

Remerciements

Je voudrais tout d'abord remercier le bon DIEU qui m'a donné la force, le courage et la volonté pour compléter ce modeste travail.

Mes remerciements vont également à mes très chers parents qui ont le droit de recevoir mes chaleureux remerciements pour le courage et le sacrifice qu'ils ont consentis pendant la durée de mes études en leurs souhaitant une longue vie pleine de joie et de santé.

Une grande part de mes remerciements est destinée à mon promoteur Dr. AOUABED Ali , à qui j'exprime toute ma reconnaissance et ma gratitude, tout d'abord d'avoir accepté de m'encadrer en me donnant ainsi la chance de travailler auprès d'un professeur de talent et d'une grande compétence, ensuite de m'avoir apporté son aide qui m'a été très précieuse, notamment sa manière d'expliquer en simplifiant tout ce qui apparaît difficile et dure à comprendre. Je le remercie aussi de son amabilité, de sa grande disponibilité, et pour avoir eu la gentillesse de me conserver sa confiance.

Mes remerciement s'adressent aussi aux membres du jury qui mon fait l'honneur de juger ce travail

Enfin, Je tiens à remercier tous les professeurs également tous le personnel administratif et les techniciens du département de chimie industrielle qui m'ont guidée tout au long de ces 5 années

ملخص:

لفترة طويلة كانت بقايا حيوانات المزرعة هي المصدر الرئيسي للأسمدة والأكثر استخداما من قبل المزارعين لأنها تمد كل من التربة والنباتات من المواد العضوية والمواد المغذية اللازمة. في الآونة الأخيرة وأصبح العديد من الباحثين في جميع أنحاء العالم مهتمين في استخدام حمأة الصرف الصحي كبديل للسماد العضوي. في الجزائر البحث في هذا المجال لا تزال قليل جدا على الرغم من العجز في توفير الكمية اللازمة من السماد الحيواني و أيضا فقر التربة من المواد العضوية. استخدام حمأة الصرف الصحي في الزراعة تكاد تكون غير موجودة, قمنا في هذا العمل بمقارنة آثار السماد الحيواني وحمأة الصرف الصحي في بعض خصائص التربة وإنتاجية المحاصيل (الذرة العلفية).

الكلمات المفتاحية : حمأة مياه الصرف الصحي, الأوحال, الذرة العلفية, تعديل, السماد الحيواني.

Résumé:

Pendant très longtemps, le fumier de ferme a été l'amendement le plus utilisé par les agriculteurs, car il apporté la matière organique et les éléments fertilisants nécessaires au sol et aux plants.

Récemment, plusieurs chercheurs de part le monde, se sont intéressés à l'utilisation des boues résiduaires comme amendement organique alternatif. En Algérie, les recherches dans ce domaine restent rares en dépit d'un déficit en fumier de ferme et de la pauvreté des sols en matière organique. L'utilisation du compost urbain et des boues résiduaires en agriculture est presque inexistante dans le travail présent ici, nous avons essayé de comparer les effets du fumier de ferme et des boues résiduaires sur certaine caractéristique de sol et sur le rendement des cultures (sorgho fourrager).

Mots clés : Boues résiduaires, boues, station d'épuration, sorgho fourrager, amendement, fumier de ferme.

Abstract :

For centuries, farm manure has been the agricultural by product that supplies organic matter and nutrients to the soil.

On recent years a lot of research (particulary in the USA and in Europe) has been done on urban waste and sludge as a soil amendment; On Algeria, very little research has been done in this field. The use of sludge in commercial agriculture is still rare. In the present work, we tried to study the comparative effect of farm manure and sludge on some characterizations of soil and crop (sorghum) production.

Key words: sewage sludge, mud, wastewater treatment plant, forage sorghum, amendment, farm manure.

Sommaire

Abréviation

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des photos

INTRODUCTION GENERALE

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Introduction

CHAPITRE I: Utilisations des amendements organiques en agricultures

Généralités	1
I. Les amendements organiques traditionnels	1
1. . Amendements organiques d'origine animale.....	1
A. Le Fumier	1
B. Le lisier	3
C. Le purin	3
2. . Amendements organiques d'origine végétale	3
A. La paille	3
B. La tourbe	4
C. Les engrais verts	5
3. . Autres amendements	7
A. Le compost	7
B. Les boues résiduaires.....	8
II. Les types des boues.....	8
III. Caractéristiques des boues.....	9
IV. Utilisation des boues.....	10
V. Origine et composition des boues résiduaires.....	10
A. Origine des boues résiduaires.....	11
B. Composition des boues résiduaires.....	11
C. Matière organique	11
D. Eléments fertilisants et amendements.....	11
VI. Contaminants chimiques inorganiques et organiques.....	12
A. Les micro-organismes pathogènes	12
B. Valorisation des boues résiduaires en agricultures.....	12
VII. Valeur agronomiques des boues résiduaires	14
a) La valeur fertilisante	14
b) .La valeur amendante	15
VIII. Effets de l'apport des boues sur le sol.....	16
1. Conséquences sur la fertilité physique du sol.....	16

Sommaire

2. Conséquence sur la fertilité chimique du sol	17
3. .Conséquences sur la fertilité biologique du sol	18
1 Effets positifs de l'apport des boues résiduaires sur les cultures	18
2 Méthode de Bailenger modifiée.....	20
i) Choix de la méthode et comparaison avec d'autres.....	20
2) Avantages et 'inconvenients.....	21
3) La méthode a en revanche certains inconvenients:.....	21

Partie expérimentale

Chapitre II : Présentation de la STEP de Beni-Messous

I.1 Présentation de l'environnement de la STEP de Beni-Messous	22
I.1.1 Localisation géographique	22
I.1.2. Situation climatologique de la région	22
a) Température de l'air.....	22
b) le vent.....	22
c) l'insolation	23
d) l'évaporation	23
I.1 .3. Le bassin versant	23
I.1 .4. Capacité de traitement.....	23
I.2.Présentation de la station d'épuration de Beni- Messous.....	23
I.2.1 Ouvrages du traitement des eaux et des boues.....	27
1) Prétraitement mécanique constitué de :	27
2) Décantation primaire constituée de :	27
3) Traitement biologique constitué de :	27
4) Décantation secondaire et pompage des boues en excès constitués : ...	28
5) Epaissement et stabilisation des boues constitués de :	28
6) Stabilisation des boues constituée de :	28
7) Déshydratation de boues constituée de :	28
I.2.2. Procédé de fonctionnement de la station d'épuration	28
I. 2.2.1 Filière eau	28
I. 2.2.1.1 Déversoir d'orage	28
I.2.3.1.2 Dégrillage grossier	28
I. 2.2.1.3 Dégrillage fin	29
I. 2.2.1.4 Dessablage déshuilage	29

Sommaire

I. 2.2.1.5 Décantation primaire et pompage des boues primaires	29
I. 2.3.1.6 Bassin d'aération	29
I. 2.2.1.7 Décantation secondaire et pompage des boues activées	30
I. 2.2.1.8 Station d'eau épurée	30
I.2.3. Filière boue	30
I.2.3.1 Epaississement	30
I.2.3.2 Bassin de stabilisation des boues	31
I.2.3.3 Déshydratation mécanique des boues	32

Chapitre III : Matérielle et méthode

I. Caractérisation des boues déshydratées.....	33
II. Matériels	34
III. Méthode	34
1. Echantillonnage.....	34
2. Equipement et produits consommables.....	34
VI. Mode opératoire détaillé illustré.....	35

Chapitre VI : Résultats et discussions

Introduction

I. Site expérimental.....	37
II. Résultats de dénombrement des œufs d'helminthes dans les boues résiduaire.	37
III. Mise en place de l'expérimentation.....	38
IV. Discussion des résultats.....	42
Conclusion.....	43

Liste des figures et des tableaux

LISTE DES ILLUSTRATION GRAPHIQUE ET TABLEAUX

Figure I : Schéma spatiale de la STEP de Beni-Messous.....	24
Figure I 1 : filtres à bande.....	32
Figure II 2 : L'homogénéisation de l'échantillon peut se faire à l'aide d'un agitateur vibrant, type vortex,.....	35
Figure II 3 : Après rejet du surnageant, seul subsiste le culot de centrifugation.....	36
Figure II 4 : Le culot, de 1 ml dans cet exemple, est remis en suspension dans 5 fois son volume de solution de zinc.....	36
Figure II 5 : Remplissage d'une lame McMaster, en évitant la formation du bulles d'air.....	36
Figure II 6 : Lame McMaster du nouveau modèle: un volume de 0,15 ml est emprisonné sous l'unique micromètre,.....	37
Figure III 2 : représente le nombre des œufs d'helminthes en fonction de la température	41
Figure III 3 : montre pots en plastiques de la réalisation la culture de piment	43
Figure III 4 : pressante la culture de piment après 3joure (boue traités).....	43
Figure III 5 : pressante la culture de piment après 3joure (boue nom traités).....	44
Figure III 6 : nom montre la culture après 7 jours.....	44
Figure III 7 : montre la taille des plantes après 8 jours de plantation.....	45

Liste des tableaux

Tableau I 1: Liste des plantes utilisées comme engrais verts.....	6
Tableau I 2: Exemples de composition moyenne en matière organique et éléments fertilisants de 3 t ms/ha de déchets épandus en agriculture	14
Tableau III.1 : Débit à l'entrée de la STEP de Beni-Messous (document du Ministère des Ressources en Eau).....	25
Tableau III.2 : Charges polluantes de la STEP de Beni-Messous (document du Ministère des Ressources en Eau).....	26
Tableau III.3 : Qualité de l'effluent rejeté par la STEP de Beni-Messous (Document du Ministère des Ressources en Eau).....	27
Tableau III.4 : Dimensions de l'épaisseur de la STEP de Beni-Messous (Document du Ministère des Ressources en Eau).....	31
Tableau V : Le tableau suivant présente les caractérisations chimiques des boues..	33

Liste des figures et des tableaux

Tableau VI : reprisant le nombre des œufs d'helminthes dans la boue résiduaires traités pare la température.....	41
--	----

Conclusion générale

Les boues résiduaire de la STEP de Beni-Messous peuvent être valorisées, étant donné que leurs caractéristiques physico-chimiques leur confèrent un potentiel d'utilisation comme amendement organique, riches en éléments fertilisants et en matière organique. Les métaux lourds qui contiennent ces boues sont largement inférieurs aux normes AFNOR, et ne présentent donc aucun risque de toxicité.

Les résultats obtenus, notamment les rendements des cultures restent au stade expérimental, et doivent être confirmés à une échelle plus grande. Pour s'assurer l'objectif de recyclage des boues en agriculture.

Donc les boues peuvent, en quelque sorte, avoir un rôle écologique, qui se résume dans l'amélioration de la texture du sol et de sa fertilité, et économique du fait que ces boues résiduaire ne sont pas coûteuses comparées aux engrais et aux autres amendements organiques traditionnels.

Ce double rôle doit nous pousser à élargir notre champ d'action en rapportant ces résultats obtenus au laboratoire à leur application sur le terrain.

Les boues de la station d'épuration peuvent fournir une fraction appréciable de matière organique dont le sol a besoin.

La gestion de la matière organique du sol et celle de l'azote sont au cœur des défis pour l'agriculteur.

La fourniture d'éléments minéraux par la décomposition de la matière organique est un facteur important pour la production végétale.

Conclusion générale

Le rapport C/N est toujours inférieur à 20 donc le risque de blocage de l'azote n'est pas à craindre.

Selon certaines études, il est recommandé d'utiliser ces boues en mélange avec le fumier de ferme ou le compost urbain qui apportent particulièrement la cellulose et la lignine indispensables à la formation de l'humus.

Néanmoins l'utilisation de ce mélange sur le sol serait très avantageuse, car elle permet de préserver la fragilité écologique des sols et la reconstitution du complexe argilo-humique indispensable à la fertilité du sol.

L'utilisation des boues résiduaires en agriculture peut constituer une manière économique et élégante d'éliminer ces sous-produits de l'épuration des eaux usées.

Pg

remerciment

resume

listedes figure

nomoclature

sommaire

l'introduction

les chapitre

conclusion

reference

lanexxe

Généralités

L'amendement est l'apport d'un produit fertilisant ou d'un matériau destiné à améliorer la qualité des sols (en termes de structure, d'acidité, fertilité etc.).

Il peut s'agir soit d'amendements basiques, qui agissent sur les qualités physiques et chimiques des sols (par exemple sur le pH) en établissant un milieu plus propice au développement d'une culture, soit d'amendements organiques, qui agissent également sur la vie microbienne du sol. Les amendements contiennent aussi souvent des quantités non négligeables d'éléments nutritifs et sont parfois assimilés à des engrais.

I. Les amendements organiques traditionnels

1. . Amendements organiques d'origine animale

La majorité des amendements organiques d'origine animale se trouve dans les matières fécales des mammifères herbivores et des volailles ou dans des matériaux végétaux (souvent de la paille) utilisés comme litière pour les animaux et qui sont alors très mélangés à leurs matières fécales et à leurs urines.

