



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي  
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université des Frères Mentouri Constantine 1  
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة 1  
كلية علوم الطبيعة و الحياة

**Département:** Biologie et Ecologie Végétale      قسم: بيولوجيا و علم البيئة النباتية

**Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de Master**

**Domaine :** Sciences de la Nature et de la Vie

**Filière :** Ecologie et Environnement

**Spécialité :** Ecologie Fondamentale et Appliquée

---

**Thème : Etude de la valorisation de l'espèce *Nicotina glauca*  
pour la dépollution des sols et eaux usées ainsi que la  
fabrication des produits phytosanitaires.**

---

**Présenté et soutenu par :**

**Le: 22 /06/2023.**

**BERRABAH ADEL**

**ROUIBAH RABAH**

**Jury d'évaluation:**

**Président du jury:** Dr. Kellou Kamel (Prof- UFM Constantine)

**Rapporteur:** Dr. Bazri KED (MCA - UFM Constantine 1)

**Examineur:** Dr. Abdelaziz wided (MCB. - UFM Constantine1)

**Maison de l'entrepreneuriat** Ms. BENSOUICI Aicha.

**Secteur Socioéconomique :** Ms. SALHI Ouide (Technopole de constantine)

**Année universitaire: 2022- 2023.**

## *Remerciements*

**D**ieu soit loué, qui nous a aidés à réaliser cette note, a éclairé notre chemin

et nous a donné du succès dans notre thèse scientifique.

Nous exprimons nos sincères remerciements, notre appréciation et notre respect au Cher Professeur Dr Bazri Kamal El-Din, qui nous a fourni toutes ses informations et références sur tous les conseils et conseils qu'il nous a donnés tout au long de la rédaction de cette lettre.

Nous tenons également à remercier le Dr Sahli Leïla pour toutes les informations et conseils qu'ils nous ont donnés au cours de notre parcours universitaire, et leur contribution au développement de nos connaissances scientifiques, ainsi Dr ABDELAZIZ Wided et le Dr KELLOU Kamel et et maison de l'entrepreneuriat Représenté par Ms BENSOUICI Aicha et le secteur socioéconomiques Représenté par Ms SALHI Ouided pour l'intérêt qu'elle a porté pour juger ce travail.

Nous tenons également à remercier tout le personnel de CRBT pour toutes les explications, conseils et assistance pendant notre séjour là-bas.

Nous tenons également à remercier notre famille, nos amis et collègues pour leur soutien inconditionnel.

Nous tenons également à remercier tous ceux qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation de cet ouvrage.

## *Dédicace*

Je dédie mon humble travail

Qui m'a donné vie et espoir et m'a créé avec une passion pour la connaissance et la perspicacité, et qui m'a appris à gravir les échelons de la vie avec sagesse et patience.

-À mon cher père, chère mère-

À qui ma présence dans ma vie a été la plus grande bénédiction, et à qui a été le meilleur soutien et aide pour moi, mes chers frères et sœurs.

A tous mes chers professeurs qui n'ont pas hésité à me contacter.

À mes amis et à tous ceux qui m'ont soutenu et aidé avec tout ce qu'ils ont et de tant de manières.

Je vous présente mes recherches et j'espère que vous serez satisfait.

*ADEL*

## *Dédicace*

**J**e dédie ce modeste travail

A ma très chère **mère** sources de tendresse,

A mon très cher **père**, qui m'encourage dans les instants délicats,

A cher frères: **Abdeljalil, Adil, Mohamed Sohaib,**

A cher frère : **Yasser** et sa femme **Hdjer,**

A mes cher neveux : **Adem, Zayde**

A tout ma famille « **ROUIBAH** »,

A mes chers amis, et tous mes frères dans la lutte Estudiantine,

Je dédie cet événement marquant de ma vie à la mémoire de : ma grand

mer « **Boulaasel Khadra** » et « **Baha Zaghdha** », ma Tante « **Rouibah**

**Zahira** », mon cousin « **Rouibah Midou** ».

**RABAH**

## Résumé

Cette étude englobe des efforts fournis durant des stages par rapport à notre formation de master en écologie fondamentale et appliquée ; au sein des stations d'épuration des eaux usées de la wilaya de Naama et une station de lagunage naturel dans la wilaya de Ghardaïa qui ont pour objectif de traiter et nettoyer les eaux après leur utilisation pour empêcher la pollution des lacs, eaux souterraines, rivières et océans. Plusieurs techniques de dépollution des eaux usées peuvent être développées telle que la phytoremédiation d'où nous avons mis l'accent sur l'utilisation de l'espèce végétale *Nicotina glauca* observée dans le rejet en aval de la lagune naturelle à Ghardaïa. Cette espèce semble intéressante pour la phytoremédiation et l'accumulation des ETM. En outre, les résultats obtenus à travers notre recherche bibliographique et les tests d'activité biologique montrent la richesse de cette espèce en métabolites secondaires tels que les alcaloïdes, les flavonoïdes, l'anabasine et autres molécules.

Notre étude semble simple et superficielle, mais elle porte une idée innovante sur la possibilité de la valorisation de *Nicotina glauca* dans la fabrication des pesticides et/ou fongicides que nous souhaitons développer dans le futur par la création d'une entreprise de produits phytosanitaires.

**Mots clés :** "STEP", "Lagunage", "La phytoremédiation", "*Nicotiana glauca*", "fabrication des produits phytosanitaires"

## ملخص

تتضمن هذه الدراسة الجهود المبذولة خلال التدريب فيما يتعلق بدرجة الماستر في البيئة الأساسية والتطبيقية ؛ داخل محطات معالجة مياه الصرف الصحي في ولاية النعامة ومحطة البحيرة الطبيعية في ولاية غرداية والتي تهدف إلى معالجة وتنظيف المياه بعد استخدامها لمنع تلوث البحيرات والمياه الجوفية والأنهار والمحيطات. يمكن تطوير العديد من تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي ، مثل المعالجة النباتية ، والتي ركزنا منها على استخدام أنواع نباتات نيكوتينا جلوجا التي لوحظت في تصريف مجرى البحيرة الطبيعية في غرداية. هذا النوع يبدو مثيرا للاهتمام للمعالجة النباتية وتراكم العناصر النزرة المعدنية. بالإضافة إلى ذلك ، تظهر النتائج التي تم الحصول عليها من خلال بحثنا البيولوجي واختبارات النشاط البيولوجي ثراء هذا النوع في المستقبلات الثانوية مثل القلويدات والفلافونويد والأنابازين والجزيئات الأخرى.

تبدو دراستنا بسيطة وسطحية ، لكنها تحمل فكرة مبتكرة حول إمكانية تثمين نيكوتينا جلوكا في تصنيع المبيدات الحشرية و / أو مبيدات الفطريات التي نود تطويرها في المستقبل من خلال إنشاء شركة منتجات الصحة النباتية.

الكلمات الرئيسية: "دراسة" ، "البحيرة" ، "محطة معالجة مياه الصرف الصحي" ، "المعالجة النباتية" ، "نيكوتيانا جلوكا" ، "تصنيع منتجات الصحة النباتية"

## Summary

This study includes efforts made during internships in relation to our master's degree in fundamental and applied ecology; within wastewater treatment plants in the wilaya of Naama and a natural lagoon station in the wilaya of Ghardaïa which aim to treat and clean the waters after their use to prevent pollution of lakes, groundwater, rivers and oceans. Several wastewater remediation techniques can be developed, such as phytoremediation, from which we have focused on the use of the *Nicotina glauca* plant species observed in the discharge downstream of the natural lagoon in Ghardaïa. This species seems interesting for the phytoremediation and the accumulation of ETM. In addition, the results obtained through our bibliographic research and biological activity tests show the richness of this species in secondary metabolites such as alkaloids, flavonoids, anabasine and other molecules.

Our study seems simple and superficial, but it carries an innovative idea on the possibility of the valorization of *Nicotina glauca* in the manufacture of pesticides and / or fungicides that we would like to develop in the future by the creation of a company of phytosanitary products.

**Key words:** "STEP", "Lagoon", "Phytoremediation", "*Nicotiana glauca*", "manufacture of phytosanitary products"

## Liste des abréviations

---

**(CAO)** : Oxyde de Calcium

**(CMI)** : Concentration Minimale Inhibitrice

**(CRBT)** : Centre de Recherche en Biotechnologie

**(DCO)** : Demande Biochimique en Oxygène

**(DBO)** : Demande Chimique en Oxygène

**(DHW)** : Direction de l'Hydroélectricité de la Wilaya

**(DMSO)** : Diméthylsulfoxyde

**(ETM)** : Élément Trace Métallique

**(Gélose M.H)** : Gélose Mueller-Hinton

**(ISDND)** : Stockage en Installation de Stockage de Déchet Non Dangereux

**(MAP)** : Magnésium Ammonium Phosphate

**(MES)** : Matière en Suspension

**(PACM)** : Piles à Combustion Microbiennes

**(PDA)** : Potato Dextrose Agar

**(PH)** : Potentiel Hydrogène

**(PHA)** : Polyhydroxyalcanoates

**(STEP)** : Station de Traitement des Eaux Polluées

**(SV)** : Solides Volatils

<b>Figure 1:</b> schéma représente les sources et types d'eaux usées .....	2
<b>Figure 2:</b> Schéma dégrilleur en amont .....	5
<b>Figure 3:</b> Dessableur.....	5
<b>Figure 4:</b> Classificateur à sables .....	6
<b>Figure 5:</b> Schémas descriptifs du déshuileur.....	6
<b>Figure 6:</b> Déshuileur.....	7
<b>Figure 7:</b> les étapes de prétraitements .....	7
<b>Figure 8:</b> Décanteur flocculateur avec entraînement périphérique du pont.....	8
<b>Figure 9:</b> Décanteur circulaire.....	8
<b>Figure 10:</b> Bassin de lagunage .....	10
<b>Figure 11:</b> les bassins de lagunage aéré .....	11
<b>Figure 12 :</b> Infiltration-percolation étanchée et drainée.....	11
<b>Figure 13:</b> Configuration du procédé de traitement par boues activées .....	12
<b>Figure 14:</b> Bassin biologique ou d'aération .....	13
<b>Figure 15:</b> Construction et fonctionnement d'un bactérien .....	14
<b>Figure 16:</b> Modèle d'un Lit bactérien .....	14
<b>Figure 17:</b> Synoptique d'une station d'épuration comportant un disque biologique.....	15
<b>Figure 18:</b> Un disque biologique.....	15
<b>Figure 19:</b> Stabilisation des boues par chaulage .....	20
<b>Figure 20:</b> Epaisseur par gravité .....	21
<b>Figure 21:</b> Un conditionnement des boues précis pour de bons résultats de déshydratation	21
<b>Figure 22 :</b> Déshydratation Mécanique des boues par filtre à bandes .....	22
<b>Figure 23:</b> Déshydratation Mécanique des boues par filtre-pressé à plateaux .....	22
<b>Figure 24:</b> évacuation des boues déshydratée sur la baine .....	23
<b>Figure 25:</b> lits de séchage non plantés .....	23
<b>Figure 26:</b> Les mécanismes en jeu dans les bassins de lagunage naturel .....	25
<b>Figure 27 :</b> Schéma d'une lagune à microphyte (EL HACHEMI, O., (2012)).....	26
<b>Figure 28:</b> Schéma d'une lagune à macrophyte.....	27
<b>Figure 29:</b> Schéma d'une lagune mixte .....	27
<b>Figure 30:</b> Schéma de lagune facultative .....	28
<b>Figure 31:</b> Dégradation aérobie de la matière organique .....	32
<b>Figure 32:</b> Décomposition anaérobie de la matière organique .....	33
<b>Figure 33:</b> Diverses techniques de phytoremédiation .....	37
<b>Figure 34:</b> Situation géographique de la station d'épuration de Kef Doukhane .....	41
<b>Figure 35:</b> la plante de <i>nicotIna glauca</i> .....	44
<b>Figure 36:</b> lieu d'échantillonnage au niveau rejet final oued M'Ezab.....	47
<b>Figure 37:</b> les feuilles et la tige avant le broyage.....	48
<b>Figure 38:</b> Etape de broyage .....	48
<b>Figure 39:</b> Calcination des échantillons au four à moufle .....	49
<b>Figure 40:</b> Les cendres d'échantillons des feuilles (à gauche) et les tiges (à droite).....	49

## List des figures

<b>Figure 41:</b> Etape de préparation d'eau régale 10 ml par le mélange d'acide nitrique (2,5ml) et d'acide chlorhydrique concentré (7,5ml).....	49
<b>Figure 42:</b> Etape de placement des échantillons dans le bain de sable.....	50
<b>Figure 43:</b> Etape de la filtration d'échantillon à l'aide du papier de filtration .....	50
<b>Figure 44:</b> La filtration et la récupération des solutions d'échantillons .....	50
<b>Figure 45:</b> Staphylococcus aureus.....	51
<b>Figure 46:</b> Escherichia coli.....	52
<b>Figure 47:</b> Ensemencement .....	54
<b>Figure 48:</b> Dépôt des disques. ....	54
<b>Figure 49:</b> Détermination de la zone d'inhibition par la méthode de diffusion par disques .	55
<b>Figure 50:</b> Ensemencement .....	57
<b>Figure 51:</b> Dépôt des disques	<b>Figure 52:</b> Ajouter de 35µl des extraits. 57
<b>Figure 53:</b> Représente le diagramme de l'activité antibactérienne de l'extrait T et F /E-régale de l'espèce Nicotina glauca.....	60
<b>Figure 54:</b> Avant la germination .....	62
<b>Figure 55:</b> Après la germination .....	62

<b>Tableau 1:</b> Avantages et Inconvénient des filières intensives .....	16
<b>Tableau 2:</b> Opérations de traitement des boues et leur objectif.....	19
<b>Tableau 3:</b> Exemples de microorganismes décontaminant.....	34
<b>Tableau 4:</b> Données de base STEP .....	42
<b>Tableau 5:</b> Liste des produits chimiques et matériel de laboratoire utilisé .....	58
<b>Tableau 6:</b> Activité antibactérienne de l'extrait T et F/E-régale ( <i>Nicotina Glauca</i> ) et témoin positive et négative mesurée en mm. ....	59
<b>Tableau 7:</b> Activité antifongique de l'extrait T et F/E-régale ( <i>Nicotina Glauca</i> ) et témoin positive et négative mesurée en mm. ....	61

*Résumé*

*Liste des Abréviations*

*Liste des Tableau*

*Liste des Figure*

Introduction	1
1. Les eaux usées urbaines	2
2. La pollution par les eaux usées	2
2.1. Sources et types d'eaux usées	2
2.2. Les principaux types des polluants	3
2.3. Les conséquences de la pollution	3
3. Traitements des eaux usées	3
3.1. Le prétraitement (processus physiques)	4
3.1.1. Le dégrillage	4
3.1.2. Dessablage	5
3.1.3. Le dégraissage-déshuilage	6
3.2. Le traitement primaire (traitement physico-chimique)	7
3.2.1. La décantation	7
3.2.2. Coagulation-floculation	9
3.3. Traitement secondaire (traitement biologique)	9
3.4. Les différents Processus d'épuration biologiques.	10
3.4.1. Les Processus biologiques extensifs :	10
3.4.2. Lagunage naturelle	10
3.4.3. Lagunage aérée	11
3.4.4. L'infiltration-percolation sur sable	11
3.4.5. Le lagunage anaérobie	12
3.4.6. Les Processus biologiques intensifs	12
3.4.7. Boues activées (cultures libres)	12
3.4.8. Les lits bactériens (cultures fixées)	13
3.4.9. Disque biologique	14
3.5. Le traitement tertiaire	17
3.6. Le traitement de boues résiduaires	17
3.6.1. Définition d'une boue	17
3.6.2. Types de boues	18
3.6.3. Impacts des boues sur l'environnement	18
3.6.4. Filières de traitement des boues	19

4. Lagunage naturelle	24
4.1 Définition	24
4.2 Principe de fonctionnement	24
4.3. Classification des lagunes	26
4.3.1. Classification selon les types de végétation	26
4.3.2. Lagunes à microphytes	26
4.3.3. Lagunes à macrophytes	26
4.3.4. Lagunes mixtes	27
4.3.5. Classification en fonction de l'environnement biologique	27
4.4. Avantages	28
4.5. Inconvénients	29
5. La bioremédiation	29
5.1. Principe	29
5.2. Les techniques de la bioremédiation	29
5.2.1 La bioremédiation in-situ	29
5.2.2. La bioremédiation sur ou hors-site	31
5.3. Types de bioremédiation	32
5.3.1. Bioremédiation aérobie	32
5.3.2 Bioremédiation anaérobie	32
5.4. Microorganismes dépolluants le sol	33
5.5. Avantages et Inconvénients de la bioremédiation	34
6. Phytoremédiation	35
6.1. Définition de la phytoremédiation	35
6.2. Principes de la Phytoremédiation	35
6.3. Mécanismes de phytoremédiation	35
6.3.1. Phytoextraction	35
6.3.2. Phytostabilisation	36
6.3.3. Phytodégradation	36
6.3.4. Phytovolatilisation	36
6.3.5. Rhizofiltration	36
6.4. Avantages de la phytoremédiation	36
6.5. Inconvénients de la phytoremédiation	37
6.6. Les plantes utilisées en phytoremédiation	38
6.7. On fait quoi avec la biomasse contaminée?	38
7. Les tests des activités antibactériennes	39
7.1. Les bactéries	39
7.2. La nature de l'activité antibactérienne :	39

7.3. Les différentes méthodes d'évaluation de l'activité antibactérienne	40
1. Présentation de la station d'épuration Kef Doukhane d'El-Atteuf	41
1.1 Situation géographique	41
1.2. Présentation de la STEP	41
1.3. Dimensionnement de la STEP de Ghardaïa	42
1.4. Différentes étapes de traitement des eaux usées	43
2. Caractéristiques de l'espèce végétale <i>Nicotiana glauca</i>	43
2.1 Intérêts et utilisations écologique du <i>Nicotina glauca</i>	44
2.2 Intérêts et utilisations médicinale et pharmaceutique du <i>Nicotiana glauca</i>	45
2.3. Les composés bioactifs de la plante de <i>Nicotina glauca</i>	45
2.4. Description du <i>Nicotiana glauca</i>	46
2.5. Classification de l'espèce <i>Nicotiana glauca</i>	47
2.6. Lieu d'échantillonnage	47
3. Analyses et manipulations au laboratoire	47
3.1. Mode opératoire de la digestion et extraction	48
4. Le test d'activité antibactérienne et antifongique	51
4.1. Etude de l'activité antibactérienne	51
4.2. Les souches bactériennes testées	51
4.3. Méthode de diffusion des disques	52
4.4. Etude de l'activité antifongique	55
4.4.1 Evaluation de l'activité antifongique	55
4.4.2 Test antifongique	55
5. Les matérielles utilisés	58
1. Activité antibactérienne des extraits ( <i>Nicotina Glauca</i> )	59
2. Activité antibactérienne de l'extrait T/E-régale ( <i>Nicotina glauca</i> )	60
3. Activité antifongique des extraits ( <i>Nicotina Glauca</i> )	61
4. Test de germination des graines de l'espèce de <i>Nicotina glauca</i>	62
Conclusion et Recommandation	63
Les références bibliographiques	64
Idée pour création d'entreprise (SARL RAK-AGRO)	70

*Annex*

# **Introduction**

## Introduction

Le traitement des eaux usées est un enjeu majeur de notre société moderne, où représentent une menace pour la santé publique et l'environnement, en particulier dans les pays en développement où les infrastructures de traitement des eaux sont insuffisantes. Les coûts élevés et l'insuffisance d'espace limitent également la mise en place de certaines technologies de traitement des eaux usées. Par conséquent, il est urgent de trouver des alternatives durables et peu coûteuses pour le traitement des eaux usées.

Dans cette optique, l'utilisation de plantes pour le traitement des eaux usées constitue une solution prometteuse. En effet, les plantes peuvent absorber des nutriments, des polluants organiques et inorganiques y compris les métaux lourds et leurs capacités à les dégrader et/ou les accumuler au niveau des racines ou ses différentes parties. Cela peut être utilisé pour éliminer les polluants et améliorer ainsi la qualité de l'eau. Parmi les plantes, l'espèce *Nicotiana glauca* observée sur les rejets des eaux en aval de la station de lagunage de Kef Doukhane à Ghardaïa a attiré notre attention, pour son adaptation et sa prolifération dans ces milieux aquatiques pollués sachant que cette plante, également appelée tabac sauvage, est connue ainsi pour ses propriétés médicinales et ses composés bioactifs.

L'objectif de notre étude est d'explorer le potentiel de l'espèce *Nicotiana glauca* comme plante de traitement des eaux usées et de phytoremédiation ainsi que pour son intérêt pharmaceutique et médicinale. Un autre objectif d'innovation vise à la production des molécules bioactives à partir de cette espèce *Nicotiana glauca*.

L'étude est articulée de quatre chapitres ; le premier aborde une synthèse bibliographique, le second traite le volet matériel et méthodes, le troisième discute les résultats obtenus quant au 4<sup>ème</sup> chapitre vise des recommandations pour la création d'une entreprise pour la culture de l'espèce *Nicotiana glauca* dans un objectif de son exploitation.

**Chapitre I :**

**Synthèse**

**Bibliographique**

1<sup>ère</sup> partie : Traitement des eaux usées

1. Les eaux usées urbaines

Les eaux usées urbaines comprennent les eaux usées domestiques et les eaux de ruissellement (eaux de pluie, eau d'irrigation des voies publiques, eaux de lavage des caniveaux, des commerces et des jardins)

L'eau qui s'écoule des toitures, des jardins, des espaces verts, des voies publiques et des marchés charrie différents types de minéraux et de déchets : terre, limon, boue, limon, sable, végétation herbacée (herbe, herbe, feuilles, graines, etc.). Et tous types de micropolluants (hydrocarbures, pesticides issus de l'agriculture, détergents utilisés dans le nettoyage des jardins, voies publiques, voitures, particules de caoutchouc qui usent les pneus des voitures.

Le plomb provient du plomb tétra éthyle contenu dans l'essence, une variété d'émissions atmosphériques, en particulier de la fumée domestique et industrielle (Desjardins, 1997).

2. La pollution par les eaux usées

La pollution est causée par toute substance physique, chimique ou biologique rejetée dans une eau naturelle qui perturbe l'équilibre de cette eau, provoquant de graves problèmes (odeur mauvaise, fermentation, différences d'inconfort, risques pour la santé, etc.) et qui a un impact, à court terme ou à long terme, sur notre nourriture à travers la dont nous dépendons (LADJAL F 2006).

2.1. Sources et types d'eaux usées : Les sources d'eaux usées sont classées en sources naturelles et anthropiques et sont résumées dans le schéma suivant (Zeghoud, 2014)

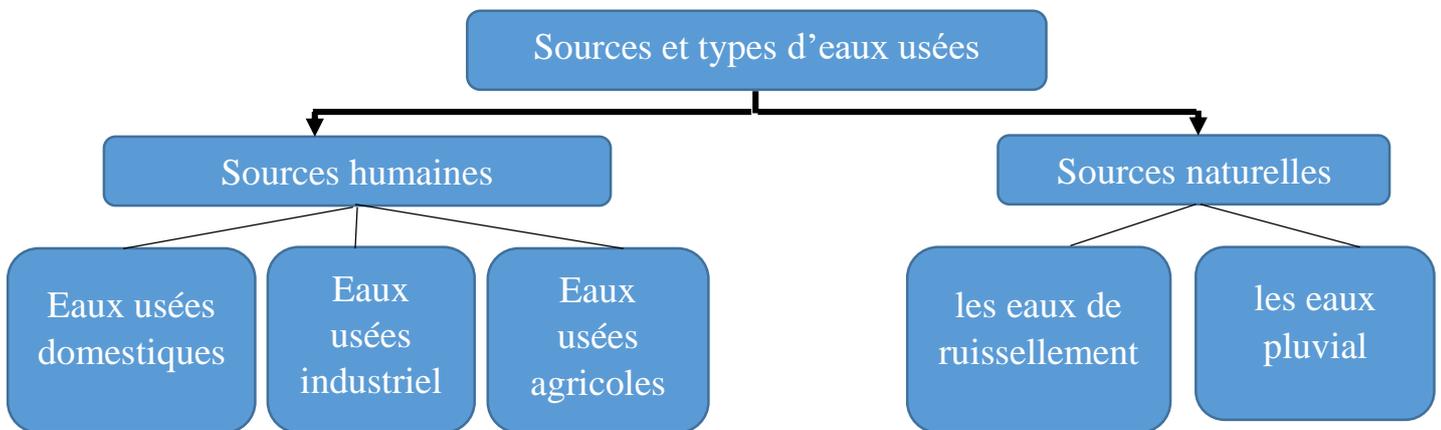


Figure 1: schéma représente les sources et types d'eaux usées (Zeghoud, 2014)

### 2.2. Les principaux types des polluants

La matière organique (MO) est une source majeure de pollution des ressources en eau. Ces matières (déchets animaux et humains, graisses, etc.) sont issues de déjections animales, mais aussi les émissions industrielles (industrie agro-alimentaire notamment). Les nutriments (nitrates et phosphates), issus de l'agriculture et des déjections animales, retiennent également l'attention des acteurs de la gestion de l'eau.

