

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur

et de la Recherche Scientifique

Université Ibn Khaldoun de Tiaret

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Nutrition et Technologie Agro-Alimentaire



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master académique

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Sciences du sol

THEME :

Evaluation et dynamique de la matière organique du sol

« Cas de la région de Sebaine »

Présenté par :

M^{elle} BOUBAKOUR Khadidja

M^{elle} DJIDEL Houda

Membres du jury :

Président : M^r OUADAH Sahraoui

MAA

Encadreur: M^{me} OULBACHIR Karima

MCA

Co-encadreur : M^{me} BENOUADAH Salima

DOCTORANTE

Examineur : M^r BENAHMED Mohamed

MCB

Année universitaire: 2018 - 2019

Remerciements

En premier lieu nous tenons à dire « El-Hamdouli'Allah», merci à Dieu de nous avoir donné la santé, le courage, la force et la volonté pour accomplir ce travail.

*Nous remercions chaleureusement M^{me} **OULBACHIR.K** de nous avoir encadré, d'avoir accepté notre thème.*

*Nous tenons également à remercier M^{me} **BENOUADAH .S** pour ses encouragements, et sa gentillesse. Qu'elle veuille bien accepter nos profondes reconnaissances.*

*Nous tenons également à remercier Mr **OUADAH .S** d'avoir accepté de présider le jury.*

*Nous remercions également Mr **BENAHMED. M** d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

Nous remercions tous le personnel De laboratoire (PEDOLOGIE)

Enfin, nous tenons à remercier tous les enseignants qui nous ont aidé durant notre travail ainsi que tous les enseignants qui nous ont enseignés durant le cursus.

HOUDA et KHADIDJA



Dédicace

Nous dédions ce modeste travail exceptionnellement

A nos très chers parents qui ont éclairé notre chemin.

A nos chers frères et sœurs.

A toutes les familles Boubakour et Djidel.

A tous nos amis

Khadija & Houda

Liste des abréviations

A : Argiles

C : Carbone.

Ca. .actif % : pourcentage de calcaire actif

CaCO₃ : Carbonates de calcium

CBM :Caractérisation Biochimique de Matière organique

CE : Conductivité Electrique.

CEC : Capacité d'Echange Cationique.

CO% : Pourcentage de Carbone Organique

CO₂ : Dioxyde de Carbone

CPVQ: Conseil des productions végétales au Québec.

CR : Capacité de Rétention

Da ; Densité apparente

Dr ; Densité réelle

H % : Pourcentage d'Humidité

H₂ SO₄ acide sulfurique

H₂O : Molécule d'Eau

HCl : Acide chlorhydrique.

IS : Indice D'instabilisation

ISB :Indice de Stabilité Biochimique

ITGC :Institut Technique de Grandes Cultures.

K1 : Coefficient Isohumique

K₂ Cr₂ O₇ : Bichromate de potassium

KCl : Chlorure de Potassium..

LF : limon Fin

LG : limon Grossier

M .or % :Pourcentage de Matière organique

MO : Matière Organique.

MS : Matière Sèche

(NH₄)₂ C₂ O₂ : oxalate d' ammonium

N : Azote

N₂ : Diazote.

NH₄⁺ :Ammonium.

NO₂⁻ : Nitrites.

NO₃⁻ : Nitrates

P : Phosphore

pH : Potentiel d'hydrogène.

PO₄³⁻ Phosphate

S : Soufre.

O:Oxygène

RE : Rétention en Eau

SS : Sels Solubles

Liste des figures

Figure N°01 : Classes des particules minérales du sol (MOREL, 1996).	03
Figure N°02 : Evolution de la matière organique dans le sol (Minéralisation et Humification) (DUCHAUFOR, 2001).	07
Figure N° 03 : Schéma simplifié du complexe argilo humique (CRA, 2011)	08
Figure N° 04: Situation géographique de la zone d'étude (AIT ABDERRAHIM, 2016).	21
Figure N° 05 : Protocole expérimental.	23
Figure N° 06: Evolution de la matière organique des échantillons de sols étudiés.	40
Figure N° 08: Taux de l'humidité des échantillons de sols étudiés.	40
Figure N° 09 : Taux de la rétention en eau des échantillons de sols étudiés.	40
Figure N° 10 : Valeurs de la perméabilité des échantillons de sols étudiés.	40
Figure N° 11 : Valeurs de l'indice d'instabilisation des échantillons de sols étudiés.	41
Figure N° 12 : Valeurs de la densité apparente des échantillons de sols étudiés.	44
Figure N° 13 : Valeurs de la porosité des échantillons de sols étudiés.	44
Figure 14 : Texture du sol étudié selon le triangle de textures (Soltner, 2005).	Annexe

Liste des photos

Photo N°02: Cycle de carbone (CO ₂) (DARI, 2013).	12
Photo N°01: Cycle de l'azote (DARI, 2013).....	12
Photo N°03: Echantillons de sol pesés et séchés à l'étuve.	25
Photo N°04: Séchage des échantillons de sol.	25
Photo N°05: Broyage et tamisage des échantillons.....	25
Photo N°06: Incorporation du fumier de cheval	26
Photo N° 07: Analyse granulométrique par la méthode de la pipette de Robinson.	28
Photo N° 08: Mesure de la densité apparente à l'aide de cylindre.....	29
Photo N° 09: Mesure de la densité réelle par le pycnomètre.....	30
Photo N° 10: Montage de la perméabilité.....	31
Photo N° 11: Montage de la rétention en eau	32.
Photo N°12: mesure du pH d'un échantillon de sol à l'aide d'un pH mètre.	33
Photo N°13 : Mesure de la conductivité électrique du sol par le conductivimètre.	34
Photo N°14 : Mesure du calcaire total par le calcimètre de Bernard.	35
Photo N°15 : Dosage du calcaire actif.	36
Photo N°16 : Dosage de la matière organique.	37
Photo N°17 : Mesure de la matière organique par calcination au four à moufle.	

Liste des tableaux

Tableau N°01 : Effets de la fertilisation organique sur les propriétés du sol (SIBOUKEUR, 2013).	19
Tableau 02. Matériel et produits	22
Tableau N° 03: Caractérisation physico-chimique de l'échantillon du sol témoin.	38
Tableau N° 03: Caractérisation physico-chimique de l'échantillon du sol témoin.	38
Tableau N°04: Caractérisation physicochimique du fumier de cheval.	39
Tableau N°06: Echelle de la salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait 1/5. ..Annexe	
Tableau 05: La matière organique dans le sol.	Annexe
Tableau N° 07: Le pH, représente l'acidité du sol, il est mesuré dans un rapport sol/solution ..Annexe	
Tableau N° 09: Classe de stabilité structurale d'après log 10 Is.	Annexe
Tableau N° 08: Calcaire total.	Annexe
Tableau N° 10: Classe de perméabilité en fonction de la valeur de K.	Annexe

Sommaire

Remerciements	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des photos	
Liste des tableaux	
Introduction générale.....	01

PARTIE –I– SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre –I– Généralités sur le sol

I. Le sol.....	02
I.1. Définition du sol.....	02
I.2. Diverses phases du sol.....	02
I.2.1. Phase liquide du sol.....	02
I.2.2. Phase gazeuse du sol.....	03
I.2.3. Phase solide du sol.....	03
I.2.3.1. La fraction minérale.....	03
I.2.1.2. La fraction organique.....	03

Chapitre –II– Généralités sur la matière organique du sol

II.1. Définition de la matière organique du sol.....	05
II.2. Formes de la matière organique dans sol.....	05
II.3. Evolution de la matière organique dans le sol.....	05
II.3.1. Transformation de la matière organique du sol.....	05
II.3.1.1. Minéralisation primaire.....	05
II.3.1.2. Humification.....	06
II.3.1.3. La minéralisation secondaire.....	06
II.4. Les fonctions des matières organiques du sol.....	07
II.4.1. Effet sur les caractéristiques physiques.....	07
II.4.2. Effet sur les caractéristiques chimiques.....	07
II.4.3. Effet sur les caractéristiques biologiques.....	08

Chapitre –III– Rôles de microorganisme dans la structure de sol

III.1. Les microorganismes	09
III.2. Les cycles biogéochimiques.....	10
III.2.1. Le cycle de l'azote.....	10
III.2.1.1. Fixation d'azote atmosphérique:	10
III.2.1.2. Transformation de l'azote dans le sol:.....	10
III.2.2. Le cycle de carbone :	12

Chapitre –IV– La fertilisation organique

IV.1 Amendements organiques	13
IV.2 Engrais organiques	13
IV.3.1 Fumier	13
IV.3 Les différents types d'apports organiques exogènes au sol	13
IV.3.2 Lisiers	13
IV.3.3 Fientes	13
IV.3.4 Purins	13
IV.3.5 Engrais vert	14
IV.3.6 Compost	14
IV.3.7 Paille ou le Mulch	14
IV.3.8 Déchets industriels ou urbains	14
IV.3.9 Ordures ménagères et les écorces concassées :	14
IV.4 Variabilité de la composition chimique des fumiers	14
IV.4.1 Influence des régimes alimentaires	15
IV.4.2 Effet de l'âge des animaux	15
IV.4.3 Effet de la durée d'entreposage	15
IV.4.4 Effet de la couverture des andains	15
IV.4.5 La date de prélèvement	15
IV.4.6 Le niveau de paillage	16
IV.5. Facteurs influant sur la vitesse et le degré de décomposition des apports organiques dans le sol	16
IV.6. Valeur agronomique d'un intrant organique	16
IV.6.1 Valeur amendante des apports exogènes des matières organiques aux sols	16
IV.6.2 Valeur fertilisante de fumier	17
IV.7. Effet de la fertilisation organique	18

PARTIE –II– ETUDE EXPERIMENTALE

Chapitre –I– Matériels et méthodes

I.1. Objectif du travail :.....	21
I.2. La région de prélèvement	21
I.2.1. Situation géographique	21
I.2.2. Le climat	22
I.3. Lieu du travail	22
I.4. Matériel et méthodes	22
I.4.1. Matériel.....	22
I.4.1.1. Verreries, appareils et produits utilisés.....	22
I.4.2. Méthodes.....	23
I.4.2.1. Echantillonnage	24
I.4.2.2. Détermination du taux d'humidité.....	24
I.4.2.3. Préparation des échantillons.....	25
I.4.2.3.1. Séchage	25
I.4.2.3.2. Broyage et tamisage.....	25
I.4.2.3.3. Apport de matière organique.....	26
I.4.2.3.4. Analyses effectués	27
I.4.2.3.4.1. Analyses physiques.....	27
I.4.2.3.4.1.1. Analyse granulométrique	27
I.4.2.3.4.1.2. Densité apparente.....	29
I.4.2.3.4.1.3. Porosité	29
I.4.2.3.4.1.4. La densité réelle (Méthode classique au pycnomètre).....	29
I.4.2.3.4.1.5. Stabilité structurale	30
I.4.2.3.4.1.6. Perméabilité.....	31
I.4.2.3.4.1.7. La rétention en eau	32
I.4.2.3.4.2. Analyses chimiques	32
I.4.2.3.4.2.1. Mesure du pH	32
I.4.2.3.4.2.2. Conductivité électrique (CE)	32
I.4.2.3.4.2.3. Dosage du calcaire total	33
I.4.2.3.4.2.4. Calcaire actif.....	33
I.4.2.3.4.2.5. Matière organique	34

II.1. Résultats des analyses physico-chimiques	35
II.1.1. Caractérisation physico-chimique du sol témoin.....	38
II.2. Caractérisation chimique des sols étudiés	38
II.2.1. Discussion des résultats de la matière organique.....	39
II.2.2. Discussion des résultats du pH	40
II.3. Caractérisation physique des sols étudiés	41
II.3.1. Discussion des résultats de l'humidité	41
II.3.2. Discussion des résultats de la rétention en eau	42
II.3. 3. Discussion des résultats de la perméabilité	42
II.3. 4. Discussion des résultats de la stabilité structurale	43
II.3. 5. Discussion des résultats de la densité apparente.....	43
II.3. 6. Discussion des résultats de la porosité	44
Conclusion générale	45
Références bibliographiques	
Annexes	
Résumé	

Introduction générale

Introduction générale

Le sol est l'élément principal de l'environnement qui règle la répartition de la végétation. Il se développe en fonction de la roche mère. Les sols sont des milieux particuliers qui permettent la vie végétale, mais chaque espèce vivante a ses exigences en substances minérales, et en substances organiques, en eau et n'occupe donc qu'une partie limitée d'un sol de nature déterminée (**SEMAI, 2007**).

La matière organique est centrale à l'état de fertilité d'un sol. Elle contrôle en grande partie les propriétés physiques, chimiques et biologiques du sol et influence en conséquence les propriétés fonctionnelles du sol (**LEGUILLOU, 2011**).

Naturellement, les sols des zones arides et semi-arides sont pauvres en matière organique du fait de la faible productivité des agroécosystèmes qu'ils supportent (**BERBOUX ET CHEVALLIER, 2016**).

Pour pallier à la dégradation chimique des sols en matière de l'insuffisance des nutriments pour les plantes, les agriculteurs ont recours, de manière empirique, à des apports de fertilisants qui jouent un rôle important dans l'amélioration et le maintien de la fertilité des sols. Dans ce cadre, La méthode alternative largement acceptée par les agriculteurs est l'utilisation des amendements organiques en vue d'un développement d'une approche rationnelle pour s'orienter vers d'autres sources d'éléments nutritifs pour les plantes. (**SOLTENER, 2003 ; GOLDBERGER, 2008 in SIBOUKEUR, 2013**).

Ce travail s'insère dans le cadre de la valorisation de l'effet de la qualité d'un biofertilisant issu d'élevage, notamment la qualité du fumier de cheval à différentes doses sur le stock organique et les propriétés physiques des sols « Cas de la région de Sébaine, région de Tiaret ». Le présent travail est scindé en trois parties :

La première partie présente le cadre général de l'étude par des rappels bibliographiques sur des généralités sur le sol, les matières organiques, ainsi que les rôles assurés par les microorganismes du sol. Et enfin, on abordera dans le dernier chapitre les effets de la fertilisation organique.

La deuxième partie présente l'étude expérimentale : Présentation de la zone d'étude, et la méthodologie adaptée pour la réalisation des analyses physico-chimiques des échantillons de sols. Enfin la troisième partie est consacrée à la présentation des résultats obtenus, les interprétations, les discussions éventuelles et la conclusion générale.

Partie– II–

Etude expérimentale

Chapitre –I–

Généralités sur le sol

I. Le sol.

Selon **SPOSITO (1997)**, les sols sont des systèmes multiphasiques complexes et hétérogènes, composés d'air, d'eau et de solide (sable, limon, argile, matière organique (MO), nutriments, écosystèmes,...etc.) en outre, les sols sont des médias ouverts et dynamiques, échangeant de la matière et de l'énergie avec l'atmosphère, la biosphère et l'hydrosphère, ils doivent accomplir cinq fonctions principales de base :

- Offrir un habitat physique, chimique et biologique pour les organismes vivants;
- Réguler les flux d'eau, le stockage et le recyclage des cycles des nutriments et d'autres éléments;
- Maintenir les activités et diversités biologiques pour subvenir à la croissance des plantes et la productivité des animaux;
- Filtrer, tamponner, transformer, immobiliser et détoxifier les substances organiques et inorganiques;
- Fournir un support mécanique aux organismes vivants et à leurs structures (**NORTCLIFF, 2002**).

I.1. Définition du sol

Le sol est la couche superficielle meuble de la lithosphère terrestre, présentant une épaisseur variable de quelques centimètres à plusieurs mètres. Il est constitué par un mélange de matériaux minéraux et organiques, qui sert de support et milieu naturel pour la croissance des plantes. Qui est dénommée couverture pédologique, est la résultante au cours du temps de plusieurs facteurs génétiques :

- La roche-mère sur laquelle s'est développé;
- Environnementaux tels que le climat, le relief et la végétation (**LEGROS, 2007**).

I.2. Diverses phases du sol

I.2.1. Phase liquide du sol

La phase liquide du sol est souvent désignée par le terme « solution du sol », occupe une partie plus ou moins importante de la porosité du sol, est constituée d'eau où se trouvent diverses substances organiques et minérales dissoutes et des particules en suspension.

