

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITÉ de BLIDA 1

Faculté de Technologie

Département de Génie des Procédés



En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER EN GENIE DES PROCEDES

Spécialité : Génie de l'Environnement

**Dimensionnement et Simulation de
station de traitement de Lixiviat par
Osmose Inverse CET d'OULED FAYET**

Présenté par :

GHOUL Adil Taqiyeddine
Wahib

MESSAOUDANI Mohamed Amine

Encadré par :

Mr. NACEUR Mohamed

Année universitaire **2020/2021**

REMERCIEMENTS

DIEU merci de nous avoir donné le courage, la santé et la volonté d'accomplir ce travail.

Ce travail a été effectué au niveau du CET d'Ouled Fayet en collaboration avec AMENHYD ET l'AND.

Pour cela, nous tenons à exprimer notre gratitude envers notre promoteur Pr.NACEUR Mohamed Wahib, pour nous avoir guidés et encadrés tout au long de notre projet.

Tous les membres de jury qui nous feront l'honneur d'examiner et de juger notre travail.

Nous tenons à remercier également l'équipe AMENHYD, notamment Mr BOUHADI Mohamed, l'équipe de l'AND notamment Mme CHALLAL Amira qui nous a soutenu depuis le début de notre travail.

Nous adressons nos plus sincères remerciements à tous mes enseignants de département de génie de l'environnement qui ont contribué à ma formation.

Et pour finir, nous exprimons notre reconnaissance envers toutes personnes ayant aidé de près ou de loin à la réalisation et le bon conduit de ce travail, ainsi que toute personne nous ayant soutenu et offert les moyens matériels et moral afin de conclure ce travail.

G. Adil et M. Amine

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents Houria et Amar que je remercie énormément pour leurs soutiens et leur sacrifice et encouragement durant toutes ces années. Que dieu les garde pour moi.

A mon très cher frère et sœur : Mr Mouhamed Haytem, Mme Zineb Anfale sans Oublier bien sur ma grand famille paternelle GHOUL et maternelle DJERBAOUI que je l'aime beaucoup.

A ma très chère fiancée mon amour mon soutien et ma raison de vivre Mme A. Farah et a toute sa famille

A mes très chers amis : Mr Kamel, Amin, Younes, Hamado, Daoud, Toufik, Omar sans Oublier bien sûr Mr H. BOUSIDE et a tout que j'aime et qui m'aime

G. Adil

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A ma très chère mère Bahia pour son amour qui n'a jamais cessé de prier pour moi, pour ses encouragements, ses orientations et son soutien durant tout le long de mes études.

A mon très cher père Mustapha, pour ses encouragements, surtout pour son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études.

A mes très chère sœur Chayma, et Salma.

A mes très chers frères : Walid, Anes.

A tout la famille MESSAOUDANI et BOUSSAHMINE

A tout la famille ZAMIME et DERBAL.

A tous ceux qui contribues de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

A mes collègues

A tous mes amies spécialement Oussama, Abdelfettah, Rabah, Laoufi, Mehdi, Azzedine et tout groupe AM.Graphic, Oussama, Chakib Abd Raouf, Karim et Rabah chabane.

M. Amine

ملخص:

الهدف من هذا العمل هو دراسة طريقة معالجة عصارة النفايات في المركز التقني لردم النفايات في أولاد فاييت باستخدام تقنية التناضح العكسي، محاكاة لمحلول العصارة باستخدام برنامج "الويف" من الشركة المصنعة "داو". بناءً على تحليلات عصارة النفايات والأغشية المناسبة، تم اختيار حل مضاعف لتقنية التناضح العكسي. جعلت ملاحظات المحاكاة من الممكن إجراء تصحيحات على درجة الحموضة للتخلل في المرحلة الأولى ومخرج المرور الثاني للحصول على تدفق يتوافق مع المعايير الجزائرية للتفريغ في البيئة. علاوة على ذلك، من أجل تجنب الانسداد عن طريق الترسيب، سمحت لنا إضافة جرعة 3 جم / لتر من مضاد التكلس بتصحيح تشبع كبريتات الكالسيوم. الحل المقترح يجعل من الممكن تصور معالجة عصارة النفايات، والمعالجة بالتناضح العكسي مزدوج التمير، وبالتالي تركيب المواد في المحلول النهائي يكون وفقاً لمعايير التفريغ الصناعي.

الكلمات الرئيسية: التحجيم، الراشح، التناضح العكسي

Résumé :

L'objectif de ce travail est d'étudier la méthode de traitement des lixivats dans le centre d'enfouissement technique d'Ouled Fayet en utilisant la technologie de l'osmose inverse. Une simulation de la solution de traitement de Lixiviat en utilisant le logiciel « WAVE » du fabricant DOW. Sur la base des analyses de Lixiviat, et les membranes appropriées une solution d'osmose inverse a doublé pass a été retenue. Les observations de la simulation a permis d'effectuer les corrections du pH du permeat a la sortie de premier étage et de deuxième pass pour obtenir un effluent conforme aux normes algériennes du rejet dans l'environnement. Par ailleurs, afin d'éviter le colmatage par entartrage, une tentative du dosage de l'antiscalant de 3g/L a permis de corriger la saturation du calcium de sulfate. La solution proposée permet d'envisager un prétraitement des lixivats, et le traitement par osmose inverse à double pass, par conséquent une composition du rejet conforme aux normes de rejets industriels.

Mots clés: Dimensionnement, Lixiviat, Osmose Inverse

Summary:

The objective of this work is to study the leachate treatment method in the technical landfill center of Ouled Fayet using reverse osmosis technology. A simulation of the leachate treatment solution using the software "WAVE" from the manufacturer DOW. Based on the leachate analyzes, and the appropriate membranes a reverse osmosis solution doubled pass was chosen. The observations of the simulation made it possible to make corrections to the pH of the permeat at the first stage and second pass outlet to obtain an effluent that complies with Algerian standards for discharge into the environment. Furthermore, in order to avoid clogging by scaling, an attempt at the dosage of the 3g / L antiscalant made it possible to correct the saturation of the calcium sulphate. The proposed solution makes it possible to envisage a pretreatment of the leachate, and treatment by double-pass reverse osmosis, consequently a composition of the rejects in accordance with industrial discharge standards.

Key words : descaling, filtrate, reverse osmosis

Liste des Figures

Figure I.1: Modes de gestion des déchets des ménages algériens	10
Figure 0I.2: Exemple d'un equipemet necessaire pour la collecte des déchets	16
Figure 0I.3: l'Entré d'une déchetterie.....	17
Figure 0I.4: Station de transfert des déchets vers les filières de traitement.....	17
Figure 0I.5: Centre de tri	18
Figure 0I.6: le Déroulement du compostage.....	19
Figure 0I.7: les Risques d'un CET mal exploité.....	22
Figure 0I.8: Casier avant activité	22
Figure 0I.9: Casier au début d'activité	23
Figure I.10: Casier fin d'activité	23
Figure I.11: Schéma représentatif d'une couche de drainage des lixiviats.....	24
Figure I.12: Géomembrane.....	25
Figure I.13: Pose de géotextile	26
Figure II.1 :Processus de méthanisation.....	31

Figure II.2 :Evacuation de Lixiviat par drainage vers le point bas du casier et évacué par pompage ou par écoulement gravitaire	34
Figure II.3 :Bassin de stockage des lixiviats	35
Figure II.4 :Station de traitement de Lixiviat par Nano filtration.....	38
Figure III.1: l'Emplacement des casiers du site d'Ouled Fayet.....	43
Figure III.2: la pose de la géo-membranes en polyéthylène haute densité (PEHD)	45
Figure III.3: Cheminées pour l'évacuation du biogaz	46
Figure III.4: Shéma explicatif de la station de traitement des lixiviats par OI dans le CET d'ouled fayet	48
Figure III.5: Fiche technique du membrane 1^{er} étage (INDUSTRIAL RO5 8040F50) «GE » utilisé dans la station d'étude.	50
Figure III.6: Fiche technique du membrane 2eme étage :(SW30HRLE-370/34i) « DOW-FILMTEC » utilisé par la station.....	50
Figure IV.1: L'interface d'écran de téléchargement logiciel WAVE.....	58
Figure IV.2: L'interface d'écran d'accueil de WAVE.....	59
Figure IV.3: Image capture écran de l'étape 1 « choix la technologie ».....	61
Figure IV.4: Image capture écran de l'étape 2 déterminer le type d'eau.....	61
Figure IV.5: Image capture écran de l'étape analyse par WAVE	62

Figure IV.6: Image capture écran de l'étape 4 dimensionnement	63
Figure IV.7 : Fiche technique du nouveau Membrane utilise dans la simulation qui remplace la membrane du 1er étage	64
Figure IV.8: Image capture écran de l'étape 5 lance calcule.....	64
Figure IV.9 : Tableau récapitulatif du processus OI et diagramme de processus	65
Figure IV.10: Concentrations calculées d'espèces dissoutes dans chaque étage/flux du système OI. « 1er rapport ».....	66
Figure IV.11 : Avertissements émis en raison de violations de la conception et de la solubilité dans le système OI.	67
Figure IV.12: Recyclage d'une fraction du flux de concentré final vers l'alimentation du système OI.	69
Figure IV.13 : Produits chimiques peuvent être ajoutés à l'eau d'alimentation OI pour ajuster la chimie de l'eau. Ici, nous ajoutons de l'hexamétaphosphate de sodium comme antis calant.....	70
Figure IV.14 : Rien avertissements émis en raison de violations de la conception et de la solubilité dans le système OI. « 2ème rapport ».....	71
Figure IV.15: Tableau récapitulatif du processus OI « 2ème rapport »	71
Figure IV.16: Tableau représente la concentration de soluté « 2ème rapport »	72

Liste des Tableaux

Tableau I.1 : les Définitions possible d'un déchet -----	5
Tableau I.2: les quatre principes de gestion des déchets -----	9
Tableau I.3: Impacts des décharges sur l'environnement -----	11
Tableau I.4: Type de déchets admissibles et interdits dans un CET -----	20
Tableau II.1: Comparaison des lixiviats selon l'âge de la décharge -----	32
Tableau II.2 : Comparaison des procédés classiques de traitement des eaux -----	39
Tableau III.1: Classement des déchets admissibles et interdits du CET d'Ouled Fayet -	44
Tableau III.2: la collecte des déchets vers le CET d'Ouled Fayet -----	44
Tableau III.3: Analyses des lixiviats en 2013 avant le traitement membranaire -----	46
Tableau III.4: Caractéristiques des matériaux du prétraitement -----	51
Tableau III.5 : Caractéristiques des matériaux de 1er étage d'Osмосe inverse -----	53
Tableau III.7 Caractéristiques des matériaux de 2ème étage d'Osмосe inverse -----	54
Tableau IV.1: La qualité d'eau finale à la sortie de la station -----	73

LISTE DES ABREVIATION

Acronyme	Désignation
CET	Centres d'enfouissement techniques
MATET	Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement et du tourisme
PROGDEM	Programme National de Gestion des Déchets Ménagers
AND	Agence Nationale des Déchets
PCB	Polychlorobiphényles
CFC	Chlorofluorocarbure
PEHD	Polyéthylène haute densité
PET	Polyéthylène téréphtalates
MATE	Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement
DSM	Déchets spéciaux des ménages
OM	Ordures ménagères
OI	Osmoses inverse
WAVE	Water Application Value Engine

Sommaire

CHAPITRE I	GENERALITES SUR LES DECHETS ET LEUR GESTION EN ALGERIE	4
I.1	INTRODUCTION :	5
I.2	DEFINITION DE DECHETS :	5
I.3	CLASSIFICATION DES DECHETS :	6
I.4	GESTION DES DECHETS :	9
I.4.1	<i>Principes de gestion des déchets</i> :	9
I.4.2	<i>Gestion des déchets en Algérie</i> :	10
I.5	IMPACT DES DECHETS MENAGERS :	11
I.5.1	<i>Impact sur la santé</i> :	11
I.5.2	<i>Impact sur l'environnement</i> :	11
I.6	VALORISATION DES DECHETS :	12
I.6.1	<i>Définition de la valorisation</i> :	12
I.6.2	<i>Modes de valorisation des déchets</i> :	13
I.6.3	<i>Destination de quelques déchets ménagers potentiellement valorisables</i> :	14
I.6.4	<i>Valorisation des déchets ménagers en Algérie</i> :	14
I.7	MODE D'ELIMINATION ET ENLEVEMENTS DES DECHETS :	14
I.7.1	<i>La collecte</i> :	14
I.7.2	<i>Déchetterie</i> :	16
I.7.3	<i>Centre de transfert</i> :	17
I.7.4	<i>Centre de tri</i> :	18
I.7.5	<i>Compostage</i> :	18
I.8	CENTRE D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE « CET » :	19
I.8.1	<i>Décharge sauvage</i> :	19
I.8.2	<i>Décharge contrôle</i> :	19
I.8.3	<i>Définition CET</i> :	19
I.8.4	<i>Principales composantes d'un CET</i> :	19
I.8.5	<i>Type de déchets Admissibles et interdits</i> :	20
I.8.6	<i>Points nécessaires pour l'exploitation d'un CET</i> :	20
I.9	CONSTRUIRE UN CET :	21
I.9.1	<i>Evaluation des capacités d'enfouissement</i> :	21
I.9.2	<i>Couche de drainage des lixiviats</i> :	24
I.9.3	<i>Géomembrane (PEHD)</i> :	24
CHAPITRE II	: LIXIVIATS	27
II.1	INTRODUCTION :	28
II.2	DEFINITION DE LIXIVIATS :	28
II.3	MECANISMES DE FORMATION DE LIXIVIATS :	28
II.3.1	<i>Evolution des déchets</i> :	29
II.3.2	<i>Types de Lixiviat des décharges et leurs compositions</i> :	31
II.3.3	<i>Composition de lixiviats</i> :	32
II.3.4	<i>Facteurs qui influençant sur le Lixiviat</i> :	33
II.4	IMPACT DE LIXIVIATS SUR L'ENVIRONNEMENT ET LA SANTE HUMAINE :	33
II.5	COLLECTE DES LIXIVIAT :	34
II.6	STOCKAGE DES LIXIVIAT :	34
II.7	PROCEDE DE TRAITEMENT DES LIXIVIATS :	35
II.7.1	<i>Méthodes biologiques</i> :	35
II.7.2	<i>Méthodes physico-chimiques</i> :	36
II.7.3	<i>Méthodes membranaires</i> :	38
II.7.4	<i>Comparaison des procédés classiques de traitement</i> :	39
CHAPITRE III	: ETUDE DE CAS LE CENTRE D'ENFOUISSEMENT TECHNIQUE D'OULED FAYET	41
III.1	INTRODUCTION :	42
III.2	PRESENTATION DU SITE D'ETUDE D'OUED FAYET (ALGER) :	42

III.3 CLASSIFICATION DES DECHETS DE CET D'OULED FAYET ET SON ETAT DE DEVERSEMENT : -----	43
III.4 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU CET D'OULED FAYET : -----	44
III.5 COMPOSITION DES LIXIVIAT D'OULED-FAYET : -----	46
III.6 DESCRIPTION GLOBALE DE LA FILIERE DU TRAITEMENT ET TRAITEMENT DES LIXIVIATS PAR OSMOSE INVERSE : -----	47
III.6.1 Description de l'installation : -----	47
III.6.2 Installation d'Osmose Inverse : -----	48
III.6.3 Membrane Utilisée : -----	49
III.6.4 Type du Membrane Utilisée : -----	49
III.7 DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE TRAITEMENT DES LIXIVIATS D'OULED FAYET : -----	51
III.7.1 Dimensionnement du prétraitement : -----	51
III.7.2 Dimensionnement d'Osmose Inverse « 1 ^{er} étage » : -----	52
III.7.3 Dimensionnement d'Osmose Inverse « 2eme étage » : -----	53
III.8 PROBLEME D'EXPLOITATION ET LEURS « CET OULED FAYET » : -----	54
CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT ET SIMULATION PAR LOGICIEL « WAVE » : -----	55
IV.1 MATERIEL ET METHODES « LOGICIEL WAVE » : -----	56
IV.1.1 Didacticiel présentera les informations suivantes : -----	56
IV.1.2 Téléchargement et installation du logiciel WAVE : -----	57
IV.1.3 L'interface logicielle : -----	58
IV.2 SIMULATION DE LA STATION DE TRAITEMENT DE LIXIVIAT OI D'OULED FAYET PAR WAVE -----	60
IV.2.1 Paramètres de fonctionnement de logiciel WAVE : -----	60
IV.2.2 Utilisation de simulation de logiciel pour dimensionnement et le contrôle du fonctionnement : --	60
IV.3 RESULTA ET DISCUSSION : -----	65
IV.3.1 Interprétation du rapport OI : -----	65
IV.4 QUALITE D'EAU SORTIE DE LA STATION « PERMEAT FINALE » : -----	73
CONCLUSION : -----	74
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES : -----	75

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Depuis le début des années 1990, la protection de l'environnement est devenue une préoccupation collective. La question des déchets est quotidienne et touche chaque individu tant sur le plan professionnel que familial. En tant que consommateur, jeteur, usager du ramassage des ordures ménagères, et trieur de déchets recyclables, citoyen ou contribuable, chacun peut et doit être acteur d'une meilleure gestion des déchets. Des gestes simples permettent d'agir concrètement pour améliorer le cadre de vie et préserver le bien-être de chacun. [1].

La solution technique retenue par l'Algérie pour le traitement des déchets ménagers est l'enfouissement. A ce titre, plusieurs centres d'enfouissement techniques (CET) ont été réalisés. Selon le MATET, 65 CET ont déjà été lancés/ sont achevés ou sont en cours d'étude. C'est la loi 01-19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets qui fixe les bases de la mise en place d'un Programme National de Gestion des Déchets Ménagers (PROGDEM)

Dans cette optique et suite à un début de contamination des nappes phréatiques dû aux écoulements des décharges, le CET de Ouled Fayet et l'un de ces centres qui comprend 5 casiers sur 40 hectares. Ainsi notre étude est menée en vue de suivre les performances de la station de traitement du Lixiviat.

Nous avons divisé notre travail en deux parties :

La première partie étant une partie théorique où nous avons fait une introduction générale sur les déchets et leur gestion en Algérie. Ensuite nous avons défini les différents modes de valorisation des déchets et leurs éliminations par plusieurs procédés.

Pour finir, et dans le chapitre 2ème nous avons étudié le mécanisme de formation du Lixiviat ainsi que les différents traitements possibles pour l'éliminer.

La seconde partie, la partie expérimentale. Nous y avons commencé d'abord par une présentation générale du site d'étude « le centre d'enfouissement technique d'Ouled Fayet ». Par la suite nous avons détaillé le procédé d'osmose inverse dans le centre car c'est le principal objet de notre étude ainsi que nous avons cité quelques problèmes d'exploitation rencontrés par le CET. Pour finir notre partie nous avons détaillé le logiciel de simulation WAVE et son fonctionnement pour faire une comparaison entre les membranes d'osmose inverse adéquates pour le traitement des lixiviats du centre.

Nous avons clôturé notre étude par une conclusion générale qui résume notre travail et qui donne une perspective afin d'améliorer les performances du CET d'Ouled Fayet.

**Partie 1 : ETUDE
BIBLIOGRAPHIQUE**

Chapitre I Généralités sur les déchets et leur gestion en Algérie

I.1 Introduction :

Selon l'Agence Nationale des Déchets en Algérie « AND », la production de déchets ménagers est estimée à 7 M tonnes/ an, chiffre en constante augmentation. Les estimations chiffrées font état de 0,7kg/ hbt/ jour dans les grandes villes, contre 0,5kg/ hbt/ jour dans les villes plus moyennes.

Dans notre étude nous démontrons les classifications des déchets et les différents types de traitements adéquats pour chaque classe et les efforts fournis par l'Algérie afin de passer outre ce problème.

I.2 Définition de déchets :

Un déchet peut avoir plusieurs définitions dont on peut citer dans le tableau suivant [2] :

Tableau I.1 : les Définitions possible d'un déchet

Définition Réglementaire	Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau , produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon.
Définition Economique	Selon les économistes, un déchet est « Un objet dont la valeur économique est nulle ou négative à un instant et dans un espace donné. Il peut être à l'origine de création d'emplois ».
Définition Fonctionnelle	Le déchet est considéré comme un flux de matière issu d'une unité fonctionnelle représentant une activité ou un ensemble d'activités.
Définition Environnementale et Ecologique	Le déchet constitue une menace du moment où l'on envisage son contact avec l'environnement, qu'il soit direct ou après traitement. Les interfaces peuvent être : <ul style="list-style-type: none">• Avec le sol : décharges contrôlées ou sauvages.• Sur l'eau : pollution des eaux souterraines et de surface• Sur l'air : dégagement des biogaz des décharges (essentiellement du méthane, dioxines, etc.)

I.3 Classification des déchets :

a) Selon leur nature :

La classification des déchets d'après leur nature aboutit à trois catégories essentielles :

- Déchets solides
- Déchets liquides
- Déchets gazeux.

b) Selon le but de classification des déchets

Le but d'une classification des déchets est peut-être [3] :

- D'ordre technique, afin de mieux maîtriser les problèmes de transport, de stockage intermédiaire, de traitement et d'élimination finale.
- D'ordre financier, selon l'application du principe pollueur payeur, tri entre les communes et les entreprises qui sont nombre ou non d'un organisme de gestion des déchets qui en ont assuré le financement.
- D'ordres légaux, afin de cerner les responsabilités relatives à des questions de sécurité des populations ou de protection de l'environnement.

c) Selon le mode de traitement et d'élimination

Professionnels et chercheurs s'accordent à regrouper les déchets solides en quatre grandes familles, selon :

1- Les déchets inertes : Généralement constitués d'éléments minéraux stables ou inertes au sens de leur incompatibilité avec l'environnement et qui proviennent de certaines activités d'extraction minières ou de déblais de démolition (terre, gravats, sables, stériles, ...etc.)

