



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la
Recherche Scientifique

Université Larbi Tébessi-Tébessa



Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Etres Vivants

MEMOIRE DE MASTER

DOMAINE : Science de la Nature et de la Vie (SNV)

Filière : Ecologie et Environnement

Option : Ecologie

Thème:

**Étude de la relation entre la matière organique et la
densité apparente dans les sols steppiques de Tébessa**

Présenté par :

Kechroud Atika

Devant le jury

Dr Boudjabi Sonia

Dr. Neffar Souad

Mme Macheroum Amal

MCA

MCA

MAA

Univ. Tébessa

Univ. Tébessa

Univ. Tébessa

Président

Promoteur

Examineur

Date de soutenance **Juin 2021**

Note : /20

Remerciements

J'aimerais adresser mes remerciements à:

- *mon encadreur Mme Neffar Souad pour avoir accepté de me prendre en charge,*
- *à Mme Benarfa Noujoud à la Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie de l'université de Tébessa,*
- *aux membres de jury (Dr. Boudjabi Sonia et Dr. Macheroum Amal) qui ont accepté d'expertiser ce travail,*
- *à ma famille, mon mari, mes proches et amis et,*
- *à toute personne ayant contribué à la réalisation de ce travail.*

Atika

Résumé

La densité apparente (DA) du sol est une propriété dynamique qui varie avec les conditions structurales du sol. En général, elle augmente avec la baisse de la teneur de la matière organique (MO). Le principal objectif de ce travail est de déterminer la dépendance de la DA de la MO dans les sols de Tebessa (N.E. algérien). Les mesures de ces 2 paramètres ont été faites sous deux types de climats (semi-aride et aride) dans 18 parcelles à base de figuier de Barbarie ou à végétation spontanée. Les résultats ont montré que le taux de MO est statistiquement ($P < 0,001$) plus élevée dans le semi aride (2,92 %) par rapport à l'aride (1,20%) alors que la DA a enregistré une moyenne de $0,98\text{g/cm}^3$ dans l'aride contre le semi-aride ($0,80\text{g/cm}^3$). La DA a révélé une corrélation statistiquement négative avec la MO dans le semi aride ($DA = -0,039MO + 0,9399$; $r = -0,24$; $P = 0,0177$) et statistiquement positive dans l'aride ($DA = 0,1084 MO + 0,8516$; $r = 0,22$; $P = 0,030$).

Mots-clés: Densité apparente, Matière organique, Climats, Végétation, Tebessa

Summary

Bulk density (BD) of a soil is a dynamic property that varies with the soil structural conditions. In general, it increases with the decrease of organic matter (OM) content. The main objective of this work was to investigate the dependence of bulk density on organic matter content for soil of Tebessa (Northeastern of Algeria). Measures of BD and OM were done under two types of climates (semi-arid and arid). The results showed that the OM rate is statistically ($P < 0,001$) higher in the semi arid climate (2,92%) compared to the arid climate (1,20%) while the BD recorded an average of $0,98\text{g/cm}^3$ in arid climate *versus* $0,80\text{g/cm}^3$ in the semi-arid climate. The BD revealed a statistically negative correlation with the OM in the semi arid climate ($BD = -0,039MO + 0,9399$; $r = -0,24$; $P = 0,017$) and a statistically positive correlation in the arid climate ($BD = 0,1084 MO + 0,8516$; $r = 0,22$; $P = 0,030$).

Key-words : Soil bulk density, Organic matter , Climate, Végétation, Tebessa

الملخص

تعتبر الكثافة الظاهرية للتربة (ك.ظ) خاصية ديناميكية تختلف باختلاف بناء التربة. فبشكل عام، تزداد قيمتها مع انخفاض محتوى المادة العضوية (م.ع). يهدف هذا العمل الى محاولة معرفة علاقة هاذين المعيارين في بعض الترب المتواجدة في منطقة تبسة (شرق الجزائر) حيث تم القيام بالقياسات على مستوى 18 قطعة أرضية مغروسة بالتين الشوكي أو ذات غطاء نباتي طبيعي تحت نوعين من المناخ (شبه جاف وجاف). أظهرت اهم النتائج أن معدل المادة العضوية في الترب الخاضعة للمناخ شبه الجاف (2,92%) اعلى من الترب الخاضعة للمناخ الجاف (1,20%)، بينما سجلت الكثافة الظاهرية متوسط 0,98 غ / سم³ في المناطق الجافة مقابل 0,80 غ / سم³ في المناطق شبه الجافة. كما تبين ان الكثافة الظاهرية ذات علاقة سلبية احصائيا مع المادة العضوية تحت المناخ شبه الجاف (ك.ظ = م.ع 0,9399 + 0,039 - ، r = -0,24 ، P = 0,0177) وإيجابية إحصائياً في المناطق الجافة (ك.ظ = م.ع 0,1084 + 0,8516 ، r = 0,98 ، P = 0,030) .

الكلمات المفتاحية : الكثافة الظاهرية ، المادة العضوية ، المناخ ، الغطاء النباتي ، تبسة

Sommaire

<i>Résumés</i>	<i>i</i>
<i>Sommaire</i>	<i>iii</i>
<i>Liste des figures et tableaux</i>	<i>iv</i>

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre 1 : Matériels et méthodes

1. Choix des stations.....	6
2. Prélèvement et préparation des échantillons.....	7
3. Analyses de sol	7
3.1. Densité apparente.....	7
3.2. Taux de carbone organique	8
4. Traitement statistique.....	9

Chapitre 2: Résultats

1 Variation de la matière organique (MO) et la densité apparente (DA) en fonction du type de climat.....	11
2. Variation de la densité apparente (Da) en fonction du taux de matière organique (MO) dans les parcelles étudiées sous climat semi-aride.....	12
2.1. Dans les vieilles plantations de figuier de Barbarie.....	12
2.2. Dans les jeunes plantations de figuier de Barbarie.....	12
2.3. Dans les parcelles sans figuier de Barbarie.....	13
2.4. Dans toute la zone, indépendamment du type d'aménagement.....	14
3. Variation de la densité apparente en fonction du taux de matière organique dans les parcelles étudiées sous climat aride.....	14
3.1. Dans les vieilles plantations de figuier de Barbarie.....	14
3.2. Dans les jeunes plantations de figuier de Barbarie.....	15
3.3. Dans les parcelles sans figuier de Barbarie.....	16
3.4. Dans toute la zone, indépendamment du type d'aménagement.....	16

Chapitre 3 : Discussion générale et conclusion

Discussion générale et conclusion.....	19
Références bibliographiques.....	24

Liste des figures

Numéro	Titre	Page
Figure 1	Présentation de la zone et des stations d'étude illustrant les différentes variantes climatiques	06
Figure 2a	Variation du taux de MO selon le type de climats	11
Figure 2b	Variation de la DA selon le type de climats	11
Figure 3	Variation de la densité apparente en fonction du taux de la matière organique dans les vieilles plantations sous climat semi-aride	12
Figure 4	Variation de la densité apparente en fonction du taux de la matière organique dans les jeunes plantations sous climat semi-aride	13
Figure 5	Variation de la densité apparente en fonction du taux de la matière organique dans les parcelles sans figuier de Barbarie sous climat semi-aride	13
Figure 6	Variation de la densité apparente en fonction du taux de matière organique dans toute la zone sous climat semi-aride	14
Figure 7	Variation de la densité apparente en fonction du taux de la matière organique dans les vieilles plantations de figuier de Barbarie sous climat aride	15
Figure 8	Variation de la densité apparente en fonction du taux de la matière organique dans les jeunes plantations sous climat aride	15
Figure 9	Variation de la densité apparente en fonction du taux de la matière organique dans les parcelles sans figuier de Barbarie sous climat aride	16
Figure 10	Variation de la densité apparente en fonction du taux de matière organique dans toute la zone aride	17

Liste des tableaux

Numéro	Titre	Page
Tableau 1	Classification des sols selon le taux de matière organique (Shaeffer, 1975)	09

Introduction générale

Introduction générale

Les sols sont composés de matières solides, minérale et organique et des espaces poreux (les macropores et les micropores) qui retiennent l'air et l'eau. Selon les facteurs de la pédogénèse, les propriétés physiques, chimiques et biologiques varient d'un sol à un autre, dont le taux de matière organique (MO) et la densité apparente (DA), liée à la porosité du sol et donc sa structure.

