

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



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :
N° de série :

Faculté des sciences de la nature et de la vie et des sciences de la terre
Département de Biologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : Sciences de la nature et de la vie

Filière : Ecologie et environnement

Spécialité : Sciences de l'environnement

Par :HAMEL Imène

Thème

Impact de la céréaliculture sous pivot sur la variation spatiale de la matière organique dans la région de Ghardaïa (cas de Hassi El F'Hel)

Soutenu publiquement le : 28 / 05 / 2015

Devant le jury :

M. KRAIMAT Mohamed	Maitre-Assistant B	Univ. Ghardaïa	Président
M. BENBRAHIM Fouzi	Maitre-Assistant A	Univ. Ghardaïa	Encadreur
M. ALI TATAR Braham	Maitre-Assistant A	Univ. Ghardaïa	Examineur
Mlle. MEBAREK OUDINA Asmahane	Maitre-Assistant A	Univ. Ghardaïa	Examineur
Mlle. DAREM Sabrina	Chercheuse	Univ. Annaba	Co-Encadreur

Dédicace

Je dédie ce mémoire à :

Ma très chère mère pour tout son amour et son dévouement, à mon très cher père qui a toujours été là pour moi et qui m'a donné un magnifique modèle de labeur et de Persévérance,

Mon cher frère Farouk pour son encouragement indéfectible,

Mes adorables sœurs: Zineb, Hadjer et Hiba pour leur soutien moral et leurs sacrifices tout au long de ma formation,

Mon promoteur Mr Ben brahim f.

Ma co-promotrice Melle Darem S.

Toute ma famille « Hamel »,

A tous mes amis et spécialement: Amel, Marwa, Hamida, Amina, Aicha, Om zaid, faredj, Ishak, Moumen, Hamza, Chibani, Aboubaker et Abdelwahab...et tous ceux qui me sont chers et que j'ai omis de citer,

J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon Amour.

Imène

Remerciements

Parce que personne n'arrive jamais seul

Avant tout, nous remercions DIEU tout puissant, maitre des cieux et de terre, qui nous a permis de mener à bien ce travail.

Je tiens à remercier sincèrement mon cher promoteur M. BENBRAHIM F., Maitre-assistant A à l'université de Ghardaïa, s'est toujours montré à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu me consacrer, et sans qui, ce mémoire n'aurait jamais vu le jour,

Je tiens à remercier sincèrement ma chère co-promotrice Melle DAREM S, pour son aide et ces conseils

Je remercie M. KRIMAT M Maître Assistant A à l'Université de Ghardaïa pour avoir accepté de présider le jury, et a M. ALI TATAR B Maître Assistant A à l'Université de Ghardaïa et Melle MEBAREK OUDINA A Maître Assistant A à l'Université de Ghardaïa qui ils ont fait l'honneur d'examiner ce travail.

J'adresse mes remerciements aussi tôt aux personnes qu'ils m'ont m'apporté leur aide et qu'ils ont contribué à l'élaboration de ce projet, ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

Mes vifs remerciements s'adressent également à tous mes enseignements, M. KEMASSI A, M. GUERGUEB L., M. BOUNAB CH., M. BENSEMAOUNE Y., Melle. BENSANIA W., M. KHELLAF., Melle. TELLI A. ... ECT.

Mes vifs remerciements vont aussi au personnel du laboratoire et d'administration du département de biologie de l'université de Ghardaïa.

A tous les gestionnaires du la ferme du HOUTTIA à HASSI EL F'HEL ;

Enfin, j'adresse mes sincères remerciements à tous mes proches et amis (es) sans exception, qu'ils m'ont toujours me soutenue et m'encouragé au cours de la réalisation de ce mémoire. A tous ceux que j'ai cité ou je n'ai pas pu citer, que dieux vous bénisses et vous récompense. Amen !

Impact de la céréaliculture sous pivot sur la variation spatiale de la matière organique dans la région de Ghardaïa (cas de HASSI EL F'HEL).

Résumé

L'étude de la durabilité et de la performance de l'agriculture céréalière dans les zones arides passe par l'étude des systèmes de production agricoles, de leur dynamique d'évolution et des impacts de l'activité agricole sur le sol.

Notre travail réalisé dans la région de HASSI EL F'HEL (Ghardaïa) a pour objet l'étude de la variabilité spatiale de la matière organique suivant un échantillonnage systématique sur une maille régulière en comparant les données de deux parcelles exploitées pendant 20 ans à une parcelle non cultivée.

Les résultats obtenus ont révélé que le sol analysé est très pauvre à moyennement pauvre en matière organique. L'analyse du taux de variation annuelle a révélé une augmentation très hautement significative de la matière organique du sol.

L'analyse thématique a montrée une variabilité spatiale modérée pour les parcelles cultivées et très élevée pour la parcelle non cultivée. La modélisation géostatistique a montré, à partir des variogrammes expérimentaux une tendance vers l'homogénéisation de la variation spatiale de la matière organique après intensification agricole.

Mots Clés : Céréaliculture, matière organique, variabilité spatiale, géostatistique, HASSI EL- F'HEL.

تأثير زراعة الحبوب بالري المحوري على التباين المكاني للمادة العضوية الموجودة في التربة لمنطقة غارداية (حاسي الفحل) .

ملخص

دراسة استدامة وفاعلية زراعة الحبوب في المناطق الجافة تتم من خلال دراسة نظم الإنتاج الزراعي، تطورها الديناميكي وتأثيرات الأنشطة الزراعية على التربة.

الدراسة المنجزة في منطقة حاسي الفحل (غارداية) هدفها دراسة التغيرات الموضعية للمادة العضوية و ذلك بأخذ عينات بطريقة منهجية على شبكة منتظمة من خلال مقارنة البيانات من قطعتي أرض إحداهما مستغلة لمدة 20 سنة وأخرى غير مستغلة.

وكشفت نتائج التحليل أن التربة فقيرة إلى فقيرة جدا من المادة العضوية. وقد كشف تحليل معدل التغير السنوي زيادة بالغة الأهمية للمادة العضوية في التربة.

التحليل الموضعي أظهر تغيرات موضعية متوسطة بالنسبة للأراضي المزروعة وعالية جدا بالنسبة للأراضي الغير مزروعة . أظهرت النماذج الجيوإحصائية من خلال المنحنيات التجريبية اتجاه نحو تجانس التباين المكاني للمواد العضوية بعد التكتيف الزراعي.

الكلمات الدالة : زراعة الحبوب, المادة العضوية, التباين المكاني , الإحصائية الجيولوجية , حاسي الفحل.

***Impact of cultivation of cereals under pivot on the spatial variation of organic matter
in the Ghardaia region (case of HASSI F'HEL EL).***

Abstract

The study of the durability and performance of cereal agriculture in arid areas pass through the study of agricultural production systems, their dynamic evolution and impact of agricultural activity on the soil.

Our work conducted in the region of HASSI EL F'HEL (Ghardaia). is to study the spatial variability of organic matter following a systematic sampling on a regular grid by comparing the data of two plots used for 20 years to an uncultivated land.

Results revealed that the analyzed soil is very poor to moderately poor in organic matter. analysis of annual rate of change has revealed a very highly significant increase in the organic matter of the soil.

Thematic analysis has shown a moderate spatial variability for cultivated lands and very high for non- cultivated lands. the geostatistical modeling showed, from the experimental variograms, a trend toward homogenization of the spatial variation of organic matter after agricultural intensifications.

Keywords: grain farming, organic matter, spatial variability, geostatic, HASSI EL- F'HEL.

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
01	Surface occupée en pivots (1986 – 1987).	07
02	Production agricole de la campagne 2013/2014 dans la wilaya de Ghardaïa.	08
03	Superficie par communes de la Wilaya de Ghardaïa.	20
04	Données météorologiques de la Wilaya de Ghardaïa.	22
05	Classes d'intensité de la variabilité.	45
06	Statistiques descriptives du taux de la matière organique dans le site d'étude.	48

Liste des figures

N°	Titre	Page
1	Production céréalière, utilisation et stocks.	04
2	Evolution de la production céréalière.	06
3	Evolution des superficies céréalières dans la wilaya de Ghardaïa.	09
4	Evolution de la production céréalière dans la wilaya de Ghardaïa.	09
5	le complexe argilo-humique.	15
6	Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la région de Ghardaïa.	24
7	Etage bioclimatique de Ghardaïa selon le climagramme d'EMBERGER.	25
8	Localisation géographique de la zone d'étude	35
9	Localisation des Parcelles étudiées.	36
10	Présentation du site d'étude (sous pivot et témoin)	38
11	Schéma récapitulatif du plan d'échantillonnage	40
12	Dispositif expérimental du dosage de la matière organique	43
13	Boîte à moustaches de la variation de la matière organique dans le site d'étude	49
14	Variogramme de la matière organique dans la parcelle non cultivée	50
15	Variogramme de la matière organique dans le pivot 01	51
16	Variogramme de la matière organique dans le pivot 02	52

Liste des cartes

N°	Titre	Page
1	Situation géographique de la vallée du M'Zab.	19
2	Limites administratives de la wilaya de Ghardaïa.	21
3	Vue aérienne de la Chebka du M'zab.	27
4	Milieu physique de la wilaya de Ghardaïa.	28
5	Coupe géologique et schématique de la vallée du M'Zab.	30
6	Bassin versant de la région de Oued M'Zab.	31
7	Répartition spatiale de la matière organique dans la parcelle non cultivée	53
8	Répartition spatiale de la matière organique dans le pivot 1	54
9	Répartition spatiale de la matière organique dans le pivot 2	55

Liste des abréviations

ANRH	: Agence National Des Ressources Hydriques
ANOVA	: Analysis of variation
°C	: Degré Celsius
CACO3	: Carbonate du Calcium
CEC	: Capacité d'échange cationique
CV	: Coefficient de Variation
D.P.A.T	: Département de Planification et de l'Aménagement du Territoire
D.S.A	: Direction des Services Agricoles
FAO	: Food and Agricultural Organisation
Ha	: Hectare
ITDAS	: Institue technique de développement de l'agronomie saharienne
MADR	: Ministère d'Agriculture et de Développement Rural
MO	: Matière organique
MOS	: Matière organique du sol
NPK	: Azote, Phosphore, Potassium
ONM	: Office National de Météorologie
PH	: potentiel Hydrogène
QX	: Quintaux
SAU	: Surface Agricole Utile
TVA	: Taux de variation annuelle
µm	: Micromètre
USDA	: United States Department of Agriculture

Table de matières

Dédicace	
Remerciement	
Résumé	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des cartes	
Liste des abréviations	
Introduction.....	01
Chapitre I : Généralités sur la céréaliculture.....	03
1. Céréaliculture dans le monde.....	03
2. Céréaliculture en Algérie.....	04
3. Céréaliculture sous centre pivot dans les régions sahariennes.....	06
4. Céréaliculture dans la Wilaya de Ghardaïa	07
Chapitre II : Matière organique du sol.....	10
1. Sol.....	10
1.1. Définition.....	10
1.2. Fraction minérale.....	10
1.3. Fraction organique.....	11
2. Sols dans les régions arides.....	11
3. Matière organique du sol.....	12
3.1. Définition.....	12
3.2. Compartiments fonctionnels.....	12
4. Evolution de la matière organique dans le sol.....	13
4.1. Types d'humus.....	13
4.2. Complexe argilo-humique.....	14
4.3. Evolution de la matière organique dans les zones arides.....	15
5. Rôle de la matière organique dans le sol.....	16
6. Dynamique de la matière organique.....	17
7. Facteurs influencent le taux de la matière organique.....	17
Chapitre III : présentation de la région d'étude.....	19
1. Situation géographique.....	20
2. Climat.....	22
2.1. Température.....	23

2.2. précipitation.....	23
2.3. humidité relative.....	23
2.4. Evaporation.....	23
2.5. Insolation.....	23
2.6. Vent.....	23
3. Synthèse climatique.....	24
3.1. Diagrammaombrothermique de GAUSSIN.....	24
3.2. Climagramme d'EMBERGER.....	24
4. Géomorphologie.....	26
4.1. Chabka du M'Zab.....	27
4.2. Région des dayas.....	28
4.3. Région des regs.....	28
5. Flore.....	30
6. Géologie.....	30
7. Hydrologie.....	31
8. Réseau hydrographique.....	32
8.1. Nappe phréatique.....	32
8.2. Nappe de continentale intercalaire.....	32
9. Pédologie.....	33
10. Agriculture.....	33
11. industrie.....	34
12. Tourisme.....	34
13. Artisanat.....	35
14. présentation du site d'étude.....	35
Chapitre IV : Méthodologie du travail.....	37
1. Approche méthodologique.....	37
1.1. Choix des parcelles d'étude.....	37
1.2. Travail du sol.....	38
1.3. Semis.....	38
1.4. Fertilisation.....	39
1.5. Irrigation.....	39
2. Expérimentation.....	39
2.1. Sur terrain (Echantillonnage).....	39
2.2. Au laboratoire.....	40
2.3. Méthodes d'analyse.....	40
2.3.1. Evaluation de la teneur en matière organique par perte au feu.....	40

2.3.1.1. Principe.....	40
2.3.1.2. Matériel.....	41
2.3.1.3. Mode opératoire.....	41
2.3.1.4. Calculs.....	
3. Analyse statistiques.....	42
3.1. Variation annuelle des paramètres étudiés.....	44
3.2. Statistiques descriptives.....	44
3.3. Analyse de la variance à un facteur.....	44
3.4. coefficient de variation.....	44
4. Modélisation géostatistique.....	45
4.1. Variogramme expérimentale.....	45
4.2. Réalisation des cartes thématiques.....	46
4.3. Krigeage.....	46
Chapitre V : Résultats et discussions.....	46
1. Résultats analytiques de la matière organique.....	48
2. Analyse variographique.....	48
3. Réalisation des cartes thématiques.....	49
4. Discussions.....	52
Conclusion.....	55
Références bibliographiques.....	59
	60

Introduction

Introduction

Le sol est un milieu fragile et très complexe, considéré depuis trop longtemps comme un simple support de l'agriculture. C'est un milieu vivant, interface entre la biomasse, l'atmosphère et l'hydrosphère. Le sol joue un rôle prépondérant dans le déterminisme de la qualité des eaux, de l'air et de la chaîne alimentaire. C'est aussi un milieu de transit, de stockage et de transport de nombreuses substances, quelle que soit leur nature, organique ou inorganique, résultant de processus naturels ou d'activités domestiques (CALVET, 2000).

Les sols varient d'un point de l'espace géographique à l'autre, que ce soit sur le plan de leurs caractéristiques morphologiques, physiques, chimiques ou biologiques.

L'impact de l'agriculture sur les ressources en sol et en eau s'entrouvrent modifiée, le développement de système de production agricole durable doit ainsi tenir compte de cette diversité des sols (WALTER, 2002 ; GIRARD *et al* ,2011).

La qualité du sol est un élément essentiel pour l'évaluation de la durabilité de la mise en valeur agricole intensive. Un aménagement du sol ne peut être durable que s'il maintient ou améliore les qualités des sols et des eaux (LARSON et PIERCE, 1992).

Les sols dans les zones arides sont sujets à une vitesse de dégradation, qui se caractérise, sur le plan pédologique par une baisse notable de la fertilité des sols sur multiples plans : physique, chimiques et biologiques (OUSTANI, 2006).

Le déficit en matière organique dans ces zones est à l'origine de l'ensemble des ces dégradations, ce qui influe négativement sur les aptitudes agronomiques des sols. En effet, les conséquences des faibles teneurs en matière organique peuvent être préjudiciables à leur fertilité. Il est admis qu'un sol dont le taux de matière organique est bas, perd facilement une partie de sa fertilité physique. Il en est de même pour sa fertilité chimique et surtout de sa fertilité biologique (BALESDENT, 1996, ROUSSEL ET *al*, 2001).

Les sols sahariens sont réputés pour être, dans leur ensemble, pauvre en matière organique (M.O) et en éléments minéraux indispensables aux végétaux. La teneur en M.O de ces sols est souvent inférieur à 1 % (DURAND, 1954, 1959, DUTIL, 1971, DAOUD ET HALITIM, 1994, HALILAT, 1998). Cette faible teneur résulte de la rareté de la végétation et de la faible biomasse (HALITIM, 1988).

L'apparition de la céréaliculture sous pivot dans les régions sahariennes a été lancée au début des années quatre-vingt (AÏT HOUSSA *et al*, 2009).Plusieurs facteurs ont été jugés responsables de la

baisse des rendements céréaliers sous pivot (DAOUD et HALTIM, 1994 ; DJILI et *al*, 2003 ; BEN BRAHIM, 2006).

Dans cette optique, l'objectif de notre travail portera spécialement sur l'impact de la céréaliculture sous pivot sur la variation spatiale de la matière organique dans une parcelle cultivée par des céréales dans une station expérimentale situé à HASSI EL F'HEL (GHARDAIA).

Ce travail comporte trois parties :

- ✓ La première est consacrée à la synthèse bibliographique sur la matière organique des sols et la céréaliculture.

- ✓ La deuxième partie prendra en compte le matériel et les méthodes utilisées pour la réalisation de ce travail, ainsi qu'une présentation de la région d'étude.

- ✓ La troisième partie traitera les résultats et les discussions.

Partie I
Synthèse
bibliographique

Chapitre I

Chapitre I. Généralités sur la céréaliculture

Les céréales constituent de loin la ressource alimentaire la plus importante au monde à la fois pour la consommation humaine et pour l'alimentation du bétail. Le secteur des céréales est d'une importance cruciale pour les disponibilités alimentaires mondiales (CHOUEIRI, 2003).

1. Céréaliculture dans le monde

La superficie mondiale attribuée aux céréales représente la moitié des superficies des terres cultivées (SAU mondiale) (CHENINI, 2013).

La FAO estime qu'actuellement un peu moins de 40% de la production mondiale est destinée à l'alimentation humaine, environ 50% à l'alimentation animale et le reste à des usages industriels.

692 millions d'hectares de céréales sont cultivés dans le monde, soit plus de 15 % de la surface agricole mondiale (GLEIZES, 2013).

La production céréalière mondiale de 2014 devrait s'établir à 2 523 millions de tonnes, soit quelque 65 millions de tonnes de plus que prévu par la FAO au début de l'année (FAO, 2014).

L'utilisation mondiale de céréales en 2013/2014 est estimée à 2 418 millions de tonnes, soit 3,5 % de plus qu'en 2012/13 (FAO, 2013). L'utilisation mondiale de céréales va s'intensifier, surtout en raison de l'augmentation des besoins d'alimentation animale dans les pays développés et dans les économies émergentes et aussi du fait de la consommation alimentaire dans les pays les moins avancés. En effet, la demande croît plus vite dans le secteur des aliments pour animaux à la suite de la modification des habitudes alimentaires dans certains pays (DANGBEDJI, 2006).

Les céréales, le blé en particulier occupe une place importante dans la production agricole et constitue la nourriture de base pour 35% de la production mondiale. De toutes les plantes cultivées, le blé est celle qui a pris le plus d'importance dans l'alimentation de l'être humain, c'est ce qui fait que c'est la plante la plus cultivée des céréales (HAMEL, 2010).

La production mondiale de blé de 2014 s'établirait, à 718,5 millions de tonnes, ce qui représente une très légère augmentation par rapport au volume record enregistré en 2013 (FAO, 2014).

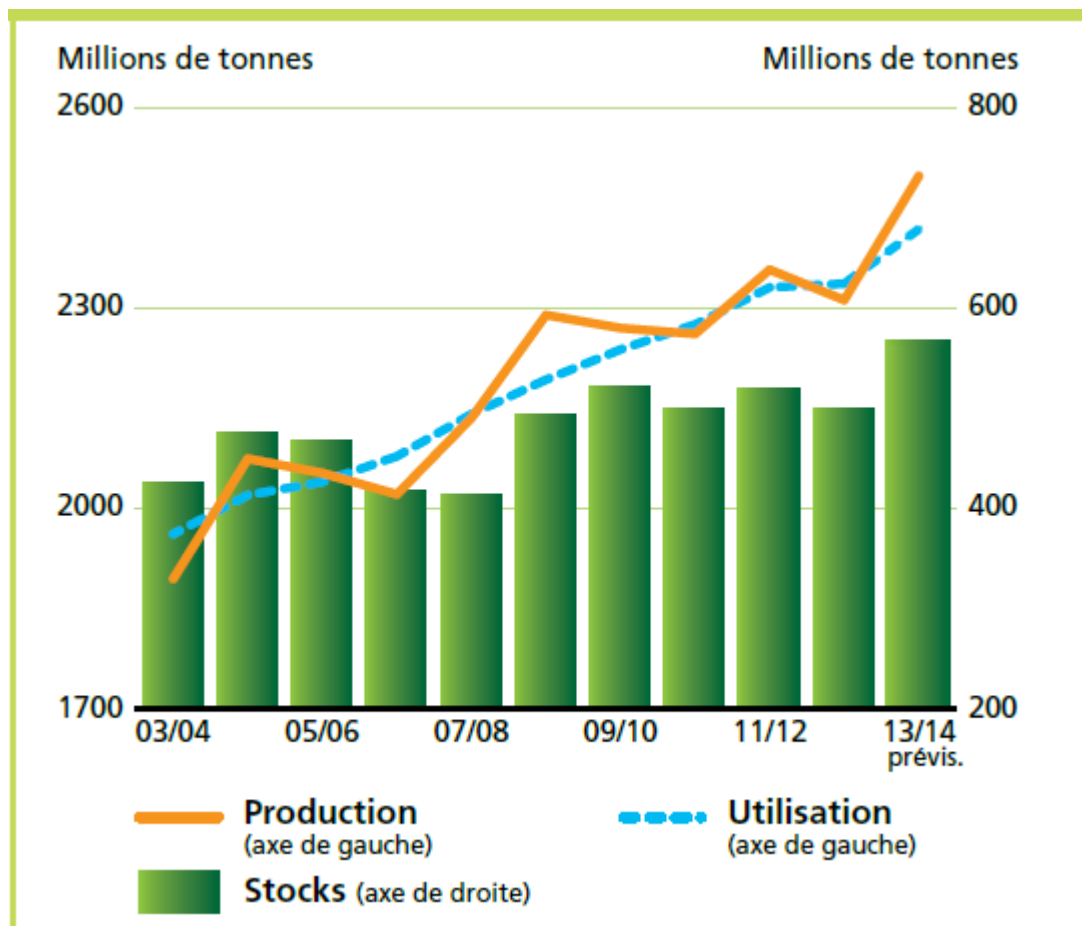


Figure 01 : Production céréalière, utilisation et stocks (FAO, 2013)

L'utilisation mondiale de céréales en 2013/14 est estimée à 2 418 millions de tonnes, soit 3,5 pour cent de plus qu'en 2012/13. L'utilisation alimentaire totale de céréales devrait atteindre 1 099 millions de tonnes, en hausse de 1,7 pour cent par rapport à 2012/13. La reconstitution des réserves et la baisse des prix devraient stimuler l'utilisation fourragère de céréales qui pourrait croître de 5,3 pour cent et passer à 847,6 millions de tonnes (FAO, 2013).