2- Les déchets banals : Cette catégorie regroupe essentiellement des déchets constitués de papiers, plastique, cartons, bois produit par des activités industrielles ou commerciales et déchets ménagers.

3- Les déchets spéciaux : Ils peuvent contenir des éléments polluants et sont spécifiquement issus de l'activité industrielle (boues de peintures ou d'hydroxyde

métallique, cendres d'incinération...etc.). Certains déchets sont aussi dits spéciaux lorsque leur production importante sur un même site entraîne des effets préjudiciables pour le milieu naturel (mâchefers des centrales thermiques, phosphogypse, ainsi que certains déchets provenant des laboratoires universitaires et hospitaliers...etc.).

4- Les déchets dangereux : Issus de la famille des déchets spéciaux, ils contiennent des quantités de substances toxiques potentiellement plus importantes et présentent de ce fait beaucoup plus de risques pour le milieu naturel (poussières d'aciéries, rejets organiques complexes, bains de traitement de surface contenant soit du chrome, cyanure ou une forte acidité, les matériaux souillés par les P.C.B., les déchets de C.F.C. et mercuriels.

d) Selon Le comportement et les effets sur l'environnement

A ce titre on distingue :

1- Les déchets inertes : Pouvant être différenciés suivant leur caractère plus ou moins encombrant, en débris plus ou moins volumineux jusqu'aux carcasses d'automobiles, chars, avions, bus...etc.

2- Les déchets fermentescibles : Principalement constitués par la matière organique, animale ou végétale à différents stades de fermentation aérobies ou anaérobies.

3- Les déchets toxiques : Poisons chimiques ou radioactifs qui sont générés soit par des industries, soit par des laboratoires ou tout simplement par des particuliers qui se débarrassent avec leurs ordures de certains résidus qui devraient être récupérés séparément (ex. : flacons de médicaments, seringues, piles et autres gadgets électroniques ...etc.)

e) Selon L'origine

On distingue six origines possibles des déchets :

- **Les déchets industriels :** Hormis les résidus assimilables aux ordures ménagères, tant par leur nature que par leur volume modeste, on distingue dans cette classe :

- **Les déchets inertes** : Provenant de chantiers de construction, transformation des combustibles et de l'énergie (gravats, cendre, ...etc.), métallurgie (scorie, laitiers, mâchefers, ...etc.).
 - **Les déchets des industries agricoles et alimentaires**
 - **Les déchets pouvant contenir des substances toxiques par des industries** variables (ex. : ateliers artisanaux, galvanoplastie, chromage, miroiterie,...etc.).
 - **Les déchets radioactifs** : Le transport et la destruction des déchets industriels posent des problèmes particuliers dont la solution –consentie ou imposée- devra être à la charge des industries polluantes avec si besoin une aide appropriée des gouvernements.
 - **Les déchets urbains** : a partir de la notion « d'ordure ménagère », vocable par lequel on a longtemps désigné les résidus des ménages correspondant, de par leur origine et leur nature, à une certaine limitation en quantité et en dimensions, on a été conduit du fait de l'évolution du niveau de vie répercuté par les caractéristiques quantitatives et qualitatives des déchets, à passer à la notion plus générale de résidus ou déchets urbains.
- f) **Selon Mode d'enlèvement des déchets on distingue quatre catégories :**
- Les déchets constitués par des éléments de faible dimension (ordures ménagères, ordures de marché, déchets artisanaux et commerciaux assimilables aux ordures ménagères.
 - Les déchets hospitaliers qui, sans exceptions, font l'objet de collecte séparée.
 - Les déchets encombrant appelés aussi « monstre » constitués par des objets volumineux qui ont été réformés et mis au rebus (vielle baignoire, vieux sommier...etc.)
 - Les souillures qui proviennent du nettoyage et du balayage des voies publiques (feuilles, branchage, déchets des plages, ...etc.).

I.4 Gestion des déchets :

I.4.1 Principes de gestion des déchets

Les déchets ont toujours fait partie de la vie quotidienne en société. Aux lendemains de la deuxième guerre mondiale, avec l'accroissement de la consommation et des produits industriels, la collecte et le traitement des déchets ont subi des changements majeurs. La gestion des déchets nécessite aujourd'hui des investissements de plus en plus importants et croissants. Il existe quatre principes de gestion des déchets qui sont présentés dans le tableau suivant [2] :

Tableau I.2: les quatre principes de gestion des déchets

1- La prévention	<p>Elle concerne :</p> <ul style="list-style-type: none">• La réduction de la production de déchets (intervention sur les procédés de fabrication...);• La limitation de leur nocivité ;• L'organisation du transport (réduction de la distance) ;• le principe du pollueur-payeur.
2- La valorisation	<p>C'est l'un des points forts du Code de l'Environnement. La valorisation concerne des composés et des matières premières contenues dans les déchets et elle peut se faire par réemploi, réutilisation, recyclage, valorisation de matières, etc.</p>
3- L'élimination	<p>Elle consiste en :</p> <ul style="list-style-type: none">• L'interdiction d'abandon et de brûlage ;• L'interdiction de certains mélanges (huiles, emballages...);• L'interdiction des rejets non conformes dans les réseaux non collectifs ;• L'interdiction d'enfouissement des déchets bruts. <p>Le producteur est tenu d'assurer ou de faire assurer l'élimination d'un déchet polluant ou dangereux.</p>
4- L'information	<p>C'est le dernier principe de la gestion des déchets, qui consiste à établir :</p> <ul style="list-style-type: none">• Un rapport industrie (contrôle des circuits, suivi) ;• Un rapport industrie-population ;• Une relation entre les différents acteurs de la chaîne.

I.4.2 Gestion des déchets en Algérie :

La rapidité avec laquelle la densité de la population a augmenté ainsi que l'amélioration du niveau de vie, produisent une augmentation permanente des déchets ménagers en quantité et en qualité. Ainsi, la forte urbanisation, le gaspillage par abandon, l'introduction sur le marché de nouveaux produits non biodégradables tels que les plastiques ainsi que le faible taux de récupération en sont les principales causes. Les quantités de déchets ménagers produites peuvent s'exprimer en poids ou en volume.

Cependant, en raison de la compressibilité des déchets ménagers, seul le poids constitue une donnée fiable et mesurable sur un pont-bascule (Anonyme, 2009).

Il est clair que la croissance démographique, la forte urbanisation et l'amélioration du cadre de vie engendreront dans le futur des volumes de plus en plus élevés de déchets. A l'échelle nationale, les quantités moyennes d'ordures ménagères produites sont estimées à 0,7Kg/hab./jour. Dans les grands centres urbains (Alger), on admet le taux de 1,2Kg/hab./jour

En général, l'élimination reste la solution appliquée à 97% dans la gestion des déchets produits en Algérie (figure 01). Les déchets destinés à l'élimination sont mis en décharges sauvages à 57%, brûlés à l'air libre dans des décharges publiques ou communales non contrôlées (30%), ou en décharges contrôlées et CET (10%). Le nombre de décharges sauvages est passé de 2000 en 1980 à 3130 en 2007. Par contre, les quantités destinées à être valorisées sont trop faibles, dont seulement 2% par recyclage et 1% par compostage

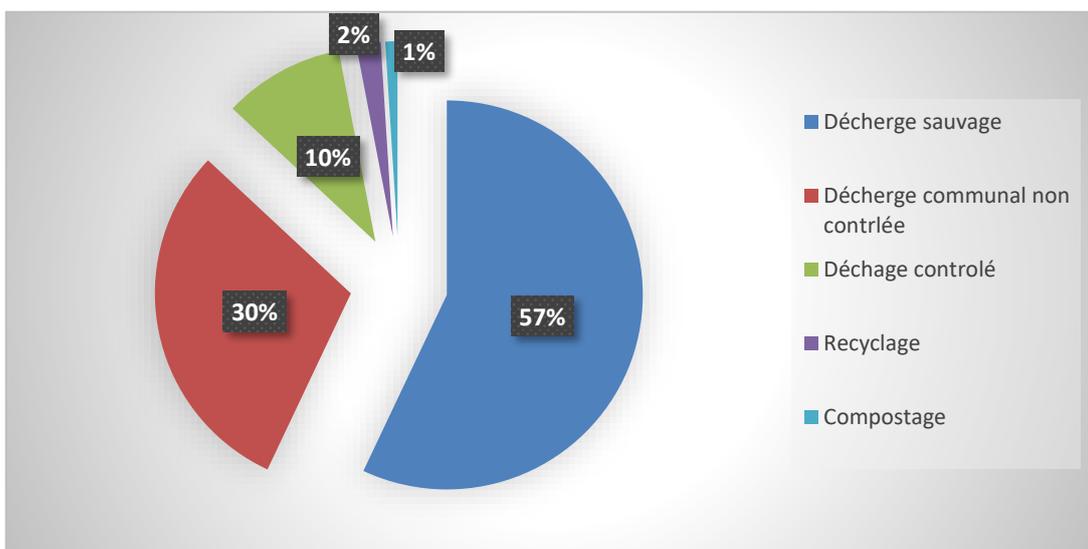


Figure I.1: Modes de gestion des déchets des ménages algériens

I.5 Impact des déchets ménagers :

Les déchets sont à la fois un risque et une ressource. Éliminés sans précautions, ils risquent non seulement de dégrader les paysages, mais aussi de polluer l'environnement et d'exposer l'homme à des nuisances et des dangers dont certains peuvent être très graves [4].

I.5.1 Impact sur la santé :

Selon leurs propriétés, les déchets présentent un risque pour la santé. Ils sont qualifiés de dangereux quand ils peuvent porter une atteinte directe à la santé de l'homme du fait qu'ils possèdent une ou plusieurs des caractéristiques énumérées ci-dessous :

- Irritants : ils peuvent provoquer une réaction inflammatoire par contact immédiat ou prolongé avec la peau ou les muqueuses.
- Cancérogènes : ils peuvent produire le cancer par inhalation, ingestion ou pénétration cutanée.
- Infectieux : ils contiennent des micro-organismes viables ou leurs toxines, dont on sait ou dont on a bonnes raisons de croire qu'ils causent la maladie chez l'homme ou chez d'autres organismes vivants [4].

I.5.2 Impact sur l'environnement :

Tableau I.3: Impacts des décharges sur l'environnement [4].

L'air :	Les émissions liées à l'incinération des déchets et celles de composés volatils sur le site d'un centre d'enfouissement technique contribuent à la pollution du milieu atmosphérique. Les principaux polluants concernés sont, pour l'incinération, des métaux lourds (mercure et cadmium notamment), des composés organiques volatils et des composés organiques persistants dont les dioxines. Pour les décharges, ce sont, essentiellement, les composés organiques volatils ainsi que le méthane.
----------------	--

<p>L'eau :</p>	<p>Les sources de nuisance du milieu aquatique proviennent, entre autres, des Lixiviats de décharges par percolation à travers les sols avant d'atteindre les nappes aquatiques superficielles mais surtout souterraines .</p> <p>Les conséquences de la pollution des eaux apparaissent sans tarder : mort de poissons, et eutrophisation qui se manifeste par une prolifération des algues</p>
<p>Le sol :</p>	<p>La pollution des sols est la moins visible des pollutions ; elle frappe avec retard. Un site pollué est un site dont le sol, le sous-sol ou les eaux souterraines ont été pollués par d'anciens dépôts de déchets ou l'infiltration de substances polluantes. La pollution est susceptible de provoquer une nuisance ou un risque permanent pour les personnes ou l'environnement</p>
<p>Détérioration des paysages :</p>	<p>Les dépôts sauvages, les déchets abandonnés par les passants (papier, cigarettes, tickets, emballages divers...etc.) ou les animaux, et qui résultent de la circulation automobile sont la source de nuisances esthétiques et visuelles de notre environnement.</p> <p>Beaucoup de sites touristiques demeurent moins fréquentables à cause de la dégradation de la qualité de l'environnement, surtout par les dépôts d'ordures impressionnant qui s'agglomèrent</p>
<p>Risque sur les chaînes alimentaires :</p>	<p>Les déchets déposés à même le sol transmettent des polluants et substances dangereuses qui s'infiltrent par l'intermédiaire des eaux de pluies, qui les entraînent vers les profondeurs. Aussi les végétaux les absorberaient, ensuite ces produits toxiques migrent jusqu'à l'homme qui consomme ces végétaux devenus toxique. Ce risque de migration tout au long de la chaîne alimentaire existe aussi pour les denrées animales issues de l'élevage et de la pêche (par exemple l'intoxication de Minamata 1953_1960.</p> <p>Plusieurs cas de contamination alimentaire ont été découverts dans la baie de Minamata au Japon, où une usine chimique déversait du mercure dans la mer ou les poissons présentaient une teneur élevée en Thio méthyl-mercure, qui provoqua la mort de 48 personnes et l'invalidité de 156 autres (les pêcheurs en particulier)).</p>

I.6 Valorisation des déchets :

I.6.1 Définition de la valorisation :

La valorisation consiste en tout traitement des déchets qui permet de leur trouver une utilisation ayant une valeur économique positive c'est-à-dire une valeur marchande. On distingue trois modes de valorisation qui sont :

- La valorisation énergétique telle que la production de l'électricité par la récupération de la chaleur ;
- La valorisation biologique telle que la production du compost ;
- Le recyclage matière, c'est le cas par exemple de la production de nouveaux produits par la récupération du plastique

I.6.2 Modes de valorisation des déchets :

Il existe d'anciens et de nouveaux modes de valorisation des déchets.

A. Principaux anciens modes de valorisation :

Ils sont connus sous la notion des **3R** à savoir :

1. **Récupération** : C'est une opération qui consiste à récupérer le « Déchet » sans lui faire subir de transformation.
2. **Réutilisation** : Elle consiste à faire subir au déchet une transformation physique, chimique, biologique ou thermique.
3. **Recyclage** : La notion de recyclage consiste à réintroduire les matériaux provenant de déchets dans un cycle de production ou processus de fabrication en remplacement total ou partiel d'une matière première vierge.

B. Nouveaux principaux modes de valorisation :

Ils sont connus sous la notion des **3RV_E** à savoir :

1. **Réduction à la source** : C'est la notion qui consiste à générer le moins de déchets lors de la fabrication et de l'utilisation du produit. Le citoyen peut jouer un rôle important dans la réduction de la production des déchets par l'utilisation de produits en vrac plutôt qu'emballés, des produits durables plutôt que jetables.
2. **Réutilisation ou Réemploi** : Elle remplace le mode récupération. On définit, maintenant, la réutilisation ou le réemploi par l'utilisation répétée du produit sans modification de son apparence ou de ses propriétés. C'est une méthode qui consiste à prolonger la durée de vie d'un produit en l'utilisant plusieurs fois.
3. **Recyclage** : Est un procédé de traitement des déchets (déchets industriels ou ordures ménagères) qui consiste à réintroduire un déchet dans un cycle de fabrication pour remplacer totalement ou partiellement une matière première.

Le recyclage permet :

- De réduire le volume des déchets et donc la pollution liée à leur élimination ;
- De préserver les réserves naturelles ;

- De donner une seconde vie à nos déchets ;
- De faire des économies !

4. **Valorisation** : Cette nouvelle conception de la gestion des déchets vise l'économie de ressource et l'élimination.
5. **L'élimination** : En mode de gestion des déchets l'élimination de ce dernier est définie comme l'ensemble des opérations qui ne peuvent pas être considérées comme de la valorisation, même si elles ont pour conséquence secondaire la récupération de substances, matières, produit ou d'énergie

I.6.3 Destination de quelques déchets ménagers potentiellement valorisables :

La collecte sélective peut contribuer à la valorisation des déchets ménagers. Ainsi, elle permet de réintroduire les déchets ménagers dans le circuit économique

- Les journaux sont recyclés en papier journal
- Le verre est recyclé en nouveaux contenants de verre
- Les PEHD (polyéthylène haute densité) servent à la fabrication des gaines, poubelles...
- Les PET (polyéthylène téréphtalates) sont transformés en fils polyester servant à la fabrication des tapis, oreillers, balais, vêtements, etc.

I.6.4 Valorisation des déchets ménagers en Algérie :

Le secteur des déchets compte trois marchés qui sont la collecte, le traitement et le recyclage. Selon les services de MATE, l'Algérie a la capacité de récupérer une quantité de déchets estimée à 760000 tonnes par an, ce qui représente 3,5 milliards de DA. Le papier représente une partie essentielle dans la possibilité de récupération et de recyclage avec une quantité de 385000 tonnes par an (le système de récupération de journaux non vendus). Sur 2 millions d'emballages plastiques produits en Algérie par 192 unités, seulement 4000 tonnes sont récupérées soit 0,0002 %. [5].

I.7 Mode d'élimination et enlèvements des déchets :

I.7.1 La collecte :

La collecte est l'ensemble des opérations qui consistent en l'enlèvement des déchets de points de regroupement pour les acheminer vers un lieu de tri, de regroupement, de valorisation, de

traitement ou de stockage. Elle consiste en le ramassage et le regroupement des déchets en vue de leur transport. À l'heure actuelle, il existe en Algérie deux méthodes d'enlèvement :

- a-* Le porte à porte, dans lequel le service de la collecte assure un passage régulier pour l'évacuation des DSM ;
- b-* En apport volontaire, dans lequel le générateur assure le transfert des DSM vers un point de regroupement afin qu'ils soient transportés par le service chargé de l'opération vers un lieu d'élimination ou de traitement. Ce mode d'apport est très adapté à l'opération de tri sélectif (M.A.T.E, 2003a)

On distingue plusieurs types des collectes Il est nécessaire tout particulièrement d'optimiser :

- Le volume des contenants selon la taille des foyers,
- Les quantités de déchets générées,
- La fréquence des collectes, etc.

Les types existants sont :

- La collecte en porte à porte
- Le collecte par point de regroupement
- La collecte des déchets encombrant
- La collecte per conteneurs

Un contenant trop grand nuira à la qualité du service, inversement, un contenant trop petit entraînera une baisse de rendement de la collecte tout en engendrant un éparpillement des déchets sur les trottoirs.

➤ **Equipements de collecte : conteneurs et véhicules**

Dans tous les scénarios d'amélioration d'une gestion des déchets, donc de réorganisation des flux déchets au sein de l'entreprise ou de la collectivité locale, il est nécessaire de réfléchir aux moyens matériels à mettre en œuvre pour assurer une cohérence à l'ensemble du système [6].

➤ **Choix des équipements :**

Il existe plusieurs types de contenants sont disponibles, tels que sacs transparents, bacs roulants, conteneurs, aires grillagées, etc.

Le choix des contenants est très dépendant de la nature des véhicules de collecte envisagés. L'utilisation des bennes tisseuses classiques permet une mise en œuvre immédiate et réduit l'investissement. L'achat de véhicules spécialisés, en renouvellement du parc de véhicules existant, peut permettre une optimisation plus poussée de la collecte (benne compartimentée, équipage réduit [6].



Figure 0I.2: Exemple d'un equipemet necessaire pour la collecte des déchets

I.7.2 Déchetterie :

Le but rôle de la déchetterie est de permettre aux habitants de se débarrasser de certains déchets qui sont trop encombrants ou ne pouvant être mis dans les poubelles. Elle sert à recueillir toutes sortes de déchets que l'on pouvait trouver dans la nature, ou dans les décharges sauvages [6].



Figure 0L3: l'Entré d'une déchetterie

I.7.3 Centre de transfert :

Le centre de transfert (ou de transit), également appelé station de transfert, est un équipement qui permet de regrouper des déchets, apportés par les collecteurs, voire par les entreprises productrices elles-mêmes. Entre la phase de collecte et le traitement, il peut s'avérer utile de mettre en place ce type d'installation afin de faire face à l'éloignement des unités de traitement, de consolider les lots, et donc de diminuer les coûts de transport.

