

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université de Ghardaia



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et Sciences de la Terre

Département de Biologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Ecologie et Environnement

Spécialité : Ecologie

Par : KERBOUB Hana
REZGUI Nour El Houda

Thème

**Traitement par bio-remédiation des eaux usées de l'usine
ALFAPIPE, (Unité de Ghardaïa)**

Soutenu publiquement, le // , devant le jury composé de :

Mme OUCI Houria	Maitre de conférences A	Univ. Ghardaia	Présidente
M. GUERGUEB E Y	Maitre de conférences A	Univ. Ghardaia	Directeur de mémoire
M. BELGHIT Said	Maitre de conférences A	Univ. Ghardaia	Co-Directeur de mémoire
Mme HADDAD Soumia	Maitre de conférences A	Univ. Ghardaia	Examinatrice

Année universitaire : 2021/2022

Dédicaces

C'est avec profonde gratitude l'amour, Le respect, la reconnaissance et sincères mots, Je dédie ce mémoire :

À mon source de la tendresse , ma chère Mère qui a éclairé mon chemin

Qui Et m'a encouragée et qui a accompagné ma carrière universitaire de leur se prière sincère,

Mots Elle ne suffiront pas à ses efforts avec moi ;

À mon très cher père, la lumière de ma vie, pour sa confiance, ses encouragements et son soutien dans toute ma carrière d'étude dès le premier pas jusqu'à ce jour-là

Que Dieu vous bénisse, vous protège et vous garde le plus longtemps avec nous ;

À ma soeur : Radja et Mes frères: Mohamed et Salah et Alaa que Dieu vous gardes et je leurs souhaite le bonheur et de chances .

À Mes amies : Zouatine Oumaima et Madah khadidja et Ouled laid Khaoula et Ghouchi Najwa pour leur soutien moral

À Slimane et Amine de ALFA PIPE Pour leur collaboration et leur aide. et À toutes ma famille et qui me connaît.



Hana

Remerciements

Remerciements au dieu « Allah » le tout puissant pour m'avoir donnée la force et la chance, la patience et le courage pour de terminer ce modeste travail

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude à **MONSIEUR GUERGUEB EL-YAMINE** Maître de conférences B , à l'université de Ghardaïa pour avoir accepté à diriger et encadrer ce travail.

C'est un honneur pour moi de travailler avec lui . Il a mis à ma disposition ses connaissances et sa documentation . je le remercie aussi pour ses conseils ses orientations , sa disponibilité , sa patience et surtout ses qualités humaines grâce à lui j'ai fait mon travail

Mes remerciements aussi à Co-Directeur de mémoire **M. Belghit** pour m'avoir encadré. sa conseil et recommandation ont été précieuse pour l'aboutissement de ce travail.

Je tiens aussi à remercier les membres de jury pour avoir accepté de bien vouloir juger notre mémoire.

J'adresse mes très sincères remerciements à Chef service **HSE slimane Djafer** et l'inspecteur **HSE Moulay ibrahim Mohamed lamine** de l'entreprise **ALFA PIPE** pour leurs aides et ses conseils ont permis la réalisation de ce Mémoire.

Je tiens également à remercier les ingénieurs de laboratoires de faculté des sciences de la nature et la vie et sciences de la terre de l'université de Ghardaïa , pour leur aide.

Nous tenons à remercier **Madame Mekak** responsable de **L'ONNED Ouregla** et **Madame KHaroubi** responsable de **l'ADE Ghardaïa** .

Les parents sont un don de Dieu, des personnes spéciales que Dieu utilise pour nous montrer son amour. Merci d'être de bons modèles.

Enfin, je remercie tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à réalisation de cette mémoire .





Dédicace

A MA TRÈS CHÈRE MÈRE : TAHAR KHADRA

Autant de phrases aussi expressives soient-elles ne sauraient montrer le degré d'amour et d'affection que j'éprouve pour toi. Tu m'as comblé avec ta tendresse et affection tout au long de mon parcours. Tu n'as cessé de me soutenir et de m'encourager durant toutes les années de mes études, tu as toujours été présente à mes cotés pour me consoler quand il fallait. En ce jour mémorable, pour moi ainsi que pour toi, reçoit ce travail en signe de ma vive reconnaissance et ma profonde estime. Puisse le tout puissant te donner santé, bonheur et longue vie afin que je puisse te combler à mon tour.

A MON TRÈS CHER PÈRE : REZGUI MESSAOUD

Autant de phrases et d'expressions aussi éloquents soit-elle ne sauraient exprimer ma gratitude et ma reconnaissance. Tu as su m'inculquer le sens de la responsabilité, de l'optimisme et de la confiance en soi face aux difficultés de la vie. Tes conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite. Ta patience sans fin, ta compréhension et ton encouragement sont pour moi le soutien indispensable que tu as toujours su m'apporter. Je te dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain et je ferai toujours de mon mieux pour rester ta fierté et ne jamais te décevoir que Dieu le tout puissant te préserve, t'accorde santé, bonheur, quiétude de l'esprit et te protège de tout mal.

A mon mari Gachouche Redouane qui a été mon premier soutien et fan, à celui qui a cultivé l'amour de la science et du travail, à celui qui m'a encouragé à continuer malgré la fatigue et la responsabilité, à celui qui m'a appris la patience et le combat, à qui je suis fier de, je vous dédie mon succès et le fruit de notre travail. Louange à Dieu pour sa grande bonté et sa très généreuse

Aux parents de mon mari qui étaient ma deuxième famille

A mon très cher frère Ibrahim et sa fille Bayan

A mes très chers frères Aïssa et Allaa.

A ma très chère sœur Houria, son mari Youcef et ses enfants Et surtout l'étincelle de l'espoir, Sarah.

A ma très chère sœur khouloud, son mari Lakhdar et ses enfants.

A ma très chère sœur Fatima el Zohra et ses enfants Adam et Nouh

Sans oublier mon oncle Tahar qui a toujours été à mes côtés, que Dieu leur accorde bonne santé, longue vie et tout le bonheur

A tous mes fidèles amis



Remerciements

Tout d'abord, nous rendons grâce à Dieu, le tout puissant, le clément
Et le miséricordieux qui nous a aidé à terminer ce mémoire de master.

Nous remercierons chaleureusement Dr. GUERGUEB EL-Yamine maitre de conférences à l'université de Ghardaïa d'avoir proposé ce thème et accepté de nous encadrer et pour son aide, ses orientations, ses conseils et ses corrections de ce mémoire.

Nos remerciements à Co-Directeur M. BELGHIT Siad Maitre de conférences A Univ. Ghardaïa, qui nous avoir encadré. Au sein du laboratoire, son aide, sa disponibilité et ses conseils scientifiques et recommandations ont été précieuses pour l'aboutissement de ce travail.

Nous remercions également tout le personnel de l'usine ALFAPIPE surtout monsieur DJAAFRI Slimane qui nous ont apporté leurs expériences, supports et aides, leurs conseils et leurs contributions et de nous avoir permis de recueillir le maximum d'informations lors de nos visites au niveau de l'usine.

Nous tenons à remercier vivement les membres du Jury qui ont accepté d'évaluer notre travail.

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de cette mémoire.

Table des matières

Dédicace

Remercîment

Table des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Resumé

ملخص

Abstract

Introduction 1

Chapitre. 01 : Généralité sur les déchets

1	Définition d'un déchet	4
2	Les différents déchets générés par les entreprises	4
2.1	Déchets inertes :	4
2.2	Déchets ménagers et assimilés :	4
2.3	Déchets spéciaux :	4
2.4	Déchets spéciaux dangereux :	4
3	Nomenclature des déchets selon la réglementation nationale.....	5
4	Classification des déchets :	5
4.1	Selon la nature : La classification des déchets d'après leur nature aboutit à trois catégories essentielles :	6
4.2	Selon le mode de traitement et d'élimination :	6
4.2.1	Les déchets inertes :	6
4.2.2	Les déchets banaux :	6
4.2.3	Les déchets spéciaux :	6
4.2.4	Les déchets dangereux :	6
4.3	Selon le comportement et les effets sur l'environnement :	7
4.3.1	Les déchets inertes :	7
4.3.2	Les déchets fermentescibles :	7
4.3.3	Les déchets toxiques :	7
4.4	Selon leur origine :	7
4.4.1	Déchet urbains :	7
4.4.2	Déchets industriels :	7
4.5	Selon la législation Algérienne :	8
4.5.1	Déchets ménagers et assimilés :	8

4.5.2	Déchets encombrants :	8
4.5.3	Déchets spéciaux (DS) :	8
4.5.4	Déchets spéciaux dangereux (DSD) :	8
4.5.5	Déchets d'activité de soin :	8
4.5.6	Déchets inertes :	9
4.5.7	Déchets radioactifs :	9
5	Impact des déchets :	9
5.1	Sur l'environnement :	9
5.2	Sur la santé :	9
5.3	Sur l'économie :	10
6	Les déchets industriels :	10
6.1	Les déchets inertes :	11
6.2	Les déchets non dangereux ou déchets industriels banals (DIB) :	11
6.3	Déchets industriels dangereux ou spéciaux (DIS) :	12
7	Impact des déchets industriels :	12

Chapitre II : Présentation de l'Enterprise (ALFAPIPE)

1	Historique :	14
2	. Caractéristiques :	14
2.1	Organisation :	15
2.2	Localisation :	16
2.3	Les différentes équipements et installations :	16
2.4	Procédé de fabrication :	17
2.4.1	Machine à souder en spirale :	18
2.4.2	Nettoyage des tubes :	18
2.4.3	Nouvelle ligne de production :	18
2.5	Contrôle Qualité :	18
2.5.1	Les contrôles non destructifs :	18
2.5.2	Les contrôles destructifs :	19
2.6	Contrôle visuel :	19
2.7	Radioscopie :	19
2.8	Installation hydrostatique :	20
2.9	Chanfreinage :	20
2.10	Examen ultra-sons :	20
2.11	Contrôle radiographique :	20
2.12	Le revêtement des tubes :	21
2.12.1	Grenailage de tubes:	21
2.12.2	Procédé de revêtement de tubes :	21

Chapitre III : Matériel et méthodes

1	Prélèvement des échantillons	23
2	Analyse physico-chimique.....	23
3	Préparation de la solution mère.....	24
4	Préparation des dilutions.....	25
5	Culture des bactéries	25
6	Purification.....	25
7	Conservation des souches purifiées	26
8	Isolement.....	26
9	Identification des souches isolées	27
9.1	Etude morphologique	27
9.1.1	Etude macromorphologique	27
9.1.2	Etude micro morphologique.....	28
9.1.2.1	Coloration de GRAM	28
9.2	Etude biochimique.....	29
9.2.1	Teste de catalase.....	29
9.2.2	Teste d'oxydase.....	29
10	Préculture	29
11	Culture.....	29

Chapitre VI : Résultats et Discussion

1	Analyses physico-chimiques des déchets liquides générée par l'unité ALFAPIPE.....	31
1.1	Température.....	31
1.2	Potentiel Hydrique (pH)	31
1.3	Matières en Suspension (MES)	32
1.4	Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	33
1.5	Demande chimique en oxygène DCO	34
1.6	Phosphore total	35
1.7	Huiles et graisses	36
1.8	Hydrocarbure totaux :.....	37
1.9	Aluminium.....	38
1.10	Cadmium	39
1.11	Cuivre total	39
1.12	Plomb total.....	40
1.13	Chrome total	41
1.14	Manganèse	42
1.15	Nikel total	43
1.16	Zinc total.....	44

1.17	Fer.....	45
1.18	Cobalt.....	46
1.19	Indice de phénol.....	47
2	Résultat des traitement bactériologiques	48
2.1	Isolements des souches	48
2.2	Origine des isolats bactériens sélectionnés.....	48
2.3	Isolement des isolats susceptibles à dégrader l'huile	49
2.4	Identification microscopique et biochimique.	49
2.5	Suivi de la cinétique de croissance des souches sélectionnées.....	51
3	Analyse physicochimique de l'eau usée traitée :	52
	Conclusion.....	53

Références bibliographiques

Liste des tableaux

TABLEAU 1 : CRITERES DE DANGEROSES DES DECHETS SPECIAUX	5
TABLEAU 2:TECHNIQUES D'ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES	24
TABLEAU 3: DES ISOLATS SELECTIONNES	48
TABLEAU 4: RESULTATS D'ANALYSES BIOCHIMIQUES DES ISOLATS	51
TABLEAU 5:LA CINETIQUE DE CROISSANCE DES SOUCHES SELECTIONNEES	52
TABLEAU 6: RESULTATS PHYSICO-CHIMIQUES AVANT ET APRES TRAITEMENT PAR BIO REMEDICATION	52

Liste des figures

FIGURE 1: TUBES EN ACIER. (ALFAPIPE, 2015)	15
FIGURE 2 : LOCALISATION DE L'ENTREPRISE ALFAPIPE	16
FIGURE 3 : CONTROLE VISUEL DE LA QUALITE DES TUBES	19
FIGURE 4 : CONTROLE DE LA QUALITE DES TUBES PAR RADIOSCOPIE	19
FIGURE 5 : CONTROLE DE LA QUALITE DE SOUDAGE PAR ULTRA-SONS.....	20
FIGURE 6 : SCHEMA SYNOPTIQUE DU PROCEDE DE FABRICATION.....	22
FIGURE 7 : SITUATION DE RESERVOIR DE STOCKAGE DES EAUX USEE AU NIVEAU DE L'ENTREPRISE ALFAPIPE GHARDAÏA.....	23
FIGURE 8 : PREPARATION DE LA SOLUTION MERE.....	25
FIGURE 9 : CULTURE DES BACTERIES	25
FIGURE 10 : PREPARATION DU MILIEU BUSHNELL HAAS.....	26
FIGURE 11 : RESULTATS APRES L'INCUBATION.....	27
FIGURE 12 : REACTIFS ET COLORANTS DE LA COLORATION DE GRAM.....	28
FIGURE 13 : VARIATION DE LA TEMPERATURE DES DECHETS LIQUIDES GENEREE PAR L'UNITE ALFAPIPE	31
FIGURE 14 : VARIATION DU PH DES DECHETS LIQUIDES GENEREE PAR L'UNITE ALFAPIPE.....	32
FIGURE 15 : VARIATION DE LA MATIERES EN SUSPENSION DES DECHETS LIQUIDES GENEREE PAR L'UNITE ALFAPIPE	33
FIGURE 16 : VARIATION DE LA DBO ₅ DES DECHETS LIQUIDES GENEREE PAR L'UNITE ALFAPIPE	34
FIGURE 17 : VARIATION DE LA DCO DES DECHETS LIQUIDES GENEREE PAR L'UNITE ALFAPIPE.....	35
FIGURE 18 : VARIATION DU PHOSPHORE TOTAL DES DECHETS LIQUIDES GENEREE PAR L'UNITE ALFAPIPE	36
FIGURE 19 : VARIATION DES HUILES ET GRAISSES DES DECHETS LIQUIDES GENEREE PAR L'UNITE ALFAPIPE	37
FIGURE 20 : VARIATION D'HYDROCARBURES TOTAUX DES DECHETS LIQUIDES GENEREE PAR L'UNITE ALFAPIPE	38
FIGURE 21 : VARIATION DES TAUX DE L'ALUMINIUM DES DECHETS LIQUIDES GENEREE PAR L'UNITE ALFAPIPE	38
FIGURE 22 : VARIATION DES TAUX DE L'ALUMINIUM DES DECHETS LIQUIDES GENEREE PAR L'UNITE ALFAPIPE	39
FIGURE 23 : VARIATION DES TAUX DE L'ALUMINIUM DES DECHETS LIQUIDES GENEREE PAR L'UNITE ALFAPIPE	40
FIGURE 24 : VARIATION DES TAUX DU PLOMB TOTAL DES DECHETS LIQUIDES GENEREE PAR L'UNITE ALFAPIPE	41
FIGURE 25 : VARIATION DES TAUX DU CHROME TOTAL DES DECHETS LIQUIDES GENEREE PAR L'UNITE ALFAPIPE	42
FIGURE 26: VARIATION DES TAUX DU MANGANESE DES DECHETS LIQUIDES GENEREE PAR L'UNITE ALFAPIPE	43
FIGURE 27: VARIATION DES TAUX DU NIKEL TOTAL DES DECHETS LIQUIDES GENEREE PAR L'UNITE ALFAPIPE	44
FIGURE 28: VARIATION DES TAUX DU ZINC TOTAL DES DECHETS LIQUIDES GENEREE PAR L'UNITE ALFAPIPE	45
FIGURE 29: VARIATION DES TAUX DU FER DES DECHETS LIQUIDES GENEREE PAR L'UNITE ALFAPIPE	45
FIGURE 30 : VARIATION DES TAUX DU COBALT DES DECHETS LIQUIDES GENEREE PAR L'UNITE ALFAPIPE	46
FIGURE 31: VARIATION DES TAUX DE L'INDICE DE PHENOL DES DECHETS LIQUIDES GENEREE PAR L'UNITE ALFAPIPE	47
FIGURE 32 : ISOLEMENT DES ISOLATS SUSCEPTIBLES A DEGRADER L'HUILE.....	49

FIGURE 33: ASPECT MICROSCOPIQUE OBTENU APRES LA COLORATION DE GRAM (GX100) (REZGUI ET KERBOUB, 2022)..... 50

Liste des abréviations

pH : potentiel d'hydrogène

GN : gélose nutritive

UV : ultra-violet

DS : Déchet spéciaux

DSD : Déchet spéciaux dangereux

MES : Matières en Suspension

DBO₅ : Demande biochimique en oxygène

DCO : Demande chimique en oxygène

DS : Déchet spéciaux

DSD : Déchet spéciaux dangereux

HSE : Hygiène Sécurité Environnement

ALFA PIPE : Algérienne de Fabrication de PIPE

RESUME

Notre travail est pour objectif d'évaluer le pouvoir de traitement des effluents liquides dangereux stockés dans l'entreprise ALFAPIPE, Ghardaïa, spécialisé dans la fabrication des tubes à gros diamètres destinés au transport des hydrocarbures (gaz et pétrole). Par bio-remédiation, en utilisant des bactéries autochtones isolées de ces eaux usées.

L'examen des résultats physico-chimique (pH, Huiles et graisse, métaux lourds..), fourni par le service Hygiène Sécurité Environnement montre (HSE) que ces valeurs dépasse les valeurs limites données par la loi algérienne.

L'examen morphologiques (macro et microscopique) et biochimique (oxydase et catalase) des bactéries isolées donne 16 isolas, tous ces isolats ayant une activité hydrocarbonoclastes ont été testés pour leur production des bio surfactants (indice d'émulsion E24), deux souches D1 et D2 ont avérés les meilleures mesures d'absorbance au spectrophotomètre UV avec (D2=0.548, D1=0.309).

Les résultats physicochimiques avant et après traitement de l'eau usée par la souche D2 montre l'augmentation des valeurs de DBO et DCO, et une légère diminution de l'Azote et l'indice de phéol.

Mots clés : ALFAPIPE, Bio remédiation, métaux lourds, Eau usée

ملخص

يهدف عملنا إلى تقييم قوة معالجة المخلفات السائلة الخطرة المخزنة في شركة ALFAPIPE، غرداية، المتخصصة في تصنيع الأنابيب ذات القطر الكبير لنقل الهيدروكربونات (الغاز والنفط). عن طريق المعالجة الحيوية، باستخدام البكتيريا الأصلية المعزولة من هذه المياه العادمة.

يوضح فحص النتائج الفيزيائية والكيميائية (الأس الهيدروجيني والزيوت والشحوم والمعادن الثقيلة، وما إلى ذلك)، التي توفرها خدمة الصحة والسلامة والبيئة، أن هذه القيم تتجاوز القيم الحدية المنصوص عليها في القانون الجزائري.

أعطى الفحص المورفولوجي (الكلي والميكروسكوب) والكيميائي الحيوي (أوكسيديز وكاتاليز) للبكتيريا المعزولة 16 عزلة، تم اختبار جميع هذه العزلات ذات الفعالية الهيدروكربونية لإنتاجها من الخافضات الحيوية (مؤشر المستحلب E24)، وثبت وجود سلالتين D1 و D2 أفضل قياسات الامتصاص في مقياس الطيف الضوئي بالأشعة فوق البنفسجية مع ($D1 = 0.309$ ، $D2 = 0.548$)

تظهر النتائج الفيزيائية والكيميائية قبل وبعد معالجة المياه العادمة بسلالة D2 زيادة في قيم DOB و DOC وانخفاض طفيف في النيتروجين ومؤشر فينول.

