

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE EPOPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université KASDI-MERBAH Ouargla

Faculté des Sciences Appliquées

Département de Génie des Procédés

DOMAINE : SCIENCES ET THCHNIQUES

FILIERE : GENIE DES PROCEDES

Spécialité : Génie des Procédés de l'environnement

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Thème :

Traitement Par Phytoremédiation Des eaux Industrielles de Haoud Berkaoui

Soutenu Publiquement le :

Présenté par :

Arif Radja

Baameur Nesrine

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Université	Qualité
Ahmed Bebba	Pr	KM Ouargla	Président
Ladjel segni	Pr	KM Ouargla	Encadreur
Chaouch	Pr	KM Ouargla	Examineur

Année universitaire : 2021/2022

Remerciements

A la fin de la réalisation de cette étude, nous remercions DIEU le tout puissant qui nous a donné la force, la volonté et la patience d'achever ce modeste travail.

Au terme de ce travail présenté dans le cadre de mémoire de fin d'études en vue l'obtention du diplôme de Master en « Génie des procédés de l'environnement », nous tenons tout d'abord à remercier le

Pr. SEGNI LADJEL, qu'a encadré notre mémoire de fin d'études pour son aide, pour le temps qu'il nous a consacré pour ses conseils avisés et pour son encadrement éclairé tout au long de la rédaction de la mémoire qui a contribué à alimenter notre réflexion.

Nous tenons à adresser nos sincères remerciements aux membres de jury

Nous tenons à adresser nos sincères remerciements au corps enseignants et aux administrateurs de la faculté des sciences appliquées spécialement le département de génie des procédés et le laboratoire de recherche de génie des procédés de l'Université de KASDI MERBAH OUARGLA, pour la richesse et la qualité de leur enseignement et qui font de grands efforts pour offrir à leurs étudiants une formation moderne vives Remerciements pour tout le monde.

Dédicaces :

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut... Tous les mots ne sauraient
Exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance... Aussi, c'est tout simplement

Que Je dédie ce mémoire fin d'étude... ?

Dédicace

À l'âme de notre professeur SAKHRI LAKHDER, vos conseils et vos orientations nous

Seront toujours utiles. Nous espérons que Dieu vous accorde sa miséricorde.

Dédicaces

A MA MERE : ARIF THOURAYA

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 ton 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 côtés pour me consoler quand il
Fallait. En ce jour mémorable, pour moi ainsi que pour toi, reçois ce travail en signe de ma
Vives reconnaissances et de ma profonde estime. Puisse le tout puissant te donner santé,
Bonheur et longue vie afin que je puisse te combler à mon tour.

Dédicaces

A MON PERE : ARIF IBRAHIM

Autant de phrases et d'expressions aussi éloquentes soient-elles 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 tu 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 nos très chers frères et sœurs, Puisse Dieu vous donner santé, bonheur, courage.

À tous ceux qui nous ont enseigné une lettre qui a toujours étendu notre fierté.

ARIF RADJA

A MA MERE : Bensaci Fatima

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 ton 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 côtés pour me consoler quand il Fallait. En ce jour mémorable, pour moi ainsi que pour toi, reçois ce travail en signe de ma Vives reconnaissances et de ma profonde estime. Puisse le tout puissant te donner santé,

Bonheur et longue vie afin que je puisse te combler à mon tour.

Dédicaces

A MON PERE : Baameur Ali

Autant de phrases et d'expressions aussi éloquentes soient-elles 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

tu 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 nos très chers frères et sœurs, Puisse Dieu vous donner santé, bonheur, courage.

À tous ceux qui nous ont enseigné une lettre qui a toujours étendu notre fierté.

Baameur Nesrine

ملخص:

يتمثل التحدي الرئيسي للصناعة والبيئة في تحسين عمليات الاستخراج وإزالة التلوث. تستخدم العديد من عمليات الفصل لإزالة التلوث ومعالجة النفايات الاستخراج الانتقائي لأنواع المشحونة. لا يؤدي استخدام النباتات المزيلة للتلوث إلى معالجة التصريفات الملوثة فحسب، بل يؤدي أيضاً إلى تغطية الخصائص السامة للملوثات.

تمت دراسة النباتات المزيلة للتلوث بشكل متزايد في السنوات الأخيرة، بسبب مجموعة واسعة من الملوثات التي يمكن أن تمتصها

بحكمة، سواء كانت معدنية أو عضوية، وبعضها لا يتوقف عند أي شيء. يتم اختيارهم حسب تراكيز وأنواع الملوثات المراد استخلاصها وحسب نوع التربة والظروف المناخية.

الكلمات المفتاحية: المعالجة بالنباتات، القصب، المياه الزيتية، الملوثات، حوض بركاوي

Résume :

L'enjeu majeur pour l'industrie et l'environnement est l'amélioration des procédés d'extraction et de décontamination. De nombreux procédés de séparation pour la dépollution et le traitement des déchets utilisent l'extraction sélective d'espèces chargées. L'utilisation de plantes dépolluantes conduit non seulement au traitement des rejets pollués mais aussi à la couverture des caractères toxiques des polluants. Les plantes dépolluantes sont de plus en plus étudiées ces dernières années, à cause de la gamme importante des polluants qu'elles peuvent judicieusement absorber, minéraux ou organiques, certaines ne reculent devant rien. Elles sont choisies en fonction des concentrations et des types des polluants à extraire, et en fonction du type de sol et des conditions climatiques.

Mots clés : Phytoremédiation,, Roseau, Eaux huileuses, HBK, Polluants.

Summary

The major challenge for industry and the environment is to improve extraction and decontamination processes. Many separation processes for depollution and waste treatment use the selective extraction of charged species. The use of depolluting plants leads not only to the treatment of polluted waste but also to the coverage of the toxic characteristics of pollutants. depolluting agents have been studied more and more in recent years, because of the large range of pollutants that they can judiciously absorb, mineral or organic, some stop at nothing. They are chosen according to the concentrations and types of pollutants to be extracted, and according to the type of soil and climatic conditions

Keywords: Phytoremediation, Reed, Oily water, HBK, Pollutants

Sommaire

Remerciements	I
Dédicaces :	III
: ملخص	Erreur ! Signet non défini. VII
Résumé :	VVII
Summary	VII
Sommaire	VIII
Liste des figures	IXII
Introduction	1

CHAPITRE I : PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT A HBK

1-1-Historique :	3
1-2-Situation géographiques:	3
I-3-Présentation générale de la région HBK:	3
I-4-Descriptif du champ de Haoud Berkaoui:	5
II. Protection de l'environnement a Haoud Berkaoui:	5
1 1. Le procède de déshuilage:	6
2. Définition et fonctionnement des équipements	7
2.1- Ballons de flache:	7
2.2-Bac tampon : S-101	8
2.3-Cuve C.P.I (Corrugated Plate Interceptor /intercepteur a tôle gaufrée):	9
2.4-La cuve de floculation : S-103	10
2.5- Cuve de flottation : S-104(avec saturation par air comprime)	11
2.7-Cuve à boues : S-107	12
2.8- Cuve d'huile : S-108	12
2.9-Cuve d'épaississement de boues :S-105	12
2.10- Centrifugeuse : MS-110	12
2.11- Décharge de boues : S-111 A/B/C	12
2.12- Station de préparation et dosage de la silice activée : SAC MS-112.1/2	13
2.13- Station de préparation et dosage du polyélectrolyte :	14

CHAPITRE II CHIMIE VERTE

I - La chimie verte :	16
2 -Définition de chimie verte :	17
3 -L'importance de la chimie verte:	17
4-L'historique de la chimie verte:	17
5-Les douze principes de la chimie verte:	17

CHAPITRE III LA PHYTORMEDIATION

I-1 -Introduction :	21
I-2-Définition de la phytoremédiation :	21
I-3- Principe de décontamination :	21
I-4-Procédés de phytoremédiation :	22
I-5- Avantages et limites de la phytoremédiation :	23
II-Le Roseau :	24
II-1- Définition :	24
II-2- Caractéristiques :	24
III-Effluent industrielle :	27
III-1- Définition :	27
III-2-Les différents types d'effluents :	27
III-3-L'importance de traitement des effluents industrielles :	28

PROTOCOLE EXPERIMENTAL

1-Mode opératoire de mesure matière en suspension MES:	32
Mode opératoire de densité :	34
La demande chimique en oxygène (DCO) :	35
4-1- Domaine d'application :	35
4-2-Principe et théorie :	35
4-3- APPAREILLAGE :	36
4-4- Mode opératoire(DCO):	36
II- Interprétation des résultats de traitement physico-chimiques des eaux industrielles :	39
Conclusion générale :	41
REFERENCES_BIBLIOGRAPHIQUES	42
ANNEXES	46

Liste des figures

Figure 1: Station de deshuilage de Haoud-Berkaoui	6
Figure 2:: Ballons de flasch	7
Figure 3: Bac tampon	8
Figure 4: S-102	9
Figure 5: La cuve de floculation : S-103	10
Figure 6: S-104(avec saturation par air comprime)	11
Figure 7: Station de préparation et dosage de la silice activée SAC MS-112.1/2.....	13
Figure 8: une prise en compte multi - factorielle	16
Figure 9 : Les douze principes de la chimie verte	19
Figure 10:procèdes phytoremédiation	22
Figure 11: Le Roseau	24
Figure 12: les caractéristiques des Roseaux	25
Figure 13:Montage de technique de phytoremediation	25

Introduction

Introduction :

La phytoremédiation des eaux industrielles est une technologie qui s'adapte aux contextes climatiques, géologiques et socio-économiques Algérien. C'est un procédé d'épuration écologique, propre et non polluant qui repose sur des écosystèmes dans lesquels les végétaux ainsi que l'utilisation des énergies renouvelables prennent une place importante [1].