Dans le cas de collectivités dont les sites de traitement sont éloignés de la zone de collecte, une installation de transfert peut être économiquement intéressante dans la mesure où les camions de collecte des OM ne sont pas adaptés à des transports supérieurs à une distance supérieure de 10-15 kilomètres [6]

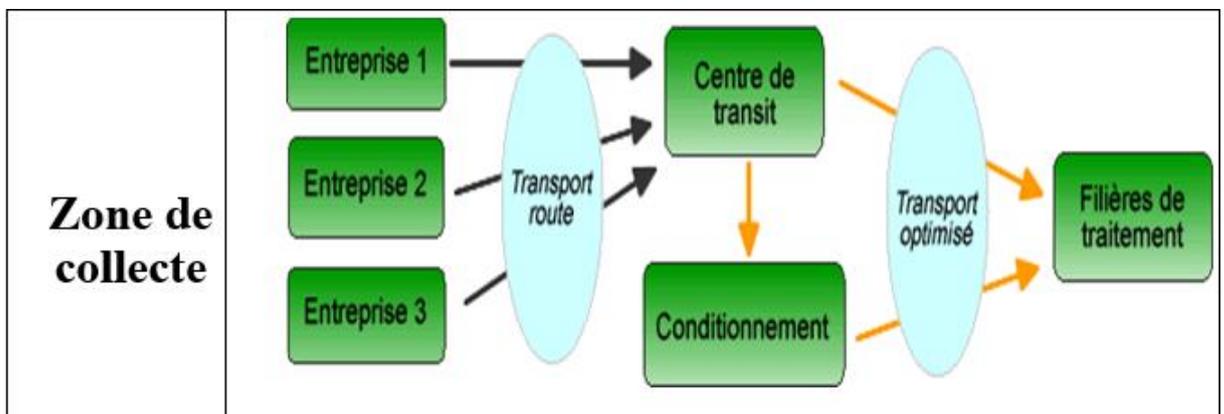


Figure 0L4: Station de transfert des déchets vers les filières de traitement

I.7.4 Centre de tri :

Les centres de tri reçoivent les déchets issus de la collecte sélective (déchets recueillis dans les bacs verts ou silos d'apport volontaire). Les déchets sont triés par type de matériau : plastique, acier, aluminium, carton, papier. Ce tri est en partie réalisé mécaniquement par détection optique ou par magnétisme et en partie manuellement, notamment pour retirer tous les produits non-recyclables. Une fois trié, chaque matériau est conditionné en balles afin d'être envoyé vers des usines de recyclage spécifiques [6]

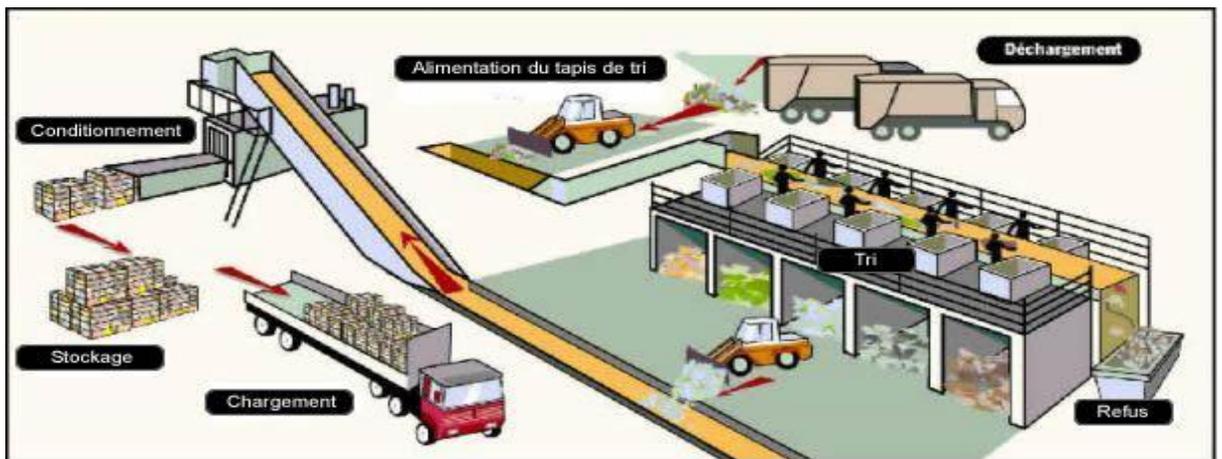


Figure 01.5: Centre de tri

I.7.5 Compostage :

Le compostage est un processus biologique de transformation des déchets organiques (déchets de cuisine, déchets verts et de bois) par des champignons microscopiques et bactéries en un produit comparable au terreau : le compost.

Le compost provient de la transformation aérobie de déchets organiques par le biais de microorganismes. Le produit obtenu se transformera dans le sol en humus, très utile en agriculture et en jardinage. À l'échelle collective, le compostage se pratique sur des plates-formes spécifiques, dans des conditions réglementées. Contrairement à ce qui se passe dans le compostage industriel.

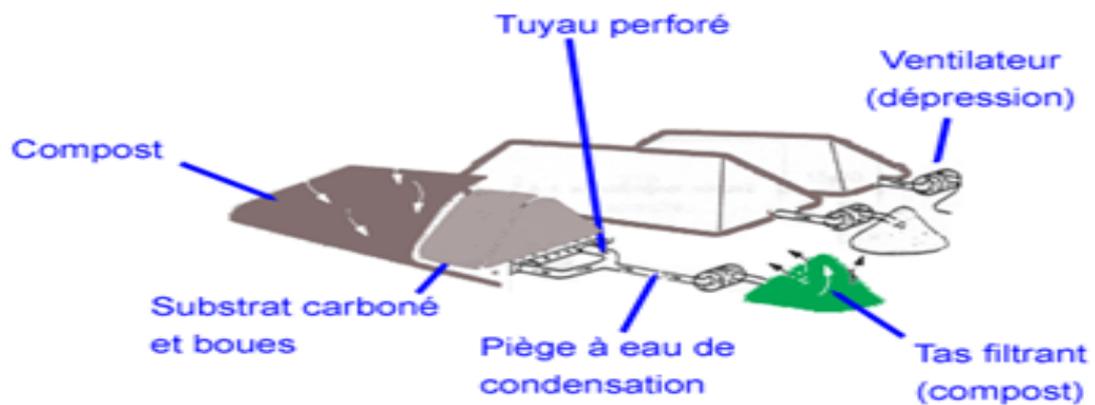


Figure 0L.6: le Déroulement du compostage

I.8 Centre d'enfouissement technique « CET » :

I.8.1 Décharge sauvage :

Ceux des décharges de déchets ménagers exploités par entreprise ou des collectivités locales, alors même qu'elles ne bénéficiaient d'aucune autorisation administrative

I.8.2 Décharge contrôle :

Les déchets sont déposés pour une longue durée et soumis à des contrôles ainsi qu'à la réglementation

I.8.3 Définition CET :

C'est un ensemble de casiers spécialement conçu pour le stockage des déchets sans générer de pollution. Grâce à un système d'étanchéité au fond de l'aire de stockage un système de drainage et d'épuration des lixiviats, un système de récupération et d'élimination du biogaz des équipements d'épandage de compactage et de recouvrement des déchets.

I.8.4 Principales composantes d'un CET :

- Clôture délimitant la première du site
- Poste de contrôle réglementant l'accès au CET

- Pont bascule pour le pesage des déchets admis au CET
- Système de casiers et d'alvéoles étanches (géo membrane, géo bentonite, géotextile etc...)
- Système d'étanchéité du fond de l'aire de mise en décharge
- Système de drainage et d'épuration des lixiviats
- Système de récupération et d'élimination du biogaz
- Equipements d'épandage, de compactage et de recouvrement des déchets

I.8.5 Type de déchets Admissibles et interdits :

Tableau I.4:Type de dechets admissibles et interdits dans un CET

Type de déchets Admissibles	Type de déchets interdits
<ul style="list-style-type: none"> • Ordures ménagères • Objets encombrants • Déchets de voirie • Déchets industriels et commerciaux assimilables aux ordures ménagères • Déchets verts • Boues dont la siccité est supérieure ou égale à 30 % • Déchets fermentescibles et fortement révolutifs de l'industrie et de l'agriculture • Déchets de bois : papier, carton 	<ul style="list-style-type: none"> • Déchets dangereux et déchets industriels spéciaux • Déchets d'activités de soins et assimilés • Déchets radioactifs • Déchets contenant plus de 50 mg/Kg de PCB • Déchets inflammables et explosifs. • Déchets liquides ou solides dont la siccité est inferieur a 30 % • Pneumatiques usagés.

I.8.6 Points nécessaires pour l'exploitation d'un CET :

Mettre fin aux décharges sauvages est un défi qu'il faut relever et la solution idoine est le CET qui offres les avantages qui consistent à :

- Choisir des sites adéquats
- Evacuer les déchets hors des villes
- Connaître les risques potentiels et les contrôler pendant et après l'exploitation
- Traiter les lixiviats et du biogaz
- Connaître la nature des déchets et les tonnages annuels (volume à stocker et surface du terrain)
- Connaître la réglementation : ex : distance par rapport aux riverains
- Données : géologie, hydrogéologie, météorologie

Ex : recherche des terrains argileux notamment les carrières désaffectées

- De préférence le terrain ne doit pas se situer au-dessus d'une nappe phréatique vulnérable.
- Données sur l'urbanisme, les servitudes, le foncier, les accès routiers, ferrés ou fluviaux, les équipements publics
- Analyse multicritère

I.9 Construire un CET

I.9.1 Evaluation des capacités d'enfouissement

- Estimation du tonnage en fonction de la superficie
- Une répartition en volume 80% d'OM et 20% matériaux de recouvrement
- Couverture finale de 1m
- Densité des déchets compactés = 1

- $T = (H-1) \times 9.6 \times S$ avec : $\left\{ \begin{array}{l} T \text{ en millier de } t \\ H \text{ en metres} \\ S \text{ en hectares} \end{array} \right\}$

a) Différents modes de gestion :

- La régie
- La collectivité exploite le site. Elle assure son fonctionnement avec son matériel et son personnel.
- La prestation de service
- La collectivité est propriétaire de l'installation et confie sa gestion à un prestataire de service
- La délégation de service

- La collectivité délègue la construction et l'exploitation du CET sur une longue durée.

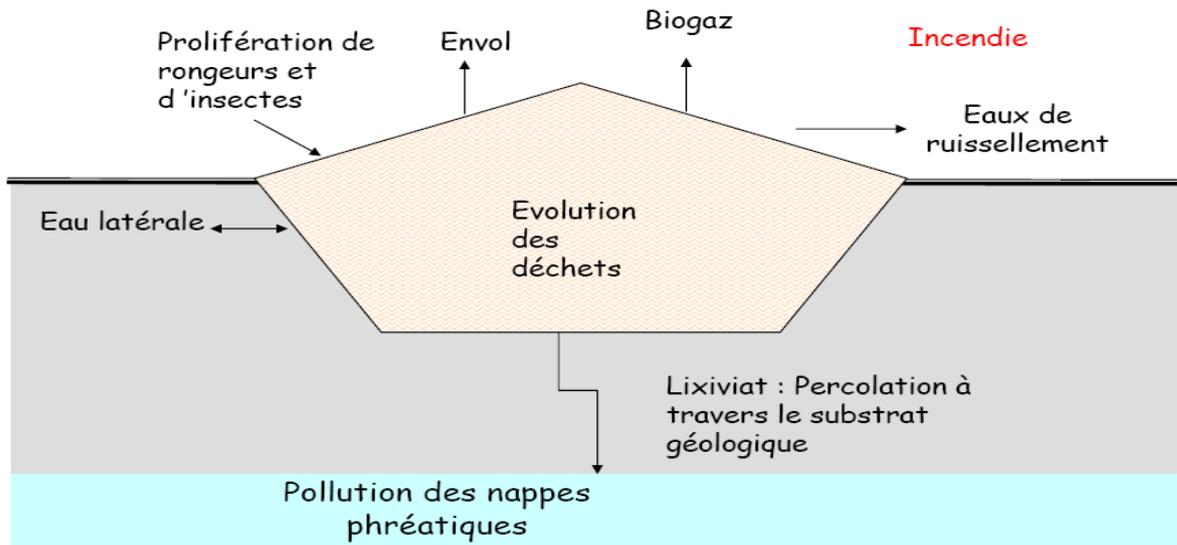


Figure 0L.7: les Risques d'un CET mal exploité

b) Schéma de réalisation d'un casier :

Avant activité :

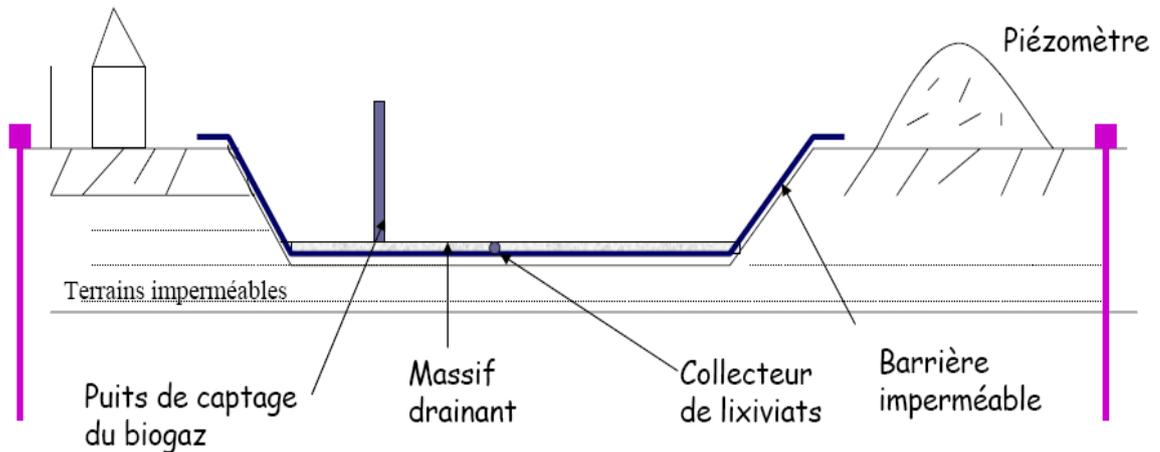


Figure 0L.8: Casier avant activité

Début d'activité :

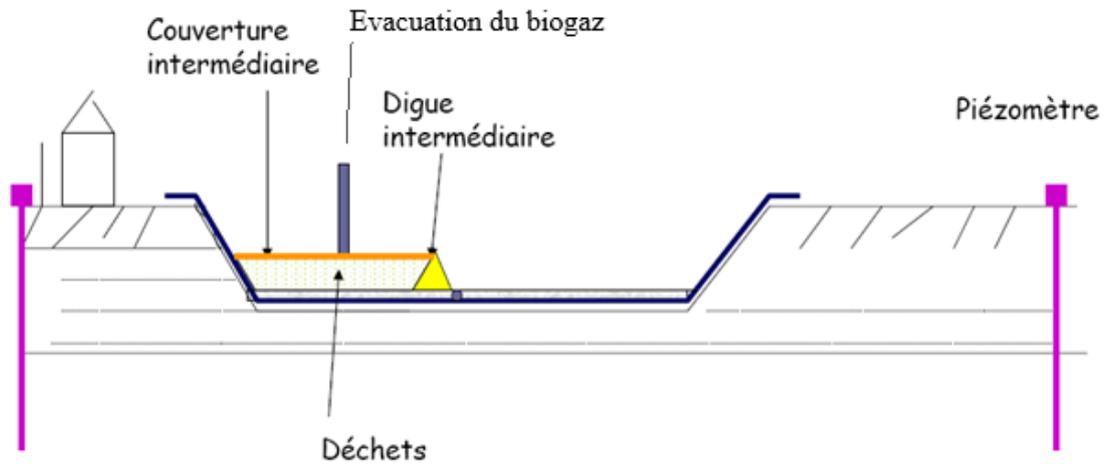


Figure 0I.9: Casier au début d'activité

Fin d'activité : « après réhabilitation »

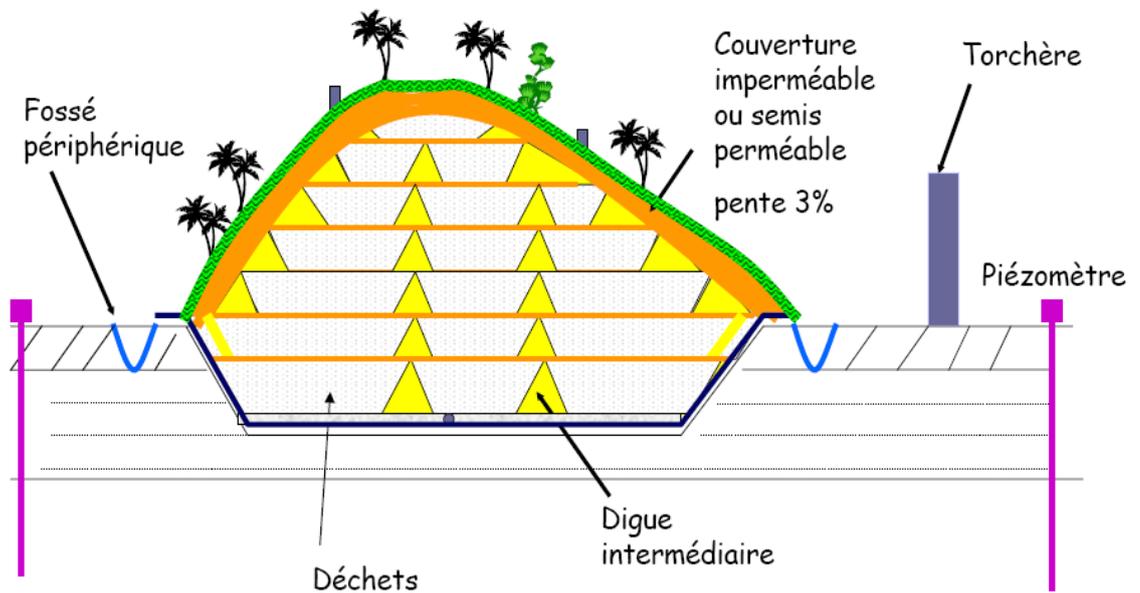


Figure I.10: Casier fin d'activité

I.9.2 Couche de drainage des lixiviats :

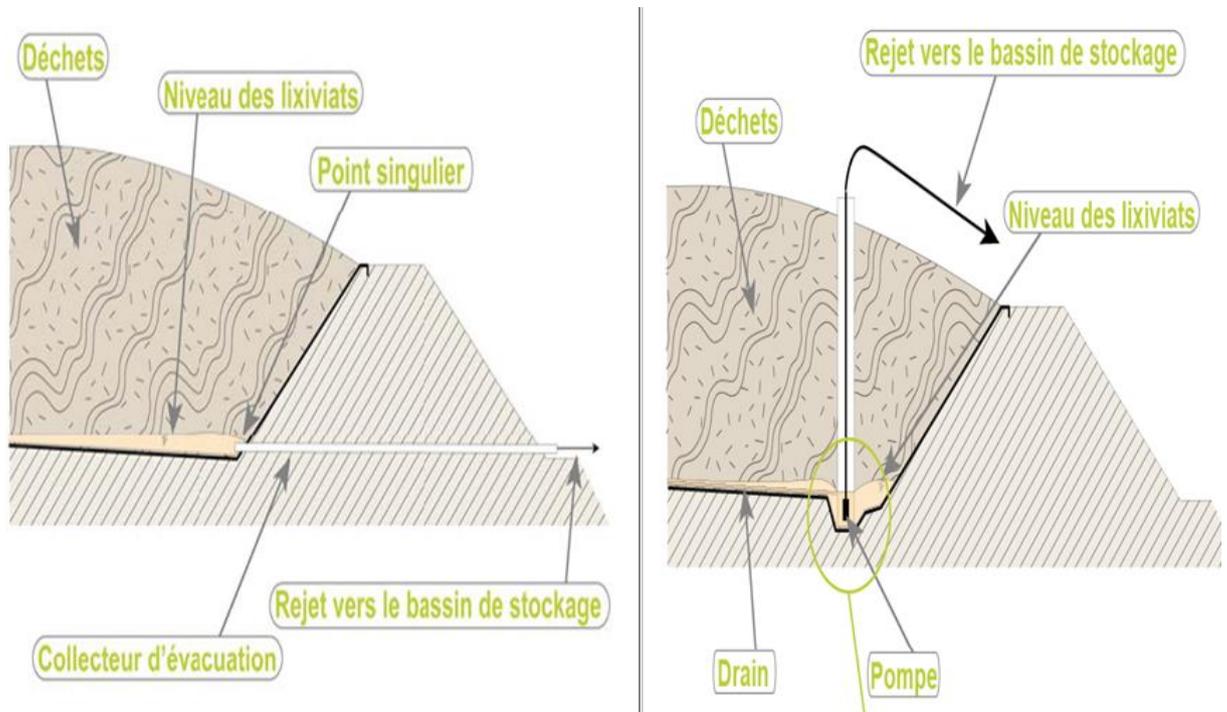
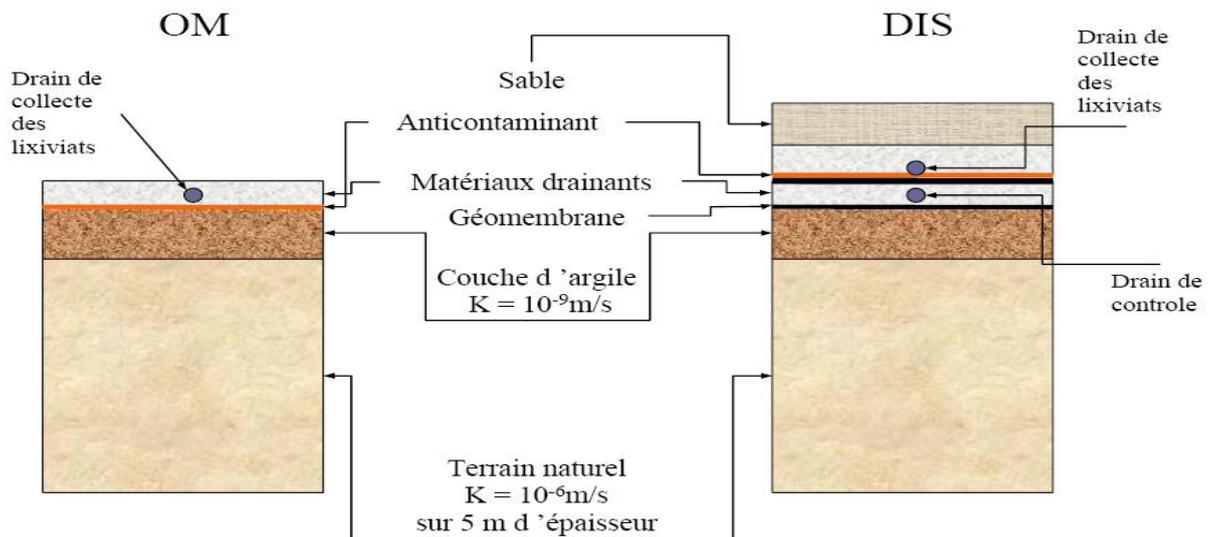


Figure I.11: Schéma représentatif d'une couche de drainage des lixiviats



I.9.3 Géomembrane (PEHD) :

➤ *Avantage :*

Les géomembranes offrent un large éventail d'avantages utiles lors de la conception ou la construction de projets de génie civil à caractère environnemental :

- Technologie éprouvée mondialement en matière d'étanchement des sols
- Disponibilité des méthodes de conception approuvées par l'industrie
- Compatibilité chimique élevée avec de nombreux contaminants
- Grande résistance aux intempéries
- Grande résistance aux contraintes mécaniques
- Faible conductivité hydraulique
- Facilité et rapidité d'installation
- Solution économique
- Coût d'entretien minime



Figure I.12: Géomembrane

➤ **Mise en œuvre :**

Un drainage des gaz et des eaux par tranchées drainantes ou par grille de dégazage prise en sandwich entre le géotextile et la géo membrane

Pose de géotextile anti-poinçonnement : la géomembrane est protégée par le feutre géotextile qui la protège contre lors de la mise en place des ordures et le passage des engins.