الكلمات المفتاحية: ALFAPIPE، المعالجة الحيوية، معادن الثقيلة، مياه الصرف

ABSTRACT

Our work aims to evaluate the treatment power of hazardous liquid effluents stored in the company ALFAPIPE, Ghardaïa, specialized in the manufacture of large diameter tubes for the transport of hydrocarbons (gas and oil). By bio-remediation, using indigenous bacteria isolated from this wastewater.

Examination of the physico-chemical results (pH, Oils and grease, heavy metals, etc.), provided by the HSE service shows that these values exceed the limit values given by Algerian law.

The morphological (macro and microscopic) and biochemical (oxidase and catalase) examination of the isolated bacteria gives 16 isolates, all these isolates with hydrocarbonoclast activity were tested for their production of biosurfactants (emulsion index E24), two strains D1 and D2 proved to be the best absorbance measurements in the UV spectrophotometer with (D2=0.548, D1=0.309).

The physicochemical results before and after treatment of the wastewater with the D2 strain show an increase in the values of BOD and COD, and a slight decrease in nitrogen and the phenol index.

Keywords: ALFAPIPE, Bio remediation, heavy metals, Wastewater

Introduction

Depuis le début des années 1990, la protection de l'environnement est devenue une préoccupation collective. En effet, la problématique des déchets est aujourd'hui un sujet de recherche très important, encouragé par les politiques publiques. (Bessenasse, 2012).

Les activités agricoles, artisanales, industrielles, commerciales et minières, produisent des eaux usées qui sont pour la plupart directement déversées dans la nature, sans aucun traitement adéquat.

Les déchets dangereux sont la source de nombreux impacts sur l'environnement et peuvent provoquer des incidences sur la santé humaine. Afin d'éviter au maximum ces inconvénients, il est indispensable de gérer au mieux ces déchets.

Les déchets dangereux sont caractérisés par une composition en éléments toxiques ou dangereux présentant des risques pour l'environnement et la santé humaine. Ils peuvent être liquides, solides ou gazeux et issus d'acteurs économiques, de collectivités, d'industries ou des ménages.

Les déchets industriels dangereux se répartissent suivant trois catégories : les déchets organiques (peintures, solvants, huiles usagées par exemple), les déchets minéraux solides (boues, cendres, résidus de combustion par exemple) et les déchets minéraux liquides (acides, bases, solutions chimiques minérales notamment).

Les processus industriels génèrent fréquemment des déchets liquides qui ne peuvent pas être directement déversés dans l'environnement ni dans le réseau d'assainissement public. Par ailleurs, dans ces cas-là, la nature de certains polluants de ces déchets liquides empêche leur épuration par des traitements conventionnels. La difficulté de traitement peut être due à une concentration élevée de polluants, au fait que le déchet n'a pas une base aqueuse, à la présence de composés organiques volatiles ou à une combinaison de ces causes et d'autres. (Laforest et *al.*, 2020)

Les rejets industriels dangereux liquides sont inévitables malgré l'existence de mesures préventives de réduction à la source. Les filières de traitement de ces rejets visent différents objectifs : permettre leur recyclage total ou partiel, faciliter leur valorisation matière ou énergétique, permettre leur retour « écocompatibles » dans l'environnement ou encore les décomposer, plus ou moins complètement, en espèces chimiques plus « inoffensives ».

Ces filières nécessitent la mise en œuvre de techniques très variées qui relèvent de différentes disciplines scientifiques : thermique, mécanique, physique, chimie, physico-chimie ou biologie.

Il existe en Algérie plusieurs entreprises industrielles générant des déchets polluantes comme l'industrie de base mécanique, sidérurgie, métallurgie, centrales de production d'électricité, industrie agro-alimentaire, industrie textile et cuirs, unités de fabricants de ciments, de plâtre et de chaux, industrie de gaz liquéfié, raffineries de pétrole, industrie de la transformation du bois, industrie chimique et pharmaceutique, etc.

Ces entreprises représentaient l'essentiel des entreprises polluantes sur le territoire national. Actuellement, la production de déchets solides industriels en Algérie était évaluée à 352.627 tonnes/an.

Elles sont produites essentiellement dans : la raffinerie d'Arzew 66 .000 t/an, la zone industrielle d'Es-Senia à Oran, par exemple, produit à elle seule 10000 t/an, le complexe électrolyse de zinc de Ghazaou et 18500 t/an de déchets générés, le complexe mercuriel ENOF de AZZABA, situé dans la wilaya de skikda détient 01 million de tonnes de déchets de mercure, qui ne sont que des exemples parmi tant d'autres à Bejaïa, Tlemcen. Asmidal et Sider à Annaba, etc.

Ces déchets sont généralement stockés sur les lieux de production sans tenir compte des normes et règles environnementales nationales ou internationales.

D'après le ministre de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, l'Algérie stockerait plus de 2.000.000 de tonnes de déchets industriels, qu'ils représentent un danger réel pour l'environnement et la santé publique.

Certains déchets industriels peuvent être une source intéressante de valorisation. Les autres doivent être détruits soit par incinération s'ils sont combustibles, soit par mise en décharge suivant les techniques appropriées. Pour certains déchets toxiques, des traitements préalables seront parfois nécessaires. (Louai, 2009).

Notre étude est dans le cadre d'un stage pratique dans l'usine de fabrication des tubes en acier ALFAPIPE (Unité de Ghardaïa), en collaboration avec le personnel de cette société nous essayons de trouver des solutions afin de traiter ou de recycler les déchets dangereux liquides.

L'objectif principal de notre étude est de traiter les eaux usées de l'usine ALFAPIPE par bio-remédiation.

Notre travail est composé en :

- Le premier chapitre comporte des généralités sur les déchets.
- Deuxième chapitre une présentation de l'Entreprise (ALFAPIPE).
- Le troisième chapitre comporte les résultats et discussions.

Et une conclusion

Chapitre I

Généralité sur les déchets

1 Définition d'un déchet

« Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou, plus généralement, tout objet, bien meuble dont le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer ». (Khouildi et Hamdi, 2017)

2 Les différents déchets générés par les entreprises

Les entreprises génèrent 04 classes de déchets :

2.1 Déchets inertes :

Tous déchets provenant notamment de l'exploitation des carrières, des mines, des travaux de démolition, de construction ou de rénovation, qui ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique lors de leur mise en décharge, et qui ne sont pas contaminés par des substances dangereuses ou autres éléments générateurs de nuisances, susceptibles de nuire à la santé et /ou à l'environnement. bois, fer, acier, gravats. (Khouildi et Hamdi, 2017)

2.2 Déchets ménagers et assimilés :

Tous déchets issus des ménages ainsi que les déchets similaires provenant des activités industrielles, commerciales, artisanales, et autres qui, par leur nature et leur composition sont assimilables aux déchets ménagers. Exemples : Résidus alimentaires, papier, emballage... (Khouildi et Hamdi, 2017)

2.3 Déchets spéciaux :

Tous déchets issus des activités industrielles, agricoles, de soins, de services et toutes autres activités qui en raison de leur nature et de la composition des matières qu'ils contiennent ne peuvent être collectés, transportés et traités dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés et les déchets inertes. Exemples : huiles usagées, batteries, déchets de revêtements, produits chimiques Exemples : huiles usagées, batteries, déchets de revêtements, produits chimiques. (Khouildi et Hamdi, 2017)

2.4 Déchets spéciaux dangereux :

Tous déchets spéciaux qui par leurs constituants ou par les caractéristiques des matières nocives qu'ils contiennent sont susceptibles de nuire à la santé publique et/ou à l'environnement.

3 Nomenclature des déchets selon la réglementation nationale

La nomenclature des déchets, y compris les déchets spéciaux dangereux, est une classification systémique des déchets par :

- L'attribution d'un numéro de code à 3 chiffres structuré comme suit :
 - Le premier chiffre représente la catégorie qui retrace le secteur d'activité ou le procédé dont le déchet est issu,
 - Le second chiffre représente la section qui retrace l'origine ou la nature du déchet appartenant à la catégorie,
 - Le troisième chiffre représente la rubrique qui retrace la désignation du déchet.
- L'identification de la classe des déchets à laquelle appartient le déchet concerné indiquant l'appartenance à la :
 - Classe des déchets ménagers et assimilés (MA).
 - Classe des déchets inertes (I).
 - Classe des déchets spéciaux (S).
 - Classe des déchets spéciaux dangereux (SD).
- L'indication de la dangerosité du déchet spécial dangereux concerné selon les critères fixés à l'annexe I du décret 06-104 fixant la nomenclature des déchets et qui sont résumé dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1 : Critères de dangerosités des déchets spéciaux

Catégorie de danger	Critère de dangerosité
Dangers physico-chimiques	Explosible ; Comburante ; Extrêmement inflammable ; Facilement inflammable ; Inflammable
Dangers pour la santé	Corrosive ; Infectieuse ; Cancérogène ; Mutagène ; Nocive ; Toxique ; Toxique vis-à-vis de la reproduction ; Irritante ;
Danger pour l'environnement	Dangereuse pour l'environnement

4 Classification des déchets :

D'après Hamzaoui (2011) on a 3 classifications :

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

- Déchets solides.
- Déchets liquides.
- Déchets gazeux.

4.2 Selon le mode de traitement et d'élimination :

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

4.2.1 Les déchets inertes : généralement constitués d'éléments minéraux stables ou inertes au sens de leur incompatibilité avec l'environnement et proviennent de certaines activités d'extraction minières ou de déblais de démolition (terres, gravats, sables, stériles, ...etc.) (Hamzaoui, 2011)

4.2.2 Les déchets banaux : cette catégorie regroupe essentiellement des déchets constitués de papiers, plastiques, cartons, bois produit par des activités industrielles ou commerciales et ordures ménagères.

4.2.3 Les déchets spéciaux : Ils peuvent contenir des éléments polluants et sont spécifiquement issus de l'activité industrielles (boues de peintures ou d'hydroxyde métallique, cendre d'incinération...etc.). (Khouildi et Hamdi, 2017)

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 [sulfate de calcium CaSO_4], ainsi que certains déchets provenant des laboratoires de recherches universitaires et hospitaliers...etc.).

4.2.4 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 (polychlorobiphényles), les déchets de C.F.C (chlorofluorocarbures) et mercuriels. (Hamzaoui, 2011)

4.3 Selon le comportement et les effets sur l'environnement :

A ce titre on distingue :

4.3.1 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.

(Remarque : Le caractère inerte des déchets n'est pas absolue car ils peuvent dissimuler d'autres pollutions d'origines diverses ou être eux-mêmes source de danger). (Hamzaoui, 2011)

4.3.2 Les déchets fermentescibles :

Principalement constitués par la matière organique, animale ou végétale à différents stades de fermentation aérobies ou anaérobies.

4.3.3 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.). (Khouildi et Hamdi, 2017)

4.4 Selon leur origine :

Selon Benadir et Fentiz (2013), on classe les déchets selon leurs origines en :

4.4.1 Déchet urbains :

Tous déchets issus des ménages, déchets de commerce et de l'industrie assimilables aux déchets ménagers, déchets encombrants, déchets verts (greffage des arbres, espaces verts), déchet de nettoyage des voies publiques, déchets hospitaliers, la collecte de ces déchets doit être assurée par les collectivités. (Benadir et Fentiz, 2013)

4.4.2 Déchets industriels :

L'ensemble des déchets industriels doivent être éliminés par leurs producteurs industriels, artisans, commerçants, ils sont classés en 04 catégories :

- Déchets industriels banals (DIB) ;
- Déchets industriels spéciaux (DIS) ;
- Déchets inertes ;

- Déchets agricoles : L'activité agricole peut générer 03 types de déchet :
 - Résidus de l'industrie agroalimentaire ;
 - Déchets de cultures ;
 - Déjections animales de l'élevage

4.5 Selon la législation Algérienne :

La loi N 01-19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets arrête les définitions de sept grandes familles de déchets, qui sont :

4.5.1 Déchets ménagers et assimilés :

Tous les déchets issus des ménages ainsi que les déchets similaires provenant des activités industrielles, commerciales, artisanales qui, par leur nature et leur composition sont assimilables aux déchets ménagers. (Khouildi et Hamdi, 2017)

4.5.2 Déchets encombrants :

Tous déchets issus des ménages qui en raison de leur caractère volumineux ne peuvent être collectés dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés comme : Canapés, fauteuils, tables, vieux meubles.

4.5.3 Déchets spéciaux (DS) :

Tous déchets issus des activités industrielles, agricoles, de soins, de services et toute autres activités qui en raison de leur natures et de la composition des matières qu'ils contiennent ne peuvent pas être collectés, transportés et traités dans les même conditions que les déchets ménagers et assimilés et les déchets inertes. (Benadir et Fentiz, 2013)

4.5.4 Déchets spéciaux dangereux (DSD) :

Tous déchets spéciaux qui par constituants ou par les caractéristiques des matières nocives qu'ils contiennent sont susceptibles de nuire à la santé publique et /ou à l'environnement. (Benadir et Fentiz, 2013)

4.5.5 Déchets d'activité de soin :

Tous déchets issus des activités de diagnostic, de suivi et de traitement préventif ou curatif, dans les domaines de la médecine humaine et vétérinaire comme les seringues, milieux de culture, fragments anatomiques, pansements, etc. (Benadir et Fentiz, 2013)

4.5.6 Déchets inertes :

Tous déchets provenant notamment de l'exploitation des carrières, des mines, des travaux de déplétion, de construction ou de rénovation, qui ne subissent aucune modification physique chimique, ou biologique lors de leurs mise en décharge, et qui ne sont pas contaminés par des substances dangereuses ou d'autres éléments générateurs de nuisance, susceptibles de nuire à la santé et /ou à l'environnement. (Benadir et Fentiz, 2013)

4.5.7 Déchets radioactifs :

Ainsi, le décret présidentiel N°05-119 du 11/04 /2005 relatif à la gestion des déchets radioactifs a mis en évidence la notion des déchets radioactifs qui représentent les matières contenant ou contaminée par des radioéléments à des concentrations ou activités supérieures aux limites d'exemption et pour laquelle aucune utilisation n'est prévue. (Benadir et Fentiz, 2013)

5 Impact des déchets :

Selon CUW (2008) ; les impacts des déchets sont observés :

5.1 Sur l'environnement :

L'élimination inconsidérée des déchets a pour conséquence la contamination de l'air, de l'eau et du sol.

Les stratégies de gestion des déchets, y compris l'incinération et les décharges, peuvent émettre des gaz à effet de serre et des produits chimiques toxiques qui sont relâchés dans l'atmosphère, le sol et les cours d'eau.

D'autres types de déchets peuvent prendre des années à se décomposer et viennent s'ajouter à l'accumulation des matières et produits chimiques non naturels dans l'environnement.

Les déchets organiques et d'origine animale qui ne sont pas éliminés de façon judicieuse peuvent polluer les cours d'eau résultant dans la contamination de l'eau potable, la prolifération algale et causant des dégâts à la flore et à la vie animale. (Benadir et Fentiz, 2013)

5.2 Sur la santé :

Les conditions écologiques qui se détériorent sont une des causes principales des problèmes de santé et de mauvaise qualité de vie des gens.

Les déchets organiques jetés par terre et laissés à pourrir dans les rues sont une sérieuse menace à la santé car ils attirent les rats et autres porteurs de maladies.

Des cours d'eau pollués rendent les communautés vulnérables aux maladies hydriques.

La contamination des sols peut réduire leur viabilité pour les besoins de la production alimentaire.

Les substances toxiques rejetées dans l'atmosphère contribuent à la pollution de l'air et à l'incidence accrue des maladies respiratoires chez les gens, en particulier dans les zones urbaines.

De plus, les objets tels que le verre peuvent présenter un danger à la sécurité tout autant des gens que des animaux. (Benadir et Fentiz, 2013)

5.3 Sur l'économie :

De mauvaises conditions écologiques peuvent affecter l'économie de plusieurs façons, y compris une diminution de la production alimentaire, une mauvaise santé humaine et animale et la réduction du potentiel touristique. (Benadir et Fentiz, 2013)

L'utilisation incompétente des ressources affecte l'efficacité économique et la capacité de produire les denrées alimentaires et de consommation courante nécessaires aux besoins des populations croissantes.

6 Les déchets industriels :

Selon Louai (2009) les déchets d'origine industrielle sont quantifiés par secteur industriel comme suit :

Sidérurgie, industrie agroalimentaire, extraction et façonnage de produits de carrière, industrie du ciment, industrie du verre, industrie du céramique ; industrie du textile, tapis et habillement ; métallurgie et travail de l'acier ; industrie chimique de base, industrie pharmaceutique, industrie du caoutchouc et autre secteurs. (Benadir et Fentiz, 2013)

Alors ils sont de nature très variée et peuvent être subdivisés en trois classes, cette classification a été effectuée en fonction de l'impact des déchets sur l'environnement.

6.1 Les déchets inertes :

Les déchets inertes sont des solides minéraux qui ne subissent aucune transformation physique, chimique ou biologique importante lors de leur mise en décharge et qui ne sont pas contaminés par des substances dangereuses ou autres éléments générateurs de nuisances, susceptibles de nuire à la santé et à l'environnement.

Alors les déchets inertes sont des résidus de constructions et destructions qu'ils proviennent des chantiers du bâtiment et des travaux publics, mais aussi des mines et des carrières comme : pavés, sables, gravats, tuiles, béton, ciment, carrelage, etc.

6.2 Les déchets non dangereux ou déchets industriels banals (DIB) :

Les déchets non dangereux (DND) étaient anciennement appelés déchets industriels banals, ils sont des déchets qui regroupent les déchets non inertes et non dangereux et qui ne présentent aucune des caractéristiques relatives à la dangerosité (toxique, explosif, corrosif).

Les déchets non dangereux sont aussi appelés déchets assimilés aux déchets ménagers qui sont les déchets produits par les ménages, les commerçants, les artisans, et même les entreprises, industries et activités de service quand ils ne présentent pas de caractère dangereux ou polluant. (Benadir et Fentiz, 2013)

Il s'agit notamment des déchets d'emballages non souillés (papiers, cartons, matières plastiques, bois, textiles, ...), des produits et équipements arrivés en fin de vie (matériel électrique et électronique, équipements automobiles, ...), des loupés et chutes de fabrication (plastiques, matières organiques, ...), des déchets de restauration, des déchets de bureaux, des résidus de nettoyage, d'entretien, Les déchets issus de métaux ferreux et non ferreux (ferraille), les déchets issus du verre, Les déchets associant plusieurs matériaux de natures différentes. (Benadir et Fentiz, 2013)

Ces ordures sont produites principalement des complexes résidentiels et commerciaux et elles sont souvent déposées dans des endroits différents connus spécialement.

Cependant, avec l'urbanisation et le changement du style de vie et les habitudes de nourriture, la quantité de ces déchets solides avait augmenté rapidement et sans changer de composition.

6.3 Déchets industriels dangereux ou spéciaux (DIS) :

Les déchets sont considérés comme dangereux s'ils présentent une ou plusieurs des propriétés dangereuses comme, risques d'incendie ou d'explosion, comburant, inflammable, irritant, nocif, toxique, corrosif, infectieux, toxique pour la reproduction, toxicité chimique ou biologique, radioactivité, etc.

7 Impact des déchets industriels :

Selon Lembrouk (2012) le développement considérable des activités industrielles est la cause d'un accroissement important des pollutions et des nuisances suite aux sous-produits organiques et inorganiques des activités humaines.

Ces derniers existent depuis des siècles, mais leur nocivité s'est exercée à cause de leur excès qui dépasse les capacités de destruction et de recyclage des organismes décomposeurs présents dans tout écosystème.

En Algérie, le terme pollution fait penser surtout à la pollution industrielle telle que l'industrie électronique, par exemple, qui utilise de nombreux produits chimiques dangereux tout en rejetant une quantité considérable de solvants, de produits chimiques de nettoyage et d'autres mélanges dont les risques et la toxicité sur l'environnement et la santé des populations sont très élevés. (Khouildi et Hamdi, 2017)

Nos installations industrielles des années 70 n'ont pas fait l'objet d'une étude d'impact, d'une étude de danger ni d'une simple enquête publique.

Aussi, le concept de développement durable était encore inconnu comme on ignorait le concept HSE, ce qui a engendré un niveau élevé de pollution et une consommation excessive des ressources naturelles. (Lembrouk, 2012)

De nombreuses unités industrielles n'étaient pas dotées d'équipement anti-pollution, sauf de rares stations d'épuration acquises à ce moment, avérées au fil du temps inopérantes.