Les métaux lourds (mercure, cuivre, cadmium, etc.) sont un problème préoccupant lorsqu'ils sont impliqués dans la pollution des ressources en eau. La pollution de l'eau par les composés organiques de synthèse (substances phytosanitaires) a augmenté au cours des dernières décennies, principalement en raison du développement de l'agriculture.

Les hydrocarbures peuvent polluer les ressources en eau de différentes manières : rejets industriels, rejets des parkings et des stations-service, drainage des routes, eaux usées domestiques (**Anonyme 2, 2008**)

### 2.3. Les conséquences de la pollution

Les conséquences de la pollution peuvent être classées en quatre catégories principales. (**Anonyme 2, 2008**)

- Les conséquences écologiques
- Les conséquences sanitaires
- Les conséquences industrielles
- Les conséquences agricoles

### 3. Traitements des eaux usées

Le traitement est un ensemble de technologies qui comprend la purification de l'eau. La qualité de l'eau brute est conforme à la réglementation. Les méthodes utilisées sont classées selon trois grandes catégories de processus physiques, chimiques et biologiques.

Le processus d'épuration peut comprendre plusieurs étapes :

- Les prétraitements.
- Le traitement primaire.
- Le traitement secondaire.

- Les traitements complémentaires.
- Le traitement de boues résiduaires (**MONCHY, H, 1978**).

### 3.1. Le prétraitement (processus physiques)

Tout traitement de dépollution doit comporter ce qu'il est convenu d'appeler un «prétraitement » qui consiste en un certain nombre d'opérations mécaniques ou physiques destinées à extraire le maximum d'éléments dont la nature et la dimension constitueraient une gêne ultérieurement. Ces opérations sont : le dégrillage, le dessablage et le déshuilage (**ABDLKADER GAID 1993**)

#### 3.1.1 Le dégrillage

L'eau rare s'écoule à travers des grilles remplies de barreaux disposés verticalement ou inclinés de 60 à 80° par rapport à l'horizon. L'espacement des barreaux varie de 6 à 100 mm La vitesse moyenne de passage entre les barreaux est comprise entre 0,6 et 1 m/s (**ABDLKADER GAID 1993**). Le dégrillage vise à :

Élimination des déchets solides en vrac.

Protection des installations de traitement (**DEGREMENT**)

Le dégrillage est classé en trois catégories selon l'écartement entre barreaux de la grille:

- Un pré-dégrillage : espacement de 30 à 100mm,
- Un dégrillage moyen : espacement de 10 à 25mm,
- Un dégrillage fin : espacement de 3 à 10mm,

Les grilles peuvent être classées selon leur mode d'élimination :

- Les grilles manuelles qui doivent être nettoyés régulièrement à la main ;
- les grilles mécaniques équipées de dispositifs assurant leur nettoyage automatique.

(**MADANI BESADIK**)

Ces déchets, appelés "déchets de tamis", sont soit incinérés, soit envoyés en décharge.



**Figure 2:** Schéma dégrilleur en amont (MADANI BESADIK)

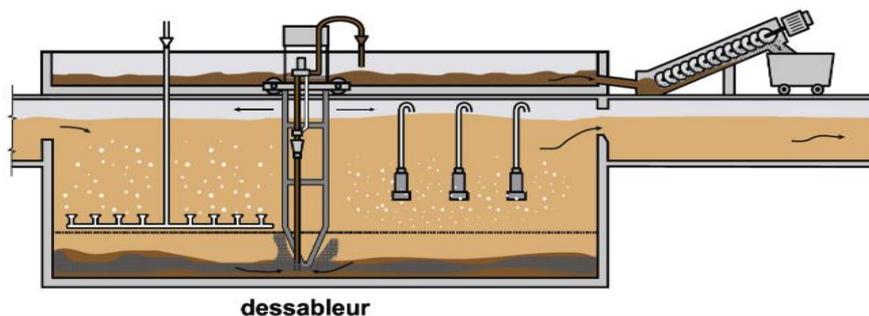
### 3.1.2. Dessablage

Le dessablage permet l'élimination des particules lourdes, de tailles importantes ( $> 2\text{mm}$ ) par décantation. La vitesse de sédimentation est calculée à partir de la loi de Stokes (chute libre). La partie du dessableur est calculée pour que la vitesse de l'eau ne descende pas en dessous de  $0,30$  à  $0,20$  m/s ; cela empêche les matières organiques en s'appuyant en même temps dans le sable (ABDLKADER GAID 1993)

C'est Pour séparer les deux matières susmentionnée, il faut maintenir une turbulence suffisante d'où la mise en œuvre d'un brassage transversal, en général à l'air surpressé.

Celui-ci joue un rôle important pour éliminer les MES de taille importante ou de densité élevée (utilisation d'un décanteur classique), c'est une étape essentielle, notamment pour éviter le bouchage des canalisations et protéger les équipements contre l'abrasion (J.P. Bechac –P. Boutin – Nuer 1984). (Axe de chaînes, rotors de centrifugeuses, pompes de relevage, etc.) (DAHOU ABDARAHIM 2013)

Ce dessablage se fait par décantation et le sable extrait est envoyé en décharge.



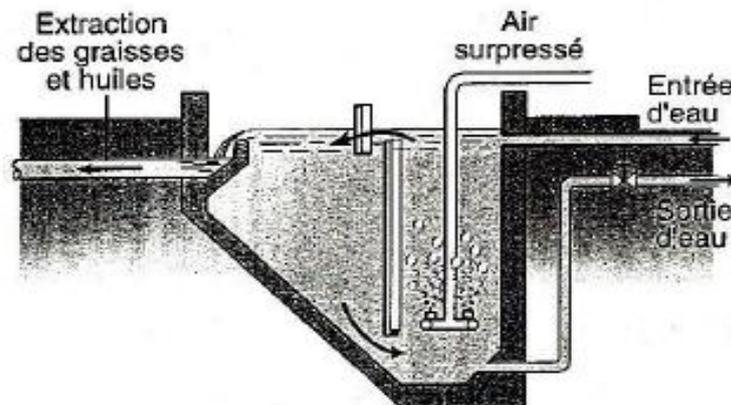
**Figure 3:** Dessableur



**Figure 4:** Classificateur à sables (photo prise sur terrain STEP d'Ain Sefra Mars 2023)

### 3.1.3. Le dégraissage-déshuilage

Le déshuilage est une opération de séparation liquide-liquide, tandis que le dégraissage est une opération de séparation liquide-solide (tant que la température de l'eau est suffisamment basse pour permettre à la graisse de geler). Ces deux méthodes est basé sur le principe de flottation et à l'aide de l'injection de bulles afin de favoriser la remontée des corps gras moins denses que l'eau, et visent à éliminer la présence d'acides gras dans les eaux usées, ce qui peut limiter l'efficacité du traitement biologique qui a lieu ensuite (BELBACHIR S HABBEDIN 2017), les résidus huileux sont récupérés par écrémage et raclage (J.P. Bechac –P. Boutin – Nuer 1984).



**Figure 5:** Schémas descriptifs du déshuileur



Figure 6: Déshuileur

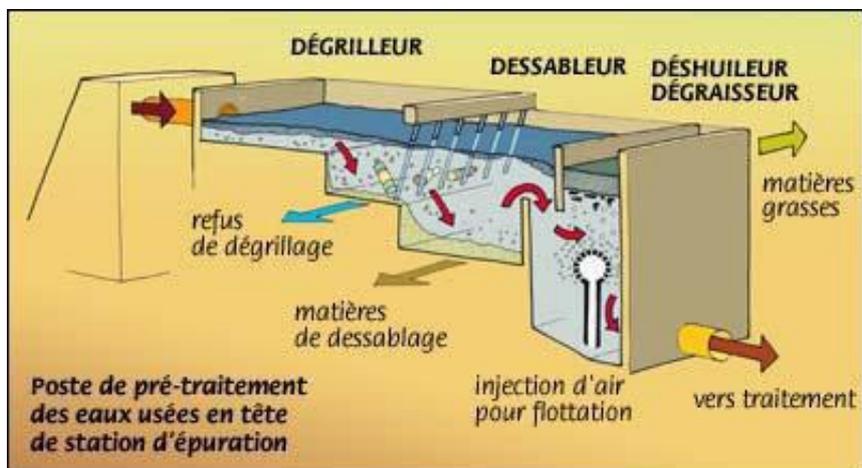


Figure 7: les étapes de prétraitements (KHELIFA.M 2008)

### 3.2 Le traitement primaire (traitement physico-chimique)

Le traitement primaire fait appel à des procédés physiques, avec filtration et décantation plus ou moins aboutie, éventuellement assortie de procédés physicochimiques, tels que la coagulation-floculation.

#### 3.2.1. La décantation

La décantation est un procédé utilisé dans la quasi-totalité des stations d'épuration et de traitement des eaux. Son but est d'éliminer les particules plus denses que l'eau par gravité.

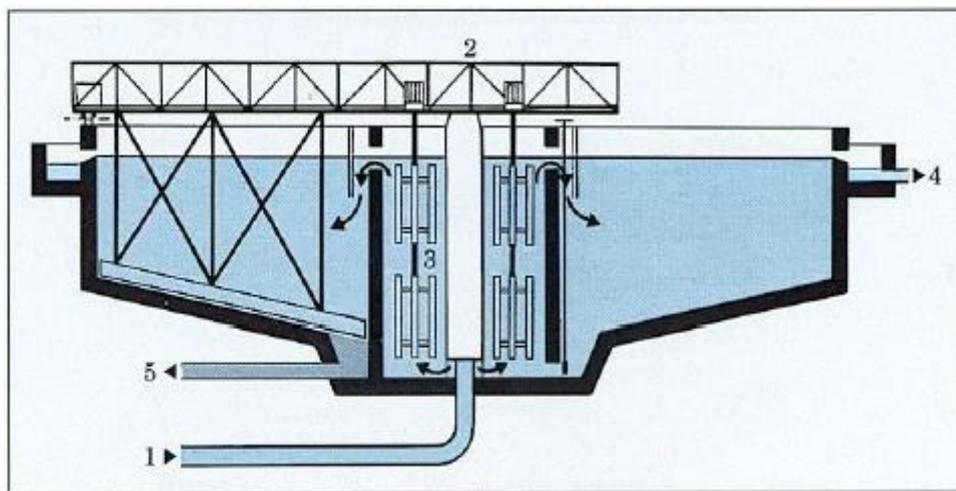
La décantation diffère du dessablage en ce qu'elle élimine plus de la moitié des MES et d'éliminer 30 à 35% de la DBO<sub>5</sub>, 60% de MES et 90% des matières décantable (pour une eau usée domestique). Alors que le dessablage est uniquement destiné à éliminer le sable et les autres minéraux (plus lourds que la matière organique (ABDLKADER GAID 1993)

La décantation est un processus de traitement primaire essentiel conçu pour :

- retenir l'essentiel de la contamination organique ;
- Réduire la charge des traitements biologiques ultérieurs ;
- Réduction du risque de colmatage des systèmes de traitement biologique à cultures fixées (lits bactériens, disques biologiques, etc.).

Les décanteurs sont de très grands bassins rectangulaires ou ronds avec un fond plat et soit un système de raclage des boues, soit un fond incliné pour que les boues glissent d'elles-mêmes vers le cône de collecte.

L'alimentation peut être frontale (décanteurs rectangulaires), centrale ou périphérique (décanteurs circulaires) (KHELIFA.M 2008).



**Figure 8:** Décanteur flocculateur avec entraînement périphérique du pont

- 1 - entrée d'eau brute                      2 - Pont racleur.                      3 - Zone de flocculation.  
4 - Sortie d'eau décantée.                      5 - Evacuation des boues.



**Figure 9:** Décanteur circulaire

### 3.2.2. Coagulation-floculation

La turbidité et la couleur de l'eau sont principalement causées par de très petites particules (8-10 à 2-10 mm) appelées particules colloïdales. Pour éliminer ces particules, des procédés de coagulation et de floculation sont utilisés : le but principal de la coagulation est de déstabiliser les particules en suspension Et l'eau est principalement traitée à l'aide de sels de fer ou d'aluminium.

Le but de la floculation est de faciliter le contact entre les particules instables à l'aide d'un mélange lent, Cela se fait en ajoutant des polymères organiques (macromolécules à longue chaîne). (LADJAL F 2006)

L'ajout de sels de fer ou d'aluminium formera un précipité L'hydroxyde  $[Fe(OH)_3]$  ou  $[Al(OH)_3]$  et l'alcalinité ont diminué.

Les proportions de réactifs utilisés ont été déterminées par des expériences de floculation.

Il est parfois nécessaire d'ajuster le pH par ajout d'acide ou de base pour obtenir le pH optimal de coagulation-floculation des réactifs utilisés :  $Al^{3+} = 6,0$  à  $7,4$ ,  $Fe^{3+} = 5$  à  $8,5$  (GAÏD.A 1993).

### 3.3. Traitement secondaire (traitement biologique)

Ce type d'épuration consiste principalement en la présence de micro-organismes qui consistent en la dégradation de la matière organique et la dégradation de la charge polluante des eaux usées.

Il convient également de noter que la plupart des processus biologiques doivent effectuer le meilleur domaine de pH entre  $6,5$  et  $8,5$ . C'est le meilleur pour les micro-organismes pour activer les micro-organismes à  $30^\circ C$  et nécessiter des nutriments suffisants.

Vous pouvez classer à peu près les micro-organismes de la manière suivante

- Bactéries aérobies qui nécessitent de l'oxygène pour se métaboliser;
- Bactéries d'élimination qui tirent l'énergie de la matière organique sans oxygène;
- Bactéries aérobies en option avec métabolisme aérobie et métabolisme anaérobie.

Le processus d'utilisation de deux types de purification des eaux usées:

Processus intensifs et  Processus extensifs (GLAUDE Blifert / Robert Perraud 2001).

### 3.4. Les différents Processus d'épuration biologiques.

#### 3.4.1. Les Processus biologiques extensifs :

Ils s'appuient sur les phénomènes d'autoépurations naturelles et ils nécessitent une faible puissance et, d'autre part, nécessitent de grands espaces et une longue présence d'eaux usées. D'un point de vue économique, ils sont moins chers. Ce sont le lagunage, l'épandage, etc..

#### 3.4.2. Lagunage naturelle

Les lagunes naturelles sont basées sur des cultures bactériennes principalement de type aérobie. Il est ensuite séparé par un mécanisme de sédimentation. L'épuration est assurée par des séjours prolongés dans plusieurs bassins en série. (AERM 2007)

Une lagune est un processus d'épuration qui consiste à faire circuler des effluents dans une série de bassins suffisamment longs pour permettre un processus naturel d'autoépuration. Il a lieu dans des zones ensoleillées, dans des bassins peu profonds. Le principe général est de rétablir la chaîne alimentaire aquatique dans les bassins. Le rayonnement solaire est la source d'énergie qui permet la production de matière vivante à travers la chaîne trophique. Les nutriments sont fournis par les eaux usées tandis que les plantes sont productrices de substances consommables et d'oxygène dans le système (BELBACHIR S HABBEDIN 2017)



**Figure 10:** Bassin de lagunage (Ghardaïa 2012)

### 3.4.3. Lagunage aérée

Les lagunes aérées sont une technologie d'épuration biologique par culture libre avec apport artificiel d'oxygène. Pendant la phase d'aération, les eaux usées sont dégradées par des micro-organismes qui consomment et absorbent les nutriments. Le but est la même que pour les boues activées à faible densité bactérienne et sans recirculation (AERM 2007)



Figure 11: les bassins de lagunage aéré (Ouargla)

### 3.4.4. L'infiltration-percolation sur sable

L'infiltration-percolation des eaux usées est le procédé d'épuration par filtration biologique aérobie sur média à grains fins. L'eau est distribuée en continu à plusieurs unités d'infiltration. La charge hydraulique est de plusieurs centaines de litres par mètre carré de lit filtrant et par jour. L'eau à traiter est répartie uniformément sur la surface non couverte du filtre. Les plages de distribution d'eau restent ouvertes et visibles. (Guide de processus 1991)

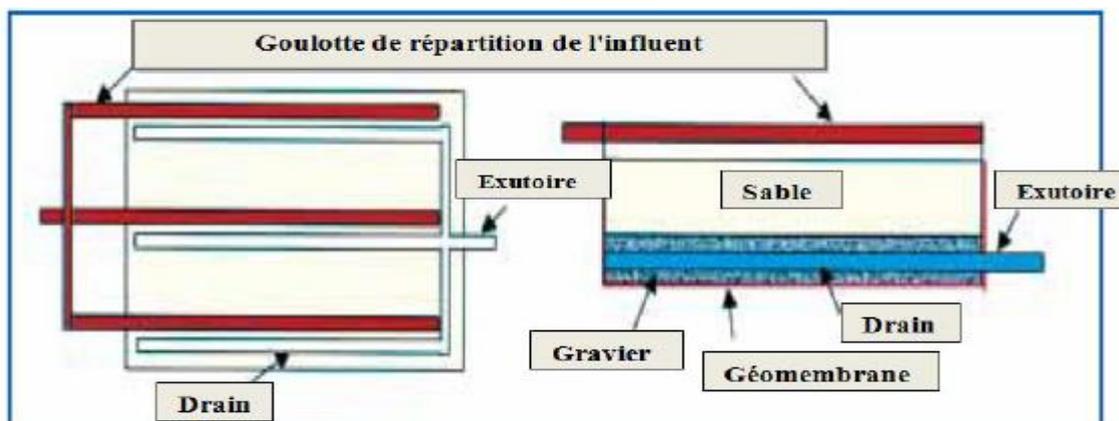


Figure 12 : Infiltration-percolation étanchée et drainée. (GUIDE PROCEDE 1991)

### 3.4.5. Le lagunage anaérobie

### 3.4.6. Les Processus biologiques intensifs

Le principe de ces procédés est de localiser des sites sur de petites surfaces et d'intensifier le phénomène de transformation et de destruction de la matière organique observable dans le milieu naturel, a utilisé trois grands types de procédés : - les boues actives ; les disques biologiques et lits bactériens. (RAHMANI ABDLATIF 2015)

### 3.4.7. Boues activées (cultures libres)

Procédé de traitement à boue activée est le procédé le plus utilisé en Algérie pour traiter les eaux usées

Le traitement biologique par boues activées élimine une grande partie de la matière organique des eaux usées.

Ce traitement est mis en œuvre dans un bassin à boues activées qui est un bioréacteur, avec brassage pour à mettre en contact les eaux usées et pour décomposer la matière organique en suspension ou dissoute. Il est constamment alimenté (comme l'azote et le phosphore) et aéré. L'air peut être fourni par le surface par des turbines, ou par le bas par un système de distribution d'air à bulles dans lequel l'air est alimenté par un suppresser ou un compresseur d'air.

Dans le bassin, la culture bactérienne est maintenue en contact avec la pollution sous forme de floccs en suspension. Cette culture bactérienne, également appelée boue activée ou biomasse, suivie d'une décantation pour séparer par gravité du liquide propre dans le décanteur. (DINH HUAN NGUYEN 2014). Et à partir de laquelle on renvoie les boues riches en bactéries vers le bassin d'aération (KEDIB B, 2010).



**Figure 13:** Configuration du procédé de traitement par boues activées (DINH HUAN NGUYEN 2014)



**Figure 14:** Bassin biologique ou d'aération (Photo prise sur terrain STEP d'Ain Sefra Mars 2023)

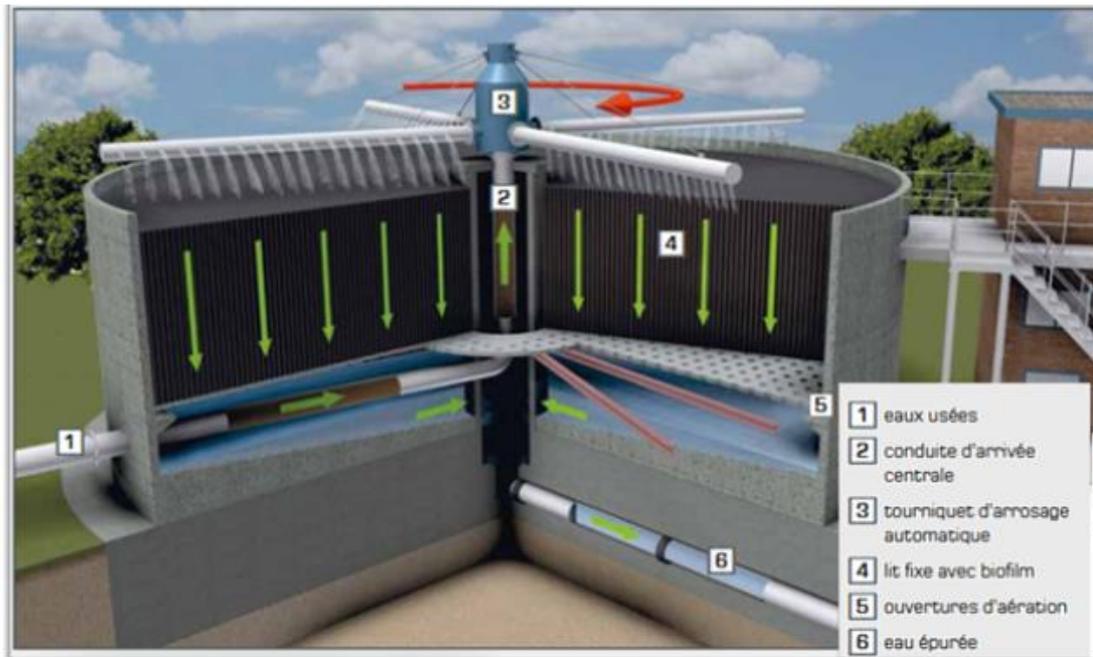
### 3.4.8. Les lits bactériens (cultures fixées)

L'utilisation des lits bactériens dans le traitement des eaux usées est très ancienne, la première méthode étant apparue en Grande-Bretagne il y a plus d'un siècle (FEAPCMADT).

Les lits bactériens, également appelés lits ou filtres, sont utilisés pour le traitement biologique des eaux usées depuis près de 100 ans.

Son principe de fonctionnement est de faire ruisseler l'eau à traiter, préalablement sur une masse de matériau (naturelles ou plastiques) sert de support aux micro-organismes. Les micro-organismes qui se fixent sur le support enlèvent la matière organique par absorption des solubles et en suspension.