La composition de la solution du sol varie selon :

- Le climat, Les apports anthropiques (fertilisants, produits de traitement phytosanitaire...etc.)
- L'activité biologique du sol (exsudats racinaires, produits de synthèse et de Dégradation microbienne ...etc.) (**ROBERT, 1996**).

I.2.2. Phase gazeuse du sol

Dans un sol bien aéré, les gaz qui règnent dans l'atmosphère du sol sont :

- L'azote (78 à 80%) ;
- L'oxygène (18 à 20%) ;
- Le dioxyde de carbone (0,2 à 3%).

D'autres molécules gazeuses d'origine anthropique telles que les pesticides ou les HAP peuvent également être détectées dans l'atmosphère du sol. Ces gaz peuvent exister dans le sol :

Soit à l'état libre;

Soit dissous dans la solution du sol.

Cependant, dans certaines conditions (d'hydro-morphie par exemple), la phase gazeuse peut être absente ; tout l'espace poral du sol est alors occupé par l'eau et le sol est dit saturé (CALVET,2003).

I.2.3. Phase solide du sol

I.2.3.1. La fraction minérale

Les constituants minéraux du sol sont primaires, hérités directement de la roche mère, ou secondaires issus de la transformation chimique des précédents et réunis alors dans le complexe d'altération. Celui-ci comporte des sels (ex. carbonates de calcium ou de magnésium) ou des silicates (ex. micas et argiles) ; ces dernières sont des colloïdes, comme les hydroxydes de fer ou d'aluminium, ou d'autres minéraux secondaires. Si l'altération est totale, elle libère des ions isolés ou des micromolécules (GOBAT *et al.*, 2010).

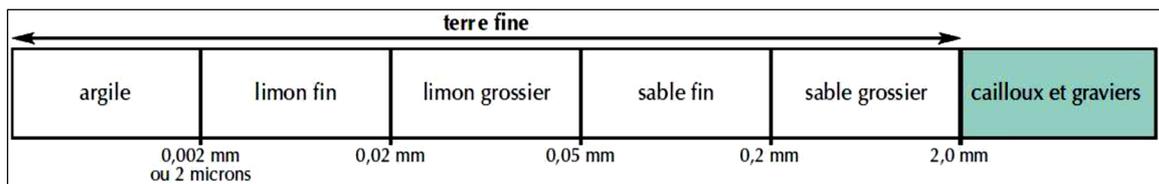


Figure N°01 : Classes des particules minérales du sol (MOREL, 1996).

I.2.1.2. La fraction organique

Elle comporte tous les organismes vivants et toutes les matières organiques mortes contenus dans le sol.

- **Organismes vivants du sol**

Tous les tissus vivants animaux et végétaux; cela comprend donc toute la faune du sol, les microorganismes du sol et les racines vivantes des végétaux (CALVET, 2013).

- **Matières organiques mortes**

Toutes les substances organiques particulières et moléculaires contenues dans le sol. Autrement dit, il s'agit de tous les constituants organiques non vivants. Les résidus végétaux font partie de la matière organique du sol quand ils lui sont incorporés mécaniquement, soit par l'action de la faune et de la microfaune pour les litières, soit par les travaux du sol pour les sols cultivés (**CALVET, 2013**).

Chapitre –II–

Généralités sur la matière organique du sol

II.1. Définition de la matière organique du sol

La définition de la matière organique du sol diffère d'un auteur à un autre. D'après **DUCHAUFOR (1977)**, la matière organique est l'ensemble des composés carbonés et azotés issus de la dégradation des produits de la faune et de la flore, de surface et du sous-sol. Elle présente une gamme de substance très différents et à des stades d'évolution très variée. Selon **MUSY et al., (1991)**, la matière organique est le fruit de l'activité biologique tant animale que végétale du sol. Elle englobe ainsi toute substance organique, vivante ou morte, fraîche ou décomposée, simple ou complexe, à l'exclusion toutefois des animaux vivants dans le sol et des racines vivantes.

II.2. Formes de la matière organique dans sol

Généralement les matières organiques se trouvent au niveau du sol sous quatre formes:

- ✓ La matière organique vivante, animale, végétale et microbienne, qui englobe la totalité de la biomasse en activité,
- ✓ Les débris d'origine végétale (résidus végétaux, exsudats), animale (déjections, cadavres) et microbienne (cadavres, exsudats) appelés «matière organique fraîche»,
- ✓ Des composés organiques intermédiaires, appelés matière organique transitoire (évolution de la matière organique fraîche),
- ✓ Des composés organiques stabilisés, les matières humiques ou humus, provenant de l'évolution des matières précédentes (**DUCHOUFOUR, 1976**).

II.3. Evolution de la matière organique dans le sol

Les microbes à leur tour par suite de leurs activités physiologiques, modifient les caractères physico-chimiques du biotope et vont même jusqu'à influencer sur son évolution, c'est-à-dire sur la pédogénèse. Si l'on se réfère à chacun des principaux macroéléments qui constituent la matière organique de sol, ou encore à certaines formes minérales et enfin aux micro-éléments.

On constate une série de transformation généralement cyclique pouvant aller vers une complication de l'écosystème ou vers une simplification de ce dernier (**SASSON, 1967**).

II.3.1. Transformation de la matière organique du sol

La matière organique subit au contact du sol une série de transformation rapide, si tout fois le milieu est suffisamment aéré, neutre, chaud et humide (**SOLTNER, 2005**).

II.3.1.1. Minéralisation primaire

C'est-à-dire une désagrégation, une décomposition un retour à l'état minéral des constituants des matières organiques fraîches (**SOLTNER, 2005**).

En particulier ses composants peu résistants comme les glucides, les protéines, et les acides aminés ainsi que les lipides et les acides nucléiques. Ces substances solubles dans la solution du sol ont cinq destins possibles:

1. Evacuation dans l'atmosphère par échange gazeux (ex; CO_2 , H_2O , NH_3 , N_2) ;
2. Absorption par les végétaux (ex; cations, anions, H_2O) ;
3. Absorption par les microorganismes (ex; CO_2 , NH_4 , NH_3 , SO_4^{2-} , PO_4^{3-}) ;
4. Fixation sur le complexe adsorbant (Ca^+ , K^+ , NH_4^+ , H^+) ;
5. Entrainement par lixiviation (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , NO_3^-) (**GOBAT et al, 2003**)

II.3.1.2. Humification

C'est un ensemble de synthèses faisant suite à la décomposition des matières organiques végétales (**SOLTNER, 2005**). Cette humification dépend de plusieurs facteurs dont les plus importants constituent l'activité des micro-organismes du sol, mais on note également les facteurs externes (climat, pH, température, aération, type du sol et enfin de la nature du composé à dégrader).

D'après (**GOBAT et al, 2003**), l'humification se cache trois voies de synthèse de matière organique stabilisée, formant l'humus au sens biochimique:

- Humification par héritage, qui donne l'humine résiduelle ou héritée;
- L'humification par polycondensation, qui fournit l'humine d'insolubilisation;
- L'humification par néosynthèse bactérienne, qui produit l'humine microbienne.

II.3.1.3. La minéralisation secondaire

C'est une phase plus lente (1à 3%) de la matière humifiée détruit par an, mais avec le même résultat final que la minéralisation primaire. Les molécules organiques préalablement synthétisées par humification, ces molécules sont plus stables et résistent mieux à la dégradation (**GOBAT et al, 2003**).

L'illustration graphique des trois étapes de l'évolution de la matière organique est présentée dans la **figure 2** :

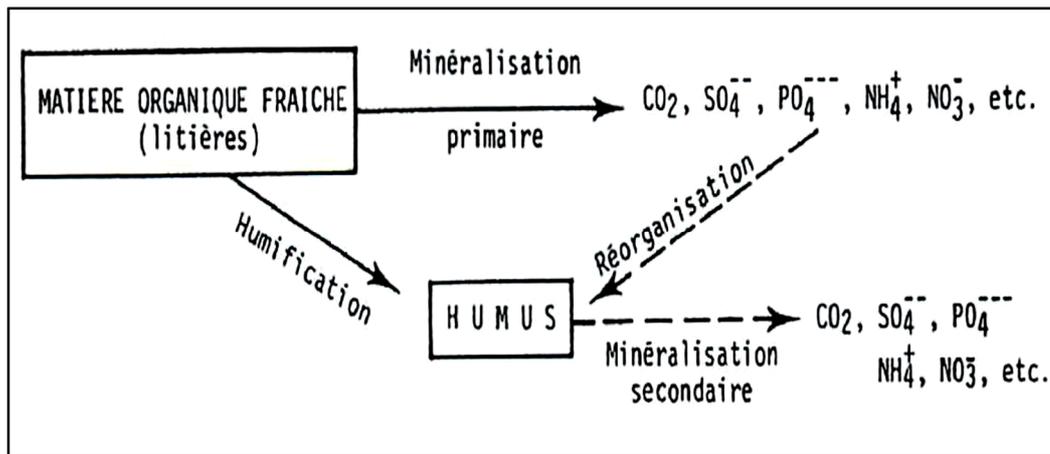


Figure N°02 : Evolution de la matière organique dans le sol (Minéralisation et Humification) (DUCHAUFOR, 2001).

II.4. Les fonctions des matières organiques du sol

II.4.1. Effet sur les caractéristiques physiques

L'influence de la matière organique sur la stabilité de la structure a été constatée depuis longtemps, elle se traduit par une corrélation positive entre la quantité d'agrégats stables à l'eau et la teneur en matière organique (CALVET, 2003). Les matières organiques cimentent entre elles les particules minérales du sol et contribuent à la stabilisation des agrégats. Une agrégation stable procure une bonne structure au sol et le rend moins compact, plus meuble et plus perméable à l'eau et à l'air (grâce à une porosité plus élevée). Cela crée un environnement favorable à la croissance du système racinaire des cultures et à l'activité biologique des sols. La matière organique agit aussi comme une éponge et peut absorber plusieurs fois son poids en eau. Elle augmente ainsi la capacité de rétention en eau des sols.

En période de sécheresse, cela favorise le maintien dans le sol d'une plus grande réserve en eau utile (CPVQ, 2000).

II.4.2. Effet sur les caractéristiques chimiques

La matière organique du sol forme avec les argiles le «complexe argilo-humique» qui, grâce à ses charges de surface négatives, adsorbe une part des cations de la solution du sol (ex. ions calcium, potassium, magnésium, sodium, etc...). Cette propriété, désignée, capacité d'échange cationique (CEC) contribue au stockage et à la mise à disposition ultérieure d'éléments nutritifs pour les plantes. La CEC permet en outre de lutter contre les pertes en éléments nutritifs par lixiviation (CALVET *et al.*, 2011).

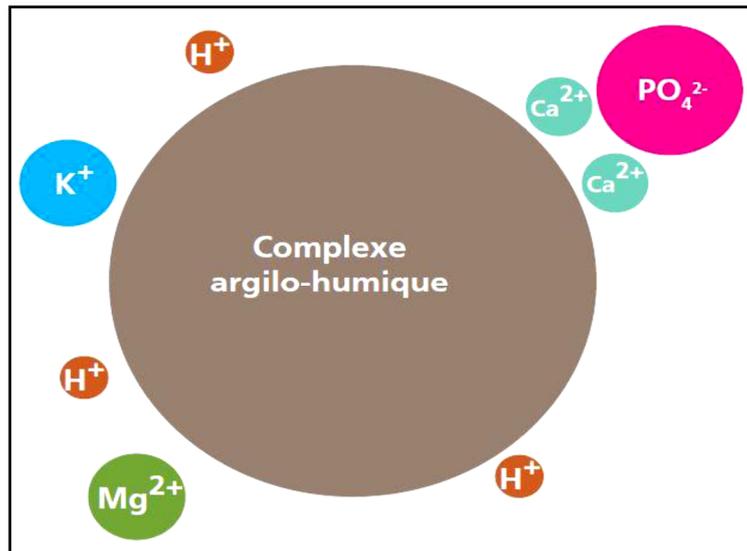


Figure N° 03 : Schéma simplifié du complexe argilo humique (CRA, 2011)

II.4.3. Effet sur les caractéristiques biologiques

La matière organique du sol sert de source d'énergie aux microorganismes du sol qui, en la transformant (c'est-à-dire en la décomposant), libère des éléments nutritifs et du CO_2 nécessaires à la croissance des plantes. Celles-ci retournent au sol la matière organique sous forme de résidus culturaux, de feuilles, de racines mortes et le cycle est bouclé (CULOT, 2005).

Chapitre –III–

Rôles de microorganisme dans la structure de sol

III.1. Les microorganismes

Les microorganismes du sol influencent différemment la stabilité de la structure d'un sol en fonction de leur type, de leur activité et de leurs produits de synthèse. Ils présentent entre eux des différences d'efficacité en ce qui concerne leur aptitude à induire l'agrégation et à la maintenir.

Les champignons sont efficaces dans la stabilisation des agrégats de sol, car ils ont la capacité de lier les particules du sol via plusieurs mécanismes. En effet, de nombreux champignons secrètent des substances agréant à fort pouvoir collant comme les polysaccharides et les gommes (MOLOPE et al, 1987 in ANNABI, 2005). Les mycéliums des champignons consolident également directement la structure du sol par enchevêtrement mécanique des particules minérales entre les hyphes et/ou par la résistance mécanique des filaments fongiques aux contraintes physiques (DEGENS, 1997 in ANNABI, 2005).

D'après DOMMERGUES et MANGENOT (1970), les champignons ayant l'effet le plus marqué dans le processus d'agrégation et de stabilisation des agrégats sont des espèces saprophytes appartenant essentiellement aux genres *Cladosporium*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Fusarium*, *Mucor*, *Sclerotium*, diverses levures et des Basidiomycetes.

L'action des bactéries et des actinomycètes dans le processus d'agrégation et la stabilisation des agrégats est nettement moins importante que celle des champignons (MOLOPE et Page, 1986 ; MOLOPE et al, 1987; BERTHLENFALVAY et al, 1999 in ANNABI, 2005).

Les bactéries interviennent plutôt dans la stabilisation des particules de la taille des argiles et des limons (FLEETCHER et al, 1980 ; TISDALL, 1994 in ANNABI, 2005).

Elles synthétisent des substances gluantes telles que les polysaccharides et peuvent constituer le centre de formation de microagrégats (Robert et Chenu, 1992 in ANNABI, 2005).

Plusieurs types de bactéries ont été identifiés comme intervenant dans la stabilité des agrégats, ont noté le rôle positif des cyanobactéries dans la stabilisation des agrégats des sols sableux. L'action des Actinomycètes est semblable à celle des champignons à mycélium mais avec une moindre importance car dans le sol, les Actinomycètes sont moins fréquents que les champignons.

Les Algues agrègent les particules élémentaires en surfaces des profils et contribuent ainsi en association avec les champignons filamenteux ainsi qu'à la formation de croûtes (structure continue) notamment sur les sols sableux.

III.2. Les cycles biogéochimiques

III.2.1. Le cycle de l'azote

Cycle de l'azote se particularise par sa grande complexité et le nombre important de molécules différentes y jouant un rôle. Ainsi on distingue plusieurs formes minérales:

Azote moléculaire (N_2), ammoniac (NH_3), nitrite (NO_2^-), nitrate (NO_3^-), ammonium (NH_4^+), oxyde nitrique (N_2O) et oxyde nitreux (NO) mais aussi des formes organiques très variées (acides aminés, urée, acide urique, protéines, etc.) ; chaque forme ayant un rôle particulier dans l'écosystème. L'azote est majoritairement présent sous forme gazeuse dans l'atmosphère (80%), les autres réservoirs sont la biomasse puis la matière organique et les océans (LEVEQUE, 2001 *in* SCHIMANN, 2005).

Pour la majorité des végétaux, l'azote est un élément fortement limitant car peu disponible. Son acquisition se fait principalement selon deux voies d'entrées : le sol à travers l'assimilation des formes minérales ou l'atmosphère à travers la fixation de l'azote moléculaire (SCHIMANN, 2005).