- Protection de la membrane par feutre 200, 300 et 400 gr/m², suivant le type de terrain
- Chaque lé de feutre thermosonde



Figure I.13: Pose de géotextile

Chapitre II : Lixiviats

II.1 Introduction :

La mise en décharge des ordures ménagères entraîne souvent la production de lixiviats dont les conséquences sont néfastes pour l'environnement. Par ailleurs, plusieurs études ont été réalisées afin de caractériser cet effluent, de sélectionner la méthode la plus fiable pour le traiter. Ce chapitre a pour objectif de donner une vision détaillée sur les lixiviats de décharge, leur impact sur l'homme et l'environnement et leurs traitements [7].

II.2 Définition de lixiviats :

Lixiviat est défini comme étant l'eau qui percole à travers les déchets en se chargeant bactériologiquement et chimiquement de substances minérales et organiques. Ce « jus de décharge » résulte donc de la solubilisation de composés lors de la percolation non uniforme et intermittente de l'eau à travers la masse de déchets. La genèse du Lixiviat est donc la conséquence de l'infiltration dans la masse de déchets d'eaux de pluie, d'eaux de ruissellement, d'eaux souterraines (dans le cas où les déchets sont enfouis sous la nappe phréatique), mais elle est aussi due, en plus faible partie, à la présence d'humidité dans les déchets au moment de leur enfouissement. Ce percolât est donc un effluent complexe caractéristique de la décharge dont il est issu. Cette pollution qui peut continuer 30 – 50 ans après la clôture du site voire même perdurer toute la vie de celui-ci, est essentiellement de type organique, azoté et environnemental (odeur) [7].

II.3 Mécanismes de formation de lixiviats :

La masse des déchets enfouis se comporte comme un milieu poreux plus ou moins perméable, qui permet aux eaux météoriques qui s'infiltrent à la surface de la décharge, et aux eaux présentes initialement dans les déchets, d'en atteindre le fond pour produire un "jus de décharge « ou lixiviats qui prend en compte également l'eau de décomposition de la matière organique.

Les lixiviats sont produits grande quantité dans les décharges où sont entreposés des déchets très humides et sans précaution vis-à-vis de la pluviométrie et qui sont très chargés en polluants organiques issus en particulier des réactions de fermentation.

Ces lixiviats contiennent des bactéries, beaucoup de matières organiques (biodégradables, mais aussi réfractaires à la biodégradation) et sont constituées dans la majeure partie par des substances humiques, mais aussi par de l'azote ammoniacal, des métaux lourds, des organochlorés et des sels inorganiques.

La formation des lixiviats met en jeu une grande diversité de phénomènes qui joueront plus ou moins en fonction de la nature des déchets, l'âge de la décharge, les conditions climatiques, du mode d'exploitation du centre de stockage (hauteur des déchets, surface exploitée, compactage...) et de l'infiltration des eaux. Ces phénomènes peuvent être répartis en deux catégories :

Les mécanismes physico-chimiques : évolution du pH, du pouvoir tampon, de la salinité et du potentiel d'oxydoréduction des solutions percolant à travers les déchets. Ces solutions mettent en œuvre des mécanismes chimiques de solubilisation, complexion, oxydoréduction, adsorption, neutralisation et transfert de matière ; Les processus biologiques aérobie et anaérobie qui vont dégrader la fraction organique fermentescible des déchets. Il est admis que le phénomène de biodégradation est à l'origine des réactions complexes qui rendent difficile la généralisation de l'ensemble des phénomènes réels [8]

II.3.1 Evolution des déchets :

Au cours de la formation d'une décharge, on distingue cinq phases de décomposition des ordures ménagères [9] :

II.3.1.1 Phase aérobie :

Au moment de la mise en place des déchets, l'oxygène présent est consommé (décomposition aérobie). L'activité des bactéries aérobies strictes permet la dégradation de la matière organique facilement dégradable et oxydable. Cette phase dure de quelques jours à quelques semaines.

II.3.1.2 Phase de transition :

Elle représente le passage progressif des conditions aérobies aux conditions anaérobies. Elle se caractérise par une augmentation de la DCO (demande chimique en oxygène, proportionnelle à la concentration en matière organique). Elle dure de quelques jours à quelques semaines.

II.3.1.3 Phase d'acétogénèse :

Cette phase peut s'étendre sur plusieurs années voire plusieurs décennies. 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 lixiviats produits durant cette période possèdent de fortes valeurs en DBO (demande biochimique en oxygène) et un pH acide. Ces propriétés agressives facilitent la dissolution d'autres composés tels que le fer, le manganèse, le zinc, le calcium et le magnésium.

II.3.1.4 Phase de méthanogène :

Cette étape de biodégradation de la matière organique correspond à la production de méthane (de l'ordre de 50 à 60 % en volume) et de dioxyde de carbone (teneurs comprises entre 40 et 60% en volume) à partir des produits organiques issus des étapes métaboliques précédentes, exceptée la formation de biogaz, le Lixiviat présente une faible DCO représentative d'une matière organique difficilement biodégradable. La méthanogènes est assurée par les bactéries méthanogènes qui sont des bactéries anaérobies strictes Au cours de cette étape, la concentration en acide acétique (substrat principal de la méthanogènes) diminue rapidement conduisant à une augmentation des valeurs de pH.

Il existe deux voies métaboliques de production du méthane :

- a.** La réduction du dioxyde de carbone, des bicarbonates ou carbonates (respiration anaérobie) en méthane (en présence de dihydrogène) par les bactéries méthanogènes selon la réaction suivante :



- b.** La production de méthane à partir de l'acétate (acétoclastie) (Figure 14) :



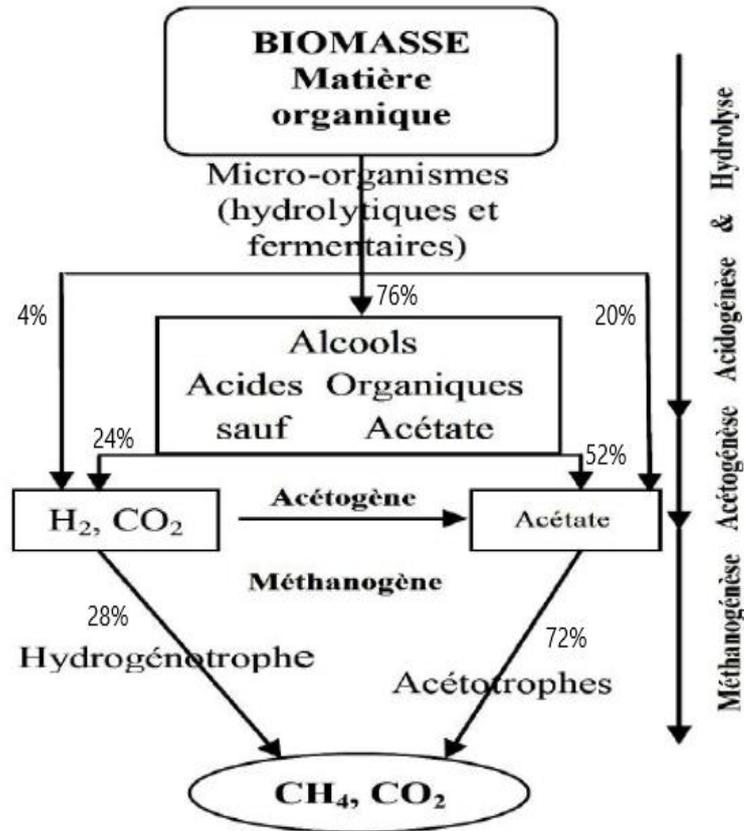


Figure II.1 :Processus de méthanisation

II.3.1.5 Phase de maturation :

Elle est caractérisée par la diminution progressive du méthane jusqu'à disparition et par une activité bactérienne limitée. Cette phase peut durer plusieurs milliers d'années.

II.3.2 Types de Lixiviat des décharges et leurs compositions

II.3.2.1 Type des lixiviats :

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

II.3.2.2 Lixiviats jeune

Il est caractérisé par un pH acide de l'ordre de 6. Le rapport DBO5/DCO est important, du fait de la présence des microorganismes La DCO dépasse souvent les 20 000 mg d'O₂ /L Et peut même atteindre des valeurs extravagantes (jusqu'à 80 000 mg/L), les

acides carboxyliques représentent environ 80% de la charge organique. Ainsi, un traitement biologique est fortement recommandé pour ce genre d'effluent [7].

II.3.2.3 Lixiviats intermédiaires

C'est une phase de transition entre le Lixiviat jeune et le Lixiviat stabilisé. Le pH s'approche généralement de la neutralité et la charge organique est nettement plus faible que celle du jeune (entre 3 000 et 15 000 mg/L). Le rapport DBO5/DCO avoisine les 0,2. Le pourcentage en acides carboxyliques est faible (20 à 30%). Ce genre de Lixiviat est faiblement biodégradable et c'est plutôt les procédés physico-chimiques qui sont préconisés pour son traitement [7].

II.3.2.4 Lixiviats stabilisés

Il est aussi appelé le Lixiviat vieux. La DCO ne dépasse pas les 2 000 mg/L et le pH est légèrement basique (7,5 à 8,5), les acides carboxyliques et les métaux n'existent presque pas dans ces eaux, mais la teneur des composés à haut poids moléculaire est importante [7].

Tableau II.1: Comparaison des lixiviateurs selon l'âge de la décharge

	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 O₂/L)	> 20000	3000 à 15000	< 2000
DBO5/DCO (Biodégradabilité)	> 0,3 Bonne	0,1 à 0,3 Assez faible	< 0,1 Très faible
AGV (% du OT)	> 70	5 à 30	< 5
Concentration en acides organiques	-	Moyenne 20 à 30 % du DCO	Nulle

II.3.3 Composition de lixiviateurs :

Les compositions chimiques et biochimiques des lixiviateurs sont non seulement très diverses mais aussi variables dans le temps et dans l'espace. **Pronost** et **Matejkarel** évaluent classiquement quatre types de polluants [9] :

- A. La matière organique dissoute ou en suspension, issue de la biomasse, exprimée généralement en DCO (les AGV, les substances humiques et fulviques...).
- B. Les micropolluants organiques (hydrocarbures, composés aromatiques...).

- C. Les composés minéraux majeurs sous forme ionique ($Ca^{+2}, Mg^{+2}, Na^{+2}, K^{+1}, NH_4^{-1}, Fe^{+2}; CHO^{-3}, Cl^{-1}, SO_4^{-2}, \dots$) ainsi que d'autres composés tels que les borates, les sulfites...
- D. Les cations de métaux lourds à l'état de traces, sous forme majoritairement complexée par des ligands minéraux ($CHO^{-3}, Cl^{-1}, SO_4^{-2}$) ou organiques (macromolécules de type humiques fulvique).
- D'autre part, les lixiviats peuvent aussi contenir certains micro-organismes pathogènes. Plus de 200 familles de composés organiques ont pu être identifiées au cours des nombreuses études menées sur la caractérisation des lixiviats des décharges.
 - La composition globale des lixiviats est le plus fréquemment déterminée grâce à des analyses physico-chimiques. La qualité physico-chimique dépend de nombreux facteurs qui sont cités dans les paragraphes précédents.

Étant donnée la synergie de l'ensemble des facteurs mentionnés ci-dessus, il est difficile de prédire la composition moyenne d'un Lixiviat d'un site donné.

II.3.4 Facteurs qui influencent sur le Lixiviat :

Dans nombreux facteurs influent sur la quantité et la qualité de Lixiviat :

- **Conditions environnementales** : les paramètres climatiques (précipitation, évapotranspiration...) seulement, la géologie, l'hydrogéologie et la topographie du site étant maîtrisés puisque le site est choisi selon ces critères.
- **Nature des déchets**
- **Conditions d'exploitation** : le mode d'enfouissement, la phase d'avancement du site le matériau de la couverture finale, la couverture végétale.
- **Phénomènes de réaction physique, chimique et biologique**, qui s'opèrent dans la masse des déchets génèrent les lixiviats en fonction de l'âge des déchets [8]

II.4 Impact de lixiviats sur l'environnement et la santé humaine :

Un des problèmes les plus importants en ce qui concerne la conception du maintien d'un enfouissement des déchets est le Lixiviat. Ce dernier comprend une masse de composants organiques et inorganiques différents qui peuvent être dissous et/ou suspendus. Indépendamment de la nature des composants, il pose un problème de pollution potentiel sur les terrains locaux et les eaux de surface. [7]

II.5 Collecte des Lixiviat :

Un système de drainage-collecte des Lixiviat est mis en place. Il est conçu pour limiter la charge hydraulique à 30 cm.

Classiquement, le drainage des Lixiviat est matérialisé par un horizon drainant constitué de bas en haut :

- **D'un réseau de drains** permettant l'évacuation des Lixiviat vers un collecteur principal ;
- **D'une couche drainante, d'épaisseur supérieure ou égale à 0.5 mètre.**

Les lixiviat sont évacués, en général, par drainage vers le point bas du casier et évacué soit par pompage soit par écoulement gravitaire

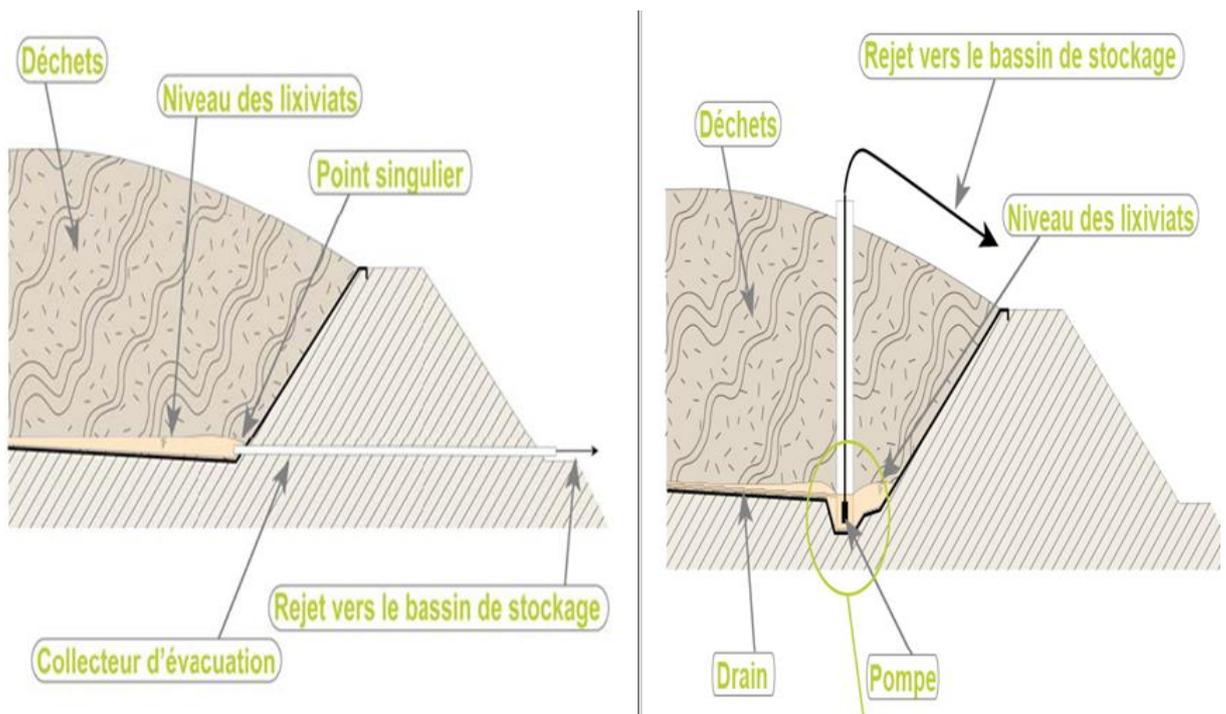


Figure II.2 :Evacuation de Lixiviat par drainage vers le point bas du casier et évacué par pompage ou par écoulement gravitaire

II.6 Stockage des Lixiviat :

Les bassins de stockage des lixiviat sont généralement conçus avec le même système d'étanchéité que celui utilisé pour les casiers.

Sécurité passive :

- **1m de matériaux** d'une perméabilité inférieure à **10^{-9} m/s** ;
- **5m de matériaux** d'une perméabilité inférieure à **10^{-6} m/s**.

Sécurité active :

- D'un géotextile anti-poinçonnant ;
- D'une géo-membrane.

Le dimensionnement des bassins est déterminé d'après le bilan hydrique du site



Figure II.3 :Bassin de stockage des lixiviats

II.7 Procède de traitement des lixiviats :

II.7.1 Méthodes biologiques :

Grâce à sa fiabilité, sa simplicité et son rapport coût-efficacité élevé, le traitement biologique est couramment utilisé pour le traitement de la majeure partie du Lixiviat contenant des concentrations élevées de DBO. La biodégradation des composés organiques est effectuée par le biais de micro-organismes pour donner du dioxyde de carbone et des boues, dans les conditions aérobies, et du biogaz (un mélange composé principalement de CO_2 et CH_4) dans les conditions anaérobies. Les traitements biologiques se sont révélés très efficaces pour éliminer les matières organiques et azotées des jeunes lixiviats lorsque le DBO/DCO a une valeur élevée ($>0,5$). Avec le temps, la présence importante de composés réfractaires (principalement des acides humiques et fulviques) tend à limiter l'efficacité du processus [9].

II.7.1.1 Traitement aérobie :

Les traitements biologiques aérobies font appel aux micro-organismes naturellement présents dans le milieu naturel pour dégrader les polluants présents. L'apport d'oxygène peut être naturel (le vent ou système de cascade) dans les petites installations de lagunage ou artificiel (turbine ou diffusion de microbulles) et dans les stations d'épuration de type "boues activées".

Les bactéries peuvent être libres (boue activée, lagunage) ou fixées (lit bactérien, filtres plantés, filtres à sable, bio-filtre) ou même sous forme de biodisques.

Même si les processus aérobies se sont révélés efficaces pour l'élimination des polluants organiques et de l'ammoniac, beaucoup d'inconvénients nous mènent à se concentrer sur d'autres technologies, parmi ces inconvénients on cite :

- La demande d'une grande période d'aération ;
- La haute demande énergétique et l'excès de la production de boues ;
- Une inhibition microbienne due à la haute teneur en azote ammoniacal.

II.7.1.2 Traitements anaérobies :

Contrairement au traitement aérobie, la digestion anaérobie consomme peu d'énergie et produit très peu de matières solides. En outre, il est possible d'utiliser le CH₄ produit pour réchauffer le digesteur qui travaille habituellement à 35 °C. Le principal inconvénient de ce procédé est sa sensibilité aux substances toxiques [9].

II.7.2 Méthodes physico-chimiques :

II.7.2.1 Flottation :

Pendant de nombreuses années, la flottation a été largement utilisée, elle est basée sur l'élimination des colloïdes, des ions, des macromolécules, des micro-organismes et des fibres. Cependant, jusqu'à ce jour, très peu d'études ont été consacrées à l'application de la flottation pour le traitement des lixiviats. Récemment, Zouboulis et *al.* ont étudié l'utilisation d'une colonne de flottation comme une étape de post-traitement pour éliminer l'acide humique résiduel (composés non biodégradables) des lixiviats de décharges. Sous les conditions optimales, près de 60% d'acide humique a été éliminé.

II.7.2.2 Coagulation-Floculation :

La Coagulation floculation peut être utilisée avec succès dans le traitement des vieux lixiviats. 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.

Le sulfate d'aluminium, le sulfate ferreux, le chlorure ferrique et le chloro-sulfate ferrique ont été couramment utilisés comme coagulants. Cependant, Zouboulis et *al.* Ont montré que les biofloculants sont plus efficaces que les floculants inorganiques.

Ce procédé présente certains inconvénients comme la production d'une grande quantité de boues et la diminution de la concentration de l'aluminium ou du fer dans la phase liquide.

II.7.2.3 Précipitation chimique :

Grâce à son efficacité, sa simplicité et les équipements peu coûteux utilisés, la précipitation chimique a été utilisée pour l'élimination des composés organiques bio-récalcitrants, de l'azote ammoniacal et des métaux lourds à partir des lixiviats. Au cours de la précipitation chimique, les ions dissous dans la solution se transforment en composés insolubles par des réactions chimiques. De la même manière, les métaux présents dans la solution précipitent sous forme d'hydroxydes. La struvite (phosphate d'ammonium magnésien (MAP)) Ou la chaux sont généralement employées comme précipitant en fonction de la nature de la cible (NH₃-N ou métaux lourds).

Les inconvénients de la précipitation chimique sont : la forte dose de précipitant nécessaire, la sensibilité du processus au pH, la production de boues et la nécessité de poursuivre l'élimination des boues.

II.7.2.4 Adsorption :

L'adsorption des polluants sur charbon actif, en colonne ou sous forme de poudre, donne un bon taux d'abattement de la DCO par rapport aux méthodes chimiques et ce quelle que soit la concentration initiale de la solution en matière organique. Selon plusieurs travaux, le procédé d'adsorption sur charbon actif a été utilisé en conjonction avec des procédés biologiques pour le traitement des lixiviats. Rodriguez et *al.* Ont étudié l'efficacité de

différentes résines pour l'élimination de la matière organique bio-récalcitrante et ont montré que le charbon actif présente la plus forte capacité d'adsorption. Les principaux inconvénients de ce procédé sont la nécessité de régénérer fréquemment les colonnes ainsi que la forte consommation de charbon actif.

II.7.3 Méthodes membranaires :

II.7.3.1 Nano filtration :

En raison de ses propriétés uniques entre l'ultrafiltration et l'osmose inverse, la Nano-filtration a montré ses preuves dans l'élimination des composés organiques récalcitrants et des métaux lourds provenant des lixiviats. Ce procédé a la capacité d'éliminer les particules d'un poids moléculaire supérieur à 300 Da ainsi que les substances inorganiques par le biais des interactions électrostatiques entre les ions et les membranes. La Nano-filtration utilise généralement des membranes en polymère moléculaire de coupure entre 200 et 2000 [9].