Le procédé que nous décrivons utilise généralement l'écoulement gravitaire des eaux et ne nécessite généralement pas d'apport en énergie supplémentaire. Sur l'aspect financier, cette technologie se positionne parmi les moins chères sur le marché [8], relativement peu onéreux, et avec un rendement économique amélioré grâce à l'utilisation de la biomasse végétale produite, qui constitue une alternative crédible pour le traitement des eaux usées [2]. La biomasse obtenue peut être utilisée par compostage et constitue de ce fait une matière organique d'excellente qualité et non polluante pour l'agriculture [3]. À cet égard, les eaux sortant des filtres végétalisés sont toujours de qualité acceptable à alimenter un réseau d'irrigation pour des cultures céréalières [4], industrielles et fourragères, des pâturages et des plantations d'arbres. Les effluents industriels ont toujours été un problème grave qui trouble l'État et une cause majeure de pollution de l'environnement [4], nous visons donc principalement dans cette étude à rendre les techniques d'épuration des eaux usées industrielles peu coûteuses et respectueuses de l'environnement [5]. Ce mémoire de fin d'études est organisé comme suit:

- Le premier chapitre, nous avons présenté la zone d'étude HAUD BERKAOUI,
- Le deuxième chapitre nous avons abordé le concept de chimie verte,
- Le chapitre trois est réservé aux généralités sur la phytoremédiation,
- Le chapitre quatre est consacré aux problèmes des effluents industriels et leur conséquence sur l'environnement.
- Partie pratique
- Conclusion

CHAPTRE I
**PRESENTATION DE LA ZONE
D'ETUDES**
Haoud-Berkaoui

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA REGION DE HBK

1-1-Historique :

Les études géologiques réalisées à Ouargla ont permis de connaître l'existence de deux importantes structures appelée Haoud Berkaoui (HBK) et Benkahla. En mars 1965, un gisement d'huile fut localisé dans la série inférieure de Trais Argilo Gréseux (TAG), plus exactement à Haoud Berkaoui, par la compagnie CFP (compagnie française du Pétrole).

En mars 1967 le champ de Haoud Berkaoui commence à produire, il ramenait au début des qualités d'huile satisfaisantes qui ont atteint en septembre de la même année un volume de 3684 m³/jour.

1-2-Situation géographique :

La région de Haoud Berkaoui est parmi l'une des principales zones de production de la province triasique en Algérie, elle fait partie du bassin d'Oued Mya que se situe au Nord du Sahara Algérien et dont la configuration est celle d'une dépression orientée NE-SO.

La région de Haoud Berkaoui fait partie du bloc 483 situé au Nord de la dépression, elle est localisée à

- 772 Km environ au sud-est d'Alger.
- 100 Km à l'Ouest de Hassi Messaoud.
- 30 Km sud-ouest d'Ouargla.

Elle s'étend sur une superficie de 1600 km³.

I-3-Présentation générale de la région HBK :

La direction régionale de HBK est issue de la décentralisation du district de Hassi Messaoud en 1976, la région de Haoud Berkaoui se compose de trois principaux centres de production, Haoud Berkaoui, Guellala et Benkahla, ils renferment les accumulations d'huiles essentielles de cette zone.

Parmi les autres champs constituant la périphérie de cette région figure :

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude HOUED-BERKAOUI

Draa-El Tamra (DRT), Mellala, Heneit El Baida (HEB), beb-el-hattabat, (HBT), Mokh-el-Agroub, Guellala nord-est (GALE), N'goussa, Sahane, Takhoukht, Boukhazana et Ouarsenis.

La région de Haoud Berkaoui produit de pétrole brut, en outre la production d'huile a augmenté ces dernières années dans la région. La récente découverte du champ de Benkahla Est (juillet 1999) par le biais du puits BKHEI a mis en évidence une importante accumulation d'huile.

A ce jour elle a exploité 159 puits répartis sur l'ensemble des champs dont :

- 104 puits producteurs d'huile (PPH) dont : 73 puits en gaz lift et 31 éruptif.
- 27 puits production d'eau (PPE).
- 28 puits injection d'eau.

La production cumulée depuis l'origine est de 97 millions m³ pour des réserves globales en place de 472 millions m³. Toutes les quantités d'huiles et de gaz récupéré sont acheminées vers les différents centres de production de la région.

Il existe deux centres principaux de production situés à Haoud Berkaoui et Guellala et trois centres satellites à (BKH), (GLANE) et (DRT).

Les activités principales de la région (HBK) se résument essentiellement en :

- La production du brut.
- La récupération de gaz torché (gas-lift, GPL, gaz de vente, condensât).
- L'injection d'eau.

Les fonctions techniques sont assurées par les divisions suivantes :

1. Division Engineering et production (EP).
2. Division Exploitation (EXP).
3. Division Maintenance
4. Division Réalisation.
5. Division Approvisionnement et Transport.
6. Division Sécurité.

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude HOUED-BERKAOUI

Les fonctions administratives sont assurées par les divisions suivantes :

1. Division personnelle.
2. Division Finance.
3. Division Intendance.

I-4-Descriptif du champ de Haoud Berkaoui :

Sur une superficie de 175 Km², ce champ découvert en 1965 a été mis en production en janvier 1967. Le centre de production HBK se compose :

- D'une unité de séparation d'huiles avec capacité de 8000m³/jour d'une autonomie de stockage de 13000 m³
- D'une unité de boosting gaz de (01) million m³/jour, les unités de boosting ont pour but de comprimer les gaz basse pression (BP), moyenne pression (MP) et haute pression (HP) et les expédier vers l'unité de gaz (UTG) à Guellala (GLA). Les gaz (HP),(MP)et (BP) sont récupérés à partir des lignes de torchées existantes
- Une station d'injection d'eau à raison de 6000 m³/jour.

II. Protection de l'environnement a Haoud Berkaoui :

Dans le cadre de la mise en application de la politique de l'entreprise relative à la protection de l'environnement, la direction régionale Haoud Berkaoui s'est attelée très tôt à la mise en œuvre d'un programme ambitieux visant à éliminer sinon réduire au maximum tous les impacts environnementaux significatifs liés à ses activités et services.

Pour répondre au volet le plus urgent, à savoir, le traitement des eaux usées domestiques et des eaux de rejets industriels, deux grands projets ont été lancés :

- La légalisation des unités de traitement des eaux de rejets industriels.
- La légalisation d'une station d'épuration des eaux usées domestique.

Et ce afin de :

- Éviter la prolifération des maladies à transmission hydrique.
- Protéger la nappe phréatique.AG.

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude HOUED-BERKAOUI

- Éviter les désagréments pouvant altérer récepteur (sol, plantation, population).
- Se conformer à la législation et réglementation l'environnement. matière de protection de Station de déshuilage de Haoud-Berkaoui .



Figure 1: Station de déshuilage de Haoud-Berkaoui

1 1. Le procédé de déshuilage :

En générale les eaux produites avec le brut, ainsi que les eaux de rejets des usines de traitement de gaz et de raffineries contenir des hydrocarbures, des particules solides et des matières en suspension.

L'élimination des hydrocarbures et des matières en suspension (MES) est effectuée par des méthodes purement physiques telles que la séparation CPI (différence de densité), la décantation, la filtration, la centrifugation...

Néanmoins les particules fines qui se comportent comme une suspension colloïdale se maintiennent et particules une séparation par dosage chimique (floculation). Cette dernière consiste à neutraliser la suspension colloïdale par addition d'un électrolyte qui provoque l'agglomération des particules fines et par conséquent leur floculation.

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude HOUED-BERKAOUI

La capacité de traitement de station de déshuilage de Haoud-Berkaoui est de 100m³/h...

La teneur en hydrocarbure dans l'eau traité de 5% volumique de la charge. La teneur en huile résiduelle dans l'eau traitée est inférieure ou égale à 10ppm.

L'huile récupérée est recyclée par les pompes p-104 A/B a raison de 100m³/h les matière solides sont récupérées sous forme de boues liquides qui seront traitées une fois par semaine, déshydratés et envoyées à l'extérieur du hangar par une pelleteuse puis envoyées et enterrées dans des tranchées de décharge de boues imperméables réalisées à cet effet.

L'huile surnageant est récupérée par le déshuileur à disques rotatifs (discoil 2) MS-126 à 5m³/h et 4 bars puis envoyées vers la cuve d'huile S-108.

2. Définition et fonctionnement des équipements

2.1- Ballons de flasch :

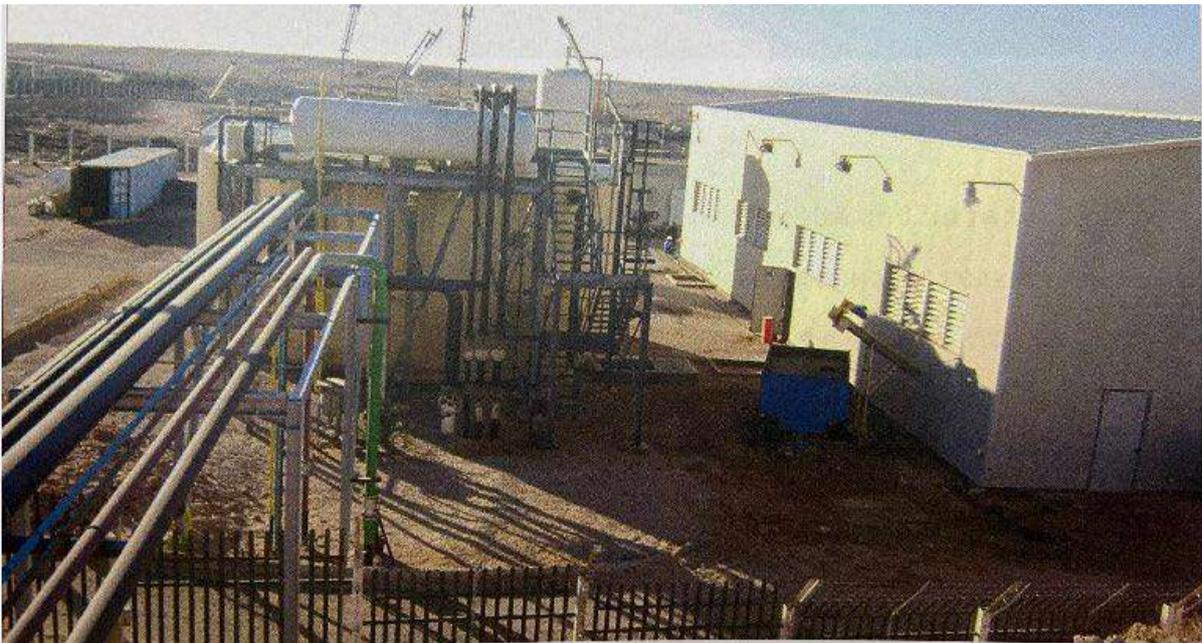


Figure 2:: Ballons de flash .

Ce séparateur horizontal d'une capacité de 40m³/h recevra les eaux huileuses des séparateurs sur champs FWKO (Free Water Knock Out) et celle des séparateurs de l'unité de production HP-MP-BP. Les eaux huileuses dégazées à la pression d'un bar dirigées par gravité vers le bac tampon et le gaz dégagé sera brûlé à la torche.

