



*République Algérienne Démocratique et Populaire*

*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*

**UNIVERSITE ABBES LAGHROUR –KHENCHELA**

**FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE**

**DEPARTEMENT: Ecologie & Environnement**

**MEMOIRE**

Présenté pour l'obtention du diplôme de

**MASTER**

**FILIERE: Ecologie et l'environnement**

**OPTION: Protection et Décontamination des eaux  
et des Sols Polluée (PDSP)**

**Thème**

**Les effets des boues résiduaires sur la  
minéralisation de la azote dans un sol  
agricole de la plante de Remila de la (w) de  
KHENCHELA**

**Présenté par:**

- **TAKOUACHET Loubna**
- **GHOUZLANE Wafa**

*Soutenu le: 17/06/2015.*

**Jury de soutenance:**

*Président: Mr Bouzou.M      M CB      Univ. Khencchela*

*Encadreur: Md Méréja.W      M AA      Univ. Khencchela*

*Examinatrice: Md Ababssa .N      M AA      Univ. Khencchela*

***Promotion: Juin 2015***



## Remerciement

Au terme de ce travail qui est le fruit de plusieurs mois d'étude . Nos remerciements vont à tous personnes qui ma aide de près ou de loin

En préambule à ce mémoire nous remerciant ALLAH qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude .

Nos remerciement vont au Meme MERIDJA O mon encadreur, qui à toujours été prêt à m'aide et surtout critiquer et pour l'orientation . lui adresse mes sincères remerciements et mes profonds respects .

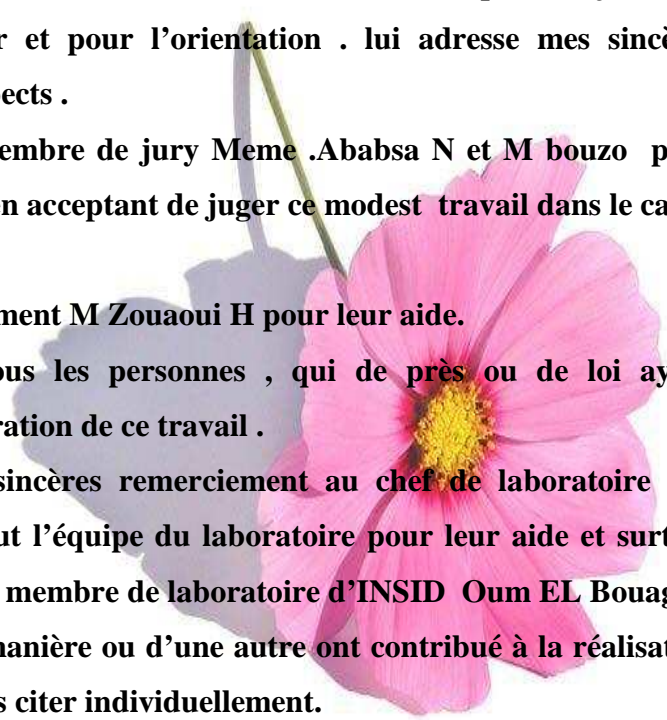
Nos remerciements vont au membre de jury Meme .Ababsa N et M bouzo pour l'intérêt qu'il prêt à cette mémoire en acceptant de juger ce modeste travail dans le cadre de ce mémoire de master.

Nous remercions aussi très vivement M Zouaoui H pour leur aide.

Nos remerciements vont à tous les personnes , qui de près ou de loi ayant généreusement contribué à l'élaboration de ce travail .

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciement au chef de laboratoire de biologie Meme Chorfi Rafika et tout l'équipe du laboratoire pour leur aide et surtout leur gentillesse sans oublier tous les membre de laboratoire d'INSID Oum EL Bouaghi.

Merci à tous ceux qui , d'une manière ou d'une autre ont contribué à la réalisation de ce travail, et que nous ne pouvons citer individuellement.



Je dèdie ce travail :

ADIEU :qui m' aidà et m à guidè le droit chemine

A la personne que m' importe le plus dens ce monde ma maman Elle qui a toujours été mon modèle et ma source d'inspiration ,Ces conseil,sa présence et sa tendresse m'ont été et me seront toujours indispensables ,Je lui suis donc éternellement reconnaissante.

A mon idéal ,l'être le plus généreux,mon très chèr père qui m'a encouragé ,ma source de force pour tenir jusqu'au bout,l'homme qui m'a toujours soutenu et cru en moi.Sa chaleur paternelle,m'a souven t été d'un grand rréconfort.Je ne saurais le remercier assez pour tout ce qu'il a fait pour moi.

A mes très chères frères :Sabr ,Rabia,Mouhamed jilali.

A mes très chère sœur :Sihem ,Ghalia ,Faiza.

Je dédice ce travail aussi à mon très chère marie tarek T.

Votre présence dans ma vie est devenue assez calme et plein d'espoir et de bonheur .

Vous vous tenez à coté de moi et de votre soutien pour moi m'a rendu plus fort et m'ont aidé a dépasser les difficultés et d'aller vers l'avant ... Merci poure votre patience avec moi et vous vous tenez à cote de moi toute le temps .que dieu réunisse nos chemines poure un long commun serein et que ce travail soit témoignage de ma reconnaissance et de mon amour sincère et fidèle et je demande à dieu .

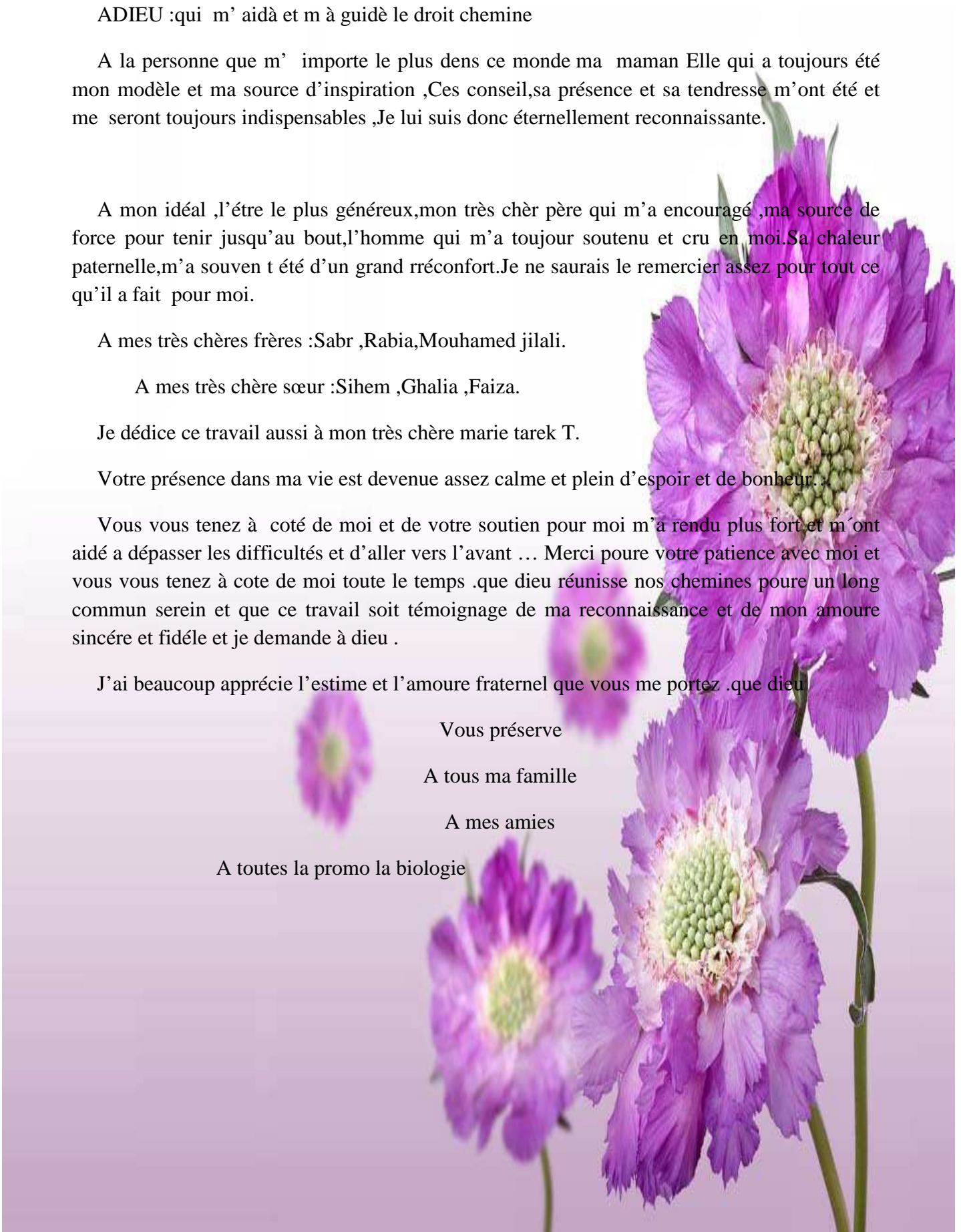
J'ai beaucoup apprécie l'estime et l'amour fraternel que vous me portez .que dieu

Vous préserve

A tous ma famille

A mes amies

A toutes la promo la biologie



# *Dédicace*

*Je dédie ce travail*

*A mes chère parents ma mère et mon*

*Pour leur patience, leur amour, leur soutien et  
leur encouragement*

*A mes frères et*

*Mes très chères sœurs*

*A tous mes amis et mes camarades de près ou  
de loin*

*Ghourlane Wafa*

# ***LISTE DES FIGURE***

<b>Numéro De la Figure</b>	<b>Titre de la Figure</b>	<b>Page</b>
<b>1</b>	Situation géographique périmètre de Remila	<b>01</b>
<b>2</b>	Précipitations moyennes mensuelles - kenchela (1994-2011).	<b>07</b>
<b>3</b>	Précipitation annuelle moyenne de la wilaya de Khenchela	<b>07</b>
<b>4</b>	Température moyenne mensuelle pour une période de (1994-2011).	<b>07</b>
<b>5</b>	Vitesse moyenne des vents durant la période 2004-2014.	<b>18</b>
<b>6</b>	Les différents compartiments d'azote dans le sol (d'après Corpen, 1991)	<b>11</b>
<b>7</b>	Schéma du cycle biogéochimique de l'azote (in Messaadia, 2005)	<b>13</b>
<b>8</b>	Effet des boues 5% et 10% sur l'évolution de l'azote ammoniacal (N-NH <sub>4</sub> )	<b>13</b>
<b>9</b>	Effet des boues dose 5% et 10% sur l'évolution de l'azote nitrique (N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	<b>17</b>
<b>10</b>	Effet des boues dose 5% et 10% sur l'évolution de l'azote minéral (N-NH <sub>4</sub> +N-NO <sub>3</sub> )	<b>18</b>

# liste des tableaux

Numéro	Titre du tableau	Page
1	répartitions générale des terres agricoles de Remila (2013-2014)	06
2	Précipitation moyenne mensuelle de la station de khenchela (1994- 2011) en mm (Source : Station météorologiques de khenchela).	07
3	<b>température moyenne mensuelle à la station de khenchela (1994-2011) en ( C°).</b>	08
4	Vitesse moyenne des vents durant la période <b>2004-2014(O.N.M. 2015).</b>	09
	<b>CHAPITRE 2</b>	<b>29</b>
1	Classification des boues (Guiblin, 1999).	11
2	Composition en éléments utiles des boues	13
3	Composition comparé des boues et du fumier de ferme.	14
4	Caractérisation de l'état de phosphore (soluble ou insoluble) dans les boues.	15
5	Montré Composition comparée des boues et du fumier de ferme.	16
6	Concentration des ETM	16
7	seuils de référence pour les teneurs en micro-organismes pathogènes dans les boues hygiénisées.	17
8	valeur limites de [c] en métaux lourds dans les boues destinées à l'utilisation en agriculture (mg/kg de matière sèche) (Winsemuis,	20

	<b>1995) .</b>	
<b>9</b>	valeur limites pour les qualités annuelles de métaux lourds pouvant être introduites dans les sols en litres sur la base d'une moyenne de 10 ans (kg/ha) ( <b>Winsemius ,1995</b> ).	<b>20</b>
<b>10</b>	: Propriétés et rôle des les micros organisme du sol dans la biodégradation de la matière organique)	<b>21</b>
<b>11</b>	<b>les principaux avantages et inconvénients de l'incinération (CNB 2000).</b>	<b>23</b>
	<b>CHAPITRE 4</b>	<b>35</b>
<b>01</b>	<b>Caractéristique analytique du sol</b>	<b>35</b>
<b>02</b>	<b>Caractérisation des boues résiduaire</b>	<b>36</b>
	<b>Annexes</b>	
<b>01</b>	<b>Résultats de minéralisation de l'azote minéral (nitrification)</b>	
<b>02</b>	<b>Résultats de minéralisation de l'azote minéral (ammonification)</b>	
<b>03</b>	<b>Résultats de minéralisation de l'azote total (nitrification +ammonification)</b>	

# Sommaire

## Introduction

### CHAPITRE 1 : Présentation de la zone d'étude et Méthodologie

#### 1. Présentation de la zone d'étude

1.1 La situation géographique	01
1.2 La Géologie	02
2.3.la Stratigraphie	02
2.4. Hydrogéologie	02
2.4.1. Identification de la typologie des nappes aquifères du bassin de Rémila	02
A. Lithologie et âge des formations aquifères	02
B .présentation la nature des nappes aquifères	03
B.1.Nappe phréatique	03
B.2.Profondeur de la nappe	03
B.3.Nappes profondes	03
B.4.Les eaux des calcaires et des grés miocènes de la bordure Sud	03
2.5. Pédologie	04
2.5.1. Aperçu pédologique sur les principaux sols de la wilaya	04
2.6. Agriculture	06
2.7 Climat de la région	07
2.7.1.1.La pluviométrie	07
2.7.2 Température	08
2.7.3. Le vent	09

### CHAPERRE 2 : Les boues résiduaires.

1.Les boues résiduaires11	
2.La classification des boues	11
3.Les compositions des boues.	12
3.1.L'élément utile	12
3.2.L'élément fertilisant	13
3.3.La matière organique.	15
3.4.Les éléments indésirables	16
3.4.1. Les éléments indésirables	16
3.4.2.Les composés trace organique	17
3.4.3.Les micro- organismes pathogènes	17

4. Les effets de l'application des boues	17
4.1. Les effet des boues sur la propriété physique du sol	17
4.1.1. Effet sur le bilan hydrique	18
4.1.2. Effet sur la porosité	18
4.1.3. Effet sur la densité apparente.	18
4.1.4. Effet sur la perméabilité	18
4.2. Les effets sur la propriété chimique du sol.	18
4.2.1. Effet sur le ph	18
4.2.2. Effet sur la capacité d'échange cationique (C EC )	19
4.2.3. effet sur le phosphore assimilable	19
4.3. effet sur le comportement végétale.	19
4.3.1. effet sur la nutrition minérale des végétaux	19
4.3.2. effet sur la croissance des végétaux	19
5. Caractéristique des boues limitant leur utilisation	19
5.1. Les métaux lourds	19
5.2. Odeur et autre naissance.	20
6. Effet des métaux lourds sur la microflore	20
6.1. Les micro organisme dans le sol et leur activités	20
6.2. effet des métaux lourds sur la biomasse microbienne du sol et son activité	22
7. Valorisation des boues	22
8. Les vois d'élimination des boues résiduaires	23
8.1. La mise en décharge	23
8.2. L'incinération	23
CHAPITRE 3 : L'azote dans le sol.	
L'importance de l'azote	24
La principale source d'azote.	25
2.1. L'azote organique	25
2.2. L'azote totale.	27
2.3. L'azote minéral	27
2.4. D'autre forme de l'azote	28
3. Le cycle de l'azote	28
3.1. La minéralisation.	28
3.2. Lammonification	29

