



Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de  
**Master en Sciences Agronomiques**  
Option  
« Gestion Conservatoire des Eaux, des Sols et de l'Environnement »

par

**KORDJ Aicha & LAHMAR Lalia**

## Thème

**Impacts des systèmes agroforestiers sur la fertilité des terres  
agricoles dans les piémonts Nord-Ouest du Dahra  
(W. Mostaganem)**

**Devant le jury :**

Président	Pr Haddad Ahmed	Université de Mostaganem
Examineur	Dr Tahri Miloud	Université de Mostaganem
Promoteur	Pr Larid Mohamed	Université de Mostaganem
Co-Promoteur	Dr Hamadi Amina	Université de Mostaganem

## *REMERCIEMENTS*

Tout d'abord, nous remercions le Dieu, notre créateur de nos avoir donné les forces, la Volonté et le courage afin d'accomplir ce travail modeste.

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer toutes nos reconnaissance et remerciements à notre Professeur de mémoire *Larid Mohamed*, qui a fait preuve d'une grande patience et a été d'un grand apport pour la réalisation de ce travail. Ses conseils, ses orientations ainsi que son soutien moral et scientifique nous ont permis de mener à terme ce travail. Son encadrement était des plus exemplaires.

Nous tenons également à remercier messieurs les membres de jury pour l'honneur qu'ils

Nous ont fait en acceptant de siéger à notre soutenance, tout particulièrement :

Dr Hadad Ahmed pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury de cette mémoire.

Nous souhaitons exprimer notre gratitude à Dr Tahri Miloud et à pour avoir faire

de lecteur notre mémoire, aller l'examiner et ils peuvent évaluer cette mémoire. Nous vous

Remercions pour l'intérêt que vous avez porté à ce travail et pour vos précieux conseils et

Remarques.

Nous sommes reconnaissantes à notre Co-promoteur Mell Hamadi Amina et nous lui offrons un grand respect et l'appréciation, pour ses conseils et ses dirigés du début à la fin de ce travail, Et Mme Yamina (tita) pour ces aides.

Nous exprimons aussi nos vifs remerciements aux enseignants du département d'agronomie de l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem pour leur aide et conseils scientifiques.

C'est aussi un grand plaisir d'exprimer nos remerciements au personnel du l'institut national des sols, de l'irrigation et du drainage (INSID) de l'Ouest (wilaya de Relizane) et surtout son directeur *M. Gacem Farid* de nous avoir accueilli dans ses laboratoires.

L'occasion nous est offerte de témoigner chaleureusement notre incère gratitude à nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience.

Enfin toutes nos reconnaissances sont adressées à tous ceux et celles qui nous ont aidé dans la réalisation de ce travail et soutenu dans les moments difficiles.

Que chacun(e) se retrouve à travers ces quelques lignes.

<b>Liste des figures</b>		
<b>N°</b>	<b>Intitulés</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Modèle hiérarchique de formation d'agrégats, et leur stabilité relative,	<b>07</b>
<b>02</b>	Situation géographique de la zone d'étude.	<b>12</b>
<b>03</b>	Carte des réseaux routiers de la zone d'étude.	<b>13</b>
<b>04</b>	Carte des pentes de la zone d'étude.	<b>14</b>
<b>05</b>	Carte des expositions de la zone d'étude	<b>15</b>
<b>06</b>	Carte d'altitude de la zone d'étude.	<b>15</b>
<b>07</b>	Carte lithologique de la zone d'étude	<b>16</b>
<b>08</b>	Carte des réseaux d'écoulement pluvial de la zone d'étude.	<b>16</b>
<b>09</b>	Carte d'occupation du sol de la zone d'étude.	<b>17</b>
<b>10</b>	Précipitations moyennes mensuelles (mm).	<b>18</b>
<b>11</b>	Températures moyennes maximales et minimales (°C)	<b>18</b>
<b>12</b>	Vitesse moyenne mensuelle des vents (m/s).	<b>19</b>
<b>13</b>	Humidité relative moyenne mensuelle de l'air (%)	<b>20</b>
<b>14</b>	Insolation moyenne mensuelle (h/mois).	<b>20</b>
<b>15</b>	Evapotranspiration moyenne mensuelle (mm).	<b>21</b>
<b>16</b>	Diagrammes ombrothermique de Bagnouls et Gaussien	<b>22</b>
<b>17</b>	Délimitation des parcelles expérimentales sur la zone d'étude.	<b>25</b>
<b>18</b>	Triangle de texture d'après Jamagne, 1967 ; in Baize, 2000.	<b>28</b>

<b>19</b>	Quelques éléments de la macrofaune du sol de la zone d'étude (Photos - A. Hamadi, 2018)	<b>33</b>
<b>20</b>	Variation de la MOS des principaux systèmes culturaux dans la zone d'étude.	<b>34</b>
<b>21</b>	Répartition du taux de la MOS dans la zone d'étude.	<b>35</b>

<b>Liste des Tableaux</b>		
<b>N°</b>	<b>Intitulés</b>	<b>Page</b>
<b>01</b>	Propriétés générales des Matières Organiques du Sol et effets correspondants sur le sol (Stevenson, 1982).	<b>04</b>
<b>02</b>	Principales techniques agroforestières (Charif, 2001)	<b>09</b>
<b>03</b>	Coordonnées géographiques de la zone d'étude.	<b>12</b>
<b>04</b>	Classification du climat selon l'indice de continentalité (Debrach, 1953).	<b>21</b>
<b>05</b>	Indice de continentalité de la zone d'étude.	<b>22</b>
<b>06</b>	Ambiance bioclimatique de Sidi Ali.	<b>23</b>
<b>07</b>	Classification des climats en fonction de la valeur de l'indice de De Martonne.	<b>24</b>
<b>08</b>	présente les critères des 14 parcelles expérimentales délimitées sur la zone	<b>26</b>
<b>09</b>	Système de classification des classes texturales	<b>27</b>
<b>10</b>	Echelle d'interprétation du pHeau d'après Ryser <i>et al.</i> , 2001	<b>28</b>
<b>11</b>	Echelle de salure en fonction de la CE de l'extrait aqueux au 1/5 d'après Aubert, 1978	<b>29</b>
<b>12</b>	Normes d'interprétation du taux du calcaire du sol d'après Loz et Mathieu, 1990	<b>31</b>
<b>13</b>	Catégorisation de la quantité de la MOS selon (Boyer, 1982)	<b>35</b>
<b>14</b>	Impacts des systèmes sur les propriétés physico-chimiques des sols (Récapitulatif des résultats de l'analyses de la variance).	<b>36</b>

## Liste des abréviations

**CE : conductivité électrique**

**CEC :capacité d'échange de cations**

**CO : carbone organique**

**DSA : direction des services agricoles**

**FAO : Organisation des Nations Unies pour L'alimentation et l'agriculture**

**MOS : Matières Organiques du Sol**

## Sommaire

Page

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Introduction générale 01

### Synthèse bibliographique

Introduction	02
1. La fertilité du sol	02
1.1. L'importance de la fertilité dans le rendement agricole	02
1.1. Historique	02
1.3. L'évolution de la fertilité dans les pays en voie de développement	02
1.4. Le problème de la pérennisation de la fertilité des sols	03
1.5. Matières Organiques du Sol	03
1.5.1. Définition	03
1.5.2. Propriétés	03
1.5.3. Processus de décomposition	04
1.5.4. Les facteurs d'influence de l'effet de la décomposition	05
1.5.4.1. Facteurs biotiques	05
1.5.4.2. Facteurs abiotiques	05
1.5.4.2.1. La texture du sol et la minéralogie des argiles	05
1.5.4.2.2. Le climat	05
1.5.4.2.3. Le travail du sol	06
1.5.4.2.4. La fertilisation minérale	06
1.5.5. L'importance dans la fertilité	06
1.5.6. Le rôle dans l'organisation de la structure du sol	06
1.6. L'indicateur biologique du sol	07
2. L'agroforesterie	08
2.1. Définition	08
2.2. Différentes formes	08
2.3. Systèmes pratiqués et techniques	08
2.4. Principales techniques agroforestières	09
3. Le rôle de l'agroforesterie dans le maintien de la fertilité du sol	10
Conclusion	10

## **Matériels et méthodes**

### **Présentation de la zone d'étude**

Introduction	11
1. Présentation de la zone d'étude	11
1.1. Cadre général	11
1.2. Situation de la zone d'étude	11
1.3. Situation juridique et administrative	13
1.4. Infrastructure routière	13
1.5. Géomorphologie	13
1.5.1. Relief et pente	
1.5.2. Altitude et exposition	14
1.5.3. Sols	16
1.5.4. Réseau d'écoulement pluvial	16
1.5.5. Occupation végétale	16
2. Aperçu climatique	17
2.1. Pluviométrie	17
2.2. Températures	18
2.3. Vents	19
2.4. Humidité	19
2.5. Insolation	20
2.6. Evapotranspiration	20
2.7 Synthèse climatique	21
2.7.1. Indice de continentalité ou indice de Debrach	21
2.7.2. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен.	22
2.7.3. Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger	23
2.7.4. Indice d'aridité de De Martonne	23
Conclusion	24

### **Approche expérimentale**

1. Parcelles expérimentales	25
1.1. Choix et délimitation des parcelles expérimentales	25
1.2. Caractérisation des parcelles expérimentales	26
1.3. Prélèvement des échantillons de sol	27
2. Analyses physico-chimiques du sol	27
2.1. Granulométrie et texture	27
2.2. Ph	28
2.3. Conductivité électrique (CE)	29
2.4. Matière organique	29
2.5. Carbone organique	30
2.6. Phosphore (P2O5)	30
2.7. Dosage des cations	31
2.8. Calcaire total	31

2.9. Calcaire actif	32
3. Analyse cartographique	32
4. Analyse statistique	32

## **Résultats et Discussions**

1. Résultats sur l'état du sol de la zone d'étude	33
2. Interprétation des résultats de l'analyse de variance	34
2.1.Matière organique	34
2.2 Comparaison de systèmes de culture	35
<b>Conclusion générale</b>	39

## **Références bibliographiques**

## **Annexes**

# Introduction générale

---

## Introduction générale

Aujourd'hui l'agriculture est confrontée à des défis humains, sociétaux et environnementaux majeurs. Les terres cultivables devront augmenter de 120 millions d'hectares notamment dans les pays en voie de développement pour assurer l'augmentation de la production pour nourrir une population mondiale qui se chiffrera à 9 milliards en 2050 (FAO, 2004). Tandis que, une grande partie de la base des ressources naturelles déjà utilisées partout dans le monde présente des signes inquiétants de dégradation.

Le sol comme ressource non renouvelable qui occupe une position particulière par ses fonctions à la fois agronomiques et environnementales (Richard, 2008), est soumise à des pressions naturelles et anthropiques sans précédent et ne peut plus remplir parfaitement ses fonctions (Trehen et *al.*, 2003). En effet, la dégradation des sols est causée par un déséquilibre humain involontaire car l'utilisation des mauvaises pratiques culturales sont souvent la première réponse à un tel problème. Cependant, elles affectent la production agricole en milieu rural par la diminution du taux de matière organique du sol (Reeves, 1997), et donc une baisse de fertilité des sols qui constitue une des principales difficultés que connaisse l'agriculture actuellement.

Face à cette situation, la recherche sur les aspects de l'agroforesterie qui touchent à la fertilité des sols semble apporter une solution à l'agriculture moderne. De plus, la fertilisation est généralement moins fréquente en agroforesterie (Schroth et *al.*, 2001), elle est souvent suggérée comme pouvant augmenter les réserves de nutriments du sol, améliorer sa structure et réduire l'érosion (Pimentel et *al.*, 1995; Sanchez, 1995). Etant donné l'importance du maintien de la fertilité comme un aspect fondamental de la plupart des systèmes agroforestiers, quelques observations de base sur le sol devraient faire partie intégrante de tout essai agroforestier général en champ.

Dans ce contexte, l'évaluation des propriétés des sols des champs des systèmes agroforestiers en comparaison avec les sols d'autres systèmes ont fait l'objet de notre étude afin de déterminer les modifications subies au niveau du sol par la présence de l'arbre.

Cette étude s'articule autour de trois chapitres :

- ❖ Le premier a été consacré à un aperçu bibliographique de notre thématique
- ❖ Le deuxième sur la description des matériels et méthodes utilisés lors de notre expérimentation dont la présentation de la zone d'étude
- ❖ Le troisième porte sur les résultats obtenus et leurs interprétations
- ❖ Enfin, une conclusion suivie de quelques suggestions.

## **Introduction**

La problématique agronomique de la gestion des sols correspond à celle de leur productivité. Elle est aussi ancienne que l'activité agricole elle-même. Pourtant, elle a connu différents périodes dans son développement, entraînant pour chaque période un questionnement différent, et des postures de recherche quelque peu divergentes. Ces différentes périodes comprennent le temps de la fertilité. Sur le plan des politiques publiques, il a fallu attendre les années 60 et la révolution verte pour apprécier une initiative à l'échelle mondiale de l'application du concept de fertilisation minérale.

### **1. La fertilité du sol**

#### **1.1.L'importance de la fertilité dans le rendement agricole**

Le principal indicateur utilisé pour définir le niveau de fertilité des sols est donc le rendement des cultures, et les sols ayant des problèmes de fertilité sont ceux fournissant les plus faibles rendements, à niveau d'apports de fertilisants identiques. Le niveau de rendement est essentiellement en relation avec la disponibilité des nutriments du sol, et bientôt il le sera plus avec les apports en éléments nutritifs. Cependant, l'intensification de la production agricole nécessite une exploitation rationnelle du sol dont la fertilité demande un entretien par restitution non seulement des éléments exportés mais aussi de tous les facteurs qui améliorent les propriétés physiques du sol(...).

#### **1.2. Historique**

Au milieu du 19e siècle, les travaux de Von Liebig, un chimiste Allemand, ont jeté les bases d'une conception minéraliste de la fertilité des sols (Farzin 1984; Duquette et al. 2012). Une meilleure compréhension du cycle des nutriments dans le sol et les plantes a ouvert la voie à la réflexion sur la place des éléments nutritifs comme source principale de la fertilité des sols. Dans l'analyse agronomique, la fertilité des sols devient un indicateur de performance de l'agriculture.

#### **1.3. L'évolution de la fertilité dans les pays en voie de développement**

La révolution verte a consisté en une politique à grande échelle dédiée à la transformation des agricultures des pays en voie de développement, initiée vers les années 60. Elle était fondée sur une intensification basée sur l'utilisation des variétés à haut potentiel de production, l'utilisation des engrais minéraux et d'autres pesticides, et une place importante pour l'irrigation des cultures. Elle constitue la mesure de politique publique qui a scellé le paradigme de la fertilité minérale des sols dans les pays en voie de développement (Quifiones et al. 1997; Evenson et Gollin 2003).

L'évaluation de cette initiative a permis de distinguer deux phases différentes d'évolution des indicateurs de productivité agricole, et de comprendre le déclin de la vision minéraliste (Bekunda et al. 1997; Bationo et al. 2007a). La première phase correspondant à un accroissement des indicateurs de la productivité agricole, n'a pas permis de percevoir les

prémices de dégradation des sols. Il a fallu attendre la deuxième étape, marquée par la stagnation, puis la baisse des rendements des cultures, à niveau d'intensification constante, puis croissante pour que cette problématique émerge (Pieri et al. 1989).

#### **1.4. Le problème de la pérennisation de la fertilité des sols**

L'analyse du problème agronomique de la dégradation de la fertilité des sols a intégré, en plus de la perte en éléments nutritifs, les aspects de gestion organique des sols. Les travaux en agronomie ont alors progressivement évolué en intégrant d'autres qualités intrinsèques des sols, notamment celles relevant l'importance d'une gestion organo-minérale (Roose et Ndayizigiye 1997; Barthès et Roose 2002). C'est cela qui a amené l'intérêt pour la préservation de la qualité biologique des sols et des agrosystèmes, et le regain d'importance de la composante organique de la fertilité des sols (Griffon 2006; Manlay et al. 2007).

D'après Manlay et al. (2007), le dernier temps dans l'analyse agronomique de la fertilité des sols a été le temps de la systématisation, et de la construction complète de la notion de fertilité, sur le plan agronomique. Cette phase dite « organiciste », correspond à celle où la matière organique du sol est définitivement admise par les scientifiques comme étant un facteur essentiel contrôlant la capacité des sols à fournir des services agricoles et environnementaux, sur le plan local et global. Donc, les déterminants de la fertilité des sols sont mieux compris, et les solutions préconisées sont plus globales. Elles concernent aussi bien la gestion de la matière organique (production et conservation des biomasses agricoles) que les apports en fertilisants minéraux, et la lutte contre l'érosion des sols et les autres formes de dégradation (Roger Estrade et al. 2010).

#### **1.5. Matières Organiques du Sol**

##### **1.5.1. Définition**

Dans l'entretien et l'amélioration de la fertilité du sol, une place de choix est réservée à l'application des amendements organiques sous l'appellation d'engrais vert ou locaux, on retient les fumiers, le purin, la fiente, les différents composts, les ordures ménagères et les engrais verts.

Selon Larousse Agricole la matière organique est définie en pédologie comme étant l'ensemble des substances carbonées provenant des débris végétaux et des cadavres des animaux vivants dans le sol.

##### **1.5.2. Propriétés**

Les matières organiques du sol agissent sur ses propriétés, dont les plus importantes sont sol la couleur sombre du sol qui facilite parfois le réchauffement dans les régions froides. Elles ont aussi une capacité de rétention d'eau bien supérieure à celles de tout autre élément constitutif du sol. C'est ainsi qu'elles peuvent relever nettement la capacité de rétention d'eau des sols à textures grossière. Elles améliorent puissamment également l'apport de certains

micro-éléments aux plantes en formant des composés chimiques et des complexes stables, et favorise la capacité d'échange de cations (CEC) des sols.

**Tableau 01.** Propriétés générales des Matières Organiques du Sol et effets correspondants sur le sol (Stevenson, 1982).

Propriété	Observations	Effet sur le sol
Couleur	La couleur sombre caractéristique de beaucoup de sol est due à la matière organique.	Peut faciliter le réchauffement.
Rétention d'eau	La matière organique peut retenir jusqu'à 20 fois son poids d'eau	Evite au sol de se rétracter. Peut sensiblement améliorer la capacité de rétention de l'humidité des sols sableux.
Association avec des minéraux argileux	Cimente les particules du sol en unités structurales appelées agrégats.	Permet l'échange des gaz, stabilise la structure et accroître la perméabilité.
Formation des composés chimiques	Forme des complexes stables avec Cu, Zn et autres cations polyvalents	Peut accroître les disponibilités en oligo-éléments pour les plantes hautes.
Solubilité dans l'eau	L'insolubilité de la matière organique vient de son association avec argile. Les sels de cations bivalents et trivalents associés à la matière organique sont également insolubles. La matière organique isolée est en partie soluble dans l'eau.	Le lessivage n'entraîne que peu de perte de matière organique.
Action-tampon	La matière organique fait office de tampon gammes légèrement acides, neutres et alcalines.	Aide à maintenir une réaction uniforme dans le sol.
Echange de cation	Les acidités totales de fractions isolées d'humus vont de 300 à 1400 meq/100g.	Peut accroître la capacité d'échange de cation(CEC)du sol. La CEC de bien des sols (par ex. Mollisols) est due pour 20 à 70 pour cent à la matière organique.
Minéralisation	La matière organique en se décomposant dégage du CO <sub>2</sub> ,NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ,NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ,PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> et SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> .	Source d'éléments fertilisants pour la croissance végétale.
Combinaison avec des molécules organiques	Agit sur la bio-activité, la persistance et le caractère biodégradable des pesticides.	Modifier la dose de pesticides à appliquer pour bien combattre les ravageurs.

