

UNIVERSITE SAAD-DAHLEB BLIDA

Faculté des sciences de l'ingénieur
Département des sciences de l'Eau et de l'Environnement

MEMOIRE DE MASTER

Filière : hydraulique
Spécialité : science de l'eau

THEME :

**Contribution à la caractérisation et à l'élimination des boues de la
station d'épuration des eaux usées urbaines
de Beni-Messous (Wilaya d'Alger)**

Présenté par :

M^{elle} : MEZIANE Naima

Devant le Jury composé de :

Mr BENSAFIA .H	M Assistant	UB	Président
Mr BESSENESSE. M	M de conférence	UB	Examineur
Mr KHOULI .R	M Assistant U B		Examineur
Mr BOUIKNI	M de conférence	UB	Examineur
M ^{me} ANSER. M	M Assistante	U B	Promotrice

Promotion 2010-2011



Dédicaces :

Je dédie ce modeste travail à tous ceux que j'aime mais surtout :

A mes parents qui ont toujours été les étoiles de mon ciel et ont illuminé mon chemin depuis ma naissance, je ne les remercierai jamais assez (maman et papa que Dieu me les garde);

A mon futur mari qui est toujours avec moi et à mes cotes .

Aux âmes nobles de mes grands- mère et, que Dieu leur soit clément ;

A mes grands-mère paternelle que Dieu les garde ;

A mes frères etmes sœurs;

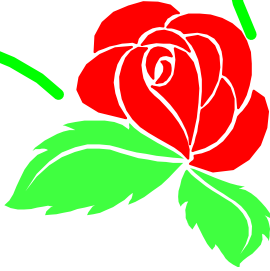
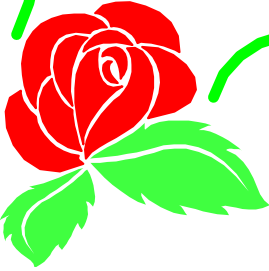
A toute ma famille (naima , mes oncles, mes tantes, mes cousines salema et ibtissem, Et mes cousins...);

A mes amis : kenza, fati, amel, aida ,fatima, soumia, amina, asmaa, et

A toute ma promotion 2011 sans exception ;

A tout les enseignants qui m'ont accompagné durant mes études ;

A toute personne utilisant ce document pour un bon usage.





Dédicaces :



Je dédie ce modeste travail à tous ceux que j'aime mais surtout :

A mes parents qui ont toujours été les étoiles de mon ciel et ont illuminé mon chemin depuis ma naissance, je ne les remercierai jamais assez (maman et papa que Dieu me les garde);

A mon futur mari qui est toujours avec moi et à mes cotes.

Aux âmes nobles de mes grands- mère et, que Dieu leur soit clément ;

A mes grands-mères paternelle que Dieu les garde ;

A mes frères et mes sœurs;

A toute ma famille (Naima, mes oncles, mes tantes, mes cousines salema et ibtissem, Et mes cousins...);

A mes amis : kenza, fati, amel, aida, fatima, soumia, amina, asmaa, et

A toute ma promotion 2011 sans exception ;

A tout les enseignants qui m'ont accompagné durant mes études ;

A toute personne utilisant ce document pour un bon usage.





Remerciements:

Je remercie Dieu le tout puissant, pour m'avoir donné la santé, le courage et la volonté d'étudier et pour m'avoir permis de réaliser ce modeste travail dans les meilleures conditions.

J'aimerais exprimer ma gratitude pour la patience, le soutien et l'aide qu'a pu m'apporter ma promotrice M^{me} : ANSER Malika.

Mes remerciements également à :

Madame Louhab directrice au service d'assainissement de la SEAAAL de son aide ;

Tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce travail ;

Tous les enseignants qui ont contribué à ma formation du primaire jusqu'au cycle universitaire ;

Aux membres du jury qui me feront l'honneur d'examiner mon travail.

Enfin un grand merci tout spécial à ma famille, à mes parents qui m'ont permis de poursuivre mes études, et mon futur mari, et à mes frères et à ma sœur, ainsi qu'à tous mes amis qui n'ont cessé de me soutenir et de m'encourager au cours de mes années d'études et de m'avoir plus d'une fois remonté le moral. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde reconnaissance.



ملخص:

إن الهدف من هذه الدراسة هو القضاء على الطمي الناتج عن محطة تصفية مياه الصرف الصحي لبني مسوس. لقد بينت الدراسة النظرية أن تقنيات كب و حرق هذا الطمي هي غير فعالة هذا على خلاف الاستعمال الزراعي (الفلاحي) له و الذي يعتبر أكثر فعالية حيث يمنحنا تكنولوجيا خضراء تسمح بتحويل الطمي إلى أسمدة عضوية. أظهرت المميزات الفيزيوكيميائية و الكيميائية للطمي الناتج عن محطة تصفية مياه الصرف الصحي لبني مسوس خلال فترة 3 سنوات من 2008 إلى غاية 2010 أن هذا الأخير يمكن استخدامه في المجال الزراعي. في الواقع إن غنى هذا الطمي بالمواد العضوية، الكربون و الأزوت (النسبة كربون/أزوت هي 6.01) ، بالإضافة إلى العناصر النزرة تشير إلى أنه يمكن اعتبار هذا الطمي بمثابة سماد حيواني. إذ مستويات المعادن الثقيلة و المكونات المهجرية لهذا الطمي لا تتجاوز المعايير المحددة للاستعمال الزراعي. من جهة أخرى يحتوي هذا الطمي على كمية قليلة من البوتاسيوم.

الكلمات الدالة : طمي، مميزات، استخدام زراعي، المعادن الثقيلة، السماد الحيواني.

Résumé :

L'objectif de notre travail est l'élimination des boues résiduaires urbaines de la STEP de Beni-Messous, l'étude bibliographique a pu montrer que la mise en décharge et l'incinération des boues s'avèrent des techniques peu valorisantes, par contre la valorisation agricole constitue une technologie verte permettant de transformer les boues en amendements organique, la caractérisation physico-chimique et chimiques des boues de la STEP de Beni-Messous sur une période de trois années , de 2008 à 2010 , a permis de montrer que ces boues sont valorisable en agriculture .

En effet, une richesse dans la teneur en matière organique, en carbone et en azote ; soit un rapport de C/N de 6.01, et une richesse en oligo-éléments, indiquent que ces boues peuvent être considérés comme un fumier de ferme, les teneurs en métaux lourds et en micropolluants dans les boues de la STEP de Beni- Messous ne dépassent pas les normes dans le cas d'une valorisation agricole, par contre, ces boues urbaines sont pauvres potassium.

Mots clés : boues résiduaires, caractérisation, valorisation agricole, métaux lourds, fumiers de ferme.

Summary:

The aim of our work is the removal of sludge from the city of STEP Beni- Messous.

The literature review has been shown that the landfill and incineration of sludge techniques proved unrewarding, for agricultural use is against a green technology that transforms organic sludge amendment.

Characterization of physico-chemical sludge and chemical sludge from the WWTP of Beni-Messous over a period of three years from 2008 to 2010, has shown that the sludge application in agriculture.

Indeed, rich in organic matter, carbon and nitrogen, a ratio of C / N of 6.01, and a wealth of trace elements indicate that the sludge can be considered as farmyard manure, the levels of heavy metals and micropollutants in the sewage sludge of Beni-Messous do not exceed the norms in the case of an agricultural use.

By cons, these are poor urban sludge potassium.

Keywords: sludge, characterization, agricultural use, heavy metals, animal manure.

Sommaire

Résumé	
Liste des tableaux.....	
Liste des figures.....	
Liste des photographies.....	
Introduction générale.....	

Partie I : Synthèse bibliographique

Chapitre I	caracterisation des boues résiduaires urbaines
-------------------	---

I.1. Introduction.....	1
I.2. origine des boues	1
I.2.1. Traitement physiques	2
I.2.2. Traitement biologique	2
I.2.3. traitement physico-chimique	6
I.3. Propriétés des boues.....	7
I.3.1 Propriétés physiques	7
I.3.2 propriétés chimiques	9
I.3.3 propriétés biologiques	10
I.4. Influence de la nature de l'effluent et du mode de traitement.....	12
I.4.1 Origine de l'effluent.....	12
I.4.2 Influence du mode de traitement sur la composition des boues.....	14
I.5. Traitement des boues	17
I.5.1. L'épaississement.....	16
I.5.2. La stabilisation.....	17
I.5.3. le conditionnement	19
I.5.4 la déshydratation	19

Conclusion.....	20
-----------------	----

Chapitre II

élimination des boues et possibilité de valorisation

II.1. Introduction	21
II.2. Mise en décharge	21
II.3. Incinération	22
II.4. Injection dans le sol.....	23
II.5. Récupération d'énergie	23
II.6. Valorisation agricole	24
Conclusion	30

Chapitre III

valorisation agronomique des boues résiduaires urbaines

III.1.Introduction	31
III.2 composition chimique et valeurs fertilisantes des boues urbaines par comparaison au fumier de ferme	31
III.2.1 Composition des boues.....	32
III.3 Conditions et modalités d'adaptation des boues en agriculture.....	37
III.3.1Caracterisation des boues aptes à un usage agricole.....	35
III.3.2 Doses d'apport des boues d'épuration	39
III.3.3 Choix des systèmes de culture.....	39
III.4 Contraintes liées à la valorisation agricole des boues	40
III.5 Epandage des boues :.....	41
III.6 Valorisation agricole des boues en Algérie.....	44

Partie II : Exploitation des résultats d'analyses

Chapitre I

présentation de la STEP de Beni_Messouss

I.1. Introduction.....	47
I.2. présentation de la STEP de Beni-Messous.....	47
I.2.1 situation géographique	47
I.2.2 réalisation de la STEP (historique)	47
I.2.3 données de base (débit, pollution, DBO ₅ , MES...)	48

1.2.4 principe du traitement et description des ouvrages (traitement des eaux, traitement des boues).....	50
---	----

Chapitre II

caractérisation et proposition d'élimination des boues

II.1.Introduction.....	64
II.2.caractérisation des boues déshydratées.....	64
II.2.1.matières sèches (siccité)	64
II.2.2 résidu calciné à 550°C	64
II.2.3 le pH.....	64
II.2.4 carbone organique total	65
II.2.5 Eléments majeurs.....	65
II.2.6 Composés traces organiques.....	65
II.3 Exploitation des résultats d'analyses.....	66
II.3.1 Paramètres physico-chimique.....	67
1. Le pH	67
2. La siccité et humidité	67
3. La teneur en eau des boues	68
4. Teneur en matières volatiles(ou matière organiques)	68
5. Teneur en carbone organique total(COT).....	69
II.3.2 les éléments traces	70
1. Le Zinc (Zn).....	70
2. Le Mercure (Hg).....	71
3. Le Nickel (Ni).....	72
4. Le Cadmium (Cd).....	73
5. Le Cuivre (Cu).....	74
6. Le Chrome (Cr).....	75
7. Le Plomb (Pb).....	76
8. La somme Cr +Cu+Ni+Zn.....	77
II.3.3 les oligo-éléments	78
1. Le Cobalt (Co).....	78
2. Le Manganèse (Mn).....	79
3. Le Fer (Fe).....	80
4. Le Molybdène (Mo).....	81
5. Le Bore (Bo).....	82
II.3.4 les éléments à valeurs agronomiques.....	83
1. Azote et composés azotés.....	83
2. Composés phosphorés (P ₂ O ₅).....	85
3. Potassium (K ₂ O).....	86
4. Les éléments minéraux(Ca, Na et Mg).....	87
II.3.5 Composés traces organiques	88
1. Polychloro Biphéyles (PCB).....	88
2. Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques(HAP).....	89

<i>II.4 Epannage des boues</i>	92
<i>conclusion</i>	93
<i>Conclusion générale</i>	
<i>Références bibliographiques</i>	
<i>Annexes</i>	

INTRODUCTION

Les stations d'épuration des eaux usées urbaines ont pour rôle d'éliminer la pollution contenue dans les effluents domestiques avant leur rejet dans le milieu naturel.

Contrairement aux pays développés, une grande partie des eaux usées en Algérie sont déversées dans le milieu naturel sans épuration.

Néanmoins, ces dernières années, la croissance de la demande en eau pour la consommation humaine, industrielle, agricole et les sécheresses répétées qui sévissent en Algérie, ont sensibilisé les décideurs pour épurer les eaux et considérer ces eaux comme une ressource hydrique appréciable.

Quelque soit le système d'épuration adopté, le traitement des eaux usées s'accompagne d'une production de quantités de boues non négligeables. En Algérie, la production maximale de boues des stations d'épuration à moyen terme (construction ou extension de STEP déjà entamée ou prévue à court terme) Correspond à plus de 228000 tonnes par an (146000 m³/an). (Dezenclos, 2010)

Plusieurs filières existent pour l'élimination de ces boues, mais le choix doit être tributaire du coût des installations, de l'origine des boues, et de l'impact sur l'environnement.

D'un point de vue réglementaire, on retient que l'Algérie ne dispose pas, pour l'heure, de réglementation spécifique à l'élimination ou à la valorisation des boues de station d'épuration. (Dezenclos, 2010)

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

L'incinération de boues à un coût élevé et présente un risque lié à l'impact de gaz toxiques sur l'environnement tel que celui de la dioxine (ADEME, 1999).

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 (ADEME, 2001 ; Aubain et al, 2002 ;Prevot, 2000 ;Cités par Amir ,2005).

En Algérie, l'utilisation des boues en agriculture est à l'état embryonnaire, elle se résume à l'initiative de quelques agriculteurs, mais aucune organisation n'existe jusqu'à présent.

Donc, face à ce problème d'élimination des boues des STEP, nous nous sommes intéressés au devenir des boues résiduelles de la STEP de Beni-Messous.

Pour mener à bien notre étude, nous avons divisé notre mémoire en deux parties :

- Synthèse bibliographique sur la caractérisation des boues résiduelles urbaines, leurs éliminations et leurs possibilités de valorisation.
- Exploitation des résultats d'analyses des boues de la STEP de Beni-Messous, et une proposition d'élimination de ces boues résiduelles.

Notre travail sera achevé par une conclusion générale.

Liste des tableaux :

Partie I : Synthèses bibliographiques

Tableau I.1 : teneurs en métaux lourds des boues de station d'épuration.....	13
Tableau I.2 : tableau comparatif des boues urbaines et des boues laiterie.....	14
Tableau I.3 : Composition des boues en fonction du types de traitement.....	15
Tableau I.4 : Composition comparée des boues floculées et des boues non floculées.....	16
Tableau III.1 : composition des déchets.....	32
Tableau III.2 : Composition générale des boues d'épuration.....	34
Tableau III.3 : composition des boues en métaux lourds de Baraki.....	36
Tableau III.4 : Teneurs limites en élément traces dans les boues fixées par la norme AFNOR (U44041, 1985).....	38
Tableau III.5 : Teneurs limites en éléments traces dans un sol pour épandage de boues fixées par la norme AFNOR (U44041, 1985).....	38
Tableau III.6 : valeurs limites de concentration en éléments à valeurs agronomique dans les boues destinées à l'épandage en agriculture.....	39

Partie II : Exploitation des résultats

Tableau I.1 : Débits à l'entrée de la STEP de Beni-Messous.....	48
Tableau I.2 : Charges polluantes de la STEP de Beni-Messous.....	49
Tableau I.3 : Qualité de l'effluent rejeté par la STEP de Beni-Messous.....	50
Tableau I-4 : temps de séjour dans le décanteur primaire	

de la STEP de Beni-Messous.....	56
Tableau I.5 : dimensions des Bassins d'aération de la STEP de Beni-Messous.....	57
Tableau I.6 : dimensions de l'épaisseur de la STEP de Beni-Messous.....	60
Tableau I.7 : Dimensions des Bassins de stabilisation de la STEP de Beni-Messous.....	61
Tableau II.1 : résultats d'analyse des éléments minéraux (Ca, Na, et Mg) de la boue de Beni Messous.....	89
Tableau II.2 : résultats d'analyse des 7 PCB dans les boues de Beni Messous.....	90
Tableau II.3 : résultats d'analyse des HAP des boues de Beni- Messous.....	91

Liste des Figures :

Partie I : Synthèses bibliographiques

Figure I.1 : Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées.....	2
Figure I.2 :schéma de fonctionnement d'un lit bactérien.....	3
Figure I.3 : schéma de fonctionnement d'un disque biologique.....	5
Figure II.1 : Boues Urbaines en Europe.....	27
Figure II.2 : modes d'élimination des boues urbaines en Europe(1998).....	28
Figure II.3 : modes d'élimination des boues urbaines en Europe(2005).....	28
Figure II.4 : les modes d'élimination des boues urbaines U.S.A (2005).....	29
Figure III.4 :répartition des cultures utilisant les boues sur la Wilaya d'Alger.....	46

Partie II : Exploitation des résultats

Figure II.1 : la teneur en siccité des boues de la STEP de Beni-Messous.....	69
Figure II. 2 : la teneur en eau des boues de la STEP de Beni-Messous.....	69
Figure II.3 : la teneur en matière organique des boues de la STEP de Beni-Messous.....	71
Figure II.4 : la teneur en ZINC (Zn) des boues de la STEP de Beni - Messous.....	72
Figure II.5 : la teneur en mercure(Hg) des boues de la STEP de Beni-Messous.....	73
Figure II-6 : la teneur en Nickel (Ni) des boues de la STEP de Beni-Messous.....	74
Figure II.7 : la teneur en cadmium (Cd) des boues de la STEP de Beni-Messous.....	75
Figure II.8 : la teneur en cuivre (Cu) des boues de la STEP de	

Beni-Messous.....	76
Figure II.9 : la teneur en chrome (Cr) des boues de la STEP de Beni-Messous.....	77
Figure II.10 : la teneur en plomb(Pb) des boues de la STEP de Beni-Messous.....	78
Figure II.11 : la teneur en Cr+Cu+Ni+Zn des boues de la STEP de Beni-Messous.....	79
Figure II.12 : la teneur en cobalt (Co) des boues de la STEP de Beni-Messous.....	80
Figure II.13 : La teneur en manganèse(Mn) des boues de la STEP de Beni-Messous.....	81
Figure II.14 : la teneur en fer (Fe) des boues de la STEP de Beni-Messous.....	82
Figure II.15 : la teneur en Molybdène (Mo) des boues de la STEP de Beni-Messous.....	83
Figure II.16 : la teneur en Bore (Bo) des boues de la STEP de Beni-Messous.....	84
Figure II.17 : Etude de la valeur agronomique des boues.....	87
Figure II.18 : comparaison des éléments fertilisants majeurs.....	88

Liste des Photographiques :

Partie I : Synthèses bibliographiques

Photo I.1 : Stabilisation biologique anaérobie.....	18
Photo I.2 : Déshydratation des boues par filtre à bande.....	20
Photo III.1 : Épandage de fumier de poules.....	42
Photo III.2 : compostage mixtes des boues.....	43
Photo III.3 : Valorisation agronomique après traitement.....	43

Partie II : Exploitation des résultats

Photo I.1 : Vue d'ensemble de la STEP de Beni- Messous.....	50
Photo I.2 : Dégrillage grossier de la STEP de Beni-Messous.....	53
Photo I.3 : Dégrillage fin de la STEP de Beni-Messous.....	54
Photo I.4 : Décanteurs primaires de la STEP de Beni-Messous.....	56
Photo I.5 : Décanteur secondaire de la STEP de Beni-Messous.....	59
Photo I.6 : Bassins de stabilisation des boues de la STEP de Beni-Messous.....	62
Photo I.7 : Déshydratation mécanique des boues de la STEP de Beni-Messous.....	63

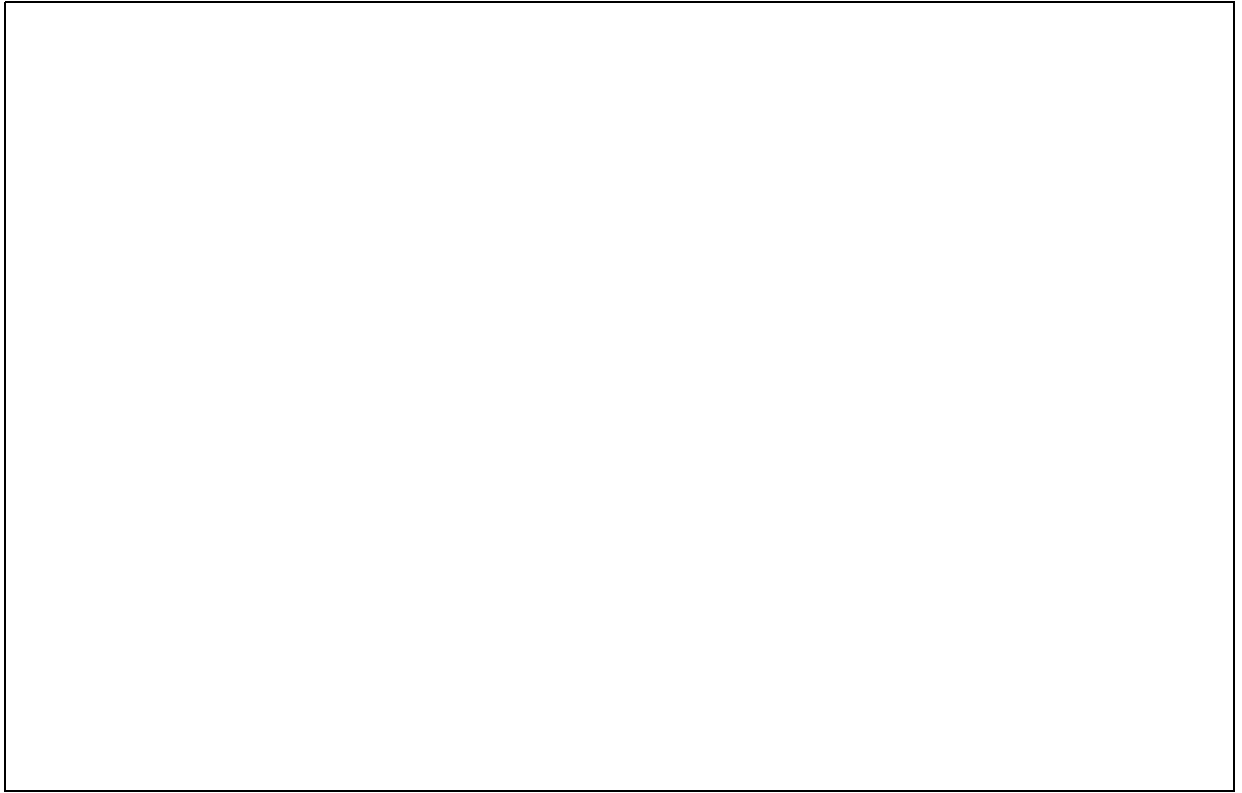
Liste des Photographiques :

Partie I : Synthèses bibliographiques

Photo I.1 : Stabilisation biologique anaérobie.....	18
Photo I.2 :Déshydratation des boues par filtre à bande.....	20
Photo III.1 : Épandage de fumier de poules.....	42
Photo III.2 : compostage mixtes des boues.....	43
Photo III.3 : Valorisation agronomique après traitement.....	43

Partie II : Exploitation des résultats

Photo I.1 : Vue d'ensemble de la STEP de Beni- Messous.....	50
Photo I.2 : Dégrillage grossier de la STEP de Beni-Messous.....	53
Photo I.3 : Dégrillage fin de la STEP de Beni-Messous.....	54
Photo I.4 : Décanteurs primaires de la STEP de Beni-Messous.....	56
Photo I.5 : Décanteur secondaire de la STEP de Beni-Messous.....	59
Photo I.6 :Bassins de stabilisation des boues de la STEP de Beni-Messous.....	62
Photo I.7 :Déshydratation mécanique des boues de la STEP de Beni-Messous.....	63



I.1. Introduction :

L'épuration des eaux usées consiste à décanter les éléments polluants particuliers et à extraire les éléments dissous qui sont transformés en matière sédimentable suite à un traitement approprié. Ainsi, à la sortie de la station il en résulte d'une part une eau épurée rejetée dans le milieu naturel, et d'autre part, il reste des sous-produits désignés sous le terme des boues résiduaire (Ogada et Werther, 1999; cité par Amir. S. 2005).

Les divers procédés d'épuration des eaux usées actuels entraînent une production plus ou moins importante de boues résiduaire.