2. Céréaliculture en Algérie

En Algérie, les produits céréaliers occupent une place stratégique dans le système alimentaire et dans l'économie nationale (DJERMOUN, 2009).

Les céréales sont vraisemblablement la spéculation prédominante de l'agriculture algérienne, de par l'importance stratégique des produits céréaliers qui constituent l'essentiel de la ration alimentaire quotidienne de la population, outre des superficies qu'elle occupe (BEDOUI, 2006).

La production des céréales, jachère comprise, occupe environ 80% de la superficie agricole utile (SAU) du pays, La superficie emblavée annuellement en céréales se situe entre 3 et 3,5 million d'ha. Les superficies annuellement récoltées représentent 63% des emblavures (DJERMOUN, 2009).

La production céréalière en Algérie est fortement dépendante des conditions climatiques. Cela se traduit d'une année à l'autre par des variations importantes de la production et du rendement. Ainsi, le manque de précipitations, mais aussi la mauvaise répartition des pluies pendant l'année expliquent en grande partie la forte variation de la production céréalière (BOUSBA, 2012).

Selon FELIACHI (2000), la céréaliculture est pratiquée dans quatre grandes zones agro-climatiques :

- Un espace à faible potentialité : localisé dans le sud des Hauts Plateaux (zone agro-pastorale), 1.800.000 ha, pluviométrie inférieure à 450 mm et rendement de 5-6 qx/ha;
- Un espace steppique : pratiquée dans un écosystème fragile, avec une surface de 300.000-800.000 ha (KELLIL, 2009).
- Un espace au niveau des zones sahariennes qui se subdivisent en deux catégories : la première est représentée par le système traditionnel, occupe une surface de 10.000 ha, la deuxième qui occupe une surface de 35.000 ha concerne la céréaliculture sous pivot, localisée en zones arides et semi arides (KELLIL, 2009).
- Un espace à haute potentialité : localisé entre les plaines littorales et sub-littorales et le nord des hauts plateaux, occupe une superficie de 1.200.000 ha dans une zone où la pluviométrie moyenne annuel est varié de 450 à 800 mm avec un rendement moyen de 10-15 qx/ha (KELLIL, 2009).

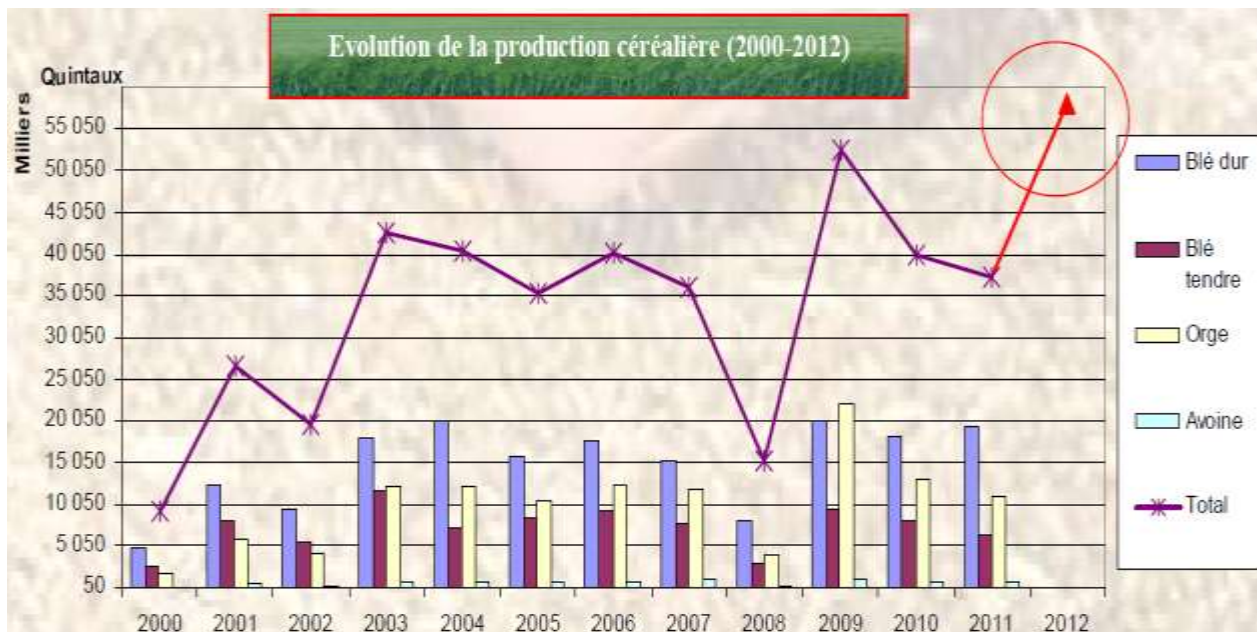


Figure 02 : Evolution de la production céréalière en Algérie (2000-2012) (M.A.D.R., 2012)

3. Céréaliculture sous pivot dans les régions sahariennes

La céréaliculture sous pivot introduite récemment dans les zones sahariennes (fin des années quatre vingt), a occupé au début presque 10000 ha, les superficies ont atteint à la campagne 98/99 16290 ha avec 440 pivots localisés à travers toutes les wilayas sahariennes et concentrées beaucoup plus dans les zones d'Adrar, Ouargla et Ghardaïa. Le blé dur occupe la première place due à l'augmentation du prix à la production par rapport au blé tendre et l'orge (ITDAS, 2006).

Le début de l'introduction de la céréaliculture dans les régions sahariennes lié à deux dernières décennies où l'Algérie avait connu une augmentation de la population, ceci est conjugué à une augmentation très importante concernant la demande des produits alimentaires surtout les céréales, c'est pour cela que l'état s'est orienté vers l'importation des ces produits dite nécessaires (BEN BRAHIM, 2009).

Le secteur agricole dans les régions sahariennes a connu des mutations importantes ces dernières années, la loi 83/18 portant l'accession à la Propriété Foncière Agricole (APFA) est à l'origine de cette nouvelle dynamique agricole. Elle s'est matérialisée par la création de périmètres de mise en valeur dans les vastes étendues sahariennes et par conséquent de nouvelles exploitations agricoles généralement hors oasis (CHELOUFI, 2010).

La céréaliculture sous pivot dans les régions sahariennes est confrontée à plusieurs contraintes qui s'opposent à son développement (BENBRAHIM, 2006).

La céréaliculture sous centre pivot a connu un certain développement au niveau de quelques régions sahariennes essentiellement au niveau de la région d'Adrar et de Ouargla (CHELOUFI, 2010).

L'apparition des zones céréalières irriguées dans les régions sahariennes début à partir de la création des superficies céréalières équipées en centre pivot, La première installation des centres pivots au sud-est entre les années 1986 et 1987 où se sont installés dans les deux wilayat, Adrar (zone de Sbaa) avec 10 Ha et Ouargla (Ain Zekkar) avec 50 Ha (BEN BRAHIM, 2009) (Tabl.01).

Tableau 01 : Surface occupée en pivots (1986 – 1987) (BEN BRAHIM, 2009)

Régions	Nombre de pivot	Surface (Ha)
<u>Ouargla</u>		
- GassiTouil	20	1040
- Feidjet El Baguel	20	1040
-AinZekkar	01	52
- Amir Abdelkader	01	15
- Hdab El Achra	01	10
- Ibn Khaldoun	01	10
S/Total	44	2 167
<u>Adrar</u>		
- Ferme pilote	01	52
- GEP privé	01	30
S/Total	02	82
Total	46	2 249

4. Céréaliculture dans la Wilaya la Ghardaïa

Les cultures pratiquées au niveau de la Wilaya de Ghardaïa, sont la céréaliculture, le maraîchage, les cultures fourragères et industrielles en plus de l'arboriculture, l'introduction de la céréaliculture à Ghardaïa était en 1989 (DSA, 2015).

La plus grande superficie réservée à la céréaliculture est située dans la région d'El Ménée, (270 km au sud de Ghardaïa), avec 1301 hectares, suivie par la région de Hassi El-Gara avec 312 hectares et Hassi El F'hal avec 242 hectares (DSA, 2015).

Tableau 02: Production agricole de la campagne 2013/2014 dans la wilaya de Ghardaïa (DSA, 2015).

Commune	Production en Qx					
	Céréales	Fourrages	Agrumes	Culture maraichère	Phonéciculture	Culture indu
Ghardaïa	0	36043	6828	85884	83158	0
El-Ménéa	64582	60077	2814	134593	81991	75
Daya	0	21625	4101	149363	26830	0
Berriane	0	24028	4911	69358	27581	0
Metlili	0	24028	3281	71155	77513	300
Guerrara	0	72085	1363	38170	94363	0
El-Atteuf	0	12014	3547	39830	20008	0
Zelfana	0	19222	1640	41697	50948	0
Sebseb	0	19222	4911	90120	17883	3825
Bounoura	0	12014	5326	68458	11587	0
H El-F'hel	12340	76891	20487	24894	17015	450
H El-Gara	15900	84099	3113	40660	39668	0
Mansoura	0	19222	2322	17106	16455	1350
Total	92822	480570	64644	871288	565000	6000

Les superficies emblavées en céréaliculture sous pivot sont en fluctuation permanente avec une tendance vers l'augmentation (Fig.03). Le maximum étant réalisé durant la campagne 2011/2012 avec 2183 hectares.

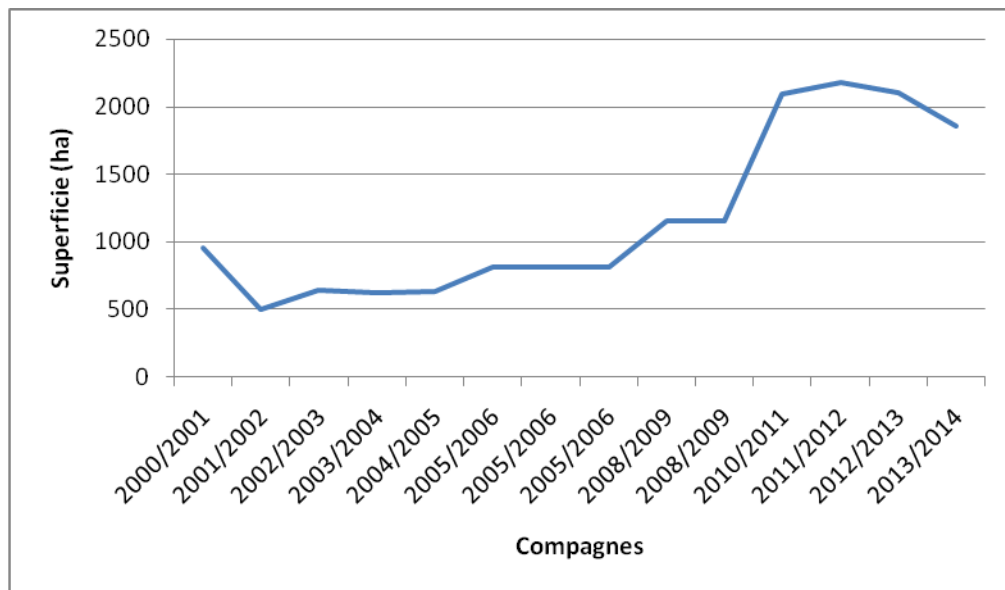


Figure 03 : Evolution des superficies cérésières dans la wilaya de Ghardaïa (2000-2014) (DSA, 2015)

Selon la figure (04) réalisée à partir des statistiques fournies par la direction des services agricole de la wilaya de Ghardaïa (DSA, 2015), la production cérésière suit la même allure que celle des superficies avec des fluctuations d’une campagne à une autre et une tendance vers l’augmentation.

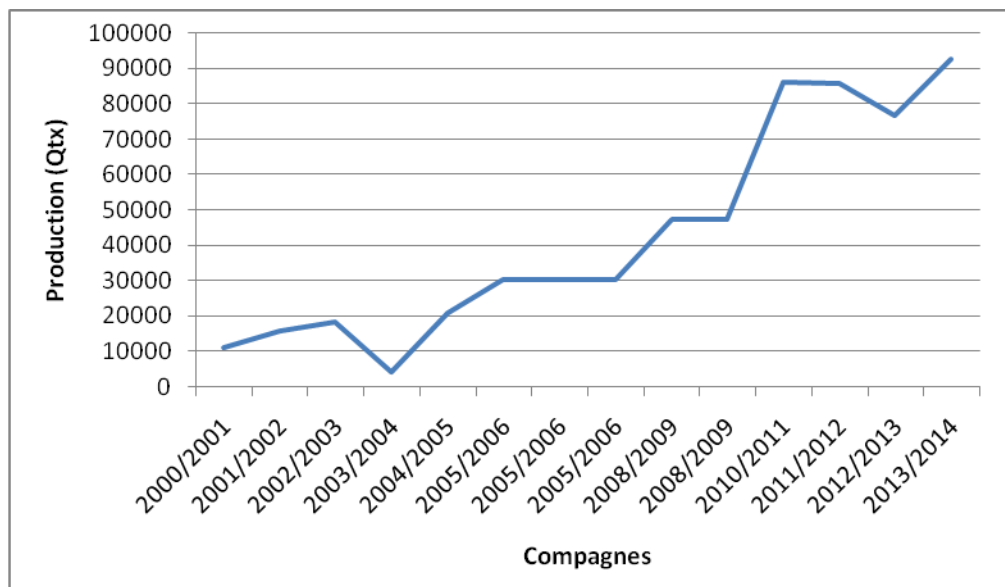


Figure 04 : Evolution de la production cérésière dans la wilaya de Ghardaïa (2000-2014) (DSA, 2015)

Le maximum étant réalisé durant la campagne 2013/2014 avec 92822 quintaux répartis sur le blé dur avec 87975 quintaux et l’orge avec 4847 quintaux (DSA, 2015).

Chapitre II

Chapitre II. Matière organique du sol

1. Sol

1. 1. Définition

Le sol est la partie supérieure de la croûte terrestre. Il est l'interface entre l'atmosphère, l'hydrosphère, la lithosphère et les organismes vivants (QUENEA, 2004).

Les sols constituent l'élément essentiel des biotopes continentaux. Leur ensemble, dénommé pédosphère, résulte de l'interaction de deux compartiments biosphériques, l'atmosphère et les deux couches superficielles de la lithosphère (NOUMEUR, 2008).

Il est composé d'une fraction minérale et d'une fraction organique : la pédogenèse résulte de l'altération d'un substrat minéral par des phénomènes physiques, chimiques et biologiques. Au cours de cette transformation, le substrat minéral est colonisé par des organismes qui composent peu à peu la matière organique. Cette matière organique s'associera ainsi au minéral pour former entre autres des complexes organo-minéraux (QUENEA, 2004).

Le sol a de nombreuses fonctions, il est un milieu biologique dans et sur lequel se développent des organismes vivants. Ce développement dépend de la qualité de ce sol ou fertilité (quantité de carbone, d'azote, capacité d'échange ionique, etc.). Il est aussi un acteur déterminant du cycle de l'eau (stockage et régulation) et de la qualité de cette eau (source de pollution, capacité de rétention des polluants mais aussi biodégradation de ceux-ci). Mais le sol joue aussi un rôle prédominant dans tous les cycles biogéochimiques (NOUMEUR, 2008).

1.2. Fraction minérale

Les minéraux constituent, en général, de 95 à 99% du sol. La composition minérale dépend de la nature de la roche-mère. La nature des minéraux peut être extrêmement diverse avec des tailles granulométriques différentes (QUENEA, 2004) :

- Sable ($\varnothing = 2000$ à $50 \mu\text{m}$)
- Limon ($\varnothing = 50$ à $2 \mu\text{m}$)
- Argile granulométrique ($\varnothing < 2 \mu\text{m}$)

La texture d'un sol correspond à la répartition des minéraux par catégorie de grosseur, indépendamment de la nature et de la composition de ces minéraux. Les sols sont classés suivant leurs proportions relatives en particules argileuses, limoneuses et sableuses (BARTHA, 1992).

1.3. Fraction organique

La fraction organique est constituée à plus de 80% de matière organique (MO) morte (tissus végétaux, résidus d'organismes). La Matière organique morte subit de nombreuses transformations dans le sol : elle est fragmentée, altérée chimiquement mais aussi biologiquement car, au cours de la minéralisation, elle sert de source d'énergie pour les organismes vivants du sol. Certaines molécules non minéralisées vont subir une humification, c'est-à-dire une réorganisation en molécules plus ou moins complexes qui constituent les substances humiques.

Dans la fraction organique, on trouve aussi des organismes vivants : des bactéries, les actinomycètes, les champignons mais aussi des racines ou encore la faune (protozoaires, nématodes, certains insectes, vers de terre). Bactéries et champignons sont les principaux responsables de la minéralisation des MO mais ils participent aussi à l'humification notamment par l'excrétion d'enzymes dans le sol ainsi qu'à la formation des complexes organo-minéraux (QUENEA, 2004).

2. Sols dans les régions arides

Les sols des régions arides, à climat toujours peu pluvieux, sec et très irrégulier, présentent un certain nombre de caractères presque constants : évolution lente, structure faiblement définie avec, souvent, présence de croûtes calcaires, gypseuses ou salines (RECHACHI, 2010).

Dans les zones arides et semi-arides, les sols peuvent être profonds ou peu profonds, sableux ou argileux et varier en acidité et en fertilité. La productivité dépend de la capacité de rétention d'eau des sols qui tend à augmenter avec la profondeur et le contenu organique. La capacité de rétention d'eau des sols sableux est inférieure à celles des sols argileux (GRATZFELD, 2004).

Au Sahara, la couverture pédologique présente une grande hétérogénéité et se compose des classes suivantes : sols minéraux bruts, sols peu évolués, sols halomorphes et sols hydromorphes.

La fraction minérale est constituée dans sa quasi-totalité de sable. La fraction organique est très faible (inférieure à 1%) et ne permet pas une bonne agrégation. Ces sols squelettiques sont très peu fertiles car leur rétention en eau est très faible, environ 8% en volume d'eau disponible (DAOUD et HALITIM, 1994).

En Algérie saharienne et présaharienne, la formation et l'évolution des sols sont essentiellement conditionnées par le climat et la salinité. Faute d'humidité insuffisante, les processus fondamentaux de la transformation des roches mères comme l'hydrolyse, la dissolution, l'hydratation ou même l'oxydation sont réduits à leur plus simple expression. L'absence de végétation ou sa rareté font

également que ces sols sont dépourvus de matière organique et d'humus. Ils sont pour toutes ces raisons sensibles à l'érosion, surtout éoliens (RECHACHI, 2010).

3. Matière organique du sol

3.1. Définition

BALDOCK ET SKJEMSTAD (1999) définissent les matières organiques du sol comme l'ensemble de tous les matériaux organiques dans les sols quelle que soit leur origine et quel que soit leur état de décomposition.

Par le terme « MO des sols (MOS) » on entend l'ensemble des composés organiques qui sont issus de résidus d'organismes à différents stades de décomposition, synthétisés par les organismes vivants ou qui sont des produits de dégradation. Les quantités de MOS et de carbone organique sont corrélées. Il est arbitrairement admis que la MOS est le double du carbone organique dans un sol non cultivé et que dans un sol cultivé, elle est égale à 1.73 fois la teneur en carbone organique (DUCHAUFOR, 2001).

3.2. Compartiments fonctionnels

Les MOS revêtent des formes extrêmement variées : chimiquement elles contiennent: des éléments structuraux (C, H, O) et un certain nombre d'éléments en proportion variable (N, P, S, K, Ca, Mg,...).

Leur particularité en comparaison avec les constituants minéraux du sol est que les MOS sont en constante transformation.

Une des manières consiste à les définir par leur degré de transformation. LECLERC (2002), classe la fraction organique du sol en trois compartiments distincts : la matière organique vivante, la matière organique fraîche et la matière organique non figurée ou amorphe (FRISQUE, 2007). La description de SOLTNER (1992) propose quant à elle quatre compartiments « fonctionnels »:

- Les végétaux et animaux vivants ;
- La matière organique fraîche ;
- Les composés intermédiaires ;
- L'humus, ou substances humiques ;

4. Evolution de la Matière organique dans le sol

Le devenir de la MO dans le sol peut être très différent. Une fois incorporée au sol, cette MO peut suivre trois voies : la minéralisation, l'humification ou la stabilisation (QUENEA, 2004).

La minéralisation est une assimilation par les organismes du compost des composés organiques comme source d'énergie et comme élément pour leur métabolisme, au cours de laquelle la matière organique est transformée en composés minéraux (CO_2 , N_2 , etc...). La vitesse de minéralisation est très fortement dépendante, d'une part, de la nature des composés organiques et des facteurs environnementaux (ALBRECHT, 2007), tels que l'aération du sol (fonction pour partie de la quantité d'eau dans le sol), la teneur en nutriments, de la température, du pH, de l'accessibilité aux organismes de la MO et de la teneur en eau d'autre part. Ainsi les interactions du sol avec la matrice minérale et la formation de complexes organo-minéraux sont très importantes. La nature de la MO elle-même joue un rôle car tous les composants de la MO ne sont pas dégradés de manière identique, différents organismes peuvent intervenir (SORENSEN, 1987).

L'humification est l'ensemble des processus de transformation de la matière organique engendrant la formation des substances humiques (STEVENSON, 1994).

L'humification résulte soit de la néoformation de composés humiques par insolubilisation des composés organiques du sol, soit de l'héritage et de la transformation des molécules du sol (QUENEA, 2004).

Ce processus permet à la matière organique faiblement biodégradable de subir une lente métabolisation la conduisant à la formation de molécules complexes de type substances humiques (LABANOWSKI, 2004).

La durée de vie des substances humiques varie entre quelques centaines d'années et plus de mille ans. Au cours de celle-ci, cet « humus stable » sera à son tour dégradé par les micro-organismes au cours du processus très lent de « minéralisation secondaire » (FRISQUE, 2007).

