⁺)

IL enregistre des teneurs minimales et maximales qui s'étalent respectivement de 530 à 13350 mg/l, avec une moyenne de 4101,67 mg/l, (Tableau.5, Figure.18). Cette valeur dépasse largement la norme admise par l'UE qui est (12 mg/l).

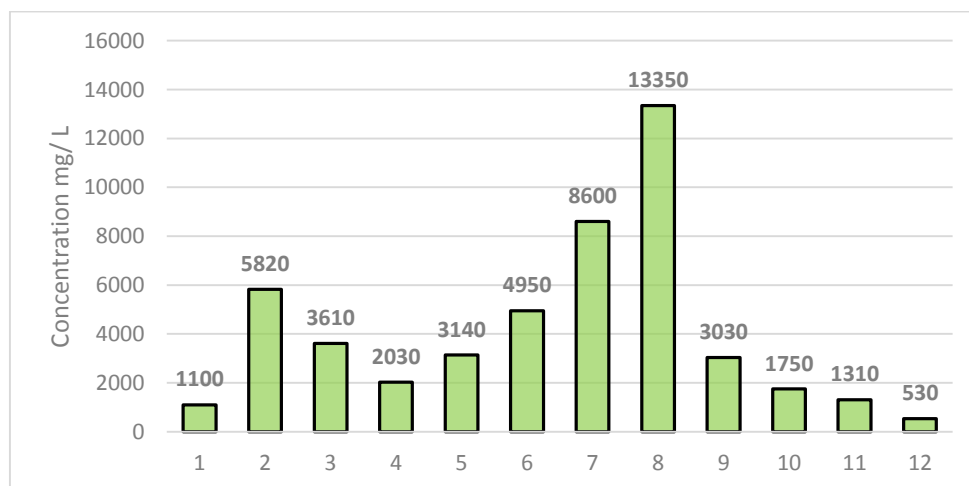


Figure 18 : Fluctuation mensuelle du (K⁺) des lixiviats du CET Bouguerguer-Guelma, 2020.

✓ **L'azote Kjeldhal (NTK)**

Il inscrit une fourchette qui s'étale de 107,5 à 620 mg/l, avec une moyenne de 276,13 mg/l (Tableau. 5). Une valeur qui dépassent nettement la norme de rejet Algérienne fixé à 40 mg/l. La valeur enregistrée dépasse de deux fois celle trouvée par (**Razak & Adamou, 2020**) dans la décharge De Niamey 2000 (Niamey-Niger).

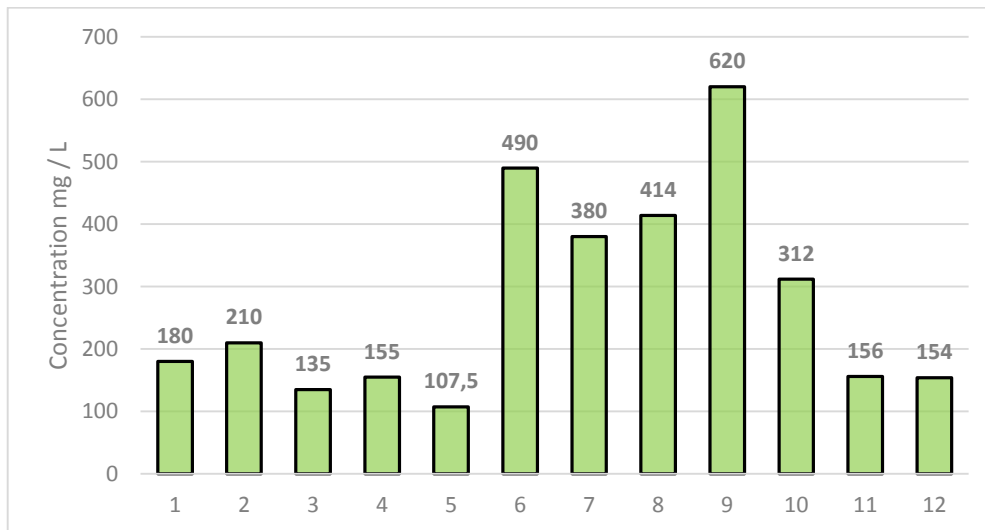


Figure 19 : Fluctuation mensuelle de l'NTK des lixiviats du CET Bouguerguer-Guelma, 2020.

3.1.2.4. Teneur en sels nutritifs (les ions NO_3^- , NO_2^-)

✓ **Les Nitrates (NO_3^-)**

Les Nitrates forment l'étape terminal de l'oxydation de l'azote, et représentent la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau (**Mejraoua & Zine, 2017**). Les teneurs enregistrées oscillent entre 4,46 et 67,12 mg/l avec une teneur moyenne de 15,68 ($\pm 12,496$) mg/l (Tableau. 5). La valeur enregistrée est inférieure à la concentration admise par l'OMS (1980) fixé à 50 mg/l. Notant que, les valeurs de référence se situent entre 2 et 845 mg/l.

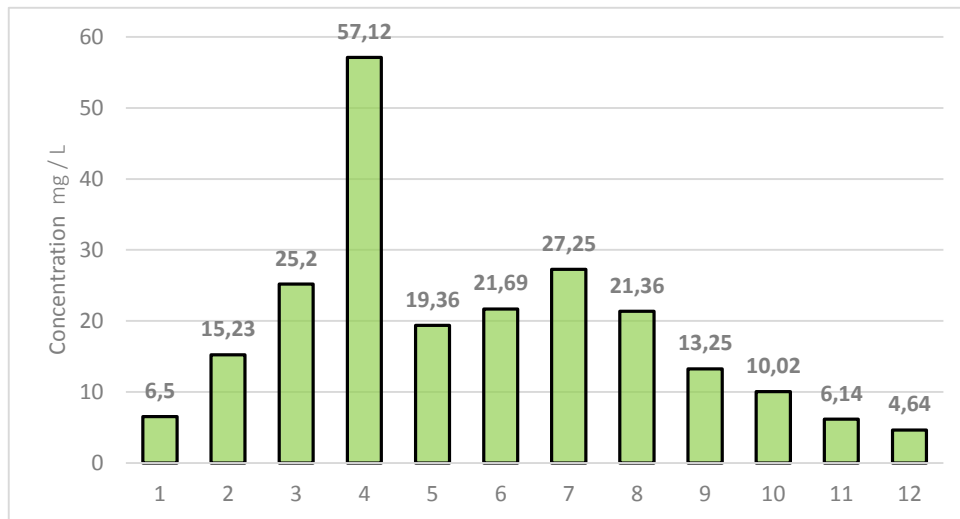


Figure 20 : Fluctuation mensuelle des (NO_3^-) des lixiviats du CET Bouguerguer-Guelma, 2020.

✓ Les Nitrites (NO_2^-)

Les teneurs en Nitrites (NO_2^-) des lixiviats sont faibles et s'étale de 5,90 à 33,5 mg/l, avec une moyenne de 17,93 ($\pm 15,282$) mg/l (Tableau.5) ; Ces faibles teneurs sont dues aux valeurs faibles de l'oxygène dissous et du potentiel redox dans le lixiviat. Les nitrites proviennent principalement, soit de la réduction des nitrates (NO_3^-), soit d'une oxydation incomplète des ions ammonium (NH_4^+) (J. Rodier, 1996).

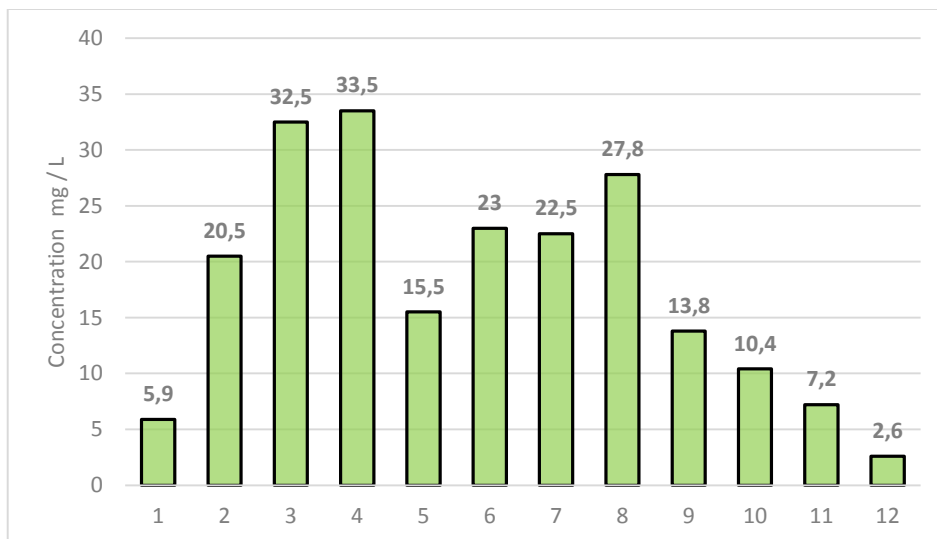


Figure 21 : Fluctuation mensuelle du (NO_2^-) des lixiviats du CET Bouguerguer-Guelma, 2020.

✓ L'Ammonium (NH_4^+)

L'azote ammoniacal (NH_4^+) constitue un des anneaux du cycle de l'azote dans son état primitif. C'est un gaz soluble dans l'eau (Mejraoua & Zine, 2017). Les résultats montrent des

valeurs très variés qui s'étale de 7,2 et 572 mg/l, la valeur moyenne est de 122,42 mg/l (Tableau.5, Figure.22). Les valeurs limites de référence se situent entre 2 et 3870 mg/l, cette valeur est nettement inférieure à celles enregistré par (Toklo et al., 2015) au décharge Ouèssè-Ouidah, Bénin. Cet élément chimique, c'est le principal agent réducteur à long terme dans les lixiviats des décharges et il constitue l'un des principaux polluants (Christensen et al., 2001).

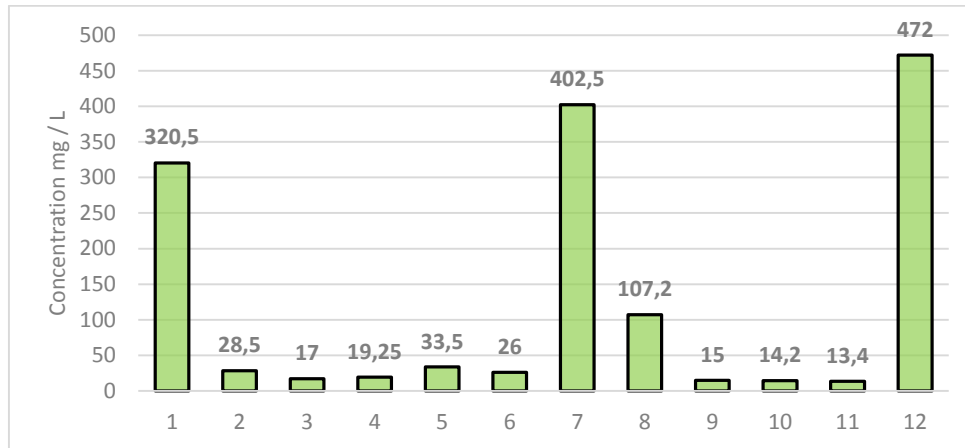


Figure 22 : Fluctuation mensuelle du NH₄⁺ des lixiviats du CET Bouguerguer-Guelma, 2020.

3.1.2.5. Les matières en suspension (MES)

Les matières en suspension se présentent dans les lixiviats sous différents formes : matières en suspension minérales, organiques et vivantes. Les résultats présentent des teneurs élevées des lixiviats en MES qui s'étale de 310 à 14000 mg/l, avec une moyenne de 5397,92 mg/l (Tableau. 5, Figure. 23). Les concentrations les plus élevées sont marquées pendant l'été, elles sont liées à la faible concentration en oxygène dissous. Les concentrations de MES enregistrées dépassent largement celles fixées par la norme Algérienne (30 mg/l), décret exécutif n° 06-141.

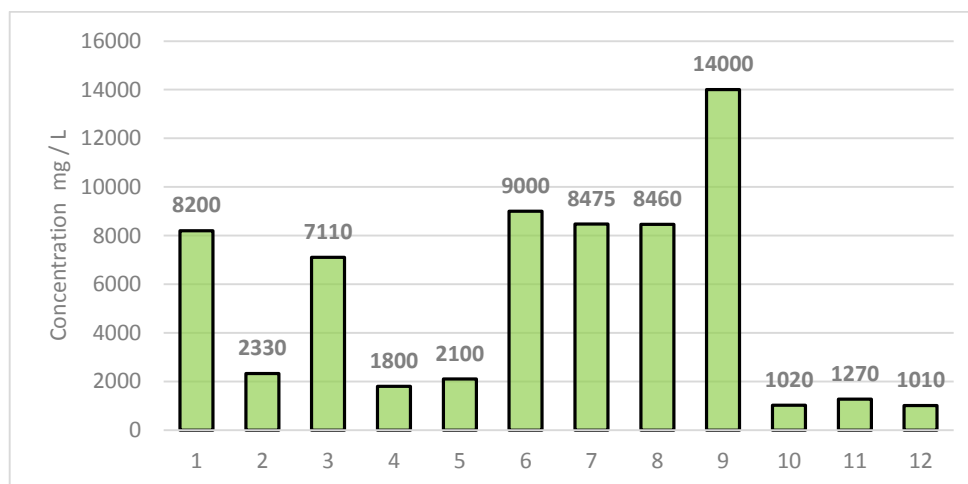


Figure 23 : Fluctuation mensuelle de MES des lixiviats du CET Bouguerguer-Guelma, 2020.

3.2. Les différents types de lixiviats

Il existe trois types de lixiviats (Sillet et al., 2001), (Baig et al., 1999) :

- ✓ Les lixiviats jeunes des décharges nouvellement mise en service, riches en molécules organiques facilement biodégradables et en acides gras volatils ;
- ✓ Les lixiviats intermédiaires ; Avec le temps, les déchets se stabilisent, à mesure que la décharge vieillit et que la charge organique et minérale diminue ;
- ✓ les lixiviats stabilisés des décharges anciennes qui contiennent une accumulation des molécules complexes et non volatiles comme les substances humiques et fulviques.

Les principales caractéristiques physico-chimiques de ces différentes catégories de lixiviats sont indiquées dans le tableau ci-dessous (Tableau 7).

Tableau 7 : Classification des lixiviats. (Baig et al., 1999)

	Lixiviats jeunes	Lixiviats intermédiaires	Lixiviats stabilisés
Age de la décharge	< 5 ans	5 à 10 ans	> 10 ans
pH	< 6,5	6,5 à 7,5	> 7,5
DCO (g L ⁻¹)	> 20	3 à 15	< 2
DBO ₅ /DCO (biodégradabilité)	> 0,5 bonne	0,1 à 0,5 Assez faible	< 0,1 Très faible
Acide Gras Volatils (% du COT)	> 70	5 à 30	< 5
Métaux (g L ⁻¹)	2	< 2	< 2

✓ Détermination du type de lixiviat du C.E.T Bouguerguer-Guelma

Selon les principaux teneurs illustrés dans le (Tableau. 7) caractérisant les différents types de lixiviats existantes et avec un rapport DBO₅/DCO = 0,48 (Tableau. 6), on peut estimer que les lixiviats du CET Bouguerguer-Guelma est : intermédiaire ; La DCO avec un max. de 5900 mg d'O₂/l = 5,6 g L⁻¹, la concentration est comprise entre 3 et 15 ce qui confirme notre jugement. Cependant, le pH tend vers l'alcalinité avec une valeur de 8,85 (± 0,486) qui caractérise les lixiviats stabilisés, à partir de là, on peut dire que les lixiviats étudiées sont presque au début de la phase de stabilisation.

3.3. Comparaison des résultats avec les normes de rejets

Les normes de rejet varient d'un pays à l'autre et dépendent principalement du types de rejets concernés, notant que, les paramètres de pollution des ERU (Eaux Résiduaire Urbaines)

sont plus spécifiques et nombreux que les effluents des industries, la divergence est dû aussi aux méthodes de mesure différentes, suivant les pays aussi les bassins recevant concernés. De toute façon, les normes de rejets doivent tenir en compte des sensibilités des méthodes de dosage et des potentialités techniques de traitement. Ce qui implique l'exigence d'instaurer des législations concernant des paramètres de pollution spécifiques des lixiviats (hydrocarbures, phénols et métaux lourds en particulier).

L'usage courant doit tenir en compte aussi, que les quantités rejetées sont primordiales dans ce processus, d'une autre façon les concentrations calculées sont multipliées aux quantités rejetées, donc même si les concentrations des polluants sont minimales la quantité est un facteur aggravant de la pollution et aggravant aussi, l'impact sur le bassin recevant. Subséquemment, la limitation des concentrations des polluants doit s'associer aussi, à la limitation des quantités rejetées dans l'effluent. Notre comparaison part de l'idée que les lixiviats rentrent dans la même catégorie que les rejets industriels et les eaux usées communales (**Kitambala & Phuku, 2018**).

Dès lors, la comparaison fût possible pour les paramètres communs, sachant qu'on compare seulement avec les teneurs moyennes et non pas les teneurs maximales (Tableau. 3). Ces moyennes sont enregistrées pendant la caractérisation annuelle des lixiviats menée tout au long de l'année 2020. Notant aussi que, par manque de données concernant les normes de certains paramètres de rejets administrés par la loi Algérienne, on n'a pas pu comparer tous nos résultats obtenus. Pour les normes de rejets Algériennes, sur lesquelles, s'appuie cette comparaison, sont pris directement des textes juridiques publiés dans le journal officiel :

- **Décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006** définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels. Ce décret, dresse des listes de normes de rejets d'effluents liquides industriels avec quelques divergences entre les tolérances de valeurs limites selon le type d'industries concerné.
- **Décret exécutif n° 09-209 du 17 Jomada Ethania 1430 correspondant au 11 juin 2009** fixant les modalités d'octroi de l'autorisation de déversement des eaux usées autres que domestiques dans un réseau public d'assainissement ou dans une station d'épuration.

3.3.1. Comparaison des teneurs organiques de lixiviats avec les normes de rejets

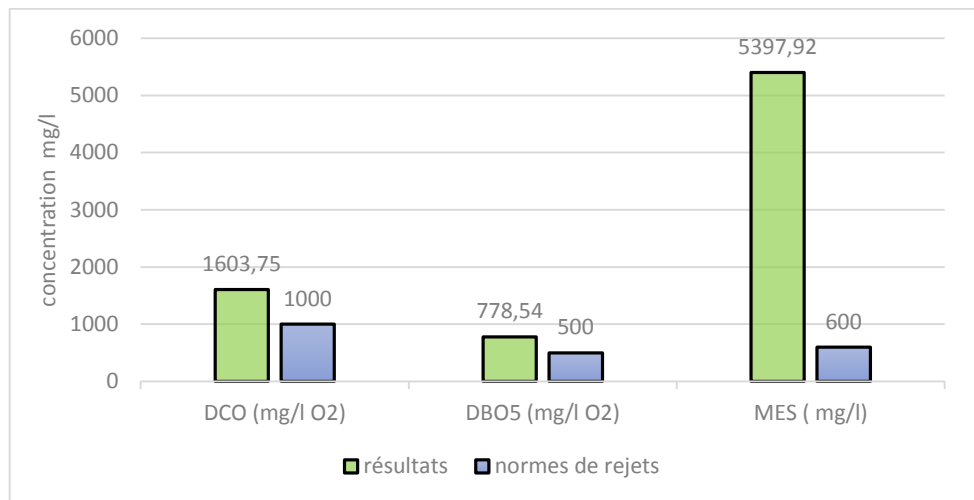


Figure 24 : Comparaison des teneurs de DCO, DBO₅ et MES avec les normes de rejets.

L'illustration ci-dessus montre que la concentration du DCO du lixiviat en question dépasse largement la norme Algérienne qui se fixe à (1000 mg d'O₂/l). La DBO₅ enregistre 778,54 mg d'O₂/l, voire un teneur qui dépassent aussi sa norme qui se fixe à (500 mg d'O₂/l). Quant aux matières en suspension (MES) enregistre à son tours un record de 5397,92 mg/l qui dépasse amplement la norme qui se limite à 600 mg/l.

3.3.2. Comparaison des teneurs de lixiviat en métaux lourds avec les normes de rejets

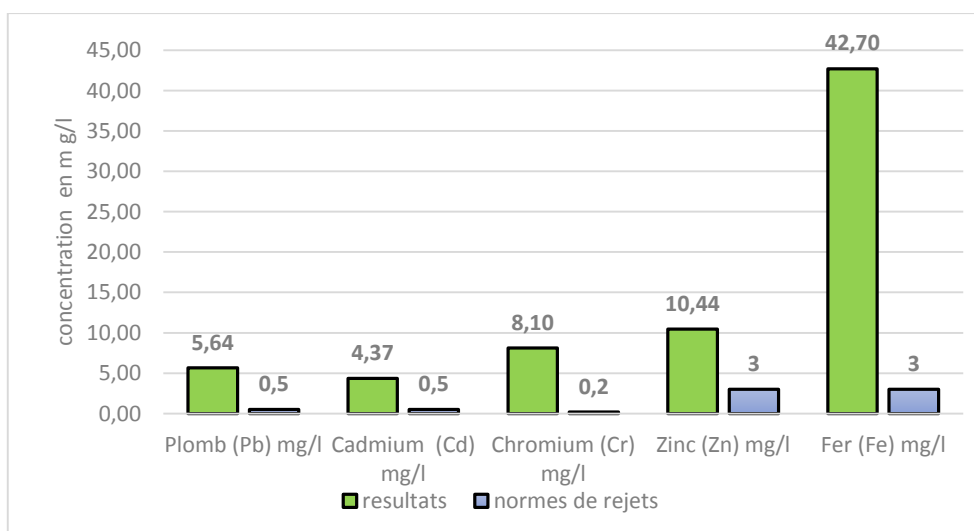


Figure 25 : Comparaison des teneurs de métaux lourds avec la norme de rejets.

La (Figure .25) montre que : le Fer (Fe) enregistre une concentration de 42,70 mg/l et parait le polluant le plus dominant, avec un aussi record qui dépasse largement la norme fixé seulement à (3 mg/l). Le Plomb (Pb) dépasse dix fois sa norme fixé à (0,5 mg/l) et marque une

concentration de 5,56 mg/l. Le Zinc (Zn) enregistre à 10,44 mg/l, un teneur qui dépasse de trois fois la norme fixé à (3 mg/l). Le Chrome (Cr) enregistre 8,10 mg/l, ce teneur dépassent de amplement la norme fixé à (0,5 mg/l) ; Quant au Cadmium (Cd) qui dépasse largement sa norme fixé à (0,2 mg/l) enregistre 4,37 mg/l.

3.4. Comparaison des résultats avec quelques données précédents

Tableau 8 : Comparaison des caractéristiques physico-chimiques du lixiviats de CET Bouguerguer, avec quelques résultats antérieurs.

Paramètres	pH	CE ($\mu\text{S/cm}$)	Plomb (Pb) mg/l	NH ₄ mg/l	Cadmium (Cd) mg/l	DCO (mg/O ₂ /l)	DBO ₅ (mg/O ₂ /l)
Bouguerguer, Guelma.2021	8,85	31380	5,97	122,42	4,37	1603,75	778,54
Tiaret, Algérie 2007	7,28	/	0,92	/	0,6	1136	135
Yaoundé, Cameroun 2012	7,5	/	0,051	/	< 0,005	2245	700
Meknès, Maroc 2015	8,24	5,12.10 ³	/	44,86	/	4808,10	157.18
Abidjan, Côte d'ivoire 2014	7,68	7805,42	/	388,4	/	1306,25	588,08
Niamey, Niger 2020	9,39	2441,5	/	/	0,19	2248	530
Ouèssè-Ouidah, Bénin 2015	7,71	14,05	12,67	740,00	/	1161,0	107,0

Remarque : Les résultats prennent uniquement les moyennes.

Une comparaison de nos résultats avec des résultats antérieurs montre des convergences et des divergences marquantes, cela est dû à la nature et la spécificité de chaque décharge.

4. Discussion

Les lixiviats des centres d'enfouissement techniques de déchets (Type II) présentent un pouvoir polluant essentiellement caractérisés par des teneurs élevés : En métaux lourds, en azote ammoniacal NH₄⁺, en charge organique DCO, DBO₅ et en MES, entre autres substances phénoliques et fulviques. Cette capacité polluante des lixiviats découle de la source principale : la composition des déchets ménagers, les détergents, les pesticides, les solvants et des médicaments, aussi les eaux pluviales et de ruissellement sur le réseau routier,... etc.

Cette caractérisation étudie dix-sept paramètres mensuellement suivie tout au long de l'an 2020, c'est-à-dire 204 résultats au final obtenu. Ce constat nous a permis de dire que : la majorité des constituants des lixiviats en question, présente des concentrations importantes. Cependant, elle rentrent dans l'intervalle des concentrations relevées dans les références (**Farquhar, 1989**).

À travers, cette analyse de la fluctuation mensuelle des composants physico-chimiques menés sur les lixiviats du CET de Bouguerguer-Guelma, de nombreux points saillants caractérisant l'évolution des lixiviats peuvent être tirées, celles-ci sont détaillées ci-dessous :

4.1. Evolution des substances produites par la décharge

✓ L'azote ammoniacal (NH_4^+)

Les concentrations du NH_4^+ relevées dans différentes décharges varient de quelques dizaines à plusieurs milliers (10-13000 mg/l) (**Rafizul & Alamgir, 2012**). En effet, Le comportement du NH_4^+ au cours du temps est très variable d'un site à l'autre (**H.-J. Ehrig, 1989**). Pour notre cas, cette fluctuation est très marquante, elle se montre très hétérogène, et oscille entre (13,4 à 472 mg/l), avec deux pics saillant, en plein été et au plein hiver. Cependant, environ neuf ans après la création du premier casier source des lixiviats en question, les concentrations en NH_4^+ atteint les (122,42± 194,468 mg/l). Tandis que qu'une étude rapporte des teneurs de 500 - 1500 mg/l, après une période allant à huit ans (**Chu et al., 1994**). Donc, Les faibles teneurs enregistrées dans les lixiviats du CET Bouguerguer-Guelma peuvent être expliquées par l'absence de couverture finale sur l'ensemble du premier casier, chose qui a favorisé la percolation de l'eau météorique dans le massif du déchet (le lessivage).

Le lessivage augmente encore, si le casier soit soumis à une pluviométrie annuelle importante qui dépasse une moyenne de 1600 mm/an. En revanche, les auteurs s'accordent sur le fait que : le NH_4^+ est le principal polluant dans les lixiviats, hormis la matière organique (**Kulikowska & Klimiuk, 2008**). Par conséquent, l'arrivée de la phase méthanogène est dans les huit premières années d'existence du casier de dépôt (**Robinson & J.R., 1993**). D'autres auteurs rapportent que cela coute dix ans de dépôt (**H. Ehrig & Scheelhaase, 1993**). Cette diversité, est en fonction, de la composition des déchets et du mode d'exploitation employé.

✓ Les matières en suspension (MES)

Les teneurs les plus élevés sont marqués pendant la saison humide, elles sont liées à la faible concentration en oxygène dissous. Les concentrations de MES dépassent largement celles fixées par la norme Algérienne fixée à (30 mg/l), décret exécutif n° 06-141. On peut dire que les lixiviats prélevés ont un caractère pollué et il s'agit d'un caractère commun à toutes les décharges d'ordures ménagères (**Christensen et al., 2001**).

✓ Les éléments minérales NTK, Na⁺, K⁺

Les concentrations de l'NTK ou l'azote Kjeldhal surpassant les concentrations de l'azote ammoniacal NH₄⁺, (276,13 contre 122,42 mg/l), ce constat témoigne d'une forte proportion d'azote organique contenu dans les déchets. Contrairement, à ce qu'il est rapporté dans la littérature (**Renou et al., 2008**), les lixiviats en question présentent des concentrations élevées en composés azotés NTK, comparativement au NH₄⁺.

Pareillement, Na⁺ et K⁺ ont le même comportement, ceci montre que ces éléments sont régis par les mêmes dispositifs physiques. En effet, les lixiviats en question, enregistrent des concentrations record en Na⁺, K⁺. Le Sodium (Na⁺) inscrit 15700,00 mg/l, or que la littérature rapporte un intervalle de (70 - 7700 mg/l). Le Potassium (K⁺) marque 4101,67 mg/l, une telle concentration peut être comparée avec celle de (**Toklo et al., 2015**) au Bénin. (Figures 17, 18) montre que, dès le mois de février jusqu'au mois de juillet, on assiste à des concentrations croissantes, cela nœud un comportement quasi-identique des deux éléments. Ce qui permet de dire que, la composition des déchets de la décharge Bouguerguer est dotée d'une grande quantité des détergentes, sources principales des deux éléments étudié. Il est important de signaler que, celle-ci est une conséquence directe aussi des valeurs de pH basiques (**Heyer & Stegmann, 2005**), qui induisent une abaissement de la solubilité des étalons ioniques.

Cependant, les concentrations maximales du (Na⁺) et de (K⁺) sont enregistrées, pendant l'été. Une telle teneur peut être expliquée par, la présence des produits calcinés suite aux incendies répétitifs du 1^{er} casier pendant l'été 2020 (12 juillet,..) aussi comme le casier reçoit aussi des déchets des particuliers qui sont des usines alimentaire et autres (CAP, CRC...) qui déverse des produits primaires, périmés, qui contient une charge importante en ion K⁺ et Na⁺.

✓ Les anions NO₂⁻, NO₃⁻

Les teneurs en nitrate et nitrite : de faibles concentrations ont été observé, par apport l'azote ammoniacal ou NTK, on enregistre 15,68 et 17,93 mg/l avec une évolution mensuel similaire, contre 122,42 mg/l d'azote ammoniacal (NH₄⁺) et 276,13 mg/l d'azote Kjeldhal. Les Nitrates forment l'étape terminal de l'oxydation de l'azote, et représentent dans l'eau la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé. Ces faibles teneurs sont dues aux valeurs faibles de l'oxygène dissous dans le lixiviat. Les nitrites (NO₂⁻) proviennent principalement, soit de la réduction des nitrates (NO₃⁻), soit d'une oxydation incomplète des ions ammonium. Les résultats signifient donc que l'oxydation d'azote n'est pas arrivée au bout de la nitrification et la dégradation

d'azote n'est pas terminée. Le nitrate devient alors l'espèce dominante animant une nitrification due à une forte infiltration d'eaux météoriques oxygénées (**Basberg et al., 1998**), favorisée par l'arrivée de périétés pluvieuses vives sur le site.

✓ Les éléments traces métalliques (Fe, Cr, Zn, Pb et Cd)

Les concentrations importantes en ETM dans les lixiviats signifient, qu'ils sont considérablement présents dans les déchets ; tandis qu'uniquement une faible fraction des ETM (<0,02 à 1 %) déposés dans les décharges est lessivée (**Kjeldsen et al., 2002**). De ce qui précède, nous pouvons déduire la quantification des métaux dans les casiers de déchets. Dans notre cas, les lixiviats de la décharge Bouguerguer-Guelma, l'élément le plus abondant est le fer, qui enregistre une teneur moyenne de 42,70 mg/l, suivie par le zinc (Zn) avec une teneur moyenne de 10,44 mg/l, Le Chrome (Cr) avec 8,27 mg/l ; le Plomb (Pb) présent de 5,97 mg/l et le Cadmium (Cd) enregistre 4,37 mg/l. A part le Fer qui se montre insensible au teneur en pH alcalin et bien que ces concentrations dépassent les normes de rejet admises mais elles restent moins pointues, contre les grandes quantités des déchets source de ces métaux. L'immutabilité des ETM est due à leur état solide originel lors du dépôt dans les casiers (les boîtes en métal, plastique, accumulateurs électriques divers, céramique...etc.) qui ne leur permet pas d'être relégués et ça prend un temps considérable, ajoutant à cela les phénomènes de précipitation et sorption. En plus, la dissolubilité des ETM, est affectée directement par le pH du milieu, où elle est favorisée par un pH acide et diminue avec un pH alcalin (**Bilgili et al., 2007**). Cependant, les fluctuations de concentrations sur le court terme (quelques mois) est dû à les infiltrations variable d'eau pluviométrique (lessivage).

L'existence de ces micropolluants toxiques est due essentiellement à leur présence dans les matières et les objets contenus dans les déchets ménagers, se dissous lentement et se libèrent et qui sont véhiculés ensuite avec les eaux de précipitations pour former les lixiviats. Plusieurs études menées sur la caractérisation des lixiviats, ont confirmé la présence de certains micropolluants minéraux (**Mokhtaria et al., 2007**), (**Toklo et al., 2015**).

✓ La DBO₅, DCO

La teneur en matières organiques est exprimée en DBO₅ et DCO contenus dans les lixiviats du CET de Bouguerguer- Guelma la sont comparables à ceux trouvés par :

Sur les douze mois suivis, les valeurs du DCO enregistrent un intervalle de 675 mg d'O₂/l à 5900 mg d'O₂/l, (le pic) au mois de septembre, avec une concentration moyenne de 1603 mg

d'O₂/l (Tableau.5, Figure.13). Ces résultats témoignent d'une charge organique très élevée. Elles sont comparables à celles rapportées par (Mokhtaria et al., 2007), (Kouassi et al., 2014). D'autres études tels que : (Toklo et al., 2015), (Ngnikam et al., 2012) enregistrent des teneurs inférieures à la nôtre ; Cette grande différence pourrait être selon (Kouassi et al., 2014) et (Al Ashoor, 2016), le résultat de plusieurs facteurs comme : l'âge de la décharge, la quantité et la nature des déchets et leur degré de décomposition et les conditions d'enfouissement. Également l'enjeu climatiques tels que la pluviométrie, l'humidité de l'air et la température, joue un rôle très important. En effet, selon (Christensen, 2001), ces différents facteurs sont la cause principale de la variabilité des charges polluantes.

Il est important de noter que la COD diminue fortement entre les mois de février et juin. Cette diminution se produit donc au cours de la période humide, cela peut être attribué à la combinaison d'une réduction des contaminants organiques et d'une biodégradation accrue de ces derniers. Afin, d'augmenter en période estivale de manière régulière, et cela se poursuivi.

Les valeurs de DBO₅ obtenues, pendant la saison estivale sont les plus élevée, où, le flux de matières organiques biodégradables sortant de la décharge présente ses valeurs maximales (Tableau.5, Figure.14). Cette élévation de la charge organique est associée avec l'augmentation de la température du lixiviats, cela coïncide avec le développement et l'abondance bactérienne qui provoque une diminution rapide des teneurs en oxygène. Cette coévolution montre que le réchauffement des lixiviats est la cause d'une amplification de l'activité bactérienne hétérotrophe, ce dernier est la source de l'augmentation du DCO (Gherbi, 2022).

En outre, On prévoit à une diminution constante de la DCO au fur et à mesure que la dégradation de la matière organique et en raison cette nature biodégradable, le composé organique diminue plus vite que celui du composé inorganique (Chian & DeWalle, 1976), surtout avec l'augmentation de l'âge de la décharge.

4.2. L'influence du pH

Il est inexécutable d'aborder la fluctuation des concentrations des polluants sans discuter le pH du milieu vu que ce dernier joue un rôle prépondérant et conditionne la distribution de la majorité des polluants. Les valeurs de pH des lixiviats sont majoritairement supérieures à 7,50 et allaient à 9, en fluctuant donc entre la neutralité et l'alcalinité, et cela sur toute la période de suivi des lixiviats de la décharge Bouguerguer-Guelma, des résultats similaires ont été trouvé aussi par : (Chofqi et al., 2007) au Maroc, et (Smaoui & Bouzid, 2019) en Tunisie. Le bassin

contenu ces lixiviats est relié à l'ancien casier, actuellement en post-exploitation, cela, permet d'éviter un relargage des métaux lourds sensibles aux variations de pH (surtout quand elles tendent vers l'alcalinité) (**Bäverman, 1997**).

L'influence du pH du milieu est fortement marquée par la dissolubilité des métaux lourds, où, ils sont favorisée par un pH acide et diminue avec un pH alcalin (**Bilgili et al., 2007**). Cependant, les fluctuations de concentrations sur le court terme (quelques mois) est dû aux infiltrations variable d'eau pluviométrique (lessivage d'intensité varié). Vu, l'hétérogénéité des décharges, les vitesses de dégradation des déchets sont variables d'un site à l'autre, il est difficile de conquérir des valeurs quasi-identiques. Cependant, le pH affecte le milieu directement, car il affecte les décomposeurs, par ex : (**Kalloum et al., 2007**) rapportent que le pH 7 favorise le développement des bactéries méthanogènes (**Kalloum et al., 2007**).

4.3. L'influence de la température

Les résultats de caractérisation des lixiviats sont présentés (Tableau.5. Figures.10 à 23) qui illustrent une fluctuation importante, marquée par une variation inter-saisonnière, où l'été demeure la saison la plus critique, ce qui montre que les facteurs climatiques jouent un rôle prépondérant dans cette variation. Ainsi, dans la mesure où la décharge de Bouguerguer-Guelma est une décharge à ciel ouvert donc sensible aux variations climatiques, il semblerait qu'en période de faible débit, En effet, l'activité hétérotrophe bactérienne conditionne et module la composition physico-chimique des lixiviats (**Kalloum et al., 2007**).