III.2.1.1. Fixation d'azote atmosphérique:

Le passage entre l'atmosphère et la biomasse se fait exclusivement via la fixation biologique grâce aux cyanobactéries, aux bactéries impliquées dans la fixation symbiotique (*Rhizobium*, *Frankia*), aux bactéries impliquées dans la fixation associative (*Azospirillum*) et aux bactéries impliquées dans la fixation libre (*Azotobacter*, *Clostridium*). Elle représente 50% de la source d'azote des systèmes terrestres. (SCHIMANN, 2005).

III.2.1.2. Transformation de l'azote dans le sol:

Le cycle de l'azote rend compte de transformation et de la simplification des composés azotés complexes fournis au sol, jusqu'au stade d'azote minéral utilisable par la plante (BOULLARD et MOREAU, 1962).

Minéralisation et synthèse de l'azote organique:

Un autre processus majeur de ce cycle biogéochimique est la minéralisation, qui correspond à la phase de décomposition de la matière organique aboutissant aux nitrates. Une des étapes clé est effectuée par les bactéries nitrifiantes, seuls organismes capables d'oxyder les ions ammoniums en nitrates facilement assimilables par les plantes et les microorganismes.

Enfin, un autre processus clé est la dénitrification, qui boucle le cycle et qui correspond à la réduction des nitrites et nitrates en azote moléculaire (SCHIMANN, 2005).

Nitrification

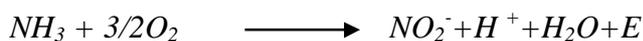
Il s'agit de l'oxydation de l'ion ammonium par les bactéries du sol *Nitrosomonas* et *Nitrobacter* (DUCHAUFOR, 2001).

Le passage de l'azote ammoniacal en azote nitrique ne se fait pas directement. Il comporte deux stades successifs :

a- Nitritation ou nitrosation :

C'est l'oxydation de NH_3 en NO_2^- par des ferments nitreux (*Nitrosoccus*, *Nitrosocystis*, *Nitrosospira*, *Nitrosogloea*).

Nitrosomonas



b- La nitratisation :

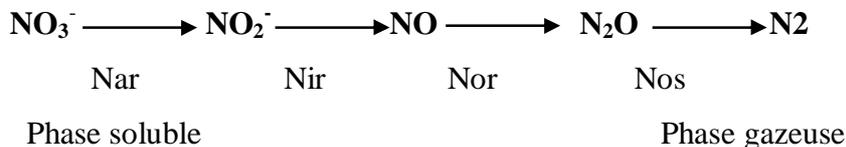
C'est l'oxydation de NO_2^- en NO_3^- : C'est le fait des ferments nitriques (type *Nitrobacter*, *Nitrocystis*, *Bactoderma*, *Microderma*).

Nitrobacter



La dénitrification: est la biotransformation qui permet la conversion du nitrate (NO_3^-) et du nitrite (NO_2^-) en oxyde nitrique (NO), oxyde nitreux (N_2O) et azote atmosphérique (N_2).

Plusieurs auteurs cité (*in SCHIMANN, 2005*) que quatre enzymes sont impliquées ce processus:



Ces enzymes sont le nitrate réductase (Nar), le nitrite réductase (Nir), l'oxyde nitrique réductase (Nor) et l'oxyde nitreux réductase (Nos) ; elles sont activées séquentiellement lors de conditions anaérobies.

La dénitrification demeure essentiellement dans le sol le fait d'une activité biologique définie, due à l'intervention d'espèces microbiennes dénitrifiantes, sont des bactéries appartenant aux genres (*Bacillus*, *Pseudomonas*, *Achromobacter*...). Elle se produit à 3 conditions:

La présence d'azote sous forme nitrique ou nitreuse;

Une teneur suffisante en substances organique en décomposition (**SOLTNER, 2005 et MOREL, 1989**).

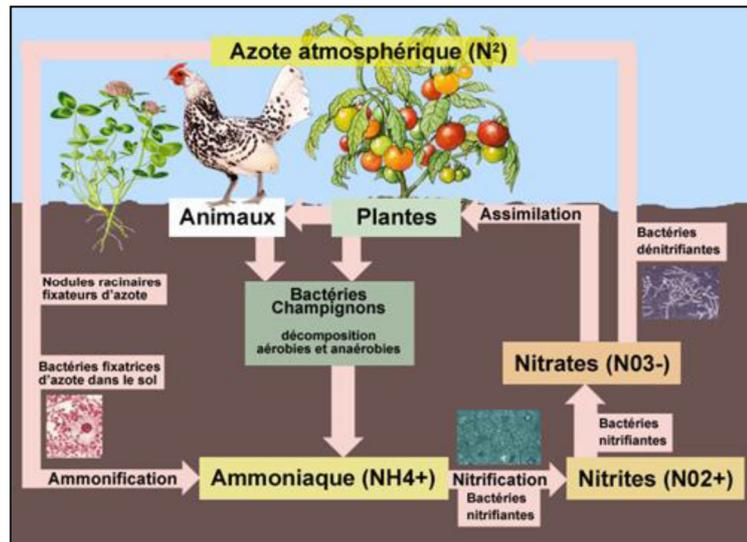


Photo N°01: Cycle de l'azote (DARI, 2013).

III.2.2. Le cycle de carbone :

Le carbone est un des éléments biogènes majeur. Deux phénomènes biologiques fondamentaux conditionnent et régulent la circulation du carbone dans la biosphère, il s'agit de la photosynthèse et de la respiration (WETZEL 1983; ATLAS et BARTHA 1998 in CÉBRON, 2004).

Les microorganismes autotrophes (photosynthétiques et chimiolithotrophes) convertissent le CO_2 en composés organiques ; cette production primaire nette est alors disponible pour les consommateurs hétérotrophes qui, en respirant, convertissent la matière organique en CO_2 .

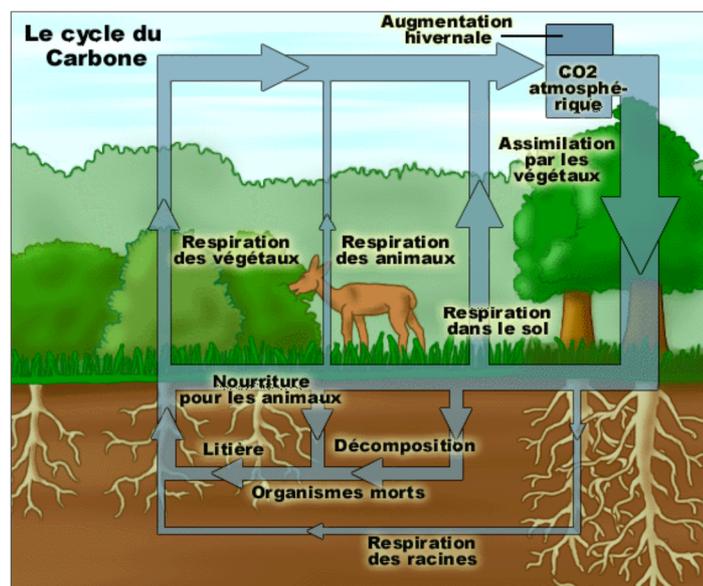


Photo N°02: Cycle de carbone (CO_2) (DARI, 2013).

Chapitre –IV–

La fertilisation organique

D'après **SIBOUKEUR (2013)**, l'expression fertilisation organique, employée généralement pour les engrais organiques est synonyme de fumure organique, elle permet d'insister sur le double rôle de l'apport organique en agriculture : effet amendement et effet engrais.

IV.1 Amendements organiques

Ce sont des produits qui améliorent l'état structural du sol avec des apports limités. Le but de cet apport est l'obtention d'un produit stable riche en humus. Il s'agit des matières fertilisantes composées principalement de combinaisons carbonées d'origine végétale fermentées ou fermentescibles destinées à l'entretien ou à la reconstitution du stock de la matière organique du sol. Les amendements améliorent les propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols (**SOLTNER, 2003**).

IV.2 Engrais organiques

Ce sont des produits qui apportent du carbone organique et des éléments minéraux pour les plantes. Parmi ces éléments on distingue les éléments majeurs (absorbés en grande quantité, tels que l'azote, le phosphore, le soufre, le potassium, le calcium et le magnésium), les oligoéléments (nécessaires à faible dose, tels que le fer, le manganèse, le cuivre, le zinc, le bore, le molybdène et le vanadium) et les éléments utiles à certaines espèces végétales (le cobalt, le sodium, le chlore et la silice) (**MUSTIN, 1987**).

IV.3 Les différents types d'apports organiques exogènes au sol

IV.3.1 Fumier

Le fumier est constitué par un mélange de litière et de déjections animales ayant subi des fermentations plus ou moins poussées en étable ou en tas (**AMOZOU in ADDEN, 2004; PETIT et JOBIN, 2005**).

IV.3.2 Lisiers

On appelle lisier le mélange des déjections solides et liquides des animaux qui ne contient pas de litière (**PETIT et JOBIN, 2005**). Ce sont des déjections animales, urines et fèces, mélangées et fermentées. Ils contiennent des débris alimentaires et peuvent éventuellement être dilués par des eaux de pluie et de nettoyage.

IV.3.3 Fientes

Les fientes sont les déjections des volailles, sans litière (**PETIT et JOBIN, 2005**).

IV.3.4 Purins

Les purins ne comprennent que la partie liquide des déjections (**PETIT et JOBIN, 2005**). Ils peuvent être purs ou dilués par de l'eau de pluie.

IV.3.5 Engrais vert

L'engrais vert correspond à une culture de végétation rapide enfouie sur place et destinée avant tout à améliorer le sol. Ce type d'engrais a un effet important sur la protection du sol, en le considérant comme une source de matières organiques jeunes; source d'éléments nutritifs pour les plantes essentiellement en azote (SOLTENER, 2003).

IV.3.6 Compost

Le compost est un produit stable riche en humus issu de la décomposition rapide de toutes les matières organiques : fumiers, résidus de récolte, déchets agro-industriels, déchets animaux, déchets ménagers (MUSTIN, 1987). C'est une source importante de matière organique produite par la dégradation ou la décomposition de la matière organique fraîche par des micro-organismes (PETIT et JOBIN, 2005), d'insectes et de vers de terre (DUPLESSIS, 2002) dans des conditions bien définies.

IV.3.7 Paille ou le Mulch

Il s'agit des résidus de culture (pailleux ou non), les déchets végétaux (Ligneux ou non). Une mention spéciale doit être accordée au paillis « plastique ». Il s'agira d'étendre sur le sol un film plastique de teinte blanche ou claire après une copieuse humification. Le film sera troué à chaque emplacement végétatif (Cas des Fraisiers) (KROLL in ADDEN, 2004).

IV.3.8 Déchets industriels ou urbains

On notera essentiellement :

- **Les écumes de sucrerie** : L'écume fermentée n'est utilisable qu'après la disparition des Coprins (MESSIAEN in ADDEN, 2004).
- **Les boues de station d'épuration** : Elles sont particulièrement intéressantes sur sols où elles induisent une importante augmentation de la fertilité pouvant dispenser de tout apport d'engrais durant les trois ou quatre années qui suivent (MESSIAEN in ADDEN, 2004).

IV.3.9 Ordures ménagères et les écorces concassées :

Les ordures peuvent être utilisées comme matière fertilisante du sol néanmoins, apportés au sol à l'état brut, elles risquent de nuire aux plantes par « rétrogradation de l'azote ». On les utilisera de préférence compostées (MESSIAEN in ADDEN, 2004).

IV.4 Variabilité de la composition chimique des fumiers

La valeur fertilisante des déjections animales et des engrais de ferme est mal connue. Ces derniers ont longtemps été négligés dans les calculs de fumure bien que leur utilité ait toujours été reconnue par les éleveurs pour améliorer les sols. Les données existantes sont des valeurs moyennes qui ne prennent pas en compte diverses sources de variabilité : l'organisation de chaque exploitation, l'alimentation des animaux et les variations liées à chaque type de produits (GUEYDON, 1992).

IV.4.1 Influence des régimes alimentaires

Le régime alimentaire des animaux a une influence profonde sur la composition chimique des effluents. Généralement, 40 à 50% de la matière organique et de l'azote ingéré, chez les monogastriques, se retrouvent dans les excréments ainsi que 60 à 80 % du P₂O₅ et du K₂O (FALISSE in ADDEN, 2004).

IV.4.2 Effet de l'âge des animaux

L'âge des animaux est un facteur très important pour expliquer la variabilité de la valeur fertilisante des fumiers. Par exemple dans le cas de bovins de boucherie, les animaux les plus jeunes absorbent moins d'aliments, les assimilent mieux et ont un taux de croissance élevé. La concentration des éléments nutritifs dans les fumiers est alors plus faible. La quantité de fèces + urine excrétée s'accroît avec l'âge des animaux. Comme la quantité de bran de scie est demeurée fixe à 4 kg de bran de scie (base sèche) par animal par jours, ceci explique l'accroissement de la teneur en éléments nutritifs avec l'âge des animaux. En période de finition A4, les régimes sont plus riches en grains et moins riches en protéines de sorte que les rejets d'éléments nutritifs se stabilisent ou diminuent pour cette période (GIROUX et al., 2000).

IV.4.3 Effet de la durée d'entreposage

La teneur en éléments nutritifs s'accroît proportionnellement avec la durée d'entreposage en andains. L'activité biologique réduit progressivement la masse des andains, ce qui concentre les éléments. Le carbone et l'azote subissent l'effet inverse. L'activité biologique produit du CO₂, ce qui diminue la teneur en C des fumiers selon la durée d'entreposage. De même l'azote peut être exposé aux pertes atmosphériques par volatilisation. Les plus forts changements surviennent pendant la période estivale, au moment où les températures sont plus élevées. Le rapport C/N des fumiers diminue également avec la période d'entreposage. La durée de stockage des déjections au moment de l'analyse peut influe également sur la valeur fertilisante des fumiers (GUEYDON, 1992).

IV.4.4 Effet de la couverture des andains

La récupération des éléments nutritifs est plus élevée dans les andains couverts que non couverts. Dans les andains couverts, elle dépasse généralement 80 % alors qu'elle varie de 60 à 80 % dans les andains non couverts. Même si le bran de scie est un des meilleurs absorbants disponibles, il ne peut assurer la totale rétention des éléments (GIROUX et al., 2000).

IV.4.5 La date de prélèvement

Les teneurs sont plus élevées sur fumiers et lisiers d'été (sauf pour l'azote) (GUEYDON, 1992).

IV.4.6 Le niveau de paillage

La paille semble diluer les teneurs en éléments fertilisants (**GUEYDON, 1992; AMOUZOU in ADDEN, 2004**).

D'autres paramètres peuvent être également considérés comme facteurs de variabilité de la composition du fumier tel que: La façon dont les fermentations ont été menées et les soins apportés de manière à éviter les pertes d'éléments nutritifs notamment l'azote (**AMOUZOU in ADDEN, 2004**).

IV.5. Facteurs influant sur la vitesse et le degré de décomposition des apports organiques dans le sol

La vitesse de décomposition substrat organique dépend essentiellement de sa nature biochimique et des propriétés physiques et chimiques du sol qui déterminent la nature du milieu pour la croissance et le métabolisme des microorganismes. Généralement de nombreux facteurs peuvent influencer la biodégradation des divers substrats organiques appliqués au sol. On peut les classer en facteurs substrat et en facteurs sol (**SIBOUKEUR, 2013**).

IV.6. Valeur agronomique d'un intrant organique

D'après **SIBOUKEUR (2013)**, la valeur agronomique d'un intrant organique se définit par la valeur amendante et la valeur fertilisante.