3.3. La nitrification	29
Dinitrification	30
4. Les voies de perte de l'azote minérale du sol	32
4.1. la perte par lessivage	32
4.2. la perte par voie gazeuse	32
4.3. réorganisation	33
5. La minéralisation de la matière organique	33
CHAPITRE 04 : Matériel et méthode	
Matériel d'étude	35
1. Le sol	35
2. Les boues	35
Méthode d'étude	36
1. Méthode d'incubation des sols au laboratoire	36
2. Techniques expérimentales	36
2.1. Disposition de minéralisation de l'azote de l'azote organique dans le sol	36
2.1.1. Technique d'incubation simple des sols.	37
2.1.2. Description du dispositif	37
Les méthodes analytiques	38
1. Dosage de l'azote minéral par la méthode Drouineau et Gouny in sonneau et Souchier 1979	38
2. La granulométrie	38
3. le carbone organique	38
4. Le PH	38
5. La conductivité électrique (C. E)	38
CHAPITRE 05 : Résultat et discussion	
IV. Influence des boues résiduaires sur l'évolution de la quantité d'azote dans le sol..	40
1. effet des doses 5%, 10% sur l'évolution de l'azote ammoniacale	40
2. effet des boues dose 5%, 10% sur l'évolution de l'azote nitrique	42
3. effet des boues dose 5%, 10% sur l'évolution de l'azote minéral	45
Conclusion	
Références	
Annexes	

# INTRODUCTION

## **Introduction générale**

Après leur utilisation, les eaux usées urbaines, industrielles et domestiques ne sont rejetées dans le milieu naturel qu'après avoir subi en station d'épuration, un traitement qui a pour but de diminuer leur teneur en matières en suspension et en matières organiques à évolution rapide.

L'épuration de ces eaux usées s'inscrit donc dans une démarche de protection de notre environnement, de préservation de nos ressources en eau et de son recyclage en agriculture. **(Cherak, 2007).**

Le processus de dépollution des eaux usées produit d'un côté de l'eau épurée et de l'autre des sous produits en grande quantité appelées boues résiduelles qui représentent chaque jour un volume considérable de matière organique et minérale pouvant jouer un rôle important comme fertilisant des sols.

Ces boues doivent trouver une destination en continu, au même titre que les eaux débarrassées de leurs matières polluantes retournent en permanence dans le milieu naturel. Il existe aujourd'hui plusieurs filières principales pour traiter et évacuer les boues comme: l'épandage agricole, qui consiste à les recycler en valorisation leurs matières fertilisantes, La mise en décharge et l'incinération plus spécialement. **(Cherak, 2007).**

Dans l'objet d'une meilleure valorisation de l'épandage des boues résiduelles dans les argiles synthétiques **Cherak(1999)** et **Hiouani(2002)**, ont signalé que les sols additionnés des boues résiduelles constituent des substrats très favorables pour le comportement des végétaux notamment la biomasse et la croissance des plantes.

En effet dans les sols, il a été noté qu'une quantité équivalente au tiers environ de l'azote contenu dans les boues digérées serait rapidement assimilable par les végétaux cultivés mais l'azote qui n'est assimilable par les végétaux, que sous forme minérale, surtout nitrique. La valeur fertilisante azotée des boues dépend donc de leur richesse initiale en azote ammoniacal, mais aussi et surtout de l'aptitude de l'azote organique qu'elles contiennent à être minéralisé dans le sol.

La disponibilité de l'azote des boues dépend tout d'abord des caractéristiques physico-chimiques de chaque type de boues : richesse en azote, forme d'azote, rapport C/N, stabilité de l'azote organique; ainsi pour un type d'effluent donné, les différents traitements subis par

les boues (stabilisation, conditionnement chimique, déshydratation...) constituent les facteurs essentiels de variation de la disponibilité en azote sans qu'il soit toujours possible de distinguer l'influence de chacun de ces facteurs considérés isolément.

En effet, l'azote des boues peut être soumis à différents processus de transformation biologique et physico-chimique dans les sols: minéralisation de la fraction organique, immobilisation de la fraction minérale, nitrification ou volatilisation de l'azote ammoniacal, dénitrification de l'azote nitrique. Ces différents processus de transformation de l'azote des boues sont essentiellement liés à l'activité biologique des micro-organismes et peuvent se dérouler simultanément. De nombreux facteurs influencent ces transformations dans le sol et conditionnent l'efficacité de l'azote des boues.

Afin de caractériser l'influence qu'exerce les boues résiduaire sur les fonction biologique des sols .

Nous nous sommes proposés dans le cadre de ce modeste travail de tester en condition de laboratoire l'effet des boues le potentielle de mineralization de l'azote dans un sol agricole.

# CHAPITRE 1

### 1.1 -Situation géographique

Notre zone d'étude –plaine de Remila est située au nord la ville de Kais. Est limitrophe de la ville de Kais a l'ouest, par Aïn Zitoun au nord et Baghai à l'est. Son altitude moyenne est de 853 mètres d'altitude.

Ses coordonnées géographiques sont comme suit :

\*- **Latitude:**35°34'16" Nord,

\*-**Longitude:** 6° 56' 6" Est.



**Figure 1** : situation géographique de la plaine de Rémila.

## 1.2- Géologie

La géologie de la plaine se distingue par deux formations prédominantes :

\*-Le calcaire du crétacé, ou apparaissent des escarpements limitant la plaine occupant les cotés les plus élevées,

\*- Les sédiments d'âge quaternaire, résultants de l'action de l'érosion et de transport des roches calcaires qui occupent les cotés inférieurs, les efforts tectonique intenses ont marqué la géologie historiques de cette aire.

De la tectonique plastique, les plis des roches calcaires en sont le résultat, formant synclinales et anticlinales la tectonique rigide est représentée par les failles et fissures verticales et sous-verticales qui se joignent au plan de stratification. (Kebbache,2011).

## 1.3. Stratigraphie

D'une façon générale, la stratification de la région de Remila peut être schématisée comme une base calcaire d'âge crétacique, recouverte de dépôts sédimentaires de quaternaire. Donnée par des sondages des forages de la mission Chinoise qui montrent, une grande variabilité dans l'épaisseur et la granulométrie des dépôts sédimentaires, variant de l'épaisseur de quelques mètres, et la granulométrie, du matériel grossier à la fraction d'argile (CPH ,1977).

## 1.4. Hydrogéologie

### 1.4.1. Identification de la typologie des nappes aquifères du bassin de Rémila

#### A. Lithologie et âge des formations aquifères

L'Aquifère le plus important est d'âge Mio-Plio-Quaternaire, il est constitué de dépôts tels que :

- Les conglomérats.
- Les graviers plus ou moins hétérogène.
- Les graviers sableux

---

**B .présentation la nature des nappes aquifères****B.1.Nappe phréatique**

La nappe phréatique est contenue dans le remplissage quaternaire dans des intercalations argilo-sableuses et dans des sables et graviers. C'est un aquifère multicouches séparés par des argiles et des marnes (**Houha, 1997**).

Les zones d'alimentations se situent :

Principalement au Sud, à partir de versant Nord du Massif de l'Aurès et à l'Ouest, à partir du Djebel Amrane.

L'alimentation par le Djebel Fedjoudj au Nord est considérablement plus réduite.

Il faut noter que le rôle joué par les Oueds est conséquent sur l'alimentation de la nappe phréatique. Il semblerait que certaines eaux s'échappent des Oueds, Gueiss, Boulfreis et Baghai ; pour alimenter la nappe (**Houha,1997**).

**B.2.Profondeur de la nappe :**

La nappe est dans l'ensemble de la plaine peu profonde et se situe vers 5 m dans toute la partie centrale et Ouest de la plaine. On remarquera une anomalie importante dans la région de Kais, où quelques kilomètres au Nord (**CGG ,1970 et ANRH, 2002**).

**B.3.Nappes profondes**

Nappe profonde à porosité de fissure constituée par les calcaires et des marno-calcaires d'âge créacé formant une nappe libre et par fois captive, qui peuvent être un grand réservoir en eau souterraines (**Houha, 1997**).

**B.4.Les eaux des calcaires et des grés miocènes de la bordure Sud**

Le versant Nord du massif des Aurès, constitué par les calcaires créacé et les grés miocènes ont un pendage dirigé vers la plaine (direction des couches SE) assurant une réalimentation par vidange latérale et profond sur la bordure Sud de la plaine, avec un débit de  $1.11 \text{ m}^3/\text{s}$  (**A.N.R.H,2002**). L'écoulement alimente les nappes des alluvions de la plaine. Comme les formations, créacé et miocène, plongent sous le recouvrement plio-quaternaires ; ces dernières constituent un grand front d'alimentation (**Kebbache, 2011**).

## 1.5. Pédologie

### 1.5.1. Aperçu pédologique sur les principaux sols de la wilaya

Compte tenu de la diversité des caractéristiques morphologiques, lithologiques, et climatiques du territoire de la wilaya, il en résulte un large éventail de sols, dont la formation est conditionnée par la couverture végétale. La carte pédologique de l'Algérie, (Durant, 1956) confrontée par des études ponctuelles plus récentes (Zouaoui, 1991), permet de cerner d'une manière assez générale les principaux sols rencontrés au niveau de la région.

Les cartes des sols, dressées à ce jour font ressortir les classes de sols suivantes (Durant, 1956).

#### \* Les sols calcaires humifères :

Ils sont rencontrés sur les monts et les piémonts de l'Aurès, à une altitude comprise entre 1 000 et 1500 mètres.

#### \* Les sols insaturés humifères :

Ces sols sont rencontrés sur les reliefs les plus élevés (plus de 1500 mètres d'altitude) de l'Aurès. Ils sont occupés par des forêts.

#### \* Les sols calciques

Ces sols sont rencontrés sur les bas des piémonts, et sur les hautes plaines, longeant la route qui mène de Khenchela à Fais en passant par Kais et Remila. Ils s'étendent à l'Est jusqu'à Ain Touila et au Sud jusqu'à Babar en partant de Khenchela.

#### \* Les sols éoliens d'ablation

Ces sols sont rencontrés au Sud de la wilaya, sur les piémonts des monts de Nementchas, dont l'altitude est située entre 200 et 500 mètres.

#### \* Les sols éoliens d'accumulation

Ces sols sont localisés uniquement dans la zone sud de la wilaya, près du chott Melghir (Sols sablonneux). Les sols alluviaux basiques

Ces sols sont localisés sur des zones de changement de pente, c'est-à-dire les zones où la pente devient plus douce. On les rencontre principalement dans les plaines entourant les dépressions (dépression de Gareat et Tarf, cuvette du bas Sahara, et la dépression de

Tazougart), mais aussi au niveau des vallées encaissées, de Bouhmama et de la plaine Guentis.

**\* Les sols salins ou solontchak**

Ces sols caractérisent les dépressions, sont rencontrés au niveau des zones d'accumulation. Ils sont le résultat d'une hydrologie à écoulement endoréique ou de la présence de roches triasique (gypse : roche saline).

**\* Les roches mères**

Ces roches, est le résultat d'une érosion intense due a une conjugaison de facteurs négatifs (relief montagneux, intensité des pluies, substratum tendre et à une absence de couvert végétal pérenne) affleurent notamment les monts des Nementchas.

### **1.5.2. Caractéristiques pédologiques de la plaine de Remila**

D'après les donné morphologique et analytique la plaine de Remila présente des caractéristique spécifique à elle de manière générale les donnés dégagé sont semblable et typique des sols salés des zones aride et semi-aride de l'Algérie (**Zouaoui, 1989**).

La texture dominante est argileuse, sur certains sols la présence d'une stratification entre plusieurs textures est évidente.

D'après **Halitim (1971)**, le risque de salinisation et alcalinisation sont favorisé par L'action de nappe par la topographie plane ne permettant pas un bon drainage et par la texture fine à très fine (mauvaise perméabilité); ceci est le cas des unités située dans des *larges dépressions du Nord-est. la capacité d'échange cationique (T) est très élevé (18meq/100de sols).*

### **1.6. Agriculture**

L'agriculture et l'exploitation forestière sont les activités traditionnelles de la wilaya.

La vaste Plaine de Remila est connue par sa grand activité agricole et pastorale (ancien grenier de Rome). Elle est située sur la route principale qui relie les hauts plateaux aux basses plaines steppiques, passage obligé de l'axe commerciale Sahara-Tell. La plaine de Rémila est située au Nord de la wilaya, cette zone abrite L'essentiel du potentiel en superficie agricole utile(SAU), ainsi que les meilleures terres agricoles de la wilaya. En effet, elle se distingue par une SAU relativement importante, qui s'étend sur 137 178 ha et de SAU irriguée de 1796 ha.

Les sols de cette zone sont principalement d'apport alluvial et sa topographie est plane à modérée (DSA, 2011). L'agriculture est essentiellement tournée vers la céréaliculture, et l'arboriculture (Tableau n°1); alors que l'élevage est intensif, l'élevage avicole, ovin et bovin, tiennent une place prépondérante dans le tissu socio-économique de Rémila.

Cette zone, domaine d'une céréaliculture rendue aléatoire à cause d'un climat semi-aride et de surcroît soumis à de fortes variations annuelles et saisonnières des pluies, est confrontée à nombreux handicaps et menaces, parmi lesquels on cite :

- L'insuffisance et l'irrégularité des pluies, qui font de l'agriculture pluviale une activité aléatoire.
- La présence de formations triasiques, associée aux faibles précipitations, qui augmentent la salinité des sols, notamment ceux à proximité des dépressions.
- L'insuffisance de drainage, un processus de l'écoulement naturel des eaux de pluies, ce qui se traduit ainsi par la formation de dépressions artificielles ou se développe une végétation halophile.

Le tableau n°1 démontre les répartitions des terres agricoles dans la plaine de Rémila

**Tableau 1** : répartitions générale des terres agricoles dans la plaine de Remila (2013-2014).

Commune	S.A.W				Total	Pasage Et parcours	Alfa	Forets	Import	Superf totale
	SEC									
		Céréale	Maraîcher	Plant						
Remila	18286	107	195	1113	19701	3957	0	172	417	24293

Source : (DSA 2014).

### 1.7 - CLIMAT DE LA REGION

Les données climatiques, température et précipitation correspondent à des hauteurs mensuelles des pluies et de température ont été recueillies à la station de **l'office national de météorologie (ONM) de Khenchela** situées à **890m** d'altitude sur une période de mesures de **1994 à 2011**.

Le climat dominant est un climat semi aride caractérisé par deux périodes l'une sèche et l'autre humide fraîche.