En période de faibles précipitations, et avec le réchauffement des eaux (été), le jus de décharge produit est fortement chargé en matières organiques biodégradables laissant suggérer un rôle majeur de l'intensification de l'activité bactérienne dans l'obtention d'une telle qualité de lixiviat (**Thonart et al., 2007**). En période hivernale, le lixiviat est moins chargé en matière organique en raison de l'effet conjugué d'une augmentation des précipitations et d'une baisse des températures inhibant le développement des décomposeurs (**Grisey et al., 2001**). Cette diminution de la DCO se produit donc au cours de la période humide de la zone, cela peut être attribué à la combinaison d'une réduction des contaminants organiques et d'une biodégradation accrue de ces derniers(**Samiha-Mouaki, 2021**). En période estivale, les concentrations augmentent de manière régulière. Il est à noter que plusieurs études effectués sur d'autres décharges ont montré l'association entre l'augmentation de l'activité reminéralisatrice bactérienne suite à l'augmentation de la température des lixiviats notamment (**Straub & Lynch, 1982**), (**Khattabi et al., 2007**).

5. Conclusion

Afin de réaliser une modélisation de l'impact environnemental des lixiviats, la présente étude vise d'abord une caractérisation physico-chimique des lixiviats qui paraît nécessaire, afin d'examiner le degré de pollution des lixiviats de la décharge en question. Les résultats de la caractérisation annuelle obtenue ont montré que les lixiviats du CET- Bouguerguer, Guelma, sont fortement chargés en polluants où, toutes les moyennes des teneurs obtenus dépassent largement la norme des rejets admissibles. Il est à signaler aussi que la charge polluante s'accroît en période sèche (été) et se diminue en période humide (hiver).

Les résultats démontrent que les lixiviats rentrent dans la catégorie des lixiviats intermédiaires [rapport (DCO/DBO₅ = 0,48)] ; Cependant, le pH tend vers l'alcalinité avec une valeur de 8,85 ($\pm 0,486$) qui caractérise les lixiviats stabilisés. On peut juger que les lixiviats sont mis en évidence qu'ils sont presque au début de la phase de stabilisation. Les valeurs élevées de DBO₅ et de la DCO avec 778,54 et 1603,75 respectivement en mg d'O₂/l traduisent une pollution organique importante ; Quant à la pollution minérale est présente avec des teneurs en NO₂⁻, NO₃⁻ et NH₄⁺ qui dépassent, aussi les normes et enregistrent respectivement (17,93 ; 15,68 et 122,42 mg/l). Tous les métaux lourds analysés (Cd, Pb, Fe, Cr et Zn) ont enregistré des teneurs très élevées qui dépassent la norme Algérienne (fixé par le Décret exécutif n° 06-141), dont la concentration du fer est la plus élevée avec (42,70 \pm 32,26 mg/l). Donc, le relargage de ces lixiviats, dans la nature d'une manière brute constitue un danger pour l'environnement.

La saison estivale demeure la saison la plus critique où, on enregistre des teneurs très élevées, cela est clairvoyant, surtout, dans la distribution des teneurs en métaux lourds. L'âge de la décharge contribue à l'élimination progressive des éléments minéraux, métalliques et organiques issu de la dégradation des déchets enfouis, entre autres facteurs influençant l'avancée de la dégradation des déchets (pluviométrie, température, humidité,.. etc.), qui jouent un rôle prépondérant aussi.

Dans l'attente de la mise en marche de la station de traitement des lixiviats (doté de la technique Osmose Inverse) installée déjà dans le CET en question, les lixiviats produites polluent et demeurent une source non seulement d'un stress environnemental mais scientifique aussi. En perspectives, des études additionnelles sur le long terme, devraient être menées sur la caractérisation des lixiviats du même site. Cela, permet non seulement de contrôler le flux de la pollution engendré, mais aussi d'augmenter la rentabilité des installations de traitement des déchets qui présentent beaucoup de lacunes dans leurs états actuels.

Chapitre IV

**L'impact des lixiviats sur la qualité des
eaux superficielle (Les eaux d'Oued
Seybouse).**

1. Introduction

L'eau est une ressource naturelle et un élément indispensable pour notre vie, ainsi que pour toutes les espèces existantes où, sa qualité conditionne totalement l'état de santé humaine et environnemental. Elle existe dans la nature en quantités énormes. Elle couvre près de 70 % de la surface du globe. Néanmoins, les océans contiennent 97 % de l'eau, environ les trois quarts de l'eau douce sont stockés dans les calottes glaciaires ; Presque 2,7 % se trouve dans les aquifères. L'eau possédée dans le lit des rivières correspond seulement à environ 0,004 % des eaux douces (**Maafa, 2020**), malgré cela elle assure durablement notre vitalité, ainsi qu'un nombre important des espèces vivantes. Simultanément, l'activité anthropique hypothèque cette reconnaissance constante à l'eau, car l'homme d'aujourd'hui, contribue par toutes ces activités relatives à sa société industrielle, à la polluer et à dégrader sa qualité. Étant donné qu'aucun aspect de notre vie dite « moderne » n'y échappe de la fabrication des produits de consommation (l'industrie), l'agriculture, la santé, le commerce et l'enfouissement des déchets après utilisation, d'ici, des effluents sont générés très chargées des éléments polluants qui peuvent probablement affecter la qualité physico-chimique et bactériologique des milieux aquatiques voisines récepteurs (**Mulliss et al., 1997**).

Selon, **Anna Tibaijuka** (sous-secrétaire du UN-HABITAT, organisme coordonnateur des questions humains, des déchets solides et eaux usées), lors de l'ouverture de la 17^{ème} Semaine Mondiale de l'eau, à Stockholm, 12 août 2007. « *Water is going to be the dominant world issue into the current century. The supply of water may threaten the social stability of the world* ». C'est-à-dire, que l'eau est devenu la clé de l'avenir de la planète, et que l'alimentation en eau sera une menace pour la stabilité du monde entier (**Belle, 2008**). Durant les années précédentes, la prise en connaissance des problèmes de l'approvisionnement et de la qualité de l'eau s'est poussée en force, et ces problématiques sont évoluées dans le monde entier.

Le cadre juridique relatif à l'eau, en Algérie est nanti, on note la loi n° 05-12¹ fixant comme objectif les règles applicables pour une utilisation optimale de l'eau. Elle reconnaît que l'eau fait partie du patrimoine national, où l'utilisation est d'intérêt général. Elle prévoit qu'une ressource en eau de qualité bonne et en quantité satisfaite est nécessaire au développement économique du pays et au bien-être du peuple, dont l'article 56 de la même loi, prescrit la satisfaction des besoins en eau correspondant aux usages domestique, industriel et agricole et autres usages économiques et sociaux ; et surtout la protection quantitative et qualitative des

¹ la loi n° 05-12 du 28 Joumada Ethania 1426 correspondant au 4 août 2005 relative à l'eau a pour objet de fixer les principes et les règles applicables pour l'utilisation, la gestion et le développement durable des ressources en eau en tant que bien de la collectivité nationale.

Le bassin versant Oued Seybouse est situé au Nord-Est Algérien. Il couvre une superficie de 6 471 km². Il englobe 9 wilayas (départements) : Annaba, El Tarf, Skikda, Jijel, Constantine, Guelma, Souk-Ahras, Oum-El- Bouaghi, Mila (**Reggam, 2014**). Ce bassin est limité au Nord par la mer Méditerranée, où, il se diversifie. Et bien que, la qualité des eaux peut servir comme indicateurs biologiques de la pollution sur les eaux superficielles sur l'un des grands oueds de l'Algérie, un suivi de la caractérisation de ces eaux paraît crucial. Heureusement, les pouvoirs publics au cours de ces dernières années, ont pris en charge l'impact environnemental, particulièrement, dans les grandes agglomérations (les décharges, les eaux usées, etc.), où, leur impact sur l'eau et le sol sont devenus préoccupants (**Mokhtaria et al., 2007**).

L'influence anthropique sur les eaux d'Oued Seybouse, se manifeste largement et/ou différemment, où, l'eau de ce milieu connaît depuis plusieurs années, une dégradation notable de ses qualités bactériologiques et physico-chimiques (**Boutebba et al., 2022**), (**Menasria et al., 2021**). En effet, le stress s'accroît au fur et à mesure avec la croissance démographique. Notant que, les agglomérations installées tout le long de Oued Seybouse sur les trois wilayas : Guelma, El Tarf et Annaba déversent les eaux usées d'une façon éphémère et sans traitement préalable. Ajoutant à cela les lixiviats qui rentrent dans la même catégorie que les eaux usées et les effluents industriels (**Kitambala & Phuku, 2018**), ces lixiviats libérés des décharges et des centres d'enfouissement technique des déchets ; Ces effluents contiennent des concentrations importantes en micropolluants organiques, des sels minéraux et de métaux lourds. Le constat une dégradation considérable de la qualité des eaux des écosystèmes environnant (**Debieche, 2002**), ainsi qu'ils provoquent des modifications, plus ou moins marquantes, sur les communautés vivantes (**Belhannachi, 2003**),

1.1. Les décharges d'ordures, sources éventuelles de la pollution des eaux

D'une manière générale, la gestion des déchets ménagers constitue une problématique non seulement nationale (voire internationale), D'autant plus que l'enjeu de la gestion des déchets est coûteux énergétiquement, la situation s'enchevêtre avec la surconsommation de ces sociétés qui engendrent des quantités importantes de déchets. Dans les PED, la situation se complique et s'aggrave encore avec les décharges sauvages et l'absence d'un traitement adéquat. Les déchets ménagers sont généralement produits par les ménages, les activités économiques et du commerce et constituent une source de nuisances, voire même dangereux pour l'homme et l'environnement, donc il fallait bien gérer toute l'enjeu (de la production jusqu'à l'élimination)

Les centres d'enfouissement technique (CET) et les décharges contrôlées demeurent des lieux probablement nuisibles. Ces endroits avaient au départ, l'objectif de favoriser la mise en place des filières de valorisation, à recycler au lieu d'encombrer la masse de déchets et enfin procéder à la stabilisation des polluants qui en résulte, ces derniers ont un réel danger sur leur milieu environnant, en particulier pour les eaux de surface et souterraines. Cependant, la réalité dévoile le contraire. Plusieurs études ont permis de signaler des phénomènes de pollution des eaux à partir de ces centres et ces décharges sauvages, dont elles recommandent en totalité une veille permanente et une gestion optimale afin de limiter les impacts environnementaux.

1.2. Les lixiviats menacent les eaux superficielles

Les lixiviats issus des décharges et des centres d'enfouissement peuvent directement ou indirectement affecter les eaux superficielles, soit par : infiltration et atteindre le sous-sol et contaminer les eaux souterraines, ces dernières alimentent les puits et les ruisseaux, comme elles peuvent déborder (des bassins et des casiers) et s'écouler directement vers les cours d'eau de l'environnement proches. En Algérie, plusieurs études se sont déployées, afin d'évaluer l'impact des rejets des lixiviats sur les écosystèmes tel que : (**Mokhtaria et al., 2007**) qui ont enregistré un double impact au niveau de la décharge de Tiaret, en affectant les eaux souterraines et superficielles. En effet, ils signalent que l'évaluation de la toxicité des teneurs organiques et métallique ont permis d'enregistrer une présence en grande quantité dans ces lixiviats et dans les eaux des puits environnants. Cependant, (**Bennama et al., 2010**) ont montré que les lixiviats de la décharge d'El karma, à Oran, a une forte charge polluante qui risque de contaminer la nappe phréatique qui circule à des faibles profondeurs (environ 20 m), sous un sol moyennement perméable. De plus, (**Kehila et al., 2009**) ont mis en évidence une évaluation de deux centres d'enfouissement techniques des déchets à Alger et à Biskra où, ils signalent que le rejet direct des lixiviats constitue un grand risque sur toutes les composantes du milieu naturel par la charge organique polluante et par la teneur en métaux lourds qui dépasse les normes de rejet. Enfin, (**Benatta Allah, 2013**), indique que les lixiviats produits par le CET de Soumaâ contiennent un grand nombre de polluants notamment une charge organique importante (DCO de 1 170 mg d'O₂/l et un DBO de 340 mg d'O₂/l), en plus qu'elle contienne des métaux lourds surtout les Cadmium (1,01 mg/l) et le fer (6,39 mg/l), l'étude montre aussi que ces lixiviats ont contaminé les eaux superficielles proches qui deviennent de mauvaise qualité aux besoins domestiques.

Dans le même cadre et afin d'évaluer l'impact des lixiviats non traités issues du centre d'enfouissement technique de Bouguerguer-Guelma, sur la qualité des eaux d'oued Seybouse, on a procédé à un suivi mensuel pendant 3 mois (Mars, Avril et Mai), en contrôlant 21 paramètres physico-chimiques et bactériologique. Le site choisit (le centre d'enfouissement technique de Bouguerguer, Guelma) est doté des particularités suivantes :

- ✓ D'être constitué sur une colline où, le site était même une ancienne décharge appelée Bouguerguer, donc l'axe temporel est un facteur d'impact potentiel important.
- ✓ D'être situé près d'Oued Seybouse juste en juxtaposition. Ces deux propriétés permettent d'en faire un site d'étude idéal pour répondre aux soucis d'impact environnementaux des installations d'élimination des déchets ménagers.

L'objectif de cette étude est donc d'évaluer, d'une part, le degré de la pollution des lixiviats, en question (source d'un stress environnemental possible), et d'une autre part, l'influence de ces lixiviats sur la qualité des eaux d'Oued Seybouse avec la détermination de la typologie de cette pollution. L'intérêt de cette étude est de mettre, au premier lieu, aux mains des gérants du centre d'enfouissement technique, en question, une étude d'impact, afin de vérifier la fiabilité des équipements et des techniques utilisées comme interface entre la source contaminante (les lixiviats) et le milieu naturel. Celui-ci, dans un seul but de diagnostiquer au mieux les impacts environnementaux des centres d'enfouissement techniques des déchets, et de garantir une meilleure préservation de la qualité des eaux superficielles.

2. Matériel et méthodes

2.1. Description de l'aire d'étude

2.1.1. Données sur la wilaya de Guelma et le CET-Bouguerguer (chapitre 3).

2.1.2. Description du bassin versant

2.1.2.1. Situation géographique

Le bassin hydrographique du Constantinois-Seybouse-Mellegue est situé dans la partie Nord-Est Algérienne. Il couvre une superficie de 43 000 Km². Il traverse 14 wilayas, 9 en totalité : Annaba, El Tarf, Skikda, Jijel, Constantine, Guelma, Souk-Ahras, Oum-El- Bouaghi, Mila, et 5 partiellement : Batna, Bejaïa, Khenchela, Sétif et Tébessa. Le Bassin Hydrographique Constantinois- Seybouse- Mellegue comprend (5) cinq bassins principaux (**Reggam, 2014**).

Tableau 1 : Répartition par surface des bassins hydrographique (Reggam, 2014).

	Bassins	Superficie / km²
01	Côtiers Constantinois	11 509
02	Kebir Rhumel	8 811
03	Seybouse	6 471
04	Hauts Plateaux Constantinois	9 615
05	Medjerda-Mellegue	7 942

La zone d'étude se situe au troisième bassin, ce dernier est limité au Nord par la mer Méditerranée, à l'Est par le prolongement oriental du système aquifère Annaba-Bouteldja et les monts de Nador N'baïl, à l'Ouest par le massif de l'Edough, les monts de Houara et Débagh et au Sud par les monts de Mahouna, Ain larbi et sedrata, (Tableau.1). Notant que, ce bassin est encore divisé en six sous-bassins principaux (Reggam, 2014).

Tableau 2 : Répartition par surface des sous bassins de la Seybouse (Reggam, 2014).

	Sous Bassins	Superficie / km²	Caractère de position
01	14-01	1 739	Haut Seybouse
02	14-02	1 166	Moyenne Seybouse
03	14-03	1 136	Moyenne Seybouse
04	14-04	818	Moyenne Seybouse
05	14-05	555	Moyenne Seybouse
06	14-06	1 057	Basse Seybouse
Total requis		6 471	

2.1.2.2. Ressources hydrique du Bassin versant

Le réseau hydrographique du bassin de Seybouse comprend l'ensemble des cours d'eau et les affluents (permanents et temporaires), lesquelles s'écoulent toutes les eaux de ruissellement vers un point de vidange du bassin versant, et constituent une forme de chevelu hydrographique de plus de 3 000 Km, dont Quarante-deux oueds ont une longueur supérieure à 10 Km. Selon la carte hydrographique (Figure .1), on constate l'assemblage d'Oued Cherf (Souk-Ahras) (88,61 Km) et Oued Bouhamdane (37,49 Km) donne la naissance de (134,74 Km) d'Oued Seybouse. Par ailleurs, Oued Cherf provient de la jonction de deux Oueds : Oued Krab et Oued Tiffech ; Et Oued Bouhamdane provient de la jonction d'Oued Ghrieb et Oued Zenati.

Notant que, les principaux affluents d'oued Seybouse sont: Oued Maiz, Oued Zimba, Oued Skhoune, Oued Bou Sorra, Oued Fragha, Oued Djefeli, Oued Meboudja (**Reggam, 2014**).

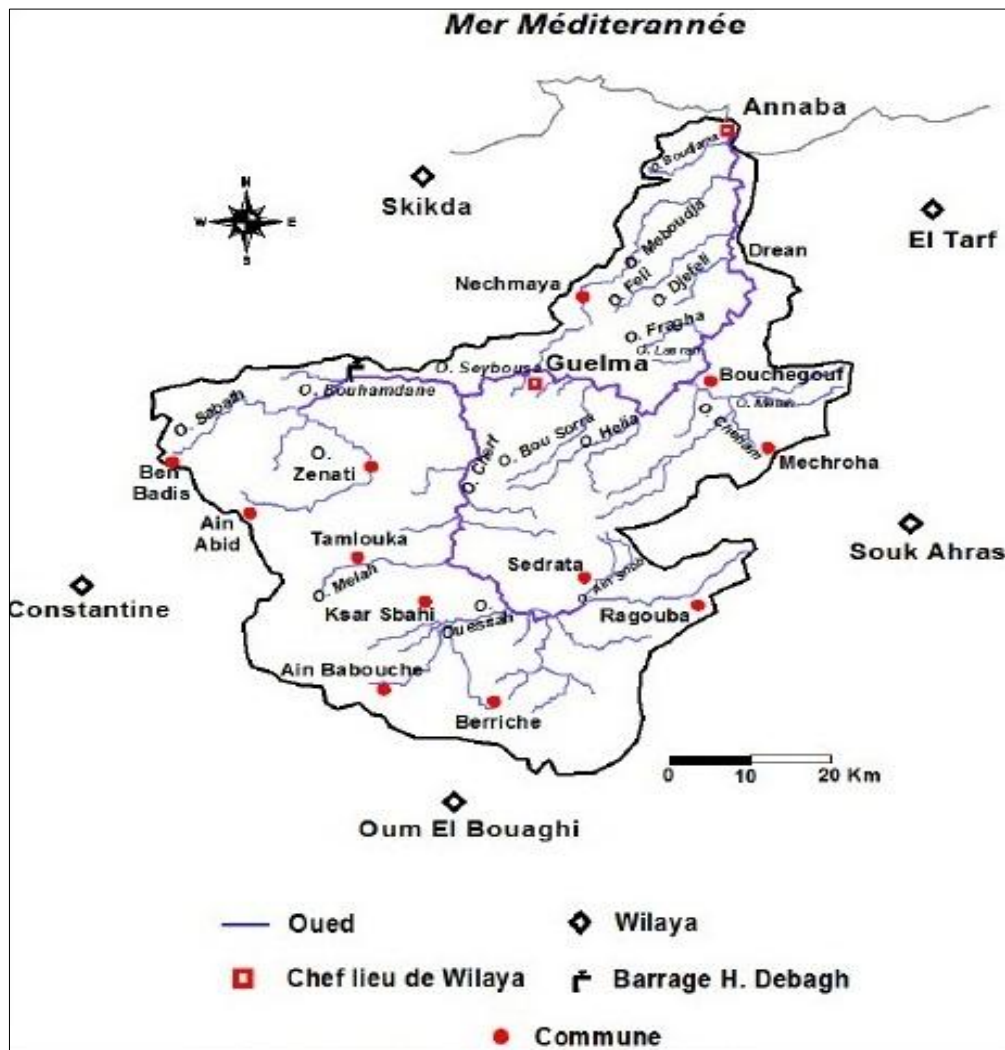


Figure 1 : Réseau hydrographique du bassin de la Seybouse (**Reggam, 2014**).

2.2. L'échantillonnage

Dans chaque étude, l'échantillonnage hypothèque quasiment la fiabilité des résultats obtenus, donc des précautions primitives doivent être prises pour obtenir un échantillon représentatif. Il faut s'assurer de la qualité du prélèvement, de la conservation et du transport des échantillons vers le laboratoire d'analyse, suivant les précautions nécessaires.

2.2.1. Site et période de prélèvement

Dans la présente étude, nous avons effectué un suivi mensuel sur une période de trois mois (Mars, Avril et Mai, 2022), tout au long de la trajectoire d'un ruisseau portant les lixiviats issus

du centre d'enfouissement des déchets, afin d'atteindre les eaux d'Oued Seybouse, dont 5 points ont été fixé, deux au niveau des ruisseaux, deux au niveau d'Oued Seybouse et un point commune (l'aval). Au total, 15 échantillons ont été prélevés. Notant que, les lixiviats ont été collectés directement d'un point de fuite du deuxième casier, actuellement sub-saturé.

2.2.2. Mode de prélèvement

Compte tenu de la diversité des eaux résiduaires et des systèmes de transfert et de dilution, il n'existe pas de technique de prélèvement satisfaisante, en toutes circonstances (**Rodier et al., 2009**). Les échantillons ont été prélevés dans des bouteilles en polyéthylène de 500 ml, lavées en extrémité à l'acide nitrique puis à l'eau distillé (**Rodier, 1996**). Sur terrain, avant le remplissage, les bouteilles ont été lavées avec l'échantillon prélevé, et se fait à ras bord puis le bouchon vissé pour éviter tout échange gazeux avec l'atmosphère.

2.2.3. Plan et points d'échantillonnages

Afin de suivre l'évolution spatiale et temporelle des lixiviats, depuis la source, afin d'atteindre les eaux d'Oued Seybouse, nous avons fixé 5 points de prélèvements (Tableau. 03) qui représentent chacun un stade précis du parcours des lixiviats :

- **(P1)** constitue le point de départ ou l'amont.
- **(P2)** est le point intermédiaire entre l'amont et l'aval.
- **(P3)** est le point qui constitue l'aval (le contact du lixiviat avec l'Oued Seybouse).
- **(P4)** se situe 40 mètres avant l'aval.
- **(P5)** se situe 40 mètres après l'aval.

Le plan mise en place semble permettre de rendre compte et/ou d'effectué une image aussi significatif, de l'impact environnemental possible provoqué par les lixiviats en question sur la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux d'Oued Seybouse.

Tableau 3 : Les coordonnées des cinq points de prélèvement.

Les points de prélèvement	Les coordonnées longitudes et latitudes	
P1	36.487059143499984,	7.4704557383145325
P2	36.47779654083898,	7.4723010983130305
P3	36.47857295980522,	7.485862346723657
P4	36.476002120553524,	7.482944103612633
P5	36.480557106305774,	7.487321468438972



Figure 2 : Plan d'échantillonnage sur site.

2.2.4. Transport au laboratoire

Durant chaque campagne de prélèvement, tous les flacons d'échantillonnage sont étiquetés et identifiés avec les informations nécessaires (date, points et contenu.). Puis, les prélèvements sont conservés et transportés dans une glacière dont la température est de ($4\text{ }^{\circ}\text{C}$), au laboratoire qui se situe à (Annaba) 52 Km du site d'étude afin de les analyser dans les 24 heures qui suivent l'échantillonnage.

✓ Le laboratoire d'analyse

Les analyses physico-chimiques et bactériologiques de nos échantillons ont été réalisées au niveau du laboratoire de qualité **Berrahmoune**, Annaba. Un laboratoire doté de l'appareillage et des techniques nécessaires pour les mesures recherchées.

2.3. Les paramètres étudiés

L'évolution à moyen terme des lixiviats, en question, et des cours d'eaux récepteurs a été effectuée sur trois campagnes de prélèvement mise en place de Mars à Mai 2022 en effectuant les analyses des paramètres suivantes :

- ✓ Paramètres organiques : DCO, DBO₅, turbidité, conductivité, MES, couleur, odeur
- ✓ Paramètres pollution saline : Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Cl⁻, So₄⁻.
- ✓ Paramètres de pollution aux métaux lourds : Fe²⁺, Zn²⁺, Ni, Cd, Pb.
- ✓ Paramètres microbiologiques : Coliforme totaux, fécaux et les Streptocoque.

2.3.1. Les paramètres physico-chimiques

2.3.1.1. Les paramètres de pollution organiques

A. pH

Le pH ou le potentiel d'hydrogène est le logarithme décimal de l'inverse de sa concentration en ions d'hydrogène [H₃O⁺]. La neutralité est fixée à sept, tandis que supérieur ou inférieur à sept suivant est acide ou basique respectivement. Le pH des eaux naturelles est lié à la nature des terrains traversés. Habituellement, il varie entre 7,2 et 7,6 (**Brémond & Vuichard, 1973**). Cependant, il peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature des terrains traversés. Un pH élevé accroît les concentrations d'ammoniac. Alors qu'un pH faible augmente le risque de présence de métaux sous une forme ionique (**De Villers et al., 2005**). Nous nous sommes référés à un pH mètre de type : (**HACK HQ 40D**) de mesure multiple pour le dosage du pH directement sur le site d'échantillonnage (*in situ*).

B. La turbidité

La turbidité peut être évaluée par un certain nombre de méthodes choisies suivant les nécessités sur le terrain ou au laboratoire. La mesure de la turbidité de l'eau peut s'effectuer en utilisant l'effet Tyndall ou l'opacimétrie. L'effet Tyndall est utilisé plus spécialement pour la mesure des faibles turbidités (eau de boisson), l'opacimétrie est appliquée aux eaux de fortes turbidités (eaux brutes, eaux résiduaires) (**Rodier et al., 2009**).

✓ Dosage de la turbidité

Après remplissage de la cuvette de mesure propre et bien essuyée au papier hygiénique contenant l'échantillon à analyser, bien homogénéisé, la mesure s'effectue rapidement et la mesure est obtenue directement en Unité de Turbidité. Notant qu'il faut s'assurer de l'absence des bulles d'air avant la mesure.

C. La conductivité électrique (CE)

La conductivité renseigne sur la quantité de caractères ioniques dissous dans l'eau et elle permet donc d'évaluer leur minéralisation, donc c'est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc de la teneur de l'eau en ions. En général, l'eau contient des ions comme le calcium (Ca^{2+}), le magnésium (Mg^{2+}), le sodium (Na^+), le potassium (K^+), le bicarbonate (HCO_3^-), le sulfate (SO_4^{2-}) et le chlorure (Cl^-), plus elle est capable de conduire un courant électrique et plus la conductivité mesurée est élevée (Al-Qawati et al., 2015).

✓ Dosage de la conductivité électrique

La mesure de la conductivité électrique a été faite à l'aide d'un conductimètre qui donne une valeur en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$). On procède selon les étapes suivantes : Mettre 100 ml de l'échantillon dans un Bécher dans lequel on plonge l'électrode du conductimètre pour mesurer la conductivité. Puis, enregistrer la valeur de la conductivité électrique et la température qui sont affichées sur l'appareil. Enfin il faut rincer la sonde pour d'autres lectures.

Tableau 4 : Classification des eaux selon la conductivité (Rodier et al., 2009)

Type d'eaux	Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
Eau pure	< 23
Eau douce peu minéralisée	100 à 200
Eau de minéralisation moyenne	250 à 500
Eau très minéralisée	1 000 à 2 500

D. La demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène (DCO) exprime la quantité d'oxygène consommée par les matières organiques existant dans l'eau et oxydables, dans des conditions opératoires définies. La détermination de la DCO se fait essentiellement par oxydation avec le dichromate de potassium, dans une solution portée à ébullition, à reflux pendant 2 heures en présence d'ions (Ag^+) comme catalyseurs d'oxydation (Rodier et al., 2009).

E. La demande biologique en oxygène pendant 5 jours (DBO₅)

La DCO exprime la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C et à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation biologique d'une fraction de matière organique carbonée. Ce paramètre mesure la quantité d'oxygène nécessaire à la destruction des matières organiques grâce aux phénomènes d'oxydation par voie aérobie (Zedam & Laraba, 2020).

F. La matière en suspension (MES)

Généralement visibles à l'œil nu, les MES sont des particules solides très fines, elles ne sont pas solubilisées. Elles déterminent la turbidité de l'eau et elles diminuant aussi la diffusion de la lumière nécessaire à la photosynthèse, diminuent la teneur en oxygène dissous et nuisent au développement de la vie aquatique (Ben-El-Mahdi, 1987).

✓ Dosage de MES

Afin de déterminer les MES dans les eaux, on procède généralement aux étapes suivantes : la 1^{ère}, on sèche la membrane de filtration dans une étuve à 105°C et on pèse après le passage au dessiccateur. La 2^{ème}, on met la membrane sur la rampe à filtration sous vide et on ajoute 200ml d'eau à analyser. Enfin, après la filtration, on sèche la membrane à 105°C, pendant 20 minutes et on laisse refroidir au dessiccateur puis on pèse pour une 2^{ème} fois.

G. Détermination de la couleur

C'est la méthode, la plus rapide utilisée *in situ*, tout simplement. Elle donne l'indication sur la coloration apparente de l'eau. Elle consiste à placer l'échantillon à analyser non filtrer dans une bouteille incolore (préférence en verre) et examiner l'intensité de la couleur (teinte) de l'échantillon sous lumière diffusée sur un fond blanc. Si l'échantillon contient des MES, se laisser décanter avant l'examen est préférable (Figarella & Leyral, 2002).

H. Détermination de l'odeur

Afin d'obtenir approximativement, l'échelle des intensités des odeurs, on procède aux opérations suivantes : Mettre 50 ml d'échantillon, dans une première fiole conique. Ensuite 16 ml, dans une deuxième et 6ml dans une troisième. Puis, compléter chaque flacon à 240ml avec de l'eau inodore, dans une quatrième, mettre 240 ml d'eau inodore. La détermination est effectuée à froid (25°C) et à chaud (60°C) après chauffage sur plaque ou dans un bain-marie.

De préférable, secouer chaque flacon 3 ou 4 fois avant de sentir pour caractériser le type d'odeur (Rodier et al., 2009).

IV.2.3.1.2. Les paramètres de pollution minérale

A. Calcium Ca^{2+}

Les terrains calcaires donneront une eau riche en calcium. Le calcium est un composant majeur de la dureté de l'eau. Sa teneur est liée directement à la nature géologique des terrains traversés. Il existe à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, chlorure... etc. (Rodier, 1996). Sa présence dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles, soit la dissolution des formations carbonatées (Ca CO_3), soit la dissolution des formations gypseuses (Ca SO_4).

✓ Dosage du calcium Ca^{2+}

Le dosage s'effectue par la méthode titrimétrie à l'EDTA. Dans un milieu alcalin, par l'addition de 2 ml d'hydroxyde de sodium (NaOH), l'indicateur de la fin de réaction, le murexide, forme un complexe avec les ions calcium de coloration rouge. Au fur et mesure de l'ajout de l'EDTA, les ions calcium se séparent du complexe avec l'indicateur pour se complexer avec l'EDTA. A la fin de la réaction l'indicateur devient libre de couleur violet. L'expression des résultats de la teneur de calcium est en mg/l, et donnée par la formule suivante,

$$[\text{Ca}^{2+}] \text{ mg/l} = \text{VEDTA} * \text{F} * 8$$

B. Magnésium Mg^{2+}

Mg^{2+} est placé le huitième élément le plus répandu dans la nature avec un pourcentage de 2,5 % de la croûte terrestre. Les minéraux ferromagnésiens des roches ignées et les carbonates de magnésium des roches sédimentaires sont les principales sources du magnésium dans les eaux. La dureté magnésienne de l'eau représente le tiers de la dureté totale (Kemmer, 1984).

✓ Dosage du magnésium

Le dosage se fait en milieu alcalin, dans un pH=10, en ajoutant 2 ml d'hydroxyde d'ammonium et quelque graine de Noir Eriochrome T, le titrage s'effectuer par l'addition goutte à goutte l'EDTA. A la fin de la réaction l'indicateur devient libre et avec une couleur bleu. L'expression des résultats est en, mg/l et par la formule suivante,

$$[\text{Mg}^{2+}] \text{ mg/l} = (\text{V}_{\text{Mg}} - \text{V}_{\text{Ca}}) * \text{F} * 4, 8$$

C. Potassium (K^+)

La présence du potassium est moins réponde dans la nature (**Kemmer, 1984**). Cet élément alcalin règle la teneur en eau à l'intérieur des cellules (**MERCIER, 2000**). Il est étroitement rattaché au sodium. Le potassium provient de la dissolution des engrais chimiques (NPK), des argiles potassiques, des rejets industriels...etc.

✓ Dosage du Potassium

Le potassium est dosés par un Photomètre multi paramètres de type **HI 83200**.

D. Sodium Na^+

L'eau très riche en sodium ne peut pas être consommée car elle devient saumâtre et prend un goût désagréable (**Rodier et al., 2009**). L'origine de sodium peut être, naturelle (mer, terrain salé), humaine (10 à 15g Na Cl dans les urines/jour) et Industriel aussi.

✓ Dosage du Sodium

Le sodium est dosés par un Photomètre multi paramètres de type **HI 83200**.

E. Chlorures Cl^-

Les teneurs en chlorures sont liées à la nature des terrains traversés. Ils donnent une saveur désagréable qu'ils confèrent à l'eau à partir de 250 mg/l surtout lorsqu'il s'agit de chlorure de sodium (**Rodier et al., 2009**). Les chlorures sont dosés par la méthode de MOHR, dosage par une solution de nitrate d'argent en présence du chromate de potassium (**Rodier, 1996**).

F. Sulfate SO_4^{2-}

Les sulfates sont des composés naturels provenant principalement : naturelle (gypse, pyrite, volcans), industrielle (pétrolière, papeterie et textile) et aussi des produits de traitement agricole sont des composés naturels (**Gaujous, 1995**).

✓ Dosage des sulfates

Après l'étalonnage de spectrophotomètre le dosage se réalise selon les étapes suivantes : Prendre 20ml de l'eau à analyser puis compléter à 100 ml d'eau distillée. Ensuite, on ajoute 5ml de la solution stabilisante. Puis, on ajoute 2ml de chlorure de baryum. Enfin, il faut agiter pendant 1 minute et passer au spectrophotomètre au 420 nm.

2.3.1.3. Les métaux lourds

A. Le plomb (Pb)

Le Plomb est un métal toxique. Il a un effet cumulatif dans l'organisme dont il cause de nombreux troubles sanitaires (des lésions dans le système nerveux, l'hypertension). Il est incriminé dans des intoxications aiguës et chroniques appelées « saturnisme » (WHO, 2012). La présence du Pb dans l'eau peut causer des corrosions des canalisations de distribution de l'eau (Bauer, 2002).

- ✓ le dosage du (Pb) s'est référé à **la méthode à la triazine.**

B. Le fer (Fe²⁺)

C'est le métal assez ré pondu. IL est classé en 4^{ème} rang des éléments de la croûte terrestre, les besoins pour l'organisme humains se situent entre 2 et 3 mg/j. Le fer est déterminé par la méthode de spectrophotométrie UV visible (Singh, 2005).

- ✓ Le dosage du (Zn) s'est référé à **la méthode à la triazine.**

C. Le zinc (Zn²⁺)

Le zinc est présent dans l'écorce terrestre. La plupart du zinc dans les plans d'eau comme les lacs ou les rivières s'installe dans le fond, cependant des petites quantités restent dissoutes dans l'eau ou suspendu avec les particules. Le niveau dissolvé du zinc dans l'eau augmente quand l'acidité de l'eau augmente, il peut migrer vers les eaux souterraine (Singh, 2005).

- ✓ Le dosage du (Zn) s'est référé à la méthode **APHA 3500-Zn F**

D. Le Cadmium (Cd)

Le Cadmium est un élément souvent rare a trouvé à l'état naturel. Il est présent dans la croûte terrestre à des concentrations d'environ 1 à 2 ppm, où il est souvent associé au zinc (Zn) et au plomb (Pb). Les batteries nickel-cadmium jeté dans les décharges demeure la cause de la pollution et comme résultats le cadmium finit par terre ou il peut migrer à travers l'eau et affecte l'environnement (Angerville, 2009).

- ✓ Le dosage du (Cd) s'est référé à la **Méthode à la Dithizone.**

E. Nickel (Ni)

Le Nickel est fortement utilisé dans le domaine Industriel (alliage, revêtement, céramique, verre). L'exposition aux composés du nickel est associée à une augmentation du risque de cancer du poumon et de la cavité nasale et à des fibroses du poumon, donc le nickel et ses composés sont considérés comme des produits cancérigènes (**Debieche, 2002**).

