



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur

et de la Recherche Scientifique

Université de Tissemsilt

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département des Sciences de la Nature et de la Vie

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme

de Master académique

Filière : **Ecologie et environnement**

Spécialité : **Protection des écosystèmes**

Présentée par : **Harizi Abdelhafid**

Thème

**Évaluation de la biomasse microbienne des sols céréaliers
et des boues**

Soutenu le,

Devant le Jury :

Mme BOUKIRAT D.	Presidente	M.A.B.	Univ-Tissemsilt
Mr MELIANI K.	Encadreur	M.A.A.	Univ-Tissemsilt
Mme NAIMI S.	Examinatrice	M.A.A.	Univ-Tissemsilt

Année universitaire : 2020-2021

Remerciement

Nous remercions le bon Dieu de nous avoir donné assez de force et de courage pour mener à terme ce modeste travail.

Tout d'abord, je tiens à remercier ma très chère mère et ma moitié qui m'a soutenue tout au long de mon parcours merci ma reine.

Je remercie aussi chaleureusement les membres du jury :

Je remercie également **Mme SOUHILA NAIMI** pour avoir accepté d'examiner et juger ce travail, et le partage du savoir et des informations, mais aussi pour son aide, ses conseils et ses recommandations. Merci d'avoir pris le temps de corriger ce travail.

Je remercie **Mme BOUKIRAT Dyhia** pour avoir accepté d'examiner et présidée les jurés de ce travail.

Mes sincères remerciements à **Mr Tir Elhadj, Mr Bouknine abdelhak et Morsli Ramdhan** pour l'aide qu'ils m'ont fourni. Pour son appui ses conseils et ses précieuses orientations tout au long de ce travail. Je lui adresse mes vifs remerciements et ma reconnaissance.

Mes sincères remerciements à vont également aux chercheurs sur l'aide que nous a offert. Je voudrais également exprimer mes remerciements à **Mme Laabas S, Mme Badale , Mr Eelafer M , Mr Benagrouba S**, pour leur aide au laboratoire au cours de la période de travaille.

Et à toute personne qui nous a aidés de près ou de loin à réaliser ce modeste travail.

Dédicace

Avec l'aide de Dieu tout puissant, j'ai pu achever ce travail que je dédie :

A ma chère mère et mon cher papa, à qui je dois mon éducation et mon instruction, que Dieu lui accorde sa grâce infinie.

A celui qui m'a toujours encouragé :

A mes chers frères : **Youcef** et **Hamada**, en témoignage de mon amour fraternel et de mon attachement éternel.

A mes chères sœurs **Soumia** et **Malak** et la femme de mon frère **Aicha** qui ont soutenu durant toutes mes études.

Avec toute ma tendresse, à mes neveux et nièces, meilleurs vœux de succès dans leurs études.

A toute ma famille pour son affection et sa contribution à mon épanouissement.

Je dédie également ce travail à mes amis : Blilita o, Bensaad a, Labadi k, Sekine f, Belhadi r, Djaoui r, Goutara a, Sekine m g, Assmouni i, Safire h et Kefife t.

Je le dédie à tous mes ami(e)s que je n'ai pas cités(e)s et à tous ceux qui me connaissent. Qu'ils trouvent à travers ce travail ma sincère reconnaissance.

A toute ma promotion de « protection des écosystèmes », université de Tissemsilt.

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

H, Abdelhafid

Sommaire

Remerciements.

Dédicace.

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction 1

I - Partie bibliographique

CHAPITRE I : Microbiologie Du Sol 4

I -1.Définition du sol 5

I -2. Les constituants du sol..... 5

I.2.1. La phase solide 5

I.2.2. La phase aqueuse..... 6

I.2.3. La phase gazeuse 7

I.3. La faune du sol 7

I.3.1. La macrofaune..... 7

I.3.2. La méso-faune : 8

I.3.4. La microflore 8

I.3.4.1. Les bactéries..... 8

I.4. Pollution des sols 12

I.4.1. Définitions 12

I.4.2. Formes de pollution..... 12

I.4.3. Micropolluants des sols 12

I.5. Effets des engrais minéraux sur le sol 14

I.5.1. Effet sur le pH et la salinité 14

I.5.2. Effet de la fertilisation minérale sur la teneur du sol en nitrates à la récolte .. 15

I.5.3. Effet de la fertilisation azotée minérale sur l'émission de protoxyde d'azote (N₂O)	15
CHAPITRE II : GENERALITE SUR LES BOUES DE LA STEP	17
II -1. Définition des boues	18
II-2. Composition des boues résiduaires	18
II-2-1. Les éléments utiles	18
II-2-2. Eléments fertilisants	19
II-2-3. Matière organique	19
II-2-4. Contaminants chimiques inorganiques et organiques	20
II-2-5. Les micro-organismes	20
II-3. Propriétés des boues	20
II-3-1. Propriétés physiques des boues	20
II-3-2. Propriétés chimiques	21
II-3-3. Les propriétés bactériologiques	21
II-4. Utilisation agricole des boues	22
II-4-1. Epannage direct des boues résiduaires	23
II-4-2. Utilisation des boues traitées	23
CHAPITRE III : GENERALITES SUR LA POLLUTION DES EAUX USEES	25
III-1. Définition des eaux usées	26
III -2. Origine des eaux usées	26
III -2-1. Les eaux usées domestiques	26
III -2-2. Les eaux usées industrielles	26
III -2-3. Les eaux usées agricoles	27
III -2-4. Les eaux pluviales	27
III -3. Caractéristiques des eaux usées	28
III -3-1. Les paramètres physico-chimiques	28
III -4. Les critères de la pollution organique	30
III -5. Les déversements d'eaux usées dans le milieu naturel	30
III -5-1. La nécessité de l'épuration	31
II-Partie expérimentale	
Chapitre 1: présentation et description de la zone d'étude	33
I .1. Présentation de la wilaya	34

I.1.1. Situation Géographique	34
I.1.2. Le climat de la wilaya	35
I.1.2.3. La pluviométrie.....	37
I.1.3. Forêts et boisement dans la wilaya	37
I.1.4. Le relief	37
I.1.5. L'agriculture	38
Chapitre II : Matériels et méthodes	39
II.1.Choix de la zone d'étude	40
II-2. Travail au terrain	40
II-2-1.Prélèvement des échantillons	40
II-3. Travail au laboratoire	43
II-3-1. Préparation de milieu de culture (gélose nutritive)	43
II-3-2. Analyse microbiologique (sol et boue)	44
Chapitre III : résultats et discussion	47
1-Première site prélèvement	48
2-Deuxième site de prélèvement	49
3-Troisième site de prélèvement	50
4-Quatrième échantillon la boue.	51
Conclusion générale	54

Références bibliographiques Résumé

Résumé

Liste des figures.

Figure N° 1: Les différents horizons d'un profil de sol.....	04
Figure N° 2. Une comparaison de la micromorphologie du genre Streptomyces (Bergey, 1989 in Aloui, 2014).....	09
Figure N° 3. Champignons du sol (Dommergues et Mangenot, 1970).....	10
Figure N° 04 : Nature de la pollution des eaux.....	24
Figure N°05: Situation géographique de la wilaya de TISSEMSILT (ANDI, 2013).....	33
Figure N°06 : diagramme ombrothermique du commun de Tissemsilt.Figure	34
Figure N°07 : Diagramme à barres de température mensuelles de Tissemsil (DSA, 2019).....	34
Figure N° 08 : La courbe des précipitations moyennes mensuelles de la commune de TISSEMSILT (2019_2020).....	35
Figure N° 09: image satellite des points de prélèvement du sol le 17 /04/2021 (Google Maps).....	38
Figure N° 10: photo des points de prélèvement du sol.....	39
Figure N° 11: les boues de la station d'épuration des eaux usées de Tissemsilt.....	40
Figure N° 12: milieu de culture (gélose nutritive).....	41
Figure N° 13: la dilution pour le sol.....	42
Figure N° 14: la dilution pour la boue.....	43
Figure N° 15: l'incubation des échantillons.....	44
Figure N° 16: Résultats de l'incubation du premier prélèvement	47
Figure N° 17 : Résultats de l'incubation du deuxièmes prélèvement.....	49
Figure N° 18 : résultats de l'incubation du troisième prélèvement.....	51
Figure N° 19: résultats de l'incubation de échantillon de la boue.....	53

Liste des tableaux.

Tableau N°1: Effets des engrais sur la salinité et sur le pH du sol (Lhoussaine, 2000).....	14
Tableau N°2: Composition en éléments utiles des boues (Ju-Zhen ,Y., Li-Ming,Z. (2008).).....	18
Tableau N°03 : Les types de sol des échantillons.....	40
Tableau N°04 : La biomasse microbienne de chaque échantillon	48

Liste des abréviations

AGV : acides gras volatils

C : Carbone

CaCo₃ : Le carbonate de calcium

CaO : L'oxyde de calcium

CH₄ : Le méthane

CE : La conductivité électrique

COV : Les composés organiques volatils

DBO : demande biologique en Oxygène

DCO : demande chimique en Oxygène

DSA : Direction des Services Agricoles

EH : L'équivalent habitant

H : Hydrogène

HA P : Les hydrocarbures aromatiques polycycliques

K₂O : L'oxyde de potassium

MES : Matières en suspension

MMS : Les matières minérales

MVS : Les matières volatiles en suspension

MS : matières sèches

N : Azote

N₂O : Protoxyde d'azote

NTK : azote total

O : Oxygène

PCB : Polychlorobiphényles

Ph : Potentiel hydrogène

P₂O₅ : Phosphore

PT : phosphore total

RH : potentiel d'oxydoréduction

S : Soufre

STEP : Station de Traitement d'Eau Polluée ou la Stations d'épurations

Introduction

Introduction

Introduction

Le taux de croissance de la population mondiale ne cessent d'accroître et le taux moyen prévoit que cette population atteindra près de 10 milliards de personnes en 2050, soit un accroissement de près de 30 % par rapport aux 7,55 milliards relevés en 2017 (**Catalon, 2017**).

Le sol est considérée comme un réservoir pour les organismes qui vivent dans cette matrice hétérogène et contient plusieurs fractions renfermant de très nombreux êtres vivants (microflore, méso et macrofaune) dont l'activité est en lien plus ou moins direct avec leur fonctionnement en général et certaines de leurs propriétés agronomiques en particulier (**Rossi, 2003**).

Les eaux usées sont l'un des polluants environnementaux les plus importants lorsqu'elles fuient, elles contaminent des écosystèmes (sol, atmosphère, nappe phréatique) entiers, elles sont donc traitées dans la station d'épuration des eaux usées et après traitement, sont utilisées pour l'irrigation ou pour l'utilisation industrielle, ainsi que pour la production de boues à utiliser comme engrais.

Le secteur agricole est l'un des secteurs les plus prometteurs en Algérie, qui représente le principal moteur de l'activité économique et contribue ainsi à stimuler la croissance économique et à atteindre l'autosuffisance dans ce secteur. Pour renforcer cette filière, nous ajoutons des éléments chimiques, minéraux ou organiques d'origine végétale ou animale pour améliorer la qualité du sol et élever sa qualité.

Tissemsilt est l'une des zones agricoles avec de grandes superficies estimées à 145 465 hectares (**DSA 2018**). Et un certain nombre d'agriculteurs utilisent des boues pour fertiliser leurs terres.

Dans le but de notre travail est de déterminer l'effet éco-toxicologique des boues sur les microorganismes du sol.

Dans notre travail sous le titre évaluation toxicologique de l'utilisation des boues de la station d'épuration sur les micro-organismes, Le travail exposé et s'articule en deux parties :

La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique. Nous aborderons dans le premier chapitre microbiologie des sols, dans le deuxième chapitre généralité sur les boues de STEP et dans le troisième chapitre généralité sur la pollution par les eaux usées.

Introduction

La deuxième partie est consacrée l'étude expérimentale traitera aussi trois (03) chapitre, la premier chapitre concerne description du site d'étude et le deuxième chapitre Matériels et méthodes troisième chapitre les résultats et discussion, Nous terminerons avec une conclusion générale).

I - Partie bibliographique

CHAPITRE I : Microbiologie Du Sol

I -1.Définition du sol

Le sol fait partie de la biosphère, dynamique et vivant, c'est le résultat d'une évolution lente au cours de laquelle le climat, le relief et les organismes ont participé à le façonner en altérant la roche mère et en la faisant interagir avec la matière vivante (Soltner, 1992).

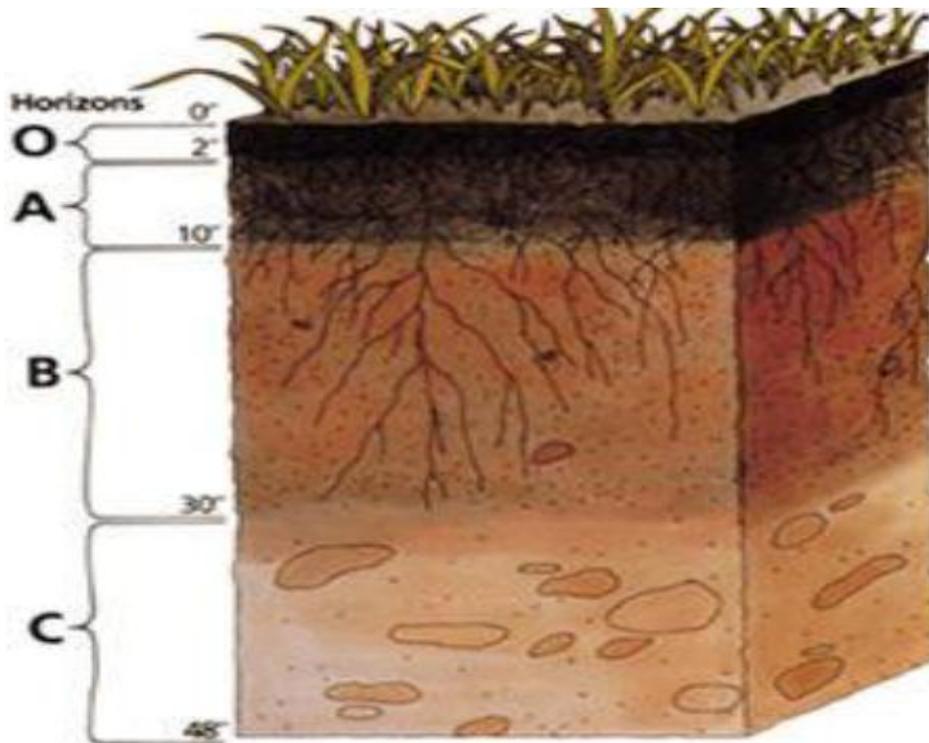


Figure N° 1: Les différents horizons d'un profil de sol

I -2. Les constituants du sol

Le sol est un milieu continu dont les dimensions sont propres à sa localisation. C'est un milieu poreux triphasique complexe, intégrant une phase solide de nature variable, une phase aqueuse, et une phase gazeuse.

I.2.1. La phase solide

La phase solide est la phase prépondérante du sol qui représente 50 à 70 % du volume. Elle est formée des types suivants de constituants :

I.2.1.1. La fraction minérale

C'est la fraction la plus importante du sol, elle constitue, en général, de 95 à 99% du poids total du sol. Cette fraction est principalement constituée de minéraux primaires (quartz, micas, feldspaths...) et de minéraux secondaires, les oxydes métalliques ou les argiles (Du chauffour, 2001).

Chapitre I : Microbiologie du sol

Mirsal, (2004) rapporte que cette partie n'intervient pas ou peu dans l'absorption des polluants organiques sauf quand la teneur en carbone organique du sol est faible.