### 1.5.3. Processus de décomposition

Les matières organiques se transforment en permanence, passant de l'état de matière organique fraîche (restes de récolte, pailles, fumier) à l'état d'éléments minéraux assimilables par les plantes et d'humus qui est la partie superficielle inerte de la matière organique des sols provenant de la décomposition microbienne des plantes et des substances animales, d'après Manlay et al. (2007). Concernant ces processus de décomposition des MOS (matières organiques des sols), les travaux ont porté sur l'identification des types et du rôle de la matière organique du sol, et leur processus de décomposition (Swift et al. 2004). Des définitions de plus en plus précises de la matière organique des sols ont permis de mieux identifier son rôle dans le processus de production agricole. On est donc passé du concept de « MOS comme compartiment de l'écosystème », à celui de « MOS comme composante du sol ». Cette dernière définition de la MOS a permis de distinguer les deux grands pools qui la constituent, à savoir la fraction labile et la fraction stable, lesquelles n'ont pas la même susceptibilité à subir une transformation (Sá et al. 2009).

### **1.5.4. Les facteurs d'influence de l'effet de la décomposition**

#### **1.5.4.1. Facteurs biotiques**

Les microorganismes sont les principaux décomposeurs de la matière organique fraîche et les principaux acteurs de la formation d'agrégats stables. Le rôle des microorganismes et les mécanismes par lesquels ils stabilisent les agrégats ont fait l'objet de nombreuses revues (Martin et Waksman, 1940 ; Lynch, 1984 ; Lynch et Bragg, 1985). Parmi les microorganismes, nous pouvons principalement distinguer les champignons et les bactéries. Au niveau de la décomposition des matières organiques les bactéries seraient les premiers acteurs du fait de leur affinité avec des substrats carbonés labiles tandis que les champignons domineraient dans les stades avancés de la décomposition où les composés complexes récalcitrants prédominent (Swift et al., 1979 ; Poll et al., 2008). A un autre niveau, au sein des bactéries et champignons, il apparaît que toutes les espèces ne sont pas aussi efficaces et certaines peuvent avoir un effet nul et même négatif (Harris et al., 1966).

#### **1.5.4.2. Facteurs abiotiques**

Différents facteurs environnementaux influencent la minéralisation de matières organiques fraîches apportées (Swift et al., 1979 ; Paul, 1992) : la température, l'humidité, la disponibilité en oxygène et le pH du sol. Leur effet sur la stabilité des agrégats est complexe et relié à leur effet sur l'activité microbienne. Aussi, la nature biochimique de la matière organique apportée est un des principaux facteurs d'influence de la décomposition de la matière organique fraîche apportée (Heal et al., 1997) et également un facteur majeur de la formation d'agrégats stables (voir partie 2.2.2.).

##### **1.5.4.2.1. La texture du sol et la minéralogie des argiles**

Sont des caractéristiques qui vont également largement influencer l'effet de l'apport de matière organique fraîche et cela fait l'objet de nombreuses études (Kiem et Kandeler, 1997 ; Denef et al., 2002 ; De Gryze et al., 2005 ; Wagner et al., 2007 ; Wuddivira et al., 2009). L'effet de la texture et de la minéralogie des argiles est variable. Cependant, il semble que globalement l'effet d'un apport organique est plus élevé dans les sols sableux et limoneux où l'activité microbienne générée permet d'atteindre en fin d'expérimentation un niveau de stabilité des agrégats équivalent à celui des sols plus argileux (Kiem et Kandeler, 1997 ; De Gryze et al., 2005).

##### **1.5.4.2.2. Le climat**

L'effet des conditions climatiques sur la stabilité des agrégats est majeur, à la fois directement par les précipitations, le régime hydrique du sol, les cycles de gel-dégel et indirectement par son effet sur l'activité biologique (Amézketa, 1999). La stabilité structurale montre fréquemment une grande variation saisonnière (Blackman, 1992). L'effet d'apports organiques sur la stabilité des agrégats a largement été étudié en laboratoire. Cependant, l'effet climatique saisonnier sur la stabilité des agrégats peut être plus important que celui lié à des choix agricoles comme les modalités de travail du sol (Bottinelli, 2011) ou le type de

système de culture (Perfect et al., 1990). Il est donc important d'évaluer l'effet d'apports organiques in situ.

#### **1.5.4.2.3. Le travail du sol**

L'effet de la combinaison travail du sol-apports organiques sur la stabilité structurale du sol a fait l'objet de récentes études (p. ex. Bissonnette et al., 2001 ; Whalen et al., 2003 ; Mikha et Rice, 2004 ; Jiao et al., 2006).

#### **1.5.4.2.4. La fertilisation minérale**

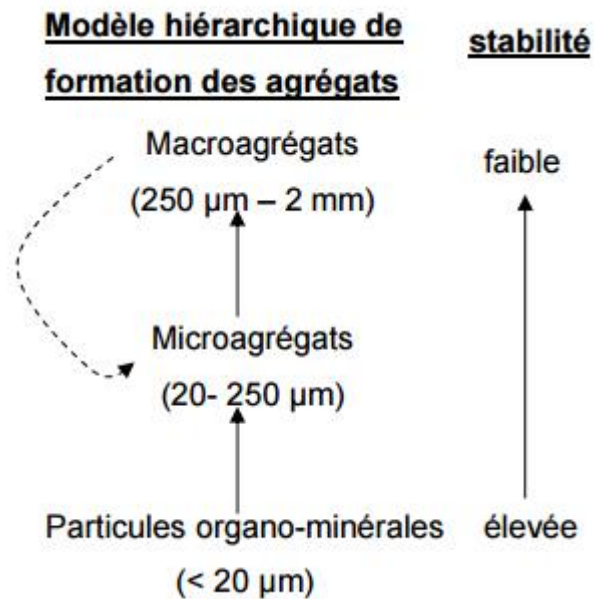
L'effet combiné de la fertilisation minérale et l'apport organique sur la formation d'agrégats stables a également été étudié, mais principalement au champ dans des contextes de système de culture (Sarkar et al., 2003 ; Bipfubusa et al., 2005, 2008 ; Fonte et al., 2009 ; Gentile et al., 2010 ; Benbi et Senapati, 2010 ; Chivenge et al., 2011b). Dans ce type d'approche, l'effet direct strict de la fertilisation minérale peut être confondu avec les multiples facteurs au champ et également confondu par son effet indirect sur les rendements de culture qui modifient la quantité de substrats carbonés entrant dans le sol.

### **1.5.5. L'importance dans la fertilité**

La fertilité du sol c'est sa capacité d'un milieu à favoriser durablement, et à des coûts aussi limités que possible, une production utile particulière. La teneur en matière organique de la plupart des terres agricoles est très étroitement fonction de leur productivité potentielle, de leur ameublissement et de leur fertilité. En effet, elle facilite l'agrégation du sol et lui confère une stabilité structurale qui aide à améliorer les rapports air/eau et la croissance racinaire, ainsi qu'à protéger le sol de l'érosion éolienne et hydraulique. Elle est source d'éléments nutritifs pour les végétaux et, en combinaison avec des résidus de cultures, fournit à la microflore du sol du carbone qui stimule le recyclage des éléments nutritifs et les changements bénéfiques pour les propriétés physiques. Les paramètres bases échangeables, matières organique du sol, pH et d'éléments fins sont dès lors les pivots de la productivité et de la durabilité, et représentent les principaux indicateurs de l'évolution de la fertilité physico-chimique du sol (Pieri, 1989).

### **1.5.6. Le rôle dans l'organisation de la structure du sol**

Le rôle de MOS est d'autant plus déterminant dans les sols limoneux qui sont intrinsèquement sensibles aux processus de dégradation. Selon le modèle hiérarchique d'organisation de la structure du sol (Fig. 01) de Tisdall et Oades (1982) la matière organique intervient à différents niveaux d'organisation et sous différentes formes. La fraction organo-minérale (250 µm). Les agents temporaires 10 persistent pendant des mois ou des années tandis que les agents dits transitoires sont produits et décomposés rapidement (quelques semaines) par les microorganismes.



**Figure 01.** Modèle hiérarchique de formation d'agrégats, et leur stabilité relative,

Les microagrégats se forment à partir de l'agglomération de particules organo-minérales puis forment des macroagrégats (Tisdall et Oades, 1982) mais où des microagrégats peuvent également se former autour de la matière organique particulaire au sein des macroagrégats (Oades, 1984). (adapté de Six et al., 2004 et de Whalen et Sampedro, 2010).

La stabilité des microagrégats est élevée tandis que celle des macroagrégats peut varier rapidement car elle est influencée par les pratiques culturales et la pluie. Les macroagrégats stables contiennent plus de carbone labile (Elliott, 1986), de biomasse microbienne (Degens, 1997) et de matière organique particulaire (Cambardella et Elliott, 1993) que les microagrégats. De plus, il se forme de nouveaux microagrégats au sein d'un macroagrégat à travers la décomposition de la matière organique particulaire (racines, hyphes) qui se trouve en son centre (Oades, 1984 ; Angers et al., 1997). Ces microagrégats stockent à long terme le carbone biotransformé dans les agrégats (Six et al., 1998). Le macroagrégat constitue donc une échelle d'étude particulièrement importante au vu de son impact tant à court terme vis à vis des transformations biochimiques qui y ont lieu qu'à long terme par son impact sur la formation de nouveaux microagrégats qui stockent le carbone du sol de manière durable.

### 1.6. L'indicateur biologique du sol

Le rapport C/N semble un bon indicateur général de la décomposabilité de la matière organique apportée (Vanlauwe et al., 1996 ; Nicolardot et al., 2001). Un résidu à C/N faible se décomposerait plus qu'un résidu à C/N élevé, et globalement les résidus riches en N sont rapidement décomposés. La teneur en azote des résidus constitue donc un élément majeur. Lorsque les résidus ont une faible teneur en azote (ratio C/N élevé), la fourniture en N nécessaire à l'activité des microorganismes n'est pas assurée, il devient un facteur limitant (Mary et al., 1996). Le ratio théorique du C/N des résidus pour assurer une activité microbienne optimale est de 20-25 (Swift et al., 1979). Lorsque l'azote n'est pas limitant, ce

sont davantage les caractéristiques biochimiques du résidu qui contrôlent sa décomposition (Sall et al., 2007 ; Machinet et al., 2009).

## **2. L'agroforesterie**

### **2.1. Définition**

L'agroforesterie est un système intégré de gestion des ressources naturelles du territoire rural qui repose sur l'association intentionnelle d'arbres ou d'arbustes à des cultures ou à des élevages et dont l'interaction permet de générer des bénéfices économiques, environnementaux et sociaux (Baets et al., 2007). Elle procure de nombreux avantages, telle que la protection des cultures, des animaux d'élevage, des sols et des cours d'eau. Elle permet également de diversifier les revenus agricoles par la production de bois et de produits forestiers non ligneux. Les pratiques agroforestières stimulent aussi la biodiversité, contribuent au captage du carbone et embellissent les paysages (Dupraz et al, 2011).

### **2.2. Différentes formes**

On pratique l'agroforesterie chaque fois que sont combinées la culture de plantes saisonnières à celle des plantes ligneuses avec intégration de l'élevage. A ce sujet Torquebiau (1990) note que la présence des ligneux est indispensable pour la définition d'un système agroforestier. Il existe différentes formes d'agroforesterie qui peuvent être récapitulées comme suit :

- ❖ Parcelles agricoles plantées d'arbres fruitiers ou fourragers ;
- ❖ Pâturage entouré d'arbres produisant du bois ;
- ❖ Ligne d'arbres brise vent ;
- ❖ Cultures en couloir alternant les allées et les haies ligneuses ;
- ❖ Jachère arborée ;
- ❖ Plantation forestière avec culture annuelles en sous-bois.

### **2.3. Systèmes pratiqués et techniques**

Il existe un éventail de systèmes agroforestiers à travers le monde et un certain nombre de classification est possible selon plusieurs critères. Une classification repose, par exemple, sur le type de composants : on distingue alors les systèmes sylvopastoraux (association élevages- espèces ligneuses), agrosylviculturaux (association espèces ligneuses- plantes saisonnières) et agrosylvopastoraux (association élevages- espèces ligneuses- plantes saisonnières) (Dupraz et al, 2011).

La classification des systèmes agroforestiers peut aussi se faire en s'appuyant sur la principale fonction du système : des systèmes multifonctionnels (les haies brise-vent, les systèmes riverains agroforestiers), des systèmes à vocation productive (l'apisylviculture, culture sous couvert forestier, les cultures intercalaires, la ligniculture en courtes rotations).

Parmi les systèmes agroforestiers s'adaptant aux conditions écologiques et socioéconomiques de notre région, les systèmes agrosylvicoles qui se distinguent par une culture dans les plantations forestières recelant des sols à potentiel intéressant. Beaucoup d'espèces forestières peuvent être associées à des espèces vivrières. Un système connu sous le nom de méthode Taungya est largement pratiqué en Asie. Cette méthode se distingue par deux systèmes sur le même espace, l'un à long terme (sylviculture) et l'autre annuel ou bisannuel (cultures vivrières saisonnières) soit une phase courte agricole et une autre longue forestière. Un autre système semble intéressant, système à dominante ligneuse pérenne avec un agencement spatial des espèces qui le composent.

Le système agroforestier prenant en charge un ensemble de composantes interdépendantes; ligneux, cultures annuelles et animaux. Il représente un type courant d'utilisation des terres dans une région donnée ; Il peut être décrit à l'échelle d'une parcelle, d'une exploitation ou d'une région entière. Ce système fait appel à des pratiques agroforestières qui englobent les façons de faire des agriculteurs dans toute leur diversité (Torquebiau, 1990).

#### 2.4. Principales techniques agroforestières

Selon Charif (2001), cinq techniques pouvant être appliquées dans nos espaces : cultures sous couvert arboré, agroforêts, disposition linéaire, techniques séquentielles et production animale sous couvert arboré (cf. tab. 02). Elles sont toutes basées sur l'utilisation des arbres.

<b>Tableau 02.Principales techniques agroforestières (Charif, 2001)</b>	
<b>Techniques agroforestières</b>	<b>Bases fondamentales</b>
Cultures sous couvert arboré	-Arbres dispersés dans les parcelles agricoles. -Plantations de rente associées à des arbres à usage multiple. -Arbres d'ombrage sur cultures.
Agroforêts	-Jardins-forêts. -Parcelles boisées et utilisation à d'autres fins.
Disposition linéaire	-Brise vent et rideau –abri. -Plantations de lisière. -Clôtures et haies vives. -Bandes boisées et haies arbustives. -Haies en courbe de niveau. -Cultures en couloirs.
Techniques séquentielles	-Agriculture itinérante. -Jachère arborée améliorée. -Méthode Taungya.
Production animale sous couvert arboré	-Pâturage sous les arbres. -Production fourragère sous des plantations. -Production fourragère en plantation de protection.

### 3. Le rôle de l'agroforesterie dans le maintien de la fertilité du sol

L'appauvrissement en matière organique concerne une majorité de sols agricoles, avec plus ou moins d'intensité selon les conditions pédoclimatiques, les types de culture et les itinéraires techniques adoptés (AGROOF, 2015). Cependant, la présence d'arbres dans les champs contribue à la conservation des sols en améliorant :

1. La fertilité organique par apport régulier de matière organique grâce au renouvellement de leur biomasse aérienne (feuilles) ou souterraine (racines fines) et à la végétation présente à leur pied ;
2. La fertilité biologique en complexifiant l'agroécosystème en symbiose avec cet apport de matière organique ; les arbres et la végétation associée favorisent la diversité et l'activité des communautés vivantes :
  - Les mycorhizes et champignons symbiotiques des plantes facilitent leur nutrition minérale en échange du carbone fixé par l'activité photosynthétique et renforcent leur résistance vis-à-vis des aléas climatiques et des maladies.
  - Les lombrics agissent sur la structure et la fertilité des sols. Le maintien de zones non travaillées, comme les bandes enherbées, particulièrement enrichies en matière organique, stimule l'abondance et la diversité de la biomasse lombricienne ;
  - Les détritivores (cloportes...), chaînon essentiel de la dégradation de la matière organique fraîche (feuilles et résidus des cultures), sont également plus nombreux en système agroforestier.
3. La structure des sols par la présence des racines et les dynamiques organique et biologique des sols ainsi amplifiées impactent directement leur porosité et la formation d'agrégats ;

### Conclusion

L'amélioration de la gestion du stock de matière organique est un des facteurs importants qui permettrait d'augmenter la fertilité biologique et donc de diminuer le recours aux engrais minéraux. De ce fait, l'amélioration de l'agroforesterie, par une approche intégrale du problème, contre l'érosion des sols et contre la dégradation de sa fertilité a pour but la régénération et la stabilisation de la fertilité du sol dans un système de production bien adapté aux conditions écologiques et humaines de la région (König, 2012).

**Introduction**

Les piémonts du Dahra mostaganémois ont été choisis comme région d'application pour notre travail de recherche compte tenu de la présence de systèmes agroforestiers et la fertilité des sols.

Cette partie est consacrée à une description générale de notre zone d'étude afin de donner les indications géographiques et biophysiques, bases indispensables à la compréhension des mécanismes de l'impact des systèmes agroforestiers sur la fertilité des sols.

Cette partie est consacrée à une description générale de notre zone d'étude afin de donner les indications géographiques et biophysiques, bases indispensables à la compréhension des mécanismes de la fertilité des sols et l'impact de l'agroforesterie.

En effet,

- Réduction des taux de MO et/ou d'humus entraînant (érosion, coulées de boues).
- Sur-fertilisation NPK et aspects négatifs de pratiques
- Aspects négatifs des facteurs économiques de la PAC
- Sol considéré comme support minier
- Analyses de sols insuffisantes
- Pollutions par les métaux lourds.

Sont les facteurs majeurs qui régissent la dégradation de la fertilité des sols.