La matière organique du sol (MOS), correspond à l'ensemble des matériaux organiques, vivants et morts, présents dans le sol ; ce qui comprend à la fois les racines des plantes, les micro-organismes, la microfaune du sol et les résidus de végétaux décomposés ou non, c'est ce qu'on appelle la litière. Cette dernière, variable quantitativement et qualitativement est également associée aux facteurs de décomposition dépendant dans une large mesure du climat et de la lithologie (= facteurs qui contrôlent la texture, la structure, l'humidité, la température du sol) (Duchaufour, 1970). L'utilisation des terres et les feux peuvent obscurcir l'effet du climat sur la MO (Pariente et Lavee, 2004).

Cette fonction de la matière organique découle de ses effets sur la stabilité structurale du sol (son action en tant qu'agent de liaison entre les particules minérales primaires et secondaires, conduisant à une augmentation de la quantité, de la taille et de la stabilité des agrégats) et de la rétention d'eau du sol (en tant qu'agent adsorbant l'eau en améliorant la rétention de l'eau et sa disponibilité) et, par conséquent, sur l'infiltration et la percolation. Dans le même temps, la MO contrôle les éléments nutritifs du sol qui affectent la biomasse (Pariente et Lavee, 2004 ; Bernoux et Chevallier, 2013).

Bien que ne représentant qu'une petite fraction du sol (1 à 10 % de la masse des sols) (Buckman et Brady, 1960), la fraction organique dans le sol indique le degré de sa fertilité. Ainsi, sur le plan chimique, les MO majoritairement composées de carbone, interviennent dans la capacité d'échange cationique du sol et constituent une source d'éléments nutritifs pour les plantes (Weil et Magdoff, 2004). Sur le plan physique, les MO peuvent améliorer la capacité de rétention en eau des sols, limiter la compaction, et contribuer à la structuration et à l'amélioration de la stabilité structurale des sols (Annabi *et al.*, 2007).

D'après Dutartre *et al.* (1993), la stabilité structurale du sol est influencée par le type et la quantité de matière organique, ce qui fait que dans certains cas, une teneur élevée en MO ne s'accompagne pas d'une stabilité structurale élevée. À titre d'exemple, certains champignons dégagent de l'acide oxalique, induisant la dispersion et la décomposition des agrégats (Voroney *et al.*, 1981).

Introduction générale

Les sources et les facteurs de décomposition de la MO varient dans l'espace et dans le temps, et à différentes échelles. Alors qu'à l'échelle régionale, les macro-conditions du climat contrôlent ces variations, à l'échelle locale, les différences spatiales au sein de chaque région reflètent les conditions micro-environnementales qui dépendent des conditions naturelles (microtopographie et composantes de la couverture de surface) et du type d'utilisation des terres (Haynes et Swift, 1984). Quant aux variations temporelles, la teneur en MO varie à long terme - décennies et siècles - en raison des changements des conditions climatiques, et à court terme - mois ou années - en raison des fluctuations des conditions météorologiques entre les saisons et les années.

En tous les cas, d'après Pariente et Lavee (2004), chaque région climatique a une gamme typique de valeurs de MO qui reflète ses variations temporelles et spatiales dans des conditions naturelles et semi-naturelles. Cela signifie que le changement environnemental peut être indiqué par des valeurs de la MO qui se situent en dehors de cette plage typique. Les valeurs au-dessous du bas d'une fourchette indiquent une augmentation de l'aridité et de la dégradation des terres, tandis que les valeurs au-dessus du haut de la fourchette indiquent des améliorations de la stabilité structurelle du sol et du régime hydrique du sol.

La matière organique est un mélange complexe qui se compose des liens carbonifères et se compose environ de 58% de carbone organique (Bernoux et Chevallier, 2013). Ce chiffre peut varier entre 40 et 70% et dépend entre autres de l'âge de la matière organique dans le sol. Les différentes formes des MO présentent des temps de résidence dans le sol qui varient selon leur composition biochimique et leur association aux particules minérales du sol, en particulier les argiles. Ainsi, les sols argileux présentent un taux de MO plus élevé que les sols sableux. Les temps de résidence vont du mois à l'année pour les formes les plus labiles, jusqu'à des dizaines, voire des milliers d'années pour les formes les plus stables (Bernoux et Chevallier, 2013).

Ainsi, certaines régions accumulent naturellement plus de matière organique, et donc de carbone organique que d'autres. Dans les sols des régions sèches, la teneur en carbone organique est, en règle générale, faible, moins de 1 % de la masse du sol, alors qu'elle atteint en zone tempérée 1 à 2 % dans les sols cultivés et jusqu'à 4-5 % dans les sols sous prairie ou forêt (Bernoux et Chevallier, 2013) et 10% dans les tchernozems (Buckman et Brady, 1960).

Introduction générale

Un sol est qualifié «idéal» quand il contiendrait suffisamment d'air et d'eau pour répondre aux besoins des plantes avec suffisamment d'espace poreux pour une pénétration facile des racines.

À la différence de la densité réelle qui ne tient compte que des particules solides, la DA est déterminée par la quantité des espaces des pores aussi bien que par la quantité des matières solides du sol. Ainsi les sols meubles et poreux auront des poids faibles et donc des densités apparentes faibles tandis que les sols compacts ont des DA élevées. Les particules des sols sableux ayant une tendance à se rapprocher les unes des autres, ont des DA élevées accentuées par la faible teneur en MO. D'un autre côté, les particules des sols superficiels plus fins tels que les limons argilo-sableux, les limons argileux et les argiles ne sont pas généralement si serrés, à cause de leur teneur relativement élevée en MO qui les granule, formant ainsi un état floconneux et poreux, d'où des densités plus faibles comparés aux sables.

La plage normale de densités apparentes pour les textures fines (argiles, limons argileux et limons argilo-sableux) varie de 1 à 1,60g/cm³, alors qu'elle oscille entre 1,20 et 1,80g/cm³, pouvant dépasser les 2g/cm³ pour les textures sableuses (Buckman et Brady, 1960). En moyenne, la DA pour les sables est de 1,52 g/cm³, alors qu'elle est de 1,20g/cm³ pour les argiles (Linsley *et al.*, 1982).

Ce paramètre est inversement lié à la porosité totale fournissant ainsi une mesure de l'espace poral restant dans le sol pour les mouvements de l'air et de l'eau (Carter and Ball, 1993). La DA optimale pour la croissance des plantes diffère d'un sol à un autre. D'après Cassel (1982), une faible densité (porosité élevée) conduit à un faible contact sol-racine, alors qu'une forte DA (faible porosité) réduit l'aération et augmente la résistance de pénétration, limitant ainsi la croissance racinaire.

Etant un indicateur de la qualité du sol (Chaudhary *et al.*, 2013), cette propriété de base est influencée par certaines propriétés physiques et chimiques du sol telles la texture (teneur en éléments fins et grossiers), les minéraux constitutifs, la porosité, le compactage, la consolidation et l'utilisation des terres et le type d'aménagement, mais elle est fortement corrélée au taux de carbone présent dans le sol (Morisada *et al.*, 2004; Sakin, 2012). Son étroite relation avec le type de structure fait qu'elle est faible dans "les sols à structure grumeleuse stable" comme les tchernozyms (Duchaufour, 1970).

L'importance de la DA et la MO réside dans le fait que leur corrélation est fréquemment utilisée pour estimer les réservoirs de carbone (Post *et al.*, 1964 ; Brahim *et al.*, 2018).

Introduction générale

Il est universellement connu dans la littérature que la matière organique évolue dans le sens inverse de la densité apparente du sol (Chaudhari *et al.*, 2013). Cette corrélation négative est normale selon Jeffrey (1970). Singh *et al.* (2020) rapportent que la compaction du sol réduit la disponibilité des macro et micronutriments à cause de la réduction du carbone organique et de la porosité et par conséquent la dégradation du sol. Il a été rapporté également par Fullen (1985), qu'une DA élevée entraîne une diminution de la capacité d'infiltration, augmentant ainsi la susceptibilité du sol à l'érosion.

Puisque ces deux paramètres évoluent dans deux sens opposés, le questionnement qui se pose dans ce mémoire est : en est-il de même pour les sols steppiques dégradés et réhabilités par le figuier de Barbarie ?