✓ Le dosage du (Cd) s'est référé à la **Méthode la Dithizone**.

2.3.2. Les paramètres bactériologiques

2.3.2.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

A. Les coliformes totaux

Les coliformes sont des bacilles à Gram négatifs, aérobies ou anaérobies facultatifs, non sporulés, Regroupe plusieurs espèces bactériennes de la famille des Entérobactéries en forme de bâtonnet. De plus, tous les coliformes totaux doivent produire une réaction négative à l'épreuve de la cytochrome-oxydase et une réaction positive au test de l'ONPG (ortho-nitrophényl- β -Dgalactopyranoside). Les coliformes totaux sont des microorganismes indicateurs dont le dénombrement permet de déceler le niveau de pollution d'origine organique dans les eaux de surface, les eaux souterraines (**CEAEQ, 2000**).

B. Coliformes fécaux (thermo tolérants)

Les coliformes fécaux ou coliformes thermo-tolérants, (comme définisse la littérature scientifique) sont un sous-groupe des Coliformes totaux, se définissent comme des bactéries aéro-anaérobies facultatives, à Gram négatif, non sporulées, en forme de bâtonnet. En raison de leur capacité de croître à la température élevée de 44,5 °C. Ils sont capables de fermenter le lactose à une température de 44 °C et de produire du gaz dans les 24 h à 44,5 °C. Les coliformes fécaux négative à l'épreuve de la cytochromeoxydase et positive au test d'ONPG, sont en réalité des *E. coli*. (**CEAEQ, 2003**).

✓ Mode opératoire

Le dénombrement des coliformes permet de révéler la présence ou l'absence d'une Contamination fécale. Il est basé sur l'aptitude des coliformes à dégrader le lactose dans un milieu lactosé avec production de gaz, en acidifiant le milieu. La méthode de détermination se fait par un ensemencement d'une série de 3 tubes avec cloche de Durham comme suivante :

- 10 ml échantillon avec 10ml de milieu lauryl sulfate D/C.

- 1 ml échantillon avec 10ml de milieu lauryl sulfate S/C.
- 0,1 ml échantillon avec 10ml de milieu lauryl sulfate S/C.
- Incuber à 37°C pendant 24h à 48h.

A. Test confirmatif : coliformes totaux

Avec un tube positif de lauryl sulfate, ensemercer par anse de platine quelques gouttes dans un tube contenant de 10 ml de BLBVB. Puis, incuber à 37°C pendant 24h à 48h, selon (ISO. 9308-2) **(Rodier et al., 2009)**.

B. Test confirmatif : coliformes fécaux

A partir d'un tube positif de BLBVB, ensemercer par anse de platine quelques gouttes dans un tube avec cloche durham contenant 10 ml de bouillon d'Escherichia coli. Incuber à 44°C pendant 24h. La présence d'Escherichia coli est indiquée par l'apparition d'un anneau rouge cerise témoin de la production d'indol et donc de la présence d'E. coli, à partir de l'ajout de quelques gouttes de réactif de Kovacs (ISO.9308-2) **(Rodier et al., 2009)**.

2.3.2.2. Recherche et dénombrement des Streptocoques

Ce sont des bactéries ubiquistes, saprophytes des eaux, de l'air, du sol. Elles sont aussi commensales des cavités naturelles ou téguments de l'homme et des animaux, certains Streptocoques sont strictement adaptés à l'homme **(Delarras & Trébaol, 2003)**. Parmi les Streptocoques, seules les espèces de Streptocoques du groupe D constituent des indicateurs témoins de contaminations fécales dans les eaux **(Rejsek, 2002)**. La recherche des streptocoques fécaux ou streptocoque du groupe (D) de la classification de Lancefield, se fait en milieu liquide par la technique du nombre le plus probable (NPP). Cette technique fait appel à deux tests consécutivement à savoir :

- Test de présomption : qui se fait sur milieu de Roth S/C.
- Test de confirmation : qui se fait sur milieu Eva Lytski.

1. Test de présomption

Préparer dans un portoir une série de tubes contenant le milieu sélectif de Roth S/C à raison de trois tubes par dilution. A partir de la dilution décimale 1/100 à 1/10 voir1, porter aseptiquement 1 ml dans chacun des trois tubes correspondant à une dilution donnée. Puis, bien mélanger l'inoculum dans le milieu.

- Incubation, L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C pendant 24 à 48 h

- Lecture, Sont considérés comme positifs les tubes présentant un trouble microbien.

2. Test de confirmation

Chaque tube de Roth positif fera donc l'objet d'un repiquage à l'aide d'une anse bouclée sur Tube contenant le milieu Eva Lytsky. Bien mélanger l'inoculum dans le milieu.

- Incubation, L'incubation se fait cette fois-ci à 37°C pendant 24 à 48 h
- Lecture, Sont considérés comme positifs les tubes d'Eva Lytsky à la fois :

Un trouble microbien et une pastille blanchâtre ou violette au fond du tube. Le nombre de streptocoques fécaux est exprimé par le NNP selon la table de Mac Grady

3. Résultats

Afin, d'évaluer l'impact qui peuvent engendrer par les lixiviats issu du centre d'enfouissement technique de Bouguerguer Guelma, on a fait le choix d'examiner les résultats selon deux axes principaux :

- ✓ Le premier axe constitue la trajectoire des lixiviats de l'amont vers l'aval (du **P1** à **P3**).
- ✓ Le deuxième axe dans l'oued Seybouse (de **P4** à **P5** en passant par le **P3**) en analysant l'aval et avant et après l'aval.

Le choix relevant de multiples impacts qui peuvent engendrer telle situation, l'écoulement des lixiviats travers le premier axe traversant des terres agricoles et des vergers afin d'atteindre le deuxième axe qui constitue bassin hydrique Oued Seybouse.

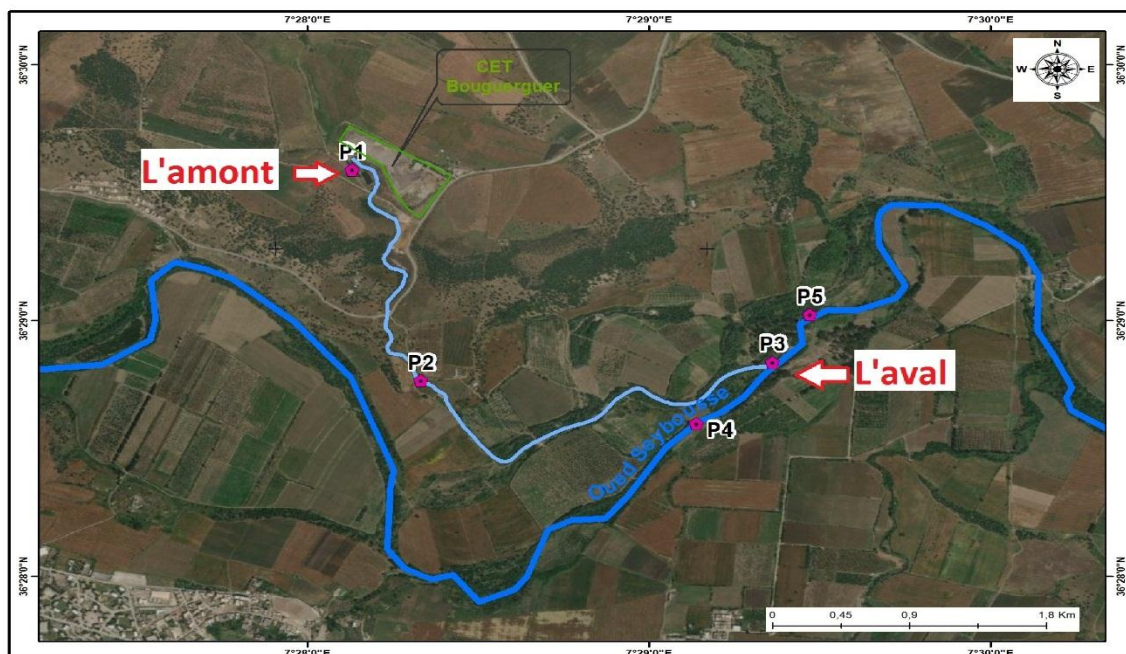


Figure 3 : Schéma récapitulatif du protocole de l'étude.

3.1. Première partie (axe entre amont et aval)

Par suite d'écoulement d'un ruisseau qui traverse le centre d'enfouissement, en véhiculant les lixiviats débordé accidentellement (des casiers et des bassins), afin d'atteindre les eaux d'Oued Seybouse sur une trajectoire de 2,5 km. Il était important pour nous dans cette étude de recherche de s'intéresser à analyser et/ou examiner les teneurs en polluants de ces lixiviats, afin d'estimer tout impact environnemental possible. Le suivi a été effectué pendant trois mois successifs (Mars, Avril et Mai 2022). Pour cela, 21 paramètres ont été examinés dont dix-huit paramètres physicochimiques et trois paramètres bactériologiques.

3.1.1. Les paramètres physicochimiques

3.1.1.1. Les paramètres organiques

3.1.1.1.1. La Turbidité

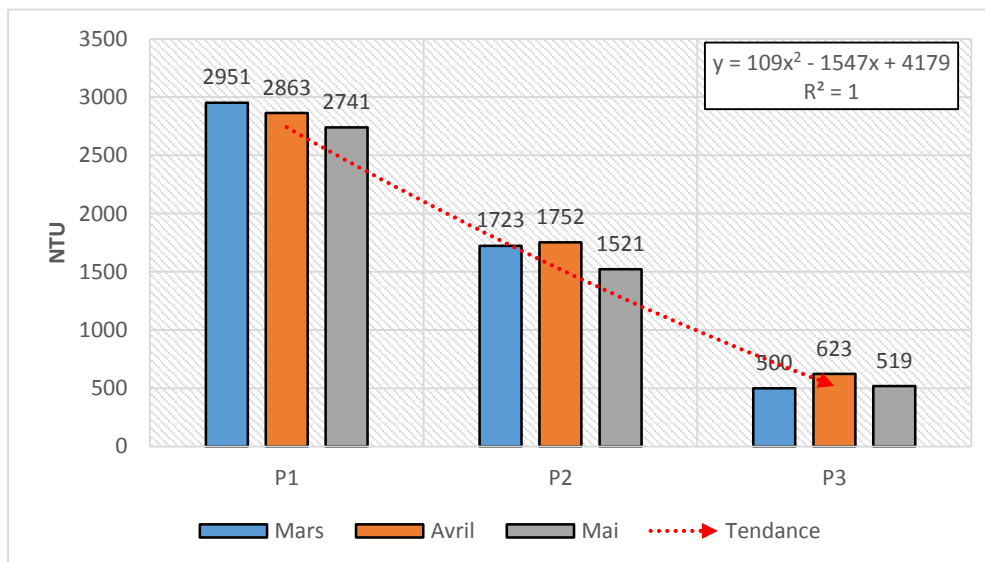


Figure 04 : Evolution des teneurs de la Turbidité sur le premier axe (amont-aval).

L'analyse de la variation spatiale et temporel de la turbidité des lixiviats en question représentée dans la (Figure. 04) affiche que les teneurs les plus élevées sont enregistré au P1 (en amont) avec les valeurs suivant 2951, 2863 et 2471 NTU respectivement pendant les mois : Mars, Avril et Mai. Tandis que, la tendance de diminution progressive tout en s'éloignant de l'amont vers P2 et P3 (l'aval), où elles atteignent les plus faibles teneurs au niveau de P3 (l'aval) avec 500, 623 et 519 NTU respectivement pour les mois de Mars, Avril et Mai.

3.1.1.1.2. Le pH

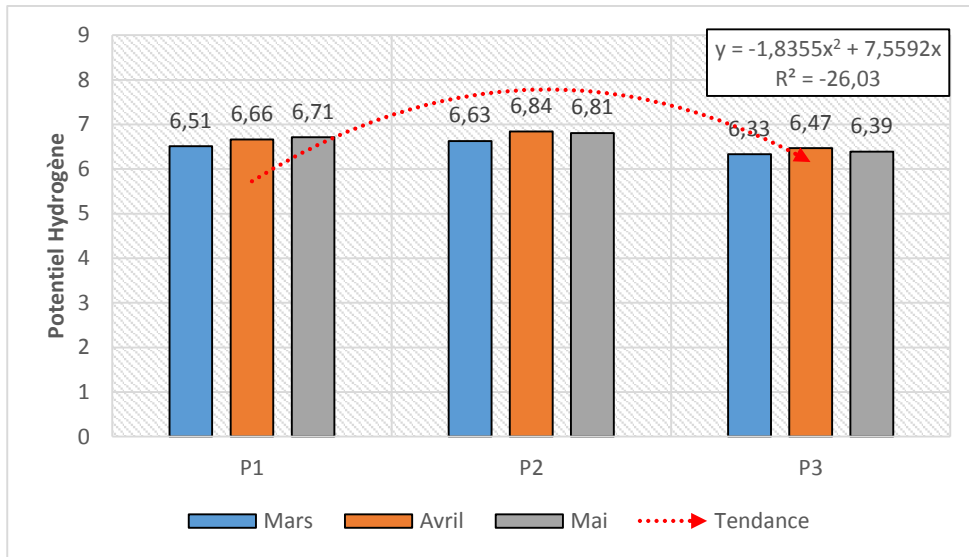


Figure 05 : Evolution des teneurs de pH sur le premier axe (amont-aval).

Les valeurs du pH obtenues présentées dans la (Figure. 05), sont compris dans la limite de la référence qui varie entre (< 3,7 et 8,9 >). Ces valeurs oscillent de 6,33 à 6,84 sachant qu'ils se rapprochent et il n'existe pas une différence significative enregistrée.

3.1.1.1.3. La conductivité électrique CE

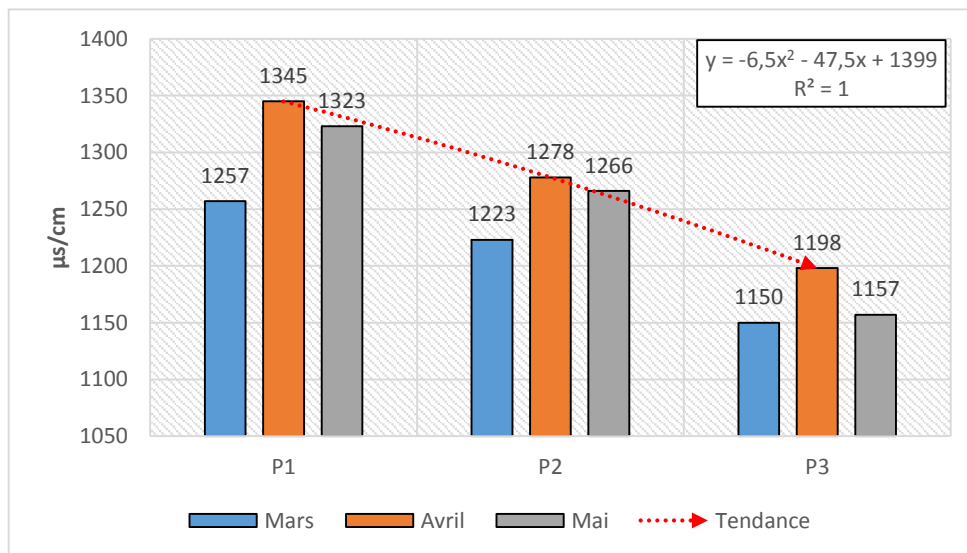


Figure 06 : Evolution des teneurs de conductivité électrique sur le premier axe (amont-aval).

Le suivi de l'évolution du CE de différents points (Figure .06) dévoile que la teneur la plus élevée en amont (P1) au mois d'Avril avec 1345 us/cm, tandis que la valeur minimale enregistré en Mars au P3 (aval) avec 1150 µS/cm. Alors que le P2 enregistre des teneurs intermédiaires.

3.1.1.1.4. L'Oxygène dissous

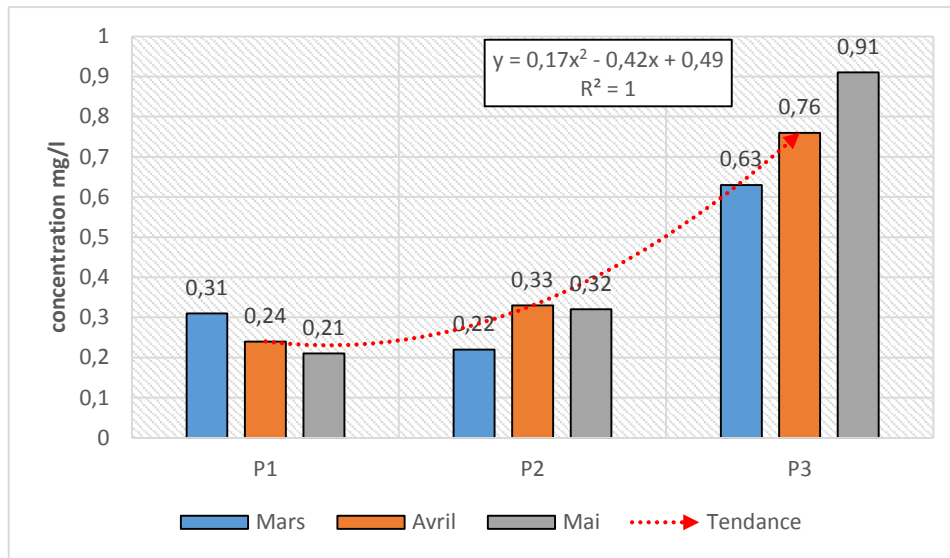


Figure 07 : Evolution des teneurs de l'oxygène dissous sur le premier axe (amont-aval).

Les teneurs en l'oxygène dissous enregistrées fluctuent entre 0,21 mg/l et 0,91 mg/l. L'oxygénation la plus importante a été enregistrée au P3 (aval) pendant le mois de Mai, soit de l'ordre de 0,91 mg/l. Par contre, P1 (l'amont) enregistre des teneurs faibles en oxygène dissous où le mois de Mai inscrit seulement : 0,21mg/l. Les valeurs enregistrées montrent que l'oxygène dissous suit une tendance d'élévation progressive tout en s'éloignant du P1 vers P3.

3.1.1.1.5. La DCO

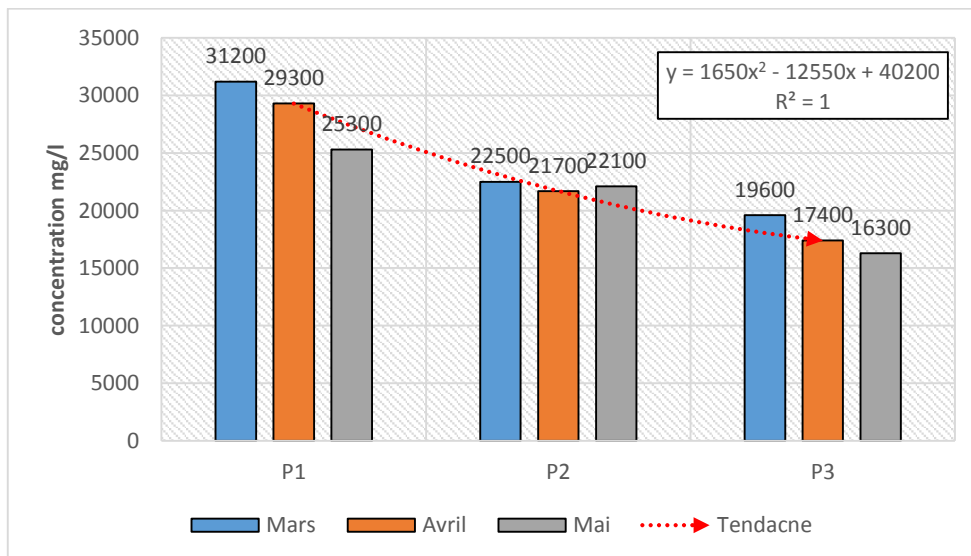


Figure 8 : Evolution des teneurs de la DCO sur le premier axe (amont-aval).

Comme la montre (Figure .8), les valeurs de la DCO enregistrées oscillent entre 16300 et 31200 mg d'O₂/l. C'est dans l'amont P1 où on enregistre les teneurs les plus élevés en touchant, 31200 mgd'O₂/l, durant les mois de Mars. Les teneurs de DCO suivent pratiquement le même comportement de diminution progressive des teneurs de P1 vers P3.

3.1.1.1.6. La DBO₅

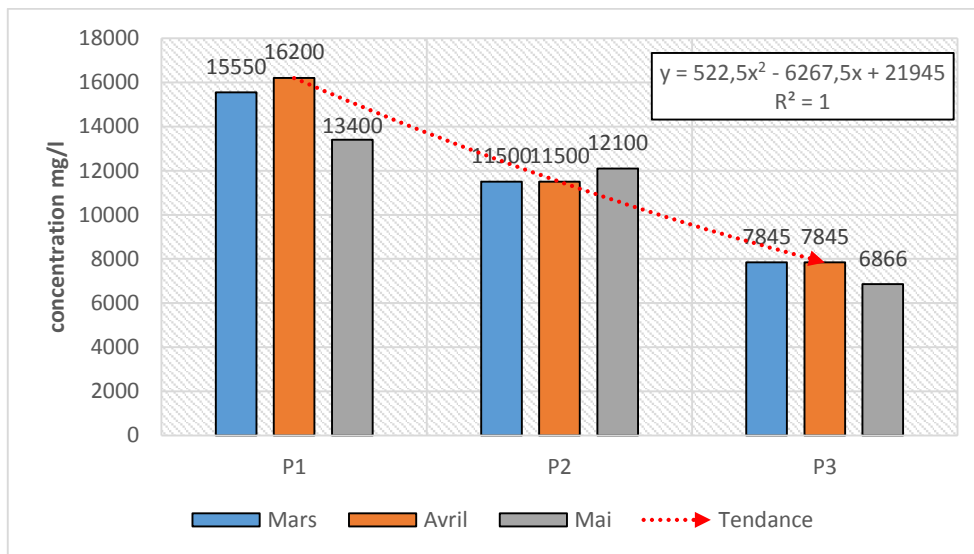


Figure 9 : Evolution des teneurs de DBO₅ sur le premier axe (amont-aval).

Les valeurs de DBO₅ observées varient de 6 866 mg d'O₂/l au niveau de (P3, Mai) à 16 200 mg d'O₂/l, au niveau de (P1, Avril), cette dernière constitue la valeur maximale de la DBO₅. Toutefois, le P2 présente des valeurs intermédiaires de l'ordre de 11 500 mgd'O₂/l.

3.1.1.1.7. Matière en suspension (MES)

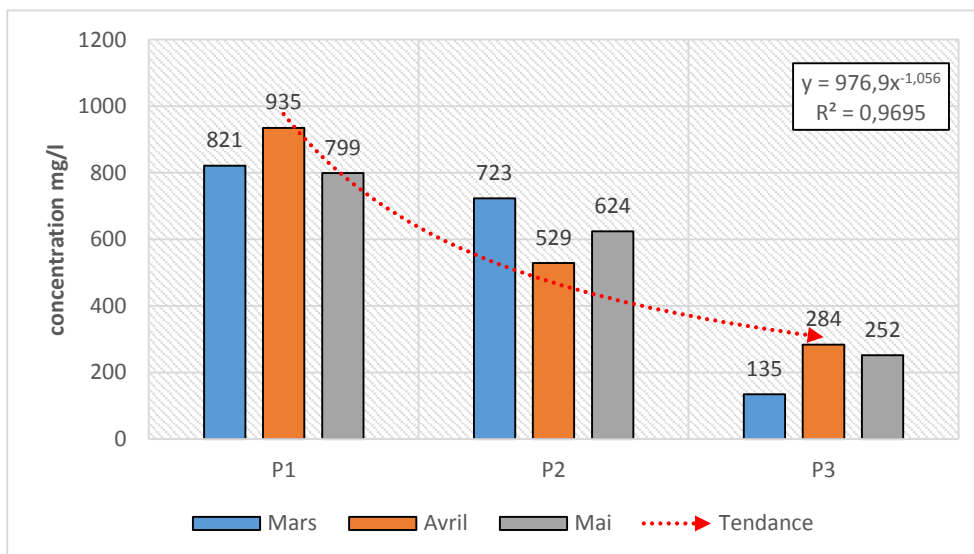


Figure 10 : Evolution des teneurs de MES sur le premier axe (amont-aval).

Les résultats enregistrés des MES oscillent entre 135 à 935 mg/l. L'amont P1 enregistre les valeurs élevées où le mois d'Avril enregistre 935 mg/l. L'aval P3 enregistre les plus basses valeurs. Néanmoins, le P2 présente des valeurs intermédiaires.

3.1.1.2. Les métaux lourds

3.1.1.2.1. Le Plomb (Pb)

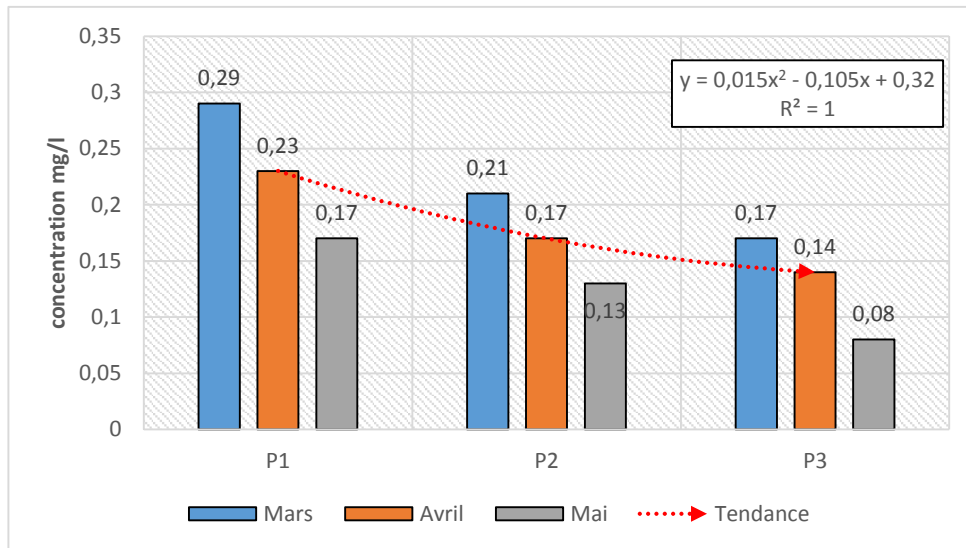


Figure 11 : Evolution des teneurs de Plomb (Pb) sur le premier axe (amont-aval).

Le Plomb (Pb) enregistre des teneurs variées oscillent entre 0,08 mg/l au (P3, Mai) à 0,29 mg/l au niveau de (P1, Mars). L'amont (P1) présente les plus fortes teneurs avec 0,29 ; 0,23 en Mars, Avril. L'aval (P3) enregistre une teneur importante au mois de Mars avec 0,17 mg/l.

3.1.1.2.2. Le Fer (Fr)

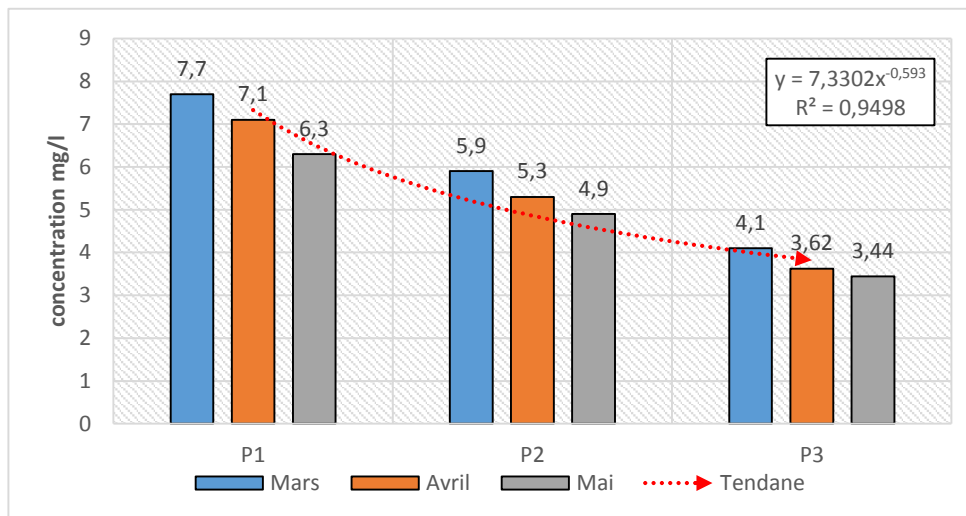


Figure 12 : Evolution des teneurs de fer (Fr) sur le premier axe (amont-aval).

Le Fer enregistre des teneurs aussi importantes oscillant entre 3,44 mg/l au (P3, Mai) à 7,7 mg/l au de (P1, Mars). L'amont (P1) présente perpétuellement les plus fortes teneurs avec 7,7 mg/l. L'aval (P3) enregistre les plus faibles teneurs de l'ordre de 4 mg/l. Alors que, le P2 enregistre des teneurs de l'ordre de 5 mg/l.

3.1.1.2.3. Le Zinc (Zn)

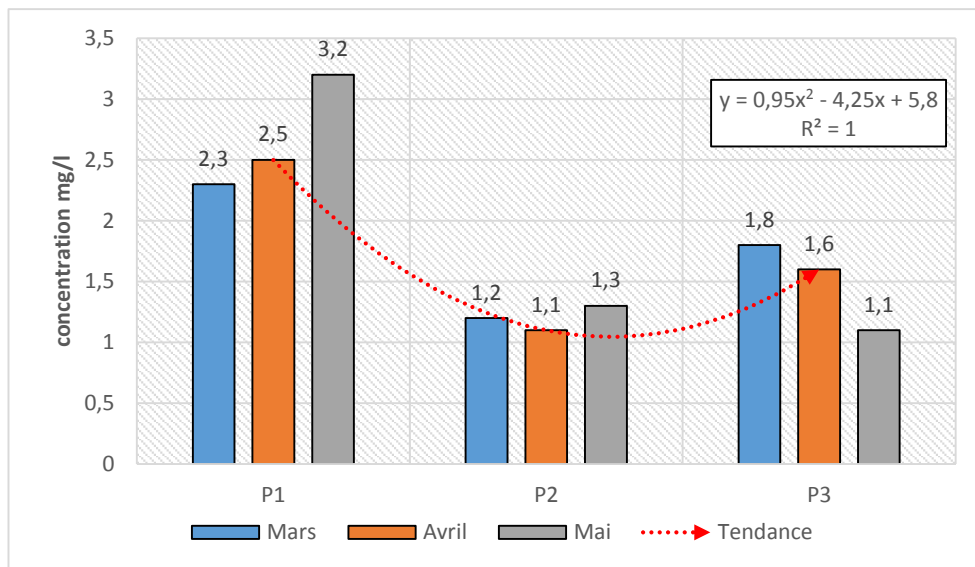


Figure 13 : Evolution des teneurs de zinc (Zn) sur le premier axe (amont-aval).

La figure ci-dessus montre des teneurs aussi faibles dans l'ensemble des points avec un intervalle de 1,1 à 3,2 mg/l, cette dernière est enregistrée en amont (P1) pendant le mois de Mai tandis que tous les autres résultats figurent de l'ordre de 1 mg/l, (P2, P3)

3.1.1.2.4. Le Nickel (Ni)

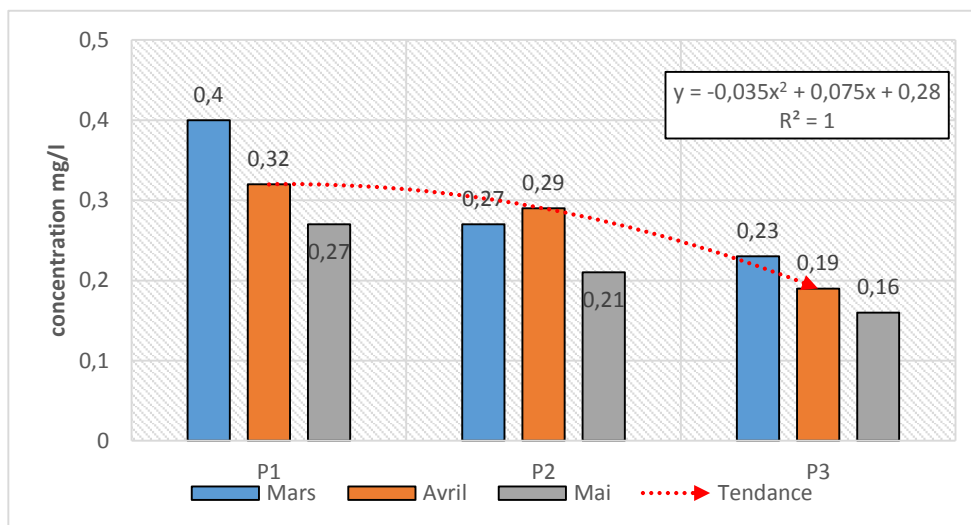


Figure 14 : Evolution des teneurs de Nickel (Ni) sur le premier axe (amont-aval).

Le Nickel (Ni) enregistre de faibles teneurs oscillent entre 0,16 mg/l en (P3, Mai) à 0,4 mg/l au (P1, Mars). Alors que, le P2 enregistre des teneurs intermédiaires de l'ordre de 0,2 mg/l.

3.1.1.2.5. Le Cadmium (Cd)

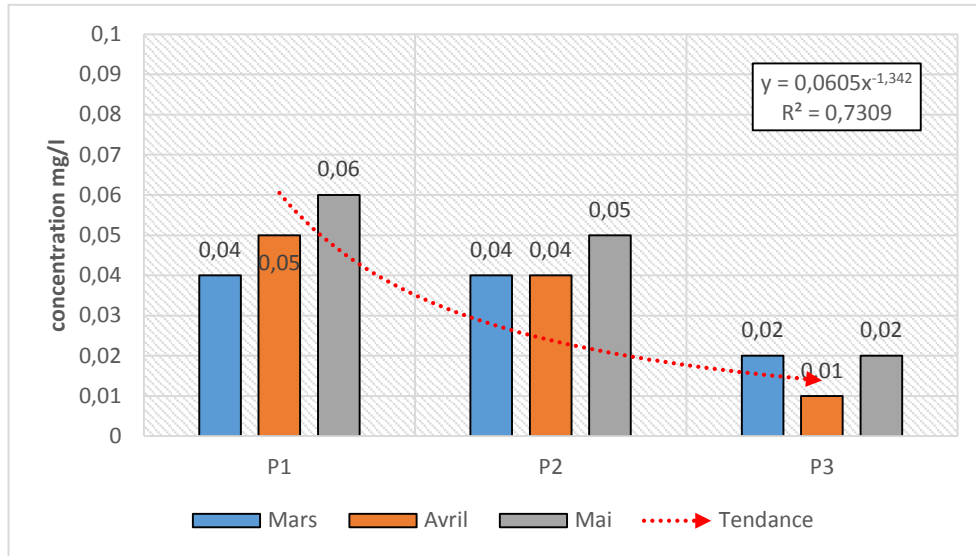


Figure 15 : Evolution des teneurs de Cadmium (Cd) sur le premier axe (amont-aval).

Le Cadmium (Cd) enregistre des teneurs très faible dans l'ensemble des points oscillent entre 0,04 mg/l à 0,06 mg/l aux P1 et P2 ; Et 0,02 mg/l au P3.

3.1.1.3. Les sels minéraux

3.1.1.3.1. Le Sodium (Na⁺)

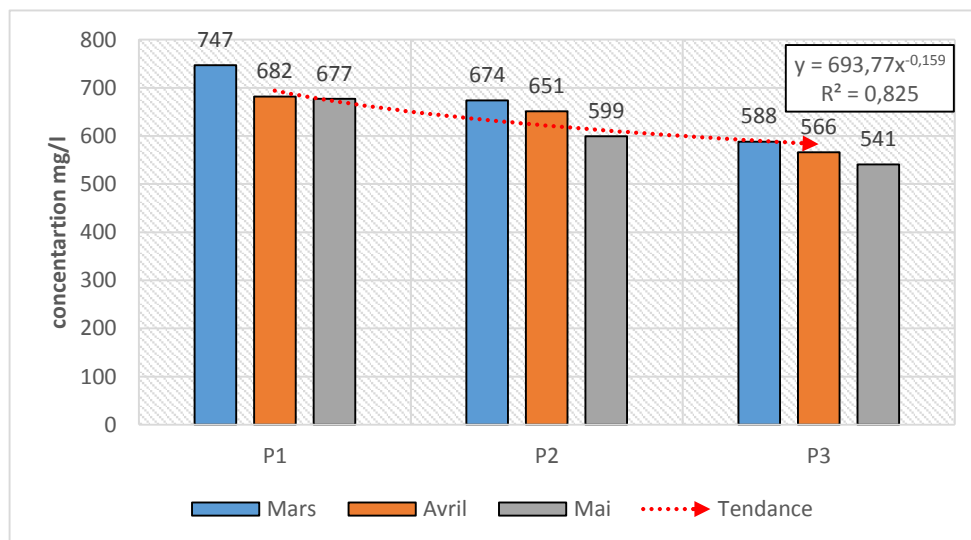


Figure 16 : Evolution des teneurs de Sodium (Na⁺) sur le premier axe (amont-aval).