On n'emploie pas le fumier dès sa sortie de l'étable, de la bergerie ou de l'écurie : ce fumier frais risquerait d'endommager les plantes en « brûlant » les racines, en particulier à cause de l'urine. Il doit être composté pendant au moins 6 mois, dans une fumière, dans de bonnes conditions avant d'être épandu sur les cultures.

Les fumiers de cheval (crottin riche en cellulose) ou d'ovins sont des « fumiers chauds » plutôt adaptés aux terres argileuses. On les étale et on attend, on dit qu'ils « chauffent le sol » ou qu'ils constituent des « couches chaudes ».

Les fumiers de porc et de bovins (lisier et bouses riches en azote) sont des « fumiers froids » adaptés aux sols siliceux et calcaires. Ils se dégradent lentement (25 % en année 1 et 50 % en année 2 puis effet résiduel long pendant plusieurs années). Les apports doivent se faire en automne-hiver pour le printemps suivant.

Les fientes et les fumiers de volailles sont d'excellents fertilisants à action rapide. Ils peuvent être mis en même temps que les semis ou plantations. Leur faible quantité nécessaire (3 tonnes/ha suffisent) permet d'éviter une surconcentration de matière organique problématique. En effet, toutes les matières organiques en dégradation ont des effets plus ou moins allélopathiques qui se traduisent par des effets anti-germination (principalement) et /ou des inhibitions de croissance.

Partie bibliographié

A. Le Fumier

Le fumier est une matière organique issue des déjections (excréments et urine) d'animaux mélangées à de la litière (paille, fougère, etc.) Qui, après transformation (compostage), est utilisée comme fertilisant en agriculture. Convenablement employés, les fumiers contribuent à maintenir la fertilité et à enrichir la terre par l'apport de matières organiques et de nutriments, et notamment d'azote.

Les espèces (insectes, champignons) se nourrissant et transformant le fumier sont dites fimicoles ou coprophages.

Utilisation de fumier

Le fumier est utilisé depuis des siècles comme produit fertilisant dans l'agriculture, du fait de sa richesse en azote et autres nutriments facilitant la croissance des végétaux.

Le fumier liquide (produit par les porcs) est souvent directement injecté sous le sol afin de réduire les odeurs nuisibles. Le fumier provenant des cochons et des bovins est épandu sur les champs à l'aide d'un épandeur. À cause du niveau relativement faible de protéines contenues dans les plantes mangées par les herbivores (le crottin d'éléphant est presque inodore), l'odeur du fumier bovin est plus douce que celle du fumier produit par les carnivores. Dans les régions agricoles, de par la quantité de fumier utilisée dans les champs, les odeurs peuvent ne pas être acceptées par certaines personnes et a contrario, en laisser d'autres indifférentes.

Les fientes des volailles sont nuisibles aux plantes lorsqu'elles sont fraîches mais, après une période de fermentation, ce sont des engrais de valeur.

Le fumier séché d'animaux est également utilisé comme combustible. En France, cet usage est devenu très minoritaire. Celui de vache, en particulier, fut, et demeure aujourd'hui encore un combustible important dans des pays comme l'Inde, parfois supplanté par le fumier séché de chameau dans certaines régions désertiques.

Sur la piste de l'Oregon(USA), les familles pionnières collectèrent de grandes quantités de fumier de bison suite à la pénurie de bois à brûler. On utilisa alors le fumier de diverses manières, non seulement comme combustible pour la cuisine, mais aussi afin de combattre les froides nuits du désert.

Un des autres usages du fumier est la production de papier, qui fut effectuée à partir de bouse d'éléphant, mais aussi de cheval ou de kangourous, dans de petites industries en Asie et en Australie.

B. Le lisier

C'est un mélange de déjections animales solides et liquides, d'eau et d'un peu de paille ou d'autres déchets d'aliments grossiers.

La composition du lissier est variable, selon l'espèce animale. Cependant si le lissier est seulement un mélange de déjections est d'eau, il se compte comme un engrais organique.

C. Le purin

C'est un mélange de déjection liquide, et d'eau de lavage de l'étable; Il est considéré surtout comme un engrais très dilué réserve surtout pour les prairies, Ainsi sa composition est très variable ; Il est relativement riche en potassium, mais de très faible teneur en acide phosphorique.

2. Amendements organiques d'origine végétale

A. La paille

La paille est la partie de la tige de certaines graminées, dites céréales à paille (blé, orge, avoine, seigle, riz), coupée lors de la moisson.

La partie de la tige, de faible hauteur, qui reste au sol s'appelle le chaume (en botanique, on appelle « chaume » la tige des graminées).

Les entre-nœuds peuvent chez certaines espèces ou variétés résorber leur moelle à maturité. On a alors, selon le cas :

- Des pailles creuses : orge, avoine;
- Des pailles plus ou moins creuses : blé d'hiver (caractère variétal);
- Des pailles pleines, lorsque la moelle est persistante : blé dur, maïs, sorgho.

Utilisation de la paille

Une fois récoltée, la paille peut avoir plusieurs types d'utilisations :

Amendement : Elle peut aussi être enfouie dans le sol, ce qui évite les opérations de récolte et de transport, relativement coûteuses, surtout dans les régions céréalières sans élevage (comme le bassin parisien), et permet d'apporter au sol une quantité importante de matière organique, et ainsi l'enrichir en humus. Dans ce cas, on procède généralement de façon superficielle, souvent à l'aide de charrue à disque, ou déchaumeuse, pour accélérer la décomposition de la paille, avant le labour d'automne.

Partie bibliographié

Brûlis : Dans certains cas, elle sera brûlée sur place.

Lorsque la paille est exportée hors de l'exploitation agricole, il faut veiller d'une manière ou d'une autre à restituer au sol la matière organique ou les éléments correspondants : apports de fumier, de fertilisants organiques ou minéraux.

B. La tourbe

La tourbe est une matière combustible en général noirâtre formée à la suite de l'accumulation sur de longues périodes de temps de matière organique morte, essentiellement des végétaux, dans un milieu saturé en eau. La tourbe forme la majeure partie des sols d'une tourbière.

La tourbe se définit comme le produit de la fossilisation de débris végétaux (dits « turfigènes », comme diverses espèces de sphaignes par exemple) par des microorganismes (bactéries, arthropodes, champignons, microfaune) dans des milieux humides et pauvres en oxygène - que l'on appelle tourbières - sur un intervalle de temps variant de 1 000 à 7 000 ans. Si, à cause de son enfouissement, la tourbe est soumise à des conditions particulières de pression et de température, elle se transforme, au bout d'une période de l'ordre du million d'années, en charbon. La tourbe peut ainsi être considérée comme une étape intermédiaire à la formation de charbon. Habituellement, on classe la tourbe en trois grandes catégories selon le type de végétaux supérieurs dont elle est issue :

1. La tourbe blonde provient de la transformation des sphaignes. Elle est riche en fibre de cellulose et en carbone. Sa texture est dite fibrique. Ses autres traits essentiels sont sa faible densité, sa forte teneur en eau et sa pauvre teneur en cendre minérale car souvent jeune (3 000-4 000 ans).

2. La tourbe brune provient de la transformation de débris végétaux ligneux (arbres divers) et d'éricacées. Elle est composée de fibres mélangées à des éléments plus fins, provenant d'une dégradation plus poussée des végétaux, lui donnant une texture mésique. Elle est plus âgée (5 000 ans) que la précédente.

3. La tourbe noire provient de la transformation des cypéracées. Elle est riche en particules minérales et organiques fines. Il y a moins de carbone et plus de cendres. La texture est le plus souvent saphique, c'est-à-dire que la tourbe est plastique et moins fibreuse. Visuellement, la tourbe noire se distingue facilement de la tourbe blonde par sa couleur foncée. Une tourbe blonde très ancienne tend à se rapprocher, par certains caractères de la tourbe noire (10 000-12 000 ans).

En pédologie, on distingue deux types de tourbe :

Partie bibliographié

- La tourbe calcique qui se forme dans les bas-fonds constamment saturés d'eau sur un substrat calcaire, l'alimentation en eau provenant d'une nappe d'eau alimentée en permanence. Le ph est neutre (ou légèrement alcalin) et le rapport C/N inférieur à 30.

- La tourbe acide (oligotrophe) qui se forme dans les cuvettes où s'accumulent les eaux pauvres en calcium (d'origine atmosphérique). Le ph est acide (entre 4 et 5) et le rapport C/N est de l'ordre de 40.

Utilisation de la tourbe

La tourbe fait l'objet d'une exploitation industrielle pour être utilisée en horticulture et en agriculture. Cette exploitation, quand elle est menée à grande échelle, conduit à la destruction irrémédiable de la tourbière. L'Irlande notamment est connue pour l'exploitation de ses tourbières.

En horticulture, la tourbe est utilisée pour sa forte rétention en eau, ce qui convient particulièrement bien aux semis. On trouve également dans le commerce des pots constitués de tourbe compressée, ce qui permet d'éviter le stress du rempotage pour les plantules. La tourbe étant un combustible fossile, ce n'est pas un produit renouvelable et son exploitation tend à l'épuisement des ressources. Des solutions de remplacement viables à long terme existent comme le compost de débris organiques, la terre noire de Brière ou la fibre de bois pulvérisée. La vermiculite est également parfois utilisée comme substitut. Il existe des végétaux spécifiques des milieux acides qui apprécient la tourbe ou la terre dite « de bruyère » : ce sont, entre autres, les rhododendrons, azalées, bruyères, magnolias...

La forte accumulation en matière organique dans le sol donne lieu à une baisse importante en teneur en minéraux. Ainsi les plantes de la tourbière doivent être adaptées à cette pénurie de minéraux. C'est notamment le cas pour les plantes carnivores qui puisent leur matière minérale dans les insectes qu'elles capturent comme les droséras.

C. Les engrais verts

Semés après la dernière récolte, les engrais verts sont des plantes cultivées sur des parcelles vides et destinées à être enfouies dans le sol afin d'améliorer ses propriétés physiques et de l'enrichir en humus.

Certains engrais verts comme les légumineuses enrichissant les sols en azote.

Un engrais vert en lieu et place d'un sol laissé nu l'hiver permet également de limiter le ruissellement sur la parcelle et donc de lutter contre l'érosion.

On entend généralement par engrais verts, des cultures qui servent à protéger les sols agricoles et à en améliorer la productivité. Il s'agit en général de cultures non commerciales et rarement récoltées. L'engrais vert peut être utilisé comme:

Partie bibliographié

1) une culture que l'on incorpore au sol pour accroître la teneur en matières organiques, stimuler l'activité biologique et améliorer les caractéristiques physiques du sol;

2) une culture qui sert à protéger le sol contre l'érosion éolienne et hydrique;

3) un moyen de recycler les éléments nutritifs présents, mais difficiles d'accès pour les cultures commerciales;

4) une façon de capter et conserver les éléments nutritifs qui pourraient être perdus par lessivage;

5) un moyen de briser les cycles vitaux des organismes qui causent des maladies, des insectes ravageurs et des mauvaises herbes;

6) un fourrage supplémentaire pour le bétail ou une source d'aliments supplémentaire aux pollinisateurs (abeilles domestiques et mégachiles) et aux autres insectes bénéfiques.

Il est souvent difficile d'attribuer une valeur monétaire aux engrais verts dû à la nature même des avantages qu'ils offrent et au fait qu'ils ont des effets à court et long termes.

Finalement, l'insertion d'engrais verts dans une rotation des cultures devrait augmenter la viabilité générale de l'entreprise agricole.

Tableau I 1: Liste des plantes utilisées comme engrais verts [1].

Légumineuses		Non légumineuses
Plante adaptées		
aux régions chaudes	Large adaptabilité	Large adaptabilité
<ul style="list-style-type: none">- trèfle Crimson- Vexe- petit pois	<ul style="list-style-type: none">- Alfe- trèfle rouge- trèfle doux- Soja	<ul style="list-style-type: none">- Ray gras- Avoine- orge- Millet- Blé- Moutarde- Colza

Utilisation des engrais verts

Depuis longtemps, les agriculteurs utilisent des cultures d'engrais verts pour enrichir leur sol en matières organiques. Une fois enfouis, les engrais verts se décomposent pour

Partie bibliographié

former divers types de matières organiques. Les résidus d'engrais verts matures et fibreux caractérisés par un rapport carbone-azote (C/N) relativement élevé sont généralement composés de lignine qui ne se décompose pas facilement. Cette décomposition lente produit des matières organiques stables et persistantes communément appelées « humus ». Souvent, seule une très petite portion des résidus de l'engrais vert se transforme en matières organiques stables. Le producteur qui cherche à accroître la teneur du sol en matières organiques aura avantage à envisager des cultures d'engrais verts qui produisent de grandes quantités de biomasses fibreuses et matures. Il est alors préférable d'éviter les cultures qui produisent de jeunes plantes « succulentes » et des légumineuses fixatrices d'azote.

