

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Béjaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des sciences biologiques de l'environnement
Spécialité : Ecologie de l'Environnement



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**Comparaison de deux études de l'effet du
fumier de bovin sur l'évolution de la densité
apparente de deux types de sol, argileux et
sableux, soumis à des périodes de
dessiccation successive de 15 jours pendant
90 jours.**

Présenté par :

Ammari Karima & Merzouk Karima

Soutenu le : 27 septembre 2021.

Devant le jury composé de :

M :AHMIM Mourad

MCA

Président

M :SIDI Hachemi

MCA

Encadreur

M :BENHAMICHE Nadir

MAA

Examineur

Remerciements.

*Après avoir rendu grâce à Dieu Le Tout Puissant , Le Miséricordieux,
nous tenons à remercier vivement les membres de jury*

*Mr. AHMIM M Président et Mr BENHAMICHE N, examinateur,
d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nous avons l'honneur et le plaisir de présenter notre profonde gratitude
et nos sincères remerciements à notre promoteur
M.r SIDI H pour son aide précieuse, ses orientations et ses conseils éclairés.*

*Nos sincères et vifs remerciements s'adressent également à l'ensemble du
personnel du département écologie et environnement.*

KARIMA et KARIMA

Liste des abréviations

Abréviation	Significations
C .C	Capacité au champ
Da	Densité Apparente
H.C.C	Humidité à la capacité au champ
I.N.R.A.A	Institut National de la recherche Agronomique en Algérie
M.O	Matière Organique
M.O.S	Matière Organique du sol
R.U	Reserve Utile
CASSDEP	Coopérative Agricole des Services Spécialisée en Développement de la Plasticulture

Liste des figures

Figures	Titres	Pages
01	Triangle des textures (USDA, 1954)	5
02	Quelques exemples de structure du sol	8
03	Structure minéralogique des argiles	26
04	Séchage échantillon de terre sableuse	27
05	Séchage échantillon de terre argileuse	27
06	Tamisage de la terre	28
07	Le tamis de 2mm utilisé	28
08	Fumier de bovin brut à Lair liber	28
09	Tamisage du fumier de bovin	28
10	Mélange terre /fumier de bovin	29
11	Dispositif expérimental	30
12	Séchage à l'étuve	31
13	Rajout de l'eau perdu à l'aide d'une seringue	33
14	Flacons des mélanges aux différentes doses de M.O.	35
15	Mesure des échantillons avec une règle	36
16	Répartition des fractions minérales (en%) dans les 2 types de sols	38
17	Présentation des deux types du sol sur le triangle USDA	38
18	Evolution de la densité apparente (da) d'un sol sableux en fonction du temps pour les trois doses de matière organique	43
19	Evolution de la densité apparente (da) d'un sol argileux en fonction du temps pour les trois doses de matière organique	43

Liste des tableaux

Tableaux	Titres	Pages
I	Les classes granulométrique du sol	5
II	Classification des porosités	9
III	Caractéristique de compost	18
IV	La composition moyenne de quelques types de fumiers.	19
V	Caractéristiques agronomiques du fumier de bovin	20
VI	Teneur moyenne du fumier en éléments fertilisants	21
VII	Notation des prélèvements	30
VIII	Analyse granulométrique des 2 types de sol	38
IX	Résultat analytiques de la densité apparente (g /cm^3) en fonction des doses de matière organique (%).	41

Sommaire

INTRODUCTION	01
---------------------------	-----------

Chapitre I : Synthèse bibliographique

1.1. Le sol	03
1.1.1. Définition	04
1.1.2. Propriétés physique du sol.....	04
1.1.2.1. Texture	04
a) Analyse granulométrique	04
b) Role de la texture	05
1.1.2.2. La structure.....	06
a) Stabilité structural	06
b) Role de la structure	06
1.1.2.2.1. Principales classes de structure	07
1.1.3. La porosité.....	08
a) Définition	09
b) Type de porosité	09
1.1.4. La perméabilité ou la conductivité hydraulique.....	10
1.1.5. La densité apparente	10
1.1.6. Le tassement.....	11
a) Définition	11
b) Types de tassement du sol	12
1.2. Eau dans le sol.....	12
1.2.1. L'importance de l'eau dans le sol.....	13
1.2.2. Les états de l'eau dans le sol	13
1.2.2.1. L'eau de gravité	14
1.2.2.2. L'eau de rétention	14
1.2.2.3. L'eau de constitution	14
1.2.2.4. Les mouvements de l'eau dans le sol.....	14
1.2.3. Les humidités remarquables dans le sol	15
1.2.3.1. La capacité au champ.....	15
1.2.3.2. Le point de flétrissement (PF)	15
1.2.3.3. La réserve utile (RU)	16
1.3. La matière organique	16
1.3.1. Définition	16
1.3.2. Origines de types de MO.....	17
1.3.2.1. Litière.....	17
1.3.2.2. Le lisier	17
1.3.2.3. Engrais verts	17
1.3.2.4. Le compost	18
1.3.3. Les facteurs de biodégradation de la matière organique.....	22
a) Un pH neuter et une richesse suffisante en calcium	22
b) Une temperature et une humidité suffisante	23
c) Une bonne richesse en sucre soluble et en azote des matières organique enfouies	23
1.3.4. Effet de la matière organique sur les propriétés physiques du sol	23
1.4. Les argiles	25
1.4.1. Définition	25
1.4.2. Structure des argiles	25

1.4.3 Le complexe argilo-humique (CAH)	26
--	----

Chapitre II: Matériel et Méthodes

2.1. L'échantillonnage	27
2.1.1. Echantillonnage de terre	27
2.1.2. Echantillon de la matière organique	28
2.2. Expérimentation	29
2.2.1. Mélange terre/matière organique	29
2.2.2. Dispositif expérimental	29
2.3. Méthodes d'analyse	31
2.3.1. Mesure de l'humidité à la capacité au champ (H.C.C)	31
2.3.2. Analyse granulométrique	33
2.3.3. Mesure de la densité apparente	34

Chapitre III : Résultats et discussion

3.1. Analyse granulométrique	38
3.2. Analyse analytique	40
a) Etude comparative de l'évolution de la densité apparente en fonction des doses de matière organique des deux types de sol	41
b) Etude comparative de l'évolution de la densité apparente en fonction du temps de des deux types de sol	43
3.3. Comparaison des résultats analytiques des deux types de sol	48
3.4. Etude statistique	48
a) Par rapport à la dose	49
b) Par rapport au temps	49

<i>Conclusion</i>	51
-------------------------	----

INTRODUCTION

Introduction

Le sol est le produit de l'altération, du remaniement et de l'organisation des couches supérieures de la croûte terrestre, essentiellement sous l'action de la vie, de l'atmosphère et des échanges d'énergie qui s'y manifestent (**Gobat et al., 2010**).

Le sol est la couche la plus externe, marqué par les êtres vivants, de la croûte terrestre. Il est le siège d'un échange intense de matière et d'énergie entre l'air, l'eau et les roches. Le sol, en tant que partie de l'écosystème, occupe une position-clé dans les cycles globaux des matières (**Gobat et al., 2010**).

L'eau est la substance la plus répandue à la surface de la terre, que ce soit sous forme gazeuse (la vapeur d'eau est omniprésente dans l'atmosphère) ; sous forme liquide (les océans, les mers et les lacs occupent plus des 2/3 de la surface du globe) ou sous forme solide (la neige, les glaciers et la banquise représentent un stock d'eau considérable). L'eau est en outre le constituant principal des êtres vivants (50 à 90%), et s'avère indispensable à la vie en tant que milieu dans lequel se déroulent les réactions du métabolisme. (**Musy et Soutter, 1991**).

L'introduction du fumier de bovin dans les systèmes culturaux, comporte des avantages indéniables sur les plans agronomiques, économiques et environnementaux. Du fait de ses propriétés singulières, le fumier de bovin est utilisé assez couramment en tant qu'amendement organique des sols. Le fumier de bovin est destiné à améliorer, ou du moins conserver, les propriétés physico-chimiques des sols et à augmenter leur fertilité minérale, suite à leur incorporation dans le sol. En effet, introduit dans le sol, ce fumier se décompose lentement, stimule l'activité biologique et améliore la structure du sol. De même, il apporte au sol des éléments nutritifs et le protège contre l'érosion par la consolidation des agrégats, suite à leur cimentation par les acides humiques (**Soltner, 1987**).

INTRODUCTION

La compaction du sol, réduit également l'infiltration de l'eau dans le sol. Cela crée une saturation en eau des supérieurs qui à son tour, peut entraîner un manque d'oxygène pour les racines. La compaction du sol signifie que la densité du sol augmente lorsqu'il est comprimé (Tsague, 2005). La déformation, due aux efforts de compression verticaux, se traduit par une perte de volume du sol. Celle-ci peut résulter soit d'un écoulement latéral global du sol, soit d'une modification de sa masse volumique, traduisant une perte de porosité (Musy et Soutter, 1991).

La densité apparente est l'un des paramètres les plus importants dans les études portant sur la structure du sol. Elle est en effet liée à la nature et à l'organisation des constituants du sol (Chauvel, 1977 in Yoro et Godo, 1990).

L'objectif de notre travail se focalise sur l'étude comparative de l'effet du fumier de bovin sur l'évolution de la densité apparente de deux types de sol, argileux et sableux, soumis à des périodes de dessiccation successive de 15 jours pendant 90 jours. La comparaison entre la synthèse bibliographique deux travaux de mémoire qui a été déjà faite (mémoire de fin de cycle de Ouahcene Hassina et Saci Sara intitulé : Effet du fumier de bovin sur l'évolution de la densité apparente d'un sol argileux soumis à des périodes de dessiccation successives de 15 jours pendant 90 jours et le mémoire de Ghassouli /Larrassi intitulé : Effet du fumier de bovin sur l'évolution de la densité apparente d'un sol sableux soumis à des périodes de dessiccation successives de 15 jours pendant 90 jours. Cela permettra d'évaluer l'impact de ce fumier de bovin sur le type de sol (argileux, sableux) et donc estimer aussi l'évolution de leur porosité.

Pour répondre à cette problématique nous avons structuré notre travail en trois chapitres comme suite : Le premier chapitre présente une synthèse bibliographique relative aux propriétés physiques du sol. Le deuxième chapitre matériel et méthode d'analyse mises en œuvre, le troisième chapitre la comparaison et la discussion des résultats, pour finir avec une conclusion générale.

CHAPITRE I

1.1. Le sol

1.1.1. Définition

Le sol est un ensemble organisé (en différents horizons), évolutif, où la vie est présente et dont le matériau est la terre, il est le lieu de transfert de flux : eau, air, énergie et vie (**Girard, 2011**).

Le terme « sol » se rapporte à la couche extérieure de la terrestre, qui s'est fragmentée par altération au cours des âges. Il s'est formé initialement par désintégration et décomposition des roches dans des processus physiques et chimiques, influencés par l'activité et l'accumulation des résidus de nombreuses espèces biologiques (**Hillel, 1984**).

Le sol est défini par opposition au mot roche, dans sa définition géotechnique c'est un agrégat naturel de grains minéraux, séparables par une action mécanique légère est le résultat d'une altération naturelle physique ou chimique des roches. On conçoit donc que la limite entre un sol et une roche altérée ne soit pas définie nettement. Le sol est un matériau meuble, ce caractère étant fondamental. Il ne suffit cependant pas à définir un sol naturel, car certains matériaux produits par l'homme présentent aussi ce caractère. Par exemple les sous-produits miniers et les granulats concassés (sable, gravier, ballast...) sont aussi des matériaux meubles (**Degoutte et Royet, 1999**).

Les sols sont fréquemment modifiés par l'activité humaine (activité agricole par exemple), parfois à un point tel que le sol naturel, initialement en place, n'est plus reconnaissable. **En 1995, Baize & Rossignol** ont adopté le terme de processus anthropopédogénétique pour caractériser l'invention humaine. Une classe supplémentaire a été ajoutée aux référentiels pédologiques pour pouvoir caractériser ces sols plus ou moins modifiés, voire complètement artificiels.

1.1.2. Propriétés physique du sol :

1.1.2.1. Texture :

La texture d'un sol est sa teneur centésimale en sables grossiers et fins, en limons, en argiles, en humus et en calcaire. Elle se mesure donc par l'analyse granulométrique, mais sur le terrain, lors de l'examen du profil pédologique, il est possible de l'évaluer approximativement de façon tactile (**Soltner, 1988**). La texture est la répartition numérique des constituants élémentaires, en fonction de leur diamètre (**Musy et Soutter, 1991**).

La texture est la propriété du sol qui traduit de manière globale la composition granulométrique de la terre fine (**Gobat et al, 2010**). Elle reflète la part respective des constituants triés selon leur taille.

La texture intervient de façon directe par l'action des différentes fractions minérales et de façon indirecte par son rôle majeur dans la genèse de la structure du sol. Elle est l'un des facteurs majeurs de teneur en matière organique (**Morel, 1989**).

a) Analyse granulométrique

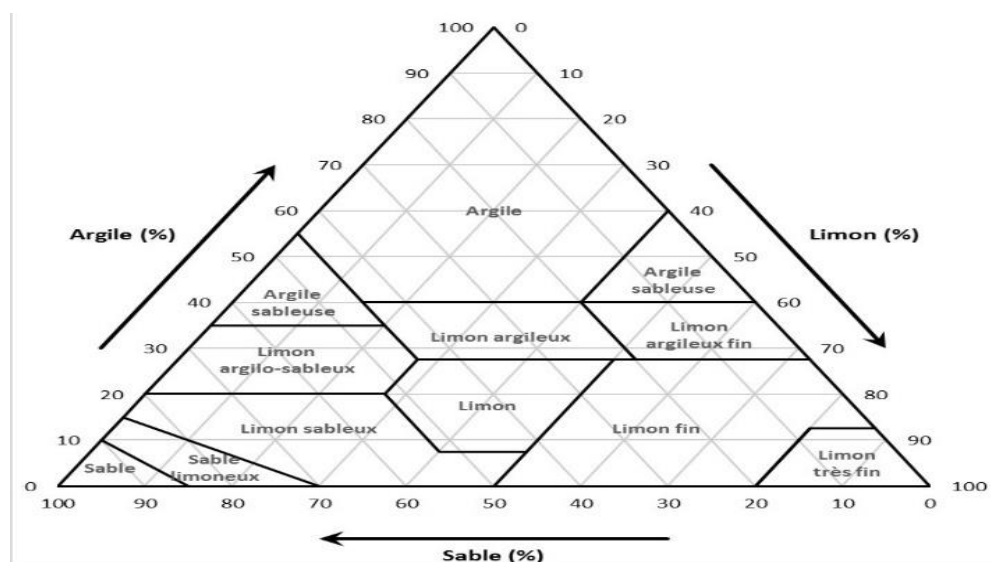
L'analyse granulométrique (analyse mécanique) consiste à classer les éléments du sol d'après leur grosseur (Tab. I) et à déterminer le pourcentage de chaque fraction minérale, pour déduire d'une manière générale la texture globale d'un sol (**Soltner, 1988**). Elle a pour objet l'évaluation quantitative des différentes classes granulométriques du sol.