Les pluies sont faibles, autour de 435mm (ZOUAOUI, 2088) et aléatoires, irrégulières marquées par des hivers relativement pluvieux et des étés secs.

### 1.7.1.La pluviométrie

La pluviosité est définie, comme étant le facteur primordial qui permet de déterminer le type du climat. Elle conditionne le maintien et la répartition du tapis végétal, et la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosions d'une part, et a rôle social et économique d'autre part. (Halimi, 1981).

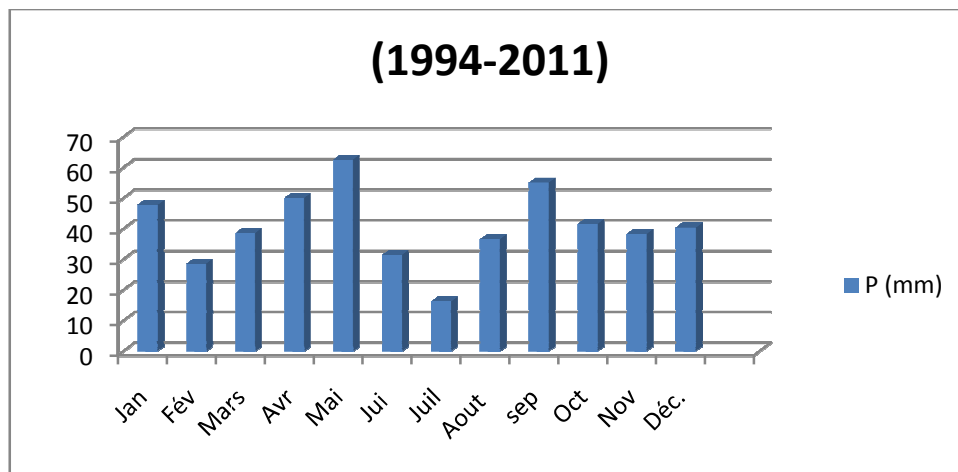
Les régimes des précipitations mensuelles sont à l'origine de l'écoulement saisonnier des régimes des cours d'eau , de l'adaptation de la végétation et de l'agriculture , les hauteurs des précipitations mensuelles calculées pour le site étudié sont portées dans le Tableau 3

Les précipitations annuelles n'ont qu'une valeur indicatrice, le plus important c'est leur répartition mensuelle et saisonnière (Halimi, 1981).

**Tableau 2** : Précipitations moyenne mensuelle de la station de kenchela (1994- 2011)

P .mm	Jan	Fév	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aout	sep	Oct	Nov	Déc.	Total
1994-2011	47,88	28,6	38,63	50,09	62,61	31,49	16,32	36,63	55,14	41,69	38,39	40,48	487,96

(Source : SMK).



**Figure 2** : Précipitations moyennes mensuelles - kenchela (1994-2011).

Le mois de Mai est le mois le plus arrosé avec une moyenne de **62,61** alors que le mois de Juillet étant le moins le plus sec avec une moyenne de **16,32mm**.

### 1.7.2- Température

La température représente un facteur limitant, de toute première importance car, elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère.

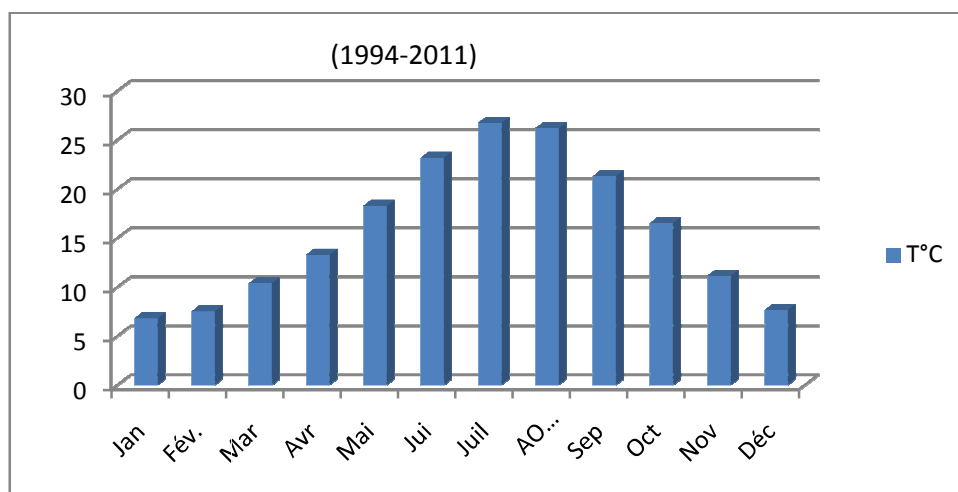
Les données de température durant la période (1994-2011) sont représentées sur le tableau 4, suivi par des courbes de variation de la moyenne mensuelle et annuelle de température.

Notre région est caractérisée par un été chaud et sec et un hiver relativement froid,

La courbe de la variation des températures moyennes mensuelles (Fig.2) montre que le mois de janvier est le mois le plus froid avec **6.8 °C** et le mois de Juillet est le mois le plus chaud avec **26.74 °C**.

**Tableau 3** : température moyenne mensuelle (1994-2011)

T(c°)	Jan	Fév.	Mar	Avr	Mai	Jui	Juil	AOUT	Sep	Oct	Nov	Déc
(1994-2011)	6,8	7,52	10,38	13,3	18,3	23,2	26,74	26,2	21,3	16,53	11,15	7,64



**Figure 02** : température moyenne mensuelle pour une période de (1994-2011).

### 1.3. Le vent

Le vent est un facteur météorologique non négligeable, qui se caractérise par sa fréquence, son intensité et sa direction dominante (Marir et al. 2012).

La vitesse moyenne annuelle des vents fréquents est de 3,26 m/s. Elle varie de 2,63 m/s en Octobre à **3,99m/s** en Mai comme le démontre le tableau 4.

Tableau 4 : Vitesse moyenne des vents durant la période 2004-2014.

Mois	Jan	Fe	MAR	A v	Mai	Juin	Juil.	AO	Sep	Oc	Nov.	Dé	Moy
V(m/s)	3,28	3,98	3,99	3,81	3,27	3,33	2,98	2,93	2,73	2,63	3,29	2,95	3,26

(O.N.M. 2015).

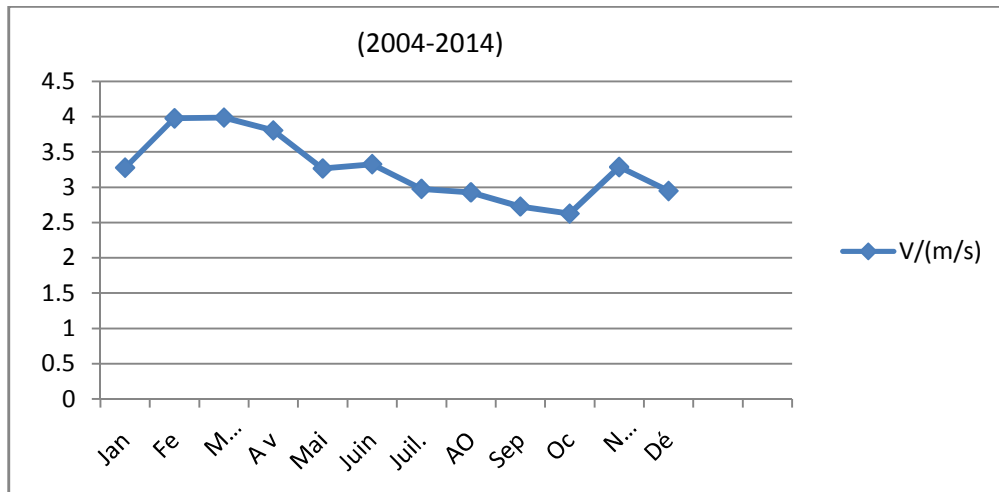


Figure n 3: Vitesse moyenne des vents durant la période 2004-2014.

# CHAPITRE 2

**Chapitre 02**

**I)- Les boues résiduaires**

**1- les boues :**

Les boues sont des déchets résultants, d'une épuration d'eaux usées d'origine domestique ou industrielles, elles sont composés d'eau et de matière sèche dont les quelles se trouvent des éléments polluants et les métaux lourds. Les boues sont riches en matière organique et en éléments, comme l'azote et le phosphore, elles présentent un intérêt certain dans le domaine agricole et autre (Arthur, 1999 ; Adler 2002 ; Guy, 2003).

**2- classification des boues**

D'après Dégremont( 1989); Guiblin(1999); Ouali( 2001), Les boues sont classées, selon leurs principales caractéristiques en 4 catégories.

**Tableau n°1: Classification des boues selon Guiblid,1999**

<b>Classes</b>	<b>Provenance</b>
Organiques hydrophiles : Très organiques, elles contiennent 40 à 90 % de matières volatiles.	Boues issues : -des usines d'épuration ; -du traitement des eaux résiduaires des industries agricoles et alimentaires du traitement des eaux résiduaires des industries textiles
Huileuses hydrophiles : Elles contiennent des huiles minérales ou des hydrocarbures	Boues issues : -du traitement des eaux résiduaires de raffineries - du traitement des eaux résiduaires des ateliers mécaniques ; - du traitement des eaux résiduaires des laminages et de la métallurgie
Huileuses hydrophobes : Elles contiennent des oxydes mélangés à des huiles minérales. Minérales hydrophiles : Elles contiennent une forte proportion d'hydroxydes métalliques.	Boues issues du traitement des eaux résiduaires de laminoir. Boues hydroxydes issues : -du traitement des eaux résiduaires du traitement de surface des métaux ; -du traitement des eaux résiduaires du traitement de surface des métaux ; -du traitement des eaux résiduaires de fonderie
Minérales hydrophobes : Elles contiennent une forte proportion de carbonates Fibreuses : Elles contiennent de 20à 80% de fibres	Boues de décarbonatation issues du traitement des eaux de rivière ou de forage. Boues de sidérurgie. Boues de lavage des gaz et fumées Boues issues du traitement des eaux résiduaires de papeterie ou cartonnerie

### 3- Composition des boues

L'utilisation des boues des boues résiduaires est justifiée par la présence de quantités notables de matière organique et d'éléments fertilisants (azote, phosphore, potasse....)

La matière organique constitue la fraction la plus importante de la phase solide des boues; elle est à peu près équivalente à la valeur d un fumier de ferme (**Cherak, 1999**).

La composition des boues varie en fonction de l'origine des eaux usées, de la période de l'année et de type de traitement et de conditionnement pratiqué dans la station d'épuration (**Werther et Ogada, 1999**).

Les boues des stations d'épuration sont constituées généralement de :

- Particules minérales (argiles, carbonates, silicates, phosphate...);
- Débris organique grossiers (fibres textiles, résidus végétaux, matières plastiques);
- Biomasse morte (résidus de cellules bactérienne, d'algues...);
- Polymère organique issu de l'activité de biomasse (polysaccharides, protéines...);
- Des constituants minéraux et organiques solubles.

De par leur composition, les boues résiduaires utilisées en agriculture augmentent le rendement des cultures. Elles contiennent des nutriments qui servent d'amendement organique et calcique pour améliorer les propriétés physicochimiques du sol (**Dudkowski, 2001**).

#### 3.1. Les éléments utiles

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

Le tableau n 02 présente la composition en éléments les plus communément rencontrés dans les boues.

**Tableau 02** : Composition en éléments utiles des boues.

	<b>Boues liquide</b>	<b>Boues pâteuses</b>	<b>Boues chaulée</b>	<b>Boues compost</b>	<b>Boues sèche</b>
Teneur en matières sèches	2 à 7	16 à 22	90 à 95	25 à 40	40 à 60
Teneurs en matière organiques %MS	65 à70	50 à70	50 à 70	30 à 50	80 à 90
Teneur en matières minérales %MS	30 à35	30à 50	30 à 50	50 à 70	10 à 20
pH	6,5 à7	7 à 8	6 à 8	9 à 12	6 à 7
Rapport C /N	4à5	5 à 6	4à 6	8 à 11	15 à 25
Azote (kg N/T brute)	2à4	8 à12	30 à 50	6 à 9	5 à 9
Phosphore kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /T brut	2à3	6 à9	50 à 70	6 à 10	6 à 8
Potassium (kg K <sub>2</sub> O/T)	0,9	0,8	5	1	1 à 2

Source : Juste et Catroux (1980)

**3-2- Les éléments fertilisants :**

D'après **Barideau, (1988)** les boues contiennent des quantités appréciables d'éléments fertilisants à savoir:

- Le carbone : 33,5% de (MS%).
- L'azote, de 4 à 6% (MS%) ;
- le phosphore, de 3 à 8% de (MS%) ;
- Potassium et Magnésium, très faibles teneurs (0.5 à 1.5% de MS), les sels de ces deux éléments étant très solubles et donc éliminés des boues
- Calcium de 4 à 7% de MS

Vu leur effet fertilisant, il serait envisageable de fabriquer des matières fertilisantes commerciales à partir de la matière sèche des boues d'épuration (**Dudkowski, 2000**).

**a) Le carbone:**

les boues contiennent surtout du carbone organique ( 20 à 30% de la matière sèche); cette proportion varie avec le mode de traitement, le conditionnement et surtout avec l'origine des eaux usées.(**Cherak, 1999**)

les boues contiennent aussi de 1 à 4% de Carbone minéral, probablement sous la forme de carbonate de calcium, magnésium ou d'autres métaux (Sommers,1977)

**b) l'azote des boues**

Une fraction importante (50 à 90%) de l'azote total des boues liquides se trouve sous forme organique. Dans les hydrolysats des boues, on a identifié des acides aminés et des hexosamines, représentant respectivement 25% et moins de 10% de l'azote hydrolysable (Sommers, 1977)

La nature et la teneur de l'azote varient beaucoup avec le type de boues (origine et mode de traitement) (Sbih, 1990).

Le tableau 03 montre la composition comparée des boues et du fumier de ferme.

**Tableau 3** : Composition comparé des boues et du fumier de ferme.

Boues	MO (%de MS)	N Total (%de MS)	N.NH <sub>4</sub> (% de N Total)	C/N
Mixte fraîches	60-80	3-5	<=10	10-14
Digérées anaérobies	40-60	2-7	20-40	5-10
Digérée aérobies	50-70	3-8	5-10	5-8
D'aération prolongée	40-60	2-6	5-10	4-8
Séchées sur lits	35-50	2-4	<=10	8-12
Conditionnées et déshydratées thermiquement	40-60	2-6	<=5	5-10
Autoclave et déshydratée	50	1-2	<5	20

Source : Juste et Catroux (1980)

**c) Le phosphore des boues :**

L'élément phosphore existe en quantité à peu près équivalente à celle de l'azote dans les boues.

Sommers (1977) donne une valeur moyenne de concentration en phosphore de 4.7% relativement à la matière sèche

Cependant des études ayant été consacré à la caractérisation de l'état sous le quel existe, le phosphore dans les boues (soluble ou insoluble) son rare. Le tableau qui suit, affiche les valeurs du phosphore contenu dans les boues.