2.2-Bac tampon : S-101

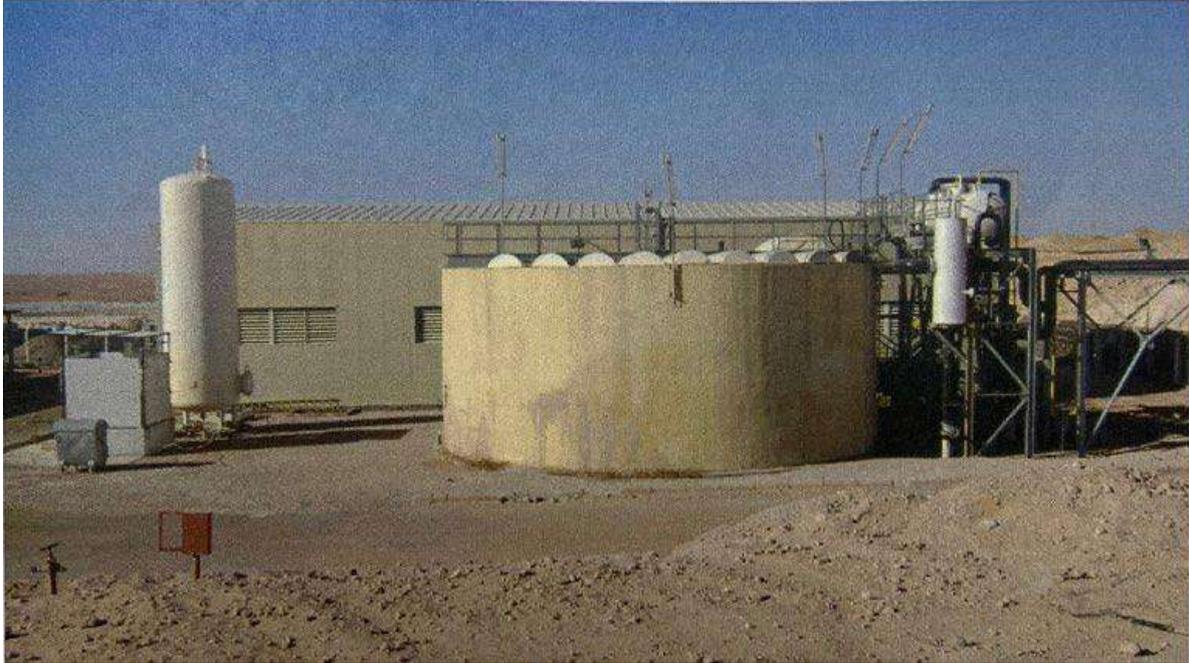


Figure 3: Bac tampon.

Le bac tampon d'une capacité de 500m³/h et d'un diamètre de 12m reçoit les effluents. Un racleur de boues MS-101 collecte les boues à envoyer vers la cuve à boues S-107 à travers la vanne automatique XV-101 réglée à s'ouvrir chaque huit heures pendant huit secondes.

L'huile surnageant est récupérée par le déshuileur à disque rotatifs (discoil 1) MS 106 à 5m³/h et 4bars puis envoyée vers la cuve d'huile S-108.

2.3-Cuve C.P.I (Corrugated Plate Interceptor /intercepteur a tôle gauffrée):

S-102

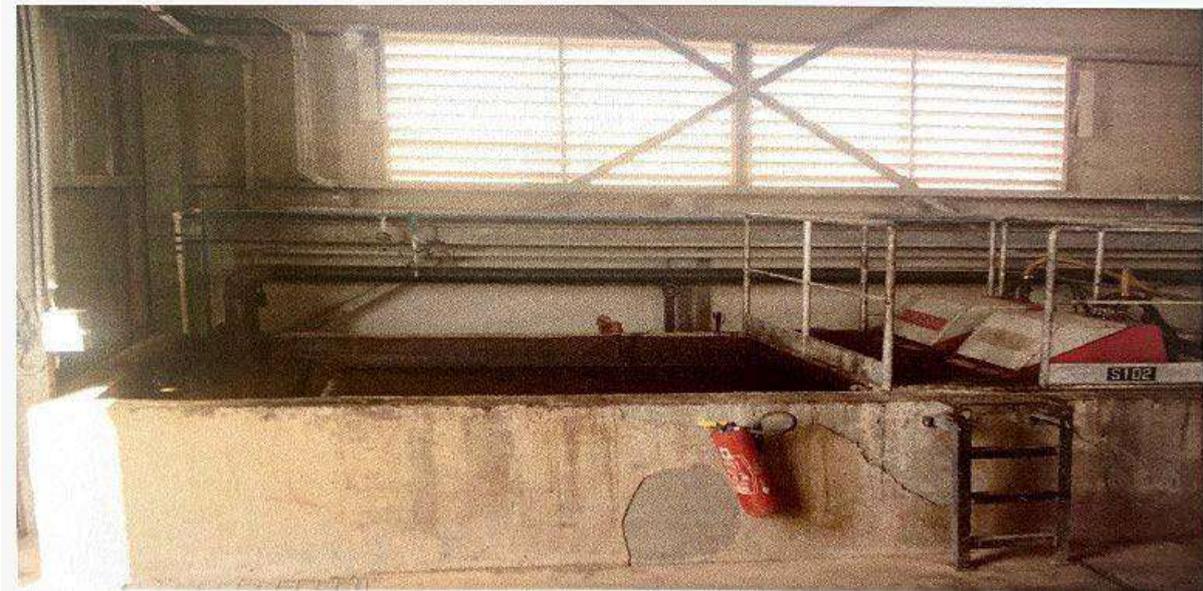


Figure 4: S-102

La cuve CPI d'une capacité de 30m³/h reçoit les effluents du bac tampon S-101, le drainage des eaux de la centrifugeuse S-110, les trop-pleins de l'épaiseur S-105 et l'eau, des boues P-107A/B. La séparation se fait au moyen de tôles gauffrées en PEHD entre l'eau, l'huile et les solides en suspension d'un diamètre supérieur ou égale à 60ppm. L'huile surnageant est récupérée puis envoyé par le déshuileur à disque rotatifs (Discoil-2) MS-107 a 5m³/h et 4 bars vers la cuve d'huile S-108, la boue est évacuée en gravitaire du fond de la cuve à travers la vanne automatique XV-102 réglée à s'ouvrir toutes les huit heures pendant huit secondes vers la cuve a boue S 107 et l'eau chargée en MES à la quelle est additionné un flocculant (la silice activée) à la sortie du CPI, est envoyée vers la floculation S-103. En cas de problèmes au niveau du traitement chimique l'eau débarrassée des hydrocarbures peut être envoyée vers la cuve d'eau traitée S-106 par l'ouverture de la vanne⁸".

2.4-La cuve de floculation : S-103



Figure 5: La cuve de floculation : S-103

La cuve de floculation d'une capacité de 15m reçoit l'effluent du S-102 auquel sont additionnés deux agents chimiques de floculation (silice activée et polyélectrolite), le première à l'entrée S-103(ou sortie CPI) et la deuxième à la sortie du flocculateur, ces deux agents chimiques sont fournis par les unités de dosage chimique MS-112 et MS-113 pour augmenter le pouvoir de traitement du flotteur S-104.

2.5- Cuve de flottation : S-104(avec saturation par air comprime)

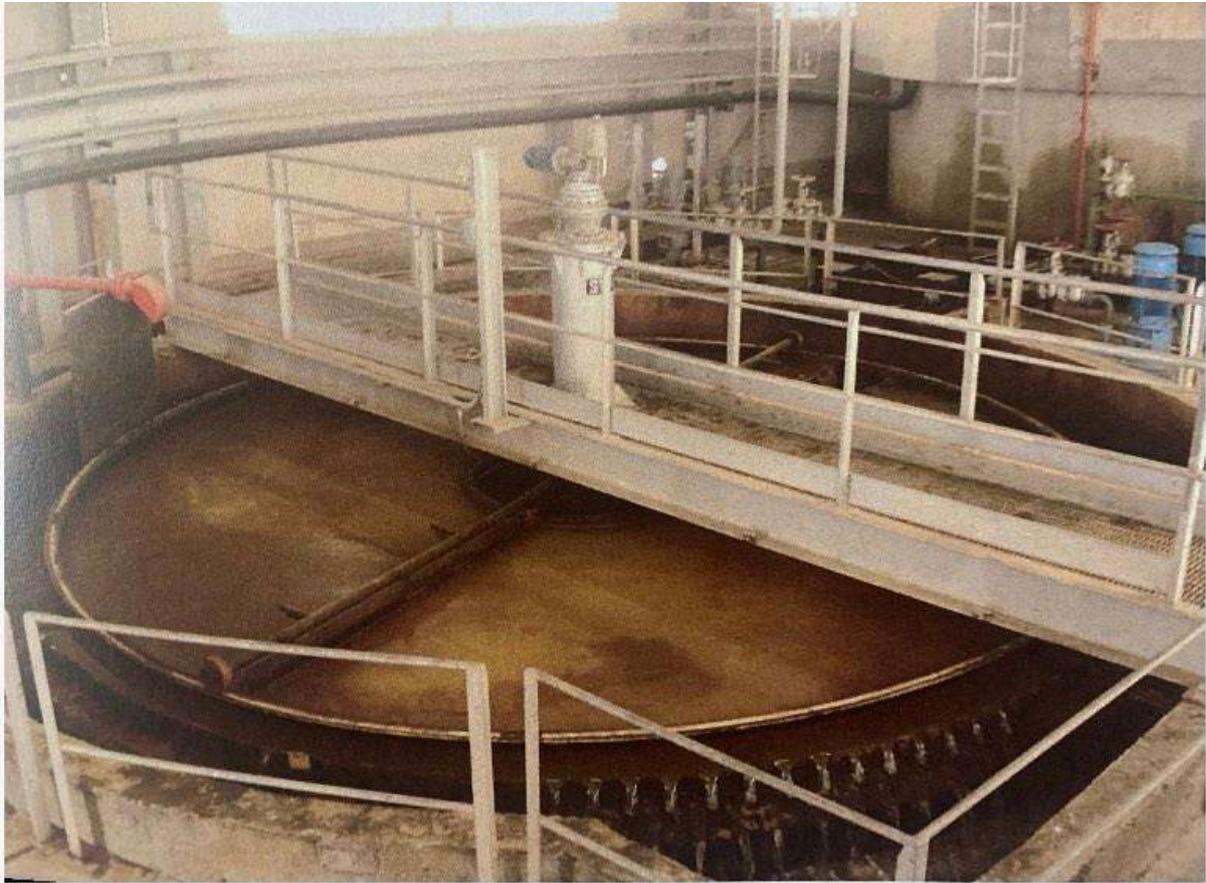


Figure 6: S-104(avec saturation par air comprime)

D'une capacité de 49m³ l'eau et de diamètre 5m l'eau arrive par gravité traitée est envoyée vers la cuve d'eau traitée S-106, les flocons sont raclés à la surface de l'eau vers la cuve à boue et la boue par la vanne automatique de fond XV-103 réglée et s'ouvrir toutes les quatre heures pendant douze seconds vers à boues également. 2.6- Cuve d'eau traitée : S-106 Cette cuve a une capacité de 34m³ et dimensions 2,5 x 5,5 x 2,5m. Elle se compose de deux compartiments, chaque compartiment est muni de deux pompes. Les P-101 A/B refoulant l'eau traitée vers l'extérieur à 60m³/h et 15bars. Les P-102 A/B recyclent une partie de l'eau traitée vers les ballons de saturation à air R-103 a30m³/h et 5bars, pour sortant de la cuve de floculation S-103, ceci favorise la montrée en surface des flocons et colloïdes (processus de flottation).