A cette époque les technologies polluantes ont été installées sur les terres agricoles les plus fertiles et les nappes d'eau. (Khouildi et Hamdi, 2017)

Actuellement, malgré l'évolution de l'industrie chez nous, il y a une prise de conscience importante par rapport aux années précédentes.

Selon SEI (2006) Tous les secteurs de l'industrie, toutes les activités commerciales laissent une empreinte sur l'environnement du fait qu'ils utilisent de l'énergie ou des matières premières, produisent des déchets ou des effluents que l'on retrouve ensuite dans le milieu naturel.

De tels impacts peuvent survenir au niveau local, transfrontalier ou mondial et comporter des implications pour la santé. (SEI, 2006)

Ils varient selon les phases du cycle de vie d'un produit et en fonction des matières premières utilisées, de la conception du produit, de la technologie et des recherches appliquées lors de sa fabrication, des processus de transformation et de fabrication utilisés, du type de bien créé, de l'emballage du produit, de son mode de distribution aux consommateurs et, enfin, de son sort final – il peut être éliminé, réutilisé ou recyclé. (SEI, 2006)

Selon CCE (2004) La pollution et les déchets industriels représentent une menace potentielle pour la santé des êtres humains et de l'environnement s'ils ne sont pas gérés adéquatement.

Les préoccupations vont des effets toxiques sur le fœtus et l'enfant aux effets sur la santé de l'exposition à de faibles concentrations de plusieurs polluants, et à la dégradation des habitats et des écosystèmes. (CCE, 2004)

Ces préoccupations ne se limitent pas aux frontières nationales, parce que certains polluants peuvent parcourir de grandes distances, et que les déchets sont expédiés par-delà les frontières en vue d'être recyclés et éliminés.

Les chercheurs ont défini des «fenêtres de vulnérabilité» durant le développement du fœtus et de l'enfant ; il s'agit de périodes durant lesquelles l'exposition à des substances toxiques peut avoir des effets particulièrement dévastateurs.

Même s'ils ont toujours étudié de plus près les effets connus sur la santé, par exemple les cas de cancer, les scientifiques s'inquiètent de plus en plus à propos des effets plus sournois de l'exposition à de faibles concentrations de substances toxiques, par exemple une défaillance du système endocrinien ou des fonctions neurologiques. (CCE, 2004)

Chapitre II
Présentation de l'Entreprise
(ALFAPIPE)

1 Historique :

L'Algérienne de Fabrication de Pipe « ALFAPIPE » est spécialisée dans la production des tubes à gros diamètres destinés au transport des hydrocarbures (gaz et pétrole) ainsi qu'au transfert d'eau des barrages.

ALFAPIPE fut créée en 2006 suite à la fusion entre l'EPE-Spa ALFATUS, filiale du Groupe SIDER en activité depuis 1969 et l'EPE-Spa PIPEGAZ, filiale du Groupe ANABIB en production depuis 1977. Elle est rattachée depuis janvier 2016 au Groupe IMETAL. (Djebrit, 2015)

L'unité ALFAPIPE Ghardaïa est implantée dans la zone industrielle de Bounoura, à 10 km du chef-lieu de la wilaya de Ghardaïa, en production depuis 1977. Sa superficie est de 230 000 m² et son effectif s'élève en moyenne à 850 employés.

Sa spécialité est la fabrication de tubes en acier soudés en spirale revêtus extérieurement en Polyéthylène tri-couches et intérieurement en peinture époxydique (gaz ou alimentaire) selon les normes internationales de différents diamètres et épaisseurs, adéquats à différents buts d'utilisation :

- La construction des pipelines (gazoducs et oléoducs).
- Les grands transferts d'eau entre les barrages et les agglomérations.
- Les activités des travaux publics. (Djebrit, 2015)

2 . Caractéristiques :

La société ALFAPIPE Ghardaïa est certifiée ISO 9001 Version 2015, API Q1 et API Spec. 5L depuis 2001, gage d'un produit de qualité répondant aux normes internationales. Laboratoire d'ALFAPIPE est accrédité ISO CEI 17025 version 2005 depuis juillet 2018 par ALGERAC (Traction, résilience, pliage et analyse chimique). (Djebrit, 2015)

Les projets de fourniture de plus de 6.000 Km de tubes hydrocarbures (Oléoduc et Gazoduc) et plus de 1.000 Km de tubes fournis aux différents grands projets de transfert d'eau ont été réalisés depuis le démarrage de la production en 1977 par une chaîne de production de 04 lignes de production avec une capacité annuelle d'environ 100.000 tonnes/an (Soit une) selon leurs caractéristiques suivantes :

Diamètres : de 20'' (508mm) à 64'' (1.625mm)

Epaisseurs : 7.92 mm à 14.30 mm

Nuance d'acier : X 42 – X 52 – X 60 – X 70 – X 80 (psl1, psl2)

Longueur du tube : de 7 à 14 mètres



Figure 1: Tubes en acier. (ALFAPIPE, 2015)

2.1 Organisation :

Nom et prénom du promoteur ou raison sociale : SPA ALFAPIPE – UNITE de GHARDAIA, **Superficie :** 240.000m² (24 hectares).

- **Adresse du siège social :** Gue du Constantine, Route De Baraki Alger.
- **Adresse :** B.P 78 – Zone industrielle de BOUNOURA. Wilaya de GHARDAIA.
- **Effectif :** 850 Personnes.
- **Activité :** Fabrication des tubes en acier soudés en spirale
- **Contiguïté :** L'entreprise SPA ALFAPIPE, entreprise de fabrication des tubes en acier soudés en spirale est délimitée par :
 - Au Nord : RN 01
 - A l'Est : Unité ENAC
 - Au Sud-ouest : Chaabat Ennakhla - A l'Ouest : Unité PLASTUBE.
 - Latitude 32° 16' 17'' N
 - Longitude 03° 42' 18'' E

2.2 Localisation :

ALFAPIPE (Algérienne de Fabrication des Pipes) :

C'est une entreprise nationale située à la zone industrielle de Bounoura (Ghardaïa) à 10km de la Wilaya. La photo suivante présente la localisation de cette entreprise :

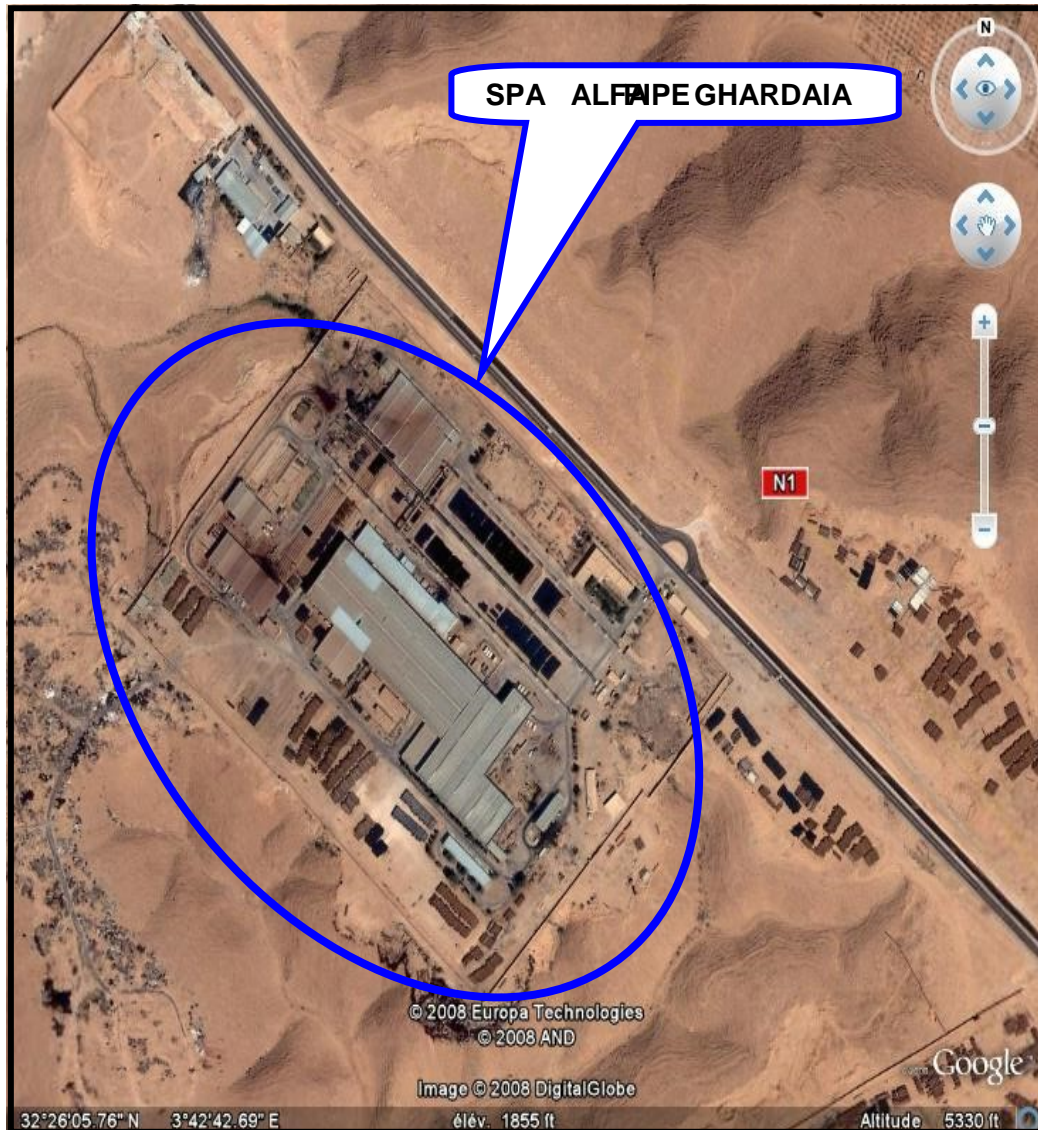


Figure 2 : Localisation de l'Entreprise ALFAPIPE

2.3 Les différents équipements et installations :

La fabrication des tubes en spirale nécessite des employés à haute qualification et des grands équipements, donc ALFAPIPE contient les machines suivantes :

- Les machines de préparation des bobines
- Quatre machines à souder
- Deux installations de nettoyage de tubes (Djebrit, 2015)

- Deux zones de reprise de soudure
- Dispositif d'oxycoupage
- Contrôle radioscopique et radiographiques
- Installation de chanfreinage
- Banc d'essai hydrostatique
- Installation de revêtement extérieur
- Installation d'enrobage intérieur
- Des convoyeurs qui assurent les déplacements des tubes entre les différentes machines
- Des pontes roulantes pour différentes poids 15T ,34T

* En plus des équipements on trouve des différents ateliers et des laboratoires pour vérifier la qualité des produits et pour fournir les pièces de rechange pour les différentes machines :

- Atelier d'usinage
- Atelier chaudronnerie
- Atelier électrique
- Laboratoire mécanique
- Laboratoire électronique
- Laboratoire chimique.

2.4 Procédé de fabrication :

- Le tube soudé en spirale :

Le tube soudé en spirale est obtenu à partir d'un formage d'une bobine d'acier, conformément à la norme API 5L. La soudure des bords est effectuée automatiquement à l'arc immergé sous flux, l'une à l'intérieur et l'autre à l'extérieur.

La TUBERIE spirale dispose de quatre (04) machines à soudes identiques, qui permettent la réalisation de plusieurs opérations pour la fabrication du tube. (Djebrit, 2015)

La machine à souder en spirale sert à fabriquer des tubes à partir des bobines de différent largeur et épaisseurs dévidés des bobines. Ces bandes sont roulées en hélice et sont ensuite soudées selon le procédé de soudure en flux.

Ces éléments essentiels sont constitués par :

- Préparation de bobine.
- Formage de tube.

- Sortie de tube.

2.4.1 Machine à souder en spirale :

La machine à souder en spirale sert à fabriquer des tubes à partir des bandes de différentes largeurs et épaisseurs dévidés des bobines. Ces bandes sont roulées en hélice et sont ensuite soudées intérieurement et extérieurement selon le procédé de soudure en flux. (Djebrit, 2015)

2.4.2 Nettoyage des tubes :

Chaque tube sortant de la machine à souder doit être entré dans une chaîne de contrôles pour assurer la qualité de soudure et éviter les problèmes dans les autres étapes de fabrication.

2.4.3 Nouvelle ligne de production :

Dans le cadre de son plan de développement, et pour augmenter sa capacité de production et satisfaire les besoins du marché en tubes forte épaisseur, ALFAPIPE Tuberie de Ghardaïa a fait l'acquisition d'une nouvelle ligne de production d'une technologie récente:

- Capacité de production supplémentaire de 110 000 tonnes/an
- Système de contrôle de soudure et métal de base par ultrason sur machine (Online)
- Diamètre pipe de 20'' à 80''
- Épaisseur de 6.35mm à 25.4mm
- Nuance Jusqu'à X100
- Longueur de tubes de 6.0 m à 18.0 m

2.5 Contrôle Qualité :

La matière première (acier) et les tubes sont soumis à différents contrôles répartis en deux types :

2.5.1 Les contrôles non destructifs :

- Le contrôle dimensionnel des tubes (diamètre, longueur, épaisseur, et la géométrie de la soudure)
- Le contrôle aux ultrasons du cordon de soudure.
- Le contrôle de la soudure par radiographie et radioscopie.
- Le contrôle hydrostatique.

2.5.2 Les contrôles destructifs :

- Les essais de traction, de pliage, de dureté, de résilience et de DWTT sont effectués sur des éprouvettes prélevées sur la bobine et sur le tube. Ces essais sont effectués selon la norme API 5L.
- Les essais chimiques pour déterminer les taux d'alliage en carbone, soufre, phosphore, silicium, manganèse, niobium, vanadium, titane, ... etc.

2.6 Contrôle visuel :

Le but est de contrôler visuellement la qualité de soudure intérieur et extérieur par des agents professionnelles. S'il existe un défaut le tube sera réparé avant de continuer la fabrication.



Figure 3 : Contrôle visuel de la qualité des tubes

2.7 Radioscopie :

Le tube fabriqué est nettoyé, en cas de défaut est mis en examen par la radioscopie. La radioscopie est une installation très sophistiquée disposant d'un générateur de rayons X porté par un long bras de fer. Le tube entrant dans ce bras tourne hélicoïdalement.

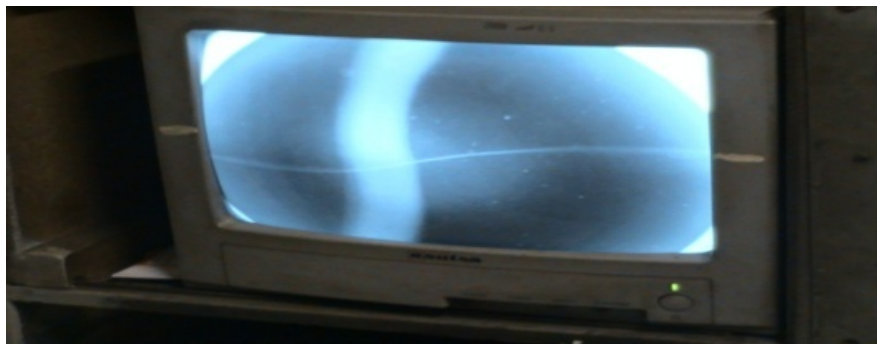


Figure 4 : Contrôle de la qualité des tubes par radioscopie

2.8 Installation hydrostatique :

Chaque tube est soumis à une épreuve hydraulique, le tube est bloqué entre deux têtes remplis d'eau et soumis à l'aide de pompe haute pression à la pression prescrite, qui correspond à une sollicitation qui voisine la limite élastique. La pression dans sur les tubes nécessaire à l'étanchéité des extrémités de tube est maintenue pendant un temps fixé. (Djebrit, 2015)

2.9 Chanfreinage :

Les extrémités des tubes sont chanfreinées afin de permettre un raccordement cohérent et efficace entre deux tubes adjacents (chantier de canalisation).

Pour le chan freinage, le tube est fixé par ses deux bouts, et à l'aide de deux machines tournant disposant d'outils spéciaux usinent, les circonférences des deux extrémités de tube.

2.10 Examen ultra-sons :

La surveillance interne de la qualité de la soudure spirale a lieu immédiatement après le soudage à l'aide d'installation automatique. Ils existent deux examens aux ultra-sons, l'un est fait pour le contrôle de la soudure, l'autre est fait pour le contrôle et la détection des dédoubleurs.

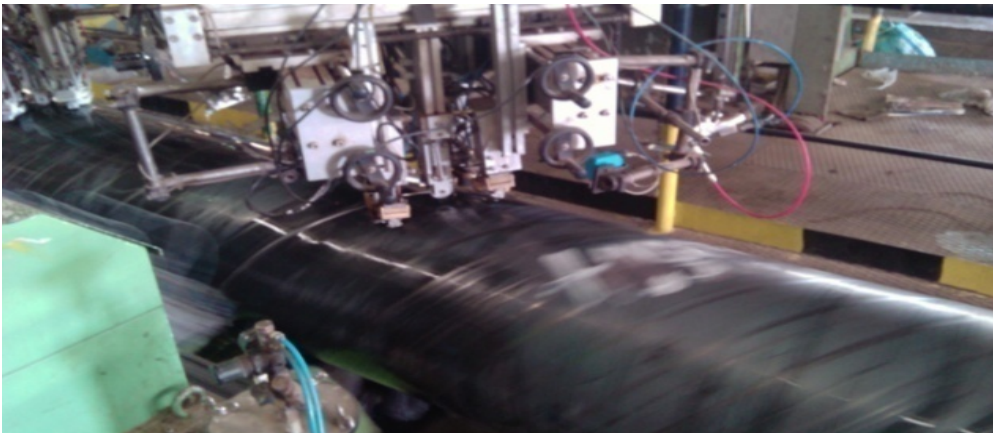


Figure 5 : Contrôle de la qualité de soudage par ultra-sons

2.11 Contrôle radiographique :

Le contrôle radiographique se fait dans l'installation de rayon X. C'est un appareil à rayon X qui photographie les points de réparation. Ce- ci pour détecter les éventuels défauts rencontrés lors de l'essai hydraulique

2.12 Le revêtement des tubes :**2.12.1 Grenailage de tubes:**

Cette fonction permet un nettoyage poussé des tubes c'est une projection de grenailage métallique sur le tube.

2.12.2 Procédé de revêtement de tubes :

Le revêtement de tubes extérieurement faite par le polyéthylène et intérieurement par la peinture

- Le revêtement intérieur en époxy gaz s'applique sur les tubes destinés au transport des hydrocarbures.
- Le revêtement intérieur en époxy alimentaire s'applique sur les tubes destinés au transport d'eau potable brute et industrielle.
- Le revêtement extérieur en polyéthylène tri-couche s'applique sur les tubes destinés au :
- Canalisations enterrées ou posées en surface.
- Canalisations immergées en eau douce ou salée.

Les tubes subissent plusieurs tests dont le contrôle visuel, de non porosité électrique, d'adhérence et de résistance aux chocs etc.