**1. Présentation de la zone d'étude****1.1. Cadre général**

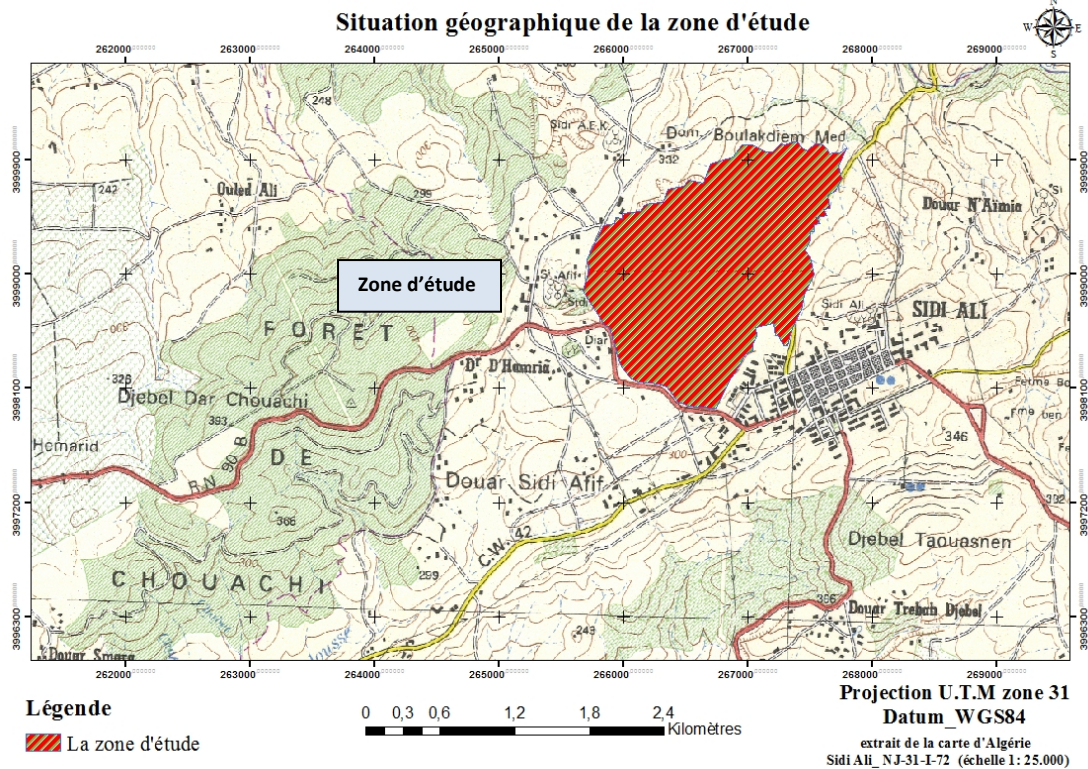
Constitué en grande majorité de terres agricoles, les piémonts de la chaîne montagneuse nommée « Dahra » se trouvent face à la zone côtière dans la partie nord et dont la partie ouest correspond à notre zone d'étude qui est située au nord de la localité de Sidi Ali (cf. fig. 02). Marqués par un relief accidenté, ces piémonts se subdivisent en deux grandes unités:

- piémonts à faible pente (<12%) occupant 60% de la superficie totale.
- piémonts à forte pente (>12%) occupent 40% de la superficie totale.

**1.2. Situation de la zone d'étude**

Située au Nord-Ouest de l'Algérie, la zone d'étude fait partie des piémonts du Dahra mostaganémois qui s'étend sur une bonne partie de la superficie totale de la wilaya de Mostaganem. Insérée entre 177 et 338m d'altitude, elle occupe la partie nord de la zone de Sidi Ali avec une surface de 268haenviron, limitée au Nord, Est et Ouest par des terres agricoles et au sud par la commune de Sidi Ali. Le tableau suivant nous renseigne sur les coordonnées géographiques des quatre points extrêmes.

Tableau 03.Coordonnées géographiques de la zone d'étude.				
	N	S	E	O
Latitude	36°06'49.44"	36°06'08.36"	36°07'00.50"	36°06'12.62"
Longitude	0°24'20.11"	0°24'43.78"	0°25'12.24"	0°23'57.61"
Altitude	312m	300m	177m	338m



**Figure 02.** Situation géographique de la zone d'étude.

### 1.3. Situation juridique et administrative

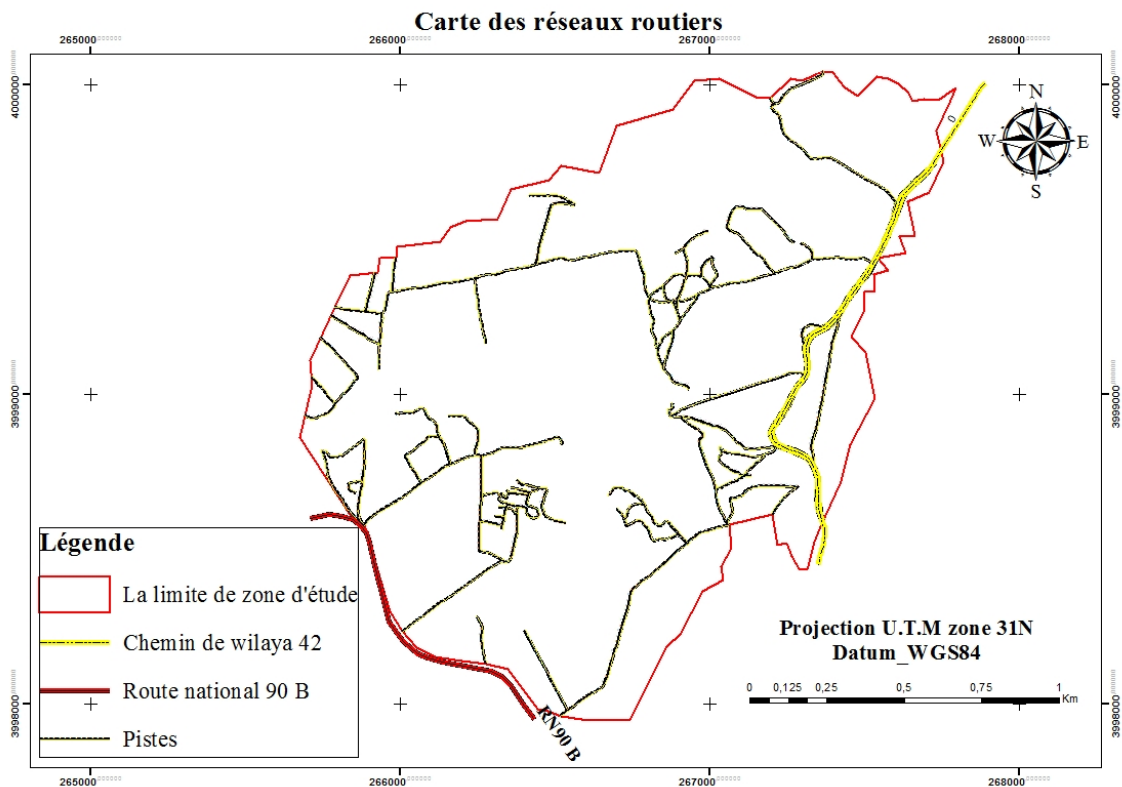
Le site d'étude s'étend sur une superficie de 268 ha pour un périmètre de 7618 m. Sa situation administrative est la suivante :

- Commune de Sidi Ali.
- Commune de Sidi Lakhdar.
- Commune de Tazgait.

Quant à l'administration agricole, la gestion des terres agricoles de notre zone d'étude est assurée par la D.S.A de Mostaganem, circonscription de D.S.A de Sidi Ali.

### 1.4. Infrastructure routière

La zone d'étude est caractérisée par une densité routière pas importante, elle est traversée par la RN90B à la partie Ouest on passant par la commune de Sidi Ali. Juste un seul chemin de wilaya est inclut dans notre zone d'étude. Aussi on note que notre zone d'étude est desservie par un réseau de pistes important, des pistes carrossables nécessitant des entretiens et aménagements. (cf. fig. 03).

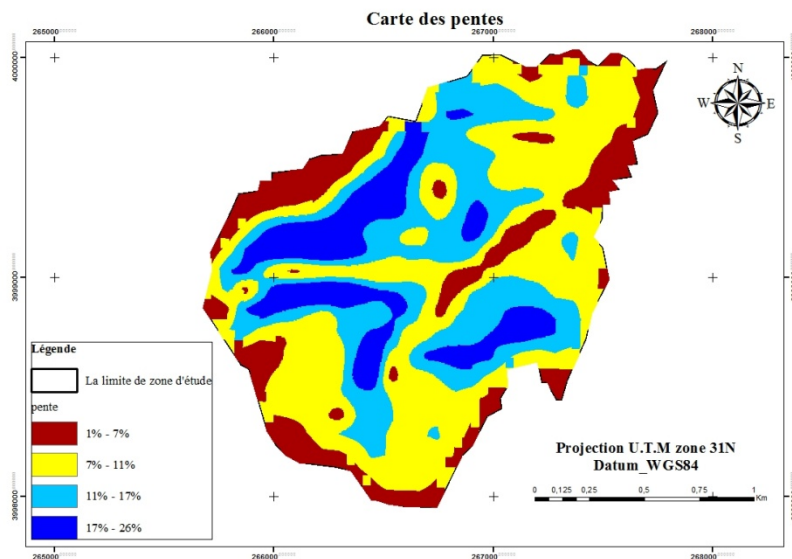


**Figure 03.** Carte des réseaux routiers de la zone d'étude.

## 1.5. Géomorphologie

### 1.5.1. Relief et pente

Le relief de la zone d'étude est moins accidenté, il est défini par un paysage largement ondulé, à pente faible à modérée (1 à 15%) et donne des formations plaines (cf. fig. 04). Une grande partie des terres fertiles est localisée sur les plaines, la majorité des précipitations y percole, le ruissellement étant faible, l'érosion y est modérée.



**Figure 04.** Carte des pentes de la zone d'étude.

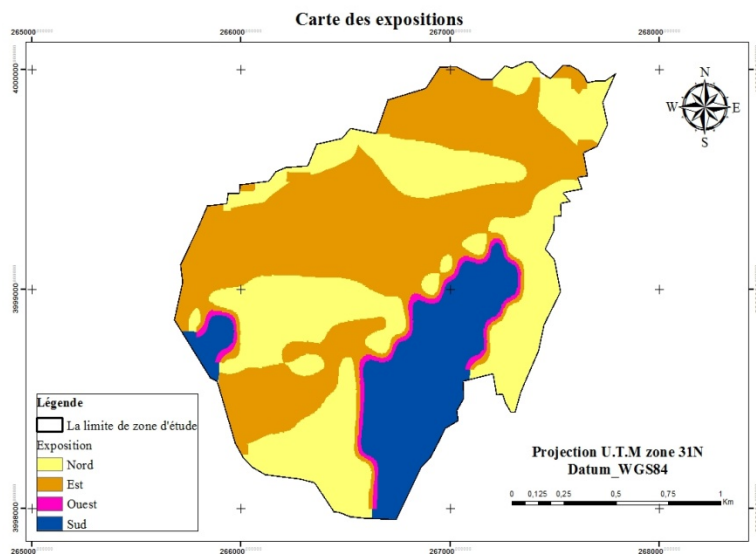
A partir du Modèle numérique du terrain (MNT), nous avons réalisé la carte des pentes qui nous a permis de faire la classification suivante selon l'inclinaison :

- 1 - 7% : cette classe représente la plaine, elle couvre la partie majeure de notre site d'étude avec 545521.13 ha, soit 44% de la surface totale.
- 7 - 17% : c'est la classe des pentes, qui représente une zone de contacts entre la plaine et les montagnes, couvrant une superficie relativement importante de 509153.03 ha soit 42% de la superficie totale de la zone d'étude.
- 11 - 17% : c'est la classe des pentes qui représente 69 ha soit 25.75 % de la superficie totale de la zone d'étude .
- 17- 26% : cette classe ne représente que 14% de la superficie totale de notre zone d'étude.

### 1.5.2. Altitude et exposition

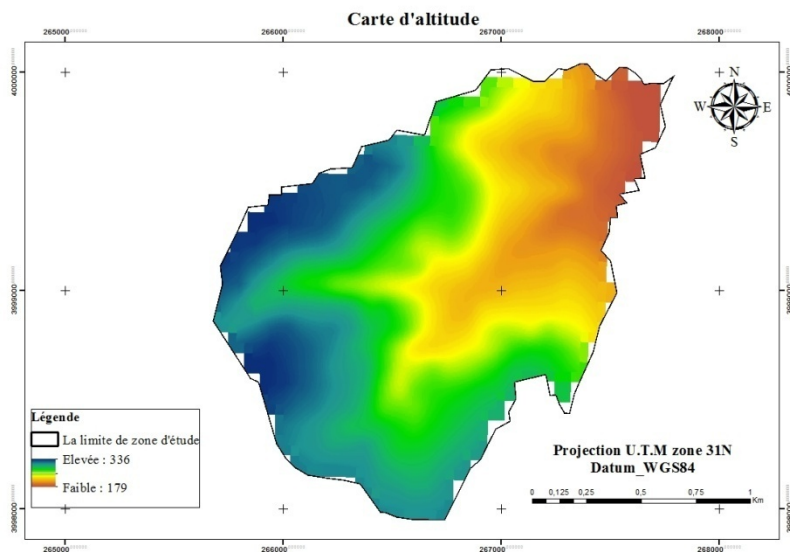
L'exposition est considérée comme étant un facteur important dans l'étude d'érosion car elle peut être un obstacle pour la poussée de certaines espèces protectrices du sol des effets d'ensoleillement et d'humidité, ces derniers, peuvent provoquer l'érosion hydrique.

Dans notre cas et sans prendre en considération les différents facteurs écologiques (climat, relief) qui favorisent l'érosion hydrique, on trouve que l'intensité de cette dernière est très marquée au niveau des endroits dépourvus de la végétation. Selon la carte d'exposition, on constate que l'exposition Nord-Ouest est la plus dominante dans la zone d'étude. (fig. 05).



**Figure 05.** Carte des expositions de la zone d'étude

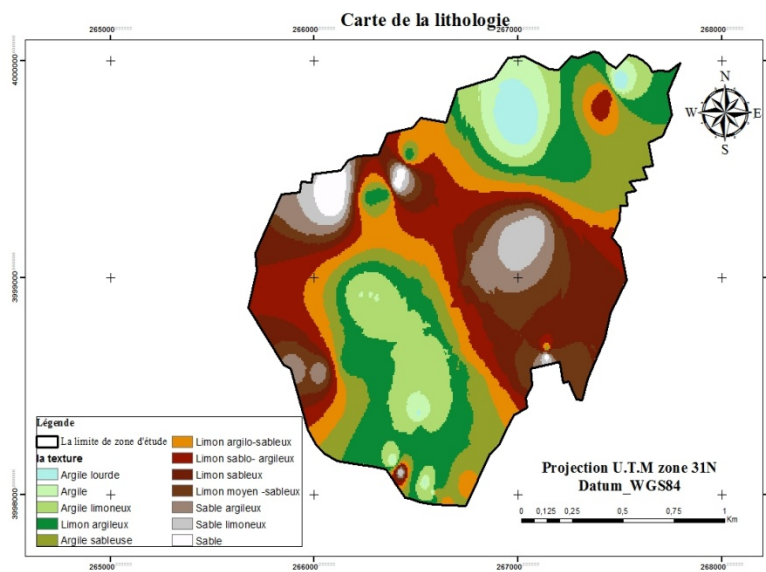
Le point le plus haut se situe à une altitude de 336m et le point le plus bas à 179 m, le dénivelé n'excède pas les 100 m (fig. 06).



**Figure 06.** Carte d'altitude de la zone d'étude.

### 1.5.3. Sols

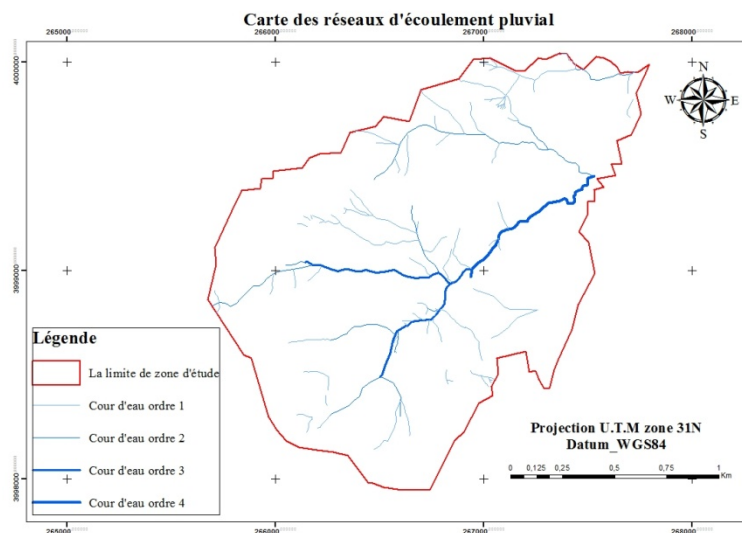
Suivant la carte de lithologie établie à partir des analyses de la granulométrie des échantillons prélevés de la zone d'étude, on a constaté la présence de fortes proportions des sols limoneux et limono-sableux en et un faible taux de sol argilo-sableux (cf.fig07)



**Figure 07.** Carte lithologique de la zone d'étude

#### 1.5.4. Réseau d'écoulement pluvial

Notre zone d'étude est caractérisée par une faible densité du réseau d'écoulement pluvial justifiée par l'existence des pentes moyennes à fortes et une formation superficielle moins perméable. Il est noté que la zone ne possède aucun cours d'eau permanent, il est dépourvu de sources d'eau superficielles comme on peut le voir sur la carte du réseau hydrographique. Ceci explique la difficulté des riverains à irriguer leurs cultures.(cf. fig. 08).

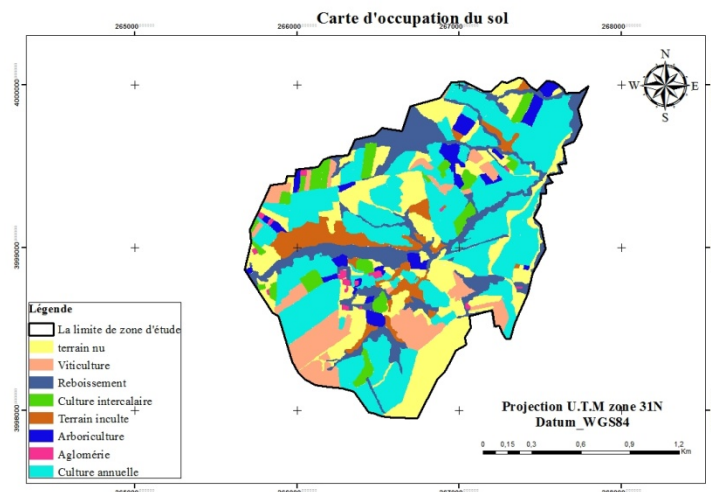


**Figure08.** Carte des réseaux d'écoulement pluvial de la zone d'étude.

### 1.5.5. Occupation végétale

La végétation est l'un des facteurs physiques qui a une influence directe sur l'écoulement pluvial et l'érosion hydrique des sols. En effet plus le couvert végétal est dense plus la résistance au ruissellement est importante.

Les terres de notre zone d'étude sont pour la plupart à vocation agropastorale où l'agriculture et l'élevage occupent une surface très importante. On constate une prédominance de céréaliculture, de viticulture et d'arboriculture avec une présence de cultures maraîchères à petite échelle. (cf. fig. 09).



**Figure 09.** Carte d'occupation du sol de la zone d'étude.

La végétation constitue un élément important du milieu physique. D'ailleurs elle n'est que le reflet de la qualité du sol et bien sûr du climat Benabdelli (1996). Sujet assez vaste et partiellement connu, il sera fait allusion beaucoup plus dans le cadre de cette étude à la végétation haie.

Dans notre étude la végétation joue un rôle de murette pour diminuer les risques d'érosion, elle se trouve sous forme haie ou bien bande enherbée.

## 2. Aperçu climatique

Les paramètres du climat ont une influence certaine et directe sur le sol et la végétation, il s'agit des précipitations et de la température. En effet, celles-ci constituent la charnière du climat. (Djebaili, 1984).

Afin de pouvoir connaître un bref aperçu climatique de notre zone d'étude, nous avons recouru aux données de l'office national de Météorologie de Mostaganem pour la période 2000-2015.