3. Autres amendements

A. Le compost

Le compost est le résultat du recyclage de matières organiques. Le compost est une substance foncée, brun noirâtre et fragmentée qui sent bon les bois. C'est de l'humus contenant des organismes vivants et des minéraux pouvant servir de nourriture aux plantes.

Les organismes vivant dans le compost ne sont ni des parasites ni des germes pathogènes. Ce sont des agents naturels qui décomposent des substances organiques, et seulement des déchets végétaux et animaux. Le compost retient son eau et ses substances nutritives et ne les libère qu'au fur et à mesure que les racines de la plante en ont besoin. Un compost de qualité est aéré, ne sent pas mauvais, n'est pas acide et ne contient ni mauvaises graines ni germes pathogènes.

Le compost est un excellent amendement du sol. Il possède une forte concentration en matières organiques et aide à rendre à la terre plusieurs de ses caractéristiques qui se sont épuisées avec le temps et l'utilisation.

Il contient beaucoup des nutriments qui améliorent la croissance des végétaux. On constate que, mélangé à des engrais, le compost fournit aux plantes des nutriments pendant une période plus longue que si l'engrais avait été utilisé seul.

Utilisation de compost

Il est avantageux d'utiliser du compost comme engrais parce qu'en améliorant la structure du sol, il améliore la fertilité du sol pendant longtemps. Le facteur clef de l'amélioration de la structure du sol est la matière organique. Elle contient de grandes quantités de microéléments qui sont essentiels à la croissance des plantes et elle améliore la capacité de rétention de l'eau du sol. Un autre aspect est que le compost ne libère ses substances nutritives aux plantes qu'un peu à la fois, si bien que son action dure beaucoup plus longtemps.

Les engrais chimiques ne contiennent que quelques éléments nutritifs (Azote, Phosphore et Potassium), mais la concentration de ces éléments est beaucoup plus importante que dans le compost.

Partie bibliographié

Les substances nutritives contenues dans des engrais chimiques sont libérées rapidement.

Cela implique que les engrais chimiques constituent une provision rapide et unique d'éléments nutritifs pour répondre aux besoins d'une culture.

Pour entretenir un certain niveau de fertilité du sol, il ne suffit pas de se limiter à l'application des engrais chimiques. Il faut de la matière organique pour retenir l'eau et les éléments nutritifs. Dans un sol dégradé qui ne contient pas de matière organique, les rendements continuent à baisser, même si l'on applique de l'engrais chimique.

Cela veut dire que chaque fois qu'un paysan applique des engrais chimiques, il doit veiller au niveau de matière organique du sol. Une approche intégrée qui associe l'application de compost à l'application d'engrais chimique est une bonne stratégie lorsque des végétaux nécessitent d'urgence des éléments nutritifs.

Avec le temps, les engrais chimiques pourraient même avoir un effet négatif sur le sol, parce qu'il devient épuisé et dégradé si l'on n'ajoute pas de matière organique. La composition chimique de l'engrais peut également entraîner l'acidification du sol.

B. Les boues résiduaires

Ce dernier est ce qu'ils contiennent mon expérience est le meilleur dans le domaine de la fertilisation parce qu'il a un grand intérêt et est le moins cher de tous les amendements qui nous avons testé dans le domaine de l'agriculture.

Les boues d'épuration (urbaines ou industrielles) sont les principaux déchets produits par une station d'épuration à partir des effluents liquides. Ces sédiments résiduaires sont surtout constitués de bactéries mortes et de matière organique minéralisée.

II. Les types des boues

On distingue différents types de boues selon les traitements appliqués pour épurer l'eau dans un milieu boueux.

- Les boues primaires : Ce sont les dépôts récupérés par une simple décantation des eaux usées (dans les décanteurs-digesteurs par exemple). Elles présentent des concentrations élevées en matières minérales (sable, terre...) mais aussi en matière organique pouvant évoluer.

- Les boues physico-chimiques : elles ressemblent aux boues primaires sauf que durant le traitement de l'eau usée, il a été rajouté un réactif (sels de fer, d'aluminium, et autres agents flocculants) pour agglomérer les fines particules et améliorer la décantation.

- Les boues biologiques : elles sont aussi appelées boues secondaires, elles proviennent d'une épuration biologique des eaux (boues activées, disques biologiques, lits bactériens...).

Partie bibliographié

Ces boues, de concentrations médiocres (10 g/l), sont très organiques car elles sont principalement constituées de corps bactériens et de leurs sécrétions. On distingue aussi :

- Les boues mixtes constituées d'un mélange de boues primaires et biologiques, elles proviennent de la plupart des stations de traitement complètes.
- Les boues d'aération prolongée, obtenues sans décantation primaire avec des matières polluantes intensivement aérées. Les boues sont peu concentrées, moins organiques et donc moins susceptibles de produire des nuisances.

III. Caractéristiques des boues

Résidus obtenus après traitement d'effluents.

Les caractéristiques des boues sont extrêmement variables d'une source à l'autre.

Elles dépendent de la nature des effluents et du type de traitement appliqué.

La caractérisation des boues passe par la détermination des paramètres suivants : pH, siccité, pourcentage de matière organique, PCI, composition en NTK, NH_4^+ , P_2O_5 , K_2O , C_aO , MgO .

Les trois facteurs importants à retenir en matière de traitement sont :

- **Siccité** : la boue est constituée d'eau et de matières sèches (MS). Le pourcentage d'eau représente l'humidité alors que le pourcentage de matières sèches représente la siccité : une boue ayant 10% de siccité a un taux d'humidité de 90%.

- **Taux de Matières Volatiles Sèches** : les matières sèches (MS) sont composées de matières minérales (MM) et de matières organiques (matières volatiles sèches ou MVS). La concentration des MVS est généralement exprimée en pourcentage par rapport aux MS (taux de MVS qui permet de suivre la stabilité de la boue).

- **Consistance de la boue** : la consistance est un facteur à identifier pour le stockage, l'homogénéisation, la manutention, l'enfouissement, etc. Elle est liée à son état physique fonction de la siccité (boue liquide -siccité de 0 à 10%, boue pâteuse - siccité de 12 à 25%, boue solide - siccité supérieure à 25%, boue sèche - siccité supérieure à 85%).

Les divers procédés d'épuration des eaux usées entraînent la production de boues. Ces boues sont constituées de substances organiques (matière organique initiale retenue par floculation en mélange avec les agents ayant servi à sa capture) et minérales.

Suivant les traitements physiques ultérieurs qu'on leur fait subir, les boues se présentent de la manière suivante :

- **Les boues liquides**, avec une teneur en matière sèche allant jusqu'à 10 %,
- **Les boues pâteuses**, avec une teneur en matière sèche comprise entre 10 et 20 %,
- **Les boues solides**, avec une teneur en matière sèche supérieure à 20 %.

IV. Utilisation des boues

Les boues de station d'épuration peuvent être dirigées vers plusieurs filières de traitement et de valorisation :

- La valorisation agricole par épandage direct
- Le compostage
- La méthanisation
- L'incinération

➤ **La valorisation agricole par épandage direct des boues**

En raison de leur teneur en matière organique et en éléments fertilisants (azote et phosphore principalement), les boues de station d'épuration sont des déchets tout à fait valorisables en agriculture. Cependant, l'épandage direct se heurte à de fortes résistances de l'opinion concernant les risques sanitaires éventuels qu'implique cette pratique.

➤ **Le compostage des boues**

Les boues seules ne peuvent pas faire l'objet d'un compostage. Elles sont généralement introduites dans les andains de compost en mélange avec des déchets verts, des sciures, des fumiers...

V. Origine et composition des boues résiduaire

La concentration d'éléments fertilisants présents dans le sol diminue au fil des années. Les pertes en éléments fertilisants sont dues principalement au lessivage par l'eau de pluie et aux cultures car les éléments fertilisants se retrouvent incorporés dans les récoltes (par exemple, 100 kg de blé contiennent 1,8 kg d'azote, 1 kg de phosphate et 0,5 kg de potasse). Les engrais et la fumure organique apportent les éléments fertilisants. Depuis la fin des années 1940, c'est l'apport régulier d'engrais qui a permis de multiplier par cinq le rendement des cultures.

De la même façon, la qualité physique du sol diminue au cours du temps, notamment à cause de la décomposition spontanée de l'humus. Pour que le sol reste cultivable, il faut l'amender, c'est-à-dire lui apporter des substances visant à améliorer ses propriétés physiques et chimiques.

Les boues de la station d'épuration peuvent constituer un apport non négligeable en matière organique pour le sol.

A. Origine des boues résiduaire

Les boues résiduaire peuvent être considérées comme des substances extraites à partir des eaux usées afin de pouvoir récupérer dans le milieu naturel une eau épurée (Anred, 1982).

Le traitement primaire de décantation des eaux prétraitées sous l'influence de la pesanteur forme les boues primaires [2]. au cours du traitement biologique les particules dissoutes sont fixées et métabolisées par les micro-organismes (bactéries) en présence

Partie bibliographié

d'oxygène, cette biomasse bactérienne est séparée par une décantation pour donner les boues secondaires, les deux types de boues issues de ce procédé sont mélangés pour donner les boues mixtes. Les boues issues d'une épuration physico-chimique sont dites boues de coagulation [3] celles-ci sont riches en résidus formés de réactifs chimiques [4].

B. Composition des boues résiduaires

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 de conditionnement pratiqué dans la station d'épuration .

Les boues résiduaires représentent avant tout une matière première composée de différents éléments (matière organique, éléments fertilisants (N et P ...), d'éléments traces métalliques, d'éléments traces organiques et d'agents pathogènes).

C. Matière organique

La concentration en matière organique peut varier de 30 à 80 %. La matière organique des boues est constituée de matières particulaires éliminées par gravité dans les boues primaires, des lipides (6 à 19 % de la matière organique), des polysaccharides, des 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 biologiques (digestion, stabilisation) [5].

D. Eléments fertilisants et amendements

Selon 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 des carences à l'exception de celle en potassium [6]. Les éléments en traces tels que le cuivre, le zinc, le chrome et le nickel présents dans les boues sont aussi indispensables au développement des végétaux et des animaux.

VI. 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. D'autres, tels que le cadmium et plomb sont des toxiques potentiels [7]. 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

Partie bibliographié

multitude de polluants organiques (HAP, Phthalates, PCB, etc.) peut se trouver en concentrations en général de l'ordre de $\mu\text{g}/\text{kg ms}$ [8] .

La nature et la concentration des eaux usées en polluants organiques et inorganiques sont très dépendantes des activités raccordées au réseau. L'essentiel des contaminations chimiques vient des rejets industriels et dans une moindre mesure des 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 [9] .

a) Les micro-organismes pathogènes

Les boues contiennent des milliards de microorganismes vivants qui jouent un rôle essentiel dans les processus d'épuration. Seul une infime partie est pathogène (virus, bactéries, protozoaires, champignons, helminthes, etc.) Et provient en majorité des excréments humains ou animaux [10].

La concentration d'une eau usée en germes pathogènes dépend du secteur d'activité d'origine: les eaux provenant d'abattoirs ou de toute industrie traitant de produits d'animaux sont très largement contaminées [11] Ainsi, par mesure de précaution, et afin d'éviter de propager la maladie de la vache folle, il est interdit d'utiliser les boues d'épuration provenant des eaux usées des abattoirs ou des équarrissages pour fabriquer de la fumure ou du compost. D'une façon générale, les boues doivent subir un prétraitement avant leur utilisation en agriculture [12].

b) Valorisation des boues résiduaires en agricultures

Généralités

Cette pratique constitue une solution particulièrement favorable à l'environnement, car elle a une l'opportunité de recycle la matière organique nécessaire au sol. De plus, les boues représentent un fertilisant peu onéreux, qui permet à l'agriculteur de réduire ses charges en engrais fertilisants classique [13].

L'impact positif de l'utilisation agricole des boues résiduaires a été démontré par plusieurs recherches effectuées.

Ces recherches ont confirmé les impacts favorables des boues résiduaires sur la fertilité chimique, biologique et physique de différents types de sol, et sur les rendements des cultures (maïs, pigne, blé, fourrage, maraîchage, sylviculture. . .).

En France, l'Espagne des boues en agricultures reste la principale filière de valorisation. Actuellement, les deux tiers des boues urbaines, soit environ 0,5 million de tonne par an (matière sèche) sont recyclés par l'agriculture.

Partie bibliographié

Aujourd'hui, en France, l'épandage des boues obéit à une réglementation qui impose le parlement pour assurer la qualité sanitaire des boues et renforce la responsabilité des producteurs des boues [14].

En revanche, en Algérie, le recyclage agricole et forestier des boues résiduelles reste au stade expérimental et a fait l'objet de plusieurs travaux de recherche, notamment sur les cultures maraichères, les cultures fourragères, le blé dur, et les plantations forestières[15].