I.2. origine des boues :

Les principaux traitements des eaux usées qui sont à l'origine de la production de boues sont :

I.2.1 .Traitement physique :

➤ La décantation :

Qu'elle soit primaire ou secondaire, la décantation est une opération génératrice de boues.

Les boues primaires contiennent une forte proportion de matières organiques (20 à 30%), de matières grasses (6 à 30%) et de celluloses (8 à 15%).

Pour ce qui est des boues secondaires, elles dépendent du traitement des eaux usées. [a]

➤ La filtration :

Comme pour la décantation, la filtration peut être effectuée sur les eaux brutes prétraitées ou bien sur les eaux ayant subi un traitement biologique (ou chimique). [a]

I.2.2. Traitement biologique :

✓ Boues activées :

La séparation de l'eau traitée et de la masse des bactéries (que l'on appelle « boues ») se fait dans un ouvrage spécifique appelé "clarificateur".

Pour conserver un stock constant et suffisant de bactéries dans le bassin de boues activées, une grande partie des boues extraites du clarificateur est renvoyée dans le bassin.

La partie restante de ces boues est dirigée vers les unités de traitement des boues : cette fraction des boues constitue les « boues en excès ». (Figure I.1)

La quantité de boues produites est d'autant plus importante que la charge organique (DBO_5 en $kg \cdot m^3$) est plus grande. (Dia Prosum ; 1971)

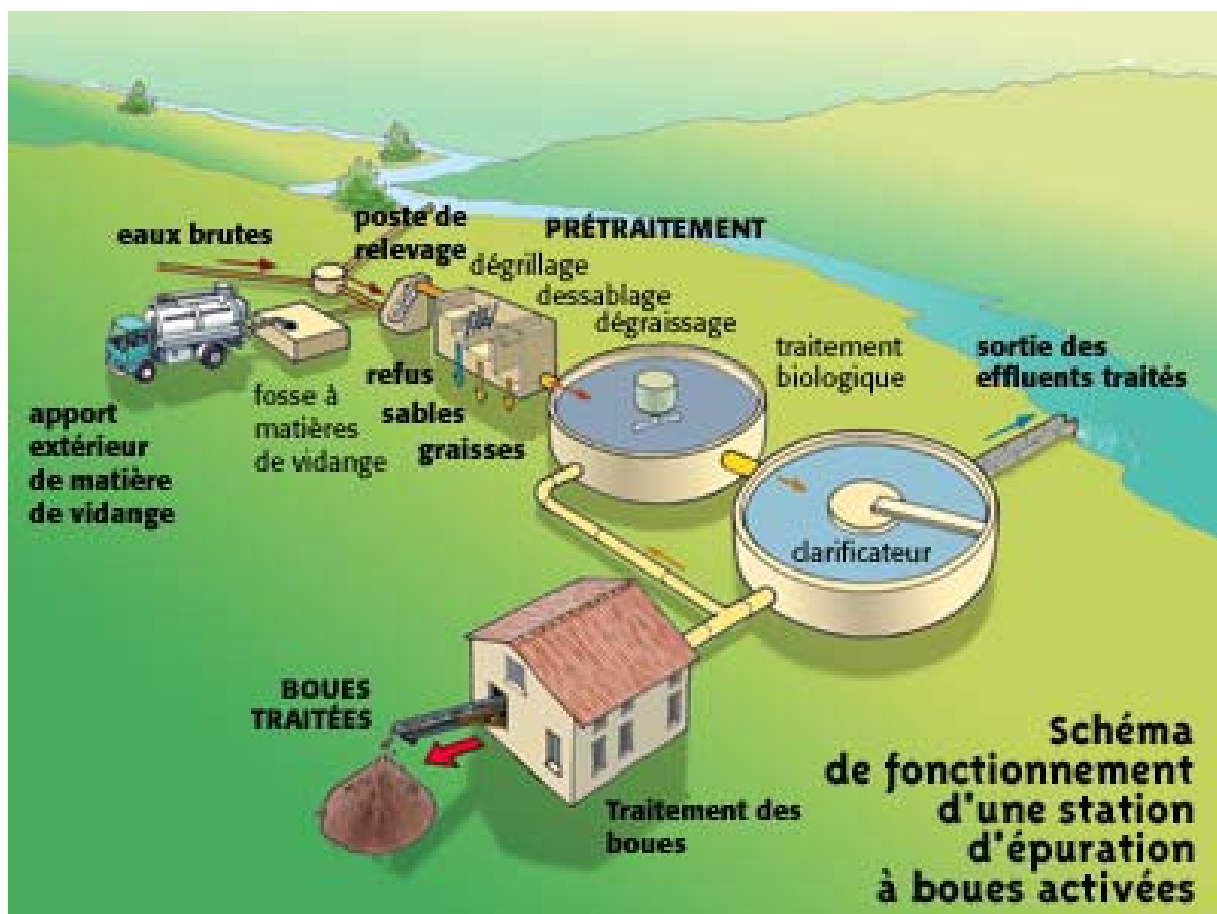


Figure I.1 : Schéma de fonctionnement d'une station d'épuration à boues activées.

(ADEME, 1990)

✓ Lits bactériens :

Le principe de ces procédés consiste à faire percoler l'eau à traiter à travers un matériau sur lequel se développe les bactéries qui constituent alors un biofilm sur ce support. En présence de l'oxygène de l'air, la matière organique contenue dans l'eau est consommée, l'eau épurée est décantée et une partie des boues est recyclée. les boues en excès sont envoyées vers les unités de traitement. (Figure I.2)

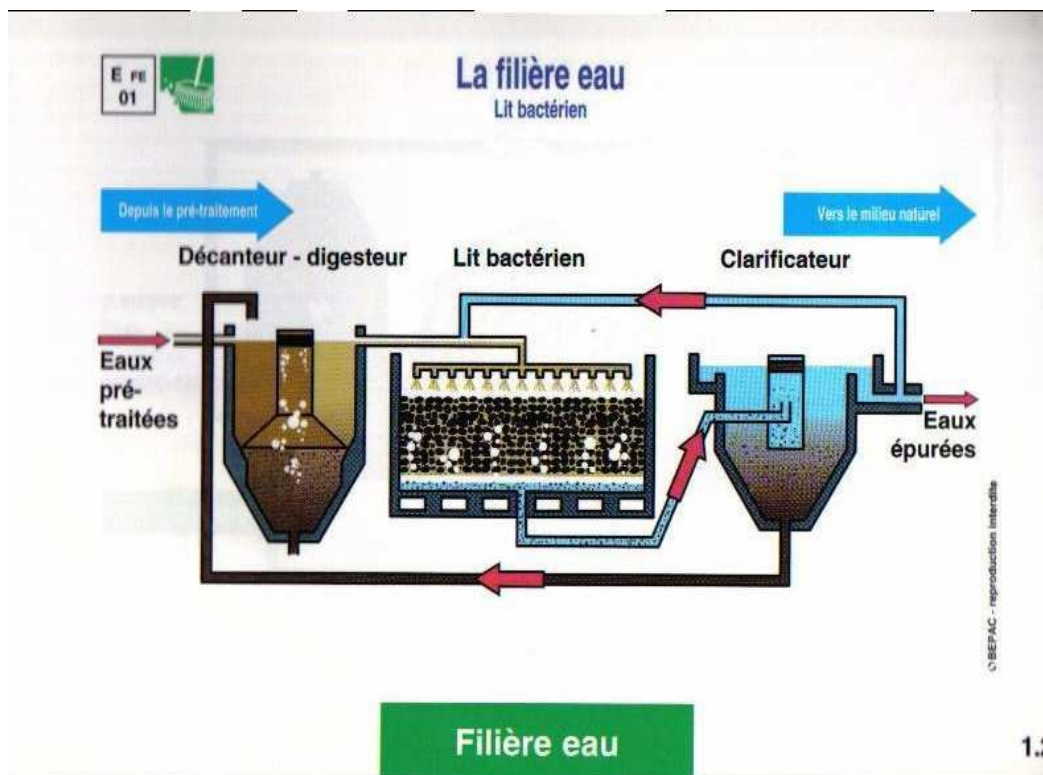


Figure I.2:schéma de fonctionnement d'un lit bactérien [a]

✓ Disques biologiques :

L'eau usée, préalablement décantée, alimente un ouvrage dans lequel des disques fixés sur un axe sont mis en rotation à vitesse lente. Sur ces disques biologiques en plastique se développe alors un film bactérien. Lors de leur émergence, ces bactéries prélèvent l'oxygène nécessaire à leur respiration et lors de l'immersion, elles absorbent la pollution dissoute dont elles se nourrissent.

Dès que le film biologique dépasse une épaisseur de quelques millimètres, il se détache et est entraîné vers le décanteur final où il est séparé de l'eau épurée (Figure I.3).

Les boues ainsi piégées sont renvoyées par pompage périodique vers l'ouvrage de tête pour y être stockées et digérées. Les boues en excès sont envoyées vers les unités de traitement. [a]

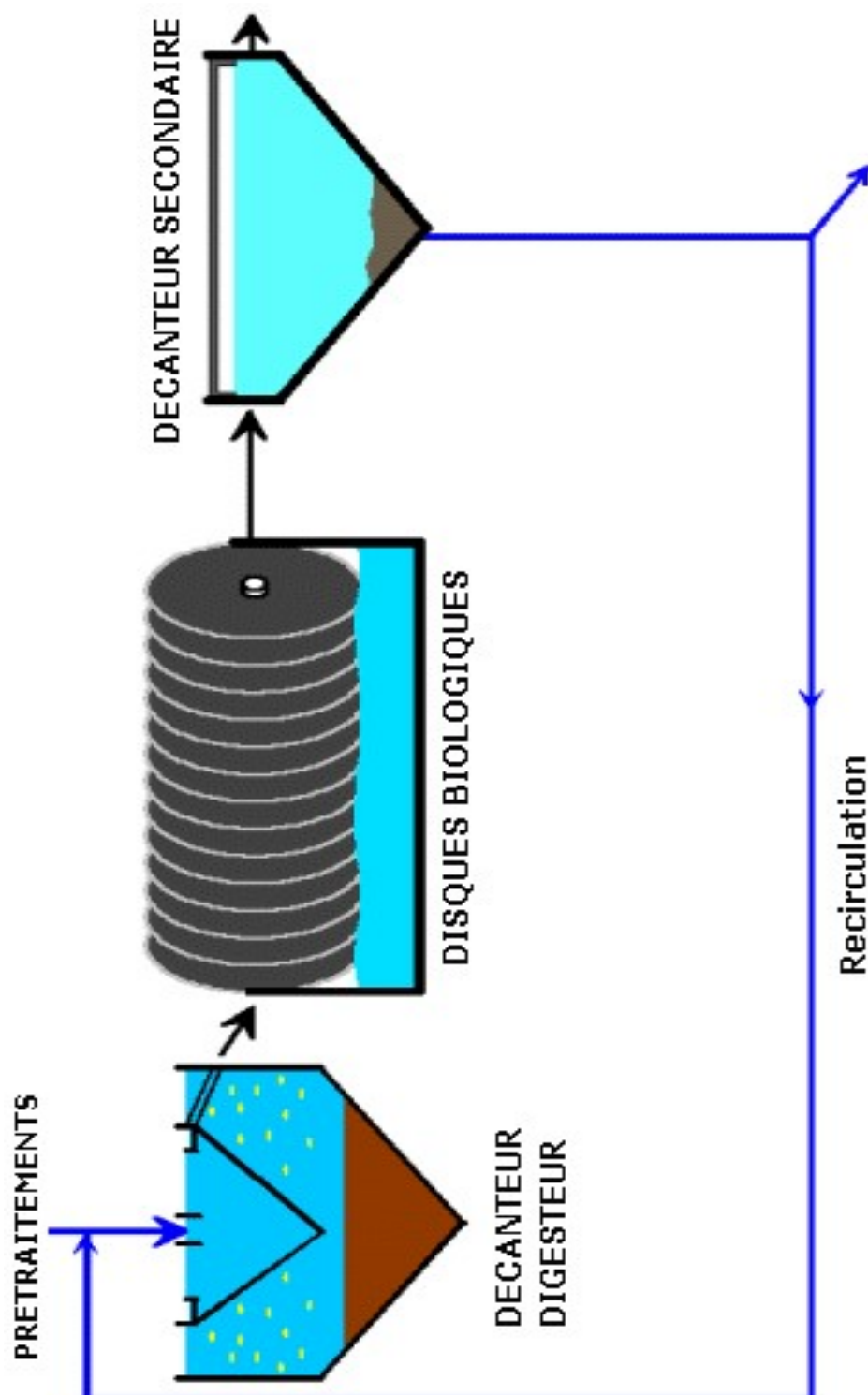


Figure I.3 : schéma de fonctionnement d'un disque biologique [a]

✓ **Lagunage :**

Le lagunage est un traitement produisant peu de boues car la charge est faible et la surface est importante.

Par conséquent, la collecte des boues peut n'avoir lieu que tous les cinq ans. Le lagunage aéré ou chenaux d'oxydation sont à rapprocher des boues activées du fait que l'eau est aérée artificiellement et que la production de boues est presque la même. [a]

✓ **Fosse septique**

La fosse septique permet la fermentation anaérobie de l'eau usée familiale d'habitations isolées grâce à un filtre percolateur, l'eau épurée est évacuée vers le milieu naturel et les boues sont conservées dans un réceptacle.

La vidange des boues se fait une fois par an, mais leur traitement pose un problème à cause de leur forte teneur en ammoniac. [a]

✓ **Traitement anaérobie de l'eau :**

Dans les cas des eaux usées urbaines, on utilise une fosse à double étage ; une fermentation méthanique se produit dans la phase supérieure et les eaux épurées sont recueillies dans la phase inférieure pour qu'elles puissent décanter.

Les boues sont récupérées par soutirage. [a]

1.2.3. traitement physico-chimique :

✓ **La floculation :**

La floculation permet l'agglomération des particules neutralisées par la coagulation des flocculant, polymères organiques de synthèse (anioniques neutres ou cationique) piègent dans leur mailles, les petites particules déstabilisées, pour former un floc (Degremont, 1989).

La présence des flocculant augmente le poids et le volume des boues. [a]

✓ La flottation et électroflottation :

Ces procédés consistent à faire monter à la surface de l'eau, les matières en suspension grâce à des bulles de gaz, les boues sont rassemblées à la surface et éliminées par écrémage. (Degremont, 1989)

I.3. Propriétés des boues :

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 pratiqués dans la station d'épuration (Jarde et al, 2003 ; Singh, 2003 ; Werther et Ogada, 1999 ; cités par Amir. 2005).

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).

I.3.1. Propriétés physiques :

Les boues primaires ou secondaires se présentent sous forme de liquide renfermant des particules non homogènes en suspension.

Leur couleur varie du brun au gris et leur odeur est très désagréable.

✓ Teneur en matières sèche ou siccité :

Les boues sont constituées d'eau et de matière sèche . La siccité est le pourcentage massique de matière sèche. Ainsi une boue avec une siccité de 10 % présente une humidité de 90 %.

Elle permet de définir les conditions de traitement, de transport et d'utilisation des boues. (Degremont, 1989)

✓ Teneur en matière volatile :

La matière volatile donne une indication sur le pouvoir calorifique de la boue en cas d'incinération ; elle est exprimée en pourcentage par rapport à la teneur en matière sèche. (Degremont, 1989)

✓ Teneur en eau interstitielle :

L'eau contenue dans les boues se présente sous deux formes :

1-eau libre qui s'élimine facilement par filtration et décantation.

2-eau chimiquement liée dans les molécules, les substances de matières colloïdales et les cellules de matières organiques, qui ne peut s'éliminer que par la chaleur.

La connaissance de la teneur en eau interstitielle des boues est importante pour le calcul des appareils de séchage. (Degremont, 1989).

✓ Viscosité :

Elle nous permet d'évaluer l'aptitude des boues à se prendre en masse au repos et à devenir fluide au brassage. (Lassée ; 1985)

✓ Charge spécifique :

Ce paramètre permet de mesurer l'aptitude à la décantation des boues ; il s'exprime en $\text{kg/m}^2 \cdot \text{j}$, c'est la quantité de matière sèche décantée sur l'unité de surface. (Lassée ; 1985)

✓ La compressibilité :

Lorsqu'on fait croître la pression au dessus d'un filtre, on obtient un écrasement du gâteau et une augmentation de la résistance à la filtration pour une pression de l'ordre de 10 bars, la filtration de l'eau contenue dans les boues est bloquée et la siccité limite est atteinte. (Degremont, 1989)

I.3.2. propriétés chimiques :

✓ **Matières organiques :**

La concentration en matière organique peut varier de 30 à 80 % de la matière sèche. La matière organique des boues est constituée de matières particulières 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). (ADEME, 2001 ; Inoue et al., 2004 ; Jarde et al., 2003 ; Kakii et al., 1986; cité par Amir . 2005).

✓ **Eléments fertilisantes :**

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 (Su et al. 2004; Warman et al. 2005 ; Zebarth.2000 ; cité par Amir. 2005).

Les éléments 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.

✓ **Contaminants chimiques inorganiques et organiques :**

Ces mêmes éléments traces métalliques (cuivre, zinc, chrome et nickel) indispensables au développement des végétaux et des animaux peuvent se révéler toxiques à trop fortes doses (Chang et al. 1992 ; Cripps et al. 1992 ; cité par Amir. 2005).

D'autres, tels que le cadmium et plomb sont des toxiques potentiels (Alloway, 1995; McBride, 2003 ; cité par Amir. 2005).

Ainsi, un polluant peut être défini comme un élément ou un composé chimique ordinaire dont la nocivité n'apparaît qu'à partir d'une certaine concentration. Aussi, dans les boues,

une multitude de polluants organiques (HAP, Phthalates, PCB, etc) peut se trouver en concentrations en général de l'ordre du $\mu\text{g}/\text{kg}$ MS (Lega et al. 1997; Pérez et al. 2001 ; cités par Amir. 2005).

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 (Klöpffer, 1996 ; cité par Amir. 2005).

I.3.3. propriétés biologiques :

Les eaux usées contiennent une flore et une faune variées qu'on retrouve en partie dans les boues.

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. (Sahlström et al. 2004 ; cité par Amir. 2005).

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 (Ecrin, 2000). 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.

✓ **bactéries :**

Parmi les différents types de bactéries se trouvant dans les boues, on distingue les bactéries :

- Aérobie strictes (nombreuses dans les boues activées ; exemple : aéromones).
- Aérobie facultatives (peuvent supporter la présence d'air, mais se développe en anaérobiose ; exemple : bactobacillus).
- anaérobies strictes (exemple : clostridium).

✓ **Virus :**

On trouve des entérovirus, des adénovirus et des réovirus adsorbés sur les matières solides des boues.

L'élimination de ces Virus n'est pas facile à réaliser. (Pommel, 1979)

✓ **Parasites :**

Ce sont des parasites d'origine fécale tels que les œufs d'ascaris, de thénia et de douves.

L'analyse bactériologique des boues révèle que ces derniers sont le siège d'un grand nombre de germes pathogènes, la plupart d'entre eux sont éliminés lors des traitements, notamment lors de la stabilité, le chaulage, la déshydratation ou lors d'un stockage de longue durée. (Pommel, 1979)

✓ **Champignons :**

Ce sont essentiellement les levures et les saprophytes normalement présents dans l'air. Ils ne sont généralement pas pathogènes pour les animaux et les hommes.

✓ **Algues :**

On les trouve que dans les boues primaires et secondaires.

✓ Macrofaune :

Dans les boues activées, se retrouvent des vers ; des larves d'insectes et parfois même des petites araignées.

I.4. Influence de la nature de l'effluent et du mode de traitement :

L'origine et la filière de traitement des boues constituent des facteurs déterminants sur leur composition ainsi que leur comportement ultérieur dans le sol.

I.4.1 .origine de l'effluent :

Selon que les eaux usées soient acheminées dans des réseaux unitaires ou séparatifs, elles peuvent contenir des éléments toxiques à des teneurs extrêmes. Ainsi, il semblerait que les eaux usées provenant des réseaux unitaires seraient plus chargées en certains éléments tels que le zinc ou le plomb, qui sont entraînés par les eaux de ruissellement.

De même, les eaux mixtes (urbaines+industrielles) sont plus riches en métaux lourds que les effluents issus des eaux usées urbaine. Cette diversité est très conséquente sur la composition des boues, comme nous pouvons le constater sur le (tableau I.1). Les effluents agro-alimentaire peuvent être d'un apport intéressant vu leur richesse en matière organique et azote, carbone, phosphore et de potassium de même le rapport C/N indique une valeur fertilisante intéressante (tableau I.2).

Chapitre I : Caractérisation des boues résiduaire urbaines

Métaux lourds en %MS Boues	Fe	Zn	Cu	Mn	Pb	Ni	Cr	Cd	Hg
Boues urbaines :									
Nombre de stations étudié :	10	11	17	11	17	11	16	9	10
Minimum	0.49	0.77	0.18	0.035	<0.12	<25	<25	<6	<0.35
Moyenne	1	2.1	0.38	0.14	0.31	46	75	8	3.7
Maximum	3.2	10	0.7	0.32	0.68	100	150	12	7.3
Boues mixtes :									
Nombre de stations étudié :									
Minimum	13	13	24	10	23	13	24	13	19
Moyenne	2.2	3	0.6	0.38	0.9	100	230	50	16
Maximum	4.5	7.1	2.5	0.38	4	300	850	220	29

Tableau I.1: teneurs en métaux lourds des boues de station d'épuration en Lorraine et Languedoc :

(D'après Pommel et Tétart (1976) et Lamari (1979))

Chapitre I : Caractérisation des boues résiduaire urbaine

Remarques : -les boues mixtes sont plus riches en métaux lourds.
-les concentrations en ces éléments dépendent des rejets, des canalisations, du système d'égout (séparatif ou unitaire).

	boues urbaine		boues de laiterie	
	Boues secondaires	Boues stabilisées	Boues secondaires	Boues stabilisées
M.S	4.8	4.7	2.85	2.8
M.O	53	47.6	69.33	55
C	32.5	26.6	39.22	34
N	2.43	2.18	6.32	6.07
P ₂ O ₅	6.02	5.90	5.45	5.36
K ₂ O	0.43	0.12	1.68	1.59
C/N	13.38	12.20	6.3	5.61

Tableau I.2 : tableau comparatif des boues urbaine et des boues la laiterie :

(Nakib , 1986)(En % de MS)

Nous constatons que la valeur du potassium est élevée pour les boues de laiterie, par contre la valeur de C/N est faible pour cette boue.

I.4.2. Influence du mode de traitement sur la composition des boues :

Une fois sorties des bassins de décantation, les boues sont sujettes à diverses opérations de traitement qui déterminent leur composition finale, comme nous pouvons le constater sur les tableaux suivants (tableau I.3 et tableau I.4).

Chapitre I : Caractérisation des boues résiduaire urbaine

Nature des dosages	Bd	Bc	Bp	Bf
PH	12.4	6.8	5.58	14
C/N	11.2	15.3	10.4	12.3
H ₂ O en %	75	72	95.5	61.5
MO en% MS	38.6	63.8	57.2	/
C en% MS	22.7	31.4	38.8	12.6
Azote en% MS	2.0	2.5	3.5	1.0
Phosphore en% MS	/	3.0	5.8	1.3
Potassium en% MS	/	0.17	/	0.09
Calcium en% MS	25.5	5.4	9.7	33.7

Tableau I.3 : Composition des boues en fonction du type de traitement : (Nakib, 1986)

Avec :

Bd : boues déshydratées sous vide et floculées à la chaux et au chlorure ferrique.

Bc : boues centrifugées après traitement au polyélectrolyte cationique.

Bp : boues provenant directement des décanteurs primaires et secondaires.

Bf : boues déshydratées par filtre presse et floculées à la chaux et au chlorure ferrique.

On remarque que le potassium est trouvé en faible quantité dans les boues centrifugées après traitement au polyélectrolyte cationique et les boues déshydratées par filtre presse et floculées à la chaux et au chlorure ferrique.

Chapitre I : Caractérisation des boues résiduaire urbaine

	Boues liquides ⁽¹⁾	Boues solides ⁽²⁾
PH	7.19	7.56
MS %	9.29	48.51
MO %	43.06	32.14
C endres MS %	56.94	67.86
COT MS %	21.53	16.07
P ₂ O ₅ total MS %	3.09	2.20
Azote total MS %	2.28	1.61
C/N	9.44	9.98

Tableau I.4 : Composition comparée des boues floculées et des boues non floculées : (Nakib, 1986).