I.2.1.2. La fraction organique

La partie organique est formée en grande partie de cellulose, d'hémicellulose, de lignine et de tanins en plus faibles pourcentages, venant de la matière décomposée. Cette matière organique contient également de petites quantités de protéines et des fragments d'hydrates de carbone, des composés aminés, phénoliques ou aromatiques issus de l'activité biologique (**Mirsal, 2004**). Cette phase peut être divisée en deux parties :

I.2.1.2.1. La fraction organique morte

La fraction organique est constituée à plus de 80% de matière organique morte (Tissus végétaux, résidus d'organismes) (**Djigal, 2003, in MOKHTAR 2016**). La matière organique morte subit de nombreuses transformations dans le sol : elle est fragmentée, altérée chimiquement mais aussi biologiquement car, au cours de la minéralisation, elle sert de source d'énergie pour les organismes vivants du sol. Certaines molécules non minéralisées vont subir une humification, c'est-à-dire une réorganisation en molécules plus ou moins complexes qui constituent les substances humiques.

Et elle contient trois parties :

- La fraction organique labile
- La fraction organique meuble ou légère
- La fraction organique lourde

I.2.1.2.2. La fraction organique vivante

Des bactéries, des actinomycètes, des champignons mais aussi des racines ou encore la faune (protozoaires, nématodes, certains insectes, vers de terre), tous participent d'une manière ou d'une autre à la formation et à l'évolution du sol, en particulier de sa fraction organique (**Gobat et al. 2003**). Bactéries et champignons sont les principaux responsables de la minéralisation des matières organiques mais ils participent aussi à l'humification notamment par l'excrétion d'enzymes dans le sol ainsi qu'à la formation des complexes organo-minéraux

I.2.2. La phase aqueuse

Où la « solution du sol », l'eau peut être présente dans les sols sous forme de solide, dans sa forme habituelle à l'état liquide et dans sa forme gazeuse (**Lavelle et Spain, 2002**).

Il y a trois types de solutions (**Mustin, 1987**) :

- Un liquide libre qui s'écoule à travers le sol et qui percole par gravité.

Chapitre I : Microbiologie du sol

- Un liquide utilisable par les végétaux qui est retenu plus ou moins fortement par les particules du sol, il occupe les petites lacunes et imbibe les particules par capillarité.
- Un liquide inutilisable par les végétaux qui est très fortement lié aux particules solides du sol.

I.2.3. La phase gazeuse

La phase gazeuse d'un sol est constituée par les mêmes composants que ceux de l'air atmosphérique. Les plus importants de ces gaz sont l'oxygène provenant de l'atmosphère, le dioxyde de carbone provenant de la respiration et de la fermentation des organismes du sol et des organes non chlorophylliens des plantes supérieures (**Frontier et Pichod-Viale, 1995**).

I.3. La faune du sol

En plus des microorganismes, le sol héberge une population d'invertébrés et les organes souterrains des végétaux, dont les activités nutritionnelles régissent le fonctionnement de la microflore et régulent les flux d'énergie et de nutriments (**Bardgett et Griffiths, 1997**).

La faune du sol est répartie habituellement en fonction de la taille (diamètre) des organismes qui la composent en quatre groupes distincts, micro- (0,2 mm), méso- (entre 0,2 et 2 mm), macro- (entre 2 et 80 mm) et mégafaune (> 80 mm) (**Lavelle, 1997; Gobat et al. 2013**). Le regroupement des invertébrés du sol par catégorie de taille est pertinent car il permet de renseigner sur l'échelle spatiale de vie et l'habitat occupé par les organismes au sein du sol. De plus, ce classement permet de donner une information clé sur les différents rôles joués par les organismes, animaux et microbiens, sur le fonctionnement du sol (Européen commission, 2010) :

I.3.1. La macrofaune

Souvent il y a centaines d'individus représente par mètre carré. Appelée aussi « ingénieurs du sol ou de l'écosystème » comme (Ex: vers de terre, diplopodes) (**Jones, 1994; Lavelle et al. 2006**), elle a pour spécificité de moduler directement ou indirectement la disponibilité des ressources pour les autres espèces suite à des modifications physiques des sols et, par conséquent, de modifier, maintenir ou créer des habitats (**Jones, 1994**). Ses principales fonctions sont la fragmentation et l'intégration de la matière organique au sol, ainsi que la formation et le maintien de la structure du sol à travers l'activité de bioturbation. La porosité créée regroupe les micro-, méso- et macroporosité tubulaires, permettant de faciliter l'infiltration ou le stockage de l'eau, les échanges gazeux mais aussi de fournir un habitat favorable au développement d'autres organismes plus petits comme les microorganismes (**Bernard et al. 2012**).

Chapitre I : Microbiologie du sol

Pour les différentes classes de taille, la faune du sol joue un rôle clé dans la structuration des sols, la décomposition de la matière organique ou encore le cycle des éléments nutritifs, permettant ainsi de contribuer à la fourniture de services écosystémiques dans les sols urbains. Cependant, les groupes fonctionnels définis selon la taille des organismes du sol ne restent pas figés (Européen commission, 2010) et peuvent varier selon les types de processus (ex : transformation des matières organiques mortes) (**Girard et al, 2008**) et de milieux étudiés. Ainsi, les niveaux trophiques couramment identifiés dans le contexte des sols naturels peuvent varier dans le cas des sols urbains comme chez les vers de terre (dominance d'épigés) ou encore chez les nématodes (dominance de phytophages) dans les sols contaminés (**Nahmani et Rossi, 2003; ADEME, 2012**).

I.3.2. La méso-faune :

Appelés détritivores ou encore transformateurs de litière, les organismes vivants de la méso-faune sont responsables du broyage et de la fragmentation de la matière organique (ex : feuilles) et de l'établissement d'une microporosité (rétention de l'eau) et d'une porosité (assemblage) comme les collemboles vit quant à elle, à différentes échelles d'agrégats et représente plusieurs dizaines de milliers d'individus par mètre carré (**Rossi, 2003**).

I.3.3. La microfaune

Il désigne essentiellement les nématodes et les protozoaires. Ils ont un impact très important sur les microorganismes du sol, et sur la minéralisation des nutriments (**Griffiths, 1994**).

I.3.4. La microflore

Les micro-organismes du sol représentés en nombre (plusieurs centaines de milliers dans un gramme de sol). En tant qu'ingénieur « chimique », leurs fonctions principales est de décomposer la matière organique, transformer les éléments nutritifs ou encore adsorber et fixer l'azote nécessaire à la croissance des plantes (**Griffiths, 1994**).

I.3.4.1. Les bactéries

C'est le groupe le plus considérable et le plus varié, puisque leur densité peut s'élever de dix millions à un milliard par gramme de sol. Du fait de leur petite taille, leur poids reste inférieur à une tonne par hectare de sol. Ce qui donne aux bactéries une place importante dans le sol, c'est leur exceptionnelle variabilité biochimique qui leur permet de modifier toutes les substances du sol et de les faire entrer dans le monde vivant (**KARABI, 2016**).

Ce sont des procaryotes unicellulaires de formes très diverses. Leur taille peut varier de 0,3 et 3 ppm. Leur classification était généralement basée sur des caractères phénotypiques

Chapitre I : Microbiologie du sol

incluant par exemple la morphologie des cellules (bâtonnets, cocci, bacilles...) .La structure de la paroi cellulaire (Gram positif, Gram négatif), la présence d'endospores, la mobilité des cellules et la position des flagelles (**Lavelle et Spain, 2001**), et aussi sur des groupes nutritionnels (hétérotrophes et autotrophes). Mais c'est la classification en groupe fonctionnel qui est souvent préféré, parce qu'elle donne plus d'informations (**Lavelle et Spain, 2001**). Cette classification divise les bactéries en 4 groupes selon la source d'énergie utilisée (énergie lumineuse ou des réactions redox) et la nature du donneur d'électron (organique ou minéral) : les photolithotrophes, les photoorganotrophes, les chéolithotrophes et les chémoorganotrophes.

Les bactéries forment une population très diversifiée avec une estimation de 30000 espèces dans le sol (**Hawksworth et Mound, 1991**)

Les bactéries hétérotrophes composer les types dominants dans le sol. De par leur consommation et minéralisation des matériels organiques, elles représentent la plupart des flux d'énergie à travers le sol (**Bakken, 1997**). Les bactéries interviennent dans un grand nombre de processus, et d'interactions mutualistes ou antagonistes avec les autres organismes du sol. Elles jouent un rôle fondamental dans les cycles de l'azote (ammonification, nitrification, dénitrification, fixation symbiotique du N₂), du carbone (décomposition et minéralisation), du phosphore, du soufre, et dans le recyclage des déchets et des polluants comme les pesticides (**Leung et al, 1997**). Elles interviennent également dans le maintien de la structure du sol, par la formation d'agrégats

I.3.4.2. Les actinobactéries

Ce sont des microorganismes filamenteux hétérotrophes présentant des ressemblances avec les Champignons et les Eubactéries (Fig. 2) montrent l'espèce streptomyces. De ces premiers, ils ont l'aspect filamenteux et la capacité de sécréter d'antibiotiques (**Stolp, 1988**) ; des secondes, ils ont la possibilité d'effectuer de très nombreuses réactions biochimiques. Leur nombre est d'un à cent millions par gramme de terre, et leur poids total est d'approximativement une tonne par hectare.

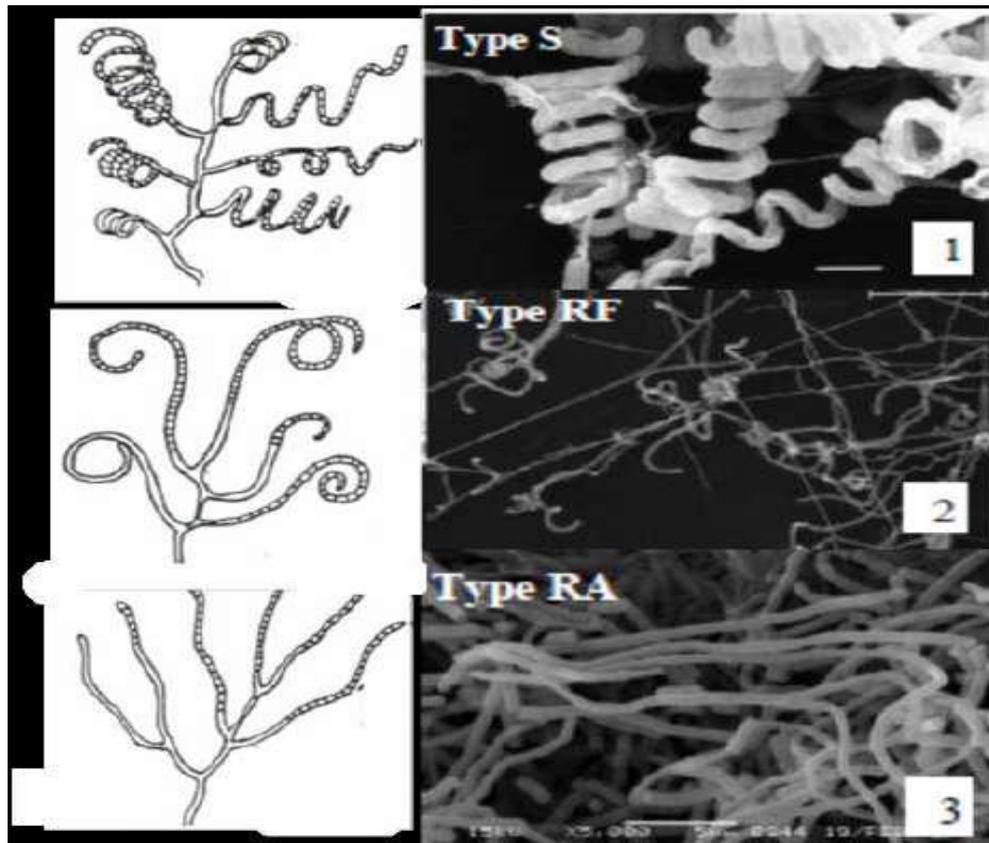


Figure N°02. Une comparaison de la micromorphologie du genre *Streptomyces* (Bergey, 1989 in Aloui, 2014). Les images sont prises au microscope électronique à balayage.

- 1- S (chaînes spiralées),
- 2- RF (chaînes en crochets ou en boucles fermées),
- 3- RA (chaînes de spores droites à flexueuse).

Les actinobactéries sont des détritivores primaires des matières végétales résistantes comme l'écorce, les feuilles et les tiges. Ils sont particulièrement efficaces dans la dégradation de la cellulose, de la chitine, et de la lignine. Les espèces du genre *Frankia* forment des symbioses fixatrices d'azote en associations avec les casuarinacées et d'autres plantes supérieures (Lavelle et Spain, 2001 ; Stolp, 1988)

I.3.4.3. Les champignons

Les Champignons du sol ou mycètes sont des levures, des Champignons supérieurs et surtout des moisissures des genres *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Mucor*, *Trichoderma*... (Fig. 3). Ils peuvent être définis comme des microorganismes hétérotrophes filamenteux et immobiles ; mais l'hétérotrophie est la règle générale, les autres critères ne sont pas absolus (Sablonnier, 2002).

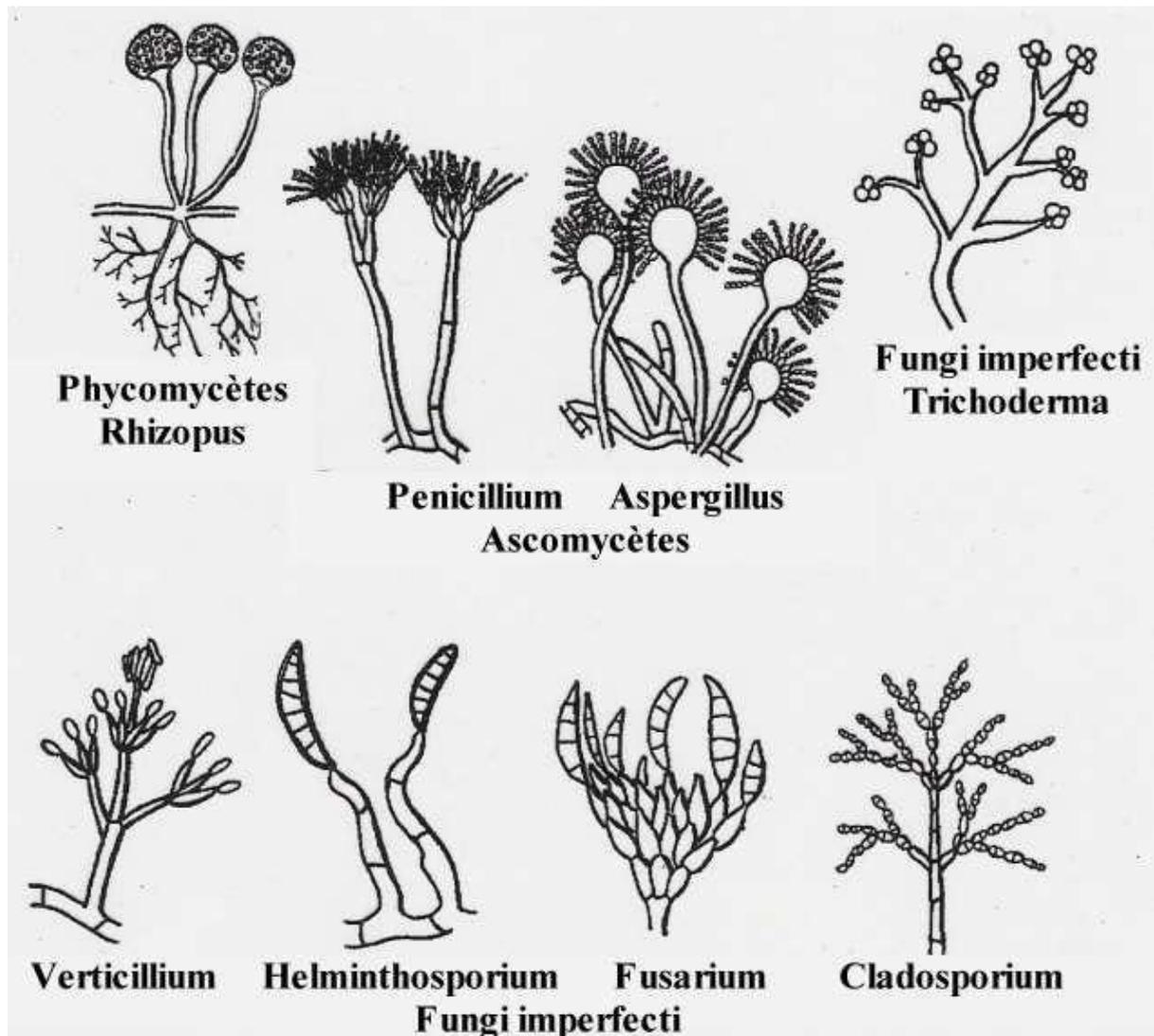


Figure N°0 3. Champignons du sol (Dommergues et Mangenot, 1970)

La plupart sont des Eumycètes, ils ont une paroi chitineuse, et leur organe reproducteur est dépourvu de fouetter. Les Eumycètes sont constitués de quatre principaux groupes qui diffèrent par la structure de leur mycélium et de leur organe reproducteur survivant dans le sol : les Zygomycètes, les Ascomycètes, les Basidiomycètes et les deutéromycètes (Lavelle et Spain, 2001). La majorité des grands groupes taxonomiques de champignons sont tous hébergés dans le sol (Thorn, 1997). Elles présentent une grande variété. Des études estiment le nombre d'espèces à 1,5 million approximativement (Hawksworth et Mound, 1991).