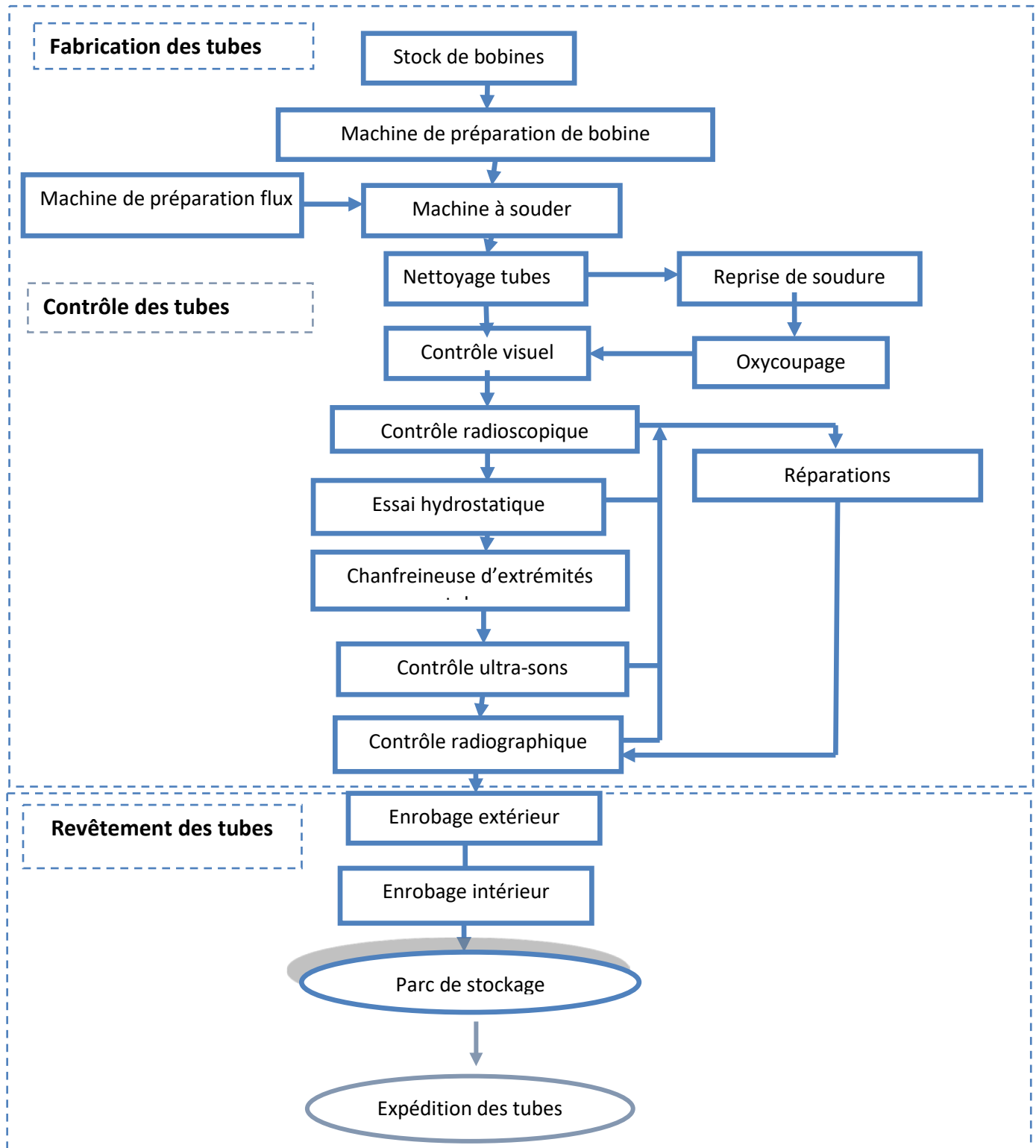


Figure 6 : Schéma synoptique du procédé de fabrication

Chapitre III

Matériel et méthodes

1 Prélèvement des échantillons

Un échantillon de l'eau est prélevé (environ 2L) à une profondeur de 20 cm du réservoir de stockage des effluents liquides dangereux au niveau de l'Entreprise ALFAPIPE, Ghardaïa. Les échantillons sont conservés dans des flacons stériles à température ambiante.

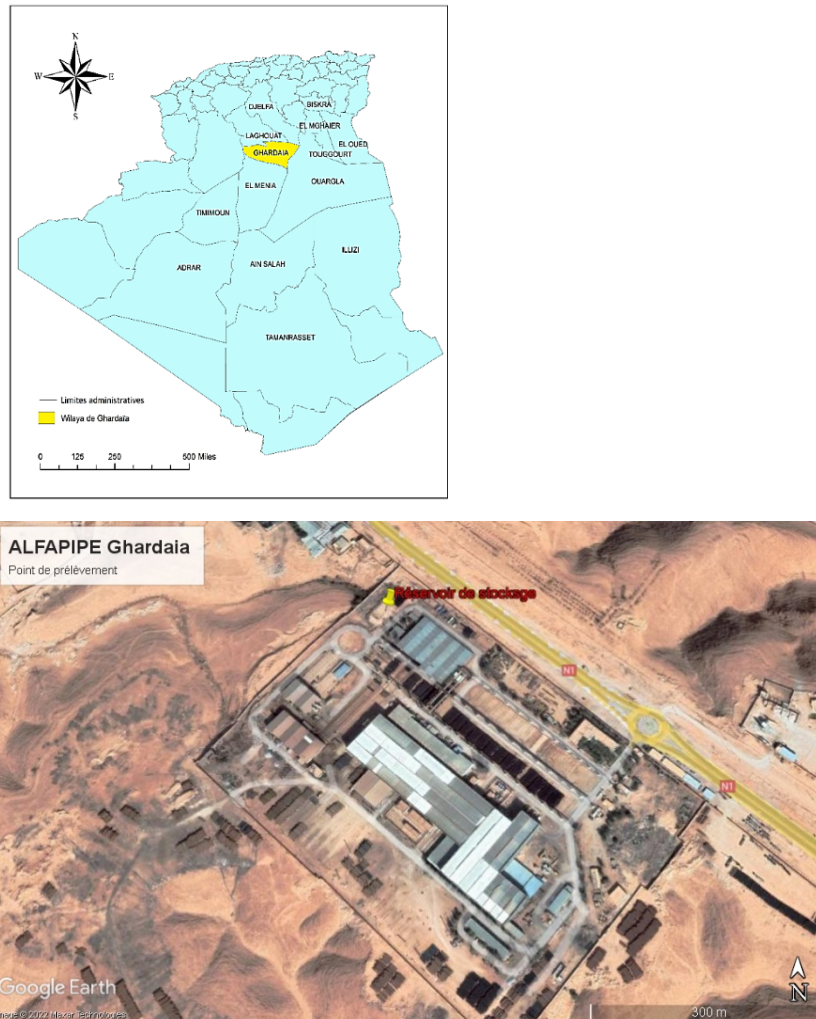


Figure 7 : Situation de réservoir de stockage des eaux usées au niveau de l'Entreprise ALFAPIPE Ghardaïa

2 Analyse physico-chimique

Les résultats des analyses physicochimiques (2018/2022) sont fournis par le service HSE de l'Entreprise ALFAPIPE (Ghardaïa) spécialisée dans la production des tubes en acier à gros diamètres destinés au transport des hydrocarbures (gaz et pétrole) ainsi qu'au transfert d'eau des barrages.

Les analyses des rejets des effluents dangereux liquides stockés aux niveaux de l'usine résultant du processus de fabrication (refroidissement des tubes). Ces résultats ont été réalisés par la station de surveillance de Ouargla (ONNED).

Les analyses physicochimiques des échantillons avant et après traitements par bio-remédiation sont réalisées par la même station selon les techniques décrits dans le tableau N°2 contient dans les bulletins d'analyse comparer avec les valeurs limites données par la norme algérienne relatif aux rejets d'effluents liquides industriels (Decret exécutif n°06/141 du 19 Avril 06) (Annexe 2):

Tableau 2:Techniques d'analyses physico-chimiques

Paramètres	Unités	Valeurs limites	Méthodes
Matières en suspension (MES)	mg/l	35	ISO 11923 :1997
Azote kjedahl (NK)	mg/l	30	ISO 5669 :1984
Phosphore total	mg/l	10	ISO 6878 : 2004
DBO₅	mg/l	35	OXI mètre
DCO	mg/l	120	ISO 6060 :1989
Indice de phénol	mg/l	0.10	ISO 6439 :1994
Huiles et Graisse (HG)	mg/l	20	Méthodes Rodier
Hydrocarbure totaux	mg/l	10	ASTM D 1664 A
Aluminium	mg/l	3	ISO 120120 :1997
Cadmium	mg/l	0.2	ISO 8288 : 1986
Chrome Total		05	
Cuivre Total		05	
Cobalt	mg/l	0.01	ISO 5666 : 1999
Nickel total	mg/l	0.5	ISO 8288 : 1986
Plomb		0.5	
Zinc total		3	
Manganese		1	
Fer	mg/l	3	FD T90-112

3 Préparation de la solution mère

Pour préparer la solution mère on prend 1 ml de l'échantillon introduit dans un tube à essai contenant 9 ml de l'eau distillée stérile.

Le tube est ensuite agité pendant 2 minutes en vortex. (Fig.08)

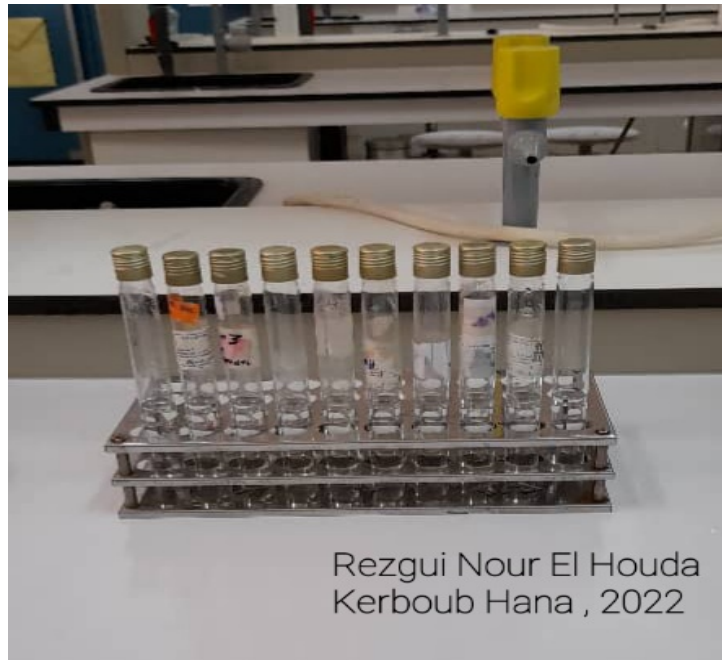


Figure 8 : Préparation de la solution mère en laboratoire de microbiologie à l'université de Ghardaïa.

4 Préparation des dilutions

Après la préparation de la solution mère, une série des dilutions variante de 10^{-1} à 10^{-7} a été préparée ; tout d'abord 1ml de la dilution 10^{-1} a été prélevé et mis à l'aide d'une micropipette dans un tube contenant 9 ml d'eau stérile (dilution 10^{-2}) en suite 1ml de la dilution 10^{-2} a été prélevé et mis dans un autre tube contenant 9 ml d'eau stérile (dilution 10^{-3}) et ainsi de suite jusqu'à la dilution 10^{-7} . Pour chaque dilution il y a une agitation de tube par vortex.

5 Culture des bactéries

Dans cette étape nous avons coulé le milieu G.N dans des boites de Pétri (14 boites). Après solidification du milieu un volume de 100 μ l de chaque dilution a été pris et étalé à l'aide d'un étaioire dans une boite de Pétri. L'opération est répétée 2 fois. Les boites de pétri sont après mises dans l'étuve à 30 °C pendant 24 h (Fig.09)

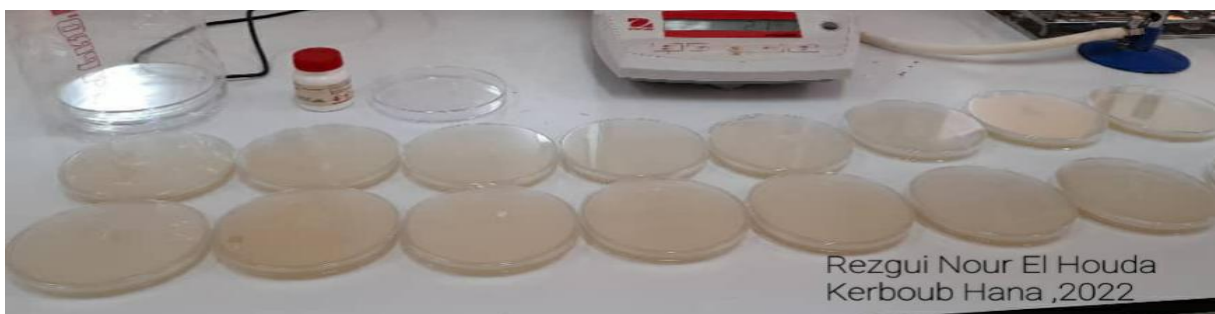


Figure 9 : milieu de culture G.N

Il est important de faire une bonne purification pour isoler un micro-organisme pur. Ceci est atteint par repiquages d'une colonie, répétés sur gélose nutritive par la méthode d'ensemencement par strie. L'opération de purification est renouvelée à deux reprises en prenant chaque fois une colonie bien isolée sur gélose. Ceci conduit à l'obtention d'une culture pure vérifiée par observation macroscopique et microscopique.

6 Conservation des souches purifiées

Une colonie est prélevée de la souche pure trouvée dans la boîte de pétri à l'aide de lance platine et ensemencée dans des tubes inclinés de gélose nutritive puis conservée à 4°C.

7 Isolement

Pour isoler les souches susceptibles à dégrader le huile, on ensemence des tubes à essai contenant chacun 5 ml du milieu Bushnell Haas Broth (Fig.10) préalablement autoclavé puis additionné à raison 2 % (0.1ml) du huile est filtré par micro filtre de 0.22um. On ajoute l'inoculum à l'aide d'une anse de platine à partir de la boîte de pétri contenant la souche bactérienne pure, on ferme les tubes puis on les incube à une température de 30°C, sous agitation de 140 rpm pendant 24 heures. Après incubation, on examine les tubes pour la présence ou l'absence de turbidité dans chaque culture. On note les observations sur l'apparence du milieux, claire ou trouble (Fig.11)(Cappuccino et Welsh, 2017).



Figure 10 : Préparation du milieu Bushnell Haas

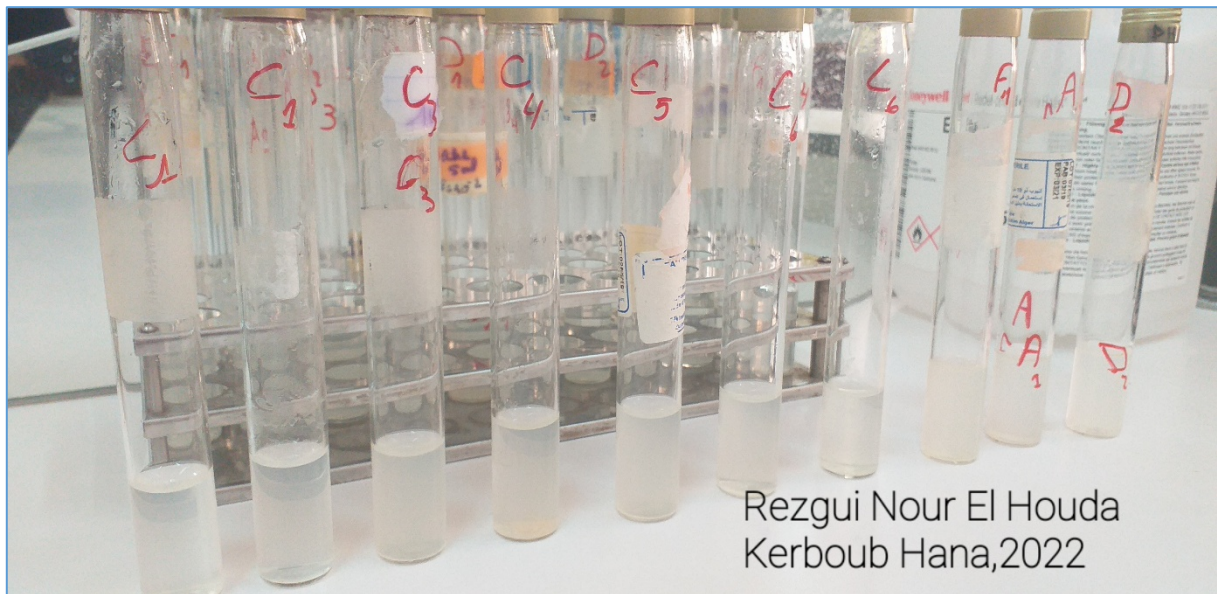


Figure 11 : Résultats après l'incubation

8 Identification des souches isolées

Les souches isolées sont identifiées par des études morphologique et biochimique.

8.1 Etude morphologique

8.1.1 Etude macromorphologique

L'observation de l'aspect macroscopique des colonies permet d'effectuer une Première caractérisation, avec une orientation possible des résultats au cours de l'identification. D'après (Singleton, 1999), les éléments d'identifications macroscopiques sont:

- La forme des colonies : rondes, irrégulières,...etc.
- La taille des colonies par la mesure du diamètre.
- La Chromo genèse: couleur de la colonie.
- L'élévation: convexe, concave, plate.
- L'opacité: opaque, translucide ou transparente.
- La surface: lisse, rugueuse, sèche, dentelée,...etc.

8.1.2 Etude micro morphologique

Il servira à rechercher les micro-organismes, à étudier la morphologie, à voir des spores, des capsules, à noter l'existence et le type de la mobilité

8.1.2.1 Coloration de GRAM

Coloration de GRAM est une double coloration qui nous permet de connaître la forme, l'arrangement, la pureté ainsi que la nature biochimique de la paroi des cellules purifiées. Cette coloration permet de classer les bactéries selon leur capacité à fixer le cristal violet qui apparait dans la photo au-dessus (Fig.12). Celles qui possèdent une couche de peptidoglycane mince sont décolorées lors du lavage à l'éthanol (GRAM-), alors que celles qui possèdent une couche de peptidoglycane épaisse vont retenir le colorant (GRAM+). La consistance et la valeur de la coloration de Gram correspond à des différences biochimiques entre la paroi des bactéries Gram positif et les bactéries Gram négatif (Marchal et Bourdon, 1982).



Figure 12 : Réactifs et colorants de la coloration de GRAM

8.1.2.1.1 Réalisation de la coloration :

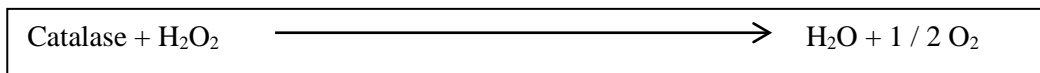
1. Coloration primaire : Coloration par cristal violet. Laisser agir de 30 secondes à 1 minute. Rincer à l'eau distillée
2. Etaler le Lugol et laisser agir 30 secondes ; Rincer à l'eau distillée.
3. Décoloration à l'éthanol : verser goutte à goutte l'éthanol sur la lame inclinée obliquement, et surveiller la décoloration (30 secondes). Rincer sous un filet d'eau distillée.

4. Contre-coloration à la fuchsine. Laisser agir de 10 secondes à 20 secondes. Laver doucement à l'eau distillée. Sécher la lame.

8.2 Etude biochimique

8.2.1 Teste de catalase

La catalase est une enzyme ayant la propriété de décomposer le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) avec dégagement d'oxygène selon la réaction suivante :



Sur une lame et à l'aide d'une pipette Pasteur, on dépose une colonie bactérienne à laquelle on ajoute de l'eau oxygénée (à 10 volumes). La présence d'une catalase est révélée par l'apparition immédiate de bulles de gaz qui correspond à l'oxygène dégagé (Tortora *et al.*, 2003).

8.2.2 Teste d'oxydase

Ce test permet la détection de la phénylène-diamine-oxydase ou le cytochrome oxydase; enzyme entrant dans divers couples d'oxydoréduction. Agissant sur un substrat incolore, cet enzyme entraîne la formation d'une semi-quinone rouge. Cette dernière, très instable, s'oxyde rapidement pour donner un composé noirâtre. Pour réaliser ce test, un disque d'oxydase contenant de l'oxalate Ndimethylparanitrophénylène-diamine, qui aura été préalablement imbibé d'une goutte d'eau distillée stérile est déposé sur une lame et mis en contact avec une colonie bactérienne fraîchement cultivée. L'apparition d'une coloration violette immédiatement indique que le test est positif (Singleton, 1999).

9 Préculture

Dans un tube à essai contenant 5 ml du milieu Bushnell Haas Broth et le Huile (à 2% du volume de milieu) et en fais l'ensemencement d'une colonie est prélevée à partir d'un milieu gélosé. Le tube ensuite est incubé à 30°C pendant 24h sous agitation rotative (140rpm).

10 Culture

La méthodologie utilisée pour évaluer la croissance bactérienne consiste à réaliser des cultures en milieu Bushnell Haas Broth liquide, et utiliser le Huile comme seul source de carbone (à 2% du volume de milieu). Dans des Erlenmeyer de 250 ml contenant 45 ml de milieu

Bushnell Haas Broth liquide ont étéensemencés par 5 ml de Préculture de chaque souche sélectionnée. Les erlenmeyers sont ensuite incubés à 30°C sous agitation de 140 rpm pendant cinq jours.