Le Sodium (Na^+) enregistre des teneurs importantes qui s'étalent de 541 à 747 mg/l. L'amont (P1) constitue la source principale des fortes concentrations touchant les 747 mg/l au mois de Mars. L'aval (P3) enregistre des teneurs de l'ordre 500 mg/l. Tandis que le P2 enregistre des teneurs intermédiaires.

3.1.1.3.2. Le Potassium (K^+)

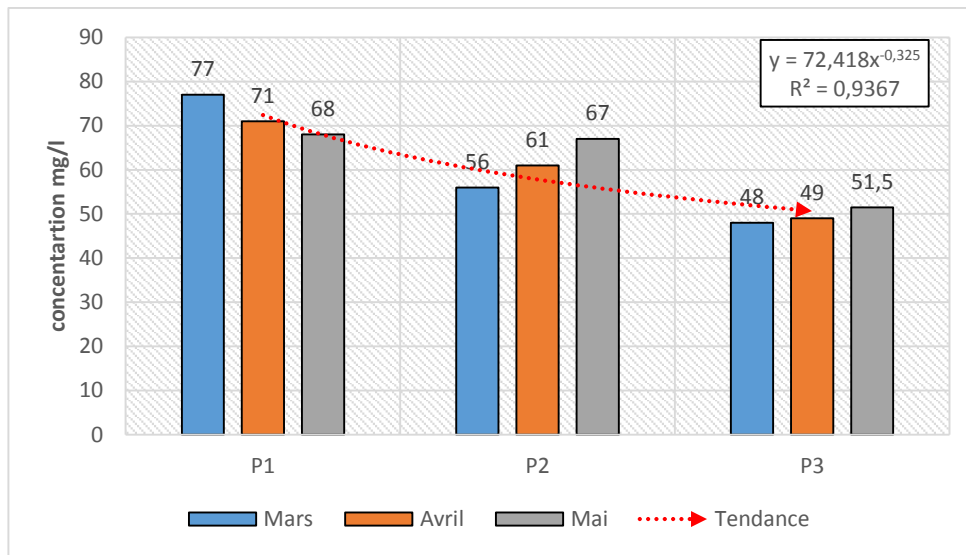


Figure 17 : Evolution des teneurs de Potassium (K^+) sur le premier axe (amont-aval).

Le Potassium (K^+) enregistre des teneurs différents, où l'amont (P1) affiche les concentrations les plus élevées en touchant les 78 mg/l. Tandis que, l'aval (P3) inscrit les plus faibles teneurs atteignant 48 mg/l pendant le mois de Mars.

3.1.1.3.3. Le Calcium (Ca^{2+})

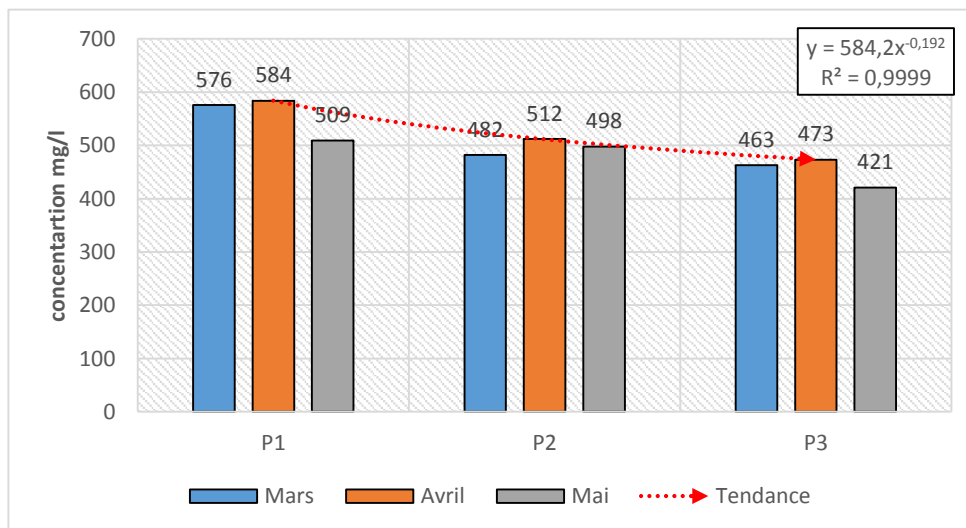


Figure 18 : Evolution des teneurs de Calcium (Ca^{2+}) sur le premier axe (amont-aval).

Le Calcium (Ca^{2+}) enregistre des teneurs minimales et maximales qui s'étalent respectivement de 421 mg/L (P3, Mai) à 584 mg/l (P1, Avril). L'amont (P1) présente les concentrations les plus élevés. L'aval (P3) enregistre les plus faibles teneurs.

3.1.1.3.4. Le Magnésium (Mg^{2+})

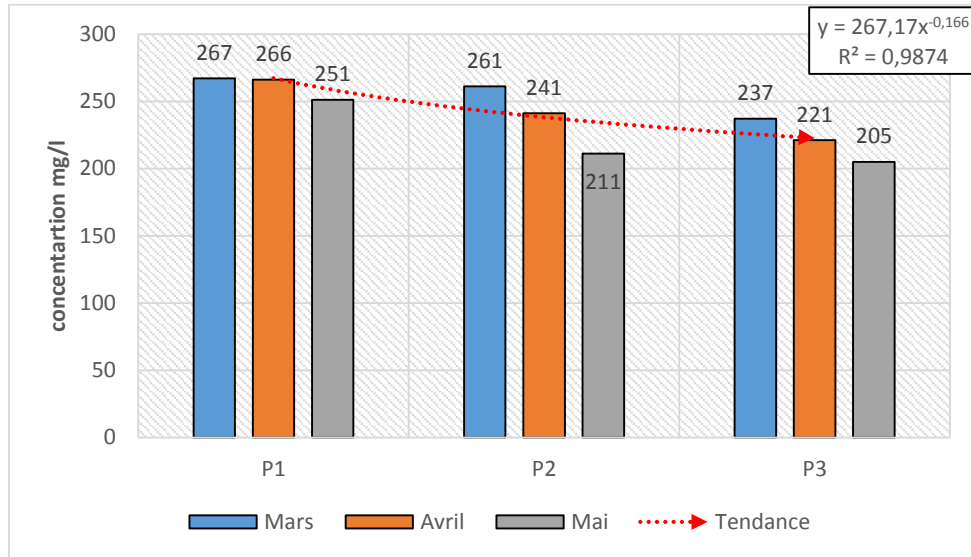


Figure 19 : Evolution des teneurs de Magnésium sur le premier axe (amont-aval).

Le Magnésium (Mg^{2+}) enregistre des teneurs balançant de 205 à 267 mg/l. L'amont (P1) illustre les concentrations les plus élevés atténuant 267 mg/l au mois de Mars. L'aval (P3) enregistre des teneurs de l'ordre de 237 mg/l.

3.1.1.3.5. Le Chlore (Cl^-)

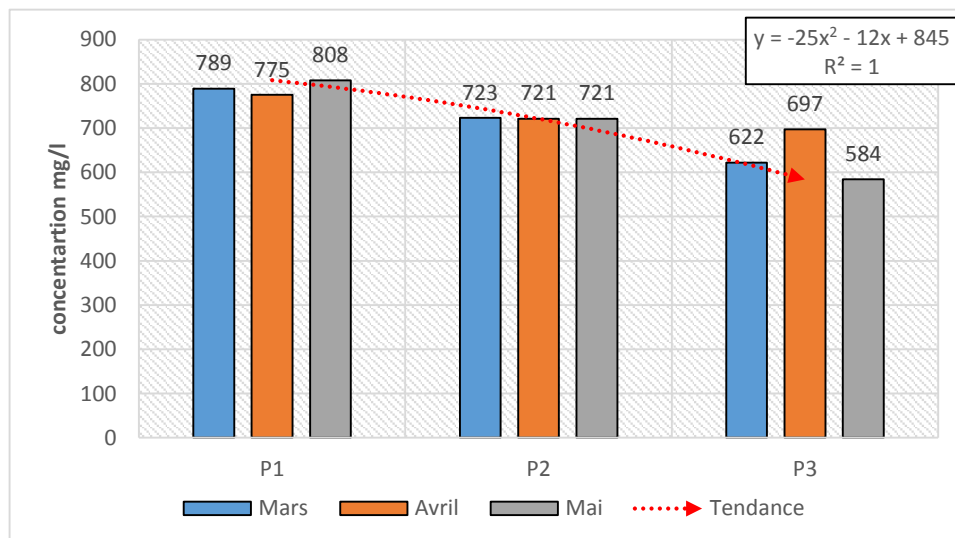


Figure 20 : Evolution des teneurs de Chlore (Cl^-) sur le premier axe (amont-aval).

Le chlore (Cl^-) enregistre des teneurs maximales au P1 (l'amont) qui touche 808 mg/l au mois de Mai. L'aval P3 enregistre des teneurs minimales avec 584 mg/l respectivement pour le mois de Mai. Le P2 enregistre des teneurs intermédiaires entre P1 et P3.

3.1.1.3.6. Les Sulfates (SO_4^-)

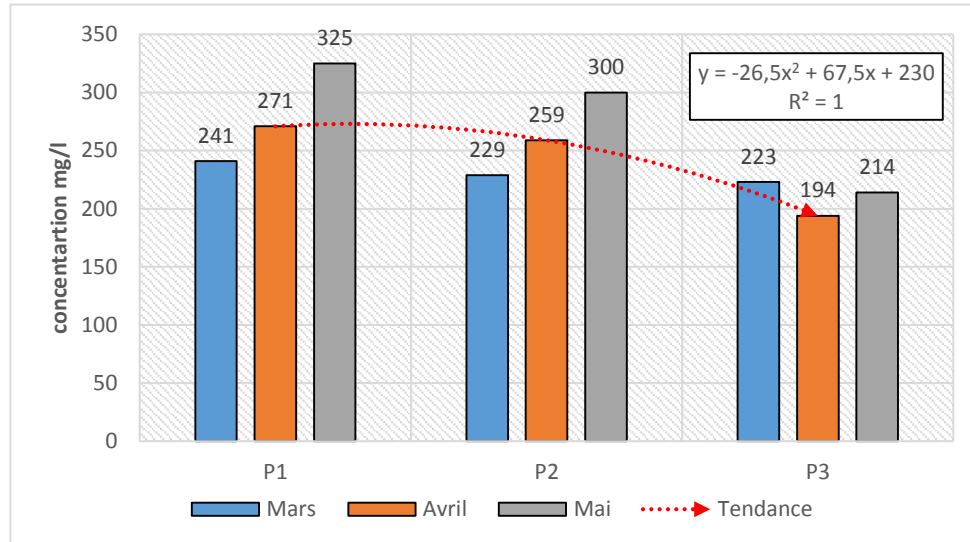


Figure 21 : Evolution des teneurs de Sulfate (SO_4^-) sur le premier axe (amont-aval).

Le Sulfate (SO_4^-) enregistre des teneurs qui s'étalent de 194 mg/l au niveau de (P3, Avril) à 325 mg/l au niveau de (P1, Mai). L'amont (P1) affiche les concentrations les plus élevées avec 325 mg/l pendant le mois de Mai. Tandis que, L'aval (P3) enregistre les plus faibles teneurs avec 194 mg/l respectivement pour les mois d'Avril.

3.1.2. Les paramètres Bactériologique

La caractérisation bactériologique concerne principalement la recherche et le dénombrement de certains germes, rappelant que les germes recherchés durant cette étude sont : Les Coliformes totaux ; les coliformes fécaux et les Streptocoque Fécaux.

3.1.2.1. Les Coliformes totaux

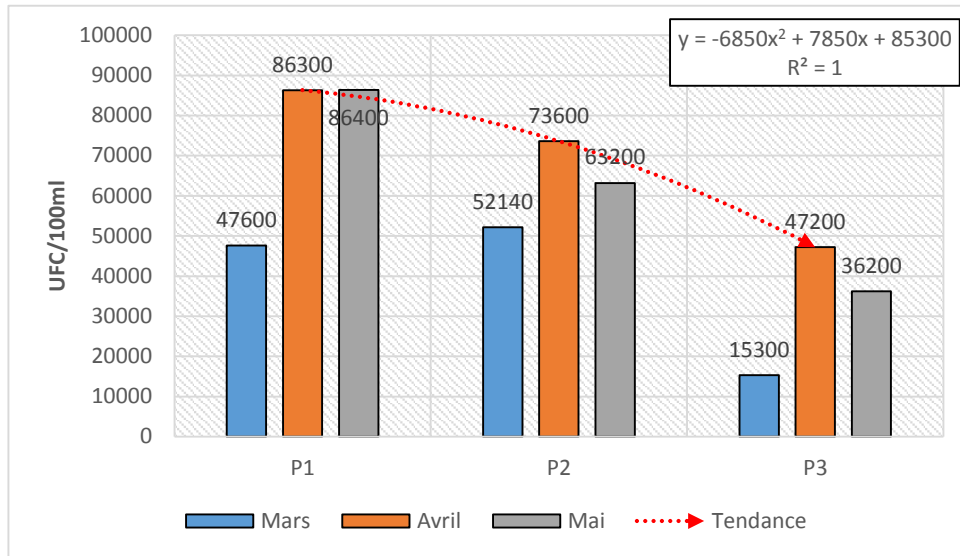


Figure 22 : Variations des Coliformes totaux présents sur le premier axe (amont-aval).

Les Coliformes totaux enregistrent une fluctuation marquante durant cette caractérisation où, les teneurs oscillent entre 15 300 à 86 400 UFC/100 ml. L'amont (P1) affiche les concentrations les plus élevées touchant les 86 300 UFC/100 ml respectivement pour le mois de Avril. Tandis que, L'aval (P3) enregistre les plus faibles teneurs arrivant à 15 300 mg/l pendant le mois de Mars, Avril et Mai.

3.1.2.2. Coliformes fécaux

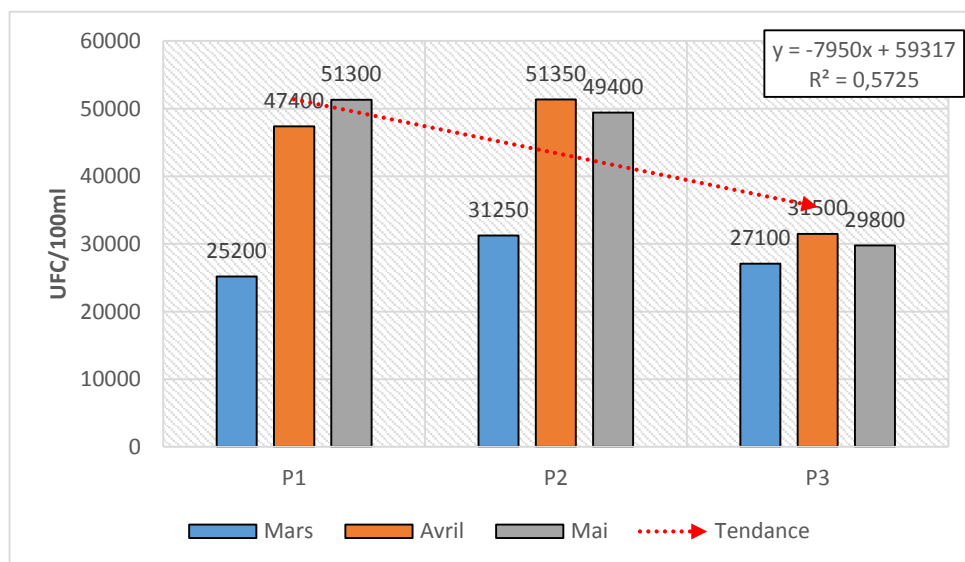


Figure 23 : Variations des Coliformes fécaux présents sur le premier axe (amont-aval).

A l'image des Coliformes T., les Coliformes F. enregistrent une fluctuation marquante oscillant entre 25 200 à 51 350 UFC/100 ml. L'amont (P1) affiche les concentrations les plus élevés avec 51 300 UFC/100 ml au mois de Mars. Tandis que, L'aval (P3) enregistre les plus faibles teneurs avec 27100 mg/l (Mars). Tandis que, P2 affiche des teneurs proches du P1.

3.1.2.3. Streptocoques fécaux

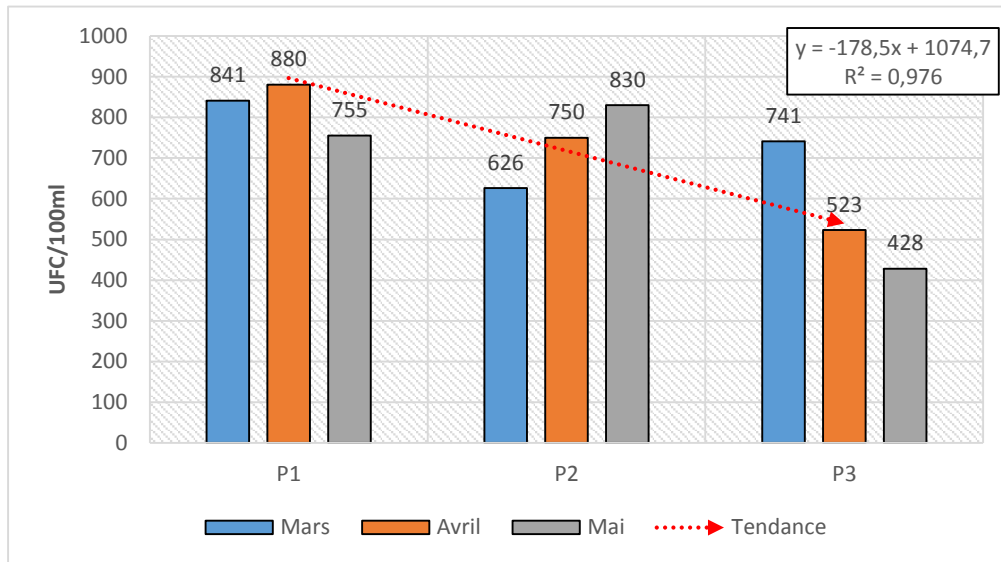


Figure 24 : Variations des Streptocoques fécaux présents sur le premier axe (amont-aval).

Le dénombrement des Streptocoques Fécaux montre que leur nombre varie d'un mois à l'autre et d'un point à l'autre. L'amont (P1) affiche les concentrations les plus élevées touchant 880 UFC/100 ml au mois d'Avril. L'aval (P3) enregistre les plus faibles teneurs fluctuant entre 428 à 741mg/l respectivement pour les mois de Mars, Avril et Mai. Tandis que le P2 enregistre des concentrations aussi importantes voire 830 UFC/100 pendant le mois de Mai.

3.2. Deuxième partie : l'impact en aval (les eaux d'Oued Seybouse)

3.2.1. Les paramètres physicochimiques

3.2.1.1. Les paramètres organiques

3.2.1.1.1. La Turbidité

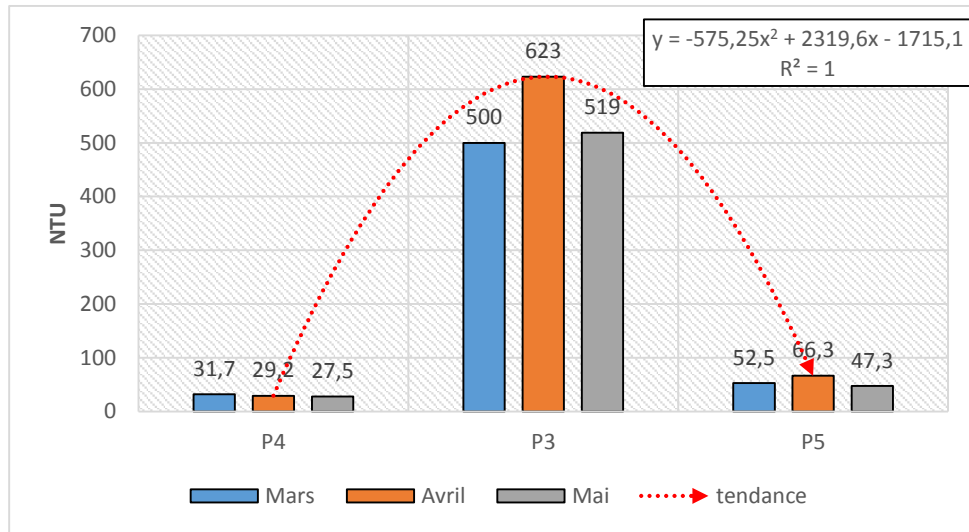


Figure 25 : Evolution des teneurs de la Turbidité sur le deuxième axe (Oued Seybouse).

La Turbidité enregistre des teneurs distincts, d'un point à l'autre et d'un mois à l'autre. Le P4 constitue le point qui précède l'aval (c'est-à-dire les eaux d'oued Seybouse avant le contact avec les lixiviats) enregistre de faibles concentrations varie de 27,5 à 31,7 mg/l. Le P3 ou l'aval enregistre les teneurs les plus importants avec 623 mg/l au mois d'Avril. Le P5 enregistre les concentrations qui varie de 47,3 à 66,3 mg/l.

3.2.1.1.2. Le pH

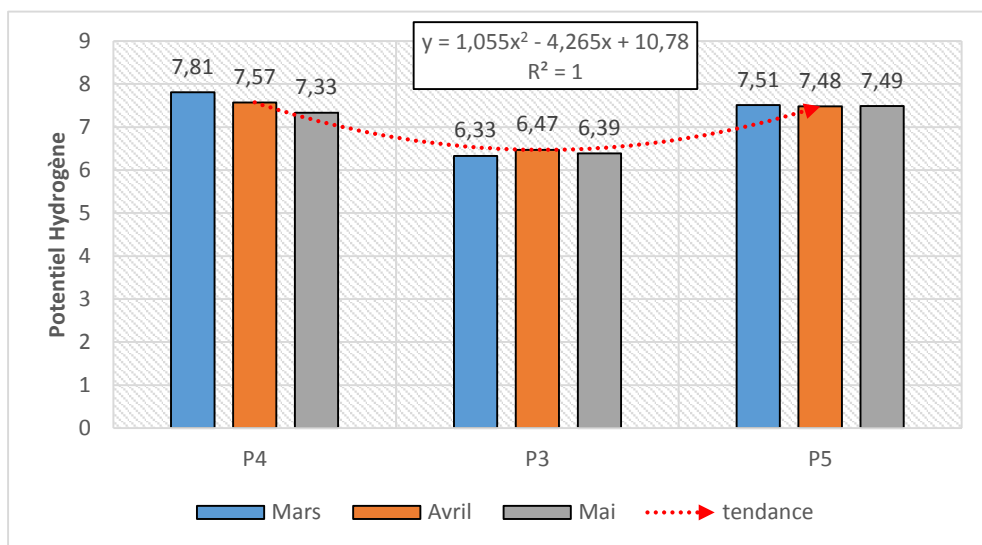


Figure 26 : Evolution des teneurs de PH sur le deuxième axe (Oued Seybouse).

Le pH enregistre différents teneurs durant la période d'étude. Un pH neutre de l'ordre de 7 aux P4 et P5, tandis qu'au P3 tend vers l'acidité en enregistrant des teneurs de l'ordre de 6,3.

3.2.1.1.3. La Conductivité électrique

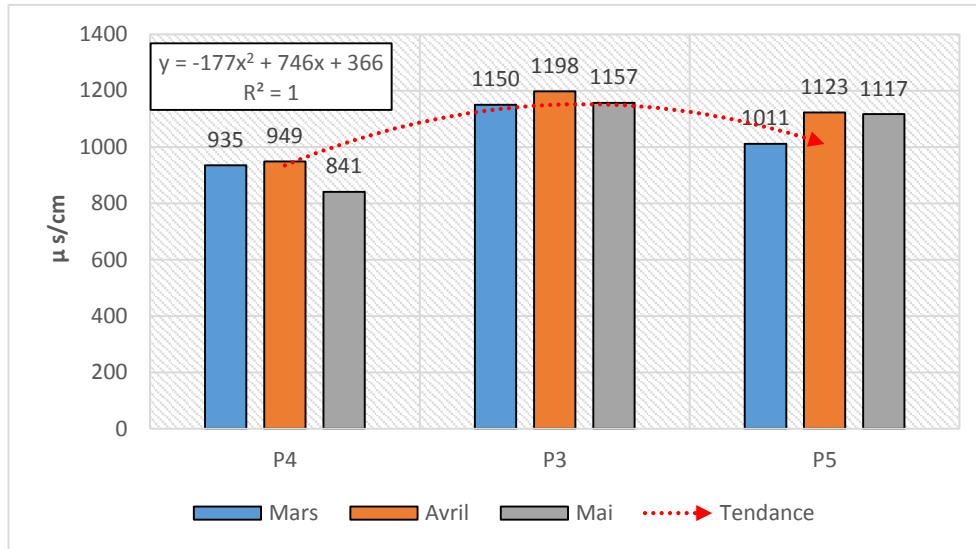


Figure 27 : Evolution des teneurs de La CE sur le deuxième axe (Oued Seybouse).

La Conductivité électrique enregistre des teneurs très importantes dans les différents points. Le P4 enregistre des concentrations élevées avec 949 µS/cm pour les mois d'Avril. Le P3 ou l'aval enregistre des teneurs élevés de l'ordre de : 1 150 µS/cm, Tandis que, Le P5 enregistre des concentrations de l'ordre de : 1 117 µS/cm.

3.2.1.1.4. L'Oxygène dissous

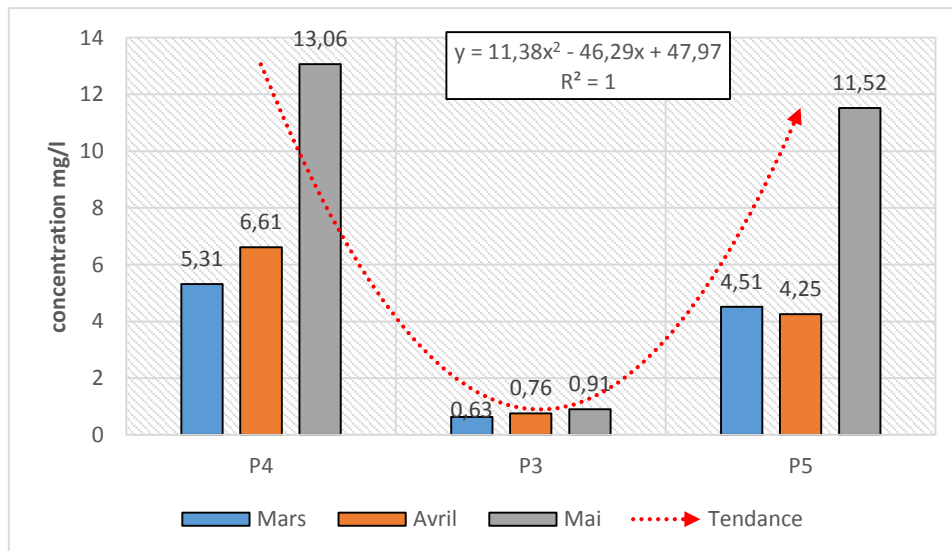


Figure 28 : Evolution des teneurs d'Oxygène dissous au deuxième axe (Oued Seybouse).

L'Oxygène dissous est un paramètre de pollution très important. Où, le P4 ou les eaux d'Oued Seybouse paraît bien oxygéné et enregistre des concentrations importantes arrivant à

13,06 mg/l au mois de Mai. Le P3 enregistre de très faibles teneurs arrivant à 0,63 mg/l (mois de Mars). Au niveau de P5 les concentrations sont moins accentuées que celles enregistrées au P4.

3.2.1.1.5. La DCO

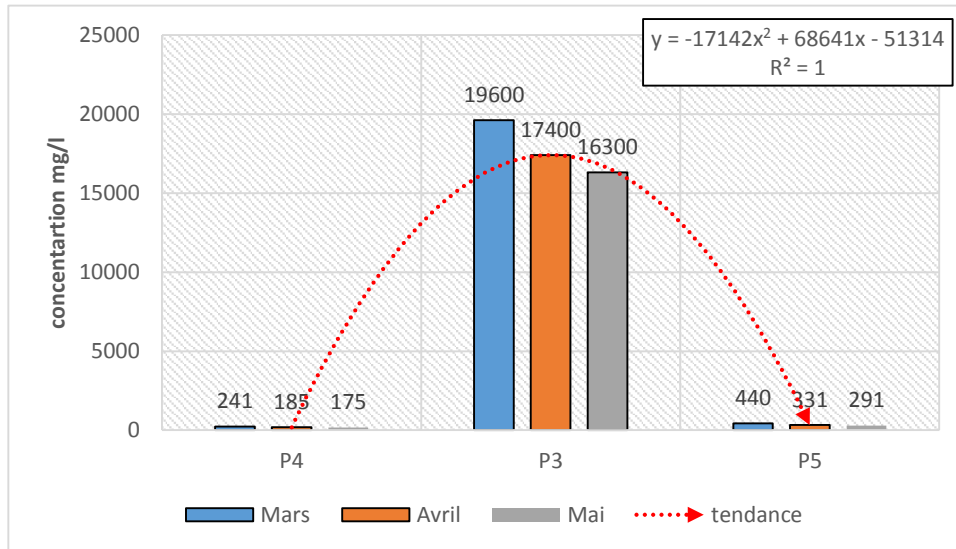


Figure 29 : Evolution de la DCO sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).

La DCO est un paramètre de pollution organique, très répondeu. La distribution des concentrations parait très significative. Les valeurs enregistrées aux P4 et P5 paraissent très faibles et ne dépassent pas les 440 mg d'O₂/l. Et c'est au niveau de l'aval (P3) où, on enregistre les teneurs les plus élevés avec 19 600 mg d'O₂/l, durant le mois de Mars.

3.2.1.1.6. La DBO₅

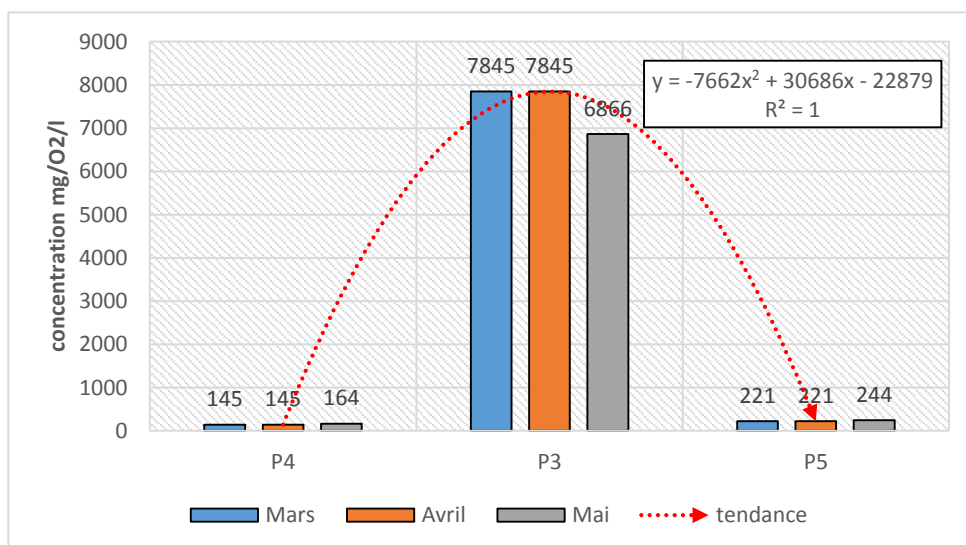


Figure 30 : Evolution de la DBO₅ sur le deuxième axe (Oued Seybouse).

La DBO₅ s'illustre parmi les paramètres de pollution organique les plus recherchés. A l'égard de la DCO, la distribution des concentrations parait très significative. C'est au niveau de l'aval où, l'on enregistre les teneurs significatifs de l'ordre de 7845 mg d'O₂/l. Cependant, le P4 et le P5 affichent des teneurs minimales qui ne dépassent pas les 250 mg d'O₂/l.

3.2.1.1.7. Matière en suspension (MES)

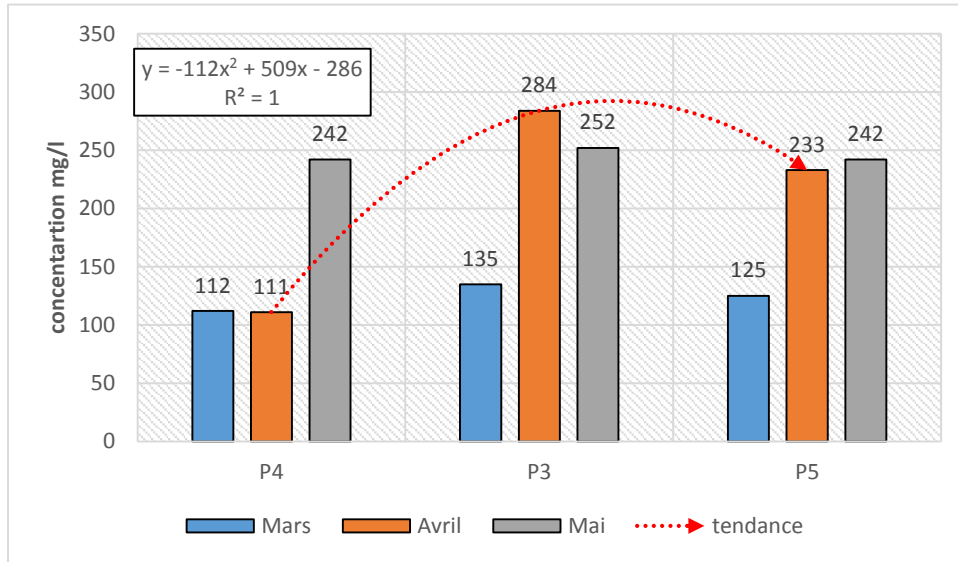


Figure 31 : Evolution de la MES sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).

Les MES inscrivent des teneurs significatifs, pour les trois points et les trois mois et témoigne d'une omniprésence avec des concentrations importantes oscillant de 111 à 282 mg/l.

3.2.1.2. Les métaux lourds

3.2.1.2.1. Le Plomb (Pb)

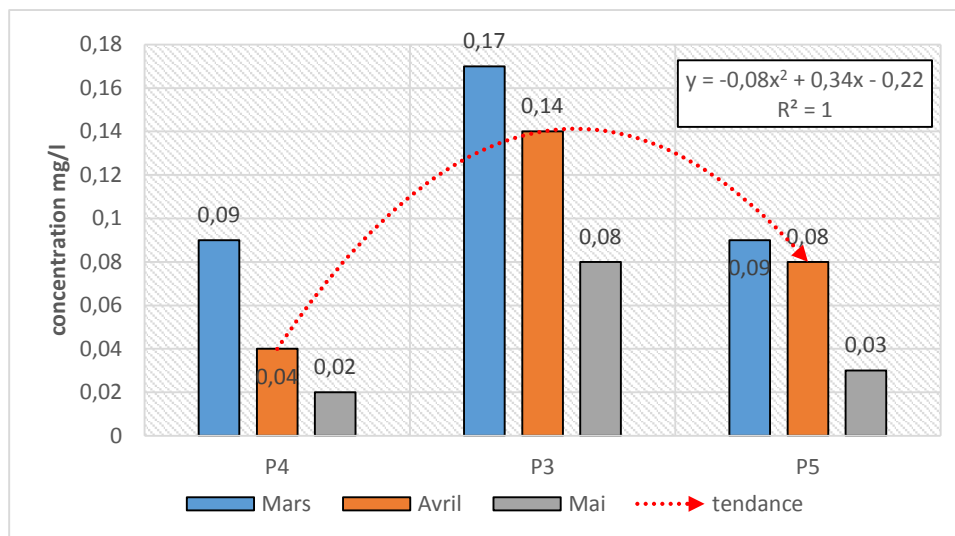


Figure 32 : Evolution du Plomb (Pb) sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).

Le (Pb) figure parmi les métaux les plus recherchés aux études d'impacts environnementaux. Le P3 enregistre deux teneurs significatives avec : 0,17 ; 0,14 mg/l (Mars et Avril). Alors que, le P4 et P5 enregistrent de faibles teneurs oscillant de 0,03 à 0,09 mg/l.

3.2.1.2.2. Le Fer (Fr)

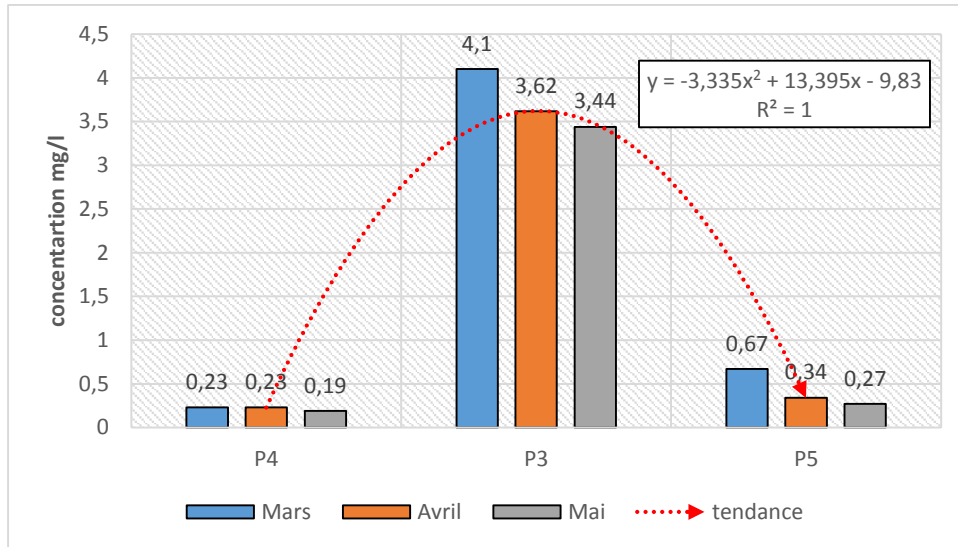


Figure 33 : Evolution du Fer (Fr) sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).