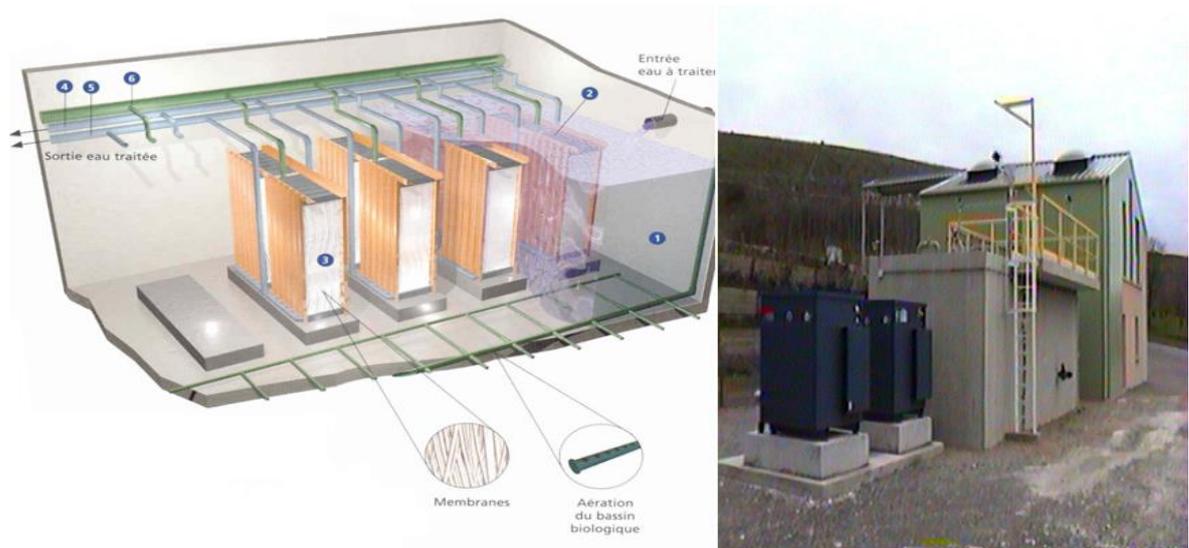


Figure II.4 : Station de traitement de Lixiviat par Nano filtration

II.7.3.2 Osmose inverse :

L'osmose inverse semble être l'une des méthodes les plus prometteuses dans le traitement des lixiviats. En effet, plusieurs études effectuées à la fois à l'échelle du laboratoire et à

l'échelle industrielle ont montré l'efficacité de ce procédé dans l'élimination des contaminants présents dans les lixiviats. Les taux d'abattement de la DCO et des métaux lourds sont respectivement supérieurs à 98 et 99%. A partir de 1984, les modules tubulaires et spiraux ont été les premiers utilisés pour le traitement des lixiviats. [9].

Une technologie innovante a été introduite sur ce marché en 1988 avec un grand succès, c'est le disque-tube-module (DT-module) mis au point par Pall-Exekia.

En dépit de ses avantages, l'osmose inverse présente plusieurs inconvénients qui sont : la faible rétention des petites molécules qui passent à travers la membrane et la possibilité de dépôt de substances dissoutes ou en suspension à la surface externe de la membrane.

Autre limitation de l'osmose inverse est la forte consommation d'énergie. Petersa précisé que le coût la consommation d'énergie représentait environ 60-80% du coût de traitement.

II.7.4 Comparaison des procédés classiques de traitement :

Le tableau ci-dessous présente une comparaison de quelques procédés classiques de traitement des eaux :

Tableau II.2 : Comparaison des procédés classiques de traitement des eaux

Procédés	Caractéristiques	Avantages	Inconvénients
Biologiques	Utilisation de Culture bactérienne	<ul style="list-style-type: none"> - Peu onéreux - Eliminent NH_3, NH_4^+, le fer et la matière organique biodégradable 	<ul style="list-style-type: none"> - Production importante de boue, - Inefficaces en présence de polluants toxiques et non biodégradables
Physiques (filtration sur charbon actif, membranaire)	Non dégradatifs	Séparation des polluants particulaire ou dissous	<ul style="list-style-type: none"> - Coût d'investissement et énergétique élevé - Génération des consantrats
Physico-chimiques	Fixation des polluants par coagulation et séparation des floes formées	Séparation des polluants en suspension et des particules colloïdales	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation de produits chimiques - Formation de boues
Chimiques	Utilisation d'un oxydant (Cl_2 , ClO_2 , O_3)	<ul style="list-style-type: none"> - Oxydation chimique des polluants - Peu ou pas de déchets - ugmentation de la biodégradabilité 	<ul style="list-style-type: none"> - Oxydation partielle (formation d'intermédiaires) - Gestion des oxydants

**PARTIE 2 : ETUDE
EXPERIMENTALE**

**Chapitre III : Etude de cas le
centre d'enfouissement technique
D'OULED FAYET :**

III.1 Introduction :

L'enfouissement fait partie des techniques de gestion des déchets qui ont le plus évolué ces dernières années. Le stockage des déchets a en effet contribué à redonner à ces équipements, rebaptisés « centres d'enfouissement technique » (CET), un statut d'outil performant d'élimination des déchets dans le respect de l'environnement. Conformément aux nouvelles dispositions réglementaires, notamment la loi 01-19/2001, le gouvernement algérien a opté pour cette technique, compte tenu de la simplicité de sa mise en place comparativement aux autres types de procédés comme l'incinération ou le compostage. Un programme ambitieux de réalisation de CET a ainsi été lancé depuis 2002. A ce jour, pas moins de 79 centres sont déjà réceptionnés ou en cours d'achèvement.

Un CET est assimilé à un vaste réacteur biochimique donnant lieu à des réactions et à des évolutions complexes qui aboutissent à la transformation chimique, physique et biologique des déchets (Couturier C., 2003). Cependant, du fait des conditions géologiques et hydrologiques du site, de la nature des déchets stockés et du mode d'exploitation, chaque centre d'enfouissement est un cas unique. Il n'est donc pas envisageable de déterminer avec précision un mode d'évolution qui serait applicable à tous les centres.

Certains phénomènes sont toutefois communs à la majorité des sites et peuvent être quantifiés, permettant ainsi de caractériser l'évolution générale d'un centre d'enfouissement, en particulier en ce qui concerne les aspects biologiques, physico-chimiques, hydrauliques et géotechniques. Cette étude a concerné le centre d'enfouissement technique d'Ouled Fayet, dans l'agglomération algéroise, en zone humide avec une pluviométrie annuelle dépassant 500 mm, Cette dernière influe directement sur le débit des lixiviats produits par les déchets stockés au niveau des casiers et constituent des facteurs importants dans la fermentation des déchets et la production de biogaz [11].

III.2 Présentation du site d'étude d'Oued Fayet (Alger) :

Le centre technique d'Ouled Fayet est situé à **15 Km** d'Alger, et à **3 Km** de la localité d'Ouled Fayet entre les routes nationales RN 26 et la RN 142. La région bénéficie d'un climat local de type méditerranéen semi – humide. Les précipitations moyennes annuelles se situent entre 700 mm et 800 mm, les plus fortes s'étendent du mois d'octobre au mois de février et presque inexistante en juin, juillet et août. Les températures se situent entre les valeurs extrêmes de -2 à 45 °C, pouvant atteindre 60 °C au soleil. Les vents dominants sont de direction sud – ouest en automne et en hiver, et peuvent atteindre plus de 40 Km/h. Au printemps et en été, ils ont la même direction mais quelque fois orientée nord. Selon les

informations du personnel d'exploitation, le CET a été une décharge réhabilitée en 1999, pour être exploité en 2001. La surface clôturée est de 42 ha, la surface de déchargement étant de **30 ha**, disposant d'un portail, d'un poste d'accueil et de contrôle, des bâtiments administratifs, ainsi que des hangars de maintenances et de garage pour les machines. Le Centre est en mis en exploitation 7 jours par semaine 24 heures par jour. 60 personnes y sont employées. La quantité de déchets journaliers est en moyenne **de 800 t/j [11]**.

Le site comporte cinq (05) casiers. Ces casiers sont étanchéifiés avec de l'argile, la géomembrane et géotextile, La capacité Théorique de ces casiers est de :

Casier N°1 : 130 000 m³, soit 65 000 Tonnes. (SATURE), de profondeur 12m.

- **Casier N°2 :** 80 000 m³, soit 40 000 Tonnes. (SATURE), de profondeur 10m.
- **Casier N°3 :** 960 000 m³, soit 480 000 Tonnes. (SATURE), de profondeur 20m.
- **Casier N°4 :** 500 000 m³, soit 250 000 Tonnes. (SATURE), de profondeur 16m.
- **Casier N°5 :** 1 100 000 m³, soit 550 000 Tones. (SATURE), de profondeur 22m

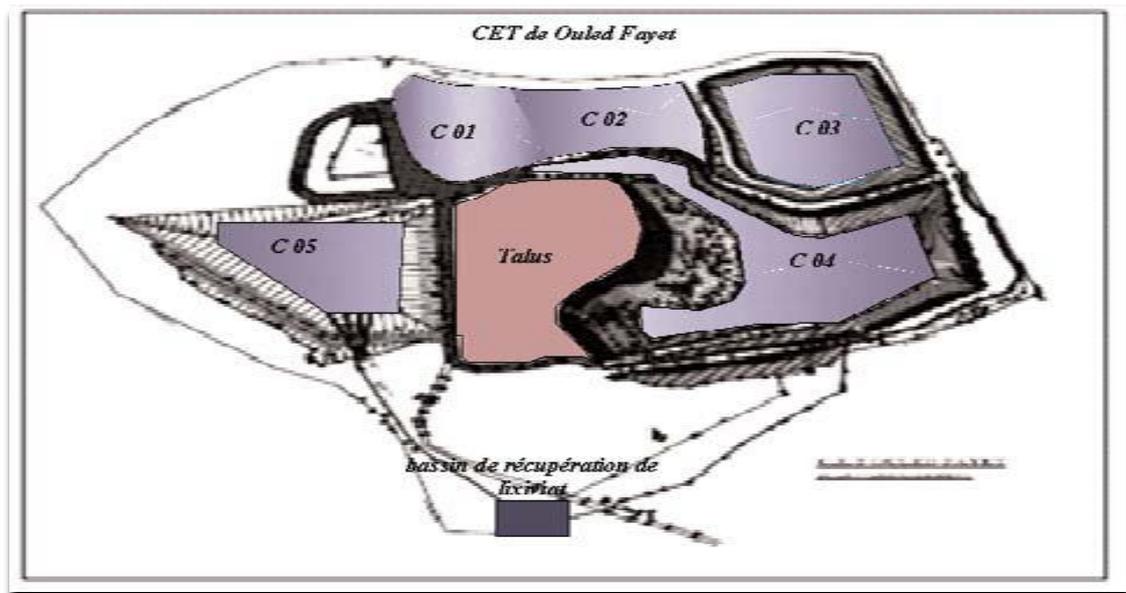


Figure III.1: l'Emplacement des casiers du site d'Ouled Fayet

III.3 Classification des déchets de CET d'Ouled Fayet et son état de déversement :

La classification de déchets au niveau de du CET d'Ouled Fayet enregistre deux types à savoir : les déchets interdits et les déchets admissibles. Ces derniers sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau III.1: Classement des déchets admissibles et interdits du CET d'Ouled Fayet

Déchets admissibles :	Déchets interdits :
Ordures ménagères	Déchets dangereux et déchets industriels spéciaux
Objets encombrants	Déchets d'activités de soins et assimilés
Déchets de voirie	Déchets radioactifs
Déchets industrielles et commerciaux assimilables aux ordures ménagers	Déchets contenant plus de 50mg/kg de pcb
Déchets verts	Déchets inflammables et explosifs
Boues dans la siccité 30%	Déchets liquide ou solides dont la siccité 30%
Déchets fermentescibles et fortement évolutifs de l'industrie et de l'agriculture Déchets de bois : papier, carton	Pneumatiques usagés

Le déversement au niveau du centre est autorisé uniquement pour 4 groupes d'utilisateurs à savoir : la commune payante, la commune gratuite, la commune possédant un bon de « NETCOM » et enfin, le particulier. Le tableau 02 représente la quantité et la fréquence de déversement :

Tableau III.2: la collecte des déchets vers le CET d'Ouled Fayet [11] *.

	Nombre de voyage/Anne	Tonnage (T)
Commune (entrée payante)	36679	112083
Commune (entrée gratuite)	3338	7429
Collecte NETCOM	57211	155928
Particulier	3217	7803
Total	103 195	3114

III.4 Caractéristiques techniques du CET d'Ouled Fayet :

Après l'étude du sol et des propriétés géologiques du site retenu pour l'implantation de la décharge, commence alors les travaux de terrassement, une excavation d'une dizaine de mètres de profondeur et d'une superficie de **10.000 m²** est creusée donnant naissance à un casier. Sur le fond de ce dernier, une couche d'argile ou de marne y est déposée. Intervient ensuite la pose de la géo membrane en **polyéthylène haute densité (PEHD)**, Un matériau étanche, permet d'éviter toute infiltration dans le substratum, sur le fond et les talus ou parois du casier, la pose de cette géo membrane exige une maîtrise des techniques de soudures [13].



Figure III.2: la pose de la géo-membranes en polyéthylène haute densité (PEHD)

Cette dernière est alors recouverte par une couche de géotextile (matériau souple absorbant les chocs) pour la protéger des contraintes de cisaillement. Un caniveau de drainage perforé et entouré du grillage pour recueillir les lixiviats est aménagé dans l'axe du casier dans le sens de sa largeur. Le drain est lié au bassin de décantation situé à l'Est du site. Enfin une dernière couche de 50 cm de gravier de dimensions différentes, (10% de calcaire) est déposée

La géomembrane utilisée dans le CET d'Ouled Fayet est en PEHD, livrée en rouleaux de 130 m de longueur, 1,5 mm d'épaisseur et 975 m² de surface, présentant les caractéristiques suivante :

- Résistance à la rupture 30N/mm²
- Résistance à la déchirure 215 N
- Comportement dans l'eau perte 0,1%

La géomembrane en PEHD est résistante à la plupart des acides, aux produits pétroliers, aux bases et aux solutions du sel elle peut être en contact avec l'eau potable. Elle se dissout seulement dans quelque solution quand la température est plus élevée. Grâce à l'adjuvant de la suie, elle est résistante aux rayons U.V.

Des cheminées d'évacuation de **biogaz** provenant de la décomposition des déchets sont installées avant l'épandage de la couche du gravier. Ce système de captage, est réalisé à l'aide des buses verticales à parois perforées empilées au fur et à mesure de la progression de la hauteur des déchets dans le casier

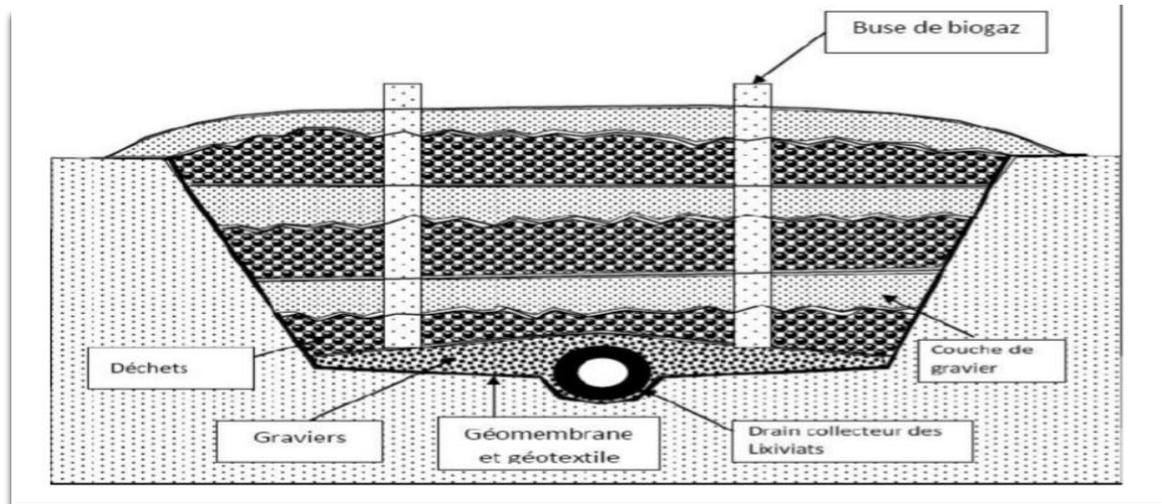


Figure III.3: Cheminées pour l'évacuation du biogaz

III.5 Composition des Lixiviats d'Ouled-Fayet :

Tableau III.3: Analyses des lixiviats en 2013 avant le traitement membranaire [11].

Paramètres	Unités	Résultats	Méthodes
Couleur	-	marron noirâtre	-
Température	°C	22	-
Odeur	-	nauséabonde	-
PH	-	8.57	SB70P (symphony)
Conductivité	ms /cm	26.4	Cond 1970i
Turbidité	NTU	96	
MES	mg/l	898.4	Gravimétrie« différence du poids »
DCO	mg/l	7380	Spectrophotométrie de HACH
DBO5	mg/l	2173	
DBO5/DCO	-	0.29	

Nitrates	mg/l	5200	Spectrophotométrie de HACH
Nitrites	mg/l	2640	Spectrophotométrie de HACH
Sulfates	mg/l	400	Spectrophotométrie de HACH
Chlorures	mg/l	4798.514	Volumétrie
Calcium	mg/l	176.352	Compléxométrie
Magnésium	mg/l	156.376	Compléxométrie
Sodium	mg/l	2063.5	Spectrophotomètre à flamme
Potassium	mg/l	1689.48	Spectrophotomètre à flamme
Fe	mg/l	8.73	Spectroscopie d'absorption atomique
Pb	mg/l	0.44	Spectroscopie d'absorption atomique
Cd	mg/l	0.0078	Spectroscopie d'absorption atomique
Cu	mg/l	0.25	Spectroscopie d'absorption atomique
Zn	mg/l	1.25	Spectroscopie d'absorption atomique
Cr	mg/l	1.05	Spectroscopie d'absorption atomique
Ni	mg/l	0.8032	Spectroscopie d'absorption atomique

III.6 Description globale de la filière du traitement et Traitement des lixiviats par osmose inverse :

La filière de traitement proposée pour le traitement des lixiviats du CET Ouled Fayet est basée sur la technologie d'Osmose Inverse à deux étages.

III.6.1 Description de l'installation :

Les lixiviats des décharges sont généralement charge avec de **la DBO, DCO, NTK** ainsi que les sels et les métaux lourds. Les concentrations de ces contaminants doivent être ~~abatte~~ abattre jusqu'aux limites algériennes de rejet direct dans le milieu naturel [11].

Les lixiviats sont pompés depuis la lagune de stockage existante sur la décharge la cuve d'ajustement du pH où se fait la régulation du pH. Les lixiviats passent par un prétraitement avec des filtres à sable pour réduire les matières en suspension.

Le Lixiviat prétraité est alimenté sous pression dans les tubes de pression du premier étage d'Osmose Inverse. Le perméat produit est collecté dans un tube collectif et sera pompé vers le deuxième étage d'Osmose Inverse. Le concentrât produit au niveau du premier étage OI sort de l'unité et doit être éliminé. Le concentrât du deuxième étage OI sera recyclé vers l'entrée du système.

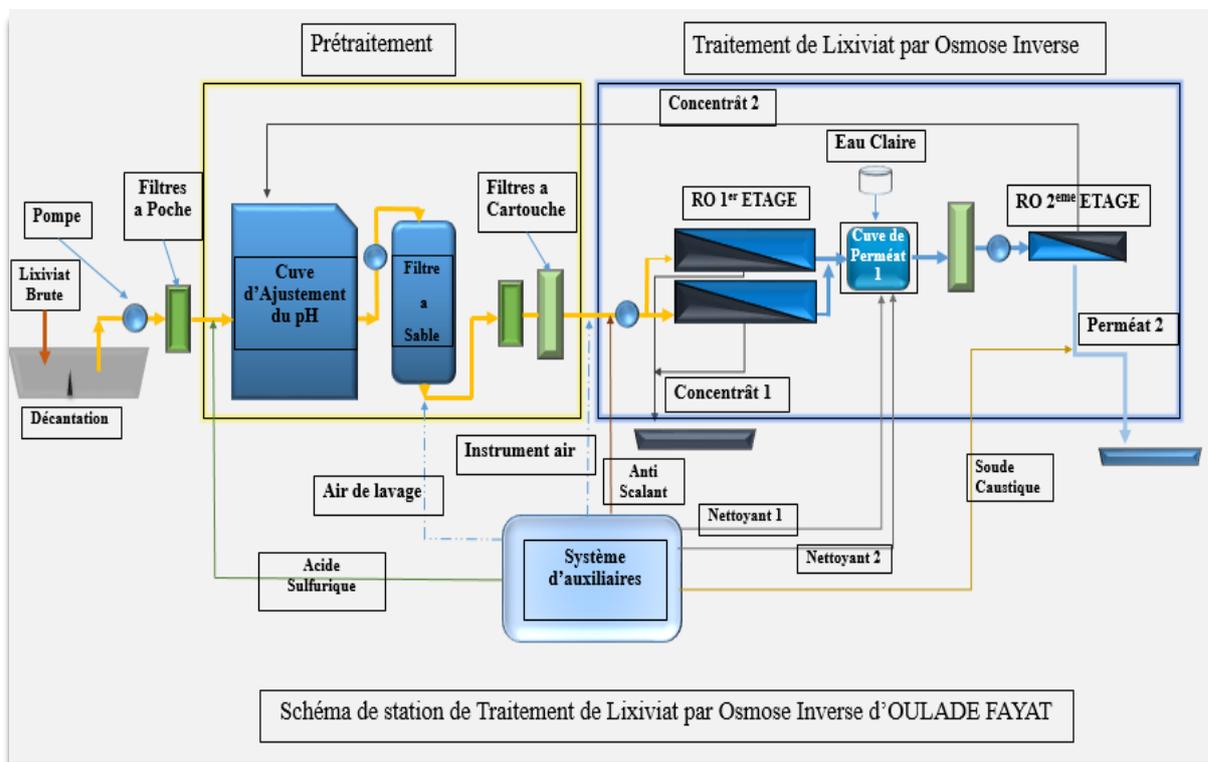


Figure III.4: Shéma explicatif de la station de traitement des lixiviats par OI dans le CET d'ouled fayet

III.6.2 Installation d'Osmose Inverse :

La conception de l'Osmose est basée sur l'utilisation des membranes organiques spiralées. Les modules membranaires contiennent des éléments de membrane d'un mètre de longueur et qui sont installées dans des tubes de haute pression de 4 – 6 mètres de longueur. Jusqu'à six éléments de membrane peuvent être installés dans un tube.