IV.6.1 Valeur amendante des apports exogènes des matières organiques aux sols

L'évolution des matières organiques est essentiellement sous la dépendance de leurs constituants biochimiques. La valeur amendante étant la capacité à augmenter la teneur en matière organique des sols de façon à en améliorer son biofonctionnement. La valeur amendante des apports organiques au sol peut être évaluée par plusieurs paramètres :

Indice de Stabilité Biochimique (I.S.B)

L'Indice de Stabilité Biochimique (I.S.B) représente la proportion de l'amendement de départ la plus résistante aux dégradations microbiennes, et donc susceptibles de se stabiliser dans le sol. Sa valeur, exprimée par rapport à la matière sèche de l'amendement varie entre 0 et 1. Plus l'ISB est élevé, plus l'amendement est stable dans le sol (**LINERES et DJAKOVITCH in HUBER et al., 2011**). L'indice de stabilité biologique s'appuie sur les fractions influençant la dégradation d'un amendement et permet de caractériser la facilité avec laquelle un amendement organique sera minéralisé ou encore, sa contribution à l'humus stable. La détermination de l'ISB permet d'obtenir des informations complémentaires à celles du rapport C/N.

Coefficient isohumique K1

La proportion d'humus formée dans le sol est donné par le coefficient iso humique, K1 fonction surtout du rapport C/N de la matière initiale (**LECLERC in ADDEN, 2004**). Le coefficient isohumique K1 est l'expression de la quantité d'humus formée en fonction de la quantité de matière sèche du produit organique apportée au sol. $K1 = QH/MS$ où : QH = Quantité d'humus générée par le produit par an MS = Quantité de matière sèche du produit apportée par an La détermination du K1 est longue, et coûteuse (essai de 3 ans au champ) et sa valeur varie avec les conditions pédoclimatiques. Les coefficients K1 qui sont proposés dans la littérature ou par des fournisseurs d'amendements organiques doivent être utilisés avec précaution car les conditions d'obtention de ces coefficients sont rarement données (climat, type de sol, etc....) (**HENIN et TURC in HUBER et al., 2011**).

– Composition biochimique de la matière organique (CBM)

La CBM, ou caractérisation biochimique de la matière organique, permet de regrouper les produits par catégorie de biodégradabilité. Cette méthode est directement inspirée de l'I.S.B. C'est un procédé chimique qui sépare les constituants de la matière organique et mesure la teneur en composés ligno-cellulosiques (précurseurs d'humus). Cette caractérisation permet de classer les produits étudiés en termes d'usage agronomique et d'estimer le potentiel humique du produit.

L'ISB et la CBM ne s'appliquent qu'aux matières organiques formées à partir de matières et de résidus végétaux contenant essentiellement de la cellulose (**CHABALIER et al., 2006**).

IV.6.2 Valeur fertilisante de fumier

La valeur fertilisante, correspond à la teneur en éléments nutritifs et leurs disponibilités sous des formes assimilables par les plantes c'est-à-dire sous forme minérale. La valeur fertilisante du fumier réside dans sa teneur en substances nutritives pour les plantes ainsi que la quantité de matière organique qu'il contient. Les éléments fertilisants de fumier proviennent essentiellement des aliments consommés par les animaux, ces derniers n'utilisent qu'environ 25% des éléments nutritifs contenus dans les aliments. Alors que 75% du contenu initial d'azote (N), du de phosphore P et de potassium (K), sont excrétés dans les fèces et les urines (**FRAZER, 2001**).

– Coefficients équivalent-engrais

La valeur fertilisante des matières organiques peut être estimée par les coefficients d'équivalence en engrais minéral. Pour un élément fertilisant contenu dans une matière organique, cette valeur correspond à la fraction de cet élément qui agit comme un engrais

minéral, c'est à- dire directement disponible pour la culture. Cette proportion directement utilisable par une culture est calculée en % de la teneur totale de l'élément : c'est le coefficient d'équivalence en engrais, ou coefficient équivalent engrais (CE %) (**CHABALIER et al., 2006**). Selon **DESVIGNES et BODET (2000)**, le coefficient d'équivalence permet de calculer à quelle quantité d'élément sous forme d'engrais minéral rapidement utilisable par la culture (par exemple, l'ammonitrate, le superphosphate) correspond la quantité d'élément apporté sous forme de déjection animale. Les coefficients équivalent-engrais ont été calculés pour les principaux éléments fertilisants (N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO, S) (**CHABALIER et al., 2006**). Ces coefficients varient cependant avec de nombreux facteurs :

- Les cultures et leur capacité à absorber l'élément fertilisant au cours d'une période plus ou moins longue ;
- Les dates de l'apport organique, par rapport aux besoins de pointe de la culture ;
- Les conditions d'application (Matériel, Climat).

Les coefficients équivalent-engrais sont déterminés expérimentalement (**CHABALIER, et al., 2006**).

IV.7. Effet de la fertilisation organique

Représente les principaux effets de la fertilisation minérale et organique (**Tableau 01**)

Tableau N°01 : Effets de la fertilisation organique sur les propriétés du sol (SIBOUKEUR, 2013).

	Propriétés physiques	Propriétés chimiques	Propriétés biologiques
Fertilisation organique	<p>Amélioration des propriétés physiques du sol :</p> <p>CR du sol (Capacité de rétention).</p> <p>Structure et Stabilité Structurale du sol</p> <p>Perméabilité</p> <p>Réchauffement du sol</p>	<p>Diminution du :</p> <p>pH du sol (+ de l'effet tampon)</p> <p>CE du sol</p> <p>Augmentation : CEC (Capacité d'échange cationique).</p> <p>Amélioration de la nutrition des plantes :</p> <p>Apports d'éléments majeurs et mineurs</p> <p>Diminution des pertes des éléments nutritifs (grâce à la minéralisation progressive de MO)</p>	<p>Amélioration de l'activité biologique et microbiologique du sol :</p> <p>Source énergétique et nutritionnelle aux plantes et aux macro et microorganismes du sol.</p> <p>Augmentation de l'activité enzymatique du sol (uréases, protéases, phosphatases, sulfatases).</p>

IV.8. Les problèmes environnementaux soulevés par la mauvaise application des fertilisants organiques en agriculture

L'emploi de déchets d'animaux comme engrais ou amendements organiques, présentent moins d'inconvénients par rapport aux engrais, mais risque de soulever des problèmes en cas de l'application des quantités excessives tel que l'accumulation des éléments toxiques, présence d'agents pathogènes, accumulation des sels, pollution par les nitrates, toxicité par les métaux, volatilisation de l'ammoniac et la production de méthane CH₄. Toutefois, un grand nombre de ces problèmes, peut être atténué par un aménagement approprié des fertilisants organiques (SIBOUKEUR, 2013).

Chapitre –I–

Matériels et méthodes

Chapitre I : Matériel et méthodes

I.1. Objectif du travail :

Cette étude a pour objectifs de caractériser l'effet de la matière organique exogène (fumier de cheval) à différentes doses 0, 20 et 40% sur l'évolution du stock organique et les propriétés physiques du sol à savoir : l'humidité, la densité apparente, la porosité, la stabilité structurale, la rétention en eau et la perméabilité de sols afin de gérer notre sol dans une perspective agronomique.

I.2. La région de prélèvement

I.2.1. Situation géographique

Située à 340 km de la capitale Alger au nord-ouest du pays, la wilaya de Tiaret se présente comme une zone de contact entre le Nord et le Sud. Le territoire de la wilaya est constitué de zones montagneuses au Nord, de hautes plaines au centre et des espaces semi-arides au Sud. Elle s'étend sur un espace délimité entre 0.34° à 2.5° de longitude Est et 34.05° à 35.30° de latitude Nord. Tiaret occupe une superficie de 20.086,62 km², elle couvre une partie de l'Atlas tellien au Nord et les hauts plateaux au centre et au Sud (NOUAR, 2015).

L'échantillonnage a été fait à l'Institut technique des grandes cultures (ITGC) à la région de Sebaine de la commune de Dahmouni (Wilaya de Tiaret).

Les coordonnées sont :

- $x = 1^{\circ}36'27''$,
- $y = 35^{\circ}27'32.4''$
- $z = 960\text{m}$.

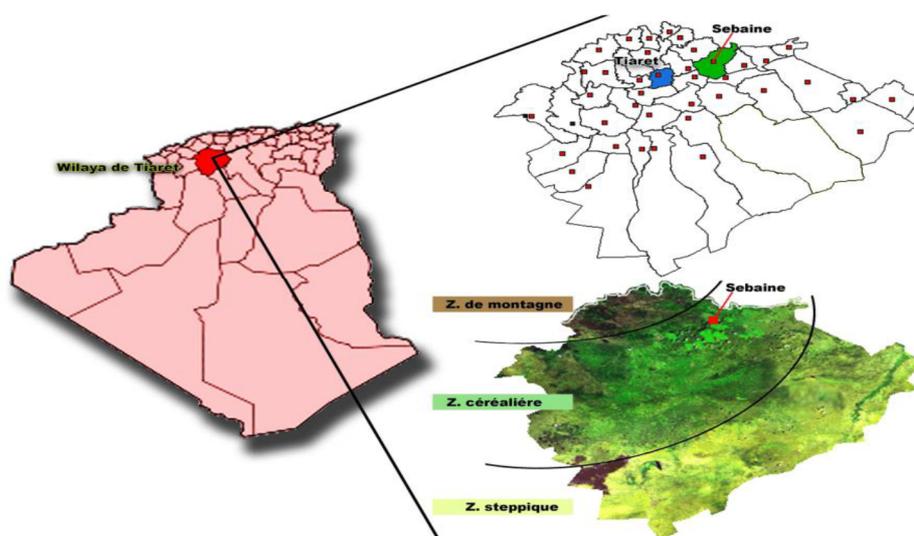


Figure N° 04: Situation géographique de la zone d'étude (AIT ABDERRAHIM, 2016).

I.2.2. Le climat

Le climat de la région est caractérisé par deux périodes principales :

- Un hiver froid relativement humide marqué par des chutes de neige, la température moyenne enregistrée est de 7,2°C ;
- Un été chaud et sec avec une température moyenne de 29°C.

I.3. Lieu du travail

L'expérimentation a été effectuée au sein du laboratoire de pédologie au niveau de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Ibn Khaldoun de Tiaret.

I.4. Matériel et méthodes

I.4.1. Matériel

I.4.1.1. Verreries, appareils et produits utilisés

Tout le matériel utilisé est réuni dans le **tableau 02**.

Matériel et produits	
Appareillage	Agitateur magnétique - Etuves (40°C – 105°C) Balance de précision - Pipette de Robinson Plaque chauffante- pH mètre – Conductimètre Calcimètre de Bernard- Réfrigérant – Pipette à piston – Bain de sable – Four à moufle.
Verrerie	Béchers - Entonnoirs - Epruvettes graduées Erlenmeyer - Pipettes graduées - Verres à mesure - Seringue en verre – Creusets - Fiole jaugée Burette graduée – Pycnomètre – Tubes capillaires Tubes de percolation
Produits	Eau distillée - CaCO ₃ – Acide sulfurique Bichromate de Potassium - Sel de Mohr - NaOH - KCl – Eau oxygénée - Oxalate d'ammonium Hcl –Méthaphosphate de sodium – Permanganate de potassium- Eau oxygénée, H ₂ O ₂ a 30%. Calgon – phénol-phtaleine – Benzène - Ethanol.
Autre matériel	Tarière – Sachets - Etiquetage - Pilon et mortier Tamis (2mm, 0.2mm, 0.05mm) - Picette - Cylindres - spatules.

I.4.2. Méthodes

Le protocole expérimental est représenté dans la **figure N° 05** comme suite :

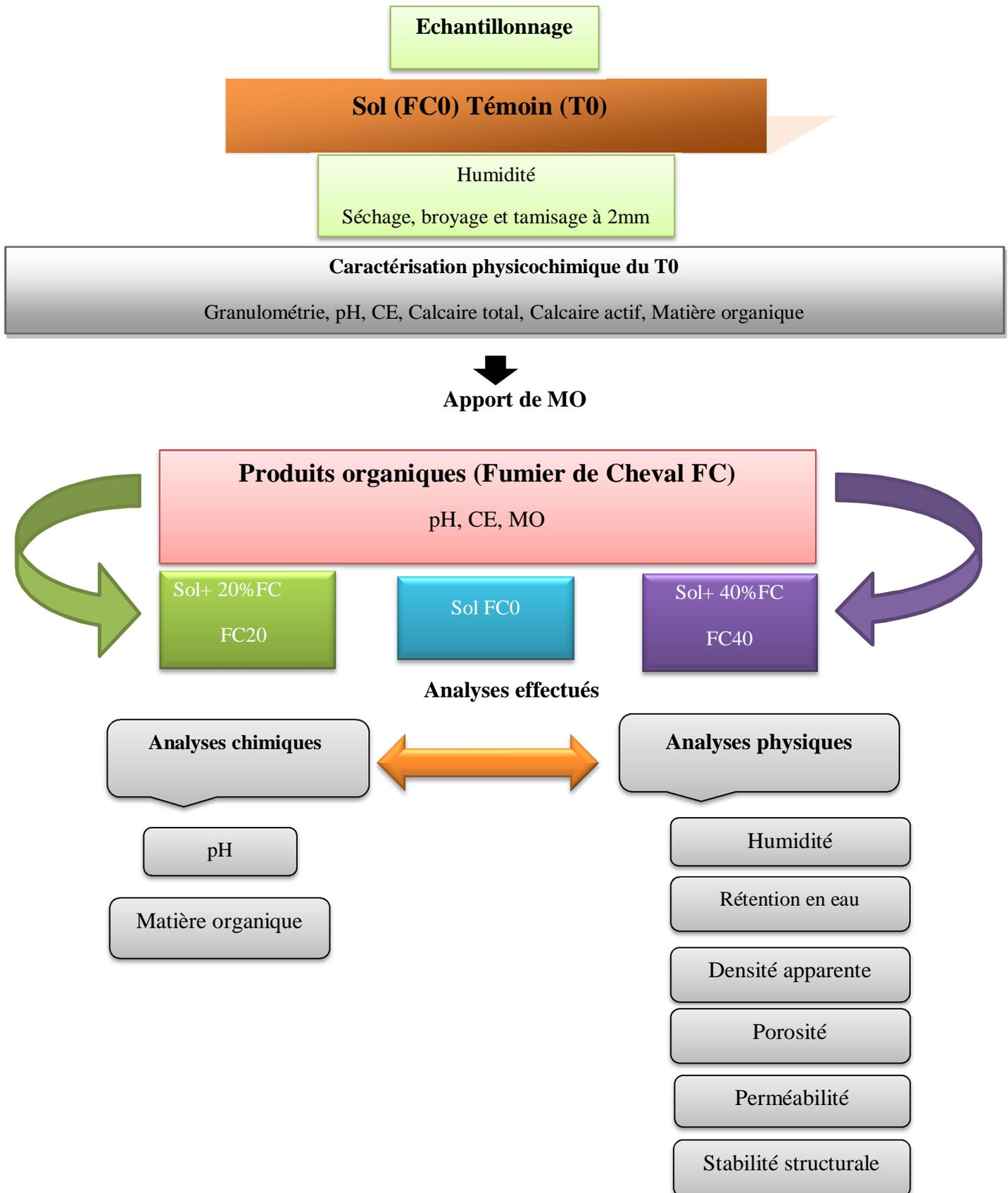


Figure N° 05 : Protocole expérimental.

I.4.2.1. Echantillonnage

Avant de commencer l'échantillonnage, nous devons examiner le terrain du point de vue de son uniformité (ex.homogeneite, genre de sol, de végétation, amendements appliqués, etc.). Il faut les prélever dans les mêmes conditions physiques (t°, humidité) et toujours le même jour (**DARI, 2013**). L'échantillon doit représenter le mieux possible le sol de la parcelle. Cela n'est pas facile mais nécessaire pour que les résultats soient corrects. Il faut déterminer les endroits d'échantillonnage de la manière la plus aléatoire possible, en se déplaçant dans l'entièreté de la parcelle et qui peut être arpentée en "W" successifs, en serpentant ou en diagonale ou en zigzag (**ES-SKALLI, 2015**). A T0, on a réalisé le prélèvement des échantillons de sol nu (témoin) qui ont fait l'objet d'une caractérisation physico-chimique, considérée comme base de référence pour l'étude, grâce à une tarière, ces échantillons ont été mélangés par la suite dans un même sachet. Chaque échantillon a été clairement identifié par une référence inscrite sur une étiquette accrochée sur le sac lui-même.