Chapitre VI

Résultats et

Discussion

1 Analyses physico-chimiques des déchets liquides générée par l'unité ALFAPIPE

1.1 Température

La température constitue une caractéristique physique importante. Elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau et des mélanges éventuels. Les résultats ont aussi montré que les températures sont variables d'une année à une autre. Cette variation est due à la période d'analyses et à la température de la région. Les mesures oscillent entre 24,2 et 26,7 °C correspondant aux normes de températures, dans les eaux de rejets, régies par la législation Algérienne

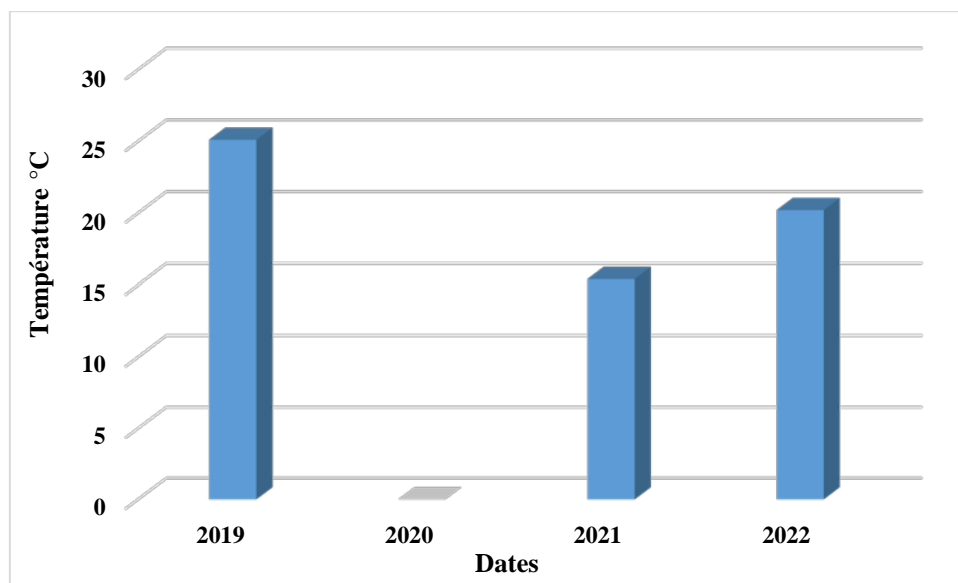


Figure 13 : Variation de la température des déchets liquides générée par l'unité ALFAPIPE

1.2 Potentiel Hydrique (pH)

Le potentiel d'hydrogène d'une eau représente son acidité ou son alcalinité. Les résultats enregistrés montrent que le pH des eaux usées générée durant le process de la fabrication des tubes est légèrement basique durant la campagne d'analyse de l'année 2019 (7.92) et l'année 2022 (7.09). Par conséquent ces eaux ont des valeurs de pH qui concordent à la norme de rejets des eaux usées (6.5-8.5). Elles permettent aussi un développement normal de la faune et de la flore qui exige des valeurs de pH comprises entre 5 et 9 (Blinda, 2007). (Fig.14)

Selon les bulletins d'analyses fournis par le Service HSE, Les valeurs de pH les eaux usées de l'usine ALFAPIPE, montre que toutes les valeurs mesurées durant les 4 ans sont dans les normes selon la grille donnée par le décret exécutif n°06/141/ du 19 avril 06. Ou nous avons enregistré une valeur maximale de 7.9 lors de la première année (2019). Le manque des données

de l'année de 2020 due principalement à l'arrêt de l'usine pendant la période de la pandémie covi-19. Les résultats enregistrés en 2021 et 2022 dépassent légèrement la limite inférieure de la norme. (Fig.14)

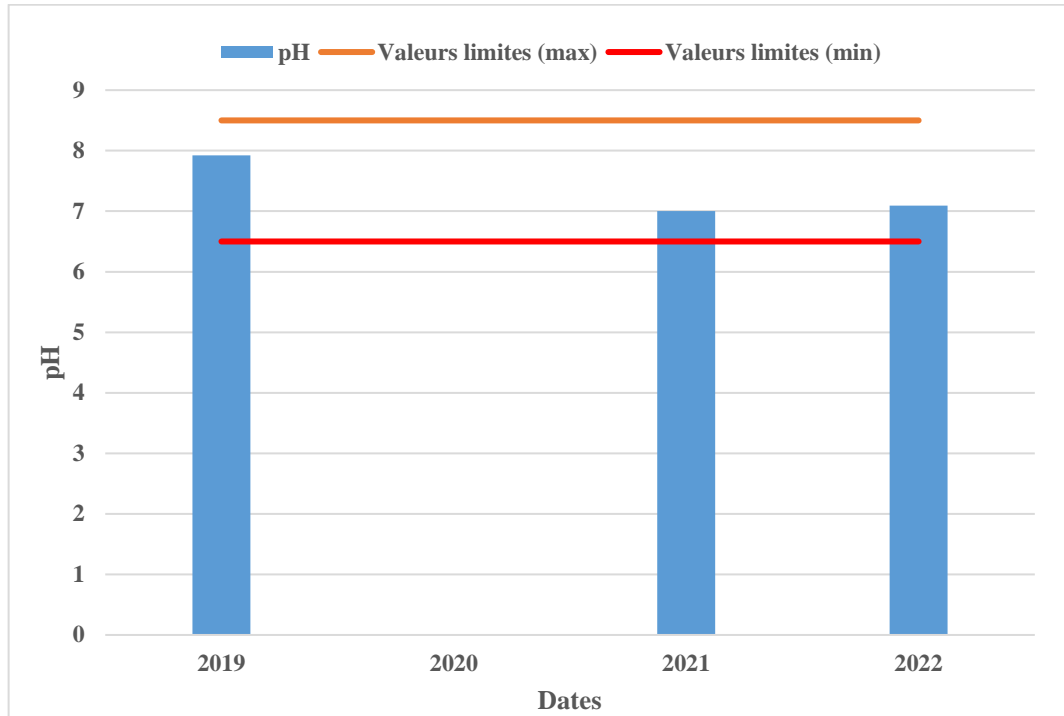


Figure 14 : Variation du pH des déchets liquides générée par l'unité ALFAPIPE

1.3 Matières en Suspension (MES)

La matière en suspension est l'ensemble des particules minérales et (ou) organiques présentes dans une eau naturelle ou polluée. (Bakiri, 2007) ont un impact direct sur le milieu par l'augmentation de la turbidité. De plus, la fraction organique de ces matières en suspension constitue un support parfait pour la pollution chimique et surtout microbiologique. Ces éléments vont être incorporés aux sédiments et pourront être rendus de nouveau disponibles lors de remises en suspension de la phase sédimentaire. (Sadowski, 2002).

Le graphique des résultats au-dessous (Fig.15) montre une variation plus ou moins grande dans les valeurs annuelles de la matière en suspension mesurées, nous avons constaté que la valeur maximale est enregistrée lors de l'année 2021 (58mg/l) et la valeur minimale est pendant l'année 2022 avec 09 mg/l.

Selon la grille des normes algérienne (décret exécutif n°06/141/du19avril06) les valeurs de la matière en suspension mesurées durant les années 2019 et 2021 sont dans les normes alors

que les valeurs enregistrées durant l'année 2021 dépassent largement les valeurs limites donnée par la loi algérienne.

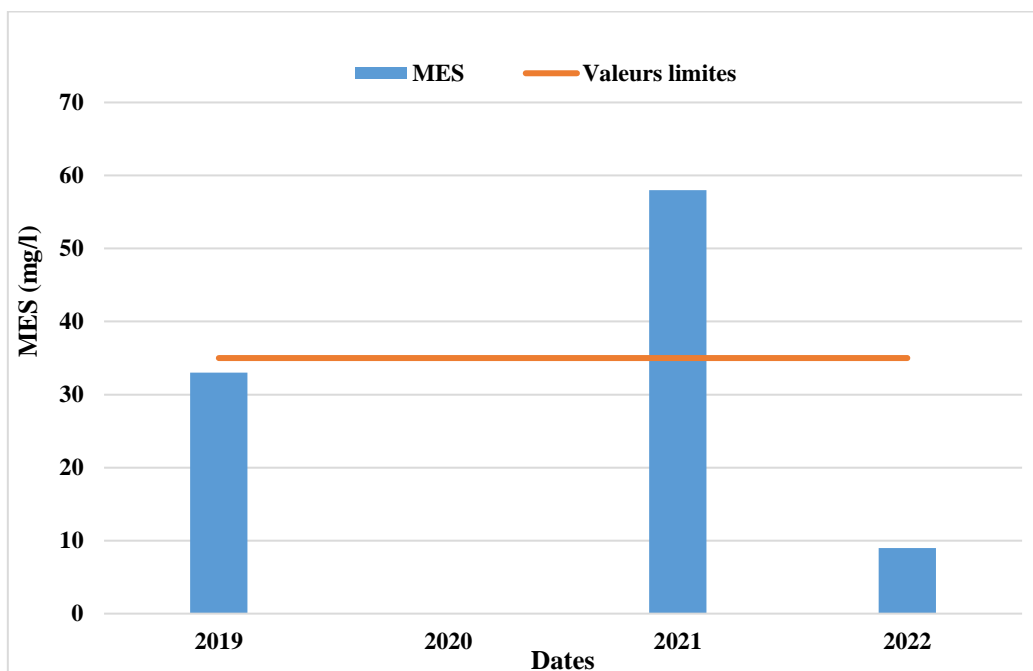


Figure 15 : Variation de la Matière en Suspension des déchets liquides générée par l'unité ALFAPIPE

1.4 Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La demande biochimique en oxygène (DBO₅) est la masse d'oxygène moléculaire dissoute nécessaire aux micro-organismes pour la dégradation par oxydation (mais aussi pour la transformation) des matières organiques contenus dans l'eau, dans des conditions définies et dans un espace de temps donné.

Les valeurs fournées par le service HSE de l'usine ALFAPIPE représentées dans le graphique 16 montre que la valeur le plus élevée de la DBO₅ est enregistrée dans les bulletins d'analyses de l'année 2019 avec une valeur de 100mg/l. et une valeur minimale inférieure à 35 mg/l.

Toutes les valeurs de la DBO₅ enregistrées sont égales ou supérieurs à la valeur limite donnée par la loi algérienne (35 mg/l) (décret exécutif n°06/141/du19avril06).

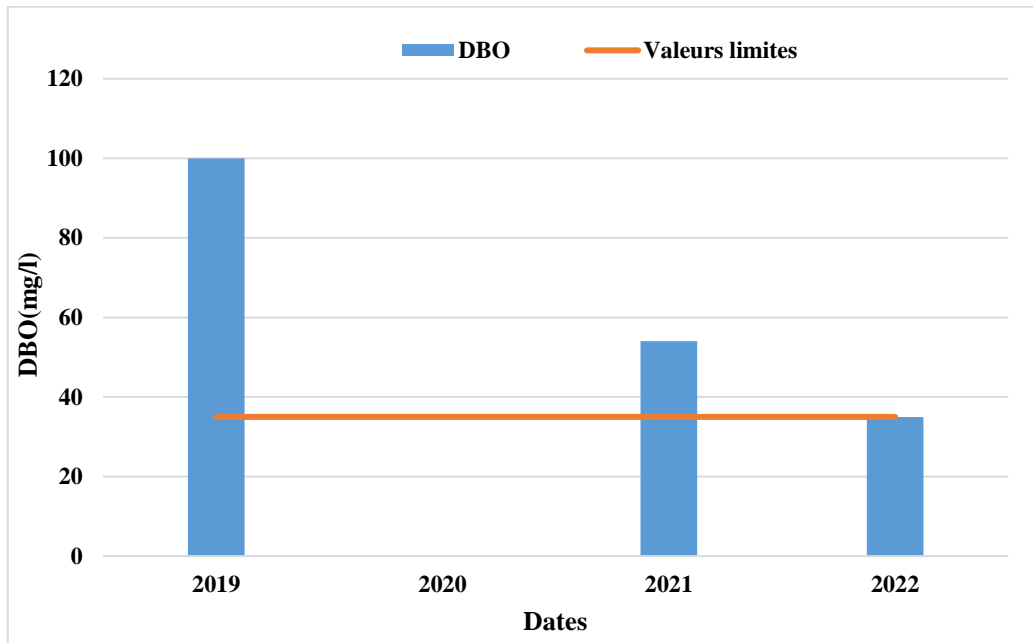


Figure 16 : Variation de la DBO₅ des déchets liquides générée par l'unité ALFAPIPE

1.5 Demande chimique en oxygène DCO

La dégradation des matières organiques (d'hydrates de carbone, de matières protéiques, d'acides aminés, de lipides et autres substances de réserves) déversées dans les cours d'eau entraîne une consommation de l'oxygène dissout dans l'eau. Cela se fait au détriment des organismes vivants et peut entraîner ainsi l'asphyxie du milieu. La pollution par les matières organiques est provoquée par les rejets industriels (industries chimiques, pétrolières, agro-alimentaires, ...) et les rejets des populations urbaines. L'importance de cette pollution dans un effluent peut être évaluée par la demande chimique en oxygène (DCO). (CREPSF, 2007)

La DCO permet d'apprécier la concentration en matières organiques ou minérales, dissoutes ou en suspension dans l'eau, au travers de la quantité d'oxygène nécessaire à leur oxydation chimique totale. (CREPSF, 2007)

Les valeurs mesurées au cours des campagnes d'analyses faite par le service HSE de l'usine ALFAPIPE chaque année sur les eaux usées générées au cours de l'étape du refroidissement montre donne une valeur maximale enregistrée durant l'année 2019 (153.6 mg/l) et une valeur minimale inférieur à 30 mg/l durant l'année 2022.

Selon la grille les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels donnés par la loi algérienne, seule la valeur de l'année 2019 dépasse les valeurs limites donné par cette loi (120 mg/l). (Fig.17)

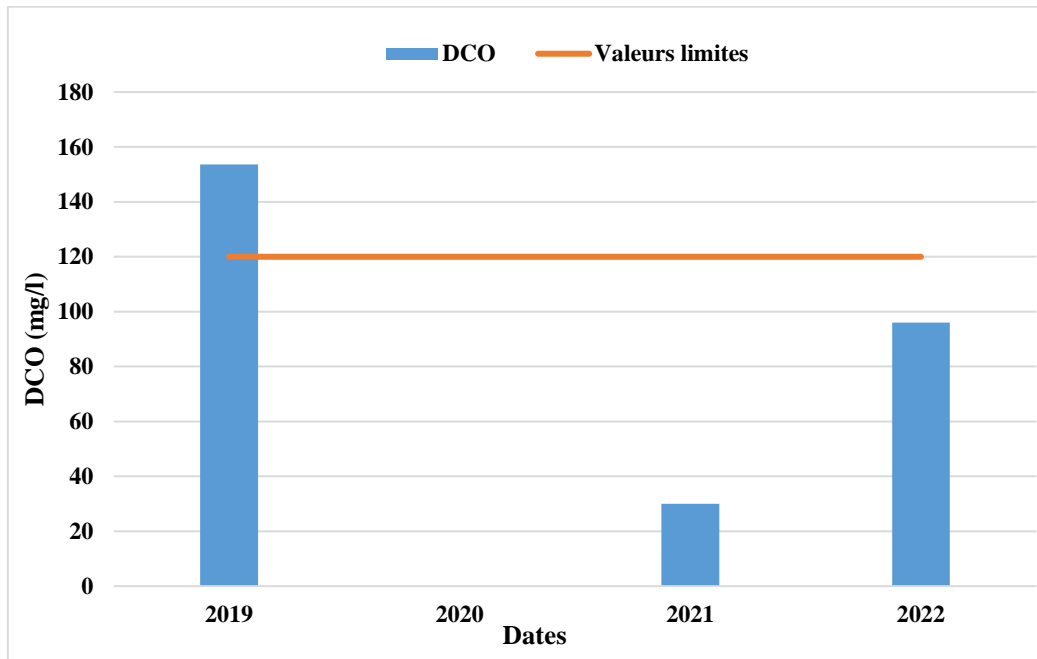


Figure 17 : variation de la DCO des déchets liquides générée par l'unité ALFAPIPE

1.6 Phosphore total

Le phosphore total est l'ensemble du phosphore présent dans un échantillon sous forme de phosphates ou de composés organophosphorés. (Ceaq, 2011)

La présence de phosphore dans les eaux naturelles provient du lessivage de certains minéraux et de la décomposition de la matière organique. Le rejet des eaux domestiques et industrielles ainsi que le drainage des terres agricoles fertilisées contribuent à en augmenter la concentration. Le phosphore n'est pas toxique pour l'homme, les animaux ou les poissons et c'est surtout pour ralentir l'eutrophisation des systèmes aquatiques que la teneur en phosphore est contrôlée. (Ceaq, 2011)

Les valeurs du phosphore total mesurées sont inférieures à 0.05 mg/l durant les années 2019 et 2021, la valeur enregistrée durant l'année 2022 est de 0.13 mg/l.

La totalité des valeurs mesurées sont dans les normes algériennes. (10mg/l) (Fig.18)

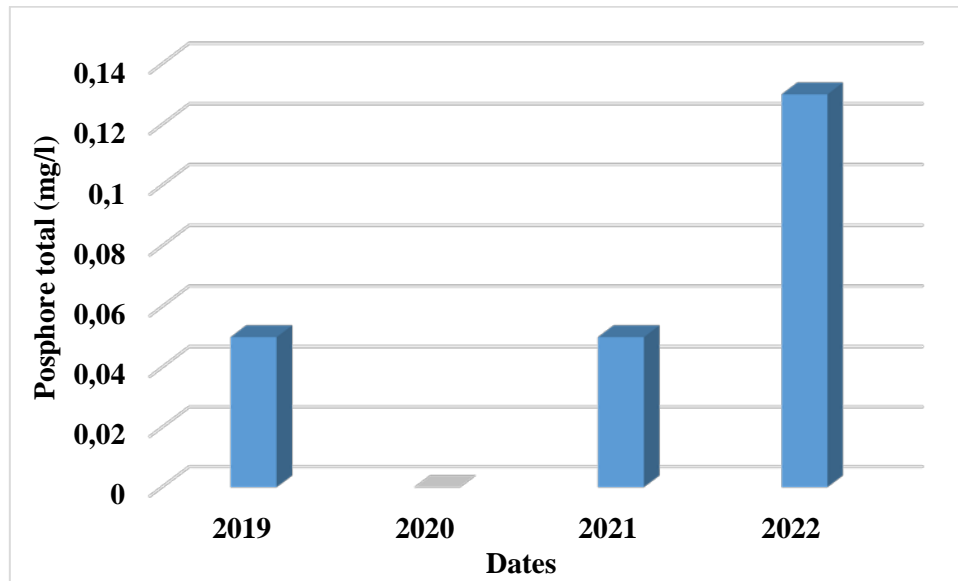


Figure 18 : Variation du Phosphore total des déchets liquides générée par l'unité ALFAPIPE

1.7 Huiles et graisses

Les huiles et les graisses totales représentent la somme des huiles et des graisses animales, végétales et minérales. Les huiles et les graisses minérales proviennent de la distillation du pétrole. Une huile est constituée d'hydrocarbures contenant de 17 à 22 atomes de carbone, tandis qu'une graisse est constituée d'hydrocarbures contenant plus de 22 atomes de carbone. (Ceaq, 2019)

Le taux des huiles et des graisses mesuré lors des campagnes annuelles d'analyse faite par la station de surveillance ONEDD de Ouargla de l'eau usée générée par l'usine ALFAPIPE Ghardaïa. Monte que les valeurs enregistrées durant l'année 2019 et 2022 sont 2 mg/l et 2.12 mg/l, la valeur maximale est enregistrée pendant l'année 2021 (25 mg/l).