4.1. Types d'humus

Les mull sont caractérisés par une apparente homogénéité de la matière organique sur le profil de sol due au brassage par la macrofaune tels que les vers de terre anéciques. Les champignons sont présents mais les bactéries abondent majoritairement. A l'inverse, dans les humus de type moder, la MO se différencie en plusieurs horizons : les horizons organiques O1 (feuilles entières), Of (débris végétaux) et Oh (litière à un stade de décomposition avancée après humification). La MO devient

rapidement indisponible pour les végétaux par stabilisation dans ces horizons. La diversité de la macrofaune est inférieure par rapport aux mull et les sols sont plus acides. Les humus de type mor se caractérisent par une transition franche entre les horizons organique et minéral. Les débris végétaux non décomposés s'accumulent d'où une importante conservation des nutriments dans les mor par rapport aux mull ou aux moder mais le recyclage de ces nutriments est minimal dû à une faible abondance et une faible diversité d'animaux et de micro-organismes (PONGE, 2003). Les formes d'humus ont longtemps été associées à la production forestière (SALLELES, 2014)

La MO peut être stabilisé dans le sol du fait de sa composition chimique, mais aussi par les conditions environnementales (pH, teneur en eau, teneur en O₂) ou par les interactions avec les minéraux ou les oxydes du sol qui les rendent inaccessibles aux organismes minéralisateurs. La MO peut se trouver localisée dans des agrégats du sol ou adsorbée sur les minéraux. La structure physique du sol est ainsi à l'origine de l'occlusion et donc de la protection de la MO. Celle-ci se trouve protégée contre la biodégradation et préservée (QUENEA, 2004).

4.2. Complexe argilo-humique (ou complexe adsorbant)

Le complexe adsorbant représente l'ensemble des colloïdes du sol, organiques (humus) ou minéraux (argiles) porteurs de charges électriques négatives et donc capables d'adsorber des cations (bases échangeables, protons) et de les libérer par échange dans la solution de sol (GAUTHIER, 2002).

Lors de leur incorporation dans la matrice minérale du sol, les composés organiques du sol (l'humus qui correspond à la matière organique décomposée) réagissent avec les surfaces des minéraux, et en particulier avec les surfaces des minéraux argileux. Des liaisons diverses s'établissent (liaison électrostatique, liaison hydrogène...) et des complexes argile-matière organique ou complexe argilo-humique et/ou oxydes-matières organiques sont ainsi formés (HUBERT, 2008).

L'humus « protège » l'argile et stabilise la structure du sol.

Les micelles d'humus, porteuses d'une charge résultante négative, comme celle de l'argile minéralogique, devraient se repousser plutôt que s'attirer. Pourtant argile et humus sont associés en un complexe, cette liaison étant rendue possible par trois mécanismes.

- La liaison argile-humus par l'intermédiaire des cations Ca²⁺ formant un « pont » entre l'argile et l'humus. Ce mode de fixation, particulièrement énergétique, explique la stabilité des agrégats terreux formés en sol calcaire. Par stabilité, entendons :
 - la résistance à la dispersion par l'eau,
 - la résistance à la minéralisation de l'humus.

- La liaison argile-humus par l'intermédiaire du fer Fe^{3+} . Ce mode de liaison caractérise les « sols bruns ». Cette liaison est cependant moins stable que celle qu'assure le calcium.
- La liaison argile-humus par fixation directe de l'humus. Dans cette association argile-humus, les micelles d'humus forment autour de celles d'argile une enveloppe protectrice.

b) L'argile favorise l'humification et ralentit la minéralisation de l'humus.

L'argile liée à l'humus le protège contre l'attaque microbienne. On remarque en effet qu'en sol suffisamment argileux et bien pourvu en calcium, l'humification est favorisée par la liaison à l'argile, liaison réalisée notamment dans le tube digestif des vers de terre. C'est ce qui explique aussi qu'en sols sableux, le manque d'argile et souvent une réaction acide ne favorisent pas l'humification, ni la formation d'un complexe argilo-humique (GERALD, 2011).

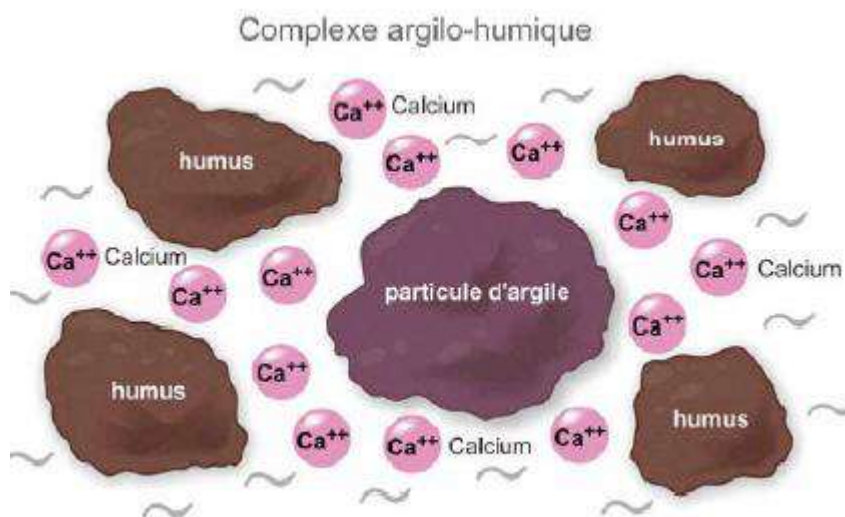


Figure 05 : le complexe argilo-humique (Gérald, 2011)

4.3. Evolution de la matière organique dans les zones arides

Dans les régions arides, la matière organique existe mais elle est très faible, voire inexistante. Les conditions climatiques (hautes températures, faible humidité....) défavorisent l'accumulation de la matière organique, et le peu qui s'accumule est rapidement décomposé sous l'action unique des paramètres physiques et chimiques. Ce qui exclut dans la majorité des cas toute intervention microbienne dans le processus de décomposition de la matière organique. Le type de sol constitue un paramètre essentiel qui régit l'humification. La texture du sol influe sur le pourcentage de matière organique présente dans le sol. Si les autres facteurs sont constants; un sol sableux, par exemple contient moins d'humus qu'un sol argileux (KOULL, 2007).

Paradoxalement à la minéralisation qui se trouve très favorisée par les conditions pédoclimatiques, l'humification est fortement inhibée que ce soit sur le plan quantitatif par le manque d'accumulation de la matière organique, ou sur le plan qualitatif par le blocage de la polymérisation des composés humiques formés (AHMID, 2010).

5. Rôle de la matière organique dans le sol

La présence de la matière organique dans les sols a des conséquences multiples sur la pédogenèse et le fonctionnement des écosystèmes « sols » (BELLOULA, 2011).

Ainsi, la matière organique constitue pour le sol un apport énergétique et un apport d'éléments biogènes nécessaires à l'activité d'un grand nombre d'organismes (flore, microflore, et faune du sol) ; ces éléments tels que le C, N, H et O entrent dans la constitution de la matière organique des sols ainsi que de nombreux cations tels que le K, Na, Ca, Mg et Mn initialement présent dans les matériaux végétaux d'origine ou fixés sur les sites réactionnels d'échange de cette matière organique (BELLOULA, 2011).

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 (NOUMOUTIE DOUMBIA, 2007). On peut mentionner que la matière organique a un effet bénéfique sur différentes propriétés du sol (DROUET, 2010) :

- La structure (formation d'un complexe argilo-humique) et la stabilité structurale.
- La rétention en eau (réserve hydrique du sol) ; ce rôle est particulièrement important dans les sols à texture sableuse.
- La capacité d'échange cationique (CEC). On peut estimer que 20 à 70 % de la CEC des horizons de surface de nombreux sols est due aux composés humiques. A nouveau, ce rôle de la matière organique est capital dans les sols à texture grossière ou dans ceux dont le cortège argileux est pauvre en minéraux phylliteux à forte CEC.
- L'augmentation de l'activité microbologique, déjà citée (la matière organique constitue une source énergétique pour les microorganismes).

Les matières organiques fraîches, à la surface du sol, atténuent le choc des gouttes des pluies et permettent à l'eau pure de s'infiltrer lentement dans le sol ; l'écoulement en surface et l'érosion sont ainsi réduits (BALESDENT, 1996).

Les M.O assurent la cohésion des autres constituants du sol entre eux et contribuent à la structuration du sol et à la stabilité de la structure. Ceci est dû au grand nombre de liaisons électrostatique et surtout de liaisons faibles que les M.O peuvent assurer (BALESDENT, 1996).

Les matières organiques amortissent de façon générale les risques de pollution, elles ont une grande affinité pour les métaux et les petites molécules métalliques ou organiques toxiques. Elles réduisent leur biodisponibilité et les risques de propagation dans les chaînes trophiques et alimentaires (OUSTANI, 2006).

6. Dynamique de la matière organique

La nature biochimique des matières organiques n'est pas le seul facteur définissant le renouvellement de ces dernières, des paramètres complémentaires tels que le climat, la nature du sol et sa gestion influencent également la dynamique des matières organiques dans les sols (CITEAU *et al*, 2008).

Les conditions climatiques, en particulier la température et la pluviométrie, jouent un rôle prépondérant sur le renouvellement des matières organiques des sols. Ainsi, sous des conditions comparables d'humidité et de végétation, une augmentation de température de 10°C diminue les temps de résidence d'un facteur deux à trois fois. L'humidité du sol favorise également la biodégradation des matières organiques. Toutefois, en condition d'anaérobiose (sol saturés en eau), les matières organiques s'accumulent du fait du blocage de la biodégradation en l'absence d'oxygène. Ces deux facteurs expliquent en partie le gradient de teneur en carbone observé entre les pays du nord de l'Europe (climat froid et humide), où l'on trouve une grande proportion de sols dont la teneur en carbone est supérieure à 6 %, et les pays du pourtour méditerranéen, où une majorité de sols sont pauvres en carbone (CITEAU *et al*, 2008).

Les propriétés physico-chimiques des sols telles que la texture et la minéralogie influencent également la dynamique des matières organiques. Ainsi, la porosité importante dans les sols sableux favorise l'aération et le drainage du sol et y conduit à une biodégradation plus importante des matières organiques que dans ceux à texture plus fine. A l'inverse, la présence d'argiles dans les sols conduit à un ralentissement de la biodégradation par un processus de protection physique des matières organiques (CITEAU *et al*, 2008).

7. Facteurs influencent le taux de la matière organique

Les facteurs qui influencent le taux matière organique dans un sol sont à la fois naturels et anthropiques. Les facteurs naturels les plus importants sont le climat, le type de roche mère, la couverture végétale, le type de végétation et la topographie. Les facteurs humains concernent

l'utilisation du sol et le type de système agraire, la gestion des intrants et des résidus de culture, ainsi que l'érosion des sols (WESEMAEL, 2006).

Les conditions stationnelles influencent de façon décisive les cycles de minéralisation et d'humification. Elles déterminent notamment la genèse de composés humiques spécifiques ou tout au moins la répartition de ceux-ci dans une proportion déterminée, souvent caractéristique d'un type d'humus.

Les conditions de milieu englobent à la fois des conditions climatiques (ou microclimatiques), la nature des roches-mères, la composition du couvert végétal, la topographie et les conditions de drainage, les pratiques culturales, etc. Les facteurs de station agissent de deux façons : 1) par action directe (climat, roche mère, topographie,...) ; 2) par action indirecte via le type de couvert végétal (DROUET, 2010).

MARTIN et HAIDER (1971 in BELOULA, 2011) ont montré que la biodégradation des composés organiques et la biosynthèse des composés humiques dépendent de la nature des apports organiques (composés simples ou polymérisés) et des facteurs de l'environnement édaphique: la texture, l'humidité, la température et le pH.

Partie II
Matériels et méthodes

Chapitre III. Présentation de la région de Ghardaïa

La wilaya de Ghardaïa issue du dernier découpage administratif, est située à 600 km au Sud de la capitale Alger (Fig.1), et s'intègre dans la partie septentrionale de la plateforme saharienne (A.N.A.R.H, 2007).

Elle est connue par l'architecture spécifique de ses Ksour (noyaux historiques) situés sur la vallée du M'Zâb et classés monuments mondiaux par l'UNESCO depuis 1982, ainsi que pour son traditionnel et ingénieux système de partage d'eau des crues pour l'irrigation des palmeraies (YOUCEF, F 2003).



Carte 01 : Situation géographique de la vallée du M'Zab (A.N.R.H, 2007).

1. Situation géographique

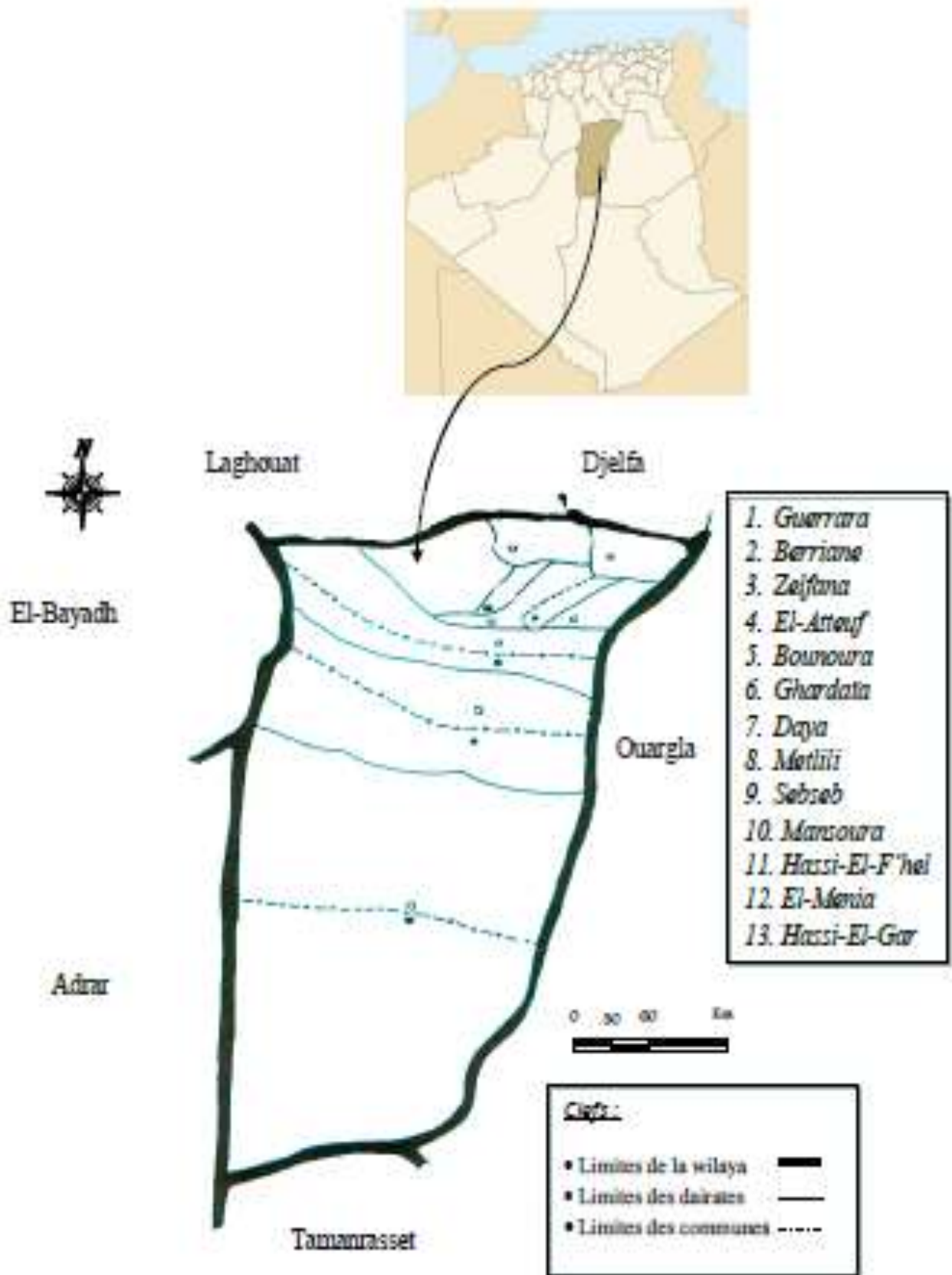
La wilaya de Ghardaïa, se situe à 600 Km au Sud d'Alger dans la partie centrale du Nord du Sahara algérien aux portes du désert à 32° 30' de latitude Nord et à 3° 45' de longitude (ATLAS, 2004). Le territoire de la wilaya abrite 309.740 habitants répartis sur 86.560 Km² de surface, elle compte 9 daïras et 13 communes (Tabl.03) (A.N.R.H, 2007). Ses principales agglomérations sont Berriane, Guerrara, Ghardaïa, Zelfana, Metlili, Hassi F'Hel et El-Goléa (MAKSOUUD et ABDOU, 2008). La wilaya du Ghardaïa joue le rôle de jonction entre la zone des hauts plateaux et le grand Sud (BEN SEMAOUNE, 2008) (carte 02).

Tableau 03 : Superficie par communes de la Wilaya de Ghardaïa (ANRH, 2007)

Communes	Superficies (Km ²)
Ghardaïa	306,47
El-Ménéa	23.920,68
Daya	2.234,94
Berriane	2.609,80
Metlili	6.910,00
Guerrara	3.382,27
El-Atteuf	717,01
Zelfana	1.946,23
Sebseb	4.366,82
Bounoura	778,92
Hassi-El-F'Hel	6.875,39
Hassi-El-Gara	27.698,92
Mansoura	4.812,55
Total	86.560

La wilaya de Ghardaïa est limitée :

- Au Nord par la Wilaya de Laghouat (200 Km) ;
- Au Nord Est par la Wilaya de Djelfa (300 Km) ;
- A l'Est par la Wilaya d'Ouargla (200 Km) ;
- Au Sud par la Wilaya de Tamanrasset (1.470 Km) ;
- Au Sud- Ouest par la Wilaya d'Adrar (400 Km) ;
- A l'Ouest par la Wilaya d'El-Bayad (350 Km)



Carte 02 : Limites administratives de la wilaya de Ghardaïa (Benkenzou et al., 2004)

2. Climat

Les données climatiques sont fournies par la station météorologique de Ghardaïa. Nous avons pris en considération les moyennes mensuelles concernant une période s'étalant sur 11 ans (2003 à 2014), afin de mieux distinguer les variations climatiques de la région d'étude. D'après (YOUCEF.F. 2003), les données climatiques sont non seulement des éléments décisifs du milieu physique mais ont aussi des répercussions profondes sur les êtres vivants, animaux et végétaux.

Le climat de la région d'étude est typiquement saharien, se caractérise par deux saisons : une saison chaude et sèche (d'Avril à Septembre) et une autre tempérée (d'Octobre à Mars) et une grande différence entre les températures de l'Eté et de l'Hiver (A.N.R.H., 2012). La présente caractérisation de climat de la région est faite à partir d'une synthèse climatique de 11 ans entre 2003 et 2014, à partir des données de l'Office National de Météorologie (Tabl.04).

Tableau 04 : Données météorologiques de la Wilaya de Ghardaïa (2003-2014) (O.N.M., 2015)

	Température (C°)			P (mm)	H (%)	I (h)	E (mm)	V.V (m/s)
	Min	Max	Moy					
Janvier	3,83	20,64	12,24	7,15	52,27	252,54	89,54	2,88
Février	5,42	21,84	13,63	1,5	44,27	244,63	110,72	2,87
Mars	7,7	27,57	17,64	8,06	38	270,27	166,72	3,48
Avril	12	31,73	21,86	10	34,18	295,63	209,81	3,89
Mai	16,12	36,38	26,25	1,25	28,54	329,18	255,27	3,79
Juin	22,89	39,38	31,1	3,02	25,18	335,45	344,36	3,46
Juillet	25,51	40,03	32,77	2,94	21,45	344,9	377,72	2,91
Aout	25,3	42,4	33,85	8,42	26,45	332,63	344,18	2,73
Septembre	20,5	38,6	29,55	23,63	38,72	274,63	261,27	3,08
Octobre	15,33	32,9	24,12	5,88	43,63	271,9	167,81	3,02
Novembre	7,98	27,18	17,58	6,4	48,9	255,81	113,27	2,85
Décembre	4,2	20,44	12,32	9,05	55,36	232,9	152,54	4,07
Moyenne	13,9	31,59	22,74	87,37*	38,08	3440,54*	2593,27*	3,25

H. : Humidité relative T. : Température P. : Pluviométrie I. : Insolation

V.V. : Vitesse de vent E. : Evaporation * : Cumulés annuelle

2.1. Température

La température moyenne annuelle est de 22,74 °C , avec, 33.85 °C en Août pour le mois le plus chaud et 12.24 °C en Janvier pour le mois le plus froid (O.N.M., 2015).

2.2. Précipitation

Les précipitations sont très rares et irrégulières (irrégularité mensuelle et annuelle), leur répartition est marquée par une sécheresse presque absolue du mois de Mai jusqu'au mois de Juillet, et par un maximum de 23.63 mm au mois de Septembre. Les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 87,37mm (O.N.M., 2015).

2.3. Humidité relative

L'humidité relative de l'air est très faible. Elle est de l'ordre de 21.45 % au mois Juillet, atteignant un maximum de 55.36 % en mois de Décembre et une moyenne annuelle de 38,08 % (O.N.M., 2015).

2.4. Evaporation

L'évaporation est très intense, surtout lorsqu'elle est renforcée par les vents chauds. Elle est de l'ordre de 2593,27 mm/an, avec un maximum mensuel de 377.72 mm au mois de Juillet et un minimum de 89.54 mm au mois de Janvier (O.N.M., 2015).

2.5. Insolation

L'ensoleillement est considérable à la région de Ghardaïa, car l'atmosphère présente une grande pureté durant toute l'année. La durée moyenne de l'insolation est de 286.71 heures/mois, avec un maximum de 344.9 heures au mois de Juillet et un minimum de 232.9 heures au mois de Décembre. La durée d'insolation moyenne annuelle entre 2003 et 2014 est de 3440.54 heures/an, soit approximativement 9.42 heures/jour (O.N.M., 2015).

2.6. Vent

Ils sont de deux types :

- Les vents de sables en Automne, Printemps et Hiver de direction Nord –Ouest.
- Les vents chauds (Sirocco) dominant en Eté, de direction Sud Nord ; sont très sec et entraînent une forte évapotranspiration, nécessitent des irrigations importantes (BENSAMOUNE, 2008). D'après les données de l'O.N.M. (2015) pour la période de 2003 - 2014, les vents sont fréquents sur toute l'année avec une moyenne annuelle de 3.25 m/s.

3. Synthèse climatique

3.1. Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN

Selon le tableau au-dessus (tabl 04) qui se base sur l'enregistrement des données de précipitations et des données de températures mensuelles sur une période de 10 ans, on peut établir la courbe pluviométrique dont le but est de déterminer la période sèche.

Le diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN (1953) permet de suivre les variations saisonnières de la réserve hydrique. Il est représenté dans (Fig.06).