Dans un rapport élaboré par l'office national d'assainissement (O.N.A., 2009), il a été indiqué, qu'actuellement 60 stations d'épuration (STEP) et lagunes sont opérationnelles à l'échelle nationale. Ces stations produisent des boues activées. Elles assurent l'épuration de 6 millions de m³ eaux usées mensuellement. La quantité des boues produites s'élève à environ 2000 tonnes/mois.

Dans notre pays, la production de boues pose un problème environnemental. Elle a fait l'objet des textes réglementaires suivants (O.N.A., 2009) :

- Loi n°2001-19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets.
- Décret exécutif n°2006-104 du 28 février 2006 fixant la nomenclature des déchets.

Actuellement, en l'absence d'un cadre réglementaire fixant les conditions d'épandage agricole des boues, les boues produites sont généralement mises en décharge. Toutefois, quelques stations (Hadjout, Boumerdes, Koléa, Ain Defla et Chlef) ont pris l'initiative de valoriser leurs boues sur des cultures céréalières, arboricoles et ornementales dans les exploitations agricoles limitrophes.

La contrainte majeure de la valorisation agricole des boues résiduelles en Algérie reste donc liée à l'aspect réglementaire juridique qui doit définir :

- Les modalités de mise en œuvre de l'opération d'épandage.
- Les normes de valorisation.
- Les responsabilités et les prérogatives des différents acteurs concernés par l'opération.

VII. Valeur agronomiques des boues résiduelles

Partie bibliographié

Le recyclage des boues en agriculture est justifié par leur valeur agronomique. Elles sont source d'éléments fertilisants nécessaires aux plantes (N. P. K. Oligo-éléments). Elles peuvent aussi un effet positif sur la fertilité des sols en améliorant leurs propriétés physiques, chimiques et biologiques. Selon leur qualité, les boues résiduares peuvent avoir plusieurs valeurs agronomiques.

a) La valeur fertilisante

En fonction de leur composition chimique, les épandages de boues apportent aux sols des quantités d'éléments fertilisants équivalentes à une fertilisation minérale classique. Elles sont alors utilisées comme engrais [19]. Le Tableau I 2. donne des exemples d'apports en matière organique (MO), azote (N), phosphore (P) et potassium (K) correspondant à des épandages de 3 t/ha de ms. Les flux d'éléments fertilisants apportés par les boues résiduares sont alors comparés à ceux apportés par une fertilisation minérale classique et d'autres substrats organiques.

Tableau I 2: Exemples de composition moyenne en matière organique et éléments fertilisants de 3 t ms/ha de déchets épandus en agriculture [20].

	MS	Teneurs (g/kg ms)				Eléments apportés (kg/ha)			
	%	MO	N	P	K	MS	N	P	K
Boues urbaines pâteuses	20	500	150	15	3	1500	150	46	10
Boues de papeterie	32	640	13	3	2	1920	39	9	5
Bovins	22	814	26	4	36	2442	78	13	107
Volailles	80	750	50	22	29	2250	150	66	87
Compost déchets verts	50	470	15	3	11	1410	45	9	52
Fertilisation minérale						0	150	22	41

b) .La valeur amendante

Partie bibliographié

Un amendement constitue un apport d'une matière organique ou minérale aux sols dont le but principal est d'améliorer leurs propriétés physiques et/ou chimiques et/ou biologiques [16].

Certaines boues compostées pourront être utilisées comme amendement organiques pour entretenir, voire augmenter le stock humique dans les sols. D'autres seront utilisées comme amendements calcaires pour augmenter le ph des sols.

Amendement organique :

plusieurs auteurs ont remarqué une augmentation du taux de carbone organique du sol suite à des apports de boues compostées. En effet, [21] a indiqué que l'apport répété de compost de boue, dont la matière organique est faiblement biodégradable, a fait croître le stock humique du sol et a stabilisé ses agrégats.

De même, [22] ont enregistré un enrichissement significatif du sol en carbone organique, suite à l'apport de 90 t/ha de compost de boues de station d'épuration. Pour un compost de boues mûr, on considère que 50% de la matière organique apportée contribuera à entretenir la matière organique stable du sol. De ce fait, un apport de 10 t/ha de boues compostées contenant 400 kg de matière organique/tonne de produit brut, fournira l'équivalent de 2000 kg de matière organique (MO) stable dans le sol [20].

Selon [23] les boues déshydratées agissent comme des « engrais verts ». Seul le compost (mélange de boues et de coproduits ligneux tels que la sciure) permet de remplir une sanction humique.

Amendement calcaire :

le chaulage est un des moyens de stabilisation et d'hygiénisation des boues résiduaire issues de l'épuration des eaux usées. Il réduit aussi, temporairement, la mobilité des ETM dans les sols après épandage. Les boues chaulées qui contiennent de 20 à 30% de CaO (par rapport à la MS), sont utilisées comme amendement calcaires pour élever le ph des sols acides [17].

c) La valeur amendante

Un amendement constitue un apport d'une matière organique ou minérale aux sols dont le but principal est d'améliorer leurs propriétés physiques et/ou chimiques et/ou biologiques [18].

Certaines boues compostées pourront être utilisées comme amendement organiques pour entretenir, voire augmenter le stock humique dans les sols. D'autres seront utilisées comme amendements calcaires pour augmenter le ph des sols.

Partie bibliographié

• **Amendement organique** : plusieurs auteurs ont remarqué une augmentation du taux de carbone organique du sol suite à des apports de boues compostées. En effet, [21] a indiqué que l'apport répété de compost de boue, dont la matière organique est faiblement biodégradable, a fait croître le stock humique du sol et a stabilisé ses agrégats.

De même, [22] ont enregistré un enrichissement significatif du sol en carbone organique, suite à l'apport de 90 t/ha de compost de boues de station d'épuration. Pour un compost de boues mûr, on considère que 50% de la matière organique apportée contribuera à entretenir la matière organique stable du sol. De ce fait, un apport de 10 t/ha de boues compostées contenant 400 kg de matière organique/tonne de produit brut, fournira l'équivalent de 2000 kg de matière organique (MO) stable dans le sol [20].

Selon [23] les boues déshydratées agissent comme des « engrais verts ». Seul le compost (mélange de boues et de coproduits ligneux tels que la sciure) permet de remplir une sanction humique.

• **Amendement calcaire** : le chaulage est un des moyens de stabilisation et d'hygiénisation des boues résiduaires issues de l'épuration des eaux usées. Il réduit aussi, temporairement, la mobilité des ETM dans les sols après épandage. Les boues chaulées qui contiennent de 20 à 30% de C_aO (par rapport à la MS), sont utilisées comme amendement calcaires pour élever le ph des sols acides [19].

VIII. Effets de l'apport des boues sur le sol

Les propriétés amendantes et/ou fertilisantes des boues résiduaires modifient les propriétés des sols qui sont liées et attribuent au sol sa fertilité physique, biologique et chimique [24].

1) Conséquences sur la fertilité physique du sol

La fertilité physique d'un sol peut être définie comme étant sa capacité à assurer la bonne implantation d'une culture et sa bonne alimentation en eau. La structure du sol et sa stabilité, sa capacité de rétention en eau sont les deux composantes majeures de la fertilité physique.

De la structure du sol dépend sa porosité et donc la bonne circulation des gaz et des solutés dans le sol ainsi que la bonne croissance des systèmes racinaires [25].

1. La stabilité structurale du sol

plusieurs auteurs ont démontré que les apports répétés des boues compostées ont favorisé l'agrégation et la stabilité structurale des sols limoneux [26], l'augmentation du pH du sol, après un apport de boues chaulées, contribue aussi à cette stabilisation de la structure. De ce fait et lorsque la structure est plus stable, le sol résiste mieux au ruissellement et à l'érosion hydrique [27].

2. La réserve en eau du sol

En augmentant la teneur en matière organique des horizons de surface, les boues compostées modifient leurs propriétés de rétention en eau et les teneurs en eau augmentent à tous les potentiels. Quand la teneur en eau massique à la capacité au champ augmente plus que celle au point de flétrissement permanent, l'eau disponible pour les plantes augmente [26], la matière organique des boues compostées donne au sol une meilleure rétention en eau en limitant les remontées capillaires. Ceci réduit les problèmes de sécheresse, tout en favorisant une meilleure percolation (rôle d'éponge).

3. La densité apparente et la porosité

seules les boues compostées, ayant valeur d'amendement organique, agissent positivement sur les propriétés physiques du sol. En effet, ces dernières contiennent une matière organique plus stable qui améliore la densité apparente et par conséquent la porosité du sol. [25] indique que l'apport des boues mixtes a amélioré de façon significative la structure et la densité apparente du sol.

2) Conséquence sur la fertilité chimique du sol

L'impact de l'apport des boues sur la fertilité chimique des boues se traduit par l'augmentation de la capacité d'échange cationique du sol et la disponibilité des éléments nutritifs pour les cultures. Cette disponibilité s'exprime en proportion de l'élément fertilisant total apporté par année culturale après l'apport des boues [29] De ce fait, il faut tenir compte, dans le raisonnement de la fertilisation, de cette proportion disponible lors de la première année après l'apport (effet direct) mais également lors des années suivantes (arrière-effet) et des effets cumulés d'apport successifs.

Partie bibliographié

➤ **La disponibilité de l'azote :** des travaux ont montré qu'environ 30% de l'azote des boues sont disponibles dans le sol au courant de l'année d'épandage [26]. La minéralisation et la disponibilité de cet élément aux plantes sont reliées au rapport C/N et à la forme d'azote. Les matières organiques ayant les rapports c/n inférieur à 25, tels que les boues mixtes, et les engrais verts se minéralisent rapidement et peuvent libérer des quantités importantes d'azote aux cultures [30] la disponibilité variable de l'azote des boues peut entraîner des risques de lixiviation des nitrates si les boues sont apportées en fin d'été et en absence d'implantation d'une culture piège à nitrates.

➤ **La disponibilité du phosphore :** la disponibilité dans le sol du phosphore des boues est importante (60 à 100 % du phosphore total des boues). Elle est équivalente à un engrais minéral [28] a montré que l'apport de 55 kg de P_2O_5 total avec des boues liquide a le même effet pour la culture que 55 kg de P_2O_5 sous forme d'engrais minéral.

Cet apport compense les exportations de phosphore par les grains d'un blé à 85 quintaux. Mieux encore, un épandage de boues séchées, tous les 3 ans, suffit à compenser les pertes de phosphore occasionnées par la récolte de 100 quintaux de maïs grains par an (60 kg/ha). La valorisation du phosphore des boues est une solution pour économiser la ressource mondiale non renouvelable en phosphates [27].

3) .Conséquences sur la fertilité biologique du sol

La fertilisation organique stimule l'activité biologique du sol. Les organismes du sol ont des sections centrales dans la nutrition des plantes, à la fois par leur implication dans les processus de décomposition et le recyclage des nutriments pour la fourniture d'éléments nutritifs et pour le transfert de ces éléments à la plante, notamment par les mycéliums des champignons mycorhiziens [28].

1 Effets positifs de l'apport des boues résiduaire sur les cultures

a. .Effets sur la culture du maïs fourrager

Étant donné que cette culture a fait l'objet de cette étude, il est primordial de présenter un aperçu sur ses caractéristiques botaniques et agronomiques.

➤ **Caractéristique botanique et agronomique :** le maïs appartient à la famille des graminées, son nom latin est *zea mays*. Le maïs est originaire d'Amérique centrale et introduit en Europe au XVIe siècle. Cette plante, originaire des régions chaudes a, peu à peu, vu son aire de culture s'étendre vers le nord par l'amélioration et la sélection de variétés résistantes au froid.

Partie bibliographié

La culture du maïs est en nette extension, de par l'augmentation des surfaces cultivées, maïs aussi du fait de l'augmentation des qui ont quadruplé en 25 ans. La France et l'Italie sont les principaux producteurs européens. Le maïs est une céréale annuelle de grande taille (1 à 2 m). La plante possède une tige unique de gros diamètre qui porte les feuilles à l'aisselle desquelles se situent les fleurs femelles qui donneront, après fécondation les épis. Les fleurs mâles sont groupées dans une panicule terminale. Ce sont surtout les hybrides qui se cultivent à cause de leurs rendements supérieurs, leur grande homogénéité morphologique, et une meilleure résistance à la verse [31].

La germination du maïs nécessite une température minimale de 10°C. Au cours de sa végétation, le maïs a besoin d'une température optimale de 19°C. Le maïs est une plante exigeante en eau (100 mm en moyenne mensuelle durant tout le cycle végétatif). Mais la période la plus critique pour l'eau s'étend sur les 15 jours qui précèdent et les 15 jours qui suivent l'apparition des inflorescences mâles. Pour le maïs ensilage, l'irrigation doit être arrêtée au stade laiteux [30].

Le maïs est une plante exigeante en sols qui doivent être profonds, meubles, frais, assez légers, neutres à légèrement alcalins, fertiles, humifères et riches en éléments minéraux et en matière organique.