Tableau I : Les classes granulométrique du sol (Baize, 2000)

Classe	Terre fine					Terre grossie	
	Fraction Argileux	Fraction limoneuse		Fraction sableuse		Graviers	Cailloux
	Argile	Limons fins	Limons grossiers	Sables fins	Sables grossier		
Diamètre Des Particules	<2 μ m	2 - 20 μ m	20 - 50 μ m	50 - 200 μ m	0,2 - 2 mm	2 - 20 mm	> 20 mm

b) Rôle de la texture

La texture conditionne directement la structure du sol, et donc la porosité et le régime hydrique. En particulier, la proportion d'argile influence la formation du complexe argilo-humique, la capacité d'échange cationique, la fertilité et la profondeur d'enracinement. La texture est une propriété stable, ne variant que rarement sur le long terme (**Gobat et al, 2003**). Elle renseigne sur les principales propriétés physiques du sol : La rétention et a circulation de l'eau, la cohésion et la plasticité, la battance, la prise en masse, la sensibilité à l'érosion etc.

**Figure n° 01 : Triangle des textures (USDA, 1954)**

1.1.2.2. La structure

La structure du sol est le résultat de l'organisation, du mode d'assemblage, à un moment donné, des constituants solides d'un horizon, considérés à un certain niveau d'observation : Les agrégats, les micro-agrégats, les particules élémentaires. Elle est définie par la disposition spatiale, la nature et l'intensité des liens entre ces éléments, tels qu'ils existent principalement au sein des agrégats présents dans les divers horizons de la couverture pédologique (**Girard et al, 2011**).

La texture intervient de façon directe par l'action des différentes fractions minérales et de façon indirecte par son rôle majeur dans la genèse de la structure du sol. Elle est l'un des facteurs majeurs de la teneur en matière organique (**Morel, 1989**).

a) Stabilité structurale

Elle correspond à la capacité d'un sol à conserver son arrangement entre particules solides et vides, lorsqu'il est exposé à différentes contraintes. Ces contraintes peuvent être de différentes natures et de différentes intensités, comme par exemple l'impact d'une pièce d'un outil de travail du sol, l'impact des gouttes de pluie ou l'humectation (**Bissonnais, 1966**). Dans la plupart des cas, le terme de stabilité structurale est synonyme de stabilité des agrégats. L'évolution de la porosité correspond à celle du volume du sol non occupé par les particules solides (**Dexter, 1988**).

b) Rôle de la structure

Les changements affectant la structure du sol modifient la circulation de l'eau, très rapide dans les structures particulières grossières, moyenne dans les formes grumeleuses, Presque nulle en cas de forte compaction. Dans la pratique, la structure est une propriété physique essentielle que l'agriculteur devrait connaître : fréquence de travail du sol, type de labours, type de machines à utiliser, germination des semis, sont autant d'éléments influençant la structure et influencés par elle. La structure grumeleuse par exemple, est un état fragile du sol agricole, rapidement détruite par un manque de matière organique, l'excès de certains engrais ou un tassement exagéré par des machines trop lourdes (**Gobat et al, 2003**).

1.1.2.2.1. Principales classes de structure

Selon **Gauthier (1991)** les principales classes de structure sont :

- **Structure particulière** : éléments non associés entre eux parce qu'il y a peu de colloïde ou des colloïdes non flocculés. Exemple : limon, sable, gravier, tourbe, etc. La structure particulière est « cohérente » lorsqu'il y a une certaine quantité d'éléments colloïdaux qui lie les particules grossières.

- **Structure continue ou massive** : le sol, sur une certaine épaisseur, forme un bloc sans fissures : exemple, masse argileuse compacte dans laquelle sont noyés d'autres minéraux de taille variable. La structure continue est « fragile » lorsqu'elle peut être rompue assez aisément pour donner des fragments. La structure continue et la structure particulière présentent au point de vue agricole de nombreux défauts, elles sont défavorables à la culture.

- **Structure fragmentaire** : les constituants du sol sont unis en agrégats de dimensions et formes variées (feuilles, prismes, polyèdres, sphères, plus ou moins réguliers) qui peuvent être facilement séparés les uns des autres. Dans le sol, généralement, plusieurs types de structure se succèdent avec des transitions à partir de la couche superficielle en allant vers la roche mère.

La structure a une influence sur les processus de transport d'eau et de solutés. Etant donné que la structure du sol détermine la disposition de l'espace porale, elle contrôle aussi la conductivité hydraulique du sol et la rétention en eau. L'architecture du sol a une profonde influence sur les micro-organismes du sol. En agrégeant les particules du sol entre elles, les micro-organismes modifient leur environnement. En termes d'habitat, un sol agrégé offre une diversité plus grande de par la taille des pores (**Diego, 2006**).

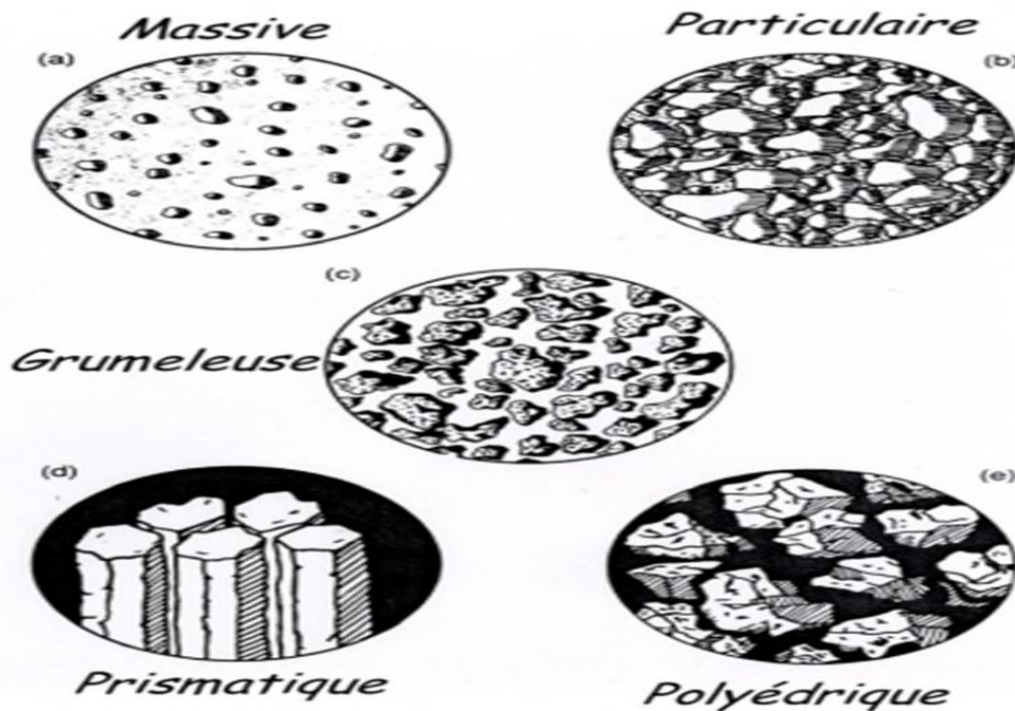


Figure n°2 : Quelques exemples de structure du sol (Gobat et al, 2003).

1.1.3. La porosité :

a) Définition :

La porosité c'est-à-dire le volume des vides exprimé en pourcentage du volume total, divisé lui-même en deux parties : capacité en air, capacité en eau, est une bonne expression de l'état actuel de la structure. Elle donne les indications essentielles concernant les propriétés physiques, assurant à la plante son alimentation en eau et la respiration de ses racines. Dans les cas limites de faible capacité en air, l'étude du potentiel d'oxydo-réduction donne des renseignements complémentaires très importants pour le pédologue et l'écologiste (Duchoufour et al, 2018).

b) Type de porosité :

La porosité est le volume d'un sol qui n'est pas occupé par des constituants solides. Elle correspond donc aux vides du sol qui peuvent être rempli par de l'eau et ou de l'air en proportion variable selon les conditions climatiques (**Girard et al, 2011**).

Selon la taille des pores, elle se subdivise en trois types (Tableau II) :

- **Macroporosité** : représente les vides de diamètre $> 50\mu\text{m}$, pouvant être remplis par l'eau de gravité, rapidement drainée et souvent colonisés par les racines moyennes (**Gobat et al, 2010**).

- **Méso-porosité ou porosité capillaire** : constituée des vides de diamètre entre 0.2 et $50\mu\text{m}$ retenant l'eau utilisable par les plantes (**Gobat et al, 2010**).

- **Microporosité** : représente les vides de diamètre inférieurs à $0.2\mu\text{m}$ retenant l'eau inutilisable par les végétaux (**Gobat et al, 2010**).

La méso-porosité dépend beaucoup de la texture, alors que la macroporosité est reliée surtout à la structure (**Gobat et al, 2010**).

Tableau II : Classification des porosités (Schoeller, 1955).

Rayon des pores	Classe	Etat de l'eau
$<1.0001 \text{ mm}$	Microporosité	Eau de rétention exclusivement
0.0001 à 2.5 mm	Porosité capillaire	Eau capillaire et eau gravitaire
$>2.5 \text{ mm}$	Macroporosité	Eau gravitaire dominante

La porosité est mesurée sur un échantillon du sol, de volume connu, prélevé sans modification de sa structure et pesé après dessiccation à 105°C. Elle peut être déduite également par les mesures de la densité apparente (d_a) et la densité réelle (d_r), à travers la formule suivante :

$$P = (d_r - d_a) / d_r \times 100$$

Où :

P : porosité en %

Dr : densité réelle

Da : densité apparente

1.1.4. La perméabilité ou (la conductivité hydraulique) :

Selon **Hillel (1984)**, la conductivité hydraulique est le rapport du flux au gradient hydraulique ou la pente de la courbe du flux de gradient. Elle est influencée par la structure et la texture ; elle sera plus élevée si le sol est très poreux, fracturé ou agrégé que s'il est compact et dense. La conductivité dépend non seulement de la porosité totale mais aussi et, surtout, de la dimension des pores conducteurs.

La perméabilité du sol à l'eau varie avec le temps, ce qui est en rapport avec la saturation par l'eau, le gonflement des colloïdes du sol, le changement de sa structure. A complète saturation du sol par l'eau, la perméabilité à l'eau prend une valeur plus ou moins constante qui détermine le processus de filtration (**Kaouritchev, 1980**). La perméabilité d'un sol est définie par la vitesse d'infiltration de l'eau de gravité en cm par second (ou par heure, si la vitesse est lente) (**Duchaufour, 1984**).

1.1.5. La densité apparente :

Selon **Duchaufour (2001)**, la densité apparente (d_a) correspond à la masse volumique du sol en place ; elle est variable selon la nature et l'état structurel du sol ; elle peut varier de

0.8 à 2, concernant l'ensemble de la fraction solide et des pores. Elle se mesure à l'aide de plusieurs méthodes, dont la plus simple et la plus utilisée est celle du cylindre.

Elle est la masse d'une unité de volume du sol séché à 105°C. Ce volume comprend aussi bien les solides que les pores. Elle a été mesurée par la méthode des cylindres (in situ), en utilisant des échantillons non perturbés et frais, connaissant le poids sec constant des échantillons séchés à 105°C et le volume des cylindres de prélèvement utilisés (**Blake et Hartage, 1986**). Elle est mesurée selon la formule suivante :

$$D_a = P_s / V_a$$

Où :

D_a : densité apparente

P_s : le poids de l'échantillon sec

V_a : le volume du cylindre utilisé

$V_a = \pi \times R^2 \times h$. [où : $\pi = 3.14$; R = Rayon du cylindre utilisé et h = hauteur du cylindre].

La densité apparente est l'un des paramètres les plus importants dans les études portant sur la structure du sol. Elle est en effet, liée à la nature et à l'organisation des constituants du sol (**Chauvel, 1977**). Elle permet en outre, de calculer la porosité et d'apprécier ainsi indirectement la perméabilité, la résistance à la pénétration des racines, la cohésion des horizons et la réserve en eau du sol (**Henin, et al, 1969**).

1.1.6. Le tassement :

a) Définition :

Processus majeur de dégradation physique des sols, le tassement par définition est une réduction du volume des sols sans modification de la masse (**Renouf, 2009**), avec une diminution de volume total de porosité texturale. Le tassement s'opère verticalement et peut résulter des phénomènes pédogénétiques naturels très lents (décarbonations, éluviation) (**Baize et al, 2013**). Il peut aussi affecter l'humidité du sol (**Barik et al, 2014**), en modifiant sa porosité.

b) Types de tassement du sol :

Selon **Anonyme (2014)**, il existe deux types de tassements :

- **Le tassement structural du sol** : c'est un réarrangement des éléments structuraux entre eux. Il conduit à une diminution des vides entre les agrégats et donc une diminution de la porosité structurale.

- **Le tassement textural du sol** : c'est un réarrangement des particules élémentaires à l'intérieur des agrégats, qui conduit à une diminution de la porosité texturale.

1.2. Eau dans le sol

Dans le cycle de l'eau, le sol joue un rôle prépondérant dû à sa position d'interface entre la basse atmosphère, la plante et l'assise géologique sous-jacente. Selon **Duchaufour et Souchier (1979)**, l'humidité du sol, provient de l'eau qui s'infiltre lors d'une pluie ; en effet, l'eau qui arrive au sol peut s'infiltrer, ruisseler ou s'évaporer, en proportion variable selon les caractéristiques de la pluie (durée, intensité...etc.) et les conditions du milieu (pente, humidité de l'aire...etc.).