- ❖ Les mois de l'année sont représentés sur l'axe des abscisses.
- ❖ L'axe ordonné pour les précipitations en mm et les températures moyennes en °C.
- ❖ Une échelle de $P=2T$.
- ❖ L'aire comprise entre les deux courbes représente la période sèche. Dans la région de Ghardaïa nous remarquons que cette période s'étale sur toute l'année.

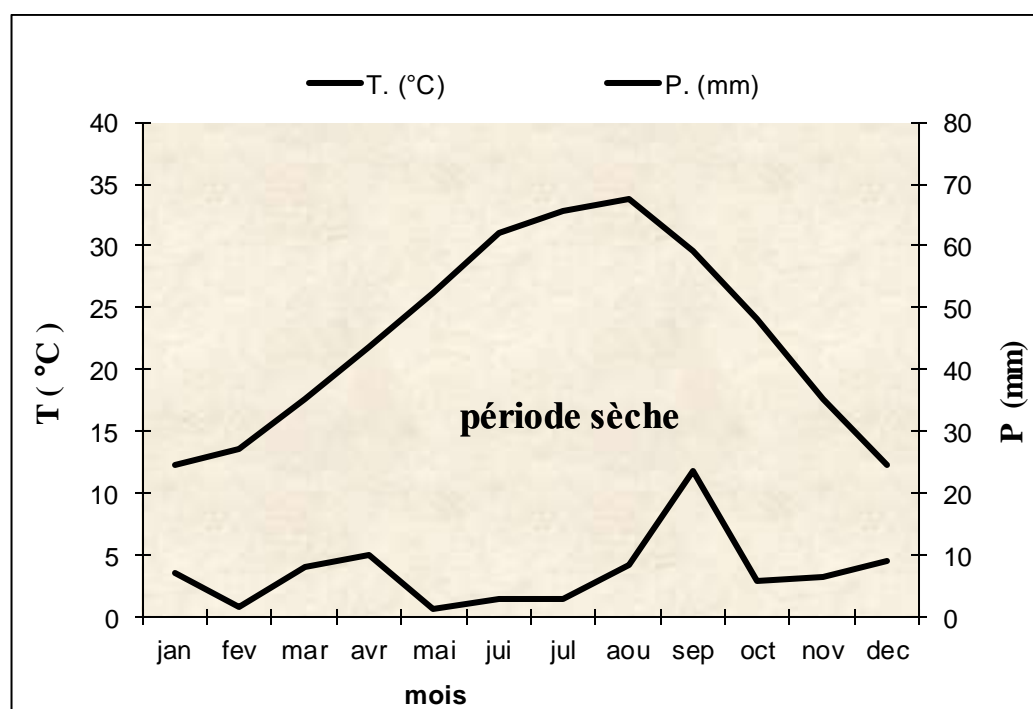


Figure 06 : Diagramme Ombrothermique de GAUSSEN de la région de Ghardaïa (2003 - 2014).

3.2. Climagramme d'EMBERGER

Elle permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude. il est représenté par

- La moyenne des minima du mois le plus froid est portée dans l'axe des abscisses.
- Le quotient pluviométrique (Q2) d'EMBERGER est représenté dans l'axe des ordonnées.

On a utilisé la formule de STEWART adapté pour l'Algérie, qui se calcule comme suit :

$$Q_2 = 3,43 \cdot \frac{P}{M - m}$$

Q_2 : Quotient thermique d'EMBERGER

P : Précipitations moyennes annuelles en mm

M : La température maximale du mois le plus chaud en °C

m : La température minimale du mois le plus froid en °C

D'après la formule, la Wilaya de Ghardaïa se situe dans l'étage bioclimatique saharien à Hiver doux et son quotient thermique (Q_2) est de 7,76.

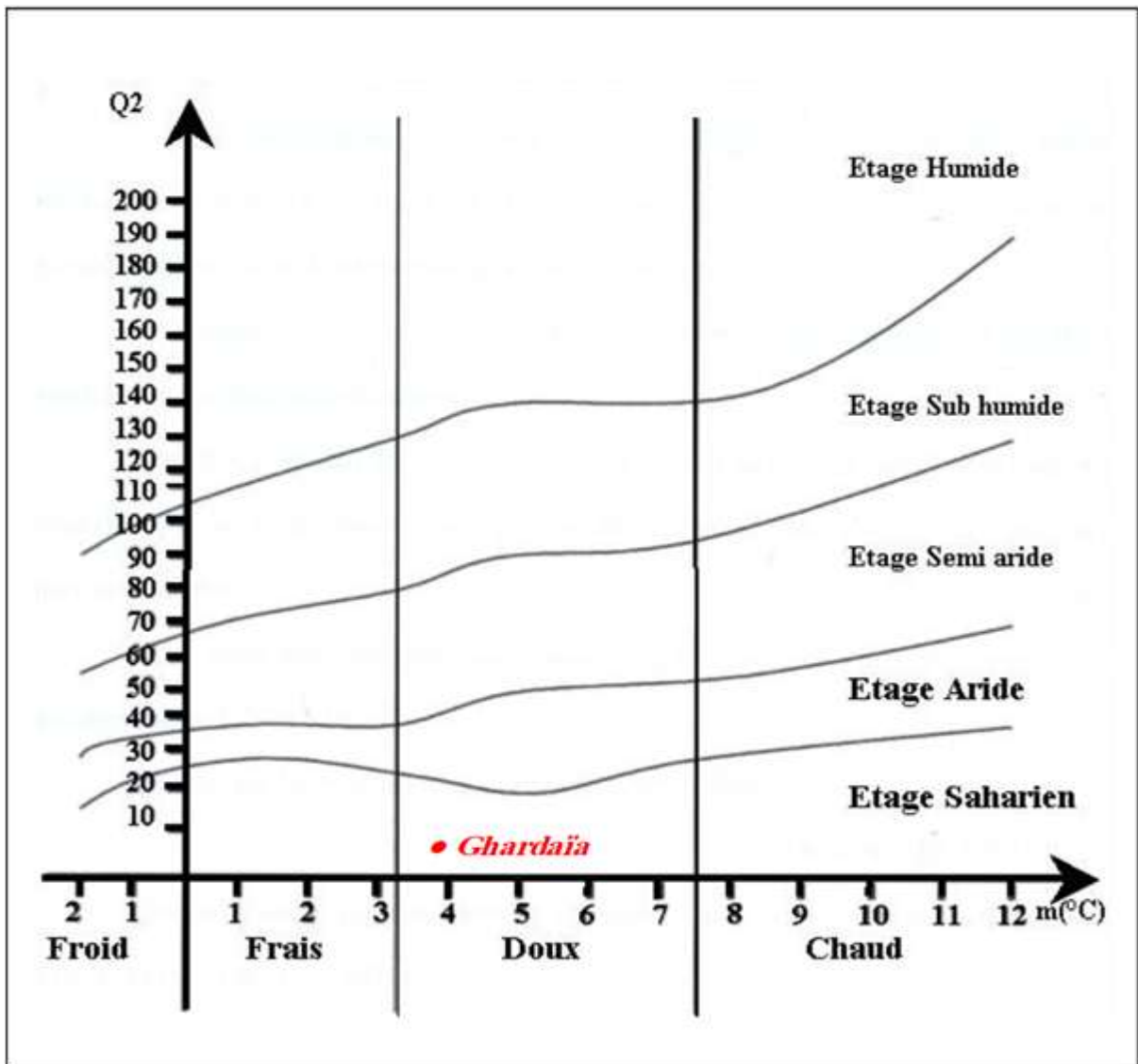


Figure 07 : Etage bioclimatique de Ghardaïa selon climagramme d'EMBERGER (2003 – 2014).

4. Géomorphologie

Dans la région de Ghardaïa, on peut distinguer trois types de formations géomorphologiques (D.P.A.T., 2005).

- La Chabka du M'Zab ;
- La région des dayas ;
- La région des Ergs.

4.1. Chabka du M'Zab

La Chabka du M'Zab présente une unité topologique et s'incline de 800 m au Nord à 400 m au Sud. Elle est difficile d'accès et se situe dans une zone délimitée à l'Est par la route reliant Ghardaïa à El Goléa, à l'Ouest par la Gaâda, au Nord par le bassin de l'Oued El Abioud et au Sud par le bassin de l'Oued El Fahl.

La Chabka est un plateau crétacé rocheux et découpé en tous les sens par de petites vallées irrégulières, qui semblent s'enchevêtrer les unes des autres. Ces vallées sont plus ou moins parallèles. Leur pente est dirigée vers l'Est (D.P.A.T., 2005).

La hauteur des vallées du M'Zab est assez variable et n'atteint pas les cent mètres. Leur largeur est parfois de plusieurs kilomètres. Les formations encaissantes comprennent des calcaires, et au-dessous des marnes ; les calcaires généralement dolomitiques constituent le plateau et le haut des berges (D.P.A.T., 2005).

Le plateau rocheux occupe une superficie d'environ 8000 Km², représentant 21 % de la région du M'Zab (COYNE, 1989). Vers l'Ouest, il se lève d'une manière continue et se termine brusquement à la grande falaise d'El Loua, qui représente la coupe naturelle et oblique de ce bombement.

Mis à part, Zelfana et Guerrara, les neuf autres communes (Ghardaïa, Berriane, Daïa, Bounoura, El Ateuf, Metlili, Sebseb, Mansoura et Hassi EL Fhel) sont situées en tout ou en partie sur ce plateau.



Carte 03 : Vue aérienne de la Chebka du M'zab (A.N.R.H., 2013)

4.2. Région des dayas

Au Sud de l'Atlas saharien d'une part et d'autre part du méridien de Laghouat s'étend une partie communément appelée «plateau des dayas» en raison de l'abondance de ces entités physiologiques et biologiques qualifiées des dayas (D.P.A.T. ,2005).

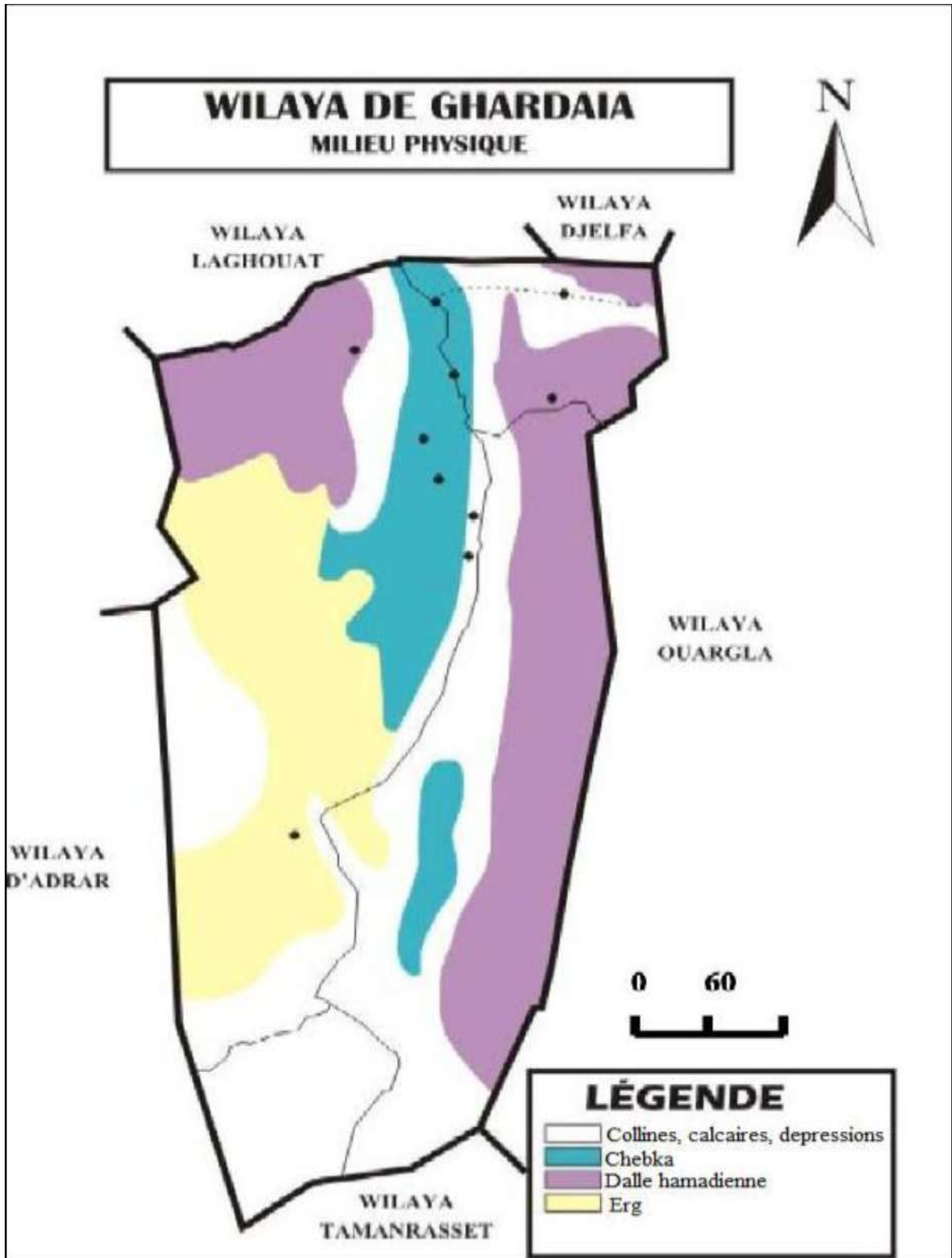
Dans la région de Ghardaïa, seule la commune de Guerrara, située au Nord-Est, occupe une petite partie du pays des dayas (D.P.A.T. ,2005).

De substratum géologique Mio-plicène , les dayas sont des dépressions de dimensions très variables, grossièrement circulaires. Elles ont résultées des phénomènes karstiques de dissolution souterraine qui entraînent à la fois un approfondissement de la daya et son extension par corrosion périphérique (BARRY et FAUREL, 1971 in LEBATT et MAHMA, 1997).

4.3. Région des Regs

Située à l'Est de la région de Ghardaïa, et de substratum géologique Pliocène, cette région est caractérisée par l'abondance des Regs, qui sont des sols solides et caillouteux.

Les Regs sont le résultat de la déflation éolienne, cette région est occupée par les communes de Zelfana, Bounoura et El Ateuf (BELERAGUEB, 1996 in MIHOUB, 2008).



Carte 04 : Milieu physique de la wilaya de Ghardaïa (ATLAS, 2004)

5. Flore

Les principaux facteurs qui influent d'une manière significative sur la flore de la région de Ghardaïa sont le climat saharien et le faible taux de pluviométrie répartie irrégulièrement dans l'année, de l'ordre de 87.37mm/an. La flore saharienne est considérée comme pauvre si l'on compare le petit nombre d'espèces qui habitent ce désert à l'énormité de la surface qu'il couvre (OZENDA, 1983).

Au Sahara, la culture dominante est le palmier dattier ; l'Oasis est avant tout une palmeraie, entre ces palmiers dattiers on trouve les arbres fruitiers et les cultures maraîchères (OZENDA, 1983).

Ainsi on y rencontre des arbres de toutes espèces confondues sur les bandes vertes, les bosquets est essentiellement comme brise vent dans les périmètres de mise en valeur ; parmi les espèces comptée on note le casuarina, le faux poivrier, l'eucalyptus, le tamarix (dans les lits des oueds), le pin d'Alpe et le cyprès (BEN SEMAOUNE, 2008).

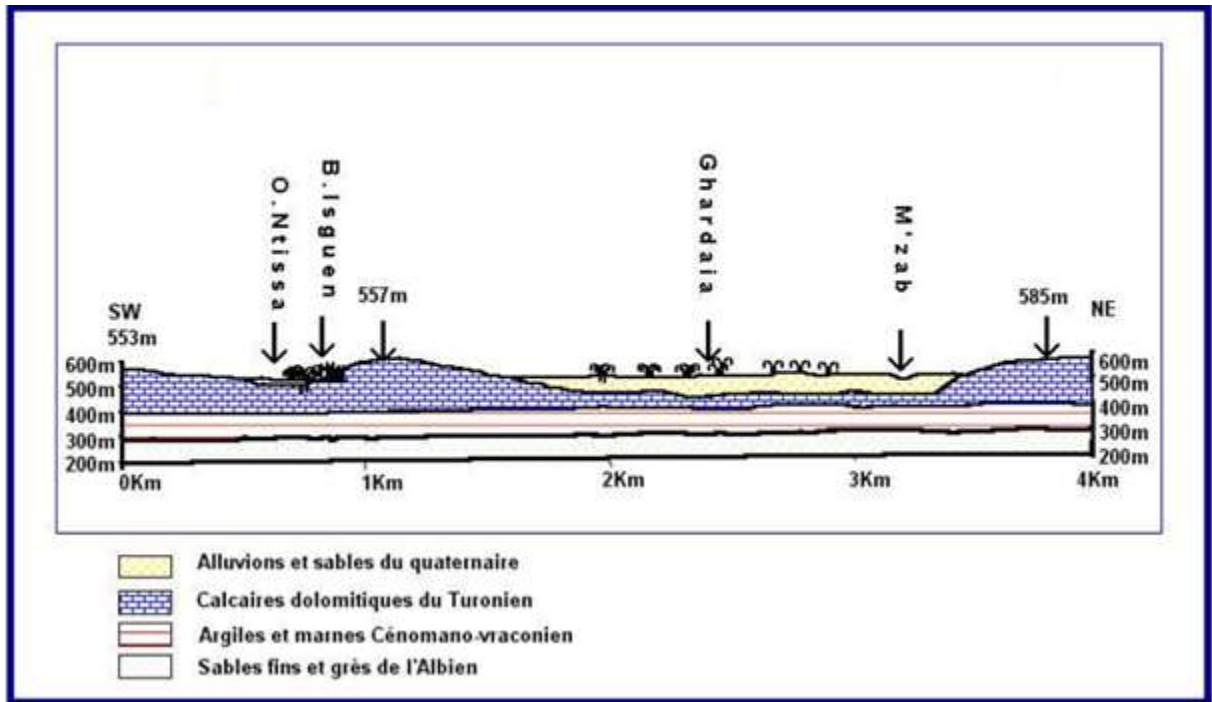
En dehors des palmeraies on peut rencontrer des peuplements floristiques constituant un cas particulier important dans cette zone subdésertique, citant *Aristida pungens*, *Retama retam*, *Calligonum comosum*., *Ephedra allata*., *Urginea noctiflora*, *Erodium glaucophyllum*, *Haloxylon scoparium*., *Astragalus gombo*, *Caparis spinosa*, *Zilla macroptera*, *Pistachia atlantica*, *Zyziphus lotus*, *Tamarix articulata*, *Populus euphratica* (OZENDA, 1983).

6. Géologie

Du point de vue géologique, la wilaya de Ghardaïa est située aux bordures occidentales du bassin sédimentaire secondaire du Sahara, sur un grand plateau subhorizontal de massifs calcaires d'âge Turonien appelé couramment "la dorsale du M'Zab"(A.N.R.H., 2009).

L'épaisseur de ses massifs calcaires recoupés par les sondages est de l'ordre de 110 mètres. Sous les calcaires turoniens se trouve une couche imperméable de 220 mètres formée d'argile verte et de marne riche en gypse et en anhydrite; elle est attribuée au cénomanien. L'étage de l'Albien est représenté par une masse importante de sables fins à grès et d'argiles vertes. Elle abrite des ressources hydrauliques considérables, l'épaisseur est de l'ordre de 300 mètres (A.N.R.H., 2009).

Les alluvions quaternaires formées de sables, galets et argiles tapissent le fond des vallées des oueds de la dorsale, d'une épaisseur de 20 à 35 mètres. Ces alluvions abritent des nappes superficielles d'Inféra-flux (nappes phréatiques) (carte.05) (A.N.R.H., 2009).



Carte 05 : Coupe géologique et schématique de la vallée du M'Zab (A.N.R.H., 2009)

7. Hydrologie

La région de Ghardaïa est jalonnée par un grand réseau des Oueds dont les principaux sont : Oued Sebseb, Oued Metlili, Oued M'Zab, Oued N'sa et Oued Zegrir (A.N.R.H., 2007).

L'ensemble de ces oueds constitue le bassin versant de la dorsale du M'Zab (Fig.6), ils drainent en grande partie les eaux de la dorsale de l'Ouest vers l'Est, leur écoulement sont sporadiques, ils se manifestent à la suite des averses orageuses qui connaît la région (A.N.R.H., 2007).

Exceptionnellement, quand les pluies sont importantes, surtout au Nord-Ouest de la région de Ghardaïa, ces oueds drainent d'énormes quantités des eaux. Une étude des crues de Oued M'zab a estimée les débits de crue décennale et centennale à 205 et 722 m³/s (A.N.R.H., 2007).

Les conséquences sont parfois catastrophiques et les dégâts sont souvent remarquables, notamment pour l'Oued M'Zab et Metlili où chaque pluie exceptionnelle cause beaucoup de dommages principalement dans les agglomérations (A.N.R.H., 2007).

Localement, l'écoulement des eaux se fait de l'Ouest à Est. L'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minime, provient directement des eaux de pluie au piémont de l'Atlas Saharien en faveur de l'accident Sud Atlasique.

La nappe du Continental Intercalaire, selon l'altitude de la zone et la variation de l'épaisseur des formations postérieures elle est :

- Jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage (Zelfana. Guerrara et certaines régions d'El Menia).

Exploitée par pompage à des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120m (Ghardaïa, Metlili, Berriane et certaines régions d'El Menia) (A.N.R.H., 2007).

9. Pédologie

La région du M'zab est caractérisée par des sols peu évolués, meubles, profonds, peu salés et sablo-limoneux. Elle possède une texture assez constante qui permet un drainage naturel suffisant. Par contre la dorsale du M'zab qui entoure la vallée appartient aux regs autochtones (BELERAGUEB, 1996 *in* MIHOUB, 2008).

10. Agriculture

La superficie totale de la Wilaya s'étend sur 8.466.012 hectares et se répartit comme suit :
Les terres utilisées par l'agriculture couvrent 1.370.911 Ha dont,

- ✓ Surface agricole utile (S.A.U) : 32745 ha irriguée en totalité ;
- ✓ Pacages et parcours : 1.337.994 ha ;
- ✓ Terres improductives des exploitations agricoles : 172 ha.

Le secteur de l'agriculture est caractérisé par deux systèmes d'exploitation :

- ✓ Oasien de l'ancienne palmeraie ;
- ✓ La mise en valeur.
 - Cultures maraîchères : 722.400 Qx ;
 - Cultures céréalières : 76.737 Qx ;
 - Cultures fourragères : 446.400 Qx ;
 - Cultures industrielles : 7.790 Qx ;
 - Phoéniculture : 540.000 Qx ;
 - Arboriculture fruitière : 166.474 Qx.