L'installation de la culture nécessite un labour de 25 à 30 cm et un recroisement pour aérer le sol La densité de peuplement recommandée pour le maïs ensilage varie de 6 à 10 plantes par m², cela correspond à une densité de semis d'environ 20 à 30 kg/ha,[30] Le semis doit se faire à la fin de l'hiver ou au début du printemps. Il est limité par la température du sol, qui doit être supérieure à 6 °c.

Pour un rendement moyennement élevé de 15 t ms/ha, les besoins du maïs fourrager en éléments minéraux majeurs sont de 210 kg n/ha, de 105 kg/ha de P₂O₅, et de 225 kg/ha de K₂O. La fumure phospho-potassique est à appliquer avant le labour [32].

Le maïs fourrager est la principale céréale utilisée pour l'alimentation du bétail à l'échelle internationale. La plante entière peut être consommée comme fourrager frais ou en sec ou comme ensilage.

Cette culture est en progression à cause de ses qualités [30], car elle présente un potentiel de rendement en grains ou comme ensilage très élevé, une très grande souplesse d'adaptation, un cycle de végétation court (90 à 120 jours) qui permet deux cultures dans l'année, une excellente valorisation de l'eau, la possibilité de valoriser des terres de qualité médiocre à condition d'apporter de l'eau et des éléments nutritifs, c'est un fourrage très riche en énergie.

La réponse des cultures à l'apport des boues résiduaire : le maïs fourrager, utilisé en site d'assolement, valorise bien l'azote disponible des boues, notamment en épandage de printemps [13] Plusieurs travaux ont confirmé l'effet positif des boues résiduaire sur les rendements du maïs[19].

[31] ont noté une augmentation significative du rendement de maïs sur des parcelles ayant reçu 10 t ms de boues. Ces actions positives sur la croissance et les rendements sont dues aux augmentations des activités biologiques et enzymatiques du sol et par conséquence, à la minéralisation et la disponibilité de l'azote et de phosphore [32].

2 Méthode de Bailenger modifiée

i) Choix de la méthode et comparaison avec d'autres

Grâce aux progrès de la parasitologie médicale, on dispose aujourd'hui de toute une gamme de techniques pour compter les œufs et les larves d'helminthes intestinaux dans des échantillons de selles et, moyennant l'adaptation des principes de base, pour compter les œufs d'helminthes dans les boues et dans le compost. En revanche, la numération des œufs et des larves d'helminthes intestinaux dans les eaux résiduaire est beaucoup moins aisée. On trouve dans ces eaux un grand nombre d'espèces parasites de l'homme ou des animaux, ainsi que des formes libres, qui diffèrent par leur taille, leur densité et leurs propriétés surfaciques et ont une concentration beaucoup plus faible que dans les selles, les boues ou le compost. La littérature technique contient la description de nombreuses méthodes de numération des œufs d'helminthes dans les eaux résiduaire. Chacune a ses avantages et ses inconvénients: certaines comportent un taux de récupération élevé mais sont d'exécution très longue; un grand nombre d'autres ne sont pas reproductibles faute de précisions suffisantes, et leur taux de récupération n'est pas indiqué; d'autres encore nécessitent des produits chimiques d'un coût excessif ou ne conviennent pas, pour d'autres raisons, à des laboratoires mal équipés; d'autres, enfin, permettent seulement la récupération d'une gamme limitée d'espèces. Il est clair qu'il n'existe aucune méthode qui soit utilisable partout, permette la récupération de tous les œufs d'helminthes d'importance médicale et comporte un taux de récupération connu.

Toutes les méthodes connues assurent la séparation des parasites par l'une ou l'autre des deux grandes méthodes suivantes: leur flottation dans une solution de densité relativement élevée, qui assure leur séparation des autres débris, et leur sédimentation dans un tampon non miscible tandis que les matières grasses ou autres restent dans une solution interphasique (en principe de l'éther ou de l'acétate d'éthyle). Les deux méthodes font appel à la centrifugation. La possibilité de concentrer une espèce parasitaire déterminée tient sans doute à deux facteurs principaux: l'équilibre hydrophile-lipophile du parasite et sa densité relative par rapport au réactif servant à la concentration [33] En pratique, cela signifie que le PH ou la présence de métaux lourds ou d'alcools dans les réactifs utilisés peuvent modifier les propriétés surfaciques du parasite, dans une mesure variable selon les espèces; cela explique qu'aucune méthode n'assure une concentration identique pour toutes les espèces.

[34] ont comparé toute une gamme de méthodes d'analyse coprologique dans l'intention de les adapter aux échantillons d'eaux résiduaire. De toute les solutions de flottation essayées, l'iodomercurate [33] s'est révélée celle qui permettait de concentrer les œufs du plus grand nombre d'espèces d'helminthes parasitaires, mais ce réactif leur a semblé trop corrosif et coûteux pour être utilisable en routine. La méthode d'Arthur où l'on utilise comme solution de flottation du saccharose saturé, déforme rapidement les œufs, tandis que la solution de

Partie bibliographié

sulfate de zinc [34] concentre assez mal les œufs de *Trichuris* ou *Capillaria*. La conclusion de est que la méthode de Bailenger [33], adaptée par eux aux eaux résiduaires, est dans l'ensemble la meilleure: elle n'exige que des réactifs relativement bon marché et assure une bonne concentration pour toutes les espèces habituelles dans les eaux résiduaires.

Cette méthode de Bailenger modifiée est en général efficace, simple et peu coûteuse. Elle a cependant des limitations bien connues (voir plus loin), de sorte qu'il reste nécessaire d'en poursuivre l'évaluation. Quoi qu'il en soit, de toutes les méthodes disponibles, c'est celle qui réunit l'ensemble des avantages suivants: elle assure une récupération efficace des œufs des nématodes intestinaux indiqués au Tableau 1, elle est reproductible et elle est déjà largement utilisée dans les laboratoires du monde entier. Il est à espérer que le présent manuel fera pleinement apparaître les points forts et les points faibles de la méthode, permettra la normalisation de son protocole et encouragera les travaux de recherche encore nécessaires.

2) Avantages et 'inconvénients

La méthode de Bailenger modifiée présente les avantages ci-dessous:

1. La collecte et la préparation des échantillons ne présentent aucune difficulté. La sédimentation ne nécessite pas de récipients spéciaux et le traitement des échantillons est possible avec un équipement de laboratoire réduit au minimum. Il faut disposer de quelques réactifs chimiques spéciaux, mais on les trouve en général localement et ils sont peu coûteux. Les lames de McMaster nécessaires sont d'utilisation courante dans les laboratoires de parasitologie, et l'on devrait pouvoir se les procurer sans difficulté auprès des sociétés spécialisées dans l'approvisionnement des laboratoires.

2. On sait qu'il est très fatigant de rester longtemps l'œil rivé à l'oculaire et que ce peut être une source d'erreur. Avec les lames McMaster, l'examen n'exige en général que 1-2 minutes de sorte que l'erreur imputable à l'opérateur est réduite.

3. La recherche des œufs se fait dans un sous-échantillon de chaque échantillon préalablement traité. Pour accroître l'exactitude du résultat et contrôler l'homogénéisation, on peut examiner les échantillons en double et faire la moyenne des nombres d'œufs observés; il faut normalement examiner 2-3 lames McMaster pour chaque échantillon et calculer la moyenne arithmétique.

3) La méthode a en revanche certains inconvénients:

1. Le taux de récupération des œufs obtenu n'est pas connu, mais on sait que cette méthode d'extraction soutient favorablement la comparaison avec toutes les autres techniques ont établi que la récupération des œufs était satisfaisante pour toute une série d'helminthes parasites, à savoir *Ascaris*, tandis. ont également récupéré régulièrement des oeufs d'ankylostome.

2. La méthode ne convient pas pour bon nombre des œufs operculés ou des œufs de trématodes, notamment Tous ces parasites ont des hôtes intermédiaires aquatiques et sont importants dans les systèmes de recyclage des eaux en aquaculture (mais non en agriculture). Les œufs de certains d'entre eux peuvent flotter dans la solution de sulfate de zinc, mais ils sédimentent de nouveau rapidement ou se déforment, ce qui en rend l'identification délicate.

Partie bibliographié

3. L'éther est hautement inflammable et toxique. Rude, [34] ont montré qu'on peut le remplacer, sans perte d'efficacité, par l'acétate d'éthyle pour l'extraction des œufs de parasite dans les selles. L'acétate d'éthyle est beaucoup moins dangereux que l'éther, il a un point d'ébullition et d'éclair plus bas, et il est moins toxique. Il est peu probable que son utilisation diminue le rendement de la méthode avec les eaux résiduaires, qu'elles soient brutes ou traitées.

I.1 Présentation de l'environnement de la STEP de Beni-Messouss

I. 1 .1 Localisation géographique

La station d'épuration de Beni-Messouss est située sur le territoire de la commune d'Aïn Benian à environ 15 km à l'ouest de la ville d'Alger, en bordure de la mer Méditerranée et à l'embouchure de l'oued Béni-Messouss. Elle occupe un terrain de superficie d'environ 13 hectares.

La commune d'Aïn Benian fait partie de la daïra de Chéraga, elle est limitée :

- Au Nord, par la mer méditerranée ;
- Au Sud, par la commune de Chéraga ;
- A l'Ouest, par la commune de Staouali ;
- A l'Est, par la commune d'Aïn Benian.

L'oued Béni-Messouss naît du côté Est à Bouzaréah, traverse les communes de Béni-Messouss et Chéraga et débouche à l'ouest dans la baie d'El-Djamila.

I.1 .2. Situation climatologique de la région

a) Température de l'air

La température est un paramètre d'importance capitale pour le bon fonctionnement de la station. Le métabolisme des micro-organismes est ralenti aux basses températures, Par ailleurs, des dysfonctionnements apparaissent lorsque la température de l'air excède les 35°C. La température minimale moyenne inter annuelle de 11,9°C.

b) le vent

Le vent est un facteur important, car il favorise le brassage, mais il est un vecteur des nuisances olfactives. Son action érosive n'en est pas moindre. Il est donc indispensable de connaître la direction et l'intensité des vents pour prévoir les dispositifs de protection de la station.

Les directions dominantes du vent par rapport à la station sont le Nord, le Nord est, l'ouest et le sud-ouest.

c) l'insolation

L'effet du soleil est indispensable à la photosynthèse réalisée par les algues. Il influence fortement la température de l'eau ainsi que l'évaporation et intervient également sur la durée journalière de l'épuration. Néanmoins, l'ensoleillement n'entre pas directement dans les calculs de dimensionnement des bassins. Il est traduit par l'effet de la température.

d) l'évaporation

L'évaporation est une donnée très importante qui est en relation directe avec la profondeur des bassins de décantation. Si l'évaporation est supérieure à 5 mm par jour, la concentration des matières dissoutes augmente considérablement et peut affecter le processus d'épuration. L'évaporation moyenne de la région est de 3 mm par jour.

I.1 .3. Le bassin versant

Le bassin versant de la zone de projet est un sous bassin versant de l'oued Béni-Messouss. Ce dernier s'étend de Bouzaréah à Chéragea entre des altitudes maximale et minimale variant de 360 à 100 m au niveau de l'exutoire. Son talweg principal, en l'occurrence l'oued Béni Messouss, est long de 5.72 km ; sa pente moyenne est de 4.63% et il draine une superficie totale de 18.23 km². Le périmètre de ce bassin est estimé à 17.98 km.

La pluie moyenne inter annuelle selon la carte pluviométrique de l'Algérie du Nord se situe entre les isohyètes 700 et 800 mm.

I.1 .4. Capacité de traitement

La station de Beni-Messouss traite les eaux usées rejetées de commune Beni-Messouss de 100% de ces rejets et de 80% de la commune Chéragea, 80% de la commune Dély-Brahim et 40% de Bouzarea.

I.2.Présentation de la station d'épuration de Beni- Messouss

Le projet de construction de la STEP à été lance en mai 2005 ; les travaux de réalisation ont été achevés en juin 2007.

La construction de la STEP à été réalisé par la société Autrichienne VA TECH WABAG en collaboration avec des sociétés Algériennes.