Les lits bactériens sont des réacteurs biologiques à cultures fixées, non immergées, Utilisant un matériau de contact traditionnel (pouzzolane, cailloux) (**DEGREMENT**)



**Figure 15:** Construction et fonctionnement d'un bactérien (Yahia Marref. -Benhoudja Khadidja.2019)

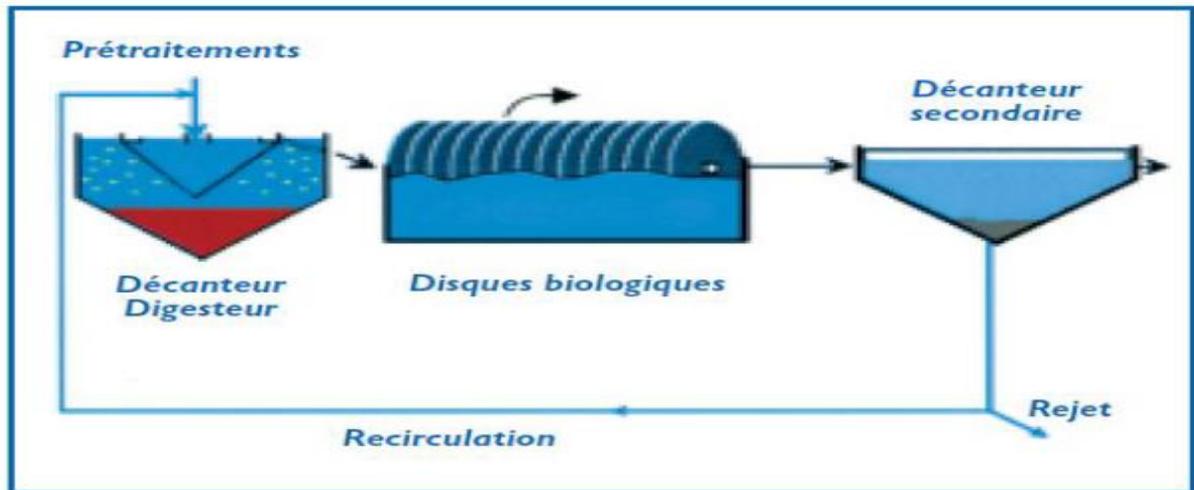


**Figure 16:** Modèle d'un Lit bactérien

### 3.4.9. Disque biologique

Biodisques ou Les disques biologiques sont un processus de traitement biologique aérobie avec une biomasse fixe. Les microprocesseurs sont des comprimés partiellement immergés dans les eaux usées qui doivent être traités et activés par un mouvement rotatif assurant à la fois le mélange et la ventilation. Pendant la phase immergée, la biomasse absorbe des matières organiques qui sont dégradées par fermentation aérobie grâce à l'oxygène dans l'atmosphère.

Une fois de quelques millimètres d'épaisseur, l'excédent de biofilm (boue) est séparé et transporté dans le réservoir de dépôt final où il est séparé de l'eau épurée. (DSMAC 2014)



**Figure 17:** Synoptique d'une station d'épuration comportant un disque biologique (GUIDE PROCEDE 1991)



**Figure 18:** Un disque biologique (2017, Vigeois, France)

**Tableau 1:** Avantages et Inconvénient des filières intensives (**GUIDE PROCEDE 1991**)

Filière	Avantages	Inconvénients
Lit bactérien Et disque Biologique	<ul style="list-style-type: none"> <li>*faible consommation d'énergie ;</li> <li>*fonctionnement simple demandant moins d'entretien et de contrôle que la technique des boues activées ;</li> <li>*bonne décantabilité des boues ;</li> <li>*plus faible sensibilité aux variations de charges et aux toxiques que les boues activée</li> <li>*généralement adapté pour les petites collectivités</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*performance généralement plus faible qu'une technique par boue activée.</li> <li>*coûts d'investissement assez élevés (peuvent être supérieure d'environ 20% par rapport a une boue activée</li> <li>*nécessité de prétraitements efficaces</li> <li>*sensibilité au colmatage</li> <li>*ouvrages des tailles importante si des objectifs d'élimination de l'azote imposée</li> </ul>
Boue activée	<ul style="list-style-type: none"> <li>*adaptée pour toute taille de collectivité (sauf les très petites)</li> <li>*bonne élimination de l'ensemble des paramètres de pollution</li> <li>*adaptées pour la protection de milieu récepteur sensible</li> <li>*boue légèrement stabilisées</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*coûts d'investissement assez importants</li> <li>*consommation énergétique importante</li> <li>*nécessite des personnels qualifiés et d'une surveillance</li> <li>*sensibilité aux surcharges hydrauliques ;</li> <li>*décantabilité des boues par toujours aisée a maîtriser</li> <li>*forte production des boues qu'il faut concentrer</li> </ul>

### 3.5. Le traitement tertiaire

Les traitements complémentaires, appelés aussi tertiaires, avancés ou de finition, sont des procédés qui améliorent les caractéristiques des eaux usées après traitement biologique ou physico-chimique.

Ils sont utilisés lorsque cela est nécessaire pour assurer une protection supplémentaire du milieu récepteur ou pour une réutilisation immédiate. Ces procédés sont notamment destinés à :

\* Élimination de l'azote et du phosphore.

\* Désinfection (**RAHMANI ABDLATIF 2015**) : il y a différentes méthodes utilisées de cette procédée

La principale méthode utilisée est la désinfection au chlore, qui doit être appliquée à des doses très élevées et pour des temps de contact plus longs (**GOMMELLA et H Gurree ; 1983**).

Outre la désinfection au chlore, il existe d'autres procédés, moins utilisés dans le domaine de l'épuration des eaux usées :

L'ozone a un large éventail d'effets. Il est efficace contre les virus et les bactéries et a un temps de contact court (10 minutes). Les doses typiques utilisées sont de 2 à 5 g/m<sup>3</sup> d'ozone (**BOUTIN, B et MERCIER, PN, 1984**).

Le développement de la désinfection par ultraviolets tend à être plus fort car il présente de nombreux avantages tels qu'un temps de contact extrêmement court, pas d'utilisation de produits chimiques, et un bon effet sur les bactéries et les virus. Le principe de la lumière ultraviolette repose sur le fait que la lumière ultraviolette est une onde électromagnétique correspondant à une longueur d'onde comprise entre 100 et 400 nm portée. L'absorption de ces rayons par les microbes provoque des modifications de leur ADN, empêchant toute répllication du matériel génétique et provoquant leur mort (**BOUTIN, B et MERCIER, PN, 1984**).

### 3.6. Le traitement de boues résiduaires

#### 3.6.1. Définition d'une boue

Les boues sont définies comme "les sédiments résiduels des installations de traitement ou de prétraitement des eaux usées biologiques, physiques ou physico-chimiques".

Elles sont diverses et ont une composition très hétérogène, ce qui rend leur volume et leur bilan massique variables d'une boue à l'autre.

La quantité de boues produites dépend de la nature et des caractéristiques physico-chimiques des eaux usées (GUIBELIN, E., 1992)

### 3.6.2. Types de boues

Selon leur origine, on distingue deux types de boues :

#### A. Boues de procédé

Déchets pâteux généraux des lignes de production qui, de par leur nature (forte concentration, toxicité au traitement chimique des eaux, etc.), ne sont pas rejetés avec les eaux industrielles (Faure, P., 1999)

#### B. Boues d'épurations

Indiqué pour toutes les phases concentrées issues d'opérations de séparation de phases (sédimentation, filtration, etc.) pour le traitement des eaux industrielles. Répartis en quatre catégories selon le type de traitement de purification (Kincannon, D. and A. Gaudy Jr, 1966):

##### ➤ Les boues primaires

Des opérations de traitement des eaux usées limitées à la séparation liquide-solide (comme la sédimentation ou la flottation) ou des substances physico-chimiques, qui sont des boues primaires traitées avec une coagulation et/ou une floculation supplémentaire.

##### ➤ Les boues secondaires

Dites biologique, il provient d'opérations de traitement biologique des eaux usées destinées à dégrader les matières organiques, le phosphore et l'azote.

##### ➤ Boues tertiaires :

Ce sont des boues qui ont subi des traitements tels que la désinfection ou la déphosphoration pour améliorer le traitement afin de répondre aux normes de qualité.

##### ➤ Les boues mixtes : correspond à un mélange de boues primaires et secondaires (Abrahams, V.M., et al. 2004)

### 3.6.3. Impacts des boues sur l'environnement

Les boues d'épuration sont considérées comme des déchets dangereux, qui concentrent les métaux lourds et les composés organiques faiblement biodégradables, ainsi que les microorganismes pathogènes présents dans les eaux usées. Ces polluants peuvent modifier la

composition du sol qui les absorbe. Ces modifications sont influencées par des facteurs liés au sol récepteur (sol de la décharge), au socle rocheux de la décharge et à des facteurs climatiques. Le transport et le déversement de volumes importants de boues d'épuration peuvent entraîner la diffusion de substances toxiques (sulfures et azote) dans l'atmosphère (**Jocteur, 2001**).

### 3.6.4. Filières de traitement des boues

Les boues recyclées proviennent généralement du traitement primaire, des bassins d'aération ou des bassins de décantation secondaire (**Monod, 1989**).

Les procédés de traitement des boues peuvent varier selon leur nature et la taille de la station d'épuration. Trois grands types de traitement peuvent être distingués :

- La stabilisation dont le but est de réduire la capacité fermentaire des boues afin de limiter ou de supprimer les nuisances olfactives
- Les traitements de réduction de la teneur en eau des boues, visant à réduire le volume de boues à stocker ou à disperser et/ou à améliorer leurs caractéristiques physiques (empilage notamment)
- Traitements d'hygiénisation visant à éliminer les charges microbiennes pathogènes

**Tableau 2:** Opérations de traitement des boues et leur objectif (**Duchen 1990**)

Opération	But
Stabilisation	Limiter le développement ultérieur des nuisances d'accompagnement
Concentration	Eliminer une partie de l'eau interstitielle pour d'éviter son transport
Stockage	Garantir que la capacité tampon coordonne les besoins d'extraction et la possibilité d'évacuation vers l'extérieur
Homogénéisation	Fournit un produit connu et relativement stable au destinataire final
Conditionnement	Modifier les caractéristiques des boues pour faciliter la séparation des phases solide et liquide
Déshydratation	Augmenter la siccité pour de rendre le produit solide ou pâteux

### A. Stabilisation des boues

Les traitements utilisés sont des traitements biologiques, chimiques ou thermiques. Ils conviennent au traitement primaire des boues fraîches, au traitement secondaire des boues ou à toutes les boues.

- La bio stabilisation réduit la quantité de matières fermentescibles dans les boues. Elle se fait soit par voie aérobie (en présence d'oxygène) dans des bassins aérés ou des bassins de stabilisation aérobie, ou par voie anaérobie (absence d'oxygène) dans des digesteurs, qui Il peut produire du biogaz riche en méthane. **(Jarde, E., 2006)**
- La deuxième technique de stabilisation utilisée est le compostage, qui est un processus spécial de biostabilisation aérobie. Il est préférable de le faire sur des boues qui ont été déshydratées pour économiser les approvisionnements en milieu de compostage.
- Une troisième approche possible est la stabilisation chimique, empêchant simplement l'activité biologique et donc l'évolution des boues en élevant le pH au-dessus de 12 avec l'ajout de grandes quantités de chaux. Le chaulage de la boue comprend généralement avant la déshydratation.



**Figure 19:** Stabilisation des boues par chaulage (OPAL INGÉNIERIE 2022)

## B. Réduction de la teneur en eau des boues

Pour réduire le volume de boues, divers procédés sont mis en œuvre, notamment l'épaississement, la déshydratation et le séchage, par ordre d'efficacité et de coût croissants. (Mahmoud, A., et al., 2010)

### ➤ L'épaississement



Figure 20: Epaississeur par gravité (SFA enviro)

### ➤ Conditionnement

Le but de cette étape est de préparer les boues pour l'étape suivante : la déshydratation. En effet, il est nécessaire d'augmenter artificiellement la taille des particules en favorisant l'agrégation des colloïdes pour drainer l'essentiel de l'eau interstitielle, diminuant ainsi la stabilité des colloïdes dans les boues. Le conditionnement peut se faire par des procédés physiques (traitement thermique) ou chimiques. En raison de leur moindre coût, les procédés chimiques sont les plus couramment utilisés. Ils utilisent des coagulants (qui ont une charge opposée aux particules contenues dans les boues) et/ou des flocculant (qui forment des complexes hydratés). Les réactifs couramment utilisés sont les sels inorganiques de fer ou d'aluminium, la chaux ou les poly électrolytes (polymères synthétiques).

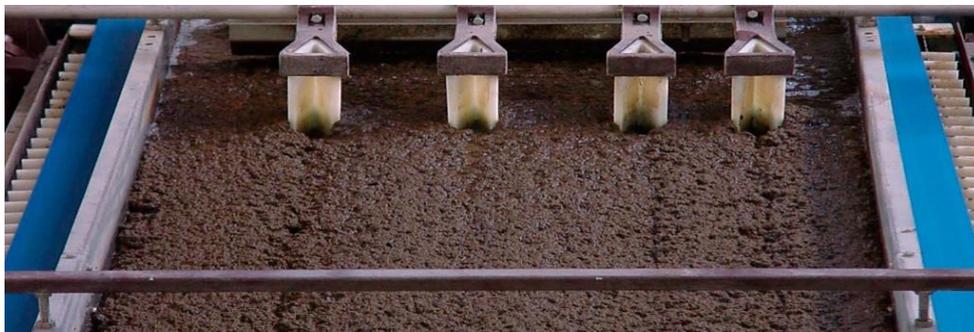


Figure 21: Un conditionnement des boues précis pour de bons résultats de déshydratation (Endress+hauser)

### ➤ Déshydratation

La déshydratation correspond à une forte augmentation de la siccité, modifiant l'état physique des boues de liquide à pâteux ou solide. La déshydratation est la deuxième étape de la réduction du volume des boues, au cours de laquelle les boues épaissies, stabilisées ou non, sont plus ou moins largement débarrassées de leur humidité résiduelle pour qu'elles deviennent solides ou pas des tout "pelles". (Boeglin, J., 2012)

Il existe deux processus principaux, le processus de filtre à bande et le processus de filtre-presse.

Pour le procédé de filtration sur bande, les boues sont déversées entre deux bandes verticales continues en fibres synthétiques qui passent entre deux rouleaux presseurs avant d'être transportées vers une zone de stockage.



**Figure 22 :** Déshydratation Mécanique des boues par filtre à bandes (EMO France)

Pour le deuxième procédé, les boues sont injectées dans un filtre-presse. Celles-ci sont pressées, le "gâteau de boues" est ensuite démoulé et acheminé vers une zone de stockage.



**Figure 23:** Déshydratation Mécanique des boues par filtre-presse à plateaux (Faure équipement 2022)



**Figure 24:** évacuation des boues déshydratée sur la baine (Photo prise sur terrain STEP d'Ain Sefra Mars 2023)

### ➤ Séchage

Le séchage élimine la majeure partie ou la totalité de l'eau par évaporation naturelle (lit de séchage) ou thermique. La technologie du lit séchage est réalisée sur des boues liquides à l'air libre, combinant évaporation naturelle et élimination de l'eau libre à travers une couche filtrante de gravier et sable. (Borglin, J.-C. 2000)

Le séchage thermique élimine la quasi-totalité de l'eau (environ 95% de siccité). Les boues sont poudreuses ou granuleuses. Ce type de séchage repose sur deux méthodes :

- a) **Le séchage direct**, c'est-à-dire que la boue est en contact avec une source de chaleur et directement injectée d'air pour la brûler.
- b) **Le séchage indirect**, c'est-à-dire séchage total. Les boues sont chauffées par un fluide caloporteur circulant dans des canalisations isolées.

Le séchage thermique intervient nécessairement après l'étape de déshydratation mécanique.



**Figure 25:** lits de séchage non plantés (Source : Eawag-Sandec à Dakar, Sénégal 2016)

### C. Traitement d'hygiénisation des boues

La boue sanitaire est une boue qui a été traitée pour détruire les parasites et les agents pathogènes jusqu'à ce qu'ils soient réduits à un certain niveau. Le chaulage est autorisé là où les caractéristiques de la boue le permettent. L'une des méthodes les plus efficaces et flexibles de traitement des boues déshydratées est l'ajout de chaux (chaux). Conforme aux critères (**Baudez, J. et al 2008**)

Le chaulage des boues déshydratées permet :

- ✓ Stabilisé chimiquement en augmentant le pH pour des durées de stockage prolongées
- ✓ Réduit la mobilité des métaux lourds par précipitation sous forme d'hydroxydes.
- ✓ Augmente la siccité finale des boues en améliorant leur structure et leur manipulation.
- ✓ Réduit les bactéries pathogènes.

Élimine les odeurs et prévient la fermentation.

Pour le traitement des boues, la chaux vive ( $\text{Ca O}$ , oxyde de calcium) est préférable à la chaux éteinte ( $\text{Ca(OH)}_2$ , hydroxyde de calcium) en raison de l'élévation de température et de l'absorption d'eau qui se produit lors de la réaction des boues. De plus, la chaux vive a une densité élevée, ce qui est pratique pour la logistique de transport et la mise en décharge.

## 2<sup>ème</sup> Partie. Lagunage naturelle

### 4. Lagunage naturelle

#### 4.1 Définition

La lagune naturelle est un processus de traitement biologique extensif dans lequel l'épuration des eaux usées a lieu à l'air libre et dans des bassins peu profonds, dans lesquels les eaux usées s'écoulent naturellement (particulièrement adapté aux petites communautés rurales).

#### 4.2 Principe de fonctionnement

Le traitement lagunaire consiste en une série de bassins artificiels, ou bassins formés par des barrages étanches, dans lesquels les eaux usées sont déversées et passent ensuite et naturellement d'un bassin à l'autre, par gravité, pendant une longue durée de séjour.

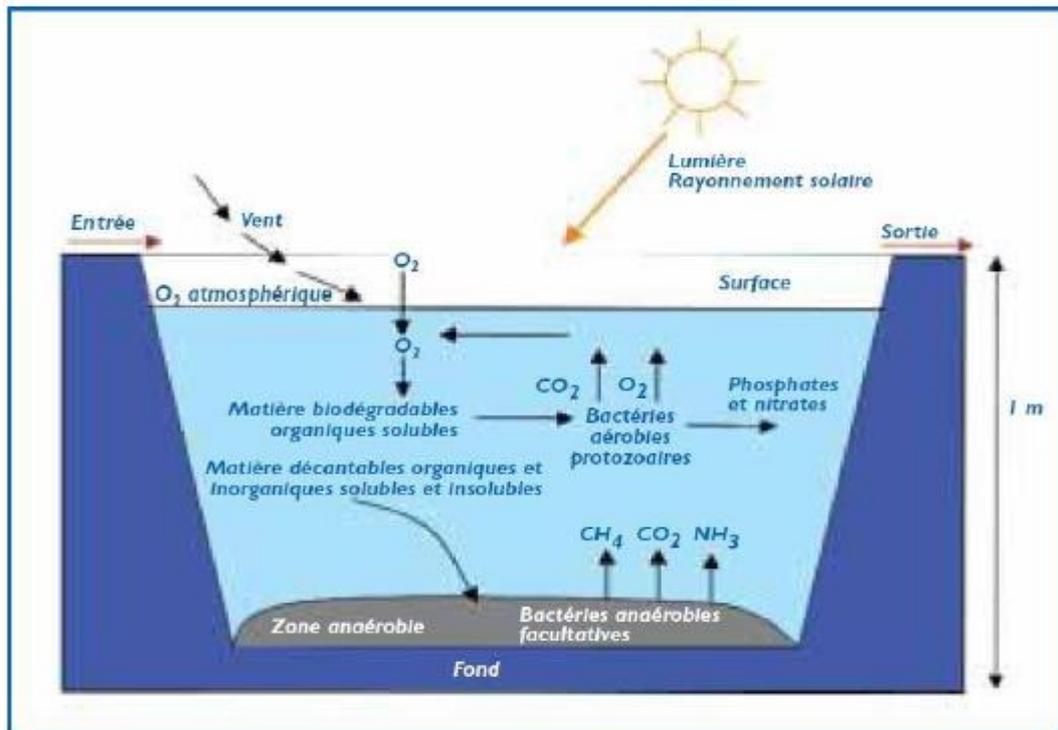
Différents assemblages de ces bassins sont possibles en fonction de divers paramètres, comme les conditions locales, les exigences sur la qualité de l'effluent final et le flux à traiter.

Ces bassins fonctionnent comme des écosystèmes avec une relation symbiotique entre une population diversifiée de bactéries, champignons, algues, poissons, plantes, etc. Ces différents organismes interviennent dans l'élimination de la charge polluante des eaux usées (UNESCO, 2008).

En général, le processus de lagunage est basé sur la photosynthèse. Une pièce d'eau à la surface des bassins est exposée à la lumière. Cela permet l'existence d'algues qui produisent l'oxygène nécessaire au développement et au maintien des bactéries aérobies.

Ces bactéries causent la décomposition aux la matière organique. Le gaz carboné produit par les bactéries, ainsi que les sels minéraux dans les eaux usées permettent aux algues de se développer et multiplier. Il y a donc prolifération de deux populations dépendantes : les bactéries et les algues planctoniques, aussi appelées « plantes microphytes ». Ce cycle est auto-entretenu tant que le système reçoit de l'énergie solaire et de la matière organique. (GUIDE PROCEDE 1991).

Au fond de bassin, là où la lumière ne pénètre pas, les bactéries anaérobies décomposent les sédiments issus de la décantation de matière organique. La libération de gaz carbonique et de méthane se produit à ce stade.



**Figure 26:** Les mécanismes en jeu dans les bassins de lagunage naturel (D'après Agences de l'Eau, CTGREF) (GUIDE PROCEDE 1991)

### 4.3. Classification des lagunes

Il existe différents types de bassins, ils sont classés selon le type de végétation dont ils disposent ou en fonction de l'environnement biologique prédominant existe

#### 4.3.1. Classification selon les types de végétation

Les lagunes peuvent être classés selon les types de végétation tels que :

#### 4.3.2. Lagunes à microphytes

Ces lagunes peuvent contenir de petites algues appelées phytoplancton ces algues qui peuvent être bleues, vertes, rouges ou brunes produisent de l'oxygène dissous par photosynthèse, contribuant ainsi à l'aération de l'eau à proximité de l'aération naturelle due au contact de l'air. Leur croissance varie en fonction des conditions climatiques, de la profondeur de l'eau dans la lagune, de la charge organique..... Ce type de lagune se caractérise par un peu profondeur (entre 1,1 m et 1,7 m) et un temps de séjour long (entre 50 et 80 jours). (EL HACHEMI, O., 2012).

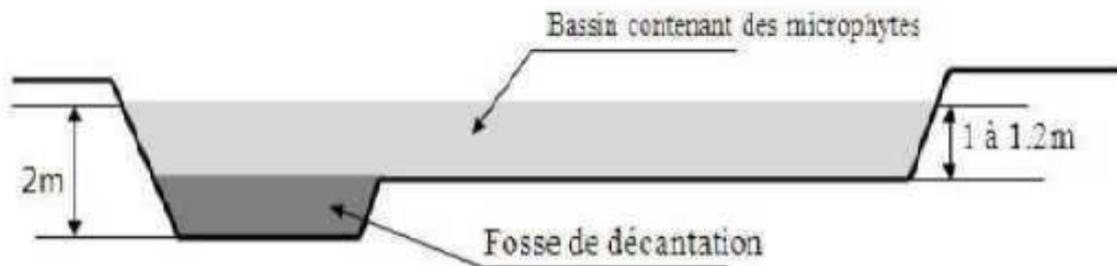


Figure 27 : Schéma d'une lagune à microphyte (EL HACHEMI, O., (2012))

#### 4.3.3. Lagunes à macrophytes

Les lagunes à macrophytes sont utilisées dans la dernière étape de l'épuration par lagunage naturel.