L'élevage sédentaire et nomade est important dans la Wilaya, La superficie des parcours et pacages est de 1.337.994 hectares. (D.P.A.T. ,2005).

11. Industrie

La wilaya de Ghardaïa a connu, ces dernières années, une forte implantation de l'investissement industriel, le tissu industriel de la Wilaya est composé de 189 unités industrielles dans les branches d'activité :

- Industries Sidérurgique, Métallique, Mécanique et Electrique (ISMME) : 26 unités dont : 25 unités du secteur privé ;
- Matériaux de construction, céramique et verre : 52 unités dont : 52 unités du secteur privé
- Textile : 57 unités dont : 57 unités du secteur privé ;
- Agroalimentaire : 10 unités dont : 10 unités du secteur privé ;
- Chimie, caoutchouc et plastique : 25 unités dont : 23 unités du secteur privé ;
- Bois, liège, papier et impression : 19 unités dont : 19 unités du secteur privé (ATLAS, 2004).

12. Tourisme

La Wilaya touristique de Ghardaïa offre une multitude de curiosités (naturelles, historiques et culturelles) telles que la vallée du M'ZAB constituant un joyau architectural classé par L'UNESCO, la région de METLILI, les oasis de ZELFANA, SEBSEB et EL-MENEA avec son désert constituant un début de l'Erg Occidental.

La Wilaya de Ghardaïa présente un intérêt important, elle est a l'avantage d'être un point d'escale pour les touristes allant vers d'autres régions touristiques. Elle en effet, un passage obligatoire pour se rendre vers le grand Sud (TAMANRASSET) et la région de la SAOURA (TIMIMOUN).

La vallée du M'ZAB, véritable musée à ciel ouvert est classée par l'UNESCO comme un patrimoine historique mondial. Ce « musée du temps » et ce « musée de l'espace », ainsi que le qualifient nombreux chercheurs, est le produit d'une relation toute particulière entre l'homme et la nature qui se sont mutuellement façonnés selon un schéma de peuplement unique en son genre et accordant à la vallée du M'ZAB un cachet historique et un label touristique radicalement différent des autres « Sud algérien » (D.P.A.T. ,2005).

13. Artisans

Le secteur de l'artisanat dans la wilaya de Ghardaïa se caractérise par la diversité des activités et la qualité des produits fabriqués, le tissage occupe une place toute particulière dans l'artisanat de la wilaya, la tapis symbolise l'activité artisanale de la région.

Les activités de sculpture sur le bois, de céramique, de bijouterie, de broderie, de maroquinerie, et de tannerie complètent la gamme de produits artisanaux de la wilaya (D.P.A.T., 2009).

14. Présentation du site d'étude

Le terrain expérimental est situé au niveau de la Ferme de HOUTTIA, qui a été créé en 1990 à HASSI EL F'HEL (Fig.06) dans la commune de MANSOURA a une distance d'environ 120 Km du chef-lieu de la wilaya de Ghardaïa et à 155 Km d'El Méria, 260 Km de Ouargla et 715 Km d'Alger. La commune s'étale sur une superficie de 6715 Km², entre une latitude de 30° et 34' N et une longitude de 2° et 52'E (COMMUNE MANSOURA, 2013).

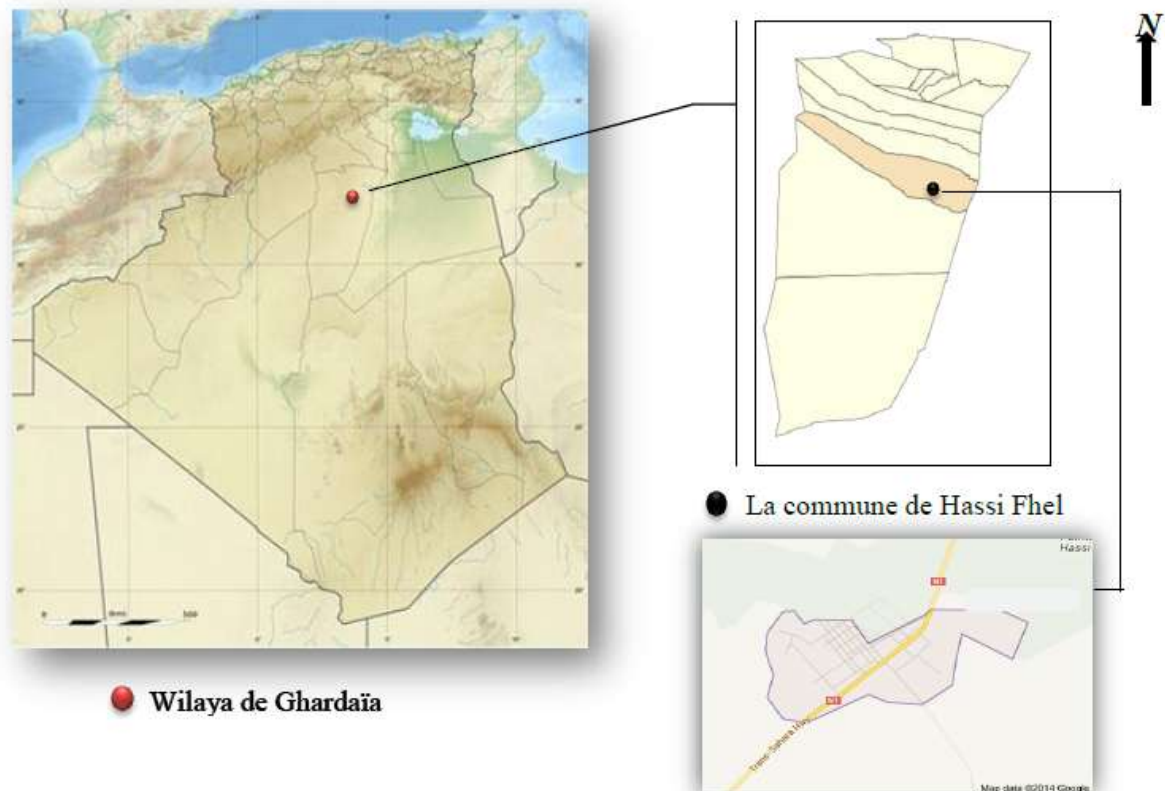


Figure 08: Localisation géographique de la zone d'étude.

La ferme du HOTTIA couvre une superficie totale de 703 ha, avec une superficie exploitée estimée à 450 ha, cette ferme spécialisée en céréaliculture compte 3 pivots dont les superficies est de 32 ha pour chaque pivot. En plus de la céréaliculture, la phoéniculture trouve sa place avec 1000 pieds couvrant une superficie de 10 ha, viticulture et la culture maréchale.

Les ressources hydriques au niveau du site proviennent de la nappe du Continental Intercalaire (Albien) et capter par 02 forages, l'un est de 412 m l'autre est de 380 m.

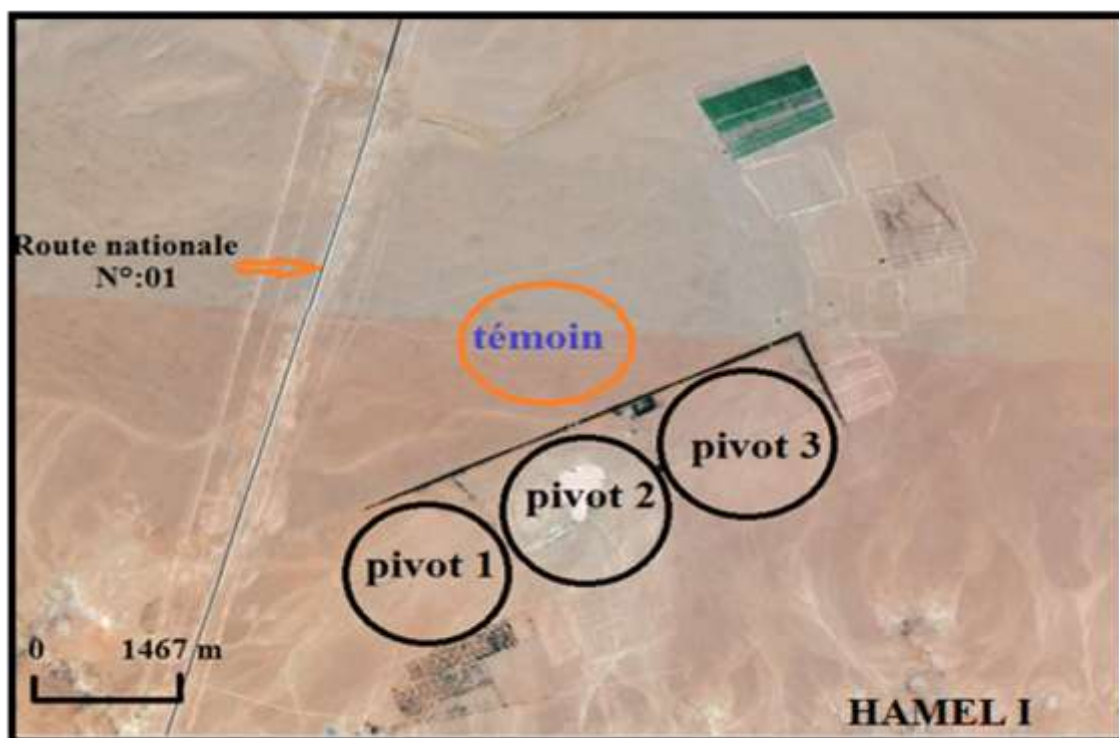


Figure 09 : Localisation des parcelles étudiées (Google Earth, 2015 modifié).

Chapitre IV. Méthodologie du travail

1. Approche méthodologique

La qualité du sol est un élément essentiel pour l'évaluation de la durabilité de la mise en valeur agricole intensive. Un aménagement du sol ne peut être durable que s'il maintient ou améliore les qualités des sols et des eaux (LARSON et PIERCE, 1992).

Pour évaluer la qualité du sol, l'U.S.D.A. (1999) a proposé deux manières d'évaluation :

- Soit par la prise de mesures périodiquement dans le temps pour surveiller les changements ou les tendances de qualité de sol.
- Soit par la comparaison des valeurs mesurées à un état de sol de référence ou à l'écosystème naturel.

Nous avons sélectionné le site dans la ferme de HOUTIA situé à HASSI EL F'HEL pour le déroulement de notre travail expérimental.

Le choix de la ferme de HOTTIA est fait pour les raisons suivantes :

- L'hétérogénéité dans le nombre d'année de culture, ce qui est recherché pour estimer l'évolution annuelle des paramètres a étudiés.
- La pratique de la culture céréalière intensive.
- L'irrigation des champs de la céréale par des centres pivots, ce qui signifie une quantité d'eau très importante.
- L'existence d'une parcelle non cultivée (témoin).
- Les facilités rencontrées par le propriétaire de la ferme.

1.1. Choix des parcelles d'étude

Nous avons sélectionné deux parcelles irriguées par pivot. Ces dernières couvrent une superficie de 32 ha et qui ont été exploités pendant 20 ans en céréaliculture sous pivot. Et une autre parcelle non cultivée (témoin).



Figure 10 : Présentation du site d'étude (sous pivot et témoin) (Hamel, 2015).

Les principales initiatives de la conduite de la céréaliculture dans le site d'étude sont synthétisées comme suit :

1.2. Travail du sol

Pour un meilleur rendement, la préparation du sol est nécessaire, à partir du labour par des instruments selon la texture du sol. En raison d'ameublir le sol en profondeur, faciliter le lessivage des sels et l'incorporation de la fumure de fond (DSA, 2013).

Le travail du sol dans la parcelle d'étude s'étale du 1er au 20 Octobre, le passage des outils tel que la charrue à disque s'effectue pour l'enfouissement d'engrais. La profondeur de labour est de 10 cm. Il est suivi par des cultivateurs à socs et cultivateur à dents. La récolte s'effectue à l'aide d'une Moissonneuse-batteuse.

1.3. Semis

Pour le semis il faut prendre en considération les variétés utilisées, dont les semences à une faculté germinative doit être supérieur à 90 % pour blé et entre 95 % et 98 % pour l'orge, la dose et la densité est en fonction du poids, de la variété, de la teneur de sol et de l'eau en sels (DSA, 2013).

Dans la parcelle d'étude le semis s'effectue en Octobre avec une dose qui varie selon les variétés utilisées et une profondeur de semis de l'ordre de 7 cm.

1.4. Fertilisation

Dans la parcelle d'étude, la fertilisation s'effectue par les engrais de fond (TSP 46 % à une dose de 2 qtx/ha), les complémentaires (potassium, NPK), les amendements azotée (urée 46% à une dose de 4 qtx/ha) et les oligo-éléments. L'amendement est réalisé juste avant le semis.

1.5. Irrigation

Une pré-irrigation est appliquée pendant une semaine à raison de 500 à 600 mm/ha, elle a pour but :

- Une levée rapide et homogène de la culture.
- Faire germer les repousses de la culture précédente et les mauvaises herbes.
- Faciliter les travaux du sol, le semis et la germination.
- Un lessivage éventuel de sels présents dans le profil au moment de la germination.

L'irrigation est appliquée en fonction du stade végétatif et la vitesse du pivot.

2. Expérimentation

2.1. Sur terrain (Echantillonnage)

Le sol de la parcelle irriguée par pivot est échantillonné à la pioche sous une profondeur entre 0-15 cm. Les échantillons sont prélevés selon un maillage systématique de 15m x 15 m (Fig.12). Le même plan d'échantillonnage est appliqué dans une parcelle non cultivée (témoin).

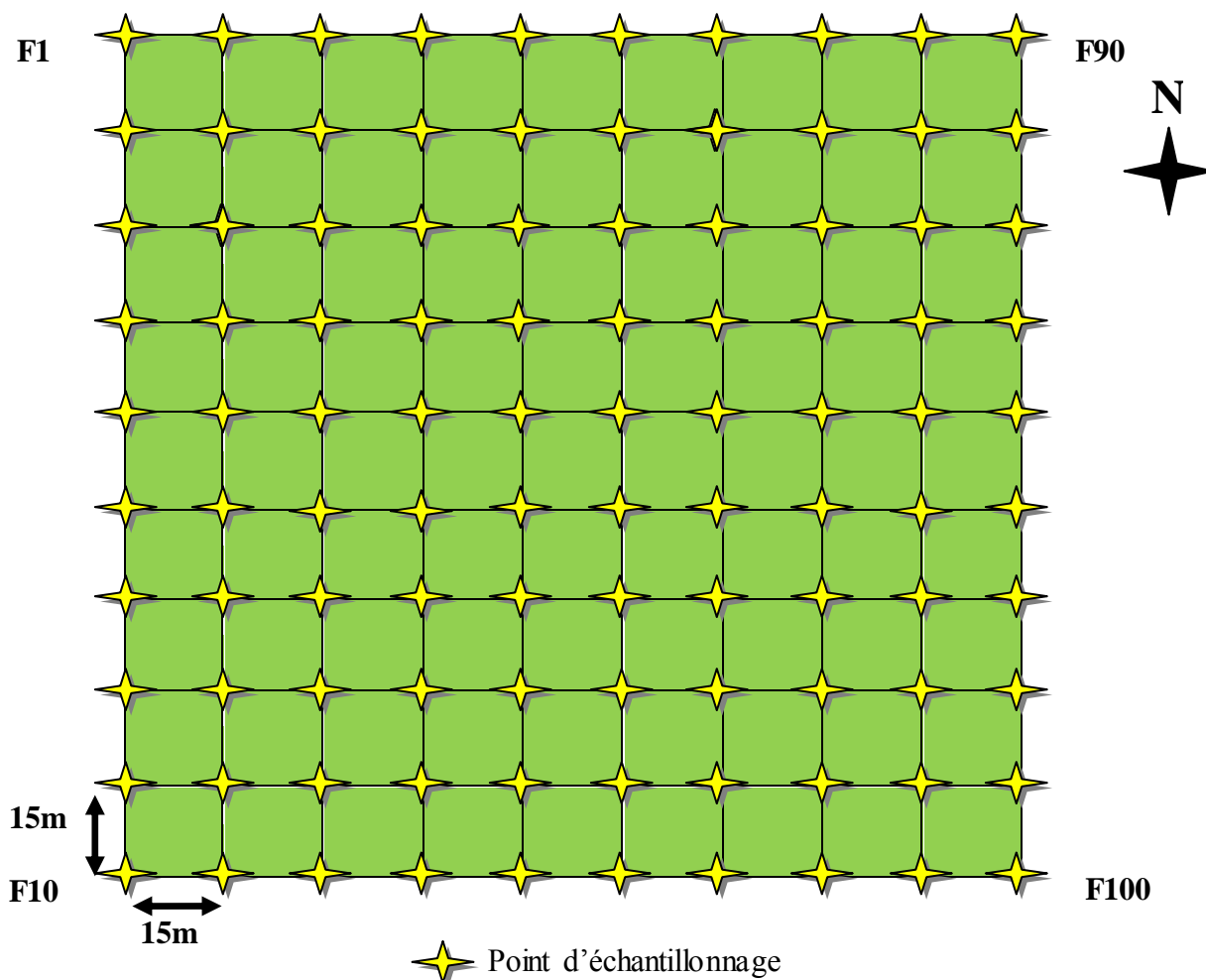


Figure 11 : Schéma récapitulatif du plan d'échantillonnage.

2. 2. Au laboratoire

Les échantillons prélevés sont séchés à l'air libre puis tamisés à 2 mm. Toutes les analyses ont été réalisées au laboratoire de géologie à l'Université de Ghardaïa.

2. 3. Méthode d'analyse

2. 3. 1. Evaluation de la teneur en matière organique par perte au feu

2. 3. 1. 1. Principe

La matière organique est caractérisée par sa forte teneur en carbone, élément oxydable se transformant facilement en gaz carbonique lorsqu'il est en contact avec de l'oxygène. La détermination de la teneur pondérale en matière organique d'un échantillon de sol de masse sèche connue repose ainsi sur la détermination de la masse de sa fraction organique. Deux types de méthodes se présentent alors pour effectuer cette détermination. La première repose sur deux pesées de l'échantillon avant et après

destruction de la matière organique, par calcination ou réaction chimique, et la seconde sur le titrage d'une substance réagissant avec le carbone organique (MUSY et SOUTTER, 1991)

La méthode de calcination directe provoque :

- L'oxydation totale de la matière organique, transformée en substances volatiles (CO_2 , H_2O , N_2 notamment) ;
- La destruction des carbonates $\text{CaCO}_3 \rightarrow (\text{CaO} + \text{CO}_2)$;
- La perte d'eau de constitution des argiles.

Par cette méthode, il convient donc de faire la part de la matière organique dans cette perte au feu, en déduisant les pertes dues aux argiles et au calcaire. C'est précisément l'évaluation de ces pertes qui sont sujettes à incertitude. On admet en général que les argiles ont perdu en eau 10 % de leur poids (en fait, la perte d'eau est plus forte pour la kaolinite que pour la montmorillonite et l'illite) (MATHIEU et *al*, 2009).

En somme l'évaluation par cette méthode de la teneur d'une terre en matière organique sera d'autant plus juste que cette terre sera pauvre en argiles et en calcaire.

Une seconde méthode consiste à d'abord éliminer le maximum d'eau interfoliaire et d'eau des bordures des argiles par un premier chauffage à 220 °C. Après refroidissement et pesée de l'échantillon, ce dernier est ensuite porté à 450 °C durant 4 heures. La combustion des matières organiques s'opère entre 220 et 450 °C. C'est cette méthode que nous allons décrire (MATHIEU et *al*, 2009)

2. 3. 1. 2. Matériels

- Balance d'analyse à 0,1g
- Creuset
- Four à moufle
- Etuve
- Dessiccateur

2. 3. 1. 3. Mode opératoire

- Chauffer les creusets durant 16 heures dans un four électrique à 550°C. Les refroidir dans un dessiccateur puis les peser. Noter les poids des creusets.
- Peser 5 g du sol (< 2 mm) dans un creuset taré.
- Mettre à l'étuve à 220 °C durant 16 heures. Après refroidissement dans un dessiccateur, peser le creuset et le sol. Noter le poids du creuset plus l'échantillon déshydraté.