I.4.2.2. Détermination du taux d'humidité

L'humidité du sol est le facteur prioritaire du rendement. La première amélioration à apporter est donc l'irrigation ou le drainage, ou quelquefois les deux (**GUET, 2003**). L'humidité du sol est un facteur essentiel du régime d'infiltration, car les forces de succion sont aussi fonction du taux d'humidité du sol (**MUSY et HIGY, 2004**).

– Principe

C'est la perte de poids après séchage à 105°C exprimée en pourcentage (ou en pour mille) par rapport à la terre séchée à l'air % (**DARI, 2013**).

– Calculs:

P1: poids humide

P2: poids sec

$$H \% = (P1 - P2) / P2 \cdot 100$$



Photo N°03: Echantillons de sol pesés et séchés à l'étuve.

I.4.2.3. Préparation des échantillons

I.4.2.3.1. Séchage

On met l'échantillon de terre dans un bac et on le laisse sécher à la température ambiante de la salle pendant 7 jours.



Photo N°04: Séchage des échantillons de sol.

I.4.2.3.2. Broyage et tamisage

Les échantillons ont été broyés à l'aide d'un pilon et un mortier, ils ont ensuite été passés dans un tamis de 2mm de diamètre. On a conservé les échantillons de terre fine dans des sachets pour pouvoir servir aux différentes analyses du sol.



Photo N°05: Broyage et tamisage des échantillons.

I.4.2.2. Apport de matière organique

– Nous avons appliqué des amendements organiques, incorporées sous trois différentes doses de fumier de cheval (**photo N° 06**) afin de les comparer, provient de la Grande Jumenterie de Tiaret dont il est composé d'un mélange de paille et de déjections, composté pendant 6 mois le temps que les germes pathogènes du fumier, notamment les résidus médicamenteux, soient détruits:

1. Pour le sol témoin FC0terre végétale seul : soit 0% de FC ;
2. Pour la FC20, on a incorporé dans un m² de sol une couche de 10 cm contenant 2kg de fumier de cheval + 8kg de sol : soit 20% de FC ;
3. Pour la **FC40**, on a incorporé dans un m² de sol une couche de 10 cm contenant 4kg de fumier de cheval + 6kg de sol: soit 40% de FC.

– Puis la réalisation des analyses physico-chimiques des échantillons de sol (FC0, FC20, FC40) prélevés selon différentes périodes :

T : incorporation du fumier de cheval ;

T1 : après 1 mois d'incorporation du fumier de cheval ;

T2 : après 3 mois d'incorporation du fumier de cheval.

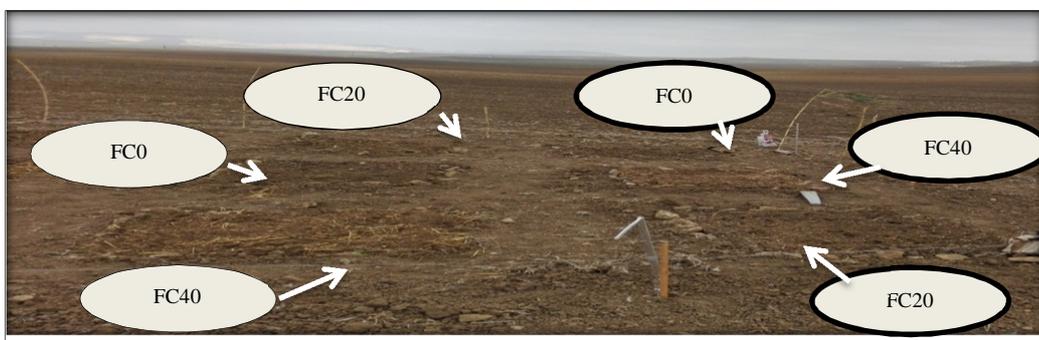


Photo N°06: Incorporation du fumier de cheval

I.4.2.3. Analyses effectués

I.4.2.3.1. Analyses physiques

I.4.2.3.1.1. Analyse granulométrique

Principe

La texture d'un sol est révélée par son analyse granulométrique dont le principe est basé sur la vitesse de sédimentation des particules séparées et dispersées par destruction de la matière organique par une attaque à l'eau oxygénée. Le fractionnement de ces particules se fait par l'intermédiaire de la pipette de Robinson qui permet la détermination des fractions argileuses et limoneuses fines. Ensuite, les sables fins et grossiers sont mesurés par tamisage (BENFARDIA et CHENINE, 2014).

Mode opératoire :

Dans un erlenmayer, peser 20g de terre fine ;

- Ajouter 50 ml d'eau oxygénée, et laisser agir toute une nuit, afin que toute la matière organique soit détruite ;
- Ajouter 20ml d'eau oxygénée, et mettre sur un bain de sable sous la haute, jusqu'à disparition de la mousse ;
- Pour la dispersion des éléments argileux, on utilise 25ml de la solution de Pyrophosphate de sodium (20g par litre d'eau distillée) si le sol est non calcaire. Si au contraire on a un sol calcaire, on utilise 50ml de la solution de Calgon (39,2 g de métaphosphate de sodium NaPO_3 + 10g de carbonates de sodium Na_2CO_3 par litre d'eau distillée) ;
- Agitation mécanique pendant 2 heures ;
- Verser la suspension dans un tamis de 0.05mm et rincer avec l'eau distillée, et
- récupérer la solution dans un bac qu'on va verser ensuite dans un cylindre grâce à un entonnoir ;
- Compléter la solution versée dans le cylindre avec de l'eau distillée jusqu'au trait de 1
- Litre ;
- Mettre le sable restant sur le tamis de 0.05mm dans un creuset à poids connu, et mettre
- à l'étuve à 105°C/ 15heures ;
- Pour la fraction < 0.05mm, on agite le cylindre et on fait le prélèvement au milieu
- Grâce à la pipette de Robinson ;
- Pour la fraction de < 0.02 mm, on agite le cylindre, et on laisse reposer pendant

- 4min et 40 secondes, ensuite on prend un prélèvement à 10cm grâce à la pipette de Robinson ;
- Pour la fraction < 0.002mm, on agite le cylindre, et on laisse reposer pendant 4heures et 39 minutes, ensuite on prend un prélèvement à 6cm grâce à la pipette de Robinson.
- Les prélèvements sont mis dans des creusets à poids connus, puis ils sont séchés à l'étuve à 105°C/15heures ;
- Après avoir ressorti tous les échantillons de l'étuve, on les laisse refroidir dans un dessiccateur, et on les pèse. On pèse également l'échantillon de sable, puis on le tamise à 0.2 mm, et on pèse le sable grossier qui reste dans le tamis, et le sable fin qui est passé à travers les mailles du tamis.
- Faire les calculs et déterminer la texture du sol grâce au triangle des textures.
- Calculs :

$$(1) = \text{Argiles + sels solubles} = [(\text{sol sec de 6cm} + \text{tare}) - \text{tare}] \cdot 100$$

$$(2) = \text{LF + A + sels solubles} = [(\text{sol sec de 10cm} + \text{tare}) - \text{tare}] \cdot 100$$

$$(3) = \text{LG + LF + A + SS} = [(\text{sol sec du milieu} + \text{tare}) - \text{tare}] \cdot 100$$

$$(4) = \text{Sables} = (\text{sable} + \text{tare}) - \text{tare}$$

$$\text{Sable grossier} = (\text{sable grossier} + \text{tare}) - \text{tare}$$

$$\text{Sable fin} = \text{sable (4)} - \text{sable grossier}$$

$$\text{Limon grossier} = (3) - (2)$$

$$\text{Limon fin} = (2) - (1)$$

$$\text{Argile} = (1) - \text{sels solubles (2,5g de Calgon ou 0,5g de pyrophosphate de sodium)}.$$

On calcule la somme (S) et on contrôle si on retrouve les 20g de terre avec lesquelles on a travaillé. Calculer les pourcentages en multipliant tous les résultats par 100/20.



Photo N° 07: Analyse granulométrique par la méthode de la pipette de Robinson.

I.4.2.3.1.2. Densité apparente

La détermination de la densité apparente elle-même revient à mesurer le volume apparente occupé par poids connu de matériau sec (**Grosbollet, 2008**).

Mode opératoire

La densité apparente est mesurée comme suite : on enfonce un cylindre de volume connu dans notre sol, ensuite tire le cylindre avec le sol que lui contient, après séchage de la cylindre du sol dans l'étuve pendant 24 heures à 105 °C, on détermine la densité apparente (D_a).

– **Calculs:**

$$D_a = \text{poids sec} / 252.2$$



Photo N° 08: Mesure de la densité apparente à l'aide de cylindre.

I.4.2.3.1.3. Porosité

D'après **Grosbollet (2008)**, la porosité totale d'un sol, c'est-à-dire la fraction d'un volume unitaire qui n'est pas occupée par la phase solide permet de caractériser de façon globale et commode d'état physique d'une couche de sol. On sait qu'on la détermine le plus souvent de façon indirecte à partir de mesure de la densité apparente (D).

– **Calcul :**

On calcule la porosité totale à partir de densité apparente (d_a), et la densité réelle (D).

$$\text{Porosité totale} = 1 - d_a/D$$

I.4.2.3.1. 4. La densité réelle (Méthode classique au pycnomètre)

Principe :

D'après **MATHIEU ET PIELTAIN(1998)**, on effectue la mesure du poids et du volume de la phase solide d'un échantillon sec. La mesure du volume est réalisée par déplacement de liquide.

On peut opérer sur un échantillon humide dont l'humidité est connue ; ceci entraîne une correction dans le calcul. Mais c'est une procédure à éviter.

Mode opératoire :

La méthode consiste à faire une série de quatre pesées a, b, c, d dont on déduit le poids et le volume de l'échantillon.

a : Le pycnomètre vide ;

b : Le pycnomètre contenant le sol à étudier ;

c : Le pycnomètre + sol+ eau ;

d : Le pycnomètre rempli d'eau.

On a: poids = b - a

Volume: (d - a) - (c - b) d'où

$$d_v = (b - a) / ((b + d) - (a + c))$$



Photo N° 09: Mesure de la densité réelle par le pycnomètre.

I.4.2.3.1.5. Stabilité structurale

Cette méthode repose sur une évaluation de la stabilité des agrégats (**MATHIEU ET PIELTAIN, 1998**),

Mode opératoire :

- 10 g de terre 0.2 mm \leftrightarrow 2 mm ;
- Dans un bécher de 250 ml on met 10 g de terre + 10 ml d'alcool de le 1^{er} bécher, 10 ml de benène dans le deuxième bécher+ 250 ml eau distillée dans le 3^{ème} bécher ;
- 5 mn après, compléter le 1er et 2eme bécher avec l'eau distillée jusqu'à 250 ml ;
- Laisser reposer 25 mn ;
- 30 mn après vider le contenu dans un erlenmayer de 750 ml par entonnoir ;
- Rincer le bécher en évitant d'envoyer le jet sur les agrégats ;
- Agiter en 20 retournements successifs assez énergétiquement de l'erenmayer (avec tous les échantillons) ;
- Verser le contenu de l'erenmayer sur le tamis 0.2 mm ;
- D'un jet de pissette faire passer les agrégats dans une petite capsule de porcelaine de 5 ml ;

- Sécher les agrégats a l'étuve à 150 °C pesé même opération pour les béchers 2 et 3
- Les poids obtenus multiples par 10 donnant le % d'agrégat stables à l'eau après
- prétraitement à l'alcool et au benzène ;
- Effectuer la moyenne des chiffres obtenus

Calculs :

$$I_s = \% (\text{argile} + \text{limon}) / (\% \text{ moyen des agrégats grossier} - 0.99 \cdot (\% \text{ sable grossier}))$$

I_s : indice d'instabilistion

I.4.2.3.1.6. Perméabilité

D'après **Grosbollet (2008)**, les échantillons saturés sont soumis à une charge d'eau constante. Une fois le régime permanent établi, on mesure le débit sortant. La conductivité hydraulique

à saturation est obtenue par a formule suivante :

$$K_s = L V / A t H$$

Avec :

L : hauteur de sol dans l'anneau plastique (m)

V : volume d'eau circulant à travers l'échantillon (m³) pendant le temps *t*

A : section de l'échantillon traversée (m²)

t : temps pendant lequel on mesure le débit (s)

H : charge hydraulique (m)

K_s : conductivité hydraulique, (m s⁻¹)



Photo N° 10: Montage de la perméabilité.

I.4.2.3.1.7. La rétention en eau

Selon **PETARD (1993)**, trente grammes (30g) de sol frais ont été pesés dans un cylindre en PVC (5 cm de diamètre, 4 cm de hauteur). De l'eau distillée a ensuite été ajoutée jusqu'à saturation du sol. Le cylindre et son contenu ont été placés à 4°C (12h) pour permettre le drainage de l'eau gravitaire, puis ils ont été pesés. La teneur en eau de cet échantillon saturé, dit à la capacité au champ, a finalement été déterminée par séchage du cylindre au four (105°C, 24h) et soustraction des masses de sol sec et de sol saturé.

Calculs :

Dont :

RE : rétention en eau (%)

P1 : poids humide (g)

P2 : poids sec (g)

$$RE (\%) = \frac{P1 - P2}{P2} \cdot 100$$



Photo N° 11: Montage de la rétention en eau.

I.4.2.3.2. Analyses chimiques

I.4.2.3.2.1. Mesure du pH

- Peser 20 g de terre dans un bécher de 100 ml avec 100 ml d'eau distillée ;
- Agiter 5 minutes avec un tube en verre ou un agitateur magnétique ;
- Laisser reposer ½ heures ;
- Calibrer le pH mètre ;
- Introduire l'électrode H⁺ dans la suspension, l'électrode de référence doit rester dans la surnageant ;
- Lire le chiffre de pH, une fois l'aiguille immobile ;
- Laver bien l'électrode avec l'eau distillée ;
- Après la mesure, sécher l'électrode avec un papier filtre et mettre le tube caoutchouc sur l'électrode pH kcl : même méthode mais au lieu d'ajouter de l'eau distillée en ajoute 50 ml de kcl 0.1N (**SAHNOUNE, 2014**).

Remarque: kcl 0.1 = 7.45 g/l.



Photo N°12: mesure du pH d'un échantillon de sol à l'aide d'un pH mètre.

I.4.2.3.2.2. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique s'effectue de la même manière que le PH eau (du sol sol/eau), mais par le conductimètre à la place du pH mètre (Samai, 2009 *in* Samai, 2007).

Mode opératoire :

- Peser 10g de sol dans un bécher de 100ml.
- Ajouter 50ml d'eau distillée.
- Agiter pendant 5min.
- Laisser reposer pendant 30 minutes.
- Allumer le conductimètre, et rincer l'électrode par l'eau distillée et essuyer par du papier joseph.
- Mettre l'électrode dans le surnageant de la solution, et lire la valeur affichée.



Photo N°13 : Mesure de la conductivité électrique du sol par le conductimètre.

I.4.2.3.2.3. Dosage du calcaire total

- Peser 1g de terre fine dans un erlenmayer de 250ml ;
- Tenir l'appendice latéral à l'aide d'une pince métallique, et la remplir par l'HCl à 37% au 3/4;
- Sécher les parois de l'erien avec du papier joseph pour éviter le contact HCl-terre ;

- Ouvrir l'ampoule du calcimètre et ajuster le niveau du calcimètre à zéro ;
- Relier l'eren au calcimètre, en prenant soin de bien fermer l'ouverture ;
- Lire le volume du CO₂ dégagé (V₀) ;
- Répandre l'acide sur la terre, et lire le niveau du volume de CO₂ dégagé sur le calcimètre (V₁) ;
- Pour le témoin, on remplace la terre par 0,3g de CaCO₃ et on lit le volume V₀ lorsqu'on relie l'erenmayer avec le calcimètre, et le V₁ après le contact du HCl avec le CaCO₃ (AIT ABDERRAHIM, 2016).

– **Calculs**

m : masse (g)

$$\text{CaCO}_3 \% = \left(\frac{V_0 \cdot m_{\text{CaCO}_3}}{V_1 \cdot m_{\text{sol}}} \right) \cdot 100$$



Photo N°14 : Mesure du calcaire total par le calcimètre de Bernard.