Selon **Duchaufour et Souchier (1979)**, les relations entre le sol et l'eau seront développées sous trois angles :

- Le sol, réservoir hydrique.
- Les transferts liquides dans le sol.
- La réserve hydrique.

Selon **Girard Metal (2011)**, l'eau est un constituant tout à fait particulier des sols. En effet, à la différence des autres constituants, elle peut se déplacer au sein de la couverture pédologique et la quantité présente en un point donné est susceptible de variations parfois importantes et rapides. En outre, les propriétés physico-chimiques de l'eau font que sa présence, ou son absence, influent significativement sur le comportement des sols.

L'eau joue ainsi un rôle fondamental sur l'évolution, les propriétés et le comportement des sols, notamment selon quatre modalités principales :

- Qu'elle soit liquide ou solide, l'eau est l'un des facteurs essentiels de l'altération des matériaux parentaux (chapitre 2).
- Le déplacement de l'eau liquide dans la couverture pédologique modifie ponctuellement la composition de la terre, par rapport ou départ d'éléments, dissous ou non.
- L'activité biologique a besoin d'eau pour se développer dans les sols.
- Les propriétés physiques des sols varient selon la quantité d'eau présente.

1.2.1. L'importance de l'eau dans le sol

D'après **Duchaufour (1983)**, l'eau dans le sol a une importance considérable ; d'une part, elle intervient dans la nutrition des plantes, à la fois directement et indirectement, en tant que véhicule des éléments nutritifs dissous ; d'autre part, c'est un des principaux facteurs de la pédogenèse, qui conditionne la plupart des processus de formation des sols.

Les sources principales de l'eau du sol sont d'une part l'eau de précipitation, et aussi, dans certaines stations, l'eau souterraine (nappe phréatique permanente, alimentée souterrainement).

1.2.2. Les états de l'eau dans le sol

L'eau est un constituant tout à fait particulier des sols. Elle peut se déplacer au sein de la couverture pédologique et la quantité présente en un point donné est susceptible de variations parfois importantes et rapides. En outre, les propriétés physico-chimiques de l'eau font que sa présence, ou son absence, influent significativement sur le comportement des sols (**Michel C et al, 2011**).

1.2.2.1. L'eau de gravité

Selon **Mustin (1987)**, c'est l'eau libre s'écoule à travers le sol, qui percole par gravité. Lorsque l'écoulement s'arrête, le sol est dit ressuyé ; et les grosses lacunes du sol (on parle de macroporosité) sont remplies par les gaz. L'eau restante est plus activement retenue par la terre. C'est une grandeur caractéristique d'un type de sol ou d'un type de compost. Elle exprime la capacité de rétention de l'eau par sol, c'est l'humidité de la capacité au champ (exprimée en % d'eau).

1.2.2.2. L'eau de rétention

L'eau retenue par le sol au cours de l'infiltration des pluies occupe les pores fins et très fins ; les forces capillaires et d'absorption sont suffisamment élevées pour s'opposer aux forces de gravités. L'eau retenue se subdivise en deux parties : l'eau capillaire absorbable par les racines, qui occupe les pores fins, ou forme des ménisques entre les particules solides, l'eau liée (appelé aussi eau d'absorption), qui forme une fine pellicule à la surface des particules du sol, et qui, retenue très énergiquement, n'est pas absorbable par les racines (**Duchaufour, 1984**).

1.2.2.3. L'eau de constitution

Cette fraction de l'eau est totalement indisponible, au moins jusqu'à ce que la roche soit altérée. Une autre fraction de l'eau est fortement absorbée à la surface des colloïdes minéraux et organiques (argile, humus), mais aussi sur divers autre minéraux (**Beauchamp, 2008**).

1.2.2.4. Les mouvements de l'eau dans le sol

Les mouvements de l'eau dans le sol selon **Duchaufour (1983)**, relèvent de deux processus opposés :

* **Les mouvements descendants de l'eau de gravité**, qui s'infiltrer après les pluies, et qui sont liés à la perméabilité du profil.

* **Les mouvements ascendants**, beaucoup plus limités, qui interviennent en saison sèche et compensent de manière imparfaite les pertes par évaporation (ou évapotranspiration si le sol est occupé par une végétation continue).

La répartition de l'eau en profondeur dans le sol est la résultante de ces deux processus. Elle se traduit par un profil hydrique, qui, à un instant donné, est lié, d'une part, aux propriétés physiques permanentes du sol, d'autre part, aux circonstances météorologiques, évidemment très variable.

1.2.3. Les humidités remarquables dans le sol

1.2.3.1. La capacité au champ (CC)

Elle est définie la teneur en eau atteinte, *in situ*, lorsque la gravité naturelle a vidé les pores les plus gros par drainage. On trouve aussi dans la littérature, le terme de capacité de rétention ou même d'humidité équivalente (**Chossat, 2005**).

1.2.3.2. Le point de flétrissement (PF) :

Il a été longtemps défini d'une façon statique, comme la teneur en eau correspondante à un PF de 4.2 équivalent à une pression de 16 atmosphère. Cette teneur en eau croissant avec la texture du sol et la richesse du sol en humus (**Duchaufour et Souchier, 1979**). Le point de flétrissement correspond à la valeur limite de l'eau liée, donc non absorbable par les racines. Le pf est cette fois-ci relativement uniforme et indépendant de la granulométrie ; la pression correspondante est de 16 atmosphères, soit PF 4.2 (**Duchaufour, 1984**).

1.2.3.3. La réserve utile (RU)

C'est l'eau du sol utilisable par les plantes. Elle correspond donc à la quantité d'eau stockée dans un certain volume de sol entre les valeurs d'humidité limites, correspondantes à la capacité au champ et au point de flétrissement permanent (**Vauthier, 2010**). On peut l'évaluer assez aisément, en connaissant la profondeur d'enracinement et la densité apparente du sol.

1.3. La matière organique

1.3.1. Définition

L'importance de la matière organique dans le sol a été mise en évidence depuis longtemps ; plusieurs auteurs ont émis quelques propositions de définition de cette fraction. Parmi ces définitions, nous pouvons en citer quelques-unes :

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 substances très différentes et à des stades d'évolution très variés (**Duchaufour, 1977**).

Les matières organiques du sol sont l'ensemble des substances carbonées provenant des débris végétaux, des déjections et des cadavres d'animaux (**Soltner, 1990**).

Par le terme « MO des sols (MOS) » on entend l'ensemble des composés organiques qui sont issus de résidus d'organismes à différents stades de décomposition, synthétisés par les organismes vivants ou qui sont des produits de dégradation. Les quantités de MOS et de carbone organique dans un sol non cultivé et que dans un sol cultivé, elles égalent à 1.73 fois la teneur en carbone organique (**Duchaufour, 2001**).

1.3.2. Origines de types de M.O

1.3.2.1. Litière

Les débris végétaux de toute nature, feuilles, rameaux morts, qui sous une végétation permanente, tombent sur le sol et constituent la source essentiellement d'origine biologique, appelée humification ; elle donne naissance à l'humus, au sens propre du terme, formé d'un ensemble de composés organiques colloïdaux de couleur foncée, le plus souvent résultat de néoformation microbiennes et ayant contracté des liaisons plus ou moins stables avec les éléments minéraux du sol (Argiles, hydroxydes de fer et aluminium) (**Duchaufour, 1983**).

1.3.2.2. Le lisier

Le lisier est un mélange de déjections liquides et solides assez voisin du purin, mais légèrement plus riche en éléments carbonés stables. Il renferme des matières cellulosiques et lignifiées telles que des membranes cellulaires non digérées. La composition minérale varie selon les animaux, le mode d'élevage et l'importance des eaux de lavage ajoutées (**Vilain, 1989**).

1.3.2.3. Engrais verts

Un engrais vert une culture de végétation rapide, à incorporer au sol qui l'a fait pousser, pour en améliorer la fertilité. En général, les engrais verts sont des cultures dérobées, installées rapidement en été ou à l'automne entre deux cultures annuelles. Leur durée de végétation et leur éventuelle production de fourrage dépendent de la culture qui doit leurs succéder (**Soltner, 1988**).

1.3.2.4. Le compost

Le compost est le produit obtenu lors du compostage de déchets organique : fumier, résidus de récolte, déchets agro-industriels, déchets animaux, déchets ménagers, il représente un produit stable et riche en humus (**Mustin, 1987**).

Le compost est obtenu par la transformation dans des conditions contrôlées de produits organiques d'origine urbaine. Les déchets verts sont la principale source (70% environ), mais le compost est aussi produit à partir de bio-déchets ménagers et de boues issues du traitement des eaux usées (Cavet et al, 2015).

1.3.2.4.1. Caractéristiques du compost

Dans le tableau III ci-dessous, nous avons les paramètres essentiels qui caractérisent la plupart des composts.

Tableau III : Caractéristiques du compost

Paramètres	Teneur moyennes dans le compost domestique
Humidité	50% - 60%
Substances organiques	8% - 13%
PH (H ₂ O)	7.5 – 8.5
Azote (N total)	0.3% - 0.4%
Potassium (K ₂ O)	0.2% - 1.0%
Phosphore (P ₂ O ₅)	0.15% - 0.4%
Magnésium (MgO)	0.1 – 0.2%
Calcium (CaO)	0.4% - 1.2%
Nombre de semences ayant un pouvoir germinatif par litre	0 - 60

1.3.2.5. Le fumier

Il est constitué par les déjections solides et liquides des animaux mélangés aux litières (bruyère, fougère, tourbe, etc.), l'ensemble ayant subi des fermentations plus ou moins avancées (**Gauthier, 1991**).

Pour la plupart des fumiers, 45 à 70% de l'azote total, 65 à 80% du phosphore et pratiquement tout le potassium sont disponibles dès la première année. Il faut toutefois être prudent, car il s'agit de moyenne. Plus le rapport C/N du fumier est élevé plus le taux d'azote rapidement disponible est faible (**Weill et Duval, 2009**).

Sort des mélanges de fèces, d'urine et de pailles dont la teneur en matière sèche est l'ordre de 20%. Leur composition dépend de l'espèce animale, du mode de conduite de l'élevage et des modalités de stockage. Ce dernier a une grande influence en raison des biotransformations anaérobies et aérobies qui ont lieu dans le produit stocké, en particulier lorsqu'il fait l'objet d'un compostage (**Calvet et al, 2015**).

1.3.2.5.1. Les caractéristiques du fumier :

Tableau IV : La composition moyenne de quelques types de fumier. (**Gauthier, 1991**)

	Bovins	Ovins	Porcins	Chevaux
Azote	4 à 6	8	4	7
An hydrique phosphorique (P ₂ O ₅) g	2 à 3	2	2	2.5
Oxyde de potassium (K ₂ O) g	4 à 6	8	6	7

La composition est variable non seulement suivant l'espèce animale, mais aussi avec la nature et la quantité de la litière employée, de l'alimentation des animaux, du stade et du procédé de conservation.

Tableau V : Caractéristiques agronomiques du fumier de bovin (Chabalier et al, 2006)

Caractéristiques physique-chimique de la matière organique	C / N : 13 à 15% ISB : 40 à 60 % K1 : 20 à 40% Ph : 7 à 8% (plutôt neutre)
Coefficients d'équivalence engrais	N : 0.1 à 0.4% P ₂ O ₅ : 1% K ₂ O : 1% CaO : 1% MgO : 1%

Où :

*C/N : rapport carbone organique/ azote total ;

*ISB : Indice de Stabilité Biologique ;

*K1 : coefficient iso humique ;

* N : Azote total ;

*P₂O₅: Phosphor total;

*K₂O: Potassium total;

*CaO: Calcium total;

MgO: Magnesium total;

1.3.2.5.2. Composition du fumier

Le fumier est constitué par les déjections solides et liquides des animaux par leur litière. Sa composition et sa valeur fertilisante (Tableau III) dépendent de l'espace du bétail de l'affouragement, de la quantité et de la qualité de la litière du procédé de stockage.

Tableau VI : Teneur moyenne du fumier en éléments fertilisants (Bichari, 1996).

Eléments espèces animales	Azote (%)	Acide phosphorique (%)	Potassium (%)
Fumier de bovin	3 – 6	2 – 4	5 – 6
Fumier de mouton	6 – 8	2 – 3	6 – 8
Fumier de cheval	6 – 7	2 – 3	6 – 8
Fumier de volaille	18 – 20	12 – 13	22 – 25

1.3.2.5.3. Action du fumier sur le sol

Le fumier à moitié mur renferme une grande quantité de matière organique. Il est utilisé comme fertilisant en agriculture. Convenablement employés, les fumiers contribuent à maintenir la fertilité et à enrichir la terre par l'apport de matière organique et nutriments et qui exerce donc une action favorable sur les propriétés physique, chimique et biologique du sol. Un apport systématique de fumier accroît la teneur du sol en matière organique, réduit l'acidité et fait augmenter le degré de saturation par les bases. Les sols sablonneux, les limons sableux prennent du corps, leur pouvoir tampon augmentent, ce qui est important pour conserver l'humidité et les substances nutritives (**Smirnov, 1977**).

Le fumier de bovin allège les terres lourdes et donne du corps aux terres légères (**Vignerou, 1967**). Comme elle a un effet sur la fertilité du sol. Elle sert à l'entretien du stock d'humus de celui-ci et joue surtout sur l'amélioration de la structuration du sol et de l'activité biologique.

1.3.2.5.4. Évolution de la matière organique de sol

La matière organique subit trois types de transformation :

- * Une minéralisation, processus physique, chimique et biologique menant à la transformation des constituants organiques en constituants minéraux ;
- * Une humification, processus biochimique de néo synthèse de substances organiques par augmentation de la taille de certaines molécules ;
- * Une assimilation par les microorganismes, consommateurs ultimes à l'extrémité des chaînes de détritus (**Gobat et al, 2003**).