Dans ces lagunes on utilise des plantes aquatiques macroscopiques sont visibles à l'œil nu, qui peuvent être immergées, flottantes ou enracinées. Ils contribuent à l'absorption des éléments minéraux (azote, phosphore, etc., et issus du processus d'élimination des matières organiques dans les bassins précédents) et à l'élimination des plantes microscopiques. Les lagunes à macrophytes, selon la nature de la plante et du traitement (iris, roseaux, joncs, laitue d'eau), ont une profondeur comprise entre 0,3 et 0,6. (EL HACHEMI, O., (2012))

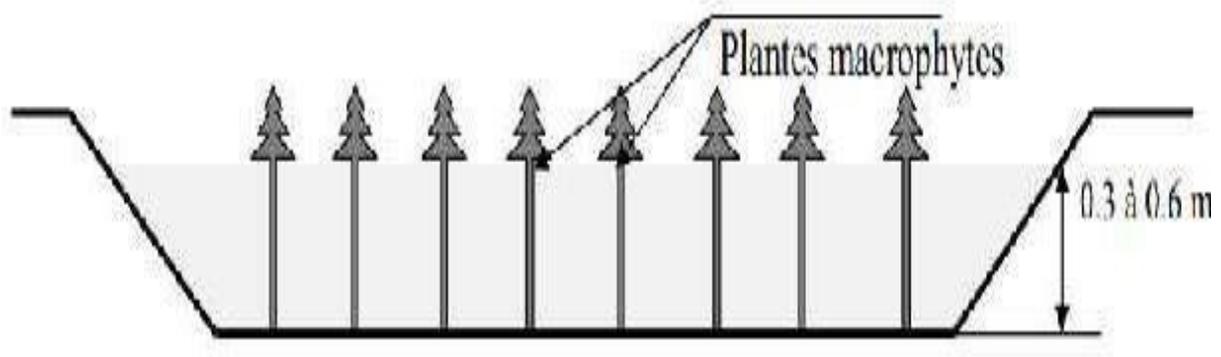


Figure 28: Schéma d'une lagune à macrophyte (ARDAM, 2007)

#### 4.3.4. Lagunes mixtes

Les lagunes mixtes comprennent deux parties. Une partie de la lagune contient des plantes microphytes, l'autre partie contient des plantes macrophytes, comme le montre le schéma suivant :

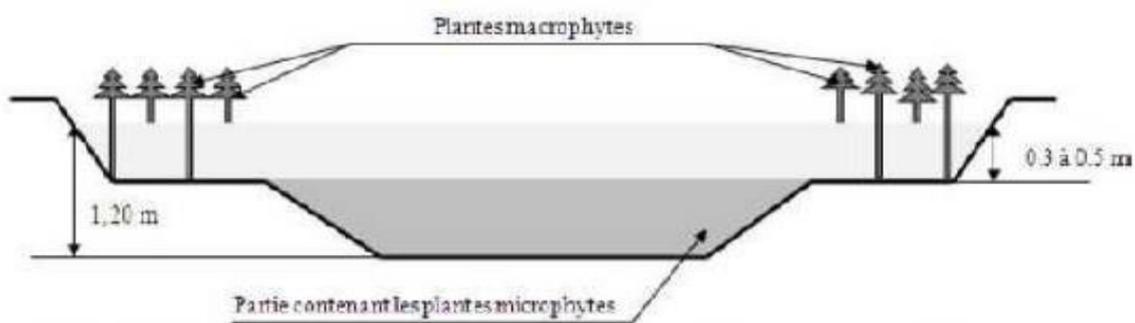


Figure 29: Schéma d'une lagune mixte (ARDAM, 2007)

#### 4.3.5. Classification en fonction de l'environnement biologique

Les types de lagunes suivants sont classés :

##### A. Lagunes aérobies

Les lagunes aérobies servent à accélérer la décomposition de la matière organique par des bactéries aérobies et facultatives, et favorisant la croissance des algues pour éventuellement produire des protéines. Dans ce type bassin, la profondeur est très basse (0,2 à 0,5 m) pour permettre à la lumière du soleil de pénétrer toute la profondeur et de dissoudre l'oxygène dans chaque colonne d'eau. L'utilisation des bassins aérobies est limitée aux zones chaudes et ensoleillées où il n'y a aucun risque de couverture de glace. (UNESCO, 2008.)

### B. Lagunes anaérobies

Un bassin profond (environ 3 à 4 m de profondeur) dans lequel se déroule le processus de fermentation anaérobie conduit à la méthanisation et entraîne une réduction partielle des matières organiques solubles. Le temps de séjour de l'eau est d'environ 3 à 10 jours sous nos climats selon les buts. (ABLME, 1979)

### C. Lagunes facultatives

Bassin peu profond (1 à 1,5 m localement) avec une zone anaérobie au fond de bassin et une zone d'air à la surface, son épaisseur varie en fonction des conditions météorologiques et du temps (saison). La durée du séjour est de 15 à 30 jours. (ABLME, 1979)

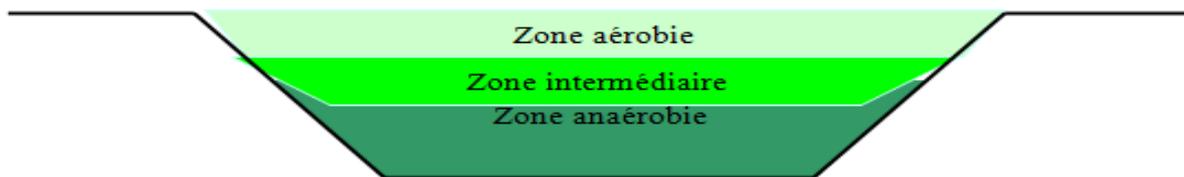


Figure 30: Schéma de lagune facultative

### D. Lagunes de maturation

La lagune de maturation affecte les bassins peu profonds (environ 1 m) où la faible charge organique des herbivores (zooplancton et animaux supérieurs) qui empêche la croissance des végétaux, l'établissement de zone aérobie couvrant une grande partie de la surface de l'eau. Le but de cette lagune est de détruire les micro-organismes pathogènes. Leur durée de séjour est comprise entre 4 et 12 jours (RACAULT, Y., (1997).

#### 4.4. Avantages

- Bonne protection du milieu naturel
- Pas de consommation énergétique si la dénivelée est favorable
- Peu d'exploitation avec une fiabilité du traitement élevée
- Elimination intéressante de l'azote, du phosphore et des germes pathogènes en été
- S'adapte très bien aux variations hydrauliques du fait du long temps de séjour
- Génie civil simple Maîtrise limitée de l'équilibre biologique et des processus épuratoires
- Bonne intégration paysagère
- Aucune nuisance sonore
- Boues de curage stables (sauf celles entête du premier bassin) avec une fréquence de curage pour la zone proche de l'alimentation de 10 à 15 ans. (AERM 2007)

### 4.5. Inconvénients

- Grande emprise au sol
- Coûts d'investissement élevés si le sol est perméable ou instable
- Performances pouvant être altérées en DBO5, DCO et MES par la présence d'algues vertes
- Procédé réservé aux réseaux unitaires ou du moins pour des eaux usées strictement domestiques
- Procédé inadapté pour le traitement des effluents non domestiques (sinon dégagements d'odeurs) (AERM 2007)

## 3<sup>ème</sup> partie : La bio remédiation

### 5. La bioremédiation

#### 5.1. Principe

La bioremédiation est une méthode basée sur les activités de nombreux organismes (généralement des bactéries, des micro-algues ou des champignons) possédant la capacité naturelle de dégrader les polluants en composés inertes tels que l'eau et le dioxyde de carbone. Ces organismes peuvent avoir été présents dans la zone contaminée (indigènes) ou ajoutés à milieu (exogènes), ou ils peuvent avoir été prélevés sur le site contaminé, cultivés en laboratoire, puis réintroduits dans le sol. La bioremédiation est généralement effectuée dans des conditions aérobies, mais l'application de systèmes de bioremédiation dans des conditions anaérobies peut dégrader une certaine quantité de molécules récalcitrantes (Chedly ABDELLY, 2006).

#### 5.2. Les techniques de la bioremédiation

Il existe des traitements de bioremédiation in situ et d'autres traitements sur site ou hors site.

##### 5.2.1 La bioremédiation in-situ

Il s'agit de traitements biologiques directement appliqués sur le site à dépolluer. Ils ont l'avantage de ne pas nécessiter d'excavation et de permettre, éventuellement, la poursuite des activités. Et peut être séparée formellement en 7 mécanismes :

### **A. La bioremédiation intrinsèque ou bio-atténuation :**

C'est simplement la biodégradation naturelle des polluants par les microorganismes présents dans le sol ou la nappe. Cette méthode sert uniquement à évaluer la présence et la capacité des micro-organismes utilisés à dégrader les polluants (**Khalil Hanna, 2004**).

### **B. La biostimulation :**

Ce processus consiste à fortifier l'activité des populations microbiennes dans le sol ou dans les eaux souterraines En fournissant des nutriments et en ajustant les conditions du milieu, Ce qui peut entraîner une réduction de l'oxygène l'humidité et la température (**Khalil Hanna, 2004**).

### **C. La bioaugmentation :**

Cette technique est utilisée lorsque l'activité des microorganismes indigènes est insuffisante. Il s'agit d'ajouter des micro-organismes étrangers spécialisés. Une des voies de recherche actuelle est l'utilisation de micro-organismes génétiquement modifiés pour la dégradation des polluants récalcitrants (**Khalil hanna, 2004**).

### **D. La bioinjection :**

C'est la fragmentation des macromolécules en couplant l'injection d'air ou d'oxygène avec l'activité biologique normale des microorganismes suivie de leur piégeage par le flux gazeux (**Khalil Hanna, 2004**).

### **E. La bioextraction :**

Elle suit la même voie, sauf qu'il s'agit d'un couplage entre l'activité biologique des micro-organismes et l'extraction sous vide des polluants (**Khalil Hanna, 2004**).

### **F. La biofiltration :**

Ce traitement consiste à utiliser des micro-organismes pour réduire les polluants dans l'air à traiter : l'air contaminé par une phase hydrologique est mis en contact avec la population microbienne, aussi appelée biomasse, qui se développe. Dans l'unité de filtration biologique, l'air à éliminer passe d'abord par un filtre et un humidificateur pour éliminer la poussière et la graisse présentes dans le gaz et élever le niveau d'humidité à 100 %. L'air est ensuite inséré dans un réservoir contenant un emballage fait de matériaux très poreux.

À la surface des particules qui composent le remplissage se trouve un biofilm correspondant à une membrane d'eau contenant des micro-organismes dont la fonction est de décomposer les polluants dans l'air à traiter (**Khalil Hanna, 2004**).

### **G. La Phytoremédiation :**

C'est l'utilisation de certaines plantes qui favorisent la migration des polluants (métaux lourds) à travers leur système racinaire. L'efficacité de cette technique d'extraction des polluants organiques a été peu étudiée (**Khalil Hanna, 2004**).

### **5.2.2. La bioremédiation sur ou hors-site**

La biodégradation des pieux (culture sur le terrain) est utilisée sur place et peut être séparée formellement en trois mécanismes : l'épandage, le compostage et la biopile (**khalil hanna, 2004**).

#### **A. L'épandage (landfill) :**

Il s'agit d'une méthode très ancienne d'épandage de terre contaminée en couche très fine afin de favoriser l'aération naturelle. Le principal problème qui se pose est de contrôler la migration potentielle des polluants dans le sol support (**Khalil Hanna, 2004**).

#### **B. Le compostage :**

Il consiste à mélanger un sol contaminé avec de la matière organique fraîche. La hausse des températures et l'augmentation de la diversité microbienne favorisent la biodégradation des polluants (**Khalil Hanna, 2004**).

#### **C. La biopile :**

C'est un engrais élaboré dans lequel tous les paramètres biologiques et physico-chimiques sont parfaitement maîtrisés. Les matériaux à traiter sont empilés dans un ordre précis sur une hauteur de 2 à 4 mètres. L'intercalation des drains permet d'aérer le milieu, si l'on souhaite provoquer une dégradation aérobie. La technologie de biodégradation (pile) est utilisée pour décontaminer les sols contaminés par des hydrocarbures légers (essence, diesel, mazout, mazout léger et huiles usées). Les facteurs limitant l'application de cette technique sont :

- ✓ Perméabilité du sol.
- ✓ Le caractère résistant de certains contaminants biodégradables (PCB, dioxines et autres hydrocarbures chlorés).

- ✓ La présence de substances toxiques très concentrées dans le sol (cuivre, plomb, mercure, etc.) (Khalil Hanna, 2004).

### 5.3. Types de bioremédiation

#### 5.3.1. Bioremédiation aérobie

Selon ZHENPENG et al. (2002), la bioremédiation aérobie d'une substance organique comme les hydrocarbures aromatiques polycycliques est le degré de modification physique et chimique auquel cette matière organique est soumise par les micro-organismes. Cela peut être affecté par des changements dans l'un des facteurs suivants :

- vitesse de décomposition des composés organiques.
- La quantité d'oxygène consommée.
- Produits résultant de décomposition.
- Activité bactérienne.

Le schéma suivant montre les processus de bioremédiation de la matière organique en conditions aérobies :

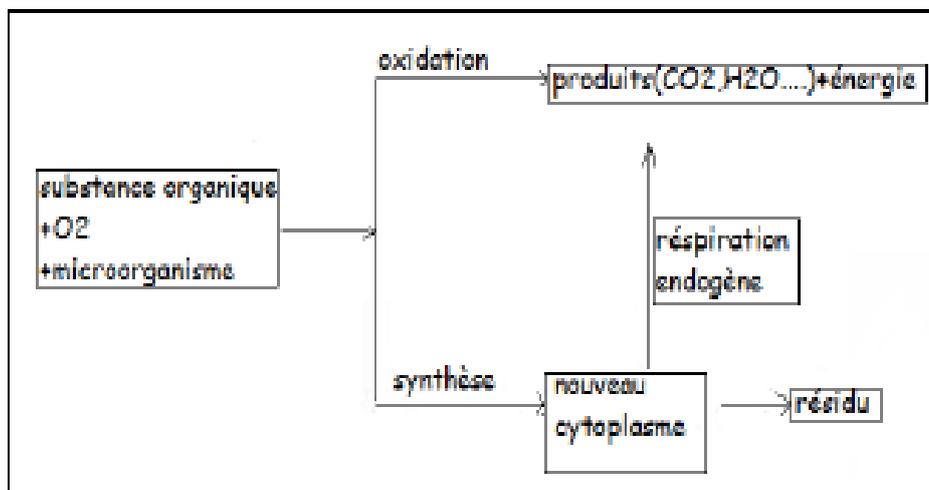
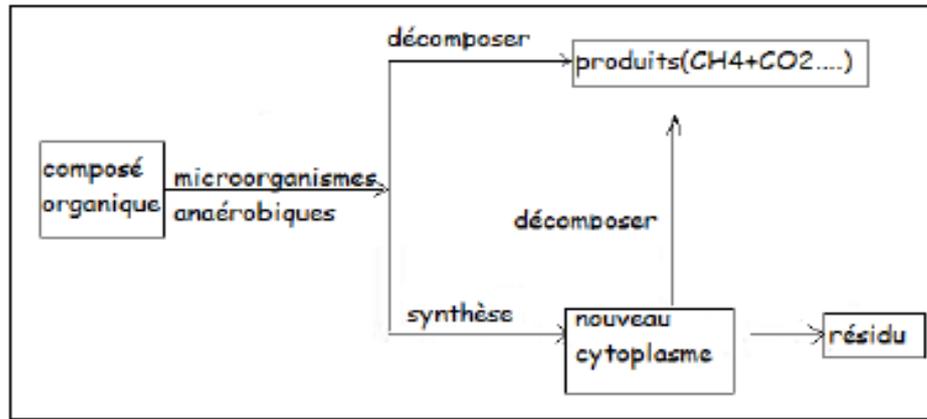


Figure 31: Dégradation aérobie de la matière organique (ZHENPENG et al, 2002).

#### 5.3.2 Bioremédiation anaérobie

La bioremédiation anaérobie de la matière organique est le degré de modification physique et chimique auquel cette matière organique est soumise par les micro-organismes dans des conditions anaérobies.

Le schéma suivant illustre les processus de biodégradation subis par la matière organique dans des conditions anaérobies.



**Figure 32:** Décomposition anaérobie de la matière organique (HONGWEI et al, 2003).

### 5.4. Microorganismes dépolluants le sol

Les sols sont constitués de matières minérales issues de l'érosion des roches et de matières organiques, et les micro-organismes sont généralement des organismes microscopiques unicellulaires qui se reproduisent naturellement dans tous les milieux et dans des conditions très variables (BOUSSEBOUA, 2002). Les sols comprennent des bactéries, des champignons, des protozoaires, des algues et des virus (SOLTANI, 2004).

La capacité de croissance sur les hydrocarbures n'est pas seulement limitée aux bactéries, mais certains sites contaminés contiennent également de nombreux champignons et levures capables de les dégrader (Yamada-Onodera et al. 2002). Une variété de bactéries et de champignons peuvent dégrader les polluants organiques dans le sol, tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques qui peuvent devenir de nouvelles sources de carbone du sol.

Les HAP sont riches en carbone, ils sont donc la source d'énergie des micro-organismes. Le développement rapide des micro-organismes entraîne une consommation rapide de nutriments. Plus la consommation de carbone est élevée, plus la concentration en polluant est faible, alors l'environnement permet à d'autres polluants d'être absorbés jusqu'à ce que la pollution soit éliminée.

Les micro-organismes de décontamination des sols sont activés en ajoutant des éléments tels que l'azote et le phosphore ou en augmentant la température à plus de 25°C.

- Le tableau suivant fournit quelques exemples de genres microbiens comprenant des micro-organismes impliqués dans la bioremédiation des hydrocarbures :

**Tableau 3:** Exemples de microorganismes décontaminant

Bactéries		Champignons
Gram -	Gram +	
<i>Pseudomonas</i>	<i>Micrococcus</i>	<i>Aspergillus</i>
<i>Xanthomonas</i>	<i>Arthrobacter</i>	<i>Penicillium</i>
<i>Acinetobacter</i>	<i>Rhodococcus</i>	<i>Acetomonium</i>
<i>Flavobacterium</i>		<i>Fusarium</i>
<i>Agrobacterium</i>		<i>Trichoderma</i>

Parmi les microorganismes capables de se développer sur les hydrocarbures, les bactéries restent qualitativement et quantitativement dominantes dans le métabolisme des substrats (BERTRAND et MILLE, 1989).

### 5.5. Avantages et Inconvénients de la bioremédiation

Dans ce paragraphe, nous aborderons les avantages et les inconvénients du traitement biologique.

- **Avantages de la bioremédiation**

- Cela revient moins cher que les autres traitements physico-chimiques.
- Ce sont des techniques simples.
- Il s'agit d'une technologie peu invasive, qui ne génère pas de déchets et qui est donc respectueuse de l'environnement. (Josefina Bordino, 2021)
- Elle nécessite peu d'énergie.
- Elle peut être utilisée en complément d'autres techniques.

- **Inconvénients de la bioremédiation**

- Contrairement à d'autres traitements, la bioremédiation demande de plus longues périodes de temps pour obtenir les résultats escomptés.
- Il est difficile de prévoir le fonctionnement complet du traitement.
- Les polluants ne sont pas complètement éliminés, il en reste toujours une infime quantité dans l'environnement.
- Ce n'est pas un procédé envisageable lorsque les concentrations de polluants sont très élevées. (Josefina Bordino, 2021)

## 6. Phytoremédiation

### 6.1. Définition de la phytoremédiation

La phytoremédiation est une forme de remédiation qui s'avère efficace pour de nombreux polluants organiques et inorganiques. Fonctionne sur des surfaces solides, liquides et gazeuses **(Pilon-Smits, 2005)**.

### 6.2. Principes de la Phytoremédiation

Les plantes et les micro-organismes associés sont utilisés en phytoremédiation **(Mench et al. 2010)**.

La phytoremédiation est classée en cinq catégories en fonction du mécanisme de remédiation des polluants : phytostabilisation, phytoextraction, phytodégradation, phytovolatilisation et rhizofiltration (voir figure).

Les trois derniers principes ne s'appliquent qu'aux sols contaminés par des matières organiques. Leur concept est basé sur la décomposition des polluants en produits chimiques plus simples et moins nocifs qui peuvent ensuite être utilisés par les plantes ou les microbes associés **(Bert et al. 2012)**.

### 6.3. Mécanismes de phytoremédiation

La phytoremédiation comporte diverses procédures fondées sur les objectifs de contamination et de remédiation **(Bert et coll., 2000)**, qui peuvent entraîner la dégradation des polluants, leur élimination (par accumulation ou dissipation) ou leur immobilisation **(Bruce et Pivetz, 2001)**. Il existe actuellement cinq grandes catégories d'application pour la phytoremédiation **(Pulford et al, 2003)**.

#### 6.3.1. Phytoextraction

La phytoextraction est une méthode de dépollution basée sur la capacité des plantes à éliminer les polluants de l'eau ou du sol et à transporter et déposer des polluants dans les parties aériennes par leurs racines.

Cette méthode est particulièrement utile dans les sols à contamination diffuse lorsque les contaminants sont présents en surface en faible quantité. Il peut être utilisé en combinaison avec l'ajout d'agents chélateurs pour augmenter la mobilité et l'absorption des éléments par les plantes **(Huang et al, 1997)**.

### 6.3.2. Phytostabilisation

La phytostabilisation est le processus de revégétalisation des sols contaminés pour fixer les éléments traces métalliques (ETM). Cette stratégie réduit le transport des polluants vers les eaux souterraines et l'atmosphère (**Mahar et al. 2016**).

### 6.3.3. Phytodégradation

Cette technique correspond à une contamination organique et non à des éléments traces. Les plantes utilisées dans ce processus n'ont pas la capacité de stocker des polluants dans leurs cellules. Cependant, ils peuvent digérer les polluants organiques dans les cellules aériennes et racinaires. (**Dabouineau et al., 2005**).

### 6.3.4. Phytovolatilisation

Les plantes sont utilisées dans la phytovolatilisation pour déplacer les ETM du sol vers l'atmosphère. Certains éléments (As, Hg et Se, par exemple) se retrouvent sous forme gazeuse dans l'atmosphère. Les ETM sont absorbés par les racines, puis transmis aux parties aériennes, où ils sont convertis en leur forme volatile avant d'être libérés dans l'atmosphère (**Kabataet , 2011**).

### 6.3.5. Rhizofiltration

Adsorption ou précipitation de polluants dans les eaux souterraines, les eaux de surface et les eaux usées par les racines des plantes. Les plantes épuratrices peuvent être terrestres ou aquatiques. Lorsque les racines d'une plante sont remplies de toxines, elles sont récoltées et remplacées par de nouvelles plantes pour poursuivre le processus de décontamination (**Mortet, 2019**).

## 6.4. Avantages de la phytoremédiation

- La phytoremédiation est une technologie de développement à long terme qui a une meilleure image publique que les méthodes traditionnelles (**Dechamp et Meerts, 2003**).
- La phytoremédiation fournit une couverture végétale qui améliore l'esthétique de la région tout en ralentissant l'érosion du sol, la lixiviation des particules et l'augmentation de l'infiltration (**Dechamp et Meerts, 2003**).
- La mobilité des polluants dans l'air, l'eau et le sol est réduite parce que les polluants sont gardés à proximité ou à l'intérieur des plantes (sauf pour la phytovolatilisation) (**Bert et Deram, 1999**).

- La phytoremédiation est peu coûteuse, estimée à 10 à 100 fois moins coûteuse que les méthodes traditionnelles (**Bert et Deram, 1999**). L'utilisation à grande échelle est possible en raison de son faible coût.
- La phytoremédiation peut être utilisée pour prévenir la pollution ou conjointement avec d'autres méthodes de nettoyage.

### 6.5. Inconvénients de la phytoremédiation

- les sont causés par un manque de connaissances ainsi que les difficultés associées au traitement des matériaux vivants.
- L'une des difficultés de la recherche en phytoremédiation est de déterminer la mobilité et la biodisponibilité des métaux lourds.
- Les extractions développées pour un métal peuvent ou non convenir à un autre.
- Les méthodes de phytoremédiation sont difficiles à normaliser (**Van et coll., 2007**).
- L'un des principaux inconvénients de ces stratégies est la limitation de l'action des plantes en profondeur en raison d'une capacité d'enracinement allant de 0,5 à 1 mètre pour les plantes herbacées et de 2 à 4 mètres pour les arbres et arbustes. De plus, comme les racines ne sont pas en contact permanent l'élimination des métaux est entravée.
- Il est difficile de produire une récolte importante de biomasse des espèces désirées en raison d'un manque d'information sur les procédures agronomiques et la gestion des hyper accumulateurs. (**Dechamp et Meerts, 2003**) et (**Van et al. 2007**).

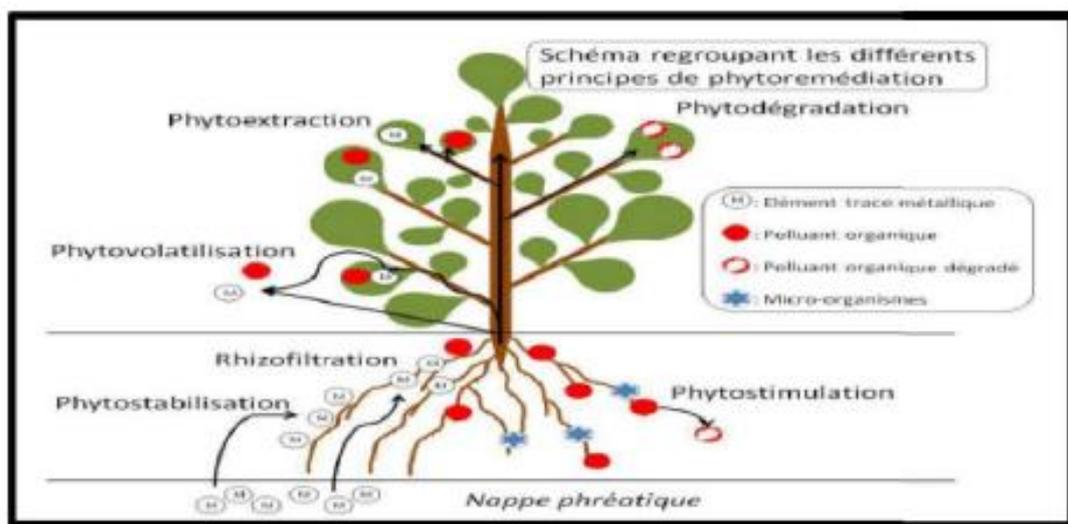


Figure 33: Diverses techniques de phytoremédiation (**Pilon-Smits 2005**)

### 6.6. Les plantes utilisées en phytoremédiation

La clé du choix réside surtout dans une bonne interaction entre les plantes, les micro-organismes et le sol. Selon le type de contamination et le sol, sont donc généralement utilisés des mélanges de plantes et végétaux à croissance différente.