Le Fer est présent dans les eaux d'Oued Seybouse, où le point (P4) témoigne de l'existence du (Fr) avant le contact avec les lixiviats, avec des concentrations aussi importantes de l'ordre de 0,23 mg/l. L'aval (P3) enregistre les plus fortes teneurs de l'ordre de : 4 mg/l. Enfin, le (P5) enregistre des teneurs très importantes touchant : 0,64 mg/l au mois de Mars.

3.2.1.2.3. Le Zinc (Zn)

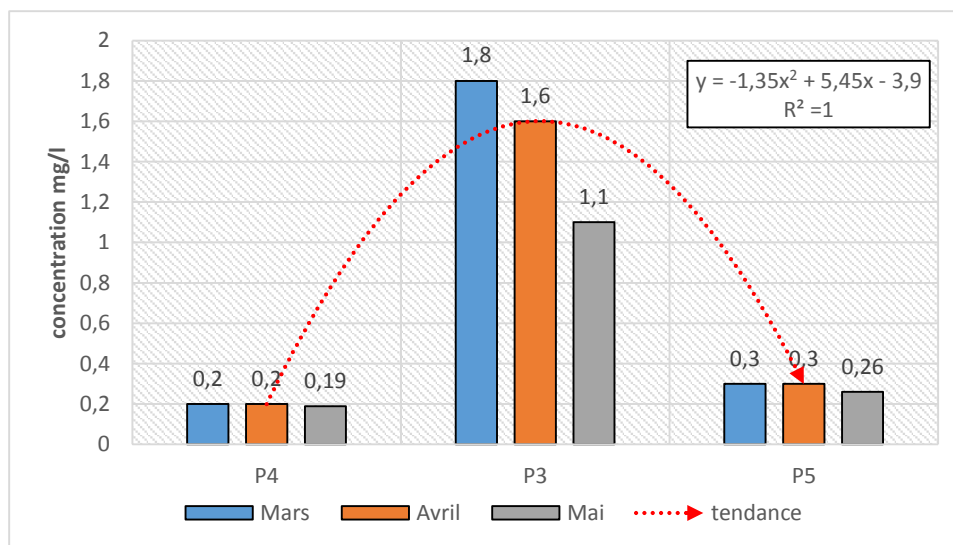


Figure 34 : Evolution du Zinc (Zn) sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).

Le Zinc (Zn) est présent dans les eaux d'Oued Seybouse Cette existence s'affiche avec des concentrations de l'ordre de : 0,20 mg/l. L'aval P3 enregistre les teneurs les plus importantes en affichant au mois de Mars1, 80 mg/l. Le P5 enregistre des teneurs de l'ordre de 0,30 mg/l.

3.2.1.2.4. Le Nickel (Ni)

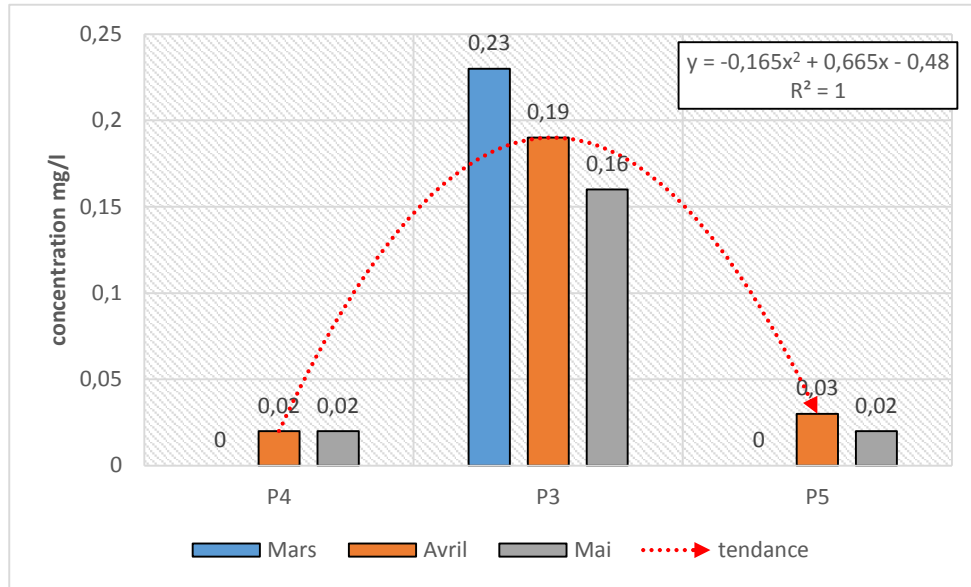


Figure 35 : Evolution du Nickel (Ni) sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).

Pour la première fois, durant cette caractérisation, on enregistre une concentration nulle au niveau des points (P4) et (P5) ou trace. Le P3 demeure la source des plus fortes concentrations, où l'on enregistre : 0,23 mg/l au mois de Mars.

3.2.1.2.5. Le Cadmium (Cd)

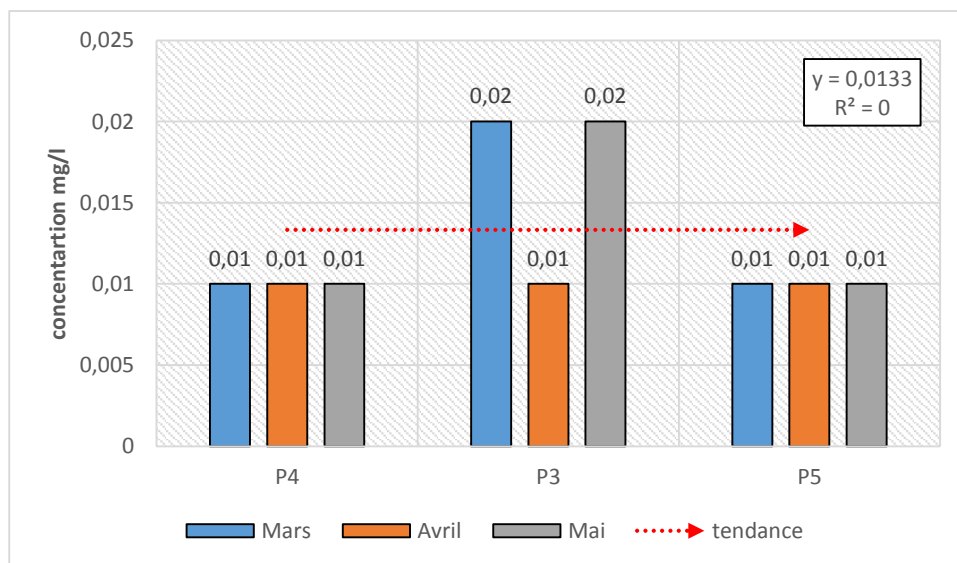


Figure 36 : Evolution du Cadmium (Cd) sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).

Le Cadmium demeure le plus cité dans les études d'impacts environnementaux. Les résultats obtenus illustrent ce qui suit : A part les mois de Mars et Mai au P3 qui ont enregistré 0,02 mg/l, tous les autres points ont enregistré une concentration de l'ordre de 0,01 mg/l.

3.2.1.3. Les sels minéraux

3.2.1.3.1. Le Sodium (Na^+)

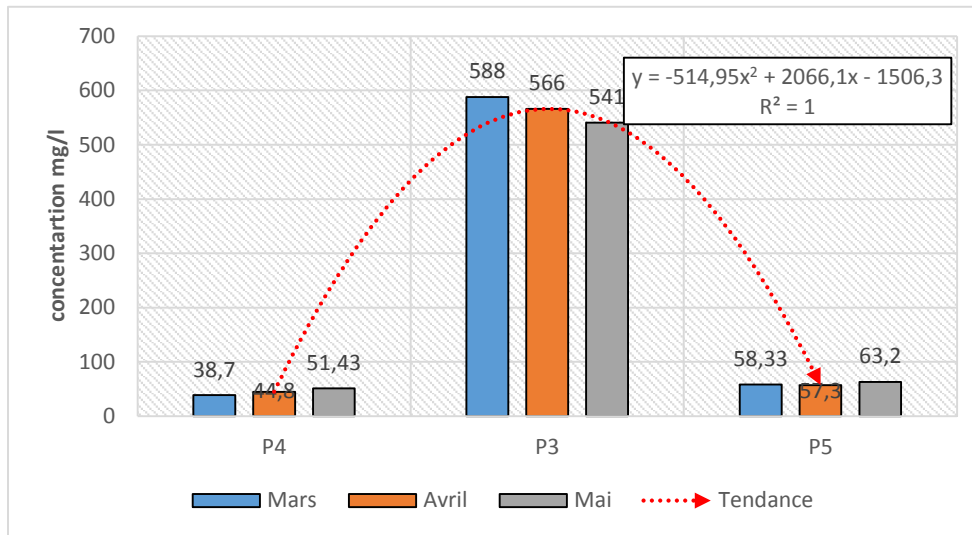


Figure 39 : Evolution de teneurs de Sodium (Na^+) sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).

Le Sodium (Na^+) affiche des teneurs aussi importantes en aval P3, atteignant 588 mg/l au mois de Mars. Le P4 enregistre déjà d'importantes concentrations avant même le contact avec les lixiviats, avec des teneurs de l'ordre de 44,5 mg/l. Le P5 enregistre des concentrations importantes aussi avec 57,30 mg/l en moyenne.

3.2.1.3.2. Le Potassium (K⁺)

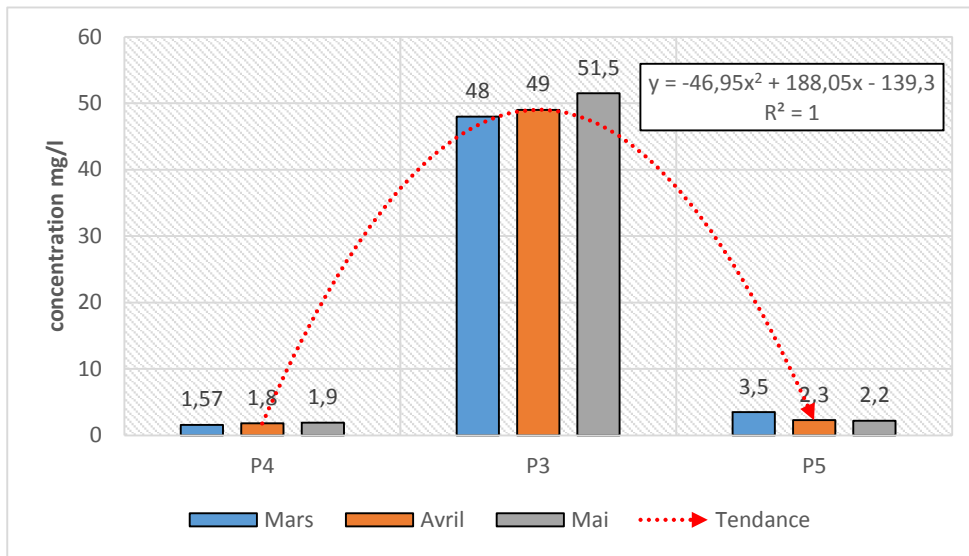


Figure 38 : Evolution de Potassium (K⁺) sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).

Le Potassium (K⁺) affiche des teneurs importantes au P3, avec des concentrations de 49 mg/l en moyenne. Tandis que, le P4 et le P5 enregistrent de faibles teneurs inférieurs à 3 mg/l.

3.2.1.3.3. Le Calcium (Ca²⁺)

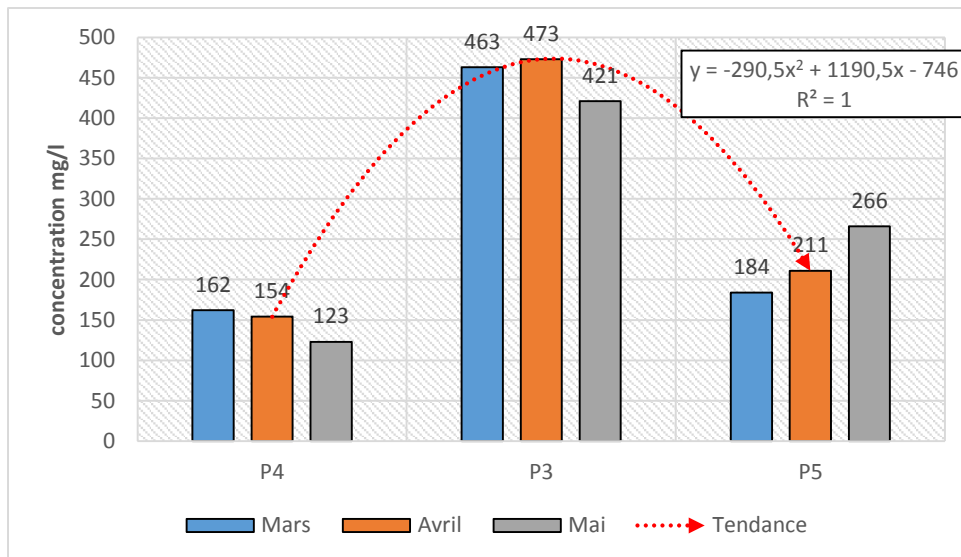


Figure 39 : Evolution de teneurs de Calcium (Ca²⁺) sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).

Le Calcium (Ca²⁺) inscrit des teneurs aussi importants dans les trois points en question : Le P3 ou l'aval enregistre des concentrations très élevées s'étalant de 421 à 473 mg/l. Le P4 enregistre des teneurs élevés aussi en atteignant 162 mg/l (Mars). Le P5 témoigne d'une concentration de 266 mg/l (Mai).

3.2.1.3.4. Le Magnésium (Mg²⁺)

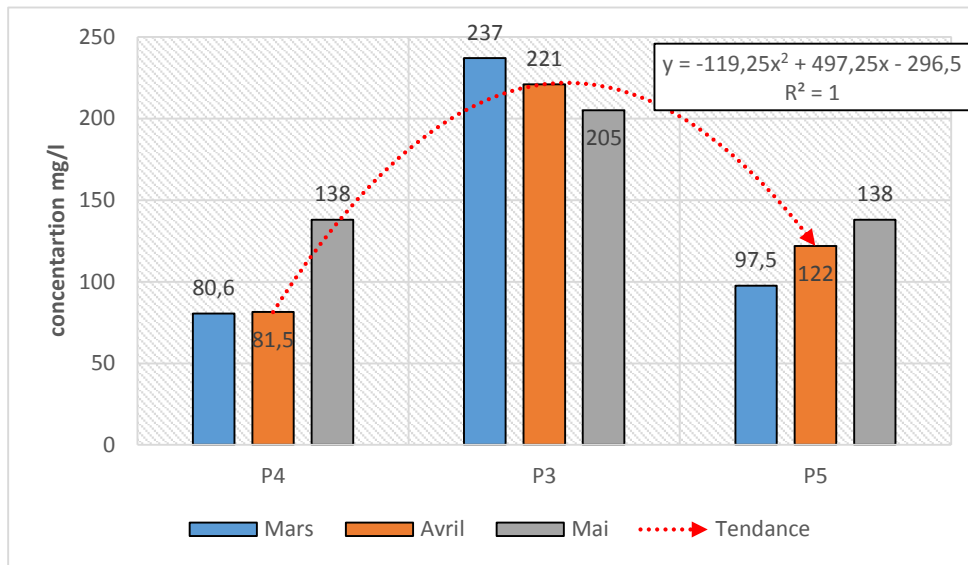


Figure 40 : Evolution du Magnésium (Mg²⁺) sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).

Le Magnésium (Mg²⁺) affiche des concentrations importantes, avant, après et en aval, où (P3) enregistre les teneurs les plus élevés avec 220 mg/l en moyenne. Le P4 enregistre d'importantes concentrations, en affichant des teneurs importantes voire 138 mg/l pour le mois Mai. Le (P5) enregistre des concentrations aussi significatives oscillant de 97,5 à 138 mg/l.

3.2.1.3.5. Le Chlore (Cl⁻)

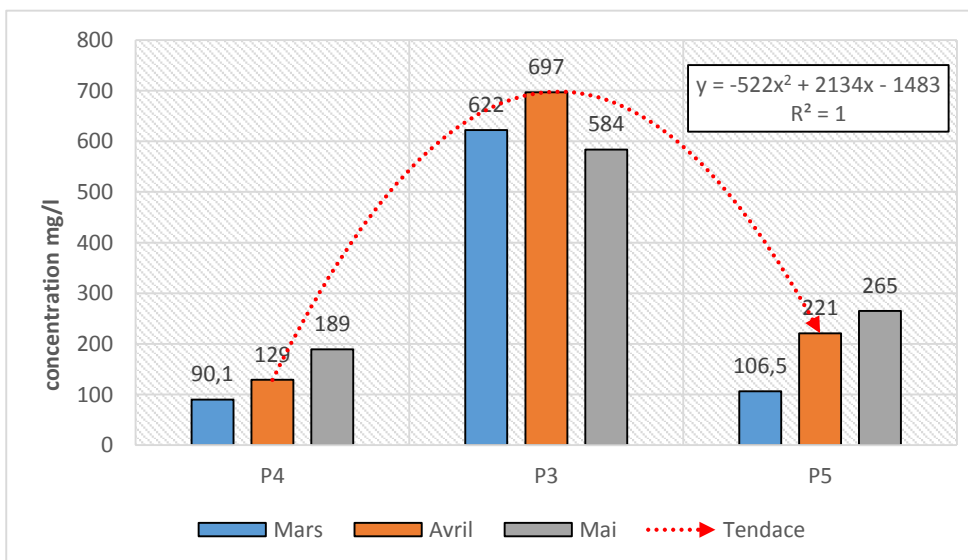


Figure 41 : Evolution de Chlore (Cl⁻) sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).

Le Chlore (Cl⁻) affiche de très fortes teneurs en aval, en enregistrant une concentration de 697 mg/l au mois d'Avril. Ainsi, Les teneurs du P5 dépassent moyennement les teneurs du P3.

3.2.1.3.6. Les Sulfates (SO₄⁻)

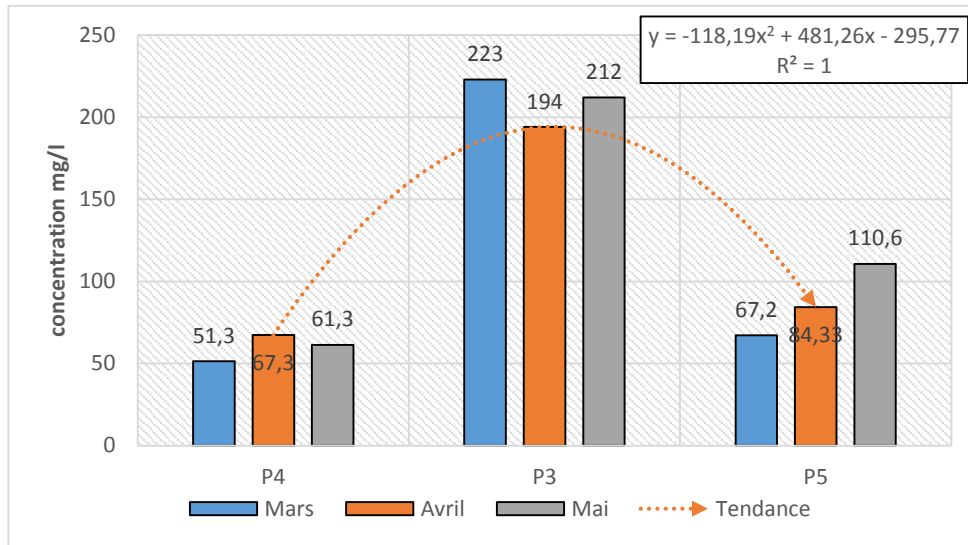


Figure 42 : Evolution des teneurs de Sulfates (SO₄⁻) sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).

Les Sulfates (SO₄⁻) affichent différentes concentrations durant cette caractérisation avant, après et en aval. Le P3 inscrit régulièrement les concentrations les plus élevés, avec les teneurs de l'ordre de 200 mg/l en moyenne pour les trois mois. Le P4 affiche les teneurs importantes arrivant à 67,30 mg/l. Le P5 atteint 110,6 mg/l pendant le mois de Mai.

3.2.2. Les paramètres Bactériologique

Les résultats obtenus de l'étude de la qualité bactériologique sur le deuxième axe (à oued Seybouse) sont présentées dans ce qui suit :

3.2.2.1. Les Coliformes totaux

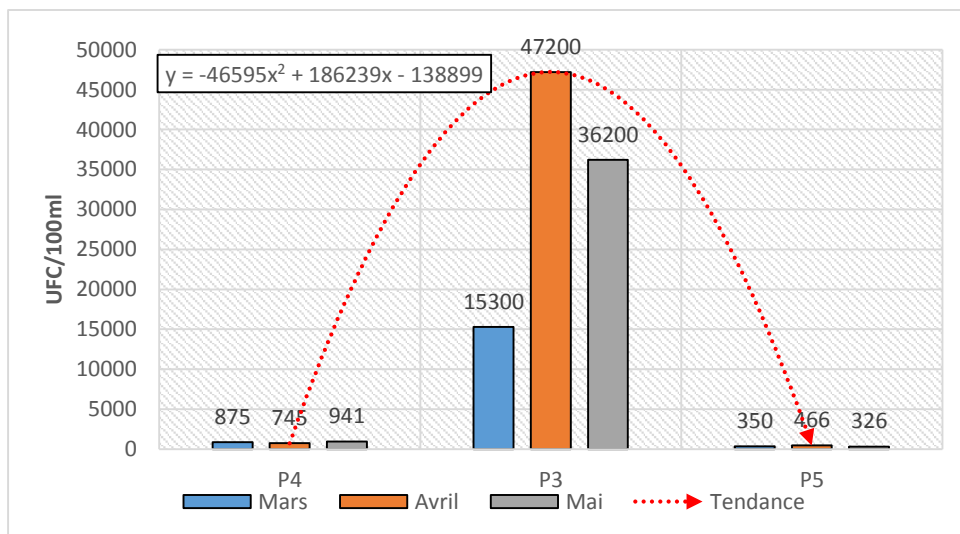


Figure 43 : Variations des Coliformes totaux sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).

D'après les résultats obtenus récapitulés dans l'illustration (Figure .43), les Coliformes Totaux enregistrent au P3 des concentrations très élevées atteignant 47 000 UFC/100 au mois d'Avril. Tandis qu'au P4 et P5 inscrit des teneurs inférieure à 900 UFC/100 ml

3.2.2.2. Coliformes fécaux

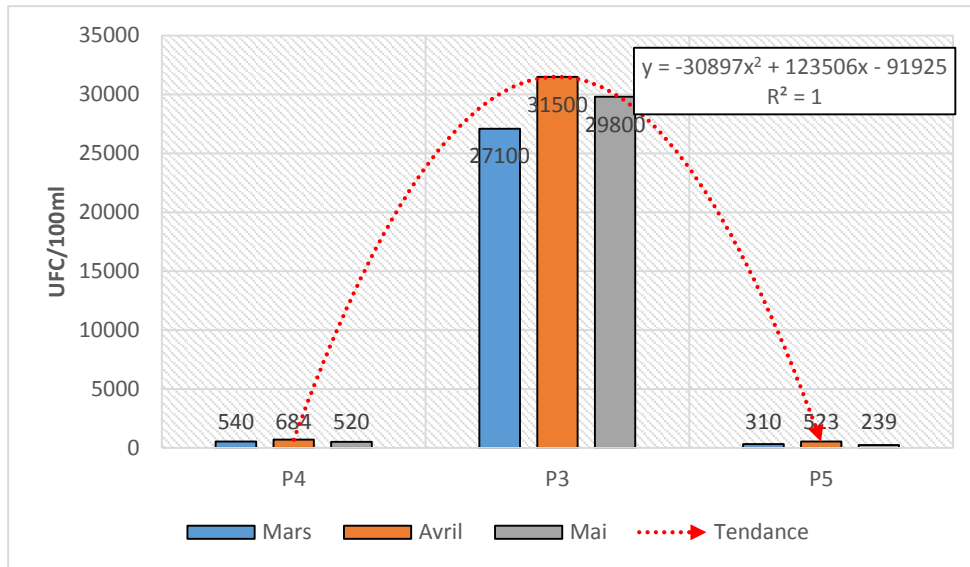


Figure 44 : Variations des Coliformes F. présents sur le deuxième axe (l'oued Seybouse).

Les résultats obtenus montrent que les Coliformes fécaux présents dans les eaux d'oued Seybouse avec des concentrations variant de 239 et 31 500 UFC/100 ml. Où, le P3 affiche les de très fortes concentrations de l'ordre de 30 000 UFC/100 ml. Tandis qu'au P4 et P5 inscrit des teneurs inférieure à 700 UFC/100 ml

3.2.2.3. Les Streptocoques fécaux

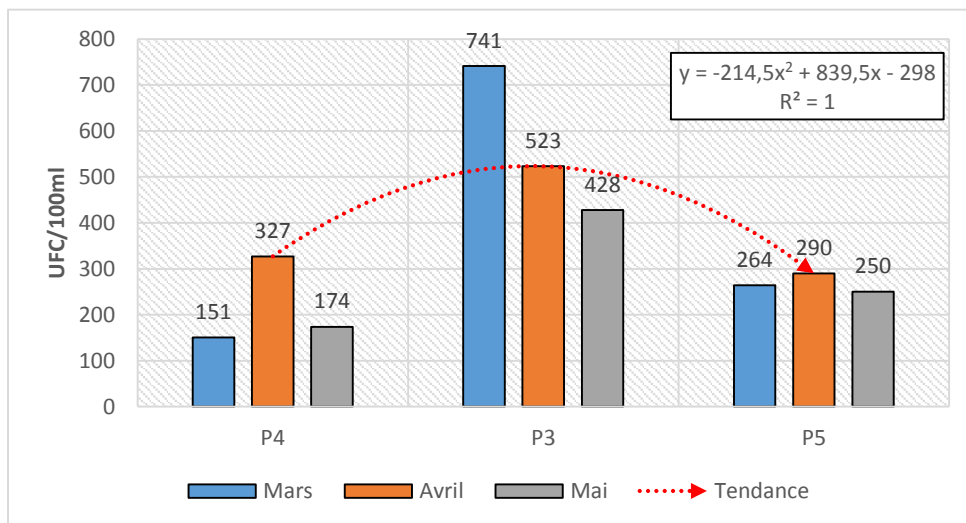


Figure 45 : Variations des Streptocoques fécaux présents dans l'oued Seybouse.

Les Streptocoques fécaux sont présents dans les eaux d'oued Seybouse avec des concentrations variant de 151 et 327 UFC/100 ml. Le P3 affiche toujours les plus fortes concentrations partant de 428 à 741 UFC/100 ml. Tandis qu'au P5 les teneurs affichent en moyenne 270 UFC/100 ml.

4. Discussion

Le suivi de la fluctuation des composants contenue dans les lixiviats issus de la décharge de Bouguerguer-Guelma ainsi que son acheminement vers Oued Seybouse montre que les teneurs enregistrés sont au-dessus des normes recommandées par le décret exécutif n° **06-141**. Toutefois, la présence d'une perturbation possible est toujours envisageable, en raison des teneurs importants enregistrés (minérale, organique et bactériologique). C'est la raison pour laquelle, le protocole de travail perçoit deux axes d'évaluations : le premier axe (le ruisseau) entre amont et aval, le deuxième axe, c'est la séquence de la rivière de Seybouse. Plusieurs études ont enregistré des teneurs inférieures ou supérieures à la nôtre ; Cette fourchette de différence pourrait être selon (**Kouassi et al., 2014**) et (**Al Ashoor, 2016**) le résultat de plusieurs facteurs comme : l'âge de la décharge, la quantité et la nature et le degré de décomposition des déchets et les conditions d'enfouissement. Également, l'enjeu climatique tel que la pluviométrie, l'humidité de l'air et la température, mise en jeu avec un rôle très important. En effet, selon (**Christensen, 2001**), ces différents facteurs sont la cause principale de la variabilité des charges polluantes. Cependant, l'étude ressort les points saillants suivants :

4.1. La diminution des concentrations entre amont et aval

Cela s'affiche clairement dans le premier axe où, l'on assiste à une diminution progressive des concentrations au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'amont vers l'aval (du P1 à P3), passant par (P2) qui affiche des teneurs intermédiaires. Où, les courbes de tendances (Figures .06-26) suivent dans sa totalité le même comportement distributionnel. La turbidité en amont, affiche des valeurs dans les alentours de 2 500 NTU, afin de diminuer à 800 m en aval vers les 550 NTU. La conductivité électrique est relativement forte ce qui induit une dégradation importante de la qualité des eaux, le suivi de l'évolution spatial affiche en amont des valeurs entre 1 257 et 1 345 US/cm, cela traduit selon (Tableau .4) une eau très minéralisée, les teneurs diminuent en aval, en atteignant un seuil de 1 198 US/cm, suite à l'écoulement des eaux et les phénomènes d'auto épuration (la dispersion). Notant que, ces teneurs sont inférieures à celle enregistrée par (**Djorfi et al., 2010**). Les valeurs de pH enregistrées sont presque identiques, qui s'approche du seuil de la neutralité apitoyant les alentours de 6,66 prouvant qu'il

s'agit des lixiviats jeunes (**Baig et al., 1999**) ; Cela se confirme avec la fraction organique élevée représentée par la DCO, où, en amont, on enregistre les teneurs les plus élevés, oscillant de 25 300 à 31 200 mg d'O₂/l, et diminue en aval, où, on enregistre l'intervalle de 16 300 et 19400 mg d'O₂/l. Autant, la DBO₅ où, on enregistre en amont \approx 15000 mg/l, provoquant ainsi un enrichissement en matières organiques du ruisseau de lixiviats, tandis qu'en aval, on enregistre \approx 7 000 mg/l. Subséquemment, (**Khattabi et al., 2001**) rapporte que la dilution et la biodégradation semblent être les principaux facteurs de cette diminution spatiale de la charge organique. En effet, (**Zagorc-Končan & Šömen, 1999**) ont mis en évidence l'importance de l'épuration par le biais des bactéries dans les processus d'autoépuration des rivières polluées par des eaux industrielles. Cette diminution de la charge organique allochtone, en aval, coïncide avec une légère augmentation de l'effectif bactérien. Les MES vient confirmer cet aspect, où en enregistrant des teneurs qui atteignent les 935 mg/l en amont, elles sont liées à la faible concentration en oxygène dissous. En aval, bien que plus oxygéné, on assiste à une diminution des teneurs qui arrivent à des concentrations de 135 mg/l et c'est la plus forte diminution enregistrée. En outre, nos résultats sont comparables à celles observées par (**Merghem et al., 2016**) et par (**Kannel et al., 2007**).

Les métaux lourds, l'équation de diminution reste la même, où : Le Plomb (Pb) enregistre en amont, les plus fortes teneurs qui s'étalent de 0,17 à 0,29 mg/l. En aval, les teneurs diminuent vers les alentours de 0,14 mg/l, des teneurs comparables à celles enregistrées par (**El Baghdadi, 2015**) au niveau d'Oued Sadek au Maroc. Le Fer (Fr) aussi enregistre les plus fortes teneurs en amont avec une moyenne de 7,1 mg/l afin de diminuer vers 3,44 mg/l en aval. Le Zinc (Zn) en amont, on enregistre une moyenne de 2,7 mg/l qui diminue presque vers la moitié où on enregistre : 1,5 mg/l en aval. Le Nickel (Ni) enregistre à son tour en amont et demeure la source permanente et présente constamment les plus fortes concentrations avec une moyenne de 0,32 mg/l afin d'atteindre les alentours 0,19 mg/l en aval, nos résultats paraient similaires à celles enregistrées par (**Nagarajan, 2012**). Le Cadmium (Cd) enregistre une moyenne de 0,05 mg/l en amont, tandis qu'en aval, on enregistre les plus faibles teneurs avec 0,02 mg/l, ces résultats se rapprochent à une étude trouvée par (**Mehdi, 2014**). La diminution des métaux lourds cité ci-dessus est due probablement au dépôt et de la sédimentation de ces éléments lors de leur trajet de l'amont, en aval, comme rapporté par (**Oussama & Mohammed, 2017**). Toutefois, la présence des métaux lourds comme dans les lixiviats pourraient être liées à la mise en décharge des objets, tels que : les accumulateurs électriques divers, les boîtes en métal de tout genre, le PVC, l'emballage (**Wendling, 1994**).

Les sels minéraux, la diminution continue, où : Le Sodium (Na^+) enregistre des teneurs maximales respectivement comprises entre 677 et 747 mg/l en amont qui demeure les plus fortes concentrations, en aval les teneurs baissent et touche entre 541 et 588 mg/l, ces valeurs sont inférieures à celle enregistrée par (Toklo et al., 2015) dans la décharge Ouèssè-Ouidah, Bénin. Le Calcium (Ca^{2+}) enregistre en amont une moyenne de 540 mg/l, cette dernière diminue en aval afin d'atteindre 430 mg/l. Le chlore (Cl^-) enregistre aussi des teneurs maximales en amont de l'ordre de 789 mg/l et minimales en aval avec 584 mg/l. Les Sulfates (SO_4^-) enregistrent les plus fortes concentrations au niveau de l'amont avec une moyenne de 300 mg/l et les plus faibles teneurs en aval, avec 205 mg/l, les résultats sont presque similaires à celle enregistrée par (Nagarajan, 2012). Les concentrations des paramètres suivies ont montré, presque, le même comportement distributionnel surtout spatial où, (une tendance de diminution progressive au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'amont vers l'aval). Cependant, l'éloignement de la zone de contamination montre une diminution des teneurs vers les plus bas.

4.2. L'apport de l'aval dans l'augmentation des teneurs

Le suivie des paramètres dans les eaux de oued Seybouse (avant, dans et après l'aval) a permis de prouver que l'aval apporte une augmentation, qui aura une influence certaine où : La turbidité a passé d'une moyenne de 29 mg/l à 52,5 mg/l, prouvant l'apport des lixiviats dans le changement de la turbidité des eaux de Oued Seybouse. L'influence s'accroît encore avec la Conductivité électrique qui a enregistré 900 US/cm et qui a passé vers les alentours de 1100 US/cm après l'aval. Pour la matière organique un changement est observé au DCO où, on a enregistré au (P4) une moyenne de 185 mg d' O_2 /l, cette dernière a passé à 331 mg d' O_2 /l. Pour la DBO_5 , les concentrations ont passé d'une moyenne de 150 mg/ O_2 /l vers 220 mg/ O_2 /l. Les MES enregistrent les teneurs suivants : 120 mg/l, afin de passer à 200 mg/l. Le même apport enregistré dans une étude similaire qui présente l'influence et l'évolution de la pollution organique en amont- aval (El Baghdadi, 2015). Pour les métaux lourds, la pollution minérale représentée par le Plomb (Pb) où on enregistre un passage des concentrations d'une moyenne de 0,03 vers 0,07 mg/l (avant et après l'aval). Le Fer (Fr) s'affiche parmi les métaux lourds les plus recherchés dans la littérature, demeure présent dans les eaux d'Oued Seybouse, où le point (P4) témoigne de l'existence du (Fer), avec une moyenne de : 0,21 mg/l afin d'atteindre 0,55 mg/l au (P5). Le Zinc (Zn) passe de 0,20 mg/l vers 0,30 mg/l au (P5). Pour le Cadmium pas d'influence précise à la mesure que les teneurs sont restés stables à 0,01 mg/l. Dans l'ensemble presque tous les paramètres métalliques dosés ont changé de concentrations après l'aval ce qui prouve l'apport de l'aval en véhiculant les métaux lourds vers l'Oued avec des concentrations

importantes, une étude très intéressantes et très citée en littérature celle de (**Khattabi et al., 2001**) rapporte l'influence de l'aval dans la pollution minérale des eaux superficielles.

La pollution saline est clairvoyante avec des concentrations aussi importantes où : Le Sodium (Na^+) affiche des concentrations arrivant à 51,43 mg/l qui atteint les 500 mg/l en aval afin de se diminuer au (P5) vers les 63 mg/l du fait de la dispersion et le pouvoir auto épuratoire de la rivière. Le Potassium (K^+) vient déverser des concentrations importantes aux alentours de 50 mg/l en aval sauf qu'il ne provoque pas une augmentation significative au (P5). Le Magnésium (Mg^+) affiche des concentrations importantes au (P4) avec 81,5 mg/l, avant de passer à 122 et mg/l au (P5) suite à l'intervention des concentrations importantes en aval de l'ordre de 220 mg/l. Le Chlore (Cl^-) affiche des concentrations importants au (P4), en affichant des teneurs de l'ordre de 129 mg/l qui augmente vers les 221 mg/l en moyenne au (P5) suite au diversement de 600 mg/l en aval. Les Sulfates (SO_4^-) ne s'échappent pas de l'équation et l'amont apporte 200 mg/l qui provoquent une augmentation des teneurs arrivant vers 101,60 mg/l. L'apport de l'aval (point de déversement des lixiviats) paraît très important dans l'accentuation des concentrations de tous les paramètres salines étudiées, dans les eaux d'Oued Seybouse. Une étude de (**Merghem et al., 2016**) à Oued Baní Houat (Bassin de Sanaa), Yémen, partage la même image.