2.7-Cuve à boues : S-107

D'une capacité de 8m³ et de dimension 2 x 2,75 x 1,5m. Elle est alimentée à partir des vannes automatiques XV-101, XV-102 et XV-103 respectivement des fonds des S 101, S-102 et S-104. Ces boues sont pompées par les P-103A/B à 10 m³/h et 1,5bars vers l'épaississeur de boues S-105.

2.8- Cuve d'huile : S-108

D'une capacité de 11m³/h et de dimension 2 x 2,75 x 2m, cette cuve est alimentée par les discoil MS-106 et MS-107 respectivement du bac tampon S-101 et de CPI S 101 L'huile récupérée est recyclée par les pompes P-104A/B a 10m³/h et à la pression de 2bars au pieds de bacs R22, R23, sous l'action automatique des interrupteurs de niveau LSHI-109/110

2.9-Cuve d'épaississement de boues :S-105

Les boues issues des différentes cuves sont rassemblées dans la cuve S-107 puis pompées par les P-103A/B à 10m³/h et 1,5 bars vers l'épaississeur de boue S-105 dans lequel le racleur MS-105 assure l'homogénéité de la concentration des boues à envoyer vers la centrifugeuse MS-110 par les pompes Mono P-105A/B à 6m³/h et 2,5 bars pour être déshydratées.

2.10- Centrifugeuse : MS-110

Les boues auxquelles sont ajoutés les deux agents de dosage de floculation de boues, sont déshydratées à la centrifugeuse puis récupérées par la pelleteuse à 4m³/h et envoyée à l'extérieur du hangar H-101pour être ensuite enlevées par une pelle mécanique et enterrés dans des tranchées imperméables S-111A/B/C spécialement construites à cet effet.la station de déshuilage sera by-passée au besoin vers bournier dans les cas de fonctionnement anormal et d'arrêt programmé.

2.11- Décharge de boues : S-111 A/B/C

Les boues produites seront enlevées au fur et à mesure, elles seront mises sur des bâches en PEHD dans des tranchées aménagées en béton, L'eau drainée par les conduites en

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude HOUED-BERKAOUI

PVC de diamètre 100mm est envoyée par gravité dans la cuve S-110 pour être recyclée vers le PCI par les pompes p-106A/B. Les tranchées S-11A/B/C sont réalisés en parallèle et de dimension 30cm chacune pour deux ans de protection de boues déshydratées environ 219x2-438m³. D'autres tranchées seront réalisées avant le remplissage total des trois tranchées S-11A/B/C.

2.12- Station de préparation et dosage de la silice activée : SAC MS-112.1/2

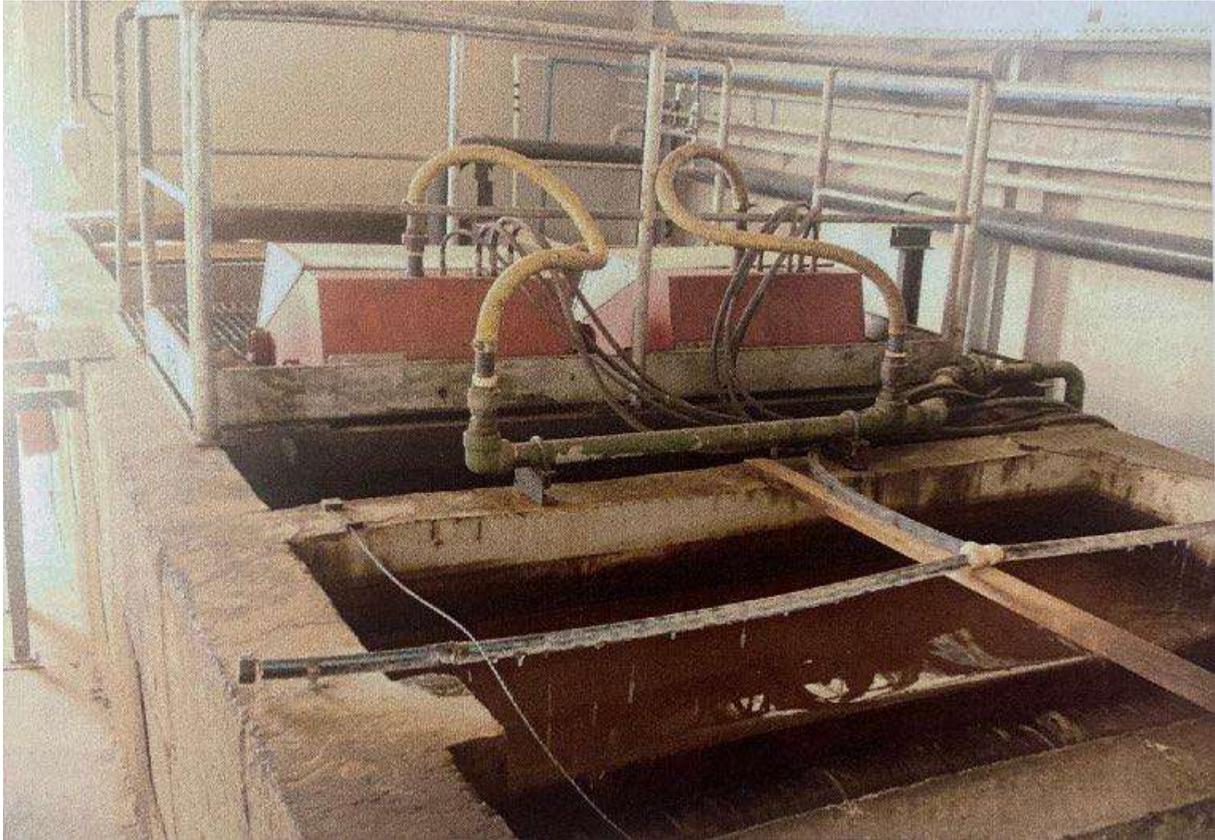


Figure 7: Station de préparation et dosage de la silice activée SAC MS-112.1/2

Elle comporte le stockage de réactifs, la dilution et le mélange, préparation et dosage pour une autonomie de trois mois. L'acide sulfurique (H_2SO_4) et silicate de sodium (Na_2SiO_3) sont dilués séparément dans la cuve S-112/2 et S-112/2. Ensuite les deux produits se dirigent vers la cuve S-112/3 qui se compose de trois compartiments reliés entre eux par siphons :

- Cuve de réaction
- Cuve de maturation

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude HOUED-BERKAOUI

- Cuve tampon

Trois agitateurs MS-118,119,120 assurent la circulation du compartiment de réaction vers celui de maturation puis de tampon. La silice activée préparée (SAC) est pompée à débit maxi de 360l/h vers la cuve de floculation S-103 et (la centrifugeuse MS-110).

2.13- Station de préparation et dosage du poly électrolyte :

MS-113.1/2

Le poly électrolyte kurifix est fourni en poudre dans des sacs 15kg, il est versé dans une trémie de 50l de capacité, puis à l'aide d'une pelleuse de dosage-il, est envoyée dans une créchées dilution, ensuite dans le premier compartiment de réaction, il passe dans le compartiment de maturation et enfin dans la cuve tampon. Deux pompes MP-112/113 effectuent le dosage du 1 poly électrolyte préparé à un débit de 271 l/h max

CHAPTER II

CHIMIE VERTE.

CHAPITRE II : CHIMIE VERTE

I – Interdiction :

La chimie verte est un ensemble de principes qui ont pour but de réduire ou d'éliminer l'utilisation ou la génération de substances dangereuses émanant des processus de design, de fabrication et d'application de produits chimiques. Ces principes, au nombre de 12 "Les 12 Principes de la Chimie Verte", sont décrits ici et des exemples sont donnés pour que nos chercheurs, industriels et universitaires, l'adoptent comme une ligne de conduite au laboratoire, une règle d'éthique voire même un "Sermon d'Hippocrate" pour les Chimistes.

Il a aussi pour but d'attirer l'attention des personnes travaillant dans des laboratoires sur les concepts suivants : minimiser les déchets à la source ; maximiser l'efficacité de l'atome ; réduire l'utilisation de réactifs toxiques ; conserver l'énergie et accroître l'utilisation de ressources renouvelables. Le Dr. Terry Collins, Professeur de Chimie à Carnegie Mellon Université, avait l'habitude de dire : "La chimie doit jouer un rôle important pour maintenir une civilisation durable sur terre". Pour montrer cela, des exemples de composé verts sont présentés et discutés dans cet article. Mots Clés : Chimie verte ; matériaux biodégradables ; carburants du futur .