1.3.3. Les facteurs de biodégradation de la matière organique :

L'évolution des matières organiques étant d'origine biologique, tous les facteurs qui favorisent cette activité orientent et activent cette évolution :

a) Un pH neutre et une richesse suffisante en calcium :

Ces caractéristiques chimiques du sol interviennent de plusieurs façons :

- * En sélectionnant les types d'activité microbienne ;
- * En influant sur la nature des composés humiques formés ;
- * En déterminant la nature des composés humiques formés ;
- * En améliorant la structure du sol (**Soltner, 1988**).

b) Une température et une humidité suffisante :

L'humidité optimale se situe aux 2/3 de la capacité de rétention en eau du sol. Quant à la température, si elle n'est optimale qu'aux environs de 30°C. Elle peut entretenir une activité microbienne moyenne à 10-15°C, l'activité devenu pratiquement nulle à 0°C (**Soltner, 1988**).

C) Une bonne richesse en sucre soluble et en azote des matières organique enfouies :

Il faut distinguer à ce sujet deux sources différentes des matières organiques :

- Les végétaux jeunes.
- Les végétaux âgés (**Soltner, 1988**).

1.3.4. Effet de la matière organique sur les propriétés physiques du sol**1.3.4.1. Effet sur la structure et la stabilité structurale dans le sol**

La matière organique est un agent de liaison entre les particules minérales du sol (**Chenu, 1989**). D'autre part, elle peut rendre hydrophobe les surfaces des particules minérales, ce qui a pour effet de ralentir la vitesse d'humectation des agrégats et donc de réduire l'éclatement (**Grosbellet, 2008**). La fonction humique est la principale fonction organique identifiée comme étant impliquée dans la stabilité structurale d'un sol (**Annabi et al, 2007**).

Les produits transitoires de décomposition de matière organique jouent un rôle considérable mais de courte durée sur la stabilisation de la structure. La matière organique évoluée améliore la stabilité de façon plus durable. Cette dernière modifie la dynamique de l'eau en améliorant la structure et la stabilité structurale en particulier la dégradation de la structure en surface est réduite (**Gras, 1988**).

1.3.4.2. Effet sur rétention en eau du sol

L'incorporation de différents types de matière organique augmente la rétention en eau du sol (**Valat et al, 1991 ; Giusquiani et al, 1981**), ainsi que la quantité d'eau disponible pour les plantes. L'augmentation de la rétention en eau est en partie due à l'augmentation de la porosité. Cet accroissement de la capacité de rétention en eau du sol pourrait être dû aussi à la forte capacité de rétention en eau de la matière organique présente dans le sol par rapport aux particules minérales du sol (**Villar et al, 1993**).

Les matières organiques ont des masses volumiques réelles plus faibles que les matières minérales. Par simple effet de dilution, un apport de matière organique devrait donc diminuer la masse volumique apparente du sol. De nombreux auteurs obtiennent des résultats allant dans ce sens et montrent que la porosité augmente avec la dose de matière organique apportée (**Grosbellet, 2008**).

En plus de cet effet de dilution, l'augmentation de la porosité peut aussi être liée à l'augmentation de l'agrégation du sol après un apport de matière organique **Garcia-Orens et al (2005)** ont montré que l'augmentation des particules grossières dans le sol est le facteur expliquant le mieux la diminution de la masse volumique apparente. Il paraît évident que plus les particules de sol (primaires ou agrégées) sont grossières, plus les espaces lacunaires entre ces particules sont importants (**Grosbellet, 2008**).

1.4. Les argiles

1.4.1. Définition

Le mot argile aurait deux origines, l'une grecque par le mot Argos qui veut dire blanc, l'autre latin par le mot *argila*. L'argile est un matériau naturel qui a été utilisé par l'homme depuis très longtemps, notamment dans l'antiquité, pour la poterie (**Calvet, 2003**). Les argiles proviennent souvent de la désagrégation et de la dissolution des roches détritiques qui les avaient piégés lors de leur sédimentation sous-marine et de leur diagenèse, et dont elles peuvent constituer une partie importante (**Gobat et al, 2010**).

Les argiles opposent une résistance très variable à la dégradation par les agents complexant ; cette résistance est aussi fonction des facteurs climatiques, elle est évidemment plus faible en climat chaud qu'en climat tempéré ou froid (**Duchaufour, 1983**).

1.4.2. Structure des argiles

Trois types d'argiles minéralogiques sont différenciés, selon le nombre de couches constituant les feuillets :

Le type 1/1 est le plus simple, avec un feuillet à deux couches, une octaédrique d'alumine, d'une épaisseur fixe de 0,7 nm, espace inter-feuillets compris. ***La kaolinite*** fait partie de ce groupe.

-Le type 2/1 est constitué d'un feuillet à trois couches, deux de silice qui entourent une d'alumine. De ce type relèvent les argiles micacées comme les ***illites*** (épaisseur constante de 1 nm) et les ***vermiculites*** (épaisseur variable de 1 à 1,5 nm) mais aussi les ***argiles gonflantes*** que sont les ***smectites-montmorillonites***, dont l'épaisseur des feuillets peut atteindre 2 nm par hydratation.

-Le type 2/1/1 présente un feuillet à trois couches complétées d'une supplémentaire octaédrique à base de magnésium. Ces argiles à faible capacité d'échange, comme *les chlorites*, ne sont pas gonflantes, l'épaisseur des feuillets restant fixe (Gobat et al., 2003). La figure n°3.

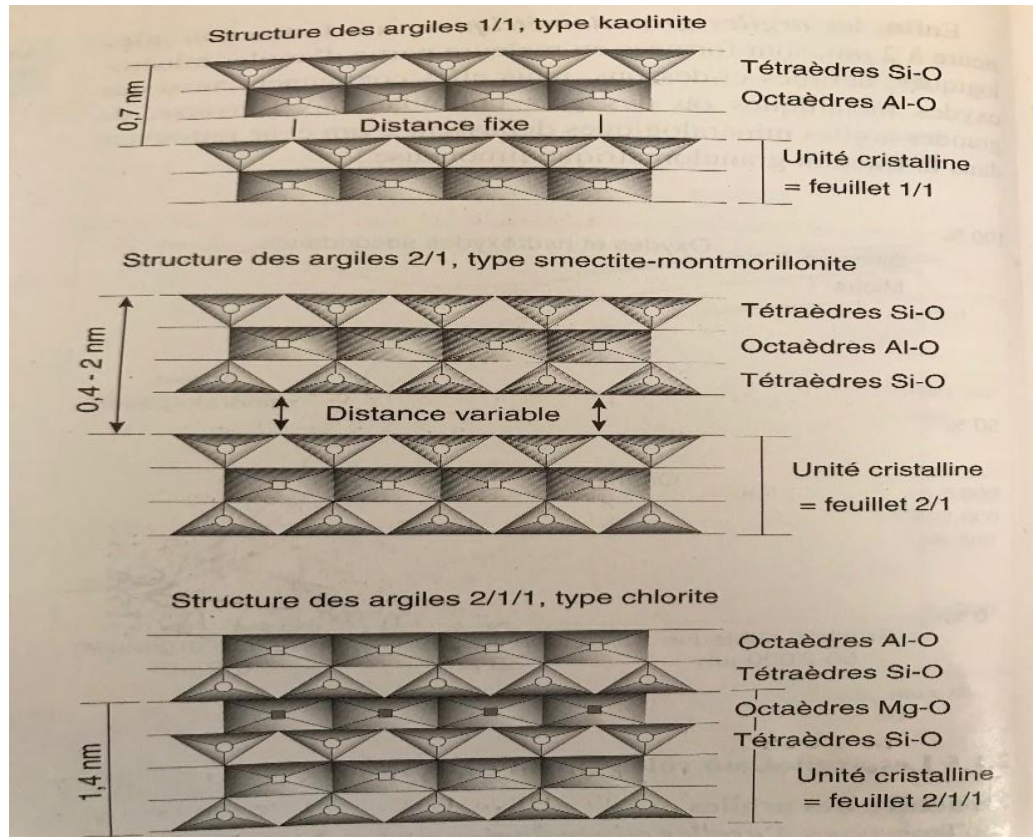


Figure n°3 : Structure minéralogique des argiles (Gobat et al., 003)

1.4.3. Le complexe argilo-humique(CAH)

Dans l'écosystème, le sol est le siège privilégié de la rencontre entre les mondes minéral et organique (Gobat et al, 2010). C'est ainsi que l'association des argiles et de l'humus donne naissance à ce qu'on appelle communément le complexe argilo-humique ou complexe adsorbant. Duchaufour (1984) l'a défini comme étant l'ensemble des colloïdes au sens large du terme, composés humiques et argiles dotés de charges négatives susceptibles de retenir les cations sous la forme dite échangeable, c'est-à-dire pouvant être remplacés par d'autres cations, dans certaines conditions précises.

CHAPITRE II

2. 1. L'échantillonnage

2.1 1. Echantillonnage de terre

L'étude porte sur deux types de sols, des échantillons de terre de texture sableuse prélevés sur le site de la coopérative Agricole CASSDEP de Tichy (Bejaia), et d'une terre cultivée de texture argileuse, prélevées sur le site de la station INRAA de Bejaia. Le choix de ces sols a été motivé par leur comportement très différent vis à vis de la dynamique de l'eau dans le sol.

Des prélèvements des échantillons de terre ont été effectués à l'aide d'une pelle. Ces derniers sont mis à l'air libre (température ambiante) pour séchage en étalant la terre sur du papier journal pendant 1 ou 2 jours, afin d'éliminer toute trace d'humidité.



Figure n°4/Séchage échantillon de terre sableuse **Figure n°5** / Séchage échantillon
de terre argileuse



Figure n°6/ Tamisage de la terre

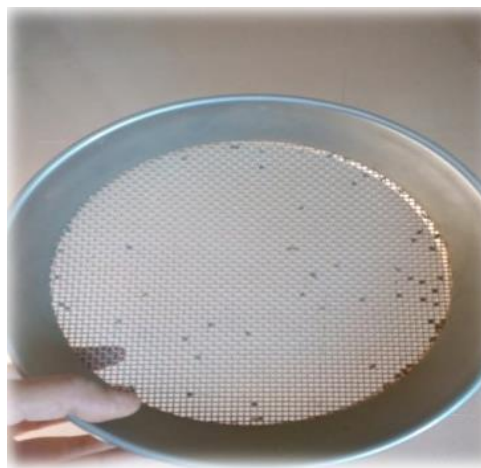


Figure n°7/Le tamis de 2mm utilisé

2.1.2. Echantillon de la matière organique

Le type de matière organique choisi est le fumier de bovin, celle-ci a été préparé au laboratoire de façon suivante :

Séchage à l'air libre sur papier journal pendant 2 à 4 jour, effrité puis tamisé à l'aide d'un tamis à 2mm, cette matière organique servira ensuite au mélange avec les échantillons de terre.



Figure n°8 : Fumier de bovin brut à l'air libre



Figure n° 9 : Tamisage du fumier de bovin

2.2. Expérimentation

2.2.1. Mélange terre/matière organique

Ces échantillons de terre fine mis dans des flacons en plastique de 60g sont mélangés à de la matière organique dans notre cas du fumier de bovin à différents pourcentages ;

* 0% du fumier de bovin (témoin) ;

* 2% du fumier de bovien ;

* 5% du fumier de bovin ;



Figure n°10 : Mélange terre /fumier de bovin

2.2.2. Dispositif expérimental

Les mélanges terre-matière organique sont placés au laboratoire à température ambiante et dans des condition d'humidité proche de la capacité au champ (80%de la capacité au champ). Ces échantillon terre/MO ont été soumis à une dessiccation prolongée de 30jour, dans le laboratoire. Après cette période L'humidité est maintenue plus au moins constante par humidification des échantillons tous les15jour durant l'expérimentation

L'expérimentation a duré 90 jours, durant laquelle des prélèvements espacés ont été effectués selon le calendrier consigné dans le tableau suivant :

Tableau n° VII : Notation des prélèvements

		Types du sol					
		Sol argileux			Sol sableux		
Taux de M.O	Temps de prélèvements	0%	2%	5%	0%	2%	5%
	0 jours	3	3	3	3	3	3
	30 jours	3	3	3	3	3	3
	60 jours	3	3	3	3	3	3
	90 jours	3	3	3	3	3	3

Le nombre totale d'échantillons pour toute l'expérimentation sera donc de :

4PX3DX3R= 36 échantillons



Figure n°11 : Dispositif expérimental

2.3. Méthodes d'analyse

2.3.1. Mesure de l'humidité à la capacité au champ (H.C.C)

Au début du lancement de l'expérimentation, on calcule la capacité au champ les 02 type d'échantillons (Sableux et Argileux), afin de pouvoir l'humidifier durant l'expérimentation, tous les 15 jour.

La méthode utilisée, repose sur le principe de saturation des échantillons de terre, pour remplir totalement sa porosité ensuite de laisser les échantillons se ressuyer sous l'effet de la gravite, jusqu'à ce que l'eau de gravité s'échappe par drainage. Ensuite nous récupérons les échantillons ressuyés pour mesurer la teneur en eau correspondant à la capacité au champ. Celle-ci est mesurée par la méthode directe, dite méthode gravimétrique ou mesure par pesées (Musy et Soutter,1991).

Cette mesure peut se faire de la façon suivante :

- Il faut d'abord humidifier environ 60grs de terre mise dans un pot en plastique (trié par le bas), jusqu'à saturation.
- Laisser ressuyer l'échantillon durant un moment (jusqu'à l'arrêt de l'écoulement de l'eau par le bas du pot).
- Prendre une petite quantité de terre de ce pot et peser à l'état humide
- Mettre cette quantité de terre dans l'Etuve à 105°C, jusqu'à séchage de l'échantillon (poids constant)



Figure n°12 : Séchage à l'étuve

-Sortir les échantillons de l'étuve après séchage, ensuite les laisser refroidir et peser à nouveau les échantillons à l'états sec.