#### A. Quelques exemples de plantes bénéfiques pour certains contaminants spécifiques:

- ✓ De la moutarde pour nickel et le plomb
- ✓ Des peupliers pour le cadmium et le zinc et le métal du sol et des eaux
- ✓ Des tournesols pour les radioéléments (**Lydia Paradis Bolduc, 2020**)
- ✓ Des saules pour les hydrocarbures et les pesticides
- ✓ *Aeollanthus biformifolius* (Lamiacées) pour le cuivre (**Wenzel et Jockwer, 1999**).
- ✓ Des plantes hyper accumulatrices pour les métaux lourds (des plantes de la famille des Brassicacees tels que les *Thlaspi*, reconnus pour leur capacité à emmagasiner le zinc, le cadmium et le nickel, ainsi que *Brassica juncea*, utilisée pour la phytoextraction du cuivre et du plomb.) (**Michel Labrecque, 2010**)

Certaines plantes et végétaux possèdent des capacités d'accumulation et d'absorption très élevées, jusqu'à mille fois plus que les autres! Par exemple dans le cas du saule, la structure des racines fait en sorte qu'il absorbe bien les éléments comme l'azote et le phosphate. Sa plantation autour d'un champ où l'on se sert de lisier comme engrais permettrait au saule d'absorber l'azote et le phosphate plutôt que de les laisser s'échapper dans le sol. Cette plante peut même séquestrer de grandes quantités de gaz carbonique et enrichir les terres agricoles.

Dans tous les cas, on évitera les plantes envahissantes et on optera plutôt pour des espèces indigènes, adaptées au site et aux contaminants présents.

### 6.7. On fait quoi avec la biomasse contaminée?

Comme la plante a accumulé des métaux pendant sa croissance, elle va les rejeter à l'endroit où elle meurt. Comment gère-t-on cette biomasse contaminée? Michel Labrecque nous renseigne : « On va retirer des branches annuellement, récolter la biomasse qui tombe au sol régulièrement. Elle est par la suite acheminée vers des sites d'incinérations, telles que les cimenteries, déjà bien équipées pour recueillir les contaminants inorganiques issus des combustions. Au Québec, on pourrait utiliser cette biomasse pour en faire de l'énergie, ou encore récupérer les métaux issus des incinérateurs pour les réutiliser, mais on en est pas encore là pour l'instant ».

### 7. Les tests des activités antibactériennes

Les antibiotiques sont des substances d'origine biologique ou synthétique capables d'inhiber la multiplication bactérienne. Ce sont des médicaments couramment utilisés qui constituent un arsenal thérapeutique important pour le traitement des infections bactériennes. Leur évaluation a été réalisée par trois méthodes de recherche : in vitro, in vivo et clinique (**Benabdallah, 2012**). Le traitement des infections bactériennes repose principalement sur l'utilisation d'antibiotiques. La prescription massive et parfois inappropriée de ces médicaments conduit à sélectionner des souches multi résistantes, orientant ainsi la recherche sur l'importance de découvrir de nouvelles voies qui inspirent de nouveaux médicaments à base de plantes (**Billing et Sherman, 1998**).

#### 7.1. Les bactéries

Les bactéries sont ubiquitaires et sont présentes dans tous les types de biotopes : sol, air, eau, sur les végétaux et les animaux... etc. Cependant, ces nombreuses espèces bactériennes sont pathogènes et sont responsables de maladies infectieuses comme le choléra, la syphilis et la tuberculose (**Hahn, M. W. et al**).

On peut classer les bactéries grâce à la coloration de gram, qui distingue deux types de bactéries:

**A. Les bactéries à gram positif :** Les bactéries à gram positif apparaissent mauves sous microscope.

**B. Les bactéries à gram négatif :** Les bactéries à gram négatif apparaissent roses sous microscope.

#### 7.2. La nature de l'activité antibactérienne :

Lorsque l'on parle d'activité antibactérienne, on distingue deux sortes d'effets :

- a) Une activité létale (bactéricide), c'est la propriété de tuer les bactéries dans des conditions définies ;
- b) Une inhibition de la croissance (bactériostatique), c'est l'inhibition momentanée de la multiplication d'une population (**Hammer, 1999**).

L'activité biologique d'un extrait végétal est liée à sa composition chimique, aux groupes fonctionnels des composés majoritaires (alcools, phénols, composés terpéniques et cétoniques) et à leurs effets synergiques (**Dorman, 2000**).

### 7.3. Les différentes méthodes d'évaluation de l'activité antibactérienne

**A. La méthode par diffusion :** Plusieurs méthodes sont utilisées pour l'évaluation du pouvoir antibactérien d'extraits de plantes, telles que :

**\*\* La méthode de diffusion à partir de disques imprégnés (méthode de Kirby – bauer) :**

Cette méthode consiste à imprégner des disques de papier en une quantité définie d'agent antibactérien, puis à les placer sur un milieu de gélose uniformément ensemencé avec l'organisme d'essai. Un gradient de concentration des antibiotiques se forme par diffusion à partir du disque. La croissance de l'organisme d'essai est inhibée à une distance du disque qui est liée à la sensibilité de l'organisme.

**\*\* La méthode de diffusion à partir des puits :** Le principe de cette méthode est similaire à celui de la méthode des disques : il consiste à réaliser des puits dans la gélose de 2.5 mm de profondeur, qui sont par la suite remplis d'extraits ou d'antibiotique à tester (**Carbonnelle, B. ; 1988**).

**B. Méthode de dilution :** Les techniques de dilution sont utilisées en milieu solide ou liquide. Le principe de ces méthodes consiste à mettre en contact un inoculum bactérien standardisé avec des concentrations croissantes de la substance antibactérienne testée selon une progression bien définie afin de déterminer la CMI de cette dernière (**Burnichon, N., Texier A. 2003**).

Les travaux actuels ont consisté à étudier l'activité antibactérienne de deux extraits de la plante *Nicotiana glauca*. Le but est de développer de nouveaux antibiotiques naturels qui n'ont pas d'effets nocifs sur l'homme par rapport à leurs homologues synthétiques.

# **Chapitre II :**

## **Matériel et**

### **Méthodes**

## 1<sup>ère</sup> partie : Stage sur terrain

Nous avons effectué un stage sur terrain au sein de la station lagunage naturel de Kef Doukhane d'El-Atteuf à Ghardaïa, le 21/11/2022 pour mieux connaître le fonctionnement de ce modèle de pollution des eaux usées.

### 1. Présentation de la station d'épuration Kef Doukhane d'El-Atteuf

#### 1.1 Situation géographique

La station d'épuration de Kef Doukhane est située sur la commune d'EL ATEUF, dans le cours inférieur de la vallée du m'Zâb. D'une superficie d'environ 79 hectares, il s'agit de la deuxième plus grande station d'épuration lagunaire naturelle au monde après la station d'épuration du Texas (selon M. marc André DES jardin, expert mondial en conception de stations d'épuration). La station d'épuration est située à environ 21 km au sud-est de Ghardaïa, en aval de la digue EL-ATTEUF. (KARA M et AMMISAID Y.2020)

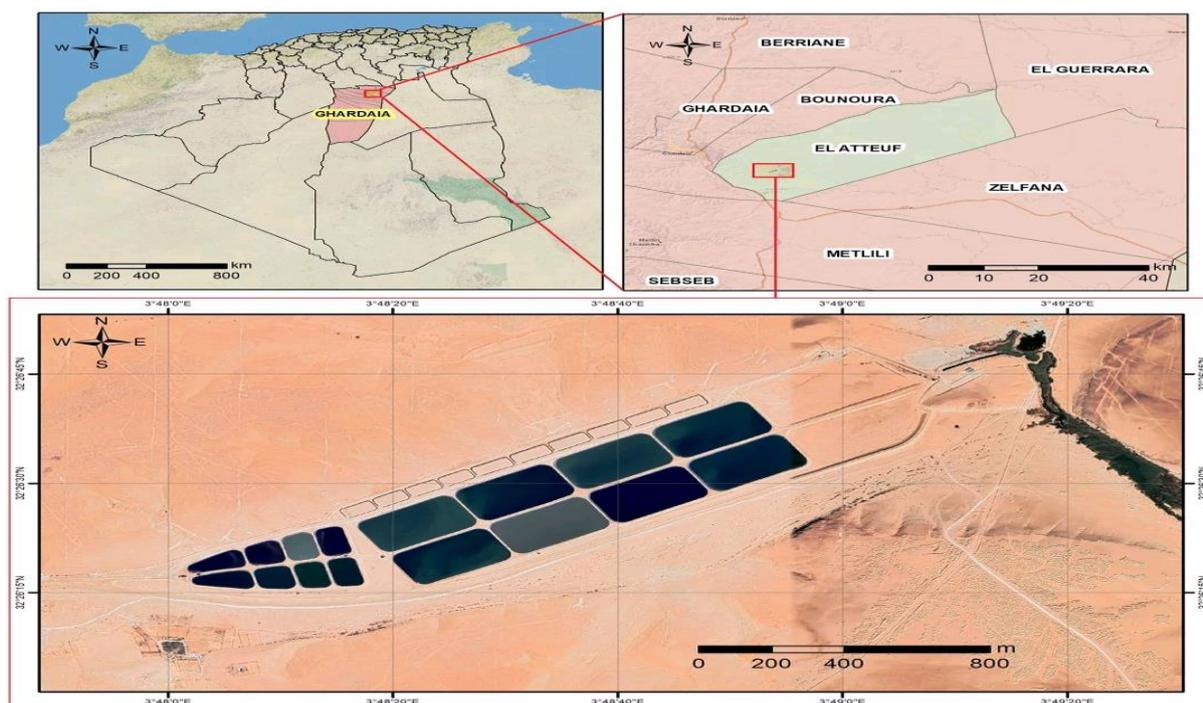


Figure 34: Situation géographique de la station d'épuration de Kef Doukhane

#### 1.2. Présentation de la STEP

La Station d'Épuration de Ghardaïa a été construite entre 2008-2012 par AMENHYD SPA : Entreprise de Construction en collaboration avec BGet AQUATECH-AXOR (Canada) : Bureau d'Études Contrôle et Suivi ; Elle a été mise en service en novembre 2012 et traite les eaux usées, par le procédé du lagunage naturel

Aujourd'hui, la station a une capacité de traitement de 25 000 m<sup>3</sup>/j, soit 168 323 eq/hab. et 46 400 m<sup>3</sup>/j, équivalent à 331 700 eq/hab. D'ici 2030, il traitera les eaux usées municipales. Le milieu récepteur des eaux usées traitées est la vallée du fleuve M'Zab.

Actuellement la centrale est gérée par la DHW (Direction Provinciale de l'Hydroélectricité de la wilaya) et les villes raccordées à la STEP sont : Ghardaïa ; Buunura ; El-atteuf, par un réseau d'assainissement unique. (KARA M et AMMISAID Y.2020)

### 1.3. Dimensionnement de la STEP de Ghardaïa

Capacité : 331 700 eq/hab Superficie totale : 79 ha

Nombre de lit de séchage : 10 lits

Nombre de bassins : 16 bassins devisés en 02 niveaux Débit moyen journalier à capacité nominale : 46 400 m<sup>3</sup>/j. (KARA M et AMMISAID Y.2020)

**Tableau 4:** Données de base STEP (STEP Ghardaïa, 2013)

Capacité nominale		2030
<b>Premier niveau</b>		
Nombre de lagunes	08 lagunes	
Volume total des lagunes	174 028,50m <sup>3</sup>	
Volume par lagune	21 753,56m <sup>3</sup>	
Surface totale	4,97ha	
Surface par unité de lagune	0,62ha	
Profondeur des lagunes	3,6m	
Temps de séjour	3 jours	
Fréquence de curage 1 fois tous les ...	3 ans	
Charge organique résiduelle	5800 kg DBO <sub>5</sub> /j	
Abattement DBO <sub>5</sub> minimal	50%	
<b>Deuxième niveau</b>		
Nombre de lagunes	08 lagunes	

Volume total des lagunes	464 000m <sup>3</sup>
Volume par lagune	58 000 m <sup>3</sup>
Surface totale	30,4ha
Surface par unité de lagune	3,8ha
Profondeur des lagunes	1,6 m
Temps de séjour	10 jours
Fréquence de curage 1 fois tous les ...	3 ans
Charge organique résiduelle	2 320 kg DBO <sub>5</sub> /j
Abattement DBO <sub>5</sub> minimal	60%

#### 1.4. Différentes étapes de traitement des eaux usées

Toutes les eaux usées de la vallée sont acheminées par gravité (pente : 0,2%) depuis l'extrémité du collecteur projeté au niveau du remblai d'El Atteuf jusqu'à l'entrée de la station grâce à deux collecteurs parallèles d'un diamètre de 1000 mm. Les étapes des eaux usées traversant la station sont les suivantes :

- ✓ Le prétraitement,
- ✓ Le traitement primaire anaérobie,
- ✓ Le traitement secondaire facultatif,
- ✓ Les lits de séchage des boues.
- ✓ Rejet des eaux traitées

Après traitement dans le bassin secondaire, à travers l'ouvrage de sortie de la lagune, l'eau traitée s'écoule vers le rejet final. L'eau traitée est rejetée directement dans la vallée du fleuve M'Zab (KARA M et AMMISAID Y.2020) ; où nous avons observé une végétation dominante et abondante sur les berges et/ou immergée dans le rejet final base de l'espèce *Nicotiana glauca*.

#### 2. Caractéristiques de l'espèce végétale *Nicotiana glauca*

Connue aussi sous le nom de tabac glauque ou tabac arborescent ou Tabac bleu ou Tabac canaque ou Wild Tobacco, est une plante de la famille des *Solanaceae*, originaire du Mexique et du sud-ouest des États-Unis.

Le Tabac bleu fait partie du genre *Nicotiana* qui regroupe près de 60 espèces de plantes herbacées aromatiques et plantes ornementales.

Cette plante se présente sous la forme d'un buisson peu dense ou d'un arbre peu branchu, et peut atteindre 8 m de hauteur. Les feuilles longues de 5 à 17,5 cm, sont lisses, ovales, de couleur vert-gris.

La fleur est grande (de 3 à 15 cm de longueur) et de couleur jaune. Les pétales sont soudés en un tube s'achevant sur une sorte de collerette à 5 pointes, au centre de laquelle sont visibles 5 étamines et le style. Les sépales, verts, sont eux aussi partiellement soudés en une coupe bordée de 5 pointes (**Anonyme végétale boutique**)



**Figure 35:** la plante de *Nicotina glauca*

### 2.1 Intérêts et utilisations écologique du *Nicotina glauca*

Le Tabac bleu est une espèce rare de *Nicotiana* qu'on apprécie particulièrement comme plante d'ornement. Il émerveille avec ses fleurs jaune citron et son feuillage vert bleuté.

Comme toutes les espèces de Tabac, le Tabac glauque contient de la nicotine qui lui confère des propriétés insecticides.

Mais, le tabac bleu présente une forte teneur en anabisine, un alcaloïde très efficace contre les pucerons. Aussi, on le cultive souvent en association ou en plante de bordure des espèces potagères. On peut également faire une décoction de feuilles de tabac glauque qu'on asperge en pulvérisation. (**Anonyme végétale boutique**)

*Nicotiana glauca* tient une place importante dans certains rituels du peuple Pilagà en Argentine mais également de la tribu des Quechuans. En effet, avec ses propriétés psychotropes, il favorise les rêves prémonitoires et les hallucinations.

Cette plante est souvent considérée comme une espèce envahissante dans certaines régions du monde, car elle peut se propager rapidement et supplanter les plantes indigènes.

## 2.2 Intérêts et utilisations médicinale et pharmaceutique du *Nicotiana glauca*

- *Nicotiana glauca* est une plante de la famille des Solanaceae, qui contient de la nicotine ainsi que d'autres alcaloïdes. Cette plante est utilisée traditionnellement par certaines cultures autochtones d'Amérique du Sud pour ses propriétés médicinales, mais elle peut également être toxique à des doses élevées.
- La nicotine présente dans la plante des effets stimulants sur le système nerveux central, ce qui a conduit à son utilisation pour traiter certaines affections neurologiques comme la maladie de Parkinson ou la dépression. Cependant, la adéquate de la nicotine rend son utilisation dans ces indications très limitées et potentiellement dangereuses.
- En pharmacie, la nicotine est utilisée comme traitement de substitution pour les personnes qui souhaitent arrêter de fumer. Cependant, la nicotine utilisée dans ces produits est généralement extraite de la plante *Nicotiana tabacum*, et non de *Nicotiana glauca*.
- Bien que *Nicotiana glauca* ait été utilisée traditionnellement pour ses propriétés médicinales, son utilisation dans la médecine moderne est très limitée en raison de sa prolifération. La nicotine extraite de la plante *Nicotiana tabacum* est utilisée en pharmacie comme traitement de substitution pour les personnes qui souhaitent arrêter de fumer.
- En médecine, on exploite le tabac glauque pour ses propriétés vomitives.

## 2.3. Les composés bioactifs de la plante de *Nicotina glauca*

- La plante de *Nicotiana glauca* est connue pour contenir plusieurs composés bioactifs, tels que les alcaloïdes, les flavonoïdes, les terpènes et les acides phénoliques. Ces composés ont des propriétés médicinales et ont été étudiés pour leur activité antimicrobienne, anti-inflammatoire, antioxydante et analgésique.
- Les alcaloïdes sont les principaux composés bioactifs de la plante de *Nicotiana glauca*. Ils contiennent la nicotine, l'anatabine et la nornicotine. Ces alcaloïdes ont montré des effets antifongiques et antibactériens, qui pourraient être utiles pour le traitement des eaux usées.

- Les flavonoïdes sont des composés phénoliques qui ont des propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires. Les flavonoïdes trouvés dans la plante de *Nicotiana glauca* contiennent la quercétine, le kaempférol et la rutine.
- Les terpènes sont des composés organiques volatils qui ont des propriétés antimicrobiennes et anticancéreuses. Les terpènes trouvés dans la plante de *Nicotiana glauca* comprennent le limonène, le linalol et le  $\beta$ -pinène.
- Les acides phénoliques sont des composés qui ont des propriétés antioxydantes et antimicrobiennes. Les acides phénoliques trouvés dans la plante de *Nicotiana glauca* comprennent l'acide caféique, l'acide férulique et l'acide chlorogénique.
- En somme, la plante de *Nicotiana glauca* contient de nombreux composés bioactifs qui ont des propriétés médicinales et qui pourraient être utiles pour le traitement des eaux usées. Des études ont montré que ces composés peuvent être utilisés pour inhiber la croissance de certaines bactéries et champignons, ce qui pourrait contribuer à la dépollution des eaux usées.

#### 2.4. Description du *Nicotiana glauca*

Dans le règne végétal, l'espèce étudiée appartient à l'ordre Solanale, famille des Solanaceae, du genre *Nicotiana* et espèce *glauca*. Elle est originaire de Mexique et l'Amérique du Nord. Elle se répartie dans les aires biogéographiques Amérique, Afrique et Europe.

C'est herbacée à fleurs, vivace ou annuelle qui persiste à des températures minimales de  $-9^{\circ}\text{C}$  jusqu'à  $-12^{\circ}\text{C}$ . Elle est connue par sa croissance rapide, elle peut être cultivée en pleine-terre, en pot, vérandas et serre à exposition plein soleil ou mi-ombre. Elle préfère les sols humides, filtrants, rocailleux ou argilo-limoneux, mais une quantité importante d'eau (**anonyme végétale boutique**). Cette plante est toxique et non comestible

Le Tabac glauque se présente sous forme de buisson ou d'arbre trapu à faible ramification. Généralement de 3 m de haut, il peut néanmoins atteindre 8 m avec 2 à 3 m d'envergure. La plante se pare de feuillage persistant composé de feuilles longues de 5 à 17,5 cm. Ses feuilles lisses de forme ovale présentent une couleur vert-gris. Sa floraison se manifeste par des grandes fleurs jaunes de 3 à 15 cm de longueur. Les pétales soudés forment un tube corollaire qui se termine par une collerette à 5 pointes qui englobe 5 étamines se logent dans le tube corollaire reposant sur des sépales verts. Après la pollinisation, les fleurs laissent place à des capsules ovales de couleur brune. Les capsules de la taille du calice renferment de petites graines brunes. Cette plante est toxique et non comestible

## 2.5. Classification de l'espèce *Nicotiana glauca*

**Règne :** Plantae (Plantes)

**Sous-règne :** Tracheobionta (Plantes vasculaires)

**Superdivision :** Spermatophyta (Plantes à graines)

**Division :** Magnoliophyta (Plantes à fleurs)

**Classe :** Magnoliopsida (Dicotylédones)

**Sous-classe :** Asteridae

**Ordre :** Solanales

**Famille :** Solanaceae (Solanacées)

**Genre :** *Nicotiana*

**Espèce :** *Nicotiana glauca*

## 2.6. Lieu d'échantillonnage

Les prélèvements des tiges et des feuilles sont réalisés au niveau du rejet final de la station de lagunage de Kaf doukhan vers oued M'Ezab, au matin (à 11h30), en mois novembre le 19/11/2023 Les échantillons sont séchés à l'aire libre et conservés dans des sachets en papier kraft jusqu'au moment des manipulations au laboratoire.



**Figure 36:** lieu d'échantillonnage au niveau rejet final oued M'Ezab (Photo prise sur terrain STEP de Kaf doukhan novembre 2022)

## 3. Analyses et manipulations au laboratoire

La première partie expérimentale est réalisée au niveau du laboratoire Biologie et environnement à l'université des Frères Mentouri I Constantine où nous avons effectué la phase d'extraction pour nos échantillons. Quant à la 2<sup>ème</sup> partie des analyses est réalisée au laboratoire

de bactériologie et de virologie et le laboratoire de mycologie au sein de centre de recherche en Biotechnologie (CRBT).

Le 1<sup>er</sup> objectif de notre travail était de voir la capacité d'accumulation des tiges et des feuilles de *Nicotina glauca* en métaux lourds pour confirmer notre observation sur terrain par à port à la capacité et possibilité d'utilisation de cette espèce dans le domaine de la phytoremédiation et qui correspond à notre étude bibliographique. Mais par manque de moyen et d'appareillage (ICP-MS), nous avons abordés directement le 2<sup>ème</sup> objectif qui vise l'effet de l'activité antibactérien et antifongique de nos extraits.

## 2<sup>ème</sup> partie : Stage au laboratoire

### 3.1. Mode opératoire de la digestion et extraction

L'extrait utilisé est obtenu par les étapes suivantes :

- A. **La dessiccation** : Les échantillons des feuilles et tiges sont mis à l'étuve à 65 °C /48h
- B. **Broyage en poudre** : Les échantillons sont finement broyés à l'aide d'un mortier de laboratoire



**Figure 37:** les feuilles et la tige avant le broyage



**Figure 38:** Etape de broyage

**C. La calcination sèche à fourre à moufle :** Il s'agit de faire calciner 1g de l'échantillon poudre à 450 °C / 16 h, tout en respectant le temps de transition d'abord à 150 °C / 30 min, puis 300 °C / 30 min et enfin à 450 °C / 15 h.