Les champignons sont souvent dominants dans les sols naturels en termes de biocénose (KARABI 2016). Ils jouent des rôles très importants dans les cycles des nutriments du sol (Thorn, 1997, Bloem et al. 1994) particulièrement dans la pourriture de la matière organique. Ils interviennent dans un grand nombre d'interdépendance mutualistes (mycorhizes,

Chapitre I : Microbiologie du sol

champignon termites) ; et ont une part importante dans plusieurs relations commensales et compétitives avec les autres organismes du sol. Les champignons jouent un rôle dans le recyclage des déchets, des sécrétions chimiques et excrément des racines des plantes, des animaux et des microorganismes (**De Ruiter et al, 1993**).

I.4. Pollution des sols

I.4.1. Définitions

Accumulation anormale et externe, généralement due à l'activité humaine, d'éléments ou Composés minéraux, organiques ou pathogènes dans un milieu donné dont la qualité existe touché (**Chassin., Baize., Cambier Ph. & Sterckeman, 1996.**). Toxique désigne une substance naturelle ou synthétique, minérale ou organique, exposée nocif pour les organismes vivants, qui peuvent être absorbés par les feuilles ou les racines végétaux, par inhalation, ingestion ou contact avec des animaux, il provoque des intoxications Les organismes vivants sont affectés par la perturbation d'une fonction vitale pouvant entraîner la mort (**Ramade R., 2000.**).

I.4.2. Formes de pollution

On distingue deux types de pollution des sols (**Jeannot, Lemièrre, Chiron, Augustin & Darmendrail, 2000.**)

- La pollution localisée : Elle se distingue par la présence ponctuelle dans les sols de substances dangereuses: déversements, fuites ou dépôt de déchets.
- La pollution diffuse : C'est courant des polluants à faible concentration sur de grandes surfaces, ils proviennent généralement d'épandages de produits: engrais ou pesticides, retombées atmosphériques.

Pour chacun de ces types, on distingue deux origines de pollution:

- La pollution accidentelle : Déversement ponctuel et momentané de substances polluantes.
- La pollution chronique : survenant sur de longues durées, telles que les fuites sur des conduites enterrées, les lixiviats issus de dépôts de déchets.

I.4.3. Micropolluants des sols

I.4.3. 1- Micropolluants inorganiques

C'est un groupe d'éléments ou de composés dont l'accumulation est responsable d'une pollution du sol (**Chassin P., Baize D., Cambier Ph. & Sterckeman T., 1996.**). En général, ils sont non biodégradables, accumulatifs et toxiques quand ils sont présents en grande quantité (**Boucheseiche C., Cremille E., Pelte T. & Pojer K., 2002.**). Les micropolluants minéraux métalliques et non métalliques les plus courants sont le cadmium, le chrome, le

Chapitre I : Microbiologie du sol

cuivre, le mercure, le nickel, le plomb, le sélénium, le zinc, l'arsenic, le molybdène, le cobalt, le bore et le thallium (**Mérian E., 1991.**).

Les micropolluants minéraux sont naturellement présents en concentrations généralement faibles dans le sol. Ils proviennent en grande partie de l'altération de la roche mère du sous-sol (**Jeannot, R., Lemièrre B., Chiron S. Augustin F. & Darmendrail D., 2000.**). Les activités anthropiques peuvent conduire à une augmentation de ces concentrations naturelles. L'accumulation des métaux lourds dans l'environnement est liée à leur utilisation comme matières premières pour de nombreux produits industriels ou comme catalyseurs chimiques (**Crosinier J., 1999.**). On les trouve également dans des produits tels que les pesticides ou les engrais qui sont distribués sur une large surface. Ils sont aussi apportés sous forme de déchets urbains ou industriels, solides, liquides ou gazeux (**Eshighi Malayri B., 1995.**).

I.4.3. 2- Micropolluants organiques

Ce sont en grande majorité des produits de synthèse issus de l'activité humaine (**Boucheseiche., Cremille ., Pelte. & Pojer., 2002**). Ils proviennent principalement de trois groupes d'activités industrielles (production d'énergie, métallurgie, industries chimiques...), urbains (transport, traitement des déchets,...) et agricoles (utilisation de produits phytosanitaires) (**Chu W., Kwan C. Y., Chan K. H. & Kam S. R., 2005.**).

I.4.3. 3-Polychlorobiphényles (PCB)

Ce sont des substances chlorées très stables, largement utilisées dans la production des condensateurs, transformateurs, fluides hydrauliques, lubrifiants, pesticides (**Pramanik. Williams. & Dutta ., 2004.**), encres d'imprimeries et dans les peintures (**Barriuso , Calvet Schiavon & Soulas ., 1996.**). Ils peuvent être dégradés à haute température (1200°C), leur combustion peut générer des dioxines et des furanes, des cancérogènes et des mutagènes. Les PCB sont insolubles dans l'eau (**Pramanik, Williams, & Dutta, 2004.**) et ont une forte affinité pour les matières en suspension et les lipides. Donc ça s'accumule dans l'environnement naturel et se bio accumulent fortement dans la chaîne alimentaire, par exemple dans les graisses des poissons et d'autres organismes vivants (**Boucheseiche., Cremille., Pelte T. & Pojer., 2002.**).

I.4.3. 4-Les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)

Les HAP résultent de la combustion incomplète de la matière organique. Il est peu soluble dans l'eau et est fortement absorbé par les particules organiques du sol, ce qui diminue considérablement leur biodisponibilité. Ils se bio accumulent aussi dans les graisses,

Chapitre I : Microbiologie du sol

notamment chez les poissons et les mollusques (**Boucheseiche C., Cremille E., Pelte T. & Pojer K., 2002.**).

I.4.3. 5-Les composés organiques volatils (COV)

Le terme de composés organiques volatils (COV) comprend un grand nombre de composés. Il appartient à différentes familles chimiques: alcanes, alcanes substitués, alcènes, alcools, composés aromatiques (benzène), esters, cétones. Les COV font l'objet de nombreuses utilisations en tant que solvants, dégraissants, dissolvants, conservateurs, agents de nettoyage.

Ils entrent donc, seuls ou en mélange, dans un grand nombre de procédés d'industries manufacturières utilisatrices de solvants, d'application et de fabrication de peinture, de préparation de caoutchouc, les imprimeries, les papeteries, la pharmacie, la parfumerie, les industries agro-alimentaires (**Lalanne F. 2006.**).

I.4.3. 6-Les pesticides

Couramment appelés produits phytosanitaires. Ce sont généralement des produits synthétiques qui sont volontairement introduits par l'homme dans l'environnement soit pour protéger les récoltes et les denrées stockées, soit pour protéger les différents secteurs de l'agriculture intensive, soit encore pour lutter contre les vecteurs de maladies (**Fdil. 2004.**). Actuellement le nombre de ces composés est considérable, cela les producteurs et utilisateurs les classent en fonction de leur cible biologique (**Kankou., 2004.**):

Les insecticides contre les insectes.

Les herbicides contre les mauvaises herbes.

Les fongicides contre les champignons.

Les herbicides représentent la classe économiquement et quantitativement la plus importante. De plus, les herbicides sont davantage persistants dans les sols que les insecticides et les fongicides et génèrent des produits de dégradation stables qui peuvent également présenter une activité biocide (**Jeannot, Lemièrre, Chiron, Augustin. et Darmendrail., 2000.**). Une fois dans l'environnement, les pesticides peuvent être transformés en un grand nombre de produits de dégradation, communément définis comme métabolites.

I.5. Effets des engrais minéraux sur le sol

I.5.1. Effet sur le pH et la salinité

Les engrais minéraux ont de nombreux effets sur les propriétés du sol et les micro-organismes lorsqu'ils sont dissous dans le sol.

Chapitre I : Microbiologie du sol

Le tableau 01 présente également l'effet d'une utilisation continue de différents engrais sur le pH du sol. L'effet acidifiant peut réduire la productivité des cultures dans les sols acides. Cette acidification peut améliorer la disponibilité de certains nutriments dans les sols calcaires, comme le phosphore, le fer, le manganèse et le zinc (**Lhoussaine, 2000**).

Les engrais	Teneur % (A)	Indice globale de salinité (B)	Indice partiel de salinité(C= B/A)	Effet a long terme sur le ph du sol
Ammonitrate	33,5	104,7	2,99	Modérément acide
Sulfate d'ammoniaque	21%	69,0	3,235	Fortement acide
Urée	46%	75,4	1,618	Modérément acide
Super Phosphate Triple	45%	10,1	0,224	Pas d'effet
Super Phosphate Simple	18%	7,8	0,433	Pas d'effet
Chlorure de potasse	60%	116,3	1,936	Pas d'effet
Sulfate de potasse	48	46,1	0,853	Pas d'effet

Tableau N° 01: Effets des engrais sur la salinité et sur le pH du sol (**Lhoussaine, 2000**)

I.5.2. Effet de la fertilisation minérale sur la teneur du sol en nitrates à la récolte

Grâce à des études menées au Québec dans les années 1990, ils ont découvert que la quantité restante de nitrates dans des sols cultivés en céréales se situe généralement entre 2 et 10 % de la dose appliquée. La quantité de nitrates résiduels dans le sol peut provenir aussi de la minéralisation de la matière organique du sol. D'autres études plus récentes ont clairement révélé que les nitrates résiduels varient avec la saison de croissance, le type d'engrais utilisé ainsi que la quantité de N appliquée (**Bélangier et al, 2003**).

I.5.3. Effet de la fertilisation azotée minérale sur l'émission de protoxyde d'azote (N₂O)

La sur fertilisation minérale azotée entraîne des pertes de N sous forme de N₂O, un puissant gaz à effet de serre. Les conditions climatiques (surtout la pluviométrie), le type de

Chapitre I : Microbiologie du sol

sol, la quantité et le type d'engrais utilisé constituent les principaux facteurs qui peuvent influencer ces pertes (**Bremner et al, 1981**).

***CHAPITRE II : Généralité sur les boues de
la STEP***

Chapitre II : Généralité sur les boues de la step

II -1. Définition des boues

Les boues sont définies comme un mélange d'eau et de matières solides, séparé par des procédés naturels ou artificiels des divers types d'eau qui le contiennent. Elles sont issues du traitement des eaux usées domestiques et/ou industrielles. En effet, l'eau consommée ou utilisée par l'homme à l'échelle urbain ou industrielle génère inévitablement des déchets. Les eaux usées sont collectées et envoyées vers une station d'épuration afin d'être purifiées avant leur réintroduction dans le milieu naturel. **(Chih-Huang ,W., Yi-Fong, P.2006.)**

II-2. Composition des boues résiduares

La composition exacte des boues varie en fonction de l'origine des eaux usées, de la période de l'année et du type de traitement et du conditionnement pratiqué dans la station d'épuration **(Ararem,F, 2011)**

En général, Trois sortes d'éléments sont présentes dans les boues :

- Des éléments utiles.
- Des éléments indésirables (Contaminants chimiques inorganiques et organiques).
- Des micro-organismes pathogènes.

II-2-1. Les éléments utiles

La valorisation des boues en agriculture est intéressante, tant par les quantités de matière organique qu'elles contiennent que par la présence en quantité appréciable des engrais.

Le tableau suivant donne la composition en éléments les plus communément :

Type de boue les éléments utiles	Boues compostées	Boues liquides	Boues pâteuses	Boues sèches	Boues chaulées
Teneur en matières sèches MS	40-60	2-à 6	18-22	90-95	25-40
Teneur en matière organiques %MS	80-90	65-70	65-70	50-70	30-40
Teneur en matières minérales% MS	10-20	30-35	30-50	30-50	60-70
pH	6-7	6,5-7	7-8	6-8	9-12
Rapport Carbone / azote(C / N)	15-25	4-5	5-6	4-6	8-11
Azote (Kg N/T brute)	5-9	2-4	8-12	30-50	6-10
Phosphore(kg P ₂ O ₅ /T brute)	6-8	2-3	6-9	50-70	6-10
Potassium (kg K ₂ O/T brute)	1-2	0,9	0.8	5	1
Chaux(Kg CaO/T brute)	10-30	1-3	5-15	40-60	60-90

Tableau N°02: Composition en éléments utiles des boues (Ju-Zhen, Y., Li-Ming,Z. 2008.)

II-2-2. Eléments fertilisants

En fonction de la dose appliquée, les boues peuvent couvrir, en partie ou en totalité, les besoins des cultures en azote, en phosphore, en magnésie, calcium et en soufre ou peuvent aussi corriger les carences à l'exception de celle en potassium_ (Nozet, H, 1976.et Zawlotzki, E., Guivarch, 2004)

Les boues contiennent des quantités appréciables d'éléments fertilisants :

- L'azote, de 4 à 6 % de matière sèche (MS).
- Le phosphore, de 3 à 8 % de MS.
- Potassium et Magnésium, très faibles teneurs (0.5 à 1.5 % de MS).
- Calcium de 4 à 7 % de MS. (Allinger et al, (1979).)

II-2-3. Matière organique

La concentration en matière organique peut varier de 30 à 80 %. Elle est constituée de matières particulaires éliminées par gravité dans les boues primaires, de lipides (6 à 19 % de la matière organique), de polysaccharides, de protéines et des acides aminés (jusqu'à 33% de la matière organique), de la lignine, ainsi que des produits de métabolisation et des corps microbiens résultant des traitements biologique . ([Ju-Zhen , 2008 ,1Kurbus,et Al. 1999.)