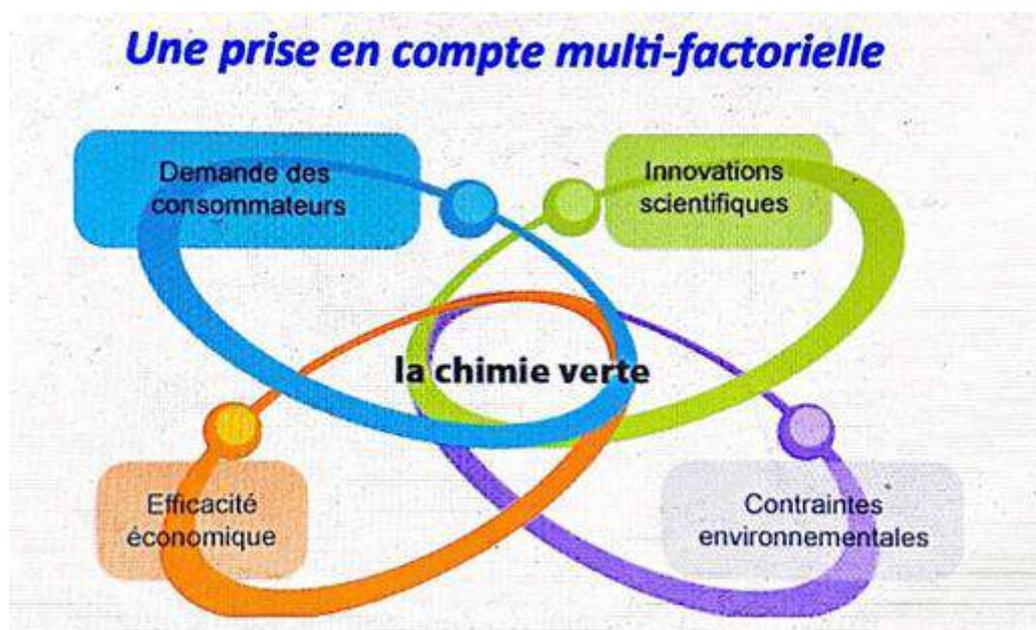


Figure 8: une prise en compte multi - factorielle

2 -Définition de chimie verte :

La chimie verte, appelée aussi chimie durable ou chimie écologique ou chimie renouvelable, prévoit la mise en œuvre de principes pour réduire et éliminer l'usage ou la génération de substances néfastes pour l'environnement.

3 -L'importance de la chimie verte :

Elle intègre l'optimisation de l'efficacité et du coût énergétique des procédés, l'économie et le recyclage de matières premières et des sous-produits des réactions chimiques, la réduction des déchets ultimes et de l'impact sur la santé de l'Homme et sur l'environnement. 13 mars 2015 .

4-L'historique de la chimie verte :

Lancé au début des années 1990, ce concept est introduit en 1998 par les chimistes américains Paul Anastase et John C. Warner, appartenant à l'EPA (United States Environmental Protection Agency).

5-Les douze principes de la chimie verte :

Les douze principes de la chimie verte comprennent prévention des déchets, économie d'atomes, conception de méthodes de synthèse moins dangereuses, conception de produits chimiques plus sûrs, solvants et auxiliaires moins polluants, recherche du rendement énergétique, utilisation de ressources renouvelables, réduction...

➤ Prévention :

il vaut mieux produire moins de déchets qu'investir dans l'assainissement ou l'élimination des déchets. Économie d'atomes : les synthèses doivent être conçues dans le but de maximiser l'incorporation des matériaux utilisés au cours du procédé dans le produit final.

➤ Synthèses chimiques moins nocives :

Lorsque c'est possible, les méthodes de synthèse doivent être conçues pour utiliser et créer des substances faiblement ou non toxiques pour les humains et sans conséquences sur l'environnement.

➤ Conception de produits chimiques plus sécuritaires :

Les produits chimiques doivent être conçus de manière à remplir leur fonction primaire tout en minimisant leur toxicité.

➤ Solvants et auxiliaires plus sécuritaires :

Lorsque c'est possible, il faut supprimer l'utilisation de substances auxiliaires (solvants, agents de séparation.) ou utiliser des substances inoffensives.

➤ Amélioration du rendement énergétique

Les besoins énergétiques des procédés chimiques ont des répercussions sur l'économie et l'environnement dont il faut tenir compte et qu'il faut minimiser. Il faut mettre au point des méthodes de synthèse dans les conditions de température et de pression ambiantes.

Lorsque la technologie et les moyens financiers le permettent, les matières premières utilisées doivent être renouvelables plutôt que non-renouvelables. Réduction de la quantité de produits dérivés : lorsque c'est possible, toute déviation inutile du schéma de synthèse (utilisation d'agents bloquants, protection/ déprotection, modification temporaire du procédé physique/chimique) doit être réduite ou éliminée.

➤ Catalyse :

Les réactifs catalytiques sont plus efficaces que les réactifs stœchiométriques. Il faut favoriser l'utilisation de réactifs catalytiques les plus sélectifs possibles.

➤ Conception de substances non-persistantes :

Les produits chimiques doivent être conçus de façon à pouvoir se dissocier en produits de dégradation non nocifs à la fin de leur durée d'utilisation, cela dans le but d'éviter leur

persistance dans l'environnement. Analyse en temps réel de la lutte contre la pollution : des méthodologies analytiques doivent être élaborées afin de permettre une surveillance et un contrôle en temps réel et en cours de production avant qu'il y ait apparition de substances dangereuses.

➤ **Chimie essentiellement sécuritaire afin de prévenir les accidents :**

Les substances et la forme des substances utilisées dans un procédé chimique devraient être choisies de façon à minimiser les risques d'accidents chimiques, incluant les rejets, les explosions et les incendies



Figure 9 : Les douze principes de la chimie verte

CHAPTER III
GENERALITE SUR LA
PHYTOREMEDIATION

I-LA PHYTOREMEDIATION :**I-1 -Introduction :**

La phytoremédiation ne se résume pas seulement à un choix minutieux d'une plante épuratrice, mais aussi aux conditions d'existence de cette vie botanique, au terrain de dépollution empiriquement aménagé, et à un sol spécialement préparé.

L'utilisation couplée de la botanique et de la chimie a permis de mettre en évidence le rôle de certaines plantes dans le domaine de la phytoremédiation, et sur ce contexte et d'après une étude bibliographique approfondie ^[1], et d'après les types de polluants présents dans les rejets pétroliers, nous pouvons fixer notre travail sur une plante envahissante à rhizomes « le roseau commun » qui peut en plus de son caractère épurateur résister à des conditions climatiques extrêmes, dans un sol macroporeux dans un volume permettant la croissance de la plante et la dépollution maximale en fonction de la concentration du dépolluant.

I-2-Définition de la phytoremédiation :

La phytoremédiation est un ensemble de technologies utilisant les plantes pour réduire, dégrader ou immobiliser des composés organiques polluants (naturels ou de synthèse) du sol, de l'eau ou de l'air provenant d'activités humaines. Cette technique permet également de traiter des pollutions inorganiques, tels qu'éléments traces métalliques ou radionucléides .

I-3- Principe de décontamination :

les plantes vont soit absorber le contaminant pour le métaboliser ou le stocker, soit réduire voire empêcher la libération du contaminant dans d'autres compartiments de l'environnement (phytostabilisation). Le plus souvent, les composés organiques (xénobiotiques ou non) peuvent être dégradés et métabolisés pour la croissance de la plante. Le polluant est alors éliminé. Lorsqu'il s'agit de composés inorganiques polluants (métaux, métalloïdes ou radionucléides), il ne peut y avoir que phytostabilisation ou phytoextraction car ces types de polluants ne sont pas biodégradables.

I-4-Procédés de phytoremédiation :

Il existe 5 types de traitements différents de phytoremédiation :

- ✚ **La rhizofiltration II** : Il s’agit de la sorption^[1] des polluants par les racines ou les organismes vivant aux cotés de celles-ci.
- ✚ **La phytodégradation** : Dans ce procédé, les composés polluants sont stockés ou dégradés par la plante ou la rhizosphère de celle-ci.
- ✚ **La phytoextraction** : Ce processus de dépollution vise à absorber, transporter et accumuler des concentrations en contaminants métalliques (ETM) présent dans les sols. Par la suite, des plantes dites hyper accumulatrices vont les exporter hors d’un site au sein de leur biomasse.
- ✚ **La phytostabilisation** : Ce procédé a pour but de stabiliser et de diminuer la mobilité des polluants dans le sol grâce aux différentes caractéristiques de la plante.
- ✚ **La phytovolatilisation** : lors de celle-ci, les polluants sont absorbés par la racine et ensuite relâchés par les feuilles dans l’atmosphère.

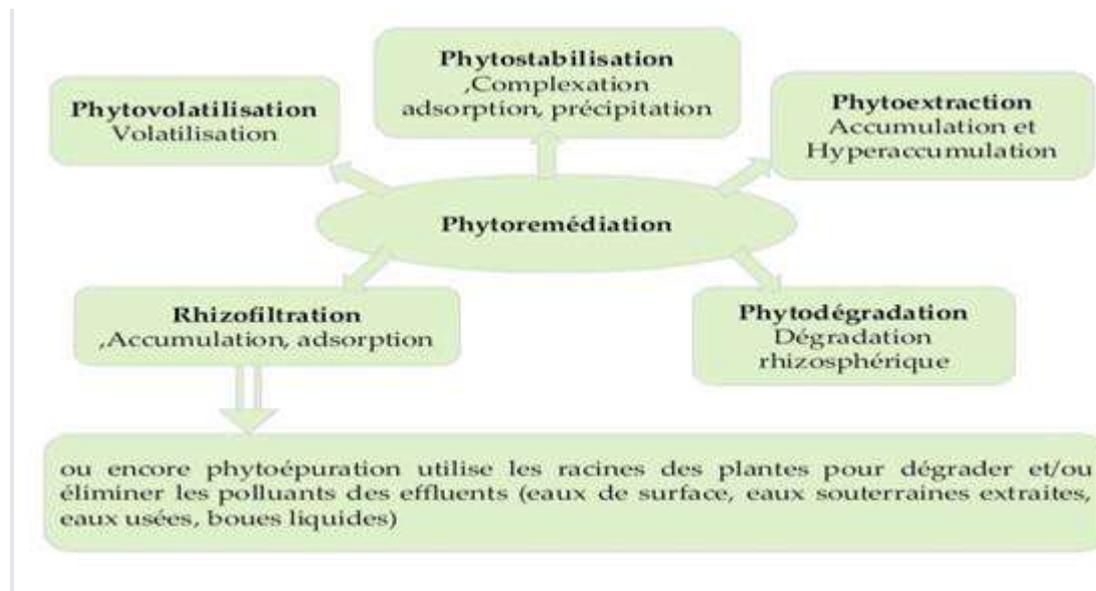


Figure 10: Procès phytoremédiation

I-5- Avantages et limites de la phytoremédiation :

Plusieurs avantages et inconvénients attribuables à la phytoremédiation sont détaillés dans la section suivante :

Avantages :

- Économique
- In situ
- Versatile
- Socialement acceptable
- Durable
- Services écosystémiques
- Enrichissement de la biodiversité
- Conservation de la structure et des propriétés des sols
- Meilleure esthétique visuelle des sites

Limites :

- Travaux à long terme
- Inapproprié aux fortes contaminations
- Contact nécessaire avec les racines
- Nécessité de biodisponibilité des contaminants
- Besoin d'espace
- Risque de contamination de la chaîne alimentaire
- Efficacité variable
- Défis réglementaires

II-Le Roseau :**II-1- Définition :**

Le roseau commun est une plante vivace, originaire d'Eurasie. La tige est dressée et mesure de 1,5 à 2,5 m de hauteur, elle peut atteindre 4 m. Elle n'est pas ramifiée et persiste durant l'hiver. Des stolons se développent à partir de tiges tombées au sol ou à partir de rhizomes.