Présentation de la STEP de Beni Messouss

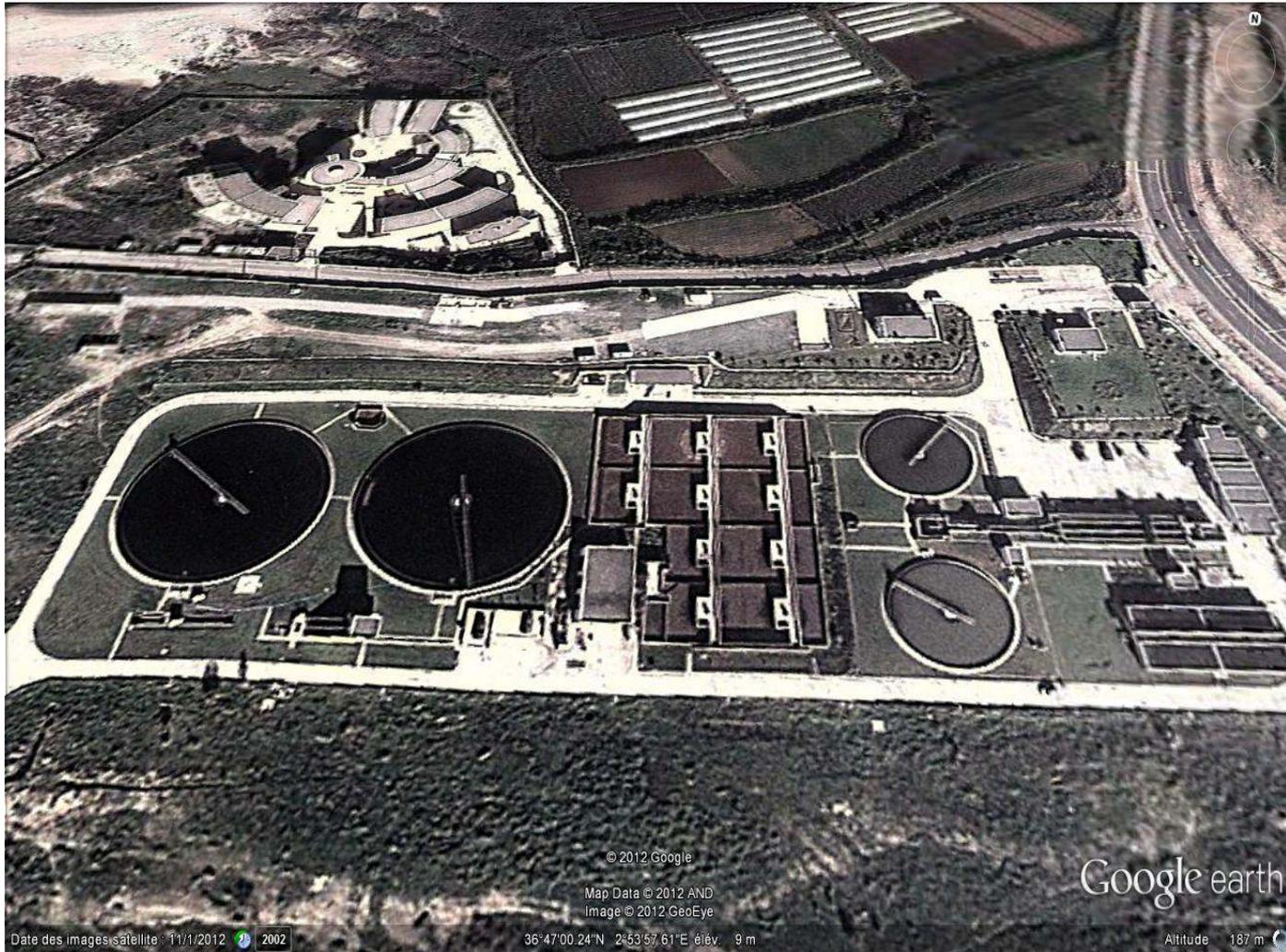


Figure I. : Schéma spatiale de la STEP de Beni-Messouss

Présentation de la STEP de Beni Messouss

Le procédé d'épuration retenu est celui du traitement biologique par boues activées à moyenne charge (C_m (Kg DBO₅/Kg MVS/J): 0,2 – 0,5).

La capacité théorique de la STEP est de 50.400 m³/j, correspondant à 250.000 éq./hab, pour la première tranche de traitement. L'emprise de la STEP offre une possibilité d'extension à 100.800 m³/j, correspondant à 500.000 éq. /hab.

La date de sa mise en service a été en juillet 2008, le projet de construction a été établi en tenant compte de fait que la station sera réalisée en deux phases :

- La 1^{ère} phase devant satisfaire les besoins de 2008 ;
- La 2^{ème} phase, qui sera une extension de la première, face à besoins de l'an 2023.

1) Données de base pour la STEP (débit, pollution, DBO₅, MES ...):

a) La charge de population raccordée est 250.000 équivalents habitants (Eq.Hab)

Les dotations principales suivantes pour la partie urbaine ont été prises en compte

De laboratoire :

DBO₅ : 50 g/hab.j

MES : 60 g/hab.j

b) Débit d'eau usée

Paramètre	Valeur du paramètre		
	Unité	1 ^{ère} phase	2 ^{ème} phase
Equivalent Habitant	Eq.Hab	250.000	500.000
Débit moyen journalier	m ³ /j	35 770	50 400
Débit moyen horaire - temps sec	m ³ /h	1.490	2.100
Débit de pointe horaire au temps sec	m ³ /h	1 800	2 750
Débit de pointe horaire - temps de pluie	m ³ /h	3.600	5.500

Tableau III.1 : Débit à l'entrée de la STEP de Beni-Messouss (document du Ministère des Ressources en Eau).

Présentation de la STEP de Beni Messouss

➤ Charge polluante :

Les eaux résiduaires acheminées à la station proviennent essentiellement des rejets domestiques. Les rejets industriels, s'ils existent, doivent subir des prétraitements au niveau des industries les plus polluantes.

Dans les conditions actuelles, la pollution totale reçue par la station serait de :

Désignation	Valeur du paramètre	
	1 ère phase	2 ème phase
Charge massique en MES à l'entrée de la STEP	15 000 Kg/j	30 000 Kg/j
Charge massique en DBO ₅ à l'entrée de la STEP	12 500 Kg/j	25 000 Kg/j
Charge massique en DCO à l'entrée de la STEP	25 000 Kg/j	30 000 Kg/j
Charge massique en N _{org} à l'entrée de la STEP	2 500 kg/j	5 000 Kg/j
Charge massique en NTK à l'entrée de la STEP	****	****
Charge massique en P _{tot} à l'entrée de la STEP	625 kg/j	5000 Kg/j

Tableau III.2 : Charges polluantes de la STEP de Beni-Messouss (document du Ministère des Ressources en Eau).

➤ Rendements de décantation primaire:

- ▶ Abattement en DBO₅ : 33%
- ▶ Abattement en M.E.S : 64%

➤ **Qualité de l'effluent rejeté** (donnée dans les prescriptions techniques du contrat de management) :

Présentation de la STEP de Beni Messouss

Valeurs limites de l'effluent traité:

	Par temps sec		Par temps de pluie	
	Valeur Instantanée	Valeur sur 24 heures (1)	Valeur Instantanée	Valeur sur 24 heures (1)
DBO ₅ (mg/l)	40	30		
DCO (mg/l)		120		
MES (mg/l)		30		

(1): Echantillons moyens pondérés sur 24 heures

Tableau III.3 : Qualité de l'effluent rejeté par la STEP de Beni-Messouss (Document du Ministère des Ressources en Eau).

I.2.1 Ouvrages du traitement des eaux et des boues

La filière de traitement comprend:

1) Prétraitement mécanique constitué de:

- Une station de dépotage;
- Dégrillage mécanique grossier ;
- Dégrillage mécanique fin ;
- Ouvrage de dessablages et déshuilage ;
- Chenal de comptage et de mesure.

2) Décantation primaire constituée de :

- Ouvrage de répartition;
- Deux décanteurs primaires circulaires ;
- Station de pompage de boues primaires.

3) Traitement biologique constitué de :

- Deux bassins d'aération avec 3 aérateurs de surface chacun ;

4) Décantation secondaire et pompage des boues en excès constitués :

- Ouvrage de répartition ;
- Deux décanteurs secondaires circulaires ;
- Ouvrage de pompage des boues activées et de recirculation des boues ;
- Un canal de comptage et de mesure.

5) Épaississement et stabilisation des boues constitués de :

- Deux épaisseurs de boues ;
- Station de pompage des eaux troubles ;
- Station de pompage des boues épaissies.

6) Stabilisation des boues constituée de :

- Deux bassins de stabilisation des boues avec 02 aérateurs de surface chacun ;
- Station de pompage de boues stabilisées.

7) Déshydratation de boues constituée de :

- Deux chaînes de déshydratation avec deux filtres à bandes ;
- Station de lavage des filtres à bandes;
- Station de préparation de polymères.

I.2.2. Procédé de fonctionnement de la station d'épuration

I. 2.2.1 Filière eau

I. 2.2.1.1 Déversoir d'orage

La protection de la station des débits excessifs est assurée par le déversoir d'orage placé en amont et en aval du dégrilleur grossier. Facilement accessible (faible profondeur), l'entretien du déversoir (curage) est régulièrement effectué.

I.2.3.1.2 Dégrillage grossier

Le procédé comprend, deux canaux de dégrillage de 1 m de large, équipé d'une grille inclinée à nettoyage automatique (espacement entre barreaux de 60 mm).

Présentation de la STEP de Beni Messouss

Le refus du dégrillage est évacué à l'aide d'un râteau mécanisé dans un bac d'égouttage installé dans la partie supérieure de la grille. Après égouttage, le refus est repris au moyen d'une bande transporteuse pour être déchargé dans un conteneur de volume 5 m^3 à l'extérieur du bâtiment.

I. 2.2.1.3 Dégrillage fin

Il comprend, deux canaux de dégrillage de 1 m de large, équipé d'une grille inclinée à nettoyage automatique ayant les caractéristiques suivantes:

- Largeur: 1,00 m;
- Angle d'inclinaison: 75° ;
- Espacement entre barreaux: 15 mm.

I. 2.2.1.4 Dessablage déshuilage

L'ouvrage se compose de deux canaux rectangulaires, de section trapézoïdale, de 2,4 m de large et 30 m de long chacun, avec une hauteur d'eau moyenne de 3,60 m représentant donc un volume total de deux ouvrages de $518,4 \text{ m}^3$.

Les sables décantent et se retrouvent au fond de l'ouvrage dans une partie approfondie où le système Air lift va pouvoir les remonter.

I. 2.2.1.5 Décantation primaire et pompage des boues primaires

Les effluents ainsi prétraités seront ensuite dirigés sur un ouvrage de répartition puis sur deux décanteurs primaires cylindro-coniques de caractéristiques unitaires suivantes :

- Diamètre : 29 m
- Volume d'eau : 2.223 m^3

Le temps de séjour important (jusqu'à 2,98 heures) dans l'ouvrage permettra un bon abattement de la matière en suspension grossière contenue dans l'effluent prétraité (jusqu'à 64 %). les boues primaires ainsi décantées seront soutirées directement de chaque décanteur, via une tuyauterie d'extraction des boues en acier $\varnothing 200 \text{ mm}$.

I. 2.3.1.6 Bassin d'aération

A fin d'assurer le métabolisme microbien ; une teneur d'oxygène dissous de l'ordre de 1 à 3 mg/l devrait être maintenue dans le système d'aération.

Les deux bassins d'aération ont la forme rectangulaire et sont dimensionnés comme suit :

Présentation de la STEP de Beni Messouss

- Hauteur d'eau: 4,58 m;
- Volume net unitaire: 4.700 m³;
- Volume net total: 9.400 m³.

Les équipements d'épuration biologique sont :

- 3 aérateurs de surface pour chaque bassin;
- 1 turbine à 16 pales d'acier de diamètre 2400 mm pour chaque aérateur;
- 1 déversoir de sortie du bassin.

Chaque turbine possède une capacité d'oxygénation de 130 kg O₂/h, sous conditions standards l'ensemble du système d'aération (6 turbines) permet de fournir 780 kg O₂/h.

I. 2.2.1.7 Décantation secondaire et pompage des boues activées

La liqueur mixte est introduite au centre du décanteur secondaire ; l'eau clarifiée déborde en périphérie dans une double goulotte de reprise et les boues se déposent sur le radier.

Chaque ouvrage, de forme cylindro-conique, a les dimensions suivantes :

- Diamètre: 55 m;
- Volume totale : 9.384 m³.

Les boues en excès produites par le processus biologique sont prélevées par un groupe électropompe immergé. Ce groupe refoule les boues activées en tête de deux épaisseurs (Daghar et Sisalah, 2007).

I. 2.2.1.8 Station d'eau épurée

A la sortie de la décantation secondaire, le débit traité sera mesuré sur un tube de venturi en canal ouvert avant rejet. La lecture du débit instantané ainsi que le totaliseur sera transmise au niveau de la salle de contrôle. A ce niveau s'effectue aussi automatiquement des échantillons moyens journaliers et des mesures des paramètres suivants:

- Matières en suspension,
- Conductivité;
- pH ; et Température.

I.2.3. Filière boue

I.2.3.1 Epaissement

Il s'agit d'une étape intermédiaire dans la diminution du volume de boues produites par la station. Les boues excédentaires (primaires et secondaires activées), seront injectées en

Présentation de la STEP de Beni Messouss

tête de deux épaisseurs afin d'améliorer la concentration de ces boues en terme de matières solides.

En effet, la concentration des boues en excès avant l'épaississement est de l'ordre 12 g/l, et peut atteindre 40 g/l après épaissement.