I.4.2.3.2.4. Calcaire actif

Mode opératoire :

D'après AIT ABDERRAHIM (2016), le dosage du calcaire actif ne s'effectue que pour les échantillons ayant 5% ou plus de calcaire total ;

- Peser 1g de terre fine dans un erlenmayer de 250ml ;
- Ajouter 100ml de la solution d'oxalate d'ammonium (14,2g par litre d'eau distillée) ;
- Agitation mécanique pendant 2 heures ;
- Filtrer 2 fois à l'aide de papiers filtres ;
- Récupérer 20ml du filtré, et mettre dans un bécher de 250ml ;
- Ajouter 100ml d'eau distillée ;

- Ajouter 5ml d'acide sulfurique ;
- Chauffer la solution à 60°C
- Titrer par la solution de permanganate de potassium KMnO_4 (6,32g par litre d'eau distillée), jusqu'à coloration rose persistante ;
- Pour le témoin, on suit les mêmes étapes mais sans ajouter l'échantillon de terre.

Calculs :

$$\text{CaCO}_3 \text{ actif } \% = 5. (\text{N} - \text{n})$$

N : nombre de ml de KMnO_4 utilisés pour le témoin.

n : nombre de ml de KMnO_4 Utilisés pour l'échantillon de terre fine.



Photo N°15 : Dosage du calcaire actif.

I.4.2.3.2.5. Matière organique

Mode opératoire :

➤ **Cas des échantillons de sols**

- Dans un ballon de pyrex, on place un échantillon d'exactly 1 g de terre ;
- Ajouter à l'aide d'une pipette avec poire 10 ml de $\text{K}_2\text{Ca}_2\text{O}_7$ à 8% ;
- Ajouter à l'aide d'une éprouvette 15 ml d'acide sulfurique concentré ; faire attention
- Relier le ballon au réfrigérant ;
- Ouvrir le robinet d'eau ;
- Chauffer à l'aide d'une plaque chauffante dès que la solution commence à bouillir, attendre 5 minutes ;
- Enlever le ballon du réfrigérant et le laisser refroidir ;
- A l'aide d'un entonnoir et d'une pissette. On traverse le contenu du ballon quantitativement dans une fiole jaugée de 250 ml en lavant le ballon plusieurs fois avec peu d'eau distillée ;
- On complète avec de d'eau distillée jusqu'à 250 ml ;

- On agite bien (à peu près 10 fois) ;
- On laisse reposer la fiole pendant ½ heure ;
- On prélève à l'aide d'une pipette avec poire 20 ml du surnageant contenu de fiole, ajoute 1.5 g de NAF, trois gouttes de phénol phtaleine ;
- On titre par la solution de sel de Mohr ;
- Soit le v, le nombre de millièmes de Mohr ;
- On fait la même opération, mais sans terre (essai témoin) de façon à obtenir la différence, soit v' le nombre de ml de sel de Mohr utilisé (AIT ABDERRAHIM, 2016).

– **Calculs :**

$$\%MO = (v' - v) \cdot 0,6$$

$$\%CO = \%MO / 1,72$$



Photo N°16 : Dosage de la matière organique.

➤ Cas de fumier de cheval

D'après KEBIR (2012), la teneur en matière organique du fumier a été déterminée par calcination au four à 500°C suivant la norme NF ISO10694. Le Sol (100 g) a été calciné à une température de 500°C dans un four pendant 5h. La teneur en matière organique représente la différence entre les deux masses (avant – après calcination) (la teneur ensuite a été rapportée à 100g de l'échantillon initial).

Calculs :

$$\%MO = (M0 - M1 / M0) \cdot 100$$

M0: étant la masse initiale d'échantillon séché à 40 ± 5°C, en gramme;

M1: masse finale, après calcination à 500 ± 5°C, en gramme.



Photo N°17 : Mesure de la matière organique par calcination au four à moufle.

Chapitre–II–

Résultats et discussion

II.1. Résultats des analyses physico-chimiques

II.1.1. Caractérisation physico-chimique du sol témoin

Les résultats dégagés de cette étude (**tableau 03**), révèlent que :

- D’après le triangle des textures (**figure 14**), ce sol présente une dominance de la fraction argileuse avec une présence importante de limons ;
- Le pH de ce sol est moyennement alcalin 8,01 ;
- Il est non salé ;
- La teneur en matière organique est relativement faible ;
- Le calcaire total est de 16,50 %, le calcaire actif est de 9,5 % alors que le sol étudié est modérément calcaire.

Tableau N° 03: Caractérisation physico-chimique de l’échantillon du sol témoin.

Caractéristiques		Sol
Profondeur		0 – 20 cm
Granulométrie%	S.G	1,25%
	S.F	4,75%
	L.G	10,80%
	L.F	40,20%
	A	43,00%
Classe Texture		<i>Argilo limoneux</i>
pH (eau) – extrait (1/5)		8,01
pH Kcl		7,78
CE (dS/m) à 25°C		0,11
C.Org(%)		1,01%
M.Org(%)		1,75%
Ca. Total (%)		16,50%
Ca. Actif(%)		09,50%

II.1.2. Caractérisation physico-chimique du fumier de cheval incorporé

La caractérisation analytique (**tableau 04**) du fumier de cheval a permis de tirer les résultats suivants :

- Le pH de 8.55 désignant ainsi la réaction basique de ce type de fumier ;
- Une CE de 7,38 dS/m : selon **CHANG et al., 1991** ; **PETER et al., 2003 in SIBOUKEUR (2013)**, le fumier à hauts niveaux de CE dus aux grandes quantités de sels minéraux ajouté aux rations alimentaires des animaux ;
- La matière organique représente 50,22 % de la matière sèche, ce qui est important.

Tableau N°04: Caractérisation physicochimique du fumier de cheval.

Paramètres	pH (eau) – extrait (1/5)	CE (dS/m) à 25°C	MO (%)
Fumier de cheval	8,55	7,38	50,22

II.2. Caractérisation chimique des sols étudiés

II.2.1. Discussion des résultats de la matière organique

Selon la **figure 06**, on constate que le sol témoin a des valeurs supérieures à 1% et inférieures à 2% de matière organique. Comme l'indique le **tableau 05**, c'est un sol à faible teneur en MO. Néanmoins, si on vient à comparer ces valeurs, on constate que les sols TVFC20 et TVFC40 ont un stock de MO plus élevé que celui du sol témoin, avec respectivement des valeurs comprises entre 2% à 2,27% au temps T1, et entre 2,37% à 2,86% en T2. Il est cependant nécessaire de citer que les résultats obtenus ont pu être influencés par l'amendement organique, puisque les sols TVFC20 et TVFC40 sont des sols auxquels on a incorporé du fumier (paille plus déjections), c'est-à-dire que ce sont des sols riches en humus, car il y a davantage de restitutions de matière organique par les déjections (**SEBILLOTTE, 1993**), ainsi, selon (**CPVQ, 2000**), la paille des céréales constitue une excellente source de matière organique.

L'apport de matière organique exogène au sol sous forme d'amendements ou d'engrais permet d'augmenter et de maintenir le stock organique du sol. Cette restauration de la teneur en matière organique est généralement associée à un changement des caractéristiques physicochimiques (agrégation, diminution de l'érosion, augmentation de la CEC, apport

d'éléments fertilisants.....) et une stimulation de l'activité biologique, effet d'autant plus marqué que l'humification de la matière organique est plus poussée (ANNABI, 2001).

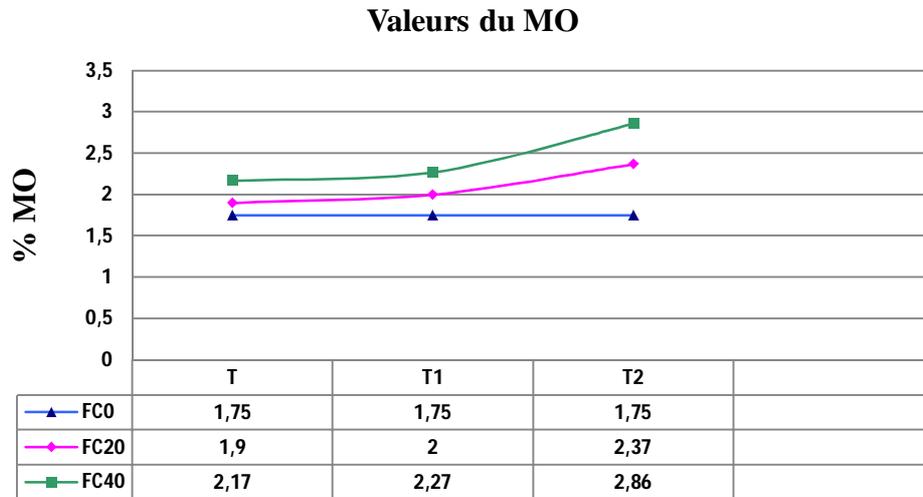


Figure N° 06: Evolution de la matière organique des échantillons de sols étudiés.

II.2.2. Discussion des résultats du pH

On remarque clairement (figure 07) que les valeurs du pH en T1 et T2 des deux sols FC20 et FC40 diminuent par rapport au temps T ; cette diminution pourrait s'expliquer par la décomposition de la matière organique qui maintient une certaine acidité dans le sol, celle-ci est due en particulier à la libération des acides organiques et à l'action acidifiante de CO₂ libéré par l'activité microbienne. Cette acidité est en partie responsable de la dissolution d'éléments peu assimilables (Phosphate, Fer ... etc.) en sols calcaires (ADAESO in OUSTANI 2006).

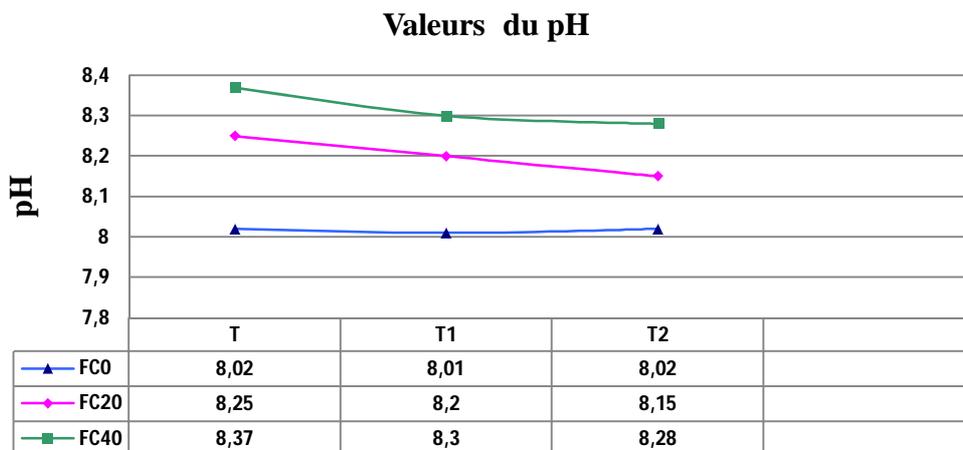


Figure N° 07: Valeurs du pH des échantillons de sols étudiés.

II.3. Caractérisation physique des sols étudiés

II.3.1. Discussion des résultats de l'humidité

D'après les résultats obtenus dans la **figure 08**, on remarque que les deux types de sol (FC20 et FC40) en période T2 ont des taux d'humidités nettement supérieurs (de 20,56% à 21,80%), tandis que les autres types de sol ont des valeurs légèrement plus élevées (de 16,86% à 18,98%). D'après **DOUCET (2006)**, la matière organique du sol contribue à l'amélioration de son état hydrique car l'humus qui en résulte maintient une meilleure réserve d'eau, grâce à son pouvoir d'absorption élevé, et tend, du même coup à réduire l'évaporation.

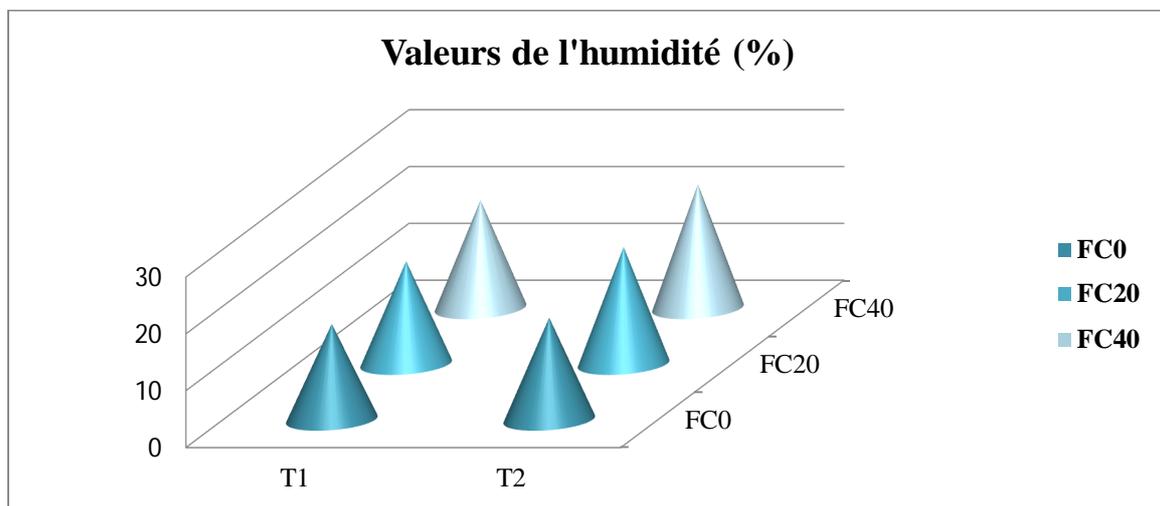


Figure N° 08: Taux de l'humidité des échantillons de sols étudiés.

II.3.2. Discussion des résultats de la rétention en eau

D'après nos résultats (**figure 09**), nous avons constaté que l'ensemble des sols étudiés possèdent chacun une bonne capacité de rétention en eau variant entre (44,20% et 51,15%) notamment pour la FC20 et la FC40 au temps T2.

En général, la capacité de rétention en eau d'un volume de sol augmente avec la quantité d'argile et de limon qu'il contient (**BRABANT, 1991**). De plus, ce sont les matières organiques qui permettent de retenir l'eau, en jouant le rôle d'éponge (peut absorber plusieurs fois son poids en eau). Elle augmente ainsi la capacité de rétention en eau des sols, en période de sécheresse, cela favorise le maintien dans le sol d'une plus grande réserve en eau utile (**CPVQ, 2000**).

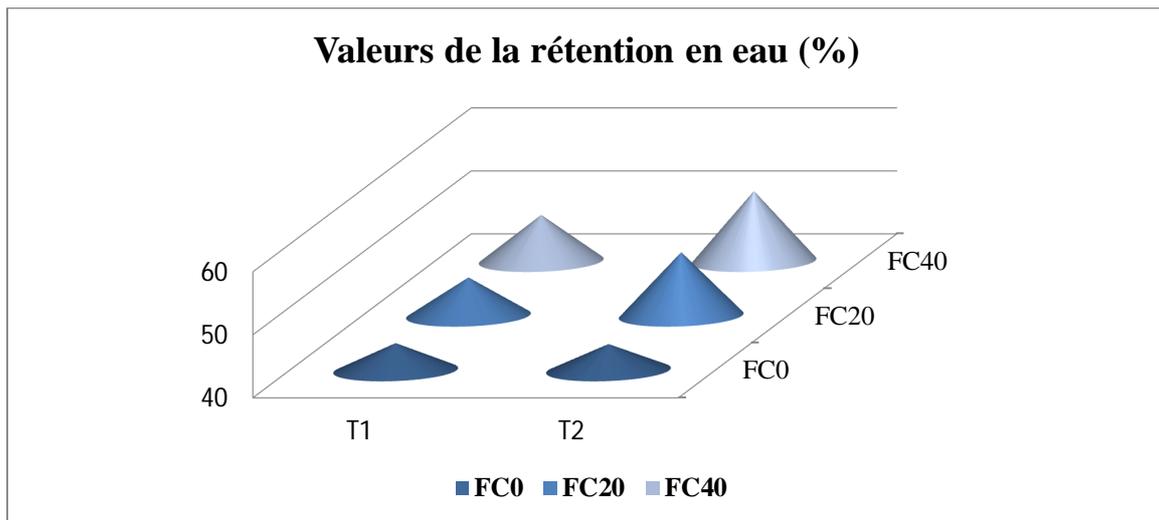


Figure N° 09 : Taux de la rétention en eau des échantillons de sols étudiés.