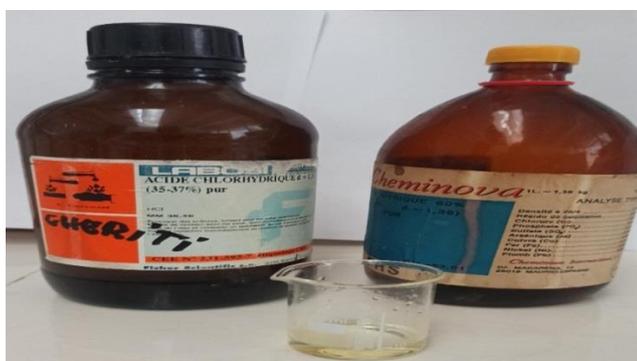
**Figure 39:** Calcination des échantillons au four à moufle

**N/B.** Il faut éteindre le four à moufle et Attendre le refroidissement avant de récupérer les cendres.



**Figure 40:** Les cendres d'échantillons des feuilles (à gauche) et les tiges (à droite)

**D. Dilution de l'échantillon dans 10 ml d'eau régale à 1/3 :** La préparation de l'eau régale est primordiale pour le processus de dilution. Elle est préparée par un ajout d'une mesure d'acide nitrique (2,5ml) à 3 mesures d'acide chlorhydrique concentré (7,5ml) ; pour obtenir 10ml d'eau régale qui est ensuite diluée dans à 1/3 par addition de 20 ml d'eau pure.



**Figure 41:** Etape de préparation d'eau régale 10 ml par le mélange d'acide nitrique (2,5ml) et d'acide chlorhydrique concentré (7,5ml)

- E.** Placement l'échantillon dans le bain de sable à 110 °C pendant 1 h et recouvrement avec un verre de montre ; pour augmenter la température de l'échantillon afin d'accélérer le processus de réaction chimique.



**Figure 42:** Etape de placement des échantillons dans le bain de sable

- F.** La filtration de la solution avec le papier de filtration watman 540.



**Figure 43:** Etape de la filtration d'échantillon à l'aide du papier de filtration

- G.** La Récupération du filtrat dans une fiole et rajouter 20 ml l'eau pure et éviter la contamination des échantillons par les facteurs du milieu environnant.



**Figure 44:** La filtration et la récupération des solutions d'échantillons

## 4. Le test d'activité antibactérienne et antifongique

### 4.1. Etude de l'activité antibactérienne

Dans les boîtes de pétri contenant le milieu de culture Mueller Hinton refroidies, nous avons inoculé les boîtes avec deux souches bactériennes (S-Aureus et E-coli), 3 boîtes pour le premier extrait tige N-Eau régale, et 3 boîtes pour le deuxième extrait Feuilles N-Eau régale, de façon à recouvrir toute la surface de la gélose. Après 20 minutes, nous avons déposé 02 disques stériles, dans 4 boîte sur lesquels nous avons appliqué 10µl d'extrait à tester et à différentes concentrations et un disque dans les 2 boîte qui reste nous avons utilisé le témoin (-) (l'eau). Les boîtes ont été placées à 4°C pendant 1h puis à l'incubation à 37 °C pendant 18 à 24h. L'activité antibactérienne est déterminée en mesurant le diamètre de la zone d'inhibition obtenue par les différents extraits autour des disques avec une règle.

### 4.2. Les souches bactériennes testées

La sélection microbienne s'est concentrée sur deux souches courantes en pathologie humaine, et nous avons sélectionné deux groupes de bactéries : Gram-positives et Gram-négatives.

#### A. Bactéries Gram (+)

\* **Staphylococcus aureus** : C'est un coccus à Gram positif, de 0,5 à 1 µm de diamètre, non sporulé, omniprésent dans tous les milieux naturels (air, poussière, sol, eau, égouts, vêtements) et aussi chez les animaux et l'homme (**Fig45**) (**Clave, 2013**).

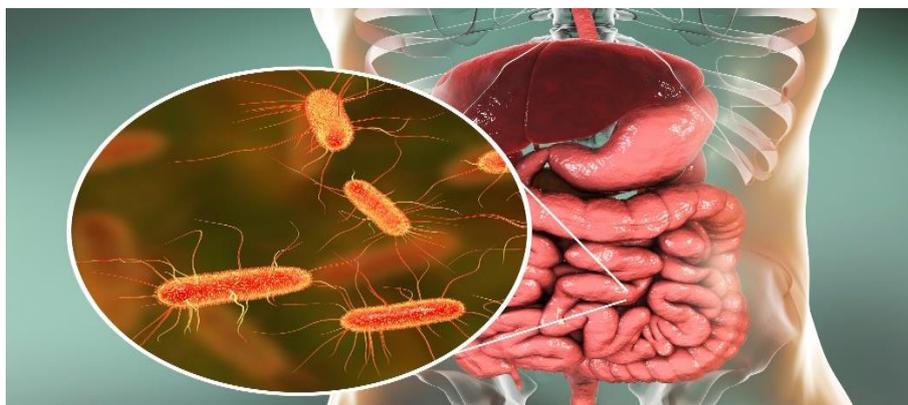


**Figure 45:** Staphylococcus aureus

#### B. Bactéries Gram (-)

\* **Escherichia coli** : Escherichia coli (également connu sous le nom d'E. coli) est un bacille Gram négatif, mobile et aérobic appartenant à la famille des Enterobacteriaceae. Cette bactérie est utile car elle stimule la production de certaines vitamines et décompose certains aliments

qui seraient autrement indigestes. Certaines souches peuvent être pathogènes et provoquer des gastro-entérites (Fig46.) (Zeyons, 2008).



**Figure 46:** Escherichia coli

### 4.3. Méthode de diffusion des disques

La méthode de diffusion sur disque est souvent utilisée comme test préliminaire pour étudier l'activité antimicrobienne, suivie de méthodes plus détaillées. Dans cette méthode, des paramètres tels que le volume placé sur la plaque de papier, l'épaisseur de la couche de gélose et l'utilisation ou non de solvants variaient considérablement d'une étude à l'autre (Burt, 2004). Après incubation pendant 24 heures à une température appropriée de 37°C, l'activité antibactérienne de nos extraits a été estimée en fonction du diamètre (mm) de la zone d'inhibition autour du disque contenant l'extrait de la bactérie pathogène à tester. Les valeurs données sont la moyenne de trois mesures pour chaque concentration.

#### A. Principe

Le principe de cette méthode se résume à des disques de papier imbibés de différentes concentrations d'extraits, déposés directement sur la gélose, uniformément inoculés avec les bactéries à tester. La croissance des germes a été inhibée à distance du disque par rapport à sa sensibilité aux extraits diffus. Les limites de la zone d'inhibition sont détectées visuellement et coïncident avec le début de la croissance bactérienne (Massiaen, C.M., et al. 1981). L'interprétation des zones d'inhibition se fait selon les diamètres donnés dans le tableau en utilisant les règles de classement des bactéries en "sensibles", "intermédiaires" ou "résistantes" (Biondi, D., et al. 1993).

**B. Mode opératoire****• Revivification des souches**

Incuber dans un milieu gélosé nutritif pendant 24 heures

**• Préparation des disques**

Dans cette méthode, du papier filtre découpé en disques d'un diamètre d'environ 6 mm est utilisé pour obtenir une zone d'inhibition facilement mesurable.

**• Stérilisation du matériel**

Les tubes à essai utilisés pour préparer les solutions bactériennes ont d'abord été stérilisés à sec dans un four pasteurisé, des disques de papier Wattman (diamètre 6 mm) et de la gélose nutritive ont été stérilisés dans un autoclave à 121 ° C pendant 15 min.

**• Préparation de milieu de culture**

Un milieu approprié pour cette étude est Milieu : Muller-Hinton. Dans un bain-marie, faire bouillir l'agar jusqu'à dissolution complète. Il doit ensuite être autoclave avant utilisation. Enfin, le milieu a été versé dans une boîte de Pétri et laissé refroidir. Pour les solvants que nous utilisons :

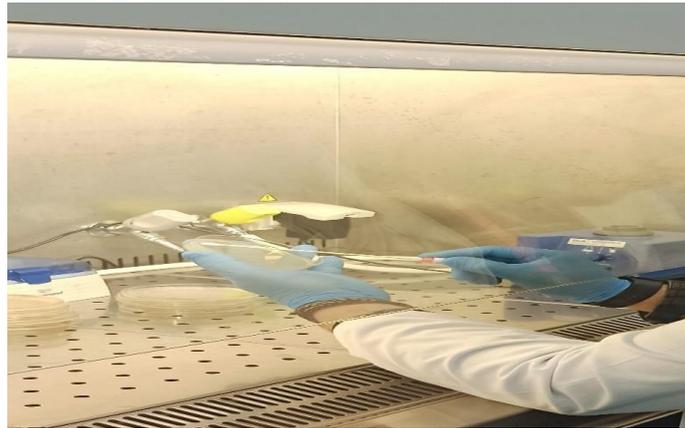
- Eau physiologique stérile : NaCl (9g/L), pour préparer et diluer la suspension bactérienne
- DMSO : pour solubiliser l'extrait
- Eau distillée stérile.

**• Préparation des dilutions des extraits de la plante**

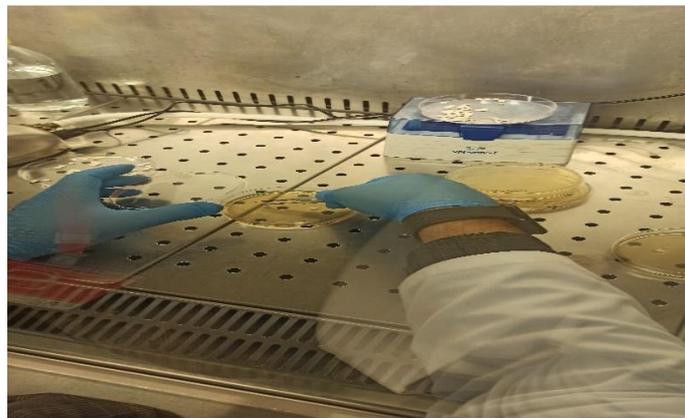
Les extraits de plantes obtenus ont été dissous dans du diméthylsulfoxyde (DMSO), filtrés sur un microfiltre de 0,22 µm et des dilutions successives de différentes concentrations ont été préparées. La concentration de chaque solution mère d'extrait était connue pour être de 100 mg/ml.

**• Ensemencement et dépôt des disques**

Les souches bactériennes ont été mises en culture sur la surface de la gélose M.H à l'aide d'un écouvillon. Placer délicatement le disque imbibé d'extrait sur la surface de la gélose inoculée à l'aide de pinces stériles. De même, placez un disque imbibé de DMSO (témoin négatif). Enfin, les plaques ont été incubées à 37°C pendant 18 à 24 h et l'expérience a été répétée deux fois pour chaque extrait et chaque espèce bactérienne (Fig47) et (Fig48).



**Figure 47:** Ensemencement



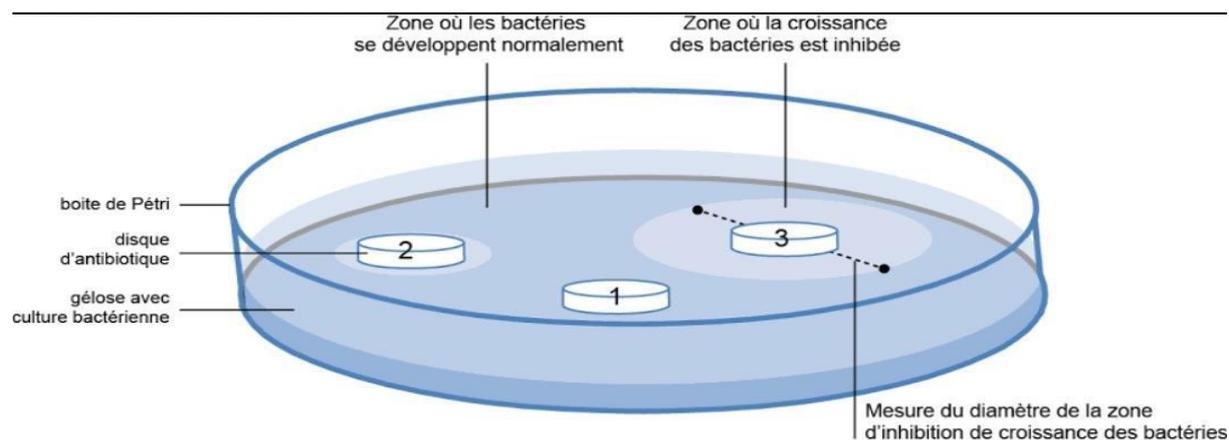
**Figure 48:** Dépôt des disques.

### C. La Lecture de résultats

Après 24 h d'incubation, lire les résultats en mesurant le diamètre de la zone d'inhibition (Fig49) autour de chaque disque à l'aide d'une règle (mm). Le diamètre détermine l'efficacité du principe actif.

Après mesure de la zone d'inhibition, les souches ont été classées en :

- Non sensible (-) ou résistant : moins de 8 mm de diamètre.
- Sensible (+) : entre 9 et 14 mm de diamètre.
- Très sensible (++) : entre 15 et 19 mm de diamètre.
- Extrêmement sensible (+++) : diamètres supérieurs à 20 mm. (**Ponce et al. 2003**).



**Figure 49:** Détermination de la zone d'inhibition par la méthode de diffusion par disques (Zaiki, 1988).

#### 4.4. Etude de l'activité antifongique

Les champignons sont des plantes déficientes en chlorophylle qui doivent chercher du carbone dans des composés organiques, affectant souvent leurs habitats saprophytes ou parasites (Bossokpi, 2003).

Les agents antifongiques sont des substances capables de détruire ou non sélectivement divers champignons rencontrés en mycologie.

##### 4.4.1 Evaluation de l'activité antifongique

Pour évaluer l'activité antibactérienne de substances naturelles ou d'extraits de plantes, les méthodes couramment utilisées sont la dilution ou la diffusion. Les méthodes de dilution peuvent être réalisées dans des milieux liquides ou solides et impliquent la mise en contact d'un inoculum de micro-organismes avec des concentrations croissantes de l'échantillon. Le degré d'inhibition de la croissance microbienne détermine l'efficacité antimicrobienne de la substance d'essai. La méthode de diffusion, exclusivement réalisée sur milieu solide, consiste à déposer un disque de champignon à étudier et ensuite nous le saturons de nos extraits. Les molécules actives ont diffusé hors du disque et il y avait une zone d'inhibition où il n'y avait pas de croissance, indiquant la présence de molécules actives contre les micro-organismes testés (Thomas, 2011).

##### 4.4.2 Test antifongique

La méthode de disques permet de déterminer la susceptibilité de champignon aux agents antifongiques. Le champignon utilisé dans ce travail est la souche de *Fusarium oxysporum f. sp. Lycopersici*

### A. Mode opératoire

- **Préparation du milieu de culture PDA (Potato Dextrose Agar)**

Tout d'abord, il faut apporter 160 g de pommes de terre, les couper en petits morceaux et les ajouter dans 600 ml d'eau distillée, puis il est placé dans l'agitateur pendant une 10min sous une température de 370° pour produire du jus de pomme de terre, puis il est filtré dans le Becher, qui contient 16 g de glucose, puis il est mélangé à nouveau pour homogénéiser la solution afin de fournir une source de carbone métabolique facile pour les champignons, ajouter 12 g de poudre d'agar car elle est utilisée comme gélifiant pour solidifier le milieu, puis le mettre dans un éprouvette d'une capacité de 1 litre et ajouter l'eau distillé arrosez jusqu'à ce qu'il atteigne 800 mm, puis divisez-le en 8 flacons énumérés avec l'ajout de 100 ml chacun, et enfin ils sont placés dans un autoclave pendant 20 minutes sous une température de 121° afin de stériliser Le milieu de culture est débarrassé de toutes les bactéries et champignons susceptibles de le contaminer et nous donne un résultat efficace d'activité antifongique

- **Préparation des dilutions des extraits de la plante**

Les extraits de la plante obtenus ont été dissouts dans l'eau régale à 1/3 (DMSO) et ont été filtrés en utilisant des papiers Wattman, pour préparer les différentes concentrations avec des dilutions successives (1000 et 500, 250 ,125 µl) et compléter par le témoin positive (l'eau régale à 1/3), sachant que la concentration de la solution mère de chaque extrait est de 100 mg/20ml.

- **Préparation des disques:**

Les disques sont extraits du même champignon utilisé pour être étude de 6 mm de diamètre, Par tube métallique de 6mm de diamètre est stérilisé et bien chauffé, puis mis sur les champignons à étudier comme un moule qui nous aide à former des disques.

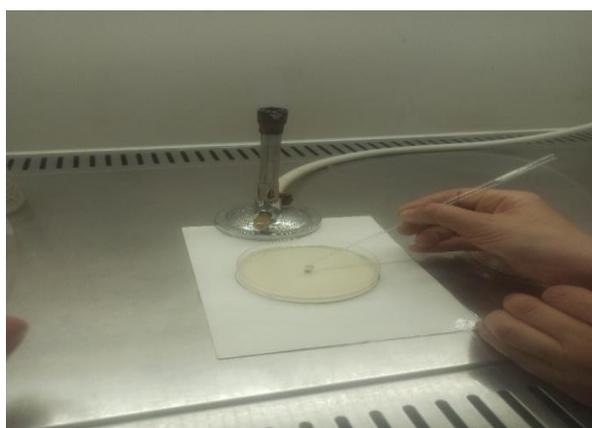
- **Ensemencement des boites de pétri**

Des volumes convergent de milieu PDA, sont versée dans les boites de pétris. Après la solidification du milieu pendant 1h 30min

Les disques sont déposés sur la surface du milieu PDA inoculée à l'aide d'une pince stérile. Puis ajouter par 35µl des différentes concentrations (1000 et 500, 250 ,125 ml) des deux extrait à Tester (l'eau régale à 1/3) de concentration de 1g/20ml sur les disques.



**Figure 50:** Ensemencement



**Figure 51:** Dépôt des disques



**Figure 52:** Ajouter de 35µl des extraits

Le témoin est préparé sans extrait. Les boîtes de pétri sont placées dans une étuve à la température de 28°C pour une durée d'incubation de 48 heures. Pour chaque extrait, le pourcentage d'inhibition de croissance  $I(\%)$  est exprimé par la réduction du diamètre de la colonie fongique par rapport au témoin selon la formule suivante :

$$PI (\%) = (D - d) / D \times 100$$

PI : Pourcentage d'inhibition.

D : croissance mycélienne dans les boîtes de Pétri témoins en mm.

d: croissance mycélienne dans les boîtes essais en mm.

### **B. La Lecture de résultat**

Lire le résultat en mesurant le diamètre (mm) d'une zone circulaire uniforme d'inhibition. Utilisez une règle pour mesurer le diamètre de la zone d'inhibition. Tous les résultats sont exprimés en zones d'inhibition :  $\leq 6$  mm à 9 mm d'activité très faible ; 9 à 12 mm d'activité faible ; 12 à 15 mm d'activité modérée et  $> 15$  mm d'activité élevée. (Murat et al. 2007).

## 5. Les matérielles utilisés

Tableau 5: Liste des produits chimiques et matériel de laboratoire utilisé

Milieu x de culture	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La gélose Mueller-Hinton</li> <li>▪ PDA (Potato Dextrose Agar)</li> </ul>		
Réactifs	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Chlorure de Sodium (Na Cl)</li> <li>▪ Acide nitrique et d'acide chlorhydrique concentré (Eau régale)</li> <li>▪ Eau distillée stérile</li> <li>▪ Eau pure</li> </ul>		
verrerie et autres	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bécher</li> <li>▪ Spatule</li> <li>▪ Pince</li> <li>▪ Pipettes gradué</li> <li>▪ Micropipette</li> <li>▪ Boites de pétri</li> <li>▪ Eprouvette graduée</li> <li>▪ Poire à pipeter</li> <li>▪ micro pipette automatique</li> <li>▪ Ecouvillons</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cuve de spectrophotomètre</li> <li>▪ Flacons</li> <li>▪ fioles</li> <li>▪ Erlenmeyer</li> <li>▪ creusets</li> <li>▪ Entonnoir</li> <li>▪ Papier filtre</li> <li>▪ Papier film</li> <li>▪ Papier d'aluminium</li> <li>▪ Bec bunsen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tubes à essai</li> <li>▪ Microplaques stériles</li> <li>▪ papier Whatman</li> <li>▪ coton imbibé</li> <li>▪ Eppendorfs</li> <li>▪ micro pipette automatique eppendorf</li> <li>▪ les ombox</li> </ul>
Appareillage	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Spectrophotomètre,</li> <li>▪ Autoclave</li> <li>▪ Incubateur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Balance</li> <li>▪ Etuve</li> <li>▪ Vortex</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Agitateur</li> <li>▪ Le four à moufle</li> <li>▪ Baine de sable</li> </ul>

# **Chapitre III :**

## **Résultats et**

### **Discussion**

### 1. Activité antibactérienne des extraits (*Nicotina Glauca*)

Concernant les extraits concentrés et dilués, des zones d'inhibition sont observées. Les résultats notés sont les moyennes des ensembles des diamètres du même essaie.

Les diamètres des zones d'inhibition (mm) obtenus sont représentés dans les tableaux suivants:

**Tableau 6:** Activité antibactérienne de l'extrait T et F/E-régale (*Nicotina Glauca*) et témoin positive et négative mesurée en mm.

	S.Aureus (ATCC 25923)	E. Coli (ATCC 25922)
Témoin -	0	0
Témoin + (Céfotaxime bonp)	25	29
Tige (T)	15	17
Feuilles (F)	11,5	12,5

Concernant les extraits concentrés, des zones d'inhibition sont observées indiquant que tous les extraits concentrés ont une activité antibactérienne.

Les diamètres d'inhibition obtenus se trouvent 0 mm, dans le témoin négatif

Les diamètres d'inhibition obtenus se trouvent dans le témoin positif c'est 25 mm (la souche bactérienne Staphylocoques aureus) et 29 mm (la souche bactérienne Escherichia Coli)

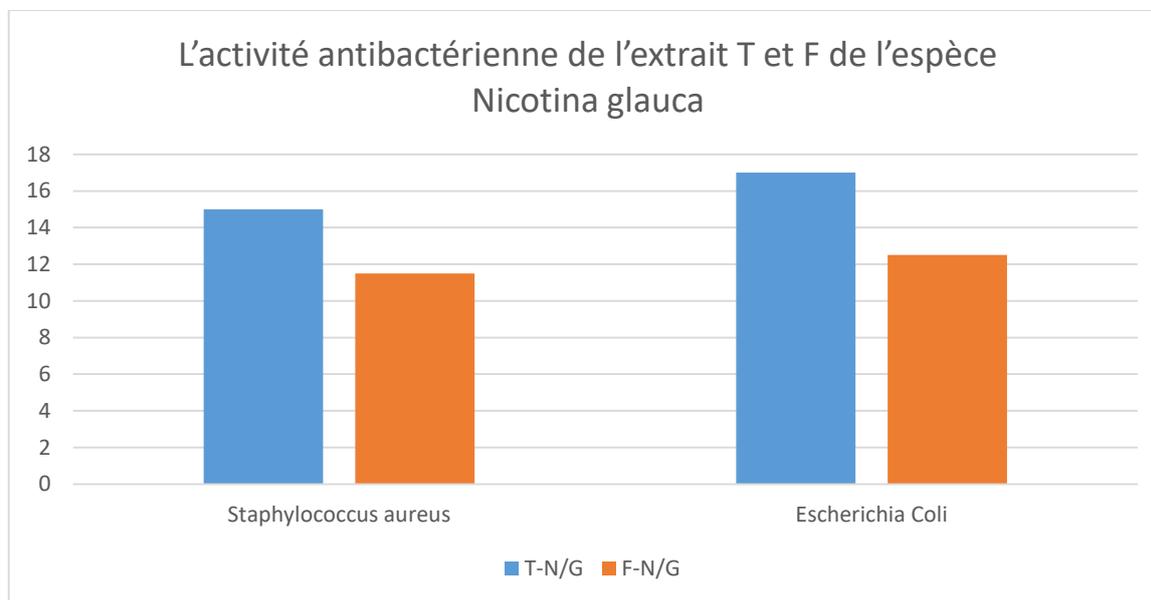
Les diamètres d'inhibition obtenus se trouvent entre 11,5 à 17 mm, les extraits sont actifs à différents degrés sur l'ensemble des bactéries testées.

La plus grande zone d'inhibition est celle de l'extrait T/E-régale envers la souche bactérienne Escherichia Coli avec un diamètre de 17 mm et aussi pour l'extrait F/E-régale envers la souche bactérienne Escherichia Coli avec un diamètre de 12,5 mm.

La plus petite zone d'inhibition est celle de l'extrait acétate d'éthyle vis-à-vis de la souche bactérienne Staphylocoques aureus avec 11,5 mm de diamètre.