(1) Boues liquides : boues non floculées à la chaux et au chlorure ferrique.

(2) Boues solides : boues floculées à la chaux et au chlorure ferrique.

Les différents traitements subis par les boues peuvent influencer considérablement sur leurs caractéristiques agronomiques. Ainsi, par exemple, le séchage des boues peut se traduire par une diminution :

-de la matière organique de 10 à 25 %

-de l'Azote et du phosphore.

On constate que la matière solide est très élevée dans les boues solides, et que le rapport C/N est presque le même.

Par ailleurs, le conditionnement par les sels minéraux peut entraîner un enrichissement des boues en certains éléments (Fe, Al, Cd, Cl, S) présents dans les réactifs utilisés.

I.5. Traitement des boues :

Les boues résiduaire se présentent sous forme liquide et avec une forte charge en matière organique hautement fermentescible. Ces deux caractéristiques sont gênantes et posent beaucoup de problèmes techniques pour leur évacuation ' quelle que soit la destination ', parmi lesquels leur transport et leur stockage qui conduisent souvent à des problèmes de manipulation et des nuisances olfactives. Ceci impose le choix d'une filière de traitement dès l'installation de la STEP.

On distingue quatre grandes étapes de traitement :

I.5.1. L'Épaississement :

Elle augmente la siccité (teneur en matière sèche) des boues sans pour autant modifier le caractère liquide de la boue. Cet épaississement peut se faire simplement par voie gravitaire dans un concentrateur ou par des moyens mécaniques (égouttage, flottation ou centrifugation). La siccité des boues épaissies ne dépasse pas usuellement 7 % en moyenne et se situe plutôt vers 5 à 6 %. Généralement, les boues épaissies gravitairement ne sont pas conditionnées et leur siccité plafonne à 3 ou 3,5 %. Ce procédé est fréquent en zone rurale et concerne les petites stations d'épuration, de taille inférieure à

2 000 équivalent-habitants. L'épaississement dynamique (ou mécanique) devient plus fréquent pour les stations de taille comprise entre 2 000 et 5 000 équivalent-habitants. Ces valeurs sont simplement indicatives car les situations observées sur le terrain restent fort diverses (Pommel, 1979).

I.5.2. La Stabilisation :

La stabilisation empêche ou réduit les problèmes de fermentation et évite ainsi les nuisances olfactives. La stabilisation peut être biologique par voie aérobie (compostage) ou anaérobie (méthanisation) ou chimique (chaulage ou autres traitements) (Office International de l'Eau, 2001). La stabilisation biologique présente l'avantage de limiter l'évolution ultérieure de la composition des boues.

I.5.2 .1.Stabilisation biologique aérobie :

Elle est mise en œuvre dans des ouvrages à l'air libre avec un système d'injection d'air ou d'oxygène dans les boues liquides. La microflore y dégrade 20 % de la matière organique.la stabilisation des boues n'a pas d'incidence sur les teneurs en éléments fertilisants contenus dans les boues. (Pommel, 1979)

I.5.2. 2.Stabilisation biologique anaérobie :

C'est une fermentation de la boue à l'abri de l'air dans un ouvrage fermé. (Photo I.1) Elle est aussi appelée fermentation méthanique, elle produit du biogaz ; essentiellement du méthane (65 à 70 %), et du dioxyde de carbone (25 à 30 %). Le méthane pourra être utilisé pour sa valeur énergétique (Pommel, 1979) .



Photo I.1 : Stabilisation biologique anaérobie (ADEME, 1990).

I.5.2.3.Stabilisation par chaulage: Elle se fait par adduction massive de chaux à dose massive. Nous précisons que :

-La matière organique n'est pas détruite.

-Les pertes d'Azote par volatilisation d'ammoniac sont importantes.

-La teneur en calcium des boues est élevée.

-Les phosphates présents peuvent se trouver bloqués sous une forme inaccessible aux végétaux. (Pommel, 1979)

I.5.3.le Conditionnement :

Le conditionnement est une opération permettant de faciliter l'étape ultérieure de déshydratation des boues .Elle se fait :

- Conditionnement par les sels minéraux (sels de fer et d'aluminium) qui agglomèrent les colloïdes par coagulation
- Par des polyelectrolytes (macromolécules synthétiques) dont le devenir ultérieur dans le sol est inconnu
- Thermiquement, en chauffant les boues liquides jusqu'à 180° à 220°c pendant une durée de 20 à 30 min et sous une pression de 20 bars cette opération donne une perte de 12% de la matière organique et parallèlement ,de 48% de l'Azote ainsi que la destruction des germes pathogènes (Martine le tallec,1979)

I.5.4.la Déshydratation :

Les boues stabilisées contiennent une importante quantité d'eau (90 à 98%), pour diminuer le volume des boues stabilisés on déshydraté ces dernières soit naturellement, soit par déshydratation mécanique ou par séchage thermique :

I.5.4.1.la déshydratation naturelle :

Les lits de séchage fournissent des boues dont la siccité est comprise entre 20 et 35%.

I.5.4.2.la déshydratation mécanique :

Elle se fait par centrifugation, filtration sous- vide et filtration sous- pression (Photo I.2).

Elle a pour objectif d'élimination de la majeure partie de l'eau contenue dans la boue et l'obtention d'un déchet solide facilement manutentionnable et de volume réduit ; la boue après déshydratation présente une teneur en eau de l'ordre de 60%. (Colin ,1990)

Chapitre I : Caractérisation des boues résiduaires urbaines

Mais toutes ces opérations de déshydratation requièrent un conditionnement préalable et la siccité est de l'ordre de 20 à 40 %.



Photo I.2 : Déshydratation des boues par filtre à bande.

Siccité obtenue : entre 16 et 22 %. (ADEME, 1990).

De même, la déshydratation peut se faire par un séchage thermique est réalisé par introduction des boues dans un échangeur thermique à axe horizontale ou verticale ; la vapeur d'eau s'élimine dans la partie haute, alors que les boues sèches tombent dans la partie inférieure.

Ce traitement permet l'évaporation de l'eau interstitielle et de même l'eau constituant les boues liquides épaissies (5 à 7 % M.S). Ce séchage permet d'obtenir une siccité voisine de 80%. (Lassée ,1985)

Conclusion :

La nature des effluents, le type de filière d'épuration des eaux et des boues permettent d'apporter des renseignements sur les éventuelles possibilités de valorisation des boues.

De même la caractérisation des boues résiduaires d'un STEP est une phase très importante pour adopter une filière d'élimination des boues, dont la quantité est devenue très importante.

Chapitre I: Présentation de la STEP de Beni-Messous

I.1. Introduction :

La station d'Épuration des eaux usées est prévue pour traiter les eaux usées du bassin versant Ouest de l'agglomération du Grand Alger, elle est située dans la ville de Beni-Messous. Elle est conçue pour traiter un débit journalier moyen de 35.770 m³/J.

La chaîne de traitement est composée de deux lignes : une ligne d'eau et une ligne de boue.

Le débit est divisé sur certains ouvrages afin d'améliorer la fiabilité, les opérations de maintenance et la souplesse de fonctionnement de la station.

I.2. Présentation de la STEP de Beni-Messous :

I.2.1. Situation géographique :

La station d'épuration des eaux usées de Beni-Messous est localisée dans la commune de Ain Benian (Wilaya d' Alger).

Cette commune fait partie de la daïra de Chéraga, elle est limitée :

- Au Nord, par la mer méditerranée.
- Au Sud, par la commune de Cheraga .
- A l'Ouest, par la commune de Staouali.
- A l'Est, par la commune de Ain Benian.

I.2.2. réalisation de la STEP :

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

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

Chapitre I: Présentation de la STEP de Beni-Messous

La date de sa mise en service a été en juillet 2008, le projet de construction a été établi en tenant compte du 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 au besoin de l'an 2023.

I.2.3. données de base (débit, pollution, DBO₅, MES...)

✓ Débits :

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

Consommation spécifique : 143 l/hab.j

DBO₅ : 50 g/hab.j

MES : 60 g/hab.j

En ce qui concerne les débits, la station a été dimensionnée selon les données suivantes :

Paramètres	Valeurs des paramètres		
	Unites	1 ^{ère} phase (2008)	2 ^{ème} phase (2023)
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 I.1 : Débits à l'entrée de la STEP de Beni-Messous (document du Ministère des Ressources en Eau).

Chapitre I: Présentation de la STEP de Beni-Messous

✓ Charges polluantes :

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	Valeurs des paramètres	
	1 ère phase (2008)	2 ème phase (2023)
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	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 /j	5000 Kg/j

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

✓ Qualité de l'effluent rejeté:

Les Valeurs limites de l'effluent traité est donnée par le tableau suivant :

Chapitre I: Présentation de la STEP de Beni-Messous

	Par temps sec		Par temps de pluie	
	Valeurs Instantanées	Valeurs sur 24 heures (1)	Valeurs Instantanées	Valeurs 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 I.3 : Qualité de l'effluent rejeté par la STEP de Beni-Messous

(Document du Ministère des Ressources en Eau)

I.2.4.principe du traitement adopté et description des ouvrages (traitement des eaux, traitement des boues) :

La station d'épuration de la ville de Beni-Messous est constituée par la chaîne d'opérations unitaires du type mécanique, physique et biologique donnant naissance à un procédé de traitement dit à boue activée. (Photo I.1)



Photo I.1 : Vue d'ensemble de la STEP de Beni- Messous .

Chapitre I: Présentation de la STEP de Beni-Messous

La filière de traitement comprend ainsi en totalité et successivement :

✓ **Prétraitement mécanique constituée de :**

- . Un déversoir d'orage
- . Dégrillage mécanique grossier
- . Dégrillage mécanique fin
- . Ouvrage de dessablage et déshuilage

✓ **Décantation primaire constituée de :**

- . Deux décanteurs primaires circulaires

✓ **Traitement biologique constitué de :**

- . Deux bassins d'aération avec trois (03) aérateurs de surface chacun.

✓ **Décantation secondaire et pompage des boues en excès constituée de :**

- . Deux décanteurs secondaires circulaires
- . Ouvrage de pompage des boues activées et de recirculation des boues

➤ **Épaississement et stabilisation des boues constituée de :**

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

➤ **Stabilisation des boues constituée de :**

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

➤ **Déshydratation de boue constituée de :**

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

- . Station de préparation des polymères pour le conditionnement des boues

A- prétraitements :

✓ Déversoir d'orage

Description et fonction principale:

La protection contre les sur débits 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,..) doit-être régulièrement effectué.

L'installation d'un bassin d'orage qui reçoit les eaux de pluie les plus chargées s'impose systématiquement. Les bassins d'orage doivent être impérativement brassés et aérés.

✓ Dégrillage grossier :

Description et fonction principe:

Les dégrilleurs assurent la protection des équipements électromécaniques et réduisent les risques de colmatage des conduites mises en place dans la station d'épuration. Il s'agit de grilles qui récupèrent les déchets plus ou moins volumineux entraînés par les eaux s'écoulant dans les canalisations d'assainissement.

Cette station est précédée ainsi d'un pré-dégrillage grossier à espacement entre barreaux de 60 mm servant pour retenir les matières solides de grandes tailles. (photo 1.2)

Les caractéristiques de chaque grille sont:

Chapitre I: Présentation de la STEP de Beni-Messous

- Largeur : 1,00 m
- Angle d'inclinaison : 75 °
- Espacement entre barreaux : 60 mm.



Photo I.2 : Dégrillage grossier de la STEP de Beni-Messous.

✓ **Dégrillage fin :**

Description et Fonction principale :

Les effluents prédégrillés seraient dirigés vers l'ouvrage de dégrillage fin (photo I.3). Ce dégrillage fin a pour rôle de débarrasser les eaux brutes des déchets solides ayant échappés à la grille grossière, installée à l'entrée de la station.

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

Chapitre I: Présentation de la STEP de Beni-Messous

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

Le refus du dégrillage est déversé dans une vis transporteuse, ils seront compactés afin de réduire le volume de ces déchets collectés avant de retomber dans une benne de volume de 5 m³. Les eaux de percolation seront récupérées dans le canal de dégrillage fin.



Photo I.3 : Dégrillage fin de la STEP de Beni-Messous.

✓ **Dessablage/déshuilage :**

Description et Fonction principale :

Le dessaleur est un ouvrage dans lequel les particules denses, dont la vitesse est inférieure à 0,3 m/s, vont pouvoir se déposer. Il s'agit principalement des sables. Il est en effet souhaitable de les récupérer en amont de la station plutôt que de les laisser s'accumuler en certains points (bassin d'aération, ...) où ils engendrent des désordres divers.

Le déshuileur a pour objet la rétention des graisses par flottation naturelle et accélérée par injection de fines bulles. Ces matières grasses sont susceptibles de nuire à la phase biologique du traitement (mousses, ...).

L'élimination des graisses est assurée par un racleur de surface.

Chapitre I: Présentation de la STEP de Beni-Messous

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 m³.

Les conditions de fonctionnement de chaque canal sont les suivantes :

- Charge hydraulique en pointe : 25 m³/m²/h
- Vitesse coulée max : 0,1 m/s
- Largeur du canal déshuileur : 0,8 m.
- Charge superficielle moyenne du déshuilage en temps sec: 10,9 m/h
- Temps de séjour minimal : 5 min 01 sec.

B- Traitement physique:

✓ **Décanteurs primaires :**

Description et fonction principale :

Les effluents ainsi prétraités seraient ensuite dirigés sur un ouvrage de répartition puis sur deux décanteurs primaires cylindro-coniques (photo I.4), de caractéristiques unitaires suivantes :

- Diamètre : 29 m
- Hauteur cylindrique : 3,4 m
- Volume : 2.223 m³

Les décanteurs, équipés de 2 Ponts racleurs radicaux, actionnés par deux motoréducteurs d'entraînement, sont de type à raclage mécanique des boues (par un ensemble de racleurs de fond).

Chapitre I: Présentation de la STEP de Beni-Messous

Le Temps de séjour (T_s) en fonction de la charge hydraulique est donné par le tableau suivant :

Débit / Charge hydraulique (m^3/h)	Temps de séjour T_s (h)
1 490 m^3/h	2,98
1800 m^3/h	2,46
3600 m^3/h	1,23

Tableau I.4: temps de séjour dans le décanteur primaire de la STEP de Beni-Messous. (document du Ministère des Ressources en Eau)



Photo I.4 : Décanteurs primaires de la STEP de Beni-Messous.

Le temps de séjour important dans l'ouvrage permettra un bon abattement de la matière en suspension grossière contenue dans l'effluent prétraité (jusqu'à 64 %) dite désormais la boue primaire.

Ces boues primaires ainsi décantées seront soutirées directement de chaque décanteur, via une tuyauterie d'extraction des boues en acier de diamètre de 200 mm, par deux pompes à vis excentrique vers les deux Epaisseurs.

Chapitre I: Présentation de la STEP de Beni-Messous

Le pompage des boues se met en marche normalement pour une concentration de MS supérieure à 15 g/l. La mesure de la concentration des boues primaires est faite quotidiennement au niveau du laboratoire.

C- Traitement biologique:

✓ Bassin d'aération :

Description et fonction principale :

Afin d'assurer le métabolisme microbien et le besoin énergétique pour la biodégradation des matières organiques, un apport d'oxygène est donc indispensable pour le traitement biologique, une teneur d'oxygène dissous de l'ordre de 1 à 3 mg/l devrait être maintenue dans le système d'aération.

Pour ce fait, l'effluent en provenance des décanteurs primaires est introduit en tête de deux bassins d'aération de forme rectangulaire, de dimensions suivantes (tableau I-5) :

Dimensions	
Nombre de bassin	2
Longueur au plan d'eau (m)	55,5
Largeur au plan d'eau (m)	18,5
Hauteur d'eau (m)	4,58
Volume net unitaire (m ³)	4 700
Volume net total (m ³)	9 400

Tableau I.5 : dimensions des Bassins d'aération de la STEP de Beni-Messous. (Document du Ministère des Ressources en Eau)

Chapitre I: Présentation de la STEP de Beni-Messous

Pour assurer les objectifs classiques appliqués à cette station d'épuration à boues activées, le dimensionnement du bassin d'aération prendra en compte les conditions de fonctionnement suivantes :

- ✓ Charges massique : 0,233 kg DBO5/kg MESxj
- ✓ Concentration en boues activées : 4 g/l

Le Temps de séjour des eaux usées dans le bassin d'aération, sur la base d'un taux de recyclage de boue de 73 % est :

- ✓ au débit moyen par temps sec : 3,64 h
- ✓ au débit de pointe par temps sec : 3,01 h
- ✓ au débit de pointe par temps de pluie : 1,51 h

Chaque bassin est doté de 3 aérateurs de surface.

✓ **Décanteurs secondaires**

Description et fonction principale :

La liqueur mixte de boues activées est ensuite dirigée vers les ouvrages de décantation secondaire (photo I.5) après passage dans un ouvrage de répartition.

Le but de cette opération est la séparation de l'eau épurée des boues qu'elle contient. La liqueur mixte est introduite en son centre ; 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
- Hauteur cylindrique.....: 3,95 m
- Volume..... : 9.384 m³

Chaque décanteur, équipé d'un Pont roulant radial, actionné par un motoréducteur d'entraînement, disposant d'un racleur de surface (récupération des flottants) et d'un racleur de fond (concentration des boues décantées vers le centre de l'ouvrage).

Chapitre I: Présentation de la STEP de Beni-Messous

Le but de la recirculation des boues du ou des décanteurs secondaires vers le réacteur biologique est d'y maintenir une concentration constante et correcte de la liqueur mixte permettant de respecter une charge massique de fonctionnement considérée ou, ce qui revient au même, de limiter le temps de séjour dans les décanteurs pour garantir une bonne qualité et un âge de boue bien défini et d'éviter conséquemment l'accumulation et le débordement du lit de boue dans les décanteurs.



Photo I.5 : Décanteur secondaire de la STEP de Beni-Messous.

E- Traitement des boues :

✓ Epaisseur :

Description et fonction principale :

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 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, quant à celle après épaisseur, elle peut atteindre 40 g/l.

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

Chapitre I: Présentation de la STEP de Beni-Messous

Dimensions	
Nombre des épaisseurs	2
Diamètre (m)	16,00
Hauteur de boue (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 ² .j)	38,6
Temps de séjour (j)	1,44

Tableau I.6 : dimensions de l'épaisseur de la
STEP de Beni-Messous

(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.

- **Bassin de stabilisation :**

Description et fonction principale :

Après avoir oxydé toute la matière organique polluante biodégradable, les microorganismes, présentés dans les boues activées mixtes (primaires et secondaires), nécessitent un apport supplémentaire d'oxygène afin d'achever le processus biologique avec le deuxième stade correspondant à la biosynthèse et à la phase de respiration endogène.

Chapitre I: Présentation de la STEP de Beni-Messous

Pour ce fait, la boue ainsi épaissie en provenance des épaisseurs est introduite en tête de deux bassins de stabilisation de forme rectangulaire

(photo I.6) ayant les dimensions suivantes:

Dimensions	
Nombre de bassins	2
Longueur au plan d'eau (m)	35,0
Largeur au plan d'eau (m)	17,5
Hauteur d'eau (m)	4,02
Volume net unitaire (m ³)	2 461
Volume net total (m ³)	4 922

Tableau I.7 : Dimensions des Bassins de stabilisation de la STEP de Beni-Messous. (Document du Ministère des Ressources en Eau)

Les conditions de fonctionnement seraient ainsi les suivantes :

- Concentration en boues stabilisées : 40 g/l
- Age des boues : 12,7 j



Photo I.6: Bassins de stabilisation des boues de la STEP de Beni-Messous.

✓ **Déshydratation mécanique des boues :**

Fonction principale :

La station d'épuration produit en permanence des boues dont l'excès doit être évacuée à intervalles réguliers pour garantir un bon fonctionnement du système. En effet, l'extraction permet de maintenir une quantité de MES nécessaire et suffisante afin d'obtenir une qualité d'épuration optimale (Photo I.7).

Ces boues, principalement constituées d'eau (> 96 %, le plus souvent) représentent des volumes importants que la filière de traitement des boues va s'attacher à réduire, afin d'abaisser les coûts d'évacuation de ces sous-produits de l'épuration.

La production de boue est directement liée à la quantité de pollution retenue. Il s'en suit une augmentation de la biomasse dans le système, ce qui induit un accroissement des

Chapitre I: Présentation de la STEP de Beni-Messous

concentrations en MES. Ces boues épaissies sont au préalable conditionné chimiquement avec un polymère, puis envoyé vers une déshydratation mécanique. Un filtre à bandes (voir

photo I-6) est prévu pour chaque chaîne et a pour rôle de déshydrater, par son système de pression à 02 bandes les boues stabilisées.



Photo I.7: Déshydratation mécanique des boues de la STEP de Beni-Messous.

II.1.Introduction :

L'élimination finale des boues d'épuration peut suivre plusieurs voies. Considérées comme des déchets dont il faut se débarrasser le plus rapidement possible, la voie classique sera la décharge contrôlée ou, pour les grosses installations, l'incinération, mais ceci doit se faire sans dépense énergétique élevée, et sans altération de l'environnement.

Une solution plus élégante consiste à considérer ces déchets comme des produits valorisables ; il serait alors intéressant de songer à les utiliser comme amendement agricole, puisqu'ils contiennent de la matière organique, de l'azote et du phosphore.

L'utilisation agricole des boues permet à la fois l'élimination de ce résidu et la récupération d'éléments utiles (sauf en cas de contraintes liées à la présence d'éléments toxiques et de germes pathogènes).

II.2.Mise en décharge :

La mise en décharge contrôlée consiste en un enfouissement des boues (souvent mélangées avec les ordures ménagères) en tenant compte de certaines conditions : compactage des résidus, site étanche, récupération et traitement des jus de décharges (lixiviats), équipement et gestion du site (El-Fadel et Khoury, 2000 ; Allen, 2001 ; cité par Amir. 2005).

Les boues doivent être préalablement stabilisées et déshydratées (humidité maximale de 70 %).

Cette solution a perdu progressivement de son intérêt et se retrouve actuellement interdite pour des raisons financières (procédure de fermeture ...) et pour des problèmes environnementaux tels que les odeurs nauséabondes, pullulation de moustiques, entraînement d'éléments fertilisants (nitrates, phosphates) et de produits toxiques par les eaux superficielles et contamination des nappes d'eaux souterraines (Looser et al. 1999; Kjeldsen et al. 2002; Marttinen et al. 2003 ; cité par Amir. 2005).

Les décharges ne doivent plus accepter que des déchets qui ne peuvent plus être raisonnablement valorisés ou à caractère dangereux appelés aussi déchets ultimes.

-Risque sanitaire de la mise en décharge:

La connaissance de l'exposition (inhalation de composés volatils ou gazeux émis par la décharge ou ingestion d'eau souterraine ou de surface contaminée par percolation dans le sol des " jus " de décharge) et des risques sanitaires associés à la mise en décharge est aujourd'hui faible.

Cependant, bien que des plaintes soient nombreuses autour des décharges (pour cause d'irritations, ...), il n'est pas possible, actuellement, de connaître la part de contamination des déchets dans la pollution de l'environnement et donc par conséquence, la contribution des boues mises en décharge.

II.3.Incineration :

Elle réalise la destruction de la matière organique des déchets par combustion à haute température (+ de 500 °C) produisant des fumées et des matières minérales résiduelles nommées cendres. Dans l'objectif d'une valorisation énergétique des déchets, la chaleur produite est récupérée sous forme de vapeur ou d'électricité pour le fonctionnement du four lui même, pour le chauffage urbain ou industriel (Prevot, 2000).

Les résidus de l'incinération (mâchefer) sont utilisables pour les travaux publics (Werther et Ogada, 1999 ; cité par Amir. 2005).

Cependant, malgré l'intérêt de ce procédé pour une réduction importante des volumes de déchets, il présente des contraintes principalement liées à un investissement très coûteux.

Les boues seules ne sont pas autocombustibles, elles nécessitent des fours spéciaux et un mélange avec d'autres déchets tels les déchets ménagers. Cette technique reste aussi néfaste du point de vue écologique et environnemental puisqu'elle contribue en plus au gaspillage de matières organiques utiles pour le sol et à la diffusion de gaz très toxiques (NO, NO₂, CO, SO, dioxine, etc.). (Mininni et al. 2004 ; Nammari et al. 2004 ; cité par Amir. 2005)

L'incinération a fait l'objet de réglementations spécifiques. En 1995, l'incinération des déchets était à l'origine de 45 % de la dioxine produite et rejetée dans l'air en France.