II-2-4. Contaminants chimiques inorganiques et organiques

Ces mêmes éléments traces métalliques (cuivre, le zinc, le chrome et le nickel) indispensables au développement des végétaux et des animaux peuvent se révéler toxiques à trop fortes doses (**Chang et al., 1992 ; Cripps et al., 1992**). D'autres, tels que le cadmium et plomb sont des toxiques potentiels (**Alloway, 1995; McBride, 2003**). Ainsi, un polluant peut être défini comme un élément ou un composé chimique ordinaire dont la nocivité n'apparaît qu'à partir d'une certaine concentration. Aussi, dans les boues, une multitude de polluants organiques (HAP, Phthalates , PCB, etc.) peut se trouver en concentrations en général de l'ordre de $\mu\text{g}/\text{kg MS}$ (**Lega et al., 1997; Pérez et al., 2001**).

La nature et la concentration des eaux usées en polluants organiques et inorganiques sont très dépendantes des activités raccordées au réseau. Les rejets industriels contiennent beaucoup de polluants chimiques par rapport aux rejets domestiques (utilisation de solvants, déchets de bricolage...). Du fait de la décantation lors du traitement, ces contaminants chimiques se retrouvent dans les boues à de très grandes concentrations par rapport aux eaux usées (**Klöpffer, 1996**).

II-2-5. Les micro-organismes

Les boues d'épuration contiennent des micro-organismes vivants en provenance des eaux usées et des processus de traitement, qui joue un rôle essentiel dans les procédés d'épuration. Seule, une infime partie est pathogène (virus, bactéries, protozoaires, champignons, helminthes,... etc.) il provient principalement d'excréments humains et animaux. (**Faure, C., Delmas, C., Willmann, P , 1991, Giles, et al , 1960**)

II-3. Propriétés des boues

II-3-1. Propriétés physiques des boues

Les boues d'origine primaires ou secondaire se présentent sous forme d'un liquide contenant des particules homogènes en suspension, leur volume représente de 0.05 à 0.5% du volume d'eau traité pour les boues fraîches alors qu'il est légèrement inférieur pour les boues activées et autres procédés biologiques. La floculation permet d'augmenter le volume des boues particulièrement, leur poids de 10% environ.

La couleur des boues varie entre le gris et le brun, et comme il s'agit d'un produit facile à fermenter, il sent souvent mauvais : (**Richet C, 2004**)

- La teneur en matière sèche
- La teneur en matière volatiles

Chapitre II : Généralité sur les boues de la step

- Teneur en eau
- La viscosité
- La résistance spécifique
- La charge spécifique
- La compressibilité
- Les pouvoirs calorifiques

II-3-2. Propriétés chimiques

Les boues ont des éléments bénéfiques pour les plantes, Elles sont utiles pour la croissance des plantes (N, P₂O₅, K₂O, Mg), qui sont des substances qui favorisent la croissance des plantes et qui sont d'une grande importance pour l'usage agricole. il contiennent également des éléments toxiques et nocifs (le bore, par exemple). : **(Richet C, 2004)**

On peut faire appel à d'autres propriétés tels que :

- demande chimique en Oxygène (DCO), demande biologique en Oxygène (DBO), phosphore total (PT), azote total (NTK).
- Température, pH, potentiel d'oxydoréduction (RH), conductivité
- C.H.O.N.S (Carbone, Hydrogène, Oxygène, Azote, Soufre).
- AGV, alcalinité en CaCO₃.

II-3-3. Les propriétés bactériologiques

Les analyses biologiques sont importantes pour les boues qui proviennent des eaux usées urbaines et qui seront valorisées dans la filière agricole : les excréments humains peuvent contenir des germes potentiellement pathogènes **(Zurich. 1978)**.

Les eaux usées contiennent un groupe de plantes et d'animaux qui se trouvent partiellement dans les boues. Le traitement biologique des eaux usées en modifie la composition biologique par la multiplication de certaines espèces aux dépens des autres. **(Chicouche, M.A. (2004))**

II-3-3-1. Les bactéries

Les boues contiennent de nombreux types de bactéries, dont certaines proviennent de matières fécales ainsi que de vecteurs bactériens. On peut classer les bactéries en quatre groupes :

- Aérobie strictes qui ne se développent qu'en présence d'air, elles sont nombreuses dans les boues activées.
- Aérobie facultatives qui peuvent se développer en anaérobiose par consommation de l'oxygène contenu dans la matière organique (ex aéromonas).

Chapitre II : Généralité sur les boues de la step

- Anaérobies facultatives qui peuvent supporter la présence de l'air mais ne se développent que grâce à des processus anaérobies (ex lactobacillus),
- Anaérobies strictes dont le développement ne s'effectue qu'en anaérobioses (ex clostridium).

Le traitement biologique des boues favorise le développement de certaines bactéries au détriment d'autres, et leur mise en dépôt permet aux organismes anaérobies de se développer. Les microorganismes pathogènes se retrouvent généralement dans les boues et dans les effluents, il faut donc veiller à les éliminer (**Domke,C., Royer,F. 1997-1998**).

II-3-3-2. Les parasites

On trouve de très nombreux parasites dans les boues, d'origine fécale ou tellurique, ce sont des œufs d'ascaris, de trichocéphales, d'helminthes, de ténia, de douves ou des formes enkystées de giardia ou trichomonas. Ces parasites prennent une forme végétative dans des conditions qui leur sont hostiles de leur croissance lorsqu'ils se retrouvent chez l'homme ou des animaux à sang chaud, il devient donc plus difficile de les attraper (**A.F.E.E.1976**).

II-3-3-3. Les champignons

Ce sont essentiellement les levures et les saprophytes normalement présents dans l'air, il est généralement non pathogène pour les animaux et les humains sauf pour certains qui peuvent le devenir lorsque les conditions sont défavorables en particulier opportunistic fungi, par contre, certaines moisissures sont phytopathogènes et doivent être éliminées avant l'utilisation des boues en agriculture comme par exemple le fusarium ou les démâtés (**Domke,C., Royer,F. 1997-1998**).

II-3-3-4. Les algues

On en trouve peu dans les boues primaires et secondaires par contre dans le lagunage naturel, une grande partie des boues est constituée de détritits d'algues(**A.F.E.E.1976**).

II-3-3-5. La macrofaune

Certains parasites sont des œufs, nuisibles à la santé mais on trouve dans les boues activées ou les lits bactériens de vers, des larves d'insectes, des crustacés et même parfois de petites araignées (**Viehland D, 1996**)

II-4. Utilisation agricole des boues

La valorisation agricole des boues résiduaires peut être considérée comme le mode de recyclage le plus approprié pour rééquilibrer les cycles biogéochimique (C, N, P.), pour la protection de l'environnement et d'un très grand intérêt économique. Elle vise à ménager les ressources naturelles et à éviter tout gaspillage de matière organique dû à l'incinération ou à

Chapitre II : Généralité sur les boues de la step

l'enfouissement dans les décharges (**Lambkin et al. 2004**). Les boues résiduelles peuvent ainsi remplacer ou réduire l'utilisation excessive d'engrais coûteux.

II-4-1. Epandage direct des boues résiduelles

La dispersion des boues ne peut être pratiquée que si elle respecte le principe « d'intérêt agricole » et est exempte de niveaux élevés de contaminants organiques ou inorganiques. Cependant, des problèmes et des obstacles économiques ou techniques à l'application des règles d'épandage surgissent, ceux-ci comprennent les possibilités de stockage et de transport, l'insuffisance ou l'inadéquation des techniques de stabilisation et de déshydratation. D'autre part, du point de vue d'hygiénisation, la capacité d'épuration des sols est limitée dans certaines conditions. Ainsi, l'utilisation des boues sans hygiénisation préalable constitue en quelque sorte un retour à la pratique ancestrale de l'épandage des eaux usées brutes (**Bengtsson et al, 2004**).

II-4-2. Utilisation des boues traitées

La réduction de la fermentescibilité des boues et de leur mouillage aux germes pathogènes dépend de la performance des procédés de stabilisation.

Les techniques de stabilisation chimique par la chaux ou autre, comme le nitrite à pH acide, reposent sur l'inhibition de l'activité biologique. La stabilisation par la chaux a connu un développement soutenu depuis plusieurs années en raison de son efficacité dans le contrôle des odeurs irritantes et de l'intérêt des boues calciques dans les sols acides (**ADEME, 1996 ; Dousset et al, 1999**). Cependant, la consommation de réactifs chimiques dans ce procédé peut le rendre rédhibitoire à ce coût ainsi qu'avec la nécessité de prendre des précautions en matière d'hygiène et de sécurité.

Les méthodes de stabilisation biologique sont des techniques relativement peu coûteuses dans leur mise en œuvre. Le principe général des traitements biologiques est d'exploiter certaines activités microbiennes en les stimulant de manière contrôlée pour réduire les désagréments des déchets potentiels (odeurs, nature polluée au sens large du terme) et leur valorisation sous forme d'énergie ou sous forme de matière.

La méthanothérapie ou digestion anaérobie poursuit le double objectif de récupération de l'énergie en valorisant le méthane (CH₄) et en stabilisant les déchets organiques.

Cependant, la valorisation agricole directe de la digestion est rarement pratiquée en raison de son fait face à un certain nombre de problèmes (**Gordon, 2001**). En revanche, la recherche d'un ficher.

Un rendement élevé en méthane réduit le temps de séjour au détriment d'efficacité épuratoire. La matière organique pour la digestion n'a pas de bonne propriété agricole, car ce

Chapitre II : Généralité sur les boues de la step

n'est pas un matériau humide. De plus, il existe un certain nombre de risques pour la santé (possibilité d'agents pathogènes) peuvent exister, car l'effet de nettoyage thermique (comme dans le cas du compostage) n'est pas effectué en anaérobie.

Le compostage permet de poursuivre plusieurs objectifs à la fois : Stabilisation déchets pour réduire la pollution ou les désagréments liés à son développement biologique, réduction du volume des boues due à la décomposition des composés organiques et au séchage Causé par la nature exothermique du processus et de la production à la fin de l'engrais riche Substances humiques pouvant être utilisées comme amendement organique du sol (**Komilis et al.,1999 ; Semple et al., 2001**)

***CHAPITRE III : Généralités sur la pollution
des eaux usées***

CHPITRE III : Généralité sur la pollution par les eaux usées

III-1. Définition des eaux usées

Ramade (2000) définit les eaux usées comme l'eau qui a été utilisée Les usages domestiques, industriels ou encore agricoles, qui constituent des effluents polluants et qui est déversé dans la sortie des eaux usées. Les eaux usées comprennent les eaux usées domestiques (eaux noires et eaux usées ménagers), les eaux de ruissellement et les déchets industriels (eaux usées d'usine). (**Beaumont et al., 2004**)

III -2. Origine des eaux usées

Suivant l'origine et la qualité des substances polluantes, on distingue quatre catégories d'eaux usées :

- 1- Les eaux usées industrielles ;
- 2- Les eaux de pluie et de ruissellement dans les villes ;
- 3- Le ruissellement dans les zones agricoles.
- 4- Les eaux pluviales

III -2-1. Les eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques comprennent les eaux usées domestiques (eaux de toilette, lavage et cuisson) et eaux noires (urines et matières fécales), dans ce qu'on appelle un système d'« égouts » (**Baumont et al. 2004**). Les eaux usées domestiques contiennent des minéraux et des substances biologiques. Substances minérales (chlorures, phosphates, sulfates, etc.) et matériaux composés organiques composés de composés triples, tels que les sucres et les lipides (constitués de carbone, d'oxygène et d'hydrogène, mais aussi d'azote, et dans certains cas, d'autres corps tels que le soufre, le phosphore, le fer, etc.) (**Phelan, 1974**).

III -2-2. Les eaux usées industrielles

Complètement différent des eaux usées domestiques. Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales : blanchisserie, restaurant, laboratoire d'analyses médicales, etc. La variété des eaux usées industrielles est très grande. Certains de ces eaux sont toxiques pour la flore et la faune aquatiques, ou pour l'homme. Les liquides résiduels sont des liquides consécutif des fabrications ; c'est le cas des solutions de produits chimiques, des solutions de sous-produits, c'est le cas des liquides acides provenant de la vidange des cuves de décapage des métaux (**Edline, 1979**).

Selon leur origine industrielle elles peuvent également contenir :

- des graisses (industries agroalimentaires, équarrissage)
- des hydrocarbures (raffineries)
- des métaux (traitements de surface, métallurgie)

CHPITRE III : Généralité sur la pollution par les eaux usées

- des acides, des bases et divers produits chimiques (industries chimiques divers, tanneries)
- de l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques)
- des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

III -2-3. Les eaux usées agricoles

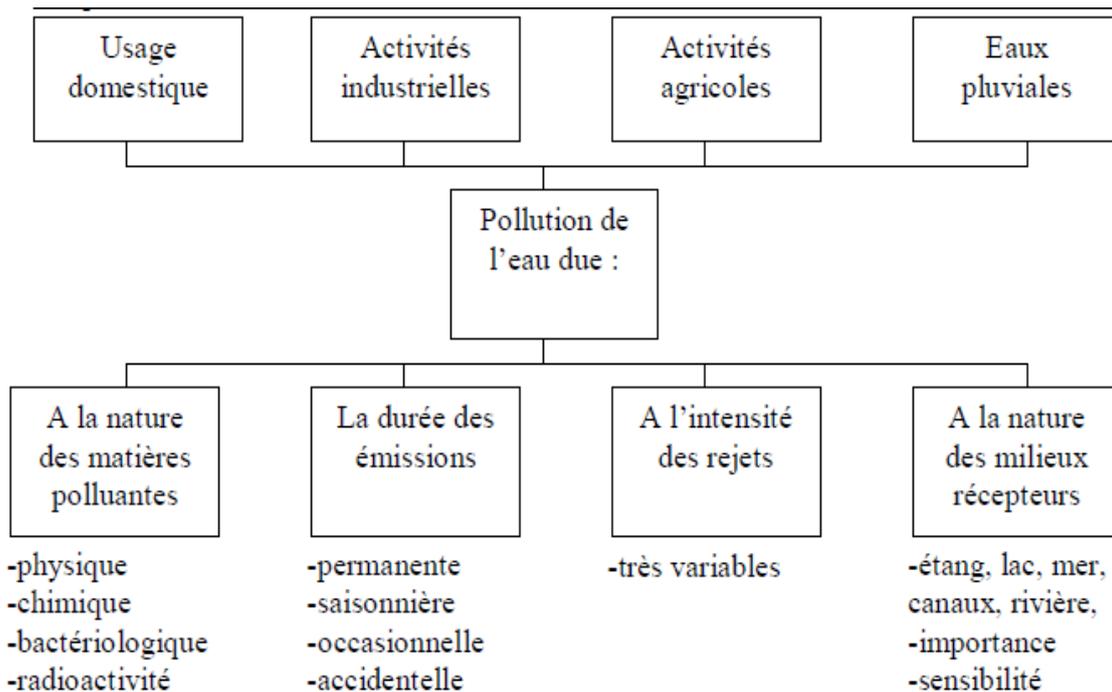
L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeable car elle apporte les engrais et les pesticides, et il contient également un pourcentage de métaux lourds. Ceux sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus spécialement pour la qualité des eaux. **(CATHERINE et, al 2008).**

Il s'agit principalement:

- Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation);
- Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides...)