## 2. Activité antibactérienne de l'extrait T/E-régale (*Nicotina glauca*)

L'activité antibactérienne de l'extrait T et F /E-régale de l'espèce *Nicotina glauca* est représentée dans la figure suivante :



**Figure 53:** Représente le diagramme de l'activité antibactérienne de l'extrait T et F /E-régale de l'espèce *Nicotina glauca*

Les résultats concernant **les extraits** montrent que ces derniers **présentent un effet envers les deux souches testées E-Coli et S-aureus** ; qui révèlent que les souches bactériennes testées sont apparues de non résistantes à la sensibilité vis-à-vis des deux l'extrait T et F /E-régale. **Cela montre clairement que cet extrait exerce une activité et un effet antibactérien** sur les deux souches étudiées ; *Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*, c'est-à-dire **il y a un effet antibactérien positif**.

En ce qui concerne la souche *Escherichia coli* présentant une zone d'inhibition de 17 et 12,5 mm pour les deux extraits T et F /E-régale respectivement, **elle s'est montrée non résistantes et indique qu'elle est sensible**.

Pour la souche *Staphylococcus aureus* avec une zone d'inhibition de 15 et 12,5 mm pour les deux extraits T et F /E-régale respectivement s'est montrée non résistante et indique qu'elle est sensible.

Ces résultats peuvent être expliqués par le fait que l'activité antibactérienne de l'extrait de la plante *Nicotina glauca* est due aux différents composés chimiques présents dans cet extrait tels que les alcaloïdes, les flavonoïdes, les tannins et les tris terpènes principalement les saponosides.

L'apparition d'une zone d'inhibition autour du disque de papier imprégné d'extrait brut étudié traduit l'action bactériostatique. Le diamètre de la zone d'inhibition diffère d'une bactérie à une autre et d'un extrait à un autre. Comme il est rapporté dans la littérature, nous avons considéré qu'un extrait a une action bactériostatique si son diamètre d'inhibition est supérieur à 8 mm (Marjorie, 1999). Nous avons considéré qu'un extrait a une action bactériostatique si son diamètre d'inhibition est supérieur à 12 mm.

### 3. Activité antifongique des extraits (*Nicotina Glauca*)

Lors de cette étude, nous avons testé l'action des extraits eau régale a (1/3) de la tige et feuilles de l'espèce végétale *Nicotina Glauca* vis-à-vis la souche pathogène *Fusarium oxysporum* f. sp. Lycopersici, qui a été évaluée selon la méthode de diffusion sur milieu solide par disque l'utilisation d'eau régale a (1/3) comme témoin positif et notre échantillon de champignons susmentionnés comme témoin négatif.

Les résultats de cette étude sont présentés dans le tableau suivant:

**Tableau 7:** Activité antifongique de l'extrait T et F/E-régale (*Nicotina Glauca*) et témoin positive et négative mesurée en mm.

	Les concentrations (mg/ml)	Les zones d'inhibitions en (mm) Demi-diamètre ½
Témoin +	/	1
Témoin -	/	14
Extrait T /E-régale	1000	5
	500	1
	250	2
	125	2
Extrait F /E-régale	1000	7
	500	3
	250	3
	125	3

D'après le Tableau 7, nous observons que le témoin positive moins de 8 mm, n'ont montré aucune activité inhibitrice vis-à-vis le champignon *Fusarium oxysporum* f. sp. *Albedinis*, et Au lieu de cela, il y a un effet stimulateur, et qui peut signifier la forte résistance de cette solvant (témoin+).

#### 4. Test de germination des graines de l'espèce de *Nicotina glauca*

Soixante graines de *Nicotina glauca* sont mises dans 3 boites de pétri, 20 dans chacune où il y a coton imbibé d'eau, au bout de dix jours d'incubation a une température de 25°C dans une étuve, nous avons compté le nombre de graines germées. Sur les soixante graines tous ont germées, ce qui représente un taux de germination 100%. C'est une excellente capacité germinative qui indique la bonne qualité de la semence



**Figure 54:** Avant la germination



**Figure 55:** Après la germination

# **Conclusion et Recommandation**

### Conclusion et Recommandation

La protection des écosystèmes est multidisciplinaire, c'est une démarche de développement durable, elle permet aussi la **protection** de la biodiversité mais bien sûr l'être humain. Parmi de ses principaux axes, le traitement des eaux usées qui consiste à réduire la pollution présente dans l'eau par **les installations des STEP et saturations de lagunage naturel**; afin de protéger les autres espaces en contact avec ce milieu aquatique, tels que le sol et l'atmosphère.

Notre synthèse bibliographique et constatation sur terrain montrent que l'espèce *Nicotiana glauca* est intéressante **dans le domaine de la phytoremédiation** et la dépollution des eaux usées grâce à sa capacité à accumuler des métaux lourds et à tolérer des niveaux élevés de contaminants organiques. Les résultats de cette étude soutiennent la possibilité d'utilisation de *Nicotina glauca* comme une alternative viable pour le traitement des eaux usées. Cependant, il est important de souligner que ces résultats sont préliminaires et que des études supplémentaires sont nécessaires pour confirmer l'efficacité de cette plante.

*Nicotiana glauca* est connue aussi pour sa toxicité et sa richesse en composés bioactifs, tels que les alcaloïdes, les flavonoïdes, les terpènes et les acides phénoliques. Ces composés ont des propriétés médicinales et ont été étudiés pour leur activité antimicrobienne, anti-inflammatoire, antioxydante et analgésique.

Cependant, la littérature révèle que les composants de *Nicotina glauca* peuvent être efficaces contre certaines maladies fongiques des cultures agricoles. Son usage semble être réputé pour son activité insecticide et antifongique pouvant être utilisées dans la lutte contre les insectes nuisibles à l'homme et ses cultures agricoles.

Donc, les composants chimiques de *Nicotina glauca* **peuvent être recommandés comme antifongique, antibactériens et ou insecticides.**

À travers cette étude nous pouvons conclure et recommander que l'espèce *Nicotiana glauca* pourra être valorisée économiquement dans la phytoremédiation et la dépollution des eaux usées ainsi que dans la fabrication des produits sanitaires.

# **Les références bibliographiques**

## **Les références bibliographiques**

[1]: Abrahams, V.M., et al., Divergent trophoblast responses to bacterial products mediated by TLRs. *The journal of immunology*, 2004. 173(7): p. 4286-4296.

[2] : ADAM, (2007). «L'épuration des eaux usées: le lagunage naturel». [www.pages perso-orange.fr/ardam/images/pdf/lagunage %\(ad\).PDF](http://www.pages perso-orange.fr/ardam/images/pdf/lagunage %(ad).PDF).

[3] : AMORCE., 2012- Boues de station d'épuration : technique, valorisation et élimination .Série Technique DT 51 .Novembre 27/36p

[4] : Baudez, J., E. Dieudé-Fauvel, and P. Heritier, Etude rhéologique d'un mélange de matériaux réactifs pour l'optimisation des procédés industriels-Application au chaulage des boues avant épandage, 2008, irstea.

[5] : BELBACHIR S HABBEDIN S étude de système d'épuration des eaux usée des localités de nadroma et ghazaouat JUIN2017

[6] : BERT V., DERAM A. (1999), Guide des phytotechnologies : utilisation des plantes dans ladépollution et la réhabilitation des sites contaminés par les métaux lourds, France, Environnement et Développement alternatif.

[7] : Bert, V., Hadj-Sahroui, A., Leyval, C., Fontaine, J., &Ouvrard, S. (2012). Les phytotechnologies appliquées aux sites et sols pollués. État de l'art et guide de mise en oeuvre (ADEME Edit). Angers: EDP Sciences.

[8] : Bertrand, J.C. et Mille, G., 1989. Devenir de la matière organique exogène.Un modèle: les hydrocarbures. In: Bianchi, M., Marty, D., Bertrand, J.C., Caumette, P. et Gauthier, M.J. (Eds.), *Microorganismes dans les écosystèmes océaniques*. Masson (Paris), Chapitre 13, pp. 343-385.

[9] : Biondi,D.,Cianci,P.,Geraci,C.,Ruberto,G.,&Piattelli,M.(1993).Antimicrobial activity and chemical composition of essential oils from Sicilianaromatic plants .*Flavour and fragran ce journal*, 8(6), 331-337.

[10] : BOEGLIN, J.-C., Traitements et destinations finales des boues résiduaire. *Techniques de l'ingénieur*. Technologies de l'eau, 2000. 2(J3944).

[11] : Boudershem Amel. Utilisation des souches bactériennes telluriques autochtones dans la biodetection et la bioremédiation des sols pollués par les hydrocarbures, 2011, p12.

[12] : BOUTIN, B et MERCIER, PN, 1984 (Traitement des eaux usées)

- [13] : Boeglin, J., Traitements et destinations finales des boues résiduares. Techniques de l'ingénieur, référence J3944, 15-17p.(En ligne), 2012.
- [14] : Burnichon, N., Texier A. (2003). L'antibiogramme : la détermination de la sensibilité aux antibiotiques. DES bactériologie
- [15] : Burt, S., Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods. [en ligne]. (2004), vol. 94, p.223-253. Disponible sur : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168160504001680>
- [16] : Carbonnelle, B. (1988). Bactériologie médicale, techniques usuelles. Paris, 330.
- [18] : Charlou, CH. (2014). Caractérisation et modélisation de l'écoulement de boues résiduares dans un sécheur à palettes. [Thèse de Doctorat]. [Toulouse] : Université de Toulouse.
- [19] : : Chedly Abdely. Bioremédiation / phytoremédiation, 2006, p 5.
- [20] : Clave, D. (2013). Fiche technique: Staphylococcus aureus. Laboratoire de Bactériologie Hygiène, CHU de Toulouse - Institut Fédératif de Biologie, Centre Toulousain pour le Contrôle de qualité en Biologie clinique. Fiche technique bactériologique 131 : 1-4.
- [21] : Dabouineau, L., Lamy, Y. & Collas, P., 2005. Phytoremédiation et phytorestoration ou l'utilisation des plantes pour la dépollution et l'épuration des eaux usées. Dans: Le Rôle d'eau Vol 124. s.l.s.n. p.3.
- [22] : DECHAMP C., MEERTS P. (2003), « La phytoremédiation : Panacée pour l'environnement ou menace pour la biodiversité ? », Les Naturalistes belges, n°82, pp. 135-148.
- [23] : Dorman, H. J. D. (2000). Antimicrobial agents from plants: Antibacterial activity of plant volatile oil. Journal of Applied Microbiology. 88-308-316.
- [24] : DEGREMENT « le memento technique de l'eau ». tom1 TOM2 Edition Lavoisier P60
- [25] : Desjardins R. (1997)., Le traitement des eaux. 2ème édition. Ed. Ecole polytechnique de Montréal, Canada, 303p.
- [26] : DINH HUAN NGUYEN Optimisation de la conception et du fonctionnement des stations de traitement des eaux usées THESE DOCTORAT UNIVERSITE DE LORRAEN 24mars 2014.

- [27] : Duchene. P., 1990 -Les systèmes de traitement des boues de station d'épuration des petites ; Collectivités .TEC et DOC.ed. CEMAGREF, Paris, 30p.
- [28] : Dupuis, M., Traitement du foisonnement filamenteux induit par *Microthrix parvicella* par ajout de sels métalliques: impact sur les boues activées. 2015.
- [29] : EL HACHEMI, O., (2012). «Traitement des eaux usées par lagunage naturel en milieu désertique: performances épuratoires et aspect phytoplanctonique». Thèse de doctorat, université Mohamed premier d'Oujda Maroc, 140 pages.
- [30] : Etude inter-agence de bassin loire ministre de l'environnement (ABLME) « Lagunage naturelle et lagunage aère et les procède d'épuration dans les petites collectivités » JUIN 1979
- [31] : Faure, P., Application des techniques de géochimie organique pétrolière à l'étude de problèmes environnementaux: polluants organiques, inertage et stockage des déchets, 1999, Vandoeuvre-les-Nancy, INPL.
- [32] : Filière d'épuration adaptée aux petites collectivités ministre l'agriculture document technique (FEAPCMADT)
- [33] : GAÏD.A 1993: Traitement des eaux usées urbaines
- [34] : GOMMELLA et H Gurree ; 1983. Les eaux usées dans les agglomérations urbains ou rurales Ed EYROLLES 61 boulevard saint – Germain-
- [35] : GLAUDE Blifert / Robert Perraud /chimie de l'environnement (air, eau ; sol, déchet) ; de boeck, paris 2001.
- [36] : GUIBELIN, E., Lutte contre la pollution des eaux: Traitements des boues d'épuration. Techniques de l'ingénieur. Technologies de l'eau, 1999. 2(G1450).
- [37] : Hahn, M. W., Lunsdorf, H., Wu. Q., Schauer, M., Hofle, M. G., Boenigk, J., Stadtler, P., 2003. Isolation of novel ultramicrobacteria classified as antibacteria from five freshwater abitats in Europe and Asia. Appl. Environ. Microbiol. 69, 1442-1451.
- [38] : Hammer, K. A. (1999). Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. Journal of AppliedMicrobiology, 86-985-990.
- [39] : J.P. Bechac –P. Boutin – Nuer 1984 traitements des eaux usées Ed EYROLLES Bd St Germain.
- [40] : Kabata-Pendias A, Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press, 2011.

- [41] : KARA M et AMMISAID Y. Étude comparative entre lagunage Naturel et aérée Cas la station d'épuration El-atteuf (Ghardaïa) et la station d'épuration kouinin (Oued souf) ,2020.
- [42] : KEDIB B, 2010 : 'Etude d'élimination de la pollution phosphorée par la STEP de HAJOUT'. Institut National Spécialisé de la Formation Professionnelle en Industrie Agroalimentaire Abou Bakr Bel Kaid – Blida.
- [43] : Khalil hanna. Étude de faisabilité de l'utilisation de molécules "cage" dans la dépollution des sols : solubilisation et extraction de polluants organiques par les cyclodextrines.2004, pp73, 91-93.
- [44] : KHELIFA.M 2008, Evaluation des eaux usées traitées de la station d'épuration d'Ain Sfiha (w.SETIF) en vue d'une utilisation dans le domaine de l'irrigation. Mémoire ingénieur ENSH BLIDA
- [45] : Kincannon, D. and A. Gaudy Jr, Some effects of high salt concentrations on activated sludge. Journal (Water Pollution Control Federation), 1966: p. 1148-1159.
- [46] : LADJAL F 2006 exploitation d'une station a boue activée niveau 02. Centre de formation au métier de l'assainissement CFMA Boumerdes 80P
- [47] : Le département sain marne assainissement collectif (DSMAC) juillet 2014
- [48] : Looser M. O., Parriaux A., Bensimon M., Landfill underground pollution detection and characterization using inorganic traces. Water Research, 33(17), 1999, 3609-3616.
- [49] : Mahar A, Wang P, Ali A et al 2016. Challenges and opportunities in the phytoremediation of heavymetalscontaminatedsoils: A review. Ecotoxicol Environ Saf; 126:111–21.
- [50] : Mahmoud, A., et al., Electrical field: A historical review of its application and contributions in wastewater sludge dewatering. Water research, 2010. 44(8): p. 2381-2407.
- [51] : Marjorie, M. C. (1999). Plant products as antimicrobialagents.ClinMicrobiolRev. 12 (4):564 582.
- [52] : Massiaen, C.M., Cassini, R., 1981.Ttaxonomy of Fusarium.In" Fusarium;Disease , Biology and Taxonomy".Pennsylvania State University Park,427-445. 10(6), 1039–1070. <http://doi.org/10.1007/s11368-010-0190-x>
- [53] : Mench, M., Lepp, N., Bert, V., Schwitzguébel, J.-P., Gawronski, S. W., Schröder, P., & Vangronsveld, J. (2010). Successes and limitations of phytotechnologiesatfieldscale: outcomes, assessment and outlookfrom COST Action 859. Journal of Soils and Sediments,

- [54] : MONCHY, H, 1978 “Mémento d’assainissement” Ed. EYROLLES, Paris
- [55] : Monod, J. (1989).Mémento technique de l’eau. Tome II.9eEd Degrémont, (RueilMalmoaison) ,1459.
- [56] : Mortet A. Etude Du role de quelques plantes graminees et legumineuses dans la phytoremediation des sols pollues par les hydrocarbures [Report] : Thèse de doctorat. - 2019.
- [57] : Pilon-Smits, E., 2005.Phytoremédiation .Annual Review of Plant Biology, Vol. 56: 15-39
- [58] : RACAULT, Y., (1997). «Le lagunage naturel- les leçons tirées de 15 ans de pratique en France». Coédition Cemagref éditions, ISBN 2-85362-453-6, 64 pages.
- [59] : RAHMANI ABDLATIF épuration des eaux usées de la région de N’GOUSSA OUARGLA par la végétale performance épuratoire 2015
- [60] : SOLTANI Mohamed, 2004. Distribution lipidique et voies métaboliques chez quatre bactéries Gram-négatives hydrocarbonoclastes. Variation en fonction de la source de carbone.281p.
- [61] : UNESCO, 2008. « Traitement des eaux usées par lagunage ». Fiche technique, Bureau Multipays pour le maghreb, 8 pages.
- [62] : VAN NEVEL L., MERTENS J., OORTS K., VERHEYEN K. (2007), « Phytoextraction of metalsfromsoils : How far from practice ? », Environmental Pollution, Vol. 150, pp. 34-40.
- [63] : Yamada-Onodera, K., Mukumoto, H., Katsuyama, Y.and Tani, Y., 2002. Degradation of long-chain alkanes by a polyethylene-degrading fungus, *Penicellium simplicissimum*YK. Enzyme and Microbial Technology 30, 828-831.
- [64] : Zaika, L.L. (1988). Spices and Herbs: their antimicrobial activity and its determination. Journal of Food Safety, 9: 97-117
- [67] : Zeghoud M. 2014., Etude de système d’épuration des eaux usées urbaines par lagunage naturel de village de Méghibra mémoire master d’hydraulique Université D’el –Oued, p 16-17-21.

[68] : Zeyons, O. (2008). Études des interactions physicochimiques et biologiques entre des nanoparticules manufacturées et des bactéries de l'environnement .thèse doctorat, université de Paris VI - Pierre et Marie Curie, 71.

**Idée pour  
création  
d'entreprise  
(SARL RAK-  
AGRO)**

## **Idée pour création d'entreprise (SARL RAK-AGRO)**

### **Premier axe : Présentation du projet**

#### **1. Équipe d'encadrement :**

Dr. Bazri Kamel Eddine chef de département biologie et écologie végétale

#### **2. Équipe de projet :**

Rouibah Rabah étudiant en master 2 écologies fondamentales et applique

Berrabah Adel étudiant en master 2 écologies fondamentales et applique

- Le statut juridique de l'entreprise : SARL
- Le nom de l'entreprise : **SARL RAK-AGRO**

#### **3. L'idée de projet :**

Les insectes causent de graves dommages aux agriculteurs et aux agriculteurs, ce qui endommage leurs cultures et leurs rendements, ce qui leur fait perdre d'importants profits économiques.

Parmi ces insectes figurent les aleurodes, qui sont les plus répandues en Algérie et causent de grandes pertes, notamment liées aux agrumes et aux cultures à l'intérieur des serres.

Des études ont montré que les insecticides produits à base de la plante *Nicotina glauca* ont une grande efficacité pour éliminer ce type d'insecte.

Grâce à l'étude que nous avons menée dans nos mémoires, nous avons constaté que la plantation de *Nicotina glauca* est possible en Algérie et très réussie, et en l'exploitant, nous pouvons développer une industrie des insecticides contre les aleurodes, d'autant plus qu'en Algérie, nous importons de grandes quantités d'insecticides en devises fortes qui affectent le trésor public

#### **4. Les valeurs proposées :**

Valeurs proposées pour une unité de fabrication et production de produits insecticide à base de sulfate de nicotine :

- Efficacité : L'unité de fabrication et production de produits insecticides à base de sulfate de nicotine peut proposer des produits hautement efficaces pour lutter contre les parasites et les insectes nuisibles. Les clients peuvent être rassurés en sachant que les produits qu'ils achètent sont capables de résoudre leur problème d'infestation.

- Respect de l'environnement : Les produits insecticides à base de sulfate de nicotine peuvent être considérés comme plus respectueux de l'environnement que certains autres types de produits chimiques. L'unité de fabrication et production peut donc mettre en avant cette valeur pour attirer les clients soucieux de l'environnement.
- Prix abordable : Les produits insecticides à base de sulfate de nicotine peuvent être proposés à un prix abordable pour les clients. Cela peut être un avantage concurrentiel important, surtout si l'unité de fabrication et production est en mesure de proposer des produits de qualité à un prix inférieur à celui de ses concurrents.
- Sécurité : Les produits insecticides peuvent être dangereux s'ils ne sont pas utilisés correctement. L'unité de fabrication et production peut donc mettre en avant la sécurité de ses produits et fournir des instructions claires sur la façon d'utiliser les produits en toute sécurité.
- Facilité d'utilisation : Les produits insecticides à base de sulfate de nicotine peuvent être proposés sous différentes formes, notamment des sprays, des granulés, des poudres, etc. L'unité de fabrication et production peut donc mettre en avant la facilité d'utilisation de ses produits pour attirer les clients qui recherchent des solutions pratiques et faciles à utiliser.

### **5. Objectifs du projet :**

- réduirait la facture d'importation pour le trésor public
- Produire des produits insecticides de qualité : L'objectif principal de l'unité de fabrication et production est de produire des produits insecticides de qualité, efficaces pour lutter contre les parasites et les insectes nuisibles. Pour cela, l'unité doit s'assurer de la qualité de ses matières premières, de ses processus de production et de ses tests de qualité.
- Développer une clientèle fidèle : L'unité de fabrication et production doit chercher à développer une clientèle fidèle en offrant des produits de qualité, un excellent service client et un rapport qualité-prix attractif. Cela peut se traduire par des clients qui reviennent régulièrement pour acheter des produits et qui recommandent l'unité à d'autres clients.
- Élargir la gamme de produits : L'unité de fabrication et production peut chercher à élargir sa gamme de produits pour répondre à un plus grand nombre de besoins des clients. Par exemple, elle peut proposer des produits insecticides pour différents types d'insectes, ou des produits pour différents types d'agriculture.

- Augmenter la part de marché : L'unité de fabrication et production peut chercher à augmenter sa part de marché en proposant des produits de qualité, en offrant un excellent service client et en proposant des prix compétitifs. Cela peut se traduire par une augmentation des ventes et une consolidation de la position de l'unité sur le marché.
- Améliorer la durabilité environnementale : L'unité de fabrication et production peut chercher à améliorer la durabilité environnementale de ses produits en utilisant des matières premières respectueuses de l'environnement, en réduisant les déchets et en utilisant des méthodes de production durables. Cela peut aider l'unité à se différencier de ses concurrents et à répondre aux préoccupations environnementales des clients.

### **6. Calendrier de réalisation du projet :**

#### 1. Phase de planification (1-2 mois) :

- Étude de marché pour déterminer la demande pour les produits insecticides à base de sulfate de nicotine
- Établissement du business plan et du budget
- Recherche de financement et de partenaires potentiels
- Planification de la mise en place de l'usine de fabrication et de la chaîne d'approvisionnement

#### 2. Phase de mise en place de l'usine (3-4 mois) :

- Construction et équipement de l'usine de fabrication
- Embauche et formation du personnel
- Acquisition de matières premières et de matériel de production

#### 3. Phase de production pilote (1-2 mois) :

- Mise en place d'une production pilote pour tester les processus de production et les produits finis
- Évaluation de la qualité des produits et des processus de production
- Ajustement des processus de production et des produits en fonction des résultats de l'évaluation

#### 4. Phase de lancement (1 mois) :

- Lancement officiel de l'unité de fabrication et production de produits insecticides à base de sulfate de nicotine

- Commercialisation des produits auprès des clients cibles

- Évaluation continue des résultats de vente et de la qualité des produits

5. Phase de croissance (6 mois et plus) :

- Expansion de la production pour répondre à la demande croissante

- Développement de nouveaux produits pour élargir la gamme de produits proposés

- Développement de nouveaux canaux de vente et de nouveaux partenariats pour augmenter la part de marché

- Amélioration de la durabilité environnementale des produits et des processus de production.

Il est important de noter que le calendrier de réalisation peut varier en fonction de divers facteurs, tels que la disponibilité des ressources.