Les directives européennes sont plus sévères et fixent des concentrations maximales admissibles pour certains produits toxiques dans la fumée. Depuis, les incinérateurs sont

modernisés ou fermés, entraînant un coût supplémentaire d'une dizaine d'euros par tonne de déchets incinérés.

-risque sanitaire lié à l'incinération des boues :

Les germes pathogènes sont détruits par la chaleur et ne représentent donc pas de risque pour la population.

Les risques sanitaires semblent être fortement liés à la technologie utilisée pour l'incinération des boues urbaines. Citons, à titre d'exemple, les technologies modernes de four à lit fluidisé qui permettent de réduire fortement le risque d'émissions de dioxines ou de furanes qui touchent essentiellement la population par l'intermédiaire de la chaîne alimentaire.

II.4.Injection dans le sol :

Cette technique consiste à injecter les boues à l'état liquide dans les poches poreuses du sous-sol, isolées entre des couches continues d'argiles ; une étude géologique sérieuse est indispensable, car il faut réaliser une étanchéité parfaite du forage afin d'empêcher une contamination des couches aquifères traversées.

Une telle technique doit être strictement limitée à des boues extrêmement difficile à traiter.

Les profondeurs d'injection varient entre 100 et 4000 mètres et la pression de refoulement peut atteindre 70 bars. (Lassée, 1985)

II.5.récupération d'énergie :

La méthanisation ou digestion anaérobie poursuit le double objectif de valorisation énergétique par récupération de méthane (CH_4) et de stabilisation des boues.

Cependant, la valorisation agricole directe de digestat est rarement pratiquée car elle rencontre des problèmes. (Gourdon ; 2001)

La matière organique du digestat ne possède pas de bonnes propriétés agronomiques, car il s'agit pas d'une matière humifiée .De plus, un certain nombre de risques sanitaires d'hygiénisation n'a pas lieu en anaérobie.

II.6.valorisation agricole :

L'intérêt des boues de station d'épuration en tant que fertilisants est de mieux en mieux connue. Il concerne notamment certains composants minéraux tels que carbone, azote, phosphore et potassium.

Mais les boues de station d'épuration doivent constituer un produit intéressant et de qualité bien définie :

- stables (absence d'odeurs),
- dépourvues d'éléments indésirables (tels que des métaux lourds d'origine industrielle),
- faciles à utiliser,
- disponibles selon les besoins (nécessité de stockage),
- alternative intéressante aux engrais minéraux
- non polluantes pour les nappes phréatiques,
- présentant les qualités d'un fertilisant. Il faut souligner que l'azote et le phosphore sont présents sous des formes moins rapidement assimilables que dans les engrais, d'où une libération progressive, mais non contrôlable.

On estime ainsi que la première année, 30 à 50 % de l'azote organique est assimilable lorsqu'il provient de boues liquides, et seulement 20 à 40 % lorsqu'il provient des boues déshydratées. Les taux d'assimilation de l'azote vont ensuite décroître annuellement. On évite donc d'utiliser des boues sur des productions végétales assez exigeantes en ce qui concerne les besoins en azote (blé par exemple). Les cultures qui valorisent le mieux les boues sont celles dont l'époque de végétation assez longue permet de profiter au mieux de la période de minéralisation de l'azote organique, ce qui est le cas du maïs. Cette filière d'utilisation des boues produites apparaît comme la moins onéreuse et a l'avantage d'être applicable un peu partout. C'est donc une voie d'élimination qui continuera à se développer dans les années à venir.

En France, 5 millions de tonnes de boues brutes, soit environ 500 000 tonnes de MS sont épandues annuellement sur 1 à 2 % de la surface agricole utile.

Nous pouvons comparer ces valeurs aux 300 millions de tonnes de déjections animales qui sont épandues, ce qui représente 40 millions de tonnes de matières sèches.

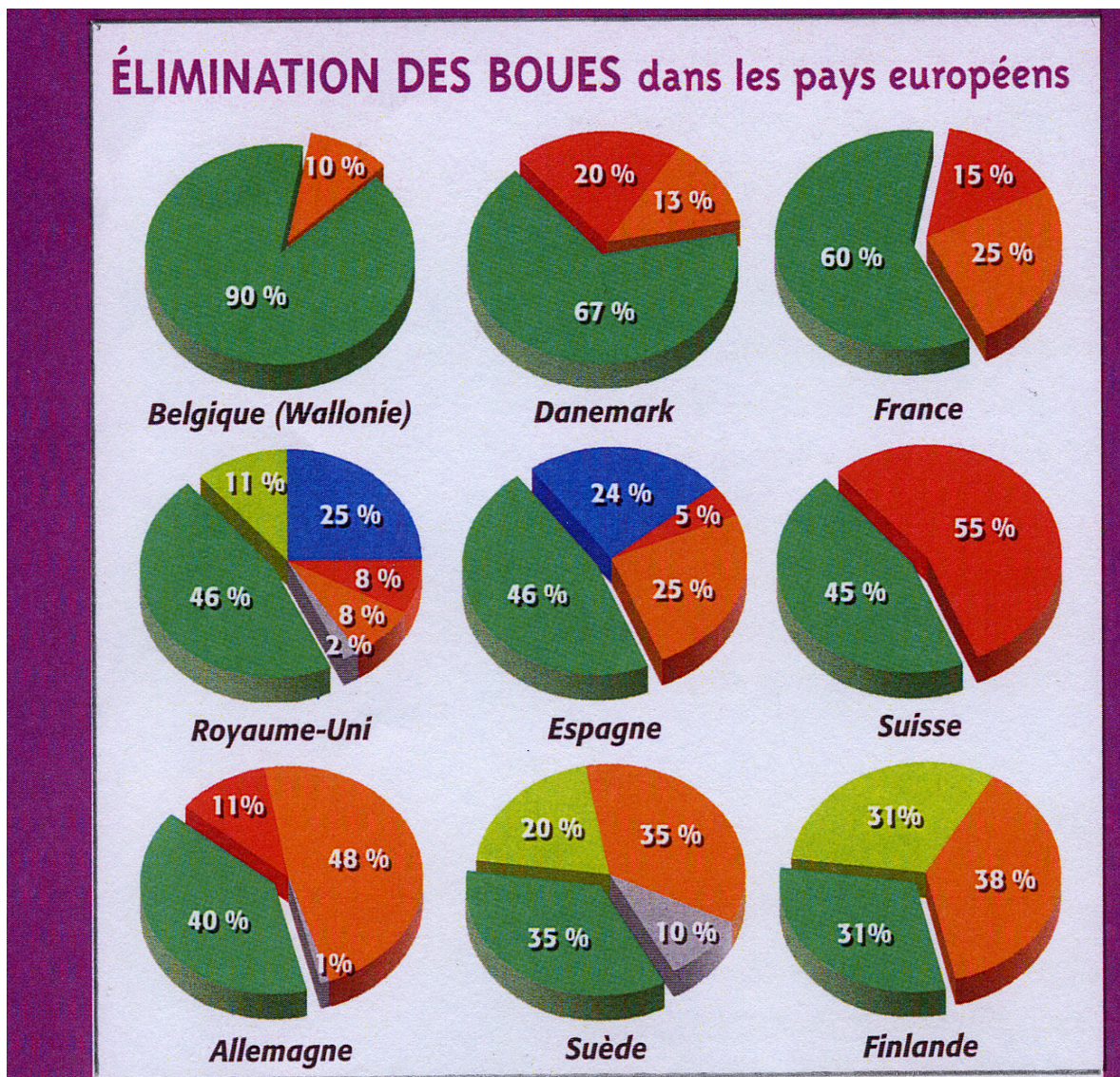
Chapitre II : Elimination des boues et possibilités de valorisation

Rappelons également que les sous-produits valorisés en agriculture comprennent aussi : les sous-produits des industries agro-alimentaires : sous-produits de sucrerie, les boues de papeteries et les sous-produits de l'industrie laitière (Rapport Agence de l'Eau, 1999).

-les avantages de la valorisation agricole :

L'utilisation des boues en tant qu'engrais (ou amendement après compostage) s'inscrit pleinement dans le recyclage et permet de boucler, par retour au sol, le cycle de la matière organique. Il en résulte pour l'utilisateur un emploi moindre d'engrais minéraux. Et la valorisation agricole reste la filière la moins coûteuse : de 1 à 2,5 fois moins que l'incinération et de 1,5 à 2 fois moins que la mise en décharge. À ce jour, l'épandage agricole représente un peu plus de la moitié des débouchés. Ses impacts sanitaires et environnementaux sont maîtrisés par un encadrement strict des pratiques. Ainsi la loi impose-t-elle préalablement aux épandages agricoles, la réalisation d'études de sensibilité du milieu et, lors des épandages, des contrôles réguliers sur les boues épandues et les sols, avec traçabilité géographique. À ces aspects réglementaires viennent s'ajouter des démarches qualité développées par les professionnels, avec le soutien de l'ADEME et des Agences de l'Eau (police des réseaux, logiciel de traçabilité, démarche Qualicert...) pour améliorer la qualité des boues et des épandages, et répondre aux souhaits des agriculteurs.

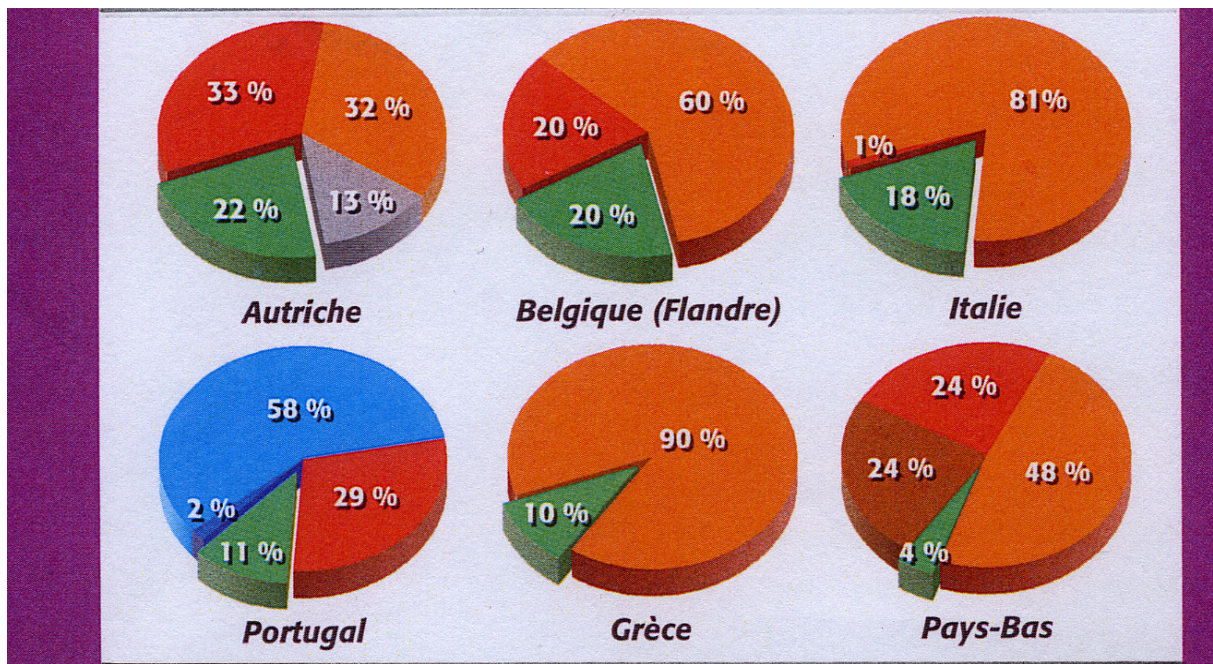
Nous présentons quelques exemples de modes d'élimination des boues urbaines en Europe.(Figure II.1)



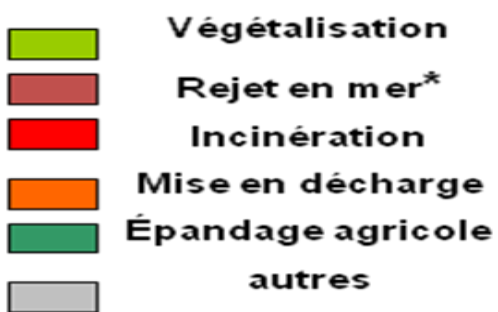
Légende :



* Interdit depuis 1998



Légende :



* Interdit depuis 1998

Figure II.1 : Boues Urbaines en Europe (Jeu Luc Martel ; 2010)

La figure II.2 présente les modes d'élimination des boues urbaines en Europe, pour l'année 1998.

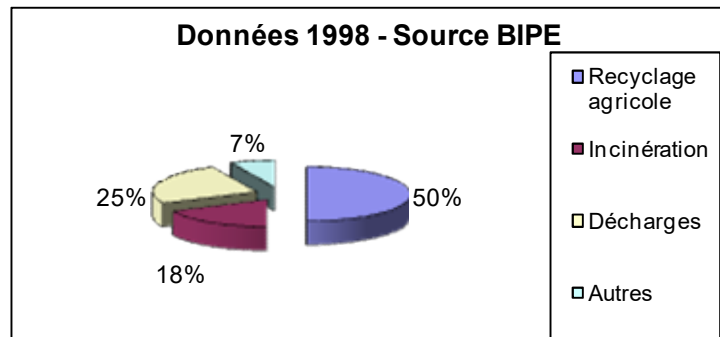


Figure II.2 : modes d'élimination des boues urbaines en Europe(1998) BIPE. (Jeu Luc Martel ; 2010)

Nous constatons que la valorisation des boues prédomine.

La figure II.3 présente les modes d'élimination des boues urbaines en Europe, pour l'année 2005.

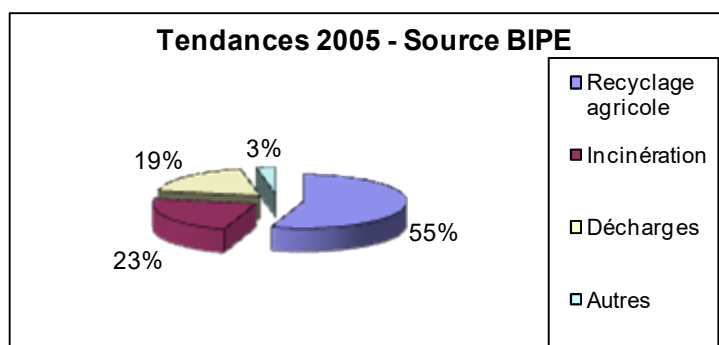


Figure II.3 : modes d'élimination des boues urbaines en Europe(2005). BIPE (Jeu Luc Martel;2010)

Nous constatons une évolution dans la valorisation des boues urbaines à éliminer en Europe en 2005 ; par rapport à l'année 1998.

La figure II.4 représente la répartition des modes d'élimination des boues urbaines à l'U.S.A pour l'année 2005.

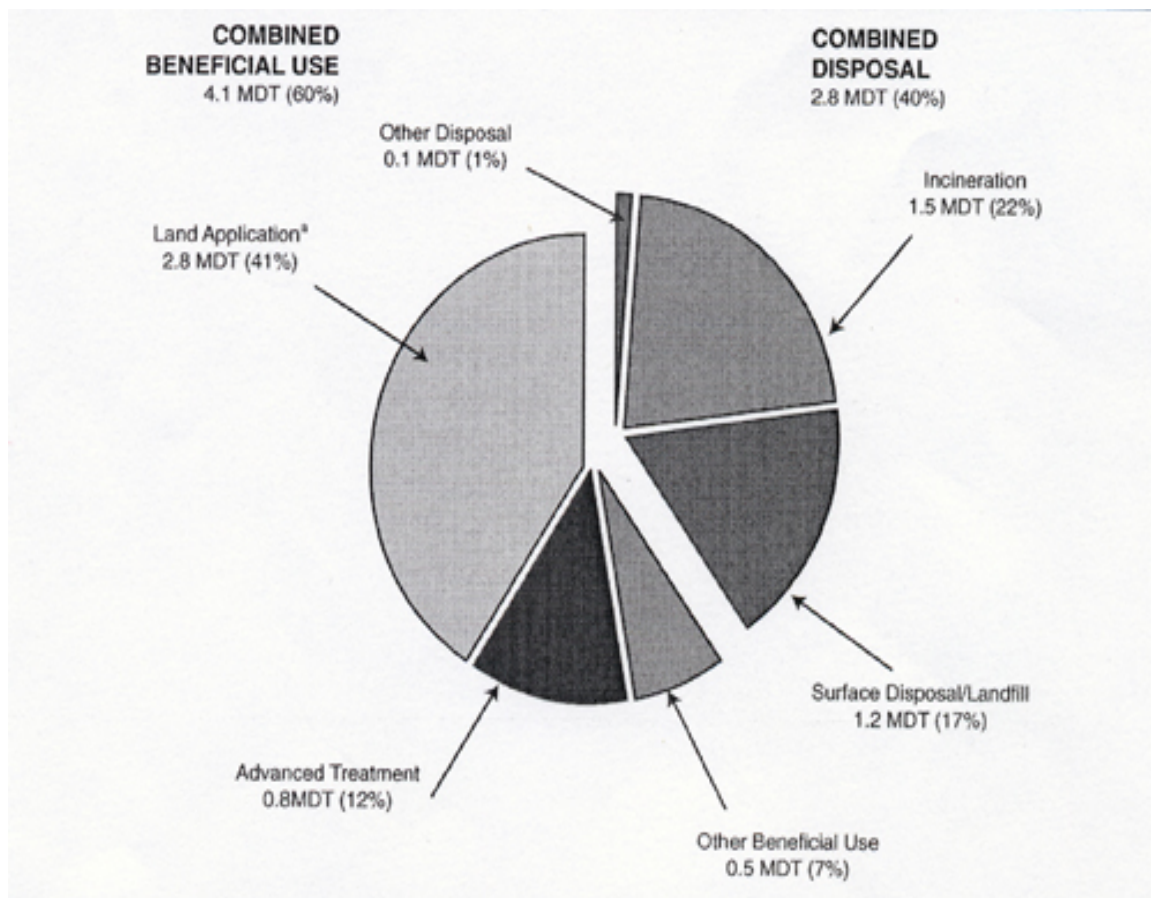


Figure II.4 : les modes d'élimination des boues urbaines U.S.A (2005). BIPE (Jeu Luc Martee)

De même nous constatons que la valorisation agricole des boues prédomine par rapport aux autres modes d'élimination.

La figure II.4 représente la répartition des modes d'élimination des boues urbaines dans différents pays Européens.

Conclusion :

Plusieurs solutions existent pour gérer les boues de STEP ; la valorisation thermique (incinération) et l'enfouissement ; qui ne sera réservé qu'aux déchets ultimes (non valorisables). Enfin, la valorisation agricole des boues ; prise en considération en tant qu'amendement organique au même titre que le fumier ou autres d'origine chimique.

III. 1.Introduction :

Parmi les destinations finales des boues de station d'épuration, l'utilisation agricole est une solution qui doit trouver une place privilégiée ; cette idée fait l'objet d'une application assez large dans certains pays tels que la Grande-Bretagne et l'Allemagne, la Belgique et le Danemark.

En effet, les boues résiduaire, riches en matière organique lentement dégradable ; en azote, phosphore et oligo-éléments ont une bonne valeur agronomique ; elles sont toutefois pauvres en potasse (K_2O).

Leur épandage doit toutefois n'être effectué qu'avec précaution, car l'usage d'un amendement organique en agriculture doit engendrer une bonne fertilité immédiate et assurer une amélioration durable des qualités du sol tout en évitant les risques de pollution du milieu naturel.

Plusieurs études ont été menées afin d'apporter des informations sur l'influence de la nature des effluents, des types de filière de traitement des eaux et des boues sur la valeur agronomique des boues. (Pommel, 1979)

III. 2. Composition chimique et valeur fertilisante des boues urbaine par comparaison au fumier de ferme :

De par leur teneur en éléments majeurs et oligo-éléments nécessaires à la croissance des plantes, les boues présentent une valeur fertilisante. Elles sont comparables à des amendements organiques tels que le fumier de ferme, elles sont toutefois pauvres en potasse (K_2O). (pommel, 1979)

Le tableau de l'annexe 1 indique la composition moyenne d'une boue, issue d'une station d'épuration comparée à celle du fumier de ferme, du compost urbain et des fientes de volailles. (annexe I)

Le tableau III.1 représente la composition de différents déchets.

	boues	lisiers fumiers	bio déchets	déchets verts
MS %	3-35	5-20	15-40	40-65
MO % sur sec	50-85	35-75	60-80	40-90
NTK %	1-10	3-5	1,5-3	0,5-1,5

Tableau III.1 : composition des déchets (Jean-Luc Martel ,2010)

Nous constatons que les boues sont riches en matières organiques par rapport aux autres amendements (lisiers de fermes, bio déchets et déchets verts), ainsi qu'en azote.

III.2.1. Composition des boues :

a) Eau dans la boue :

L'analyse des boues obtenue à la sortie des stations d'épuration montre que l'un des constituants majeurs est l'eau (Nakib, 1986).

La teneur en eau est fonction des traitements subis.

*les boues liquides renferment 95 à 99% d'humidité.

Elles peuvent être épandues par aspersion ou par labourage. Ce procédé évite le coût élevé de la déshydratation mais présente divers inconvénients dont :

-transport de quantités importantes d'eau.

-dégagement d'odeurs nauséabondes.

-les boues liquides peuvent contenir 20% de leur azote dans la phase aqueuse.

Le séchage ou la déshydratation de ces boues conduisent à des pertes partielles ou totales de cet azote.

-les boues pâteuses, dites aussi plastiques, ont une humidité comprise entre 75 et 95 %. Elles sont difficilement utilisables en agriculture car elles ont tendance à coller aux instruments utilisés pour l'épandage.

-les boues solides, quant à elles, renferment un taux d'humidité inférieur à 75%.

Elles sont appliquées à l'aide d'épandeurs Agricoles classiques, donc ne nécessitent pas de matériel spécifique.

b) Matière organique et son intérêt agronomique :

L'un des avantages de l'utilisation des boues en agriculture est lié à leur richesse en matière organique dont la teneur varie de 20 à 30% de la matière sèche.

Divers auteurs (Morel, 1976 ; Pommel, 1979, cités par Haddouche, 1991) ont montré qu'un apport de boues se traduisait par une amélioration des propriétés physiques du sol et une augmentation de sa réserve en eau.

Toutefois, cet effet positif est généralement obtenu à partir d'une application de doses importantes de boues.

Les boues d'épuration sont composées essentiellement d'eau, de matière organique et de matières minérales.

L'effet de ces composants est très différent selon le milieu qui les reçoit :

-**polluant** lorsqu'ils viennent perturber l'équilibre d'un cours d'eau ou d'un sol qui est incapable de les digérer,

-**fertilisant** si on les incorpore au sol, en quantité et en qualité appropriées, car ils constituent alors des ressources nutritionnelles en améliorant **les propriétés physiques et chimiques des sols**.

Des micro organismes présents en grand nombre dans le sol digèrent en partie les matières organiques apportées par les boues et les transforment en éléments minéraux disponibles pour la plante. Une autre partie des matières organiques est incorporée au sol et contribue à l'entretien d'une structure favorable au développement des racines

Le tableau suivant indique le pourcentage des éléments fertilisants ainsi que le pourcentage de la matière organique contenue dans les boues.

Matière sèche	2 à 95 % selon la siccité
Matière organique	50 à 70 % de la MS (30 % si boues chaulées)
Azote	3 à 9 % de la MS
Phosphore	4 à 6 % de la MS
Potasse	< à 1 % de la MS
Magnésie	< à 1 % de la MS
Chaux	4 à 8 % de la % MS (25 % si boues chaulées)
Carbone/ azote	5 à 12

Tableau III.2 : Composition générale des boues d'épuration (source ADEME)

En apportant des éléments fertilisants aux cultures, les boues réduisent l'utilisation d'engrais minéraux, ce qui explique l'intérêt que porte l'agriculteur à cette matière puisqu'elle lui permet de réaliser des économies sur l'achat des engrais dont le prix est souvent très onéreux.

D'autre part, la nature essentiellement organique de l'azote apporté par les boues entraîne sa mise à disposition progressive pour les plants, par minéralisation, phénomène sous la dépendance des conditions pédoclimatiques locales.