II.3. 3. Discussion des résultats de la perméabilité

D'après les résultats obtenus (**figure 10**), on constate une certaine amélioration de la perméabilité pour la FC20 et FC40 au temps T2 par rapport au sol témoin qui est peu perméable ($0,07 \text{ m.s}^{-1}$) car les sols à textures fines étant les moins perméables (**MATHIEU et PIELTAIN, 1998**). L'amélioration de la perméabilité notamment pour la FC40 pourrait s'expliquer par la quantité d'humus qui en résulte après la décomposition de la matière organique, rend les sols plus meubles et augmente leur perméabilité à l'air et à l'eau (**DOUCET, 2006**). Elle dépend également du volume poral, plus ce dernier augmente et plus la conductivité hydraulique est susceptible d'augmenter (**BOTTINELLI, 2010**).

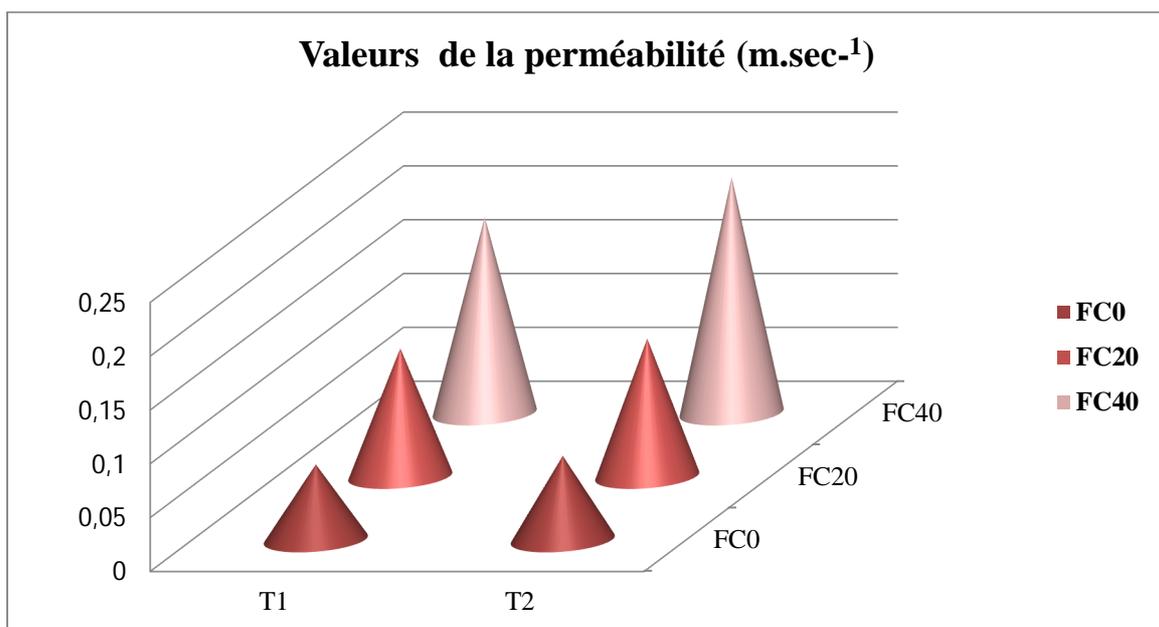


Figure N° 10 : Valeurs de la perméabilité des échantillons de sols étudiés.

II.3. 4. Discussion des résultats de la stabilité structurale

Après l'amendement organique, on a révélé une diminution de l'indice d'i stabilisation I_s surtout pour la FC40 en temps T2 (**figure 11**). L'influence de la matière organique sur la stabilité de la structure se traduit par une corrélation positive entre la quantité d'agrégats stables à l'eau et la teneur en matière organique. Les matières organiques cimentent entre elles les particules minérales du sol et contribuent à la stabilisation des agrégats. Une agrégation stable procure une bonne structure au sol et le rend moins compact (**CALVET, 2003**).

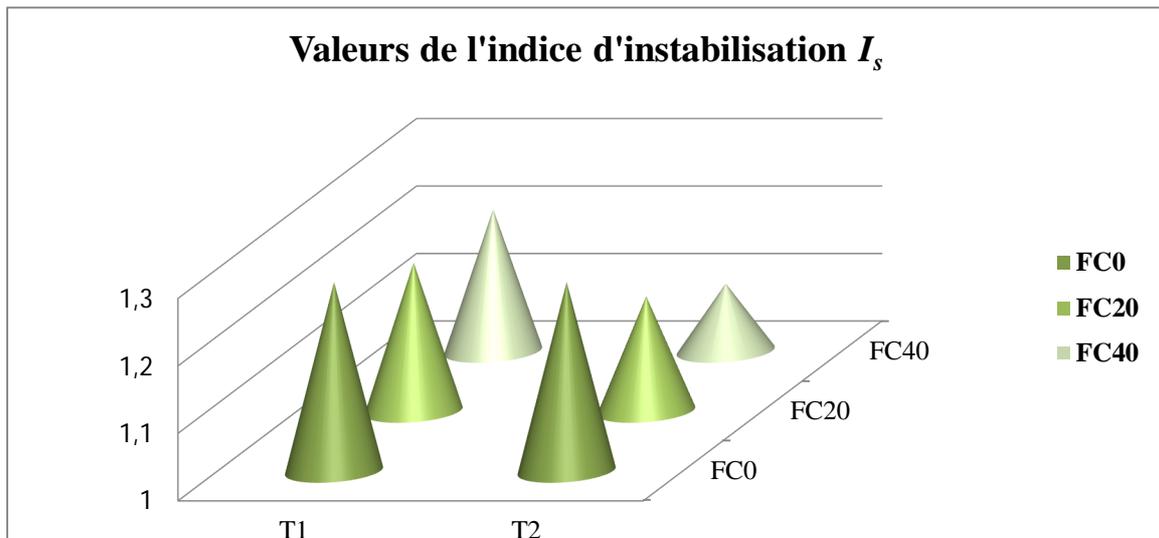


Figure N° 11 : Valeurs de l'indice d'I stabilisation des échantillons de sols étudiés.

II.3. 5. Discussion des résultats de la densité apparente

Au temps T2, on a remarqué que les valeurs de la densité apparente des deux sols FC20 et FC40 ont diminué (**figure 12**) en comparaison avec le sol témoin. D'après **Grosbollet (2008)**, la masse volumique apparente diminue avec l'augmentation de la teneur en matière organique, ce qui rend la terre plus facile à travailler car plus légère.

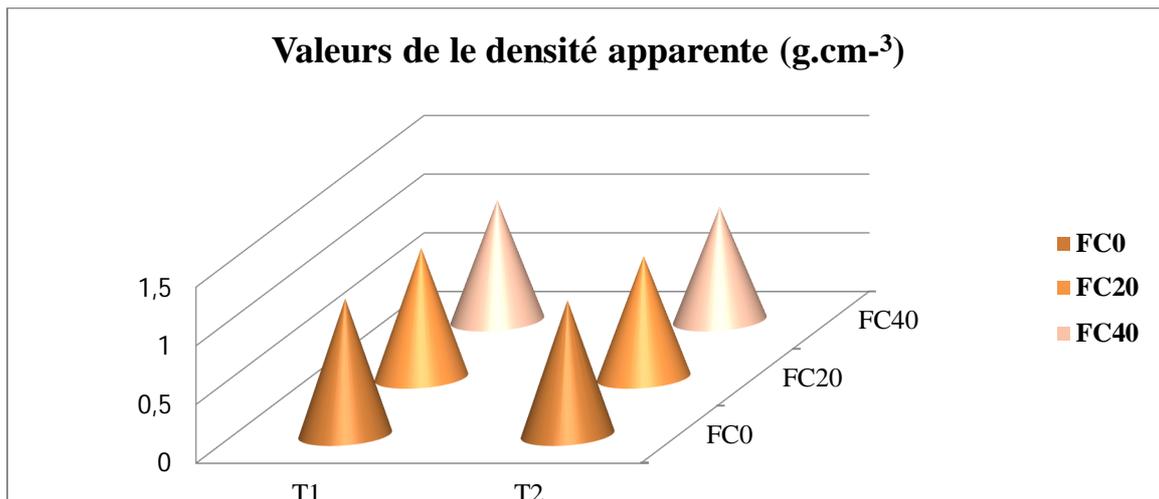


Figure N° 12 : Valeurs de la densité apparente des échantillons de sols étudiés.

II.3. 6. Discussion des résultats de la porosité

D'après les résultats obtenus dans la **figure 13**, on remarque que les deux types de sol (FC20 et FC40) ont des valeurs de porosité nettement supérieures que celui du sol témoin respectivement comprises entre (de 49,62% à 52,57%) en période T1 et entre (de 50,45% à 53,30%) en période T2.

D'après (**DOUCET, 2006**), la matière organique contribue à l'amélioration de l'état hydrique du sol car l'humus qui en résulte favorise la granulation des particules, rend les sols plus légers et plus poreux et permet ainsi aux racines d'explorer avantageusement le médium alors mieux aéré.

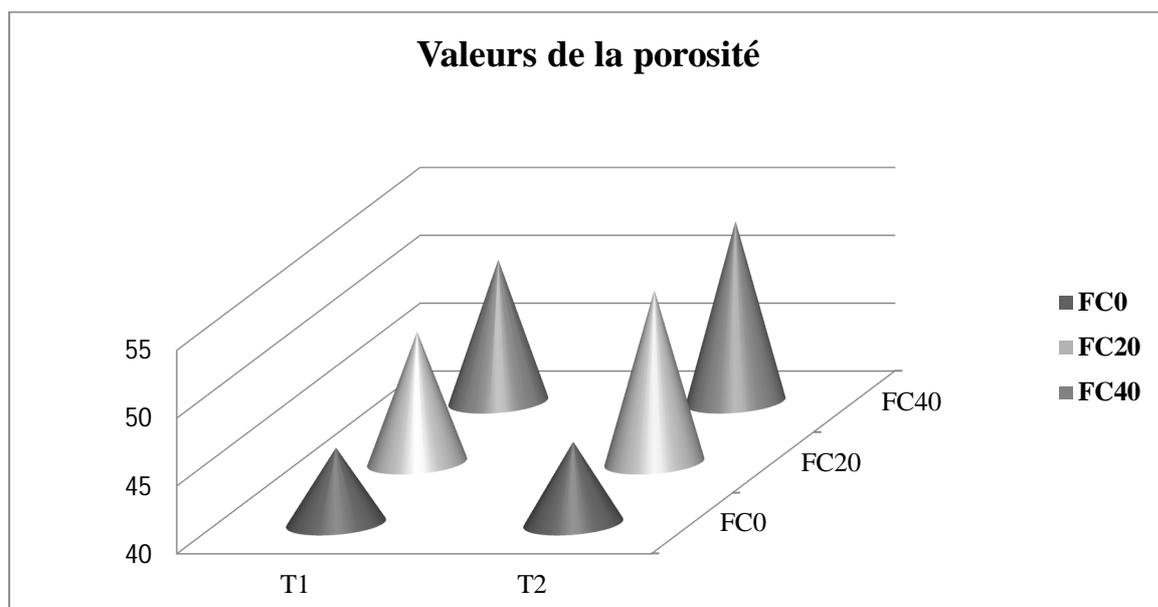


Figure N° 13 : Valeurs de la porosité des échantillons de sols étudiés.

Conclusion générale

D'après **Doucet (2006)**, la matière organique du sol contribue à l'amélioration de son état hydrique car l'humus qui en résulte favorise la granulation des particules, rend les sols plus légers et plus poreux et permet ainsi aux racines d'explorer avantageusement le médium alors mieux aéré. Il rend donc les sols plus meubles et augmente leur perméabilité à l'air et à l'eau. En même temps, il est un régulateur de l'humidité du sol. En effet, il maintient une meilleure réserve d'eau, grâce à son pouvoir d'absorption élevé, et tend, du même coup à réduire l'évaporation.

Les analyses physico-chimiques de l'échantillon témoin montrent que les sols de cette région sont argilo-limoneux, alcalins, non salés et pauvres en matières organiques.

Des interactions positives ont été mises en relief entre le sol et l'amendement organique avec son hétérogénéité où les résultats obtenus au cours de cette recherche ont révélé que les sols amendés ont subi une certaine amélioration notamment l'évolution de la matière organique, l'humidité, la rétention en eau, la perméabilité, la porosité et la diminution du pH et la densité apparente surtout pour la FC40. Selon **Bernoux et Chevallier (2013)**, différents fumiers sont apportés à raison de $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (soit 4 kg/m^2 : 4% de fumier) sont étudiés en France dans le réseau SOERE (Systèmes d'observation et d'expérimentation au long terme pour la recherche en environnement), ont montré que ces pratiques d'amendements organiques permettent de diminuer le recours aux intrants chimiques et valoriser les déchets (**CHOTTE et al., 2013**). Car elles présentent un bénéfice pour le stockage de carbone, elles ont aussi des bénéfices économiques et agronomiques (amélioration de la fertilité et de la structure physique des sols).

Perspectives

Afin de mieux comprendre les mécanismes de décomposition de la matière organique en conditions réelles, il semble essentiel de mesurer directement l'activité biologique dans ces sols, et d'étudier le type de populations microbiennes intervenant dans les processus.

On constate que les résultats les plus intéressants sont obtenus pour les doses de fumier les plus élevées. On peut se demander si une dose supérieure (de 50 – 60% en volume par exemple) donnerait des résultats meilleurs ou si, au contraire, elle provoquerait une inhibition de l'activité biologique (immobilisation d'azote par exemple), conduisant ainsi à une absence de structuration ou à une dégradation de la structure existante.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

1. **ADDEN A.K., 2004.** Evaluation quantitative des composts de biomasses diverses et leur phytotoxycite. Maîtrise .Université de Lomé. 44P.
2. **ANNABI M., 2001.** Effets des apports d'origine urbaine sur les propriétés physiques des sols limoneux. Thèse de doctorat INA, Paris. 122P.
3. **AIT ABDERRAHIMS S., 2016.** Effet de la qualité des résidus de récoltes sur le stock organique et la densité microbienne des sols Cas de la région de Sebaine. Mémoire d'un master académique. Unicersité Ibn Khaldoun. 28-39P.
4. **ANNABI. M., 2005.** Stabilisation de la structure d'un sol limoneux par des apports de composts d'origine urbaine: relation avec les caractéristiques de leur matière organique. Thèse Doctorat INRA, Paris. 270P.
5. **AUBERT.G., 1978.** Méthode d'analyse s des sols. Edit: C.R.D.P. Marseille. 191 p.
6. **BAISE ., 2000.** Guide des analyses en pédologie. Chois. Expression Présentation. interprétation.2^{ème}Ed INRA, Paris. 257P.
7. **BENFARDIA H., CHENINE A., 2014.** Effet de la nature du sol sur l'efficacité d'un dispositif de biodépollution à l'aide des bactéries hydrocarbulates. Mémoire d'un master académique. Université Kasdi Merbah Ouargla. 22- 43P.
8. **BERNOUX M., et CHEVALLIER T., 2013.** Le carbone dans les zones sèches. Des fonctions multiples indispensables. *Les dossiers thématiques du CSFD*. N°10. Décembre 2013. CSFD/Agropolis International, Montpellier, France. 2-13P.
9. **BOULLARD B., MOREAU J., 1962.** Sol, microflore et végétation. Edition ; Masson; paris. 289P.
10. **BOTTINELLI N., 2010.** Evolution de la structure et de la perméabilité d'un sol en contexte de non labour associé à l'apport d'effluent d'élevage : rôle de l'activité lombricienne. Thèse doctorat INRA, Rennes. 22 P.
11. **CALVET R., 2003.** Le Sol : Propriétés Et Fonctions. Tome 1 : Constitution Et Structure, Phénomènes Aux Interfaces. Ed. France Agricole. 456 P
12. **CALVET R., CHENU C., HOUOT S., 2011.** Les matières organiques des sols. Rôles agronomiques et environnementaux. Editions France Agricole. Paris. 347P.
13. **CÉBRON A., 2004.** Nitrification, bactéries nitrifiantes et émissions de N₂O. *La seine en aval de paris*. Thèse doctorat. 289P.
14. **CHABALIER F.P., DE KHERCHOVE V., MARCARY H.S., 2006.** Guide de la fertilisation organique à la réunion. 301p.