L'objectif de ce travail est d'essayer de déterminer la relation linéaire qui définit la MO, en tant que variable explicative avec la DA, en tant que variable expliquée, tracer la droite de régression qui représente cette relation, sa signification et calculer le coefficient de Bravais-Pearson et le coefficient de détermination.

Les données traitées sont celles calculées par Rezkallah et Khelifi (2020) obtenues des sols dégradés des parcours steppiques de Tebessa. Il s'agit de parcelles réhabilitées par le figuier de Barbarie d'âges différents accompagnées de parcelles à végétation spontanée sous deux variantes climatiques semi-aride et aride.

Ce mémoire se subdivise en une introduction générale donnant un aperçu sur la matière organique et la densité apparente, suivie par un chapitre « Matériels et méthodes » reprenant sommairement les étapes suivies pour cette analyse, puis un chapitre « Résultats » et enfin une discussion générale et une conclusion. Une liste des références bibliographiques vient à la fin du document.

Chapitre 1 :

Matériels et méthodes

Chapitre 1. Matériels et méthodes

Les paramètres analysés ont été mesurés et calculés par Rezkallah et Khelifi (2020). Dans ce chapitre, nous allons essayer de déterminer la relation entre la densité apparente et la matière organique dans différentes parcelles plantées ou non par le figuier de Barbarie soumises à 2 variantes climatiques semi-aride et aride dans la région de Tébessa.

1. Choix des stations

Rappelons qu'au total 6 sites sont choisis avec 3 stations dans chacun d'eux. Les 3 stations sont représentées par une vieille plantation de figuier de Barbarie (> 10 ans), une jeune plantation (< 5 ans) et une parcelle à végétation spontanée (sans figuier de Barbarie). Les sites sont répartis équitablement entre 2 variantes climatiques (semi-aride : centre de Tébessa) et aride (sud de Tébessa). Il s'agit de: Ain Zarroug, Morsott et Kissa (Tébessa centre) et M'zara, Doukkara et Agba Beida (sud de Tébessa) (Fig. 1).

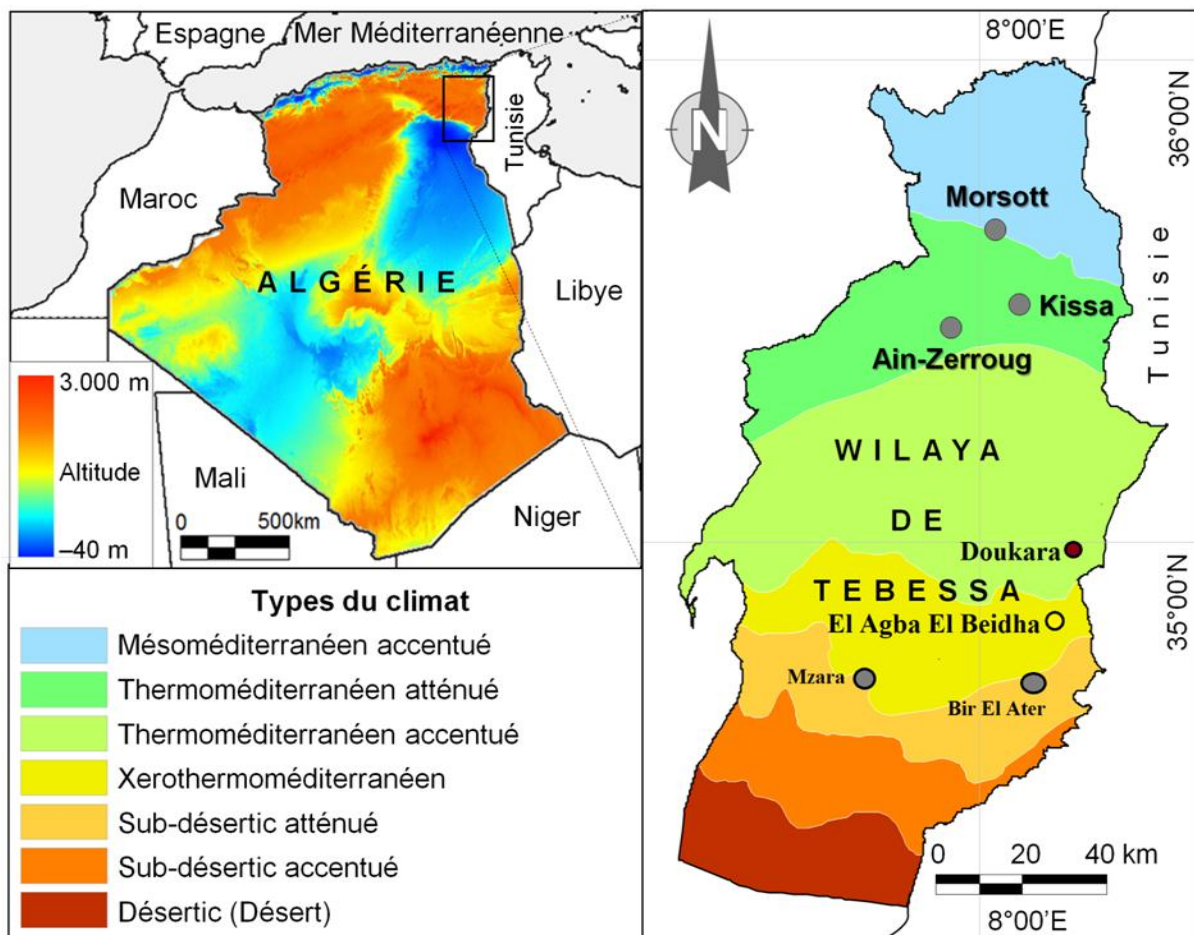


Figure 1. Présentation de la zone et des stations d'étude illustrant les différentes variantes climatiques (Rezkallah et Khelifi , 2020).

La synthèse climatique effectuée par Rezkallah et Khelifi (2020) a qualifié les stations de Tébessa –centre de semi-aride avec un indice de De Martonne de 14,43 et une période sèche comprise entre les mois de Mai et Octobre pour la série climatologique 1972-2018. En revanche, les stations de Tebessa –sud sont soumises à un climat aride, traduit par un indice de De Martonne de 6,60 et 12 mois secs selon Gaussen et Bagnouls pour la période oscillant entre 1998-2014.

2- Prélèvement et préparation des échantillons

Sous chaque climat et au sein de chaque parcelle, 5 quadrats sont désignés dans chaque parcelle. Au sein de chaque quadrat et à l'aide d'un piochon, deux profils sont creusés de part et d'autre du figuier de Barbarie. La profondeur du profil dépend du type de sol avec 20 cm dans les sols sablonneux, caractérisant la majorité des sols du sud et entre 10 à 15cm pour les sols des parcelles de Tebessa- centre, à caractère argileux. Au total, 10 échantillons non perturbés pris dans leur structure naturelle sont prélevés, destinés au calcul de la densité apparente et 10 autres en vrac ($\approx 500g$) pour le dosage du carbone organique. Les prélèvements sont ensuite mélangés pour constituer un échantillon- composite représentatif de chaque parcelle.

Une fois collectés, les échantillons sont séchés à l'air libre après élimination des racines et des particules minérales grossières ($> 2mm$) puis tamisés avec un tamis de 2 mm pour obtenir la terre fine. À l'exception de la densité apparente dont le prélèvement par le cylindre se fait sur place, l'analyse du carbone organique a été faite sur la terre fine.

3. Analyses du sol

Les 2 paramètres qui ont fait l'objet de ce travail sont analysés comme suit :

3.1. Densité apparente (DA)

La mesure de la densité apparente a été faite par la méthode du cylindre, en prélevant une portion de sol non tassé, non perturbé et frais grâce à un cylindre de densité calibrée de volume connu dont on a pesé la masse après dessiccation à 105 °C à l'étuve. La densité apparente a été calculée par le rapport du poids sec par le volume du cylindre. $DA = p/V$ avec p : poids sec du sol en g ; V (volume en cm^3) = $3,14 \times h \times r^2$; h = Profondeur de

l'échantillonnage et r = rayon de la base du cylindre (Blake et Hartage, 1986 ; Atchada *et al.*, 2018).