Enfin, l'épandage agricole évite le recours à des solutions uniquement éliminatrices (incinération, mise en décharge) qui pourrait présenter des impacts sur l'environnement plus néfastes que ceux de l'épandage.

c) l'Azote :

La teneur des boues en cet élément est estimée à 3.9% de la matière sèche, l'essentiel de l'Azote contenu dans les boues est sous forme organique, il constitue 50 à 90% de l'Azote total (pommel ,1979), son assimilabilité par la plante se fait progressivement.

d) phosphore :

Les boues ont une teneur moyenne en phosphore totale de 5.7% de la matière sèche. Moins de 70% de ce phosphore est sous forme minérale. (Morel, 1978)

Son efficacité peut, cependant, être diminuée par un traitement chimique ou thermique. Selon (Van De Maele 1981), les boues résiduaire urbaine peuvent être assimilées à des engrais phosphatés.

e) le potassium :

Présent dans les eaux résiduaire brute, cet élément est évacué dans l'eau épuré ; de ce fait il se retrouve en quantité très faible dans les boues (0.1 à 0.3 % de la matière sèche). C'est pourquoi on préconise généralement un complément lors de l'épandage des boues. (Lamari, 1978)

f) le calcium :

Il peut exister en teneur importante suite à l'adjonction de chaux au cours du conditionnement, les boues chaulées peuvent alors être considérées comme un amendement.

Leur teneur en calcium varie entre 2 à 20 %, de même d'autres éléments tels que le soufre et le sodium le manganèse peuvent se trouver dans les boues. (Haddoche, 1991)

g) Les autres éléments majeurs (Ca, Na, Mg, Fe, Al...) :

La teneur des boues en oligo-éléments est relativement élevée, certains d'entre eux constituent des éléments indispensables à la nutrition des plantes, leur absence dans le sol peut provoquer des carences.

Les oligo-éléments participent à la croissance des végétaux mais agissent de façon très efficace à de très faible dose, au-delà d'un certain seuil de concentration, ils peuvent devenir toxique pour les végétaux. (Morel, 1977)

h) Les éléments traces (métaux lourds) :

Ils représentent une véritable contrainte à l'utilisation agricole des boues. Certains micro-éléments, considérés comme des oligo-éléments sont admissibles, mais à des teneurs très faibles, tel est le cas du cuivre du bore et du manganèse.

D'autres éléments tels-que le cadmium, le mercure, sont quant à eux très toxiques et leur présence peut s'avérer très dangereuse.

Le tableau III.3 indique la composition des boues en métaux lourds (exemple de la STEP de Baraki.

A l'instar des éléments majeurs, les métaux lourds qui sont représentés généralement sous leurs forme totale, sont sujets à des floculations dans le temps, (Heck et al, 1978 ; Morel, 1977 ; Sommers et al, 1976 ; cité par Zekad, 1982).

(Berroui ; 1972; Fardeau et Guirand ; 1975 ;cité par Zekad 1982) affirment que les métaux lourds sont sous formes peu soluble, note de son coté que 30% à 60% de leur teneur serait susceptible d'être libérée dans le sol, soit à l'issue de la minéralisation des déchets soit à la suite d'une variation importante des conditions physico-chimiques du sol.

Métaux lourds	Normes AFNOR [mg/kg de MS]	Boues de Baraki Mg/kg MS
Zn	3000	2864
Cu	1000	245
Cd	20	39
Ni	200	58
Cr	1000	325
Pb	800	422

Tableau III.3 : composition des boues en métaux lourds de Baraki

(Haddouche, 1999)

D'après le tableau, on observe que les valeurs des métaux lourds de la boue de Baraki sont élevés en particulier le zinc et le plomb mais, les ne dépassent pas la valeur limite.

III .3.Conditions et modalités d'adaptations des boues en agriculture :

III .3.1.Caractérisation des boues aptes à un usage agricole :

L'usage des boues en agricultures nécessite un certain nombre de précautions à prendre vu que :

-d'une part, elles renferment des métaux pouvant être lourds de conséquences pour le sol, la plante et l'homme.

-d'autre part, un excès d'azote peut provoquer la contamination des eaux de surface ou des nappes phréatiques. En Europe, pour palier à ces problèmes .une valeur limite d'utilisation est fixé, soit 400 kg d'azote par hectare.

Les boues d'origine domestique sont généralement indiquées pour l'utilisation agricole (Larousse agricole, 1981).

Cependant une stabilisation est nécessaire pour écarter toute forme de risque.

Par ailleurs, il est impératif de déterminer leur composition, d'abord pour évaluer leur valeur fertilisante, et ensuite pour détecter une éventuelle infiltration d'éléments indésirables. Des teneurs de référence ont été fixées par la norme AFNOR (U44041, 1985), elles sont consignées dans le (tableau III.4) .

De même, les boues ne doivent pas être épandues sur les sols dont les teneurs en l'un ou plusieurs éléments traces excèdent les valeurs mentionnées dans le (tableau III.5)

Éléments	Teneur limites en mg/kg de MS
Cadmium	10
Chrome	1000
Cuivre	1000
mercure	10
nickel	200
plomb	800
sélénium	100
zinc	3000
chrome+cuivre+nickel+zinc	4000

Tableau III.4 : Teneurs limites en élément traces dans les boues fixées par la norme AFNOR (U44041, 1985)

Éléments	Teneur en mg/kg de MS
Cadmium	2
Chrome	150
cuivre	100
mercure	1
nickel	50
plomb	100
sélénium	10
zinc	300

Tableau III.5 : Teneurs limites en éléments traces dans un sol pour épandage de boues fixées par la norme AFNOR (U44041, 1985).

De même le tableau III.6 indique les valeurs agronomiques dans les boues destinées à l'épandage agronomique.

élément	Valeurs limites
Carbone total (%)	-
Matière organique (%)	40-60
Ca (%)	4-5.5
K (%)	0.16-0.40
Na (%)	-
Azote KJ (%)	2-2.5
Phosphore assimilable (%)	0.43-0.87

Tableau III.6 : valeurs limites de concentration en éléments à valeurs agronomique dans les boues destinées à l'épandage en agriculture. (Lassée.1985)

III .3.2.Dose d'apport des boues d'épuration :

C'est la quantité de matière sèche de boue apportée par hectare et par an d'une boue normalisée ; elle est déterminée presque toujours par la satisfaction des besoins en azote du sol. Il est donc nécessaire que l'exploitant connaisse la composition de la boue qui sera épandue et les besoins de ces cultures pour fixer la dose d'apport. L'agriculteur doit tenir compte du fait que les éléments fertilisants qu'elle contient ne sont pas directement disponibles (Agriscopie, 1983).

III .3.3.Choix des systèmes de culture :

Ce choix est lié à la présence des métaux lourds et à la richesse des boues en ces métaux.

➤ la sylviculture :

Elle pourrait constituer un excellent débouché pour les boues d'épuration vu qu'elle n'entre pas dans la chaîne alimentaire. Toutefois, il est important de préciser que certaines espèces sont très sensibles au calcium telles que le châtaignier,

le pin maritime, d'autre au chlore telle que le peuplier (Pommel, 1979). Dans ce cas, les boues ayant fait l'objet d'un chaulage sont contre indiquées.

➤ **les prairies :**

Elle pouvant constituer un débouché favorable à l'utilisation des boues. Cependant, un certain nombre de précautions doivent être prises puisque les boues abritent toujours des germes pathogènes. Ces derniers peuvent être détruits par une simple exposition au soleil pendant deux à trois jours.(Pommel, 1979)

➤ **Les cultures céréalières :**

Elles conviennent assez bien à l'utilisation des boues. Etant donné que les métaux lourds s'accumulent dans l'appareil végétatif. Toutefois, il faut éviter les boues excessives en azote, afin de prévenir la verse. (Pommel, 1979)

➤ **Les cultures maraichères :**

L'épandage des boues sur légumes consommés crus est à effectuer sous réserve.

En effet, certaines cultures telles que la laitue et la tomate sont susceptibles d'accumuler le cadmium d'une manière considérable. (Pommel, 1979)

III .4.Contraintes liées à la valorisation agricole des boues :

Problèmes liés à la présence dans les boues de métaux lourds :

L'excès de métaux lourds peut créer à long terme des risques de toxicité par accumulation de doses dues à des apports répétés.

Ils peuvent être assimilés par les plantes avec des effets de phyto-toxicité.

III .5.Epandage des boues :

La valorisation biologique des déchets met en œuvre et favorise le principe naturel de retour au sol des déchets générés par les activités humaines, avec ou sans traitement préalable.

Cette filière concerne une grande quantité et une grande variété de déchets organiques et minéraux.

A l'heure actuelle, l'épandage agricole des boues reste en Europe la principale filière d'élimination. En 2002 environ 62 % des boues d'épuration domestiques étaient valorisés en agriculture en France par ce biais. L'épandage de boues ne peut être pratiqué que si celles-ci respectent le principe "d'intérêt agronomique" et soient exemptes de grandes teneurs en polluants inorganiques ou organiques.

Des règles d'épandage imposent des distances minimales :

- d'épandage vis à vis des berges, des sources, des puits, des habitations en évitant une percolation rapide vers les eaux superficielles ou souterraines ou tout ruissellement.
- d'isolement d'au moins 3 mètres vis-à-vis des routes et fossés. Il interdit l'épandage
- sur des sols gelés, de forte pente
- pendant les périodes de forte pluviosité et doit être en dehors des terres régulièrement travaillées (maraîchages). Il définit des délais minima
- avant la remise à l'herbe des animaux, et de cultures maraîchères.
- la durée du dépôt (inférieure à 48 heures), et seules sont entreposées les quantités de boues nécessaires à la période d'épandage considérée.

Cependant, des problèmes et des obstacles économiques ou techniques à l'application des règles d'épandage surgissent, ceux-ci comprennent les possibilités de stockage et de transport, l'insuffisance ou l'inadéquation des techniques de stabilisation et de déshydratation. D'autre part, du point de vue hygiénisation, la capacité d'épuration des sols est limitée dans certaines conditions. Ainsi, l'utilisation des boues sans hygiénisation préalable constitue en quelque sorte un retour à la pratique ancestrale de l'épandage des eaux usées brutes (figure III.1). (Bengtsson et al. 2004)

Chapitre III : valorisation agronomique des boues résiduaires urbaines

-risque sanitaire de l'épandage :

Depuis plus de 30 ans, des boues d'épuration municipales sont épandues en France sur des terres agricoles. Aucun accident portant atteinte à la santé publique n'a été enregistré à ce jour.

Il faut également savoir que les boues urbaines représentent moins de 2% des déchets épandus en agriculture (les déjections animales en représentent 94%).

Il est important de souligner que les risques de contamination par la consommation de produits animaux (épandage sur pâturages passant par l'animal par ingestion directe) existent bel et bien pour les composés qui ont tendance à s'accumuler dans les graisses animales (graisse, lait), et notamment les PCB* et HPA*.



Photo III.1 : Épandage de fumier de poules (Jean-Luc Martel ,2010)

Nous pouvons distinguer deux types d'épandage :

1/ Epandage Direct :

Les boues sont utilisées directement par aspersion sans aucun traitement,(Photo III.2)



Photo III.2: compostage mixtes des boues (Jean-Luc Martel ,2010)

2/ Valorisation agronomique après traitement :



Photo III.3 : Valorisation agronomique après traitement (Jean-Luc Martel ,2010)

Les boues sont utilisés après un traitement ; soit après un compostage (fermentation) des boues seule ou un compostage mixte avec des ordures ménagères. (Photo III.2 et photo III.3)

Le compostage c'est une fermentation aérobie qui permet l'obtention d'un amendement organique (compost).

III .6.valorisation agricole des boues en Algérie :

En Algérie, la valorisation des boues de STEP est limitée au domaine agricole et il reste à l'état expérimental. Parmi les travaux réalisés, on citera quelques uns.

En 1991, une contribution à la caractérisation et à la valorisation des boues de la station d'épuration des eaux usées de Béni-Mered (Blida) a été apportée dans le cadre d'un projet de fin d'études. (Hamitouche et Rabahi. 1991)

Dans ce travail, il a été comparé l'effet de l'épandage de deux fumures (fumier de ferme et boue sur le rendement des cultures : une légumineuse (trèfle) et une graminée (maïs) destinées à l'alimentation du bétail.

Il a été constaté que les parcelles ayant reçu un amendement organique, ont donné un rendement significativement plus élevé que les parcelles qui n'ont pas reçu d'amendement (témoin).

La différence de rendement entre les parcelles ayant reçu la boue ou le fumier n'est pas significatif.

En 1991, l'étude du compostage mixte des boues résiduares urbaines et des ordures ménagères de Béni-Mered (Blida) a été réalisée dans le cadre d'un projet de fin d'étude. (Benhadja. et Khetta. 1991)

L'étude a porté sur le suivi du compostage mixte des boues résiduares et des ordures ménagères sur une période de plus de un mois. Plusieurs paramètres ont été déterminés avant et après la fermentation (pH, % en matières sèches (% MS), % en matières organiques (% MO), carbone organique total (COT), teneur en azote total (N_T), teneur en phosphore (P_T), oligo-éléments et métaux lourds).

Les résultats obtenus après suivi de la fermentation aérobie de mélanges boues-ordures ménagères, montrent que le produit obtenu pourrait-être valorisé en agriculture.

En 1995, l'étude du compostage des banches d'acacia cyanophylla et des boues fraîches de station d'épuration d'eaux usées de Merazka (Tunisie) a été effectuée. (Charbonnel, Haddad, Ksontini et Oueslati. 1995).

Il a été constaté que le compostage des boues fraîches avec des branchages d'acacias cyanophylla constituait une bonne valorisation de deux déchets. En effet des essais en pépinière ont révélé qu'un mélange de 50% de ce compost et 50% de sable, ont conduit à

une nette amélioration des critères morphologiques des plants (hauteur des tiges, diamètre du collet, longueur des racines) comparées à ceux obtenus avec un terreau ordinaire (humus d'eucalyptus).

En 1999, l'influence d'amendements organiques et d'apport de boues sur les propriétés d'un sol cultivé à été étudié. (Dridi. et Toumi. 1999)

Le travail a porté sur la comparaison des effets d'un fumier d'ovins, d'une fumure minérale et de deux boues (floculées et liquide) de la station d'épuration de Baraki ; sur certaines propriétés physiques du sol et le rendement d'une culture fourragère (vesce avoine). L'expérimentation a mis en évidence l'intérêt agronomique des boues et du fumier d'ovins sur le sol et la culture. Par contre, la fumure minérale a donné des résultats les moins intéressants.

En 2001, la valorisation des boues résiduaires de la STEP de Baraki par épandage sur les plantations forestières a été étudiée. (Igoul. 2001)

L'étude a permis de montrer l'effet positif de l'épandage des boues résiduaires de la STEP de Baraki sur la croissance en hauteur de deux espèces forestières, à savoir : pins maritimes et acacia cyanophylla.

Après une durée de croissance d'une année, une augmentation de la croissance en hauteur des plants de plus de 70% a été enregistrée.

En 2010, une étude portant sur la réparation des cultures utilisant les boues de STEP, à été réalisée au niveau de la SEAAL.

La figure III.4 représente la répartition des cultures utilisant les boues sur la Wilaya d'Alger.

Wilaya d'Alger		
Culture	SAU (ha)	% de la SAU totale
Maraîchage	12 481	36%
Arboriculture	8 431	24%
Prairies	3 046	9%
Céréales	2 752	8%
Vignoble	1 956	5%
Sous total	28 666	82%
Autre	6 334	18%
Total	35 000	100%

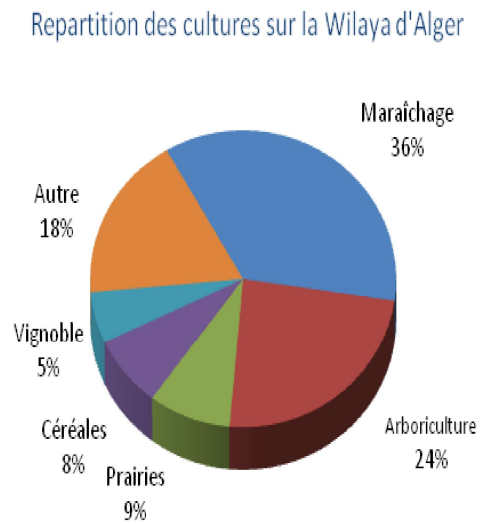


Figure III.1:répartition des cultures utilisant les boues sur la Wilaya d'Alger.

(Jean-Luc Martel ,2010)

II.1 .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.

II.2. caractérisation des boues désydratées:

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

La caractérisation des boues a porté sur les analyses physico-chimiques et chimiques. Le suivi analytique a été réalisé par la SEAAL au niveau du laboratoire central de Kouba, sur une période de trois années, de 2008 à 2010.

Les méthodes d'analyse utilisées par la SEAAL sont les normes AFNOR (Associations Française de Normalisation). (Annexe 2)

II.2.1.matières sèches (siccité) :

C'est la masse de substances obtenues après séchage à 105°C de l'échantillon brut, rapporté à la masse du résidu ou au volume dans le cas d'une boue liquide. (Lassée ,1985)

II.2.2.résidu calciné à 550°c :

Le résidu calciné donne la teneur en matière volatiles à 550°c.

En général, la détermination de la teneur en matières volatiles est une évaluation grossière de la matière organique totale. (Lassée ,1985)

II.2.3.le pH :

La mesure du pH a été effectuée par la méthode électrométrique après dilution de la boue déshydratée.

Il détermine partiellement la charge électrique des particules solides.

II.2.4.carbone organique total :

La méthode utilisée est celle d'ANNE, pour les substrats riches en carbone organique total.

La matière organique des boues est oxydée à chaud par le bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$), en milieu acide (Lassée ,1985). (Le Galliot, 1981)

II.2.5.Eléments majeurs :

C'est par la présence plus ou moins importante de ces éléments dans les boues, que l'on peut juger de sa valeur agronomique.

Il s'agit des éléments suivants : Azote total, «l'Azote de Keldahl », phosphore total (P_2O_5) ; potassium(K_2O), calcium (CaO), magnésium (MgO), sodium (Na_2O) ; les métaux lourds et les oligo-éléments.

II.2.6.Composés traces organiques:

La présence des polychloro biphényles (PCB) et les hydrocarbures Aromatiques polycycliques (HAP) indiquerait une éventuelle existence de micropolluants dans les boues.

Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) émis dans l'atmosphère sont d'origine naturelle ou anthropique (causer par l'activité humaine). Ils se forment essentiellement au cours des processus de pyrolyse et de pyrosynthèse lors de la combustion incomplète de matières organiques comme l'incinération des déchets, la combustion du bois, du charbon, le fonctionnement des moteurs à essence ou des moteurs diesels. La nature et l'abondance des HAP formés dépendent du combustible de base, du mode et de la température de combustion et de la proportion d'oxygène (Marr et al. 1999, Ledesma et al. 2000, Mastral & Callén 2000).indiaue réfè

Ces micropolluants (HAP et PCB) ont généralement un caractère cancérigène.

II.2.7. Analyses bactériologiques :

La SEAL n'a pas trouvé nécessaire de réaliser des analyses bactériologiques sur les boues déshydratées, car il semblerait que les techniques d'épuration et les différents modes de traitement des boues aient une influence directe sur leur qualité d'hygiénisation.

En effet, le comportement des bactéries en stabilisation aérobie des boues (procédé utilisé dans la STEP de Béni-Messous) a été étudié par (Leclerc et Brouzes, 1973). Les résultats de leurs expériences montrent une réduction importante des bactéries totales, entérobactéries et des salmonelles, d'autant meilleure que la durée de stabilisation est longue.

- 95% des bactéries sont détruites en dix (10) jours, alors que le temps de séjour dans la stabilisation aérobie des boues de la STEP de Béni-Messous est de douze (12) jours,
- Les salmonelles ne peuvent survivre dans ces conditions,

En revanche, les œufs de vers résistent à la stabilisation aérobie.

Une boue convenablement déshydratées, qu'elle soit fraîche ou digérées, présente peu de risque de contamination.

II.3. Exploitation des résultats d'analyses :

Les analyses des boues déshydratées de la STEP de Beni-Messous ont porté principalement sur les analyses physico-chimiques (PH ,siccité , teneur en eau , la teneur en matière organique et le carbone organique) ; sur l'analyse des éléments traces (Zn, Hg, Cd, Ni, Cu, Cr, et Pb) ; sur l'analyse des Oglio- éléments (Fe, Bo , Co, Mn, et Mo) ; sur l'analyse des éléments à valeur agronomique des boues (Azote de Kjeldhal , Azote ammoniacal , Azote nitrique , Calcium (CaO), potassium (K₂O), Magnésium (MgO),sodium (Na₂O), et phosphore total (P₂O₅)et enfin sur les analyses des

micropolluants organiques (PCB : polychlorobiphényles et HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques).

II.3.1 Paramètres physico-chimiques :

1. Le pH des boues :

Deux valeurs du pH des boues de la STEP de Beni-Messous ont pu être déterminées, un pH de 8,08 a été obtenu à la date du 09/06/2008 et un pH de 6,8 à la date du 29/12/2008 ; soit une valeur moyenne du pH de 7,44.

Du fait de leur légère basicité, la possibilité de l'utilisation de ces boues en agriculture serait souhaitable sur des sols à tendance acide, Ceci, d'une part. D'autre part, il semblerait que cette basicité rend insoluble une grande partie des métaux, qui serait de ce fait inaccessible aux plantes, après épandage (Lake, 1987) ; ainsi ce pH limite la mobilité des métaux lourds dans le sol.

2. la siccité et l'humidité des boues :

L'histogramme de la **Figure II.1** représente la variation de la teneur en siccité sur les trois années de 2008 à 2010. Nous constatons que cette teneur en siccité varie de 190 à 330 g/kg, la teneur en matières sèches fournit une information sur l'importance relative des éléments à valoriser.

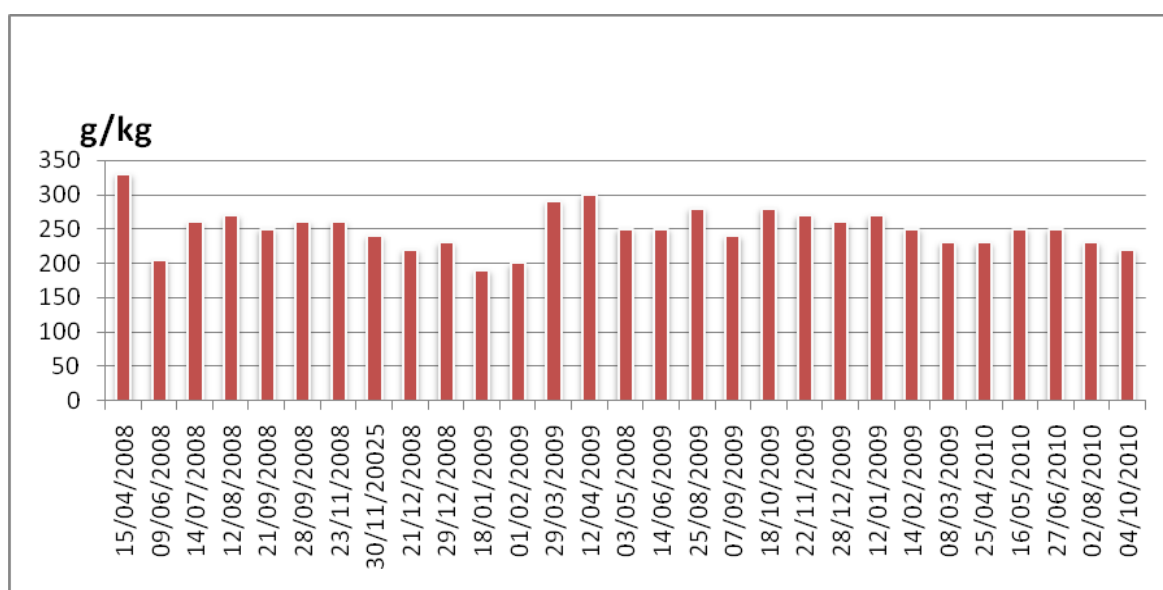


Figure II.1 : la teneur en siccité des boues de la STEP de Beni-Messous.

La teneur moyenne en siccité est de : 246,70 g/kg.