III -2-4. Les eaux pluviales

Les eaux de pluie ruissellent dans les rues où sont accumulées polluants atmosphériques, poussières, détritiques, suies de combustion et hydrocarbures rejetés par les véhicules. Les eaux de pluies, collectées normalement à la fois avec les eaux usées puis déversées dans la canalisation d'assainissement et acheminées vers une station d'épuration, sont souvent drainées directement dans les rivières entraînant ainsi une pollution intense du milieu aquatique. Les principaux polluants en cause sont le SO₂, le NO et ses dérivés, les poussières **(Yao Akpo, 2006).**



(Source : Direction de l'environnement, 1990).

Figure N° 04 : Nature de la pollution des eaux

III -3. Caractéristiques des eaux usées

Ces caractéristiques peuvent être définies comme suit :

III -3-1. Les paramètres physico-chimiques

III -3-1-1. La température

La température est un facteur écologique important des milieux aqueux. Sa hauteur peut être perturbée fortement la vie aquatique (pollution thermique). Elle joue un rôle important dans la nitrification et la dénitrification biologique. La nitrification est optimale pour des températures variant de 28 à 32°C par contre, elle est fortement diminuée pour des températures de 12 à 15°C et elle s'arrête pour des températures inférieures à 5°C (Bollags JM 1973 ; Rodier et al, 2005).

III -3-1-2. Le potentiel d'Hydrogène (pH)

Le pH est un paramètre qui permet de mesurer l'acidité, l'alcalinité ou la basicité d'une eau.

III -3-1-3. La turbidité

La turbidité est inversement proportionnelle à la transparence de l'eau, elle est de loin le paramètre de contamination indiquant la présence de la matière organique ou minérale sous forme colloïdale en suspension dans les eaux usées. Elle varie suivant les matières en

CHPITRE III : Généralité sur la pollution par les eaux usées

suspension (MES) présentes dans l'eau. Une faible part de la turbidité peut être due également à la présence des matières colloïdales d'origine organiques ou minérale (**Rejsek, 2005**).

III -3-1-4. Les matières en suspension (MES)

Elles représentent, la fraction constituée par l'ensemble des particules, organiques (MVS) ou minérales (MMS), non dissoutes de la contamination. Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de contamination d'un effluent urbain ou même industriel. Elles donnent également à l'eau un aspect trouble, un mauvais goût et une mauvaise odeur. Pourtant, elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures (**Faby J, Brissaud F, 1997**)

III -3-1-4-1. Les matières volatiles en suspension (MVS)

Elles représentent la fraction organique de MES et sont obtenues par calcination de ces MES à 525°C pendant 2 heures. La différence de poids entre les MES à 105°C et les MES à 525°C donne la « perte au feu » et équivaut à la teneur en MVS en (mg/l) d'une eau. (**Rodier et al, 2005**).

III -3-1-4-2. Les matières minérales (MMS)

Elles représentent le résultat d'une évaporation totale de l'eau, c'est-à-dire son « extrait sec » constitué à la fois par les matières en suspension et les matières solubles telles que les chlorures, les phosphates, etc.

L'abondance des matières minérales en suspension dans l'eau accroît la turbidité, réduit la luminosité et par ce fait abaisse la productivité d'un cours d'eau, entraînant ainsi une chute en oxygène dissous et freinant les phénomènes photosynthétiques qui contribuent à la réaération de l'eau. Ce phénomène peut être accéléré par la présence d'une forte proportion de matières organiques consommatrices d'oxygène (**Duguet et al, 2006**).

III -3-1-5. La conductivité électrique (CE)

La conductivité est la propriété que possède une eau à favoriser le passage d'un courant électrique. Elle fournit une indication précise sur la teneur en sels dissous (salinité de l'eau). La conductivité s'exprime en micro Siemens par centimètre et elle est l'inverse de la résistivité qui s'exprime en ohm par centimètre. La mesure de la conductivité permet la minéralisation globale de l'eau. Sa mesure est utile car au-delà la valeur limite de la salinité

CHPITRE III : Généralité sur la pollution par les eaux usées

correspondant à une conductivité de 2500 $\mu\text{Sm/cm}$, la diffusion de microorganismes peut être réduite d'où une baisse du rendement épuratoire (**REJSEK, 2002**).

III -3-1-6. La demande biochimique en oxygène (DBO5)

La demande chimique en oxygène (DCO) est la mesure de la quantité d'oxygène essentiel nécessaire pour la dégradation chimique de toute la matière organique biodégradable ou non contenue dans les eaux à l'aide du bichromate de potassium à 150°C. Elle est exprimée en mg O₂/l. La valeur du rapport DCO/DBO indique le coefficient de biodégradabilité d'un effluent, il permet aussi de définir son origine (**Suschka.J et Ferreira., 1986**). Généralement la valeur de la DCO est :

DCO = 1.5 à 2 fois DBO Pour les eaux usées urbaines.

DCO = 1 à 10 fois DBO Pour tout l'ensemble des eaux résiduaires.

DCO > 2.5 fois DBO Pour les eaux usées industrielles.

La relation empirique de la matière organique (MO) en fonction de la DBO5 et la DCO est donnée par l'équation suivante :

$$\text{MO} = (2 \text{ DBO5} + \text{DCO})/3$$

III -4. Les critères de la pollution organique

Selon **Liu et al, (1997)**, la pollution organique est la plus répandue. Elle est engendrée par le déversement des eaux usées domestiques ou des eaux résiduaires provenant des industries textiles, papeteries, industries de bois, de raffineries, d'abattage et d'agroalimentaires.

Cette pollution peut être absorbée par le milieu récepteur tant que la limite d'auto épuration n'est pas atteinte. Au-delà de cette limite la respiration de divers organismes aquatiques peut être compromise au profit de la dégradation de cette matière organique.

III -5. Les déversements d'eaux usées dans le milieu naturel

Le rejet direct des eaux usées domestiques dans le milieu naturel déséquilibre le milieu en transformant les rivières en égouts à ciel ouvert. Cette pollution peut aller jusqu'à la disparition de toute vie. Il faut retirer des eaux usées un maximum de déchets, avant de les rejeter dans l'environnement, pour que leur incidence sur la qualité de l'eau, en tant que milieu naturel aquatique, soit la plus faible possible (**Chellé et al, 2005**).

Quand les eaux usées ou les eaux résiduaires industrielles ne sont pas épurées avant rejet dans le milieu naturel, l'altération de ce dernier et les déséquilibres qui s'y produisent ont non

CHPITRE III : Généralité sur la pollution par les eaux usées

seulement des effets immédiats sur les utilisations de l'eau, mais aussi des effets à long terme, parfois irréversibles dans le domaine de la vie humaine (**Vaillant, 1974**).

III -5-1. La nécessité de l'épuration

Ce qui précède établit la nécessité de l'épuration des eaux usées et des eaux résiduaires industrielles. Les caractéristiques d'une station d'épuration et le degré de traitement doivent être tels que l'effluent n'altère pas l'état du milieu récepteur dans une mesure opposée aux exigences de l'hygiène et de la salubrité publique et, d'une façon générale, avec les exigences des diverses utilisations ou activités (alimentation en eau des hommes et des animaux, utilisation agricole ou industrielles, production piscicole ou production de coquillages, navigation, baignades et autres activités sportives)

(Xanthoulis, 1993).

II-Partie expérimentale

***CHAPITRE I: Presentation et description
de la zone d'étude***

CHAPITRE I : Présentation et description de la zone d'étude

I .1.Présentation de la wilaya

I.1.1. Situation Géographique

La wilaya de Tissemsilt est située au Nord de l'équateur entre 30 et 32° de latitudes et 3° de longitude, est avec un décalage de 12 minutes par rapport au fuseau horaire universel. Il a une superficie d'environ 3151,37 km². (ANDI, 2013).

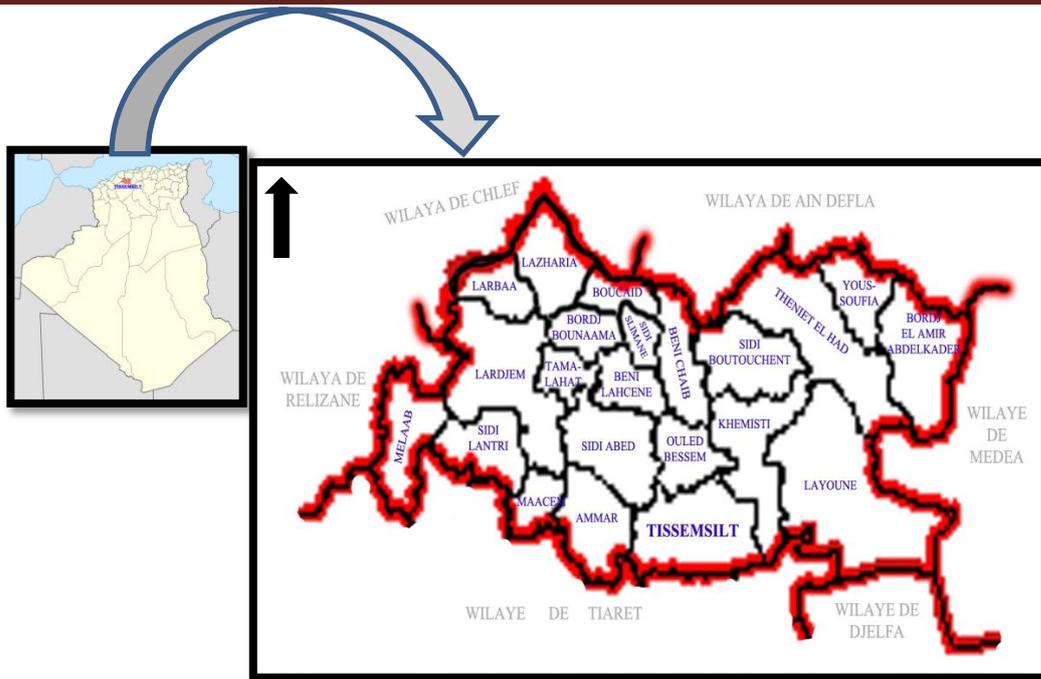
Il a des frontières avec plusieurs wilayas

- Au nord par les Wilayas de Ain Defla et Chlef.
- A l'est par la Wilaya de Médéa.
- A l'ouest par la Wilaya de Relizane.
- Au sud-ouest par la Wilaya de Tiaret.
- Au sud par la Wilaya de Djelfa.

La wilaya se situe à l'ouest du pays dans la région des hauts plateaux, dans le grand massif de l'Ouarsenis, et c'est une région à vocation exclusivement agropastorale. La capitale de la wilaya est également située à l'ouest d'Alger, à 220 km, 300 Km au Sud Est d'Oran, 119 Km au Sud-Ouest de Chlef, 60 Km à l'Est de Tiaret, 180 Km à l'Est de Relizane (DSA2020).

-Wilaya depuis : 1984

-Code wilaya : 38



FigureN°05: Situation géographique de la wilaya de TISSEMSILT (ANDI, 2013).

I.1.2. Le climat de la wilaya

La région de TISSEMSILT fait partie de l'étage bioclimatique semi-aride, particularité du climat méditerranéen, et il a un hiver froid humide et un été chaud et sec, la température moyenne hivernale est comprise entre 0 et 6 °C et celle estivale oscille entre 32 °C et 40 °C quant à la pluviosité moyenne annuelle, elle oscille entre 300 et 600mm de pluies, avec cependant un pic de 800mm enregistrée aux monts de l'Ouarsenis ou on note également la chute de neige dont la hauteur moyenne se situe dans une fourchette comprise entre 0,5 et 50 cm d'épaisseur, accompagnée parfois de verglas. (ANIREF, 2011; ANDI, 2013).

I.1.2.1. le diagramme ombrothermique

D'après le diagramme ombrothermique ci-dessous, les mois secs sont-ils : est au début de mai jusqu'à mi-septembre, (La température plus élevée que la précipitation), et la période humide du mois d'octobre jusqu'à Avril.

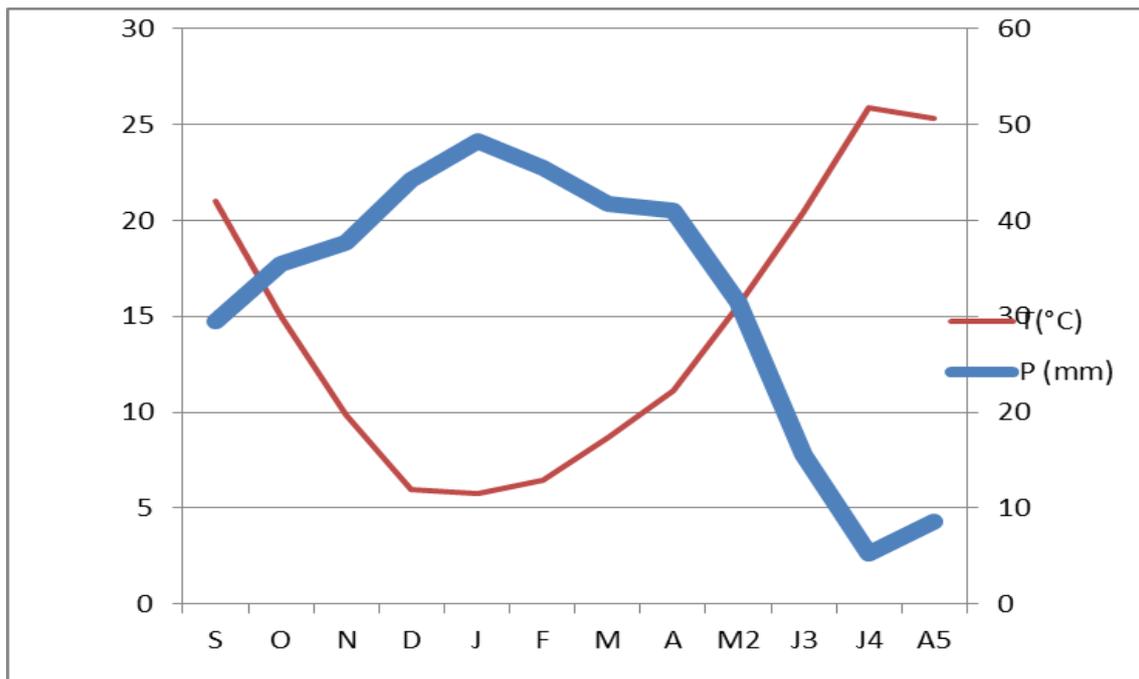


Figure N°06 : diagramme ombrothermique du commun de Tissemsilt.

I.1.2.2. La température

Juillet et août sont les mois les plus chauds de l'année, avec une température moyenne de 25,2°C. Janvier est le mois le plus froid de l'année. la température moyenne est de 5,3°C à cette période.