3.2. Taux de carbone organique

Le carbone est déterminé par la méthode de Walkley et Black (1934).

a-Principe

Le carbone organique d'un échantillon de sol est oxydé avec le bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) en excès (en milieu acide). L'excès de bichromate non réduit par le carbone organique est alors titré par une solution de sels de Mohr (le sulfate ferreux). Ce titrage se fait en présence d'un indicateur coloré (le diphénylamine) qui vire au vert foncé lorsque l'excès de bichromate est réduit.

b-Mode opératoire

- Introduire 1 g de sol tamisé dans une erlen, y ajouter 10 ml de bichromate de potassium (8%), ajouter 15ml acide sulfurique.
- Agiter 1 minute et laisser reposer 30mn
- Transvaser dans une fiole et ajouter à 100 ml les eaux de rinçage de l'erien.
- Prélever 20ml dans un bécher et diluer à 100ml avec l'eau distillée.
- Ajouter 1 g de fluorure de sodium (NaF) et 3 à 4 gouttes de diphénylamine.
- Titrer le sol avec le sel de Mohr (sulfate de fer et d'ammonium) à 0,2 N.
- la solution de couleur brun-noireatre virera au vert (x ml de sel de Mohr).

Témoin (Y) : suivre les mêmes étapes sans le sol.

Calcul

$$C(\%) = \frac{(Y-X) * 0,6mg C * 100}{200 \text{ ou } 100mg \text{ de sol selon le cas}}$$

Remarque

Comme l'oxydation du carbone est à froid et donc incomplète, elle est en moyenne de 76% ($100/76= 1,31$), on multiplie le résultat par 1,31. Le taux de MO est estimé en le multipliant par le coefficient (1,72). Selon sa richesse en MO, le sol pourra être rangé selon les classes du tableau 1.

Tableau 1. Classification des sols selon le taux de matière organique (Shaeffer, 1975)

Taux de matière organique(%)	Type de sol
<1	Très pauvre
1-2	Pauvre
2-4	Moyenne
>4	Riche

4. Traitement statistique

La comparaison des moyennes de la matière organique et la densité apparente a été faite selon le test Student au seuil de 5%.

Les relations linéaires entre la densité apparente et le taux de matière organique selon l'âge des plantations et sous chaque type de climat ont été établies en utilisant les coefficients de corrélation de Pearson.

La corrélation de Pearson évalue la relation linéaire entre deux variables quantitatives continues. Le coefficient de corrélation, utilisé dans le cadre de ce mémoire, est le coefficient de Pearson « r ». Il est compris dans l'intervalle -1 à +1. Plus la valeur absolue du coefficient est importante, plus la relation linéaire entre les variables est forte. Une valeur absolue de 1 indique une relation linéaire parfaite. Une corrélation proche de 0 indique l'absence de relation linéaire entre les variables. La valeur -1 indique une variation simultanée dans le sens inverse tandis que la valeur +1 indique une variation simultanée dans le même sens.

Cette régression linéaire a pour objectif de résumer la relation entre deux variables X et Y par une fonction simple de type « $Y = aX + b$ ». Le coefficient de régression « r » ou de détermination « r^2 » mesure la proportion de la variation de Y expliquée par la variation de X. Dans notre cas, la variation de la densité apparente en fonction de la MO.

Pour déterminer si la corrélation entre les variables est significative, une comparaison de la valeur de P au seuil de signification $\alpha = 0,05$ est effectuée avec Stat XL 2014.

Chapitre2 : Résultats

1. Variation de la matière organique (MO) et la densité apparente (DA) en fonction du type de climat

Les figures 2a et 2b montrent la variation des teneurs en MO et des valeurs de la DA selon le type de climat, indépendamment du type de végétal et de l'âge.

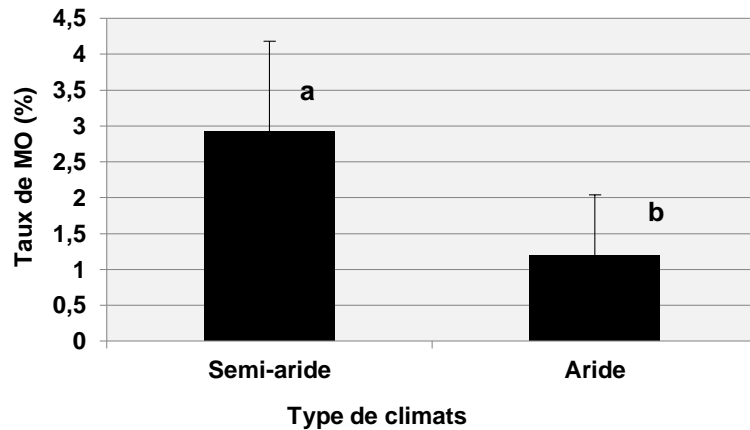


Figure 2a. Variation du taux de MO selon le type de climats (les valeurs ayant des lettres différentes sont significativement différentes selon le test de Student ($P < 0,05$) ; nombre d'observations=90).

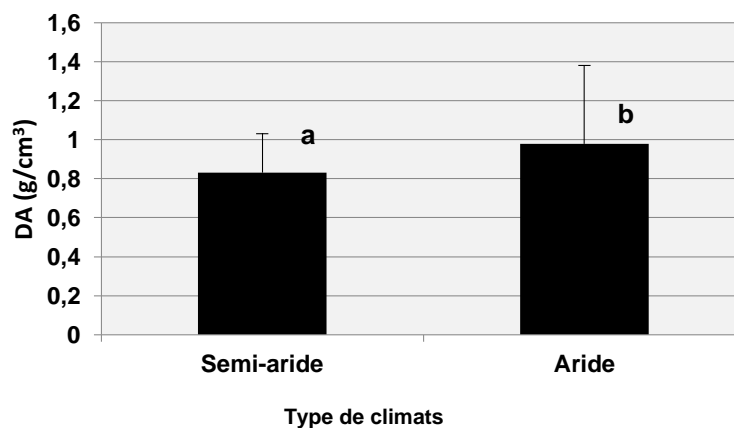


Figure 2b. Variation de la DA selon le type de climats (les valeurs affectées de lettres différentes sont significativement différents selon le test de Student ($P < 0,05$) ; nombre d'observations =90).

D'après les figures sus-indiquées, la teneur moyenne en MO enregistrée dans la zone semi aride ($2,92 \pm 1,26$ %) est statistiquement supérieure à celle enregistrée dans la zone aride avec

($1,20 \pm 0,84$ % ; $P < 0,001$) (Fig.1a). Il en est de même pour la DA (Fig.1b) dont la moyenne dans la zone semi- aride ($0,83 \pm 0,20$ g/cm³) est inférieure à celle de l'aride ($0,98 \pm 0,4$ g/cm³) ($P=0,0015$).

2. Variation de la densité apparente (DA) en fonction du taux de matière organique (MO) dans les parcelles étudiées sous climat semi-aride

2.1. Dans les vieilles plantations de figuier de Barbarie

La figure 3 révèle une corrélation faiblement négative et statistiquement non significative entre la DA et la MO ($r = - 0,34$; $P = 0,065$) dans les vieilles plantations de figuier de Barbarie. Certains points sont proches de la ligne, mais beaucoup d'autres en sont éloignés, ce qui indique seulement une relation linéaire faible entre les 2 variables.

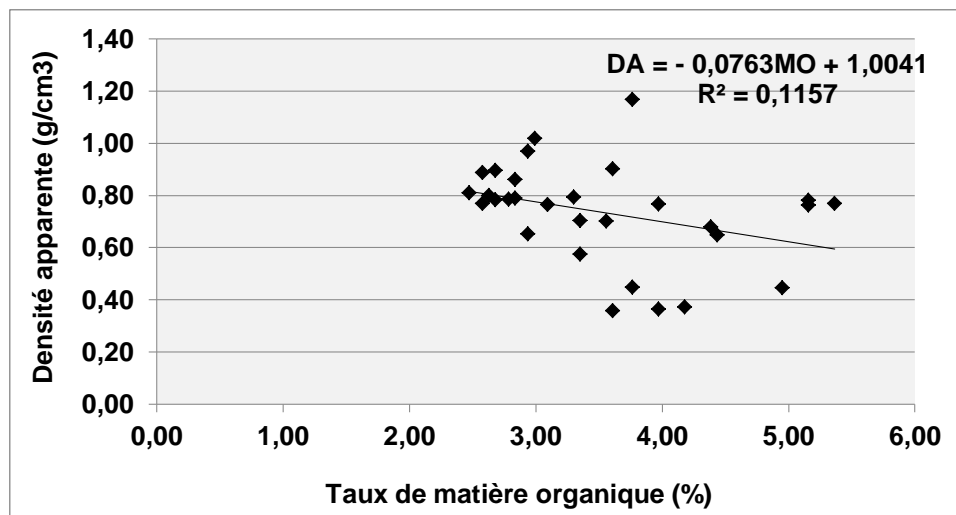


Figure 3. Variation de la densité apparente en fonction du taux de la matière organique dans les vieilles plantations sous climat semi-aride ($n = \text{nombre d'observations} = 30$).