4.3. Remarque sur la qualité des eaux d'Oued Seybouse

Le suivi de la qualité des eaux d'Oued Seybouse comme témoin c'est-à-dire au (P4) a montré que ces derniers sont chargés surtout en caractères ioniques de sels minéraux, avant même le contact avec les lixiviats et témoigne donc d'une pollution minérale préexistante, certaines études antérieures signalent que les eaux d'Oued Seybouse est actuellement menacé par les activités humaines (rejets urbains, effluents industriels, utilisation d'eau pour les besoins agricoles). (**Reggam, 2014**), (**Reggam et al., 2015**) (**Khalffalah et al., 2021**). En effet, la conductivité électrique se montre avec des concentrations aussi élevées voire 900 US/cm au mois d'avril. Ceci est dû à l'augmentation de la température qui entraîne l'évaporation de l'eau. Par conséquent, l'augmentation de la salinité de l'eau ; où le (Na^+) affiche des concentrations importantes avec 45 mg/l, le (Ca^{2+}) inscrit des concentrations arrivant à 162 mg/l, le Magnésium (Mg^+) atteignant les 87,5 mg/l, les Sulfates (SO_4^-) dépassent les 61 mg/l et enfin le (Cl^-) confirme que les eaux, en question, sont très chargées en sels minéraux, en affichant des teneurs arrivant à 189 mg/l. (**Reggam et al., 2015**), (**Menasria et al., 2021**) partagent un grand nombre

de résultats enregistré par cette étude par le biais de la caractérisation de la qualité physico-chimique menée sur les eaux d'Oued Seybouse

4.4. L'abondance bactérienne

Le suivi des densités bactériennes observées au cours du suivi focalise principalement sur le dénombrement des Coliformes *Totaux*, *Coliformes fécaux* et *Streptocoques* réalisés le long de nos campagnes de prélèvements, dévoile une contamination bactérienne importante. Ainsi, il montre que l'abondance bactérienne recherchée varie d'un mois à un l'autre et d'un point à l'autre. Au vu de nos résultats, il apparaît que : c'est en amont que les lixiviats présentent les plus fortes teneurs d'abondances bactériennes, cette abondance reste comparable à celle qu'on a observée pour les paramètres physicochimiques tout au long de la zone cible. En effet, les teneurs enregistrés étaient : 86 300 UFC/100 ml, 51 300 UFC/100 ml, 880 UFC/100 ml, respectivement pour : les Coliformes *Totaux*, les *Coliformes fécaux* et les *Streptocoques*. Par ailleurs, on enregistre une légère diminution au niveau de (P2) des densités bactériennes afin de diminuer en aval et atteindre les teneurs suivantes : 47 200 UFC/100 ml, 31 500 UFC/100 ml, 523 UFC/100 ml, respectivement pour les Coliformes *Totaux*, les *Coliformes fécaux* et les *Streptocoques*. Cela peut être expliqué par la dilution et l'oxygénation du liquide du lixiviats tout en s'éloignant de l'amont du fait que les eaux écoulées s'oxygène plus en contact avec l'air libre ce qui inhibe les bactéries anaérobies de se développer davantage, (**Oussama & Mohammed, 2017**). Au niveau d'Oued Seybouse avant et après le rejet des lixiviats met en évidence une évolution de l'abondance bactérienne à celle observée pour la DCO et de DBO₅. Ce constat semble indiquer que l'alimentation des eaux avec les lixiviats a été à l'origine d'une intensification de l'activité hétérotrophe bactérienne. Notre recherche est confirmée par d'autres travaux réalisés dans le cas des eaux douces et attribuent un rôle prépondérant de la température des eaux dont l'élévation stimulerait les activités enzymatiques et bactériennes (**Marvalin et al., 1989**).

5. Conclusion

Cette étude a été menée dans le but de déterminer l'impact des lixiviats issus du centre d'enfouissement technique de Bouguerguer-Guelma sur la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux d'Oued Seybouse (Nord-Est de l'Algérie). De ce fait, on présente un travail pluridisciplinaire qui repose sur l'étude de l'évolution temporelle et spatiale des lixiviats d'une décharge à ciel ouvert, traité par lagunage naturel et qui atteint les eaux d'Oued Seybouse à travers un ruisseau qui découle en voisinage du centre jusqu'à l'Oued Seybouse. En effet,

l'objectif est d'évaluer les risques multiples et complexes qui peuvent être engendré par les décharges d'ordures ménagères, y compris ce qui rapporte avec les lixiviats.

L'amélioration des techniques de traitement des lixiviats des décharges passera forcément par une surveillance permanente des lixiviats afin, d'avoir une meilleure connaissance de sa composition ainsi que, les mécanismes complexes qui gouvernent la production des lixiviats au sein d'une décharge, en prenant en compte l'influence des conditions climatiques, s'ajoute à cela, le facteur d'âge de la décharge, car la charge organique biodégradable diminue avec le vieillissement de la décharge (**Khatabi et al., 2001**).

Le centre d'enfouissement technique de Bouguerguer Guelma reçoit plus de 250 tonnes par jour des déchets ménagers, cette importante quantité a engendré d'importants problèmes techniques, à l'égard de : la saturation des casiers, la production des quantités importantes du lixiviats et une consommation énergétique importante (logistique, personnel...etc.), au cours de la manipulation finale de ces déchets ménagers. Des problèmes environnementaux, tels que : la production des quantités importantes des lixiviats, qui en partie déborde en dehors des canalisations et qui peuvent atteindre et affecter l'environnement voisin.

Cette étude nous a permis de mettre en évidence une pollution engendrée par les lixiviats sur les eaux superficielles, celle d'oued Seybouse. En effet, sur les vingt et un paramètres suivis, nous avons constaté que les lixiviats en question comprennent un grand nombre de polluants, notamment une charge organique importante (DCO : 31 200 mg d'O₂/l et DBO₅ :16 200 mg d'O₂/l) entre autres des polluants en sels minéraux à l'égard du Sodium (Na⁺) qui atteint les 740 mg/l. Les métaux lourds enregistrent de fortes teneurs avec le (Fr) et le (Zn) qui atteint 7,4 et 3,4 mg/l respectivement. La globalité des résultats montre que l'amont a révélé une contamination significative par les polluants (organique, minérale et microbiologique). En revanche, en aval, on enregistre une diminution des concentrations, mais elles témoignent d'une pollution intense (juste en aval), car le point post-aval témoigne d'une diminution massive des teneurs de tous les paramètres suivies, ainsi le pouvoir auto-épuratif et l'écoulement étendu des eaux d'Oued Seybouse permet d'amortir cette pollution.

D'un point de vue microbiologique, et d'après les résultats obtenus dans les cinq points à travers les dénombrements réalisés tout au long de nos campagnes de prélèvements. Nous pourront dire qu'il existe une contamination fécale (Coliformes totaux, Coliformes fécaux et Streptocoques fécaux) qui marquent des teneurs très élevés, de l'ordre de 86 000 UCF/100 ml, 51 000 UCF/100 ml et 860 UCF/100 ml. Ces teneurs aussi élevés contribuent et apportent une

pollution bactériologique des eaux d'Oued Seybouse, en causent donc contamination environnementale très conséquente. De ce fait, les lixiviats de la décharge en question contribueraient à la pollution organique, minérale et bactériologique des eaux d'oued Seybouse. Ces derniers, lorsqu'ils sont présents dans un milieu avec des concentrations élevées, provoquent les phénomènes de toxicité chronique. Ils dessinent ainsi des risques sur la santé des populations riverains et sur la qualité des ressources naturelles locales.

Intégralement, les teneurs des éléments mesurés au niveau du premier axe (ruisseau) régressent de façon graduelle de l'amont vers l'aval et le suivi mensuel selon le plan mis en place montre que le pouvoir auto-épuratoire naturel de ce ruisseau semble minimiser légèrement l'impact du lixiviat sur le milieu récepteur (Oued Seybouse). Il est à noter aussi que, les teneurs des polluants enregistrés sur les eaux de l'oued Seybouse, avant même le point de l'aval sont très important, ce qui justifie une pollution préexistante. Cela est étroitement lié aux conditions géologiques et anthropiques : les effluents domestiques, l'utilisation des engrais, des pesticides et l'épandage des unités industriels implanté comme : la raffinerie de sucre, la conserverie de tomate, limonadière de Fendjel....etc.

Enfin, il semble que cette étude a mis le point sur l'évolution physico-chimique et microbiologique des lixiviats (traité par lagunage naturel), ainsi que des eaux avoisinant d'Oued Seybouse. Néanmoins, des campagnes de contrôle de qualité des lixiviats et des eaux d'Oued Seybouse sur de longue période doivent être effectuées d'une manière régulière, organisée par les autorités municipales, pour envisager tout accroissement des teneurs en éléments responsables de la pollution. Face à ce que représentent les eaux du bassin Seybouse, comme richesse pour : La population, l'industrie et l'agriculture locale et aux risques réels d'atteinte de la qualité de cette ressource, il nous paraît urgent de mettre en place des mesures, afin de réduire la pollution occasionnée par ces lixiviats, ce qui suggère une attention particulière par les responsables communales et s'orienter vers une meilleure gestion des lixiviats des centres d'enfouissement technique. Ainsi, nous insistons vivement à : La remise en cause du système du traitement des lixiviats et se tourner vers une technique plus efficace, contrôler le flux des quantités de déchets rentrant au centre et développer le système de valorisation et de recyclage, cela permet de réduire les quantités enfouies, par conséquent réduire les quantités de lixiviats produites et la sensibilisation environnementale des populations (producteur de déchets) demeure la meilleure solution durable.

Chapitre V

**La modélisation de l'impact des lixiviats
sur les eaux d'Oued Seybouse.**

1. Introduction

La modélisation est un outil fondamental afin d'aider à concevoir un phénomène donné. En ce sens, pour atteindre son objectif, qui est la simulation d'un fait donné, le modélisateur est obligé de voir et à poser des interrogations différentes de celles d'un scientifique qui étudie généralement un domaine donné. Cela renforce l'ancien paradigme qui serve à traiter le phénomène en question. Après l'obtention d'un modèle mathématique, couramment d'une taille importante, des méthodes de discrétisation admettent de construire des modèles de petite taille qui peut être traduit par logiciels. Ces dernières années, des logiciels construits chaque fois plus performants et faciles à utiliser rend aujourd'hui accessibles ce type d'analyses des données et permettent ainsi de faire des simulations des phénomènes multiples qui, via des méthodes de visualisation ou schématisation, peuvent être interprétées. La conséquence de telle ou telle modification des conditions du phénomène peut alors être expliquée et saisie (**Frénod, 2010**).

1.1. Le choix du modèle

Le choix d'un modèle statistique peut être inspiré par la forme des relations entre variables à expliquer et variables explicatives. Un examen graphique de ces relations peut être très utile. Ces formes peuvent être arrondies, ce qui suggère que l'utilisation de modèles polynomiaux ou non-linéaires pourrait être plus appropriée que les modèles linéaires. Le choix d'un modèle peut aussi être intimement lié à la question très spécifique de l'étude. Si l'objectif de l'étude est uniquement d'effectuer des prédictions à partir d'un grand nombre de variables possiblement corrélées, alors des solutions autres que les modèles paramétriques peuvent être envisagées. Par exemple : l'**Analyse en Composantes principales (ACP)** est très utilisée en chimiométrie, où il est souvent question d'expliquer des variables à travers la distribution spatiale et temporelle.

1.2. Présentation du modèle (ACP)

L'Analyse en Composantes principales (ACP) est un outil extrêmement puissant de compression et de synthèse de l'information, très utile lorsque l'on est en présence d'une somme importante de données quantitatives à traiter et interpréter. L'ACP fait partie de l'ensemble des méthodes descriptives multidimensionnelles appelées méthodes factorielles. Dans la mesure où, ce sont des méthodes descriptives, elles ne s'accotent pas sur un modèle probabiliste, mais elles dépendent principalement d'un modèle géométrique (**Duby & Robin, 2006**). L'ACP propose, à partir d'un tableau de données comportant les valeurs de **p** variables

Chapitre V. La Modélisation de l'impact des lixiviats sur les eaux d'Oued Seybouse.

quantitatives pour n unités, des représentations géométriques de ces unités et de ces variables. Ces données peuvent être issues d'une procédure d'échantillonnage. Les représentations des unités permettent de voir s'il existe une structure, non connue a priori, sur cet ensemble d'unités. De façon identique, les représentations des variables permettent d'étudier les structures de liaisons linéaires sur l'ensemble des variables considérées (**Duby & Robin, 2006**). Ainsi, on cherchera si l'on peut distinguer aussi des groupes dans l'ensemble des unités, en regardant les unités qui se ressemblent, et celles qui se distinguent des autres, etc.

L'ACP est factorielle, du fait qu'elle produit des facteurs (ou axes principaux) qui sont des combinaisons linéaires des variables, hiérarchisées et indépendantes les unes des autres. Ces facteurs qu'on appelle parfois « dimensions latentes », car ils sont l'« expression de processus généraux dirigeant la répartition de plusieurs phénomènes qui se retrouvent ainsi corrélés entre eux » (**Béguin & Pumain, 2000**).

2. Objectif de l'ACP

- ✓ Résumer l'information apportée par un grand nombre de variables par un nombre restreint de nouvelles variables.) ;
- ✓ Cette analyse permet de distinguer et identifier parmi les variables initiales celles qui contribuent à expliquer le phénomène ;
- ✓ l'ACP est très utilisé pour modéliser un phénomène à partir d'une base d'exemples à l'aide d'un petit nombre de variables qui sont des combinaisons linéaires des variables initiales (et qui n'ont donc pas forcément de sémantique).

Enfin, réaliser une modélisation ACP n'est pas une fin en soi-même, du fait qu'elle est une méthode descriptive. Elle doit donc servir à mieux connaître les données sur lesquelles on travaille, à détecter éventuellement des valeurs suspectes, et aidera à formuler des hypothèses qu'il faudra étudier à l'aide de modèles et d'études statistiques inferentielles (**Guerrien, 2003**).

3. Structuration de données

Les données sont les mesures effectuées sur n unités ($u_1, u_2, \dots, u_i, \dots, u_n$). Les p variables quantitatives qui représentent ces mesures sont ($v_1, v_2, \dots, v_j, \dots, v_p$).

Le tableau des données brutes à partir duquel on va faire l'analyse est noté X et à la forme suivante :

$$\begin{array}{ccccccc}
 & & & v_1 & v_2 & \cdot & v_j & \cdot & v_p \\
 & & & & & & & & \\
 u_1 & & & x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1j} & \cdots & x_{1p} \\
 u_2 & & & x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2j} & \cdots & x_{2p} \\
 & & & \cdot & \cdot & \cdots & \cdot & \cdots & \cdot \\
 \cdot & & & x_{i1} & x_{i2} & \cdots & x_{ij} & \cdots & x_{ip} \\
 \cdot & & & \cdot & \cdot & \cdots & \cdot & \cdots & \cdot \\
 u_n & & & x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nj} & \cdots & x_{np}
 \end{array}$$

Chaque unité peut représenter par le vecteur de ses mesures sur les p variables :

$$U_i = [x_{i1} \ x_{i2} \ \cdots \ x_{ij} \ \cdots \ x_{ip}] \text{ ce qui donne } U_i = \begin{bmatrix} x_{i1} \\ x_{i2} \\ \cdot \\ x_{ij} \\ \cdot \\ x_{ip} \end{bmatrix}$$

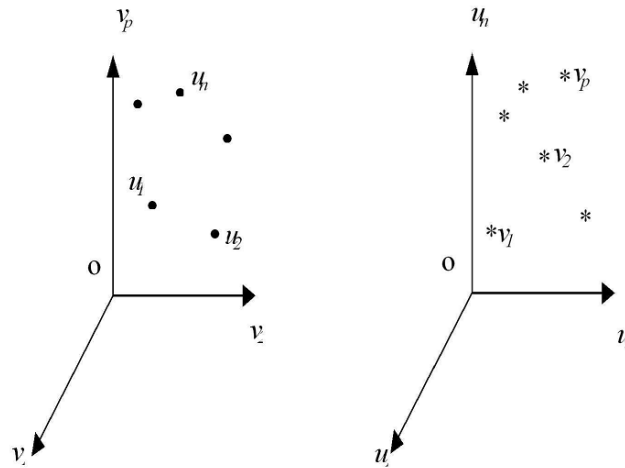
Alors U_i est un vecteur de \mathbb{R}^p .

De façon analogue, on peut représenter chaque variable par un vecteur \mathbb{R}^p dont les composantes sont les valeurs de la variable pour les n unités :

$$V_j = \begin{bmatrix} x_{1j} \\ x_{2j} \\ \cdot \\ x_{ij} \\ \cdot \\ x_{nj} \end{bmatrix}$$

Pour avoir une image de l'ensemble des unités, on se place dans un espace affine en choisissant comme origine un vecteur particulier de \mathbb{R}^p . Alors, chaque unité sera représentée par un point dans cet espace. L'ensemble des points qui représentent les unités est appelé traditionnellement "nuage des individus" (**Duby & Robin, 2006**).

En faisant de même dans \mathbb{R}^p chaque variable pourra être représentée par un point de l'espace affine correspondant. L'ensemble des points qui représentent les variables est appelé "nuage des variables". L'idée générale des méthodes factorielles est de trouver un système d'axes et de plans tels que les projections de ces nuages de points sur ces axes et ces plans permettent de reconstituer les positions des points les uns par rapport aux autres (**Duby & Robin, 2006**).



La limite de l'ACP simple, pose parfois des problèmes et plusieurs remarques peuvent être reproché :

- ✓ Le premier, si les anciennes variables sont hétérogènes, par exemple des tailles et des âges, quel sens peut-on donner aux composantes principales qui sont alors des combinaisons linéaires de variables hétérogènes ?
- ✓ Le deuxième, si on change d'unités des variables, on peut changer complètement les résultats. Le dernier, une variable, participera d'autant plus à la confection des premiers axes, que sa variance est forte.

Pour échapper de tous ces problèmes, on cherchera à normaliser les variables et à travailler sur des variables normées (Duby & Robin, 2006).

2. Analyse en composantes principales normée

Afin, de normaliser les variables, il y en a plusieurs façons dont la plus généralement utilisée est celle qui consiste à diviser les valeurs des variables par leur écart-type, donc on travaille sur des variables centrées et réduites. Cela revient à faire la même analyse que pour l'ACP simple, mais choisir une autre distance euclidienne entre les individus que la distance euclidienne classique. La distance choisie est alors :

$$d^2(u_i, u_{i'}) = \sum_{j=1}^p \frac{1}{\sigma_j^2} (x_{ij} - x_{i'j})^2$$

De cette façon, les variables sont traitées de manière symétrique, et permettent donc de jouer un rôle plus équitable à chacune d'entre elles. Si on reprend tous les calculs de l'ACP simple, mais en remplaçant les variables de départ par les variables centrées réduites, on voit que ce

Chapitre V. La Modélisation de l'impact des lixiviats sur les eaux d'Oued Seybouse.

n'est plus la matrice de covariance, mais la matrice de corrélation R qui intervient pour la recherche des nouveaux axes. Les particularités de l'ACP normée par rapport à l'ACP simple proviennent du fait que la matrice de corrélation R n'a que des 1 sur sa diagonale principale. Cela entraîne que sa trace est toujours égale à p (**Duby & Robin, 2006**).

3. Matériels et méthodes

L'interprétation de l'analyse se fera selon l'ordre des informations données par le logiciel XLSTAT. Dont la procédure publiée par plusieurs auteurs (**El Morhit et al., 2008**).

3.1. Présentation du logiciel

XLSTAT est un logiciel dont le fonctionnement s'appuie sur Microsoft Excel. En revanche, les calculs sont réalisés par des logiciels autonomes. L'emploi d'Excel comme interface rend le produit très convivial, simple d'utilisation et efficace. La qualité des calculs est quant à elle identique à celle des logiciels scientifiques les plus renommés. Il offre ainsi de très nombreuses fonctionnalités qui répondent à la majorité des analyses de données et modélisation (**Arbaoui & Aouine, 2015**).

3.2. L'analyse statistique du composant principal ACP

Suivants les directives des analyses ACP normée, on procède tout d'abord à :

- A normalisé les données par le biais de calculer les moyennes (\bar{x}) et l'Écart-type (σ).
- Regrouper les données selon la nature.

L'analyse effectuée est une ACP, a été réalisée sur une matrice des données formée par quinze prélèvements dans cinq points au cours duquel vingt et un paramètres a été suivis :

- Treize variables physico-chimiques (DCO, DBO₅, MES, pH, Conductivité électrique, Na⁺, K⁺, Ca₂⁺, Mg₂⁺, Cl⁻, Turbidité, Oxygène dissous et Sulfate) ;
- Cinq variables métalliques, qui sont : (Cd, Fe, Pb, Zn et Ni) ;
- Trois variables bactériologiques (Coliformes totaux, Coliformes Fécaux et Streptocoques).

4. Résultats

Les résultats obtenus sont illustres dans les (Tableaux 1- 4) et sur les mapping (1- 4).

4.1. Les paramètres physico-chimiques

4.1.1. Les paramètres organiques

Chapitre V. La Modélisation de l'impact des lixiviats sur les eaux d'Oued Seybouse.

Les résultats du suivi des paramètres organiques dans la zone d'étude (de P1 à P5) sont représentés dans le (Tableau.1) ci-dessous :

Tableau 1 : Résultats des paramétrés physico-chimiques.

	pH	Conductivité	Turbidité	Oxygène	DCO	DBO ₅	MES
\bar{X} P1	6,63	1308,33	2851,67	0,25	28600	15033,33	851,67
σ P1	± 0,1	± 45,8	± 105,46	± 0,05	± 3011,64	± 1457,17	± 73
\bar{X} P2	6,76	1255,67	1665,33	0,29	22100	11700	625,33
σ P2	± 0,11	± 28,92	± 125,83	± 0,06	± 400	± 346,41	± 97,01
\bar{X} P3	6,4	1168,33	547,33	0,77	17766,67	7518,67	223,67
σ P3	± 0,07	± 25,93	± 66,21	± 0,14	± 1680,28	565,23	± 78,44
\bar{X} P4	7,57	908,33	29,47	8,33	200,33	151,33	121,67
σ P4	± 0,24	± 58,73	± 2,11	± 4,15	± 35,57	± 10,97	± 17,62
\bar{X} P5	7,49	1083,67	55,37	6,76	354	228,67	200
σ P5	± 0,02	± 63	± 9,82	± 4,12	± 77,12	± 13,28	± 65,11

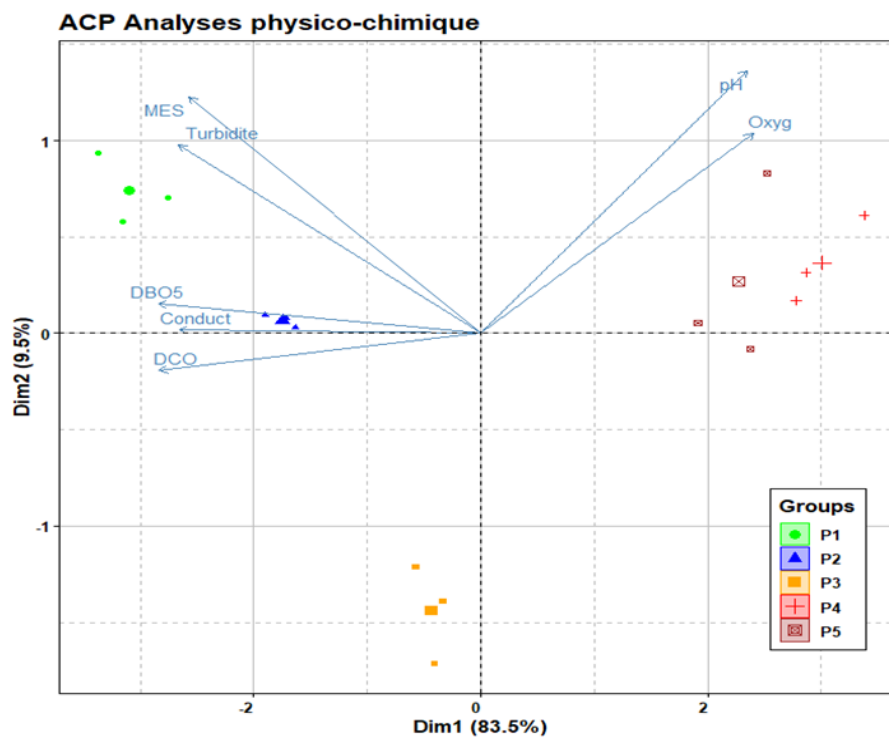


Figure 01 : L'ACP des paramètres organiques.

L'ACP des paramètres organiques (dimensions) mis en évidence sur l'ensemble de des cinq points étudié a été expliquée à 93 % où le P1 et le P2 présentent des valeurs proches ainsi que les valeurs représentées par le P4 et le P5. Tandis que, le P3 présente des valeurs séparées loin des P4 et P5 bien qu'ils représentent le point de contact (aval) dans les eaux d'oued Seybouse.

4.1.2. Les sels minéraux

Les résultats du suivi des paramètres (en sels minéraux) dans la zone d'étude (de P1 à P5) sont représentés dans le (Tableau.2), ci-dessous :

Tableau 2 : Résultats des paramètres salines (les sels minéraux).

	Na ⁺	K ⁺	Ca ₂ ⁺	Mg ₂ ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻
\bar{X} P1	702	72,33	556,33	261,33	790,67	279
σ P1	± 39,05	± 5,13	± 41,19	± 8,96	± 16,56	± 42,57
\bar{X} P2	641,33	61,33	497,33	239	721,67	262,67
σ P2	± 38,42	± 5,51	± 15,01	± 25,53	± 1,15	± 35,64
\bar{X} P3	565	49,5	452,33	221	634,33	210,33
σ P3	± 23,52	± 1,8	± 27,59	± 16	± 57,5	± 14,84
\bar{X} P4	44,98	1,76	146,33	83,2	136,03	69,94
σ P4	± 6,37	± 0,17	± 20,6	± 3,75	± 49,82	± 20,1
\bar{X} P5	59,61	2,67	220,33	119,17	197,5	87,38
σ P5	± 3,15	± 0,72	± 41,79	± 20,4	± 81,82	± 21,86

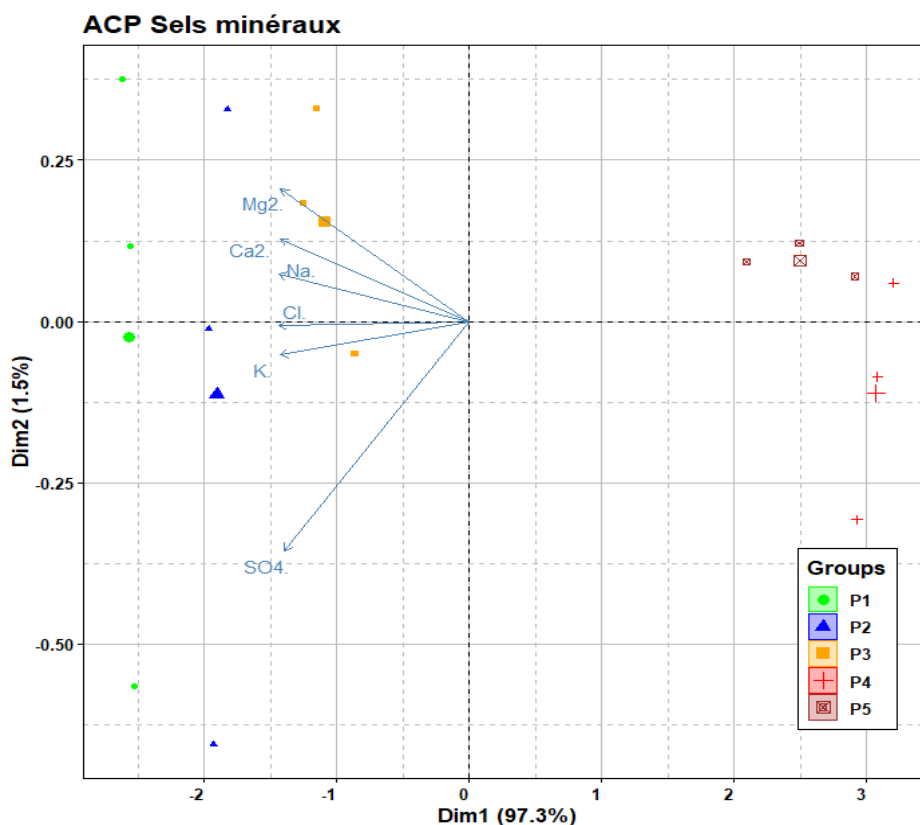


Figure 02 : L'ACP des sels minéraux.

L'ACP des sels minéraux mis en évidence sur l'ensemble des cinq points a été expliqué à 97,3 % où les valeurs sont assez dispersées, le P5 présente les valeurs les plus loin de tous les

Chapitre V. La Modélisation de l'impact des lixiviats sur les eaux d'Oued Seybouse.

autres points, en revanche, ils sont proches des P4. Tandis que, le P1 et le P2 présentent des valeurs proches et se ressemblent, le P3 présente des valeurs inférieures à P1 et P2.

4.1.3. Les métaux lourds

Les résultats du suivi des paramètres des métaux lourds dans la zone d'étude (de P1 à P5) sont représentés dans le (Tableau.3), ci-dessous :

Tableau 3 : Résultats des métaux lourds.

	Pb	Fer	Zn	Ni	Cd
\bar{x} P1	0,23	7,03	2,67	0,33	0,05
σ P1	$\pm 0,06$	$\pm 0,7$	$\pm 0,47$	$\pm 0,07$	$\pm 0,01$
\bar{x} P2	0,17	5,37	1,2	0,26	0,04
σ P2	$\pm 0,04$	$\pm 0,5$	$\pm 0,1$	$\pm 0,04$	$\pm 0,01$
\bar{x} P3	0,13	3,72	1,5	0,19	0,02
σ P3	$\pm 0,05$	$\pm 0,34$	$\pm 0,36$	$\pm 0,04$	$\pm 0,01$
\bar{x} P4	0,02	0,21	0,2	0,01	0,01
σ P4	$\pm 0,02$	$\pm 0,02$	$\pm 0,01$	$\pm 0,01$	0
\bar{x} P5	0,07	0,43	0,29	0,02	0,01
σ P5	$\pm 0,03$	$\pm 0,21$	$\pm 0,02$	$\pm 0,02$	0

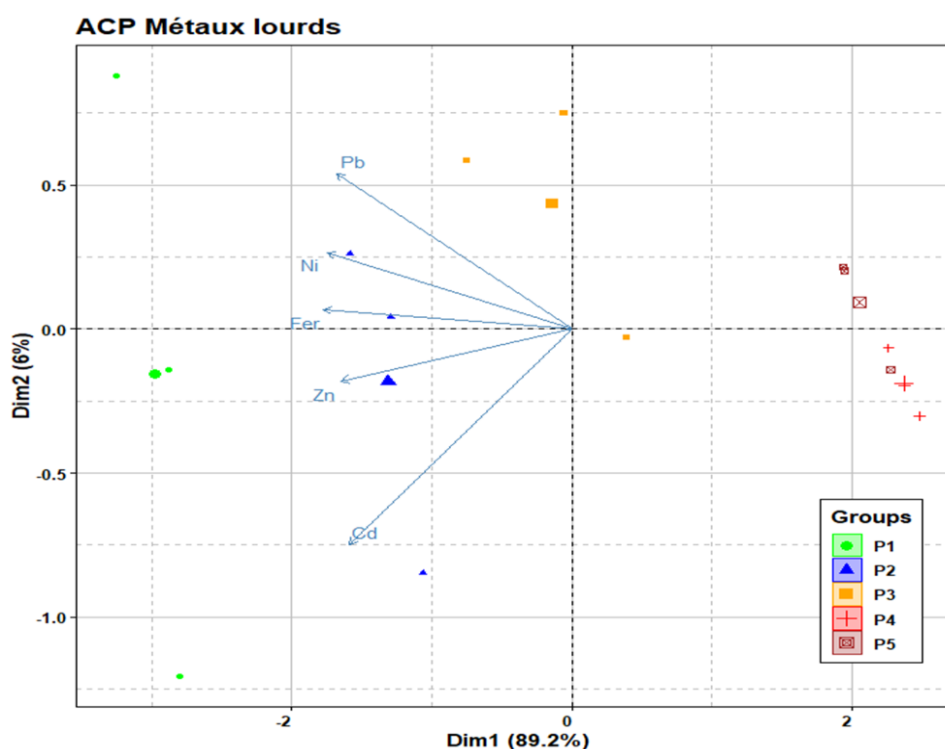


Figure 03 : L'ACP des métaux lourds.

L'ACP des sels minéraux (dimensions) mis en évidence sur l'ensemble des cinq points a été expliqué par un seuil de 89,3 % où les P4 figure loin des autres points : P1, P2 et P3 qui

présente des valeurs élevées séparément disperser, tandis qu'ils se semblent avec le P5 où ils présentent des valeurs proches et se rassemble séparément.

4.2. Les paramètres bactériologiques

Les résultats du suivi des paramètres bactériologiques dans la zone d'étude (de P1 à P5) sont représentés dans le (Tableau.4), ci-dessous :

Tableau 4 : Résultats des paramètres bactériologiques.

	Coliforme-T	Coliforme- F	Streptocoque
\bar{X} P1	73433,33	41300	825,33
σ P1	$\pm 22372,38$	$\pm 14078,71$	$\pm 63,96$
\bar{X} P2	62980	44000	735,33
σ P2	$\pm 10731,69$	$\pm 11084,79$	$\pm 102,79$
\bar{X} P3	32900	29466,67	564
σ P3	$\pm 16204,01$	$\pm 2218,86$	$\pm 160,48$
\bar{X} P4	853,67	581,33	217,33
σ P4	$\pm 99,73$	$\pm 89,47$	$\pm 95,67$
\bar{X} P5	380,67	333,67	268
\bar{X} P5	$\pm 74,87$	$\pm 108,45$	$\pm 20,3$

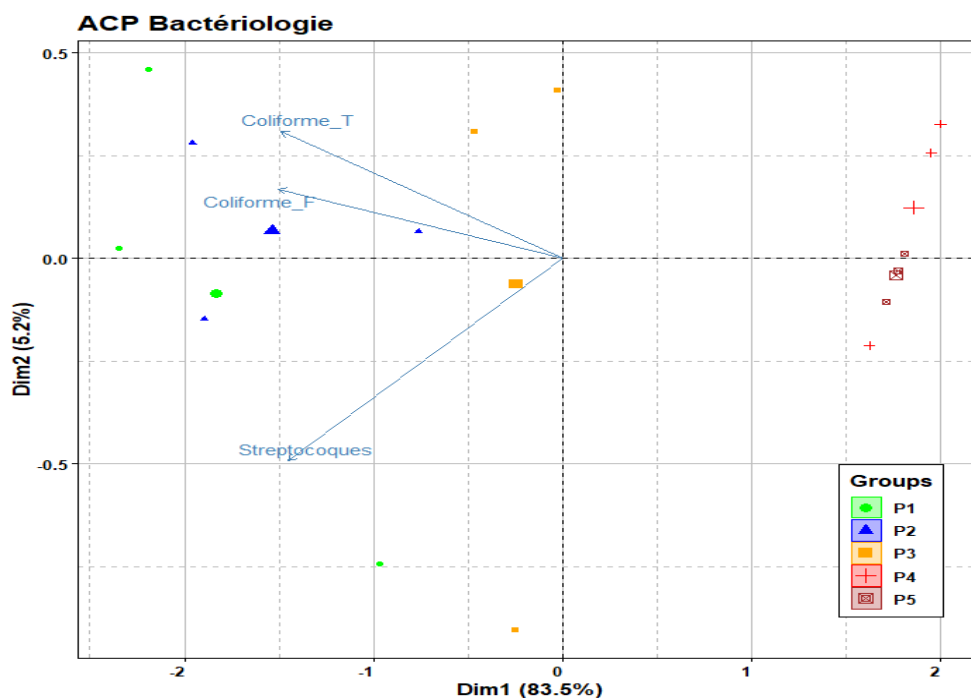


Figure 04 : L'ACP des paramètres bactériologiques.

L'ACP des paramètres bactériologiques étudiés (dimensions) mis en évidence sur l'ensemble des cinq points étudiés a été expliqué par 83,5 % où les P1 et les P2 présentent des

Chapitre V. La Modélisation de l'impact des lixiviats sur les eaux d'Oued Seybouse.

valeurs proches ainsi les valeurs représentées par les P4 et les P5. Tandis que, les P3 présentent des valeurs séparées loin des P4 et P5 qui présente les valeurs les plus inférieures.