3. la teneur en eau des boues :

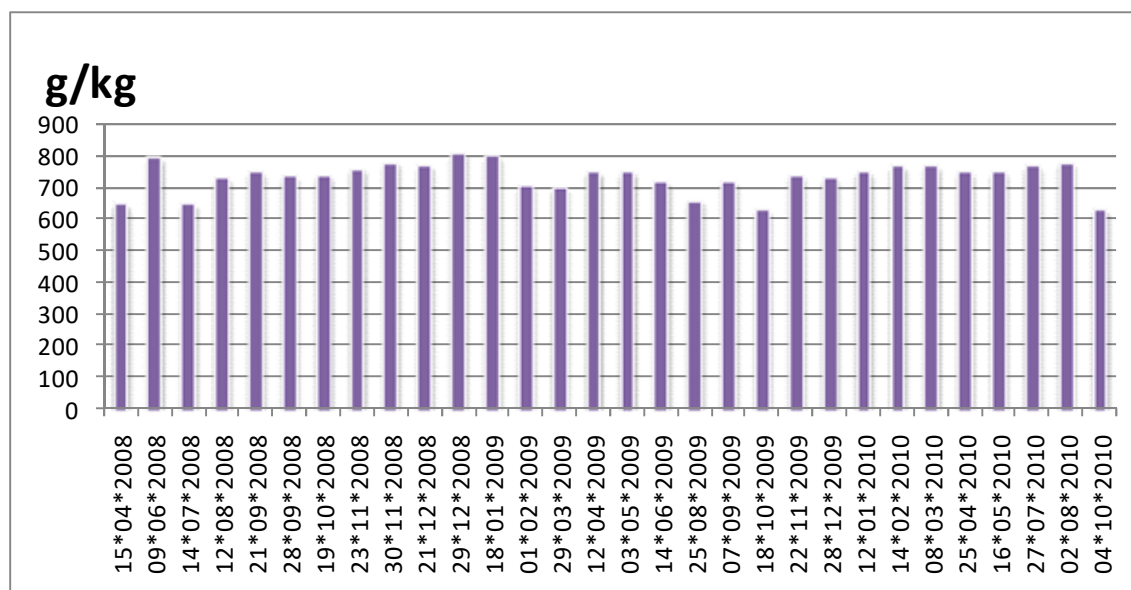


Figure II. 2 : la teneur en eau des boues de la STEP de Beni-Messous.

L'histogramme de la **Figure II.2** représente la variation de la teneur en eau sur une période s'étalant de 2008 à 2010. Nous constatons que cette dernière varie de 810 à 670 g/kg.

La teneur moyenne en eau est de : 749,38 g/kg.

Nous constatons que même après la déshydratation mécanique, les boues ont encore une humidité élevée.

4. Teneur en matières volatiles(ou matière organiques) des boues :

La figure II.3 représente la variation de la teneur en matière organique des boues sur une période allant de 2008 à 2010. Nous constatons que ces boues résiduelles ont une teneur en matière organique qui varie de 34% à 68% ; elles peuvent être considérées comme un amendement organique, au même titre que le fumier de ferme dont le pourcentage en matière organique varie de 35 à 75 % (tableau III.1).

Un apport de matières organiques par les boues joue un rôle favorable sur la solidité, responsable de l'agrégation des particules du sol, ce qui améliorera la structure du sol.

Chapitre II : caractérisation et proposition d'élimination des boues

Les boues améliorent l'agrégation des sols sableux et constituent un bon liant contre l'érosion éolienne. La richesse des boues en matières organiques améliore le bilan hydrique du sol par l'accroissement de la réserve utile en eau (Morel ; 1978).

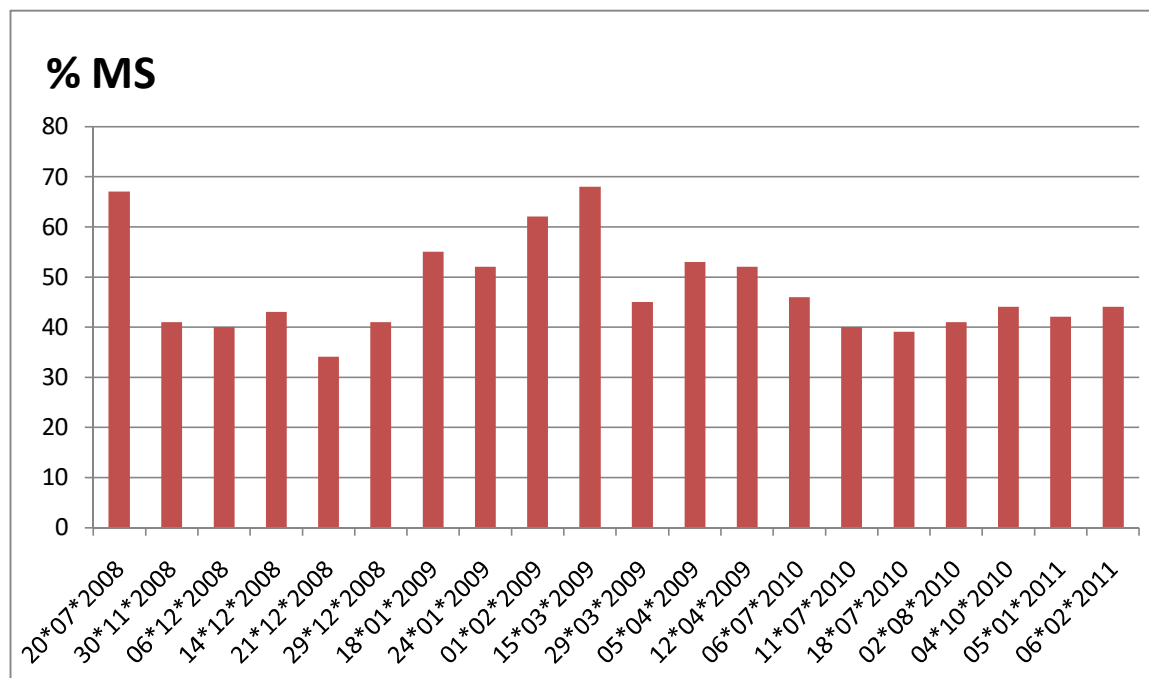


Figure II.3 : la teneur en matière organique des boues de la STEP de Beni-Messous.

La teneur moyenne en matière organique des boues est de : 36,75 % MS.

5. Teneur en carbone organique total (C.O.T) :

Deux valeurs de C.O.T ont pu être déterminées, une valeur de 16.5% de M.S à la date du 20/06/2008 et une valeur de 20.3% de M.S à la date du 28/12/2008 ; soit une valeur moyenne de COT de 18,40 % de MS.

Des apports de boues à des doses élevées augmentent le taux de carbone organique des sols. La teneur en carbone organique des 15 premiers centimètres d'un limon ayant reçu en quatre (04) années 309 t/ha de matières sèches de boues dirigées est passée de 1.2 % à 2.4 % en matière sèche. De même l'effet positif des boues sur la teneur du sol en humus est également observé. (Morel ; 1978)

II.3.2 les éléments traces :

1. Le zinc (Zn) :

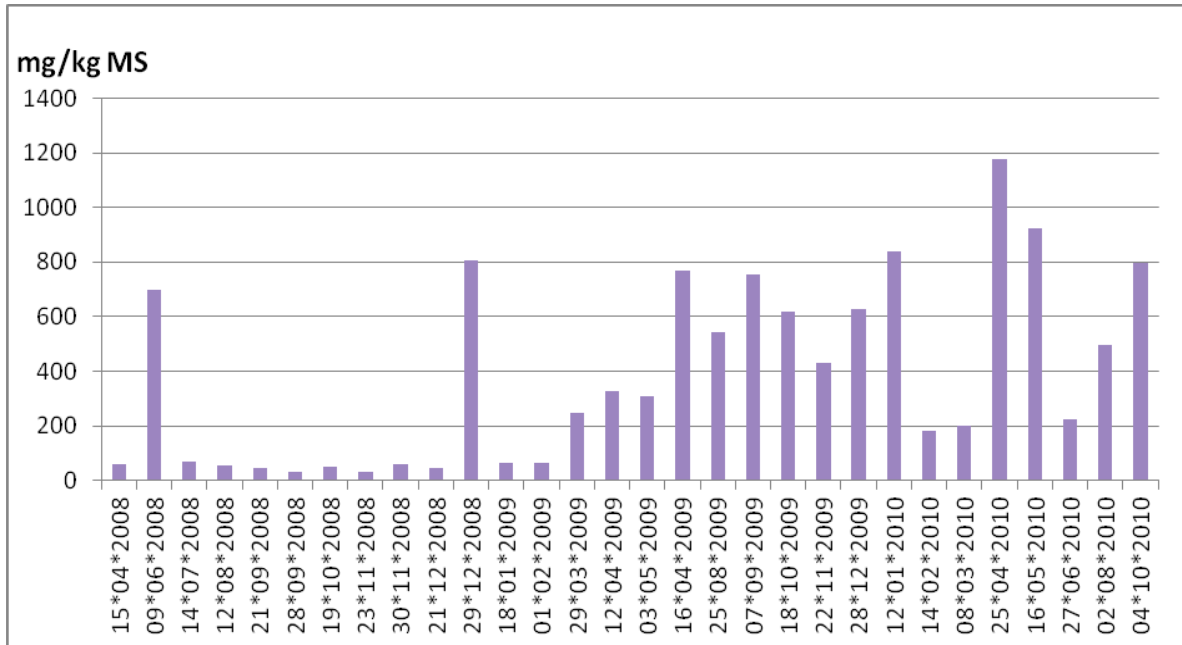


Figure II.4 : la teneur en ZINC (Zn) des boues de la STEP de Beni - Messous.

La teneur moyenne en Zinc est de 423,04 mg/kg.

La quantité de zinc observée montre que la boue est acceptable pour une valorisation agricole, car elle ne dépasse pas la norme qui est de 3000ppm

(Norme AFNOR U44041)

2. le Mercure (Hg) :

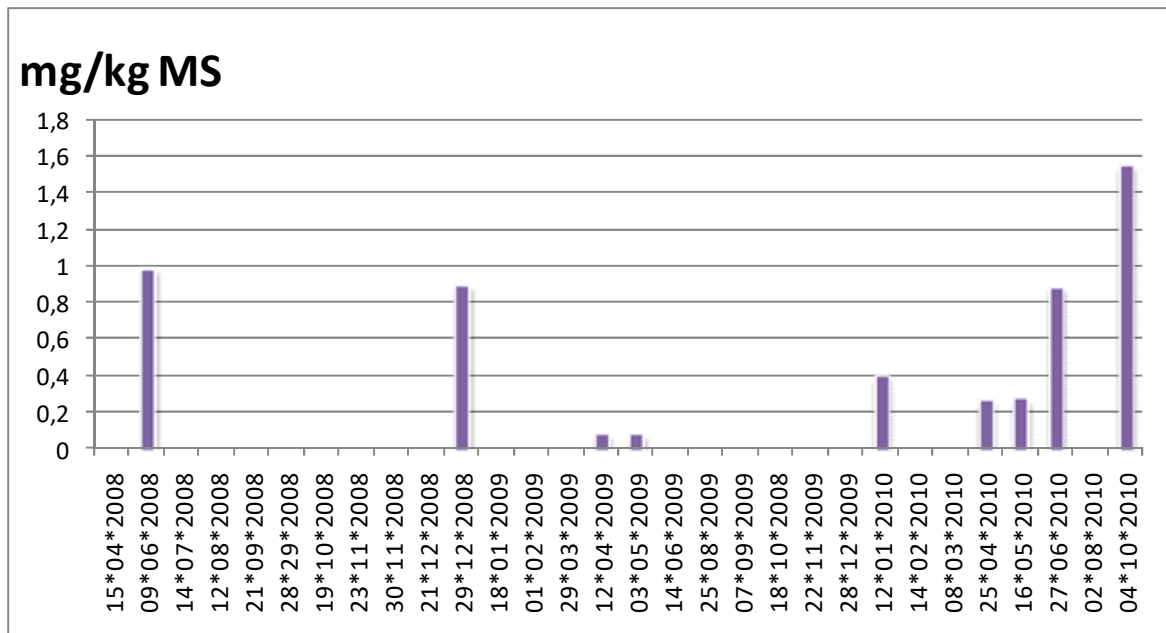


Figure II.5 : la teneur en mercure(Hg) des boues de la STEP de Beni-Messous

La teneur moyenne en Hg est de 0,94 mg/kg

La quantité de mercure observée montre que la boue est acceptable pour une valorisation agricole. Car elle ne dépasse pas la norme qui est de 10 ppm. (Norme AFNOR U44041)

3. Le Nickel (Ni) :

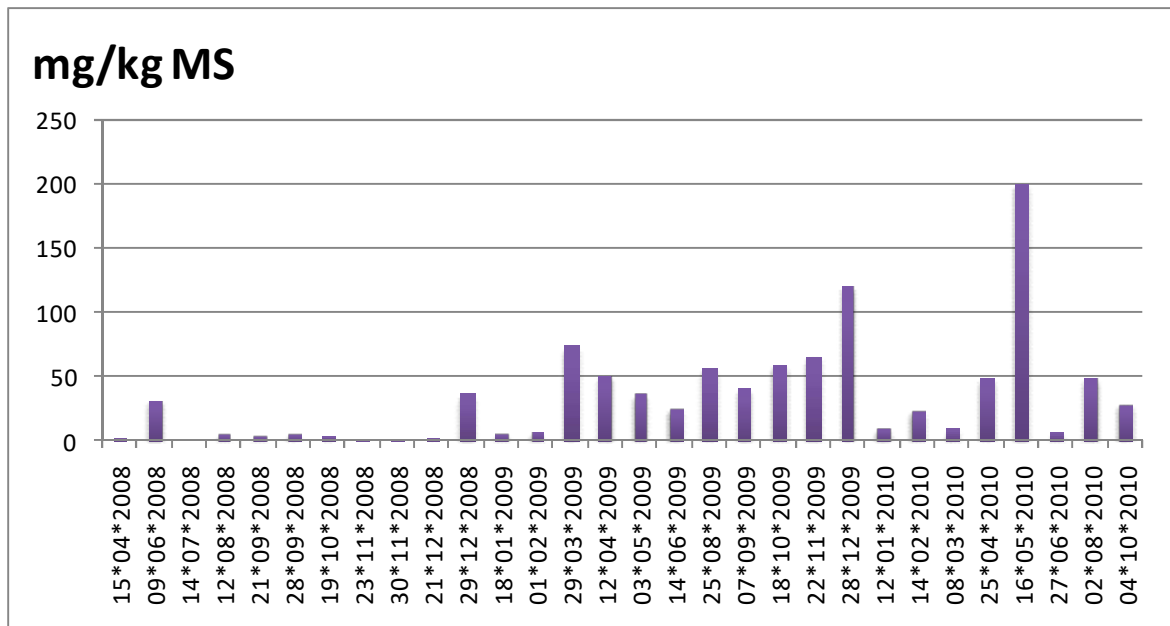


Figure II.6 : la teneur en Nickel (Ni) des boues de la STEP de Beni-Messous.

La teneur moyenne en Nickel des boues est de : 40,25 mg/kg

La quantité de nickel observée montre que la boue est acceptable pour une valorisation agricole car elle ne dépasse pas la norme qui est de 200 ppm. (Norme AFNOR U44041)

4. Le Cadmium (Cd) :

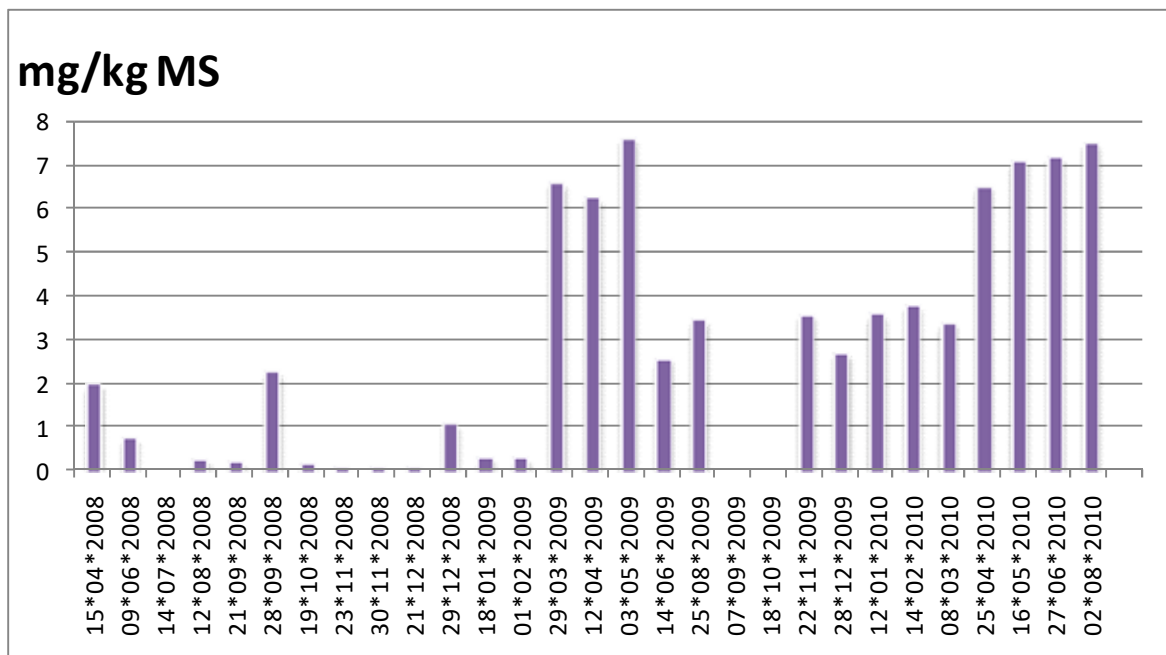


Figure II.7 : la teneur en cadmium (Cd) des boues de la STEP de Beni-Messous.

La teneur moyenne en Cadmium des boues est de 3,46 mg/kg

La quantité de cadmium observée montre que la boue est acceptable pour une valorisation agricole, car elle ne dépasse pas la norme qui est de 3000 ppm. (Norme AFNOR U44041)

5. Le Cuivre (Cu) :

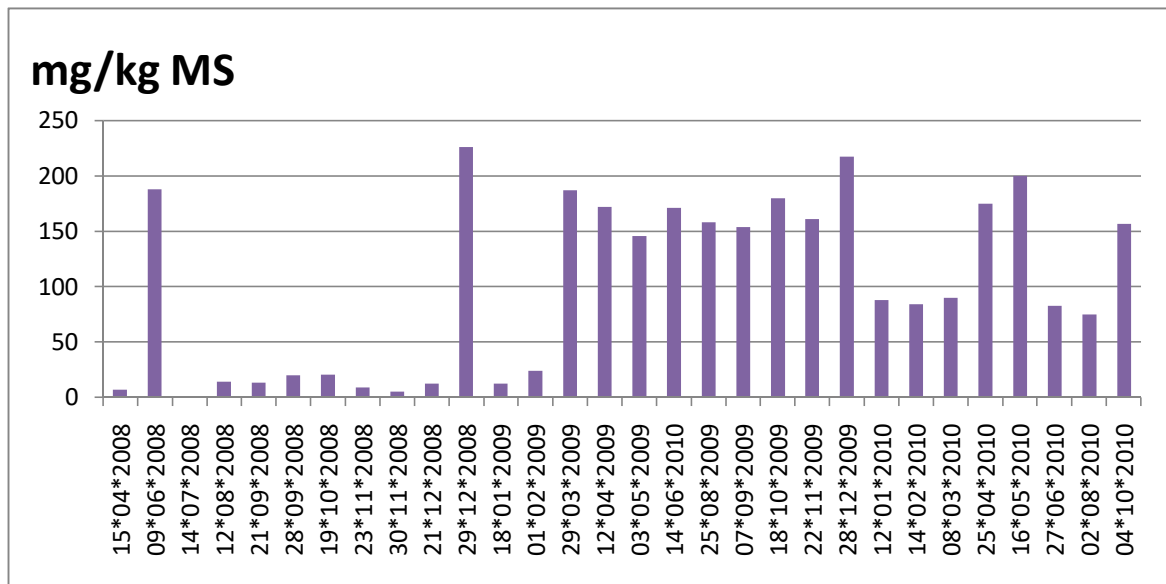


Figure II.8 : la teneur en cuivre (Cu) des boues de la STEP de Beni-Messous.

La teneur moyenne en cuivre des boues est de 109,23 mg/kg

La quantité de cuivre observée montre que la boue est acceptable pour une valorisation agricole, car elle ne dépasse pas la norme qui est de 1000 ppm. (Norme AFNOR U44041)

6. Le Chrome (Cr) :

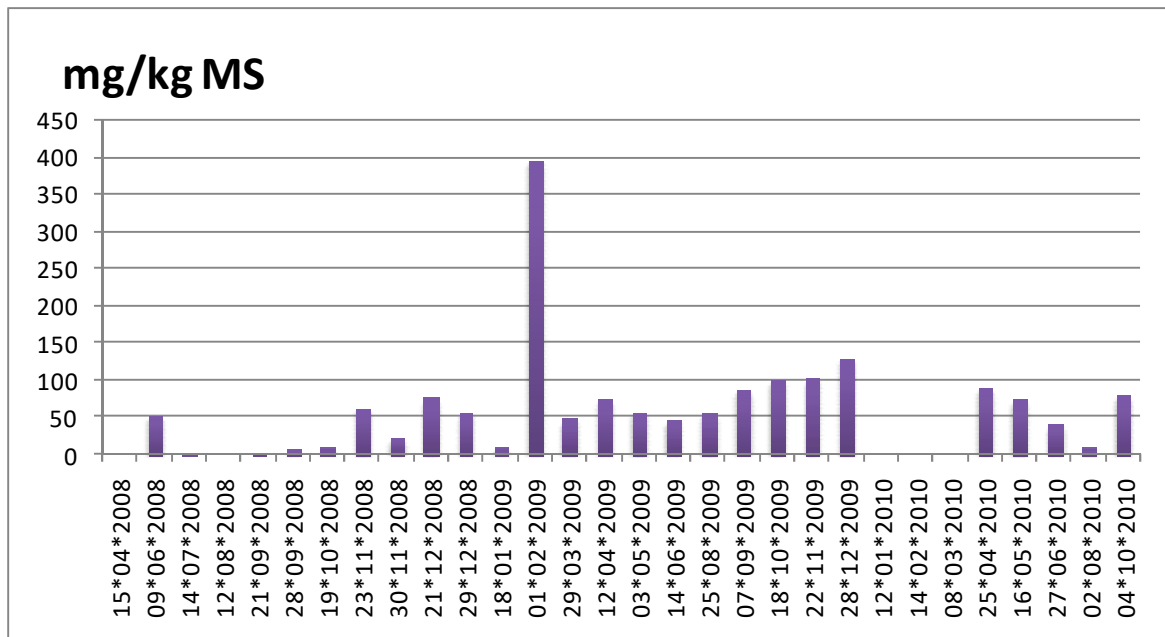


Figure II.9 : la teneur en chrome (Cr) des boues de la STEP de Beni-Messous.

La teneur moyenne en chrome des boues est de 80,15 mg/kg

La quantité de chrome observée montre que la boue est acceptable pour une valorisation agricole, car elle ne dépasse pas la norme qui est 1000 ppm. (Norme AFNOR U44041)

7. Le Plomb (Pb) :

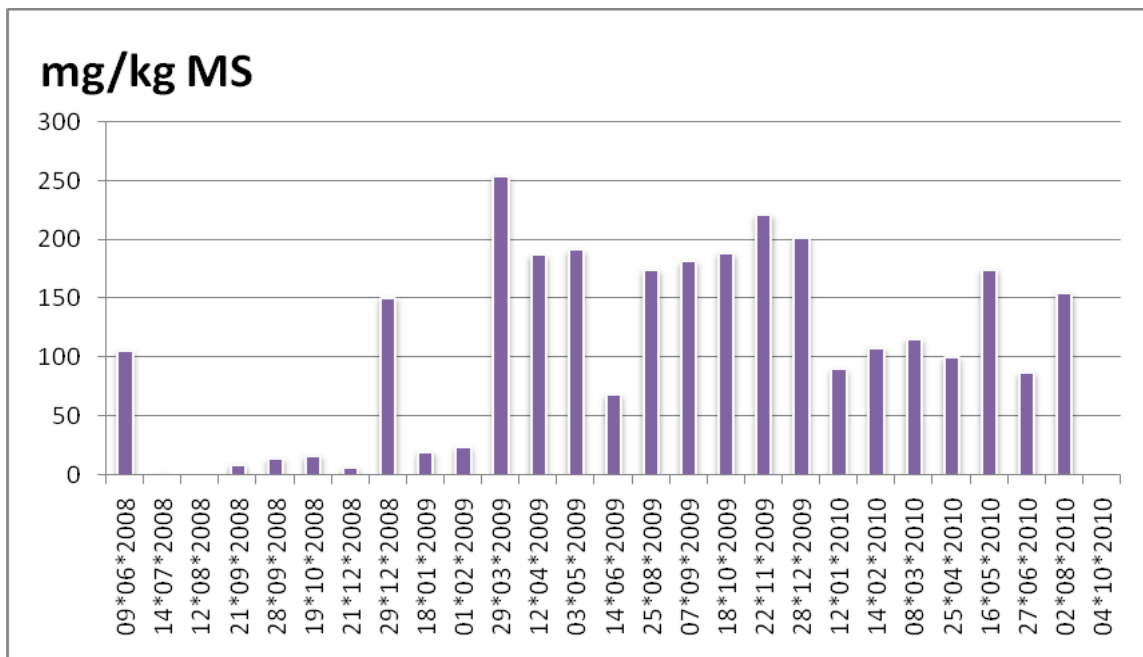


Figure II.10 : la teneur en plomb (Pb) des boues de la STEP de Beni-Messous.