Références bibliographiques

15. **CHOTTE J.L., DIOUF M., ASSIGBETSE K., LESUEUR D., RABARY B., Sall S., 2013.** Unexpected similar stability of soil microbial CO₂ respiration in 20-year manured and in unmanured tropical soils. *Environmental Chemistry Letters*, 11. 135-142 P.
16. **CPVQ (Conseil des productions végétales au Québec), 2000.** Guide des pratiques de conservation en grandes cultures. Guide technique. Québec. 400P.
17. **CRA (Chambre régionale de l'agriculture), 2011.** Guide des produits organiques utilisables en Langue doc-Rousillon. Tome 1. 122P.
18. **CULOT M., 2005.** Filières de valorisation agricole des matières organiques. Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux. 15-73P.
19. **DARI R., 2013.** Dénombrement de la biomasse microbienne des sols arides, exemple d'un sol salé sous deux types de cultures. Mémoire d'ingénieur. Université Kasdi Merbah Ouargla. 03- 53P.
20. **DESVIGNES P et BODET J.M., 2000.** La fertilisation du maïs fourrage dans les exploitations d'élevage. Travail présenté aux Journées d'information de l'A.F.P.F."Fourrages annuels et environnement". 6 P.
21. **DOMMERMES. Y ., MANGENOT F., 1970.** Ecologie microbienne du sol. Masson et Cie Editeurs, paris .796P.
22. **DOUCET R, 2006.** Le climat et les sols agricoles. Edition Berger Canada. 170- 172 P.
23. **DUCHAUFOR P., 1976.** Atlas écologique des sols du monde. Masson, Paris. 178 P.
24. **DUCHAUFOR P., 1977.** Pédologie. Pédogenèse et classification. Edit. Masson. Paris. Tome 1. 477P.
25. **DUCHAUFOR. PH, 2001.** Introduction à la science du sol. 6ème édition de l'abrégé de
26. pédologie. Dunod. Ed. Masson. Paris. 314P.
27. **DUPLESSIS J., 2002.**Le compostage facilité: guide sur le compostage domestique, NOVA Envirocom, Québec. 110 P.
28. **FRASER H., 2001.**Les caractéristiques du fumier ministère de l'agriculture. Fiche technique, 7P.

Références bibliographiques

29. **GIROUX M., GREGOIRE S.F.R., DESCHAMBAULT., 2000.** Études de différents facteurs affectant la composition des fumiers de bovins de boucherie entreposés en andains au champ.
30. **GOBAT J.M., ARAGNO M., MATTHEY W., 2003.** Le sol vivant. Bases de pédologie. Biologie des sols. Edit. Presses polytechniques et universitaires romandes. 571P
31. **GUET G., 2003.** Mémento d'agriculture biologique: guide pratique à usage professionnel. 2eme édition. Editions AGRIDECISIONS. Paris. 417P.
32. **GUEYDON C., 1992.** Variations de la valeur fertilisante des fumiers et lisiers de bovins. Influence de la complémentation, du niveau de production et du type de déjections animales. 71P.
33. **GROSBOLLRET C., 2008.** Evolution et effets sur la structuration du sol de la matière organique apportée en grande quantité. Thèse de doctorat SAGAH Angers INRA. 94P.
34. **HUBER G ., SCHAUB C., 2011.** La fertilité des sols : L'importance de la matière organique. Service Environnement-Innovation.42P.
35. **ITA (Institut de technologie agricole), 1977.** Laboratoire du sol : Méthodes d'analyses physiques et chimiques du sol 3eme et 4eme année. Mostaganem. 78P.
36. **KEBIR., T (2012).** Étude de contamination, d'accumulation et de mobilité de quelques métaux lourds dans des légumes, des fruits et des sols agricoles situés près d'une charge industrielle de l'usine zinc de la ville de Ghazaouet. Thèse de doctorat de l'université de Tlemcen.
37. **LEGROS J.P., 2007.** Les Grands Sols Du Monde. Ed. Presses Polytechniques Et Universitaires Romandes. Lausanne. 574 P.
38. **MATHIEU C ., PIELTAIN F., 2003.** Analyses physiques des sols. *Editions TEC et DOC.* Paris. 1-43P.
39. **Morel R., 1996.** Les sols cultivés. 2eme édition. Lavoisier TEC&DOC. Paris. 389 P.
40. **MUSTIN M., 1987.** Le composte, gestion de la matière organique. Edit. François Dubusc. Paris. 954P.
41. **MUSY A ., SOUTTER M., 1991.** Physique du sol. Edit. Presses polytechniques et universitaires romandes. 331P.
42. **MUSY A., HIGY C., 2004.** Hydrologie: 1 Une science de la nature. Editions Presses polytechniques et universitaires romandes. Collection gérer l'environnement. Lausanne. 314 P.

Références bibliographiques

43. **NORTCLIFF S., 2002.** Standardisation Of Soil Quality Attributs. Agriculture.Ecosystems & Environment. 161-168 P.
44. **NOUAR B., 2015.** Contribution à l'étude de la diversité floristique et biogéographique des matorrals selon un gradient altitudinal des monts de TIARET (ALGERIE). Mémoire présenté de Magister. Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen. 13-116 P.
45. **PETARD J., 1993,** Les Méthodes d'analyse, Tome 1, Analyses De Sols.
46. **PETIT J et JOBIN P., 2005.** La fertilisation organique des cultures.48P.
47. **ROBERT M., 1996.** Le Sol : Interface Dans L'environnement, Ressource Pour Le Développement. Ed. Masson. 244 P.
48. **SAHNOUNE R., 2014.** Analyse et Caractérisation physico-chimique des Sols d'Entreposage de la station de Pétrole (Bejaia) Mémoire de Master académique. Université Béjaia. 42 P.
49. **SAMAI I, 2009.** Evaluation et caractérisation de la matière organique dans les sols de Annaba. Mémoire d'ingénieur. Université Annaba. 71 P.
50. **SASSON A., 1967.** Recherches éco-physiologique sur la flore bactérienne de sol des régions du Maroc. Série botanique et biologie végétale. Travaux de l'institut scientifique chérifien et de faculté des sciences, Rabat. 30-55 P.
51. **SCHIMANN H., 2005.** Impacts de perturbations liées à l'orpaillage sur l'évolution des communautés et fonctionnalités microbiennes d'un sol. Thèse Doctorat. ENGREF. 103 P.
52. **SIBOUKEUR A., 2013.** Appréciation de la valeur fertilisante de différents types de fumier. Mémoire d'ingénieur. Université Kasdi Merbah Ouargla. 14- 37 P.
53. **SOLTNER D., 2003.** Les bases de la production végétale. Tome I. Le sol et son amélioration. Collection Sciences et Techniques Agricoles.23^{ème}. Ed. Paris. 472 P.
54. **SOLTNER D., 2005.** Les bases de la production végétale, tome 1 : le sol et son amélioration.
55. **SPOSITO G., 1997.** The Chemical Composition Of Soils. The Chemestery Of Soils. Oxford University Press.New-York. 3-27 P.
56. **OUSTANI M., 2006.** Contribution à l'étude de l'influence des amendements organiques (fumier de volailles et fumier de bovins) sur l'amélioration des propriétés microbiologiques des sols sableux non salés et salés dans les régions Sahariennes (Cas de Ouargla), Mémoire de Magister. Université Kasdi Merbah, Ouargla. 187 P.

Annexes

Annexes

Echelle d'interprétation des résultats:

1:Granulométrie

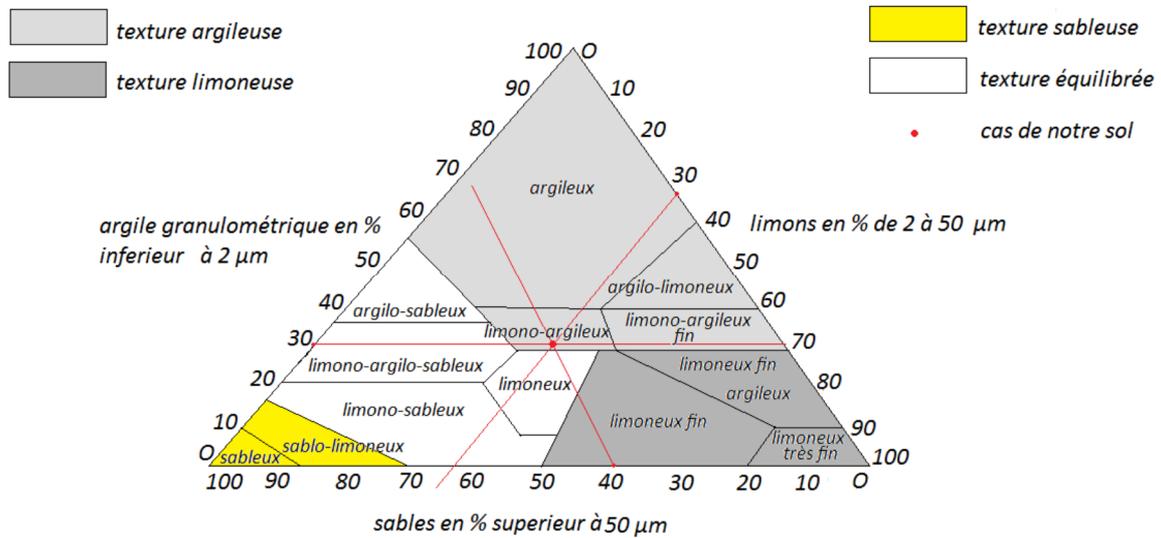


Figure 14 : Texture du sol étudié selon le triangle de textures (Soltner, 2005).

2 : La matière organique

Tableau 05: La matière organique dans le sol.

MO%	Non de classe
de 0,5 à 1,0 %	teneur très faible en matière organique
de 1,0 à 2,0 %	teneur faible en matière organique
de 2,0 à 3,0 %	teneur moyenne (ou modérée) en matière organique
de 3,0 à 5,0 %	teneur élevée en matière organique
> à 5 %	teneur très élevée en matière organique

(ITA, 1977)

3 : Conductivité électrique

Tableau N°06: Echelle de la salinité en fonction de la conductivité électrique de l'extrait 1/5.

CE (ds/m) à25°C	Degré de salinité
≤0.6	Sol non salé
0.6<CE≤2	Sol peu salé
2<CE≤2.4	Sol salé
2.4<CE≤6	Sol très salé
>6> à 5 %	Sol extrêmement salé

(AUBERT, 1978)

4 : Le pH

Tableau N° 07: Le pH, représente l'acidité du sol, il est mesuré dans un rapport sol/solution de 1/5

pH	< 3.5	3.5 - 4.2	4.2-5	5-6.5	6.5-7.5	7.5-8.7	>8.7
classe	Hyper acide	Très acide	acide	Faiblement acide	neutre	basique	Très basique

(BAIZE, 2000)

5 : Calcaire total

Tableau N° 08: Calcaire total.

CaCO ₃ %	Horizon
≤1	Non calcaire
1 < CaCO ₃ ≤ 5	Peu calcaire
5 < CaCO ₃ ≤ 25	Modérément calcaire
25 < CaCO ₃ ≤ 50	Fortement calcaire
50 < CaCO ₃ ≤ 80	Très calcaire
>80	Excessivement calcaire

(BAIZE, 2000)

6 : La stabilité structurale

Tableau N° 09: Classe de stabilité structurale d'après log 10 I_s.

Stabilité	Log 10 I _s	Évolution structurale probable
Très stables	< 1	<ul style="list-style-type: none"> - Aucune manifestation de désagrégation. - Effet durable des sous solages et labours profonds réalisés en conditions sèches.
Stables	1,0 à 1,3	<ul style="list-style-type: none"> - Battance peu probable et peu intense. - Prise en masse hivernale rare. - Sensibilité à l'érosion faible, même sur pentes fortes.
Stabilité médiocre	1,3 à 1,7	<ul style="list-style-type: none"> - Battance fréquente et accentuée en conditions pluvieuses. - Prise en masse lors d'excédents hydriques prolongés. - Érosion en rigole sur pentes fortes (> 3 %).
Instables	1,7 à 2,0	<ul style="list-style-type: none"> - Battance et prise en masse fréquentes en conditions climatiques normales. - Érosion fréquente sur pentes moyennes.
Très instables	> 2	<ul style="list-style-type: none"> - Battance et prise en masse généralisées. - Imperméabilité totale en fin d'hiver. - Érosion sur pentes très faibles.

(MATHIEU et PIELTAIN, 1998)

7 : La perméabilité

Tableau N° 10: Classe de perméabilité en fonction de la valeur de K.

$\text{cm}\cdot\text{s}^{-1}$	$\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	$\text{m}\cdot\text{j}^{-1}$
Sols imperméables			
10^{-5}	0,36	10^{-7}	0,0087
Sols peu perméables			
10^{-4}	3,6	10^{-6}	0,0864
Sols moyennement perméables			
10^{-3}	36	10^{-5}	0,864
Sols perméables			
10^{-2}	360	10^{-4}	8,64
Sols très perméables			

(MATHIEU et PIELTAIN, 1998)

Résumé

Evaluation et dynamique de la matière organique des sols « Cas de la région de Sebaine»

Dans le but d'étudier l'effet de différentes doses d'amendements organiques incorporés sous de fumier de cheval (0, 20 et 40%) sur l'évolution du stock organique et les propriétés physiques du sol à savoir : l'humidité, la densité apparente, la porosité, la stabilité structurale, la rétention en eau et la perméabilité de sols afin de gérer notre sol dans une perspective agronomique, nous avons effectué des analyses physico-chimiques sur trois échantillons de sols de la zone de Sebaine à l'institut technique des grandes cultures.

Les analyses physico-chimiques de l'échantillon témoin montrent que les sols de cette région sont argilo-limoneux, alcalins, non salés et pauvres en matières organiques.

Les analyses physico-chimiques des sols amendés ont montré une augmentation de : la matière organique, l'humidité, la rétention en eau, la perméabilité, la porosité et la diminution du pH et la densité apparente notamment pour la FC40.

On conclut alors que la meilleure dose de fumier de cheval à laisser un stock en matière organique et une amélioration des propriétés physiques du sol est 40% de FC.

Mots clés : Sol, Fumier de cheval, Matière organique, Propriétés physiques.

ملخص

تقييم وديناميكية المواد العضوية في التربة «حالة منطقة السبعين»

من أجل دراسة تأثير جرعات مختلفة من التعديلات العضوية المدرجة تحت سماد الخيول (0، 20، و 40٪) على تطور المخزون العضوي والخصائص الفيزيائية للتربة ، وهي: الرطوبة، الكثافة الظاهرة ، المسامية، الثبات الهيكلي، احتباس الماء ونفاذية التربة من أجل إدارة التربة من منظور زراعي، أجرينا تحليلات فيزيوكيميائية على ثلاث عينات من التربة من منطقة السبعين بالمعهد التقني للمحاصيل الكبرى.

تبين التحاليل الفيزيائية والكيميائية لعينة الشاهد أن تربة هذه المنطقة هي طمية طينية و غير مملح ومنخفض المادة العضوية.

أظهرت التحليلات الفيزيائية والكيميائية للتربة المعدلة زيادة في: المادة العضوية ، الرطوبة ، احتباس الماء ، النفاذية ، المسامية وانخفاض درجة الحموضة ، والكثافة الظاهرة خاصة بالنسبة للعينة سماد الخيول 40.

نستنتج إذا أن أفضل جرعة من سماد الخيول لترك مخزون المادة العضوية وتحسين الخصائص الفيزيائية للتربة هي 40 ٪ من سما الخيول.

الكلمات المفتاحية: التربة ، سماد الخيول ، المواد العضوية ، الخواص الفيزيائية.