5. Discussion

Le principe de l'analyse ACP prescrit que, les points les plus intéressants sont généralement ceux qui sont assez proches d'un des axes, et assez loin de l'origine sur le mapping des ACP. Ces points sont bien corrélés avec cet axe et sont les points explicatifs pour l'axe : Dans notre cas pour l'ACP des paramètres organiques (Figure .1), on distingue que la DCO avec le DBO₅, où l'angle plutôt fermé (en partant de l'origine) indique que ces deux variables sont assez bien corrélées entre elles, en effet, la DCO enregistre aux (P1 : 28600± 3011, 64 ; P2 : 22100± 400), tandis que la DBO₅ inscrit aux (P1 : 15033,33± 1457,17 ; P2 : 11700± 346,41). Pour l'ACP des sels minéraux (Figure .2), les points les plus significatifs les sulfates SO₄⁻, leur "distance" de l'origine est bien représentée sur le plan factoriel, tandis que les le Na⁺ et K⁺ assez bien corrélés aux P2 et P3, où P2 (Na⁺ 641,33±38,42 / K⁺ 61,33± 5,51) P3 (Na⁺ 565± 23,52 / K⁺ 49,5± 1,8), tandis que l'angle fermé du Cl⁻ indique que l'élément est bien représentée sur le plan factoriel. Pour l'ACP des métaux lourds (Figure .3), le Ni et Zn assez bien corrélées au niveau de P1 et P2, où P1 (Ni 0,67 ±0,07 / Zn 2,33 ± 0,47), P2 (Ni 0,26± 0,04 / Zn 1,2 ± 0,1), ainsi que le Cd et Pb, tandis que l'angle fermé du Fe indique que l'élément est bien représentée sur le plan factoriel. C'est l'élément le plus significatif. Pour l'ACP des paramètres bactériologiques (Figure .4), l'élément le plus représentant est les Streptocoques vus la distance qu'il parcourt sur le mapping des ACP, tandis que les P2 figurent les points les plus significatifs où, les Coliforme-T enregistre (62980 ± 10731,69), les Coliforme-F (44000± 11084,79) et les Streptocoques (735,33± 102,79).

6. Conclusion

Ce travail a porté sur l'évaluation de la qualité des eaux de surfaces par le biais de la détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques dans le but d'évaluer, voire de modéliser, l'impact des lixiviats sur l'environnement et les risques sanitaires qui peuvent engendrer. En effet, Sur les deux axes qui se croisent en P3 (l'aval) étudié, on assiste à des teneurs importants de polluants. En revanche, une diminution progressive des concentrations au fur et à mesure que l'on s'éloigne de l'amont vers l'aval (axe 1). Tandis que, La loi normale figure sur le deuxième axe, où les eaux d'oued Seybouse viennent avec des polluants presque minimales, s'augmentent en aval avec le contact des polluants et diminuent encore une fois du fait de l'écoulement des eaux d'oued Seybouse. Il est à noter que les P4

Chapitre V. La Modélisation de l'impact des lixiviats sur les eaux d'Oued Seybouse.

présentent les valeurs les plus éloignées de tous les autres points et témoigne de l'impact de la pollution engendré par l'amont sur les autres points. La globalité des résultats montre que l'amont a révélé une contamination significative par les polluants (organique, minérale et microbiologique) juste sur l'aval, En revanche, le pouvoir auto-épuratif tend à diminution les concentrations des polluants sur la trajectoire des eaux d'oued Seybouse. Néanmoins, des campagnes de contrôle de qualité des lixiviats et des eaux d'oued Seybouse sur de longue période doivent être effectuées d'une manière régulière. La protection de ces eaux contre les diverses contaminations est nécessaire et impérative, face à ce que représentent les eaux du bassin Seybouse, comme richesse pour : La population, l'industrie et l'agriculture locale et aux risques réels d'atteinte de la qualité de cette ressource, il nous semble urgent de mettre en place des mesures, afin de réduire la pollution occasionnée par ces lixiviats, pour que ces eaux servent encore en agriculture surtout sans risque de contamination. En fin, la présente étude doit être complétée par une étude de bioaccumulation des métaux dans la chaîne alimentaire, cela est indispensable pour prouver le degré de risque sanitaire.

Conclusion

Générale

Conclusion Générale et perspectives

La croissance démographique et économique qu'a enregistrée l'Algérie, les deux dernières décennies, on remet en cause la question environnementale, surtout, celle relative à la gestion des déchets municipaux. Depuis l'an 2001, l'Algérie s'est engagé pleinement d'améliorer le cadre de vie des citoyens. Cette prise de conscience de la part de l'État Algérien s'est aperçue avec l'adoption du PROGDEM où, des principes universels du développement durable ont été bien inclus (pollueur payeur, précaution, prévention, la responsabilité élargie du producteur.). L'articulation sur l'aspect environnemental s'est amplifiée par l'adoption aussi des lois portant sur le développement durable, l'environnement, la ville, l'aménagement du territoire et la gestion des déchets, sujet de notre investigation.

Cette étude est une contribution qui vise comme à compléter le champ d'étude d'impacts environnementaux, en Algérie. Pour cerner l'ensemble des questions relatives à notre problématique, un volet très important qui est le côté juridique, où nous l'avons exposée dans le premier chapitre, l'évolution de la réglementation Algérienne relative à la gestion des déchets ménagers, entre autres textes relatifs à l'environnement, nous avons abordé qui aussi, un état des lieux sur les différents services concernés de la gestion des déchets. Le fonctionnement du système de gestion des déchets et les infrastructures mise en service pour le traitement des déchets ménagers ont été mis en lumière avec l'ensemble du contexte socioéconomique et les programmes environnementaux adoptés. La seconde partie du chapitre traite la lixiviation en question (genèse, types, traitement existant et les impacts environnementaux possibles.).

Le travail s'est déroulé au niveau du Nord-Est Algérien, en se focalisant sur trois wilayas voisines qui sont : Annaba, Guelma et El Tarf. L'étude a permis d'évaluer le flux et l'évolution de la production des déchets ménagers enfouis dans trois Centres d'enfouissement techniques des déchets recevant les déchets de 23 communes (Annaba 4 communes, Guelma 13 communes et El Tarf 6 communes.). Une analyse détaillée sur le flux de déchets rentrant au niveau des trois centres de 2017 à 2020 où, nous avons suivi les tendances relatives (quantité de déchets, populations et les ratios pour chacune de ces communes). L'étude a relevé que les quantités de déchets ménagers produites dépendent principalement de la taille de population, où une parfaite corrélation a été enregistrée. L'étude a relevé trois types de commune : des communes de taille populaire important, d'autres faibles et des communes moyennes. Par conséquent, trois types de ratio sont déduits : un ratio élevé dans les municipalités chef-lieu (En 2020, Annaba 0,75 kg/j/Hab., tandis que Guelma et El Tarf partagent les mêmes valeurs : 0,71 kg/j/hab.), un ratio intermédiaire pour les communes d'agglomération moyenne et ratio faible pour les communes rurales d'une petite population. Le ratio est un indice important de la qualité de vie des citoyens.

Conclusion Générale et perspectives

Pour notre cas, la zone d'étude a produit un ratio de 0,55 kg/j/hab. Il est important de signaler aussi que dans la majorité des municipalités étudiées, le ratio est en évolution progressive, cela traduit l'amélioration graduelle du niveau de vie du citoyen.

L'un des problèmes majeurs enregistrés durant cette investigation, demeure la gestion des volumes impressionnant des déchets ménagers qui coule quotidiennement vers les CETs et qui sollicite un effort de gestion impressionnante. Le problème se complique particulièrement avec la sub-saturation, voire la saturation presque de tous les casiers en activité, face à cela les responsables municipaux devront agir vite et mettre en place un plan d'urgence pour l'aménagement de nouveaux casiers qui vont accueillir les masses de déchets.

L'arrivée du Coronavirus constitue un tournant marquant, dans le monde entier, où, en mai 2020, un tiers de la population mondiale est sous le confinement à cause de nouvelle maladie officiellement nommée Covid-19 par l'OMS (**Ramteke &Sahu, 2020**). Cette pandémie a provoqué des changements dramatiques dans de nombreux domaines de la vie humaine. Notamment, dans le domaine de la gestion des DMA, où, elle a laissé d'énormes séquelles. La présente étude soulève des préoccupations importantes, sur les défis émergents dans le secteur de la gestion des déchets ménagers, durant, cette pandémie de coronavirus, qui a provoqué : l'augmentation des quantités de déchets produites, surtout pendant, le premier confinement où, elle atteint 14 %, les rotations ont connu un désordre dramatiques qui a introduit l'encombrement des déchets dans des endroits (in) habituels, entre autres problèmes techniques, financiers et environnementaux ont été signalés. Notant que, le Covid-19 a introduit un changement de la dangerosité des déchets ménagers du fait que le virus peut persister pendant quelques heures, voire quelques jours dans certains produits. Ces nouvelles données ont engendré l'arrêt du processus de récupération et du recyclage du fait que la santé des travailleurs impliqués dans la manipulation directe des déchets est risquée. Ce qui nous a permis de constater que la pandémie COVID-19 a affecté directement le concept de la durabilité. Heureusement, Le recyclage a connu un retour de nouveau pendant l'an 2021 avec l'apaisement de la situation sanitaire.

Cette étude s'est intéressée aussi, sur un nouveau détail, précisément le suivi du flux quantitatifs des déchets ménagers pendant chaque vague séparément (durant, les quatre premiers vagues de Covid-19), Ce qui nous a permis de déterminer que la tendance de la production de ces déchets ménagers est en diminution successivement, de vague en vague, en enregistrant (V1 : 205,80 ; V2 : 198,92 ; V3 : 196,69 et V4 : 192,43) T/j . Un retour donc, à

Conclusion Générale et perspectives

l'état régulière (pré-pandémique). Par conséquent, celui-ci permet d'amortir l'impact sur le secteur de la gestion des déchets d'une part et sur l'environnement d'autre part.

Un volet important de l'étude porte sur la caractérisation physico-chimique et étudie l'évolution mensuelle et saisonnière, de la qualité des lixiviats issue du CET Bouguerguer-Guelma, Puis, l'évaluation des risques complexes des décharges sur les eaux superficielles. Pour cela, douze campagnes d'échantillonnage ont été effectuées pendant une année couvrant les périodes : sèche et humide (tout au long de l'an 2020). Les prélèvements ont été effectués mensuellement. Où, dix-sept paramètres physicochimiques ont été dosés. Les résultats montrent que les lixiviats en question rentrent dans la catégorie des lixiviats intermédiaires suivent le rapport ($DBO_5/DCO = 0,48$) ; Cependant, le pH alcalin de 8,85 ($\pm 0,486$) prouve que les lixiviats mise en évidence sont en début de la phase de stabilisation. Une variation saisonnière marquante des polluants où, l'été est la saison la plus critique. Tandis qu'en hiver, les teneurs diminuent significativement. Les valeurs élevées de DBO_5 et de DCO avec $778,54 \pm 819,05$; $1603,75 \pm 1462,75$ respectivement en $mg\ d'O_2/l$, traduisent une pollution organique importante ; Quant à la pollution minérale est présente avec des teneurs en NO_2^- , NO_3^- et NH_4^+ qui dépasse largement les normes Algérienne et enregistrent respectivement (17,93 ; 15,68 et 122,42 mg/l). Tous les métaux lourds dosés (Cd, Pb, Fe, Cr et Zn) ont enregistré des teneurs très élevées et témoignent d'une toxicité accrue, dont le (Fer) demeure l'élément dominant avec une teneur moyenne de $42,70 \pm 32,26\ mg/l$, suivie du Zinc (Zn), avec une moyenne de $10,44 \pm 6,715\ mg/l$, quant au Cadmium enregistre à son tour : $4,37 \pm 2,99\ mg/l$. Incontestablement, l'âge de la décharge entre autres facteurs (Climatique, nature de déchets,...etc.) agissent sur le processus de dégradation de déchets et contribue à une élimination progressive des éléments organiques, minéraux et métalliques.

Le lixiviats issues du centre d'enfouissement technique de Bouguerguer-Guelma, ont un caractère polluant, elles menacent donc les milieux aquatiques environnants, particulièrement les ressources en eau, et comme ces lixiviats sont relargués librement et sans traitement préalable et atteint les eaux d'Oued Seybouse, et face à ce qui représente ce dernier, qui constitue une richesse hydrique, vital pour l'agriculture et l'industrie pour la zone du Nord-Est Algérien. Il était nécessaire pour nous d'essayer de percevoir et d'étudier l'impact des lixiviats de cette décharge sur la qualité physicochimiques et bactériologiques des eaux d'oued Seybouse. Où, nous avons procédé à un suivi mensuel sur une période de trois mois (Mars, Avril et Mai, 2022), tout au long de la trajectoire d'un ruisseau portant les lixiviats issus du centre d'enfouissement, afin d'atteindre les eaux d'Oued Seybouse, cinq points ont été fixés,

Conclusion Générale et perspectives

deux au niveau du ruisseau, deux au niveau d'oued Seybouse et un point commun (l'aval). Au total, 15 échantillons ont été prélevés.

Les résultats ont dévoilé que le pouvoir auto-épuratoire naturel du ruisseau (Premier axe portant les lixiviats) semble minimiser modérément les teneurs de polluants prises de l'amont, soit par évaporation ou même avec le dépôt au sol (l'infiltration). Avant que l'effluent atteigne le deuxième axe qui est le milieu récepteur (Oued Seybouse). Où, l'évolution des teneurs en oxygène dissous indique clairement, l'impact des rejets sur la qualité des eaux, au-dessus l'oxygène dissous enregistrées passe de $0,22 \pm 0,05$ mg/l en amont, à $0,77 \pm 0,14$ mg/l en aval, cette oxygénation progressive témoigne d'une réduction graduelle de tous les polluants dosés, tout en s'éloignant de la source du stress.

Les résultats du suivi sur le deuxième axe (les eaux d'oued Seybouse) montrent clairement que les courbes de tendance suivent la loi Gaussienne, dans la mesure où, la majorité des paramètres présentent de très faibles teneurs au niveau de P4 (témoin), et demeure très élevés en aval, et diminuent ensuite au niveau de P5 (faibles teneurs). Tandis que, l'oxygène dissous dessine par logique le contraire une diminution en aval et un retour en oxygénation au P5. La pollution s'accroît plus en aval, En effet, sur les vingt et un paramètres suivis, nous avons remarqué que les lixiviats en question apportent un grand nombre de polluants, notamment une charge organique importante (DCO : 17766 ± 1680 et DBO₅ : 7518 ± 565) mg d'O₂/l. Les sels minéraux tels que le Sodium (Na⁺) qui atteint les 565 ± 23 mg/l, les sulfates SO₄⁻ enregistre 210 ± 14 mg/l. Les métaux lourds, comme le (Fr) et le (Zn) qui atteignent respectivement des concentrations de ($7,04 \pm 0,7$ et $2,67 \pm 0,47$) mg/l. D'un point de vue microbiologique, et d'après les résultats obtenus à travers les dénombrements réalisés, les lixiviats apportent une contamination en aval, en effet (les Coliformes totaux, fécaux et les Streptocoques fécaux), sont de l'ordre de $32\,900 \pm 16\,204$ UCF/100ml, $29\,466 \pm 2218$ UCF/100ml et 564 ± 160 UCF/100ml. Ces teneurs aussi élevés, voire inquiétants, contribuent et apportent une pollution bactériologique des eaux d'oued Seybouse. Cette pollution occasionnée par les lixiviats en aval diminue sur la trajectoire de l'eau où le P5 témoigne d'une diminution des concentrations des polluants signifie que le pouvoir auto-épuratoire naturel d'oued Seybouse minimise légèrement l'impact du lixiviat.

De ce fait, les lixiviats de la décharge en question contribueraient à la pollution organique, minérale et bactériologique des eaux d'oued Seybouse. Ces Derniers, lorsqu'ils sont présents dans un milieu avec des concentrations élevées, provoquent les phénomènes de toxicité

Conclusion Générale et perspectives

chronique. Ils dessinent ainsi des risques véritables sur la santé des populations riveraines et sur la qualité des ressources naturelles.

- **Perspectives**

Cette étude est une contribution aux études d'impact environnemental des CETs, générateurs de problèmes de pollution qui menace la qualité des eaux souterraines et/ou superficielles et affectant le principe de la durabilité en matière de gestion des déchets et consommations des ressources. Dans notre cas, cette étude remet en cause l'inefficacité, voire la faille du système de gestion et de traitement des lixiviats qui percole dans un état brut vers le milieu naturel hydrique, ce qui remet en cause l'efficacité des interfaces qui sont admises à préserver le milieu naturel des effets néfastes, voire dévastateurs de certains produits considérés comme dangereux. Au terme de nos résultats, nous recommandons vivement :

- ✓ La remise en cause du système de gestion actuel, vue la saturation des casiers des centres d'enfouissement à accueillir les masses incessants des déchets, en plus qu'ils n'assurent pas l'imperméabilité et les effluents (lixiviats) s'infiltrent et/ou débordent et atteignent les eaux superficielles, même la nappe phréatique. Il est à noter, en plus, que l'enfouissement des déchets consomme chaque année 400 hectares (en Algérie), ce qui lui rend couteux sur le plan économique et environnemental ;
- ✓ Le choix de site d'enfouissement doit être modelé de façon 3D dans la mesure, où, il est spatialement mieux délimité que les écosystèmes marins et terrestres, ainsi qu'il doit assurer que les mouvements voisins d'eau sont très limités ;
- ✓ Renforcer le système de drainage et de collecte du lixiviat afin de le bien capter dans les bassins de stockage ou des lagunes, dans le but d'éviter leur relargage vers le milieu naturel ;
- ✓ Adopter des techniques de traitement appropriées en fonction des caractéristiques de ces lixiviats. Les traitements physico-chimiques par coagulation et floculation combinés avec un traitement biologique pourraient être envisagés ;
- ✓ La promotion et la mise en place d'un système de tri sélectif à la source permet d'alléger la pression volumique des déchets et assurer ainsi de promouvoir le principe de la durabilité ;
- ✓ Chercher d'autres alternatives d'élimination, tel que le compostage, sachant que 55 % des déchets ménagers sont des déchets organiques qui peuvent être valorisés, cette éventuelle fortune peut être orientée vers l'agriculture qui nécessite des tas de fertilisants organiques ;

Conclusion Générale et perspectives

- ✓ La sensibilisation par tous les moyens possibles, comme les campagnes de sensibilisation au niveau : des écoles, les mosquées, les lieux publics par des actions scientifiques, associative dans les villes ou à travers les médias ;
- ✓ Se tourner vers une vraie économie verte ou circulaire par l'encouragement des jeunes à s'investir dans ce domaine avec la création de petites entreprises de recyclage et déchetteries, cela permet d'amortir l'impact dans les CET et préserver l'environnement et les ressources naturelles pour les générations futures dans le cadre du développement durable.

Depuis son existence sur terre, l'homme a toujours cherché à tirer de l'énergie de plusieurs ressources naturelles comme : l'eau, le vent, le sol et les gisements, avec cette masse actuelle, il serait temps de penser aux déchets, non pas comme des produits qu'il faudrait enfouir, mais aussi comme des ressources génératrices d'une vie. Reste à noter que le problème de déchets est un multisectoriel, voire multidisciplinaire, à partir de là, nous recommandons vivement à déboucler les portes de ce domaine à tous les secteurs possibles et adoptés une politique de responsabilité collectif, car la solution peut être : culturelle, éthique, technique, numérique...etc.

Références

Bibliographiques

Références Bibliographiques

- Abdelli, I., Asnour, M., Arab, Z., Abdelmalek, F., & Addou, A. (2017). *Management of household waste in sanitary landfill of Mostaganem district (Western Algeria)*. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 19(1), 265-281.
- ABDERREZAK, S. (2000). Gestion des déchets solides en Algérie. *Séminaire sur la gestion intégrée des déchets solide, Alger*. Pp31-34.
- Adam, C., & VASEL, J.-L. (1997). Caractérisation de la toxicité des lixiviats d'ordures ménagères. *La Tribune de l'eau*, 50(590-91), 13-25.
- ADEME. (2004). La gestion des déchets dans les pays en développement, 3 pages ; www.ademe.fr/ademeinternational/rapport_activites_2004/La_gestion_des_dechets.pdf.
- Adjiri, O. A., Goné, D. L., Kouamé, I. K., Kamagaté, B., & Biemi, J. (2008). Caractérisation de la pollution chimique et microbiologique de l'environnement de la décharge d'Akouédo, Abidjan-Côte d'Ivoire. *J. Biol. Chem. Sci*, 2(4), 401-410.
- Aghamohammadi, N., bin Abdul Aziz, H., Isa, M. H., & Zinatizadeh, A. A. (2007). Powdered activated carbon augmented activated sludge process for treatment of semi-aerobic landfill leachate using response surface methodology. *Bioresource technology*, 98(18), 3570-3578.
- Ahouach, Youssra, Baali, Abdennasser, Boushaba, Abdellah, Hakam, Oualid, Azennoud, Khalil, Lyazidi, Aziza, . . . Alsaigh, Mona Abdullah. (2023). Impact of the Controlled Dump of Fez City (Morocco): Evaluation of Metallic Trace Elements Contamination in the Sediments. *Water*, 15(6), 1209.
- Al Ashoor, A. S. (2016). *Impact des éléments trace métalliques sur le milieu et apport de la cytométrie en flux dans l'étude du fonctionnement des lagunes de la décharge d'Etueffont (Territoire de Belfort, France)*. Université de Franche-Comté.
- Al-Qawati, M., Idrissi, Y. A., Alemad, A., Belhaili, I., Marc, I., Baichouti, F., . . . Belghyti, D. (2015). Analyse et Contrôle de la qualité physico-chimique des eaux souterraines De la région SIDI ALLAL TAZI-Gharb-MAROC [Physico-chemical analysis and quality control of groundwater from the region SIDI Allal Tazi-Gharb-MOROCCO]. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 13(2), 420.
- Alouéimine, S., Matejka, G., Zurbrugg, C., & Mohamed, M. S. (2005). Caractérisation des ordures ménagères à Nouakchott: Partie II: Résultats en saison sèche et en saison humide. *Déchets Sciences et Techniques*, 44, 9-13.
- Alvarez-Vazquez, H., Jefferson, B., & Judd, S. J. (2004). Membrane bioreactors vs conventional biological treatment of landfill leachate: a brief review. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology: International Research in Process, Environmental & Clean Technology*, 79(10), 1043-1049.
- Amokrane, A., Comel, C., & Veron, J. (1997). Landfill leachates pretreatment by coagulation-flocculation. *Water research*, 31(11), 2775-2782.
- AND. (2014). *Caractérisation des déchets ménagers et assimilés dans les zones nord, semi-aride et aride d'Algérie*.
- Andi. (2015). National Agency for the Development of Investments (Andi). The borough of Guelma. Volumes 1- 19. Presentation of the wilaya (borough)2015. Assessed on Sep 09, 2020. <http://www.andi.dz/PDF/monographies/Guelma.pdf>, 1-19.
- AND. (2020). Report on the State of Waste Management in Algeria <https://and.dz/site/wp-content/uploads/rapport%20DMA2.pdf> (Assessed 03 July 2022).

Références Bibliographiques

- Angerville, R. (2009). *Évaluation des risques écotoxicologiques liés au déversement de Rejets Urbains par Temps de Pluie (RUTP) dans les cours d'eau: application à une ville française et à une ville haïtienne*. INSA de Lyon.
- ARBAOUI, KHALDIA, & AOUINE, RACHIDA. (2015). *Application d'analyse en composantes principales (ACP) à une base de données de liquides ioniques*. université ibn khaldountiaret.
- Atmane, Souad, & Bacha, Dinar. (2017). *La protection de l'environnement comme enjeu du développement local durable CAS: LA WILAYA DE TIZI OUZOU*. Université Mouloud Mammeri.
- Aude, L. (2007). *Mission préparatoire «déchets: découverte du marche algérien»*.
- Auger, D. (2008). Guide sur la collecte sélective des matières recyclables. *Vasa*.
- Bae, B.-U., Jung, E.-S., Kim, Y.-R., & Shin, H.-S. (1999). Treatment of landfill leachate using activated sludge process and electron-beam radiation. *Water research*, 33(11), 2669-2673.
- Baig, S., Coulomb, I., Courant, P., & Liechti, P. (1999). Treatment of landfill leachates: Lapeyrouse and Satrod case studies.
- Bambara, D., Bilgo, A., Hien, E., Masse, D., Thiombiano, A., & Hien, V. (2013). Perceptions paysannes des changements climatiques et leurs conséquences socio-environnementales à Tougou et Donsin, climats sahélien et sahélo-soudanien du Burkina Faso. *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, 74, 8-16.
- Bandara, N. J., Hettiaratchi, J. P. A., Wirasinghe, S., & Pilapiiya, S. (2007). Relation of waste generation and composition to socio-economic factors: a case study. *Environmental monitoring and assessment*, 135(1), 31-39.
- Balet, J.-M. (2016). *Gestion des déchets*: Dunod.
- Barlaz, M. A., Rooker, A. P., Kjeldsen, P., Gabr, M. A., & Borden, R. C. (2002). Critical evaluation of factors required to terminate the postclosure monitoring period at solid waste landfills: ACS Publications.
- Bauer, X. (2002). *Le plomb en application externe: usages, mésusages et dangers*. UHP-Université Henri Poincaré.
- Basberg, L., & al, e. (1998). Redox processes in groundwater impacted by landfill leachate. *Aquatic Geochemistry*, 4(2), 253-272.
- Bäverman, C. (1997). *The importance of the pH buffering capacity comparison of various methods to estimate the pH properties of a waste material*. Paper presented at the Proceedings of the 5th Annual North American Waste-to-Energy Conference, Research Triangle Park, NC, US.
- Belaib, A., & Touati, O. G. (2012). Etude de la gestion et de la valorisation par compostage des déchets organiques generes par le restaurant universitaire Aicha Oum Elmouminine.
- Belle, E. (2008). *Évolution de l'impact environnemental de lixiviats d'ordures ménagères sur les eaux superficielles et souterraines, approche hydrobiologique et hydrogéologique. Site d'étude: décharge d'Étueffont (Territoire de Belfort–France)*. Université de Franche-Comté.
- Belhannachi, A. (2003). *Etude hydrologique et hydrochimique dans les bassins versants du Nord-Est Algérien<< Bassin de la seybouse, kébir est, kébir ouest et saf saf>>*. Annaba.
- Benaatta Allah, M. E. (2013). *Impact de la pollution d'un centre d'enfouissement technique (CET) sur la nappe Cas du CET de Soumaâ (W. Blida)*. universite djelfa.
- Ben-El-Mahdi, K. (1987). Treatment trials of waste water of sugar factories.

Références Bibliographiques

- Ben Ammar, S. (2006). Les enjeux de la caractérisation des déchets ménagers pour le choix des traitements adaptés dans les pays en développement: résultats de la caractérisation dans le grand Tunis: mise au point d'une méthode adaptée. Vandoeuvre-les-Nancy, INPL.
- Bennama, T., Younsi, A., Derriche, Z., & Debab, e. A. (2010). Caractérisation et traitement physico-chimique des lixiviats de la décharge publique d'El-Kerma (Algérie) par adsorption en discontinu sur de la sciure de bois naturelle et activée chimiquement. *Water Quality Research Journal*, 45(1), 81-90.
- Béguin, M., & Pumain, D. (2000). La représentation des données géographiques, Paris, Colin, coll. *Cursus*.
- Berg, L. R., Raven, P. H., & Hassenzahl, D. M. (2009). *Environnement: De Boeck Supérieur*.
- Berthe, C. (2006). Etude de la Matière Organique contenue dans des lixiviats issus de différentes filières de traitement des déchets ménagers et assimilés. *Limoges, France*.
- Bertolini, G. (2005). *Économie des déchets: des préoccupations croissantes, de nouvelles règles, de nouveaux marchés*: Editions Technip.
- Billard, H. (2001). Centres de stockage des déchets: Impacts et prospective. *Techniques de l'ingénieur. Environnement*, 2(G2100), G2100. 2101-G2100. 2111.
- Bilgili, M. S., Demir, A., & Özkaya, B. (2007). Influence of leachate recirculation on aerobic and anaerobic decomposition of solid wastes. *Journal of hazardous materials*, 143(1-2), 177-183.
- Botta, H., Berdier, C., & Deleuil, J.-M. (2002). *Enjeux de la propreté urbaine*: PPUR presses polytechniques.
- Boulahia, A., & Walid, L. (2018). *l'impact du site d'enfouissement sur le milieu naturel et les ressources en eau. cas site de bouguerguer Guelma*. Université Badji Mokhtar Annaba.
- Bouglouf, M. (2014). *Contribution à la gestion et la valorisation des déchets solides et ménagers à Skikda (Nord-est algérien)*. Université du 20 Août 1955 Skikda.
- Boutebba, Chourouk, Ferdi, Ilhem, & Meghazi, Chiraz. (2022). Qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau d'Oued SEYBOUSE. Université 8 Mai 1945 Guelma.
- Bras, A. (2010). *Éléments pour une définition de la problématique de la propreté urbaine en Haïti: le cas de Port-au-Prince*.
- Brémond, R., & Vuichard, R. (1973). *Paramètres de la qualité des eaux*: Ministère de la protection de la nature et de l'environnement, Secrétariat.
- Brousse, J. (2005). *Incinération des déchets ménagers: La grande peur*: Le Cherche Midi.
- Bu, L., Wang, K., Zhao, Q.-L., Wei, L.-L., Zhang, J., & Yang, J.-C. (2010). Characterization of dissolved organic matter during landfill leachate treatment by sequencing batch reactor, aeration corrosive cell-Fenton, and granular activated carbon in series. *Journal of Hazardous Materials*, 179(1-3), 1096-1105.
- Buenrostro, O., & Bocco, G. (2003). Solid waste management in municipalities in Mexico: goals and perspectives. *Resources, conservation and recycling*, 39(3), 251-263.
- Cartwright, E., Luong, T. A., Payne, J., & Virmani, S. (2020). The Economic Impact of the Coronavirus Pandemic for Leicester. *Available at SSRN 3622981*.
- CEAEQ. (2000). Recherche et dénombrement des coliformes totaux; méthode par filtration sur membrane. Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec : pp4. *Environnement, Ingénierie & Développement*.
- CEAEQ. (2003). Recherche et dénombrement des coliformes fécaux (thermo tolérants) et confirmation à l'espèce *Escherichia coli* : méthode par filtration sur membrane. Centre d'expertise en analyse environnementale, Gouvernement du Québec : pp5.

Références Bibliographiques

- Chang, J.-E. (1988). Treatment of landfill leachate with an upflow anaerobic reactor combining a sludge bed and a filter *Water Pollution Research and Control Brighton* (pp. 133-143): Elsevier.
- Chaoui, S., & Boukhemis, K. (2018). Par une gestion écologique des déchets ménagers, pour une qualité de vie et de ville: cas d'Annaba (Nord-est Algérien). *Courr Savoir*, 25, 27-38.
- Chapman, H. D., & Pratt, P. F. (1961). Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California. *Agr Sci, Berkeley*.
- Charnay, F. (2005). *Compostage des déchets urbains dans les pays en développement: élaboration d'une démarche méthodologique pour une production pérenne de compost*. Limoges.
- Chen, D. M.-C., Bodirsky, B. L., Krueger, T., Mishra, A., & Popp, A. (2020). The world's growing municipal solid waste: trends and impacts. *Environmental Research Letters*, 15(7), 074021.
- Chen, Q., Liang, M., Li, Y., Guo, J., Fei, D., Wang, L., . . . Li, X. (2020). Mental health care for medical staff in China during the COVID-19 outbreak. *The Lancet Psychiatry*, 7(4), e15-e16.
- Chen, W., Zhang, N., Wei, J., Yen, H.-L., & Li, Y. (2020). Short-range airborne route dominates exposure of respiratory infection during close contact. *Building and Environment*, 176, 106859.
- Cheniti, H. (2014). *La gestion des déchets urbains solides: cas de la ville d'Annaba*. Thèse de doctorat en science et technologie. Université Badj Mokhtar-Annaba
- Chin, A. W., Chu, J. T., Perera, M. R., Hui, K. P., Yen, H.-L., Chan, M. C., . . . Poon, L. L. (2020). Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. *The Lancet Microbe*, 1(1), e10.
- Chian, E. S., & DeWalle, F. B. (1976). Sanitary landfill leachates and their treatment. *Journal of the Environmental Engineering Division*, 102(2), 411-431.
- Chofqi, A., Younsi, A., Lhadi, E., Mania, J., Mudry, J., & Veron, A. (2007). Lixiviats de la décharge publique d'El Jadida (Maroc): Caractérisation et étude d'impact sur la nappe phréatique. *Déchets Sci. Tech*, 46, 4-10.
- Choo, K.-H., & Lee, C.-H. (1996). Membrane fouling mechanisms in the membrane-coupled anaerobic bioreactor. *Water research*, 30(8), 1771-1780.
- Chiguer, H., El Khayyat, F., El Rhaouat, O., Rifki, R., Bensaid, A., El Kharrim, K., & Belghyti, D. (2016). Evaluation de la charge polluante des lixiviats de la décharge contrôlée de la ville d'Essaouira (MAROC)[Evaluation of the pollution load of leachates from the landfill in the city Essaouira (MOROCCO)]. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 14(3), 863.
- Chu, L., Cheung, K., & Wong, M. H. (1994). Variations in the chemical properties of landfill leachate. *Environmental Management*, 18(1), 105-117.
- Christensen, T. H., & Kjeldsen, P. (1995). *Landfill emissions and environmental impact: An introduction*. Paper presented at the 5th International Landfill Symposium.
- Christensen, T. H., Kjeldsen, P., Bjerg, P. L., Jensen, D. L., Christensen, J. B., Baun, A., . . . Heron, G. (2001). Biogeochemistry of landfill leachate plumes. *Applied geochemistry*, 16(7-8), 659-718.
- Christensen, C. (2001). The Past and Future of Competitive Advantage. *mit sloan management review*, 42(2), 105-109.

Références Bibliographiques

- Colin, F. (1984). Étude des mécanismes de la genèse des lixiviats. *Inventaire et examen critique des tests de laboratoire, Nancy IRH-Rapport RH*, 84-136.
- Compaoré, E., & Nanéma, L. (2010). Compostage et qualité du compost de déchets urbains solides de la ville de Bobo-Dioulasso, Burkina Faso. *Tropicicultura*, 28(4), 232-237.
- Cossu, R., Stegmann, R., & Christensen, T. (1996). *Landfilling of Waste, Biogas*: E & FN Spon.
- DAHMANE, S. (2012). *Evaluation de la gestion des déchets ménagers et assimilés de la ville d'Oran*. USTO.
- Damien, A. (2004). *Guide du traitement des déchets*: Dunod Paris.
- De Bere, L. (2000). Anaerobic digestion of solid waste: state-of-the-art. *Water science and technology*, 41(3), 283-290.
- Debieche, T. H. (2002). *Evolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle: application à la basse plaine de la Seybouse Nord-Est algérien*. Besançon.
- Delarras, C., & Trébaol, B. (2003). *Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux: réglementation, prélèvements, analyses*: Tec & Doc.
- De Villers, J., Squilbin, M., & Yourassowsky, C. (2005). Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: cadre général. *Fiche*, 2, 158-162.
- Diawara, A. B. (2009). *Les déchets solides a Dakar. Environnement, sociétés et gestion urbaine*. Université Michel de Montaigne-Bordeaux III.
- Dictionnaire de l'environnement (2023). Available online : https://www.dictionnaire-environnement.com/percolat_ID1243.html (accessed on 01/03/2023).
- Djemaci, B. (2012). *La gestion des déchets municipaux en Algérie: Analyse prospective et éléments d'efficacité*. Université de Rouen.
- Djorfi, S., Fougou, A., Majour, H., Belloulou, L., Hani, A., & Djabri, L. (2010). Impact de la décharge publique de Annaba sur la qualité des eaux de la plaine de l'Oued Zied. *Communication Science & ommunication technologie*(8), 151-157.
- Drevon, J.-J., & Théry, D. (1977). *Ecodeveloppement et industrialisation: renouvelabilite et nouveaux usages de la biomasse*: Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Developpement.
- Duby, C., & Robin, S. (2006). Analyse en composantes principales. *Institut National Agronomique, Paris-Grignon*, 80, 53
- DGPPS, M. (2020). Plan de préparation et de riposte à la menace de l'infection coronavirus Covid-19. Disponible sur: <http://www.sante.gov.dz/images/Prevention/cornavirus/Plan-de-prparation>. PDF.
- Ebner, N., & Iacovidou, E. (2021). The challenges of Covid-19 pandemic on improving plastic waste recycling rates. *Sustainable Production and Consumption*, 28, 726-735.
- Ehrig, H.-J. (1984). Treatment of sanitary landfill leachate: biological treatment. *Waste Management & Research*, 2(2), 131-152.
- Ehrig, H.-J. (1989). Water and element balances of landfills *The landfill* (pp. 83-115): Springer.
- Ehrig, H., & Scheelhaase, T. (1993). *Pollution potential and long term behaviour of sanitary landfills*. Paper presented at the proceedings of the fourth international landfill symposium, Cagliari, Italy.
- El Bada, N., Assobhei, O., Kebbabi, A., Mhamdi, R., & Mountadar, M. (2010). Caractérisation et prétraitement du lixiviat de la décharge de la ville d'Azemmour. *Déchets Sciences et Techniques*, 58, 30-36.
- El Baghdadi, M. (2015). Effet de la Décharge publique de la ville de Béni-Mellal sur les Sédiments et les Sols au niveau d'Oued Sabeq. *J Mater Environ Sci*, 6(11), 3371-3381.