Le concentrât du premier étage OI est très chargé, et celui doit être éliminé hors du système

de traitement. Le perméat produit sera pompé vers le deuxième étage OI. La deuxième OI étape est une barrière additionnelle pour l'élimination de la pollution organique et les sels non-organiques issus de la première étape OI pour atteindre les limites requises. Le concentrât produit au niveau du deuxième étage OI est recirculé vers l'alimentation du premier étage OI pour le retraiter à nouveau ensemble avec les lixiviats entrants.

Pendant la filtration par Osmose Inverse il y a une formation de ce qu'on appelle le fouling et le Scaling. Ce phénomène cause une réduction de la production du perméat, dans ce cas un nettoyage des membranes est indispensable. La procédure du nettoyage s'effectue par le perméat OI-2, qui est stocké dans une cuve de Lavage ou par de l'eau claire, en addition des produits de lavage.

Le nettoyage CIP (Cleaning-In-Place) est un procédé inféquenté avec l'ajout des produits chimiques de lavage. Le programme de lavage est en fonction semi-automatique.

Le système est entièrement contrôlé automatiquement via LPC avec un Touche panel.

III.6.3 Membrane Utilisée :

Dans le centre d'enfouissement technique les membranes utilisées sont faites à base de **polyamide**, sont fabriqués en forme plate et ensuite sont enroulés pour former les membranes en spirale.

III.6.4 Type du Membrane Utilisée :

Les Membranes sont fabriquées en Polyamide, La Membrane utilisée dans l'étude c'est :

Model	Type	Dimensions, inches (cm)			Boxed Weight lbs (kg)
		A	B	C	
4040F	Male	40.0 (101.6)	0.75 (1.90)	3.9 (9.9)	11 (5)
8040F	Female	40.0 (101.6)	1.125 (2.86)	7.9 (20.1)	35 (16)

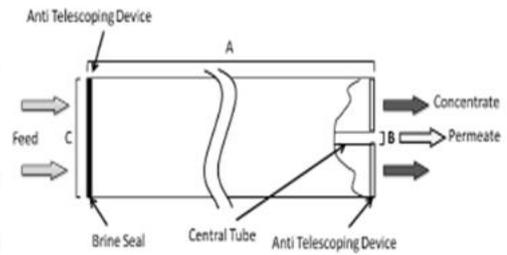


Table 3: Operating and CIP Parameters

Typical Operating Flux	5 - 20 GFD (8 - 34 LMH)
Maximum Operating Pressure	1,200psi (8,276kPa) if T<77°F (25°C) 580psi (4,000kPa) if T>77°F (25°C)
Maximum Temperature	Continuous operation: 122°F (50°C) Clean-In-Place (CIP): 122°F (50°C)
pH Range	Optimum rejection: 7.0 - 7.5, Continuous operation: 2.0 - 10.0, Clean-In-Place (CIP): 1.0 - 13.0
Maximum Pressure Drop	Over an element: 15psi (103kPa) Per housing: 60psi (414kPa)
Chlorine Tolerance	500+ ppm hours, dechlorination recommended
Feedwater*	NTU < 1 SDI < 5

Figure 1a : Element Dimensions Diagram (Female) - 8040



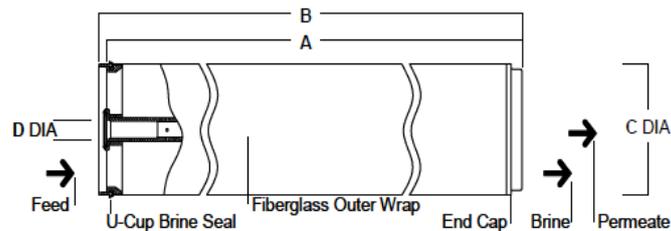
Figure III.5: Fiche technique du membrane 1^{er} étage (INDUSTRIAL RO5 8040F50) «GE » utilisé dans la station d'étude [12] *.

Product Specifications

Product	Part Number	Active Area ft ² (m ²)	Maximum Operating Pressure psig (bar)	Permeate Flow Rate gpd (m ³ /d)	Stabilized Boron Rejection %	Minimum Salt Rejection %	Stabilized Salt Rejection %
SW30HRLE-370/34i	297 258	370 (34.4)	1,200 (83)	6,300 (24)	91	99.60	99.75

- The above benchmark values are based on the following test conditions: 32,000 ppm NaCl, 5 ppm Boron, 800 psi (5.5 MPa), 77°F (25°C), pH 8 and 8% recovery.
- Permeate flows for individual elements may vary +/-15%.
- Product specifications may vary slightly as improvements are implemented.
- Active area guaranteed +/-5%. Active area as stated by Dow Water & Process Solutions is not comparable to the nominal membrane area figure often stated by some element suppliers. Measurement method described in Form No. 609-00434.

Figure 1



Product	Feed Spacer (mil)	Dimensions - Inches (mm)			
		A	B	C	D
SW30HRLE-370/34i	34	40 (1,016)	40.5 (1,029)	7.9 (201)	1.125 (29)

- Refer to Dow Water & Process Solutions Design Guidelines for multiple-element systems.
- Elements fit nominal 8-inch (203 mm) I.D. pressure vessel.

1 inch = 25.4 mm

Figure III.6: Fiche technique du membrane 2eme étage :(SW30HRLE-370/34i) « DOW-FILMTEC » utilisé par la station [12] *.

III.7 Dimensionnement de la station de traitement des lixiviats d'Ouled Fayet :

III.7.1 Dimensionnement du prétraitement :

Les lixiviats sont pompés depuis la lagune de stockage existante sur la décharge – à travers un filtre de sécurité pour éviter le passage des objets qui peuvent perturber les étapes de traitement qui suivent (Filtres, membranes,) – vers la cuve d'ajustement du pH où se fait la régulation du **pH (6,3 – 6,5)** par un dosage de l'acide, cette étape permet la conversion des hydrogénocarbonates en CO₂ et par la suite minimiser l'effet du Scaling dans les pores des membranes.

L'agitation dans cette cuve est assurée par une pompe de circulation. Puis les lixiviats passent par un prétraitement avec des filtres à sable pour réduire les matières en suspension. Les équipements de l'installation d'osmose inverse sont spécifiés comme suivant [11] :

Tableau III.4: Caractéristiques des matériaux du prétraitement

Caractéristiques de la pompe d'alimentation	
Nombre	1
Type	Pompe à vis excentré
Débit	Env. 4-5 m ³ /h
Pression	Env. 2- 2.5 bar
Filtre à poche	
Nombre	1
Type	Filtre à poche 0.6 mm
Caractéristique de la cuve d'ajustement du ph	
Nombre	1
Volume utile	1 m ³
Matériel	PE
Caractéristique de la pompe de circulation	
Nombre	1
Débit	2 – 3 m ³ /h
Pression	1.4 bar
Type	Pompe centrifuge
Caractérisation de la pompe d'alimentation des filtres à sable	
Nombre	1
Débit	Env. 4-4.5 m ³ /h
Pression	Env. 5bar
Type	Pompe centrifuge
Caractérisation des filtres à sable	
Nombre	2 en parallèles
Capacité	Env. 710 litre chacun
Matériel	GRP
Remplissage	Anthracite : 1.2- 2.5 mm Sable fin : d=0.5- 1.2 mm

	Sable : d=1.2-2 mm Sable grossier : 2-3mm
Caractérisation du supprimeur pour l'alimentation des filtres à sable	
Nombre	1
Type	Supprimeur à pistons rotatifs
Caractérisation de la pompe de rétro-lavage	
Nombre	1
Débit	Env. 10m ³ /h
Pression	Env. 3 bar
Type	Pompe centrifuge

III.7.2 Dimensionnement d'Osmose Inverse « 1^{er} étage » :

Les lixiviats prétraités sont alimentés sous pression à travers deux filtres de sécurité pour éviter tout risque de colmatage des membranes dans les tubes de haute pression du premier étage d'Osmose Inverse.

La technologie de l'Osmose Inverse fonctionne avec des membranes semi-perméables et des pressions très élevées. La pression du système doit être supérieure à la pression osmotique (causée par les sels (TDS) existant dans les lixiviats brutes). La teneur en sel dans les lixiviats (exprimée en mS/cm & chlorures). Plus la concentration en sels est importante, plus la pression osmotique sera importante, et par conséquent la pression transmembranaire requise pour le système augmentera.

Une pompe de haute pression (env. 60 bar) assure la pression nécessaire pour dépasser la pression osmotique des lixiviats et de laisser passer l'eau claire à travers les membranes d'Osmose Inverse. Les substances organiques et quelques ions sont retenus par les membranes. La pression est ajustée en fonction du débit du perméat.

Une pompe de circulation (Booster) assure une vitesse élevée et par conséquent des conditions d'écoulement tangentiel à la surface des membranes (Cross Flow).

Le perméat produit à cet étage sera collecté dans une conduite collective et puis pompé vers le deuxième étage d'Osmose Inverse. Le concentrât produit au niveau du premier étage OI sort de l'unité, elle est très chargée en pollution (DCO, DBO, Azote, Sels, chlorures...) et doit être éliminé.

Le pourcentage de l'effluent qui sort comme concentrât ou perméat dépend en premier lieu des concentrations en sels des lixiviats brutes et il est contrôlé par une régulation de pression.

Les équipements du premier étage d'Osmose Inverse sont spécifiés comme suivant :

Tableau III.5 :Caractéristiques des matériaux de1er étage d’Osmose inverse

Caractéristiques Filtre à cartouche	
Nombre	2 en série
Type	Filtre à cartouche /à cartouche 50 et 5 µm
Centrifuge	
Nombre	1
Type	Centrifuge
Débit	Env. 3.6 m ³ /h
Pression	Env. 60 bar
Pompe de circulation OI-1	
Nombre	1
Type	Centrifuge
Débit	Env. 30m ³ /h
Pression	3.3 bar
Caractérisation de pompes HT pour les OI (premier étages)	
Type	Diamètre 8’’ ; L=6m
Nombre	2
Matériel	Matières vitrifiés
Caractérisation des membranes utilisé par la station	
Type	Organique, tubulaire, spiralées
Nombre	11+ un dummy (12 en total)
Surface membranaire	Env. 335 m ²
Pompe de lavage OI/ d’alimentation OI-2	1
nombre	
Type	Centrifuge
Débit	Env. 2.6 m ³ /h
Pression	3 bar
Cuve de lavage	
Type	Cuve cylindrique
Matériel	PE-HD avec radiateur
Volume	Env. 1.0 m ³

III.7.3 Dimensionnement d’Osmose Inverse « 2eme étage » :

Le deuxième étage fonctionne d’une manière identique au premier étage. La pression dans le deuxième étage d’Osmose Inverse dépend de la concentration de lapollution restante dans le permeat du premier étage, et elle est clairement inférieureà celle du premier étage.

Le permeat de cet étage est d’une très bonne qualité et peut être rejeté directement vers le milieu naturel ou utilisé pour le besoin interne de la station.

Le concentrât à cette étape est faiblement chargé en pollution, et recerclées vers l’alimentation du premier étage de l’Osmose Inverse.

Tableau III.6 Caractéristiques des matériaux de 2^{ème} étage d’Osmose inverse

Filtre de sécurité	
Type	Filtre à cartouche 5 µm
Nombre	1
Pompe de haute pression	
Nombre	1
Type	Centrifuge
Débit	Env. 2.6m ³ /h
Pression	20 bar
Pompe de circulation OI-2	
Nombre	1
Type	Centrifuge
Débit	Env. 10m ³ /h
Pression	2.5 bar
Tubes de haute pression OI-2	
Type	Diamètre8’’ ; L=4m
Nombre	1
Matériel	Matières vitrifiés
Membrane OI-2	
Type	Organiques, tubulaires, spiralées
Nombre de bloc	1
Nombres de membranes	3
Surface membranaire	Env. 103 m ²
Rendement total (OI-1 et OI-2)	65% - 67%

III.8 Problème d’exploitation et leurs « CET Ouled Fayet » :

- Des Problèmes de microcoupure et coupure d’électricité entraînée des dommages à la carte mère
- Des vibrations dans le conteneur causent des dégâts au niveau des transmissions des pressions (HP 60 bar)
- Consommation importante des produits chimique « l’Acide Sulfurique (2Kg /m³) a 150 DA pour 1 Kg »
- Les ruptures de stock des produits chimique

Chapitre IV : Dimensionnement et Simulation par logiciel « WAVE »

IV.1 Matériel et méthodes « Logiciel WAVE » :

IV.1.1 Didacticiel présentera les informations suivantes :

- Qu'est-ce que Wave et à quoi sert-il ?
- Téléchargement et installation du logiciel
- Principales caractéristiques de l'interface Wave
- Une application de conception pratique pour le logiciel
- Attribuer des unités de projet, des paramètres de qualité de l'eau et taux d'empoissonnement

Le "**Water Application Value Engine**" (**Wave**) produit par **DuPont** (qui fait partie de la société Dow) est un outil logiciel puissant qui permet la conception et la modélisation de procédés de traitement de l'eau en utilisant trois opérations unitaires omniprésentes : ultra filtration (UF), osmose inverse (RO) et échange d'ions (IX). L'onde remplace la précédente

Les progiciels DuPont tels que **ROSA** (pour l'osmose inverse) et **CADIX** (pour les processus d'échange d'ions) permettent l'intégration des trois opérations unitaires dans un seul modèle. Selon le fabricant, l'utilisation de Wave offre aux ingénieurs plusieurs fonctionnalités importantes :

- La possibilité de combiner (dans n'importe quel ordre) des combinaisons de processus UF, RO et IX. Pensez : l'enchaînement des opérations unitaires.
- L'option permettant de spécifier les débits d'alimentation entrants ou les débits de produit net souhaités.
- Un solveur puissant capable de prédire avec précision les performances de conceptions complexes.
- Bonnes capacités prédictives en ce qui concerne les différentes chimies de l'eau et les équilibres des espèces.
- Des résultats qui reflètent des changements "réalistes" des propriétés chimiques (par exemple, les débits volumétriques) dus à la température, à la composition de l'eau et à la compressibilité.

- Paramètres embarqués reflétant les performances réelles des technologies réelles de membranes Dow et IX.
- Paramètres "Par défaut" recommandés par le fabricant afin qu'un design puisse être créé rapidement, ou en l'absence d'informations applicables.
- La possibilité d'introduire et de remplacer des paramètres pour améliorer la précision des calculs.

WAVE permet aux ingénieurs et aux concepteurs de prédire les performances des procédés UF, RO et IX ou de toute combinaison de ceux-ci | lorsque l'eau d'alimentation contient des sels aqueux spécifiés et/ou une teneur organique. Le logiciel intègre des modèles théoriques (par exemple la loi de Darcy) en plus des données d'exploitation collectées et analysées par le fabricant.

En conséquence, Wave peut être utilisé pour prédire le comportement des systèmes dans une variété de conditions différentes telles que la chimie des solutions, les températures, les pressions et le choix/le séquençage des opérations unitaires. Le logiciel calculera les paramètres de processus tels que :

- Performances du système, y compris les compositions de flux et débits pour chaque "flux" majeur de la conception. Cela inclut l'efficacité de la séparation
- Exigences de fonctionnement, y compris les intervalles entre le nettoyage ou la régénération
- Estimation des coûts d'exploitation nécessaires pour atteindre les objectifs de séparation (par exemple, débit d'alimentation, composition du produit).

Estimation des coûts d'exploitation nécessaires pour atteindre les objectifs de séparation (par exemple, débit d'alimentation, composition du produit).

IV.1.2 Téléchargement et installation du logiciel WAVE :

WAVE est gratuit et peut être téléchargé sur le site Web de DuPont à l'aide de cette URL : <https://www.dupont.com/water/resources/design-software.html> Naviguez vers le bas de la page et cliquez sur le bouton Télécharger le logiciel WAVE. Sur la page Web suivante intitulée Fichier d'installation pour le bureau WAVE pour la première fois, DuPont vous demandera de créer un compte afin de télécharger le logiciel. Après avoir

créé un compte, revenez à la page Web précédente. Vous pouvez maintenant sélectionner le lien hypertexte "Download WAVE" dans le troisième élément de la liste.

Cela commencera à télécharger le logiciel. Notez le processus dans la figure 27. Une fois le fichier .zip téléchargé, extrayez le contenu et exécutez le fichier d'installation «WAVE»

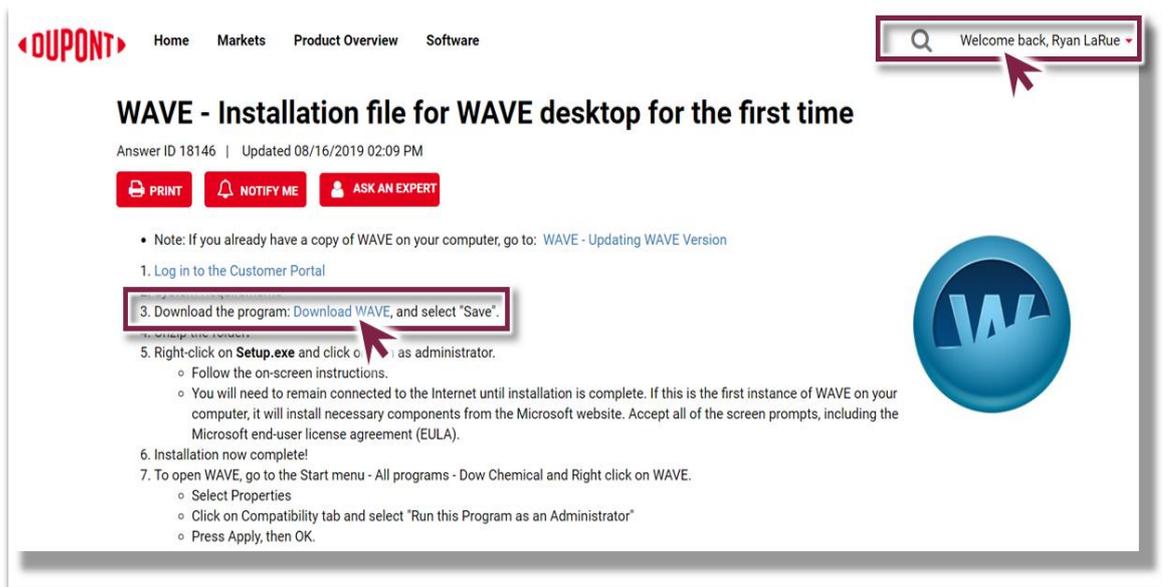


Figure IV.1: L'interface d'écran de téléchargement logiciel WAVE

Logiciel WAVE peut être téléchargé à partir du site Web de DuPont. Un compte doit être créé (voir en haut à droite de l'écran) avant de télécharger les fichiers d'installation.

IV.1.3 L'interface logicielle :

Commencez par lancer le logiciel WAVE. Vous devriez voir quelque chose de similaire à ce qui est montré dans la Figure 28. Afin de créer et d'exécuter une simulation WAVE, vous devez connaître quatre sections principales de fonctionnalités :

1. Les onglets de la barre de menus :

En haut de l'écran, vous pouvez ajuster une variété de paramètres et de préférences de simulation.

2. Les onglets des paramètres du projet :

Sous la barre de menu, ces onglets vous permettent d'ajuster les paramètres par rapport à votre projet en cours et de visualiser les résultats de la simulation.

3. La feuille de production du projet :

Lorsque l'onglet Accueil est sélectionné, la feuille de travail du projet s'affiche. Contrairement à des programmes tels qu'Aspen ou Pipe-Flo, la feuille de production de Wave est un schéma fonctionnel. Il n'existe que pour indiquer quelles technologies de traitement seront utilisées et dans quel ordre elles seront utilisées. Les spécifications de fonctionnement exact de ces « blocs » peuvent être ajustées en temps voulu.

4. Les technologies de traitement :

Les processus qui peuvent être modélisés par WAVE sont situés à droite de la feuille de travail du projet. Ces technologies peuvent être ajoutées en les glissant-déposant entre les flèches Feed Water et Product Water. Ils peuvent être réorganisés de la même manière ou supprimés de la même manière.