La teneur moyenne en Plomb des boues est de 111,56 mg/kg

La quantité de plomb observée montre que la boue est acceptable pour une valorisation agricole, car elle ne dépasse pas la norme qui est de 800 ppm. (Norme AFNOR U44041)

8. la somme Cr+Cu+Ni+Zn :

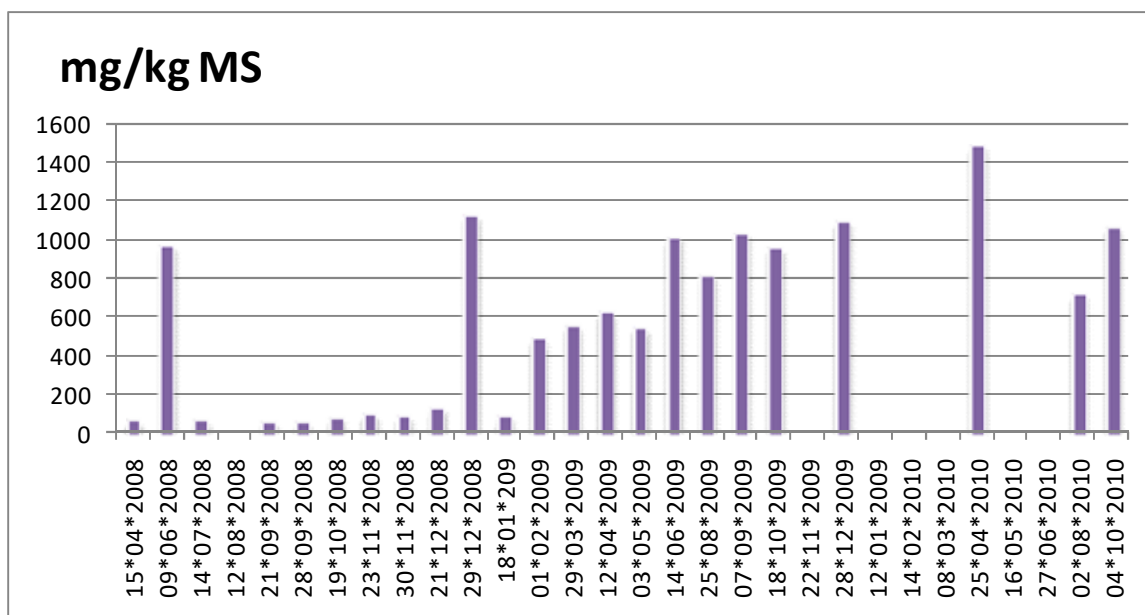


Figure II.11 : la teneur en Cr+Cu+Ni+Zn des boues de la STEP de Beni-Messous.

La teneur moyenne en Cr+Cu+Ni+Zn est de 648,80 mg/kg.

Nous constatons que la somme des teneurs en métaux lourds (Cr+Cu+Ni+Zn) ne dépassent pas la valeur maximale admissible pour une valorisation agronomique, car elle ne dépasse pas la norme qui est de 4000 ppm (Norme AFNOR U44041).

Nous constatons que les teneurs en métaux lourds sont faibles sur une majeure partie de l'année 2008, ceci pourrait être du au début du fonctionnement de la STEP de Beni-Messous. Par contre, les teneurs en métaux lourds sont relativement élevées pour la période de 2009 et 2010 ; ceci semblerait être du à l'aboutissement du fonctionnement normal de la STEP de Beni-Messous.

II.3.3 les oligo-éléments :

1. Le Cobalt(Co) :

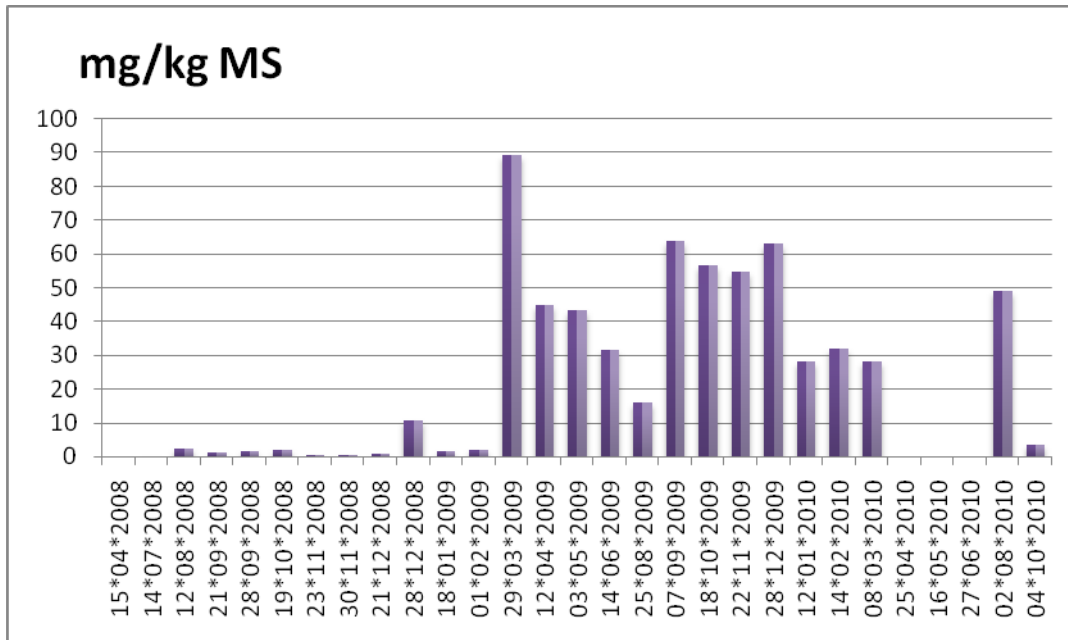


Figure II.12 : la teneur en cobalt (Co) des boues de la STEP de Beni-Messous.

La teneur moyenne en Cobalt des boues est de 33,57 mg/kg.

2. Le Manganèse(Mn) :

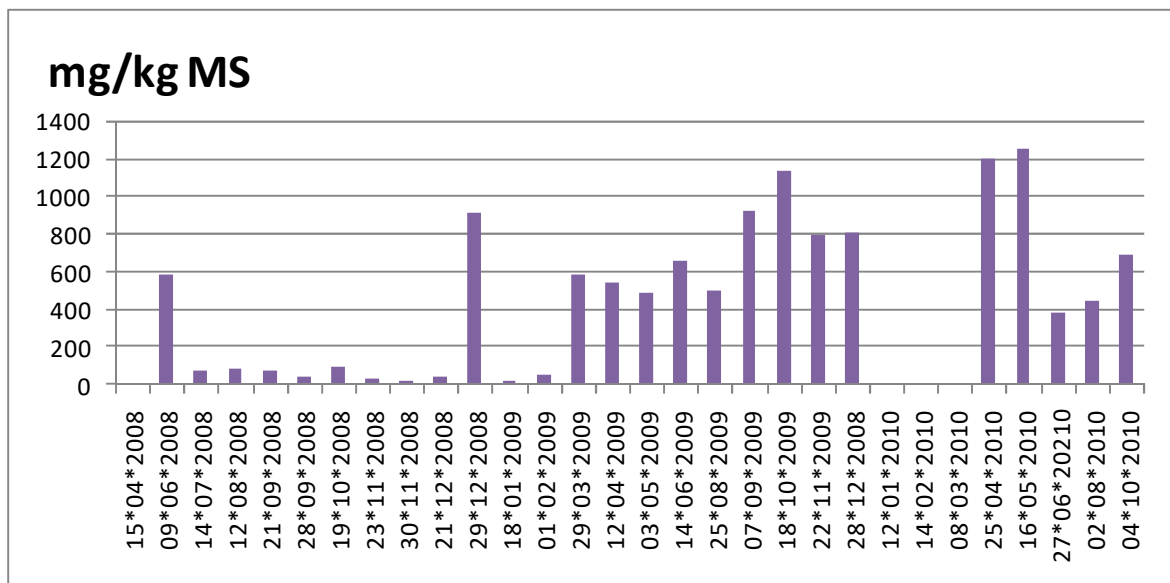


Figure II.13 : La teneur en manganèse(Mn) des boues de la STEP de Beni-Messous.

La teneur moyenne en manganèse (Mn) des boues est de : 509,80 mg/kg.

3. Le fer (Fe) :

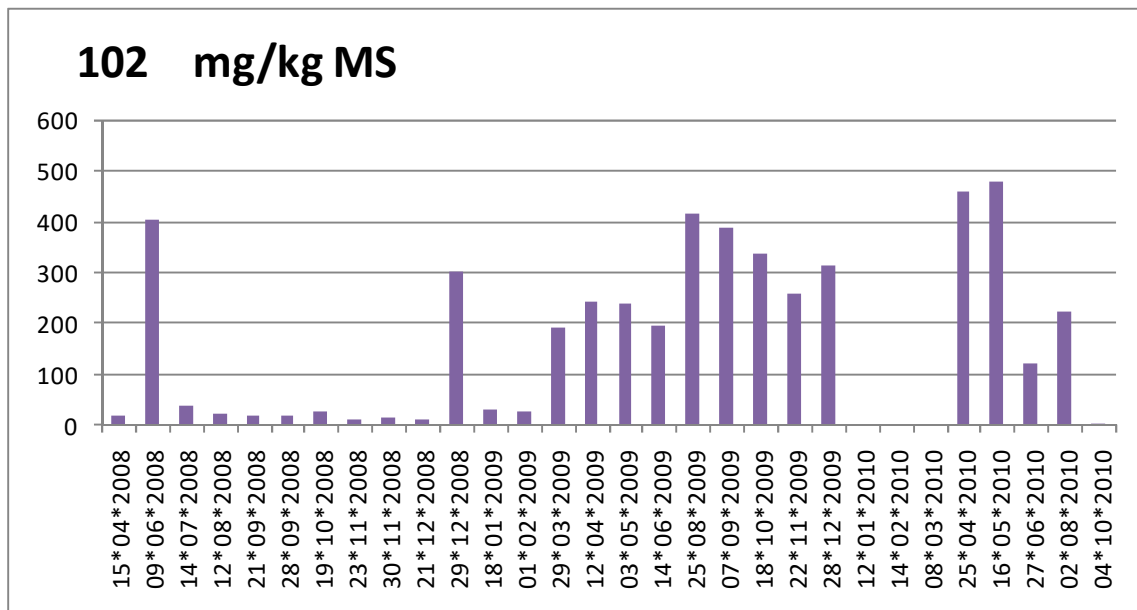


Figure II.14: la teneur en fer (Fe) des boues de la STEP de Beni-Messous.

La teneur moyenne en Fer des boues est de 21202,37 mg/kg.

4. Le Molybdène (Mo) :

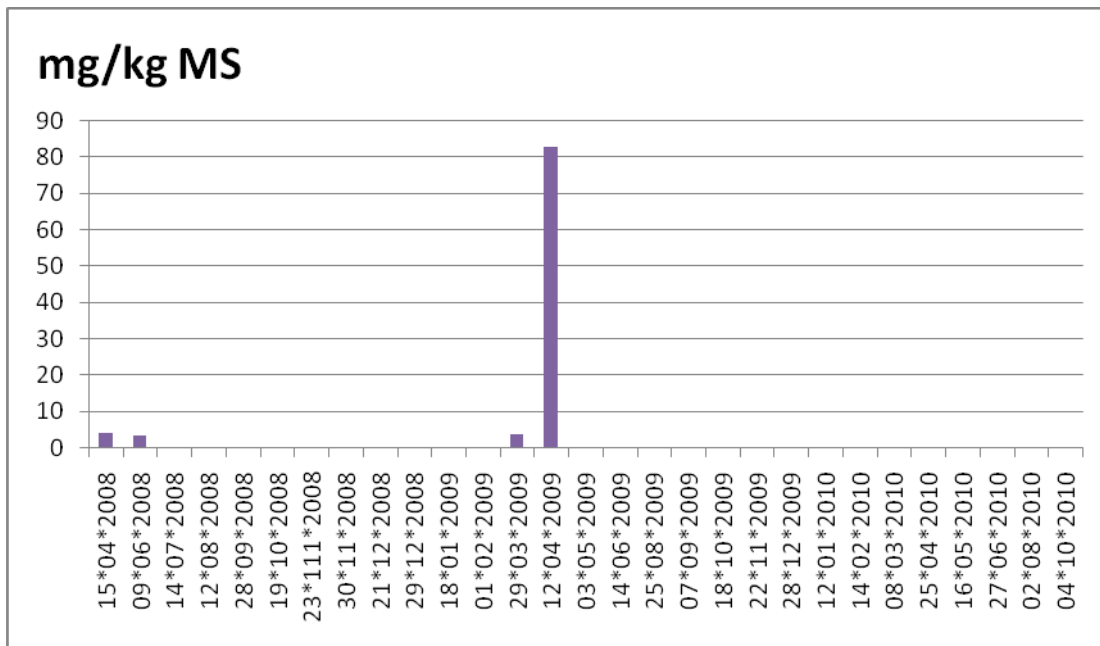


Figure II.15 : la teneur en Molybdène (Mo) des boues de la STEP de Beni-Messous.

La teneur moyenne en molybdène est de 29,56 mg/kg.

5. Le Bore (Bo) :

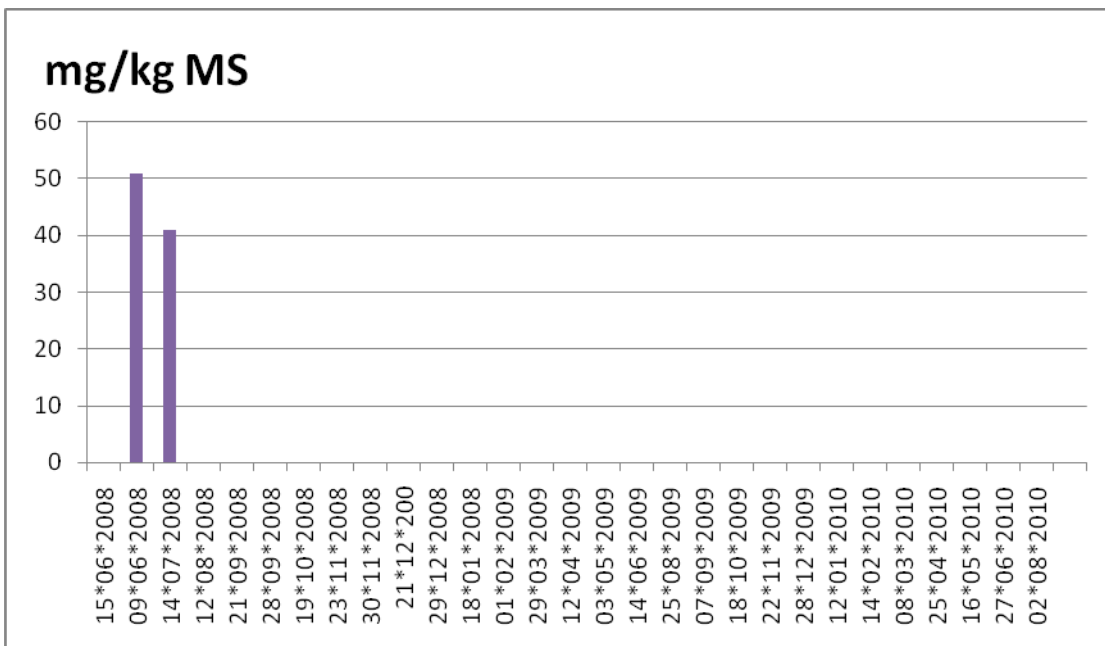


Figure II.16 : la teneur en Bore (Bo) des boues de la STEP de Beni-Messous.

La teneur moyenne en Bore est de 46,05 mg/kg.

Les boues peuvent être une source importante d'oligo-éléments indispensable au développement des végétaux, mais ils peuvent être toxiques au delà d'un certain seuil de contamination. Les boues de la STEP de Béni-Messous, riches en oligo-éléments, seront utilisées pour certaines plantes, dont les besoins en oligo-éléments peuvent-être préciser lors de l'épandage de ces boues.

II.3.4 les éléments à valeurs agronomiques :

1. Azote et composés azotés :

a) Azote ammoniacale (NH_4^+) :

Les analyses ont permis d'obtenir deux valeurs de NH_4^+ . Une de 0.106% à la date du 20 juin 2008 et une valeur de 0.06% à la date de 29 décembre 2008, soit une valeur moyenne de 0.083 %.

b) Azote de Kejedhal (NTK) :

Les analyses ont permis d'obtenir deux valeurs de NTK. Une valeur de 2,82 à la date du 20 juin 2008 et une valeur de 3.18% à la date de 29 décembre 2008, soit une valeur moyenne de 3.01 %.

c) Azote nitrique (NO_2^-) :

Une seule valeur à pu être déterminée à la date du 20 juin 2008 ; soit 0.008 %.

L'azote est un élément essentiel de la fertilité du sol, il joue un rôle majeur sur les rendements des plants.

Lorsque les apports en boues sont fait à des doses élevées (Ferrer, 1977) et que les boues sont appliquées en surface du sol (Kirkhan, 1974) ; une partie de cet azote sera volatilisée, surtout l'ammoniac.

Quelques études montrent que l'apport de boues provoque généralement un accroissement de la teneur en azote des tissus végétaux et un enrichissement du sol, une

fraction de cet azote entre dans la composition des molécules organiques à l'évolution lente.

Guirand, Fardeau et Hetier (1977) note un accroissement en nitrate chez une culture fourragère qui forme l'humus et sera stocké et remis à la disposition des plantes progressivement au rythme de la minéralisation de ces substances.

d) Rapport carbone/azote (C/N) :

Les analyses ont permis d'obtenir les valeurs respectives du carbone organique total (C) et de l'azote total de kjeldhal (N) de 18.4 % et 3.01% soit un rapport C/N de 6,1.

L'importance du rapport C/N en agriculture nous renseigne sur l'aptitude des boues à libérer l'azote et sur l'activité biologique du milieu, plus C/N est faible, plus la biodégradation des boues est facile.

il a été établi les limites suivantes :

- ❖ $N > 5\%$ et $C/N < 8$: boues minéralisant une forte proportion de l'azote.
- ❖ $N : 2 \text{ à } 5$ et $C/N = 10 \text{ à } 14$: boues ne libérant qu'en faible quantité ou lentement l'azote, le N minéral témoigne d'une certaine stabilisation.
- ❖ $C/N > 15$; $C > 36\%$: boues susceptibles de provoquer un blocage temporaire d'azote en raison d'une stabilisation insuffisante.
- ❖ $N < 2\%$; $C/N > 15$: boues carencée en azote, évoluant peu en risquant de provoquer une immobilisation prolongée de l'azote du sol.

Le rapport C/N, de l'humus stable est égal à 10. Boues (Lassée, 1985).

La figure II-15 résume l'étude de la valeur agronomique des boues (Lassée, 1985).

Dans le cas des boues de la STEP de Beni-Messous, le rapport C/N est de 6,1 ; il permet une libération importante de l'azote (figure II.5), donc ces boues peuvent être considérées comme un bon amendement organique.

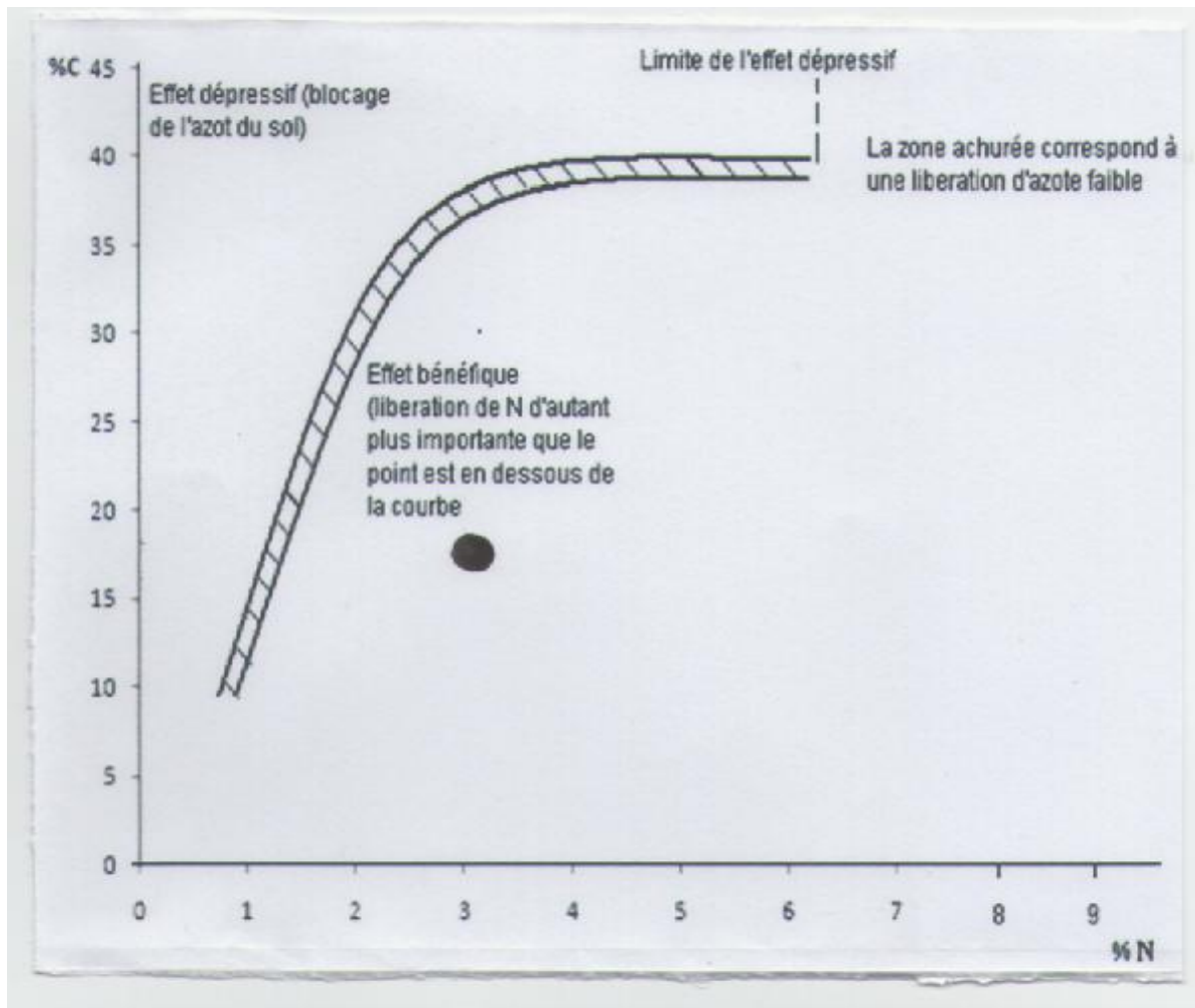


Figure II.17 : Etude de la valeur agronomique des boues. (Lassée, 1985)

2. Composés phosphorés (P_2O_5) :

Les analyses ont permis de déterminer une valeur de P_2O_5 dans les boues de 3.16% à la date du 20 juin 2008 et une valeur de 3.81 % soit une valeur moyenne de 3.48 %.