2.2. Dans les jeunes plantations de figuier de Barbarie

La figure 4 révèle une corrélation positive et faible ($r=0,12$) et statistiquement non significative ($P=0,528$) entre la DA et la MO dans les parcelles des jeunes plantations de

figuier de Barbarie. Le nuage de points est presque horizontal, traduisant la faible relation entre ces 2 variables (la DA est presque constante quelle que soit la variation de la MO).

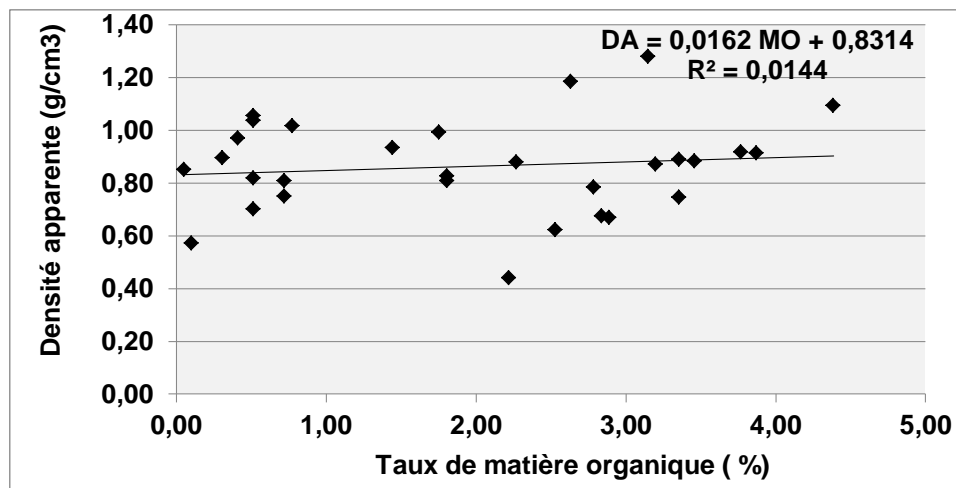


Figure 4. Variation de la densité apparente en fonction du taux de la matière organique dans les jeunes plantations sous climat semi-aride ($n=30$).

2.3. Dans les parcelles sans figuier de Barbarie

La figure 5 révèle une corrélation modérément négative entre la DA et la MO ($r= -0,47$), mais statistiquement significative ($P=0,008$).

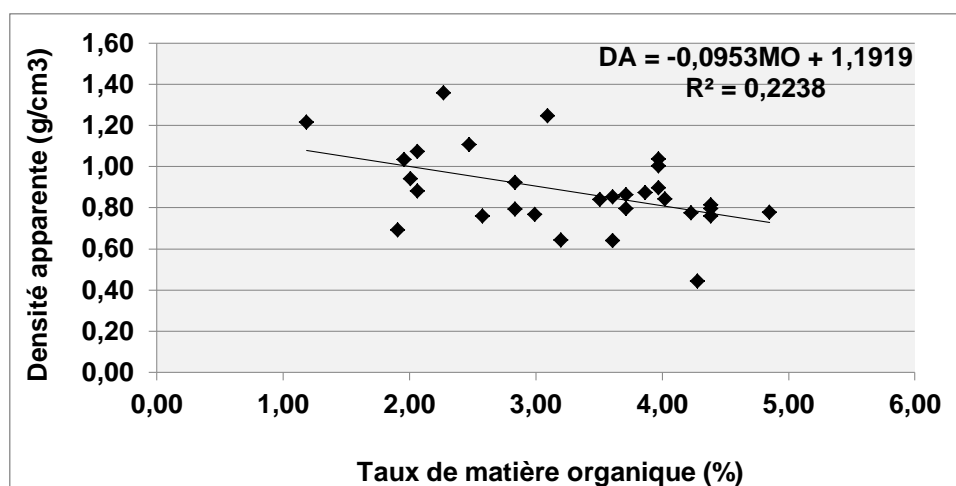


Figure 5. Variation de la densité apparente en fonction du taux de la matière organique dans les parcelles sans figuier de Barbarie sous climat semi-aride ($n=30$).

2.4. Dans toute la zone indépendamment du type d'aménagement

La corrélation entre la DA et la MO est faible et négative ($r = -0,24$), mais statistiquement significative ($P = 0,017$) (Fig.6).

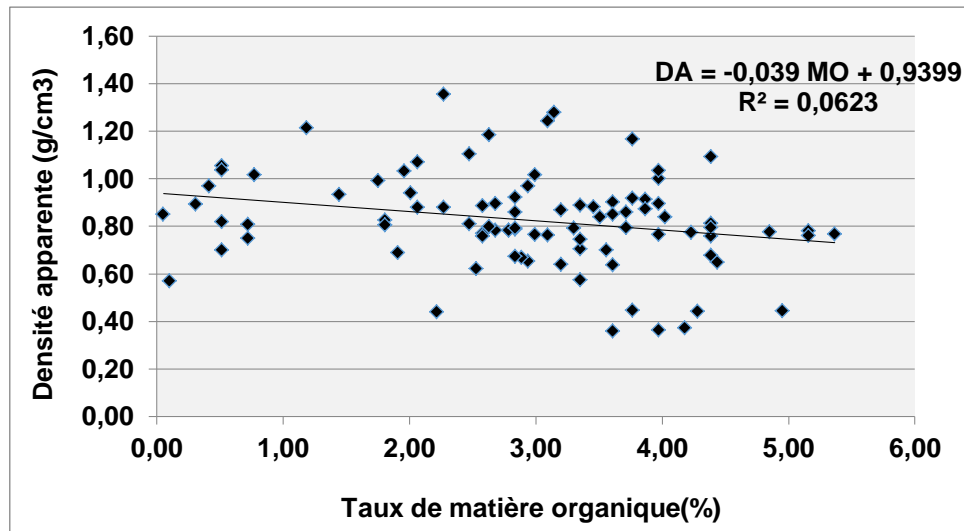


Figure 6. Variation de la densité apparente en fonction du taux de matière organique dans toute la zone sous climat semi-aride ($n=90$).

3. Variation de la densité apparente en fonction du taux de matière organique dans les parcelles étudiées sous climat aride

3.1. Dans les vieilles plantations de figuier de Barbarie

La figure 7 révèle une corrélation faiblement négative et statistiquement non significative entre la DA et la MO ($r = -0,35$; $P = 0,052$).

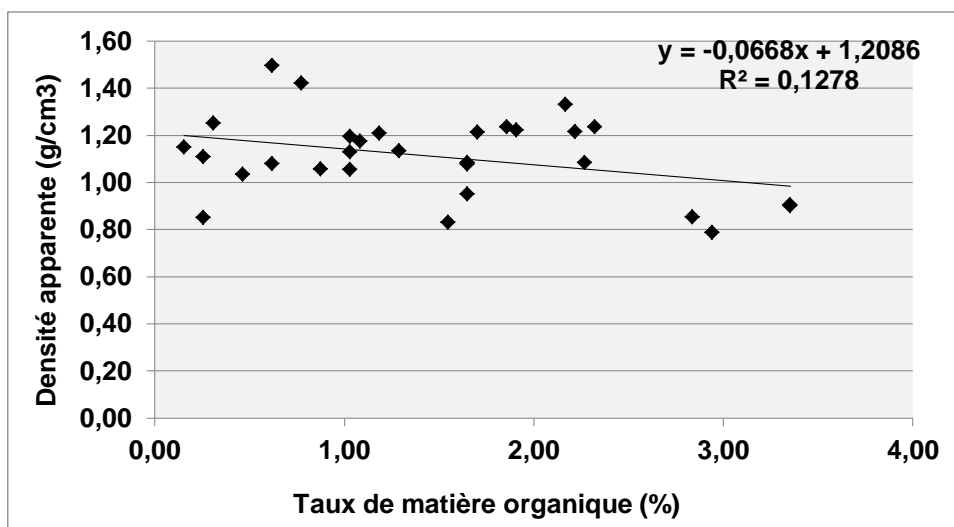


Figure 7. Variation de la densité apparente en fonction du taux de la matière organique dans les vieilles plantations de figuier de Barbarie sous climat aride ($n=30$).