- Calculer l'humidité à la capacité au champ (H.C.C) selon la formule suivante :

$$\text{H.C.C.} = (\text{Humidité (état humide)} - \text{Humidité (état sec)}) / \text{Humidité (état sec)} \times 100$$

Dans le cas

-terre sableuse :

-Echantillon à l'état humide =75,14g

- Echantillon à l'état sec =68,56g

$$75,14 - 68,56$$

$$\text{Donc ; HCC} = \frac{\quad}{25,78} \times 100 = 25,52\%$$

- Terre argileuse :

- Echantillon à l'etat humide =50g

- Echantillon à l'etat sec =33, 69g

$$50 - 33,69$$

$$\text{Donc ; HCC} = \frac{\quad}{50} \times 100 = \mathbf{32,62\%}$$

Après avoir calculé la capacité au champ de nos 02 terres nous, devons maintenir ces échantillons à 80% d'humidité à leur capacité au champ, tout cela dans le but d'avoir une meilleure évolution de matière organique lors du mélange avec les échantillons de terre.

Calcule de la capacité au champ CC (80%)

- terre sableuse :

$$25,52$$

$$\text{CC (80\%)} = \frac{\quad}{100} \times 80 = \mathbf{20,42\%}$$

Donc la quantité d'eau à rajouter pour les pots contenant l'échantillon de terre sableuse, sera de **20,42%**

- terre argileuse :

$$CC(80\%) = \frac{32,62}{100} \times 80 = 26,09\%$$

Donc la quantité d'eau à rajouter pour tous les pots contenant les échantillons de terre argileuse, sera de **26,09%**

Les pots sont disposés au laboratoire, puis rajoutée la quantité d'eau perdue chaque 10 jours à l'aide d'une pipette ou d'une seringue (Figure N°13). Cette opération est renouvelée pour les 03 prélèvements, on sacrifie 9 pots à chaque prélèvement, soit 30 jours, 60 jours et 90 jours.



Figure n° 13 : Rajout de l'eau perdu à l'aide d'une seringue

2.3.2. Analyse granulométrique

L'analyse granulométrique, appelée aussi analyse mécanique, consiste à séparer les particules minérales inférieures à 2mm de diamètre, en catégories classées en cinq fractions d'après leur dimension. Les proportions relatives de ces catégories, sont déterminées en pourcentage de la masse totale du sol minéral (Belaidi, 2007). Les cinq fractions granulométriques données selon des classes de diamètres suivant l'échelle d'Atteberg qui définit les classes de différents diamètres sont les suivantes (**Bonneau et Souchier., 1979 ; Baize et Jabiol, 1995**) :

On distingue habituellement les catégories suivantes :

- Argiles (A) de diamètre $< 2\mu\text{m}$.
- Limons Fins (L. F.) de diamètre $2\mu\text{m}$ à $50\mu\text{m}$.
- Limon Grossiers (L.G.) de diamètre $50\mu\text{m}$ à $200\mu\text{m}$.
- Sables Fins (S.F.) de diamètre $200\mu\text{m}$ à $500\mu\text{m}$.
- Sables grossiers (S.G.) de diamètre $500\mu\text{m}$ à 2mm

L'analyse granulométrique a été effectuée suivant la méthode internationale, avec la pipette de Robinson. Elle consiste :

- Destruction de la matière organique par l'eau oxygénée (H_2O_2) à 20 volumes ;
- Dispersion des agrégats par le pyrophosphate de sodium à 4% ;
- Remise à suspension, prélèvement après un temps de sédimentation des particules fins (argiles et limons), et récupération des fractions grossières de diamètre inférieur à $50\mu\text{m}$ par tamisage après élimination des fractions fines.

La détermination de la texture se fait par la projection des pourcentages des différentes fractions sur « le triangle des textures (U.S.D.A) ».

2.3.3. Mesure de la densité apparente :

Principe :

La densité apparente est le rapport de la masse d'un échantillon de terre sur son volume apparent. Ce volume comprend aussi bien les solides que les pores. Elle a été mesurée, en utilisant le principe de la méthode des cylindres. Dans ce cas, le pot utilisé pour l'expérimentation est considéré comme le cylindre (diamètre 3,6 cm).

Connaissant le poids sec des échantillons et le volume occupé par ces derniers dans les pots.

La connaissance de ces deux variables, permet de calculer la densité apparente selon la relation :

$$D_a = P_s / V_a$$

Où :

D_a : densité apparente

P_s : le poids de l'échantillon sec

V_a : le volume du cylindre utilisé

$V_a = \pi \times R^2 \times h$. [où : $\pi = 3.14$; R = Rayon du cylindre utilisé et h = hauteur du cylindre].

Protocole :

Après avoir calculer l'humidité à la capacité au champ comme, indiqué précédemment, on a suivi les étapes suivantes :

1-Mettre 60g de mélange terre/M. O dans les flacons en plastiques ;

2-Humidifier à 80%de H.C.C à l'aide d'une pipette par goutte à goutte ;



Figure n° 14 : Flacons des mélanges aux différentes doses de M.O.

3- Mesurer la hauteur des échantillons (terre, terre/M. O) ;

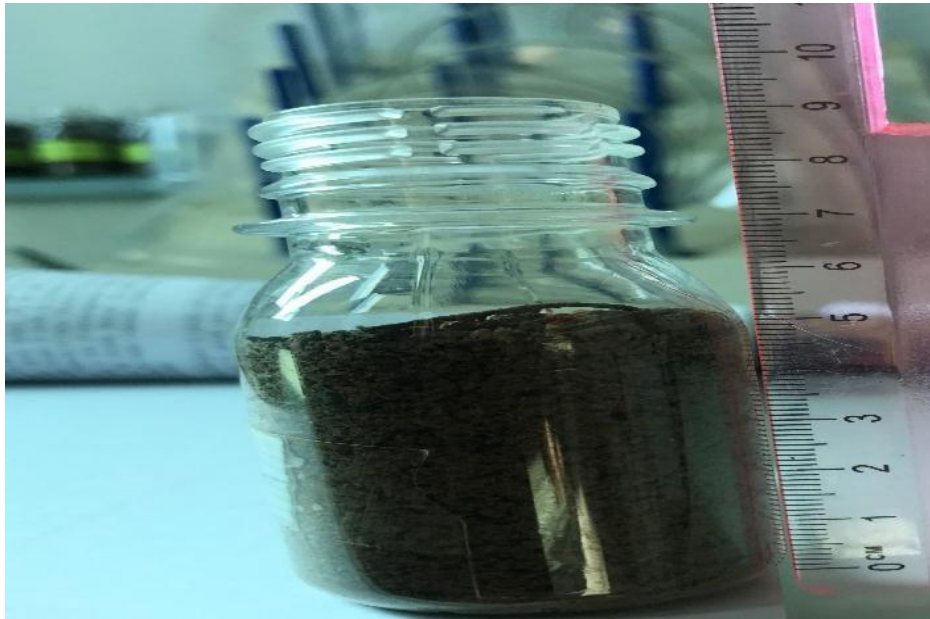


Figure n° 15 : Mesure des échantillons avec une règle

4- Calculer le volume occupé par chaque échantillon suivant cette loi :

$$V = \pi \times R^2 \times h$$

Où :

V : Volume occupé par chaque échantillon

R : Rayon du cylindre utilisé la base du flacon (cm)

H : Hauteur du cylindre de chaque échantillon (cm)

π : 3,14

5- Calculer la densité apparente de chaque échantillon selon cette loi :

$$Da = \frac{Ps}{Va}$$

Sachant que :

Da : densité apparente (g/cm^3).

Ps : Le poids de l'échantillon sec (gr).

Va : Le volume occupé par l'échantillon dans chaque pot utilisé (cm^3).

CHAPITRE III

3.1. Analyse granulométrique

Les résultats de la détermination de l'analyse granulométrique, pour les deux types de sol, Sableux (CASSDEP) Bejaia et Argileux (INRAA d'oued-Ghir), sont consignées dans le tableau ci-dessous.

Tableau n° VIII : Analyse granulométrique des 2 types de sol

sol	Granulométrie (%)			
	Argile	Limon	Sable	Texture
CASSDEP	7.89	7.91	84.1	Sableux
INRAA	42	32	26	Argileux

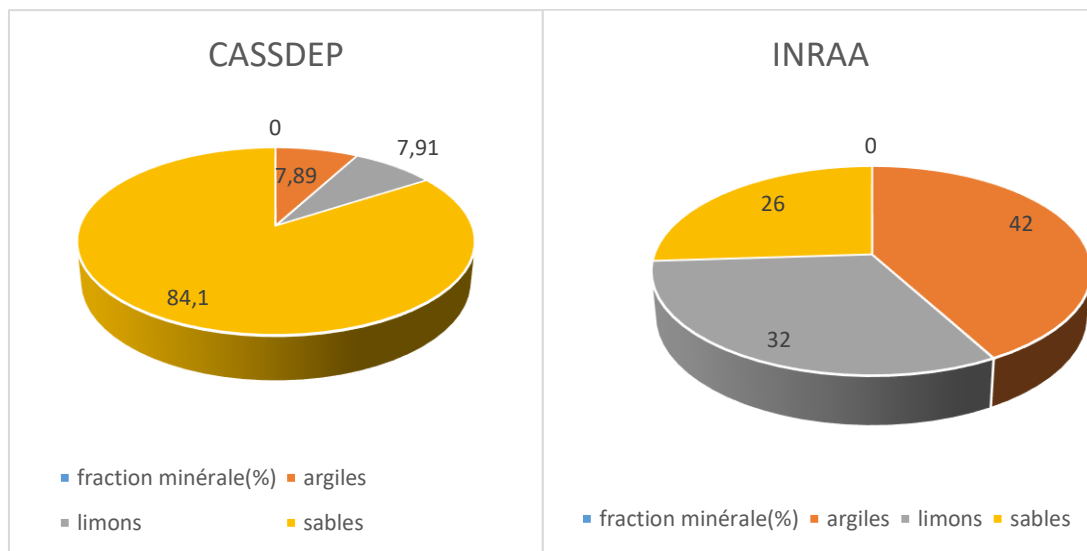


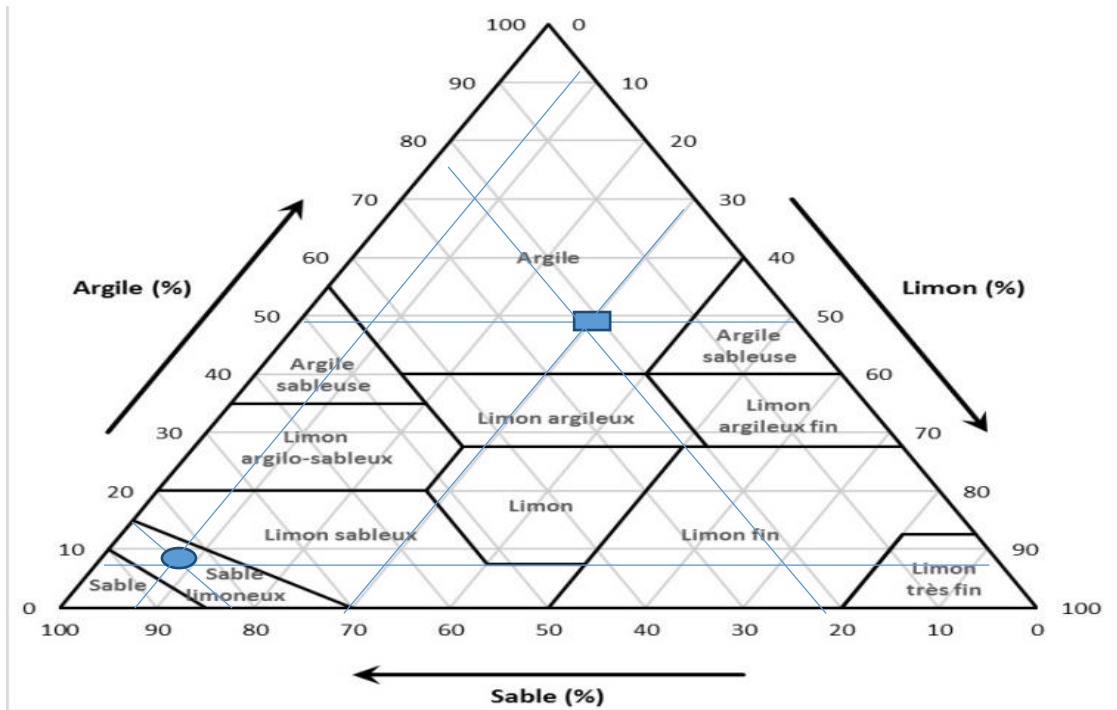
Figure N°/16 : Répartition des fractions minérales (en%) dans les 2 types de sols.

_ D'après les résultats de l'analyse granulométrique, présentés dans le tableau n°VII nous pouvons déduire par le biais du triangle des textures, que le sol de la station de la **CASSDEP** à une texture sableuse (sable fin et grossier), avec une faible teneur en argile

estimée à **7,89%**. Ce type de sol est caractérisé par un appauvrissement en éléments nutritifs, une capacité de rétention en eau très faible, une très faible cohésion entre les quelques agrégats qui s'y trouvent et surtout une perméabilité très importante, engendrent un dessèchement trop rapide. Il est considéré comme un substrat physique qui nécessite toujours des quantités importantes en matières organiques.

Pour ce qui concerne le sol de **INRAA** ce sol présente une texture argileuse, avec un taux d'argile nettement dominant de **42%** par rapport aux autres fractions minérales, limoneuse (**32%**) et sableuse (**26%**).

Les sols de ce type de texture sont chimiquement riches, mais à pauvres propriétés physiques et difficile à travailler ; milieu imperméable et mal aéré, formant obstacle à la pénétration des racines. L'argile peut stocker de très importantes quantités d'eau (Gonflement), mais l'assèchement des horizons argileux provoque des retraits et des fontes, pour cette raison les horizons très argileux sont difficiles à travailler. Ils peuvent être asphyxiant et pénaliser l'activité biologique du sol (microorganismes mais aussi racines des végétaux cultivés).



● CASSDEP ■ INRAA

Figure n° 17 : Présentation des deux types de sol sur le triangle (USDA)

3.2. Analyse analytique

Pour l'étude comparative d'analyse analytique des deux types de sol on a le tableau suivant :

Tableau n° IX : Résultat analytiques de la densité apparente (g/cm^3) en fonction des doses de matière organique (%).