**Tableau n°4.** Caractérisation de l'état de phosphore (soluble ou insoluble) dans les boues.

Total ( $P_2O_5$ )	Insoluble ( $P_2O_5\%$ M.S)	Assimilable ( $P_2O_5\%$ MS)
3.25	0.32	2.93

Source : Rudolf et Gehm (*in* Lamari, 1979)

Il s'ensuit que le majeur parti est sous forme assimilable. La biodisponibilité du phosphore est facilement obtenue, elle est différente pour l'azote. (Guy, 2003).

#### d).Les éléments minéraux

Selon Brame et Lefèvre, (1977); les apports de potassium par les boues résiduaires sont négligeables. La teneur moyenne est de l'ordre de 1% de la MS (Moleta et Cansell, 2003).

Les quantités d'élément minéraux peuvent être réduites en profondeur, notamment le phosphore et le potassium (Perkrum et al , 2003 ).

Les boues contiennent du calcium en quantité appréciable de 0,2 à 1,5% de Ca dans les boues liquide et de plus de 20% de Ca dans les boues solides (Anred, 1982).

### 3.3. Matière organique

La matière organique dans les boues est divisée en trois groupes bien distincts selon (Speradio, 1998).

- Une fraction facilement biodégradable.
- Une fraction rapidement hydrolysable.
- Une fraction lentement biodégradable.

La matière organique représente plus de 50% de la matière sèches dans les boues

(Barideau, 1988 in par Bourkeb, 2002).

D'après le tableau qui suit nous remarquons que la teneur de carbone dans les boues est voisine de celle d'un fumier de ferme

Le Tableau .05: Composition comparée des boues et du fumier de ferme.

Elément en %de la M.S	Boues	Fumier
<b>C</b>	33.5	36.2
<b>N</b>	3.9	2.2
<b>P2O5</b>	5.7	1.3
<b>Ca</b>	4.9	2.6
<b>Mg</b>	0.6	0.3

Source : (Juste et Catroux ,1980)

### 3.4. Les éléments indésirables :

Parmi ceux-ci on distingue les éléments traces métallique (ETM), et les composés traces organique (CTO).

#### 3.4.1. Les éléments traces métalliques (ETM) :

La présence des métaux lourds dans les boues des stations d'épurations constitue à ce jour le frein principale à l'utilisation de ce type de sous-produit en agriculture.

Tableau 06 : Concentration des ETM

Elément trace	Valeur moyenne observée * (g/T MS)	Valeur-limite réglementaire **	En % de la valeur réglementaire
<b>Cadmium (Cd)</b>	2,5	10	25
<b>Chrome (Cr)</b>	50	1000	5
<b>Cuivre (Cu)</b>	330	1000	33
<b>Mercure (Hg)</b>	2,3	10	23
<b>Nickel (Ni)</b>	40	300	13
<b>Plomb (Pb)</b>	90	750	12
<b>Sélénium</b>	10	/	/
<b>Zinc (Zn)</b>	800	2500	32
<b>Cr+Cu+Ni+Zn</b>	1220	4000	30

**\*Donnée moyennées source ADEME ,1995 ;Agence de l'eau RMC et Recyval ,1998 ;SYPREA ,200\*\*seuil à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2004 en g/T MS. (in ADEME,2001).**

Les boues concentrent entre 70% et 95% des quantités d'ETM des eaux usées entrantes dans la station d'épuration (Terce ,2001).

**3.4.2. Les composés traces organiques (CTO) :**

Ce sont des produits chimiques (hydrocarbures, solvants...) qui résultent essentiellement de l'automobile, des engins motorisés, et des activités industrielles. Dans une moindre mesure du fait des réglementations de plus en plus suivies mais également de pratique irrespectueuses des règles (Iaurif, 2003).

Ces produit sont tous-dégradés par l'activité microbologique du sol, ils peuvent devenir toxique pour les micros – organismes essentiels à la fertilité.

**3.4.3. Les micro-organismes pathogènes :**

Les boues issues des traitements des eaux usées contiennent presque toujours des germes pathogènes et des œufs parasites, ils proviennent en majorités des excréments humains ou animaux (Sahestrom et al, 2004).

**Tableau 7:** seuils de référence pour les teneurs en micro-organismes pathogènes dans les boues hygiénisées.

Salmonelles	Entérovirus	Œufs d'helminthes pathogènes viables
<8 NPP/10 g MS	<3NPPUC/10Gms	<3/10 g MS

Source : arrêté du 8 janvier 1998 relatif aux épandages de boues sur les sols agricoles NPP : nombre le plus probable : NPPUC : nombre le plus probable d'unité cytopathogènes

**4. Les effets de l'application des boues :**

**4.1. Les effets des boues sur la propriété physique du sol :**

Les épandages de boues liquides laissent subsister une croute en surface du sol après infiltration de la boue: dans certaines conditions, cette croute peut gêner les échanges gazeux et la levée des plantes.

De son côté **La Rouche, (2001)**, rapporte que l'apport de matière organique est sans doute le meilleur moyen d'améliorer les propriétés physiques du sol. Le sol deviendra moins compact et plus vivant, la circulation de l'eau et de l'air sera améliorée.

#### **4.1.1. Effet sur le bilan hydrique :**

On peut alors mentionner que l'apport des boues au champ à donc constituer un facteur favorable à l'économie en eau dans les sols, par accroissement de la réserve utile; cette amélioration du bilan hydrique est liée à la forte élévation de la teneur en matière organique hydrophile. (**Morel et col, 1978**).

#### **4.1.2. Effet sur porosité :**

Selon **Pagliali et Guidi ,(1981)**, soulignent que la porosité totale s'accroît après l'incorporation au sol des boues à raison de 130 à 800 m<sup>3</sup> /ha.

#### **4.1.3. Effet sur la densité apparente :**

Elle exprimé la masse totale d'un sol par unité de volume, elle conditionne la croissance des plantes (**Webber in Guidi et al , 1984**).

Selon **Epestein et al.,( 1976)**, soulignent une variation linéaire de la densité apparente avec le taux du carbone organique de sol .

**Byrome et Bradshow, (1989)**, rapportèrent que les boues ont un effet très remarqué sur la densité apparente des sols , surtout celle des sols qui ont reçu des doses élevées de matière organique .

#### **4.1.4. Effet sur la perméabilité :**

**Morel (1978)**, a montré que la perméabilité d'un sol augmenté significativement dans les parcelles enrichies en boues, la richesse en matière organique confère au sol une meilleure perméabilité en rapport avec une structure plus stable.

### **4.2. Effet sur les propriétés chimiques du sol :**

#### **4.2.1. Effet sur le PH :**

L'effet des boues est variables: il ya élévation surtout dans le cas des boues flocculés à la chaux ou un abaissement dans les autres cas(**in Pommel,1979**).

**Merchie, (2000)**, rapporte que certaines boues sont utilisées comme amendement basiques et sont utilisées pour réduire l'acidité des sols trop acides (relever le pH à la valeur 6,5).

#### **4.2.2. Effet sur la capacité d'échange cationique (C.E.C) :**

D'après **Gaucher, (1968)**, la C.E.C d'un sol augmente avec le degré d'humification et la structure des argiles, en effet celle-ci dépend de la teneur en matière organique du sol.

#### **4.2.3. Effet sur le phosphore assimilable :**

La teneur moyenne du phosphore total dans les boues varie de 1 à 4% par rapport à la matière sèche (**Dam Kofoed, 1980 in Cherak 1999**) de son côté, **Sbih, (1990)**, qui avait signalé que les boues se comportent comme un engrais phosphaté à action lente.

#### **4.3. Effet sur le comportement végétal :**

##### **4.3.1. Effet sur la nutrition minérale des végétaux :**

**Pommel, (1981)**, signalait que le ray-grass absorbait beaucoup plus de phosphore à partir du phosphate mono calcique que de la boue, et ce en raison de la meilleure intensité d'alimentation procurée par la première source.

##### **4.3.2. Effet sur la croissance des végétaux :**

L'apport des boues provoque généralement un accroissement des concentrations en éléments nutritifs tels que l'azote, le phosphore, le potassium des tissus végétaux. Les expérimentations de **Juste et solda (1977)**, sur le maïs ont fait apparaître dans les sols agricoles ayant reçu les plus fortes doses de boues (100t/ha de MS), une teneur élevée d'azote des feuilles et graines, et un très fort pourcentage de pied tallés. Ces mêmes auteurs notèrent après application des boues, des rendements égaux ou supérieurs à ceux obtenus sur les parcelles ayant reçu une fertilisation minérale optimale. .

#### **5. Caractéristiques des boues limitant leur utilisation en agriculture :**

##### **5.1. Les métaux lourds**

La caractéristique phytotoxique des déchets organiques (boues et compost) est souvent liée à la présence dans ces derniers, des métaux lourds dont certains (Nickel, Cadmium, Mercure, etc...) qui exercent une action toxique aussi bien dans le sol que sur les végétaux. (**Zekad**

,1982). Les métaux lourds ont une origine industrielle (cd , cu,hg,cv) domestique (cd,cu,pb) et pluviale (Ni,Pb,Zn).

**Winsemius (1995)** : définit comme boues normalisée celles dont la teneur en métaux lourds sont inférieurs aux valeurs limites consignées dans les tableaux suivants :

**Tableau 08** : valeur limites de [c] en métaux lourds dans les boues destinées à utilisation agricole .

<b>Paramètre (mg/kg de matière sèche)</b>	<b>Valeurs limitées</b>
Cadmium	20à 40
Cuivre	1000 à 1750
Nickel	300 à 400
Plomb	750 à 1200
Zinc	2500 à 4000

**Tableau n °09** : valeur limites pour les qualités annuelles de métaux lourds pouvant être introduites dans les sols en litres sur la base d’une moyenne de 10 ans ( **Winsemius ,1995**).

<b>Paramètre(kg/ha)</b>	<b>Valeur limitées</b>
Cadmium	0,15
Cuivre	12
Nickel	15
Plomb	30
Zink	0,1

**5.2 .Odeur et autres nuisances :**

L’odeur désagréable de certaines boues constitue un obstacle à leur utilisation. Une autre nuisance que l’on rencontre quelque fois dans les boues est constituée par quelques résidus de pesticides (**Juste ,1979**).

**6. Effet des métaux lourds sur la microflore :**

**6.1. Les micros organisme dans le sol et leurs activités :**

Le sol constitue le grand réservoir de la majorité des micros organismes, certains font partie de la microflore (bactéries, actinomycètes, champignons et algues) ; d’autres de la microfaune (protozoaire) (**Dommergue et al , 1970**).

De nombreux micro organisme participent fondamentalement aux grands cycles biologiques naturels du carbone ; de l'azote, du soufre ainsi qu'à le remise en circulation des éléments chimique bloqués dans les déchets organiques et les résidus végétaux ou animaux sous des formes minérales simples ; assimilables par des plantes et indispensable à la continuité de la vie sur terre.

Le tableau n° 10 résume clairement les différents rôle de chaque groupe microbien

**Tableau n °10** : Propriétés et rôle des les micros organisme du sol dans la biodégradation de la matière organique).

<b>Groupe</b>	<b>Propriétés</b>	<b>Rôle dans le sol</b>
Bactéries	10 <sup>7</sup> à 10 <sup>9</sup> germe \gde sol -pH optimal 6 à 8 Espèces adapté à de t°0 à 65c°	Minéralisation et réorganisation de la matière organique  Importance agronomique
Actinomycètes	10 <sup>5</sup> à 10 <sup>8</sup> germe \gde sol PH optimal 7 à 8,5 T° optimal 28 à 37 c°	Rôle non négligeable dans la minéralisation et la réorganisation de la matière organique  Proportion importante qui inhibe d'autre micro organisme
Champignons	10 <sup>4</sup> à 10 <sup>6</sup> germe \gde sol pH optimal 4 à 8 T optimal 20 à 23 c°	participent activement à la dégradation de la matière organique puissants minéralisateurs réorganisation de la matière organique
Algues	10 <sup>2</sup> à 10 <sup>4</sup> germe \gde sol pH optimal 6,5 à 8 T optimal de 0°à 20 c°	constituent un apport net de matière organique au sol

(Dommergue et Mangenot, 1970; Desseaux, 1980)

## 6.2. L'effet des métaux lourds sur la biomasse microbienne du sol et son activité :

L'effet des métaux lourds sur les micro organismes du sol a fait l'objet de nombreux travaux(Sommer ,1963 ; Cornfield ,1977 ; Chaussod et Muller, 1984 ; Brookes et Grath ,1989), il ressort que la présence de certains métaux dans les sols peut se traduire par une diminution de la biomasse microbienne, une réduction de l'activité respirométrique, ou du taux d'adénosine triphosphate (ATP).

## 7. valorisation des boues en milieu forestier et en milieu agricole :

Ces dernières années, un intérêt particulier à été marqué pour les études concernant la revalorisation des sous produits issus des stations d'épuration urbaines.

L'aspect positif d'épandage des boues résiduaires à été démontré dans de nombreuses études (Couillard, 1986), en utilisant de la boue anaérobie liquide, à constater que des émis de mélèze se comporte d'une manière satisfaisante que du sable et que la produit de la biomasse croit de 1140 % quatre mois d'essai enserre. Selon (Couillard, et Grenier ,1988) on peut noter que la production de biomasse augmentait avec des applications de boues répétées, et que pour un même nombre d'application, les plus grandes doses produisant le meilleur résultat.

Cependant, l'utilisation des boues en agriculture soulève de plus en plus de débats passionnés en raison de leurs origine et de la présence d'éléments indésirables tels que les micropolluants organique, les élément traces métallique ou les éléments biologique pathogène, les composés organiques des boues domestiques utilisées en agriculture son soumis à une grande variété de processus physique, chimique et biologique après épandages ( webber et lesage , 1989).

La valorisation agricole est toujours une bonne solution pour certains déchets avec un avantage économique important (Boutin P, 1982).

Les différent résultats obtenus ont été jugés encourageants, car les boues peuvent se substituer aux produits organiques classiques, cependant cette possibilité de valorisation se heurte en pratique à l'inquiétude manifestée par les hygiénistes et les agriculteurs quant à la présence dans les boues de germes pathogènes et surtout des métaux lourds.

**8. les voies d’élimination des boues résiduaire :**

**8.1. La mise en décharge :**

La mise en décharge est une mauvaise solution pour l’élimination des boues de STEP. Dans la mesure du possible, on lui préférera la valorisation, ou à défaut, l’incinération. Ces derniers ne sont pas toutefois toujours possibles, soit que les quantités ou qualités des boues ne se prêtent pas à leur valorisation en l’agriculture, soit que les installations d’incinérateurs présentent des insuffisances de capacité ou des interruptions d’exploitation.

La mise en décharge des boues avec les déchets ménagers est également une pratique courante qui présente certain risque pour l’environnement. (Koller, 2004).

Dans les centres d’enfouissement technique (C.E.T) moderne, les déchets sont confinés dans des alvéoles étanches et recouvertes de terre végétale. La fermentation qui se déclenche dans ces alvéoles, produit au bout de quelque mois, et pendant une dizaine d’années, un gaz riche en méthane .celui-ci est aujourd’hui capté par les réseaux de canalisation et peut être utilisé comme combustible sur des moteurs thermiques. (Koller, 2004)

**8.2. Incinération :**

L’incinération conduit non seulement à l’élimination totale de l’eau industrielle, mais également à la combustion des matières organiques des boues. C’est le procédé permettant d’obtenir des résidus dont la masse est la plus faible. (Koller 2004).

le tableau N 11 présente quelque avantages et inconvénients de l’incinération (CNB .2000).