II-2- Caractéristiques :

Le roseau est une plante vivace, rarement une plante annuelle à rhizome ou raccourcie. Diffère dans les tiges feuillues ou trièdres. Le feuillage est souvent écaillé. Les inflorescences peuvent consister en un, plusieurs ou plusieurs bras rotatifs. Les fleurs sont bisexuées.

Plusieurs espèces de plantes peuvent être utilisées mais les roseaux (de type *Phragmites australis*), par leur résistance aux conditions rencontrées (longue période submergée du filtre, périodes sèches, fort taux de matières organiques), et la rapide croissance du chevelu de racines et rhizomes, sont les plus souvent utilisés dans les climats tempérés [3]. La densité de plantation est de 4 plants/m².

- ✓ Capacité d'accumulation Totale
- ✓ Durée de vie
- ✓ Conditions d'entretien
- ✓ Accumulation annuelle

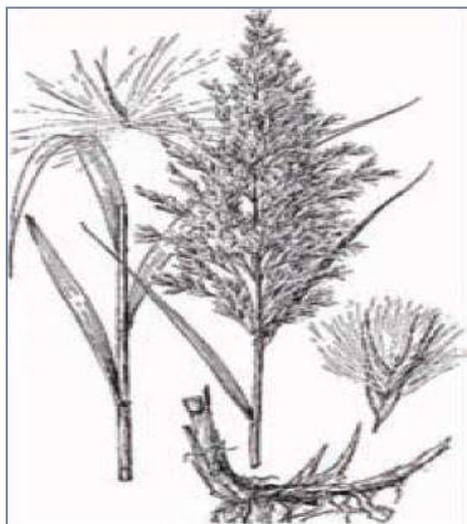


Figure 11: Le Roseau

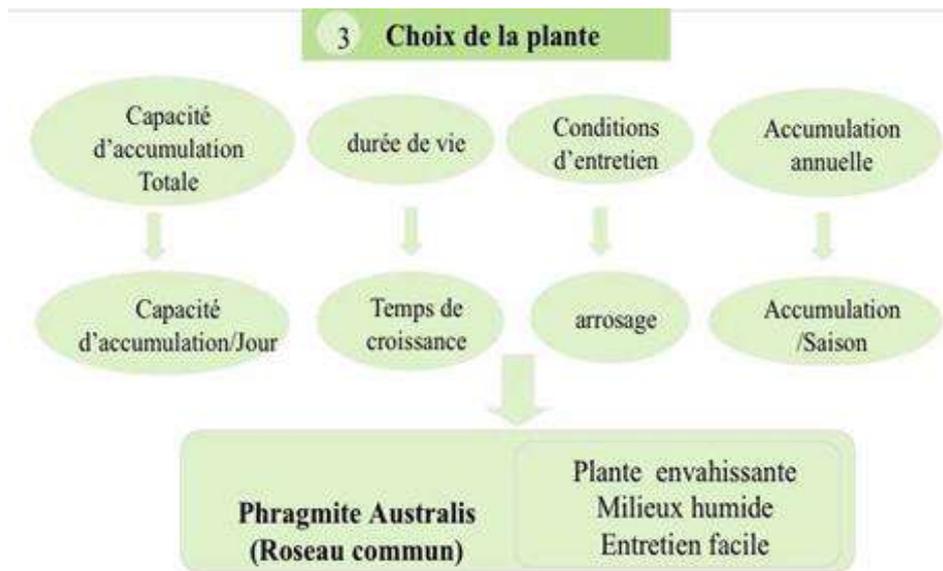


Figure 12: les caractéristiques des Roseaux.

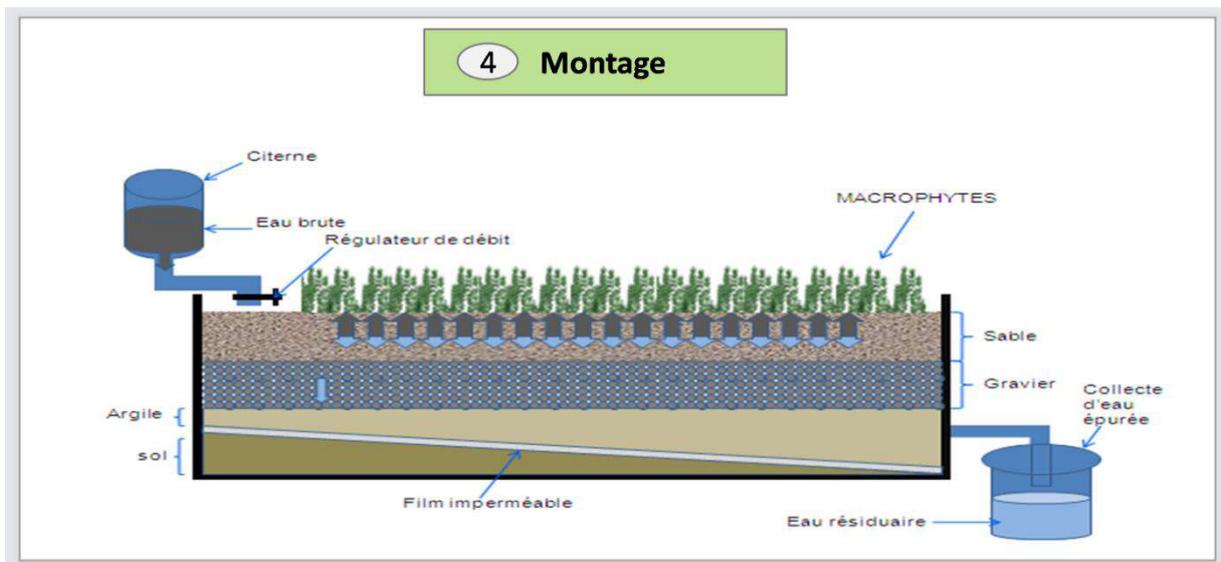


Figure 13:Montage de la technique de phytoremédiation

CHAPITRE IV :
EFFLUENT INDUSTRIELLE

I-Effluent industrielle :**I-1- Définition :**

Un effluent désigne le fluide résiduaire d'origine industrielle, issu du secteur de l'agroalimentaire, de la chimie et pétrochimie, de la métallurgie, du secteur pharmaceutique ou cosmétique, mais aussi de l'industrie minière de l'aéronautique, automobile ou du transport ferroviaire. Pour les rejets domestiques, l'épuration des eaux usées est nécessaire. Mais l'extrême diversité des eaux résiduaires industrielles (ERI) nécessite une intervention propre à chaque type d'industrie via des procédés spécifiques.

I-2-Les différents types d'effluents :**Quatre grandes catégories de rejet peuvent être distinguées dans L'industrie :**

- Les effluents de fabrication La plupart des procédés industriels engendrent des rejets polluants qui proviennent du contact de l'eau avec des gaz, liquides ou solides. Ces rejets sont soit continus, soit discontinus. La présence de bassins d'homogénéisation est donc indispensable.
- Les effluents particuliers Certains effluents sont susceptibles d'être ségrégés afin de subir un traitement spécifique. La récupération de matières premières et/ou d'eau en fabrication est alors possible. Dans un second cas, ces effluents sont dirigés vers un bassin de stockage pour être réinjectés à débit pondéré dans le circuit de traitement, après avoir subi au besoin un prétraitement. C'est le cas des bains de décapage et galvanoplastie ; soudes usées ; eaux ammoniacales de cokerie ; condensats de papeterie, « eaux mères » des industries agroalimentaires et chimiques ; rejets toxiques et rejets concentrés.
- Les effluents des machines Ce sont les fluides qui découlent des cuves et tuyauteries comme les eaux de vannes, les eaux de chaufferie comme les purges de chaudière ou de réfrigération, ou encore les boues du traitement des eaux d'appoint.
- Les rejets occasionnels Il s'agit de tout fluide qui survient suite à une fuite accidentelle de produits lors de la manutention ou du stockage des eaux de lavage de sols ou d'outils de production par exemple ; mais aussi des eaux polluées.

I-3-L'importance de traitement des effluents industrielles :

Selon le secteur industriel, les effluents peuvent être de différente nature. Ce peut être des eaux usées, mais aussi des huiles, des hydrocarbures, des polluants organiques (colorants, détergents, dérivés nitrés ou dérivés chlorés), des métaux ou des acides minéraux (acides chlorhydrique, nitrique, sulfurique...). Aussi, tous ces éléments ne réagissent pas de la même manière. Il faut séparer les matières flottantes (graisses, hydrocarbures aliphatiques, goudrons, huiles organiques, résines...) des matières en suspension (sables, oxydes, hydroxydes, pigments, soufre colloïdal, latex, fibres, adjuvants de filtration...). Or, ces effluents peuvent avoir des impacts non négligeables sur l'environnement et sur la santé publique. Le traitement des eaux usées est donc crucial car il permet aux industries de s'assurer que leur activité ne porte pas atteinte au milieu naturel. La particularité des rejets industriels est leur diversité. Il est donc nécessaire d'adapter les procédés de traitement à chaque industrie. Le traitement de ces effluents répond à un cadre juridique strict. L'exploitant doit s'assurer classées du bon fonctionnement de ses matériels d'analyse en faisant effectuer périodiquement ses mesures par un organisme extérieur compétent. L'inspecteur des installations peut également procéder à des contrôles inopinés des rejets par un organisme indépendant. Mais au-delà du respect pur des normes et règlements, il est conseillé à toute entreprise d'optimiser son installation afin de réduire ses coûts de fonctionnement. Parfois les résidus de dégradation des eaux demandent un traitement très coûteux : c'est le cas de l'élimination des boues issues du traitement des effluents qui représente une part importante du budget consacré à l'environnement. Il est possible de sous-traiter cette gestion à une société spécialisée qui proposera diverses technologies disponibles comme les procédés physico-chimiques, l'évapo-concentration, la centrifugation, le traitement membranaire ou l'épuration biologique.