- Placer le creuset et son contenu dans le four électrique et porter la température à 450°C, maintenir cette température pendant 4 heures.
- Après refroidissement dans un dessiccateur, peser le creuset et son contenu

2.3.1.4. Calculs

La perte au feu exprimée en pourcentage de la masse de l'échantillon déshydraté (après chauffage à 220 °C) est donnée par l'expression : (MATHIEU et *al*, 2009)

$$\text{Perte au feu en \%} = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M_0} \times 100$$

M_0 : poids du creuset vide

M_1 : poids du creuset après la mise en l'étuve

M_2 : poids du creuset après calcination au four à moufle

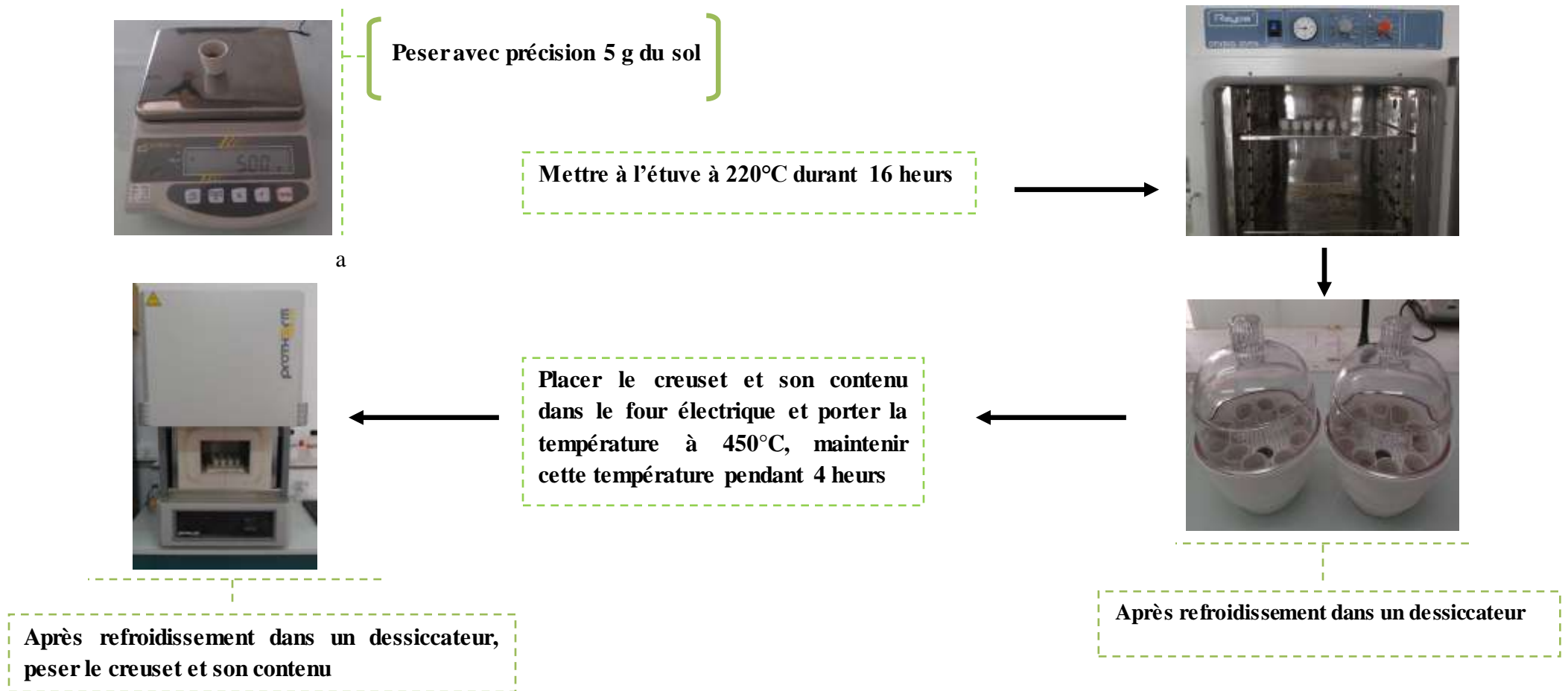


Figure 12 : Dispositif expérimental du dosage de la matière organique

3. Analyses statistiques

3.1. Variation annuelle des paramètres étudiés

Le nombre d'années depuis la mise en culture intensive sous irrigation est variable, un indicateur normalisé de variation de la qualité des sols est utilisé. Il s'agit du taux de variation annuelle de chaque propriété du sol dont la forme générale est la suivante (BADRAOUI et *al.*, 1998).

$$\text{TVA-qi} = (\text{qit2} - \text{qit1}) / (\text{t2-t1})$$

Avec :

- qit1 : la valeur moyenne de la propriété qi au début de l'irrigation
- qit2 : la valeur moyenne de la propriété qi après un certain nombre d'années (t2- t1) d'irrigation

3.2. Statistiques descriptives

Cet outil d'analyse génère un rapport de statistique à une seule variable pour les données contenues dans la plage d'entrée, fournissant ainsi des informations sur la tendance centrale et la dispersion des données (ODOUX, 1984 ; VOLTZ, 1986).

Les statistiques descriptives dans notre cas concernant la moyenne, l'écart type, le minimum et le maximum.

3.3. Analyse de la variance à un facteur

Nous avons procédé à une analyse de variance à un facteur entre les échantillons du sol témoin et ceux du sol cultivé pour chaque paramètre.

Les traitements des données obtenues fait appel à des approches statistiques. Les résultats obtenus pour chaque paramètre seront interprétés statistiquement. D'après DAGNILLIE (1975) in (DAREM, 2013) l'analyse de la variance consiste à étudier la comparaison des moyennes à partir de la variabilité des échantillons. Il permet suivant le niveau de la signification de déterminer l'influence des facteurs étudiés ou des interactions entre les facteurs. La probabilité inférieure à 0,001 donne un effet très hautement significatif, à 0,01 un effet hautement significatif et à 0,05 un effet significatif et pour une probabilité supérieure à 0,05 on considère que l'effet n'est pas significatif.

3.4. Coefficient de variation

Le coefficient de variation est obtenu par le rapport entre l'écart type (σ) et la moyenne (m), a été utilisé pour comparer la variabilité des descripteurs (BECKETT et WEBSTER, 1971 in DAREM, 2013).

Le coefficient de variation représente le rapport de l'écart type à la moyenne, et il est une statistique utile pour comparer le degré de variation par rapport à une série de données à l'autre, même si les moyennes sont considérablement différentes l'une de l'autre.

$$CV (\%) = 100 \cdot \frac{\sigma}{m}$$

Cinq (5) classes, basées sur la valeur du CV, sont proposées par NOLIN et al, (1997 in MATHIEU, 2009) pour qualifier l'intensité de la variabilité des sols (Tabl.05).

Tableau 05 : Classes d'intensité de la variabilité (NOLIN et al., 1997 in MATHIEU, 2009)

Intensité de la variabilité	Coefficient de variabilité (%)
Faible	<15
Modérée	15-35
Élevée	35-50
Très élevée	50-100
Extrêmement élevée	>100

4. Modélisation géostatistique

A l'origine, l'introduction d'une approche mathématique dans le contexte de la prospection minière vise essentiellement à évaluer le volume d'un gisement à partir de mesures ponctuelles de la hauteur de ce gisement. Plus généralement, la modélisation géostatistique intervient aujourd'hui dans tous les problèmes de cartographie (DESPAGNE, 2006).

En pratique, il est naturel de distinguer 2 deux types de variabilités dans les mesures d'un phénomène : d'une part, des variations spatiales à l'échelle de la plage d'observation et d'autre part des variations locales autour de la tendance spatiale. Dans le cas de la modélisation de la variabilité intra-parcellaire (CAUSEUR, 1993 in DAREM, 2013).

4.1. Variogramme expérimental

Le variogramme expérimental est une forme simplifiée d'outils d'analyse exploratoire des données plus élaborés, tel le nuage variographique. Si ce dernier n'est pas nouveau, l'informatique permet d'obtenir de façon quasi instantanée des graphiques dont l'élaboration pouvait demander une année de calcul à la main dans les années 50 (Gandin, 1963 in DAREM, 2013).

Le variogramme est un outil statistique, provenant de la théorie des variables régionalisées, initialement a été utilisé en minéralogie, puis a été étendu dans d'autres domaines tels que l'hydrologie, la mécanique des sols et les ressources forestières (MATHERON, 1965 ; KRIDGE, 1966; DELHOMME, 1976 ; MARBEAU, 1976 ; VAUCLIN, 1982 in PINEL, 1997).

Le variogramme qui est l'outil généralement utilisé pour analyser la dépendance spatiale d'une propriété du sol, donne des informations sur la nature des processus spatiaux à l'origine d'un variable observé (WALTER, 2002 ; MATHIEU, 2009), il est ensuite ajusté à un modèle théorique qui sera utilisé lors de l'interpolation par Krigeage (NOLIN et *al*, 1991 ; DAUPHINE et VOIRON-CANICIO, 1988 in GODARD, 1994).

Selon GODARD (1994), plusieurs modèles d'ajustement (linéaire, sphérique, exponentiel,...) ont été déjà testés par différents auteurs sur des données de terrain (BURGESS et *al*, 1981 ; MCBRATNEY et WEBSTER, 1986 ; WEBSTER et *al*, 1989).

La distribution des points de mesures à un effet sur le modèle de variogramme, qui sont influencés par le mode d'échantillonnage (sphérique pour le variogramme tiré de l'échantillonnage aléatoire et linéaire pour celui issu de l'échantillonnage régulier) (LAURENT et ROSSI, 1997).

4.2. Réalisation des cartes thématiques

Les cartes thématiques de différents paramètres étudiés sont tracées par le logiciel SURFER 9 afin de mettre en évidence la répartition spatiale des paramètres étudiés.

Le SURFER est un programme servant à la réalisation des présentations graphiques en deux et trois dimensions. Il peut convertir toutes informations numériques où data en représentation graphique « out standing contour », image, surface,... dont tous les aspects virtuels peuvent être personnalisés pour produire exactement la représentation qu'on veut réaliser (DAREM, 2013).

4.3. Krigeage

Le Krigeage est la méthode optimale, au sens statistique du terme d'estimation. Le Krigeage porte le nom de son précurseur, l'ingénieur minier sud-africain KRIGE. Dans les années 60, KRIGE

a développé une série de méthodes statistiques empiriques afin de déterminer la distribution spatiale de minerais à partir d'un ensemble de forages. Dix ans plus tard, Gorges MATHERON développa un outil pour analyser la continuité spatiale des teneurs appelé le «variogramme» et une méthode d'estimation basée sur le variogramme appelé «Krigage». Aujourd'hui, la géostatistique s'exprime dans des champs d'applications comme l'océanographie, la météorologie, le génie civil, l'environnement, la géologie, la qualité de l'air et des sols, la santé, etc.

Le terme de Krigage désigne un ensemble de méthodes d'interpolation linéaire basées sur l'expression de la dépendance spatiale par le semi-variogramme. Les deux types de Krigage les plus communs sont le Krigage ponctuel et le Krigage par blocs (BURGESS et WEBSTER, 1980).

Le Krigage ponctuel correspond à l'estimation de la valeur d'une variable en un point non échantillonné, le Krigage par blocs estimant la valeur moyenne de cette variable sur une surface déterminée. Dans les deux cas, on procède à l'interpolation linéaire de la variable étudiée Z en un point où aucune mesure n'a été réalisée. Un certain nombre de points échantillonnés sont utilisés dans le calcul de la valeur estimée et le poids alloué à chaque point est une fonction de la distance le séparant du site où l'estimation est faite. Cette fonction est reliée à la structure spatiale par l'intermédiaire du semi-variogramme (WEBSTER, 1985 ; WEBSTER et OLIVER, 1990).

Le Krigage utilise le variogramme pour assigner les poids aux points d'observation pendant le processus d'interpolation (MARCOTTE, 2003 in OUELD BELKHEIR, 2013).

La variabilité spatiale des sols reste pourtant généralement mal connue : une grande partie des sols du monde n'a encore fait l'objet d'aucune cartographie détaillée. Plus généralement, l'utilisation agricole des sols et son impact sur l'environnement dépendent de la variabilité spatiale de la couverture pédologique et des moyens dès l'en adapter ou d'en tenir compte (GIRAD et MATHIEU, 2011).

Partie III
Résultats et discussions

Chapitre V. Résultats et discussions

Les sols d'Algérie sont caractérisés par leur faible taux de matière organique, conséquence de type de climat qui règne et des systèmes culturaux qui ne sont pas favorables à la constitution d'une réserve organique dans le sol. Dans la présente étude, les analyses de la matière organique effectuées, ont pour but de caractériser un sol agricole (céréaliculture) d'une part et de déterminer l'impact de l'intensification agricole d'autre part.

1. Résultats analytiques de la matière organique

L'analyse statistique consiste essentiellement à la détermination de la loi de distribution des variables non uniforme et homogènes et de leurs principaux paramètres statistiques, à savoir la moyenne, l'écart type et le coefficient de variation (ODOUX, 1984 et VOLTZ, 1986 in HAMOUNI, 2006).

Dans l'horizon superficiel des parcelles étudiées, le sol est très pauvre à moyennement pauvre en matière organique ($0,01 \leq MO \leq 3,44$). Le tableau (06) illustre que le taux de matière organique varie entre 0,01% et 1,32% avec une moyenne de $0,49 \pm 0,28\%$ dans la parcelle non cultivée, or que le sol des parcelles cultivées varie de très pauvre (0,01%) à moyennement pauvre (3,44%) avec une moyenne de $1,96 \pm 0,47\%$.

Tableau 06 : Statistiques descriptives du taux de la matière organique dans le site d'étude

	Moyenne	Minimum	Maximum	Ecart-type	CV %
Pivot 1	1,23	0,01	2,43	0,38	30,70
Pivot 2	2,69	1,42	3,44	0,56	20,94
Parcelle témoin	0,49	0,01	1,32	0,28	56,55

L'analyse en boîtes à moustaches (Fig. 13) montre une augmentation du taux de la matière organique dans le pivot par rapport au témoin avec une augmentation moyenne annuelle (TVA) de l'ordre de $0,04 \pm 0,02\%$. L'analyse de variance à un facteur a révélé que cette augmentation est très hautement significative ($F^{1, 19} = 252,24$; $P = 0,000$; T.H.S.) ; tandis que nous avons enregistré un taux de variation annuelle de la MO d'ordre $0,11 \pm 0,03\%$ dans l'horizon superficiel du pivot 2. Cette augmentation est très hautement significative ($F^{1, 19} = 1234,103$; $P = 0,000$; T.H.S.).

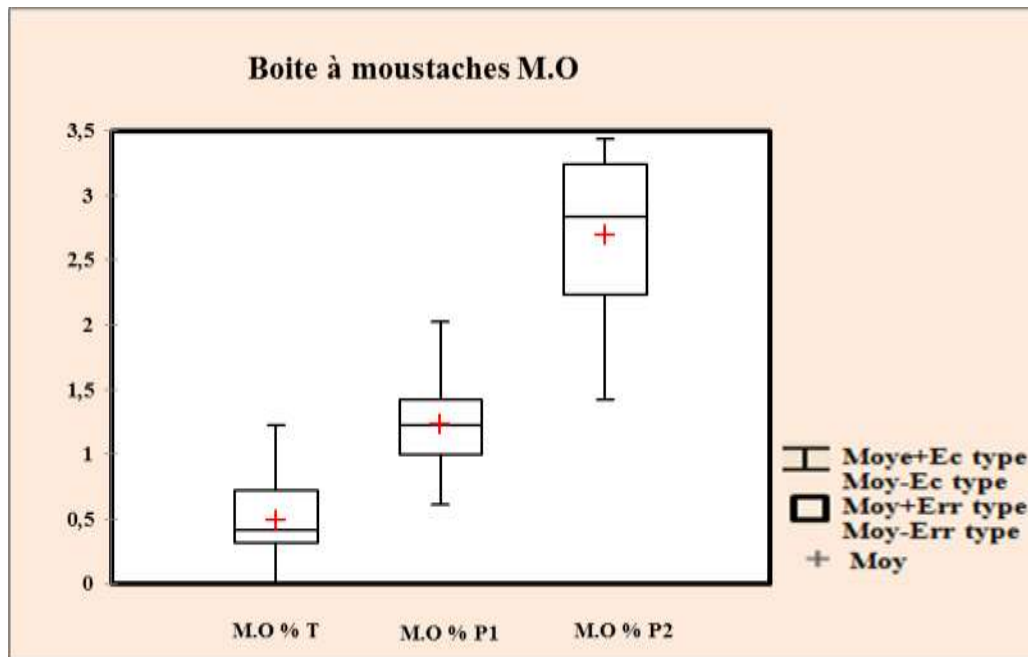


Figure 13 : Boîte à moustaches de la variation de la matière organique dans le site d'étude

2. Analyse variographique

Le variogramme qui est l'outil généralement utilisé pour analyser la dépendance spatiale d'une propriété du sol, donne des informations sur la nature des processus spatiaux à l'origine d'un variable observé (WALTER, 2002 ; MATHIEU, 2009), il est ensuite ajusté à un modèle théorique qui sera utilisé lors de l'interpolation par Krigeage (NOLIN et al, 1991 ; DAUPHINE et VOIRONCANICIO, 1988 in GODARD, 1994).

La modélisation géostatistiques a montré, à partir des variogrammes expérimentaux la validité et la fiabilité du pas d'échantillonnage choisi pour l'étude de la matière organique dans la parcelle non cultivée.

D'après la figure (14), le variogramme s'ajuste au modèle linéaire qui explique la variation spatiale de de la matière organique dans la parcelle non cultivée caractérisé par une pente égale à 2,49.

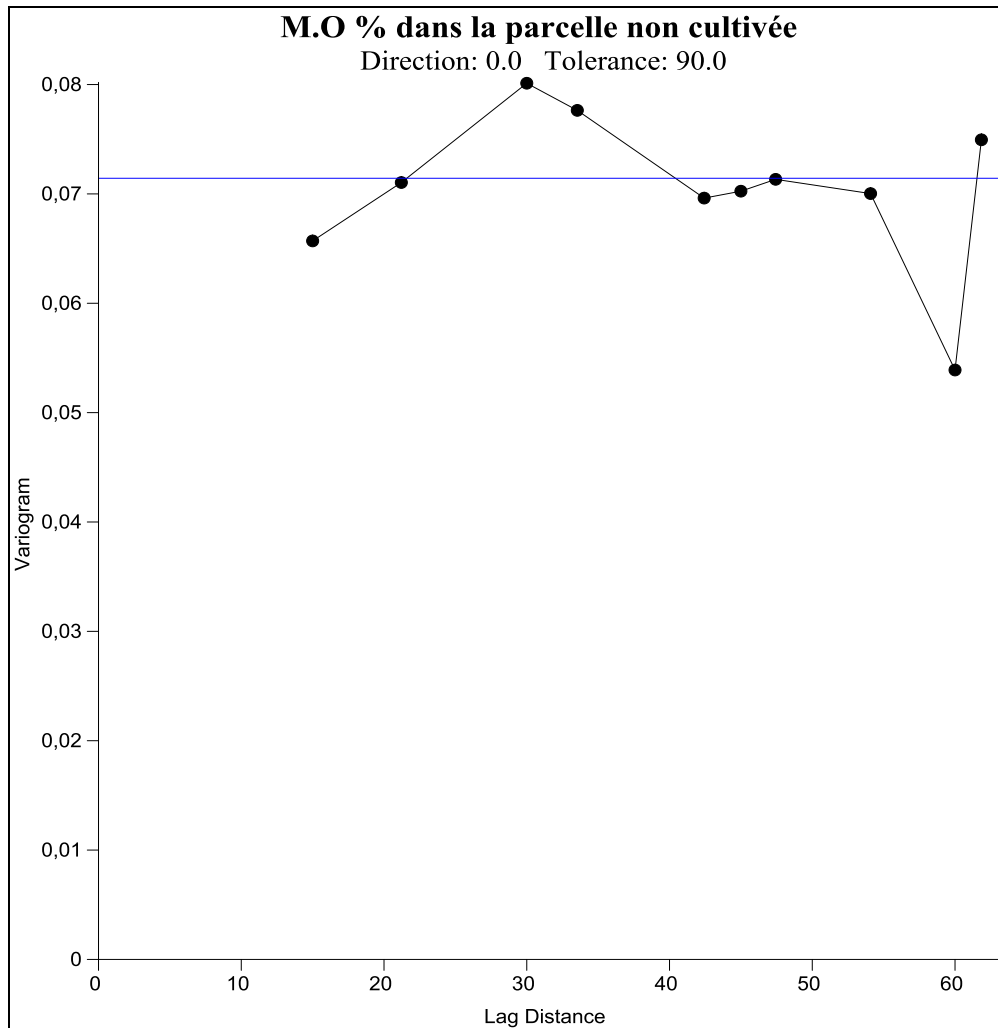


Figure 14 : Variogramme de la matière organique dans la parcelle non cultivée.

Ce variogramme prend trois points essentiels à des valeurs successivement 15m, 30m et 60m. La variation spatiale de la MO dépend de la distance entre les échantillons dans un intervalle de 15-60m. Au-delà de 60m, la variation de la matière organique du sol dans la parcelle témoin est indépendante de la distance entre les échantillons.

Dans la parcelle cultivée (pivot 01), Le variogramme est ajusté au modèle linéaire avec un effet pépétique de 0,11. La relation entre les points est dépendante avec une pente de l'ordre de 0,0003. Les valeurs représentants de la distance fluctuent entre six points dont la valeur minimale est 15m et la valeur maximale atteint 60m.

La modélisation géostatistique a montré, à partir du variogramme expérimentaux la validité et la fiabilité du pas d'échantillonnage choisi pour l'étude de la matière organique dans le pivot 1.

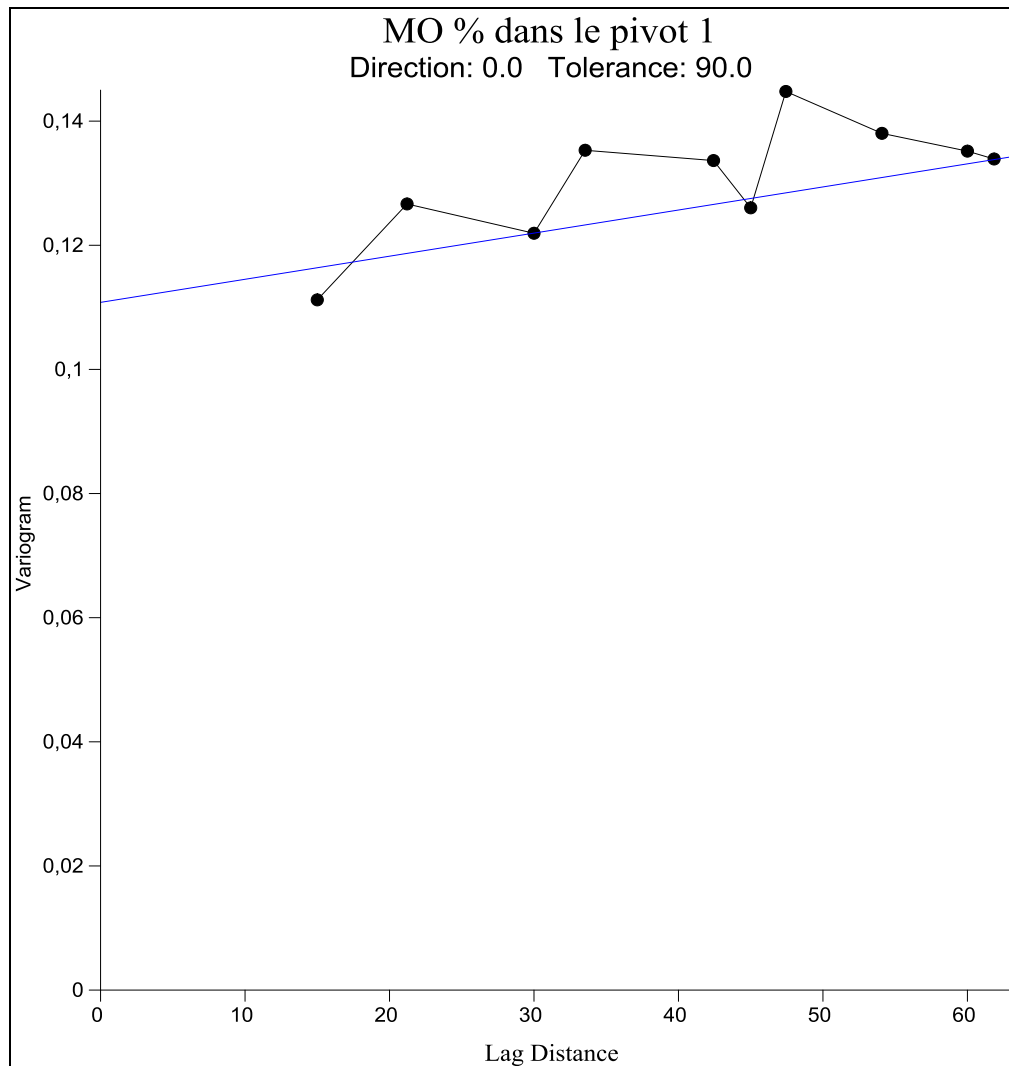


Figure 15 : Variogramme de la matière organique dans le pivot 01.