3.2. Dans les jeunes plantations de figuier de Barbarie

La figure 8 révèle une corrélation faiblement négative et statistiquement non significative entre la DA et la MO ($r = -0,036$; $P=0,849$). La droite de régression est horizontale, indiquant une relation quasi-nulle entre les 2 variables.

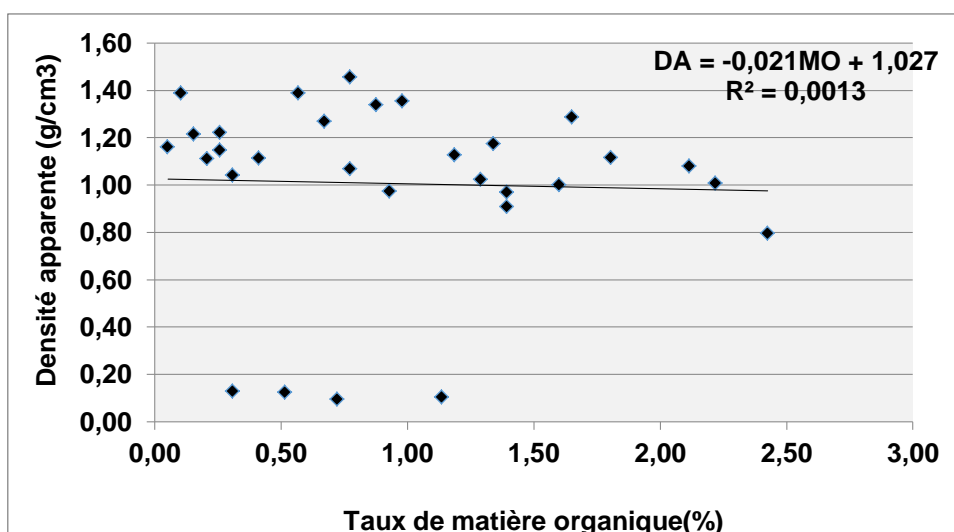


Figure 8. Variation de la densité apparente en fonction du taux de la matière organique dans les jeunes plantations sous climat aride ($n=30$).

3.3. Dans les parcelles sans figuier de Barbarie

La figure 9 montre une corrélation positive modérée avec un coefficient de corrélation ($r=0,59$) entre la DA et la MO et statistiquement significative avec $P<0,001$. Beaucoup de points sont proches de la ligne mais d'autres en sont éloignés, ce qui indique seulement une relation linéaire modérée entre les variables.

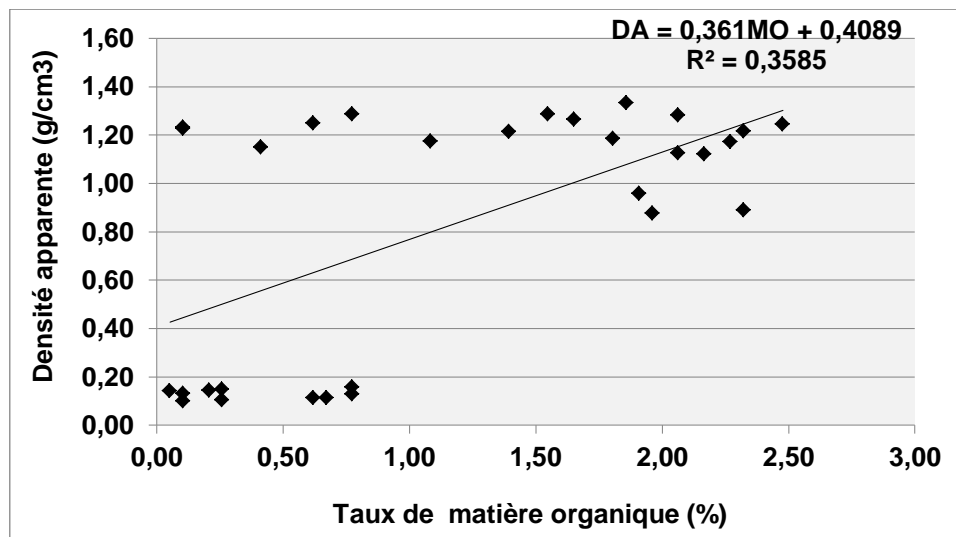


Figure 9. Variation de la densité apparente en fonction du taux de la matière organique dans les parcelles sans figuier de Barbarie sous climat aride ($n=30$).

3.4. Dans toute la zone, indépendamment du type d'aménagement

La relation entre la DA et la MO est indiquée sur la figure 10. La corrélation est positivement faible avec $r=0,22$ mais statistiquement significative avec $P=0,030$.

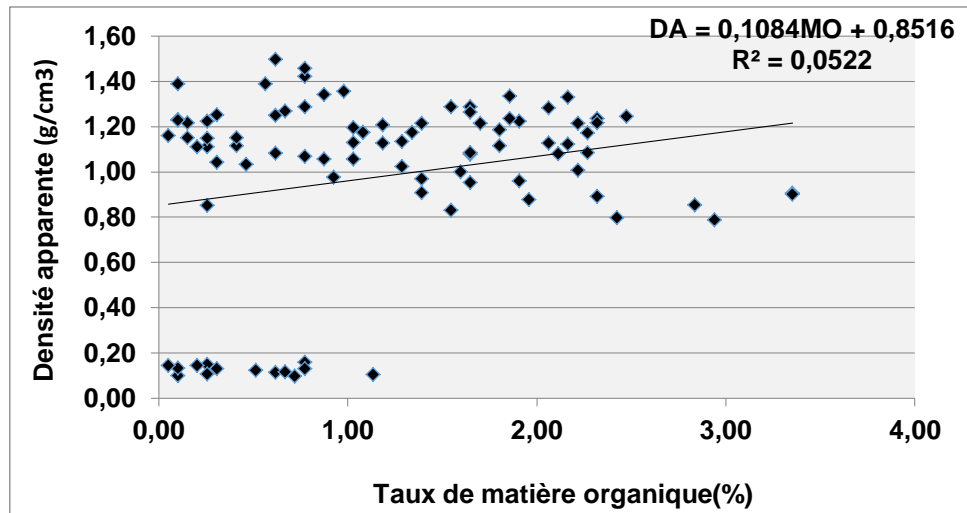


Figure 10. Variation de la densité apparente en fonction du taux de matière organique dans toute la zone aride ($n=90$).

Chapitre 3 :
Discussion générale et conclusion

Chapitre 3. Discussion générale et conclusion

La matière organique (MO) et la densité apparente (DA) figurent parmi les principaux indicateurs chimiques et physiques de la qualité du sol, nous renseignant respectivement sur la fertilité et la porosité du sol (Laghrour *et al.*, 2015).

Indépendamment du végétal et de son âge, les sols des parcelles étudiées dans la zone semi aride, à caractère argileux révèlent un taux moyen de MO de $2,92 \pm 1,26\%$, contre un taux de $1,20 \pm 0,84\%$ dans la zone aride à caractère sablonneux. Cette différence pourrait être due à 3 facteurs principaux : climat, végétation et texture. En effet, l'intensité de l'aridité dans les stations du sud de Tebessa, traduite par un indice de De Martonne de 6 et une pluviosité ne dépassant pas 160mm (Rezkallah et Khelifi, 2020) empêche l'installation d'une couverture végétale et donc un manque de source de la litière amplifiée par une texture sablonneuse (Neffar *et al.*, 2011), qui, même s'il y a une source de matière organique, la forte aération favorise son oxydation et donc sa minéralisation. En effet, d'après, Van Veen et Kuikman (1990), les sols constitués majoritairement de particules grossières et contenant de faibles teneurs en argile sont plus susceptibles à la décomposition rapide de la matière organique, à l'oxydation du carbone ainsi qu'à l'érosion des sols. En revanche, selon van Wesemael et Brahy (2013), les argiles sont mieux pourvues en MO que les sables et qu'une teneur élevée en argile (>20 %) favorise l'accumulation du carbone organique (Baldock et Skjemstad, 2000 ; Sartori *et al.*, 2006), car la formation du complexe argilo-humique, chimiquement stable permet à l'argile de protéger physiquement le C de l'activité bactérienne.