Protocole Expérimental

Le but de notre travail est d'étudier l'optimisation traitement par phytoremédiation des eaux industrielles qui engloba la proposition de quelques solutions pour améliorer la qualité de eaux à traiter en fin de traitement.

Au cours de l'exposition, nous sommes passés par deux étapes principales La première étape :

Le prétraitement (le dégraissage et déshuilage) : élimination des graisses les huiles et résidu d'hydro carburant pour les réutiliser _ par flottation et des matières lourdes par décantation à l'utiliser des ampoule à décanter.





La deuxième étape : Mettez l'eau dans la citerne et Versé sur les plantes pour le début du traitement.

MODE OPERATOIRE :

1-Mode opératoire de mesure matière en suspension MES :

Les matières en suspension dites MES sont des particules solides insolubles présentes

Dans les eaux usées :

- On nettoie les coupelles et les filtres.
- On sèche à l'étuve pour enlever toute trace d'humidité.
- On prend des filtres en fibre de verre et on les pose à 0,1 mg près.
- On note les masses M_0 et on les identifie avec une balance de précision.
- On installe un filtre par entonnoir de filtration.
- On place les faces rugueuses en contact avec échantillon est partie lisse vers le bas.
- À l'aide d'une éprouvette, on verse un volume V (ml) d'échantillon d'eau usée (le volume dépend de la nature de l'échantillon)
- On rince l'éprouvette avec de l'eau distillée.
- On transfère ce volume V dans l'entonnoir.

10. On rincer l'éprouvette avec de l'eau distillée pour la récupération de toutes les

Particules.

- On ouvre ensuite les robinets et on met la pompe à vide en fonctionnement.

_ une fois que tout nous sommes passés à travers le filtre, on rince les parois de

L'entonnoir avec de l'eau distillée et on arrête la pompe à vide.

- On retire les filtres avec une pince et on les place dans leur coupelle de support

Respective.

- On place les coupelles avec les filtres à l'étuve à 105 °C pendant 2h.
- Après 2h on passe à l'étuve, on sort les coupelles avec les filtres et on laisse

Refroidir dans le dessiccateur.

- On pose à nouveau les filtres et on note la masse M_1 .
- La concentration en matière en suspension est obtenue avec la différence de masse

M1 en mg x 1000, le tout divisé par le volume d'échantillon filtré en (L).

$$C \text{ (mg/l)} = [(M_{\text{plat+éch}}(\text{mg}) - M_{\text{plat}}(\text{mg})) * 100] / V(\text{ml}) \quad (1)$$

$M_{\text{plat+éch}}$ = masse du plat d'aluminium contenant le filtre et les matières après séchage à 105 °C.

M_{plat} = masse du plat d'aluminium contenant le filtre après conditionnement et avant la filtration.

V = volume d'échantillon prélevé



Mode opératoire de mesure de pH :

- Le pH-mètre est étalonné avant chaque campagne de mesures avec 3 solutions

Tampon. Selon les mesures à effectuer, on étalonne par une solution

* de pH=4 pour faire des mesures en milieu acide, puis une solution * de pH=7 et

Une solution de pH=11 pour des mesures en milieu basique.



Mode opératoire de densité :

Les étapes sont :

- ✓ Pesage de l'échantillon et consignation de la température dans le pycnomètre.
- ✓ Correction du volume du pycnomètre en fonction de la température :

Calcul du volume réel du pycnomètre à la température de l'échantillon, avec la formule suivante :

$$\text{Volume} = \text{Vol pyc} \times (1 + T_s - T_{\text{réf}}) \gamma \quad (2)$$

Vol pyc = volume certifié du pycnomètre à la température de référence

γ = coefficient de dilatation cubique/°C du pycnomètre

T réf = température de référence pour l'étalonnage du pycnomètre

T s = température corrigée de l'échantillon.

3. Calcul de la masse volumique de l'échantillon.



La demande chimique en oxygène (DCO) :

4-1- Domaine d'application :

La demande chimique en oxygène (DCO) est la consommation en oxygène par les oxydants chimiques forts pour oxyder les substances organiques et minéraux de l'eau. Vue La gravité de la pollution dans un effluent peut être évaluée par la mesure du paramètre de la demande chimique en oxygène « DCO ». La DCO permet d'apprécier la concentration totale en matières biodégradables et non biodégradables aussi les matières minérales dissoute ou en suspension dans l'eau.

4-2-Principe et théorie :

La matière oxydable contenue dans un échantillon est oxydée par chauffage à reflux en milieu fortement acide avec une quantité connue de bichromate de potassium dans une éprouvette fermée.

La matière oxydable dans l'échantillon qui réagit avec le bichromate de potassium provoque un changement de couleur dont l'absorbance est proportionnelle à la quantité de bichromate de potassium réduit et se mesure en équivalent d'oxygène.

4-3- APPAREILLAGE :

- ✓ Spectrophotomètre UV-Vis
- ✓ Agitateur magnétique, rotation d'environ 60 tr/min
- ✓ Centrifugeuse avec une vitesse de rotation d'environ 1800 tr/min
- ✓ Plaque chauffante à une température de $150\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$
- ✓ Étuve à $105\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ et $120\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$
- ✓ Éprouvettes 16 x 125 mm en verre munies de bouchons avec joint de téflon
- ✓ Tubes de DCO avec réactifs de digestion et sulfate de mercure achetés commercialement dont la gamme de concentrations se situe entre 20 et 1500 mg/l O₂
- ✓ Burette graduée
- ✓ Pipette
- ✓ Agitateur à vortex

4-4- Mode opératoire (DCO):**1. PRÉPARATION DE L'ÉCHANTILLON****2. Préparation de l'échantillon (tubes commerciaux)**

- Homogénéiser l'échantillon.
- Prélever à l'aide d'une pipette 2,0 ml d'échantillon et l'introduire dans le tube.
- Visser fermement le bouchon et mélanger par la suite avec l'agitateur à vortex. Lors du mélange, la chaleur dégagée est très grande.
- Porter à reflux dans un bloc chauffant à une température de $148\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ pendant une période de 2 heures.
- Laisser refroidir dans le bloc pendant 30 minutes.
- Agiter le tube par inversion ou avec l'agitateur à vortex. Centrifuger pendant 15 minutes à une vitesse d'environ 1800 tr/min.



1- Demande biologique en oxygène (DBO₅) :

5-1-Matériel :

- ✓ Oxymètre portable d'acquisition informatisé.
- ✓ Flacon d'un litre avec bouchon étanche.
- ✓ Enceinte thermostats (bain marie ou étuve) ou sonde oxymétrique reliée à un dispositif.

5-2- Principe :

On réalise une première mesure de la concentration en oxygène dissous dans un échantillon immédiatement après son prélèvement et on répète l'opération cinq jours plus tard après incubation à 20°C et à l'obscurité. La différence entre les deux valeurs mesurées constitue la DBO₅ (demande biologique en oxygène à cinq jours).

5-3- Protocole :

- ✓ Prélèvement Plonger le flacon dans l'eau à analyser, le remplir à ras-bord et fermer le bouchon sous l'eau sans emprisonner de bulle d'air.
- ✓ Mesures Il est préférable de faire la première mesure de concentration en oxygène sur le terrain, directement dans le flacon de prélèvement, en ayant

soin de ne pas agiter l'eau. Ne pas oublier de noter la température si nécessaire et refermer le flacon immédiatement après la mesure. Se référer au protocole de dosage de l'oxygène dissous pour l'utilisation de la sonde à oxygène. Si l'on ne dispose pas d'un oxymètre portable, transporter le flacon au laboratoire après l'avoir mis à l'obscurité pour éviter toute production parasite de dioxygène par photosynthèse. Faire la première mesure au laboratoire après avoir placé le flacon à 20°C et à l'obscurité. Refermer le flacon et l'abandonner pendant 5 jours à 20°C et à l'obscurité. Refaire alors une mesure de concentration.

- ✓ Les résultats sont exprimés en mg/l. Si C_0 est la concentration initiale et C_5 la concentration finale après 5 jours d'incubation, la $DBO_5 = (C_0 - C_5)$. L'eau potable doit avoir une DBO_5 proche de zéro.



II- Interprétation des résultats de traitement physico-chimiques des eaux industrielles :

✚ pH (potentiel d'hydrogène) :

On trouve que le pH avant le traitement est égal 6,85, après le traitement on trouve que le pH est égal 6,5 ce résultat est conforme aux normes (6.5 - 8.5).



✚ Matière en suspension MES :

On trouve que le MES est égal 1969 mg/l cette valeur est hors normes et après le Traitement on trouve que le MES est égal 11,81 cette valeur est conforme à la norme(35-40).

✚ Demande chimique en oxygène DCO :

Le DCO avant le traitement égal 914 mg /l et après le traitement est égal 48,7 ce Résultat est selon les normes (120 à 130) .

✚ Demande biologique en oxygène pendant 5 jours (DBO₅) :

Le DBO₅ avant le traitement est égal 95 mg/l et après le traitement est égal 7 mg/l ce Résultat est très satisfaisant.

✚ Hydrocarbures totaux :

Avant le traitement les hydrocarbures totaux égale 178.4937 g et après le traitement Est inférieur à 1g cette valeur est conforme à la norme

Densité :

Avant le traitement on trouve que la densité $d=0.8499$ et après le traitement $d=0.9975$ est selon les normes (<1)

La conductivité :

Avant le traitement la conductivité est égale $27,745 \mu S$ après le traitement cette valeur est diminuée jusqu'à $4.27 \mu S$.