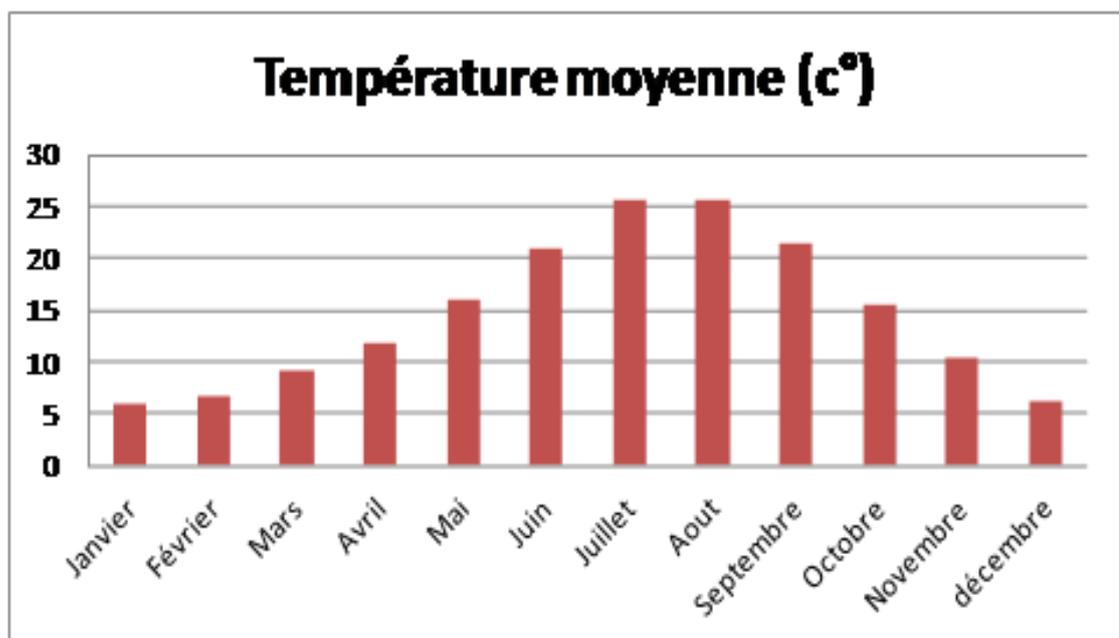


Figure N°07 : Diagramme à barres de température mensuelles de Tissemsilt (DSA, 2019).

I.1.2.3. La pluviométrie

Malgré les changements climatiques de ces dernières années la commune de Tissemsilt possède généralement une pluviométrie assez favorable comparée par rapport au reste de wilaya. Au mois de Janvier et Décembre, les précipitations sont les plus élevées (58 mm) et les précipitations sont au plus bas au mois de Juillet et Août (5 mm).

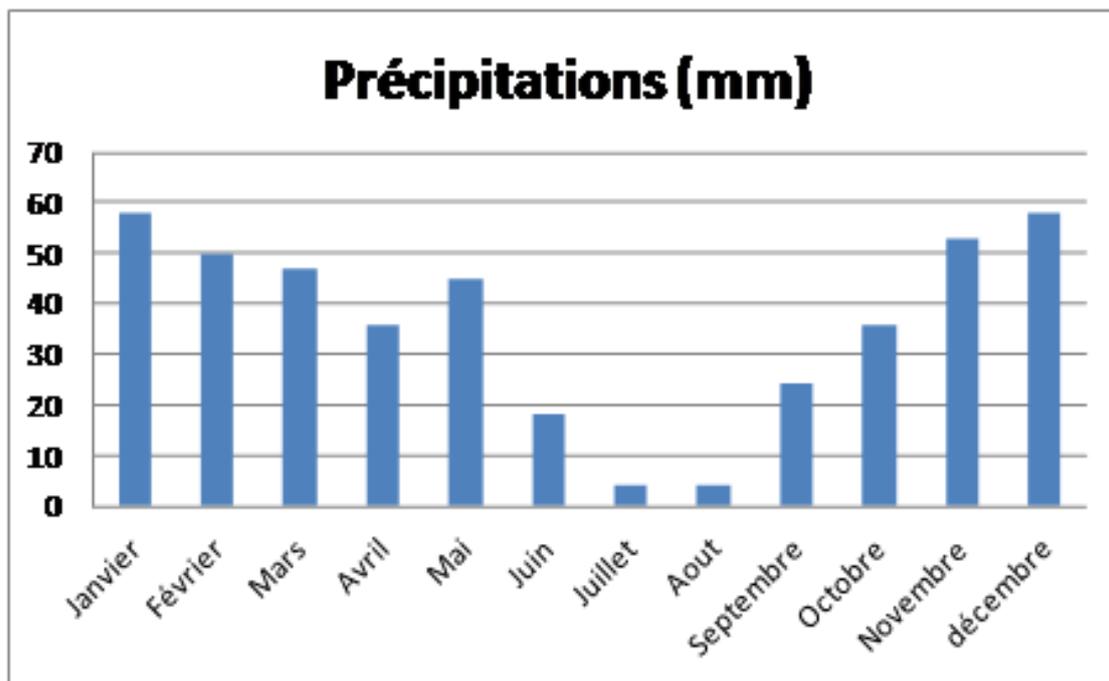


Figure N° 08 : Précipitations mensuelles de la wilaya de Tissemsilt (DSA, 2019).

I.1.3. Forêts et boisement dans la wilaya

60.714 hectares est la superficie occupée par les forêts naturelles (forêts, récoltes) à une moyenne de 19% de la superficie de la wilaya. Les principales essences existantes au niveau des massifs forestiers sont : le Pin d'Alep, le chêne vert, le cèdre, le chêne liège, le chêne zeen, le reste est constitué de maquis et de broussailles. Il y'a lieu de signaler que notre wilaya dispose d'un Parc National de Cèdres s'étendant sur une superficie de 3.423 Ha (DSA, 2020).

I.1.4. Le relief

Le relief dans la wilaya de Tissemsilt, se distingue par :

1. La zone de montagne : 44% de la surface totale

CHAPITRE I : Présentation et description de la zone d'étude

2. La zone de piémonts : 32%
3. La zone de plaines : 18%
4. Zone agro-pastorale : 06%

On retrouve sur toute la partie du nord de la wilaya un massif montagneux forestier : Djebel GHILAS (1.621m), Djebel EL MEDDAD (1.787m) et surtout KEF SIDI AMAR dont l'imposante pyramide (1.985 m). A relever que 60% du territoire de la wilaya se trouve à des altitudes comprises entre 800m et 1.200m. **(DSA, 2020)**.

I.1.5. L'agriculture

La Wilaya de Tissemsilt est à vocation l'agroforesterie, elle dispose d'une SAU de 145.465 has et d'une zone irriguée de près 2850 has sur un potentiel en sol irrigable de 15.000 has. Le secteur agricole, à travers la production de céréales, de fourrages et d'élevage, revêt une importance capitale dans la wilaya de Tissemsilt au regard de sa vocation agro-sylvicole. En effet, cette spécificité est déterminée grâce aux conditions climatiques favorables ainsi qu'à la diversité de ses terres (plaines, steppes et monts) .Depuis des années, la population de Tissemsilt a su maîtriser ce genre d'activités, aidée en cela par l'immensité de ses terres aussi bien celles irriguées que celles pastorales pour l'élevage ovin, bovin, caprin, équin ainsi que la production de viandes rouge et blanche. De vastes superficies de terres sont également exploitées pour les cultures des fruits et légumes saisonniers **(Andi, 2013)**.

CHAPITRE II : Matériels et méthodes

CHAPITRE II : Matériels et méthodes

II.1.Choix de la zone d'étude

Nous avons choisi la commune de Tissemsilt parce que c'est une région caractérisé par l'agriculture des céréales à grande échelle. Le choix s'est porté sur des parcelles cultivées en céréales et aussi programmée pour un amendement par les boues de la station d'épuration.

II-2. Travail au terrain

II-2-1.Prélèvement des échantillons

II-2-1-1. Le sol

Des prélèvements des échantillons du sol ont été réalisés à l'aide d'une tarière à une seule profondeur de 0-20 cm, un seul échantillon au minimum pour chaque site. Les échantillons sont, conservés dans des sachets en plastiques, il a été transféré au laboratoire universitaire. la figure N 09 et les photos dans la figure N 10 montrent la localisation et les points de prélèvement.

Tableau N°04: Les types de sol des échantillons

Les échantillons	Type de sol
A	sableux
B	Sableux / argileuse
C	argileuse

CHAPITRE II : Matériels et méthodes

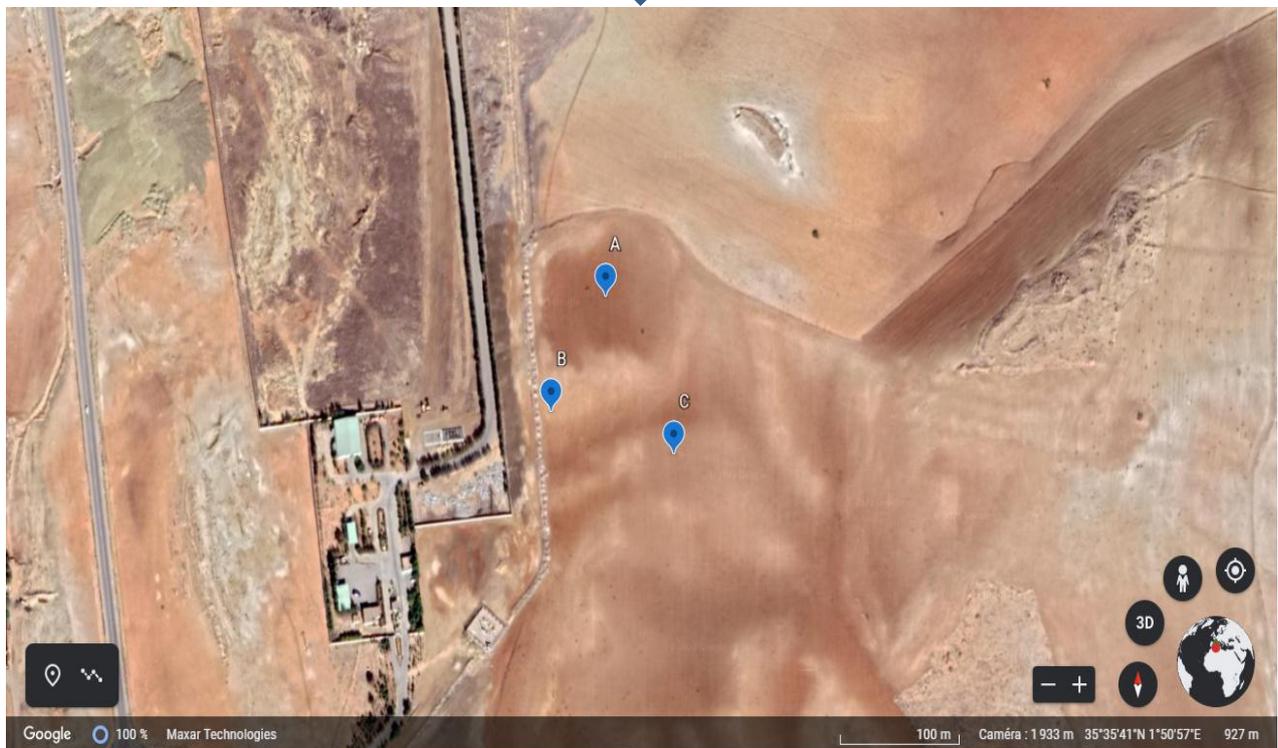


Figure N° 09: image satellite des points de prélèvement du sol le 17 /04/2021 (Google Maps)



Figure N° 10: photo des points de prélèvement du sol

II-2-1-2.L'apporte des boues

Le 17 /04/2021 Nous avons apporté 1 Kg des boues de la station d'épuration des eaux usées de Tissemsilt.



Figure N° 11: les boues de la station d'épuration des eaux usées de Tissemsilt

II-3. Travail au laboratoire

II-3-1. Préparation de milieu de culture (gélose nutritive)

- Pour préparer un milieu de culture commencer par prélevé la quantité nécessaire d'eau distillée a l'aïd un éprouvette graduée dirigez-vous ensuite à la balance pour peser la quantité nécessaire de milieu de culture en poudre.
- Mettre la poudre dans le bécher qui contient d'eaux distillés.
- En suite mettant la tige magnétique dans le bécher puis la mettons sur la plaque chauffante tourner le bouton pour activer l'agitation et le chauffage.
- Laisse jusqu'à le milieu de culture bouillir, lorsque le milieu bout, videz-le dans un flacon stérilisé et mettez-le dans l'autoclave.



Figure N° 12: milieu de culture (gélose nutritive)

II-3-2. Analyse microbiologique (sol et boue)

Pour isoler et dénombrer la microflore bactérienne s à partir des sols et des boues, nous avons utilisé la méthode de suspension –dilution (**Bouderhem, 2011**).

II-3-2-1.La dilution

II-3-2-1-1. Préparation de la solution mère

Dans un tube à essai, nous avons préparé la solution mère en mettre 1 g de sol avec 9 millilitres d'eau physiologique stérile. Cette solution est, ensuite, agitée à l'aide d'un agitateur pendant 20 minutes. De la même manière nous avons préparé la solution mère des boues.

II-3-2-1-2.Préparation des suspensions dilutions

Les préparations des suspensions-dilutions consistent à disposer sur un portoir une série des tubes stérilisés, numérotés, et contenant chacun 9 ml d'eau physiologique stérile. Pipeter 1 ml de la solution mère et le verser dans le tube 1, agiter vigoureusement, c'est la dilution 10^{-1} . Transférer 1 ml de cette dernière dans le tube 2 contenant de l'eau physiologique stérile (9ml), il s'agit de la dilution 10^{-2} , agiter vigoureusement.

CHAPITRE II : Matériels et méthodes

L'opération est répétée pour le restant des tubes en transférant 1ml de solution d'un tube à l'autre. La dilution pour la solution mère des sols jusqu'à 10^{-5} , La dilution pour la solution mère des boues jusqu'à 10^{-8} .

Les suspensions dilutions doivent être utilisées aussitôt après leurs préparations.



Figure N° 13: la dilution pour le sol



Figure N° 14: la dilution pour la boue

II-3-2-2. L'ensemencement

Pour isoler les bactéries du sol, il suffit de prendre 0,1 ml de chaque dilution et l'étaler à la surface d'un milieu de culture gélosé puis ensemer sur boîte de Pétri contenant la gélose nutritive.

CHAPITRE II : Matériels et méthodes

II-3-2-3. Incubation

Incuber pendant 24 heures à 30°C. Le dénombrement après culture concerne, évidemment les cellules viables de l'échantillon autrement dit, les cellules capables de croître. Il est basé sur l'aptitude de chaque bactérie, fixée par la solidification du milieu gélosé, à former une colonie visible à l'aide d'un compteur de colonies (Austin ,1988 *in* Boudierhem ,2011).



Figure N° 15: l'incubation des échantillons

CHAPITRE III : Résultats et discussion

CHAPITRE III : Résultat et discussion

Résultats et discussions

Le résultat d'analyse microbiologique obtenu au cours de notre expérimentation pour l'ensemble des échantillons sont représentés dans le tableau N°04.