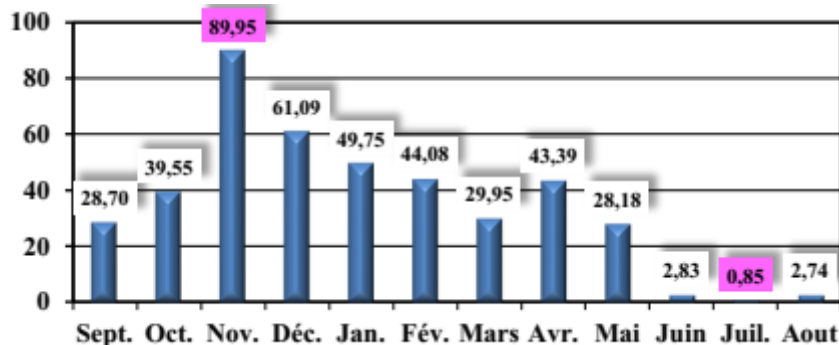
### 2.1. Pluviométrie

La pluviosité est considérée comme un facteur primordial par son impact direct sur l'hydrologie de surface dont elle représente la seule source hydrique pour la végétation des milieux terrestres (Marzouk, 2010). Charrient d'énormes quantités de sédiments vers les réservoirs d'eaux (Roose, 2004).

La zone d'étude enregistre en moyenne 421mm par an (cf. annexe 01, tab.01, p. 89).

Les précipitations sont irrégulières, les premières pluies surviennent tôt en automne.

Novembre est le mois le plus copieusement arrosé avec une moyenne mensuelle de 89,95mm (cf. fig. 10), alors que juillet correspond au mois le plus sec avec une pluviométrie sensiblement nulle de moyenne mensuelle 0,85mm (cf. fig. 10), ce qui est une des caractéristiques essentielles du climat méditerranéen (Emberger, 1930b et Daget, 1977).



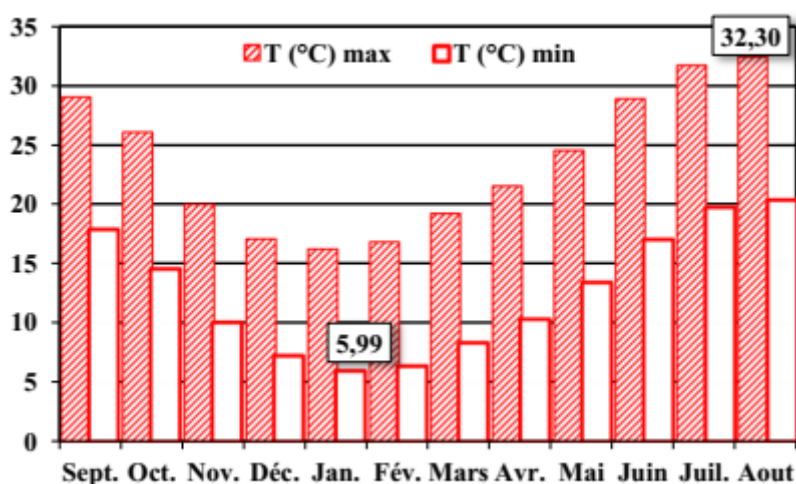
**Figure 10.** Précipitations moyennes mensuelles (mm).

Les chutes torrentielles surviennent pendant les mois de forte pluviosité du début novembre à la fin février avec des maxima d'à peu près 74,36 % de la pluviométrie annuelle.

D'après le tableau 01 (cf. annexe 01, tab. 01 p. 89), les pluies mensuelles tombent généralement en automne, en hiver et au printemps. Mais celles d'automne sont plus érosives parce qu'elles tombent au moment où les sols sont peu couverts par la végétation et plus secs suite à la saison chaude de l'été.

## 2.2. Températures

La température est le second facteur caractéristique du climat. Il a été défini comme une qualité de l'atmosphère et non une grandeur physique mesurable (Peguy, 1970). Il régit directement le climat en interaction avec les autres facteurs météorologiques, permettant avec les précipitations le calcul du déficit d'écoulement et les indices climatiques. Au point de vue pédologique, les écarts thermiques provoquent la désagrégation des roches ayant pour conséquence le développement des sols.



**Figure 11.** Températures moyennes maximales et minimales (°C)

Emberger (1955) a utilisé des significations biologiques pour connaître les variations thermiques.

- M : la moyenne des maxima du mois le plus chaud (°C),
- m : la moyenne des minima du mois le plus froid (°C),
- M-m : Amplitude thermique exprimant la continentalité.

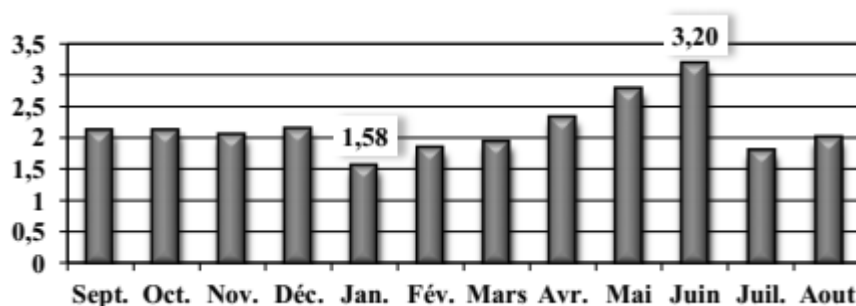
Les moyennes mensuelles des températures (cf. annexe 01, tab. 02, p. 89) confirment que le mois de janvier est le mois le plus froid avec une moyenne minimale de 5,99°C, ensuite les températures augmentent d'une allure régulière jusqu'au mois d'août qui représente le mois le plus chaud avec une moyenne maximale de 32,30°C (cf. fig. 11).

### 2.3. Vents

Ils constituent un des facteurs reconnus dans la caractérisation du climat méditerranéen, son action est principalement néfaste pendant la saison sèche et lors des tempêtes qui précèdent la saison des pluies, lorsque le sol est nu. Il détermine la transformation des états de surface, particulièrement en zones arides et semi-arides (Thiombiano, 2000).

Au niveau de notre zone d'étude, la direction du vent dominant selon Dembele (1994) est :

- à 7h : Est et Sud.
- à 13h : Ouest et Nord-Est.



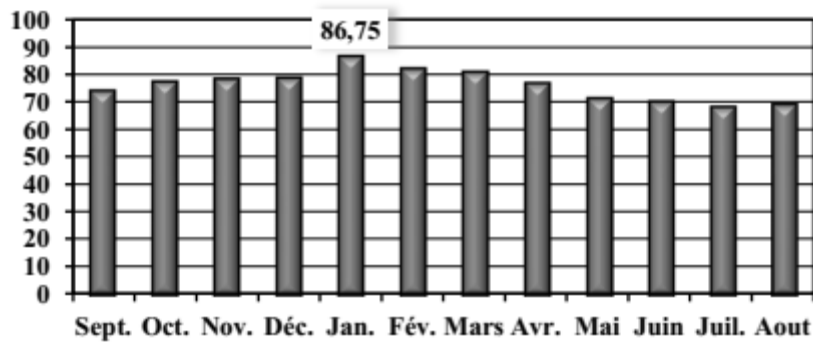
**Figure 12.** Vitesse moyenne mensuelle des vents (m/s).

Ces courants atmosphériques chargés d'humidité pendant leur parcours maritime rencontrent les versants montagneux, ce qui provoque des pluies sur le relief (Touzi, 2001).

- ❖ La vitesse moyenne varie entre 1,58 et 3,20 m/s (cf. fig. 12).
- ❖ Sirocco : Ce vent poussiéreux, chaud et sec d'origine méridional soufflant du Sud au Nord. Grâce à son pouvoir desséchant, il peut endommager des cultures.

### 2.4. Humidité

L'humidité relative est un paramètre climatologique très important qui présente le rapport entre la pression partielle de la vapeur d'eau à l'air humide et la pression de saturation à la même température. Les arbres eux-mêmes consomment de l'eau qu'ils transpirent en vue de refroidir les feuilles ; cela permet de faire monter l'humidité et de baisser les températures dans la journée (Verheij, 2003).

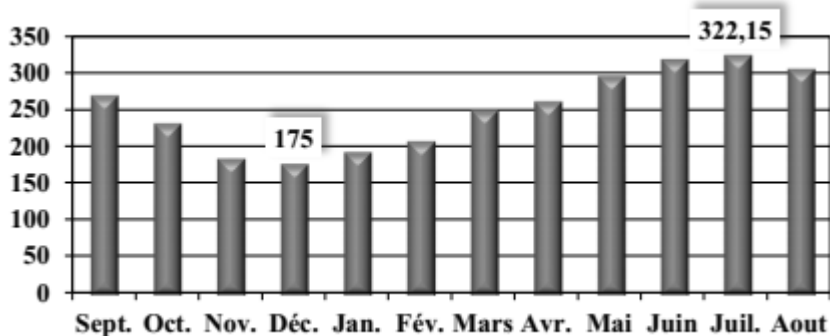


**Figure 13.** Humidité relative moyenne mensuelle de l'air (%)

Du fait de la proximité de la mer et de l'influence de la brise marine, l'humidité relative est assez importante dans notre zone d'étude, ce qui diminue l'effet des hautes températures sur l'activation du processus d'érosion hydrique et le pouvoir évaporant de l'air. Les variations de l'hygrométrie moyennes mensuelles montrent que l'humidité relative moyenne passe par un maximum au mois de janvier (86,75%) (cf. fig. 13).

### 2.5. Insolation

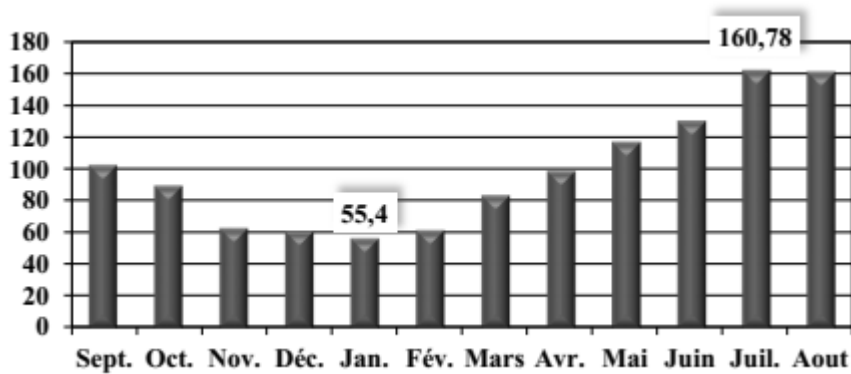
C'est le facteur climatique dont il faut tirer parti, l'insolation forte avec les températures élevées entraînant une faible humidité de l'air et donc une évaporation forte (Deygout et Treboux, 2012).



**Figure 14.** Insolation moyenne mensuelle (h/mois).

Le maximum d'ensoleillement est relevé durant le mois de juillet avec une cote de 322,15h (durée totale d'insolation pour le mois de juillet), soit 10,39h/j (durée moyenne pendant la journée) ; le minimum d'ensoleillement est observé en décembre pour une cote de 175h (durée totale d'insolation pour le mois de décembre), soit 5,64 h/j (cf. fig. 14).

### 2.6. Evapotranspiration



**Figure 15.** Evapotranspiration moyenne mensuelle (mm).

L'évapotranspiration mensuelle varie de la même manière que la température. La figure 17 montre que durant la saison froide elle décroît progressivement jusqu'à atteindre la valeur faible en mois de janvier avec une moyenne mensuelle de 55,4mm, puis elle croît pour atteindre des valeurs très fortes en saison chaude où la moyenne mensuelle la plus élevée est celle du mois de juillet avec 160,78mm.

## 2.7 Synthèse climatique

Pour chaque pays suffisamment étendu, il existe un climat général qui dépend de sa latitude, sa proximité de la mer ou sa situation à l'intérieur du continent. Mais pour ces mêmes régions, il y'a aussi un climat dit local qui peut être plus au moins chaud ou froid ou sec ou humide (Dahane, 2006). La synthèse des données climatiques permet ainsi de classer ce climat afin de mieux se rendre compte sur la répartition et le comportement des différentes associations végétales et animales. Cette synthèse fait appel à plusieurs indices, dont nous retenons particulièrement :

### 2.7.1. Indice de continentalité ou indice de Debrach

L'amplitude thermique extrême moyenne est un paramètre climatique qui permet de définir l'indice de continentalité (Debrach, 1953). Il nous indique de dire si la région est sous influence maritime ou continentale. Selon la classification thermique basée sur la valeur de l'écart thermique, nous distinguons 4 types de climat qui sont regroupés dans le tableau 03.

**Tableau 04.** Classification du climat selon l'indice de continentalité (Debrach, 1953).

Type de climat	M – m °C
<b>Climat insulaire</b>	M-m < 15
<b>Climat littoral</b>	15 < M-m < 25
<b>Climat semi continental</b>	25 < M-m < 35
<b>Climat continental</b>	M-m > 35

L'indice de continentalité que nous avons calculé pour la station pendant la période allant de 2000 à 2014, est consigné dans le tableau 04.

**Tableau 05.**Indice de continentalité de la zone d'étude

	M (°C)	m (°C)	M-m (°C)	Type de climat
T. °C	30.28	5.99	24.29	Littoral

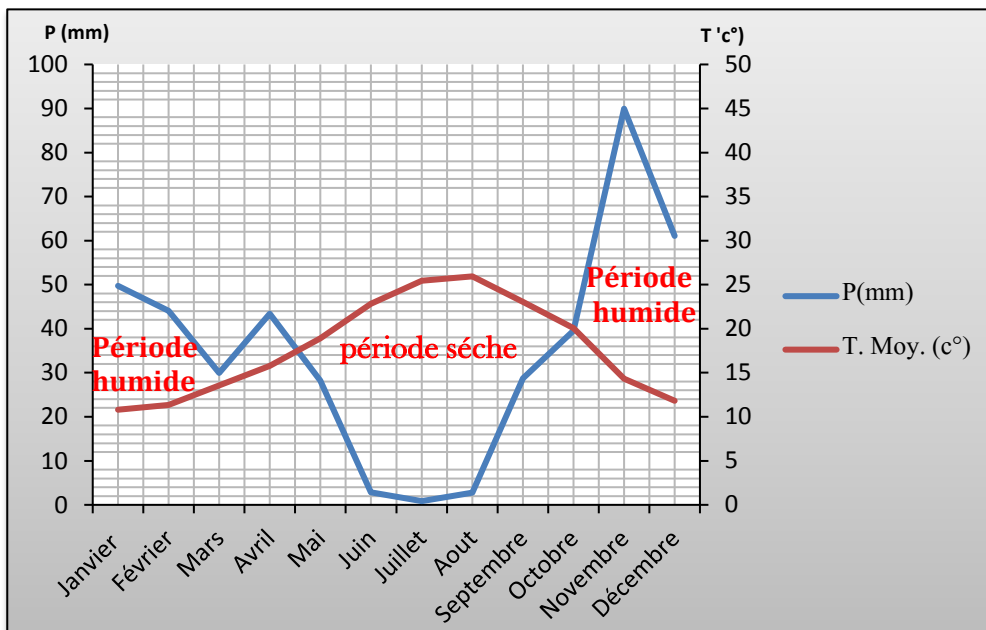
En se référant à la classification de Debrach(1953), il apparaît clair que notre zone d'étude jouit d'un type de climat qui est de type Littoral.

### 2.7.2.Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен.

Selon **Bagnouls et Gausсен**, la sécheresse n'est pas le résultat de l'absence totale des précipitations mais de leur faiblesse qui se conjugue aux fortes chaleurs. En effet un mois est considéré comme étant sec lorsque le total mensuel des précipitations est égal ou inférieur au double de la moyenne des températures soit ( $P \leq 2T$ ).

- **P** : précipitations moyennes mensuelles (mm).
- **T** : températures moyennes mensuelles (°C).

Ils proposent un modèle de représentation graphique où ils juxtaposent les températures et les précipitations. La sécheresse se manifeste alors lorsque la courbe des précipitations rencontre celle des températures et passe en dessous de cette dernière. (cf. fig. 16)

**Figure 16.** Diagrammes ombrothermique de Bagnouls et Gausсен

Cette figure montre que pour la zone la séquence sèche est bien accusée, cette période s'étend sur 5 mois et même plus, à partir du mois de mai jusqu'au mois de septembre et la période humide de 07 mois de mi- octobre et la mi-mai.

### 2.7.3. Quotient pluviométrique et climagramme d'Emberger

Ce quotient nous permet de déterminer l'ambiance bioclimatique d'une région où règne le climat du type méditerranéen, en faisant intervenir les précipitations, les températures maximales et minimales selon la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{1000P}{(M-m) \times (M_2-m_2)} = \frac{2000P}{(M+m)}$$

Le positionnement sur un tel diagramme est établi par le  $Q_2$  calculé à partir de la formule suivante :

$$Q_2 = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$$

**P** : moyenne des précipitations annuelles (mm).

**M** : moyenne des maxima du mois le plus chaud en degré Kelvin ( $T^{\circ}K = T(^{\circ}C) + 273,2$ ).

**m** : moyenne des minima du mois le plus froid en degré kelvin ( $T^{\circ}K = T(^{\circ}C) + 273,2$ ).

Pour définir l'étage bioclimatique, nous avons utilisé le climagrammepluviothermique de **Sauvage** qui combine les deux paramètres climatiques (température et pluviométrie).

Les quotients obtenus et l'ambiance bioclimatique correspondants sont indiqués dans le tableau 06.

**Tableau 06.** Ambiance bioclimatique de Sidi Ali.

M (K)	m (K)	P (mm)	Q <sub>2</sub>	Ambiance bioclimatique	
				Etage	Variance
303.48	279.19	421.06	59.50	Semi-aride	tempéré

Les résultats obtenus dans ce tableau et le calcul du quotient, nous ont permis de situer schématiquement notre zone d'étude sur le climagrammepluviothermique d'**Emberger** en étage bioclimatique semi-aride supérieur à hiver tempéré. (cf. fig. 17)

**Figure 17.** La zone d'étude dans le climagramme d'Emberger .

### 2.7.4. Indice d'aridité de De Martonne :

Cet indice permet de caractériser le pouvoir évaporant de l'air à partir de la température (De Martonne, 1926) :

$$IDM = p / (T + 10)$$

**P** : Précipitations moyennes annuelles (mm),

**T** : Températures moyennes annuelles ( $^{\circ}C$ ).

Pour notre station :  $P= 421.06\text{mm}$   $T= 17.82\text{ }^{\circ}\text{C}$  donc **IDM = 15.13**

De Martonne a proposé la classification des climats en fonction des valeurs de l'indice qui sont données dans le tableau 06(Guyot, 1999).

**Tableau 07.** Classification des climats en fonction de la valeur de l'indice de De Martonne.

Valeur de l'indice	Type de climat
$0 < \text{IDM} < 5$	Hyper-aride
$5 < \text{IDM} < 10$	aride
$10 < \text{IDM} < 20$	Semi-aride
$20 < \text{IDM} < 30$	Semi-humide
$30 < \text{IDM} < 55$	humide

La valeur de l'indice annuel permet de situer la zone de notre étude dans le climat semi-aride, En se référant à l'abaque établi. Suivant la méthode de Demartone et en projetant les valeurs, on peut déduire que le climat de la région est de type semi-aride.

### Conclusion

La zone d'étude, d'une superficie de 268 ha, qui s'étale sur le domaine naturelle des vallées Est de la wilaya de Mostaganem En effet, la région d'étude est exposée à étage bioclimatique semi-aride frais (pluie d'hiver, sécheresse estivale).

Quand a la population elle est caractérisée par une croissance démographique moyenne au générale.