**Tableau n° 11 : les principaux avantages et inconvénients de l’incinération (CNB 2000) .**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>-réduction des volumes de 90 %</li> <li>- pas de prétraitement.</li> <li>- adaptation au gros gisement.</li> <li>- Ne produit pas de méthane.</li> <li>- possibilité de récupérer et valoriser l’énergie économie</li> <li>- possibilité de récupérer les métaux.</li> <li>- garantie de long terme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- cendre, résidu polluants .</li> <li>- Problèmes des seuils de rentabilité pour les petites unités.</li> <li>- production d’énergie électrique peu efficace dans le plus part des cas.</li> <li>-Investissement élevés.</li> <li>-couts de fonctionnement en forte croissance.</li> <li>-Empêche toute inflexion de la politique des déchets</li> <li>-opposition sociale croissante</li> </ul>

# CHAPITRE 3

### 1.L'importance de l'azote

L'azote représente l'un des éléments chimiques majeurs qu'utilisent les plantes dans le cadre de leur nutrition minérale : c'est aussi le quatrième constituant de la masse végétale après l'oxygène l'hydrogène et le carbone qui est utilisé dans certaines voies métaboliques telle que l'élaboration des macromolécules importantes comme les protéines, les nucléotides, les acides nucléiques et la chlorophylle (**Epstein in Badou B, 2002**)

Les écosystèmes terrestres comportent trois principaux réservoirs d'azote représentés par le sol, les plantes et l'atmosphère.

La plus grande partie de l'azote de la biosphère (79%) se forme dans l'atmosphère (**Meridja ,2008**) ; seules des micro-organismes du sol dont certaines bactéries et quelques algues sont en mesure de le fixer et de le faire entrer dans les écosystèmes (**Calleja ,1971**).

Les principales sources de l'azote dans le sol :

- \_ L'azote endogène du sol.
- Les amendements organiques et les engrais minéraux.
- la fixation symbiotique et non symbiotique.
- Les précipitations et les pluviollessivage.
- Les déjections des animaux.
- Restitution de la végétation.

## 2. Les formes de l'azote dans le sol

L'azote est présent dans le sol sous trois formes : élémentaire, organique, minérale et dans les trois phases : gazeux, liquide et solide.

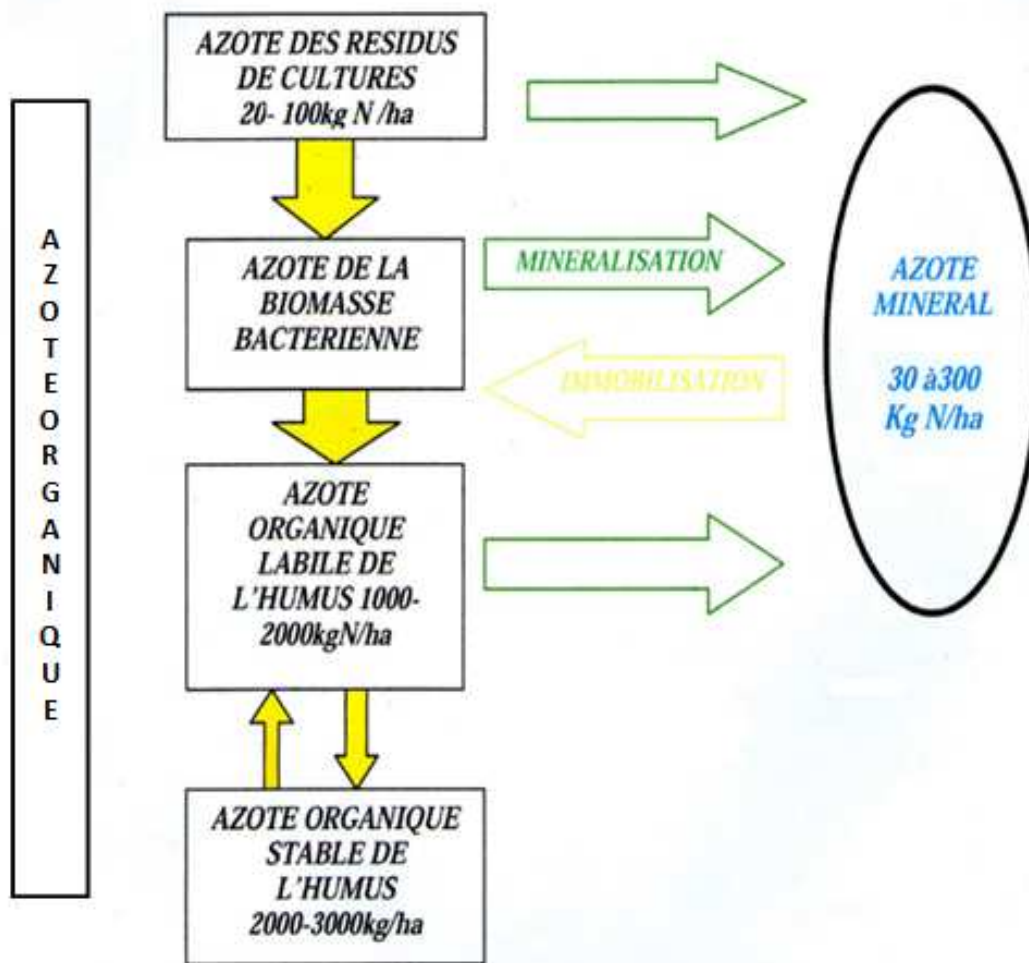
Dans la phase gazeuse du sol, la teneur en azote élémentaire ( $N_2$ ) est comparable à celle de l'atmosphère. L'air du sol renferme un peu d'ammoniac et des composés oxygénés de l'azote apparaissent au cours de la dénitrification. (Villain, 1989)

### 2-1-Azote organique

Le sol contient 3-10 tonnes d'azote /ha. Dont 95 % est incorporée dans les molécules organiques.

Carlotti (1992) ; Le Corpen (1991), distingue quatre compartiments organiques inaccessibles aux plantes ou à la lixiviation en l'état, Comme il est représenté dans la figure 05 :

- Le compartiment des résidus de culture.
- Le compartiment de la biomasse bactérienne
- Le compartiment azote humique stable
- Le compartiment azote organique labile ou actif qui peut intervenir annuellement dans le cycle de l'azote.



**Figure 05 : les différents compartiments d'azote dans le sol (d'après Corpen, 1991)**

L'azote du sol sous forme organique est particulièrement dans les horizons de surface. Il représente 95% de l'azote total (**Hebert, 1979**).

Il est constitué de protéine (34% à 50%) d'acide nucléique (3% à 10%) et d'amino-sucres (5% à 10%) de composés de condensation.

Il est intégré dans les macromolécules organiques complexes résultant de la décomposition des matières végétales, animales et microbiennes. Ces formes ne sont pas généralement assimilables sauf les plus simples telles que l'urée. (**Duchauffour, 1977**) précise que les acides aminés libres sont en très faibles quantités dans le sol.

## 2.2. L'azote totale :

La teneur des sols cultivés (horizon de surface) en azote totale est comprise entre 0,1% et 0,5% les abaques de fertilité, que rapportaient (**Calvet et Villemin, 1986**) concernant l'azote totale permettent d'établir le classement suivant :

-sol très pauvres avec :  $N < 0,05\%$

-sol pauvre avec :  $0,05\% > N > 0,15\%$

-sol moyen avec :  $0,1\% > N > 0,15\%$

-sol riche avec :  $0,15\% > N > 0,25\%$

-sol très riche avec :  $N > 0,25\%$

## 2-3 L'azote minérale

C'est la forme d'azote assimilable par la plante qui se présente sous forme d'ion ammoniac  $NH_4^+$ , nitreux  $NO_2$  (peu nombreux) et nitrique

Cet azote minérale dans le sol ne dépasse pas 5% de l'azote totale, (**Dommergues et Mangenot, 1970**).

Les ions ammonium se trouvent soit adsorbés sur le complexe adsorbant sous forme échangeable ou rétrogradée à l'intérieur des feuillets d'argile soient libre en faibles quantités dans la solution du sol. (**Villain, 1975**).

La teneur des sols en ammonium fixé ne dépasse pas quelque pourcent de l'azote totale, mais il arrive que la teneur du sol en ammonium fixé notamment dans les horizons atteints des valeurs très élevées : 45% et même 75% de l'azote totale

(**Dommergues et Mangenot, 1970**).

L'autre forme de l'azote minérale est la forme nitrique c'est la plus soluble qui n'existe dans le sol qu'à l'état transitoire ; elle est absorbée par les végétaux, ou éliminée par drainage (lixiviation par l'eau). Ses mouvements dans le sol sont étroitement liés à la dynamique de l'eau et interviennent dans les techniques de fertilisation (**Diehl, 1975**).

Certains ions sont associés de façon échangeable au complexe adsorbant, d'autres sont fixés sur les minéraux argileux et non échangeable (rétrogrades). L'azote ammoniacal non fixé est

peu assimilable par les plantes une part peut se transformer rapidement en azote nitrique. C'est la **nitrification**.

#### **2.4 D'autre forme de l'azote**

IL s'agit des oxydes d'azote et de l'azote de l'air. Se sont des molécules qui se sont formées par la dénitrification sous l'action des microorganismes, cette dénitrification existe dans tous les sols cultivés (**Morel R , 1996**), elle provoque la perte d'azote sous formes gazeuse vers l'atmosphère (**Baize , 1988**).

### **3.La dynamique de l'azote dans le sol**

Le cycle de l'azote dans le système-sol est constitué par un ensemble de transformation physico-chimique et biologique

Sous le terme de cycle de l'azote, on désigne l'ensemble des transformations que subit l'azote dans la biosphère, dont les plus importantes sont de nature microbienne ;

Cette biomasse microbienne qui représente 3 à 4 % du carbone et 6% de l'azote total du sol, peut être considérée comme le moteur des transformations de l'azote ; elle intervient à la fois comme agent de transformation (synthèse, dégradation) et comme compartiment jouant le rôle de source et réservoirs d'éléments chimiques.

La plupart des transformations de l'azote dans le sol s'effectuent sous le contrôle de la microflore plus ou moins spécifique (fixation ; minéralisation, organisation, dénitrification) ; les formes minérales peuvent être alors considérées comme la plaque tournante d'une grande partie de ces processus (**Nicolardot et al , 2001**)

#### **3.1.La minéralisation**

La minéralisation de l'azote est le passage de la forme organique à la forme minérale. Cette transformation peut être d'origine physico-chimique dans des conditions extrême (pH très faible et forte température), elle est principalement due à la dégradation biologique (par les macro et micro-organismes) de la matière organique du sol (**Jarvis et al in Valé, 2006**)

La minéralisation de l'azote organique en azote minérale utilise plusieurs réactions chimiques catalysées par différentes enzymes microbienne.

### 3.2. L'ammonification

L'ammonification représente l'ensemble des processus de dégradation biologique de l'azote du sol aboutissant à la formation de l'azote ammoniacale ( $\text{NH}_4^+$ ) soluble dans l'eau mais bien retenu par le complexe adsorbant du sol. Ce processus de dégradation biologique est très complexe du fait que l'azote ammoniacal peut provenir de nombreuses substances azotées de structure très divers : des corps protéiques, sucres aminés, des acides nucléiques et des engrais azoté : l'urée et la cyanamide (**Dommergues et Mangenot ,1970**).

La microflore ammonifiante reforme de très nombreuses espèces, de bactéries appartenant aux genres *Achronbacter*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Pseudomonas*...etc. (**Dommerguis et Mangenot ,1970**), les actinomycètes et les champignons et principalement les ascomycètes et les basidiomycètes ; du fait de cette diversité, elle présente peu d'exigence écologique spécifique.

L'azote ammoniacal libéré dans le sol peut emprunter plusieurs voies dont les plus importantes sont :

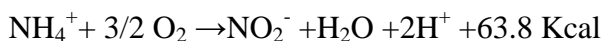
- La rétrogradation par les minéraux argileux.
- La 'absorption par les plantes.
- L'immobilisation par les plantes.
- La volatilisation

### 3.3.La nitrification

Elle correspond à une oxydation par certain microorganismes autotrophes ou hétérotrophes de l' azote ammoniacal qui se fait en deux temps:-

#### A.La nitritation

C'est une oxydation biologique de l'azote ammoniacal en nitrate ( $\text{NO}_2^-$ ) sous l'action de bactéries nitreuses comme *Nitrosomonas*.

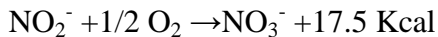


Les bactéries nitreuses présentent peu d'exigences écologiques aussi bien vis à vis du pH que de la température du sol. Elle tolèrent les pH élevés encore actives aux faibles température (**Villain, 1989**).

L'azote nitreux est une forme de transition éphémère, qui résulte soit de l'oxydation d'azote ammoniacal en azote nitreux soit de la réaction inverse de réduction des nitrates.

**B. La nitratisation**

C'est la transformation de l'azote nitreux en nitrate sous l'action des bactéries nitriques comme Nitrobacter.



Les bactéries nitriques préfèrent un sol neutre ou légèrement basique. (Kerriche .Y, 2014).

**3.4. La dénitrification :**

La dénitrification recouvre l'ensemble des réductions qui conduisent les nitrates (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), la forme d'azote la plus oxydée et thermo dynamiquement la plus stable à la forme gazeuse interne ; elle passe par des formes intermédiaires, telles que les nitrites (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) et les oxydes d'azote gazeux, NO et N<sub>2</sub>O. (Firestone et Davidson, 1989).

Ce processus est fondamental dans le cycle de l'azote puisque c'est le seul qui permet le retour à l'azote diatomique dans l'environnement. La dénitrification peut se produire suivant deux processus, chimique ou biologique. L'oxyde nitrique, NO n'est que peu émis, lors de cette transformation.

Les conditions d'humidité élevées favorisant sa réduction ultérieure. Le protoxyde d'azote, en revanche, est émis en général en même temps que N<sub>2</sub> en proportion très variables; (Firestone et Davidson, 1989).

La capacité dénitrifiante potentielle des sols est, généralement très supérieure aux activités in situ (Herault, 1993 in Cellier, 1996) indiquant que le potentiel enzymatique est rarement le facteur limitant de ce processus microbien.

La réduction des nitrates ne nécessite pas une microflore spécifique, par contre la réduction du nitrate en azote gazeux ne peut être faite que par un nombre restreint de genres bactériens (Pseudomonas –Agrobactérium) mais qui sont très répandus dans le sol.



Les quantités d'azote minéral du sol non assimilables par les plantes peuvent être perdues par trois chemins; le lessivage par la dénitrification de  $\text{NO}_3^-$  en  $\text{NO}_2$  puis elle dirige vers la profondeur, par volatilisation ou la perte de  $\text{NH}_4^+$ , et par l'immobilisation ou réorganisation dont l'azote est utilisé par les micro-organismes.

L'azote immobilisé pourra être ultérieurement utilisé par la plante.