La figure (16), représente la structure du variogramme ajusté à un modèle linéaire avec un effet pépétique de 0,30. La variation spatiale de la matière organique dans le pivot 02 caractérisé par une pente égale à 0,0004.

Nous observons que la variation spatiale de la MO progresse avec la distance entre les points jusqu'à 32 m, ensuite elle s'abaisse jusqu'à 47m, puis remonte jusqu'à 55m et enfin rabaisse jusqu'à 60m. Au-delà des 60 m la distance n'a pas d'impact sur la variation spatiale de la matière organique.

La modélisation géostatistique a montré, à partir du variogramme expérimentaux la validité et la fiabilité du pas d'échantillonnage choisi pour l'étude de la matière organique dans le pivot 2.

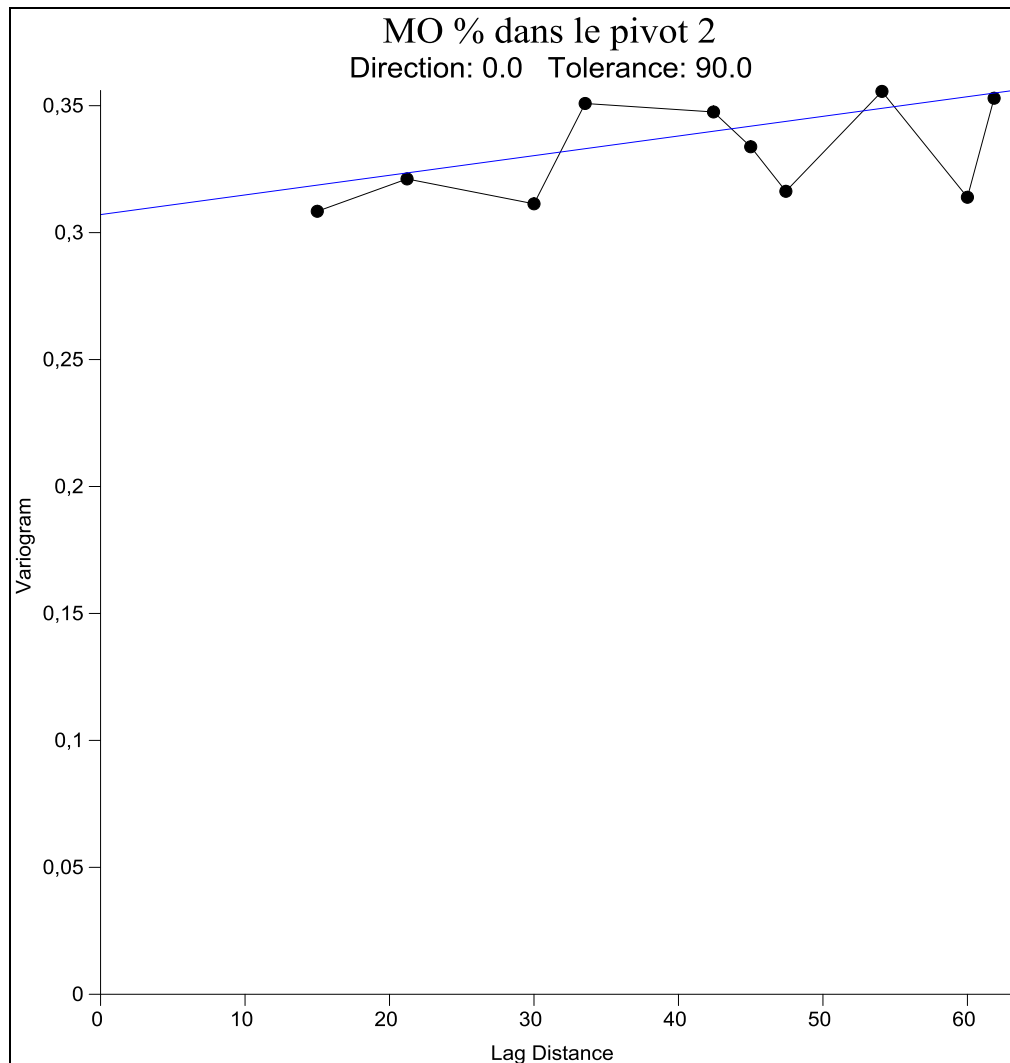


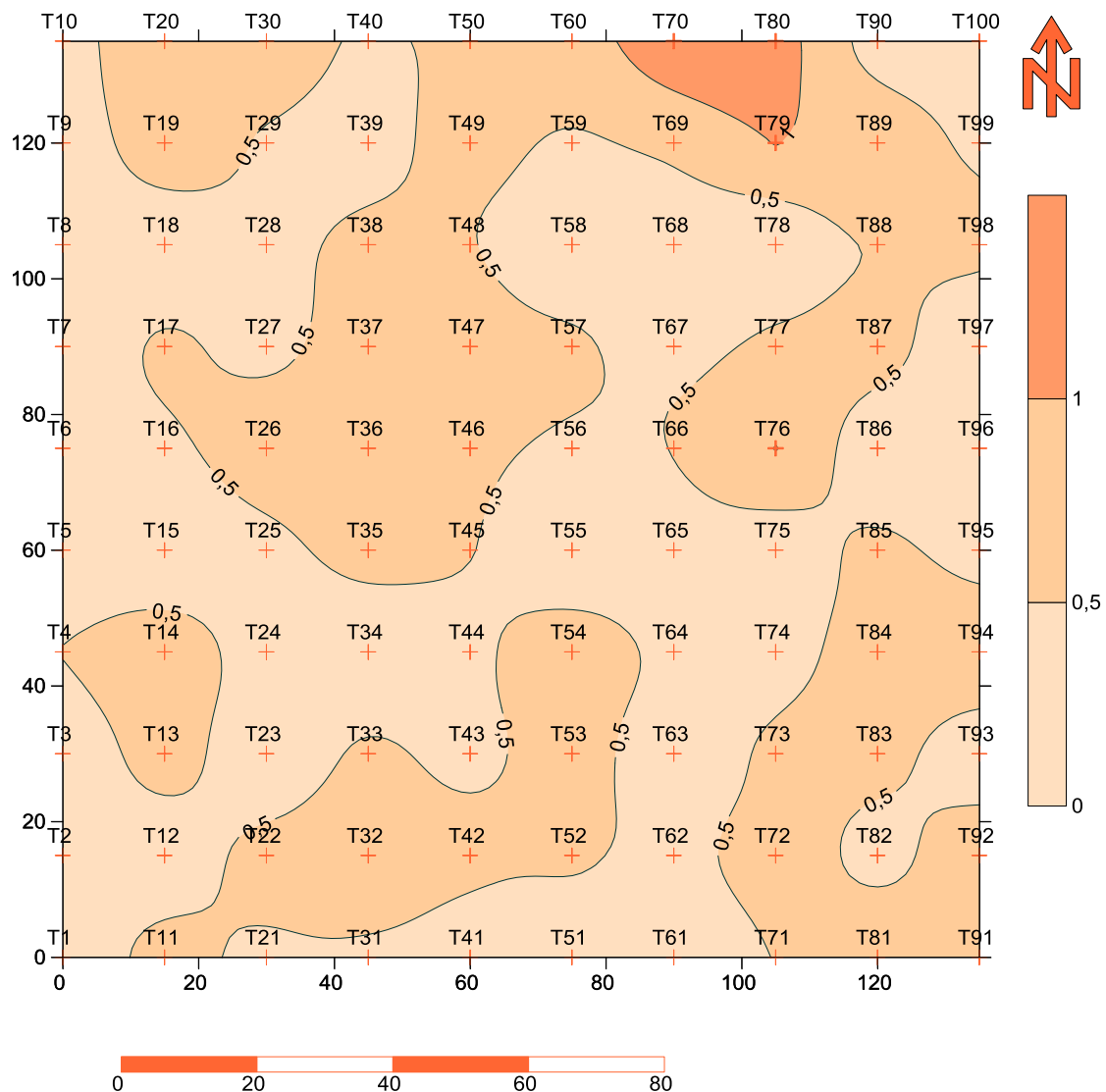
Figure 16 : Variogramme de la matière organique dans le pivot 02.

3. Réalisation des cartes thématiques

Les cartes thématiques sont réalisées par Krigeage, qui est une technique géostatistique de modélisation spatiale permettant, à partir de données dispersées, d'obtenir une représentation homogène des informations étudiées (HENNEQUI, 2010) basées par méthodes d'interpolation linéaire sur l'expression de la dépendance spatiale par le variogramme (BURGESS et WEBSTER, 1980 in LAURENT et ROSSI, 1994).

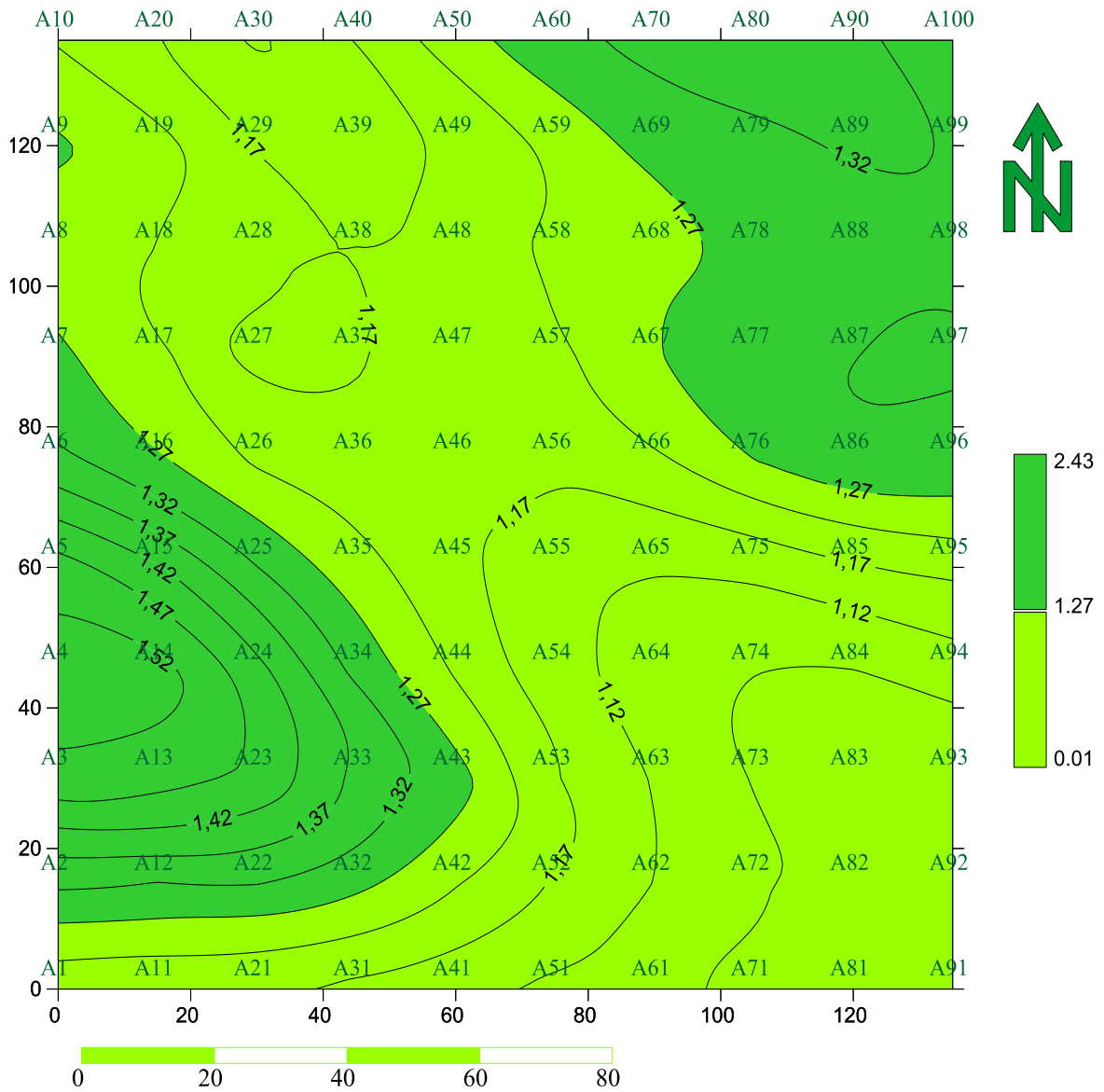
La carte thématique est consacrée à la représentation de la distribution spatiale d'un phénomène, d'une variable (exemple cartes de la population, de la végétation, de l'industrie, etc.) (BOSSON et EVRARD, 2005 in DAREM, 2013).

La carte (07) montre la variation spatiale de la matière organique dans la parcelle non cultivée. Les valeurs sont comprises entre 0,01% et 1,32% avec une forte concentration dans le Nord de la zone échantillonnée et accumulation de la matière organique autour de toute la parcelle. Le coefficient de variation montre une variabilité spatiale très élevée avec un CV de 56,55%.



Carte 07 : Répartition spatiale de la matière organique dans la parcelle non cultivée.

Par ailleurs, on constate que les valeurs les plus faibles de la matière organique sont enregistrées dans le centre de la parcelle cultivée (pivot 01) (carte 08) avec une variation qui oscille entre 0,5 à 1 %, le sol demeure très pauvre. La matière organique se concentre essentiellement au Sud-Ouest de la parcelle avec une teneur supérieur à 2% (moyennement pauvre). Le coefficient de variation est de l'ordre de 30,70 % dans la parcelle cultivée, ce qui montre une variation spatiale modérée.



Carte 08 : Répartition spatiale de la matière organique dans le pivot 1.

La carte (09), illustre la distribution spatiale de la matière organique du sol dans le pivot 2. On note que le taux de matière organique est représenté par deux classes ; la première oscille entre 1,4 et 2,4 % (pauvre en MO) tandis que la deuxième est de 2,4 jusqu'à 3,4 % (moyennement pauvre). La variation spatiale est modérée dans le pivot 2 avec un coefficient de variation de 20,94 %.

1,23±0,38%, bien que le sol du deuxième pivot, elle est pauvre (1,42%) à moyennement pauvre (3,44%) avec une teneur moyenne de 2,69±0,56%.

L'analyse combinée du taux de variation annuelle et des boîtes à moustaches a montré une légère augmentation de la MO du sol dans le pivot 1 et 2 par rapport au témoin de l'ordre de $0,04 \pm 0,02\%$; $0,11 \pm 0,03\%$ respectivement. L'ANOVA à un facteur a prouvé que cette augmentation est très hautement significative ($F^{1, 19} = 252,24$; $P = 0,000$; $F^{1, 19} = 1234,103$; $P = 0,000$). Cette augmentation de la M.O est expliquée par une amélioration du sol par les débris végétaux et animaux (utilisation des parcelles comme pâturage après la saison de la moisson battage) (BENBRAHIM, 2006).

La quantité de matière organique présente à un moment donné dans le sol est la résultante de deux processus: les apports de composés organiques, et les processus de décomposition (MOUGHLI, 2000).

La dégradation de la matière organique dépend à la fois de sa nature biochimique, des conditions édapho-climatiques et des facteurs anthropiques. Les facteurs naturels les plus importants sont le climat, le type de la roche mère, la couverture végétale et la topographie. Les facteurs humains concernent l'utilisation du sol et le type de système agricole, la gestion des intrants et des résidus de culture, ainsi que l'érosion des sols (WESEMAEL, 2006).

Les conditions climatiques, en particulier la température et la pluviométrie, jouent un rôle prépondérant sur le renouvellement des matières organiques des sols. Ainsi, sous des conditions comparables d'humidité et de végétation. L'humidité du sol favorise également la biodégradation des matières organiques. Toutefois, en conditions d'anaérobiose (sol saturés en eau), les matières organiques s'accumulent du fait du blocage de la biodégradation en l'absence d'oxygène (CITEAU et al, 2008).

La matière organique se décompose plus rapidement à des températures plus élevées, si bien que les sols des climats plus chauds tendent à contenir moins de matière organique que ceux des climats plus frais (SOCO, 2009).

Les propriétés physico-chimiques des sols telles que la texture et la minéralogie influencent également la dynamique des matières organiques. Ainsi, la porosité importante dans les sols sableux favorise l'aération et le drainage du sol et y conduit à une biodégradation plus des matières organiques que dans ceux à texture plus fine. A l'inverse, la présence d'argiles dans les sols conduit à un ralentissement de la biodégradation par un processus de protection physique des matières organiques (CITEAU et al, 2008).

La vitesse de minéralisation est très fortement dépendante de la nature de la MO d'une part et des facteurs environnementaux tels que l'aération du sol, la teneur en nutriments, de la température, du pH et de la teneur en eau d'autre part (OSTANI, 2006).

L'activité des microorganismes est affectée par la teneur en eau du sol et par la température : grosso modo, la communauté microbienne fonctionne à plein régime lorsque le sol est très humide sans pour autant être saturé (auquel cas l'oxygène devient limitant), et que la température est comprise entre 20 et 40°C. A l'inverse, dans un sol gelé, ou très sec, l'activité est quasi inexistante. Ainsi, dans de nombreuses régions du monde, la décomposition peut être très ralentie voire arrêtée pendant de longues périodes de l'année, du fait de l'existence d'une saison froide ou d'une saison sèche. Elle peut par contre reprendre de manière très soudaine dès que les conditions s'améliorent (SOLTNER, 2005).

L'intensification agricole engendre des effets sur l'écosystème, qui entraîne à son tour la diminution de la fertilité des sols (LAURENCE, 1998). Le labour augmente la macroporosité dans le sol et sa température moyenne, contribuant ainsi à augmenter la vitesse de décomposition de la matière organique. Une perte de matière organique se produit également car l'érosion lessive la terre arable et l'humus (SOCO, 2009).

L'analyse variographique par l'ajustement des variogrammes expérimentaux aux modèles théoriques linéaires, montre que la variabilité spatiale de la matière organique est dépendante de la distance parcourue jusqu'à 60m; au-delà de cette distance, les valeurs des paramètres étudiés sont indépendantes.

La variation spatiale de la matière organique dans le sol de la parcelle non cultivée est très élevée avec un CV de 56,55%, ce qui est naturel dans les régions arides, vu que la végétation est rare et clairsemée et que la distribution des déchets d'animaux de parcours est très éparpillée, ainsi qu'aux facteurs de dégradation cités auparavant.

Cette variation importante est confirmée par l'apparition d'un effet de pépète qui s'approche d'un effet de pépète pure dans le variogramme expérimental de la parcelle témoin.

Dans les parcelles cultivées, la variation spatiale de la matière organique est devenue modérée avec un CV de l'ordre de 30,70% dans le pivot 01 et de 20,94% dans le pivot 02, cela est dû à une homogénéisation de la variabilité de la matière organique suite à l'impact des pratiques agricoles sachant que dans la céréaliculture sous pivot en intensive, le système racinaire est fasciculé tapisse la majorité de la couche arable.

Cette diminution de la variabilité spatiale se traduit dans les deux variogrammes expérimentaux des parcelles cultivées par une diminution de l'effet de pépète.

Conclusion

Conclusion

L'étude de l'impact de la céréaliculture sous pivot sur le taux de la matière organique du sol dans la région de HASSI EL-F'HEL (Ghardaïa) permet d'étudier l'évolution de ce paramètre dans trois parcelles dont deux cultivées et une non cultivée servant comme référence en absence des analyses avant le début de la mise en valeur.

Les résultats obtenus ont révélés que le sol analysé est très pauvre à moyennement pauvre en matière organique.

Une augmentation très hautement significative du taux de la matière organique a été enregistrée dans le site étudié avec un TVA de l'ordre de $0.04 \pm 0,02$ %/an, dans la parcelle pivot 01 et de l'ordre de $0.11 \pm 0,03$ %/an dans la parcelle pivot 02.

L'étude de la variabilité spatiale des paramètres étudiés illustre l'existence d'une variabilité modérée à très élevée pour la matière organique.

La modélisation géostatistique a montré, à partir des variogrammes expérimentaux la validité et la fiabilité du pas d'échantillonnage choisi.

L'impact de la pratique céréaliculture sous pivot pendant vingt (20) ans a révélé une augmentation très hautement significative de la matière organique et une homogénéisation de sa variabilité spatiale.

L'étude de l'impact de la céréaliculture sous pivot sur l'évolution des paramètres étudiés reste insuffisante et mérite d'être poursuivi en tenant compte de :

- La caractérisation morpho- analytique total du sol afin de mieux interpréter les résultats des analyses.
- Le suivi de la variation saisonnière de la matière organique afin de bien cerner son évolution.

*Références
Bibliographiques*

Références bibliographiques

- **AHMID A., 2010** - Essai comparatif de l'impact de fertilisation organique et minérale sur la culture de pomme de terre dans la région d'El-Oued. Mém. Ing, Ouargla, 87 p.
- **AÏT HOUSSA A., BOUSLAMA A., BARAKA M., EL MIDAOUI M., BENBELLA M., 2009** - L'utilisation du centre pivot pour l'irrigation: expérience des Domaines Agricoles du Maroc, Transfert de technologie en agriculture. Bulletin Mensuel de Liaison et d'Information du PNTTA, N°177.
- **ALBRECHT R., 2007** - Co-compostage de boues de station d'épuration et de déchets verts : nouvelle méthodologie du suivi des transformations de la matière organique. Thèse. Doctorat, Marseille, 189 p.
- **A.N.R.H., 2007**- Rapport de l'Agence National Des Ressources Hydriques, Ghardaïa.
- **A.N.R.H., 2009**- Note relative aux ressources en eau souterraines de la wilaya de Ghardaïa. ED ; Agen. Ati. Alger. Ressources .Hydrique, 19 p.
- **A.N.R.H., 2012**- Note relative aux ressources en eau souterraines de la wilaya de Ghardaïa. ED ; Agen. Ati. Alger. Ressources hydrique, 19 p.
- **A.N.R.H., 2013**- Note relative aux ressources en eaux souterraines de la wilaya de Ghardaïa. ED ; Agen. Ati. Alger. Ressources hydrique, p 20.
- **ATLAS., 2004**- Agriculture de la wilaya de Ghardaïa. Ed. D.S.A., 22 p.
- **ATLAS., 2005**- Agriculture de la wilaya de Ghardaïa. Ed. D.S.A., 20 p.
- **BADRAOUI M. ; SOUIDI B. ; FAHAT A. ; 1998** -Variation de la qualité des sols : une base pour l'évaluation de la durabilité de la mise en valeur agricole sous irrigation par pivot au Maroc, étude et gestion des sols 5(4), 1988, pp 227-234.
- **BAGNOULS F., GAUSSEN H., 1953**- Saison sèche xérothermique, Volume I. Carte des productions végétales, art. 8, Toulouse, 47p.
- **BAIZE D., JABIOL B., 1998** – Guide pour la description des sols. INRA Quae, Paris, 375 p.
- **BALDOCK J., SKJEMSTAD J., KRULL E., (1999)** - “Functions of SOM and the Effect on Soil Properties”. In GRDC Project No CSO 00029: Residue Management, Soil Organic Carbon and Crop Performance, 129p.
- **BALESDENT J., 1996** - Un point sur l'évolution des réserves organiques des sols en France. Etude et gestion des sols. INRA. (afes). Vol 3 N°4, Paris, pp 245-260.
- **BARTHA R., RONALD M ATLAS., 1992** - Microbial ecology. Fundamentals and applications. 3rd edition. The Benjamin /Cummings Publishing Company. San Francisco, California (USA), 563.