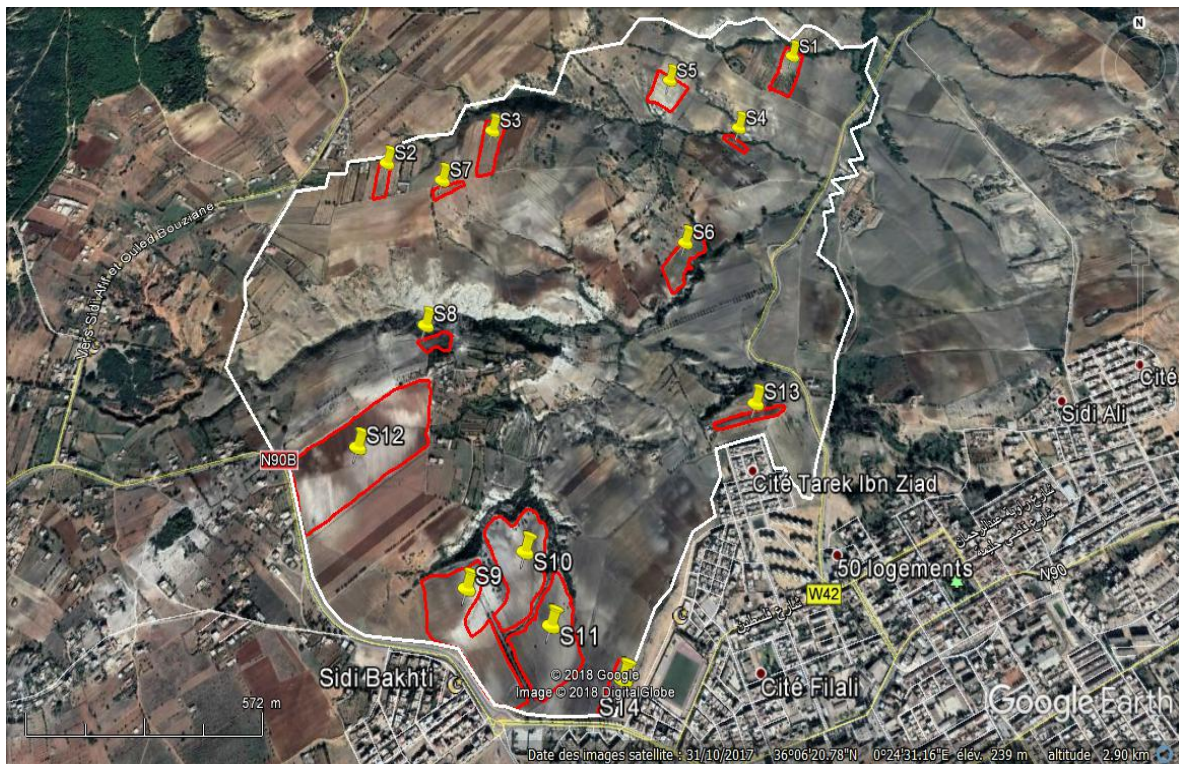
Pour assurer leurs survies, la population se base sur la pratique de l'agriculture e etl'élevage comme principale activité généralise de revenu.

## 1. Parcelles expérimentales

Compte tenu des facteurs limitant déjà évoqués sur la zone d'étude, le principe sera d'étudier sur des parcelles expérimentales (parcelle agricole) l'impact des différents systèmes de culture pratiqués actuellement sur la fertilité des sols. Ceci, à partir de comparaisons entre certains paramètres tant quantitatifs que qualitatifs des différents systèmes de culture.

### 1.1. Choix et délimitation des parcelles expérimentales

Le fait que la répartition des parcelles à pente moyenne inférieure ou égale à 100% s'étale sur toute la zone d'étude oblige à traverser plusieurs hectares à forte pente pour visiter et échantillonner l'ensemble des parcelles. Cependant, le système de culture installé dans la parcelle doit être des cultures associées (arbre-culture) en premier lieu, ou bien des cultures arboricoles (arbre), ou des cultures annuelles (monoculture) ou jachère herbacée. Quatorze parcelles ont été choisies par différents le système de culture (cf. fig. 18), afin de déterminer l'impact des différents systèmes de culture sur les propriétés physico-chimiques du sol.



**Figure 17.** Délimitation des parcelles expérimentales sur la zone d'étude

(Extrait de l'image de Google Earth, 2018).

Les photos prises sur terrain illustrant quelques parcelles expérimentales présentées par l'installation des systèmes de culture.

## 1.2. Caractérisation des stations expérimentales

Le tableau 08 présente les critères des 14 parcelles expérimentales délimitées sur la zone d'étude ci-dessus (cf. tab. 08)..

Systemes	parcelles	Date	Latitude Nord	Longitude Est	Altitude (m)	Superficie (ha)	Exposition	Inclinaison (%)	Occupation
Systemes Agroforesterie (SAF)	P1	28/04/2018	36°06'55.50"	0°24'58.73"	208	01.24	Est	9-12	Olivier, avoine.
	P2	07/05/2018	36°06'40.44"	0°24'05.49"	329	00.48	Est	1-5	Abricotier, figue, pois chiche, prune.
	P3	07/05/2018	36°06'44.57"	0°24'18.68"	323	01.10	Sud-est	12-16	Raisin, petit pois, abricotier, cyprès, fève
	P4	12/05/2018	36°06'46.61"	0°24'50.49"	215	00.43	Nord-est	5-9	Olivier, abricotier, figue, grenadine, avoine, jujubier.
Systemes arboricoles (SA)	P5	05/05/2018	36°06'51.97"	0°24'41.61"	241	01.10	Sud-est	12-16	Olivier
	P6	05/05/2018	36°06'33.57"	0°24'42.40"	223	01.21	Est	5-9	Abricotier
	P7	07/05/2018	36°06'39.29"	0°24'12.97"	332	00.28	Sud-est	12-16	Abricotier, figue
	P8	09/05/2018	36°06'24.50"	0°24'12.77"	289	00.46	Nord-est	20-26	Abricotier
Cultures annuelles (monoculture) (CA)	P9	23/04/2018	36°06'00.55"	0°24'18.34"	308	02.47	Nord-est	1-9	Blé tendre
	P10	23/04/2018	36°06'04.52"	0°24'22.68"	284	03.39	Nord-est	9-12	Blé tendre
	P11	23/04/2018	36°05'58.57"	0°24'25.46"	297	01.24	Nord	5-9	Blé tendre
	P12	09/05/2018	36°06'12.85"	0°24'04.28"	329	07.65	Sud-Est	1-9	Blé dur
Jachère herbacée	P13	05/04/2018	36°06'16.81"	0°24'48.72"	281	01.55	Nord-Est	1-9	Non travaillé
	P14	15/04/2018	36°05'54.71"	0°24'32.86"	311	04.63	Nord-Ouest	1-5	Travailliez

Ces stations sont gérées d'une façon variable selon les caractéristiques de chacune d'elle notamment la pente, le type du sol, l'humidité du sol, le mode de faire valoir et l'accessibilité à la parcelle.

### 1.3. Prélèvement des échantillons de sol

Après le repérage de chaque parcelle qui a constitué le cœur de notre travail (tab.08), l'analyse du sol de surface se trouve la plus importante par rapport l'analyse du sous-sol qui s'avère toutefois complémentaire. Trois (03) échantillons aléatoires ont été prélevés sur l'horizon superficiel du sol (0-30cm) à l'aide d'une bêche dans chacune des stations.

Environ 1kg du sol prélevé et mise dans des sachets en plastique étanches et étiquetés avec soin et les ramenés au laboratoire. En suite les Séchés à l'air libre puis les faire passer par un tamis de 2mm et les conservés dans des sacs en polyéthylène, étiquetés, ils ont fait l'objet d'analyses physico-chimiques réalisées sur la partie dite terre fine<2.

## 2. Analyses physico-chimiques du sol

Les analyses du sol ont essentiellement porté sur la détermination de leurs propriétés physico-chimiques.

### 2.1. Granulométrie et texture

La connaissance des matériaux constitutifs d'un sol nécessite leur séparation en fonction de leur taille, c'est le but de l'analyse granulométrique. Après l'élimination de la matière organique et le traitement de la terre fine par un réactif dispersant les agrégats (Schvartz et *al.*, 2005), on procède après un temps de sédimentation variable avec la température au fractionnement des argiles et des limons à l'aide de la pipette de Robinson: les sables grossiers sont obtenus par tamisage au tamis de 0,2mm. Ces méthodes de dispersion et de fractionnement sont celles de la méthode internationale de Robinson.

L'analyse granulométrique (ou physique) détermine la répartition des constituants élémentaires de sol dans les classes granulométriques choisies (cf. tab. 09).

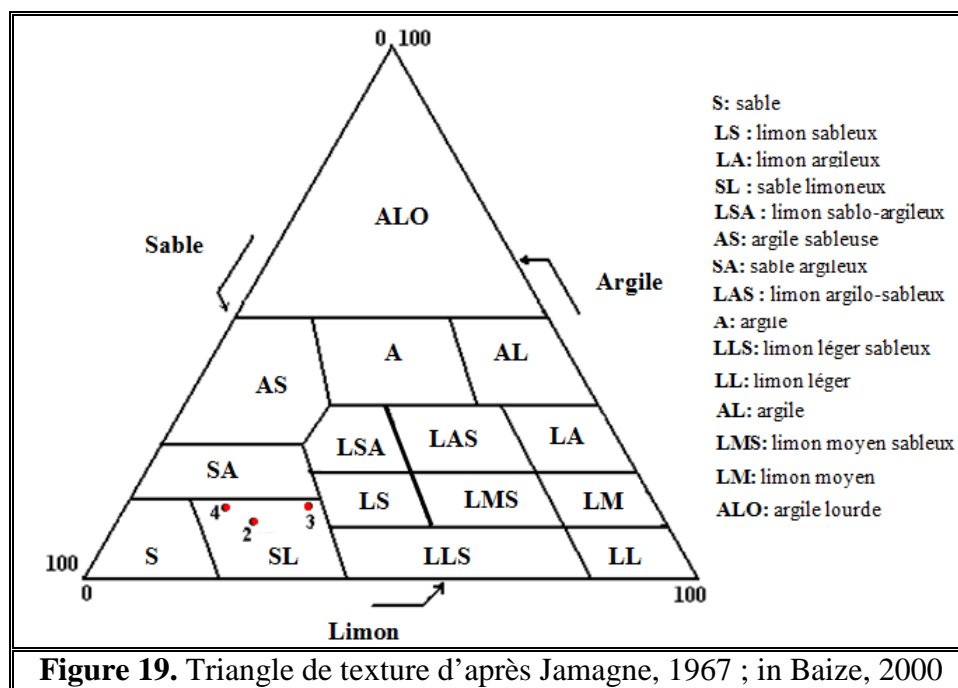
Tableau 09. Système de classification des classes texturales						
Terre fine					Eléments grossiers	
< 2 $\mu$	2 $\mu$ – 20 $\mu$	20 $\mu$ – 50 $\mu$	50 $\mu$ -200 $\mu$	200 $\mu$ – 2 mm	2 mm -2 cm	> 2 cm
argiles	limons fins	limons	sables fins	sables grossiers	graviers	cailloux

Source : Pasquier, 2009

L'agronome a défini la notion de texture qui correspond au comportement du sol tel qu'il se manifeste au champ. Ce comportement est fortement dépendant de la taille des constituants du sol (Schvartz et *al.*, 2005).

Ainsi, les proportions respectives de sables, limons et argiles permettent notamment une classification conventionnelle des sols à l'aide d'un triangle des textures (cf. fig. 19) comme celui défini par Jamagne (1967).

La texture d'un sol exerce une grande influence sur les autres propriétés physiques de ce sol, de même que sur ses propriétés chimiques et son adaptation économique aux différentes cultures. La texture est une



propriété stable sur le long terme alors que la structure varie à court terme selon la stabilité du complexe argilo-humique, l'humidité et l'activité qui peuvent fluctuer au cours des saisons (Meyer et al., 2008).

## 2.2. pH

Le pH fait partie d'une des plus importantes caractéristiques physico-chimiques des sols après la texture bien sûr. Non seulement la activité du sol, tout comme la disponibilité de la majeure partie des éléments nutritifs dépend du pH (Bertschinger et al., 2003), mais aussi les risques de toxicité (la mobilité et la biodisponibilité des éléments traces métalliques dans le sol). Connaissant ces deux propriétés (texture et pH), il est possible de tracer les grandes lignes de la fertilité d'un sol et de son comportement (Fox et al., 2008).

Ce paramètre comme indicateur de l'ambiance ionique du sol, exprime la concentration en ion  $H^+$  et mesure l'acidité ou l'alcalinité d'une eau lue sur une échelle allant de 0 à 14 (Vissin et al., 2010) (cf. tabl. 10).

Tableau 10. Echelle d'interprétation du pH eau d'après Ryser <i>et al.</i> , 2001						
pH eau	< 5,3	5,3 - 5,8	5,9 - 6,7	6,8 - 7,2	7,3 - 7,6	> 7,6
Appréciation agronomique	Fortement acide	Acide	Faiblement acide	Neutre	Faiblement alcalin	Alcalin

Le pH eau mesure l'acidité de la solution du sol, et le pHKCl mesure l'acidité en réserve sur le complexe argilo-humique (les ions H<sup>+</sup> du complexe sont remplacés par des ions potassium K<sup>+</sup>). Le pHKCl est donc toujours inférieur au pH eau.

La différence (pHeau - pHKCl) varie de 0,5 à 1,5. Elle est évidemment proportionnelle à l'acidité potentielle (la réserve d'ions H<sup>+</sup> sur le CAH), elle est en relation avec l'état de saturation du sol. Les sols argileux et humifères présentent souvent des ΔpH élevés tandis que les sols calcaires saturés de calcium sont dépourvus d'acidité de réserve.

Le pH est mesuré par voie électrique à l'aide du pH-mètre sur une suspension (terre / liquide) égale à 1/2,5. Le liquide utilisé peut être de l'eau distillée (mesure du pHeau) ou une solution de KCl 1N (mesure du pHKCl).

### 2.3. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique d'une solution est la conductance de cette solution mesurée entre des électrodes de 1 cm<sup>2</sup> de surface. Elle permet de déterminer la salinité globale de la solution du sol. Elle est directement proportionnelle à la quantité de solides (les sels minéraux) dissous dans la solution du sol. La concentration élevée du sol en sels solubles peut empêcher la germination des semences et endommager les plantes établies. Elle nuit aussi à l'absorption de l'eau par les plantes (DAT, 2001).

La conductivité électrique (méthode extrait aqueux au 1/5), qui nous permet de d'obtenir rapidement la teneur globale en sels dissous, était imposée pour mesurer la salinité des sols (De Jonget *al.*, 1979 ; Williams et Hoey, 1982), qui est interprétée à l'aide d'une échelle de salure des sols (cf. tabl. 11).

CE (mS/cm)	< 0,6	0,6 – 1,2	1,2 – 2,4	2,4 – 6	> 6
Appréciation	Non salé	Peu salé	Salé	Très salé	Extrêmement salé

Elle est mesurée à l'aide d'un conductimètre, sur une solution d'extraction aqueuse (rapport sol/eau égale à 1/5) à 25°C, couramment exprimée en mmhos/cm ou dS/m (Baize, 1988 ; Robert, 1996).

### 2.4. Matière organique

Les Matières Organiques du Sol (MOS) sont reconnues de longue date pour leur contribution à la fertilité chimique, physique et biologique des sols (Balesdent et *al.*, 2005).

Elles consistent en un mélange de résidus végétaux et animaux à différents stades de décomposition, de corps microbiens et animaux vivants dans le sol, et de substances fabriquées par les organismes vivants et/ou provenant de la décomposition chimique de molécules plus importantes (Stevenson, 1994).

Les matières organiques des sols (MOS) jouent un rôle important pour la microflore, la faune et la structure de sol. Elles contrôlent la stabilité des agrégats, favorisent l'infiltration

de l'eau etagissent donc profondément sur l'humidité du sol. Elles diminuent l'érosion et protègent le sol de l'érosion.

On considère une teneur en MO faible lorsqu'elle est inférieure à 2%, elle est acceptable dans les terres à faible teneur en argile (teneur en argile < 10%) et très insuffisante dans d'autres où le taux d'argile est élevé (de 25 à 35% ou plus) (Pousset, 2011).

D'après Duparque et *al* (2007), on ne mesure pas directement la teneur en matière organique du sol sur un échantillon de terre. Elle est estimée en appliquant à la teneur en carbone organique déterminée par l'analyse au laboratoire.

$$\text{MO (\%)} = \text{C}_{\text{org.}}(\%) \cdot 1,724$$

Le coefficient multiplicateur : 1.724 est couramment utilisé en France (Duparque et *al.*, 2007).

## 2.5. Carbone organique

Le carbone organique est le principal constituant des matières organiques. Il représente environ 50% de celles-ci, suivi de l'oxygène (40%), de l'hydrogène (5%), de l'azote (4%) et du soufre (1%) (Vigot, 2012).

Plusieurs études (Elliott, 1986 ; Cambardella et Elliott, 1993 ; Puget, 1997) ont montré que la concentration du carbone organique augmente avec la taille des agrégats. Elliott (1986) explique les teneurs plus importantes en carbone organique des macro agrégats par rapport aux micro agrégats par le fait que les micro agrégats sont assemblés entre eux pour former des macro agrégats à l'aide d'agents de liaison de nature organique.

Le taux de carbone permettra en outre de calculer le rapport C/N, qui renseigne sur l'activité biologique du sol (Chaussod, 1996 ; Leclerc, 2001).

Le carbone organique (%) est dosé par la méthode Anne qui a été la plus généralement utilisée jusqu'à ces dernières années (Duparque et *al.*, 2007), dont il est oxydé par du bichromate de Potassium en excès, en milieu sulfurique. L'excès de bichromate non réduit par le carbone organique est alors titré par une solution de sel de Morh (qui réduit les bichromates) en présence de diphénylamine.

## 2.6. Phosphore (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

Le phosphore est un des éléments majeurs indispensables à la croissance et au développement des végétaux. Il joue en particulier un rôle essentiel dans la mise en place du système racinaire, la photosynthèse et la reproduction du végétal (Frossard et *al.*, 2004).

Le phosphore assimilable est déterminé par la méthode de Jauret Hebert. Elle est considérée comme satisfaisante en sols basiques à neutres.

Dans le sol, le phosphore assimilable se trouve sous la forme d'ions phosphoriques (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>) présents dans la solution du sol ou fixés au complexe argilo-humique. Connaître la teneur du sol en phosphore assimilable est indispensable pour maintenir durablement la fertilité phosphatée du sol. La proportion de phosphore assimilable dans le sol est étroitement liée au

pH du sol. Selon le pH, une fraction plus ou moins importante du phosphore assimilable se combine avec d'autres éléments du sol et devient indisponible pour la plante (CERDI, 1992). En terrain calcaire, les phosphates ont tendance à être insolubilisés par le calcium (phosphates calciques et magnésiens). En terrain très acide, ils sont bloqués par le fer et l'aluminium, surtout si la teneur en argiles très élevée. Le pH optimum pour une bonne assimilation des phosphates par les plantes est compris entre 6 et 7. Dans cette zone les composés insolubles du calcium ne peuvent pas se former et le blocage par le fer et l'aluminium est faible (Pousset, 2011).

## 2.7. Dosage des cations

A partir de l'extrait de la pâte saturée, les cations solubles ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) sont dosés par l'absorption atomique et les cations échangeables (Ca, Mg, K, Na) sont déterminés par d'absorption atomique au moyen d'un extrait d'acétate d'ammonium.