D'un autre côté, selon la classification de Schaeffer (1975), ces sols sont qualifiés de moyennement pourvus en MO. Cependant, d'après Rutunga (1997), l'efficacité de la MO dépend de sa qualité et du taux d'argile. Autrement dit, les composés organiques formés dans un sol peuvent être stables et inactifs dans un sol riche en carbone organique (> 5%) et la richesse en MO doit être attachée au taux d'argile, puisque pour les teneurs comprises entre 2 et 3%, si le taux d'argile est inférieur à 20%, le sol est qualifié de bien pourvu en MO, mais si cette teneur dépasse les 20%, le sol en serait moyennement ou faiblement pourvu (LANO, 1994).

Les sols argileux ont une DA moyenne de $1,2 \text{ g/cm}^3$ contre $1,52 \text{ g/cm}^3$ pour les sablonneux (Linsay *et al.*, 1982) et en se référant à la classification de Soltner (1979) la liant à la porosité ; avec une valeur comprise entre 1 et $1,2 \text{ g/cm}^3$, la porosité est comprise entre 55 et 62%. Le sol devient plus compact avec une porosité moins de 40% si la DA atteint 1,6 à $1,8 \text{ g/cm}^3$.

En tous les cas, une densité apparente élevée indique soit le compactage du sol soit une forte teneur en sable, alors qu'une plus faible densité ne signifie pas nécessairement une meilleure aptitude à la croissance des plantes. Selon Singh *et al.* (2020), quand la densité apparente est faible, la porosité augmente créant des conditions aérobiques et conséquemment plus de minéralisation de la MO. Dans notre cas, les valeurs sont dans leur quasi-totalité inférieures à 1g/cm^3 , ce qui explique peut être les valeurs de la MO, mais nous affectons ces valeurs beaucoup plus aux mauvais cylindres confectionnés par les étudiants de l'année passée.

N'empêche que la différence observée entre les sols des 2 types de climats reviendrait probablement au type de texture. La valeur moyenne est de $0,83\pm 0,20\text{ g/cm}^3$ dans les sols argileux sous climat semi-aride (Norme : $1,2\text{g/cm}^3$) et $0,98\pm 0,40\text{ g/cm}^3$ dans les sols sablonneux sous climat aride (Normes $1,52\text{g/cm}^3$) (Linsey *et al.*, 1982).

Bien que Jones (1983) ait reporté que l'impact de la texture sur la DA est faible, à cause du carbone organique, Bernoux *et al.* (1998) avancent la présence d'une corrélation entre ces 2 paramètres physiques. Selon ces auteurs, l'effet du taux de sable sur la DA est plus élevé que les autres propriétés du sol, et que les sols argileux ont une faible DA et une forte porosité par rapport aux sols sablonneux ($r=0,9094$ entre DA et le sable) et $r= - 0,6332$ entre la DA et l'argile et $r= -0,7343$ entre la DA et le silt. On en déduit, que dans ces parcelles à dominance sablonneuse, le taux élevé des sables est associé à la faible teneur en MO. Ceci se voit clairement en comparant les moyennes de la MO et la DA entre les 2 types de climats où la DA diminue avec l'augmentation de la MO (dans le semi-aride : MO=2,92% et DA = $0,83\text{g/cm}^3$ alors que dans l'aride, MO= 1,20% et DA= $0,98\text{g/cm}^3$).

Rappelons que la densité apparente est une propriété dynamique qui varie avec les conditions de structure du sol. Elle est affectée principalement par la profondeur, la texture, la porosité, la compaction et le taux de MO (Morgan, 2005 ; Chaudhari *et al.*, 2013). En effet, quand la DA est élevée, le sol est compact, ne contient pas des pores nécessaires à la croissance des racines, les capacités en eau sont réduites et, la circulation des fluides est ralentie (N'Guessan *et al.*, 2015). Elle est inversement liée à la porosité (Chaudhari *et al.*, 2013).

Mais parmi une multitude de facteurs, la teneur en MO se place en tant que dominant facteur agissant sur la variation de la DA (Heuscher *et al.*, 2005). Inversement à ce qui a été rapporté dans la littérature (Jeffrey, 1970 ; Harmand et Njiti, 1998 ; Sakin, 2012 ; Chaudhari *et al.*

Chapitre 3. Discussion générale et conclusion

2013 ; Singh *et al.*, 2020) où l'évolution de la DA dans le sens inverse du taux de MO est une opinion universelle, l'analyse de cette relation sous deux variantes climatiques et selon le type et l'âge de la végétation (figuier de Barbarie jeune et âgé, végétation spontanée) a révélé 2 cas de figures (une corrélation positive et une autre négative). Parmi les 8 cas étudiés, 3 cas d'entre eux sont positifs. Il s'agit des jeunes plantations dans le semi-aride ($r= 0,12$; $P=0,528$), le témoin de l'aride ($r= 0,59$; $P<0,001$) et toute la zone aride dans sa globalité ($r=0,22$ avec $P= 0,030$). Autrement dit, la DA augmente avec l'augmentation de la MO. Cependant, il serait important de souligner que quel que soit le sens de cette relation (positif ou négatif), seulement dans 4 cas sur 8, la corrélation s'est montrée **statistiquement significative**. Dans le semi-aride, il y a les parcelles sans figuier de Barbarie ($r=- 0,47$; $P=0,008$) et toute la zone semi-aride ($r= -0,24$, $P=0,0177$). Dans l'aride, le cas concerne les parcelles sans figuier de Barbarie ($r= 0,59$; $P<0,001$) et toute la zone aride ($r=0,22$ avec $P= 0,030$).

Dans les cas où la corrélation est positive ou négative mais non significative, ceci s'explique par le fait que la densité apparente dans ces cas n'a pas subi l'effet du taux de matière organique et que d'autres facteurs sont intervenus, cas du type de texture, la conductivité électrique et le taux de calcaire (Chaudhary *et al.*, 2013).

Quant aux corrélations négatives et statistiquement significatives (cas des témoins et la zone semi-aride), elles s'expliquent par le fait que dans ces parcelles, il y a l'effet de la matière organique sur le degré de compaction et sur l'amplitude de la variation de la masse volumique apparente, attribué en tout ou en partie à l'augmentation de la résistance mécanique (cohésion) des unités structurales (Angers et Simard, 1986), résultant en une augmentation de l'espace poral entre les agrégats, positivement corrélée à la richesse chimique de l'argile en MO (Chaney et Swift, 1984), ce qui est bénéfique pour la croissance de la plante (Sakin, 2012).

Les corrélations positives et statistiquement significatives concernent les témoins et toute la zone aride où la DA augmente avec la MO. Si la relation entre ces 2 variables prend cette tendance, c'est probablement principalement au type de texture, expliquée précédemment où l'effet du sable agit plus que les autres paramètres et pourrait dans ce cas masquer l'effet de la MO, sachant que la DA des sables est plus élevée que celle des argiles (Buckman et Brady, 1960 ; Bernoux *et al.*, 1998).

Chapitre 3. Discussion générale et conclusion

En conclusion pour ce simple travail, il en ressort que :

-les valeurs partiellement biaisées de la densité nous ont empêché de faire une bonne interprétation malgré le nombre élevé d'observation (90 échantillons / type de climats).

- L'existence d'une corrélation négative entre la densité apparente et la teneur en carbone du sol n'a pas été démontrée dans toutes les parcelles étudiées bien que ce soit une loi universelle; et en cas d'existence ou bien, elle n'est pas statistiquement significative ou bien, significative avec un coefficient de corrélation faible.