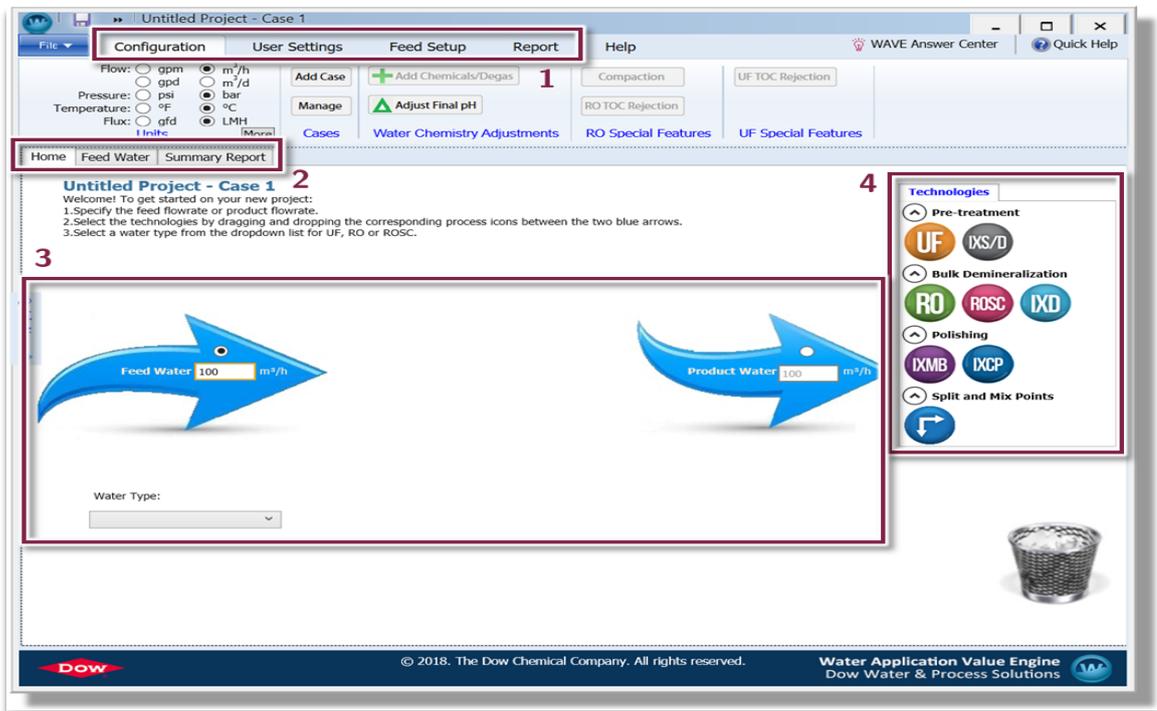


Figure IV.2: L'interface d'écran d'accueil de WAVE

Écran d'accueil de WAVE. L'interface est peut-être moins compliquée que d'autres logiciels que vous avez pu rencontrer. Mais ne vous y trompez pas : WAVE contient une multitude de fonctionnalités et de paramètres qui peuvent être manipulés bien plus que ce qui sera couvert dans cette courte introduction.

Sept technologies regroupées en trois catégories sont disponibles :

- **Prétraitement** : ultrafiltration (UF) et échange d'ions pour adoucissement/désalcalinisation (IXS/D).
- **Déminéralisation en vrac** : osmose inverse (RO), osmose inverse pour petits systèmes commerciaux (ROSC), et échange d'ions pour la déminéralisation (IXD).
- **Polissage** : lit mixte échangeur d'ions (IXMB) et polissage de condensat échangeur d'ions (IXCP).

Nous aborderons certaines des fonctionnalités de Wave plus en détail dans les sections suivantes de ce didacticiel, où nous apprendrons à utiliser Wave pour modéliser le système OI

Configuration de la simulation :

- Réglage des unités d'affichage.
- Spécification de la qualité de l'eau d'alimentation

IV.2 Simulation de la station de traitement de Lixiviat OI d'Ouled Fayet par WAVE

IV.2.1 Paramètres de fonctionnement de logiciel WAVE :

- Débit de production : c'est la quantité des lixiviats produite par jour (m^3 /j)
Of=80 m^3/j
- Qualité des lixiviats produit (TOC, pH,...) : C'est les analyses de salinité de permeal (TDS) et le (PH) .On prend la qualité des lixiviats
- Le temps de conversion 60 %

IV.2.2 Utilisation de simulation de logiciel pour dimensionnement et le contrôle du fonctionnement :

On va expliquer les étapes de la simulation par des capteurs d'écran de chaque étape :

Etape 01 : Nous choisissons la technologie de traitement des lixiviats parmi les techniques qui nous sont proposées par WAVE



Figure IV.3: Image capture écran de l'étape 1 « choix la technologie »

Etape02 : Déterminer le type d'eau sur lequel nous voulons travailler «les eaux usées »

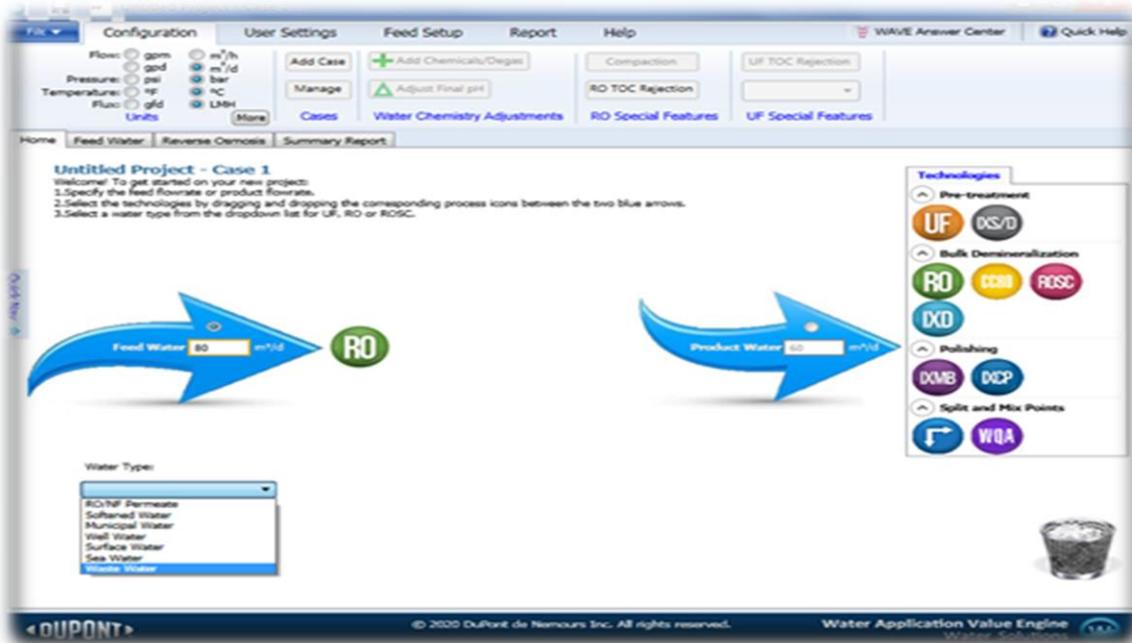


Figure IV.4: Image capture écran de l'étape 2 déterminer le type d'eau

Etape03 : Analyse : C'est la troisième étape où compte comment traiter l'échantillon des lixiviats brute on peut saisir les valeurs du rapport d'analyse des lixiviats

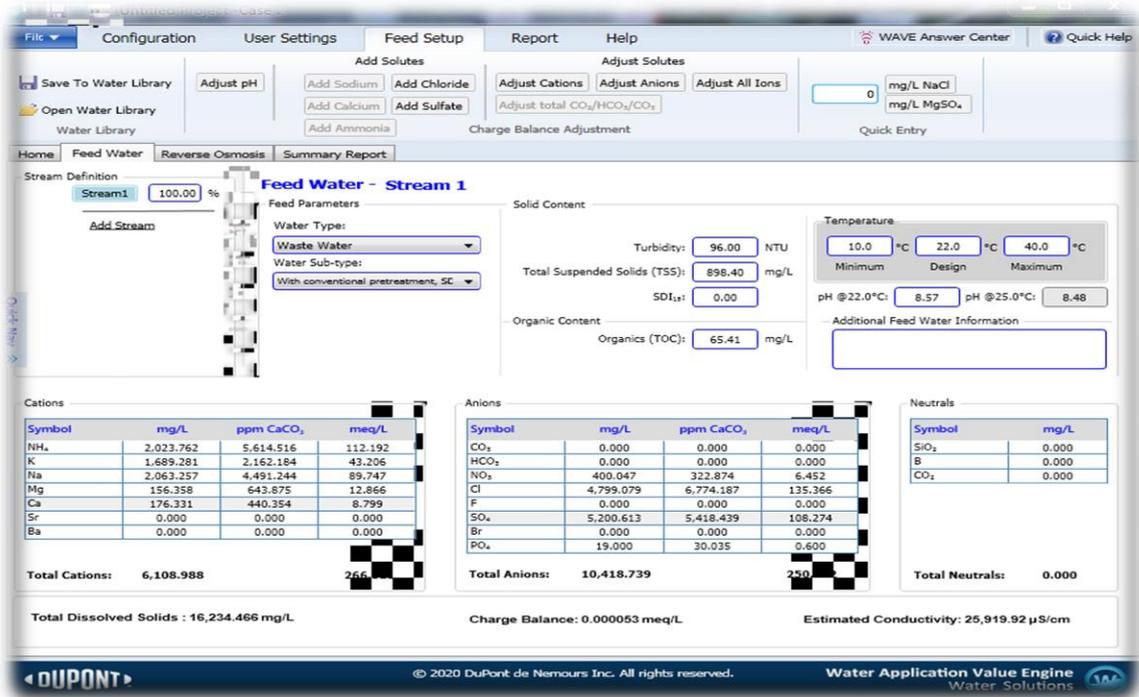
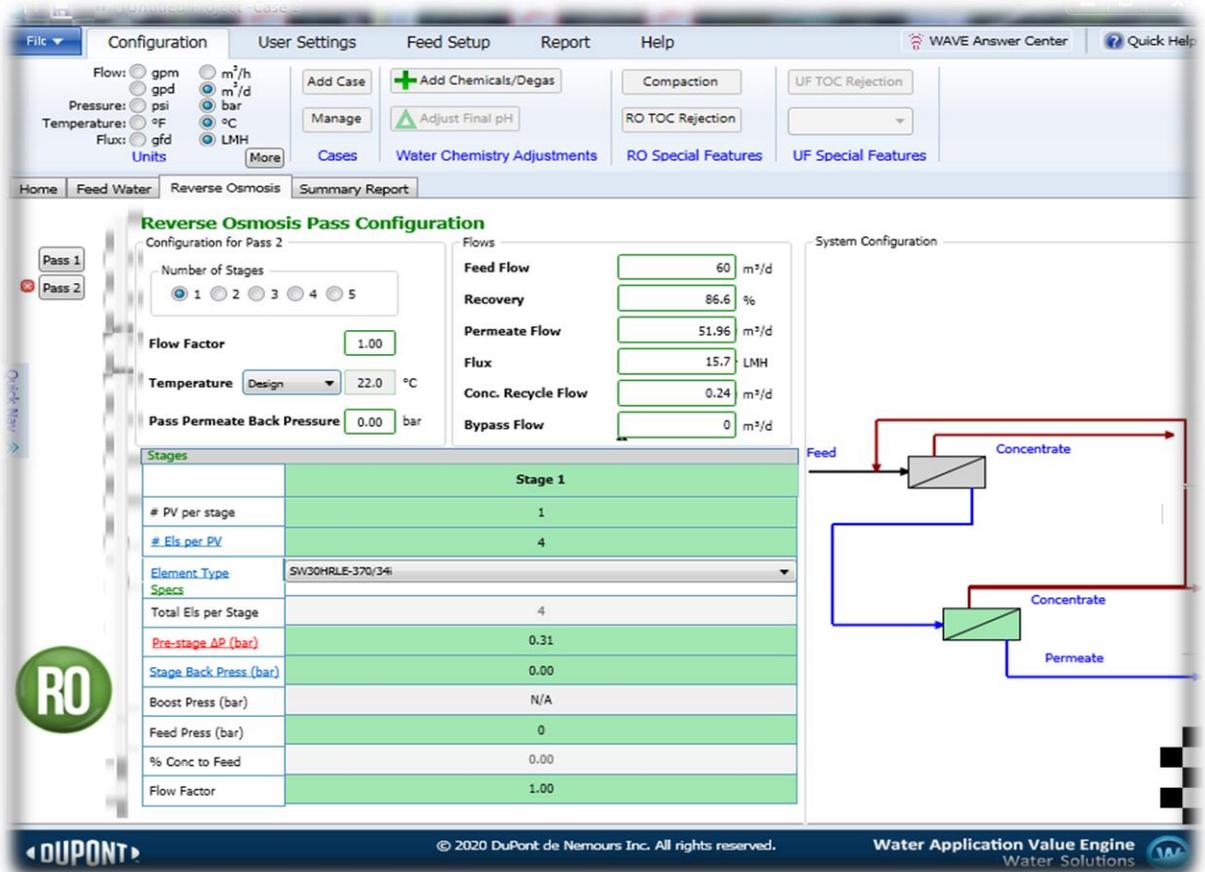


Figure IV.5: Image capture écran de l'étape analyse par WAVE

La condition demandée dans cette étape est la balance ionique entre les anions et les cations, la différence entre les anions et les cations ne dépasse pas **10%**

Etape 04 : Dimensionnement : Il s'agit de la quatrième étape du système. Pour effectuer cette étape de haut niveau, vous pouvez spécifier des paramètres tels que le flux de perméat, les types de membrane, le nombre d'étages et l'alimentation recyclage

Figure IV.6: Image capture écran de l'étape 4 dimensionnement



- Le flux de perméat : 51.96 m³/j
- Type des membranes :
 - pass1: Xus180808
 - Pass2: SW30HRLE-370/34i
- **1ère étape** : 2 conteneurs chaque tube de pression est doté de 6 membranes en parallèle (12 membranes)
- **2ème étape** : 1 conteneur est doté 4membranes parallèle

Product Specifications

DOW™ Specialty Membrane Element	Active Area		Feed Spacer Thickness (mil)	Permeate Flow Rate		Typical Stabilized Salt Rejection (%)	Minimum Salt Rejection (%)
	(ft ²)	(m ²)		(GPD)	(m ³ /d)		
XUS180808	285	27	34	6,400	24.2	99.7	99.5

1. Permeate flow and salt (NaCl) rejection based on the following standard test conditions: 32,000 ppm NaCl, 800 psi (55 bar), 77°F (25°C), pH 8, 8% recovery.
2. Flow rates for individual elements may vary but will be no more than ± 15%.
3. Sales specifications may vary as design revisions take place.
4. Active area guaranteed ± 3%. Active area as stated by Dow Water & Process Solutions is not comparable to nominal membrane area often stated by some manufacturers. Measurement method described in Form No. 609-00434.

Element Dimensions

DOW™ Specialty Membrane Element	A		B		C	
	(in.)	(mm)	(in.)	(mm)	(in.)	(mm)
XUS180808	40.0	1,016	1.125 ID	29 ID	7.9	201

1. Refer to Dow Water & Process Solutions Design Guidelines for multiple-element applications. 1 inch = 25.4 mm
2. Element to fit nominal 8-inch (203-mm) I.D. pressure vessel.

Figure IV.7 : Fiche technique du nouveau Membrane utilise dans la simulation qui remplace la membrane du 1er étage [12] .

Etape05 : Lancé calculé et affiche les valeurs des besoins en énergie, des exigences chimiques et du cout, calcul la qualité du produit

Reverse Osmosis Pass Configuration

Configuration for Pass 2

Number of Stages: 1 (selected), 2, 3, 4, 5

Flow Factor: 1.00

Temperature: Design, 22.0 °C

Pass Permeate Back Pressure: 3.00 bar

Flows:

- Feed Flow: 60 m³/d
- Recovery: 86.6 %
- Permeate Flow: 51.96 m³/d

System Configuration:

- Feed
- Concentrate
- Permeate

Calculating Report...

Stages	# PV per stage	# Els. per PV	Element Type	Specs
1	1	4	SW30HRLE-370/34	

RO

© 2020 DuPont de Nemours Inc. All rights reserved. Water Application Value Engine Water Solutions

Figure IV.8: Image capture écran de l'étape 5 lance calculé

Le choix d'une membrane d'osmose inverse représente une étape très importante dans un projet d'une station de traitement des lixiviats car au fur et à mesure que le prix et la qualité des membranes augmentent, le choix devient plus difficile.

IV.3 Résultats et discussion :

IV.3.1 Interprétation du rapport OI :

Lorsque vous êtes prêt à continuer. À condition que votre simulation converge, sélectionnez le nouvel onglet Rapport d'osmose inverse ci-dessous. Des informations sur les performances du système seront affichées, y compris les débits dans chaque flux, les pressions, les récupérations, les concentrations d'ions calculées et les résultats de chaque étape ou passe. Examinons les résultats dans le rapport :

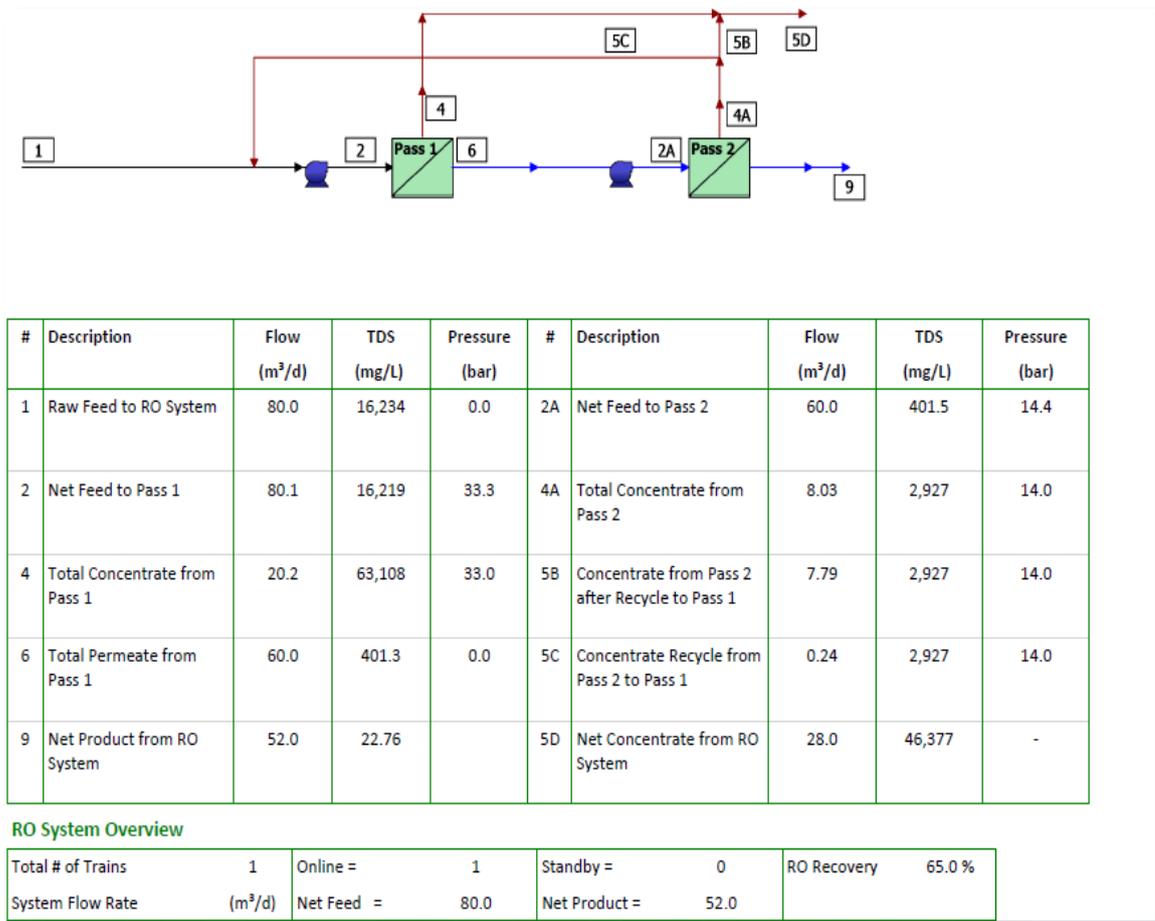


Figure IV.9 : Tableau récapitulatif du processus OI et diagramme de processus

Sommaire. Dans le premier tableau (juste en dessous du diagramme de processus), nous avons un résumé des conditions de débit dans le système OI, illustré à la figure 18. Notez que l'alimentation OI entre dans le premier un débit de 80m³/j et 16219 mg/L de solides dissous (et à 33.3 bar), dont seulement 52 m³/j partent dans le flux de produit (TDS 22.76 mg/L) ! Le flux de concentré sortant du système OI a par contre un débit de 20.2 m³/j avec un TDS très élevé de 63108 mg/L le reste de l'eau (concentré OI) doit être purifié via d'autres technologies, ou serait renvoyé au parc à résidus.

RO Solute Concentrations - Pass 1

Concentrations (mg/L as ion)						
	Raw Feed	Adjusted Feed		Concentrate	Permeate	
		Initial	After Recycle			Total to Pass 2
NH ₄ ⁺	2,024	2,024	2,022	7,053	324.5	324.5
K ⁺	1,689	1,689	1,688	6,499	64.92	64.92
Na ⁺	2,063	2,063	2,061	8,002	56.77	56.77
Mg ⁺²	156.4	156.4	156.1	617.3	0.53	0.53
Ca ⁺²	176.3	176.3	176.1	696.2	0.59	0.59
Sr ⁺²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba ⁺²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO ₃ ⁻²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HCO ₃ ⁻	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NO ₃ ⁻	400.1	400.1	400.3	1,471	38.99	38.99
F ⁻	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl ⁻	4,799	4,799	4,796	18,501	170.8	170.8
Br ⁻	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SO ₄ ⁻²	5,201	5,201	5,193	20,499	28.79	28.79
PO ₄ ⁻³	19.00	19.00	18.99	73.38	0.63	0.63
SiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Boron	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TDS*	16,234	16,234	16,219	63,108	401.3	401.3
Est. Cond. μ S/cm	25,920	25,920	25,898	85,261	847	847
pH	8.6	8.6	8.6	8.0	10.2	10.2

Footnotes:

*Total Dissolved Solids includes ions, SiO₂ and B(OH)₃. It does not include NH₄ and CO₂.