L'ouvrage prévu pour cet effet ayant les caractéristiques suivantes :

Dimension	
Nombre des épaisseurs	2
Diamètre (m)	16.00
Hauteur de boues (m)	3.50
Surface (m ²)	201.1
Volume net unitaire (m ³)	703.7
Volume net total (m ³)	1408
Charge superficielle (kg/ m ³ .j)	38.6
Temps de séjour (j)	1.44

Tableau III.4 : Dimensions de l'épasseur de la STEP de Beni-Messouss (Document du Ministère des Ressources en Eau).

Les deux épaisseurs sont équipés de trop-plein d'évacuation du surnageant et d'une conduite d'extraction des boues épaissies; ces boues épaissies seront ainsi pompées en tête de deux bassins de stabilisation. L'installation de pompage de ces boues épaissies comprend:

- 2 électropompes horizontales, de caractéristiques unitaires ;
- Débit: 28 m³/h;
- Pression de refoulement: 2 bars.

Les eaux surnageantes seront récupérées dans une bache dite des eaux troubles. Ces dernières, provenant, en outre du débordement de la fosse des flottants de l'ouvrage de dessablage, du Classificateur de sable, des écumes de la décantation secondaire et des filtrats des boues déshydratées seront pompées au moyen d'une pompe submersible en tête des deux dégrilleurs fins.

I.2.3.2 Bassin de stabilisation des boues

La boue épaissie en provenance des épaisseurs est introduite en tête de deux bassins de stabilisation de forme rectangulaire ayant les dimensions suivantes:

- Volume net unitaire: 2.461 m³;
- Volume net total: 4.922 m³.
-

Présentation de la STEP de Beni Messouss

Les conditions de fonctionnement seraient les suivantes :

- Concentration en boues stabilisées: 40 g/l;
- Age des boues : 12,7 jours.

Les équipements de la stabilisation aérobie des boues sont:

- 02 aérateurs de surface pour chaque bassin;
- Turbine à 16 pales d'acier de diamètre 2.400 mm pour chaque aérateur;
- Déversoir mobil à la sortie de chaque bassin.

Chaque turbine ayant une capacité d'oxygénation de 130 kg O₂/h, sous conditions standards, l'ensemble des turbines (4 turbines) permet donc de fournir 520 kg O₂/h.

I.2.3.3 Déshydratation mécanique des boues

Le bâtiment est équipé principalement par deux chaînes de déshydratation pouvant fonctionner en parallèle ou indépendamment selon les besoins et un doseur de polymères. Un filtre à bandes de chaque chaîne a pour rôle la déshydratation par son système de pression à 02 bandes.



Figure I 1 : filtres à bande

Expérimentation

Introduction

L'épuration des eaux usées entraîne une production des boues, celles-ci doivent être éliminées en respectant des contraintes réglementaires.

La caractérisation des boues résiduelles de la STEP de Beni-Messous permettra d'opter pour une filière d'élimination.

I. Caractérisation des boues déshydratées

L'échantillonnage des boues a été effectué au niveau de la déshydratation mécanique.

La caractérisation des boues a portée sur les analyses physico-chimiques et chimiques. Les suivi analytique a été réalisé par laboratoire d'analyse au département de génie des procédés

Paramètres	unité	Valeur
PH	---	7.16
Conductivité	Ms.cm ⁻¹	3.6
viscosité	Pa.s	0.018
turbidité	NTU	30
RSF	m.kg ⁻¹	1,03.10 ¹³
Siccité	%	4.16
MS	g.l ⁻¹	45.46
MM	g.l ⁻¹	46.98
MO	g.l ⁻¹	53.01
Nombre d'oeufs	---	8

Expérimentation

Tableau V : Le tableau suivant présente les caractérisations chimiques des boues:

A partir du tableau V on constate que le pH de notre boue est presque neutre, la viscosité est faible, par contre les autres paramètres sont dans les normes, boues d'eaux, faible siccité, boues d'ouf d'el menthe.

L'expérimentation a pour but d'étudier la réponse des plantes (poivre) à une application au sol de deux types de boue

- Des boues d'Agronomie (université Saad-Dahleb (Blida) comme témoin.
- Des boues résiduaires de la STEP de Beni-Messous (Alger), traitées par la température en fait varie la température de 75 °C à 125 °C d'un pas de 10 °C.
- Des boues résiduaires non traitées de la STEP de Beni-Messous (Alger)

L'essai en pots est localisé dans une serre située au niveau de la station expérimentale du Département d'Agronomie.

I. Résultats de dénombrement des œufs d'helminthes dans les boues résiduaires : le tableau T° en fonction du nombre d'œufs.

Température °C	70	80	90	100	110	120	125
Nombre d'œufs dans la boue traité	8	8	7	7	6	4	0

Tableau VI : repris le nombre des œufs d'helminthes dans la boue résiduaires traités par la température.

de ce tableau on constate que le nombre d'œuf d'helminthe diminue quand on augmente la température à t=0 on a 8 œufs et à t=125 on a 0 œuf,

On peut dire que la température illumine totalement les œufs.

Expérimentation

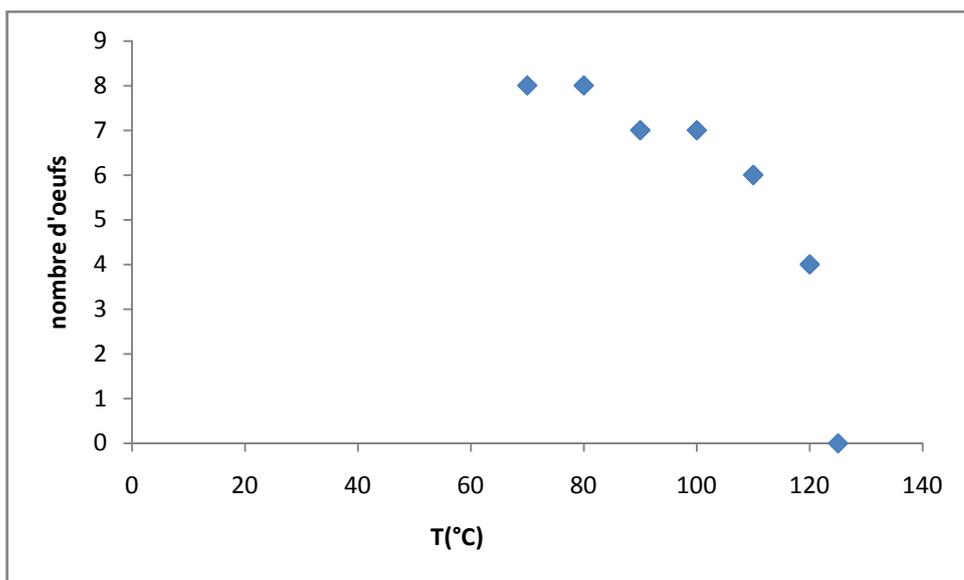


Figure III 2 : représente le nombre des œufs d’helminthes en fonction de la température.

Ce diagramme nous confirme les résultats du tableau V on constate que le nombre d’œufs sera éliminé totalement à la température =125°C

II. Mise en place de l’expérimentation

L’essai a été réalisé dans des pots en plastiques :

Les pots sont remplis du sol tamisé avec un tamis de 4 mm de diamètre,

Pour la 1^{er} plaque de pots :

- 21 pots de boues d’Agronomie comme témoin,
- 21 pots 25% de boues d’Agronomie et 75% de boue traité,
- 21 pots 50% de boues d’Agronomie et 50% de boue traité,
- 21 pots 75% de boues d’Agronomie et 25% de boue traité,

Boue brute 75%de boue brute 50% de boue brute 25% de boue brute de boue traité
25%de boue traité 50% de boue traité 75% de boue traité

Expérimentation

Pour la 2^{ème} plaque de pots :

- 21 pots de boues d'Agronomie comme témoin,
- 21 pots 25% de boues d'Agronomie et 75% de boue non traité,
- 21 pots 50% de boues d'Agronomie et 50% de boue non traité,
- 21 pots 75% de boues d'Agronomie et 25% de boue non traité,



Figure III 3 : pots en plastiques au début de l'expérience après ensemencement avec le piment



Figure III 4 : culture de piment après 3jours (boue traité)



Figure III 5 : culture de piment après 3joure (boue non traités)



Figure III 6 : la culture après 7 jours.



Figure III 7 : la taille des plantes après 8 jours de plantation.

III. Discussion des résultats

Nous avons constaté que :

- La boue de la STP de Beni-Messous est de bonne caractéristiques physique et chimique.
- La boue brute contient 8 œufs et la boue traitai thermiquement contienne 0 œufs.
- Les rendements des boues traité étaient les plus élevés.
- Le temps de levée des plants des boues traité est le plus rapide que celle des boues nom traité et les boues de témoin.
- la croissance de plants des boues traités est très rapide dans les premier 3 jours comparé à celui des boues non traité et les boues de témoin.
- Le taille des plants des boues traités est plus grand comparé à celui des boues non traité et les boues de témoin.
- Pas de mauvaises herbues.
- La majorité des semences en étai poussai dans la boue traité.
- pare contre les semences n'ont pas poussai dans la boue témoin et la boue résoudre non traité

Introduction générale

Quel que soit le système d'épuration adopté, le traitement des eaux usées s'accompagne d'une production de quantités de boues non négligeables dont il faut se débarrasser. Plusieurs filières existent pour l'élimination de ces boues, mais le choix doit être tributaire du coût d'installation, de l'origine de boues, de la valeur ajoutée du produit qui en résulte et de l'impact que pourrait avoir la filière retenue sur l'environnement.

La mise en décharge (appelée aussi stockage) s'avère une technique peu valorisante et est légalement interdite dans de nombreux pays.

L'incinération de boues a un coût prohibitif et présente un risque lié à l'impact de gaz toxiques sur l'environnement tel que celui de la dioxine. La valorisation énergétique (production de biogaz comme source de chaleur et d'électricité) et la valorisation biologique ou agricole (production d'engrais et de compost), constituent des technologies vertes permettant de transformer les boues en produits à haute valeur ajoutée en minimisant les risques de pollution. Le recyclage ou valorisation agricole des boues après compostage ou séchage, contribue une réintégration des éléments minéraux et organiques dans les sols, ce qui permet de se rapprocher des cycles naturels.

L'utilisation des boues résiduairees comme amendement organique peut combler un besoin en matière organique des sols agricoles, notamment pour les pays qui en manquent comme l'Algérie. En effet il a été prouvé que l'emploi des amendements permet l'amélioration des propriétés physiques et chimiques des sols, ce qui permet d'augmenter les rendements des cultures.

Néanmoins, l'épandage des boues ne doit pas se faire sans s'être assuré de leur hygiénisation, de leur stabilisation et de leur maturité. De plus, les boues doivent être exemptes de phytotoxicité, avec des teneurs en métaux lourds (Cu, Zn, Cd, Hg, Cr...) et des teneurs en micropolluants organiques (PCB, HAP...) inférieures aux normes internationales en vigueur.

I. Matériels :

Au cour de la réalisation du projet la de verrerie utilise est :

- Béchers de 100ml,
- Eprouvettes de 5et10ml,
- Fioles de 100ml,
- Verres de montre,
- Pipete de pasteur,
- Lame de Mac master de 0.200mm tiefe/profondeur,

En ce qui concerne l'app areillage, on a utilisé :

- Une étuve,
- Une balance,
- Une centrifugeuse,
- Un microscope,

II. Méthodes :

1. Echantillonnage

Les échantillons de boues ont été prélevés au niveau du filtre a bande de la SETP , les bous sant transportes dan des sacs en plastique.

La boue prélevée est analysée au laboratoire.

En prend une masse de 400g de boue, en l'introduit dans l'étuve a la température de 75⁰C pendant 2h,on detrmine le nombre d'eoufs pare la méthode de ballinger .

En prend plusieurs enchantions et en fait varie la température de l'étuve pour chaque échantillon,l'expirionce et refete à déferante tampérature.

2. Equipement et produits consommables

Réactifs

○ Les réactifs nécessaires sont les suivants: solution de sulfate de zinc (33%, densité 1,18); éther (ou acétate d'éthyle); tampon acéto-acétique (pH 4,5) (15 g d'acétate de sodium trihydraté, 3,6 ml d'acide acétique glacial, complétés à 1 litre avec de l'eaudistillée); solution détergente (1 ml de Triton X-100 ou de Tween 80, complété à 1 litre avec de l'eau destille).

Equipement

Sont nécessaires: des récipients en matière plastique pour la collecte des échantillons; une centrifugeuse réglable jusqu'à 1000 g) et des tubes à centrifuger munis d'un couvercle (de préférence de 50 ml et de 15 ml); des pipettes Pasteur tétinées; des lames McMaster pour numération (1 ou 2); un agitateur vibrant, type Vortex (non absolument essentiel); une pompe à main (siphon); une éprouvette graduée de 10 ou de 50 ml ou une pipette graduée de 10 ml.