En perspective, le recours aux plantations de figuier de Barbarie comme moyen de lutte contre la dégradation des sols et leur érosion serait davantage positif si un nouvel apport exogène en MO serait effectué, cas du fumier, ce qui conséquemment pourrait réduire la compaction des sols et éviter de perdre de la fertilité physique des sols.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Angers, D. A. et Simard, R. R. (1986)** . Relations entre la teneur en matière organique et la masse volumique apparente du sol. *Canadian journal of soil science*, 66(4) : 743-746.
- Annabi, M., Houot, S., Francou, C., Poitrenaud, M., and Bissonnais, Y. L. (2007)**. Soil aggregate stability improvement with urban composts of different maturities. *Soil Science Society of America Journal*, 71(2), 413-423.
- Baldock, J. and Skjemstad, O.J. (2000)**. Role of the soil matrix and minerals in protecting natural organic materials against biologic attack. *Organic Geochemistry*, 31 : 697-710
- Bernoux, M. ; Arrouays, D. ; Cerri, C ; B. Volkoff, B. and Jolivet, C. (1998)**. Bulk densities of Brazilian Amazon soils related to other soil properties. *Soil Science Society of America Journal*, Vol.62, pp.743 – 749.
- Bernoux, M. et Chevallier, T. (2013)**. Le carbone dans les sols des zones sèches. Des fonctions multiples indispensables. Les dossiers thématiques du CSFD. N°10. décembre 2013. CSFD/Agropolis International, Montpellier, France. 40 pp.
- Blake, G.R. and Hartge, K.H. (1986)**. *Methods of Soil Analysis, Part 1*, Soil Science Society of America, Madison, WI, USA : 363-376.
- Brahim, N., Ibrahim, H., Gallali, T. and Bol, R. (2018)**. Spatial variability of organic carbon stock in the desert soil of Zarcine oasis-Kebili. 3rd International Conference on Integrated Environmental Management for Sustainable Development. WWW.iciem-conference.com.
- Buckman, H. and Brady, N. (1966)**. *Les sols : nature et propriétés*. Intercontinental Editions, INC. New York, 499 pages
- Carter, M.R. and Ball, B.C. (1993)**. Soil porosity. p. 581–588. In M.R. linear models. SAS Inst., Cary, NC. Carter (ed.) *Soil sampling methods of soil analysis*. Lewis Publ., Logsdon, Boca Raton, FL.
- Cassel, D.K. (1982)**. Tillage effects on soil bulk density and mechanical impedance. p. 45–67. In P.W. Unger and D.M. Van Doren (ed.). *Predicting tillage effects on soil physical properties and processes*. ASA Spec. Publ. 44. ASA and SSSA, Madison, WI.
- Chaney, K. and Swift, R. S. (1984)**. The influence of organic matter on aggregate stability in some British soils. *Journal of Soil Science*, 35:223-230.
- Chaudhari, P. ; Ahire, D. ; Ahire, V. ; Chkravarty, M. and Maity, S. (2013)**. Soil Bulk Density as related to Soil Texture, Organic Matter Content and available total Nutrients of Coimbatore Soil. *International Journal of Scientific and Research Publications*, Volume 3, Issue 2, 1-8.

Références bibliographiques

- Duchauffour, P. (1970).** Précis de Pédologie. Masson, 3^{ème} Edition, Paris.
- Dutartre, Ph., Bartoli, F., Andreux, F., Portal, J.M. and Ange, A. (1993).** Influence of content and nature of organic matter on the structure of some sandy soils from West Africa. *Geoderma*, 56 : 459-478.
- Fullen, M. A. (1985).** Compaction, hydrological processes and soil erosion on loamy sands in east Shropshire, England. *Soil Tillage Res.* 6: 17- 29.
- Harmand, J. M. & Njiti, C. F. (1998).** Effets de jachères agroforesteries sur les propriétés d'un sol ferrugineux et sur la production céréalière. *Agriculture et développement*, (18) : 21-29.
- Haynes, R.J. and Swift, R.S. (1990).** Stability of aggregates in relation to organic constituents and soil water content. *Journal of Soil Science* 41, 73-83.
- Heuscher, S.A. ; Brandt, C.C. and Jardine, P.M. (2005).** Using soil physical and chemical properties to estimate bulk density. *Soil Science Society of America Journal*, 69:51–56.
- Jeffrey, DW. (1970).** A note on the use of ignition loss as a means for the approximate estimation of soil bulk density. *Journal of Ecology*, 58: 297-299.
- Jones, C.A. (1983).** Effect of Soil Texture on Critical Bulk Densities for Root Growth,” *Soil Science Society of America Journal*, 47 : 1208-1211
- Laghrour, M. ; Moussadek, R. ; Mekkaoui, M. ; Zouahri, A. ; Dahan, R. and El Mourid, M. (2015).** Impact du Semis Direct sur les propriétés physiques d'un sol argileux au Maroc Central (Impact of No Tillage on physical proprieties of a clay soil in Central Morocco). *Journal of Materials and Environmental Sciences*, 6(2) : 391-396.
- LANO. (1994).** **Laboratoire Agronomique de Normandie** <http://www.lano.asso.fr/web>> matière organique
- Linsley, R. K. ; Kohler, M.A. and Paulhus, J.L.H. (1982).** *Hydrology for Engineers*, 3rd ed., McGraw-Hill, New York.
- Morgan, R.P.C. (2005).** *Soil erosion and conservation*, (Third Edition), Blackwell Publishing Ltd.
- Morisada, K. ; Ono, K. and Kanomata, H. (2004).** Organic carbon stock in forest soils in Japan. *Geoderma*, 119 : 21-32.

Références bibliographiques

- Neffar, S.; Beddiar, A. ; Redjel, N. et Boukheloua, J. (2011).** Effets de l'âge des plantations de figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) sur les propriétés du sol et la végétation à Tébessa (zone semi-aride de l'est algérien). *Ecologia Mediterranea*, 37: 5–15.
- N' Guessan, K. ; Diarrassouban, N. ; Alui,K. ;Nangha,K. ;Fofana,I. and Yao-Kouame,A. (2015).** Indicateurs de dégradation physique des sols dans le Nord de la Côte d'Ivoire : cas de Boundiali et Ferkessédougou. *Afrique Science*, 11(3) : 115 - 128
- Pariente, S. and Lavee, H. (2004).** Soil organic matter and degradation. *Soil Conservation and Protection for Europe*.83-88
- Post, W.M. ; Emmanuel, W.R. ; Zinke, P.J. and Stangenberger, A.G. (1982).** Soil Carbon Pools and World Life Zones," *Nature*, 298 :156-159
- Rutunga, V. (1997).** Sols acides de la région d'altitude de la Crête Congo-Nil (Rwanda). Potentialités agricoles et forestières. Nairobi, Kenya: Lengo Publisher.
- Rezkallah, D. et Khelifi, M. (2020).** Mémoire de Master en Ecologie.Estimation du potentiel d'accumulation du carbone organique dans les sols steppiques réhabilités le long d'un gradient climatique. Mémoire de Master en Ecologie Université de Tébessa
- Sakin, E. (2012).** Organic carbon organic matter and bulk density relationships in arid-semi arid soils in Southeast Anatolia region. *African Journal of Biotechnology* , 11(6) : 1373-1377
- Sartori, F. ; Lal, R. ; Ebinger, M.H. and Parrish, D.J. (2006).** Potential soil carbon sequestration and CO₂ offset by dedicated energy crops in the USA. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 25: 441–472
- Schaffer, R. (1975).** Matière organique du sol. 1^{er} séminaire sur la croissance du Maghreb. INA , Alger, 64 pages
- Singh, P. D. ; Kumar, A. ; Dhyani, B. P. ; Kumar, S. ; Shahi, U. P. ; Singh, A. and Singh, A. (2020).** Relationship between compaction levels (bulk density) and chemical properties of different textured soil. *International Journal of Chemical studies*, 8(5): 179-183.
- Soltner, D. (1979).** Les bases de la production végétale. Collection Sciences et techniques Agricoles. 428 pages.
- Van Veen J.A. and Kuikman, P.J. (1990).** Soil structural aspects of decomposition of organic matter by microorganisms, *Biogeochemistry*, 11 : 213-233
- Van Wesemael, B. and Brahy, V. (2013) .** La matière organique dans les sols.
http://etat.environnement.wallonie.be/uploads/rapports/parties/chapitres/fiches/SOL_S_02.pdf

Références bibliographiques

- Voroney, R.P., van Veen, J.A. and Paul, E.A. (1981).** Organic carbon dynamics in grassland soils. II. Model validation and simulation of the long-term effects of cultivation and rainfall erosion. *Canadian Journal of Soil Science*, 61: 211-224.
- Walkley, A. and Black, A. (1934).** An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposal modification of the chromic acid titration method. *Science*, 37: 29-38.
- Weil, R.R. and Magdoff ,F. (2004).** Significance of soil organic matter to soil quality and health. In: *Soil organic matter in sustainable agriculture*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press.