La biomasse microbienne a été calculée avec la formule suivante a partir du nombre de colonie (UFC) enregistrée dans les boîte de pétris :

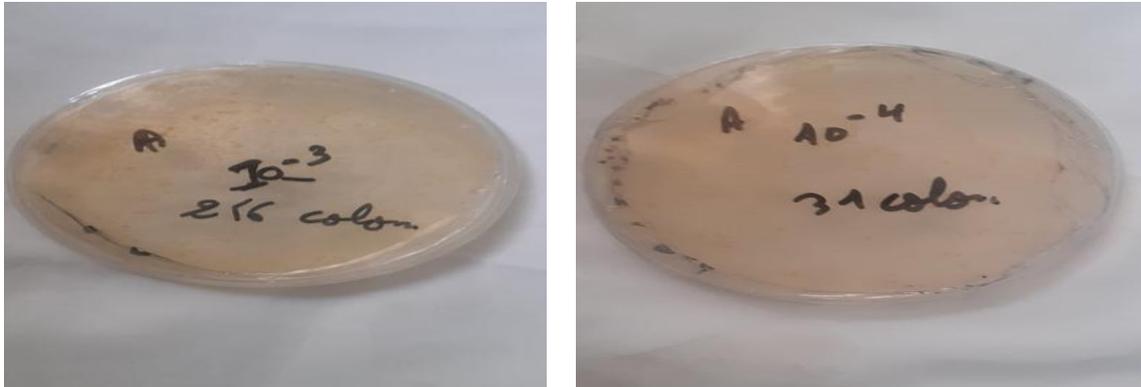
$$\text{La biomasse microbienne (ufc/ml)} = \frac{\text{nombre d'UFC comptées}}{\text{volume d'inoculum déposé}} \times \text{facteur de dilution}$$

Tableau N°04: La biomasse microbienne de chaque échantillon

échantillons	la biomasse ufc/ml
A	2,83×10 ⁶
B	1.63×10 ⁷
C	3.34 ×10 ⁶
Boues	3.3×10 ¹⁰

1-Première site prélèvement

La **Figure N° 16** : ci-dessous représente les résultats des analyses microbiologiques de premier site de prélèvement sol qui caractérisé par une texture sableux



A

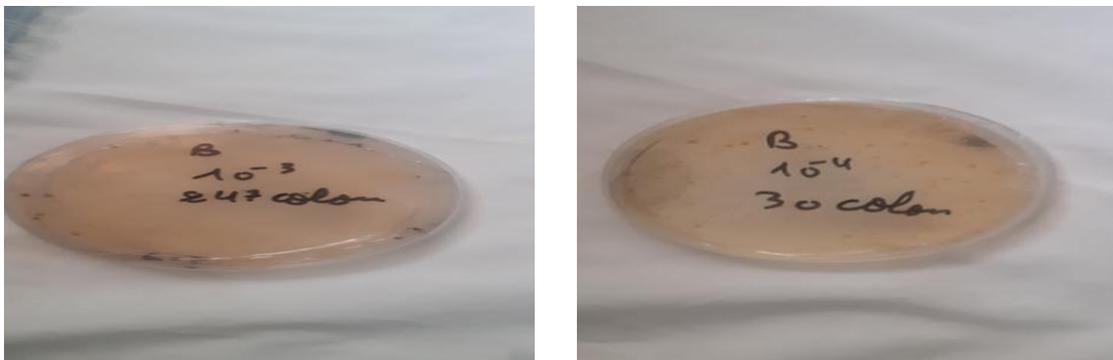
B

Figure N° 16 : Résultats de l'incubation du premier prélèvement

D'après la figure N°16 nous remarquons une croissance considérable estimée à $2,56 \cdot 10^6$ ufc/ml pour la dilution 10^{-3} alors que la dilution 10^{-4} on a enregistré $3,1 \cdot 10^6$ UFC/ml ce qui fait une moyenne de $2,83 \cdot 10^6$ ufc/ml. La quantité des microorganismes est très faible dans cet échantillon à cause de plusieurs facteurs parmi lesquelles la texture du sol qui est de nature sableuse et aussi le taux de la matière organique qui est très faible.

2-Deuxième site de prélèvement

La figure N°17 suivante ci-dessous représente les résultats des analyses microbiologiques de deuxièmes sites de prélèvement qui sont caractérisés par une texture limoneuse-sableuse.



A

B

Figure N° 17 : Résultats de l'incubation du deuxième prélèvement

CHAPITRE III : Résultat et discussion

Pour le deuxième site les résultats obtenus était très proche par rapport au premier site avec $2,47 \times 10^6$ ufc/ml pour la dilution 10^{-3} et 3×10^7 ufc/ml pour la dilution 10^{-4} Et un moyenne de 1.63×10^7 ufc/ml. Il est à noter que les deux échantillons précédentes présentant des caractéristique visuel similaire de points de vie couleur et texture ce qui justifier la convergence des résultats obtenus

3-Troisièmes site de prélèvement

La figure N°18 ci-dessous représente résultats les analyses microbiologique troisièmes site de prélèvement

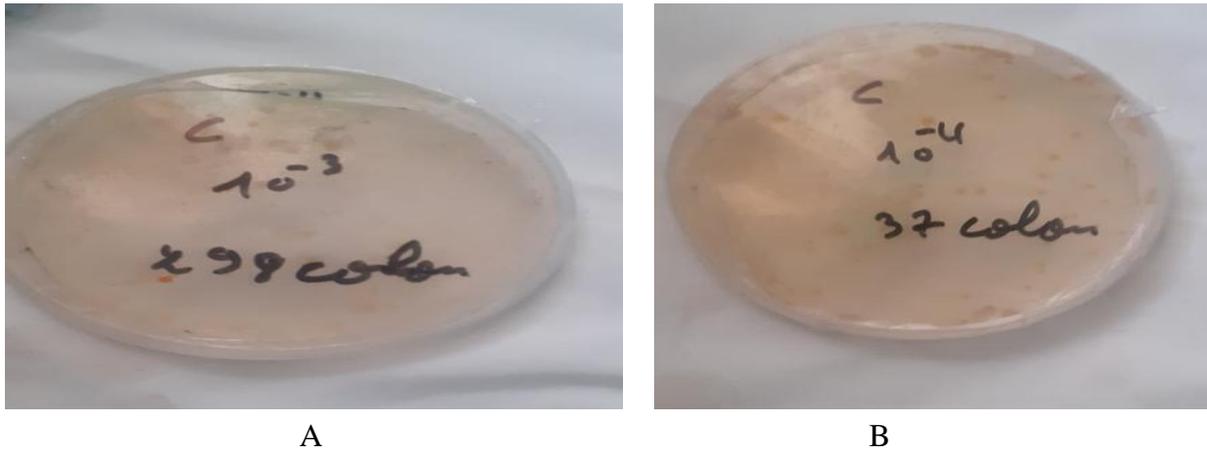


Figure N° 18 : Résultats de l'incubation du troisième prélèvement

Comme si présent dans la figure 18 les résultats des 3 e sites était supérieur des deux premiers sites avec 2.98×10^6 ufc/ml pour la dilution 10^{-3} . Alor que pour la dilution 10^{-4} on a enregistré 3.7×10^6 ufc/ml ce qui fait une moyenne de 3.34×10^6 ufc/ml. Ce qui traduit que le sol de ce site est différent de points de vu La couleur des échantillons de ce site sont plus noir avec une texture différente et le taux de la matière organique.

4-Quatrième échantillon la boue.

La figure N°19 ci-dessous représente résultats les analyses microbiologique du quatrième échantillon (la boue de la station d'épuration).

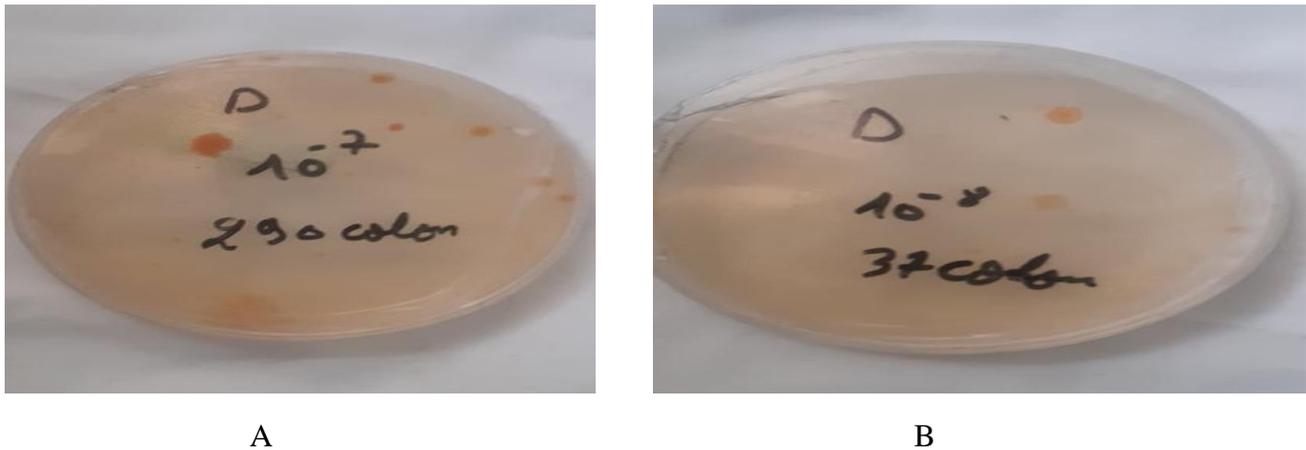


Figure N° 19: Résultats de l'incubation des échantillons de la boue

D'après la figure N°19, l'échantillon contient un grand nombre de bactéries avec 2.9×10^{10} ufc/ml à dilution 10^{-7} et 3.7×10^{10} à dilution 10^{-8} avec un taux 3.3×10^{10} ufc/ml.

Par Comparaison entre les échantillons de sol et la boue nous remarquons une présence très importante du microorganisme dû à la présence considérable des matières organiques dans la boue qui dépasse ceux des sols.

La concentration en matière organique peut varier de 30 à 80 %. Elle est constituée de matières particulaires éliminées par gravité dans les boues primaires, de lipides (6 à 19 % de la matière organique), de polysaccharides, de protéines et des acides aminés (jusqu'à 33% de la matière organique), de la lignine, ainsi que des produits de métabolisation et des corps microbiens résultant des traitements biologique . (Ju-Zhen, 2008 ,Kurbus, et Al. 1999.)

Conclusion générale

Conclusion

Conclusion générale

Les stations d'épuration constituent une méthode pour le traitement des eaux usées de différents sorts (urbaine, industriel ou agricole), qui conduit à la protection de notre environnement contre la pollution par les eaux usées. Parmi les produits de station d'épuration l'eau traitée et les boues et dont l'objet de valoriser c'est produits.

L'utilisation des boues comme un composte dans le cadre du compostage des terres agricoles à cause de sa richesse en matière organique et aux nutriments essentiels à la croissance des végétations, mais parfois considérée comme une source de pollution de point de vue de leur teneur des polluants comme les métaux lourds et des microorganismes pathogènes. Dans notre étude, nous avons effectué des analyses microbiologiques des sols agricoles dans une zone céréalière de la wilaya de Tissemsilt et des boues. Et ceci, dans le but d'avoir étudié la fertilisation des boues sur le sol afin de dénombrer les microorganismes du sol et de la boue.

Les résultats obtenus de ces analyses montrent que : Les résultats de la quantification de la biomasse microbiens des différents échantillons (sol et boues), montrent que la quantité de microorganismes varie considérablement d'un échantillon à un autre, le maximum, est enregistré dans les boues par rapport aux différents types des sols.

Nous n'avons pas trouvé une quantité de la biomasse microbienne estimée à un moyen de $2,83 \cdot 10^6$ ufc/ml pour le premier site qui est caractérisé par un type de sol qui est de nature sableux. Les résultats obtenus pour les boues montrent une forte quantité de biomasse estimée à un taux de $3,3 \times 10^{10}$ ufc/ml.

Références bibliographiques

Alexander, M., 1994. Biodegradation and Bioremediation. Academic Press, New York (USA). 1, 10–19, 17.. 25. (France), 279-292.

Eshghi Malayri B., 1995. Décontamination des sols contenant des métaux lourds à l'aide de plantes et de microorganismes. Thèse de Doctorat. Université de Nancy1 (France). 283. 336 p.

A ; RIOU G ; Simon P, (2006). Réglementation et traitement des eaux destinées à la A, 938, 1-2, 57-65.

A.F.E.E. (1976). Stabilisation non biologique des boues fraîches d'origine urbaine.

ADEME, 16 octobre 2012. Bioindicateurs pour la caractérisation des sols. Journée technique nationale – Paris 7eme, Recueil des interventions + fiches outils

ADEME, 1996. La valeur azotée des boues résiduaire des stations d'épuration urbaines,

Allinger et al, (1979). Chimie organique : T1, T2, T3, Edition McGraw Hill.,

Alloway, A. 1995. Heavy metals in soils. Edition blackie academic professional, 368 p.

Almendros, G., Guadalix M.E., Gonzalez-Vila F.J., Martin F., 1996. Préservation of aliphatic and Environment. 51,129-143.

ANDI. (2013): Agence National De Développement Et Investissement, Année 1979.

Année2006 Anthropogenic chemicals in sewage sludge. Chemosphere, 33, 1067-1081.

Ararem,F . (2011). Synthèse et caractérisation de biopolymères Application au piégeage de colorant, thèse de magister université d'Oran Es-Senia.

Bakken L. R., 1997. Culturable and nonculturable bacteria in soil. In: Van Elsas J. D, Trevors J. T. & Wellington E. M. H. (eds) Modern soil microbiology. Marcel Dekker, INC. NewYork. 4761.

Bardgett R.D. & Griffiths B.S., 1997. Ecology and Biology of soil Protozoa, Nematodes, and Micro arthropods. In: Van Elsas J. D, Trevors J. T. & Wellington E. M. H. (eds) Modern soil microbiology. Marcel Dekker, INC. New York. 129-163.

Barriuso E., Calvet R., Schiavon M & Soulas G., 1996. Les pesticides et les polluants organiques des sols. Transformation et dissipation. Forum le sol, un patrimoine menacé? Paris

Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconi A. (2004)., Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p.

Référence bibliographique

- Ben Hassine H., Aloui T., Gallali T., Bouzid T., El Amri S. et Ben Haseen R., 2008.** Evaluation quantitative et rôles de la matière organique dans les sols cultivés en zone subhumides et semi-arides méditerranéennes de la Tunisie. *Agrosolutions*. 19(2), 4-17.
- Bernard, L., Chapuis-Lardy, L., Razafimbelo, T., Razafindrakoto, M., Pablo, A.L., Legname, E., Poulain, J., Bruls, T., O'Donohue, M., Brauman, A., Chotte, J.L., Blanchart, E., 2012.** Endogeic earthworms shape bacterial functional communities and affect organic matter mineralization in a tropical soil. *ISME journal*, 6(1):213-222
- bioassay. *Chemosphere*, 45, 705-712.
- biodétection et la bioremédiation des sols pollués par les hydrocarbures. Mémoire de Magister, microbiologie appliquée, université kasdi Merbah-Ouargla, 91p.
- Bloem, J., Lebbink, G., Zwart, K. B., Bouwman, L. A., Burges, S., Devos, J. A. et De Ruiter, Boucheseiche C., Cremille E., Pelte T. & Pojer K., 2002.** Pollution toxique et éco toxicologique : notions de base. Guide technique N°7. Agence de l'Eau Rhône Méditerranée et Corse, Montpellier (France).
- Bouderhem, A. (2011).** Utilisation des souches bactériennes telluriques autochtones dans la
- BREMNER, J.M., BREITENBECK, G.A. ET J.M.BLACKMER. (1981) :** Soil microbiological and biochemical properties affected by plant growth and different long-term fertilisation. *European Journal Of Soil Biology*. 42: 1-12.
- Catalon J-C. (2017).** <https://www.latribune.fr/economie/international/la-population-mondiale-frolera-les-10-milliards-d-habitants-en-2050-741261.html>. Accessed 2 June 2017.
- CATHERINE B ET ALAIN H ET JEAN-M,** Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, convention de partenariat.
- Chassin P., Baize D., Cambier Ph. & Sterckeman T., 1996.** Les éléments traces métalliques et la qualité des sols : impact à moyen et à long terme. Forum « le sol un patrimoine menacé ? ». Paris (France), 297-303.
- Chellé F., Dellale M., Dewachter M., Mapakou F., Vermey L. (2005).** L'épuration des eaux : pourquoi et comment épurer Office international de l'eau, 15 pages *Chemosphere*, 34, 1705-1712
- Chicouche, M.A. (2004).** Influence de l'ajout pozzolnique (argile cuite) sur les caractéristiques physico-chimiques des ciments. Thèse de magister, Université de Med Boudiaf Mslia.
- Chih-Huang, W., Yi-Fong, P. (2006).** Adsorption of a cationic dye (méthylène blue) onto spent activated clay, *Journal of Hazardous Materials* 144, 355-36