III. Mode opératoire détaillé

La méthode de balinger donne d'excellents résultats avec des eaux résiduaires brutes.

1. 150mg de boue sont tamisés jusqu'à l'obtention d'une taille de ($400\mu\text{m}$) puis homogénéisés avec 200ml d'eau du robinet chaude à 50°C , après une étape de sédimentation d'une nuit, retire délicatement le surnageant (sans agiter le sédiment), Transférer la totalité du sédiment dans un tube à centrifuger. Rincer les parois du flacon avec 30ml d'eau, joindre cette eau de rinçage au sédiment.

2. Eliminer le surnageant. Si l'on a utilisé à l'étape précédente plusieurs tubes à centrifuger, réunir tous les culots dans un seul tube (ne pas oublier de rincer soigneusement avec une solution détergente pour être sûr que le sédiment soit recueilli en totalité) et recentrifuger à 1000 g pendant 15 min.

3. Mettre le culot de centrifugation en suspension dans son volume de tampon acéto acétique a PH 4,5 (autrement dit, si le volume du culot est de 2 ml, ajouter 2 ml de tampon). Toutefois, si le culot a un volume inférieur à 2 ml, compléter à 4 ml avec le tampon afin qu'après extraction par l'acétate d'éthyle (étapes 4 et 5) il reste une quantité suffisante de tampon au-dessus du culot pour qu'on puisse éliminer la couche d'acétate d'éthyle en inclinant le tube sans risquer de remettre le culot en suspension.

4. Ajouter deux volumes d'acétate d'éthyle ou d'éther et mélanger soigneusement la solution au moyen d'un agitateur vibrant type Vortex. On peut aussi agiter, ce qui est parfaitement admissible à défaut d'un agitateur mécanique **Figure II 2**.



Figure II 2 : L'homogénéisation de l'échantillon peut se faire à l'aide d'un agitateur vibrant, type vortex,

Matérielles et méthode

5. Centrifuger à 1000 g pendant 15 min. L'échantillon comporte alors trois phases distinctes. Tous les débris lourds de nature non grasseuse, notamment les œufs et larves d'helminthes et les protozoaires, sont rassemblés dans la couche inférieure. Au-dessus se trouve le tampon, qui doit être clair. Les matières grasses et autres ont migré dans l'acétate d'éthyle ou l'éther et forment un bouchon épais de couleur foncée au sommet de l'échantillon.

6. Noter le volume du culot de centrifugation contenant les œufs, puis éliminer le reste du surnageant en une seule fois en inclinant le tube avec précaution (**Figure II 3**). Il faut parfois commencer par détacher le bouchon grasseux de la paroi du tube à centrifuger avec une aiguille fine.



Figure II 3 : Après rejet du surnageant, seul subsiste le culot de centrifugation.

7. Remettre le culot en suspension dans 5 fois son volume de solution de sulfate de zinc (par exemple, pour un culot de 1 ml, ajouter 5 ml de ZnSO₄). Noter le volume du produit final (X ml) (**Figure II 4**). Mélanger soigneusement, de préférence à l'aide d'un agitateur vibrant, type Vortex. A noter qu'il faut au moins 1,5 ml pour remplir une lame McMaster à deux cellules.



Figure II 4 : Le culot, de 1 ml dans cet exemple, est remis en suspension dans 5 fois son volume de solution de zinc.

8. Prélever rapidement une fraction avec une pipette Pasteur et la déposer sur une lame McMaster en vue de l'examen final (**figure II 5**).

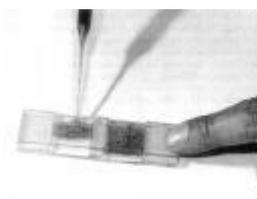


Figure II 5 : Remplissage d'une lame McMaster, en évitant la formation de bulles d'air.

Matérielles et méthode

9. Laisser reposer la lame McMaster remplie sur une surface plane pendant 5 min avant de l'examiner. Cela laisse le temps à tous les œufs de venir flotter à la surface.

10. Placer la lame McMaster sur la platine d'un microscope et l'examiner au grossissement 10x ou 40x. Compter tous les œufs visibles à l'intérieur du micromètre dans chacune des cellules de la lame McMaster. Pour plus de précision, répéter la numération dans deux lames, ou de préférence trois, et noter le nombre moyen trouvé.

11. Calculer le nombre d'œufs par litre à l'aide de la formule ci-dessous:

$$N = AX/PV$$

où:

N = nombre d'œufs par litre d'échantillon

A = nombre d'œufs comptés sur la lame McMaster ou moyenne des nombres trouvés dans deux ou trois lames

X = volume du produit final (ml)

P = Contenance de la lame McMaster (0,3 ml)

V = volume de l'échantillon initial (litres).

Ne pas oublier que, si l'on utilise une lame McMaster à une seule cellule, $P = 0,15$ ml

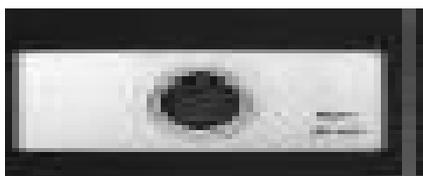


Figure II 6 : Lame McMaster du nouveau modèle: un volume de 0,15 ml est emprisonné sous l'unique micromètre,

Techniques de laboratoire de base

Les références bibliographiques

- [1]**Tamrabet L., Bouzerour H., Kribba M et Makhlouf M., 2009.** The effect of sewage sludge application on durum wheat (*Triticum durum*). *Int. J. Agric. Bio.*, 11: 741-745.
- [2]**Zekad M. 1982** .Etude de la dynamique de la teneur en métaux dans un sol brun lessivé après utilisation des résidus urbains. Thèse de doctorat pp. 31-66.
- [3]**ANRED ,R. 1982** .La valorisation agricole des boues de la station d'épuration. Cahier technique, 7-63 p.
- [4]**Sbih M. 1990** .Etude de la biodegradation des boues résiduaires de station d'épuration: effet pour la biodisponibilité du phosphore pour le vegetal. Mémoire DAA. INAPG et INRA Grignon 39 p.
- [5]**Singh, K.P., Mohan, D., Sinha S., Dalwani, R., 2004.** Évaluation de l'impact des substances toxiques des eaux usées traitées / non traitées rejetées par les usines de traitement des eaux usées sur la santé, de l'agriculture et de la qualité de l'environnement dans la zone d'évacuation des eaux usées. *Chemosphere*, 55, 227–255.
- [6]**Warman, P.R., Termeer, W.C.** Évaluation des boues d'épuration, des déchets septiques et les boues d'épuration applications de compost au maïs et fourrage: rendements et N, P, K et le contenu des cultures et des sols. *Bioresour. Technol.*, in press.
- [7]**Alloway, A. 1995.** Les métaux lourds dans les sols. Edition Blackie Academic & Professional, 368 p.
- [8]**Lega, R., Ladwig, G., Meresz, O, Clement, R.E., Crawford, G., Salemi, R., Jones, Y., 1997.** La détermination quantitative des polluants prioritaires organiques dans les boues d'épuration par GC / MS. *Chemosphere*, 34, 1705-1712.
- [9]**Klöpffer, W., 1996.** L'évaluation des risques environnementaux des produits chimiques et des produits. Partie V. Chimiques anthropiques dans les boues d'épuration. *Chemosphere*, 33, 1067-1081.
- [10]**Sahlström, L., Aspan, A., Bagge, E., Tham M.L.D., Albihn, A., 2004.** Bactériennes pathogènes dans les boues d'incidence des suédoises stations d'épuration. *Recherche sur l'Eau*, 38, 1989-1994.
- [11]**Ecrin, 2000.** Que faire des boues ? (What doing with sludge?), Club Environnement et société. December 2000 - www.ecrin.asso.fr.
- [12]**Garrec, N., Picard-Bonnaud, F., Pourcher, A.M., 2003.** Présence de *Listeria* sp. et *L. monocytogenes* dans les boues d'épuration utilisées pour l'épandage: Effet de la déshydratation, de chaulage et de stockage dans le réservoir sur la survie des espèces de *Listeria*. *FEMS Immunol. Med. Microbiol.*, 35, 3, 275-28.
- [13]**O.T.V, 1997.** Traiter et valoriser les boues. Collection OTV, N° 2, 457 p.

Les références bibliographiques

- [14] **Nicourt C. et Barbner R., 2009.** Boues des villes et boues des champs. Le sol, dossier INRA, janvier 2009 : 118-119.
- [15] **Benmouffok A., 1994.** Caractérisation et valorisation agricole des boues résiduaires de Draa Ben Khedda (Algérie). Cahiers Agricultures 1994 ; 3 : 295-299.
- [16] **Ouanouki B., Abdellaoui N. et Ait Abdellah N., 2009.** Application in agriculture of treated waste water and sludge from a treatment station. Eur. J. of Sci. Research. ISSN 1450-216 X vol. 27 N° 4: 602-619.
- [17] **Aït Hamou R. et Boulahbal O., 1998.** Etude de l'effet dose de boues résiduaires sur un sol agricole. Revue « Recherche Agronomique » N° 2 : 37-42.
- [18] **Benterrouche I., 2007.** Réponse écophysiological d'essences forestières urbaines soumises à une fertilisation avec les boues d'épuration. Mémoire de magistère en écologie et environnement. Fac. Sci. Nat. Vie. Univ. « Mentouri », Constantine, 178 p.
- [19] **Girard M.C., Walter C., Rémy J.C., Berthelin J. et Morel J.L., 2005.** Sols et environnement. Chapitre 11 : recyclage de déchets sur les sols, valeur agronomique et impacts environnementaux : 262-281.
- [20] **ADEME., 2001 -** Les boues d'épuration municipales et utilisation en agriculture.
<http://www.ademe.fr/collectivites/Dechets-new/mots-chiffres/chiffres-cles/dec.pdf>
- [21] **Le Bissonnais Y., 2009.** Effets bénéfiques des composts de boues sur la stabilité du sol. Magazine de bout en boues N° 14, décembre 2009.
- [22] **Korboulewsky N., Masson G., Massiani C. et Prone A., 2001.** Effets d'un rapport de compost de boues de station d'épuration dans un sol d'un vignoble du sud de la France. Revu. Etude et gestion des sols, vol., 8, 3, 2001 : 203-210.
- [23] **Dudkowski A., 2000.** L'épandage agricole des boues de station d'épuration des eaux usées urbaines. INRA-ME & S. 96 p.
- [24] **Capowiez Y., 2009.** Effets bénéfiques des composts de boues sur les vers de terre. Magazine de bout en boues N° 14, décembre 2009.
- [25] **N'Dayegamiye A., Drapeau A. 2009.** Influence de la nature des fertilisants apportés sur la dynamique de la structure et les teneurs en carbone et en substances humiques pour un loam argileux Sainte-Rosalie. Agro-sol. vol. 20, N° 1 : 16-22.
- [26] **Scheiner J.D., 2005.** Spéciation du carbone, de l'azote et du phosphore de différentes boues de station d'épuration au cours de leurs incubations contrôlées dans deux types de sol. Thèse de doctorat en agronomie de l'Institut National Polytechnique de Toulouse. 218 p.
- [27] **Morel C., 2009.** Les boues véritables engrais phosphates. Magazine de bout en boues N° 14, décembre 2009.
- [28] **Lemercier B., 2002.** L'écosystème Sol. Revu, techniques culturels simplifiées N° 20 : 8-22.

Les références bibliographiques

[29] **Mémento de l'agronome, 1993.** Agriculture générale, Agriculture spéciale. Collection techniques rurales en Afrique : 9-1015.

[30] **INRA Maroc, 1997.** Aliments grossiers : fourrages verts (maïs fourrager). Fiche technique du maïs fourrager, 2p.

[31] **Juste C. et Solda P., 1977.** Effets d'application massive de boues de station d'épuration urbaines en monoculture de maïs. Bulletin A.F.E.S (France), N° 3 : 147-157.

[32] **Aït Mbarek K., 2010.** La valorisation des boues de la station d'épuration des eaux usées de la ville de Marrakech. Mémoire professionnel (niveau M), Ecole National du Génie de l'eau et de l'environnement de Strasbourg.

[33] **Pommel B., 1979.** La valorization agricole des déchets. Publication : INRA, Bordeaux, France. 70 p.

[34] **Palm C.A., Mayers J.K. et Nandwa S.M, 1997.** Combined use of organic and inorganic nutrient sources, for soil fertility maintenance and replenishing soil fertility in Africa. SSSA, Special publication N° 51: 193-217.

UNIVERSITE DE BLIDA 1



Faculté de technologie

Département de génie des procédés

**Mémoire de fin de formation pour l'obtention du diplôme
de master en génie des procédés**

Spécialité : Eau environnement et développement durable

Thème

*Valorisation agricole des boues résiduelles de la STPE de béni messous
(w.d'alger)*

Réalisé par :

FERHANI Ramdane

Proposé et dirigé par:

Mr: AOUABED Ali

Blida, décembre 2014