#### 4.1. Les pertes par lessivage

L'entraînement des nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) en profondeur à cause de leur grande solubilité dans l'eau, est dite lixiviation. Elle est généralement difficilement contrôlable par l'homme.

D'après **Guiot (1986)** les conséquences peuvent être fortement atténuées en évitant les longues périodes de nudité du sol.

Ces pertes dépendent de la pluviométrie, de la texture du sol et de la profondeur d'enracinement de la culture, ainsi que la forme d'engrais apportée.

L'évaluation de ces pertes dépend de la nature des lieux étudiés. (**Remy et Hebert, 1977**) estiment que les pertes sous une culture intensive de blé tendre est de 15 à 35 kg.

**Neyroud et Vez (1981)** confirment que les pertes peuvent augmenter dans le système sol – plante, ce qui provoque la contamination des nappes phréatiques dont le cas où les apports de fumures sont abusifs et inadaptés.

#### 4.2. Les pertes par voie gazeuse

La concentration de  $\text{NH}_3$  dans la solution du sol, de sa solubilisation et de sa diffusion dans le sol fait limiter l'importance de ce type de pertes. Certaines conditions telles qu'une faible humidité, l'alternance entre humectation et dessiccation; le pH et la teneur en  $\text{CaCO}_3$  jouent sur l'équilibre  $\text{NH}_4/\text{NH}_3$ . Tous ces facteurs pédo-climatiques favorisent la volatilisation (**Recous, 1987**).

La forme d'engrais a un effet sur la volatilisation. Les pertes sont plus remarquées pour les engrais uréique ou le phosphate d'ammoniaque. Elles sont, par contre, moins importantes pour le nitrate d'ammonium (**Germon, 1982; Remy et Viaux, 1983**) où la forme nitrique se trouve à faible concentration dans le milieu.

#### 4.3. La réorganisation

C'est l'ensemble de processus par lequel les microorganismes du sol assimilent l'azote pour satisfaire leurs besoins de croissance et de multiplication.

La réorganisation affecte préférentiellement la forme ammoniacale que la forme nitrique. Elle est temporaire du fait que l'azote est restitué au sol.

Le niveau de réorganisation est essentiellement déterminé par la quantité de carbone facilement assimilable disponible dans le sol.

Selon **Muller (1982)** l'immobilisation de l'azote pour les pailles des céréales don' t le rapport C/N est voisin de 60, est de 10 Kg/tonne de paille enfouie.

D'après **Recous (1987)** elle débute juste après l'apport d'azote, elle peut affecter 10 à 40 % de l'apport et entre directement en concurrence avec la nitrification.

### **5. Minéralisation de la matière organique**

Enfait la décomposition de la matière organique par les micro-organique à été devisée en deux types de minéralisation :

La première étant la minéralisation primaire, qui porte sur la matière organique fraîche, non encore incorpore au sol minéral, c'est un catabolisme édaphique Effectué par un réseau complexe d'organisation tellurique aboutissant à la transformation des aliments énergétique en CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O.

Les hydrates de carbone sont facilement métabolisable et constituent une source d'énergies accessible aux microorganismes (**Berthelin et Toutain, 1979**).

La cellulose est difficilement biodégradable de nombreux microorganismes sont incapable d'attaquer la cellulose naturelle.

La cellulolyse jusqu'au stade glucose exige l'intervention d'un système complexe pluri-enzymatique (**Dommergues, 1971**).

La lignine est aussi un composé carboné difficilement biodégradable, car les microorganismes qui sont aptes à la solubiliser sont limités en genre et en nombre ;les champignons sont capable de dégrader la lignine sont des champignons acidiphiles du groupe des basidiomycètes.la lignine est nécessaire à la synthèse des composés humique dans le sol.

Les processus microbiens assurant le passage de l'azote de la forme organique à la forme minérale sont respectivement l'ammonification et la nitrification

Un second type de la minéralisation appelé minéralisation secondaire, qui concerne les composés humique ; celle- ci, à la particularité d'être relativement lente à cause des liaisons vigoureuses entre les composés humiques et minéraux ; ce qui rend d'ailleurs les humus difficilement biodégradable.

Cette minéralisation est l'influencée par de nombreux facteur, ainsi tous les éléments qui favorisé l'activité microbienne du sol entraînent une accélération de la minéralisation **(Bonneau et souchier , 1979)**.

# CHAPITRE 4

## 1- Matériel d'étude

### 1-le sol

Dans le but de la réalisation de notre étude relative à l'action de la matière organique sur la dynamique de l'azote minéral, nous avons été amené à prélever notre sol dans la région de Rémila (khenchela); cette zone se caractérise par un sol à vocation céréalière. L'échantillon utilisé a été prélevé dans la couche (0 – 30cm) qui représente la couche hémi-organique dans laquelle se manifeste généralement une activité biologique élevée à cause de l'effet rhizosphérique important au plan édaphique.

Au plan bio physico-chimique, ce sol se caractérise par une texture argileuse selon le diagramme de classification des textures (USDA). Au plan chimique, il présente un Ph légèrement alcalin 7,8 une CE de 1900 $\mu$ S/cm et un taux de matière organique de 1,05%.

Les principales caractéristiques analytiques du sol sont représentées dans le tableau suivant.

**Tableau 16** : caractéristiques analytiques du sol

Granulométrie	Argile%	56.26
	Limon%	28.69
	Limon grossier%	2.36
	Sable fin%	8.33
	Sable grossier	4.36
PH	/	7.8
C.E	$\mu$ S/Cm	1900
MO	%	1.058
C	%	0.615

## 2- les boues résiduaire :

Les boues résiduaire utilisées ont été prélevées à la station d'épuration de Baghai (Khenchela).

Les boues sont traitées biologiquement dans un bassin d'aération, stabilisées par digestion aérobie suivie d'une hydratation mécanique. Elle observe une couleur noire foncé avec odeur désagréable, la présence d'une faune remarquable (larves), elle est utilisée par les agriculteurs de la région à l'état frais, comme engrais pour leur culture.

Les résultats d'analyses effectuées par le laboratoire régional du steppe de khenchela en 2014 sont consignés dans le tableau qui suit

**Tableau 17:** caractérisation des boues résiduaires

Paramètres	Résultat
Ph	6.38
C.E	0.4
Cadmium mg/kg	1.35
Chrome mg/kg	11.66
Cuivre mg/kg	111.67
Nickel mg/kg	19.50
Zinc mg/kg	657.10
Chrome+Cuivre+Zinc mg/kg	799.93
Fer mg/kg	9691.87
Cobalt mg/kg	7.37

## II Méthode d'étude

### 1-Méthodes d'incubation des sols au laboratoire :

Le dispositif d'incubation en condition de laboratoire nous permet de déterminer le potentiel de minéralisation de l'azote minéral qui est étudiée au moyen de la quantification de l'azote nitrique et de l'azote ammoniacal qui se forment dans le sol sous l'effet des boues résiduaires.

Le principe consiste à incuber des mélanges sol-boues et sol – dose de boues dans des conditions très favorables à une optimisation de l'activité des microflores des sols. La mise en place des systèmes d'incubation en conditions de laboratoire des sols (enrichis en boues) à permis de déterminer l'effet des boues résiduaires du sol sur les quantités d'azote assimilable.

L'incubation des sols à été effectuée sur une période de 28 jours .La cinétique de minéralisation de l'azote organique à été suivie avec les pas de temps suivants : 0, 3, 7, 11, 15,21, 28.

## **2- Technique expérimentales**

### **2-1 Dispositif de minéralisation de l'azote organique dans le sol :**

#### **2-1-1 –Technique d'incubation simple des sols**

Cela consiste à analyser périodiquement dans des récipients en plastique en de condition de laboratoire .Les quantités d'azote nitrique  $\text{NO}_3^-$  et ammoniacale  $\text{NH}_4^+$  provenant de l'activité des germes ammonificateurs et nitrificateurs ceux-ci contrôlent le processus de minéralisation de l'azote organique qui constitue un élément majeur de la matière organique du sol .

Cette technique repose sur le dosage de l'azote minérale ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) obtenu en procédant à son extraction par du KCl (2M) ou  $\text{CaCl}_2$  (1N) .Celle –ci déplace les ions  $\text{NH}_4^+$  et  $\text{NO}_3^-$  permettant ainsi leur récupération et leur analyse à la soude (6N).

#### **2- 1 -2 Description du dispositif**

La méthode consiste à introduire dans des flacons non drainés 25 g de sol sèche à l'air et tamisé à 2 mm répartis en 63 échantillons, nous avons apportés de la matière organique sous formes de boues en deux doses différentes (5% et 10%) et ceci dans le but de tester l'effet dose et double dose des boues.

Les sols sont mis à incuber pendant 28jours en condition de laboratoire (Température entre 28 et 30°C), sont humidifier à 80 % de la capacité de rétention en l'eau puis l'extraction et les dosages d'azote minéral ( $\text{NH}_4^+$  ,  $\text{NO}_3^-$ ) ont été effectués au point de cinétique suivant 0 – 3 – 7 – 11 – 14 – 21 – 28 jours en présence d'une solution saline de  $\text{CaCl}_2$  (1N) ou de KCl (2M).

#### **Les systèmes expérimentaux effectués**

Pour tester l'effet des boues et des doses de boues sur certains processus du cycle de l'azote (fonctionnement biologique) d'un sol agricole, nous avons adopté les traitements expérimentaux suivant:

**-Sol seul (traitement témoin).**

**( Sol +boues résiduaire 5% ( à raison de 1.25 / 25g de sol**

**( Sol+boues résiduaire 10% ( à raison de 2.5/25g de sol**

### III Les méthodes analytiques :

#### 1- Dosage de l'azote minéral (NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>) par la méthode Drouineau et Gouny, in Bonneau et Souchier 1979:

Cette méthode repose sur l'extraction puis le dosage de l'ion ammonium NH<sub>4</sub><sup>+</sup> sur une partie aliquote de 250ml prise à partir d'une suspension de 25g de sol dans un demi litre de KCl après distillation par entraînement à la vapeur, l'azote ammoniacal est piégé par l'acide borique 2% en présence d'un indicateur coloré mixte.

Nous procédons ensuite au dosage par du H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0,05N). L'azote nitrique est dosé en ajoutant à la solution ayant servi au dosage de l'ammonium 2gr d'alliage de DEWARDA lequel réduit l'azote ammoniacal en N-NO<sub>3</sub>; nous procédons à une deuxième distillation dans les mêmes conditions que la précédente.

#### 2-La granulométrie

L'analyse granulométrique de l'échantillon de sol à été faite au laboratoire de L'INSID selon la méthode à la pipette de Robinson.

#### 3-Le carbone organique

Le dosage du carbone organique est réalisé par la méthode WALKY BLACK à froid, le taux de la matière organique est déduit en multipliant le taux de carbone organique par 1,72.

$$\text{MO}\% = \text{C}\% \times 1.72$$

#### 4-le PH

Le Ph du sol est déterminé par la méthode électrométrique sur suspension de terre rapport sol / eau de 1/2,5.

#### 5- la conductivité électrique (C.E):

La CE est mesuré par le conductimètre sur une suspension de sol rapport 1/10

## **1-Influence des boues résiduairees sur l'évolution de la quantité d'azote dans le sol :**

### **1-Effet des boues dose 5% sur l'évolution de l'azote ammoniacal (N-NH<sub>4</sub>)**

A travers la figure N° 09 illustrant les variations de l'azote ammoniacal en fonction de la durée d'incubation, nous ne constatons que la quantité de l'azote ammoniacal est plus élevée dans les sols seul (témoin) par rapport les deux autres sols (sol+boues 5%, sol+boues 10%).

L'ammonification croit nettement durant la première semaine pour atteindre leur maximum au 7<sup>ème</sup> jour d'incubation pour le sol seul ou la quantité produite est de 1,12mg. A partir 7<sup>ème</sup> jour la quantité décroît jusqu'à

# CHAPITRE 5

**I -Effet des boues résiduaires sur l'évolution des quantités d'azote dans le sol :****1-Effet des boues 5% et 10% sur l'évolution de l'azote ammoniacal (N-NH<sub>4</sub>) :**

D'après, la figure 8 illustrant les variations de l'azote ammoniacal en fonction du temps, nous constatons un effet dépressif de l'adjonction des boues et doses de boues sur les quantités d'azote ammoniacal. Ceci se traduit par une diminution de la quantité d'azote ammoniacal dans les systèmes additionnés de boues par rapport au système témoin

En effet la différence enregistrée dès la première semaine d'incubation au profit du sol témoin se manifeste au plan quantitatif par la production de 0,7mg et 0,56mg respectivement dans les traitements sol boues 5% et sol boues 10%)

Nos résultats relatifs à cet effet dépressif sont en nette concordance avec ceux de **Chaussod et col (1981) et Sbih (1980)**

Au plan fonction biologique nous remarquons une prédominance du phénomène de l'immobilisation microbienne de l'ammoniac sur la minéralisation, ou encore que les boues résiduaires ajoutées au sol auraient perturbé les activités des germes ammonificateurs dans le sol.

Ce qui à par conséquences une diminution (régression) suivie d'une transformation de l'azote ammoniacal (NH<sub>4</sub>) dans l'échantillon témoins et ce à partir du 15<sup>e</sup> jour, (0,7mg témoin à 0,63 boue 5 % et 0,28 mg boue à 10%)

Ces résultats, selon **Cherrak et al, 2001 in kerriche 2004**, révèlent que cette régression pourrait avoir comme conséquences un effet dépressif de l'adjonction des boues résiduaires sur la production de l'azote ammoniacal.

Il est penser que les boues n'ont pas pu, lors de cette phase expérimentale stimuler les germes minéralisateurs.

Il se pourrait alors qu'une forte minéralisation puisse par la suite se déclencher. Il à été constaté en effet qu'à à partir du 7<sup>ème</sup> jour, une évolution progressive de la minéralisation aboutissant à une nitrification de NO<sub>3</sub>.