### **Deuxième axe : Aspects innovants**

#### **1. La nature des innovations :**

- Innovation de modèle d'affaires : L'unité peut adopter un nouveau modèle d'affaires pour se différencier de ses concurrents et répondre aux besoins des clients. Par exemple, elle peut proposer des abonnements pour la vente de produits insecticides, des solutions d'extermination personnalisées pour les entreprises ou des services de conseil pour les agriculteurs.

- Innovation environnementale : L'unité peut adopter des pratiques de production durables et des matières premières respectueuses de l'environnement pour répondre aux préoccupations environnementales des clients et se différencier de ses concurrents. Par exemple, elle peut utiliser des matières premières biologiques, réduire les déchets et les émissions de gaz à effet de serre.

- Innovation de marketing : L'unité peut adopter de nouvelles stratégies de marketing pour atteindre plus efficacement sa clientèle cible. Par exemple, elle peut utiliser les réseaux sociaux ou les publicités en ligne pour toucher les particuliers, ou participer à des événements agricoles pour atteindre les agriculteurs.

L'adoption de ces différents types d'innovations peut aider l'unité de fabrication et production à se différencier de ses concurrents, à répondre aux besoins spécifiques des clients et à améliorer son positionnement sur le marché.

### **2. Les domaines d'innovation :**

- Innovation en matière de production : L'adoption de technologies de pointe pour la fabrication des produits insecticides à base de sulfate de nicotine, l'optimisation des processus de production et la mise en place de pratiques de production durables peuvent constituer des domaines d'innovation importants.
- Innovation de produit : Le développement de nouveaux produits insecticides à base de sulfate de nicotine pour répondre aux besoins spécifiques des clients, tels que des solutions d'extermination personnalisées pour les entreprises, des produits pour différents types d'insectes ou pour différents types d'agriculture, peut également constituer un domaine d'innovation.

## **Troisième axe : Analyse stratégique du marché**

### **1. Le segment du marché**

- Les agriculteurs : Les agriculteurs peuvent constituer un segment de marché clé pour les produits insecticides à base de sulfate de nicotine. Les agriculteurs peuvent être confrontés à des problèmes d'infestation de parasites et d'insectes nuisibles qui peuvent affecter la qualité de leurs cultures et réduire leurs rendements. Les produits insecticides à base de sulfate de nicotine peuvent être une solution efficace pour lutter contre ces problèmes.
- Les entreprises de lutte antiparasitaire : Les entreprises de lutte antiparasitaire peuvent constituer un autre segment de marché important pour l'unité de fabrication et production. Ces entreprises peuvent utiliser les produits insecticides à base de sulfate de nicotine pour offrir des solutions d'extermination personnalisées à leurs clients, telles que des services de lutte antiparasitaire pour les entreprises, les hôtels, les restaurants, etc.
- Les particuliers : Les particuliers peuvent également constituer un segment de marché pour les produits insecticides à base de sulfate de nicotine. Les particuliers peuvent utiliser ces produits pour lutter contre les parasites et les insectes nuisibles dans leur jardin, leur maison ou leur appartement.

- Les entreprises de l'industrie alimentaire : Les entreprises de l'industrie alimentaire peuvent utiliser les produits insecticides à base de sulfate de nicotine pour lutter contre les parasites et les insectes nuisibles dans leurs installations de production et de stockage.
- Les entreprises de l'industrie pharmaceutique : Les entreprises de l'industrie pharmaceutique peuvent utiliser les produits insecticides à base de sulfate de nicotine pour protéger leurs produits des parasites et des insectes nuisibles pendant le stockage et le transport.

### **2. Mesure de l'intensité de la concurrence :**

Il existe de nombreuses entreprises en Algérie qui produisent des insecticides, et il n'y a que deux entreprises qui peuvent être considérées comme concurrentes sur le marché algérien qui produisent des insecticides contre les aleurodes, à savoir ASTRAD et AXELLE, mais ces deux entreprises contiennent des substances actives industrielles, contrairement à l'idée de notre produit, dont la substance active est naturelle.

C'est ce qui distingue notre idée, nous nous efforçons de parvenir à un développement durable et de préserver l'environnement.

- Quant à leurs atouts, ils sont les plus anciens dans le domaine, contrôlent le marché et ont de l'expérience. Ils ont aussi des clients.
- Quant à leurs faiblesses, ils ne se soucient pas du côté publicitaire de leurs produits, et leurs prix sont quelque peu élevés par rapport aux marchés mondiaux, par exemple, ASTRAD vend 10 grammes pour 180 dinars algériens. Ils ne se soucient pas non plus beaucoup du service client.

### **3. La stratégie marketing :**

Afin de commercialiser le produit de manière très efficace, la stratégie de marketing doit être bonne et solide.

- Par exemple, nous pouvons utiliser la publicité sur les réseaux sociaux afin d'atteindre un large segment d'audience.
- Il est également possible de mettre à la disposition des agriculteurs des abonnements annuels au cours desquels ils bénéficient de prix plus bas afin de gagner des clients.
- L'utilisation de grandes entreprises agricoles pour commercialiser le produit.
- Mettre à la disposition des clients une variété de méthodes de paiement.

- Mettre à la disposition des clients un service de livraison.
- Ouvrir des points de vente dans les grandes villes.

### **Quatrième axe : Plan de production et organisation**

Un plan de production doit prendre en compte les besoins en matières premières, les capacités de production de l'usine, la gestion des stocks, la gestion de la qualité, la gestion des ressources humaines et la gestion des équipements. Une planification et une organisation efficaces peuvent aider l'entreprise à maximiser la productivité, à minimiser les coûts de production et à fournir des produits de haute qualité à ses clients.

#### **1. Le processus de production :**

- Préparation des matières premières : Les matières premières nécessaires à la production sont préparées en fonction des spécifications des produits. Les matières premières peuvent inclure le sulfate de nicotine, les solvants, les adjuvants, les colorants, etc.
- Mélange des matières premières : Les matières premières sont mélangées dans des proportions spécifiques pour former un mélange homogène. Le mélange peut être réalisé à l'aide d'un équipement de mélange tel qu'un mélangeur à tambour ou un mélangeur à vis.
- Ajout d'additifs : Si nécessaire, des additifs tels que des agents mouillants, des tensioactifs ou des adjuvants peuvent être ajoutés au mélange pour améliorer les propriétés du produit final.
- Chargement et transfert : Une fois le mélange préparé, il est chargé dans un équipement de transfert tel qu'une pompe pour être transféré dans l'équipement de production suivant.
- Fabrication du produit final : Le mélange est ensuite introduit dans l'équipement de production suivant, tel qu'un atomiseur, pour former le produit final. Le produit final peut être sous forme liquide, granulaire ou en poudre.
- Emballage et étiquetage : Le produit final est ensuite emballé dans des contenants tels que des bouteilles, des sacs ou des conteneurs en fonction des spécifications du produit. Les contenants sont étiquetés avec des informations telles que la composition du produit, le mode d'emploi, les précautions d'utilisation, etc.
- Stockage et expédition : Les produits finis sont stockés dans un entrepôt et expédiés aux clients en fonction des commandes reçues.
-

### 2. L'Approvisionnement :

Dans le processus d'achat, nous traitons directement avec les propriétaires (fournisseurs), ce qui est un avantage concurrentiel pour notre projet.

D'autre part, nous sommes ceux qui produisent la matière première la plus importante à partir de la culture de la plante *Nicotina glauca*.

- Identification des fournisseurs : Il est important d'identifier les fournisseurs potentiels qui peuvent fournir les matières premières nécessaires à la production. Les fournisseurs peuvent être trouvés en utilisant des répertoires en ligne, des salons professionnels ou des réseaux professionnels.
- Évaluation des fournisseurs : Une fois les fournisseurs potentiels identifiés, il est important de les évaluer en fonction de critères tels que la qualité des matières premières, le coût, la fiabilité de livraison, la capacité de production, etc.
- Négociation des termes d'approvisionnement : Une fois les fournisseurs sélectionnés, il est important de négocier les termes d'approvisionnement tels que les prix, les délais de livraison, les quantités minimales de commande, les modalités de paiement, etc.
- Suivi des niveaux de stock : Il est important de surveiller les niveaux de stock de matières premières pour garantir que les matières premières sont disponibles en quantité suffisante pour répondre à la demande de production. Les niveaux de stock doivent être surveillés régulièrement pour éviter les ruptures de stock.
- Gestion des relations avec les fournisseurs : Une fois les fournisseurs sélectionnés, il est important de maintenir une relation de travail positive avec eux. Cela peut inclure la communication régulière sur les niveaux de stock, les délais de livraison, les problèmes de qualité, etc.
- Gestion des risques d'approvisionnement : Il est important de prendre en compte les risques d'approvisionnement tels que les retards de livraison, les changements de prix, les pénuries de matières premières, etc. Des plans de contingence peuvent être mis en place pour minimiser ces risques.

### 3. La main d'œuvre

Les postes clés nécessaires pour une petite usine :

- Directeur : Responsable de la gestion globale de l'entreprise, y compris la stratégie, la gestion financière, la conformité réglementaire et la direction des équipes.

- Responsable de la production : Responsable de la production des produits insecticides à base de sulfate de nicotine, y compris la planification de la production, l'achat des matières premières, la gestion des stocks et la gestion de l'équipement.
- Responsable qualité : Responsable de la qualité des produits, y compris la mise en place des normes et des procédures de contrôle qualité, la réalisation des tests de qualité sur les matières premières, les produits intermédiaires et les produits finis, et la mise en place de plans d'amélioration de la qualité.
- Responsable marketing et ventes : Responsable de la promotion des produits, de la gestion des ventes et de la relation client.
- Personnel de production : Opérateurs de production responsables de la fabrication des produits insecticides à base de sulfate de nicotine.
- Personnel de laboratoire : Techniciens de laboratoire responsables des tests de qualité sur les matières premières, les produits intermédiaires et les produits finis et la production du sulfate de nicotine.
- Personnel administratif : Personnel administratif et de soutien, y compris le comptable, et les agents de sécurité.

#### **4. Les Principaux partenaires :**

Les principaux partenaires pour notre unité de fabrication peuvent inclure les fournisseurs de matières premières, les clients, les distributeurs, les universités et centres de recherche, ainsi que les autorités réglementaires. Une collaboration efficace avec ces partenaires peut aider l'entreprise à maximiser la qualité de ses produits, à atteindre de nouveaux marchés et à se conformer aux réglementations en vigueur.

- Fournisseurs de matières premières : Les fournisseurs de matières premières sont des partenaires clés pour une unité de fabrication et production de produits insecticides à base de sulfate de nicotine. Les matières premières peuvent inclure le sulfate de nicotine, les solvants, les adjuvants, les colorants, etc.
- Clients : Les clients sont un autre groupe de partenaires importants pour une unité de fabrication et production de produits insecticides à base de sulfate de nicotine. Les clients peuvent inclure les agriculteurs, les entreprises de lutte antiparasitaire, les particuliers, les entreprises de l'industrie alimentaire, les entreprises de l'industrie pharmaceutique, etc.

- Distributeurs : Les distributeurs sont des partenaires clés pour aider à commercialiser et à distribuer les produits finis auprès des clients. Les distributeurs peuvent être des grossistes, des détaillants, des entreprises de vente en ligne, etc.
- Universités et centres de recherche : Les universités et les centres de recherche peuvent être des partenaires importants pour une unité de fabrication et production de produits insecticides à base de sulfate de nicotine. Ils peuvent fournir des recherches et des analyses sur les tendances du marché, les nouvelles technologies et les innovations en matière de production de produits insecticides.
- Autorités réglementaires : Les autorités réglementaires sont des partenaires importants pour garantir que les produits fabriqués répondent aux normes de qualité et de sécurité.

### Cinquième axe : Plan financier

Un plan financier inclure un état des résultats prévisionnel, un bilan prévisionnel, un plan de trésorerie, une analyse de rentabilité et des scénarios de prévision. La création et la mise à jour régulières d'un plan financier peuvent aider l'entreprise à s'assurer qu'elle est sur la bonne voie pour atteindre ses objectifs financiers et à prendre des décisions éclairées pour améliorer sa performance financière.

#### **1. Les coûts et les charges :**

Coûts des matières premières :

<b>Le nom de produit</b>	<b>Unité</b>	<b>Prix(DA)</b>
<b>Le sulfate de nicotin</b>	KG	/
<b>Alcool isopropylique</b>	Litre	4000
<b>Huile minérale</b>	Litre	3400
<b>Agent émulsifiant</b>	Litre	7000
<b>Agent mouillant</b>	Litre	11400

- Donc le totale des couts de matière premier pour produire 1 kg du produit c'est : 5160

Coûts de matériel :

<b>Le nom de matériel</b>	<b>Prix (DA)</b>
<b>Mélangeurs et cuves de mélange</b>	450000

## Idée pour création d'entreprise (SARL RAK-AGRO)

---

<b>Réacteurs</b>	800000
<b>Système de stockage et de distribution</b>	1200000
<b>Équipement de conditionnement</b>	750000
<b>Laboratoire</b>	600000
<b>TOTALE</b>	3800000

- Donc le totale des couts de matériel c'est : 3800000DA.

Les couts de location de dépôt pour installer usine 80000 da par mois donc 960000 da par ans.

Couts de main d'œuvre :

<b>Poste occupé</b>	<b>Salaire par mois</b>	<b>Salaire par ans</b>
<b>2 ingénieurs</b>	100000	1200000
<b>4 techniciens</b>	140000	1680000
<b>1 responsable de marketing</b>	40000	480000
<b>Comptable</b>	40000	480000
<b>3 agents de sécurité</b>	75000	75000

Le cout total de main d'œuvre par ans c'est : 3915000 DA

- Les charges de électricité et l'eau par mois en valent 40000 DA

Sources d'obtention de financement :

Bénéficiaire du financement de l'État aux start-up à travers l'Agence Nationale d'appui à l'entrepreneuriat ANAD (ex : ENSEJ), qui peut accompagner et accompagner les porteurs de projets.

- 1% participation personnel
- 29% participation directe de l'agence
- 70% participation de la banque

Donc :

Notre participation c'est : 38000 DA.

La participation de l'agence : 1102000 DA.

La participation de la banque : 2660000

L'obtention du financement de l'Agence Nationale d'aide aux entreprises ANAD offrira des privilèges et exonérations fiscales aux porteurs de projets pendant les cinq premières années.

## **2. Le Chiffre d'affaires :**

Notre chiffre d'affaire est bas sur une estimation parce qu'on a un manque d'information de l'état de marché de l'insecticide en Algérie.

On va distribuer notre produit en sac de 10g et 100g et 1kg.

En vas prendre exemple de 10g :

Le prix de notre produit pour 10g c'est 150 DA donc 1kg de notre produit c'est 15000DA.

Le cout de production pour 1kg de produit c'est 5160DA.

Donc notre binifise a 1 kg de prduit c'est 9840DA.

<b>La quantité</b>	<b>Le cout de production</b>	<b>Le prix de vent</b>	<b>Intérêts(DA)</b>
<b>1 kg de produit</b>	5160	15000	9840

- Afin de percevoir le coût de la main-d'œuvre et les couts de location, nous devons vendre 45,35 kg.
- Si nous vendons 100 kg de notre produit par mois, notre bénéfice net mensuel sera de : 537756 DA.
- Si nous produisons 100 kg par mois, notre bénéfice annuel sera : 6453072DA.

### **Sixième axe : Prototype expérimental**

Le processus de développement d'un insecticide à base de sulfate de nicotine, implique plusieurs étapes. Quelques étapes de base qui peuvent être suivies pour arriver au prototype de l'insecticide:

## **1. La composition des insecticides :**

Les insecticides sont des produits chimiques utilisés pour tuer ou contrôler les insectes nuisibles, tels que les aleurodes, les moustiques, les mouches, etc. Les insecticides peuvent être composés d'un ou plusieurs ingrédients actifs, qui sont les principaux composants responsables de l'effet insecticide.

Les ingrédients actifs des insecticides sont généralement des composés organiques ou inorganiques, tels que les **Sulfate de nicotine** les pyréthriinoïdes, les néonicotinoïdes, les organophosphorés, les carbamates, les composés du soufre, les composés du fluor, les acides boriques, le sel d'arsenic, le cuivre, le zinc, le plomb, le mercure, etc.

En plus des ingrédients actifs, les insecticides peuvent également contenir des ingrédients inactifs, tels que des solvants, des émulsifiants, des agents mouillants, des agents de dispersion, des colorants, des arômes, etc. Ces ingrédients inactifs sont utilisés pour améliorer la stabilité du produit, faciliter son application et améliorer son apparence.

Ingrédients actifs d'insecticides produits à base de la plante *Nicotina glauca* c'est le sulfate de nicotine et qui généralement produit à partir de feuilles de tabac.

## **2. l'extraction du sulfate de nicotine :**

En peut produits les sulfates de nicotine à partir de la plante *Nicotina glauca*. Le processus d'extraction du sulfate de nicotine implique plusieurs étapes, notamment :

- Récolte des feuilles de tabac : Les feuilles de tabac sont récoltées lorsque leur teneur en nicotine est la plus élevée.
- Séchage des feuilles de tabac : Les feuilles de tabac sont séchées à l'air libre ou dans des séchoirs pour réduire leur teneur en eau.
- Trempage des feuilles de tabac : Les feuilles de tabac sont trempées dans une solution alcaline pour dissoudre la nicotine.
- Extraction de la nicotine : La solution alcaline est extraite avec un solvant organique tel que l'acétone ou l'éthanol pour obtenir un extrait de nicotine.
- Séparation de la nicotine : L'extrait de nicotine est purifié en éliminant les impuretés et les autres constituants de la plante.
- Concentration de la nicotine : La nicotine est ensuite concentrée en éliminant le solvant organique par évaporation ou distillation.

- Conversion en sulfate de nicotine : La conversion de la nicotine en sulfate de nicotine est un processus qui peut être réalisé en plusieurs étapes. Tout d'abord, la nicotine est dissoute dans une solution d'eau et d'acide sulfurique concentré pour former une solution de nicotine. Ensuite, du sulfate d'ammonium est ajouté à la solution de nicotine pour former du sulfate de nicotine et de l'ammoniac. La solution de sulfate de nicotine est ensuite refroidie pour permettre la cristallisation du sulfate de nicotine. Les cristaux sont ensuite filtrés, lavés pour éliminer les impuretés, et séchés pour éliminer l'humidité.
- Purification et cristallisation : La solution de sulfate de nicotine est purifiée et cristallisée pour produire du sulfate de nicotine pur sous forme de cristaux blancs.

### **3. Les étapes de base suivies pour arriver au prototype d'insecticide à base de sulfate de nicotine (*Nicotina glauca*):**

Le processus de développement d'un insecticide à base de sulfate de nicotine, implique plusieurs étapes. Quelques étapes de base qui peuvent être suivies pour arriver au prototype de l'insecticide:

- Identification du besoin : La première étape consiste à identifier le besoin d'un nouvel insecticide pour lutter contre les insectes nuisibles dans l'agriculture ou l'horticulture.
- Recherche et développement : Des recherches sont menées pour trouver des ingrédients actifs efficaces pour tuer les insectes nuisibles. Dans ce cas le sulfate de nicotine est l'ingrédient actif. Au cours de cette étude, nous nous sommes appuyés sur les résultats des études scientifiques d'experts
- Formulation : Les chercheurs travaillent à la formulation de l'insecticide, en utilisant le sulfate de nicotine comme ingrédient actif et d'autres ingrédients pour améliorer l'efficacité et la stabilité du produit. Pour 1L de produit:

/Sulfate de nicotine (400 g/L)

/Alcool isopropylique (250 g/L)

/Huile minérale (L'huile de paraffine) (100 g/L)

/Agent émulsifiant (Amine secondaire) (50 g/L)

/Agent mouillant (Les alcools aliphatiques) (50 g/L)

**L'idée de cette startup reste prometteuse et vérifiable car la matière première est facile à fournir, la culture de la plante *Nicotina gluca* ne nécessite pas de conditions difficiles et ne nécessite pas de grands soins.**

**Le succès de cette idée créerait des emplois pour les chômeurs et ouvrirait de larges horizons dans le domaine de l'industrie des insecticides respectueux de l'environnement en Algérie pour le Plan de Développement Durable approuvé par l'État, et réduirait la facture d'importation pour le trésor public dans le domaine des insecticides.**

## Business Model Canvas d'une Création d'unité de fabrication et production de produits phytosanitaires (insecticide) à base de sulfate de nicotine

<b>Business Model Canvas</b>		<i>Conçu pour:</i>		<i>Conçu par:</i>		<i>Date:</i>		<i>Version</i>	
		BERRABAH Adel		ROUIBAH Rabah					
<b>Partenaires clés</b>		<b>Activités Clés</b>		<b>Propositions de valeur</b>		<b>Relation Client</b>		<b>Clients</b>	
-Fournisseurs de matières premières		-Recherche et développement de nouveaux produits		-Produits phytosanitaires efficaces à base de sulfate de nicotine pour lutter contre les insectes nuisibles		-Service client personnalisé		-Agriculteurs et horticulteurs	
-Distributeurs de produits phytosanitaires		-Production de produits phytosanitaires à base de sulfate de nicotine		-Large gamme de produits pour répondre aux besoins spécifiques des clients		-Assistance technique		-Entreprises de services agricoles	
-Entreprises de services agricoles		-Contrôle qualité		-Service client de qualité, y compris des conseils d'experts				-Distributeurs de produits phytosanitaires	
		<b>Ressources clés</b>				<b>Canaux</b>			
		-Matières premières de haute qualité				-Vente directe aux agriculteurs et horticulteurs			
		-Équipements de production et installations				-Vente aux entreprises de services agricoles			
		-Personnel qualifié				-Distributeurs de produits phytosanitaires			
<b>Coûts</b>				<b>Revenus</b>					
-Coût des matières premières				-Vente de produits phytosanitaires à base de sulfate de nicotine					
-Coût de l'équipement et des installations									

## Annexe

---

-Coût de la main-d'œuvre

-Coût de recherche et développement

-Coût de marketing et de promotion

-Coût de conformité et de réglementation

-Vente de services d'assistance technique

Année universitaire : 2022/2023

Présenté par : BERRRABAH ADEL

ROUIBAH RABAH

**Intitulé :** Etude de la valorisation de l'espèce *Nicotina glauca* pour la dépollution des sols et eaux usées ainsi que la fabrication des produits phytosanitaires.

**Mémoire de fin de cycle pour l'obtention du diplôme de Master en Ecologie Fondamentale et Appliquée**

**Résumé :** Cette étude englobe des efforts fournis durant des stages par rapport à notre formation de master en écologie fondamentale et appliquée ; au sein des stations d'épuration des eaux usées de la wilaya de Naama et une station de lagunage naturel dans la wilaya de Ghardaïa qui ont pour objectif de traiter et nettoyer les eaux après leur utilisation pour empêcher la pollution des lacs, eaux souterraines, rivières et océans. Plusieurs techniques de dépollution des eaux usées peuvent être développées telle que la phytoremédiation d'où nous avons mis l'accent sur l'utilisation de l'espèce végétale *Nicotina glauca* observée dans le rejet en aval de la lagune naturelle à Ghardaïa. Cette espèce semble intéressante pour la phytoremédiation et l'accumulation des ETM. En outre, les résultats obtenus à travers notre recherche bibliographique et les tests d'activité biologique montrent la richesse de cette espèce en métabolites secondaires tels que les alcaloïdes, les flavonoïdes, l'anabasine et autres molécules.

Notre étude semble simple et superficielle, mais elle porte une idée innovante sur la possibilité de la valorisation de *Nicotina glauca* dans la fabrication des pesticides et/ou fongicides que nous souhaitons développer dans le futur par la création d'une entreprise de produits phytosanitaires.

**Mots clés :** "STEP", "Lagunage", "La phytoremédiation", "*Nicotiana glauca*", "fabrication des produits phytosanitaires"

**Laboratoire de recherche :** Biologie et Environnement et CRBT

**Jury d'évaluation :** Président du jury : Dr. Kellou Kamel (Prof- UFM Constantine).  
Rapporteur : Dr. Bazri KED (MCA- UFM Constantine).  
Examineur: Dr. Abdelaziz wided (MCB. - UFM Constantine).  
Maison de l'entrepreneuriat : BENSOUICI Aicha.  
Secteur Socioéconomique : SALHI Ouide (Technopole de Constantine).

**Date de soutenance:** 22/06/2023