Seule la valeur enregistrée lors de l'année 2021 qui dépasse les valeurs limite donnée par la loi algérienne. (Fig.19)

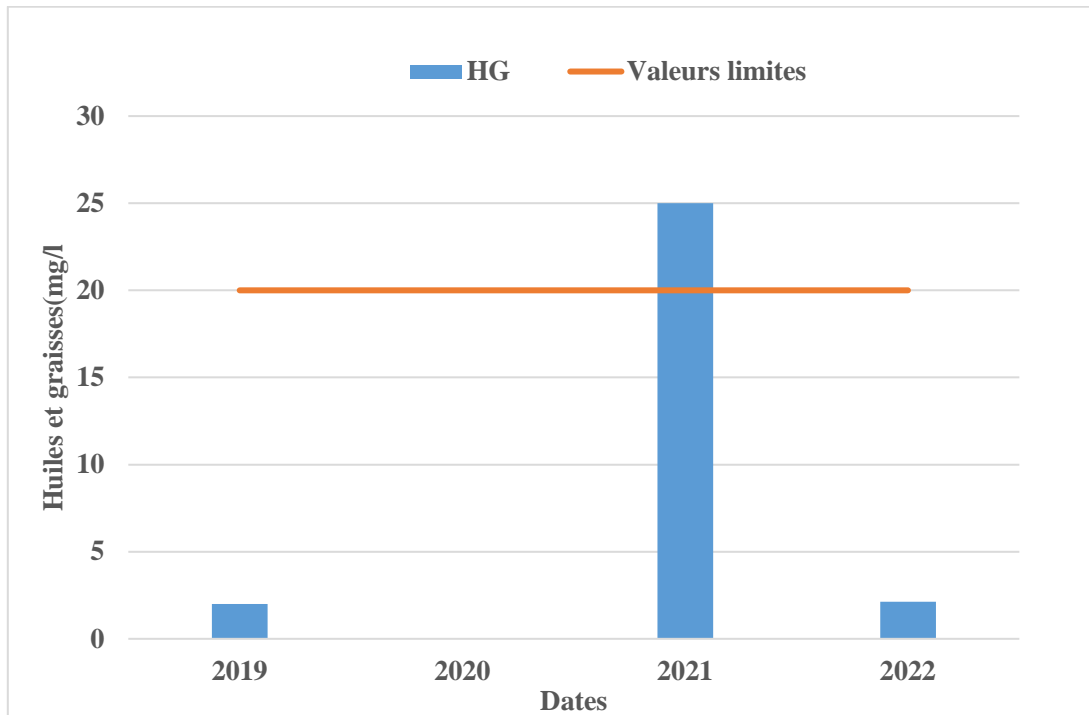


Figure 19 : Variation des Huiles et graisses des déchets liquides générée par l'unité ALFAPIPE

1.8 Hydrocarbure totaux :

Les hydrocarbures sont des composés organiques d'origine fossile, utilisés dans le fonctionnement des moteurs mécaniques. Ils sont constitués essentiellement de carbones et d'hydrogènes. (CEAEQ, 2005)

L'émission des hydrocarbures dans l'environnement conduit à une pollution de l'air, du sol, de la nappe phréatique et surtout à une contamination de la chaîne alimentaire des êtres vivants (Bachelier, 1973)

Toutes les valeurs des hydrocarbures totaux figurés dans les bulletins sont inférieurs à 0.5 mg/l toute ces valeurs sont dans les normes algériennes (décret exécutif n°06/141/du19avril06). (Fig.20)

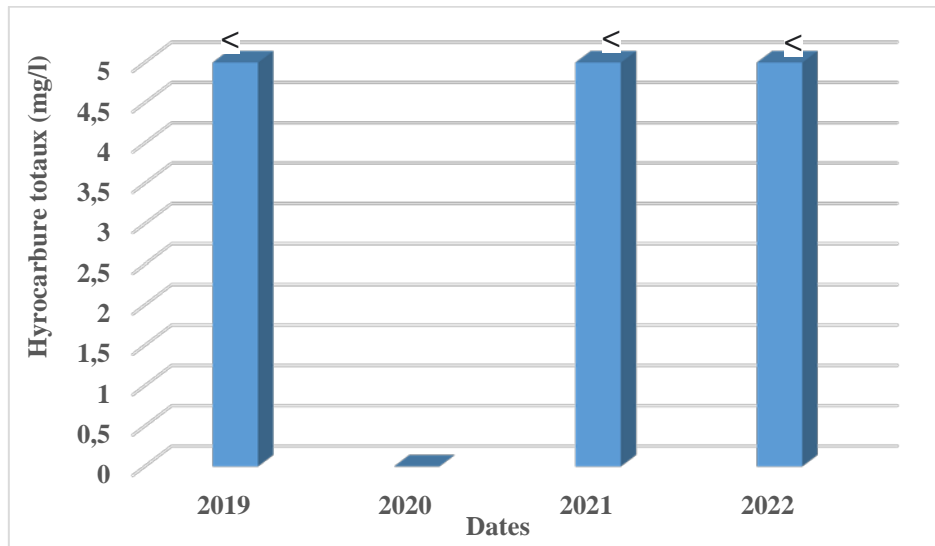


Figure 20 : Variation d'hydrocarbures totaux des déchets liquides générée par l'unité ALFAPIPE

1.9 Aluminium

Les résultats des analyses physicochimiques des effluents industriels de l'usine ALFAPAPE, résultant du processus de la fabrication des tubes en acier lors de l'étape de refroidissement de ces tubes montre que le taux d'aluminium enregistré est inférieur à 1 mg/l dans tous les campagnes annuelles d'analyses réalisés par la station d'analyses de Ouargla de l'Observatoire National de l'Environnement et du Développement Durable (O.N.E.D.D). Ces teneurs en Aluminium sont inférieures à la valeur limite donnée par la norme algérienne algériennes (décret exécutif n°06/141/du19avril06). (Fig.21)

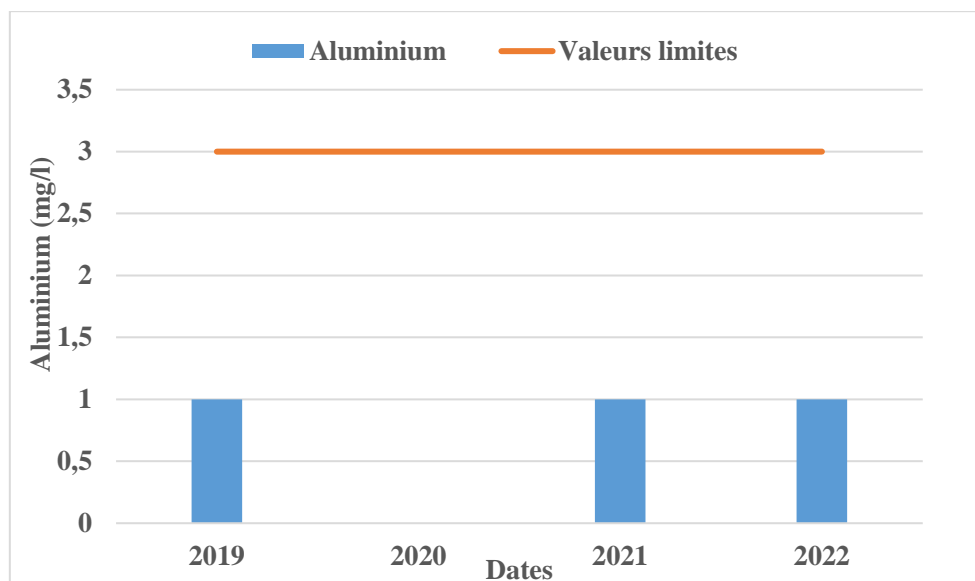


Figure 21 : Variation des taux de l'Aluminium des déchets liquides générée par l'unité ALFAPIPE

1.10 Cadmium

Le cadmium est un élément chimique de symbole Cd et de numéro atomique 48 (Matias, 2012). Très toxique sous toutes ses formes (métal, vapeur, sels, composés organiques), le cadmium est l'un des rares éléments n'ayant aucune fonction connue dans le corps humain ou chez l'animal. Il faut éviter son contact avec des aliments. Chez l'Homme, il provoque notamment des problèmes rénaux et l'augmentation de la tension (Plumlee et Ziegler, 2003). Les effets toxiques du Cd ne le sont pas seulement pour l'homme, mais aussi pour les végétaux et les animaux (Benito et *al.*, 1999).

Les mesures faites pour le taux du Cadmium dans les eaux usées de l'usine ALFAPIPE sont dans leur totalité inférieure à 0.02 mg/l durant les 4 ans d'étude, ces valeurs sont inférieures à la valeur limite donnée par la loi algérienne. (Fig.22)

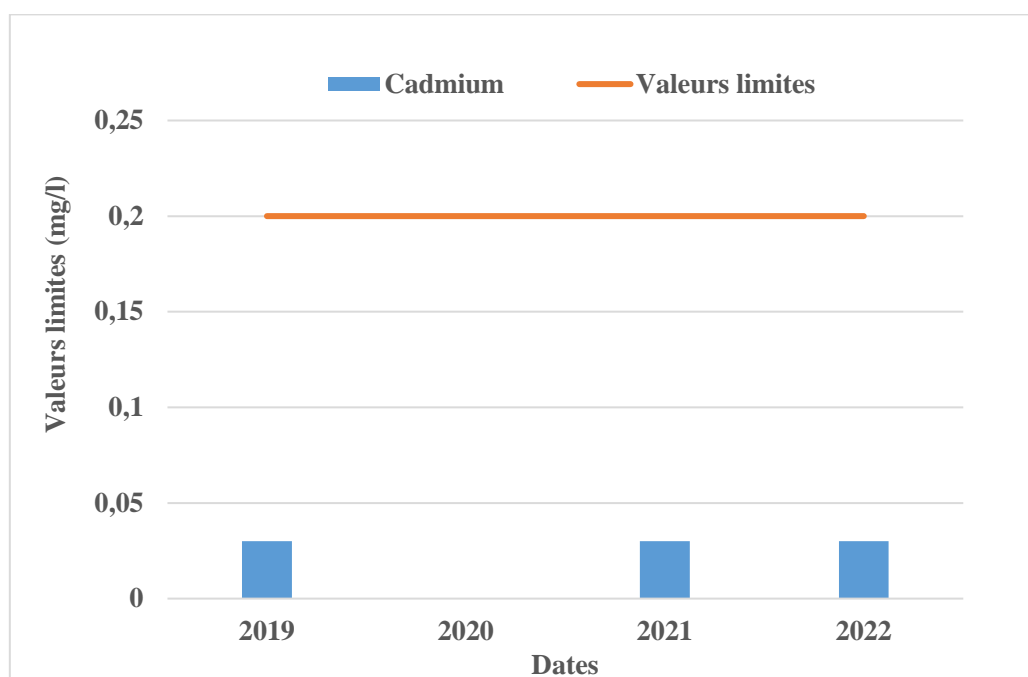


Figure 22 : Variation des taux de l'Aluminium des déchets liquides générée par l'unité ALFAPIPE

1.11 Cuivre total

Le cuivre, à très faible dose est un oligo-élément indispensable à la vie (Alloway et Ayres, 1997). Il est notamment nécessaire à la formation de l'hémoglobine et remplace même le fer pour le transport de l'oxygène chez une espèce d'arthropode, le limule, dont le sang est bleu (Alloway et Ayres, 1997).

Chez l'homme et le mammifère, régulé par le foie, le cuivre intervient dans la fonction immunitaire et contre le stress oxydant, son manque cause le syndrome de Menke (Plumlee et Ziegler, 2003). Le cuivre est aussi, à dose plus élevée et sous ses formes oxydées, un puissant poison pour l'Homme, causant la maladie de Wilson (Plumlee et Ziegler, 2003). Le cuivre contamine les eaux environnantes à des doses et concentrations infimes ($10 \mu\text{g l}^{-1}$) pour de nombreux organismes : algues, mousses, microorganismes marins, champignons microscopiques (Matias, 2012)

Dans notre étude sur les eaux usées tous les résultats mesurés sont inférieurs à 0.1 mg/l , ces valeurs sont toujours dans les normes algériennes des rejets d'influent liquides (Fig.23).

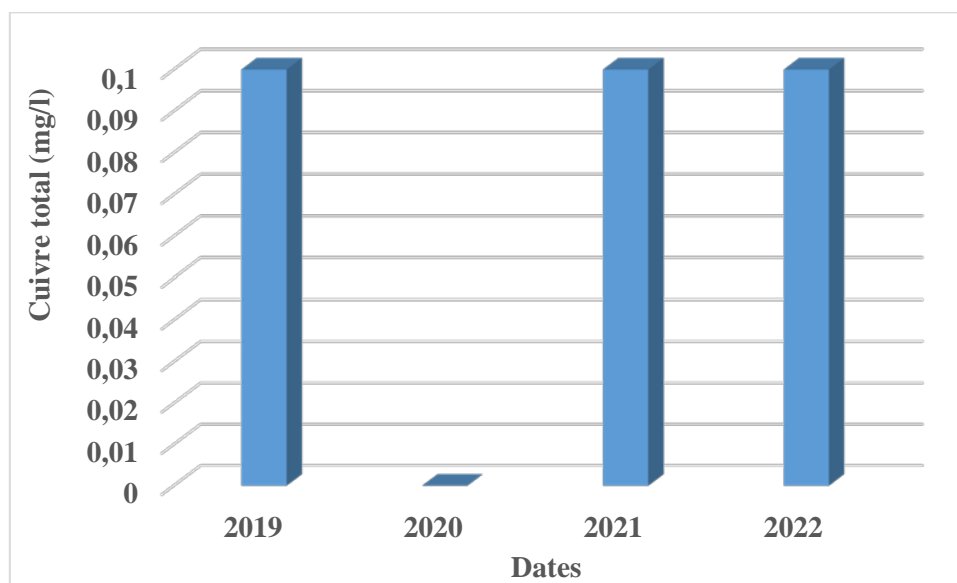


Figure 23 : Variation des taux de l'Aluminium des déchets liquides générée par l'unité ALFAPIPE

1.12 Plomb total

Le plomb est un élément chimique de la famille des cristallogènes, de symbole Pb et de numéro atomique 82. Les émissions de cet élément sont donc notamment liées à des activités anthropiques, l'industrie minière, la métallurgie et la sidérurgie représentant environ 80% des émissions de Pb dans l'environnement (Nriagu, 1979 ; Fergusson, 1990 ; Nriagu, 1991 ; Bouchereau, 1992 ; Nriagu, 1996).

Les formes organiques et inorganiques du Pb ont des effets toxiques chez l'homme. Cependant, la toxicité des espèces organiques est beaucoup plus grande que celle des espèces inorganiques, son passage privilégié chez l'homme l'est par la chaîne alimentaire (Grandjean, 1984).

Les tanneurs en Plomb détectés au cours des campagnes qui ont été faite par la société ALFAPIPE sont inférieurs à 0.2 mg/l, ces valeurs sont dans les normes algériennes (décret exécutif n°06/141/du19avril06).

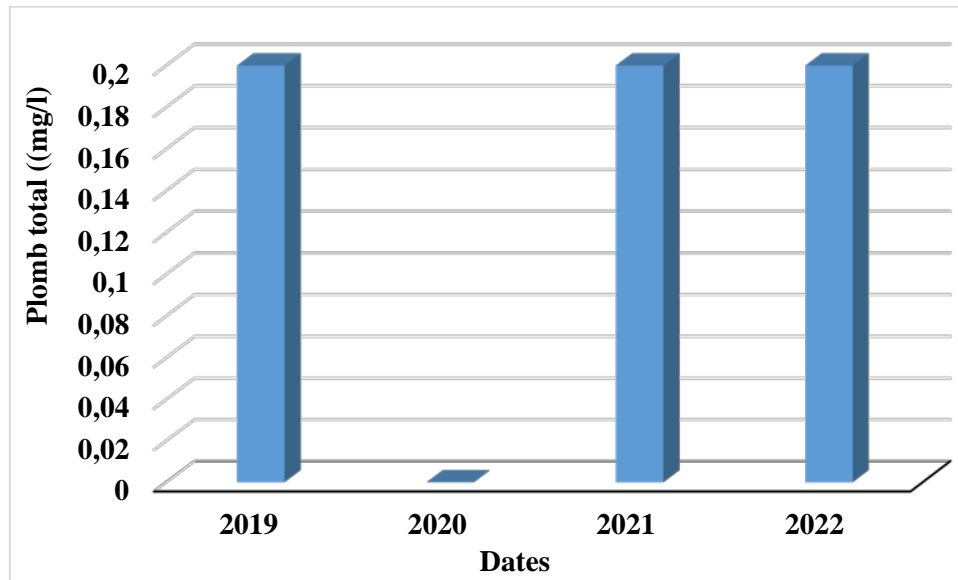


Figure 24 : Variation des taux du Plomb total des déchets liquides générée par l'unité ALFAPIPE

1.13 Chrome total

Le chrome, est utilisé sous forme de chromite (FeOCrO_2) dans l'industrie métallurgique et dans l'industrie chimique. On le trouve également sous la forme de ferrochrome, utilisé pour la production d'aciers inoxydables et d'alliages divers. Le chrome est également employé comme pigment pour la peinture, le caoutchouc, le papier, l'encre d'imprimerie, ou encore pour le tannage des peaux. Réalisé industriellement depuis 1920, le chromage est utilisé pour donner un aspect décoratif et assurer une bonne résistance à la corrosion atmosphérique. Sa solubilité est faible vis-à-vis des phénomènes de lessivage du sol. En revanche, ses dérivés sont très utilisés notamment dans les industries chimiques avec les dichromates.

Le chrome pur est assez peu employé dans l'industrie, mis à part la fabrication des aciers spéciaux. Par contre, ses dérivés sont très utilisés : dans les tours de refroidissement, les fonderies d'acier et de métaux non ferreux, les opérations de finissage et de placage des métaux, les usines de verre plat et d'amiante, les installations de traitement du bois, les usines de peintures et de produits (Ellouzi et Halouali, 1990).

La toxicité du chrome dépend de sa concentration et de son degrés d'oxydation .Le chrome III est un nutriment essentiel pour la santé mais sa consommation en une concentration

élevée peut causer l'anémie, problèmes respiratoires, système immunitaire affaibli, dommage au foie et aux reins. Il peut aussi altérer le matériel génétique et provoquer des cancers. Il peut provoquer aussi chimiques ainsi que les installations de forage et de récupération du pétrole. (Ellouzi et Halouali, 1990).

Les teneurs en Chrome total enregistrées durant notre étude est stable (inférieur a 0.2mg/l) ces valeurs sont dans les normes algérienne relatif aux eaux usées. (0.5mg/l) (Fig.25)

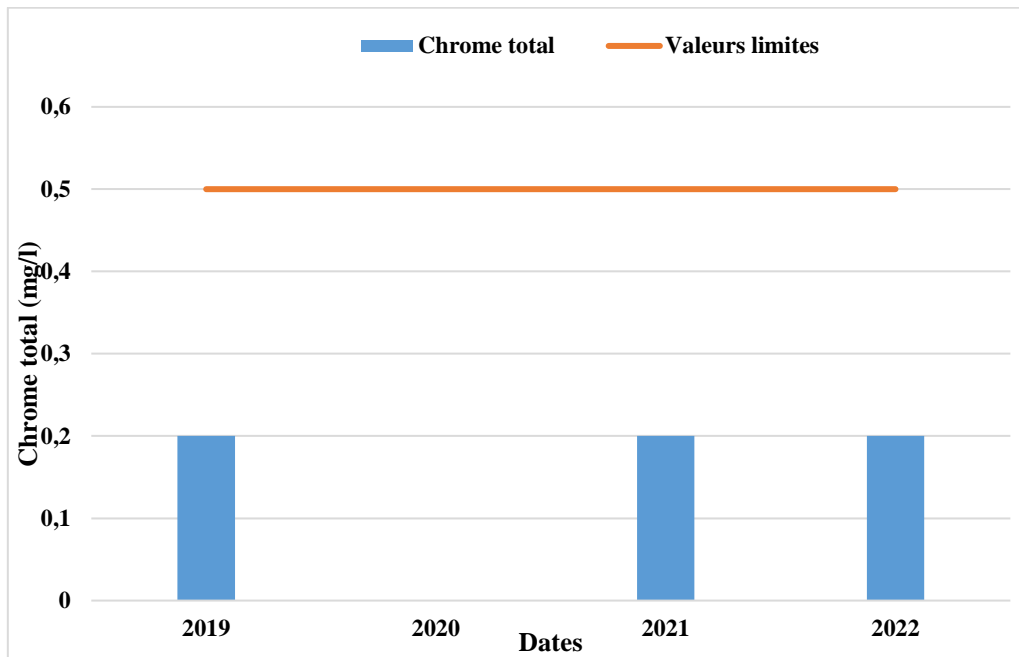


Figure 25 : Variation des taux du Chrome total des déchets liquides générée par l'unité ALFAPIPE

1.14 Manganèse

Le manganèse est connu depuis la préhistoire. Des peintures de plus de 17000 ans utilisent le dioxyde de manganèse comme pigment. Les Égyptiens et les Romains utilisaient des composés de manganèse dans la fabrication du verre pour le colorer (Matias, 2012).

Vers le début du XIXe siècle, des scientifiques commencèrent à étudier l'utilisation du manganèse dans la fabrication de l'acier. Etant donné que c'est un micronutrient il est souvent trouvé dans la composition des engrais (Matias, 2012).

L'excès de Mn dans l'eau peut causer cirrhose du foie chez l'homme. Toutefois l'inhalation est beaucoup plus dangereuse parce qu'elle génère pneumonies, et si l'exposition est chronique il peut causer des problèmes neurologiques (Plumlee et Ziegler, 2003 ; Matias, 2012).