Figure IV.10: Concentrations calculées d'espèces dissoutes dans chaque étage/flux du système OI. « 1er rapport »

Concentrations de solutés OI. Ce tableau résume la concentration de chaque ion dissous en fonction de l'étage, du passage et du flux. Le tableau est reproduit à la **figure 36**. Notez que dans les flux concentrés, les concentrations d'ions augmentent avec les étapes suivantes ; à mesure que l'eau de perméat est filtrée à travers les membranes, les plus gros ions de sel restent dans les flux concentrés. De même, cependant, la concentration d'ions dans les flux de perméat augmente également avec les étapes suivantes en raison de la force motrice de concentration plus élevée entre le flux de concentré hautement enrichi et le flux de perméat dilué. Cependant, il convient de noter que pour toutes les espèces dissoutes, le système OI rejette la majorité des ions, laissant un flux de perméat bien purifié, comme le montre la colonne "Total" des résultats du perméat.

RO Design Warnings							
Design Warning		Limit	Value	Pass	Stage	Element	Product
Concentrate Flow Rate < Minimum Limit	(m ³ /d)	147.2	22.9	1	1	1	XUS180808
Concentrate Flow Rate < Minimum Limit	(m ³ /d)	147.2	14.6	1	1	2	XUS180808
Concentrate Flow Rate < Minimum Limit	(m ³ /d)	147.2	11.9	1	1	3	XUS180808
Concentrate Flow Rate < Minimum Limit	(m ³ /d)	147.2	11.0	1	1	4	XUS180808
Concentrate Flow Rate < Minimum Limit	(m ³ /d)	147.2	10.5	1	1	5	XUS180808
Concentrate Flow Rate < Minimum Limit	(m ³ /d)	147.2	10.1	1	1	6	XUS180808
Element Recovery > Maximum Limit	(%)	14.0	42.8	1	1	1	XUS180808
Element Recovery > Maximum Limit	(%)	14.0	36.3	1	1	2	XUS180808
Element Recovery > Maximum Limit	(%)	14.0	18.5	1	1	3	XUS180808
Concentrate Flow Rate < Minimum Limit	(m ³ /d)	54.5	46.4	2	1	1	SW30HRLE-370/34i
Concentrate Flow Rate < Minimum Limit	(m ³ /d)	54.5	33.0	2	1	2	SW30HRLE-370/34i
Concentrate Flow Rate < Minimum Limit	(m ³ /d)	54.5	19.9	2	1	3	SW30HRLE-370/34i
Concentrate Flow Rate < Minimum Limit	(m ³ /d)	54.5	8.03	2	1	4	SW30HRLE-370/34i
Element Recovery > Maximum Limit	(%)	30.0	39.5	2	1	3	SW30HRLE-370/34i
Element Recovery > Maximum Limit	(%)	30.0	59.7	2	1	4	SW30HRLE-370/34i

RO Solubility Warnings	
Warning	Pass No
CaSO ₄ (% saturation) > 100	1
Anti-scalants may be required. Consult your anti-scalant manufacturer for dosing and maximum allowable system recovery.	1

Figure IV.11 : Avertissements émis en raison de violations de la conception et de la solubilité dans le système OI.

Avertissements de conception OI. WAVE émet des avertissements de conception lorsqu'un ou plusieurs paramètres calculés (par exemple, les débits) sont en dehors des spécifications de conception recommandées. Nous avons plusieurs avertissements de conception, comme on le voit en haut de la figure 37. Ici, nous pouvons voir que les débits du flux de concentré dans la première étape de la conception sont inférieurs aux limites du système. Nous aborderons ce problème prochainement

Avertissements de solubilité OI. Étant donné que les systèmes OI ont tendance à concentrer les ions dans le flux bien nommé "concentré", dans certains cas, les concentrations d'ions peuvent dépasser les limites de solubilité de l'espèce. WAVE tente ici d'avertir l'utilisateur si tel est le cas. En bas de la figure 37, nous avons des avertissements associés au dépassement de la limite de solubilité du calcium (sous forme de sulfate de calcium). L'un de ces avertissements nous indique que la saturation du CaSO₄ est supérieure à 100 %. Le calcium est un problème notable dans les systèmes OI et même à des concentrations infimes, cela peut causer des problèmes car des sels de calcium précipités peuvent se déposer à la surface des membranes et provoquer un entartrage minéral, ce qui diminue le flux de membrane au fil du temps. Nous aborderons ce problème bientôt.

Aborder les messages d'avertissement OI Maintenant que nous avons lu le rapport de synthèse OI, abordons les deux avertissements émis par WAVE : le faible débit de concentré dans La première étape et la sursaturation de sulfate de calcium dans l'alimentation/les concentrés. Revenez à l'onglet du projet d'osmose inverse et envisagez les actions suivantes :

- Le débit de concentré est trop faible dans de nombreux récipients sous pression plus récents. Cela peut poser problème car l'entartrage ou l'encrassement sont souvent atténués en maintenant le débit d'eau dans les modules à un niveau élevé. Un débit élevé produit une vitesse d'eau élevée, ce qui peut « lever » des particules entartrées de la surface de la membrane. Une façon courante d'augmenter le débit de concentré (et la vitesse de l'eau) dans les systèmes d'osmose inverse est de recycler une partie du concentra final « 2eme étage » vers l'alimentation du système OI. Cela augmente le débit d'eau sur toutes les étapes, mais augmente également la concentration en TDS du fait de la solution concentrée de sel recyclé ! Pour recycler le flux de concentré dans le flux dans WAVE, cliquez sur n'importe quel champ du panneau Flux et définissez le paramètre

\Conc. Le champ "Recycler" est de **3,0%**, une valeur qui devrait augmenter les débits de concentré dans les modules juste assez pour supprimer les avertissements. L'interprétation physique est que **3%** du flux de concentra final sera renvoyé à l'entrée d'alimentation, comme on le voit dans Figure 38. Assurez-vous que le concentré est recyclé vers la tête du **Pass 1**". Tapez Enter puis cliquez sur OK lorsque vous avez terminé.

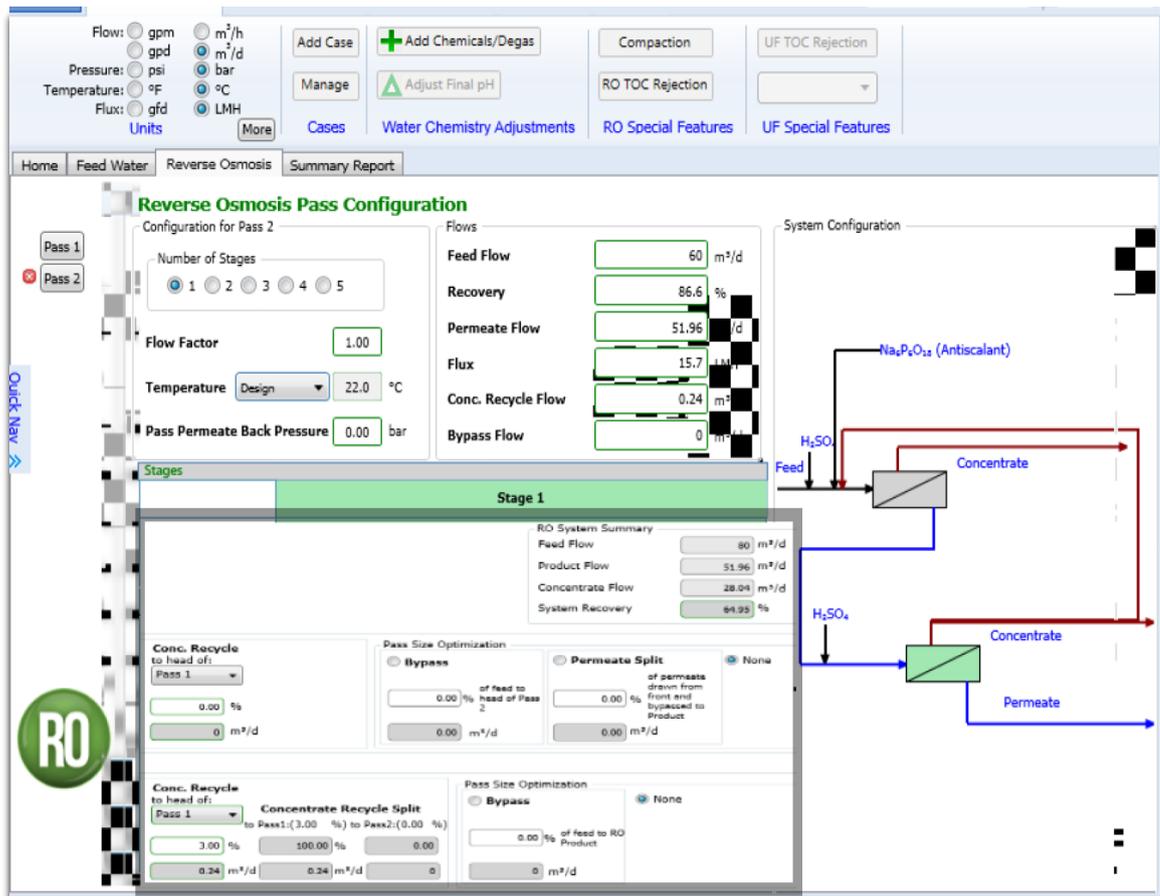


Figure IV.12: Recyclage d'une fraction du flux de concentré final vers l'alimentation du système OI.

- L'avertissement associé aux ions calcium reflète le fait que les ions calcium et les ions sulfate dont nous avons une concentration élevée réagissent (presque) de manière irréversible pour former du sulfate de calcium insoluble qui peut entartrer les membranes OI. Cette échelle est très difficile à enlever. En tant que tel, nous aimerions minimiser l'entartrage ou diminuer la saturation en calcium. Deux solutions potentielles sont de modifier le pH de la charge OI pour augmenter la solubilité de l'espèce incriminée, ou en ajoutant un produit chimique anti-entartrant. Pour l'instant, nous allons essayer cette

dernière option. Sous l'onglet Configuration, cliquez sur le bouton + Ajouter des produits chimiques/dégazeurs. Cliquez sur le bouton Anti-scalant pour confirmer que vous ajoutez un anti-scalant au flux OI ; sélectionnez l'hexamétaphosphate de sodium ($\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}$) dans le menu déroulant et utilisez la dose recommandée par le fabricant de 3 mg/L. Cela peut être vu sur la figure 39. Cliquez sur OK lorsque vous avez terminé.

The screenshot shows the 'Chemical Adjustment' window with the following settings:

- pH (down arrow):** $\text{H}_2\text{SO}_4(98)$, pH: 6.50, S&DI: 0.00
- Degas:** $\text{CO}_2\%$ Removal: 0.00 %, CO_2 Partial Pressure: 0.00 μatm , CO_2 Concentration: 0.00 mg/L
- pH (up arrow):** pH: 0.00, S&DI: 0.00
- Anti-Scalant (highlighted):** $\text{Na}_6\text{P}_6\text{O}_{18}(100)$, 3.00 mg/L, as recommended by the supplier
- Dechlorinator:** 0.00 mg/L

Measurement	Before Adjustment	After i pH	RO 1 st Pass Concentrate
pH	8.57	6.5	6.45
LSI*	NaN	NaN	NaN
Stiff & Davis Index*	NaN	NaN	NaN
TDS (mg/L)	16744	17503	70014
Ionic Strength (molal)	0.26	0.28	1.14
HCO_3^- (mg/L)	0	0	0
CO_2 (mg/L)	0	0	0
CO_3^{2-} (mg/L)	0	0	0
CaSO_4 (%)	3.16	8.17	42.1
BaSO_4 (%)	0	0	0
SrSO_4 (%)	0	0	0
CaF_2 (%)	0	0	0
SiO_2 (%)	0	0	0
$\text{Mg}(\text{OH})_2$ (%)	1.42	0	0

Temperature: Design, 22.0 °C
 RO Recovery: Basic default, 75.0 %

*LSI and S&DI require non zero Ca and CO_3 concentrations.

Figure IV.13 : Produits chimiques peuvent être ajoutés à l'eau d'alimentation OI pour ajuster la chimie de l'eau. Ici, nous ajoutons de l'hexamétaphosphate de sodium comme anti-scalant.

Revenez au rapport d'osmose inverse et vérifiez les avertissements de conception d'osmose inverse et les avertissements de solubilité. Vous remarquerez que le recyclage du concentra a éliminé les avertissements de conception « rapport 2 »

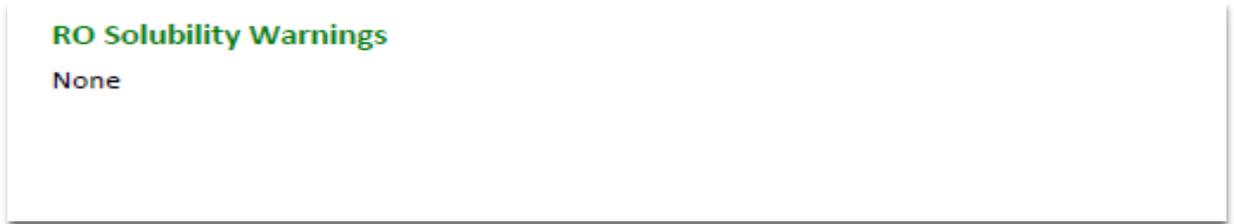


Figure IV.14 : Rien avertissements émis en raison de violations de la conception et de la solubilité dans le système OI. « 2ème rapport »

Dans le premier rapport, avant d'ajouter l'anti-scalant et le PH régulateur, la valeur du TDS était égale à 16 234 mg/l, comme le montre la figure 19 ci-dessus, et après les deux processus chimiques, nous remarquons que sa valeur est passée à 17 500 mg/l " regardez la figure 41 " et cela explique la dissolution des additifs dans lixiviats

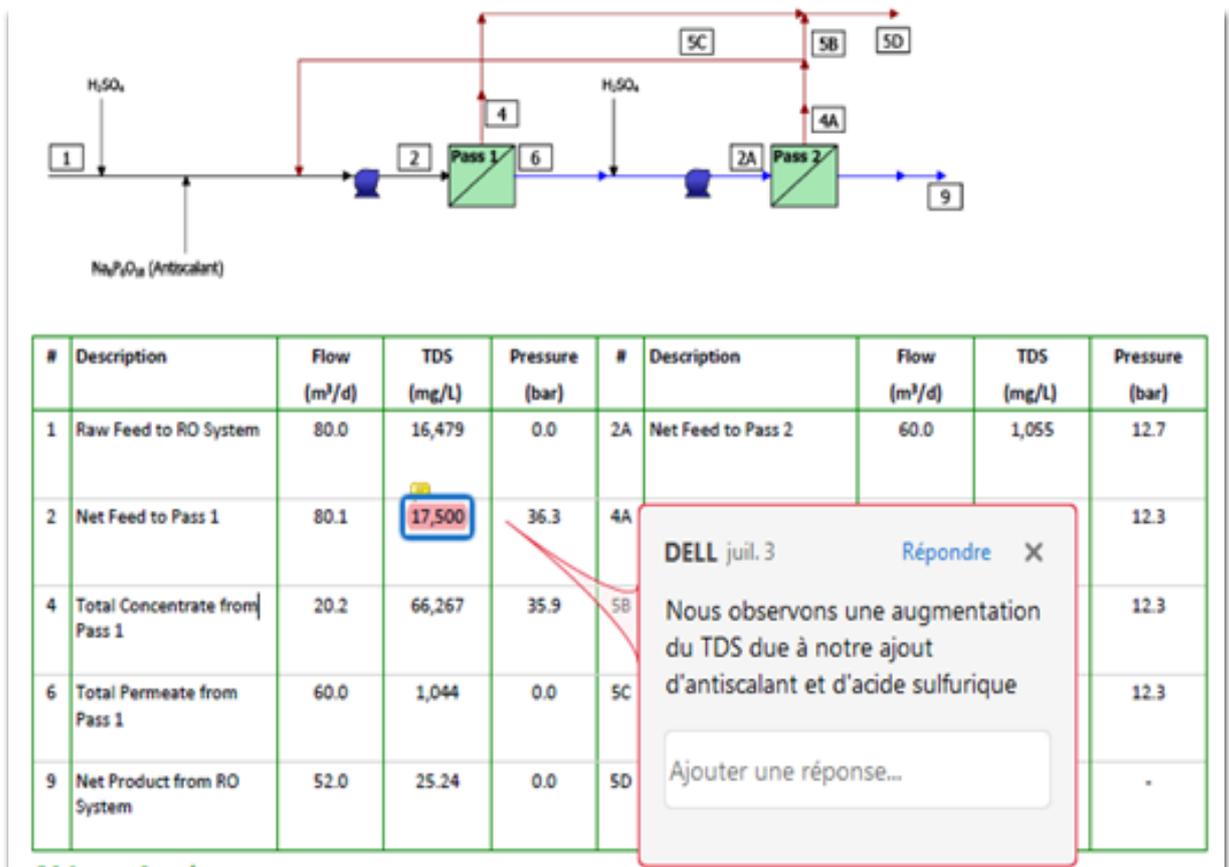


Figure IV.15: Tableau récapitulatif du processus OI « 2ème rapport »

Solute Concentrations - Pass 2

Concentrations (mg/L as ion)					
	Raw Feed	pH Adjusted Feed	Concentration	Permeate	
					Total
NH ₄ ⁺	60.04	60.07	444.2	0.64	0.64
K ⁺	61.81	61.84	457.7	0.61	0.61
Na ⁺	200.9	201.0	1,461	6.06	6.06
Mg ⁺²	1.60	1.61	11.97	0.00	0.00
Ca ⁺²	1.78	1.78	13.28	0.00	0.00
Sr ⁺²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba ⁺²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO ₃ ⁻²	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
HCO ₃ ⁻	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NO ₃ ⁻	542.8	543.2	3,949	16.27	16.27
F ⁻	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cl ⁻	170.3	170.4	1,261	1.65	1.65
Br ⁻¹	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SO ₄ ⁻²	6.63	14.11	105.2	0.02	0.02
PO ₄ ⁻³	0.73	0.73	5.32	0.02	0.02
SiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Boron	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TDS*	1,044	1,055	7,708	25.24	25.24
Est. Cond. μ S/cm	1,674	1,695	11,256	39	39
pH	8.0	6.5	5.8	8.3	8.3

Figure IV.16: Tableau représente la concentration de soluté « 2ème rapport »

IV.4 Qualité d'eau sortie de la station « perméat finale » :

Les exigences de qualité de l'eau traitée à la sortie des stations sont les suivantes :

Tableau IV.1: La qualité d'eau finale à la sortie de la station

Le paramètre	La valeur	La norme algérienne
pH	6.5 - 8.5	7.5 - 9
Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	39	2800
TDS (mg /L)	25.24	≤ 100 plus mieux $10 \leq \text{TDS} \leq 50$
Température (C°)	22	30

La source de ces analyses est la moyenne annuelle de chaque paramètre de la station, le suivi d'analyse des eaux traitées se fait quotidiennement au laboratoire de la station. Les valeurs des paramètres obtenus par rapport à la norme algérienne des rejets industriels par le décret n°06-141 le 23 avril 2006 sont acceptables.

Conclusion :

Conclusion générale :

L'OI double pass est une technique envisageable pour le traitement des Lixiviats. En effet, les caractéristiques physico-chimiques des Lixiviats traitées répondent parfaitement à la norme algérienne des rejets industriels par le décret n°06-141 le 23 avril 2006. Le prétraitement des lixiviats par une filtration à poche, une filtration bicouche précédée par un passage sur un charbon actif. A travers ce travail la simulation est un outil très performant pour envisager une solution de traitement par osmose inverse en double pass. Il est nécessaire de prendre en compte les aspects de l'impact des concentrats des lixiviats qui nécessitent un traitement d'affinage pour une meilleure gestion des stations de traitements de lixiviats. En perspective, il serait souhaitable de comparer les performances de ce traitement physique à un traitement biologique renforcé par un traitement membranaire (BRM).

Références bibliographiques :

- [1] : Guide pour les établissements publics d'enseignement supérieur ou de recherche. Consulté le 18/06/2021 sur <www.sdfp.Lnet.fr>
- [2] : BEKDACHE MEBAREK.2015. Evaluation de la gestion des déchets ménagers et assimilés au niveau de la commune de Tizi-Ouzou. Mém : Protection de l'environnement : Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou
- [3] : KOLLER.2004. Traitement des pollutions : eau, air, déchets, sols, boues. Edition, Dunod, Paris
- [4] : DESACHY C.2001. Les déchets : sensibilisation a une gestion écologique. Edition.TEC&DOC.paris.463p
- [5] : MURAT M.1981. Valorisation des déchets et de sous-produits industriels. Edition, Masson,
- [6] : Guide sur la gestion des déchets solide. 2008.Ministère de l'aménagement du territoire de l'environnement et du tourisme
- [7] : BOURAS ABDE RAFIK. 2016.Traitement physico-chimiques et biologiques des lixiviats de décharges. Mém : Chimie de l'environnement. Université Mouloud Mammeri de tizi ouzou
- [8] : EMILIEN BELLE.2008. Évolution de l'impact environnemental de lixiviats d'ordures ménagères sur les eaux superficielle et souterraines approche hydrobiologique et hydrogéologique. Thèse de doctorat. Sciences de la terre et le l'environnement. Ecole doctorale homme environnement santé.
- [9] : SOUHAILA TRABELSI. 2012.études de traitement des lixiviats des déchets urbains par les procédés d'oxydation avancée photochimiques et électrochimique. Application aux lixiviats de la décharge tunisienne "JEBEL CHAKIR". Thèse : Science et technologie de l'environnement. Université de Carthage
- [10] : MAKHOUKH.M.O.2008.la gestion des déchets. CNFE/MATE
- [11] : Document fournie par AMENYD

- [12]** : LENTECH. [FAQ-quantité d'eau]. [Consulté le [15/06/2021]] sur www.lenntech.fr/produits/membranes/oimembranes.htm
- [13]** : LACEB NADIA. 2013.caractérisation des lixiviats de la décharge d'Ouled Fayet et leur traitement par adsorption sur Hydrox-apatite. Mém : chimie de l'environnement. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou
- [14]** : Atelier sur la gestion et le traitement des biogaz et lixiviats de CET de classe II. 5 et 6 juin 2011.la gestion de lixiviat. Ministère de l'environnement et du développement durable