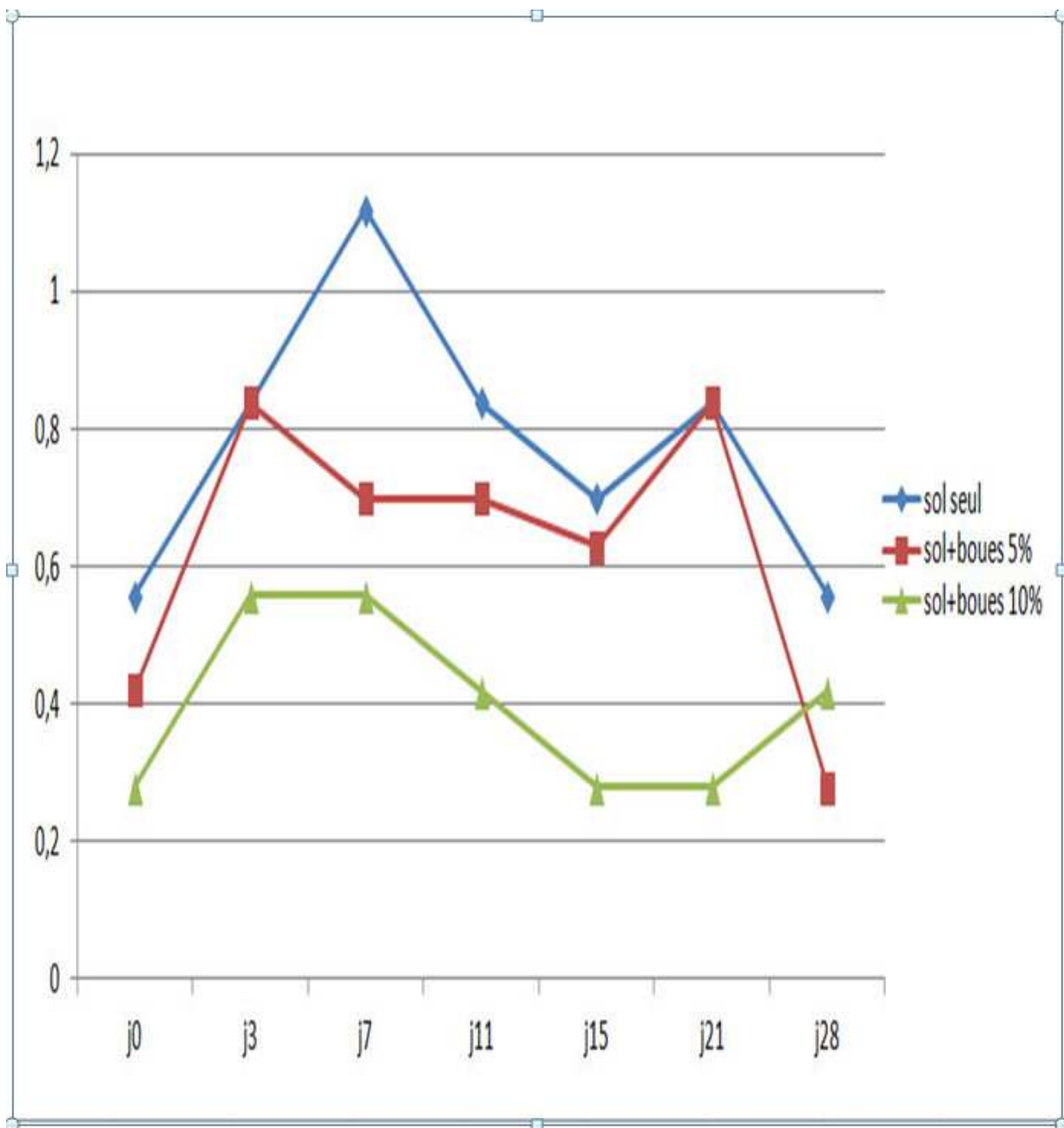


Figure 8 : Effet des boues 5% et 10% sur l'évolution de l'azote ammoniacal (N-NH<sub>4</sub>)

## 2-Effet des boues dose 5% et 10% sur l'évolution de l'azote nitrique (N-NO<sub>3</sub>)

L'étude de la courbe figure 09 relatif à l'effet des boues sur les quantités d'azote nitrique fait ressortir un comportement assez semblable de celui de l'ammonification. Ceci s'explique par la prédominance du phénomène d'immobilisation sur toute la période expérimentale sur le phénomène de la minéralisation et cela durant la période d'incubation.

En effet les valeurs du témoin sont les valeurs les plus élevées (1.12mg) comparativement à celles obtenues dans les sols mélangés avec des boues à différentes doses. Ces valeurs varient entre 0,42mg et 0,98mg,

Cette organisation s'explique par ce qu'on pourrait appeler une forme de mobilisation de l'azote minéral par les groupes microbiens du sol telles celles observée dans les cas précédents.

Il s'ensuit que ces mêmes groupes microbiens peuvent par la suite opérer une minéralisation de l'azote qui sera utilisée comme source d'énergie.

Cette phase constituera ou pourra être considérée comme une phase de prédominance de la minéralisation ou en un mot c'est une phase de reminéralisations selon un mécanisme.

Ceci pourrait s'expliquer, selon **Hiouani (2002)** ; **in Kerriche (2014)**, soit par la présence dans cette boue d'une substance inhibitrice de l'activité des germes nitrificateurs soit encore par un phénomène de réorganisation microbienne ou encore par un processus de dénitrification.

Il est à considérer par ailleurs et ce selon **Messaadia (2015)**, que les phases de reminéralisations se font selon une cinétique de minéralisation qui se traduit par des pics variables donnant à la courbe une allure brisée.

Toutefois il est noté en fin d'incubation une reprise de l'activité nitrifiante dans les systèmes sol boues 10% par rapport aux systèmes sol boues 5% qui se traduit par une quantité de 1,12 mg

D'après Germon, (1994) cette stimulation de l'activité nitrifiante semble être due à la présence de composés jouant le rôle de source d'éléments nutritifs; favorisant ainsi le développement et la multiplication des microflore microbiennes nitrifiantes.

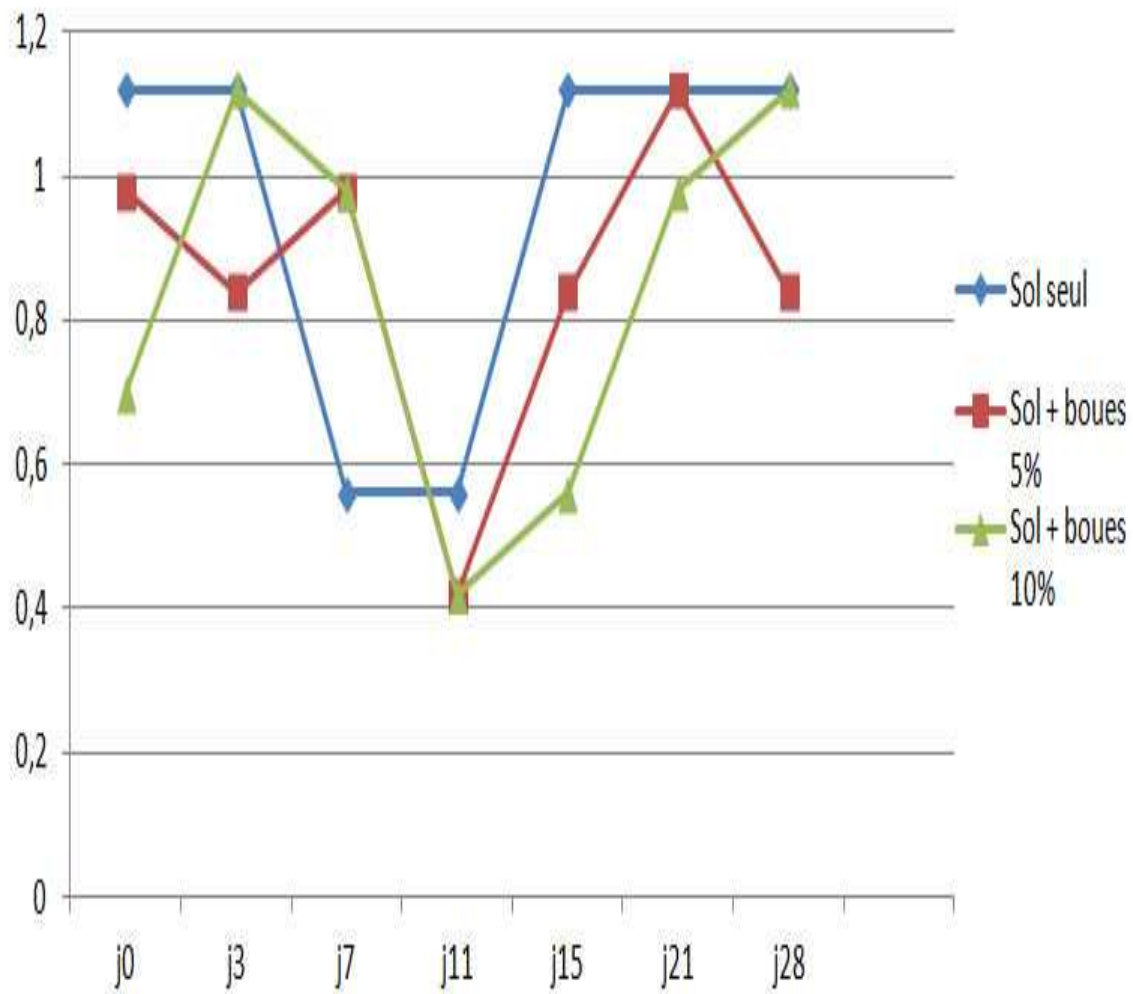


Figure 9 : Effet des boues dose 5% et 10% sur l'évolution de l'azote nitrique (N-NO<sub>3</sub>)

**2-Effet des boues dose 5% et 10% sur l'évolution de l'azote minéral (N-NH<sub>4</sub>+N-NO<sub>3</sub>) :**

Nous constatons d'après l'allure de la courbe figure 10 que la production de l'azote minéral est très élevée dans le système témoin en comparaison avec les systèmes additionnés de boues.

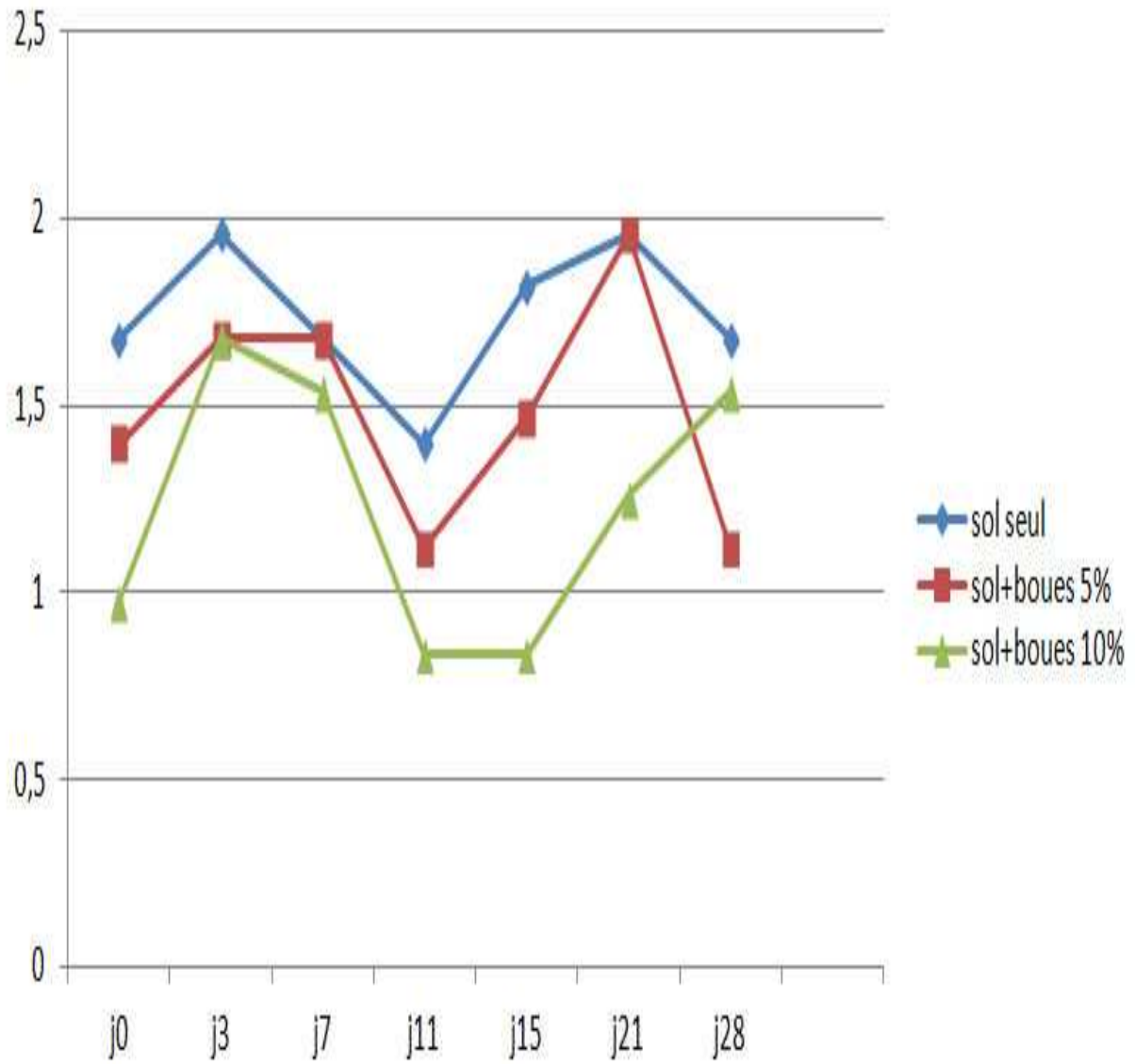
En effet après 15 jours d'incubation, la quantité la plus élevée est noté dans le système témoin il semble que le processus de minéralisation est très intense dans le sol témoin comparativement aux sols enrichies.

Cette évolution traduit de manière incontestable un effet dépressif induit par des substances que contiennent les boues sur l'activité minéralisatrice de l'azote organique.

En effet ces valeurs oscillent entre 1,4mg et 1.12mg (sols + boues à 5%) et entre 0.98mg et 1,54mg (sols + boues à 10%). On a remarqué des pics variables, qui s'expliquent par des phénomènes d'immobilisation et de reprises de minéralisation.

Ces résultats concordent avec ceux notés par **Menzer (2012)**, qui à noté un effet dépressif sur la minéralisation de l'azote durant les trois premiers jours d'incubation. Ceci peut être donc du à la volatilisation d'une partie de l'azote ammoniacal.

Selon **Kirkham (1974) in Keriche (2014)**, ceci peut être du aussi à un blocage de l'activité minéralisatrice par des substances présentes dans les boues résiduelles. En outre un tel effet dépressif à été observé par **Sbih (1990) et Cherrak (1999)**, lesquels ont considéré que les substances contenues dans les boues résiduelles auraient bloqué l'activité minéralisatrice des microflores du sol.



**Figure 10: Effet des boues dose 5% et 10% sur l'évolution de l'azote minéral (N-NH<sub>4</sub>+N-NO<sub>3</sub>)**

# CONCLUSION

## **Conclusion générale**

L'objectif de notre travail est d'étudier l'effet des boues résiduelles de la station d'épuration des eaux usées de Baghai (wilaya de khenchela) sur la minéralisation de l'azote dans un sol agricole de la région de Remila (wilaya de Khenchela). Cette région est caractérisée par un climat de type semi-aride.

Les conditions de laboratoire mise en place pour répondre à cette problématique a été le recours à la technique d'incubation en conditions optimisées de laboratoire où la température était à 28 ° c et l'humidité au 2/3 de la capacité de rétention en eau des sols. Les échantillons sont travaillés sur un intervalle de temps de 28 jours.

Les analyses granulométriques obtenus nous ont révélé que le sol de notre région d'étude est de type argileux, quant à la conductivité mesurée, nous indique que le sol étudié est salin.

Il en résulte qu'aucun effet des boues résiduelles dans les échantillons (sol +boues 5% et sol +boues 10%) sur la minéralisation de l'azote minérale, ne mérite d'être cité, les sols dosés par les boues résiduelles ont probablement engendré un dysfonctionnement de la microflore (ammonificateurs et nitrificateurs), à savoir, une probable réorganisation et immobilisation des microbienne chargés de la minéralisation de l'azote.