Les teneurs en Manganèse figurent dans le graphique (26) sont dans leur majorité inférieur à 0.3 mg/l, la valeur maximale est enregistrée lors de la quatrième année (2022). L'absence du résultat de l'année 2020 toujours due a l'arrêt de l'usine pendant la période de la pandémie (Covid-19). Toutes ces valeurs sont dans la fourchette des normes algérienne.

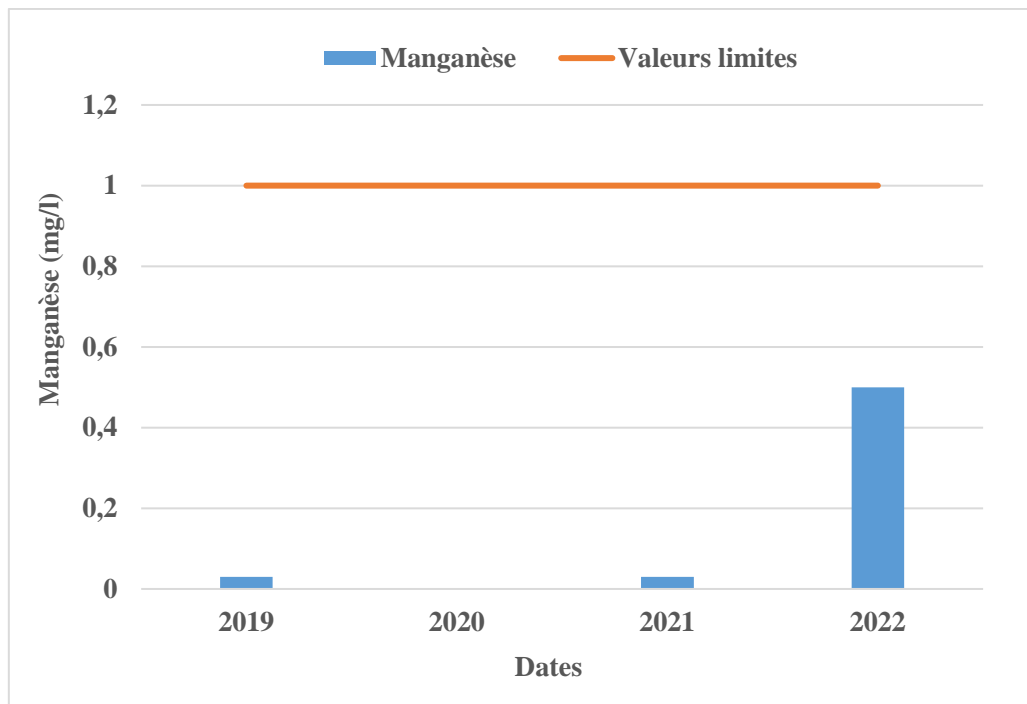


Figure 26: Variation des taux du manganèse des déchets liquides générée par l'unité ALFAPIPE

1.15 Nikel total

Le nickel (Ni) est un métal qui a un poids atomique de 58,71. Sa concentration moyenne dans la croûte terrestre est estimée à 60-90 mg/kg mais sa présence est relativement faible dans les roches acides et fortes dans les roches basiques et les roches ultrabasiques. (FAO, 1984)

Le nickel est employé en galvanoplastie, dans la fabrication d'alliages et d'accumulateurs alcalins. Il est rejeté dans l'environnement au cours des processus industriels et surtout pendant les opérations d'extraction et de fusion, ainsi que pendant la combustion de combustibles fossiles (le pétrole brut peut contenir des dizaines de milligrammes de nickel par kilogramme). Le nickel peut aussi être présent dans les eaux de ruissellement des routes. (FAO, 1984)

Cet élément chimique présent dans nos résultats avec des valeurs inférieures à 0.2 mg/l dans tous les échantillons, cette valeur est inférieure à la limite supérieure donnée par la loi algérienne des rejets d'effluents liquides industriels (0.5mg/l)(décret exécutif n°06/141/ du 19 avril 06). (Fig.27)

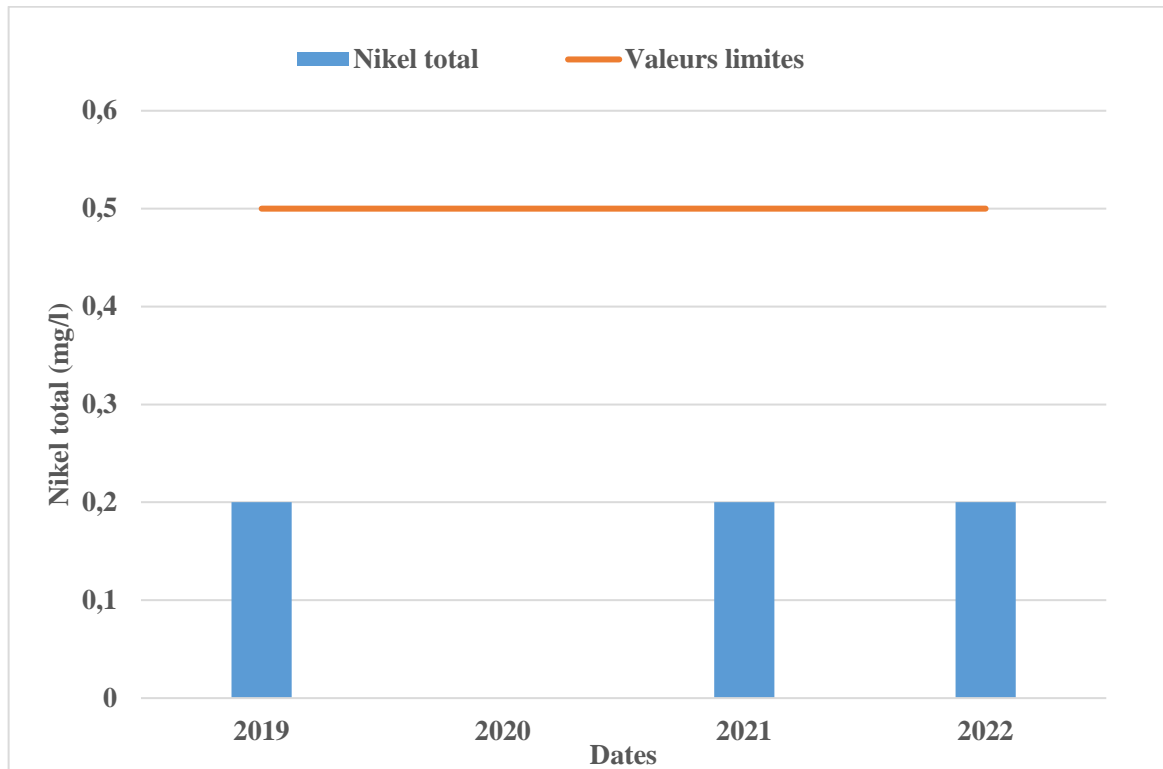


Figure 27: Variation des taux du Nickel total des déchets liquides générée par l'unité ALFAPIPE

1.16 Zinc total

Les sources naturelles de zinc dans l'environnement sont l'altération de roches (56%), le volcanisme (22%) et la végétation (Lantzy et Mc Kenzie, 1979 ; Phelan et *al.*, 1982). Cependant, Nriagu (1996) a calculé que ces sources naturelles ne représentent qu'environ 7% des émissions totales de cet élément dans l'environnement, étant donné que la production et le traitement de minerai et les activités industrielles représenteraient 75% et 18% respectivement, des émissions du Zn dans le milieu naturel.

Le zinc possède un effet toxique chez les animaux et chez l'homme, dans les poissons la dose létale est comprise entre 0,5 et 5 mg l-1 en Zn (Moore et Ramamoorthy, 1984). A la dose de 150 et 650 mg, Zn est toxique chez l'homme, mais si cette dose descend au-dessous le 6 g, elle est létale (Emsley, 1991).

La présence de cet élément dans notre eaux est sous forme des traces ne dépasse plus les 0.03 mg/l dans tous les bulletins d'analyses des déferents années, ces chiffres sont toujours dans les normes algériennes. (Fig.28)

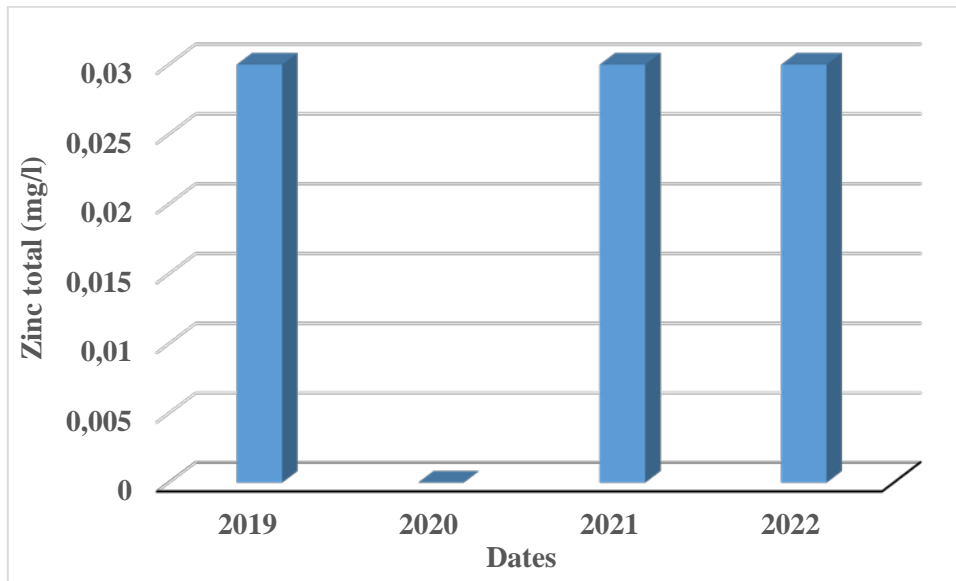


Figure 28: Variation des taux du Zinc total des déchets liquides générée par l'unité ALFAPIPE

1.17 Fer

La consultation des résultats des bulletins d'analyses des rejets d'effluents liquide de l'usine ALFAPIPE représenté dans la figure 29 ; montre que les premières années d'étude ont des chiffres minimales de Fer 'inferieur a 0.2 mg/l. et une augmentation brusque lors de la quatrième année (2022) ave 4 mg/l. ce résultat dépasse la valeur limite du Fer donné par le décret exécutif n°06/141/ du 19 avril 06 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels. (3mg/l)

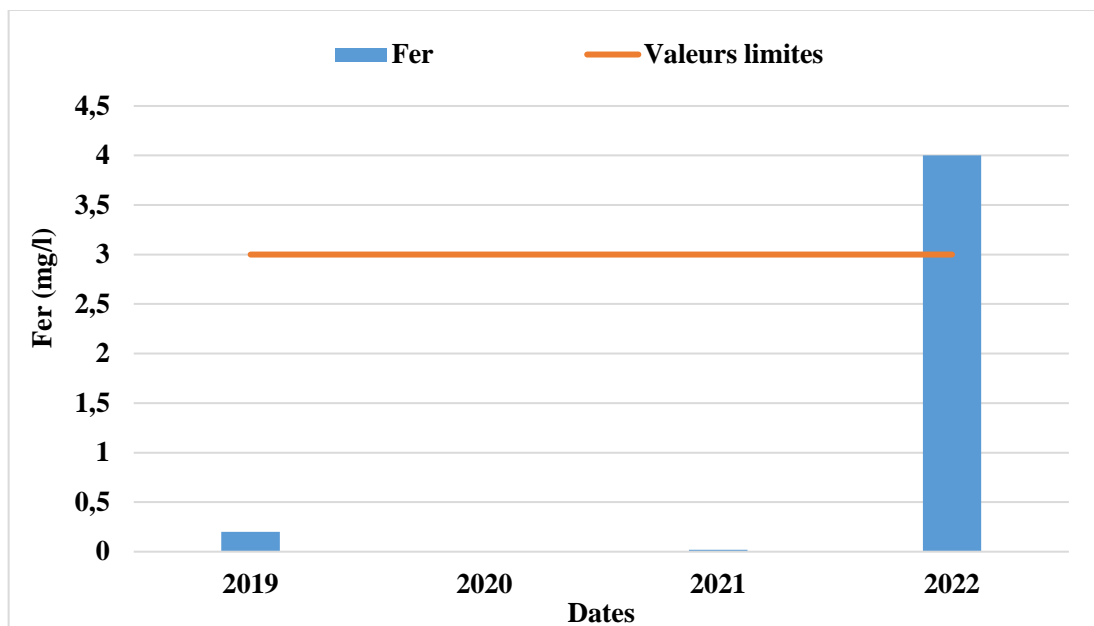


Figure 29: Variation des taux du Fer des déchets liquides générée par l'unité ALFAPIPE

1.18 Cobalt

Le cobalt est un métal blanc argenté, magnétique, particulièrement résistant. C'est une substance naturellement présente à l'état de traces dans le sol, les plantes, les animaux et les eaux de surface et souterraines. Sa concentration moyenne dans le monde est de huit parties par million (ppm). Il est habituellement associé à d'autres métaux comme le cuivre, le nickel, le manganèse et l'arsenic. (Assaad, 2006)

Par comparaison aux métaux lourds, le cobalt est peu toxique. Toutefois à une très forte concentration, il peut causer des affections pulmonaires. Le centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a déterminé que le cobalt peut être cancérigène pour l'être humain. (Assaad, 2006).

Le graphique des résultats des mesures du cobalt dans les eaux usées dans les deux dernières années montre que des valeurs sont inférieures à 0.2 mg/l ces valeurs dépassent largement les valeurs limites donnée par la loi algérienne (0.01mg/l). L'absence des données dans les premières années dues soit au manque d'analyse durant l'année 2019 et que l'usine soit à l'arrêt en 2021. (Fig.30)

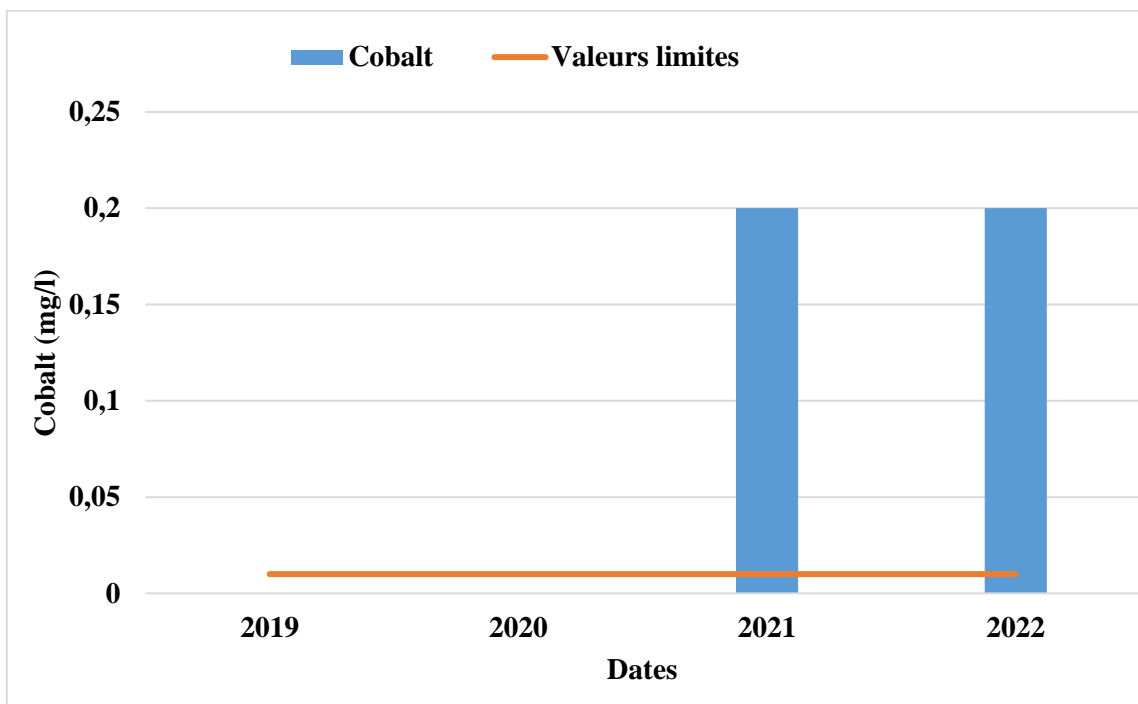


Figure 30 : Variation des taux du Cobalt des déchets liquides générée par l'unité ALFAPIPE

1.19 Indice de phénol

Le terme « phénol » regroupe un ensemble de molécules hydroxylées substituées, dérivées du benzène (phénols simples) et de ses homologues supérieurs (crésols) et de molécules à noyaux polycondensés (naphtols et naphtols sulfonés). (CEAEQ, 2012)

Dans l'environnement, les principales sources de rejet de phénols sont reliées à l'industrie pétrolière, aux fonderies, aux industries chimiques et pharmaceutiques. Parfois, l'utilisation de revêtements bitumineux dans des canalisations ou des réservoirs peut, à l'occasion de mise en service ou de réparations, être la cause de l'introduction de quantités limitées de phénols dans les réseaux (aqueux/hydriques). (CEAEQ, 2012)

Les valeurs de cet indice dans notre étude représenté dans la figure (31) sont inférieures a 0.1 mg/l, l'absence des résultats au début de l'étude soit au manque d'analyse en 2019 ou l'arrêt de l'usine en 2020. Les valeurs enregistrées sont dans les normes algériennes.

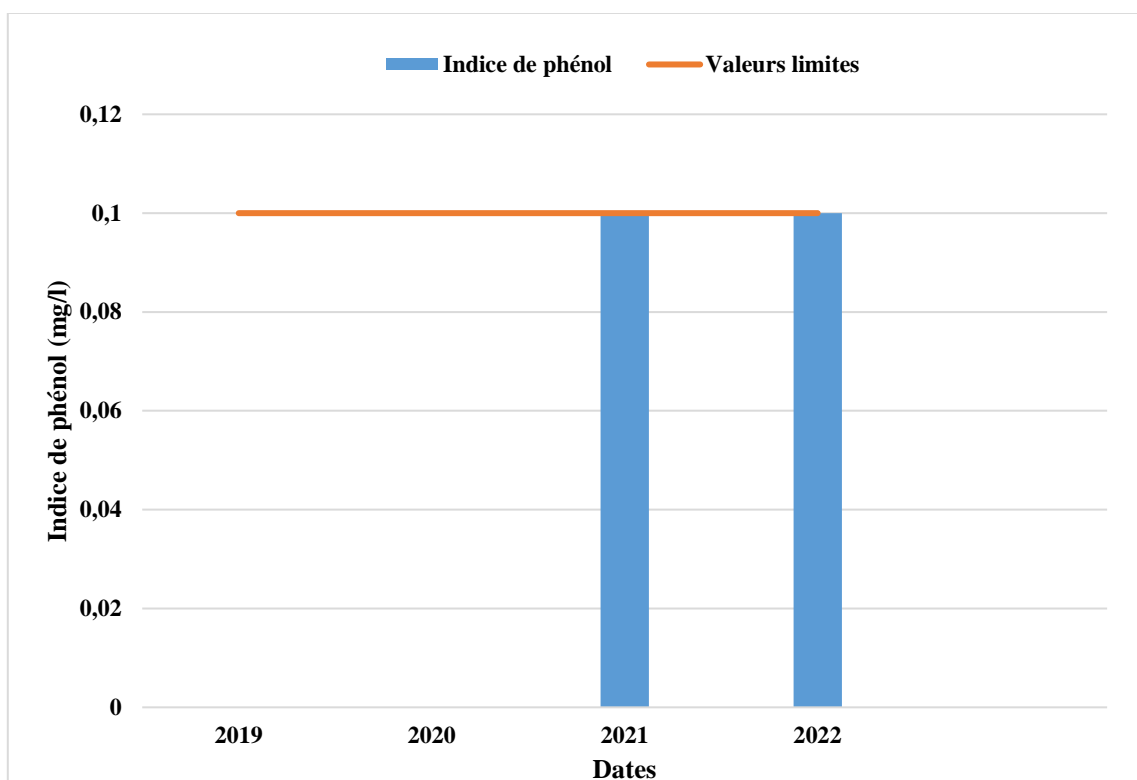


Figure 31: Variation des taux de l'indice de phénol des déchets liquides générée par l'unité ALFAPIPE

2 Résultat des traitements bactériologiques

2.1 Isolements des souches

Après culture sur milieu de culture GN

2.2 Origine des isolats bactériens sélectionnés

D'après les résultats de dénombrement obtenus, la variation des colonies sur le plan morphologique était très élevée cela nous a permis de sélectionner 16 isolats. Ces isolats sont différents sur le plan macroscopique. Ils ont été purifiés et ensemencés dans des Boîte Petri contenant la gélose nutritive puis conservés à 35°C.