II - Tableau récapitulatif des résultats :

Paramètre	Unité	Avant le traitement	Après le traitement	Les normes	Les Normes algérienne
MES	g/l	1969	11.81	35	35
L'hydrocarbure total	mg/l	178.4937	1	10	5
DCO	mg/l	914	48.7	120	90
DBO ₅	mg/l	95	7	35	30
Densité		0.84997	0.99758	< 1	
Ph		6.85	6.5	8,5 - 6,5	



Conclusion générale :

Le but de notre étude est le traitement des eaux industrielles de HBK par phytoremédiation. Plusieurs paramètres influencent le choix d'une plante épuratrice (aménagement du sol, condition climatiques, entretien facile, volume d'eau d'arrosage maximal, dimensionnement adéquat, et tous ces paramètres ne peuvent être réalisés que sur des plantes abondantes dans des habitats à conditions extrêmes, et après une étude du terrain le roseau commun présente la flexibilité demandée pour une utilisation dans le domaine du traitement des eaux pollués. Dans son ensemble permet, grâce aux plantes, une stabilisation des contaminants du sol (évitant ainsi toute migration de ces derniers vers les nappes phréatiques) ou une épuration des sols et des eaux contaminées par des polluants divers et variés (comme par exemple les pesticides, les radionucléides, mais aussi tous les métaux lourds qui présentent des risques pour la santé des êtres humains mais aussi les animaux et de leur écosystème. Les plantes mettent en œuvre différents procédés afin de réaliser cette épuration. En effet, elles peuvent : - soit augmenter la dégradation microbienne au sein de la rhizosphère grâce à la production d'un exsudat racinaire qui accroîtra la dégradation des composés organiques, - soit accumuler ces contaminants dans leurs tissus (notamment par les composés inorganiques). La bioconcentration des métaux lourds par les plantes est une zone fascinante de recherche qui, en plus de ses applications commerciales importantes, peut fournir des réponses à des questions fondamentales de biochimie des plantes, de la nutrition et du stress physiologique. L'unique gène de « résistance aux métaux » et « d'accumulation de métal » peut représenter un travail bénéfique pour l'agriculture et l'environnement. Les résultats obtenus sont très encourageants et permet d'exploiter ces procédés pour des applications industrielles.

La phytoremédiation n'est encore qu'à ses débuts, mais pourrait devenir une technologie pour nettoyer l'environnement. Les développements futurs nécessitent un effort de recherche pluridisciplinaire qui combine la biologie de la plante, la chimie du sol, la microbiologie. L'utilisation des plantes pour le nettoyage de l'environnement peut garantir une planète plus verte et plus propre pour nous tous.

BIBLIOGRAPHE

1. . Conesa, H. M.; Evangelou, M. W.; Robinson, B. H.; Schulin, R., A critical view of current state of phytotechnologies to remediate soils: still a promising tool? *The Scientific World Journal* 2012, 10.
2. . Daily, G. C.; Alexander, S.; Ehrlich, P. R.; Goulder, L.; Lubchenco, J.; Matson, P. A.; Mooney, H. A.; Postel, S.; Schneider, S. H.; Tilman, D., Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Ecological Society of America Washington (DC): 1997; Vol. 2.*
3. . Delisle, S., Les phytotechnologies donnent des résultats. Québec Vert, 2011; Vol. Printemps 2011, pp 52-54.
4. . Glass, D. J., Current market trends in phytoremediation. *International Journal of Phytoremediation* 1999, 1, (1), 1-8.
5. . Labrecque, M.; Pitre, F., Choisir la phytoremédiation. Une alternative végétale durable pour la décontamination des sols. Fiche technique produite pour le compte du Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche, de la Science et de la Technologie. Projet 11-12-PSVT2-21940. Institut de Recherche en Biologie Végétale, Ed. 2014; p 2.
6. . Pilon-Smits, E., Phytoremediation. *Annu. Rev. Plant Biol.* 2005, 56, 15-39.
7. . Van Aken, B., Transgenic plants for enhanced phytoremediation of toxic explosives. *Current Opinion in Biotechnology* 2009, 20, (2), 231-236. 22.
8. . Watharkar, A. D.; Jadhav, J. P., Detoxification and decolorization of a simulated textile dye mixture by phytoremediation using *Petunia grandiflora* and, *Gailardia grandiflora*: a plant–plant consortial strategy. *Ecotoxicology and environmental safety* 2014, 103, 1-8.
9. Black, H., Absorbing possibilities: phytoremediation. *Environmental health perspectives* 1995, 103, (12), 1106. 20. Chatterjee, S.; Mitra, A.; Datta, S.; Veer, V., Phytoremediation protocols: an overview. In *Plant-Based Remediation Processes*, Springer: 2013; pp 1-18.
10. Chevrier, É. Laphytoremédiation, une solution d'avenir pour le Québec. Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Canada, 2013.
11. De Sousa, C., Contaminated sites: The Canadian situation in an international context. *Journal of Environmental Management* 2001, 62, (2), 131-154.

12. Fortin-Faubert, M. Mycoremédiation et phytoremédiation d'un sol contaminé par des contaminants organiques et inorganiques, Colloque de la Société de Phytotechnologie du Québec, Jardin botanique de Montréal, Montréal (Canada), 2016-06-02;
13. Ghosh, M.; Singh, S., A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of it's by products. *Asian J Energy Environ* 2005, 6, (4), 18. 13. Peer, W. A.; Baxter, I. R.; Richards, E. L.; Freeman, J. L.; Murphy, A. S., Phytoremediation and hyperaccumulator plants. In *Molecular biology of metal homeostasis and detoxification*, Springer 2005; pp 299-340.
14. Giasson, P.; Jaouich, A.; Gagné, S.; Moutoglis, P., Phytoremediation of zinc and cadmium: a study of arbuscular mycorrhizal hyphae. *Remediation Journal* 2005, 15, (4), 113-122.
15. Giasson, P.; Jaouich, A.; Charbonneau, H.; Massicotte, L., Phytorestauration des sites contaminés: Méthodes de disposition des plantes récoltées. *Vecteur Environnement* 2004, 37, (5), 42-46. 16. Graham-Rowe, D., Agriculture: Beyond food versus fuel. *Nature* 2011, 474, (7352), S6-S8.
16. ITRC, Phytotechnology Technical and Regulatory Guidance and Decision Tree, Interstate Technology & Regulatory Cooperation Work Group. 2009; p 204. 28. ADIT, Traitement bio
17. Jardin botanique de Montréal, Montréal (Canada), 2016. 25. Vishnoi, S. R.; Srivastava, P. Phytoremediation-green for environmental clean, *Proceedings of Taal 2007: the 12th World lake conference*, 2008; p 1021.
18. Järup, L., Hazards of heavy metal contamination. *British medical bulletin* 2003, 68, (1), 167-182. 10. Khan, F. I.; Husain, T.; Hejazi, R., An overview and analysis of site remediation technologies. *Journal of environmental management* 2004, 71, (2), 95-122.
19. Massicotte, L.; Giasson, P.; Lequéré, D., L'utilisation de mycorhizes appliquée à la phytostimulation pour la décontamination de sites contaminés par des produits pétroliers. *Vecteur Environnement* 2002, 35, (4), 28-29. 24.
20. McGrath, S., Phytoextraction for soil remediation. In *Plants that hyperaccumulate heavy metals: theirrole in phytoremediation, microbiology, archaeology, mineral exploration and phytomining*, Brooks, R., Ed. CAB International: New York, 1998; pp 261-288. 18. EPA, U., *Phytoremediation Resources Guide*. Government of the Unites States of America: Washington, USA, 1999; p 56.

21. Newman, L. A.; Strand, S. E.; Choe, N.; Duffy, J.; Ekuan, G.; Ruszaj, M.; Shurtleff, B. B.; Wilmoth, J.; Heilman, P.; Gordon, M. P., Uptake and biotransformation of trichloroethylene by hybrid poplars. *Environmental Science & Technology* 1997, 31, (4), 1062- 1067.
22. Olson, P.; Reardon, K.; Pilon-Smits, E., Ecology of Rhizosphere Bioremediation. *Phytoremediation: transformation and control of contaminants* 2004, 121, 317. 23.
23. T. Kirpichtchikova, *Phytoremédiation par Jardins Filtrants d'un sol pollué par des métaux lourds (Approche de la phytoremédiation dans des casiers végétalisés par des plantes de milieux humides et étude des mécanismes de remobilisation/immobilisation du zinc et du cuivre)*, thèse de doctorat de l'Université Joseph Fourier - Grenoble I, 2009

Sites Internet très complet sur la phytoremédiation :

1. [http://quasimodo.versailles.inra.fr/inapg/phytoremed/ index.htm](http://quasimodo.versailles.inra.fr/inapg/phytoremed/index.htm)
2. Site sur la phytorestoration de l'eau : <http://www.sint.fr>
3. ARTEB (Agence Rhone-Alpes pour le développement des technologies médicales et desbiotechnologies), 2001, développement des techniques de diagnostic et de traitement des sols, <http://www.arteb.com/infos/Technoclef/Phytoremediation.PDF>
4. CHAINEAU et al., 1995, Microbial degradation in soil microcosms of fuel oil hydrocarbons from drilling cuttings, *ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY*, Vol 29, , 1615- 1621
5. EEED D. Ph, SCHNOOR J. L., 1997, *Phytoremediation*, The University of Iowa Department of Civil and Environmental Engineering and Center for Global and Regional Environmental ResearchIowa City, Iowa, http://www.gwrtac.org/pdf/phyto_e.pdf
6. FREROT H., 2004, Aspects génétiques et écologiques de l'hyperaccumulation et de la tolérance aux métaux lourds et de l'hyperaccumulation chez *Thlaspi caerulescens* (Brassicaceae). Perspectives en phytoremédiation, CEFE (centre d'écologie fonctionnelle et évolutive), <http://www.cefe.cnrs-mop.fr/dse>
7. JEANMAIRE N. 2000. L'assainissement des petites collectivités par les procédés à cultures fixées sur supports fins, *Environnement & Technique* N°194

8. LIENARD A. (Cemagref), BOUTIN C. (Cemagref)& ESSER D. (SINT) 1998. Les stations d'épuration par filtre plantés de roseaux, L'eau, l'industrie, les nuisances N°223
9. SCHWARTZ C., 1994, Thèse, Phytoextraction des métaux pollués par la plante hyperaccumulatrice *Thlaspi caerulescens*, Institut national polytechnique de Lorraine (INPL). - SHALLARI S.,1997,Nancy, Thèse,Disponibilité du nickel du sol pour l'hyperaccumulateur *Alyssum murale* - TUBIANA F. 2001. Des roseaux pas si sauvages, Environnement magazine N°1598

ANNEXES



Les eaux industrielles avant et après le traitement



Bourbier de Haoud Herkaoui



Bourbier de Haoud Herkaoui



Montage de la technique de phytoremédiation



**Rhizofiltration : Il d'eau souterraine contaminée avec
Des saules à pointe**