Une forte minéralisation de cet élément, par contre, est enregistrée dans le sol témoin, c'est du peut être à la microflore minéralisatrice d'azote qui fonctionne dans des conditions normales.

En perspective, après avoir obtenu les résultats cités en haut, il sera intéressant de compléter ce travail par l'étude approfondi de la microflore (ammonificateurs et nitrificateurs) minéralisatrice d'azote face à la présence des boues résiduelles dans le sol.

## REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUES

**Ademe, 2001** : Les boues chaulées de la station d'épuration municipales, production, qualité et valeur agronomique, Ed ADEME, Paris ,224p.

**Adler, 2002** : Le maire et les boues d'épuration guide pratique pour les collectivités locale \*EDAME\* .Paris 101p.

**A.N.R.H ,2002** : Etude de modélisation de la nappe de la plaine de Remila réalisé par un bureau d'étude ;Agence nationale des ressources hydriques, 2002. **A.N.R.E.D ,1982** :La valorisation agricole des boues des station d'épuration .Cahier technique N°7 ,3p.

**Anonyme, 1981** : Valorisation des boues utilisation en agriculture.

**Arthur ,1999** : Etude environnement pour les agences de l'eau. . **Aufif ,2003** : Institut d'aménagement urbain de la région d'ile- de- France -Paris.

**Baize D ,1988** : Guide des analyses courantes en pédologie .Ed.Masson .Paris .Fr.

**Barideau L ,1988** : Les boues d'épuration menace pour l'environnement on matière première pour l'agriculture .BUL, rech .Agronomique.

**Berthet, 1987** : Etude de la valeur agricole des boues résiduelles d'une station de traitement physico- chimique d'eaux usées .Avrillé 1987 Technique science et méthode p 173.

**Bonneau M et Souchier B , 1979** : Pédologie, constituants et propriétés du sols. Edit. Masson et Cie, paris.

**Bouali F ,2010** : Effet des différents Type de sels sur les propriétés chimiques d'un sol de la région de Batna, mémoire, ING. Batna.

**Boutin.P , 1982** : Risque sanitaires provenant de l'utilisation d'eau polluées de boues de station d'épuration en agriculture T.S.M.

**Brame et Lefèvre, 1977** : Aspects quantitatifs de l'utilisation agronomique des boues résiduelles des stations d'épuration. SC du sol bull Afls 3 p 125-140.

**Byrom K . L ; Bradeshowa .D , 1989** : The potential of sewage sludge in land reclamation.

In Alternative uses for sewage sludge Edit .By .Hall ;J.E

**Calvet.R, 2003** : Le sol , propriété et fonction ,phénomène physique et chimique , application agronomique et environnementale .T2 Ed France agricole.

**CCG, 1970,1969** : la prospection géophysique de la plaine de Remila. La Direction d'hydraulique de la wilaya de Khenchela, réalisé par compagne générale de la géophysique 1970.

**Chaussoud R, Germon J.C , Catroux G ,1981** : Essai de détermination au laboratoire de l'aptitude à la minéralisation d'azote des boues résiduaires urbaines.Extrait du procès verbal de l'Acad.

**Cherak L. 1999** Incidences des eaux usées résiduaires sur la microflore et le comportement de l'avoine. Thèse magister Université de Batna (Algérie). 110 p.

**CNB ,2000** : Comité National des boues : 2000 : Les boues d'épuration municipales et leur utilisation en agriculture.Dossier Doc, Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie. **CPH ,1977** : Proposition de réalisation d'étude et projets d'aménagement hydro-agricole du plain de Remila .Rapport de CONSORTIUM. PROJECTUM 6HIDRO-ESB, RIO DE JANEIRO JANVIER 1977 .100P .

**Couillard C ,1986** : Etude de quelques indices de croissance de Iraix fertilisées par des boues anaérobies-pub Div.Selper LTD ,1986,pp191 , 206.

**Couillard C et Grenier Y ,1988** : Alternative à la gestion des boues résiduaires municipales

**DEWK, 2009** : Plan d'aménagement et de développement durable de la wilaya de Khenchela ; Direction de l'environnement de la wilaya de Khenchela (2009).

**Diehl R ,1975** : Agriculture générale .Ed .J B .Bailli ère Parises, recyclage en sylviculture SCI, techno, de l'eau, vol 20,n°3pp. 215 -220.

**Dommergue Y. et Mangenot F ,1970** : Ecologie microbienne du sol .Edit. Masson et Cite Paris.

**DPAT, 2012** : Services des statistiques, Direction de la planification et l'aménagement du territoire de wilaya de khenchla.

**DSA, 2011** : Service de statistique ; Direction des services agricole de la wilaya de Khenchela février 2011.

**Duchauffour PH ,1977** : Pédologie et classification .Ed.Masson.Paris .

**Duchauffour ,1979 et Duthil , 1973** : Constituants et propriétés du sol. Ed .Masson.

**Duthil P , 1973** : Eléments d'écologie. Edit .J.Baillère.Tom .

**Epestein E , 1976**: Effects of sewage sludge and sludge compost applied to soil physical and chemical Env .Qual .Eau N° 05.

**Gamrasni MA ,1979** : Utilisation agricole des boues d'origine urbaine Association Français pour l'étude des eaux.

**Gamrasni MA ,1981** : Utilisation agricole des boues d'origine urbain.Source Paris (F.R) A.F.E.E.

**Gaucher G ,1968** : Traité de pédologie agricole, le sol et ses caractéristiques agronomique .Dunod .Paris.

**Guidi G et aL ,1984** : Effects of sewage on the physical and chemical proprieties of soil in proceeding and use of sludge .Edit l'hermite .OTT and Reidel.

**Guiblin, 1999** : Lutte contre la pollution des eaux, classification des boues d'épuration .TEC- ING traité environnement NANCIE.

**Guy Athamn ,2003** : Les boues d'épuration leur perspectives de gestion en Lede France thèse, doctorat, paris 128 p.

**Halitim, 1973** : Etude expérimental de l'amélioration des sols sodiques d'Algérie en vue de leur mise en culture .Thèse de 3<sup>e</sup> cycle. Univ de Rennes, 176 p.

**Jarvis ; Ghouari W. 2006** : Effet du cumul de pluies Hivernale sur la réponse du cultivar WAHA (triticum durum Desf).A la fertilisation azoté minéralisation.

**Juste, 1979** : Effet de l'application massive monoculture intensive de maïs moniste , de l'évier France .

**Juste C , 1979** : Valorisation agricole des boues issues du traitement des eaux usées urbaines.

**Juste C Solda P , 1977** : Effets d'applications massives de boues de station d'épuration en monoculture de Maïs : Action sur le rendement et la composition des plantes et sur quelque caractéristique du sol Symposium sur la recherche en matière de sol et des déchets solides.

**Kebbache R ,2011** : Mécanisme de salinisation des eaux souterraines cas de la plaine alluviale de Remila (WILAYA DE KHENCHELA) .80 p.

**Kirkham, M.B. ; 1974.** Disposal of sludge and land .effect on soil plant and ground water: compost sc. 15 N°2 PP.6-10

**Lamari ,1979 :** Utilisation des boues résiduaires dans le cas de la station de Draa Ben Khada

**Mabrouki A ,2007 :** La relation entre les propriétés physico-chimique et biologique dans les sols salés de FAL en ta-Ain yacout- Batna .Mémoire, ING, Batna.

**Massoumia M,1975 :** Amélioration d'un sol salé à alcali par utilisation des eaux salées .Cah.ORSTOM, série pèd.1975.

**Meridja W, 2008 :** Etude de l'influence des matières organique (paille, engrais vert et engrais (urée) sur la dynamique de l'azote. mémoire de magister , Batna.

**Merchie P ,2000 :** Les boues d'épuration municipale et leur utilisation en agriculture .www.INRA .fr.

**Morel J et al , 1978 :** Boues résiduaires et fertilisation phosphatée .Phosphore et agriculture N°73.

**NICOLARDT B et al , 1996 :** La dynamique de l'azote dans les sols cultivés .Ed .INDRA, Paris.

**Pagial M , Guidi G ,1981,1984 :** Parasitism and pore size distribution in characterization treatment and use of sewage sludge .Ed.OTT .H.

**Perronet et al, 2003 :** Soil tillage for sustainable nutrient management in El.Tiri.aled soil tillage in Agroecosy steme,CRC press Newyork pp :3-113. .

**Pekrun L et al,2003.**soil tillage for sustainable nutrient management in EL Tiri, A(ed.)soil tillage in Agroecosystems ,CRC Press NewYork (USA), pp83-113

**Pommel B ,1979 :** La valorisation agricole de déchets :2) Les boues résiduaires urbaines ,I.N.R.A Station d'agronomie ,C ,R de Bordeaux, 63p Polycopiée.

**Pommel B ,1981 :**Détermination au moyen d'un test biologique de la cinétique de libération du phosphore à partir d'une boue résiduaire. Agronomie 1 (6),pp 46\_472.

**Robert, 1994 :** Condition de l'utilisation des boues en agriculture, ah d'agriculture , 3(5) 279-342

**Saad N, Hammouche S,1990 :** contribution l'étude de la station d'épuration de BARAKI, problèmes liés à la présence des métaux lourds des germes pathogènes.

Sbih ,1990 :

Etude de la bio- dégradabilité des boues résiduaire de station d'épuration effet sur la dirpombilitété du phosphore pour le végétal. Thèse D'E .U .A Institut d'hygiene et sécurité .Université de Batna.

**Sommers ,1977** : cheuical composition of sewage sludge and analyses of thrir potentiel

**-Site internet : [www.google.fr](http://www.google.fr).**

**Touaf L ,2001** : Evolution du niveau de salinité des sols du nord de l'Algérie .Thèse ,Mag.batna .

**Terce M ,2000** : Les impacts de recyclage des boues de station d'épuration Ed INRA , Paris 10p

**Vale .M.M , 2006** : Quantification et prédiction de la minéralisation nette de l'azote du sols in situ sous divers pédoclimats et système de coulure Français .Thèse de doctorat .IN P Toulouse .France.

**Webber et Lesage ,1989** : Organic contaminants in canadian municipale sludge waste Management and Research.

**Werther et Ogada ,1999**: Sewage sludge combustion, Progress in Energie and combustion science.

**Winsemius P ,1995** : Direction du conseil à la protection de l'environnement.

**Zemmouri ,W ,2008** : Influence de l'eau D'irrigation sur la salinisation des sols avec différentes taux de calcaire , Mém,Ing .Batna .

**Zekad ,1982** : Eude de la dynamique de la teneur en métaux lourds dans un sol brun lessivé après addition des résidus urbains. Thèse docteur .I.N.P.L..

**Zouaoui ,1989** : Contribution à l'étude de l'évaluation des terres de la plaine de Remila (kais w- Khenchela). Thèse de Magister en sciences agronomique, université de BATNA, Institution d'agronomie, Juin 1990.

# Annexes

### Liste des tableau

**Tableau (1)** : Résultats de minéralisation de l'azote minéral (nitrification, N-NO<sub>3</sub>) en mg/ 1kg de sol.

Jours	Sol seul	Sol+Boues 5%	Sol+Boues 10%
00	1,12	0,98	0,7
03	1,12	0,84	1,12
07	0,56	0,98	0,98
11	0,56	0,42	0,42
15	1,12	0,84	0,56
21	1,12	1,12	0,98
28	1,12	0,84	1,12

**Tableau (2) :** Résultats de minéralisation de l'azote minérale (ammonification, N-NH<sub>4</sub>) en mg / 1kg de sol.

Jours	Sol seul	Sol+Boues 5%	Sol+Boues 10%
00	0,56	0,42	0,28
03	0,84	0,84	0,56
07	1,12	0,7	0,56
11	0,84	0,7	0,42
15	0,7	0,63	0,28
21	0,84	0,84	0,28
28	0,56	0,28	0,42

**Tableau (3) :** Résultats de minéralisation de l'azote total (NH<sub>4</sub>+NO<sub>3</sub>) en mg / 1 kg de sol.

Jours	Sol seul	Sol+Boues 5%	Sol+Boues 10%
00	1,68	1,4	0,98
03	1,96	1,68	1,68
07	1,68	1,68	1,54
11	1,4	1,12	0,84
15	1,82	1,47	0,84
21	1,96	1,96	1,26
28	1,68	1,12	1,54

## Résumé

Dans le cadre de la valorisation des boues résiduaires à différentes doses (5%, 10%) par rapport au poids du sol. On a suivi la cinétique de minéralisation de l'azote qui joue un rôle primordiale dans la nutrition azotée des végétaux, il rentre dans la constitution de la plupart des composés organiques, d'où son intérêt particulier comme élément nutritif essentiel du végétal.

L'étude a été menée en conditions optimisées de laboratoire, les dispositifs utilisent la méthode d'incubation simple des pots pour l'azote.

Il résulte que sur une période de 28 jours d'incubation un effet défavorable a été observé sur l'augmentation de l'azote minérale dans les sols après addition de boues résiduaires.

L'effet défavorable des boues a également été observé sur les différentes doses utilisées.

Plus on augmente la dose de boues dans les sols, plus nous notons une diminution de la quantité de l'azote.

Ce travail pourrait avoir des applications agronomiques intéressantes dans la mise en valeur des terres, la protection des sols et surtout une meilleure maîtrise de la fertilisation azotée dans les sols.

Mots clés : boues résiduaires, minéralisation de l'azote, Remila

### **Abstract**

In the context of the recovery of sludge to different doses (5%, 10%) relative to the weight of soil. We followed the N mineralization kinetics which plays a crucial role in plant nitrogen nutrition, it is within the constitution of most organic compounds, hence its special interest as an essential nutrient of the plant.

The study was conducted in laboratory conditions optimized, the devices use the simple method of incubation jars for nitrogen.

It follows that over a period of 28 days of incubation an adverse effect was observed on the increase of mineral nitrogen in the soil after addition of sewage sludge.

The unfavorable effect of the sludge also observed the different doses used.

More one augments the dose of sludge in the soil, the more we note a decrease in the amount of nitrogen.

This could have interesting applications in agricultural development land, soil protection and especially a better control of nitrogen fertilizer in the soil.

في سياق انتعاش الحمأة لجرعات مختلفة (5%، 10%) نسبة إلى وزن التربة. تابعنا حركية تمعدن النتروجين التي تلعب دوراً حاسماً في تغذية النباتات و يدخل في تركيب معظم المركبات العضوية، وبالتالي يعتبر أحد المغذيات الضرورية للنبات. وقد أجريت هذه الدراسة في شروط معينة في المختبر، والتقنية المستخدمة هي حضان التربة. ويترب على ذلك خلال فترة 28 يوماً من الحضانة لوحظ تأثير سلبي على زيادة النيتروجين المعدني في التربة بعد إضافة حمأة الصرف الصحي و هذا التأثير يلاحظ في مختلف التراكيز كلما زاد تركيز الحمأ كلما نقصت كمية تمعدن الازوت

وهذا يمكن أن تكون لها تطبيقات مثيرة للاهتمام في تطوير الأراضي الزراعية، وحماية التربة وخاصة سيطرة أفضل من الأسمدة النيتروجينية في التربة.

**الكلمات المفتاحية الحمأ، تمعدن الازوت، رميلة.**