Tableau 3: des isolats sélectionnés

Echantillons	Dilutions
A1	10^{-1}
A2	10^{-1}
C1	10^{-1}
C2	10^{-1}
C3	10^{-1}
C4	10^{-1}
B1	10^{-2}
B2	10^{-2}
B3	10^{-2}
B4	10^{-2}
B5	10^{-2}
B6	10^{-2}
D1	10^{-2}
D2	10^{-2}
E1	10^{-3}
F1	10^{-5}

2.3 Isolement des isolats susceptibles à dégrader l'huile

Tous les 16 isolats ensemencés sur milieu Bushnell Haas Broth (2% huile (0.1ml) liquide, ont montré une habilité à dégrader l'huile et ont formé une turbidité de croissance (faible, moyenne ou forte). Les résultats obtenus sont représentés dans la figure N° 32

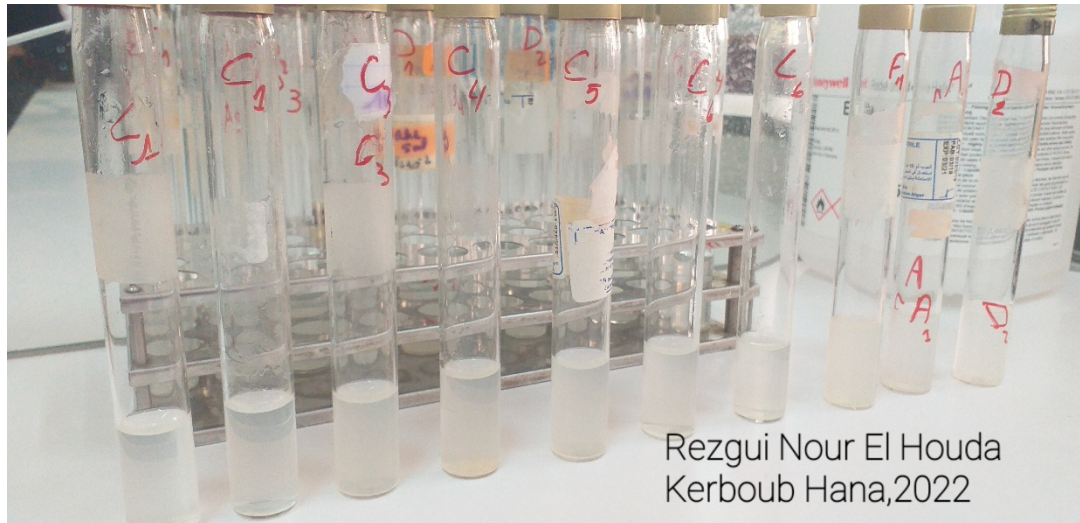


Figure 32 : Isolement des isolats susceptibles à dégrader l'huile

Parmi les 16 isolats nous avons choisi dix qui ont montré une capacité d'émulsionner l'huile pour une étude microscopique.

2.4 Identification microscopique et biochimique.

L'observation microscopique a été réalisée suivant la coloration de GRAM. Les résultats obtenus sont représentés dans la figure 33 et le tableau 03.

Les résultats montrent que les cellules bactériennes sont généralement en forme bacille ou coque. Certaines sont avec une paroi à Gram positif et d'autres à Gram négatif.

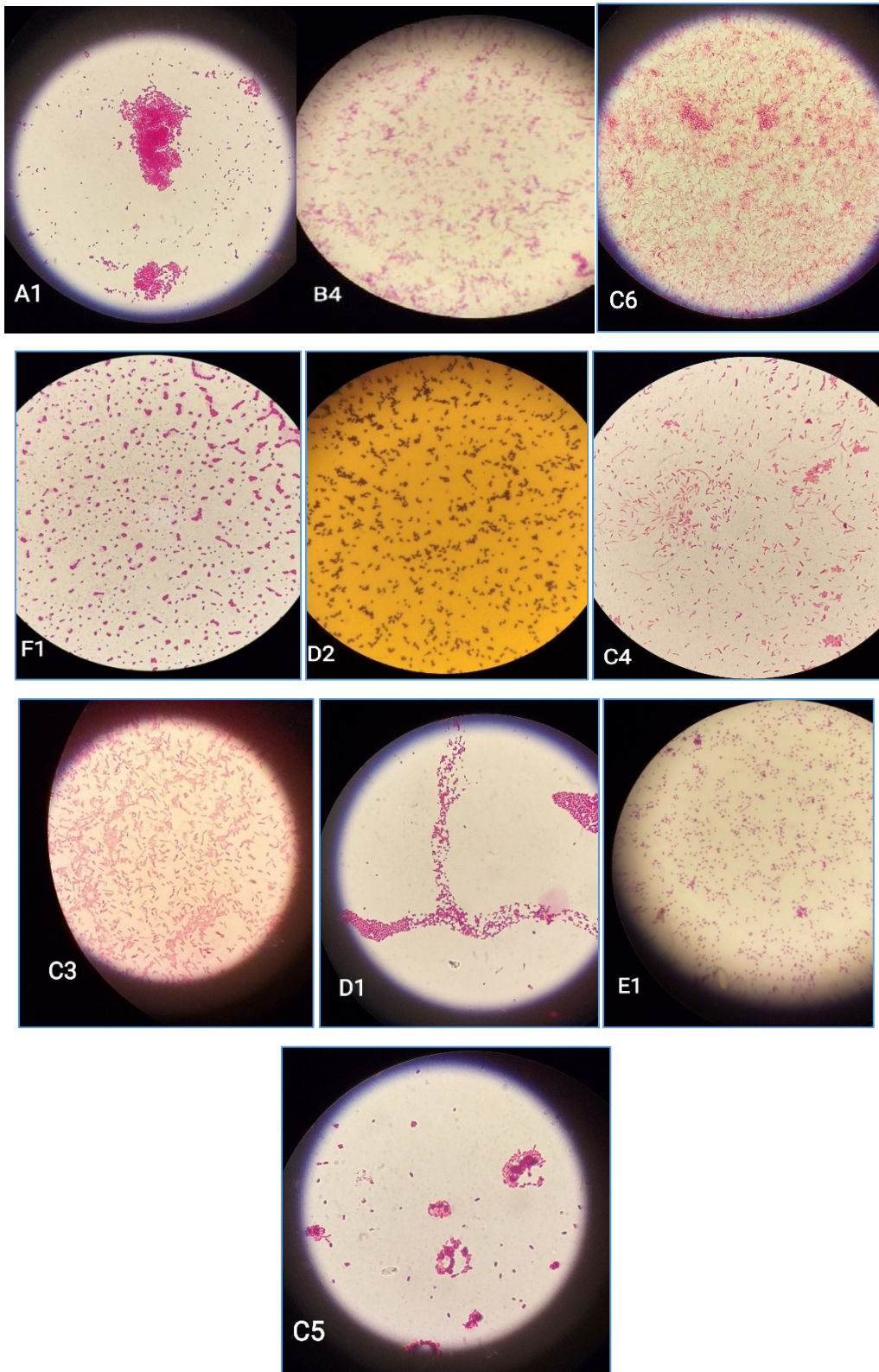


Figure 33: Aspect microscopique obtenu après la coloration de Gram (Gx100) (Rezgui et Kerboub, 2022).

Les résultats biochimiques sont résumés dans le tableau suivant

Tableau 4: résultats d'analyses biochimiques des isolats

Isolats	Gram	Forme des cellules	Catalase	Oxydase
A1	-	Coccobacille	positif	positif
B4	-	Bacile	positif	positif
C2	+	Coque	/	/
C4	-	Coque	négatif	positif
C5	-	Coque	positif	négatif
C6	-	Mixte	négatif	négatif
D1	+	Coque	positif	négatif
D2	+	Coque	positif	négatif
E1	-	Coque	positif	négatif
F1	+	Coque	positif	négatif

Les résultats montrent que les isolats présentent une diversité micro-morphologique. (1 coccobacille ,1 bacille et 7 isolats sont des cocci, la coloration de Gram montre que 4/10 isolats sélectionnés sont à Gram positif tandis que les restes sont à Gram négatif.

Les résultats de tests catalase montrent que 7/10 isolats sélectionnés sont à catalase positif tandis que les restes sont à catalase négatif

Le test oxydase montre que 3/10 isolats sélectionnés sont à oxydase positif tandis que les restes sont à oxydase négatif

2.5 Suivi de la cinétique de croissance des souches sélectionnées

Dans l'objectif d'isoler des souches bactériennes ayant une haute capacité de biodégradation envers le huile, les deux souches D1 et D2 ont été choisis pour la suite des travaux. Ce choix est basé sur les résultats issus de test d'émulsification qui est un indicateur de production de biosurfactant. Les souches retenues ont fait l'objet d'une suivie de cinétique de leurs croissance dans le milieu Bushnell Haas Broth additionné de 2 % (v/v) de huile en suivant la croissance microbienne en fonction du temps de culture, on mesurant l'absorbance du milieu de culture en utilisant un spectrophotomètre à UV visible, Les résultats obtenus sont représentés dans le Tableau 05

Tableau 5: la cinétique de croissance des souches sélectionnées

Echantillons	La Croissance
C3	0.303
C6	0.301
D1	0.309
D2	0.548
F1	0.300

3 Analyse physicochimique de l'eau usée traitée :

Les résultats des analyses physicochimiques des eaux avant et après traitement par la souche D2, sont représentés dans le tableau suivant, une augmentation légère des valeurs des matières en suspension après le traitement avec (26mg/l), les valeurs enregistrées de l'azote après traitement sont inférieures à celles avant le traitement. Les valeurs du DBO et DCO sont augmentées. (Tab.06)

Tableau 6: Résultats physico-chimiques avant et après traitement par bio remédiation

Paramètres	Unités	Avant traitement	après traitement	Valeurs limites
Matières en suspension (MES)	mg/l	16	26	35
Azote kjedahl (NK)	mg/l	18	16	30
Phosphore total	mg/l	0,12	0,13	10
DBO ₅	mg/l	360	400	35
DCO	mg/l	48	192	120
Indice de phénol	mg/l	0,09	0,8	0.10
Huiles et Graisse (HG)	mg/l	0,4	1,5	20
Hydrocarbure totaux	mg/l	<5	<5	10
Aluminium	mg/l	<2	<2	3
Cadmium	mg/l	<0,03	<0,03	0.2
Chrome Total		<0,2	<0,2	05
Cuivre Total		<0,1	<0,1	05
Cobalt	mg/l	<0,2	0,2	0.01
Nickel total	mg/l	<0,2	<0,2	0.5
Plomb		<0,2	<0,2	0.5
Zinc total		<0,03	<0,03	3
Manganese		0,5	0,3	1
Fer	mg/l	3	3	3

Conclusion

L'eau est un élément important pour de nombreuses entreprises industrielles. La bonne gestion de cette ressource se traduit par des avantages environnementaux et économiques pour l'installation industrielle.

Le traitement des eaux usées industrielles nécessite de combiner des technologies, des services et une expertise des procédés pour éliminer les contaminants et transformer les eaux usées en une ressource.

Le but du traitement des eaux usées industrielles est de nettoyer l'eau au point qu'elle puisse être réutilisée ou rejetée en toute sécurité dans l'environnement. Sans solutions appropriées de traitement des eaux usées industrielles, les entreprises ne pourront pas se conformer aux normes prescrites.

Le but de notre étude est de rechercher des souches bactériens qui dégradent l'huile, à partir de l'eau contaminés. Nous avons apporté de un échantillon d'eau polluée de l'entreprise algérienne de fabrication des pipes. nous avons isolé des isolats bactériens pour étudier leur capacité à l'utilisation d'huile comme seule source de carbone.

Ensuite, le test de l'activité d'émulsification qui nous permet d'estimer la production de biosurfactants par les isolats sélectionnés. Les isolats sélectionnés ont été identifiés morphologiquement et biochimiquement . La deuxième partie de l'étude est consacrée à l'étude de la cinétique de croissance des meilleures souches sélectionnées et leur tolérance à l'huile.

L'ensemble des résultats que nous avons obtenus se résume comme suit: Nous avons isolé un grand nombre des bactéries à partir d'échantillon de l'eau usée industrielle utilisés. On se basant sur des critères morphologiques nous avons sélectionnées 16 isolats. Tous ces isolats ayant une activité hydrocarbonoclastes. Ainsi, nous avons sélectionné par le test d'émulsification dix isolats ayant montré la plus grande capacité d'émulsification

Nous avons mesuré l'absorbance du milieu de culture à l'aide d'un spectrophotomètre UV-visible, ce qui nous a permis de sélectionner les meilleures souches D1 et D2

Référence bibliographiques

- **Alloway, B.J. et Ayres, D.C.**, 1997. Chemical Principles of Environmental Pollution. Blackie Academic and Profesional, an imprint of Chapman and Hall, London, 394 pp.
- **Assaad Elias** (2006) étude du processus de coagulation-floculation du système montmorillonite-chitosane dans l'élimination de métaux de transition. Mémoire de la maîtrise en chimie. Université du Québec à Montréal. p.
- **Bachelier G.** Activité biologique des sols et techniques simples qui permettent l'évaluation. cah. ORSTOM, série Pédol. (1973) 11 (1), 65 – 77 ;
- **Bakiri Zahir** (2007). Traitement des eaux usées par des procédés biologiques classiques : expérimentation et modélisation. Mémoire de magister. Université de Sétif. 120p
- **Benito, V., Devesa, V., Munoz, O., Suner, M.A., Montoro, R., Baos, R., Hiraldo, F., Ferrer, M., Fernandez, M. et Gonzalez, M.J.**, 1999. Trace elements in blood collected from birds feeding in the area around Donana National Park affected by the toxic spill from the Aznalcollar mine. Science of The Total Environment, 242(1-3): 309-323.
- **Bennadir S, Fentiz S.** 2013. La gestion des déchets ménagers : cas d'étude du centre d'enfouissement technique de "Bamendil" Ouargla. Mémoire de master en Analyse et Contrôle de la Qualité. Faculté des Sciences et de la Technologie et Sciences de la matière. Université KASDI Merbah Ouargla.79p.
- **Blinda M.** 2007. Pollution tellurique du littoral nord-ouest du Maroc entre Tanger et Tétouan: caractérisation, impact sur l'environnement et proposition de solutions. Thèse de doctorat, université Mohamed V, Faculté des Sciences, Rabat, pp. 194.
- **Bouchereau, J.M.**, 1992. Estimation des émissions atmosphériques de métaux lourds en France pour le Cr, le Cu, Le Ni, Le Pb et le Zn, Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique (CITEPA), Paris.
- **CCE.** 2004. Pollution et déchets industriels. Ed : Commission de coopération environnementale. 4p
- **Ceaq (Centre D'expertise en Analyse Environnementale du Québec).** Dosage des hydrocarbures pétroliers (C10 à C50) dans les sols. Ministère de l'environnement du Québec. (2001a), MA. 410 – Hyd. 1.0, 13 p ; [2] Brelle P. Synthèse des données sur l'efficacité réelle des séparateurs à hydrocarbures, synthèse technique. ENGREF, Montpellier. (2005), 16 p ;
- **CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC** (2011). Détermination du phosphore total dans les effluents : digestion à l'autoclave avec persulfate, méthode colorimétrique automatisée, MA. 315 – P 2.0, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs,, 11 p.

- **Centre d'Expertise en Analyse Environnementale du Québec**, (2012) Détermination des composés phénoliques (indice phénol) : méthode colorimétrique automatisée avec l' amino-4-antipyrine, MA. 404 – I.Phé. 2.2, Rév. 2, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 2012, 13
- **CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC**. (2019). Détermination des huiles et des graisses dans les eaux : méthode gravimétrique, MA. 415 – HGT 2.0, rév. 2, ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, , 14 p.
- **CENTRE RÉGIONAL POUR L'EAU POTABLE ET L'ASSAINISSEMENT À FAIBLE COÛT** (2007). Protocole de détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques. OMS. 52p
- **Djebrit Imane**, (2015). Contribution à l'étude de la situation actuelle de la gestion et traitement des déchets industriels Cas de l'unité ALFAPIPE Ghardaïa., Mémoire de Master, Université de Ghardaïa. 82p.
- **Ellouzi Zineb Halouali Fatima-ezzahra** (2015) Impact du chrome VI sur le traitement des eaux usées dans la station d'épuration de Marrakech (Maroc) Mémoire fin d'étude licence, Université Cadi ayad. Maroc 60p
- **Emsley, J.**, 1991. The elements. Oxford University Press-Clarendon Press, New York, 264 pp. Environmental Programme: Chemicals, U.N., 2002. Regionally based assessment of persistent toxic substances: North America regional report, United Nations Organization, Geneva
- **FAO** (1984). Critères de qualité cotes des eaux pour les poissons d'eau douce européens Rapport sur le nickel et les poissons d'eau douce
- **Fergusson, J.E.**, 1990. The heavy elements: chemistry, environmental impact and health effects, 1. Pergamon Press, Oxford, 614 pp
- **Grandjean, P.**, 1984. Biological effects of organolead compounds. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, United States, Pages: 288 pp.
- **Hamzaoui S.** (2011). Gestion et impact des déchets solides urbains sur l'environnement, EL Tarf commune. Mémoire de Magister en hydrogéologie, environnement et modélisation. Faculté des Sciences de la Terre. Université Badji Mokhtar – Annaba. 138P.
- **Khouildi Sayeh et Hamdi Mefteh** (2017). La gestion des déchets Industriels. Etude de cas Flash chemicals industry (FCI). Mémoire licence, Université de Ouargla. 47p
- **Laforest, Valérie, Bourgois, Jacques, et Hausler, Robert.** (2020). Traitements chimiques et physico-chimiques des rejets industriels dangereux liquides.

- **Lantzy, R.J. et Mc Kenzie, F.T.,** (1979). Atmospheric trace metals: global cycles and assessment of man's impact. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 43: 511-523.
- **Lembrouk Lillia** (2012). Impact de la pollution industrielle générée par l'Électro-Industries d'Azazga et l'Entreprise Nationale des Industries Electro-Ménagères d'Oued Aissi sur la faune du sol. Mémoire de Magister. Université de Tizi Ouzou. 140p.
- **Louai N.** (2009). Evaluation Energétique des déchets solides en Algérie : une solution climatique et un nouveau vecteur énergétique. Mémoire de Magister en physique énergétique. Faculté des sciences. Université El-hadj Lakhdar Batna. 152P.
- **Matías Miguel Salvarredy Aranguren** (2008). Contamination en métaux lourds des eaux de surface et des sédiments du Val de Milluni (Andes Boliviennes) par des déchets miniers. Approches géochimique, minéralogique et hydrochimique. Thèse de doctorat, l'université de Toulouse. 480p.
- **Moore, J.W. et Ramamoorthy, S.,** 1984. *Metals in Water, Sediment and Soil Systems.* Springer-Verlag, New York, 125 pp
- **Nriagu, J.O.,** 1979. Global inventory of natural and anthropogenic emissions of trace metals to the atmosphere. *Nature*, 279: 404-411
- **Nriagu, J.O.,** 1991. Human influence on the global cycling of trace metals. In: J.D. Farmer (Ed.), *Heavy Metals in the Environment.* CEP Consultants, Edinburgh, pp. 1-5.
- **Nriagu, J.O.,** 1996. A History of Global metal Pollution. *Science*, 272(april): 223-224
- **Phelan, J.M., Finnegan, D.L., Ballantine, D.S., Zoller, W.H., Hart, M.A. et Moyers, J.,** 1982. Airborne aerosols measurements in the quiescent plume of Mount St. Helen in September, 1980. *Journal of Geophysical Research*, 90(1093-1096).
- **Plumlee, G.S. et Ziegler, T.L.,** 2003. The medical geochemistry of dust, soils and other earth materials. In: B.S. Lollar (Ed.), *Environmental Geochemistry. Treatise on Geochemistry.* Elsevier-Pergamon, Oxford, pp. 264-310.
- **Sadowski A.** (2002). *TRAITEMENT DES EAUX USEES URBAINES.* Rapport lyonnaise des eaux
- **SEI.** (2006). *Comment réduire les impacts sur l'environnement.* Ed SUEZ environnement industr
- iels. 25p.