	Type de sol					
	Sol argileux			Sol sableux		
Dose de fumier (g/cm^3)	0%	2%	5%	0%	2%	5%
0 jour	1,22	1,11	0,93	1,34	1,11	0,91
30 jours	1,09	1,02	0,91	1,38	1,2	1
60 jours	1,11	1,02	0,88	1,43	1,28	1,13
90 jours	1,1	1,05	0,92	1,4	1,32	1,14

a. Etude comparative de l'évolution de la densité apparente (g/cm^3) en fonction des doses de matière organique (%) de deux types de sol :

-Pour le sol sableux

A travers les résultats consignés dans ce tableau nous remarquons que pour les échantillons (sans apport de fumier) et après **0,30,60** et **90** jours d'évolution, la densité apparente est relativement faible, respectivement de **1,34g/cm³**. L'apport du fumier fait baisser sensiblement celle-ci, selon la dose incorporée. De **1,34g/cm³** pour les témoin (**0%** de fumier), elle passe à **1,11 g/cm³** pour l'échantillon à **2%** de fumier et à **0,91g/cm³** pour l'échantillon à **5%** de fumier, au début de l'expérimentation (**T0**). Après **30** jour, la densité apparente augmente légèrement par rapport aux échantillons à **2%** de fumier et à **1g/cm³** pour les échantillons à **5%** de fumier. Cela démontre le rôle fondamental du fumier de

bovin sur l'évolution de la densité apparente des sols de texture légère, comme celle de nos échantillons sableux.

-Pour le sol argileux

Sans apport de fumier **0,30,60** et **90** jours d'évolution, la densité apparente est relativement faible, respectivement de **1,22 g/ cm³**.

Nous remarquons que pour les échantillons enrichis à 2% de fumier, les densités apparentes sont respectivement de **1.11g/ cm³**, **1.02g/ cm³** et **1.5g/ cm³** pour les temps d'expérimentation de **0** jour, **30** jours, **60** jours et **90** jours.

Pour les échantillons enrichis à 5% de fumier, ces densités apparentes évoluent assez significativement, pour atteindre respectivement **0.93g/ cm³**, **0.91g/ cm³**, **0.88g/ cm³** et **0.92g/ cm³** pour les **0, 30, 60** et **90** jours d'expérimentation. Nous remarquons ainsi une très nette amélioration de la densité apparente, par rapport aux échantillons témoins à 0% de fumier avec **1.22g/ cm³**, **1.09 g/cm³**, **1.10 g/ cm³** pour respectivement des temps de **0** jour, **30** jours, **60** jours et **90** jours d'expérimentation.

b. Etude comparative de l'évolution de la densité apparente en fonction du temps des deux types de sol :

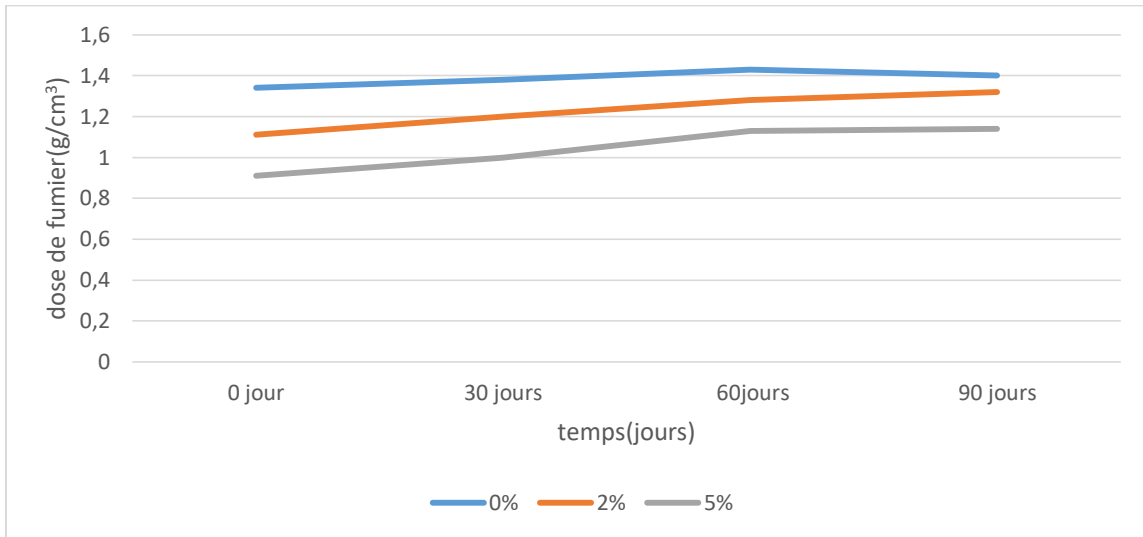


Figure n°18 : Evolution de la densité apparente (da) d'un sol sableux en fonction du temps pour les trois doses de matière organique

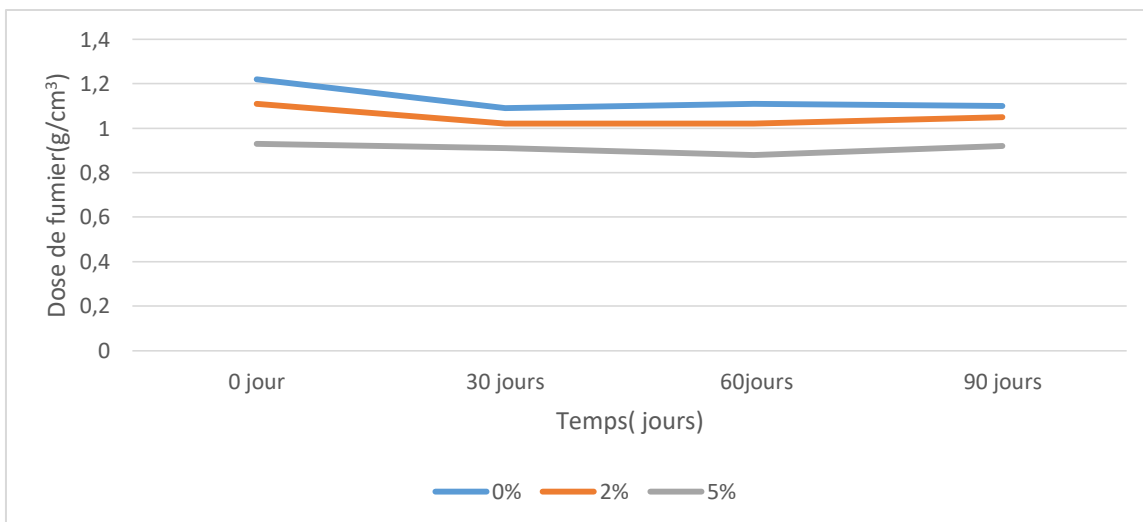


Figure n°19 : Evolution de la densité apparente (da) d'un sol argileux en fonction du temps pour les trois doses de matière organique

*** Pour le sol sableux**

Nous observons que l'allure générale des courbes représenté montre que la densité apparente dans les sols sableux diminue légèrement en fonction de l'augmentation du temps de matière organique (fumier de bovin). Pour le témoin (sans apport de matière organique), la densité apparente est relativement faible (1.34g/ cm^3), ce qui dénote une porosité élevée. Ce type de sol sableux, très filtrant, demande des amendements organique réguliers, car la présence de matière organique améliore ces propriétés physiques (texture, structure, porosité) et indirectement, permet d'améliorer nettement la capacité d'infiltration en la diminuant sensiblement, d'augmenter la rétention de l'eau dans le sol.

Au début de l'expérience, et après 30 jours, la courbe associée à la terre sableuse sans apport de fumier de bovin (échantillon témoin) présente une valeur de la densité apparente pas très élevée, atteignant 1.34g/ cm^3 et restant relativement stable jusqu'à la fin de l'expérience avec une valeur de 1.43g/ cm^3 . Pour la terre sableuse avec 2% de matière organique (fumier de bovin), la densité apparente est moins élevée, allant de 1.11g/ cm^3 au début de l'expérience, jusqu'à 1.32 g/ cm^3 par rapport au témoin (0%). Enfin, pour la courbe terre sableuse à 5% de matière organique (fumier de bovin), elle présente des densités apparentes plus faibles par rapport au témoin et 2% de fumier de bovin, avec 0.91g/ cm^3 au début de l'expérience (0jour) jusqu'à 1.14 g/ cm^3 au 90^{ème} jour (fin de l'expérience). D'une manière générale, nous retenons que la dose de matière organique incorporée a une influence non négligeable sur la densité apparente, en la rééquilibrant par une restructuration et réorganisation des espaces lacunaires (espace poral).

- Interprétation des résultats

A partir des résultats obtenus, on peut constater que les sols de texture sableuse présentent des valeurs basses de densité apparente, signifiant qu'il y a beaucoup d'espaces lacunaires entre les particules sable. Il en résulte une circulation de l'eau et de l'air assez importante, avec un drainage très appréciable (Mermound,2010).

D'après le diagramme de la figure n° 13, il apparaît clairement que l'apport de matière organique a un impact indéniable sur l'amélioration de la densité apparente des sols sableux. En effet, nous remarquons que les **3** courbes (**0%**, **2%** et **5%** de matière organique) suivent une allure régulière, par une augmentation de la densité apparente entre **T0** et **90** jours d'évolution. Cela démontre que la maturation de la matière organique ajoutée, réorganise les espaces lacunaires, en limitant la macroporosité au profit de la microporosité, par une consolidation des agrégats par l'humus formé par cette matière organique. Pour le témoin, la densité apparente passe de **1.34g/ cm³(T0)** à **1.43g/ cm³ (90 jours)**, pour les échantillons enrichis à **2%** de matière organique, elle passe de **1.11g/ cm³ (T0)** à **1.32g/ cm³ (90 jours)** et pour les échantillons enrichis à **5%** de matière organique, elle passe de **0.91 g/ cm³ (T0)** à **1.14 g/ cm³ (90 jour)**. Cela est tout à fait logique, car la maturation de la matière organique engendre une production plus importante d'humus qui jouent un rôle de cimentation entre les particules de sable, ce qui diminue les espaces poraux entre les particules de sable, entraînant de ce fait une augmentation de la densité apparente. Cela induit donc des améliorations collatérales d'autres propriétés physiques, comme la perméabilité qui sera plus faible, une meilleure rétention en eau et donc des capacités de ce type de sol à se dessécher moins vite.

Pour ce qui est de l'impact de la dose, nous remarquons que celle-ci fait baisser la densité apparente au fur et à mesure qu'elle augmente au fur et à mesure qu'elle augmente. La densité apparente passe de **1.34 g/ cm³ (Témoin, 0%)** à **0.91 g/ cm³ (5% de matière organique)** pour T0. Pour 30 jours, elle passe de **1.38 g/ cm³ (Témoin, 0%)** à **1 g/ cm³ (5% de matière organique)**. Pour 60 jours, elle passe de **1.43 g/ cm³ (Témoin, à 0%)** à **1.13 g/ cm³ (5% de matière organique)** et pour 90 jours, elle passe de **1.43 g/ cm³ (Témoin, 0%)** à **1.14 g/ cm³ (Témoin, 0%)** à **1.14 g/ cm³ (5% de matière organique)**.

*** Pour le sol argileux**

Nous observons que les courbes des doses 2% et 5% de fumier de bovin, suivent la même tendance d'évaluation (décroissance de T0 jusqu'à T60 et croissante de T60 jusqu'à T90).

Les courbes des valeurs de la densité apparente montrent que cette texture argileuse présente une densité apparente relativement plus grande (1.22 g/cm^3), dans l'échantillon témoin sans apport de fumier améliore nettement celle-ci, selon la dose incorporée, surtout durant les premiers temps de l'expérimentation.

De $1,22\text{g/cm}^3$ (témoin 0% de fumier) elle passe à $1,11\text{g/cm}^3$ pour 2% de fumier et à $0,93\text{g/cm}^3$ pour 5% de fumier, au début de l'expérimentation (T0). Après 30 jours d'expérimentation, la densité apparente passe de $1,09\text{g/cm}^3$ (témoin) à $1,02\text{g/cm}^3$ pour 2% de fumier et à $0,91\text{g/cm}^3$ pour 5% de fumier. Après 60 jours d'expérimentation, les valeurs de la densité apparente sont respectivement de $1,11\text{g/cm}^3$, $1,02\text{g/cm}^3$, $0,88\text{g/cm}^3$ pour les doses respectives de 0% ,2% et 5% de fumier de bovin.

Cela démonte que pour les sols de texture lourde, comme celle de nos échantillons argileux, plus le taux de matière organique est élevé, plus il permet d'améliorer la densité apparente du sol, principalement à des stades où la matière organique est encore sous forme de débris non ou peu décomposés, comme au départ de l'expérience.

Après 90 jours on remarque que les valeurs de la densité apparente remontent légèrement comme suit : $1,10\text{g/cm}^3$, $1,05\text{g/cm}^3$ et $0,9\text{g/cm}^3$ pour les doses respectives de 0%, 2% et 5%.

Interprétation des résultats

Les résultats obtenus nous montrent particulièrement pour les sols lourds de type argileux, que les propriétés physiques en général, dont la densité apparente, sont très sensible aux diverses variations externes notamment les apports de matière organique. La porosité, faible au niveau des sols de texture argileuse, dépendant énormément de la densité apparente, est très impactée par la matière organique. D'après les résultats obtenus par les trois doses de fumier de bovin utilisé, nous pouvons résumer cet impact de matière organique sur la densité apparente à différents niveaux : La première observation est la dose de fumier influe beaucoup sur la densité apparente, en la diminuant de manière considérable (diagramme de la **figure n°14**). Surtout au début de l'expérimentation, car la matière organique est encore sous forme de débris peu décomposé, créant beaucoup de porosité dans au sein de ces sols lourds et favorisant la diminution de la densité apparente. Cela permet ainsi d'améliorer la circulation de l'air et de l'eau et d'assurer une meilleure activité biologique dans le sol.