Références Bibliographiques

- EL MORHIT, M., FEKHAOUI, M., SERGHINI, A., EL BLIDI, S., EL ABIDI, A., BENNAAKAM, R., . . . JBILOU, M. (2008). Impact de l'aménagement hydraulique sur la qualité des eaux et des sédiments de l'estuaire du Loukkos (côte atlantique, Maroc). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Terre*, 30, 39-47.
- El-Fadel, M., Bou-Zeid, E., Chahine, W., & Alayli, B. (2002). Temporal variation of leachate quality from pre-sorted and baled municipal solid waste with high organic and moisture content. *Waste management*, 22(3), 269-282.
- Emilien, B. (2008). *Évolution de l'impact environnemental de lixiviats d'ordures ménagères sur les eaux superficielles et souterraines, approche hydrobiologique et hydrogéologique. Site d'étude: décharge d'Étueffont (Territoire de Belfort–France)*. Université de Franche-Comté.
- FAURIE, & FERRA. (2006). *Écologie Approche scientifique et pratique (5e ed.) P 343-356.*: Lavoisier.
- Faurie, C. (2011). *Écologie: Approche scientifique et pratique*: Lavoisier.
- Farquhar, G. (1989). Leachate: production and characterization. *Canadian journal of civil engineering*, 16(3), 317-325.
- Figarella, J., & Leyral, G. (2002). Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Ed. Scérén CRDP d'Aquitaine, Paris.
- Frénod, E. (2010). Sur l'utilité de la modélisation et de l'analyse asymptotique.
- Gaujous, D. (1995). *La pollution des milieux aquatiques: aide-mémoire*: Lavoisier.
- Gelberg, K. H. (1997). Health study of New York city department of sanitation landfill employees. *Journal of occupational and environmental medicine*, 1103-1110.
- Gettinby, J., Sarsby, R., & Nedwell, J. (1996). *The composition of leachate from landfilled refuse*. Paper presented at the Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Municipal Engineer.
- Guermoud, N., Ouadjnia, F., Abdelmalek, F., & Taleb, F. (2009). Municipal solid waste in Mostaganem city (Western Algeria). *Waste Management*, 29(2), 896-902.
- Guerrien, Marc. (2003). L'intérêt de l'analyse en composantes principales (ACP) pour la recherche en sciences sociales. Présentation à partir d'une étude sur le Mexique. *Cahiers des Amériques latines*(43), 181-192.
- Ghennam, N. (2020). Waste Recycling Business in Algeria—Opportunities and Challenges for SME. *Al-Riyada Bus. Econ. J.* 2020, 6, 10–22. *Al-Riyada Bus. Econ. J.*
- Gherbi, T. M. L.-A. (2022). Contribution à l'étude de la biodégradation du lixiviat par le processus de la phytoremédiation.
- Ghodbane, F. Z., & Berrached, S. (2020). *Contribution à l'étude d es variations spatio-temporelles de l'Aridité en Algérie*. M'hamed Bougara faculté des sciences.
- Gillet, R. (1985). *Traité de gestion des déchets solides et son application aux pays en voie de développement*: Organisation mondiale de la santé. Bureau régional de l'Europe (IS).
- Glandier, S. (2002). Risque sanitaire liés aux fuites de lixiviat des centres de stockage de déchets ménagers et assimilés. *Mémoire d'Ingénieur du Génie Sanitaire, Ecole Nationale de la Santé Publique-Cemagref*.
- Gomez, Guadalupe, Meneses, Montserrat, Ballinas, Lourdes, & Castells, Francesc. (2008). Characterization of urban solid waste in Chihuahua, Mexico. *Waste Management*, 28(12), 2465-2471.
- Graindorge, P. (1990). *Contribution à l'étude du traitement des déchets urbains par fermentation méthanique: a) cinétiques de la fermentation et application au contrôle d'un réacteur ouvert; b) modélisation de l'étape acétoclaste du processus biologique*.

Références Bibliographiques

- Grairia, S., Roumayssa, G., & Radja, H. (2022). Inventaire des Columbiformes au niveau de la région de Guelma à travers la méthode des transects.
- Grisey, E. (2013). *Impact de l'évolution des déchets d'une installation de stockage de déchets non dangereux sur l'environnement-Site d'étude: l'ISDND d'Etueffont (Territoire de Belfort-France)*. Université de Franche-Comté.
- Grisey, H., Mania, J., Aleya, L., & Khattabi, H. (2001). Évolution temporelle de la composition du lixiviat d'une décharge à ciel ouvert: Effets des précipitations. *Environnement, Ingénierie & Développement*.
- HAMITI, Dalila. (2022). L'intervention de l'Etat Algérien pour la prise en charge des problèmes environnementaux The intervention of the Algerian State to address environmental problems.
- Hamzaoui, S. (2011). *Gestion et impact des déchets solides urbains sur l'environnement, et tarf commune*. Annaba.
- Henon, F. (2008). *Caractérisation et modélisation des écoulements gazeux au cours du compostage de déchets organiques en taille réelle. Application à l'expertise et à l'optimisation des procédés*. Doctorat Science de la Terre, Université de Rennes 1.
- Heyer, K.-U., & Stegmann, R. (2005). Landfill systems, sanitary landfilling of solid wastes, and long-term problems with leachate (pp. 375-394): Wiley Online Library.
- Hoilijoki, T. H., Kettunen, R. H., & Rintala, J. A. (2000). Nitrification of anaerobically pretreated municipal landfill leachate at low temperature. *Water research*, 34(5), 1435-1446.
- Hours, M., Anzivino, L., Asta, J., Berny, P., Billeret, M., Maitre, A., . . . Keck, G. (2001). Étude des polluants atmosphériques émis dans deux centres de stockage des ordures ménagères. *Déchets Sciences et Techniques*, 24, 38-43.
- Hyun, M., & Net, Z. (2020). Korea sees steep rise in online shopping during COVID-19 pandemic. *ZD Net*.
- Isabelle, HAJEK. (2013). Traitement des déchets et santé environnementale: la science, un facteur d'acceptabilité locale? L'exemple de l'incinérateur à Fos-sur-Mer. *Développement durable et territoires*.
- Issaadi, Kahina, & Si Guesmi, Hassina. (2017). *L'intercommunalité et la gouvernance territoriale: quel lien? Application aux services publics communaux de gestion des déchets des communes de Tizi-Ouzou, Draâ-Ben-Khedda et Tirmatine*. Université Mouloud Mammeri.
- Jribi, S., Ben Ismail, H., Doggui, D., & Debbabi, H. (2020). COVID-19 virus outbreak lockdown: What impacts on household food wastage? *Environment, Development and Sustainability*, 22(5), 3939-3955.
- Kampf, G., Todt, D., Pfaender, S., & Steinmann, E. (2020). Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. *Journal of Hospital Infection*, 104(3), 246-251.
- Kandel, N., Chungong, S., Omaar, A., & Xing, J. (2020). Health security capacities in the context of COVID-19 outbreak: an analysis of International Health Regulations annual report data from 182 countries. *The Lancet*.
- Kannel, P. R., Lee, S., Kanel, S. R., Khan, S. P., & Lee, Y.-S. (2007). Spatial-temporal variation and comparative assessment of water qualities of urban river system: a case study of the river Bagmati (Nepal). *Environ Monit Assess*, 129(1), 433-459.
- Kang, K.-H., Shin, H. S., & Park, H. (2002). Characterization of humic substances present in landfill leachates with different landfill ages and its implications. *Water research*, 36(16), 4023-4032.

Références Bibliographiques

- Kalantarifard, Amin, & Yang, Go Su. (2011). Identification of the Municipal Solid Waste Characteristics and Potential of Plastic Recovery at Bakri, Landfill, Muar Malaysia. *2011*, 420-424.
- Kalloum, S., Khelafi, M., Djaafri, M., Tahri, A., & Touzi, A. (2007). Etude de l'influence du pH sur la production du biogaz à partir des déchets ménagers. *Revue des Energies Renouvelables*, 10(4), 539-543.
- Kargi, F., & Pamukoglu, M. Y. (2003). Aerobic biological treatment of pre-treated landfill leachate by fed-batch operation. *Enzyme and microbial technology*, 33(5), 588-595.
- Kemmer, F. N. (1984). *Manuel de l'eau: Technique & Documentation Lavoisier*.
- Kehila, Y., Mezouari, F., & Matejka, G. (2009). Impact de l'enfouissement des déchets solides urbains en Algérie: expertise de deux centres d'enfouissement technique (CET) à Alger et Biskra. *Déchets Sciences et Techniques*, 56, 29-38.
- Khalffalah, Amina, Mahboubi, Dounya, & Ikhlal, Saidia. (2021). Degrés de contamination et isolement des Bactéries multi-résistantes aux Antibiotiques dans l'eau de l'Oued Seybouse «Guelma, Nord-Est de l'Algérie».
- Khan, D, Kumar, A, & Samadder, SR. (2016). Impact of socioeconomic status on municipal solid waste generation rate. *Waste management*, 49, 15-25.
- Khatabi, H. (2002). *Intérêts de l'étude des paramètres hydrogéologiques et hydrobiologiques pour la compréhension du fonctionnement de la station de traitement des lixiviats de la décharge d'ordures ménagères d'Étuefont (Belfort, France)*. Besançon.
- Khatabi, H., Aleyai, L., Lovy, C., & Mania, J. (2001). Évaluation de l'impact des lixiviats d'une décharge d'ordures ménagères sur la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux d'un ruisseau de Franche-Comté. *Déchets Sciences et Techniques*, 24, 3-6.
- Khatabi, H., Belle, É., Servais, P., & Aleya, L. (2007). Variations spatiale et temporelle des abondances bactériennes dans quatre bassins de traitement du lixiviat de la décharge d'Étuefont (Belfort, France). *Comptes rendus biologies*, 330(5), 429-438.
- Kitambala, A. K., & Phuku, E. P. (2018). Louis Eale Efoto, Jean Paul Kota-te-Nyiwa Ngbolua, Thierry Tabou Tangou, Mayoko Kifuani, Nicolas Kalulu Taba et Emmanuel Makaly Biey. 2018. Dépollution biologique des lixiviats de la décharge des déchets de Mpsa à Kinshasa, RD Congo avec le jus d'Averrhoa carambola (Oxhalinaceae). *International Journal of Current Innovations in Advanced Research*, 1(6), 107-117.
- Kjeldsen, P., Barlaz, M. A., Rooker, A. P., Baun, A., Ledin, A., & Christensen, T. H. (2002). Present and long-term composition of MSW landfill leachate: a review. *Critical reviews in environmental science and technology*, 32(4), 297-336.
- Kouassi, A., Ahoussi, K., Koffi, Y., Kouame, I., Soro, N., & Biemi, J. (2014). Caractérisation physico-chimique du lixiviat d'une décharge de l'Afrique de l'ouest: cas de la décharge d'Akouedo (Abidjan-Côte d'Ivoire). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*(19).
- Kornaros, M., & Lyberatos, G. (2006). Biological treatment of wastewaters from a dye manufacturing company using a trickling filter. *Journal of Hazardous Materials*, 136(1), 95-102.
- Kouassi, A., Ahoussi, K., Koffi, Y., Kouame, I., Soro, N., & Biemi, J. (2014). Caractérisation physico-chimique du lixiviat d'une décharge de l'Afrique de l'ouest: cas de la décharge d'Akouedo (Abidjan-Côte d'Ivoire). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*(19).
- Kulikowska, D., & Klimiuk, E. (2008). The effect of landfill age on municipal leachate composition. *Bioresource technology*, 99(13), 5981-5985.

Références Bibliographiques

- Kylefors, K. (2002). *Predictions of leaching from municipal solid waste (MSW) and measures to improve leachate management at landfills*. Luleå tekniska universitet.
- LABADI, N., & SAADOUDI, M. (2019). Contribution à l'étude de caractérisation des lixiviats du centre d'enfouissement technique d'El Oued (CET).
- LAMARI, M., & Saber, F. (2017). *Elaboration d'un SIG pour la gestion des déchets solides de la municipalité de Msila–Algérie*. Université de m'sila.
- Le Bozec, A. (1994). *Le service d'élimination des ordures ménagères. Organisation, coûts, gestion*: Cemagref Editions; Harmattan.
- Lema, J., Mendez, R., & Blazquez, R. (1988). Characteristics of landfill leachates and alternatives for their treatment: a review. *Water, Air, and Soil Pollution*, 40(3), 223-250.
- Leroy, J.-B. (1981). *Les déchets et leur traitement: les déchets solides industriels et ménagers*: Presses universitaires de France.
- Lim, Y. N., Shaaban, M. G., & Yin, C. Y. (2009). Treatment of landfill leachate using palm shell-activated carbon column: Axial dispersion modeling and treatment profile. *Chemical Engineering Journal*, 146(1), 86-89.
- Linde, K., & Jönsson, A.-S. (1995). Nanofiltration of salt solutions and landfill leachate. *Desalination*, 103(3), 223-232.
- Linde, K., Jönsson, A.-s., & Wimmerstedt, R. (1995). Treatment of three types of landfill leachate with reverse osmosis. *Desalination*, 101(1), 21-30.
- Loukidou, M., & Zouboulis, A. (2001). Comparison of two biological treatment processes using attached-growth biomass for sanitary landfill leachate treatment. *Environmental Pollution*, 111(2), 273-281.
- Low, D., & Koh, A. (2020). Singapore's Food Delivery Surge during Lockdown Highlights Waste Problems.
- MAAFA, A. (2020). Dessalement de L'eau de mer.
- Makhoukh, M., Sbaa, M., Berrahou, A., & Van Clooster, M. (2011). Contribution a l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Moulouya (Maroc oriental). *LARHYSS Journal P-ISSN 1112-3680/E-ISSN 2521-9782*(9).
- Mahyari, Khadijeh Faraji, Sun, Qiaoyu, Klemeš, Jiří Jaromír, Aghbashlo, Mortaza, Tabatabaei, Meisam, Khoshnevisan, Benyamin, & Birkved, Morten. (2022). To what extent do waste management strategies need adaptation to post-COVID-19? *Science of the Total Environment*, 837, 155829.
- Manga, V. E., Forton, O. T., & Read, A. D. (2008). Waste management in Cameroon: A new policy perspective? *Resources, conservation and recycling*, 52(4), 592-600.
- Mangenda, Holy Holenu, Alexis, Vuni Simbu, & Dervie, Ngoma Nsungu. (2022). ANALYSE DU SYSTEME DE GESTION DES DECHARGES PIRATES ET L'IMPACT SANITAIRE ET ENVIRONNEMENTALE DANS LA COMMUNE DE KASA VUBU, VILLE DE KINSHASA EN REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DU CONGO.
- Mangenda, Holy Holenu, Mulaba, Pius, & Kiawutua, Alfred. (2020). Gestion des déchets ménagers dans la ville de Kinshasa: Enquête sur la perception des habitants et propositions. *Déchets Sciences et Techniques*, 83, 19-26.
- Maghreb, E. (2003). Projet de Protection de la biodiversité et des ressources en eau du Bassin Versant de la Moulouya (PBREM). *Formation technique sur la gestion des déchets solides municipaux*.
- MATE. (2004). « Atelier international sur le nouveau mode de gestion des déchets municipaux : Le Centre d'Enfouissement Technique (CET) », janvier 2004. (1 ed.).

Références Bibliographiques

- MATE. (2005). *Mise en oeuvre du Programme National de Gestion des Déchets Ménagers / PROGDEM*.
- MATE. (2008). « La mise en oeuvre du schéma national d'aménagement du territoire (SNAT) 2025 », Document de Synthèse, février 2008.
- MATEJKA, G., & MAMMA, D. (2007). Quelles perspectives pour l'enfouissement technique et le stockage éco-compatible des résidus solides dans les PED vis-à-vis des impacts sur l'hydrosphère urbaine?
- MATET-CNFE. (2009). Ministère de l'aménagement de territoire de l'environnement et du tourisme, Programme des Nations Unis pour le Développement (PNUD), guide des techniciens communaux pour la gestion des déchets urbains ménagers et assimilés., 19(1), 265-281.
- Maystre, L. Y. (1997). Une démarche pour négocier les décisions relatives à l'aménagement des territoires et à la gestion de l'environnement. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*.
- Marvalin, O., Aleya, L., & Amblard, C. (1989). Importance relative des fractions bactériennes libres et fixées en milieu lacustre eutrophe. *Archiv für Hydrobiologie*, 371-390.
- Medina, M. (1997). The effect of income on municipal solid waste generation rates for countries of varying levels of economic development: a model. *Journal of Solid Waste Technology and Management*, 24(3).
- Mehdi, A. (2014). Caractéristiques de la décharge publique de la ville de Tiaret et son impact sur la qualité des eaux souterraines. *Courrier du Savoir scientifique et technique*, 8(8), 93-99.
- Mejbri, R., Matejka, G., Lafrance, P., & Mazet, M. (1995). Fractionnement et caractérisation de la matière organique des lixiviats de décharges d'ordures ménagères. *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science*, 8(2), 217-236.
- Mejraoua, Z., & Zine, N.-E. (2017). Caractérisation physico-chimique du Lixiviat de la décharge sauvage de Meknès. *Euro Sci J*, 13(33), 154-166.
- Menasria, Roumaïssa, Guemami, Abir, & Naili, Roumaïssa. (2021). Qualité physico-chimique d'Oued Seybouse et l'inventaire des macroinvertébrés à la région de Guelma. Université 08 Mai 1945 Guelma.
- MERABET-NOURI, N. (2014). Écologie de la reproduction et Écologie parasitaire de la Foulque macroule *Fulica atra* (Aves, Rallidae) dans l'Est Algérien, Thèse de Doctorat en Sciences. Université Badji Mokhtar. Annaba.
- MERCIER. (2000). Le grand livre de l'eau. Edition: La reconnaissance du livre. Collecte art de vivre. P. 91.
- Merghem, K. A., El Halouani, H., Alnedhary, A. A., Dssouli, K., Gharibi, E., Alansi, R. Q., & al-Nahmi, F. (2016). Etude de l'impact des rejets d'eaux usées brutes et épurées sur la qualité de l'Oued Bani Houat (Bassin de Sanaa): Etude spatio-temporelle (Impact of. *Journal of Materials and Environmental Science*, 7(5), 1516-1530.
- Mezouari-Sandjakdine, F. (2011). *Conception et exploitation des centres de stockage des déchets en Algérie et limitation des impacts environnementaux*.
- Mezouari-Sandjakdine, F. (2011). *Conception et exploitation des centres de stockage des déchets en Algérie et limitation des impacts environnementaux*. Limoges.
- Mohamed, K., Amina, M.-S., Mouaz, M. B. E., Zihad, B., & Wafa, R. (2021). The impact of the coronavirus pandemic on the household waste flow during the containment period. *Environmental Analysis Health and Toxicology*, 36(2), e2021011.

Références Bibliographiques

- Mohammedi, D. (2016). *Les risques de la pollution du milieu naturel par les lixiviats des décharges contrôlées. Cas du centre d'enfouissement technique de Tlemcen.*
- MOKHTARIA, M., BELABBED, B. E., DJABRI, L., HANI, A., & LAOUR, R. (2007). Caractéristiques de la décharge publique de la ville de Tiaret et son impact sur la qualité des eaux souterraines.
- Moletta, R. (2008). Méthanisation de la biomasse.
- Monavari, Seyed Masoud, Omrani, Ghasem Ali, Karbassi, Abdolreza, & Raof, Farzaneh Fakheri. (2012). The effects of socioeconomic parameters on household solid-waste generation and composition in developing countries (a case study: Ahvaz, Iran). *Environmental monitoring and assessment*, 184, 1841-1846.
- Miezah, K., Obiri-Danso, K., Kádár, Z., Fei-Baffoe, B., & Mensah, M. Y. (2015). Municipal solid waste characterization and quantification as a measure towards effective waste management in Ghana. *Waste Management*, 46, 15-27.
- Ministère de la Santé. (2020). Population et de la Réforme Hospitalière (MSPRH), Algérie <http://www.sante.gov.dz/> <http://covid19.sante.gov.dz/carte>.
- Mulliss, R., Revitt, D., & Shutes, R. (1997). The impacts of discharges from two combined sewer overflows on the water quality of an urban watercourse. *Water Science and Technology*, 36(8-9), 195-199.
- Nagabooshnam, J. K. (2011). Solid waste generation and composition in Gaborone, Botswana, Potential for resource recovery. *J. Eng. Technol. Environ. Eng*, 6, 4878-4884.
- Nagarajan, R. (2012). Impact of leachate on groundwater pollution due to non-engineered municipal solid waste landfill sites of erode city, Tamil Nadu, India. *Iranian journal of environmental*
- Noufal, M., Yuanyuan, L., Maalla, Z., & Adipah, S. (2020). Determinants of household solid waste generation and composition in Homs City, Syria. *Journal of environmental and public health*, 2020.
- Nghiem, L. D., Morgan, B., Donner, E., & Short, M. D. (2020). The COVID-19 pandemic: considerations for the waste and wastewater services sector. *Case studies in chemical and environmental engineering*, 1, 100006.
- Ngnikam, E., & Tanawa, E. (2006). *Les villes d'Afrique face à leurs déchets*: Université de technologie de Belfort-Montbéliard Belfort.
- Ngoc, H. L. T. (2009). *COMPORTEMENT DES SOLS FINS UTILISES EN COUVERTURE ETANCHE DES INSTALLATIONS DE STOCKAGE DE DECHETS: APPROCHE EXPERIMENTALE ET NUMERIQUE*. Université Joseph-Fourier-Grenoble I.
- Nguessan, B. F., Banza-Mutoka, F., & Houria, K. (2020). RAPPORT DE SITUATION SUR L'EPIDEMIE DU COVID-19 EN ALGERIE.
- Ojeda-Benitez, S., de Vega, C. A., & Ramirez-Barreto, M. E. (2003). Characterization and quantification of household solid wastes in a Mexican city. *Resources, conservation and recycling*, 39(3), 211-222.
- Okot-Okumu, J. (2012). Solid waste management in African cities—East Africa. *Waste Management—An Integrated Vision*.
- Öman, C., & Hynning, P.-Å. (1993). Identification of organic compounds in municipal landfill leachates. *Environmental Pollution*, 80(3), 265-271.
- Öman, C. B., & Junestedt, C. (2008). Chemical characterization of landfill leachates—400 parameters and compounds. *Waste management*, 28(10), 1876-1891. *health science & engineering*, 9(1), 1-12.

Références Bibliographiques

- Oussama, L., & Mohammed, B. (2017). Les risques de la pollution du milieu naturel par les lixiviats des décharges contrôlées. *Cas du centre d'enfouissement technique de Maghnia*.
- Ouamane, K. (2016). Caractérisation des Déchets Ménagers et Assimilés Dans les Zones Nord, Semi-Aride et Aride d'Algérie 2014: Agence Nationale des Déchets (AND): Belouizdad, Algeria.
- Paleologos, E. K., Elhakeem, M., & Amrousi, M. E. (2018). Bayesian analysis of air emission violations from waste incineration and coincineration plants. *Risk Analysis*, 38(11), 2368-2378.
- Pearce, D., & Turner, R. K. (1994). *Economics and solid waste management in the developing world*: CSERGE.
- Peters, T. (1999). *Past and future of membrane filtration for the purification of landfill leachate*. Paper presented at the Proceedings of the 7th International Landfill Symposium Sardinia, Italy.
- Peya, M. I. (2020). Impact de la crise écologique mondiale sur la biodiversité dans le bassin versant du Congo de 2013 à juin 2020.
- Pronost, R., & Matejka, G. (2000). Les lixiviats de décharges d'ordures ménagères: Production, caractérisation, traitement. *Environnement & technique*(196), 25-29.
- Rafizul, I. M., & Alamgir, M. (2012). Characterization and tropical seasonal variation of leachate: Results from landfill lysimeter studied. *Waste management*, 32(11), 2080-2095.
- Ramteke, S., & Sahu, B. L. (2020). Novel coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic: considerations for the biomedical waste sector in India. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 100029.
- Ranney, M. L., Griffeth, V., & Jha, A. K. (2020). Critical supply shortages—the need for ventilators and personal protective equipment during the Covid-19 pandemic. *New England journal of medicine*, 382(18), e41.
- Rapport. (2001). *La Mauritanie à la croisée des chemins Bilan commun de pays (CCA), Coordination du Système des Nations Unies en Mauritanie, Document de travail 2ème draft, 86 pages, <http://www.maed.gov.mr/Bibliotheque/rapports/CCA-Mauritanie.pdf>*.
- Razak, M. W. A., & Adamou, Z. (2020). Caractérisation Physico-Chimique Des Lixiviats Des Décharges: Cas De La Décharge Non Contrôlée De Niamey 2000 (Niamey-Niger). *European Scientific Journal, ESJ*, 16(9), 42.
- Rejsek, F. (2002). Analyse des eaux: Aspects réglementaires et techniques. Scéren (CRDP AQUITAINE). Coll. Biologie technique. *Sciences et techniques de l'environnement*. 360p.
- Remuzzi, A., & Remuzzi, G. (2020). COVID-19 and Italy: what next? *The lancet*, 395(10231), 1225-1228.
- Renou, S., Givaudan, J., Poulain, S., Dirassouyan, F., & Moulin, P. (2008). Landfill leachate treatment: Review and opportunity. *Journal of Hazardous Materials*, 150(3), 468-493.
- Renou, S., Poulain, S., GAGNAIRE DE CADARACHE, J., Marrot, B., & Moulin, P. (2008). Lixiviat de centre de stockage: déchet généré par des déchets. *L'eau, l'industrie, les nuisances*(310), 37-43.
- Renou, S., Poulain, S., Gagnaire, J., & Moulin, P. (2008). Intégration des procédés membranaires dans le traitement des lixiviats. *L'Eau, l'industrie, les nuisances*(313).
- REGGAM, A. (2014). *Contribution à l'étude de la qualité microbiologique et physico-chimique des eaux d'Oued Seybouse*.

Références Bibliographiques

- Reggam, A., Bouchelaghem, H., & Houhamdi, M. (2015). Qualité Physico-Chimique des Eaux de l'oued Seybouse (Nord-Est de l'Algérie): Caractérisation et Analyse en Composantes Principales (Physico-chemical quality of the waters of the Oued Seybouse (Northeastern Algeria): Characterization and Principal Component Analysis). *J. Mater. Environ. Sci*, 6(5), 1417-1425.
- RGPH. (2008). RGPH, Office National des Statistiques. Recensement Globale de Population et de l'Habitat. 2008.
- Rodier, Legube, B., Merlet, N., Brunet, R., Mialocq, J., Leroy, P., . . . Vincent, M. (2009). L'analyse de l'eau-9e éd. *Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Dunod*, 564-571.
- Rodier. (1996). L'analyse de l'eau naturelle, eaux résiduaires, eau de mer. *Denod, Paris, 1*, 1383.
- Rodriguez, J., Castrillon, L., Maranon, E., Sastre, H., & Fernandez, E. (2004). Removal of non-biodegradable organic matter from landfill leachates by adsorption. *Water research*, 38(14-15), 3297-3303.
- Robinson, H. D., & J.R., G. (1993). A review of landfill leachate composition in the UK, in Christensen, T.H., Cossu R., and Stegmann R., (eds), Proceedings from Sardinia '93: Fourth International Landfill Symposium, 11-15 October 1993, S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy, CISA (Environmental Sanitary Engineering Centre), Cagliari, Italy, 821-832.
- Robinson, W. D., O'Leary, P. R., Canter, L., Stone, R., Kahle, R., & Slutter, R. G. (1986). Land disposal. *The solid waste handbook: a practical guide*, 259-376.
- Ross, W. (1990). Factors influencing the chemical characteristics of landfill leachates. *Water SA*, 16(4), 275-280.
- Rouez, M. (2008). Dégradation anaérobie de déchets solides: Caractérisation, facteurs d'influence et modélisations. *Laboratoire de Génie Civil et d'Ingénierie Environnementale. Lyon, Institut National des Sciences Appliquées Docteur*, 259.
- Roy, P., Mohanty, A. K., Wagner, A., Sharif, S., Khalil, H., & Misra, M. (2021). Impacts of COVID-19 outbreak on the municipal solid waste management: Now and beyond the pandemic. *ACS Environmental Au*, 1(1), 32-45.
- Rubio, J., Souza, M., & Smith, R. (2002). Overview of flotation as a wastewater treatment technique. *Minerals engineering*, 15(3), 139-155.
- Saint-Denis, M., & SycTom, V. D. D. R. (2009). Synthèse des connaissances sur les impacts environnementaux et les risques sanitaires de l'incinération, de la méthanisation, et des centres de stockage.
- Safia, A. I. (2015). *Optimisation d'une collecte d'ordures ménagères dans la wilaya de Mostaganem*. Université de Mostaganem.
- Samiha Mouaki benani, I. M. (2021). Contribution à l'étude de la biodégradation des lixiviats par les processus de la phytoremédiation.
- Sardi, K. (2014). Contrôle de la qualité de l'eau de la station d'hémodialyse De l'EHU 1 er Novembre. *Mémoire de Master, Faculté de chimie, Département de chimie physique, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran, Mohamed Boudiaf P*, 3, 4.
- Sarkodie, S. A., & Owusu, P. A. (2020). Impact of COVID-19 pandemic on waste management. *Environment, Development and Sustainability*, 1-10.
- Sharma, H. B., Vanapalli, K. R., Cheela, V. S., Ranjan, V. P., Jaglan, A. K., Dubey, B., . . . Bhattacharya, J. (2020). Challenges, opportunities, and innovations for effective solid

Références Bibliographiques

- waste management during and post COVID-19 pandemic. *Resources, Conservation and Recycling*, 162, 105052.
- Sillet, A.-A., Royer, S., Coque, Y., Bourgois, J., & Thomas, O. (2001). Les lixiviats de décharges d'ordures ménagères. *Déchets Sciences et Techniques*, 22, 7-11.
- Singh, V. P. (2005). *Toxic metals and environmental issues*: Sarup & Sons.
- Slimani, R., Kanane, M., Metna, F., & Hammoum, A. (2022). Caractérisation des déchets ménagers et assimilés dans deux résidences universitaires: Ex-Habitat et Hasnaoua 2 (Tizi-Ouzou, Algérie) et essais de compostage des biodéchets. *Tropicultura*.
- Smaoui, Y., & Bouzid, J. (2019). Déchets du centre d'enfouissement technique de Sfax (Tunisie): nature, composition et traitement. *Déchets, Sci Tech*(82).
- Sofiane, Ali, Zerdi, Farouk, & Hafid, Hinda. (2022). *Impact de la décharge des déchets solides sur la qualité des eaux souterraines de la région d'Ain Fakroun Oum El Bouaghi*. Université De Larbi Ben M'hidi Oum EL Bouaghi.
- Straub, W. A., & Lynch, D. R. (1982). Models of landfill leaching: moisture flow and inorganic strength. *Journal of the Environmental Engineering Division*, 108(2), 231-250.
- Suman, R., Javaid, M., Haleem, A., Vaishya, R., Bahl, S., & Nandan, D. (2020). Sustainability of coronavirus on different surfaces. *Journal of clinical and experimental hepatology*, 10(4), 386-390.
- Sung, M. S., Chang, D., & Lee, H. Y. (1997). Performance improvement of an unstable anaerobic leachate treatment system in an industrial waste landfill. *Water science and technology*, 36(12), 333-340.
- Tabet-Aoul, M. (2001). Types de traitement des déchets solides urbains évaluation des couts et impacts sur l'environnement. *Rev. Energ. Ren.: Production et Valorisation-Biomasse*, 97-102.
- Tansakul, C. (2009). *Procédés hybrides à membranes pour le prétraitement d'eau de mer avant dessalement par osmose inverse*. Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse.
- Toklo, R. M., Josse, R. G., Topanou, N., Togbe, A. F., Dossou-Yovo, P., & Coulomb, B. (2015). Caractérisation physico-chimique des lixiviats d'une décharge: cas du lieu d'enfouissement sanitaire de Ouèssè-Ouidah (sud Bénin)/[Physico-chemical characterization of the leachates of a discharge: case of sanitary burying place of Ouèssè-Ouidah (South of Benin)]. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 13(4), 921.
- Tonon, F. (1987). *contribution à l'étude de l'environnement en République Populaire du Bénin Espace urbain et gestion des déchets solides dans la ville de Cotonou*. Thèse de doctorat de 3e cycle.
- Thomas, O., Bourgois, J., Coque, Y., Royer, S., & Sillet, A.-A. (2001). Les lixiviats de décharges d'ordures ménagères: Genèse, composition et traitements. *Environnement, Ingénierie & Développement*.
- Thonart, P., Hilligsmann, S., Matejka, G., & Aïna, M. (2007). Caractérisation physico-chimique de l'état de dégradation de déchets stockés dans une décharge sèche (zone semi-aride): site expérimental de Saaba (Burkina Faso). *Environnement, Ingénierie & Développement*.
- Trabelsi, S. (2011). *Etudes de traitement des lixiviats des déchets urbains par les procédés d'oxydation avancée photochimiques et électrochimiques: application aux lixiviats de la décharge tunisienne "Jebel Chakir"*. Université Paris-Est.

Références Bibliographiques

- Trebouet, D., Schlumpf, J., Jaouen, P., & Quemeneur, F. (2001). Stabilized landfill leachate treatment by combined physicochemical–nanofiltration processes. *Water research*, 35(12), 2935-2942.
- Ushikoshi, K., Kobayashi, T., Uematsu, K., Toji, A., Kojima, D., & Matsumoto, K. (2002). Leachate treatment by the reverse osmosis system. *Desalination*, 150(2), 121-129.
- Van Fan, Y., Jiang, P., Hemzal, M., & Klemeš, J. J. (2020). An update of COVID-19 influence on waste management. *Science of The Total Environment*, 754, 142014.
- Vaverková, M. D., Paleologos, E. K., Dominijanni, A., Koda, E., Tang, C.-S., Małgorzata, W., . . . Vieira, C. S. (2020). Municipal solid waste management under COVID-19: challenges and recommendations. *Environmental Geotechnics*, 8(3), 217-232.
- Wendling, P. (1994). *Lixiviation des métaux lourds dans les résidus d'incinération de déchets municipaux, bruts et traités, soumis à l'action des pluies acides*. Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique.
- WHO. (2012). Alliance mondiale pour l'élimination des peintures au plomb: cadre opérationnel: Organisation mondiale de la Santé.
- WHO. (2020). COVID-19 2020 situation summary – updated 19 April 2020. Available at. <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/cases-updates/summary.html#COVID19-pandemic>. (Accessed 20 June 2021).
- Williams, P. T. (2005). *Waste treatment and disposal*: John Wiley & Sons.
- WISSING, M., DOR, P., PANA, A., Ralet, J., & PIÉRART, P. (2005). Les effets de l'incinération des déchets sur la santé. *Une*, 18, 19.
- Woese, C. R. (1987). Bacterial evolution. *Microbiological reviews*, 51(2), 221-271.
- World Health Organization (WHO), & (2020). Coronavirus disease (COVID-2019) situation reports (<https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports>), 01 to 76.
- Wu, J., Zhang, H., He, P.-J., & Shao, L.-M. (2011). Insight into the heavy metal binding potential of dissolved organic matter in MSW leachate using EEM quenching combined with PARAFAC analysis. *Water research*, 45(4), 1711-1719.
- Xu, Y.-D., Yue, D.-B., Zhu, Y., & Nie, Y.-F. (2006). Fractionation of dissolved organic matter in mature landfill leachate and its recycling by ultrafiltration and evaporation combined processes. *Chemosphere*, 64(6), 903-911.
- Yang, Y., Li, W., Zhang, Q., Zhang, L., Cheung, T., & Xiang, Y.-T. (2020). Mental health services for older adults in China during the COVID-19 outbreak. *The Lancet Psychiatry*, 7(4), e19.
- Y. Kehila, L. G. (2010). «Rapport pays sur la gestion des déchets solides en Algérie » <http://www.sweepnetorg/ckfinder/userfiles/files/country-profiles/RA%20ALGERIE%20ANG.pdf>.
- Yulipriyanto, H. (2001). *Emission d'effluents gazeux lors du compostage de substrats organiques en relation avec l'activité microbologique (nitrification/dénitrification)*. Université Rennes 1.
- Zagorc-Končan, J., & Šömen, J. (1999). A simple test for monitoring biodegradable industrial pollution in a receiving stream. *Water Science and Technology*, 39(10-11), 221-224.
- ZEDAM, A. S., & LARABA, Z. (2020). *Etude comparative des caractéristiques de lixiviat: source de pollution et de contamination, dans quatre décharges*. UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA.

Références Bibliographiques

Zouboulis, A. I., Chai, X.-L., & Katsoyiannis, I. A. (2004). The application of bioflocculant for the removal of humic acids from stabilized landfill leachates. *Journal of Environmental Management*, 70(1), 35-41.