- **BEDOUI A., 2006** - Les blés du désert : déclin ou mutation d'un système de production? (cas de la région de Ouargla). Mém. Ing, Ouargla, 85 p.
- **BELLOULA N., 2011** - Etude expérimentale de l'Influence de la typologie des Cédraies sur la distribution des formes d'Azote dans certains sols du massif forestier du CHELIA (W. de KHENCHELA). Mém. Magister, Batna, 136 p.
- **BENBRAHIM F., 2006** - Evaluation de la durabilité de la céréaliculture sous pivot par l'étude de la salinisation du sol dans la région de Ouargla (Cas de Hassi Ben Abdellah). Mém. Magister, Ouargla, 111 p.
- **BEN BRAHIM K., 2009** - Composition et structure de la végétation des périmètres Céréalières abandonnés dans la région d'Ouargla. Mém. Magister, Univ, Ouargla, 61 p.
- **BEN SEMAOUNE Y., 2008.** Les parcours sahariens dans la nouvelle dynamique spatiale : contribution à la mise en place d'un schéma d'aménagement et de gestion de l'espace Th. Magistère, Univ. Ouargla. p 105.
- **BENKENZOU D., 2009** – Annuaire statistique – 2009, Volume I et II, 131 p.
- **BONIN S., 2006** - Connaissance des sols - Introduction à la pédologie, 21 p.
- **BOUSBA R., 2012** – caractérisation la tolérance à la sécheresse chez le blé dure (*triticum durum* desf) : analyse de la physiologie et de la capacité en production. Thèse. Doctorat, Constantine, 1226 p.
- **CALVET R., 2000** - Le sol propriétés et fonctions, constitution et structure, phénomènes aux interfaces. Tome 1. Edition France Agricole. Paris (France), 83-90 p.
- **CHENINI M., 2013** - Impact de l'intensification agricole(céréaliculture sous pivot) sur la variation de la salinité du sol dans la région de GHARDAIA(cas de HASSI EL F'HEL). Mém. Master. Univ, Ghardaïa, 72 p.
- **CHELOUFI H., BOUAMMAR B., 2010** - La céréaliculture sous centre-pivot dans les régions sahariennes : cas de la région de Ouargla. Workshop sur l'Agriculture Saharienne : Enjeux et Perspectives Univ, Kasdi Merbah, Ouargla, pp 25.
- **CHOUËIRI E., 2003** - La céréaliculture. Projet "Assistance au Recensement Agricole", FAO, Liban, 69 p.
- **CITEAU L., BISPO A., KING D., 2008** – gestion durable des sols. Ed Quae, France, 320 p.
- **COYNE A., 1989** - Le M'Zab Ed. Adolphejourdon, Algérie, 41p.
- **DANGBEDJI J., 2006** - Les viandes et les céréales destinées à l'alimentation animale marqueront les prochaines années de la production agricole mondiale. La direction des études et des perspectives économiques, Vol. 22, n^o 23, 2 p.

- **DAOUD Y., HALITIM A., 1994** - irrigation et salinisation au Sahara algérien. *Sécheresse* 5(3), pp.151-160.
- **DAREM S., 2013-** Impact de l'intensification agricole (Phoéniculture) sur la variation du pH et du taux de calcaire total du sol dans la région de Ghardaïa (cas de Zelfana). *Mém de Master Sciences de l'environnement. Univ de Ghardaïa.* p 78.
- **DESPAGNE, 2006** - Méthodes géostatistique pour l'interpolation et la modélisation en 2D/3D des données spatiales. *Rapport de stage, Université de Bretagne Sud.* p 68.
- **DJERMOUN A., 2009** - La production céréalière en Algérie: les principales caractéristiques. *Revue Nature et Technologie.* N° 01, Univ, Chlef, pp. 45-53.
- **DJILI K., DAOUD Y., GAOUAR A., BELDJOUDI Z., 2003** - la salinisation secondaire des sols au Sahara. Conséquences sur la durabilité de l'agriculture dans les nouveaux périmètres de mise en valeur. *Sécheresse* 14(4), pp.241-246.
- **D.P.A.T., 2005** - Atlas de la Wilaya de Ghardaïa. Ed. El-Alamia, 142 P.
- **D.P.A.T., 2009** - Atlas de la Wilaya de Ghardaïa. Ed. El-Alamia, 140 P.
- **DROUET., 2010** – Pédologie. BING-F-302 (version 2010), partie 1, 79 p.
- **DSA, 2013-** Direction des services agricoles, rapport des cultures en wilaya, p 6.
- **DSA., 2015** - Direction des services agricoles, rapport des cultures en wilaya, 113 p.
- **DUCHAUFOR P., 2001-** Introduction à la science du sol. Ed 6è, Dunod, Paris, 331 p.
- **DURANT J. H., 1954** – les sols d'Algérie. S.E.S. Alger, 244 p.
- **DUTIL P., 1971** – contribution à l'étude des sols et des paléosols du Sahara. Thèse. Doctorat. Univ, Strasbourg. 346 p.
- **FAO., 2012** - Perspectives de récolte et situation alimentaire .N° 2.
- **FAO., 2013** - Perspectives alimentaires. (Les marchés en bref), 11 p.
- **FAO., 2014** - Perspectives de récolte et situation alimentaire. N°. 3, 40 p.
- **FELIACHI K., 2000** - programme de développement de a céréaliculture en Algérie. communication au séminaire international sur le blé .Alger, du 07 au 09 février 2000.
- **FRISQUE M., 2007** - Gestion des matières organiques dans les sols cultivés en Région Wallonne : avantages agronomiques, avantages environnementaux et séquestration du carbone. *Mém. Master, Bruxelles IGEAT,* 96 p.
- **GABANI N., 2013** - Impact de l'intensification agricole (céréaliculture sous pivot) sur la variation du pH et du taux de calcaire total du sol dans la région de Ghardaïa (cas de HASSI EL F'HEL). *Mém. Master, Ghardaïa,* 83 p.

- **GAUTHIER C., 2002** - Contribution à l'étude du fractionnement de l'aluminium libéré dans des solutions de sols forestiers. Influence de la quantité et de la nature de la matière organique. Thèse. Doctorat, Limoges, 156 p.
- **GIRARD M.C., MATHIEU C., 2011** - Etude de sol descriptive, cartographie utilisation. ED ; DUNOB. 354 p.
- **GLEIZES J. F., 2013** - Des chiffres et des céréales. L'essentiel de la filière, France, 39 p.
- **GODARD V., 1994.** Apport de l'analyse variographique pour déterminer la taille et l'espacement des unités d'échantillonnage lors d'un inventaire d'occupation du sol en milieu naturel tropical. Bul. SFPT, 1994-4 (136). France. pp 33, 44.
- **GRATZFELD J., 2004** - Industries extractives dans les zones arides et semi-arides. UICN, 112 p.
- **HALILAT M.T., 1998** – étude expérimentale de sable additionné d'argile, comportement physique et organisation en conditions salines et sodiques. Thèse. Doctorat, I.N.R.A., I.N.A, Paris, Grigon, 229 p.
- **HALITIM A., 1988** – sols des régions arides d'Algérie. Alger, 384 p.
- **HAMEL L., 2010** - Appréciation de la variabilité génétique des blés durs et des blés apparentés par les marqueurs biochimiques. Mém. Magister, Constantine, 83 p.
- **HAMOUNI M., 2006-** Contribution à la détermination des unités homogènes du sol par différentes approches de cartographie numérique .Mém. Magister. Univ. Hassiba BENBOUALI .EL Harrach .Alger.132 p.
- **HENNEQUI M., 2010** -Spatialisation des données de modélisation par Krigeage. Master statistique et applications stage de 1ère année du 14 juin au 15 août. ASPA–ID.74 p.
- **HUBER G., SCHAUB C., 2011** - La fertilité des sols : L'importance de la matière organique. Service Environnement-Innovation, 42 p.
- **HUBERT F., 2008** - Modélisation des diffractogrammes de minéraux argileux en assemblages complexes dans deux sols de climat tempère. Implications minéralogique et pédologique. Thèse. Doctorat, « ICBG », 205 p.
- **ITDAS., 2006** – l'agriculture en zones sahariennes. Bilan de vingt années d'arquis 1986-2006, 116 p.
- **KELLIL H., 2009** - Contribution à l'étude du complexe entomologique des Céréales dans la Région des hautes plaines de l'est algérien. Mém. Magister, Univ, Batna, 188 p.
- **KOULL N., 2007** - Effet de la matière organique sur les propriétés physiques et chimiques des sols sableux de la région d'Ouargla. Mém. Magister, ITAS, Ouargla, 100 p.
- **LABANOWSKI J., 2004** - Matière organique naturelle et anthropique : vers une meilleure compréhension de sa réactivité et de sa caractérisation. thèse. Doctorat. Univ, Limoges, 199 p.

- **LAROUSSE AGRICOLE., 2002** - Larousse agricole: le monde paysan au XXIe siècle. 4^{ème} Ed Larousse Magazine Web de la Mission Agro biosciences, France, 767 p.
- **LARSON W.E., PIERCE F.J., 1992** - Conservation and enhancement of soil quality In: Evaluation for Sustainable Land Management in the Developing World, Vol. 2: Technical papers. Bangkok, Thailand: International Board for Research and Management. IBSRAM Proceedings No. 12(2). pp. 175-203.
- **LAURENT J.Y., ROSSI J.P., 1997.** Stratégies d'échantillonnage au champ : détermination du nombre et de la disposition spatiale des points de prélèvements. Paris, pp 43-52.
- **LAURENCE W., 1998-** Dynamique et biomasse des fragments de la forêt amazonienne. Actualités des Forêts tropicales, Bulletin de l'OIBT, 6 : pp 12-13.
- **LEBATT A., MAHMA A., 1997** - Contribution à l'étude d'un système agricole oasien cas de la région du M'Zab INFS/AS, 92 p.
- **LEPRUN J.C., 1988** – matière organique et conservation des sols. Cahiers ORSTOM, série pédologique, vol. XXIV, n° 4, pp. 333-334.
- **M.A.D.R., 2012** – bulletin des grandes cultures. Bonnes prévisions de la récolte 2011-2012 N° 03, ministère de l'agriculture et du développement rural, Alger, 5 p.
- **MAKSOUD Ab., ABDOU A., 2008** – Analyse des faciès argilo-gypseux des formations du Crétacé supérieur de « Noumerate » cas de la région de Ghardaïa, Algérie, Mémoire d'Ingénieur, Univ. Ouargla 104 p.
- **MARTINE J.P., HAIDER K., 1971** – microbial activity in relation to soil humus formation. Soil science, 111 p.
- **MATHIEU C., FRANCOISE P., 2009.** Analyse chimique des sols. ED ; TEC et DOC. 321 p.
- **MIHOUB A., 2008.** Effet de la fertilisation phosphatée sur la nutrition azotée et la productivité d'une culture de blé dur (*triticum durum L. var carioca*) dans la région d'El Goléa Ghardaïa. Mém. Ingénieure. Univ. Kasdi Merbah Ouargla. Algérie. p 123.
- **MOUGHLI L, 2000** - Transfert de technologie en agriculture, Les engrais minéraux caractéristiques et utilisations, N° 72, Rabat, 4 p.
- **MOULAI A., 2001** – Etablissement d'une fertilisation minérale d'une variété de blé tendre (*triticum aestivum L.*) sous pivot dans la région d'Adrar. Institut national agronomique – INA El Harrach, Mém. Ing, Alger, 98 p.
- **MUSY A., SOUTTER M., 1991** - Physique du sol. Ed PPUR, 335 p.
- **NOLIN M.C. ; CAILLER M.J. et WANG C., 1991.** Variabilité des sols et stratégie d'échantillonnage dans les études pédologiques détaillées de la plaine de Montréal. Can. J. soil Sci. 71 : pp 439-451.

- **NOUMEUR S. R., 2008** - Biodégradation du 2,4-dichlorophénol par le microbiote tellurique de la région de Hamla (Batna). Mém. Magister, Constantine, 54 p.
- **NOUMOUTIE D.A., 2007** - Diagnostic sur la fertilité des sols dans la zone cotonnière du Mali études sur les matières organiques du sol. Mém. Ing, Mali, 64 p.
- **ONM., 2015**. Données météorologiques de la wilaya de Ghardaïa, 2 p.
- **OULED BLKHEIR C., 20013** - La cartographie piézométrique et hydro-chimique de la nappe phréatique de la vallée de Metlili. Mémoire. Université de Ghardaïa. 95p.
- **OUSTANI M., 2006** - Contribution à l'étude de l'influence des amendements organiques sur les propriétés microbiologiques des sols sableux non salés et salés dans les régions Sahariennes (Cas de Ouargla). Mém. Magister, Univ. Ouargla, 187 p.
- **OZENDA P., 1983** – Flore du Sahara. Ed. Centre national de la recherche scientifique (C.N.R.S.), Paris, 622 p.
- **PINEL V., 1997**. Apport de la modélisation du transfert radiatif pour l'étude des écosystèmes forestiers par télédétection. Thèse doctorat. Université Paul Sabatier de Toulouse III. N° 2703, France, p 271.
- **PONGE J. F., 2003** - Humus forms in terrestrial ecosystems: a framework to biodiversity. Soil Biology and Biochemistry 35, 935-945 p.
- **QUENEA K., 2004** - Etude structurale et dynamique des fractions lipidiques et organiques réfractaires de sols d'une chronoséquence forêt/maïs (Cestas, sud ouest de la France). Thèse. Doctorat, Paris, 187 p.
- **RECHACHI M. Z., 2010** - Impact de la qualité des eaux d'irrigation sur la salinisation des sols dans leur contexte naturel : cas de la plaine d'El Outaya. Mém. Magister, Biskra, 77 p.
- **ROGNON P., 1994** – biographie d'un désert le Sahara. Ed. L'harmattan, Paris, 347 p.
- **ROUSSEL O., BOURMEAU E., WALTER CH., 2001**- Evaluation du déficit en matière organique des sols français et des besoins potentiels en amendements organiques. Etude et gestion des sols. Vol 8, 1, pp 65-81.
- **SALLELES J., 2014** - Étude du devenir de l'azote dérivé des litières dans le sol et dans l'arbre sur le moyen terme dans les forêts de hêtres par traçage isotopique et modélisation. Thèse. Doctorat, Université de Lorraine, France, 220 p.
- **SMITH A., NORTH S., 2009** - Planning and Managing Centre Pivot and Linear Move Irrigation in the Southern Riverina. CRC for irrigation futures irrigation matters series no. 04/09, 58 p.
- **SOCO., 2009** - Réduction du taux de matière organique, l'agriculture durable et la conservation des sols: Processus de dégradation des sols, N°: 3, 4 p.

- **SOLTNER D. (1992)** - Les bases de la production végétale. Tome 1 : le sol. Collection Sciences et Techniques Agricoles, 19^e édition, Sainte Gemmes sur Loire.
- **SOLTNER D., 2005**- Les bases de la production végétale: tome 1 le sol et son amélioration. SOLTNER ,472 p.
- **SORENSEN L.H., 1987**- Organic matter and microbial biomass in a soil incubated in the field for 20 years with ¹⁴C-labelled barley straw. Soil biology and biochemistry 19, pp. 39-42.
- **STEVENSON F. J., 1994** - Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions (second ed.), John Wiley & Sons eds, New York, pp. 521.
- **U.S.D.A., 1999** - Soil Quality Test Kit Guide. Pub. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Natural Resources Conservation Service, Soil Quality Institute, 82p.
- **WALTER CH., 2002** - Analyse spatiale des sols en vue de leur gestion précie et de leur surveillance. Mém. Scientifique. Univ. Henri-poincaré de Nancy. 265 p.
- **WESEMAEL B.V., 2006** – les teneure en matière organique dans les sols en région Wallonne. Rapport analytique 2006-2007 sur l'état de l'environnement Wallonne, Univ, catholique de Louvain, 15 p.
- **YOUCEF F., 2003** - Mise au point d'une étude climatique du Sahara Septentrionale Algérien (Ouargla, Touggourt, Ghadaia), Mém. Ing., Université de Ouargla, 88p.

Annexes

Annexe 01 : Echelles d'interprétation de la Matière organiques (I.T.A, 1975)

M.O. (%)	Sol
≤ 1	Très pauvre
$1 < \text{M.O.} \leq 2$	Pauvre
$2 < \text{M.O.} \leq 4$	Moyenne
> 4	Riche

Annexe 02 : Espèces céréalières présente dans la région de Ghardaïa (DSA, 2015).

Espèces	Superficies réalisées en (Ha)	Superficies récoltées en (Ha)	Quantités récoltées en (Qx)	Rendement moyen en (Qx/Ha)
Blé dur	1725	1725	87975	51
Blé tendre	0	0	0	0
Orge	130	130	4847	37
Avoine	0	0	0	0
Triticale	0	0	0	0
Total	1855	1855	92822	/

Annexe 03 : Les superficies affectées à chaque culture dans la région Ghardaïa (DSA, 2015).

Cultures	Superficies réalisées en (Ha)	Superficies récoltées en (Ha)	Quantités récoltées en (Qx)	Rendement moyen en (Qx/Ha)
Céréales	1855	1855	92822	50
Cultures industrielles	400	400	6000	15
Fourrages	3000	3000	480570	160
Maraîchage	4850	4850	871288	179.6
Pomme de terre	145	145	39590	273
Arboriculture	3891	3891	181072	46.5

Annexe 04: L'évolution de céréaliculture dans la wilaya de Ghardaïa (DSA, 2014).

Année	Superficie (h)	Production (Q)
2000/2001	948	11040
2001/2002	494	15700
2002/2003	640	18295
2003/2004	620	4103,2
2004/2005	630	20710
2005/2006	812	30135
2005/2006	812	30135
2005/2006	812	30135
2008/2009	1150	47384
2008/2009	1150	47384
2010/2011	2100	86161,5
2011/2012	2183	86003,4
2012/2013	2105,5	76737

Impacte de la céréaliculture sous pivot sur la variation spatiale de la matière organique dans la région de Ghardaïa (cas de HASSI EL F'HEL)

Résumé

L'étude de la durabilité et de la performance de l'agriculture céréalière dans les zones arides passe par l'étude des systèmes de production agricoles, de leur dynamique d'évolution et des impacts de l'activité agricole sur le sol. Notre travail réalisé dans la région de HASSI EL F'HEL (Ghardaïa) a pour objet l'étude de la variabilité spatiale de la matière organique suivant un échantillonnage systématique sur une maille régulière en comparant les données de deux parcelles exploitées pendant 20 ans à une parcelle non cultivée. Les résultats obtenus ont révélé que le sol analysé est très pauvre à moyennement pauvre en matière organique. L'analyse du taux de variation annuelle a révélé une augmentation très hautement significative de la matière organique du sol. L'analyse thématique a montrée une variabilité spatiale modérée pour les parcelles cultivées et très élevée pour la parcelle non cultivée. La modélisation géostatistique a montré, à partir des variogrammes expérimentaux une tendance vers l'homogénéisation de la variation spatiale de la matière organique après intensification agricole.

Mots Clés : Céréaliculture, matière organique, variabilité spatiale, géostatistique, HASSI EL- F'HEL.

Impact of the grain farming on the spatial variation of organic matter in the Ghardaia region (case HASSI F'HEL EL)

Abstract

The study of the durability and performance of cereal agriculture in arid areas pass through the study of agricultural production systems, their dynamic evolution and impact of agricultural activity on the soil. Our work conducted in the region of Hassi El F'HEL (Ghardaia). Is to study the spatial variability of organic matter following a systematic sampling on a regular grid by comparing the data of two plots used for 20 years to an uncultivated land. Results revealed that the analyzed soil is very poor to moderately poor in organic matter. Analysis of annual rate of change has revealed a very highly significant increase in the organic matter of the soil. Thematic analysis has shown a moderate spatial variability for cultivated lands and very high for non- cultivated lands. The geostatistical modeling showed, from the experimental variograms, a trend toward homogenization of the spatial variation of organic matter after agricultural intensifications.

Keywords: Grain farming, Organic matter, Spatial variability, Geostatic, HASSI EL- F'HEL.

تأثير زراعة الحبوب بالري المحوري على التغيرات الموضعية للمادة العضوية الموجودة في التربة لمنطقة غارداية (حاسي الفحل)

المخلص

دراسة استدامة وفعالية زراعة الحبوب في المناطق الجافة تتمن خلال دراسة نظم الإنتاج الزراعي، تطورها الديناميكي وتأثيرات الأنشطة الزراعية على التربة. الدراسة المنجزة في منطقة حاسي الفحل (غارداية) هدفها دراسة التغيرات الموضعية للمادة العضوية و ذلك بأخذ عينات بطريقة منهجية على شبكة منتظمة من خلال مقارنة البيانات من قطعتي أرض إحداهما مستغلة لمدة 20 سنة وأخرى غير مستغلة. وكشفت نتائج التحليل أن التربة فقيرة إلى فقيرة جدا من المادة العضوية. وقد كشف تحليل معدل التغير السنوي زيادة بالغة الأهمية للمادة العضوية في التربة. التحليل الموضعي أظهر تغيرات موضعية متوسطة بالنسبة للأراضي المزروعة وعالية جدا بالنسبة للأراضي الغير مزروعة. أظهرت النماذج الجيوإحصائية من خلال المنحنيات التجريبية اتجاه نحو تجانس التباين المكاني للمواد العضوية بعد التكتيف الزراعي.

الكلمات الدالة: زراعة الحبوب, المادة العضوية, التباين المكاني, الإحصائية الجيولوجية, حاسي الفحل.