Chaque élément dosé lui approprié une lampe spécialisée et une courbe d'étalonnage réalisée au moyen des solutions étalons selon l'élément dosé.

## 2.8. Calcaire total

Le calcaire total est une des composantes héritées de l'altération de la roche-mère. Le constituant essentiel de calcaire est le carbonate de calcium, cristallisé sous forme de calcite à symétrie rhomboédrique (Djili et Daoud, 1999 ; Djili, 2000). Il se présente sous forme de particules plus ou moins grossières. Du point de vue purement granulométrique, ces particules sont analogues aux autres grains de sable, mais du point de vue chimique elles sont différentes. En effet, les plus fines et les plus poreuses d'entre elles peuvent libérer du calcium, qui tend à neutraliser les acides et donc à rendre la terre plus basique (Pousset, 2011).

Aussi, le calcium fourni par le calcaire provoque la floculation des colloïdes minéraux et organique du sol, action nécessaire à l'établissement d'un état structural, et permet au sol de créer les réserves, en éléments nutritif (Eliard, 1979).

Le plus souvent la valeur du calcaire total en pourcentage est déterminée par la méthode volumétrique à l'aide du calcimètre de Bernard, en décomposant les carbonates de calcium par l'acide chlorhydrique, et mesurant le volume de  $\text{CO}_2$  dégagé.

Selon la teneur en calcaire, il y a cinq (05) classes de sols calcaires (Loz et Mathieu, 1990) (cf. tabl. 12).

Taux du $\text{CaCO}_3$	< 2 %	2 à 10 %	10 à 25 %	25 à 50%	> 50%
Appréciation	Très faiblement calcaire	Faiblement calcaire	Moyennement calcaire	Fortement calcaire	Très fortement calcaire

### 2.9. Calcaire actif

Le calcaire actif est la fraction du calcaire total susceptible de se dissoudre facilement et rapidement dans la solution du sol. Il faut retenir que le lien entre calcaire total et calcaire actif n'est pas automatique : une terre peut être riche en calcaire total et relativement pauvre en calcaire actif. L'excès de calcaire actif nuit à certaines plantes (par exemple aux arbres fruitiers). On considère généralement que des problèmes sérieux peuvent commencer à apparaître à partir de teneurs en calcaire actif voisines de 50‰ (Pousset, 2011). Donc la détermination du calcaire actif constitue un bon indice pour guider les arboriculteurs et les viticulteurs à choisir les porte-greffes les mieux adaptés à leurs sols (Baize, 1988). Cependant, la présence modérée de calcaire actif améliore la solidité du complexe argilo-humique et donc la stabilité de la structure (Pousset, 2011).

Le  $\text{CaCO}_3$  actif (%) est déterminé par la méthode Drouineau-Galet en utilisant l'oxalate d'ammonium qui se combine au calcium du calcaire facile à dissoudre (calcaire actif) pour former des oxalates de calcium insolubles. L'excès d'oxalate d'ammonium est ensuite dosé par une solution de permanganate de potassium en milieu sulfurique.

### 3. Analyse cartographique

Les méthodes classiques utilisées pour l'étude des ressources naturelles et sa gestion sont presque dépassées, et donc les systèmes d'information géographique (SIG) sont avérés un outil de gestion très performant.

Dans notre travail, l'outil informatique «**ArcGIS 10.0**» a permis à partir de diverses sources, de rassembler et de organiser, de gérer, d'analyser, de combiner et enfin de présenter et visualiser les informations localisées géographiquement dans notre zone d'étude.

### 4. Analyse statistique

Il faut souvent compléter l'analyse avec une classification. De nombreux logiciels existent qui permettent de faire aisément ces analyses, mais la partie délicate reste l'interprétation qui devrait toujours rester nuancée.

Dans le cas de notre travail l'étude a été appréhendée par le biais du logiciel statistique StatBox Pro 6.4 pour mettre en lumière certaines liaisons entre les variables explicatives et l'érosion d'une part, et d'autre part, de découvrir les interactions entre des différentes variables afin de mieux apprécier les effets des différents systèmes de production sur les propriétés physico-chimiques du sol.

Le dispositif adopté est la randomisation totale à un critère de classification, dont toutes les données qui sont récapitulées d'une manière synthétique ont fait l'objet d'une analyse de variance (ANOVA).



### 1. Résultats sur l'état du sol de la zone d'étude

Au cours de nos sorties sur terrain, les premières impressions sur la dégradation des sols de la zone par l'érosion hydrique apparaissent très importantes sur la morphologie des sols. Mais on révèle qu'il y a quelques indices révélant l'incidence du système agroforestier sur l'état de la structure du sol tels que les différences de l'humidité, de la porosité.

L'épuisement des sols est accentué par les pratiques culturales préconisées par le système traditionnel, dont les grandes cultures sont les plus cultivées dans la zone par les paysans faute de moyens financiers pour l'intégration de nouveaux systèmes de cultures qui gèrent mieux la qualité du sol.

Aussi, l'examen de l'état du sol sous culture fait ressortir un enrichissement sur la strate herbacée du sol en espèces végétales de la famille des fabacées et en activité biologique. Ces deux formes jouent donc un rôle bénéfique propre à la matière organique (Hien, 1990; Hien et *al.* 1991). Et donc, sont considérées comme biodiversité qui peut permettre de protéger les sols contre la dégradation de la fertilité du sol.



**Figure 20.** Quelques éléments de la macrofaune du sol de la zone d'étude (Photos - A. Hamadi, 2018)

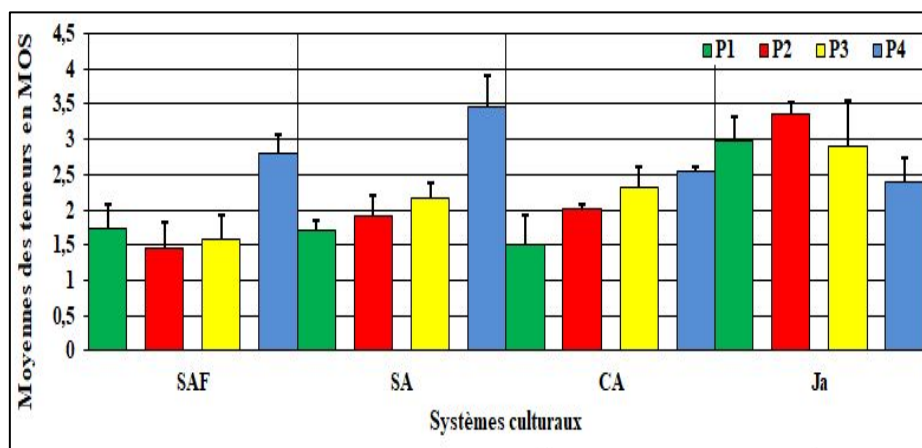
## 2. Interprétation des résultats de l'analyse de variance

L'importance de la couverture végétale dans la protection du sol contre l'érosion hydrique et la préservation des propriétés intrinsèques du sol a été démontrée par des études sur différents systèmes agroforestiers.

Une étude comparative a été menée durant l'expérimentation entre les systèmes de cultures de la région par des échantillons de sol à différents placettes de chaque station correspondant à un système. Les résultats obtenus sont traités par une étude statistique avec le programme ANOVA à mesures répétées et appliqué sur l'ensemble des variables étudiées. Les comparaisons de moyennes entre les propriétés physico-chimiques des sols étudiés et leurs modes de gestion agricoles (systèmes) dans la zone d'étude.

### 2.1. Matière organique

Schjonning *et al.*, (2004) ont montré que la capacité du sol à retenir de la matière organique est en relation avec plusieurs facteurs tels que le climat, le paysage, la texture, les intrants et les perturbations.



**Figure 21.** Variation de la MOS des principaux systèmes cultureux dans la zone d'étude

La teneur la plus élevée (autour de 3.5%) est obtenue au niveau de la parcelle 4 du système arboricole (cf. fig. 19). Il semblerait que cela soit lié à l'effet du taux élevé en argiles au niveau de cette parcelle.

L'histogramme ci-dessus montre que les meilleurs taux de la MOS sont observés dans les systèmes de la jachère (2.4 à 3.4 %) par rapport aux autres systèmes de cultures. Nous venons de mettre en évidence que sur les sols non cultivés c'est la texture du sol qui détermine plus la teneur en MOS que le facteur climatique.

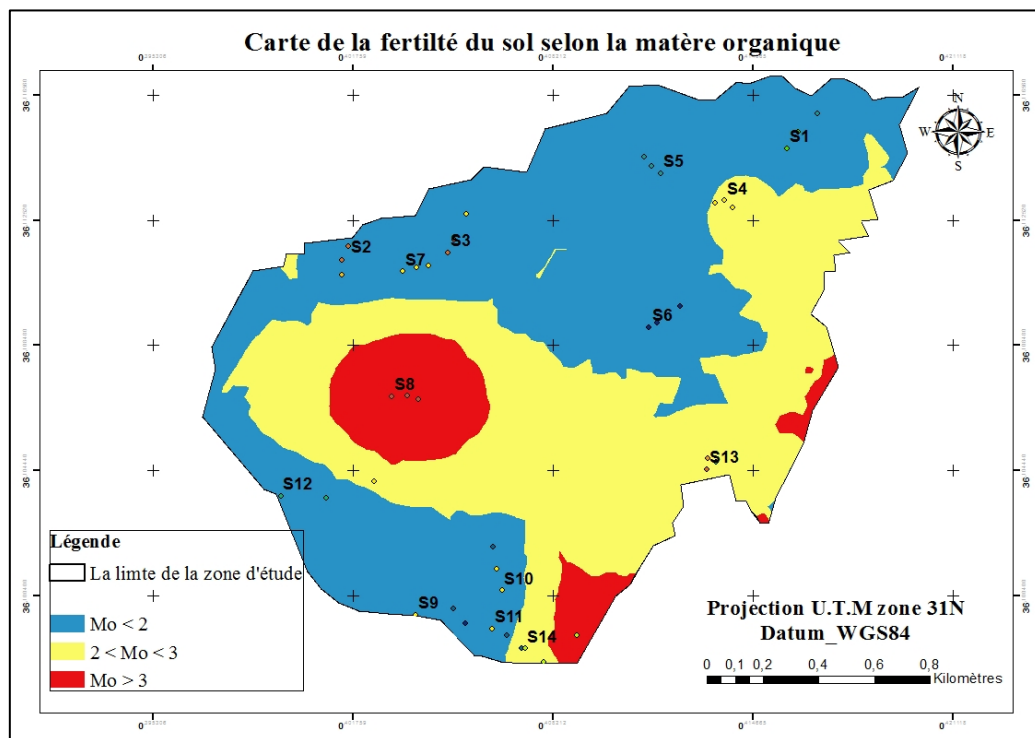
Le potentiel de stockage de ces sols en Matières Organiques des Sols est bien déterminé par la texture et essentiellement par la teneur en d'éléments fins.

D'après le référentiel de Boyer (1982) (cf. tab. 13), il se dégage trois classes de la matière organique représentées sur toute la zone d'étude.

Classe de MO	Appréciation
< à 2%	Mauvais
[2 à 3%]	Moyenne
> à 3%	Bonne

Donc, la figure 20 montre que les sols sont irrégulièrement pourvus en matière organique.

Les deux première classes se répartie presque dans toute la zone d'étude, ceci peut s'expliquer par les apports des eaux de ruissellement chargées en sédiments vu la localisation des parcelles expérimentales dans la zone (bassin-versant). Alors que, à l'exception de certaines aires bien identifiées la troisième classe occupe juste des petites parties expliquer par la présente une vocation arboricole qui offre en général de bonnes possibilités agricoles minimisant l'application de fertilisants.



**Figure 22.** Répartition du taux de la MOS dans la zone d'étude

## 2.2. Comparaison de systèmes de culture

Basée essentiellement sur le jugement du test de Fisher-Snédecors, qui reflète l'effet global du facteur sur les différentes variables caractérisant la fertilité du sol, et sur le test de Newman-Keuls qui permet de mettre en évidence la place (représentée par des lettres A, AB,

B, C, etc.) de chaque modalité du facteur en question par rapport à une autre dans l'explication de l'effet global.

Les résultats obtenus qui sont récapitulés dans le tableau14 montrent les effets des différents systèmes cultureux étudiés sur les paramètres physico-chimiques et la fertilité du sol.

<b>Tableau 14.</b> Impacts des systèmes sur les propriétés physico-chimiques des sols (Récapitulatif des résultats de l'analyses de la variance)											
<b>Facteurs</b>		<b>Systèmes de culture</b>					<b>Parcelle</b>				
<b>Variables</b>		<b>SAF</b>	<b>SA</b>	<b>SCA</b>	<b>SJa</b>	<b>F</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>F</b>
<b>Physiques</b>	<b>Arg</b>	22,21	40,61	31,61	25,27	<b>18,68</b>	34,98	21,50	31,11	32,10	<b>9,68</b>
		<b>C</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>***</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>***</b>
	<b>Lim</b>	19,53	22,43	26,31	49,87	<b>46,46</b>	31,37	23,43	24,04	39,30	<b>13,43</b>
		<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>***</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>**</b>
	<b>Sab</b>	58,26	37,05	42,08	24,86	<b>24,73</b>	33,74	55,06	44,85	28,60	<b>18,01</b>
		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>***</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>***</b>
<b>Chimiques</b>	<b>CE</b>	0,20	0,67	0,28	0,26	<b>21,80</b>	0,70	0,23	0,21	0,27	<b>25,96</b>
		<b>B</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>***</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>***</b>
	<b>pHEau</b>	7,48	7,96	8,17	8,14	<b>83,59</b>	7,96	7,84	7,91	8,04	<b>5,86</b>
		<b>C</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>***</b>	<b>A,B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>**</b>
	<b>pHKCl</b>	7,22	7,73	7,77	7,64	<b>46,29</b>	7,61	7,53	7,50	7,72	<b>6,95</b>
		<b>C</b>	<b>A,B</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>***</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>**</b>
	<b>MO</b>	1,89	2,31	2,10	2,91	<b>21,38</b>	1,98	2,18	2,24	2,80	<b>13,75</b>
		<b>C</b>	<b>B</b>	<b>B,C</b>	<b>A</b>	<b>***</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>***</b>
	<b>Corg.</b>	1,10	1,34	1,22	1,69	<b>21,40</b>	1,15	1,27	1,30	1,63	<b>13,93</b>
		<b>C</b>	<b>B</b>	<b>B,C</b>	<b>A</b>	<b>***</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>***</b>
	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	132,78	123,33	167,92	141,19	<b>9,99</b>	157,50	126,94	120,42	160,35	<b>11,48</b>
		<b>B</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>***</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>***</b>
	<b>K<sup>+</sup></b>	6,15	7,92	4,22	4,78	<b>7,03</b>	9,78	3,84	4,46	4,99	<b>19,06</b>
		<b>A,B</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>***</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>***</b>
	<b>Na<sup>+</sup></b>	30,86	46,28	27,89	39,43	<b>12,72</b>	44,80	28,73	32,38	38,56	<b>9,10</b>
		<b>C</b>	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>***</b>	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>B,C</b>	<b>A,B</b>	<b>***</b>
	<b>Ca<sup>++</sup></b>	24,16	36,94	20,80	27,16	<b>15,47</b>	35,78	29,28	17,73	26,83	<b>17,84</b>
		<b>B,C</b>	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>***</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>***</b>
	<b>Mg<sup>++</sup></b>	8,91	16,90	7,22	6,85	<b>27,97</b>	14,25	9,63	6,89	9,10	<b>12,06</b>
		<b>B</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>***</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>B</b>	<b>***</b>
<b>CaIT</b>	7,61	10,20	13,37	15,63	<b>33,91</b>	15,07	9,67	9,51	12,56	<b>19,14</b>	
	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>***</b>	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>***</b>	
<b>CaIA</b>	2,59	3,64	4,84	5,57	<b>74,11</b>	5,66	3,06	3,07	4,85	<b>73,32</b>	
	<b>D</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>***</b>	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>***</b>	

NS = Non significatif ; \* = Significatif ; \*\* = Hautement significatif ; \*\*\* = Très hautement significatif au seuil de probabilité de 5 %, 1 % et 1 % respectivement

L'analyse de la variance des résultats montrent un effet très hautement significatif des 4 systèmes culturaux sur tous les paramètres physico-chimiques du sol.

La comparaison des moyennes montre que :

La CE ne révèle rien des différents systèmes de cultures, elle donne juste une idée globale de la valeur nutritive de la solution du sol. La faible CE (0.20-0.67) indique une solution pauvre en ions dissous. Généralement, les cultures et les arbres ont une influence sur la CE dans les sols pauvres en éléments fertilisants (Doucet, 2010), cette influence peut être due au phénomène des prélèvements racinaires en macro-éléments (azote, phosphore, potassium, calcium, magnésium et soufre) nécessaires à la croissance des végétaux.

Le pH du sol est un indicateur des conditions physico-chimiques de la solution du sol. Il exerce un effet direct sur l'activité microbienne (ITAB, 2002) du sol ainsi que sur la biodisponibilité des nutriments, à travers des phénomènes de solubilisation et d'insolubilisation propres à chaque élément.

Le système agroforestier maintient le pH du sol entre certaines limites proches de la neutralité (pH Eau 7.48 et pH KCl 7.22), et donc favorise une bonne assimilation des éléments nutritifs du sol par les racines des plantes. Pousset (2011), montre que l'activité biologique a toujours tendance à ramener le pH vers la neutralité, au voisinage de 7.

Le système de culture annuelle présente une moyenne élevée du phosphore 167.92 alors qu'un taux faible de MOS 2.10. Aussi, la présence de la matière organique dans le sol gêne l'évolution du phosphore vers ses formes complexes et ralentit ainsi la perte de mobilité du phosphore dans le sol (Pasquier, 2009).

Le pH est pratiquement corrélé avec la majorité des paramètres étudiés à savoir la conductivité électrique, les cations échangeables ( $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Mg}^{++}$ ,  $\text{Na}^+$  et  $\text{K}^+$ ). On remarque que les cations sont influencés positivement par les systèmes arboricoles et agroforestiers. Plus le pH est faible, plus les  $\text{H}^+$  et  $\text{Al}^{3+}$  sont sur les sites échangeables et plus le risque de toxicité est important. Egalement, il y aurait moins de  $\text{Ca}^{2+}$  qui sont très favorables à une bonne structure. Donc la stabilité structurale est meilleure vers un pH neutre. (Fox, 2008).

Smith (1976), montre une importante variation dans la composition des exsudats minéraux libérés par les arbres en fonction de l'espèce, ces résultats montrent qu'excepté le  $\text{Na}^+$  c'est le  $\text{K}^+$  et le  $\text{Ca}^{2+}$  qui sont libérés en plus forte quantité. Ainsi, les racines et l'activité des microorganismes qui leur sont associés comme les bactéries produisent divers composés comme les acides organiques qui sont d'importants facteurs de la biodisponibilité des éléments nutritifs (Turpault et al., 2009).

La variabilité du calcaire est beaucoup plus influencée par le type du système. La teneur en calcaire est variable d'un sol à un autre, car ce paramètre (calcaire) caractérisant chaque parcelle se comporte différemment selon la nature de l'activité racinaire et biologique.

Dans la littérature que les caractéristiques chimiques des sols sont affectées par l'exploitation continue des terres (Bationo et *al.*, 2007 ; Koulibaly et *al.*, 2010). il est largement admis (Hien, 2004 ; Bationo et *al.*, 2007 ; Pallo et *al.*, 2009) que le taux de matière organique des sols conditionne fortement l'évolution des paramètres de la fertilité chimique.