Les boues contiennent une quantité élevée de phosphore par rapport au fumier de ferme.(annexe 1)

La richesse des boues en phosphore justifie l'épandage dans certaines régions car les sols ont un pouvoir de fixation du phosphore (Morel, 1978).

Selon (Fardeau, 1977), le chaulage de la boue provoque une diminution significative du phosphore assimilable par la plante, car il y a production du phosphate de calcium insoluble.

3. Potassium (K_2O) :

Les analyses ont permis de déterminer une valeur de K_2O dans les boues de 0.571 % à la date de 20 juin 2008 et une valeur de 0.86 % à la date du 23 décembre 2008, soit une valeur moyenne de 0.62 %.

La figure 16 représente la comparaison des éléments fertilisants (Valeurs agronomiques) entre plusieurs amendements organiques (boues de béni-Messous, fumier de ferme et fientes de volailles)

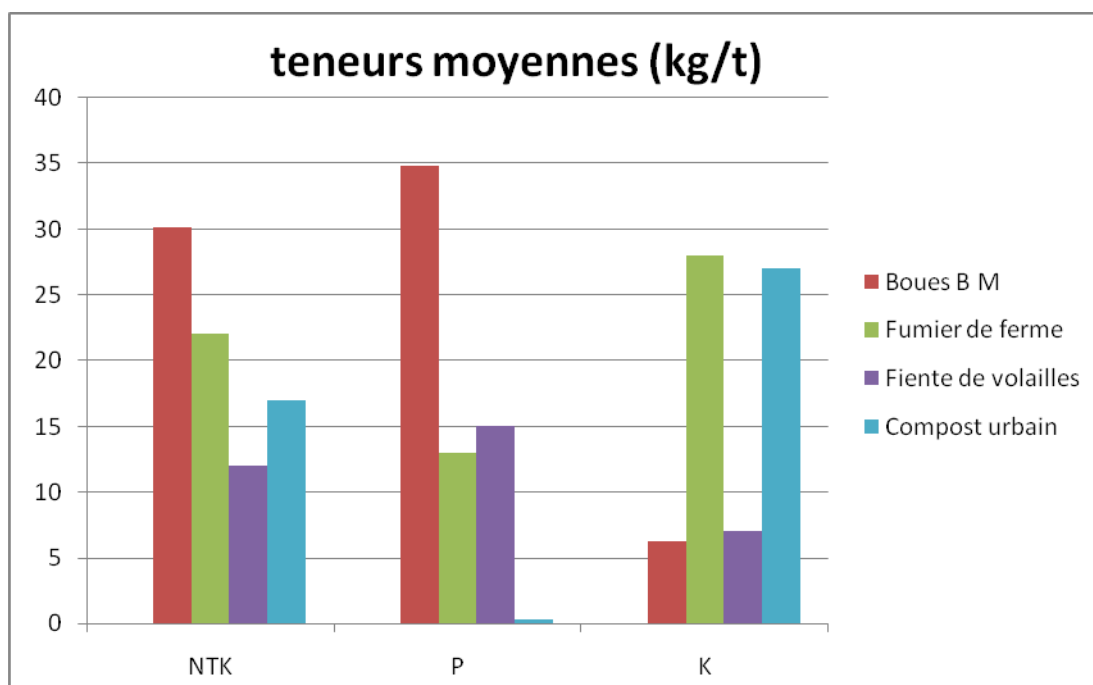


Figure II.18 : comparaison des éléments fertilisants majeurs.

La figure II.16 représente la comparaison des éléments fertilisants majeurs.

Nous remarquons que Les boues de la STEP de Béni-Messous sont riches en Azote et en phosphore mais elles contiennent une quantité très faible de potassium par rapport au fumier de ferme.

Les boues sont très pauvres en potassium car cet élément est soluble dans l'eau et il s'élimine en même temps que l'eau épurée. Il faut donc compléter l'apport de boue, par une fumure riche en potassium pour une utilisation agricole.

4. les éléments minéraux (Ca, Na, et Mg) :

Les teneurs en éléments minéraux sont données par le tableau suivant :

paramètres	teneurs	unités	dates	Valeurs moyennes	Fumier de ferme
CaO	10.08	mg/kg	20/06/2008	2.6	2.6
	1.02	mg/kg	29/12/2009		
MgO	1.12	mg/kg	20/06/2008	1.15	0.7
	1.18	mg/kg	29/12/2009		
Na₂O	1.16	mg/kg	20/06/2008	0.16	0.3
	0.154	mg/kg	29/12/2009		

Tableau II.1 : résultats d'analyse des éléments minéraux (Ca, Na, et Mg) de la boue de Beni Messous.

Nous constatons que les boues sont riches en calcium et en magnésium et faibles en sodium par rapport à un fumier de ferme.

L'apport d'ion calcium par les boues joue un rôle favorable sur la solidité des éléments responsable de l'agrégation des particules, ce qui améliore la structure du sol (Kinkhan, 1974) ; ce qui est le cas des boues de la STEP de Béni-Messous.

La présence d'ion sodium dans les boues joue un rôle négatif en favorisant la dispersion des colloïdes du sol ; ce qui n'est pas le cas des boues de la STEP de Beni-Messous, car la quantité de sodium dans les boues est faible.

II.3.5 Composés traces organiques:

1. Polychloro Biphényles (PCB):

La quantité de PCB 28, PCB 52, PCB 118, PCB 138, PCB 153 et PCB 180 présente dans la boue est très faibles (Tableau II.2) .

PolyChloro Biphényles (PCB)	unité	20/06/2008	29/12 /2008	moyenne	Norme Val. Agricole
PCB 28	<i>mg/kg MS</i>	< 0,015	< 0,010	-	-
PCB 52	<i>mg/kg MS</i>	< 0,015	< 0,010	-	-
PCB 101	<i>mg/kg MS</i>	0,048	0,048	-	-
PCB 118	<i>mg/kg MS</i>	< 0,015	< 0,010	-	-
PCB 138	<i>mg/kg MS</i>	0,096	0,129	-	-
PCB 153	<i>mg/kg MS</i>	0,157	0,210	-	-
PCB 180	<i>mg/kg MS</i>	0,138	0,170	-	-
Somme des 7 PCB	<i>mg/kg MS</i>	0,484	0,587	0.535	0.8

Tableau II.2 : résultats d'analyse des 7 PCB dans les boues de Beni Messous.

Nous constatons que la concentration en micropolluants organiques (7PCB) ne dépasse pas les normes préconisées dans le cas d'une valorisation agronomique des boues.

2. Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP):

La quantité des Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques présente dans cette boues est aussi très faible (Tableau II-3).

Hydrocarbures aromatiques Polycycliques (HAP)	unité	20/06/2008	29/12/2008	moyenne	Norme
Fluoranthène	<i>mg/kg MS</i>	< 0,129	< 0,05	<0.0895	5
Benzo(B) Fluoranthène	<i>mg/kg MS</i>	< 0,129	< 0,05	<0.0895	2.5
Benzo (A) Pyrène	<i>mg/kg MS</i>	< 0,129	< 0,05	<0.0895	2

Tableau II.3 : résultats d'analyse des HAP des boues de Beni- Messous.

Nous constatons de même que la concentration en micropolluants organiques (HAP) ne dépasse pas les normes préconisées dans le cas d'une valorisation agronomique des boues.

Tableau récapitulatif des résultats d'analyses :

paramètres	unités	Valeurs limites Val. Agricole	Valeurs moyennes
Analyses physico-chimiques			
Matières Sèches	g/kg	-	246,70
Teneur en eau	g/kg	-	749,38
Matière Minérale	% MS	-	63,25
Matière Organique	% MS	40-60	36,75
pH		-	7,44
Carbone organique	% MS	-	18,40
Éléments Traces			
Zinc (Zn)	mg/kg MS	3 000	423,04
Mercure (Hg)	mg/kg MS	10	0,94
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	10	3,46
Nickel (Ni)	mg/kg MS	200	40,25
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	1 000	109,23
Chrome (Cr)	mg/kg MS	1 000	80,15
Plomb (Pb)	mg/kg MS	800	111,56
Cr+Cu+Ni+Zn	mg/kg MS	4 000	648,80

Chapitre II : caractérisation et proposition d'élimination des boues

Oligo-éléments			
Fer (Fe)	mg/kg MS	-	21202,37
Bore (Bo)	mg/kg MS	-	46,05
Cobalt (Co)	mg/kg MS	-	33,57
Manganèse (Mn)	mg/kg MS	-	509,80
Molybdène (Mo)	mg/kg MS	-	29,56
Valeur agronomique			
Azote ammoniacal	g/kg MS	-	0,83
Azote Kjeldhal (NTK)	g/kg MS	2,0-2,5%	30,02
Azote nitrique	g/kg MS	-	0,08
CaO	g/kg MS	4-5,5%	55,50
Rapport C/N	sur MS	-	6,1
K ₂ O	g/kg MS	0,16-0,40%	6,2
MgO	g/kg MS	-	1,15
NaO ₂	g/kg MS	-	0,16
P ₂ O ₅	g/kg MS	0,43-0,87%	3,48
Polychloro Biphépiles (PCB)			
Les 7(PCB)	mg/kg MS	0.535	0.8
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)			
Fluoranthène	mg/kg MS	<0.0895	5
Benzo(B) Fluoranthène	mg/kg MS	<0.0895	2.5

Benzo(A) Pyrène	mg/kg MS	<0.0895	2
-----------------	----------	---------	---

II.4. Epandage des boues :

De façon générale, la fertilisation repose sur la connaissance des potentialités du sol et du climat, en adoptant les apports en fertilisants selon les besoins des plants, le rendement escompté, et les fournitures du sol en nutriments (richesse de la terre et reliquats des fumures des années précédents).

Dans ce cadre, un apport de boues repose sur :

-L'analyse du sol : le choix du sol où aura lieu l'épandage des boues est un point important. Ceux-ci provoquent la fuite des éléments indésirables vers les ressources en eau potable. Les boues ne devraient pas être utilisées sur les sols dont le pH est inférieur à 5 et sur des terres saturées d'eau, inondées, gelées ou enneigées. L'épandage devrait être réalisé de manière à éviter le ruissellement des boues et à minimiser la compaction des sols. A cet effet, la nature des sols des parcelles devant recevoir les boues doit être connue. Sur ces parcelles, une analyse de sol est effectuée pour connaître le point zéro sur le plan agronomique (granulométrie, pH, C/N, N total, K, Ca, Mg et les oligo-éléments (Bo, Co, Cu, Mn, Mo, Zn, Fe).

Ces parcelles de référence permettront ensuite de contrôler le risque d'accumulation qui peut survenir après plusieurs années.

-L'analyse des boues : L'analyse des boues prouve leur intérêt agronomique (concentration en éléments fertilisants) et leur innocuité (teneurs en éléments traces métalliques et polluants organiques inférieurs aux seuils réglementaires). Ces analyses seront renouvelées par la suite tout au long de l'année.

-La fourniture des préconisations d'emploi d'après les résultats de la caractérisation des boues, des analyses de sol et de leurs interprétation : dose d'apport et si nécessaire, un complément de fertilisation peut être prescrit.

Chapitre II : caractérisation et proposition d'élimination des boues

Pour être valorisées sur des terrains de cultures de pH supérieur à 6, les boues doivent impérativement respecter tous les seuils limites des métaux lourds. (Norme AFNOR U44041)

- **Un suivi d'épandage** est nécessaire pour les stations de traitement des eaux usées de plus de 2000 équivalents habitant (EH). Il consiste à établir un programme annuel prévisionnel d'épandage, assurer un suivi agronomique (analyses des sols et des boues), et établir un bilan agronomique en fin de chaque campagne.

Normes d'interprétation : les boues et les sols ne doivent pas dépasser certaines valeurs seuils pour quelques métaux (cadmium, chrome, cuivre, mercure, nickel, plomb, sélénium, zinc).

Conclusion :

En réalité on retrouve les métaux lourds (Cd, Pb, Zn, etc.) dans les végétaux cultivés sur des terrains agricoles " « sans boues » et même dans les plantes sauvages " dans lesquels on y dose des traces.

La vraie question est donc de savoir si ces épandages des boues urbaines sur les terrains agricoles font ou feront augmenter significativement les teneurs en ces ETM dans les produits récoltés et constituer de ce fait un danger pour la santé.

Selon les expérimentations réalisées dans certains pays, les impacts des métaux lourds sont bien visibles sur les sols ou sur les organes des plantes cultivées, quand les quantités d'apport sont importantes.

Par contre, quand les quantités sont faibles (compatibles avec la réglementation française), aucun impact n'est décelable ni sur les sols ni sur les récoltes. Ce qui pourrait être rassurant au moins à court terme. Pour le long terme, il faudrait prévoir des essais sur différents sols et différentes cultures.

CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce travail, nous avons montré que l'élimination des boues des stations d'épuration est une nécessité pour protéger le milieu récepteur. L'approche bibliographique, nous a permis d'apprécier les intérêts et les limites du recyclage des boues en agriculture.

En effet, le coût engendré par l'utilisation des engrais minéraux ainsi que la raréfaction du fumier constituent, aujourd'hui, de véritables entraves à la prospérité de l'agriculture algérienne. Les boues résiduelles, de par leurs caractéristiques physico-chimiques, semblent tout à fait indiquées pour remplacer, ou du moins, combler les insuffisances en matière de fumure.

La caractérisation des boues de la STEP de Beni Messous, nous a permis de confirmer leurs richesses en matières organiques (36,75% MS), en oligo-éléments (Co, Mn, Fe, Mo et Bo) en calcium et en magnésium ; de même en carbone (18,40% MS), en azote (30,02 g/kg MS), soit un rapport de C/N de 6.01. Cette richesse indique que ces boues peuvent être considérées comme un amendement organique (fumier de ferme). Par contre, ces boues contiennent des teneurs faibles en potassium (K_2O), il faut donc compléter l'apport de boue, par une fumure riche en potassium.

Les métaux lourds sont présents sans pour autant dépasser les normes préconisées dans le cas de la valorisation agricole des boues ; leurs concentrations sont largement inférieures par rapport aux normes retenues (AFNOR U 44041).

La concentration en micropolluants organiques (PCB et HAP) ne dépassent pas les normes préconisées dans le cas d'une valorisation agronomique des boues.

Le pH des boues est de 7,43 ; ceci permet leur utilisation en agriculture sur des sols à tendance acide, d'une part. D'autre part, il semblerait que cette basicité rende insoluble une grande partie des métaux, qui serait de ce fait inaccessible aux plantes, après épandage.

La qualité hygiénique des boues semblerait acceptable pour une valorisation agronomique car la stabilisation aérobie et la déshydratation mécanique des boues pourraient avoir une influence directe sur leur qualité sanitaire.

Par conséquent ; les boues de la STEP de Beni Messous peuvent faire l'objet d'une valorisation agricole ; avec un suivi analytique des métaux lourds.

A ce titre, les résultats issus des expérimentations initiées dans ce domaine par plusieurs institutions (Universités, ONA, INRA...) et comme le cas de notre étude, devraient être valorisés dans l'avenir, afin de permettre une meilleure connaissance et maîtrise de la technique (nature, tonnage, conditions d'épandage...) en fonction des conditions du milieu propre à l'Algérie.

Abréviations :

ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.

AFNOR : Association française de normalisation.

CEMAGREF : Centre du machinisme agricole du génie rural et des forêts .

C/N : carbone /azote.

COT : carbone organique totale.

DBO₅ : la demande biochimique en Oxygène.

DCO : la demande chimique en Oxygène.

ETM : éléments traces métalliques.

HAP : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques.

INRA : Institut national de la recherche agronomique.

MTH : Matières extractibles à l'hexane.

MES : Matière en suspension.

MO : matière organique.

MS : Matières solides.

NTK : Azote Kjeldhal Total.

ONA : office national d'assainissement.

PCB : Polychlorure Biphényles.

PBS : Pompe à boues stabilisé d'épuration.

SEAAL : Société des eaux et de l'assainissement d'Alger

SAU : Surface agricole utilisée.

B M : Beni - Messous

Annexe 1

composition comparée des boues, fumier, compost urbain et fientes de volaille. (Nakili, 1986, Pommel, 1979)

	Boues	Fumier du ferme	Compost urbain	Fientes de volaille
Carbone (%)	33,5	36,2	18	-
Azote total(%)	3,9	2,2	1,7	1,2
C/N	8.59			
Phosphore total(%)	5,7	1,3	0,03	1,5
Potassium (%)	0,48	2,8	2,7	0,7
Calcium(%)	4,9	2,6	8,0	2,4
Magnésium(%)	0,54	0,7	-	-
Sodium (%)	0,57	0,3	-	-
Zn ppm (mg/kg)	740	-	-	-
Cu ppm (mg/kg)	850	-	-	-
Cd ppm (mg/kg)	16	-	-	-
Ni ppm (mg/kg)	82	-	-	-
Cr ppm (mg/kg)	890	-	-	-
Pb ppm (mg/kg)	500	-	-	-

Annexe 2

Méthodes utilisées pour l'analyse des boues : (document SEAAL)

Paramètres mesurés	unité	Méthodes utilisées	Normes
Matières Sèches et Teneur en eau	g/kg	Séchage à 105°C	NFEN /2880 (NOUV 2000)
pH		Ph mètre	NFEN /12176 (MAI 1998)
Matière Organique	g/kg	Calcination à 550°C	NFEN/12879 (NOUV 2000)
Eléments Traces métalliques (Zn ,Hg, Cd, Ni, Cu, Cr, Pb)	mg/kg	Spectrométrie d'adsorption atomique en four graphité	ISO /15586 200 3F
Oligo-éléments (Fe, Bo, Co, Mn, Mo)	mg/kg	Spectrométrie d'adsorption atomique en four graphité	ISO/ 15586 200 3F
Phosphore total(K ₂ O)	g/kg	Méthode par minéralisation	NF EM /14672 (DEC 2005)
Dose de carbone organique	g/kg	Méthode ANNE	Norme AFNOR
Azote de kjedhale (NTK)	g/kg	Kjedhal	NF EN /13342 (DEC 2000)
Dosage des Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) et PCB	mg/kg	Méthode d'extraction	Xpx/ 33-012 (MARS 2000)

Références bibliographiques :

ADEME ., 1990 : Le biogaz et sa valorisation ,guide méthodologique.

AFNOR., juillet 1985 : boues des ouvrages de traitement des eaux usées urbaines.

Amir S., 2005 : Contribution a la valorisation des boues de stations d'épuration par compostage ,devenir des micropolluants métalliques et organiques et bilan humique du compost.
Thèse de doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse sciences agronomiques. France

Benhadja L. et Khettal M.,1991 :Contribution à la caractérisation des boues résiduares et des ordures ménagères de Beni-Mered (Blida). Etude de leur compostage conjoint.
Mémoire de Fin d'Etude, Université Saad Dahlab de Blida, Département de Chimie Industrielle .
Algérie.

Colin, F., 1990 : Caractérisation et typologie des boues résiduares en vue de leur utilisation agricole. Institut de recherche hydrique de Nancy.120p

Daira S.⁽¹⁾, Bensoltane M.⁽¹⁾, Djebbar Y.⁽¹⁾, Abda H.,⁽²⁾ 2006 :Gestion de la production de la boue dans la STEP de Souk-Ahras en utilisant le modèle STOAT.

(1) Université de Souk-Ahras (Algérie)

(2) Université de Sfax (Tunisie)

Revue Nature et Technologie N^o 1, pages 16-23.

Degremont .,1978 :memento technique de l'eau.Tome 2 , huitième édition
Lavoisier, Technique et documentation, Paris.

Document du Ministère des Ressources en Eau : Descriptif de fonctionnement et d'exploitation de la station d'épuration des eaux usées de la ville de

Béni-Messous. Direction des Ressources Hydrauliques et de
l'économie de l'Eau. Algérie.

Dridi B. et Toumi C.,1999 : Influence d'amendements organiques et d'apport de boues sur
les Propriétés d'un sol cultivé. Ecole National Agronomique, El
Harrach, Alger. Etude et Gestion du Sol, 6,1, pp. 7à14.

Guiraud G , Fardeau J.C et Hetier J.M .,1977 : Evolution de l'azote du sol en présence des
boues résiduares urbaines.

Haddouche I.,1991 : Etude de la valeur fertilisante des boues issues de la station
d'épuration de Baraki ,leur aptitude à libérer l'azote et le
phosphore Thèse INA d'El Harrache Algerie . 50 p

Igoul S.,2001 : Valorisation des boues résiduares issues des stations d'épuration urbaines
par leur épandage dans les plantations forestières. Laboratoire de
biomasse, Centre de développement des énergies renouvelables, BP 62,
route de l'observatoire. Bouzareah, Alger. Rev. Energ. Ren : production
et valorisation biomasse, pp. 69-74.

Jeau Luc Martel ., 2010 :valorisation agricole des boues résiduares urbaines.document SEAAL
(Séminaire)

Lamari M .,1987 :utilisation des boues résiduares dans l'agriculture :cas de la station de
traitement de DraaBen Khedda. Thèse INA d'El Harrach Algerie.

Lassée C.,1985 :Analyse des boues. AFEE. Tome 1, 135 p. Tome 1, 127p.

Lassée C ., 1985 : Analyse des boues . Analyse chimique.
A.F.E.E. Tome 2 129 p.

Lassée C ., 1985 : Analyse des boues . Analyse chimique.

A.F.E.E. Tome 3 141 p.

Le Galliot B., 1981 : Etude des paramètres carbone organique et demande totale en

oxygène des eaux résiduaires. Agence de bassin Loire-Bretagne, 146p.

Martine le Tallec ., 1979 : L'utilisation agricole des boues résiduaires urbaines de station d'épuration dans le département du Val d'oise ,Mémoire de Fin d'étude , Ecole superieur d'ingénieurs et Techniciens pour l'Agriculture ,le Vandreuil-Agence Financière seine.Normandie.FRANCE

Morel J.L .,1978 :boues résiduaires et fertilisation phosphatée. Revue phosphore et agriculture, pp. 15 – 22.

Morel. I.L,Jacquin.F.,1976: détermination de l'aptitude à la biogradation des boues résiduaires d'origines diverses : action sur les propriétés physico-chimiques du sol. Coll. Inter .on soil organic studies. RFA.pp :165-275.

Nakib A.,1986 : contribution à l'étude des possibilités d'utilisation des eaux résiduaires et des boues en agriculture.
Thèse magister INA d'El Harrach .Algérie.

Ouanouki B., Igoud S., 1993 :Contribution à l'étude des boues résiduaires issues de stations d'épurations urbaines dans les plantations forestières. Institut National Agronomique, Département de Forestier et de Protection de la Nature, El Harrach, Alger. Revue Forestière Françaises, 2, pp. 153-158.

Ouanouki B., Abdellaoui N., Ait Abdallah N., 2009 : Application in agriculture of treated wastewater and sludge from a treatment station. Institut National Agronomique. El-Harrach, Alger. European Journal of Scientific Research, vol.27, N4,pp. 602-619.

Oueslati M.A⁽¹⁾, Ksontini M.⁽²⁾, Haddad H.⁽³⁾ et Charbonnel Y.⁽⁴⁾ 1995 : Compostage des branches d'acacia cyanophylla et des boues fraîches des STEP.

(1) Ecole Supérieure des Ingénieurs de l'équipement rural (Tunisie)

(2) Institut National de Recherche Forestières (Tunisie)

(3) Institut préparation aux études d'Ingénieur de Nabeul (Tunisie)

(4) Université Paul Sabatier (Toulouse, France)

Revue Forestière Françaises, 5, pp. 523-529.

Pommel .,1979 :valorisation des déchets ;les boues résiduelles des stations d'épuration ;station d'agronomie de Bordeaux.

Rabahi S. et Hamitouche K.,1991 :Contribution à la caractérisation et la valorisation des boues de la station d'épuration des eaux usées de Béni-Méred (Blida).Mémoire de Fin d'Etudes, Université Saad Dahlab de Blida, Département du Génie Rural.Algerie

Van de Maele .,1981 : utilisation des boues d'épuration en agriculture :Avantages ,inconvenients et directives.
revue de l'agriculture N°2.

Zekad M ., 1982 : Etude dynamique de la teneur en métaux lourds dans un sol brune lessivé après addition de résidu urbains.

Thèse doct ing INP Lorraine .

Sitographie :

[a]: www.gedo.fr/fiche_con_seuil_trait_eau_trait_physico.htm