Référence bibliographique

- Chu W., Kwan C. Y., Chan K. H. & Kam S. R., 2005.** Kinetics modeling and reaction pathway of 2, 4-dichlorophenol transformation by photo-fenton-like oxydation. *Journal of Hazardous Materials*, 121: 119-126.
- Chun, H., Yizhong, W. (1999).** *Chemosphere* 39 2107 collections. In Hawksworth D. L. (ed.) *The biodiversity of microorganisms and invertebrates: its role in sustainable agriculture*. CAB International. Wallington, UK. 17-29. consommation humaine. 1ère édition. ASTEE (Association Scientifique et Technique pour
- Crosnier J., 1999.** Devenir de la pollution métallique drainée par les eaux pluviales, influence du compartiment microbien et des alternances de dessiccation/réhumectation sur le transfert du zinc dans la zone non saturée du sol. Thèse de Doctorat. Université de Claude Bernard – Lyon I (France).
- Dagadi ., 2011.** Cours D'agriculture Durable, G2 Isdr/GI
- De Ruiter P.C., Van Veen J. A., Moore J. c., Brussaard L. et Hunt H. W.,1993.** Calculation of nitrogen mineralization in soil food webs. *Plant and soil* 157,263-273.
- De S., Pramanik S. K., Williams A. L. & Dutta S. K., 2004.** Toxicity of polychlorobiphenyls and its Bioremediation. *International Journal of Human Genetics*, 4 (4): 281-290
- Domke,C., Royer,F. (1997-1998).**Le traitement des boues de step.ISFATES.p1,2.
- Dommergues Y. et Mangenot F., 1970.** *Ecologie microbienne du sol* [Microbial ecology of
- Duchaufour P., 1994.** *Pédologie : Sol, Végétation, Environnement*. Masson Editeur 120, Boulevard Saint Germain 72380 Paris Cedex 06.
- Duguet J-P ; Bernazeau F ; Cleret D ; Gaid A ; Laplanche A ; Moles J, Montiel** Edition. Dunod, Paris (2005). Edline F. (1979)., *L'épuration biologique des eaux résiduaires*. Ed. CEBEDOC, Paris, 306p. Environnement G2, 16 p.
- FABY J, BRISSAUD F, (1997).** L''utilisation des eaux usées épurées en irrigation.
- Faure, C., Delmas, C., Willmann, P.(1991).** *Power sources*.36.497,.
- Fdil F. 2004.** Etude de la biodégradation des herbicides chlorophenoxy alcanoniques par des procédés photochimiques et électrochimiques, applications environnementales. Thèse de Doctorat. Université de Marne-La-Vallée (France).
- Frontier S. et Pichod-Viale, D.,1995.** *Ecosystemes. Structure, fonctionnement, évolution*. 2^{ème} édition. Masson, Paris. 447p.

Référence bibliographique

Giles, C.H., Mac Ewan, T.H., Nakhwa,S.N., Smith, D., Chem, J. (1960).Soc. London, 3973,.

-Girard, M.C., Walter C., Remy J.C., Berthelin J., Morel J.L., 2008. Sols et environnement 2e cycle - Cours, exercices et études de cas - Master, écoles d'ingénieurs, professionnels. Sciences sup. Dunod édition. ISBN: 2100055208. 816 pp

Gobat J., Arango M., Mathey W., 2003.Le sol vivant, base de pédologie, biologie des sols, 568 p.

Gourdon, R., 2001. Traitement biologique des déchets, Techniques de l'Ingénieur, traité

Griffiths B. S., 1994. Microbial-feeding nematodes and protozoa in soil: their effects on microbial activity and nitrogen mineralisation in decomposition hotspots and the rhizosphere. Plant and Soil 164, 25-33.

Hawksworth D.L. et Mound,1991. Biodiversity databases: the crucial significance of hydrocarbons in sewage sludge and their contribution to its toxicity in the ToxAlert ®100 hydrocarbons in sewage sludge from wastewater treatment plants. Journal of Chromatography

Ibrahim Mirsal A., 2004. Soil Pollution. Origine, Monitoring And Remédiation. Springer Verlag Berlin Heidelberg.

Jeannot, R., Lemièrè B., Chiron S. Augustin F. & Darmendrail D., 2000. Guide méthodologique pour l'analyse des sols pollués. Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement. France.

Jones, C .G., Lawton, J.H., Shachak, M., 1994. Organisms as ecosystem engineers, Oikos 69 (1994) 373–386.

Ju-Zhen ,Y., Li-Ming,Z. (2008). Removal of methylene blue dye from aqueous solution by adsorption onto sodium humate/polyacrylamide/clay hybrid hydrogels, Bioresource Technology 99, 2182–2186

Kankou Mohamed Ould Sid Ahmed., 2004. Vulnérabilité des eaux et des sols de la rive droite du fleuve Sénégal en Mautitanie-Etude en laboratoire du comportement de deux pesticides. Thèse Doctorat. Université de Limoges (France).

Klöpffer, W., 1996. Environmental hazard assessment of chemicals and products. Part V.

Komilis, D.P., Ham, R.K., Stegmann, R., 1999. The effect of municipal solid waste

Kurbus, T., Slokar, Y.m., Le Marchal, A.M. (2002). The study of the effect of the variables (l'environnement).

Référence bibliographique

Lalanne F. 2006. Etude des potentialités du lavage biologique pour le traitement d'un mélange complexe de composés volatils. Thèse de Doctorat. L'université de Pau et des Pays de l'Adour (France).

Lambkin, D., Nortcliff, S., White, T., 2004. The importance of precision in sampling sludges, biowastes and treated soils in a regulatory framework *Trends in Analytical Chemistry*, 23, 10- 11.

Lavelle P. et Spain, A. V., 2001. *Soil Ecology*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands. 65 p.

Lavelle P. et Spain, A. V., 2001. *Soil Ecology*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands. 65 p.

Lavelle, P., Decaens, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., Margerie, P., Mora, P., Rossi, J.P., 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. ICSZ - Soil Animals and Ecosystems Services, Proceedings of the XIVth International Colloquium on Soil Biology. *European Journal of Soil Biology*, 42:3-15

Lega, R., Ladwig, G., Meresz, O, Clement, R.E., Crawford, G., Salemi, R., Jones, Y., 1997. Quantitative determination of organic priority pollutants in sewage sludge by GC/MS.

Leung K.T, Errampalli, D., Cassidy M., Lee H., Hall B., Trevors J. T, Okamura H. et Bach, H.J., 1997. A case study of bioremediation of polluted soil: biodegradation and toxicity of chlorophenols in soil. In: Van Eisas J. D, Trevors J. T & Wellington E. M. H. (eds) *Modern soil microbiology*. Marcel Dekker, INC. New York. 577-605

LEUR biodiversity working group, June 2010. Challenges for biodiversity research in Europe, advice paper. League of European research universities, 18 pp.

LHOUSSAIN M. (2000) : Les engrais minéraux caractéristiques et utilisations, bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA, N° 72, p.p.1-4.1287-1293. BÈLANGER, G., N. Z IADI, J.R. WALSH

Liu F ; MITCHELL C.C ; ODOM J.W, HILL D.T ; ROCHESTER E.W, (1997). macromolecules in soil humins. *Org. Geochem.* 24, 6/7, 651-659. Dousset, S., Morel, J.L., Wiart, J. 1999. Influence du chaulage sur la biodisponibilité des ETM incorporés au sol lors de l'épandage de boues de traitement. *Etudes et gestion des sols.* 6, 2, 105-114.

McBride, M.B., 2003. Toxic metals in sewage sludge-amended soils: has promotion of beneficial use discounted the risks?. *Advances in Environmental Research*, 8, 5-19.

Référence bibliographique

Mérian E., 1991. Metals and their compounds in the environment: occurrence, analysis and biological relevance. Wiley-VCH, Weinheim (Allemagne).

Mokhtar KARABI 2016 THESE DOCTORAT : FONCTIONNEMENT MICROBIOLOGIQUE DES SOLS OASIENS. CAS DE QUELQUES SOLS DE LA REGION D'OUARGLA p 7 p 13 p16

Mustin M., 1987. Le Compost, Gestion De La Matière Organique. Editions François Dubusc, Paris.

Nahmani, J., & Rossi, J.P., 2003. Soil macroinvertebrates as indicators of pollution by heavy metals. C.R. Acad. Sci. – Sci. Vie, 326: 295-303.

nitrogen and phosphorus. Agronomy Journal, 89 900-904.

Nozet ,H.(1976).Textiles chimiques et fibres modernes, Edition Eyrolles, Paris.,page 237.

on H₂O₂/UV decoloration of vinylsulphone dye, part II, Dyes Pigments, Vol 54, 67 – 68,.

ONEMA-Crémage Domaine : Ecotechnologies et pollutions Action : 28, Réutilisation deseaux traitées, Année 2008.Collection Degré mont, ISBN 2-9503984-0-5, 1989, 1459 p.

P.C., 1994. Dynamics of microorganisms, microbivores and nitrogen mineralization in Paris, 689p.

Pérez, S., Farré, M., Garcia, M.J., Barceló, D., 2001. Occurrence of polycyclic aromatic

Pérez, S., Guillamón , M., Barceló, D., 2001. Quantitative analysis of polycyclic aromatic

Plamondon A., 2009. Bassins Versants Et Erosion : Application En Forêt Tropicale Humide, Notes De Cours, 3ème Graduat Foresterie, Faculté De Foresterie, De Géomatique Et De Géographie, Université Laval, Québec, 287p

pretreatment on landfill behavior: a literature review. Waste Management and Research, 17

Ramade R., 2000. Dictionnaire encyclopédique des pollutions. Ediscience international. Paris (France), 58-365

REJESK, F, (2005), « Analyse des eaux ; aspects réglementaires et techniques » ; centre régional de documentaires techniques pédagogique d'aquitaine. Research, 20, 2, 137-144, (1986)

Richet ,C., Galle, C.,Bescop ,P., Peycelon,A., Bejaoui, S., Toventa,I ., Pointeau, I ;L'hostis,V ., Lovera , P. (2004) .Synthèse des connaissances sur le comportement à long terme des bétons application au colis cimentes » ;Rapport CEA-R-6050,commissariat à l'énergie atomique.

Rodier J. L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 8ème

Référence bibliographique

Sablonnière, B., 2002. Biologie microbienne [Microbial biology]. pp. 157-202.

Simple, K.T., Reid, B.J., Fermor, T.R., 2001. Impact of composting strategies on the treatment of soils contaminated with organic pollutants. *Environmental Pollution*, 112, 269-301]. Masson and Cie editors, Paris, 796 p.

Soltner D., 1992. Les Bases De La Production Végétale. Tome 1 : Le Sol. Collection Sciences Et Techniques Agricoles, 19^è Edition, Sainte Gemmes Sur Loire.

Stolp, H., 1988. Microbial Ecology: organisms, habitats, activities: Cambridge University Press. New York. 308 p.

SUSCHKA J, FERREIRA E. Activated sludge respirometric measurements. Water Swine lagoon effluent disposal by overland flow: effects on forage production and uptake of

Thorn G., 1997. The fungi in soil. In: Van Elsas J.D, Wellington EMH, Trevors ST (Eds. *Modern Soil Microbiology*, New York Marcel Dekker. 63-127.

Vaillant J.R. (1974), Perfectionnement et nouveautés pour l'épuration des eaux résiduaires : eaux usées urbaines et eaux résiduaires industrielles. Ed. Eyrolles. Paris, 413p.

Viehland ,D.(1996). Mesostructure of calcium silicate hydrate (CSH) gels in portland cement paste : shortrange ordering, Nanocrystallinity, and local compositional order. *J.am.Ceram.Soc* .79: p.1731-1744.

winterwheat fields under conventional and integrated management. *Agriculture, Ecosystems*

Xanthoulis D. (1993), Valorisation agronomique des eaux usées des industries agro-alimentaires. *Tribune de l'eau* n° :563/3. Ed. CEBEDOC, pp: 27-32.

YAO AKPO, Evaluation de la pollution des eaux usées domestiques collectées et traitées a la station d'épuration de Cambèrent (Dakar), Université Cheik hanta Diop de Dakar

Zawlotzki, E., Guivarch,(2004). Traitement des polluants organiques en milieu aqueux par procédé électrochimique d'oxydation avancée « Electro-Fenton ». Application à la minéralogie des colorants synthétiques, Thèse de doctorat en Chimie, Université de Marnec-La-Vallé, France,.

Zurich .(1978). Liant minéraux. Société Suisse des Ingénieurs et Architect. Norme SIA 215.

Résumé

La fertilisation est le processus consistant à apporter à un milieu de culture, les éléments nécessaires au développement de la plante et l'entretien ou l'amélioration de la vie du sol. Notre travail a pour objectif la caractérisation microbiologique des boues de la station d'épuration des eaux usées de Tissemsilt, et l'étude de ses effets sur le sol.

Les résultats obtenus montrent que l'utilisation des boues peut jouer un rôle très important dans cet objectif vu sa richesse en matière organique et le nombre important des micro-organismes qu'elle contient (3.3×10^{10} ufc/ml.) par rapport au sol (de $2,83 \times 10^6$ ufc/ml à $1,63 \times 10^7$ ufc/ml).

On pense que ce travail doit être complété par une analyse détaillée des boues afin de déterminer sa composition, et faire des essais sur différentes cultures avec différentes proportions afin de déterminer sa concentration optimale.

Mot clé : Les boues de step, Fertilisation, Micro-organisme, La commune de Tissemsilt

ملخص

الإخصاب هو عملية توفير وسط نمو بالعناصر اللازمة لتطوير النبات وصيانة أو تحسين عمر التربة. يهدف عملنا إلى التوصيف الميكروبيولوجي للحمأة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي في تيسمسيلت ، ودراسة آثارها على التربة.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن استخدام الحمأة يمكن أن يلعب دورًا مهمًا للغاية في هذا الهدف نظرًا لغناه بالمواد العضوية والعدد الكبير من الكائنات الحية الدقيقة التي تحتوي عليها (3.3×10^{10} ufc / ml) مقارنة بالتربة. (من 2.83×10^6 ufc / ml إلى 1.63×10^7 ufc / ml). يُعتقد أن هذا العمل يجب أن يُستكمل بتحليل مفصل للحمأة من أجل تحديد تركيبها ، وإجراء اختبارات على زراعات مختلفة بنسب مختلفة من أجل تحديد تركيزها الأمثل.

الكلمة المفتاحية: الحمأة من محطة معالجة مياه الصرف الصحي ، التسميد ، الكائنات الحية الدقيقة ، بلدية تيسمسيلت

Abstract

Fertilization is the process of providing a growing medium with the elements necessary for the development of the plant and the maintenance or improvement of the life of the soil. Our work aims at the microbiological characterization of sludge from the Tissemsilt wastewater treatment plant, and the study of its effects on the soil.

The results obtained show that the use of sludge can play a very important role in this objective given its richness in organic matter and the large number of microorganisms it contains (3.3×10^{10} cfu / ml.) Compared to the soil. (From 2.83×10^6 cfu / ml to 1.63×10^7 cfu / ml).

It is believed that this work should be supplemented by a detailed analysis of the sludge in order to determine its composition, and to carry out tests on various cultures with various proportions in order to determine its optimal concentration.

Keyword: Sludge from wastewater treatment plant, Fertilization, Micro-organism, the municipality of Tissemsilt