Mais, il est également difficile de conclure que la faible teneur en MOS, entraine une baisse faible fertilité du sol. Il est donc tout à fait légitime de chercher à utiliser des mesures biologiques pour mieux connaître les sols et les gérer au mieux dans une perspective agronomique (ITAB, 2002).

L'agroforesterie et les engrais verts sont des investissements du capital sol dit à « pool organique » tels que la jachère, car ils contribuent à augmenter le taux de matière organique des sols, et indirectement celui de la composante minérale (Sanchez et Palm 1996; Roose et Ndayizigiye 1997; Ekbom 2009; Nezomba et al. 2010). Ils constituent à cet effet des investissements à mesure une bonification durable du capital sol.

## Conclusion générale

---

### Conclusion générale

L'objectif de l'étude est de déterminer les modifications provoquées par la présence de l'arbre en association sur les états physico-chimiques du sol.

L'étude des interactions entre sol, arbre et culture doit permettre une bonne compréhension du fonctionnement du système agroforesterie. Le dispositif expérimental de l'étude a été conçu afin de comparer les propriétés physico-chimiques du sol à proximité de l'arbre afin d'expliquer l'effet des arbres et l'impact des systèmes agroforestiers sur la fertilité du sol. Cette problématique générale a été déclinée en trois modalités expérimentales.

Dans le contexte de notre travail, il nous a paru utile d'analyser le potentiel agroforestier de notre zone d'étude afin d'évaluer ses impacts sur la fertilité du sol.

Afin d'étudier de quelles manières le sol soit préservé et sa fertilité conservée pour une production durable, plusieurs sorties sur le terrain en été menée sur la comparaison de différents systèmes de culture basés sur l'analyse des propriétés physico-chimiques du sol dans la zone des piémonts du Dahra mostaganémois.

L'analyse statistique a permis de dégager une relation étroite entre les différents systèmes de culture et la fertilité du sol, quand les teneurs en matières organiques sont faibles donc la fertilité du sol est faible.

Les systèmes agroforestiers ont une influence sur les cations cette influence peut être due au phénomène des prélèvements racinaires en macro-éléments ( $P_2O_5$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , ...etc.).

A partir de ces résultats, on considère que l'effet des arbres et l'impact des systèmes agroforestiers sur la fertilité des sols n'est pas négligeable dans notre zone d'étude. Donc, le retour de l'arbre dans les milieux agricoles est une préoccupation indispensable pour assurer une gestion rurale durable de la fertilité des sols. Ainsi, l'introduction d'arbres dans les parcelles cultivées modifie progressivement et durablement le paysage agricole.

## Références bibliographiques

---

**AGROOF (Société Coopérative et Participative Spécialisée dans l'Agroforesterie), 2010.** Guide : L'agroforesterie dans les réglementations agricoles. URL : [http://www.agroof.net/agroof\\_ressources/documents/guide\\_juridique\\_apca\\_juin2010.pdf](http://www.agroof.net/agroof_ressources/documents/guide_juridique_apca_juin2010.pdf). (Page consultée le 28/11/2015).

**Amézketa, E., 1999.** Soil Aggregate Stability: A review. *Journal of sustainable agriculture* 14, 83-15.

**Angers, D.A., Recous, S., Aita, C., 1997.** *Fate of carbon and nitrogen in water-stable aggregates during decomposition of (CN)-C-13-N-15-labelled wheat straw in situ.* *European Journal of Soil Science* 48, 295-300.

**Aubert G., 1978.** Méthodes d'analyses des sols. CNDP et CRDP (Ed.), Marseille, 189 p.

**Baets N. et Garipey S., 2007.** L'agroforesterie, Canada. 4-19p.

**Baize D., 2000.** Guide des analyses en pédologie. 2<sup>ème</sup> édition. Edition INRA-Quae. 39-207p.

**Baize D., 1988.** Guide des analyses courantes en pédologie. INRA (Ed.), Paris, 171 p.

**Balesdent J., Arrouays D., Chenu C., Feller C., 2005.** Chapitre 10 : Stockage et recyclage du carbone, 238-259. *In Girard M.C., Walter C., Remy J.C., Berthelin J., Morel J.L., 2005.* Sols et Environnement, Dunod (Ed.), 816 p.

**Bationo, A., Kihara, J., Vanlauwe, B., Waswa, B., Kimetu, J., 2007.** *Soil organic carbon dynamics, functions and management in West African agro-ecosystems.* *Agricultural Systems*, 94(1), p.13-25.

**Battese, G.E., 1997.** *A note on the estimation of Cobb-Douglas Production functions when some explanatory variables have zero values.* *Journal of Agricultural Economics*, 48(1-3), p.250-252.

**Bekunda, M.A., Bationo, A. et Ssali, H., 1997.** *Soil fertility management in Africa: A review of selected research trials.* *SSSA Special Publication*, 51, p.63–80.

**Benabdelli K., 1996.** Aspects physionomico-structuraux et dynamique des écosystèmes forestiers faces à la pression anthropozoogène dans les monts de Tlemcen et les Monts de Dhaya. Algérie occidentale, Doct. Es-sci. Univ. Djilali Liabes de Sidi Bel Abbés, 356 p + annexes.

**Benbi, D., Senapati, N., 2010.** *Soil aggregation and carbon and nitrogen stabilization in relation to residue and manure application in rice–wheat systems in northwest India.* *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 87, 233-247.

**Bertschinger L., Christian G., Ryser J.P., Häseli A., Neuweiler R., Pfammatter W., Schmid A. et Weibel F., 2003.** Données de base pour la fumure en arboriculture fruitière, Fruits à pépins, fruits noyau, kiwis, baies d'arbustes. *Eidgenössische Forschungsanstalt, Postfach 185, CH-8820 Wädenswil* (Ed.), 48 P.

## Références bibliographiques

---

- Bipfubusa, M., Angers, D.A., N'Dayegamiye, A., Antoun, H., 2008.** *Soil Aggregation and Biochemical Properties following the Application of Fresh and Composted Organic Amendments. Soil Science Society of America Journal* 72, 160-166.
- Bipfubusa, M., N'Dayegamiye, A., Antoun, H., 2005.** Effets de boues mixtes de papetières fraîches et compostées sur l'agrégation du sol, l'inclusion et la minéralisation du C dans les macro-agrégats stables à l'eau. *Canadian Journal of Soil Science* 85, 47-55.
- Bissonnette, N., Angers, D.A., Simard, R.R., Lafond, J., 2001.** *Interactive effects of management practices on water-stable aggregation and organic matter of a Humic Gleysol.* *Canadian Journal of Soil Science* 81, 545-551.
- Blackman, J.D., 1992.** Seasonal variation in the aggregate stability of downland soils. *Soil Use and Management* 8, 142-150.
- Bottinelli, N., 2011.** Evolution de la structure et de la perméabilité d'un sol en contexte de non labour associé à l'apport d'effluent d'élevage : rôle de l'activité lombricienne. Thèse de doctorat d'Agrocampus Ouest, 152 pp.
- Boyer J., 1982.** Les sols ferrallitiques. Tome X. Facteurs de fertilité et utilisation des sols. Initiations-Documents techniques.
- Cambardella, C.A., Elliott, E.T., 1993.** *Carbon and nitrogen distribution in aggregates from cultivated and native grassland soils. Soil Science Society of America Journal* 57, 1071-1076.
- Centre d'édition, de reproduction et de diffusion (CERDI) de documents pédagogiques, 1992.** Fertilisation, cours n°51, 09-50p.
- Charif K., 2001.** Contribution à une approche de développement agro-forestier de la commune de Tessala, Algérie ». Mémoire de magister en Ecologie appliquée. Faculté des sciences, institut des sciences de la nature, université de Sidi Bel Abbès Algérie.
- Chaussod R., 1996.** La qualité biologique des sols : évaluation et implications. Etude et gestion des sols 3 (4), 261-278 p.
- Chivenge, P.C.P., Vanlauwe, B., Six, J., 2011a.** *Does the combined application of organic and mineral nutrient sources influence maize productivity? A meta-analysis. Plant and Soil* 342, 1-30.
- Dahane B., 2006.** Incidence des facteurs écologiques sur les accroissements du liège de quelques subéraies oranaises. Thèse Mag. Sci. Univ. Tlemcen, p130.
- Debrach J., 1953.** Note sur les climats du Maroc Occidental, Maroc Méridional. p1134.
- Degens, B.P., 1997.** Macro-aggregation of soils by biological bonding and binding mechanisms and the factors affecting these: A review. *Australian Journal of Soil Research* 35, 431-459.

## Références bibliographiques

---

- De Gryze, S., Six, J., Brits, C., Merckx, R., 2005.** A quantification of short-term macroaggregate dynamics: influences of wheat residue input and texture. *Soil Biology and Biochemistry* 37, 55-66.
- De Jong E., Ballantyne A.K., Cameron D.R. et Read D.W.L., 1979.** *Measurement of apparent electrical conductivity of soils by an electromagnetic induction probe to aid salinity surveys. Soil Sci. Soc. Am. J.*, 43 : 810-812 p.
- Denef, K., Roobroeck, D., Manimel Wadu, M.C.W., Lootens, P., Boeckx, P., 2009.** *Microbial community composition and rhizodeposit-carbon assimilation in differently managed temperate grassland soils. Soil Biology and Biochemistry* 41, 144-153.
- Djili K. et Daoud Y., 1999.** Distribution latérale et verticale de l'ESP des sols du Nord de l'Algérie compte rendu du séminaire national sur la salinisation des terres agricoles. CRSTRA, Chélif, Nr. 99, 25-44 p.
- Direction de l'aménagement des terres (DAT), 2001.** Guide de fertilisation des cultures. Document pour interpréter et utiliser le rapport d'analyse de sol et de l'Aquaculture. Canada, 08-13p.
- Djebaili S., 1984.** Steppe algérienne, physiologie et écologie. O. P. U. Alger, p127.
- Djili K., 2000.** Contribution à la connaissance des sols du Nord de l'Algérie. Thèse Doct. INA, Alger, 243 p.
- Doucet R., 2010.** Le climat et les sols agricoles. Editions Berger. Canada, 26-333p.
- Duparque A., Fleutry L., Dersigny Ch., Ancelin O., et Duranel J., 2007.** Mémento Sols et matières organiques : pour des notions utiles et contre les idées reçues. Agro-Transfert Ressources et Territoires, Chambre d'Agriculture Picardis, Amiens, France, 45 p + Index.
- Dupraz C. et Liagre F., 2011.** Agroforesterie : des arbres et des cultures. 2<sup>ème</sup> édition. Edition France agricole. France, 01-282 p.
- Duquette, E., Higgins, N. et Horowitz, J., 2012.** *Farmer Discount Rates: Experimental Evidence. American Journal of Agricultural Economics*, 94(2), p.451-456.
- Ekbom, A., Brown, G.M. et Sterner, T., 2009.** *Muddy Waters: Soil Erosion and Downstream Externalities. Working Papers in Economics 341*, Göteborgs Universitet.
- Eliard J.L., 1979.** Manuel d'agriculture générale. J.B. Baillière (Ed.), Paris, 344 p.
- Elliott, E.T., 1986.** *Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils. Soil Science Society of America Journal* 50, 627-633.
- Emberger L., 1955.** Une classification biologique des climats. Recueil. Trav. Labo. Géol. Zool. Fac. Sci. Montpellier, 48 p.
- Emberger L., 1930b.** La végétation de la région méditerranéenne. Essai de classification des groupements végétaux. *Rev.Gen.Bot.*42, 705-721 p.

## Références bibliographiques

---

**Evenson, R.E. et Gollin, D., 2003.** *Assessing the impact of the Green Revolution, 1960 to 2000.* *Science*, 300(5620), p.758.

**FAO, 2004.** L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde – Suivi des progrès accomplis en vue de la réalisation des objectifs du Sommet mondial de l'alimentation et de la Déclaration du Millénaire (Rome : FAO).

**Farzin, Y.H., 1984.** *The effect of the discount rate on depletion of exhaustible resources.* *The Journal of Political Economy*, p.841–851.

**Fonte, S.J., Yeboah, E., Ofori, P., Quansah, G.W., Vanlauwe, B., Six, J., 2009.** *Fertilizer and Residue Quality Effects on Organic Matter Stabilization in Soil Aggregates.* *Soil Science Society of America Journal* 73, 961-966.

**Fox D., Carrega P., Morschel J., Emsellel k. et Equipe T., 2008.** La dégradation des sols dans le monde. Univ. Nice Sophia Antipolis, URL : <http://unt.unice.fr/uoh/degsol/DFox.php>. (Page consultée le 30/11/2015).

**Frossard E., Julien P., Neyroud J. et Sinaj S., 2004.** Le phosphore dans les sols : Etat de la situation en Suisse. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, 13p.

**Griffon, M., 2006.** *Nourrir la planète: pour une révolution doublement verte*, Odile Jacob.

**Harris, R.F., Chesters, G., Allen, O.N., 1966.** *Dynamics of Soil Aggregation*, in: Norman, A.G. (Eds.), *Advances in Agronomy*. Academic Press, pp. 107-169.

**Heal, O.W., Anderson, J.M., Swift, M.J., 1997.** *Plant litter quality and decomposition: an historical overview*, in: Cadisch, G., Giller, K.E. (Eds.), *Driven by Nature: Plant Litter Quality and Decomposition*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 3–30.

**Hien E., 2004.** Dynamique du carbone dans un acrisol ferrugineux du centre-ouest du Burkina influence des pratiques culturales sur le stock et la qualité de la matière organique. Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, France, 137 p.

**Hien V., Sedogo M.p., Lompo F., 1991.** Etude des effets des jachères de courte durée sur la production et l'évolution des sols dans différents systèmes de culture du Burkina Faso. Communication présentée à l'atelier ORSTOM sur la jachère en Afrique de l'Ouest, Montpellier 3-4 Décembre 1991, 30 p.

**Hien V., 1990.** Pratiques culturales et évolution de la teneur en azote organique utilisable par les cultures dans un sol ferrallitique du Burkina Faso, Thèse docteur, INPL. 149 p.

**ITAB, 2002.** Activités biologiques et fertilité des sols: Intérêts et limites des méthodes analytiques disponibles.

**Jamagne M., 1967.** Bases et techniques d'une cartographie des sols. Annales agronomiques, Vol.18. Nr. hors-série, 142 p.

## Références bibliographiques

---

- Jiao, Y., Whalen, J.K., Hendershot, W.H., 2006.** *No-tillage and manure applications increase aggregation and improve nutrient retention in a sandy-loam soil.* *Geoderma* 134, 24-33.
- Kiem, R., Kandeler, E., 1997.** *Stabilization of aggregates by the microbial biomass as affected by soil texture and type.* *Applied Soil Ecology* 5, 221-230.
- Koulibaly B., Traoré O., Dakuo D., Zombré PN., Bondé D., 2010.** Effets de la gestion des résidus de récolte sur les rendements et les bilans culturaux d'une rotation cotonnier maïsorgho au Burkina Faso. *Tropicultura*, 28 (3) : 184-189 p.
- König D., 2012.** Influence de l'agroforesterie sur l'érosion hydrique et la restauration de la productivité des sols ferrallitiques acides du Rwanda. Lutte antiérosive, réhabilitation des sols tropicaux et protection contre les pluies exceptionnelles. IRD (Ed.), Marseille, 424-429 p.
- Leclerc B., 2001** - Guide des matières organiques. 2ème (Ed.), Paris.
- Loz J. et Mathieu C., 1990.** Dictionnaire de science du sol. Lavoisier 2ème (Ed), Paris, 266 p.
- Lynch, J.M., Bragg, E., 1985.** *Microorganisms and soil aggregate stability.* *Advances in Soil Science* 2, 134-170.
- Lynch, J.M., 1984.** *Interactions between biological processes, cultivation and soil structure.* *Plant and Soil* 76, 307-318.
- Machinet, G.E., Bertrand, I., Chabbert, B., Recous, S., 2009.** *Decomposition in soil and chemical changes of maize roots with genetic variations affecting cell wall quality.* *European Journal of Soil Science* 60, 176-185.
- Manlay, R.J., Feller, C. et Swift, M.J., 2007.** *Historical evolution of soil organic matter concepts and their relationships with the fertility and sustainability of cropping systems.* *Agriculture, Ecosystems et Environment*, 119(3-4), p.217-233.
- Martin, J.P., Waksman, S.A., 1940.** Influence of Microorganisms on Soil Aggregation and Erosion. *Soil Science* 50, 29-48.
- Mary, B., Recous, S., Darwis, D., Robin, D., 1996.** *Interactions between decomposition of plant residues and nitrogen cycling in soil.* *Plant and Soil* 181, 71-82.
- Merzouk A., 2010.** Contribution à l'étude phytoécologique et biomorphologique des peuplements halophiles dans la région occidentale de l'Oranie (Algérie). Thèse Doct. Univ. Sci. Tlemcen, 84 92 p + Annexes.
- Mikha, M.M., Rice, C.W., 2004.** *Tillage and manure effects on soil and aggregate associated carbon and nitrogen.* *Soil Science Society of America Journal* 68, 809-816.
- Nezomba, H., Tauro, T. P., Mtambanengwe, F., Mapfumo, P., 2010.** *Indigenous legume fallows (indifallows) as an alternative soil fertility resource in smallholder maize cropping systems.* *Field Crops Research*, 115(2), p.149-157.

## Références bibliographiques

---

**Nicolardot, B., Recous, S., Mary, B., 2001.** *Simulation of C and N mineralisation during crop residue decomposition: A simple dynamic model based on the C:N ratio of the residues.* *Plant and Soil* 228, 83-103.

**Oades, J.M., 1984.** *Soil organic-matter and structural stability - mechanisms and implications for management.* *Plant and Soil* 76, 319-337.

**Pasquier L., 2009.** L'argile et Lamotte. Guide du sol, Unité Informatique Pédagogique, ENESAD, France, 111 p.

**Paul, E.A., 1992.** *Organic matter, decomposition, in: Lederberg, J. (Eds.), Encyclopedia of microbiology, Vol. 3.* Academic Press, San Diego, pp. 289-304.

**Peguy P., 1970.** Précis de climatologie. Masson et Cie (Ed.), France, 1-468 p.

**Perfect, E., Kay, B.D., van Loon, W.K.P., Sheard, R.W., Pojasok, T., 1990.** *Factors Influencing Soil Structural Stability within a Growing Season.* *Soil Science Society of America Journal* 54, 173-179.

**Pieri C., 1989.** Les processus majeurs d'évolution de la fertilité. Les termes et l'évolution du bilan organique des sols cultivés. In : "Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara", Ministère de la Coopération, Paris, 277-336.

**Pimentel D., Harvey C., Resosudarmo P., Sinclair K., Kurz D., McNair M., Crist S., Shpritz L., Fitton L., Saffouri R. et al., 1995.** *Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits.* *Science* 267: 1117-1123.

**Poll, C., Marhan, S., Ingwersen, J., Kandeler, E., 2008.** *Dynamics of litter carbon turnover and microbial abundance in a rye detritusphere.* *Soil Biology and Biochemistry* 40, 1306- 1321.

**Pallo F.J.P., Sawadogo N., Sawadogo L., Zombré N.P., Sédogo M.P., 2009.** Statut de la matière organique des sols de la zone nord-soudanienne au Burkina Faso. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 13(1) : 139-142

**Pousset J., 2011.** Engrais verts et fertilité des sols. 3<sup>ème</sup> édition. Editions France Agricole. Paris, 30-190 p.