- La deuxième remarque se situe dans le fait que le temps de maturation de la matière organique joue également un grand rôle, si l'on observe l'évolution des courbes à **2%** et **5%** de fumier de bovin. Nous remarquons que la densité apparente diminue de façon remarquable durant les **60** premiers jours d'expérimentation. Cela étant dû à l'état du fumier de bovin (assez peu décomposé), qui engendre beaucoup de porosité dans le sol et diminuant ainsi la densité apparente par l'augmentation de la porosité. A partir du **60^{ème}** jour d'expérimentation. L'effet inverse se produit pour les échantillons enrichis en matière organique (2% et 5% de fumier de bovin). Cela ne peut s'expliquer que par le fait que la matière organique, devenant plus mature, restructure le système poral de l'échantillon avec moins de débris organique qui ont tendance à augmenter la porosité du sol. C'est pour cette raison qu'il y a une légère augmentation relative de la densité apparente, par rapport aux niveaux d'amélioration obtenus avant 60 jours d'expérimentation.

3.3. Comparaison des résultats analytiques des deux types de sol (Argileux, Sableux) :

En comparant les 2 types de sol on peut déduire que la matière organique (fumier de bovin) joue un rôle essentiel dans l'amélioration de la structure du sol.

- Dans le sol sableux la diminution de la densité apparente en fonction de la dose est en relation avec la nature de cette matière organique qui est encore sous forme de débris non ou peu décomposés, ce qui augmente l'espace poral des échantillons sableux, diminuant ainsi la densité apparente. Il faudrait attendre quelques mois, le temps que la matière organique se biodégrade afin de former de l'humus, pour espérer voir une augmentation de la densité apparente de ce type de sol sableux, ce qui serait très positif sur le plan physique. Par contre, pour le sol Argileux elle diminue la microporosité et augmente la macroporosité dans le but de faciliter l'infiltration afin de préserver ce sol d'un engorgement par l'eau et une augmentation de la densité apparente.

Le fumier de bovin améliore considérablement la densité apparente du sol surtout pour la dose élevée de (5%). Ceci par la qualité importante du fumier de bovin incorporé, mais aussi sa qualité sous forme de résidus peu décomposés qui augmente considérablement la porosité de l'échantillon de sol.

3.4. Etude statistique

L'étude statistique de l'évolution de la densité apparente de chaque type de sol par l'analyse de la variance à deux critères l'ANOVA et le test LSD de Fisher nous a permis de conclure que :

a) Par rapport à la dose***Pour le sol de texture argileuse**

D'après les tableaux en annexe n°08, l'ANOVA effectuée fait ressortir des différences très hautement significatives ($P < 0.001$) entre les différentes doses et les durées.

-Le test complémentaire LSD entre les doses avec un intervalle de confiance à 95% fait ressortir, des valeurs plus forte pour la dose de 0% (1.135 ± 0.009), elle diminue pour atteindre (1.053 ± 0.009) pour la dose 2% et enfin sa valeur la plus faible est affichée pour la dose 5% avec (0.913 ± 0.009).

***Pour le sol de texture sableuse**

D'après le tableau de l'annexe n°09 l'ANOVA effectuée révèle des différences significatives entre les différentes doses ($P > 0.95$). Le teste complémentaire LSD montre que la densité apparente est plus élevée au niveau du témoin (1.417 ± 0.035), elle s'améliore proportionnellement avec l'augmentation de la dose de fumier pour afficher sa valeur la plus faible (1.044 ± 0.035) pour la dose de 5% donc la densité la plus légère.

b. Par rapport au temps***Pour le sol a texture argileuse**

Les tableaux I et II en annexe n°08, à 0% de fumier, l'ANOVA révèle des différences significatives selon le temps. Le teste complémentaire LSD montre la valeur de la densité apparente les plus forte pour la durée 0 jour. Au-delà du jour 0, la densité apparente se stabilise statiquement et ne présente aucune différence significative entre le 30 et 90 jours.

***Pour le sol a texture sableuse**

Les tableaux I et II présenter en annexe n°09, le test LSD réalisé pour une probabilité $>0,95$, montre que la densité apparente est plus faible au niveau du témoin a 0jour ($1,119\pm 0,038$), elle se dégrade proportionnellement avec la durée pour afficher sa valeur la plus élevée ($1,324\pm 0,038$) à 90jours. Il semble donc que la densité apparente augmente avec le temps et les sols deviennent de plus en plus compacts.

CONCLUSION

Conclusion

L'objectif de ce mémoire est basé sur la comparaison entre deux travaux fait, précédemment par deux binômes sur l'effet du fumier de bovin sur la densité apparente des sols. Un binôme travaille sur un sol argileux et un autre sur un sol sableux.

Notre travail consiste à comparer les résultats des deux travaux, pour faire ressortir la différence d'évaluation de la densité apparente entre les deux types de sol, sous l'influence de fumier de bovin.

A travers ce travail, nous avons évalué le comportement de la densité apparente des deux types de sol, un sol sableux issus de région de Tichy CASSDEP et un autre sol argileux prélevé au niveau de la station INRAA de la localité d'Oued –Ghir de la wilaya de Bejaia sous l'effet d'apports croissant de fumier de bovin à différentes doses (2% et 5%) en fonction du temps.

La matière organique (fumier de bovin) influence de façon considérable les propriétés physiques des sols, particulièrement la densité apparente. Dans cette optique, les échantillons du mélange de terre /fumier, de bovin on était laissé à température ambiante, pour suivre dans le temps l'évolution de la densité apparente pour chaque dose de matière organique (0%,2% et 5% de fumier de bovin) incorporée à nos deux types de sol. Durant tout le temps de l'expérimentation (90) jours, une humification tous les 15jours, à 80% de l'humidité équivalente à la capacité au champ.

Les résultats obtenus, durant notre comparaison, font ressortir les remarques suivantes :

- Dans le sol sableux la diminution de la densité apparente en fonction de la dose est en relation avec la nature de cette matière organique qui est encore sous forme de débris non ou peu décomposés, ce qui augmente l'espace poral des échantillons sableux, diminuant ainsi la densité apparente. Il faudrait attendre quelques mois, le temps que la matière organique se biodégrade afin de former de l'humus, pour espérer voir une augmentation de

Conclusion

la densité apparente de ce type de sol sableux, ce qui serait très positif sur le plan physique. Par contre, pour le sol Argileux elle diminue la microporosité et augmente la macroporosité dans le but de faciliter l'infiltration afin de préserver ce sol d'un engorgement par l'eau et une augmentation de la densité apparente.

-Les échantillons enrichis en matière organique, quelle que soit la dose (2% et 5% de fumier), présentent une densité apparente inférieure à celle des échantillons témoins (0% de fumier de bovin). Cela montre bien une amélioration de la porosité, liée à la présence de la matière organique.

-Le fumier de bovin améliore considérablement la densité apparente du sol, surtout pour la dose élevée de fumier de bovin (5%). Ceci par la quantité importante du fumier de bovin incorporé, mais aussi sa qualité sous forme de résidus peu décomposés qui augmente considérablement la porosité du sol.

-D'après les résultats obtenus, l'effet du fumier de bovin joue un rôle important dans le sol, de par l'amélioration de la structure, et cela en participant à l'aération de la structure, et cela en participant à la porosité et à la structure des agrégats.

La matière organique permet d'alléger les sols lourds (sol argileux) et donne plus de corps aux sols légers (sol sableux).

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

Références bibliographique

- 1- **Anonyme.** (2014). Processus écologique- Le tassement : [<https://www.supagro.fr>opale>Tassement>]
- 2- **Annabi, M., Houot, H., Francou, F., Poitrenaud, M. and Le Bissonnais, Y.** (2007) Soil Aggregate Stability Improvement with Urban Composts of Different Maturities. *Soil Science Society of America Journal*, 71, 413-423. [<https://doi.org/10.2136/sssaj2006.0161>]
- 3- **Baize D.** (2000). *Guide des analyses en pédologie*, 3^{ème} édition, Ed : INRAE, Paris.
- 4- **Beauchamp J.** (2008). *Propriétés des sols*. Cours pédologie, université Jules Verne de Picardie.
- 5- **Bichari A.** (1996). *Influence de la matière organique sur la capacité en eau d'un sol cultivé et ses conséquences sur les rendements*. Mémoire d'ingénieur, INA d'Alger.
- 6- **Blake R-G et Hartage K-H.** (1986). **Bulk density.** In : **Klute A.** Ed : *Methods of soil analysis*. Part 1. 2nd ed : Madison, WI, USA : *American society of Agronomy*, 363-375P.
- 7- **Calvet R ; Chenu C et Houot S.** (2015). *Les matières organiques des sols. Rôles agronomiques et environnementaux*, 2^{ème} édition. Editeur : France Agricole.
- 8- **Chabalière P-C. Kerchove N-V. et Macary H-S.** (2006). *Guide de la fertilisation organique à la réunion. Fiches matière organiques. Fumier de bovin.* Ed : CIRA.
- 9- **Chenu C.** (1989). *Influence of fungal Polysaccharide, scleroglucan, on clay microstructures.* *Soil biology and biochemistry*, 21 : 299-305P.
- 10- **Degoutte G ; Royet P.** (2009). *Aide-mémoire des mécaniques des sols*, les publications 11 de l'ENGREF.
- 11- **Dexter A-R.** (1988). *Advances in characterization of soil structure.* *Soil and Tillage research* vol. 11, issues 3-4, 199-238.
- 12- **Diego J-C.** (2006). *Contribution des matières organiques à la stabilité de la structure des sols limoneux cultivés ; effet des apports organiques à court terme*, Thèse de Doctorat, Institut National agronomique de Paris. [https://www.researchgate.net/publication/29974705_Contribution_des_matières_organiques_A_la_stabilité_de_la_structure_des_sols_limoneux_cultivés_effet_des_apports_organiques_a_court_terme]
- 13- **Duchaufour P.** (1977). *Pédologie, pédogenèse et classification*. Ed : Masson, Tome I, Paris.
- 14- **Duchaufour P ; Souchier B.** (1979). *Pédologie, constituants et propriétés du sol*. Masson, Paris, pp266-281.
- 15- **Duchaufour P.** (1984). *Abregées pédologies*. Ed : Masson, Paris.
- 16- **Duchaufour P.** (2001). *Introduction à la science du sol : Sol, végétation, environnement*. Ed : Dunod, Tome 6, Paris.

Références bibliographiques

- 17- **Eliard G-S.** (1987). *Manuel d'agriculture générale*. Ed : Technique et documentation. Lavoisier. Paris.
- 18- **Gauthier J.** (1991). *Notion d'agriculture, le sol, les cultures, les élevages, l'économie et la gestion*, Ed : Lavoisier TEC et DOC, Paris.
- 19- **Girard M-C., Chvartz Ch., Jabiol B.** (2011). *Etude des sols. Description, cartographie, utilisation*, Collection : *Sciences de la terre*, Ed : Dunod, Paris
- 20- **Gobat J-M ; Argno M et Mathe Y.** (2003). *Le sol vivant ; bases de pédologie – biologie des sols*, 2^{ème} édition, Éd : Presses polytechniques et universitaires Romandes, Lausanne.
- 21- **Gobat J-M ; Argno M et Mathe Y.** (2010). *Le sol vivant ; bases de pédologie – biologie des sols* 3^{ème} édition revue et augmentée, *Sciences de la terre*, Presses Polytechniques et universitaires Romandes, Lausanne.
- 22- **Gras R.** (1988). *Physique du sol pour l'aménagement*, Ed : Masson. Paris.
- 23- **Grosbellet C.** (2008). *Evolution et effets sur la structuration du sol de matière organique apporté en grande quantité*. Thèse de doctorat en science agronomie, Université d'Angers.
- 24- **Henin S ; Monnier G et Gras R.** (1969). *Le profil cultural. L'état physique des sols et ses conséquences agronomiques*, 2 édition entièrement refondue, Ed : Masson, Paris.
- 25- **Hillel D.** (1984). *L'eau et le sol. Principe et processus physique* ; Cobaye, libraire. Ed : Louvain la neuve.
- 26- **Kaouritchev I. S., Panov, N.- P., Gretchine I. P., Savitch V. I.** (1978). *Manuel pratique de pédologie*. Ed : MIR-MOSCOU.
- 27- **Michel C ; Schvarts G-C ; Jabiol B.** (2011). *Etude des sols, description, cartographie, utilisation*. Dunod édition. Savoir. Paris.399P.
- 28- **Morel R.** (1989). *Les sols cultivés*. Ed : Lavoisier, Paris.
- 29- **Mathieu C et Pieltain F.** (1997). *Analyse physique des sols. Méthodes choisies* Ed : TEC et DOC, Paris.
- 30- **Mustin M.** (1987). *Le composte, gestion de la matière organique*. Ed : François Dubusc, Paris.
- 31- **Musy A et Soutter.** (1991). *Physique du sol*, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.
- 32- **Smirnov P ; Mouravine E ; Strogenko V ; Rakipov N.** (1977). *L'agronomie*. Ed : MIR-MOUSCOU ; vol 277.
- 33- **Soltner D.** (1988). *Les bases de la production végétale*. Tome1. Collection *Science technique agricole*, 22^{ème} édition. Dominique Soltner (éd.).
- 34- **Soltner D.** (1990). *Les bases de la production végétale*. Tome1. 18^{ème} édition. *Collection science technique agricole*. Dominique Soltner (éd.).

Références bibliographiques

- 35- **Soutter M.**, André Musy (1991). *Physique du sol*. Collection gérer l'environnement, Ed : Polytechniques et universitaires romandes.
- 36- **Vauthier Q.** (2010). Estimation des réserves utiles des sols de seine et marne. Rapport de stage. Université Henri Poincaré. Nanay. [<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01877581/document>]
- 37- **Vignerot J.** (1967). *L'arrosage et les propriétés physiques du sol*. Revue n°06, éd : C.N.A.B.R.L. Bas-Rhône – Languedoc P. 25-29. [<https://core.ac.uk/download/pdf/39893401.pdf>]
- 38- **Vilain M.** (1989). *La production végétale : la maîtrise technique de la production*. Vol2. Ed : Lavoisier.
- 39- **Weill A et Duval J.** (2009). Les amendements organiques : fumier et compostes. [[MARAI-chapitre 12-Amendements-SM \(agrireseau.net\)](#)]

ANNEXE

Annexe n°01: Préparation des échantillons

Calcul des quantités de matière organique et de terre utilisées

Pour le témoin:

Chaque flacon contient 60g de terre

Le total de la terre épuisée pour les 12 flacons est de 720g.