**Puget P., 1997.** Distribution spatiale des matières organiques à l'échelle des agrégats de sols limoneux cultivés. Conséquences sur la stabilité des agrégats et sur la biodégradation des matières organiques. Thèse Univ. Paris XII-Val de Marne, 188 p.

**Quifiones, M.A., Borlaug, N.E. et Dowswell, C.R., 1997.** *A fertilizer-based green revolution for Africa. Replenishing soil fertility in Africa.*

**Reeves D.W., 1997.** *The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems.* *Soil & Till. Res.* 43: 131-167.

## Références bibliographiques

---

- Richard G., 2008.** Dégradation physique des sols agricoles et forestiers liée au tassement : impact, prévision, prévention, suivi et cartographie. Programme GESSOL- Rapport de fin de contrat, 04p.
- Robert M., 1996.** Le sol: Interface dans l'environnement, ressources pour le développement. Masson (Ed.), Paris, 244 p.
- Roger-Estrade, J., Anger, C., Bertrand, M., Rochard, G., 2010.** *Tillage and soil ecology: Partners for sustainable agriculture. Soil and Tillage Research*, 111(1), p.33-40.
- Roose, E. et Ndayizigiye, F., 1997.** *Agroforestry, water and soil fertility management to fight erosion in tropical mountains of Rwanda. Soil Technology*, 11(1), p.109-119.
- Ryser J-P., Walther U. et Flisch R., 2001.** Données de base pour la fumure des grandes cultures et des herbages. *Rev. Suisse Agric.* 33 (3), 80 p.
- Sall, S., Bertrand, I., Chotte, J.L., Recous, S., 2007.** *Separate effects of the biochemical quality and N content of crop residues on C and N dynamics in soil. Biology and Fertility of Soils* 43, 797-804.
- Sanchez, P.A. et Palm, C.A., 1996.** *Nutrient cycling and agroforestry in Africa.*
- Sanchez P.A., 1995.** *Science in agroforestry. Agrof. Syst.* 30: 5-55.
- Sarkar, S., Singh, S.R., Singh, R.P., 2003.** *The effect of organic and inorganic fertilizers on soil physical condition and the productivity of a rice-lentil cropping sequence in India. The Journal of Agricultural Science* 140, 419-425.
- Sá, J.C. de M., Cerri, C. C., Lal, R., Dick, W. A., de Cassia Picolo, M., Feigl, B. E., 2009.** *Soil organic carbon and fertility interactions affected by a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. Soil and Tillage Research*, 104(1), p.56-64.
- Schjonning P., Elmholt S., Christensen B.T., 2004.** *Managing Soil Quality: Challenges in Modern Agriculture.* CABI, 356 p.
- Schroth G., Lehmann J., Rodrigues M.R.L., Barros E. et Macêdo J.L.V., 2001.** *Plantsoil interactions in multistrata agroforestry in the humid tropics. Agrof. Syst.* 53: 85-102.
- Schwartz C., Muller J.C., Decroux J., 2005.** Grande cultures et prairies. Guide de la fertilisation raisonnée, France Agricole (Ed.), Paris, 63-64 p.
- Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S., Denef, K., 2004.** *A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. Soil and Tillage Research* 79, 7-31.
- Six, J., Elliott, E.T., Paustian, K., Doran, J.W., 1998.** *Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils. Soil Science Society of America Journal* 62, 1367-1377.

## Références bibliographiques

---

- Smith W., 1976.** *Character and significance of forest tree root exudates.* Ecology 57: 324-331- ESA Online journals.
- Stevenson, F.J. 1982.** *Humus chemistry.* John Wiley and sons, New York. 443 p.
- Stevenson F.J., 1994.** *Humus Chemistry : Genesis, Composition, Reactions.* Wiley & Sons (Ed.), INC: 350 p.
- Swift, M.J., Izac, A. et van Noordwijk, M., 2004.** *Biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes-are we asking the right questions? Agriculture, Ecosystems et Environment*, 104(1), p.113–134.
- Swift, M.J., Heal, O.W., Anderson, J.M., Greig, S.D.J., Pitelka, P., Frank, A., 1979.** *Decomposition in terrestrial ecosystems.* Blackwell, Oxford.
- Tisdall, J.M., Oades, J.M., 1982.** *Organic matter and water-stable aggregates in soils.* *Journal of Soil Science* 33, 141-163.
- Touzi M., 2001.** Ressources en eau et acquisition de bases de données à références spatiale et temporelle en Algérie du Nord. Thèse. Doct. Univ. Nice Sophia-Antipolis, 310 p.
- Turpault M., Nys C. et Calvaruso C., 2009.** *Rhizosphere impact on the dissolution of test minerals in a forest ecosystem.* *Online journals.* France.
- Trehan P., Lefleuvre J. et al, 2003.** Gestion des sols et apports de déchets organiques en Bretagne. Conseil scientifique de l'environnement. Rapport d'un conseil scientifique, 02p.
- Vanlauwe, B., Nwoke, O.C., Sanginga, N., Merckx, R., 1996.** *Impact of residue quality on the C and N mineralization of leaf and root residues of three agroforestry species.* *Plant and Soil* 183, 221-231.
- Verheij E., 2003.** L'agroforesterie. Série Agrodok N. 16 partageons les connaissances au profit des communautés rurales. ISBN Agromisa : 90-77073-42-6, 15 p.
- Vigot M., 2012.** Le carbone organique des sols cultivés de Poitou-Charentes : Quantification et évolution des stocks. Etude méthodologique, Agricultures & Territoires, chambre d'agriculture Poitou-Charentes (Ed.), France, 1-20 p.
- Vissin E.W., Sintondji L.O. et Houssou S.Ch., 2010.** Etude de la pollution des eaux et de la contamination du *Tilapia guineensis* du canal de Cotonou par le plomb. RGLL, Nr. 08, 215-229 p.
- Wagner, S., Cattle, S.R., Scholten, T., 2007.** *Soil-aggregate formation as influenced by clay content and organic-matter amendment.* *Journal of Plant Nutrition and Soil Science-Zeitschrift Fur Pflanzenernahrung Und Bodenkunde* 170, 173-180.
- Whalen, J.K., Sampedro, L., 2010.** *Soil structure*, in: Whalen, J.K., Sampedro, L. (Eds.), *Soil Ecology and Management.* CAB International, Wallingford, pp. 189-201.

## Références bibliographiques

---

**Whalen, J.K., Hu, Q.C., Liu, A.G., 2003.** *Compost applications increase water-stable aggregates in conventional and no-tillage systems. Soil Science Society of America Journal* 67, 1842-1847.

**Williams B.G. et Hoey D., 1982.** *An electromagnetic induction technique for reconnaissance surveys of soil salinity hazards. Austr. J. Soil Res.,* 20 : 107-118 p.

**Wuddivira, M.N., Stone, R.J., Ekwue, E.I., 2009.** *Structural Stability of Humid Tropical Soils as Influenced by Manure Incorporation and Incubation Duration. Soil Science Society of America Journal* 73, 1353-1360.

<b>Tabl. 01. Régime mensuel des précipitations de Sidi Ali</b>													
Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D	année
<b>Pluies (mm)</b>	49,75	44,08	29,95	43,39	28,18	2,83	<b>0,85</b>	2,74	28,70	39,55	<b>89,95</b>	61,09	421,06

Source : ONM, Mostaganem 2015

<b>Tabl. 02. Températures moyennes mensuelles des minimums et maximums de Sidi Ali</b>													
Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D	
<b>T.max.</b>	16.20	16.80	19.19	21.50	24.45	28.78	31.59	<b>32.30</b>	28.92	25.98	19.96	17.05	
<b>T. min.</b>	<b>5.99</b>	6.38	8.34	10.30	13.37	16.94	19.62	20.22	17.79	14.50	10.01	7.23	
<b>T.Moy.</b>	10.80	11.36	13.55	15.76	18.91	22.83	25.46	25.94	23.06	20.08	14.34	11.83	

Source : ONM, Mostaganem 2015

#### Paramètres climatiques de 1990 à 2012 (ONM, Mostaganem)

<b>Tabl. 03. Vitesse moyenne mensuelle des de vent</b>													
Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D	
<b>V (m/s)</b>	<b>8,81</b>	1,87	1,96	2,35	2,80	<b>3,20</b>	1,82	2,03	2,14	2,14	2,07	2,17	

<b>Tab. 04. Humidité moyenne mensuelle de l'air</b>													
Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D	
<b>Hr (%)</b>	57,68	58,82	58,82	76,9	71,55	70,4	68,5	69,35	74,2	77,5	78,6	78,95	

<b>Tabl. 05. Insolation moyenne mensuelle, période 1990 à 2012</b>													
Mois	J	F	M	A	M	J	Jt	At	S	O	N	D	
<b>I(h/j)</b>	190,84	205,22	248,05	259,90	93,96	316,95	322,15	303,64	267,94	229,34	181,89	175	

**Tabl. 05.** Insolation moyenne mensuelle, période 1990 à 2012

<i>Mois</i>	<i>J</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>Jt</i>	<i>At</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	<b>Totale</b>
Évapotranspiration (mm)	55,4	60,4	82,18	97,5	115,6	128,96	160,78	159,6	101,2	88,5	61,6	59,6	1171,32

## Méthodes d'analyses du sol

### 1. Dosage du calcaire total

#### 1.1. Principe de l'appareil

Il permet de doser le calcaire des sols. Dans une enceinte close en relation avec 2 tubes remplis d'eau et formant vases communicants, l'action d'acide chlorhydrique sur un échantillon de terre s'accompagne d'un dégagement de CO<sub>2</sub>. Ce gaz dont la quantité est proportionnelle à la quantité de calcaire présente dans le sol, provoque une dénivellation entre les niveaux des 2 tubes.

Le rétablissement au même niveau dans les vases communicants permet de déterminer la quantité de CO<sub>2</sub> dégagé et ensuite de calculer la quantité de calcaire présente dans l'échantillon de terre analysée.

#### 1.2. Mode Opératoire

- Peser 0.5 g de terre séchée,
- Verser 6 ml d'acide chlorhydrique dilué dans le ballon réactionnel par sa grande ouverture.
- Introduire la terre (0.5 g) déposée dans la cupule dans ce même ballon au niveau de la tubulure horizontale en prenant garde que la terre n'entre pas en contact avec l'acide chlorhydrique.
- Boucher le ballon avec précaution, pour ne pas renverser la cupule.
- Faire glisser le tube dans la pince jusqu'à obtention de niveaux d'eau équivalents dans les 2 tubes.
- Noter, sur la règle graduée, la valeur de ce niveau h<sub>1</sub>.
- Incliner le ballon de façon à ce que la cupule contenant la terre tombe dans l'acide. Le gaz carbonique se dégage, faisant baisser le niveau d'eau dans le tube de mesure.
- Agiter constamment le ballon jusqu'à complet dégagement de CO<sub>2</sub>.
- Le niveau d'eau se stabilise.
- Rétablir l'égalité des niveaux dans les deux tubes en descendant le tube.
- Noter la valeur du niveau h<sub>2</sub>.

#### 1.3. Calcul

$$\text{CaCO}_3 \text{ total} = (h_1 - h_2) \times 2,12264 \text{ en \% pour } 0,5\text{g, Pour } 1\text{g du sol ; } X = \frac{\text{CaCO}_3}{2}$$

#### 1.4. Réactifs

Acide chlorhydrique dilué : 10 ml Acide chlorhydrique pure + 240 ml l'eau distillée.

### 2. Dosage du Calcaire actif

On met 10g de sol séché dans un flacon de 250g. On ajoute 250ml d'oxalate d'ammonium à 0,2N. Après deux heures d'agitation mécanique, on filtre la solution et on jette les premières gouttes.

n témoin : 10ml d'oxalate d'ammonium à 0,2 N.

On prend 10ml du filtrat, on le met dans un bêcher de 100ml et on ajoute 10ml de  $H_2SO_4$  (N, 1/10).

On porte le contenu du bêcher à une température de  $60^\circ C$  et on met du permanganate de potassium (N, 0.2) dans une burette graduée et on procède à la titration jusqu'à l'obtention d'une rose persistant.

On lu la valeur et on la compare à celle du témoin.

### 2.1. Calcul

$$\text{Calcaire actif} = (V_{\text{témoin}} - V_{\text{échantillon}}) * 12,5 \text{ en } \%$$

$$\text{Calcaire actif} = (V_{\text{témoin}} - V_{\text{échantillon}}) * 1,25 \text{ en } \%$$

### 3. pH

20g d'échantillon du sol est mis dans un bêcher et on ajoute 50ml de l'eau distillée, après 2 heure on agite et on lue la valeur du pH mesurée par le pH-mètre.

### 4. Conductivité électrique

10g d'échantillon du sol est mis dans un bêcher et on ajoute 50ml de l'eau distillée, après 2 heure on lue (sans agitation) la valeur du CE mesurée par le conductivimètre électrique.

### 5. Carbone organique

On prend 0,5g de terre fine dans un ballon de 250ml, on joute 10ml de dichromate de potassium à 8% et 15ml de  $H_2SO_4$ .

On chauffe le tous dans un bain de sable et on poursuit l'ébullition durant 5 minutes (après la chute de la première goutte) on laisse refroidir et on transvase dans une fiole de 100ml et on ajoute 100ml d'eau distillée de rinçage jusqu'au trait de jauge.

➤ Prélever à l'aide d'une pipette 20ml et les mettre dans un bêcher de 400ml en ajoutant 200ml d'eau distillée +3 à 4 gouttes de diphénylamine et agiter le tous et titrer à l'aide de la solution de Mohr à 0,2N. La couleur passe du brun au violet puis au vert.

### 5.1. Calcul

$$C(\%) = (V_t - V_1) \times 0,615$$

$$MO(\%) = C \times 1,72$$

Avec :

$V_1$  : le volume de solution de Mohr versée dans le bêcher,

$V_t$  : le volume de solution de Mohr versée dans le témoin.

$V$  : solution de nitrate d'argent utilisée pour le dosage des chlorures en ml ;

$N$  : concentration du nitrate d'argent ;

$A$  : aliquote en ml (10ml) ;

$D$  : facteur de dilution

$$D = \frac{1}{d} \quad \text{Où : } d = \text{la dilution.}$$

### 6.2. Carbonates et bicarbonates

On prélève 10ml de l'extrait et on ajoute 3gouttes de phénolphtaléine

- Si l'extrait reste incolore, il y a absence de carbonates.
- Si la couleur rose apparait, cela indique la présence de carbonates ; le pH est alors supérieur à 8,3.

-Doser avec la solution d'acide sulfurique jusqu'à ce que la couleur rose disparaisse.

-Noter le volume  $V_1$  d'acide utilisé.

-Ne pas remettre la burette à zéro.

-On ajoute 6 gouttes de méthyle orange et on fait le dosage avec la solution d'acide sulfurique jusqu'à ce que la couleur jaune orangé commence à virer au rouge.

-On note le volume  $V_2$  d'acide utilisé.

### 6.2.1 Calculs

❖  $\text{pH} > 8,3$  : teneur en carbonates :

$$\text{Carbonates méq.l}^{-1} = \frac{2V_1 \times 2N \times 1000}{A}$$

❖  $\text{pH} > 8,3$  : teneur en bicarbonates :

$$\text{Bicarbonates méq.l}^{-1} = \frac{(V_2 - 2V_1) \times 2N \times 1000}{A} = V_2 - 2V_1$$

❖  $\text{pH} < 8,3$  : teneur en bicarbonates :

$$\text{Bicarbonates méq.l}^{-1} = \frac{V_2 \times 2N \times 1000}{A} = V_2$$

Avec:

$V_1$  : solution d'acide sulfurique utilisée pour le dosage des carbonates ;

$V_2$  : solution d'acide sulfurique utilisée pour le dosage des bicarbonates ;

$2N$  : concentration de l'acide sulfurique, ( $N$ ,  $0,01$ ) ;

$A$  : aliquote en ml (10ml).

## ملخص:

جميع المشاكل المتعلقة بالزراعة التقليدية تدل على البحث عن حلول دائمة. وفي هذا السياق، أجريت دراسة مقارنة لأربعة نظم الزراعة (SJ،SCA،SA،FAS) في منطقة التلال من الظهرة مستغانم. لدراسة آثار كل نظام على الخواص الفيزيائية الكيميائية وخصوبة التربة ، أخذت عينات التربة من المؤامرات. أظهرت النتائج أن تباين المادة العضوية يبدوا متأثرًا بالموضع ونوع التربة ونوع نظام الزراعة. من خلال زيادة محتوى المادة العضوية ، تعمل هذه الجمعيات على تحسين الاستقرار الهيكلي للتربة وفي نفس الوقت النشاط البيولوجي في الجذور. لقد سمح لنا النهج الإحصائي (ANOVA) بتسليط الضوء على أهمية العلاقات بين الأشجار بشكل عام وأنظمة الزراعة الحراجية ولا سيما مع خصوبة التربة. وهكذا، الزراعة الحراجية تجمع بين نفس المؤامرات والاستخدامات الإنتاج الزراعي السنوي وتأجيل إنتاج على المدى الطويل من خلال الأشجار، ويقدم وجهات نظر جديدة لزراعة مختلفة ومنتجة بيئيًا.

الكلمات المفتاحية: الحراجة الزراعية ، الخصوبة ، التربة ، الأراضي الزراعية ، سفوح الظهرة مستغانم.

## Résumé :

Tous les problèmes, reliés à l'agriculture conventionnelle sont un indicatif à la recherche de solutions durables. Dans ce contexte, une étude comparative entre quatre systèmes de cultur( SAF, SA, SCA, SJ) été menée dans la zone des piémonts du Dahra mostaganémois. Afin d'étudier les impacts de chaque système sur les propriétés physico-chimiques, et la fertilité des sols, des échantillons de sol ont été prélevés sur des placettes. Les résultats montrent que la variabilité de la matière organique semble être influencée par la position, le type du sol et le type de système cultural. En augmentant la teneur en matière organique, ces associations améliorent la stabilité structurale des sols et en même temps l'activité biologique dans la rhizosphère. L'approche statistique ( ANOVA) nous a permis de faire ressortir l'importance des relations entre les arbres en général et les systèmes agroforestiers en particuliers avec la fertilité des sols. Ainsi, l'agroforesterie associant sur les mêmes parcelles une vocation mixte de production agricole annuelle et de production différée à long terme par les arbres, offre des perspectives nouvelles pour une agriculture différente, productive et respectueuse de l'environnement.

**Mots clés :** Agroforesterie, fertilité, sols, terre agricole, les piémonts du Dahra mostaganémois.

## Summary:

All the problems related to conventional agriculture are indicative in search of durable solutions. In this context, a comparative study between four cropping systems (SAF, SA, SCA, SJ) was conducted in the foothills zone of Dahramostaganémois. To study the impacts of each system on physicochemical properties and soil fertility, soil samples were taken from plots. The results show that the variability of organic matter seems to be influenced by the position, the type of soil and the type of cropping system. By increasing the organic matter content, these combinations improve the structural stability of soils and at the same time the biological activity in the rhizosphere. The statistical approach (ANOVA) allowed us to highlight the importance of relationships between trees in general and agroforestry systems in particular with soil fertility. Thus, agroforestry associating on the same plots a mixed vocation of annual agricultural production and long-term deferred production by trees, offers new perspectives for a different, productive and environmentally friendly agriculture.

**Key words:** Agroforestry, fertility, soils, agricultural land, the foothills of Dahramostaganémois.