Pour la dose de 2% de fumier de bovin:

On a:

0 → 100%

x → 2%

$$X = \frac{720 \times 2}{100} = 14,4g$$

Donc la quantité de fumier utilisé est de 14.4g pour la totalité des flacons.

$$720g - 14.40g = 705.60g$$

Alors la quantité de la terre utilisée est de 705.60g.

Pour la dose de 5% de fumier de bovin:

On a:

720 → 100%

X → 5%

$$X = \frac{720 \times 5}{100} = 36 g$$

Donc la quantité de fumier utilisé est de 36g pour la totalité des

$$\text{flacons. } 720g - 36g = 684g$$

Alors la quantité de la terre utilisée est de 684g.

Annexe n°02: Préparation des échantillons (Suite)

Calcul de l'humidité à la capacité au champ

Pour le sol Argileux

La quantité de la terre à l'état humide est 50g

Le poids de la terre à d'état sec est de 33.69g

Le poids de la capsule vide est de 42.78g.

Le poids de la terre après séchage à l'étuve est de 76.47g

On a:

$$\text{H.C.C} = \frac{\text{Humidité état humide} - \text{Humidité état sec}}{\text{Humidité état sec}} \times 100$$

$$\text{H.C.C} = \frac{(80 - 33,69)}{80} \times 100 = 32,62 \%$$

Calcul de 80% de l'humidité à la capacité au champ:

$$\text{H.C.C à 80\%} = \frac{32,62 \times 80}{100} = 26,09 \%$$

Donc la quantité d'eau à ajouter pour humidifier l'échantillon de chaque flacon est :

$$m = \frac{26,09 \times 60}{100} = 15,65 \text{ g d'eau}$$

Sachant que **m** est la quantité d'eau ajoutée dans chaque flacon.

Annexe n ° 03 : Préparation des échantillons (Suite)

Calcul de l'humidité à la capacité au champ

Pour le sol Sableux

La quantité de la terre à l'état humide est 75,14g

Le poids de la terre à l'état sec est de 25,78g

Le poids de la capsule vide est de 42.78g.

Le poids de la terre après séchage à l'étuve est de 68,56g

On a:

$$\text{H.C.C} = \frac{75,14 - 68,56}{25,78} \times 100$$

Calcul de 80% de l'humidité à la capacité au champ:

$$\text{H.C.C à 80\%} = \frac{25,52}{100} \times 80 = 20,42 \%$$

Donc la quantité d'eau à ajouter pour humidifier l'échantillon de chaque flacon est :

$$m = \frac{20,42 \times 60}{100} = 12,25 \text{g deau}$$

Sachant que **m** est la quantité d'eau ajoutée dans chaque flacon.

Annexe n°06 : calculs détaillés des volumes et des densités apparentes

Tableau n°I: Résultats analytiques de volume et de la densité apparent en fonction du temps (sol argileux).

Durée Dose defumi er	0Jour		30 Jours		60 Jours		90 Jours	
	Volume(cm ³)	Densité(g/cm ³)	Volume(cm ³)	Densité(g/cm ³)	Volume(cm ³)	Densité(g/cm ³)	Volume(cm ³)	Densité(g/cm ³)
0% (Témoïn)	V ₁ =48.33	D ₁ =1.25	V ₁ =55.63	D ₁ =1.07	V ₁ =54.37	D ₁ =1.10	V ₁ =54.02	D ₁ =1.11
	V ₂ =49.40	D ₂ =1.21	V ₂ =53.46	D ₂ =1.12	V ₂ =53.49	D ₂ =1.12	V ₂ =55.06	D ₂ =1.09
	V ₃ =51.55	D ₃ =1.20	V ₃ =54.37	D ₃ =1.10	V ₃ =53.06	D ₃ =1.13	V ₃ =53.32	D ₃ =1.12
2%	V ₁ =55.21	D ₁ =1.09	V ₁ =56.96	D ₁ =1.05	V ₁ =61	D ₁ =0.98	V ₁ =55.6	D ₁ =1.09
	V ₂ =53.46	D ₂ =1.12	V ₂ =61.48	D ₂ =0.98	V ₂ =56.55	D ₂ =1.06	V ₂ =58.9	D ₂ =1.02
	V ₃ =53.46	D ₃ =1.12	V ₃ =56.96	D ₃ =1.05	V ₃ =57.86	D ₃ =1.03	V ₃ =57.16	D ₃ =1.05
5%	V ₁ =64.26	D ₁ =0.93	V ₁ =69.58	D ₁ =0.86	V ₁ =68.44	D ₁ =0.88	V ₁ =65.97	D ₁ =0.91
	V ₂ =65.02	D ₂ =0.92	V ₂ =63.5	D ₂ =0.94	V ₂ =69.58	D ₂ =0.86	V ₂ =64.26	D ₂ =0.93
	V ₃ =63.12	D ₃ =0.95	V ₃ =64.26	D ₃ =0.93	V ₃ =65.4	D ₃ =0.92	V ₃ =65.04	D ₃ =0.92

Annexe n°07 : calculs détaillés des volumes et des densités apparentes

Tableau n°II: Résultats analytiques de volume et de la densité apparent en fonction du temps (sol sableux).

Durée Dose defumer	0Jour		30 Jours		60 Jours		90 Jours	
	Volume(cm ³)	Densité(g/cm ³)	Volume(cm ³)	Densité(g/cm ³)	Volume(cm ³)	Densité(g/cm ³)	Volume(cm ³)	Densité(g/cm ³)
0% (Témoin)	V ₁ =44,11	D ₁ =1.36	V ₁ =43.47	D ₁ =1.38	V ₁ =42.85	D ₁ =1.40	V ₁ =40.69	D ₁ =1.47
	V ₂ =44.76	D ₂ =1.34	V ₂ =42.72	D ₂ =1.40	V ₂ =40.81	D ₂ =1.47	V ₂ =39.67	D ₂ =1.51
	V ₃ =45.78	D ₃ =1.31	V ₃ =43.32	D ₃ =1.38	V ₃ =41.95	D ₃ =1.43	V ₃ =38.65	D ₃ =1.55
2%	V ₁ =51.92	D ₁ =1.11	V ₁ =53.09	D ₁ =1.13	V ₁ =47.81	D ₁ =1.25	V ₁ =45.80	D ₁ =1.31
	V ₂ =54.93	D ₂ =1.09	V ₂ =47.81	D ₂ =1.25	V ₂ =46.79	D ₂ =1.28	V ₂ =44.77	D ₂ =1.34
	V ₃ =52.90	D ₃ =1.13	V ₃ =48.83	D ₃ =1.22	V ₃ =45.79	D ₃ =1.31	V ₃ =45.78	D ₃ =1.31
5%	V ₁ =66.83	D ₁ =0.89	V ₁ =60.36	D ₁ =0.99	V ₁ =54.05	D ₁ =1.11	V ₁ =52	D ₁ =1.15
	V ₂ =65.92	D ₂ =0.91	V ₂ =59.40	D ₂ =1.01	V ₂ =51.88	D ₂ =1.15	V ₂ =52.98	D ₂ =1.13
	V ₃ =64.51	D ₃ =0.93	V ₃ =61.22	D ₃ =0.98	V ₃ =53.09	D ₃ =1.13	V ₃ =51.88	D ₃ =1.15

Annexe n°8 : Résultats statistique de test analyse de la variance (ANOVA) et test LSD DE Fisher des doses de compost pour le sol argileux

Tableau I : Analyse de la variance (Densité apparente).

Source	DDL	Somme des Carrés	Moyenne des carrés	F	Pr>F
Modèle	5	0,341	0,068	67,973	<0,0001
Résiduelle	30	0,030	0,001		
Total	35	0,371			

Tableau II : Dose de fumier /Ficher (LSD)/Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% (Densité apparente).

Modalité	Moyenne estimées	Erreur standard	Borne inférieure (95%)	Borne supérieure (95)	Groupes		
0	1,135	0,009	1,116	1,154	A		
2	1,053	0,009	1,035	1,072		B	
5	0,913	0,009	0,894	0,931			C

Tableau III : Durée /Ficher (LSD)/Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%(Densité apparente)

Modalité	Moyennes estimées	Erreur standard	Groupes			
0	1,088	0,011	A			
90	1,027	0,011		B		
30	1,011	0,011			B	
60	1,009	0,011				B

Annexe n°9 : Résultats statistique de test analyse de la variance (ANOVA) et

test LSD DE Fisher des doses de compost pour le sol sableux

Tableau I : Analyse de la variance (Densité apparente).

Source	DDL	Somme des carrés	Moyenne des carrés	F	Pr>F
Modèle	5	1,060	0, 212	190,378	<0,0001
Résiduelle	30	0,033	0,001		
Total	35	1,093			

Tableau II : Dose de fumier /Ficher (LSD)/Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95% (Densité apparente).

Modalité	Moyenne estimées	Ecart type	Groupes		
0	1,417	0,035	A		
2	1,228	0,035		B	
5	1,044	0,035			C

Tableau III : Durée /Ficher (LSD)/Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%(Densité apparente)

Modalité	Moyennes estimées	Erreur standard	Groupes			
90	1,324	0,038	A			
60	1,281	0,038		B		
30	1,193	0,038			C	
0	1,119	0,038				D

Annexe n°05 : Calcul du volume apparent et de la densité apparente

Pour le sol sableux

1) Calcul des volumes des échantillons

Volume du cylindre

On a : $V = r^2 \times \pi \times h$

V: le volume du sol en cm^3

r: le rayon de la base du cylindre en cm

h: hauteur du cylindre occupé par la terre en cm

π : 3,14

Volume du cône tronqué

$$V_2 = 1/3 \times h (S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 \times S_2})$$

S_1 = surface de base du cône (cm^2)

$$S_1 = \pi \times R_1^2$$

S_2 = surface de base du cône (cm^2)

$$S_2 = \pi \times R_2^2$$

h: hauteur du cône occupé par la terre (cm)

Exemple : Echantillon à T_0 (dose 5%) pour le sol à texture sableuse

On a : $V = V_1 + V_2 + V_3$

$$V_1 = (1.8^2) \times 3.14 \times 5.3 = 53.95 \text{ cm}^2$$

$$V_2 = 1/3 \times 1.4 (14.7 + 4.52 + \sqrt{10.17 \times 4.52}) = 10.07 \text{ cm}^2$$

$$V_3 = (1.2)^2 \times 3.14 \times 0.6 = 2.76 \text{ cm}^2$$

$V_a = 53.95 + 10.07 + 2.76 = 66.85 \text{ cm}^2$

- La même chose pour les autres échantillons

Annexen°04 : Calcul du volume apparent et de la densité apparente

Pour le sol argileux

1) Calcul des volumes des échantillons

Volume du cylindre

On a: $V = r^2 \times \pi \times h$

V: le volume du sol en cm^3

r : le rayon de la base du cylindre en cm

h: hauteur du cylindre occupé par la terre en cm

π : 3,14

Volume du cône tronqué

On a:

$$v_1 = \frac{H \times \pi}{3} \times (R^2 + r^2 + R + r)$$

V₁ : volume de la Terre au noyau du cône

H : la hauteur du cône occupé par la Terre en cm

R : le rayon du disque de base

r : le rayon du disque supérieur

Exemple : Échantillon à T₀ (dose 2%) pour le sol à texture argileux

$$V_{R1} = 3,42 \times 3,14 \times 4,9 = 52,62 \text{ cm}^3$$

$$V_{1R1} = \frac{0,3 \times 3,14 \times (3,42 + 1,21 + 1,05 \times 1,1)}{3} = 2,59$$

$$V_{TR1} = 52,62 + 2,59 = 55,21 \text{ cm}^3$$

*La même chose pour les autres échantillons

1) Calcul des densités apparente des échantillons

$$\text{On a : } \mathbf{da} = \frac{\mathbf{m}}{\mathbf{v}}$$

da: la densité apparente de l'échantillon

m: la masse du solde l'échantillon à l'état sec

v: le volume du sol qui contient l'échantillon

$$\mathbf{da} = \frac{60}{55,21} = 1,09 \text{ g / cm}^3$$

*La même chose pour les autres échantillons

Résumé

L'objectif de ce mémoire est basé sur la comparaison entre deux travaux faits, précédemment par deux binômes sur l'effet du fumier de bovin sur la densité apparente des sols. Un binôme travaille sur un sol argileux et un autre sur un sol sableux, du pourtour de la région de Bejaïa, sous l'effet de différentes doses de fumier de bovin ont été soumis à trois épisodes de dessiccation. Après 90 jours de l'expérimentation.

Les observations les plus marquantes, montrent que le fumier de bovin améliore considérablement la densité apparente du sol, celle-ci diminue de presque 25% pour les échantillons traités à 5% de fumier de bovin par rapport au témoin (sans fumier de bovin) et environ 10 à 15% pour ceux traités à 2%.

La matière organique influence les propriétés physiques du sol, particulièrement la densité apparente et la porosité.

La M.O contribue à la stabilisation des agrégats qui procure au sol une bonne structuration, avec une amélioration de la densité apparente rendent le sol moins compact, plus meuble, plus perméable à l'eau et à l'air et assurent une meilleure activité biologique.

En effet, elle donne du corps aux sols légers (texture sableuse) et allège le sol plus lourds (texture argileuse).

Mots clés : fumier de bovin, sol argileux, sol sableux, densité apparente, dessiccation, porosité.

Abstract

The objective of this dissertation is based on the comparison between two works previously done by two pairs on the effect of cattle manure on the bulk density of soils. One pair worked on clay soil and another on sandy soil, around the Bejaïa region, under the effect of different doses of cattle manure were subjected to three episodes of desiccation. After 90 days of the experiment.

The most striking observations show that bovine manure considerably improves the bulk density of the soil, which decreases by almost 25% for samples treated at 5% bovine manure compared to the control (without bovine manure) and about 10 to 15% for water treated at 2%.

Organic matter influences the physical properties of the soil, particularly bulk density and porosity.

The M.O contributes to the stabilization of the aggregates which gives the soil a good structure, with an improvement of the bulk density making the soil less compact, more loose, more permeable to water and air and ensure better biological activity.

Indeed, it gives body to light soils (sandy texture) and lightens heavier sole (clay texture).